

JAROSLAV a B. DOBROVOLNÝ

SOUSTRUŽNICTVÍ

POMŮCKA KE ŠKOLENÍ DOROSTU V PRŮMYSLU

A PŘÍRUČKA PRO SOUSTRUŽNÍKY KOVŮ

452 OBRÁZKŮ – II. VYDÁNÍ

PRÁCE

ČS. ÚSTAV PRÁCE

1949

PŘEDMLUVA

Jak se naučím dobře a rychle pracovat? V čem spočívá umění dobrého soustružníka? Soustruh, dnes nejrozšířenější stroj k obrábění kovů, je v každé dílně a základní práce na něm musí znát každý kovodělník. Proto nutno na tuto otázku odpovědět dřív, než přejdeme k popisu soustružnického umění. Nejdůležitější zásadou dobré a rychlé práce (vždy, nejen u soustružníka) je: každou, i nejmenší práci dělat dokonale a důkladně. Často vidáte nástroj udělaný jen nedbale, takže dělník se sám omlouvá, že neměl dost času. Je to špatná výmluva, nedokonalost není působena úsporami času, nýbrž nedbalou prací. Vždyť osoustružit něco křivě nebo špatně vyžaduje často větší práce než rovné soustružení.

Nesmíme přehlížet ani pěkný vzhled výrobků; slušně vyhlížející stroj a nástroj každý šetří, pěkně s nimi zachází, práce je radostnější. Dělník má mít k výrobkům i svému stroji kamarádský vztah. Nikdy nedojdeme k dokonalosti přehlížením drobností, dokonalost spočívá právě v maličkostech, ale sama není maličkostí. Naopak je velikým uměním.

Mladší soustružníci se často nikdy nenaučili dobře pracovat, protože hned na začátku s prací příliš pospíchali. Nesprávně se domnívají, že rychlá práce je nejlepší. Zatím však nejprve záleží na práci dobré, pak teprve rychlé. Teprve až se naučí pracovat jen dobře, přibývá i zručnosti a rychlosti. Na soustruhu je nejobtížnější řezání závitu a tvarové soustružení výstružníků, kalibrů. Je to jemná práce, s přesností dnes na půl setiny mm i více, vyžadující vedle zručnosti také trpělivosti. Mnohý zručný řemeslník se jen pro nedostatek vytrvalosti a trpělivosti nedostal dále. Velmi důležitá je pro zdar práce i opatrnost. Hlavně nutno chránit zrak, každé poranění oka třískou, jež starší soustružník téměř vždy několikrát prodělal, nutno odborně ošetřit. Třísky odstraňujeme při práci jen drátěným háčkem, nikdy rukou, nejlépe při zastaveném stroji.

Časem najde soustružník pěkné vlastní pracovní způsoby, které mu práci usnadňují; je třeba poznávat také zkušenosti jiných lidí, neboť často v nejbližším okolí toho mnoho nepochytíme, pracuje-li se vesměs v úkolu na seriové práci. Ostatně málokterý odborník je ochoten někomu vykládat, jak svou práci dělá a jak to zařídil, že mu tak dobře jde. Nezbyvá než hledat zkušenosti jiných v odborných knihách a časopisech. Požadavky na odborné znalosti dělníků stále rostou, je proto třeba, aby se naučili studovat v knihách. Praktik, pracující se skutečnou ocelí a stroji, často papírové vědění z knih podceňuje, potřebuje proto knihy zvlášť upravené, aby se nedůvěře odnaučil. Teprve když člověk něčemu skutečně rozumí, pozná, jak užitečnou věcí je pro praxi i dobrá theorie. Učíme-li se už

chybami, je lepší se vlastním chybám vyhýbat a učit se chybami jiných. Také nemá smyslu přemýšlet o něčem, co sice sami neznáme, ale dávno už to bylo vymyšleno a můžeme to poznat z knih. Každý má hledět, aby věděl o své práci vše, i to nejmenší, aby byl ve svém oboru specialistou.

Tato kniha o soustružnictví vznikla spoluprací dvou autorů. Prvý, praktický díl je úvodem v celém rozsahu, určeným hlavně pro mladší dělníky a učně. Obsahuje množství základních pokynů, jak pracovat na soustruhu. Napsal Jaroslav Dobrovolný. Druhý až čtvrtý díl jsou určeny pro pokročilé, kteří již znají základní práce a potřebují své znalosti prohloubit ve speciálních otázkách. Autorem je B. Dobrovolný; připojeny jsou pomocné početní a technologické tabulky, které soustružník potřebuje ke své práci, aby tím vznikla skutečná příručka pro soustružníky.

B. Dobrovolný.

OBSAH

I. DÍL - ZÁKLADY SOUSTRUŽNICTVÍ

1. Práce na soustruhu	9
2. Zákony řezání	12
Tvar špice nože	14
3. Tvar čela nože	14
4. Úhel nastavení nože při práci	16
5. Výškové postavení ostří nože k ose součásti	18
6. Soustružnické nože	18
7. Materiál soustružnických nožů	20
8. Výroba soustružnických nožů	25
9. Mazání a chlazení při soustružení	27
10. Jakost obrobeného povrchu	28
11. Usazení hrotů proti sobě	29
12. Značení a navrtávání	29
13. Upínání nožů	32
14. Upínání soustruženého materiálu	33
15. Metrická a palcová soustava měr	42
16. Měření při soustružení	44
17. Soustružení válcových ploch (podélné)	51
18. Soustružení rovinných ploch (příčné, čelní)	56
19. Vrtání na soustruhu	59
20. Soustružení otvorů	62
21. Vystružení otvorů na soustruhu	66
22. Soustružení kuželů	69
23. Upichování	73
24. Zapichování	77
25. Vypichování	79
26. Řezání závitů	79
27. Soustružení nepravidelných tvarů (fasonové)	93
28. Výstředné soustružení	97
29. Vroubkování povrchu	99
30. Pilování na soustruhu	100
31. Leštění smirkovým plátnem na soustruhu	102
32. Drážkování (hoblování na soustruhu)	102
33. Vinutí zpruh na soustruhu	103
34. Broušení na soustruhu	104

II. DÍL - THEORIE A PRAXE

35. Vysvětlení několika fyzikálních a technických pojmů	107
36. Základy matematiky a technické výpočty	108
37. Výpočty v soustružnické praxi	120
Tabulky prvočísel a činitelů	133
Nože pro přesný závit	137
Výpočty na tvarových nožích	144
Výpočty času při soustružení a vrtání	148

38. Hladkost obráběného povrchu	150
39. Tvary třísky při soustružení	154
40. Nastavené ostří	155
41. Obrabitelnost	155
42. Proč se otupí rezný nástroj	158
43. Jak se pozná otupení nože	159
44. Rezná rychlost při soustružení	160
45. Poznámky k soustružení oceli	165
46. Poznámky k soustružení litiny	166
47. Poznámky k soustružení slitin mědi	166
48. Poznámky k soustružení zinkových slitin	166
49. Pokyny pro soustružení hliníkových slitin	167
50. Poznámky k soustružení umělých hmot	168
51. Směr točení vřetena při seriové práci	169
52. Mazání a chlazení při soustružení	170
53. Materiály soustružnických strojů	179
54. Jak poznáme materiál nože	180
55. Příklady výroby nožů	182
56. Chromování ostří nástrojů	189
57. Tvrdé kovy	190
58. Soustružení diamanty	194
59. Záporný úhel čela nože	196
60. Zvláštní konstrukce nožů	198
61. Příklady zvláštních úprav soustruhu	200

III. DÍL - SOUSTRUHY

Volba soustruhu - pohon	202
-----------------------------------	-----

IV. DÍL - POČETNÍ A TECHNICKÉ TABULKY

Objemy a povrchy těles	225
Čtverce čísel	229
Obvody kruhů	231
Plochy kruhů	233
Úhломěrné funkce sin, cos, tg, cotg	235
Licovací soustava ISA	239
Nástrojové kužele	244
Průměry vrtáků k předvrtání děr pro závity	245
Závity: lichoběžníkový, trubkový	246
Whitworthův závit	247
Metrický závit obyčejný	248
Otázky k opakování a procvičení látky	249

I. DÍL

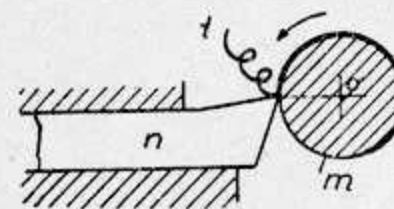
ZÁKLADY SOUSTRUŽNICTVÍ

Bylo již řečeno, že je tato kniha rozdělena na dva díly. Prvý, vykládající technologii soustružení, popisuje hlavně různé práce na soustruhu, aby získal i začátečník úplný přehled o celém rozsahu řemesla. Dobrý odborník by měl znát asi vše, co v něm je uvedeno. Teprve v druhém dílu bude o některých pro praxi důležitých věcech pojednáno podrobněji, i s theoretickými výklady a výpočty pro pokročilejší.

1. Práce na soustruhu a soustruhy.

S rozvojem průmyslu byly soustruhy neobyčejně zdokonaleny. Vzniklo tím téměř nepřehledné množství různých konstrukcí, jež zde zatím nebudou blíže popisovány. Podrobnější pojednání je ve III. dílu vzadu. Podstata soustružení se však nemění. Obráběný materiál (tyčová ocel, výkovek, odlitek) je upnut tak, aby se otáčel kolem osy, *obr. 1-2*; ručně nebo strojně k němu přitlačíme ostří pevně upnutého soustružnického nože, které ubírá s povrchu materiálu třísky.

Názvy základních částí soustruhu plynou z *obr. 3*. Vřeteník nese vřeteno, na něž se upíná obráběná část; v koníku je opěrný hrot pro dlouhé předměty nebo dutina pro vložení vrtáků. Na saních je upnut nůž. Posouvají se po loži vodicím šroubem (při řezání závitu) nebo vodicím hřídelem (při podélném soustružení). V podávací skříni se změnou ozubených převodů mění rychlost posuvu saní s nožem. Velikost soustruhu bývá udána největší vzdáleností hrotů a výškou hrotů (špiček) nad ložem.

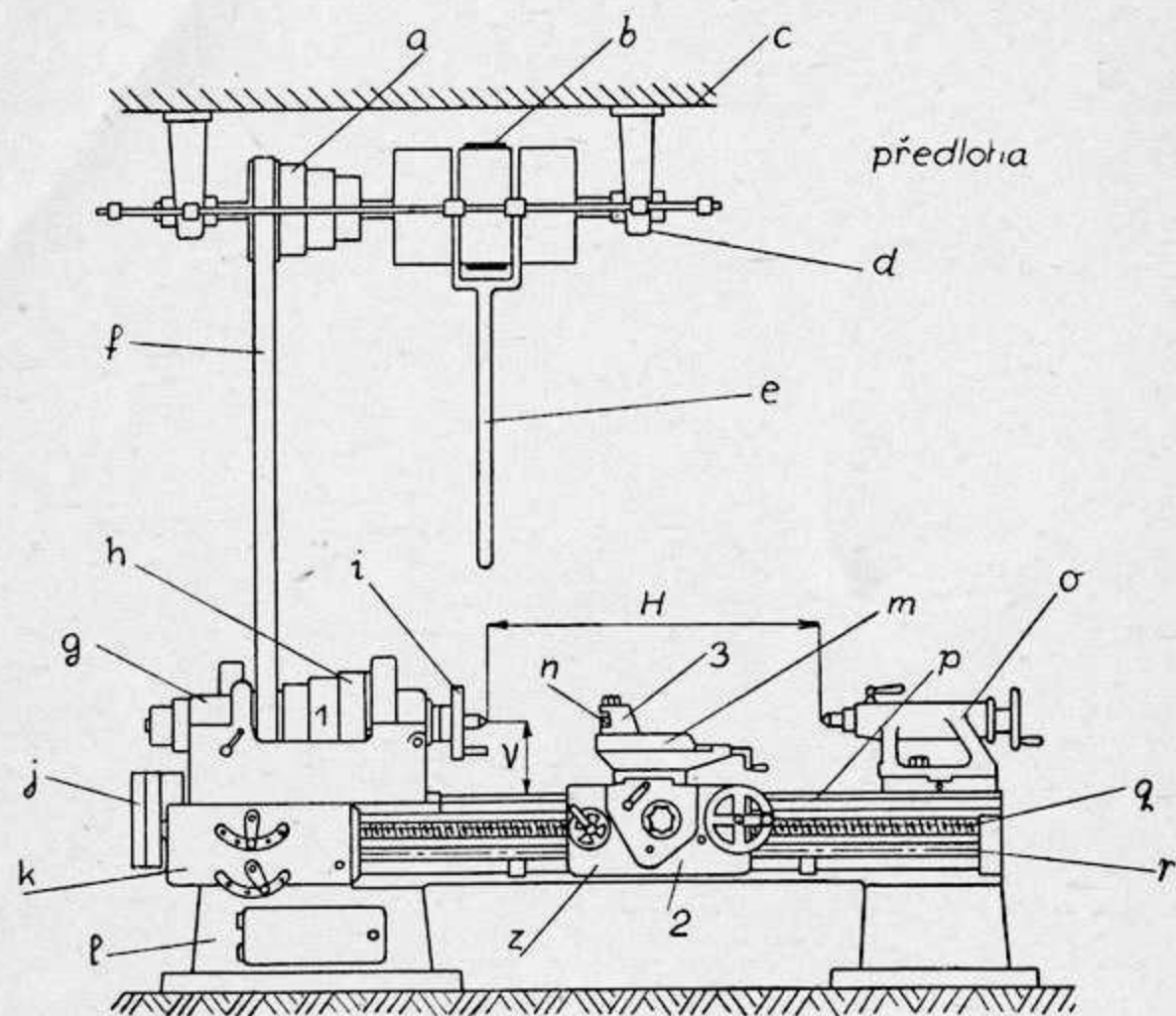


Obr. 1. Podstata soustružení
m obráběný materiál; n
nůž; t třísky; o osa otáčení.



Obr. 2. Soustružení hřídele.

Celkový pohled na jednoduchý soustruh staršího typu je na obr. 3. Delším používáním bývá lože blízko u vřeteníku oběháno (opotřebeno), stroj pak ztrácí přesnost. Ložiska vřetena se dají stahovat, když se opotřebí, aby vřeteno neházelo (t. j. aby dobře běželo). U tohoto soustruhu se vřeteno otáčí řemenovým převodem na stupňovou řemenici (1) od předlohy (= malé transmise), upravené u stropu. Soustružník přehazuje řemen na žádaný



Obr. 3. Pohled na obyčejný soustruh. a stupňová řemenice; b hnací řemen od transmise; c strop dílny; d ložisko na věšáku; e přesunovadlo řemene; f řemen; g vřeteník; h stupňová řemenice soustruhu; i unášecí deska; j kryt výměnných kol; k rychlostní skříň; l noha; m saně; n nůž; o koník; p lože; q vodící šroub; r vodící hřídel; z krycí deska; V₁ výška hrotů; H vzdálenost hrotů.

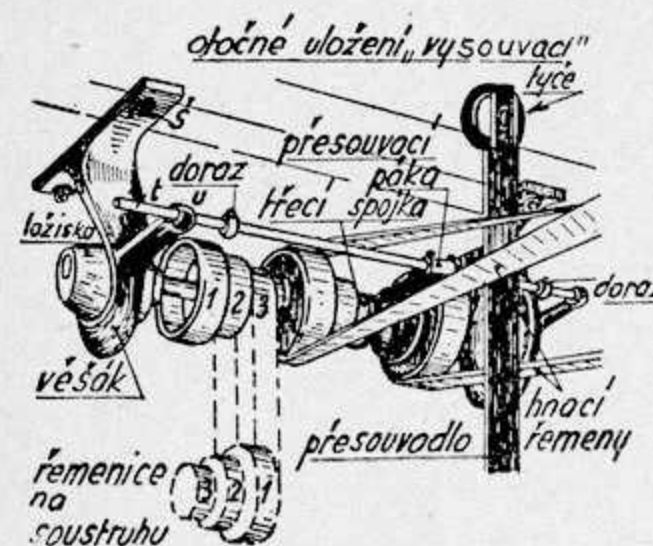
stupeň dřevěným přesunovadlem. V jiné úpravě přesunovadlo ovládá spojku na předloze, obr. 4. Nad stupňovou řemenicí soustruhu je stupňová řemenice předlohy 123; přesunovadlem (vysouvací tyčí) se u této předlohy zapíná třecí spojka buď vpravo nebo vlevo, tím se mění směr otáčení vřetene, protože na předlohu vede od hlavní dílenské transmise hnací řemen obyčejný a zkřížený. Když stojí přesunovadlo uprostřed, točí se na předloze jen volné řemenice, ale předloha a s ní i soustruh stojí.

Koník je posuvný po loži a je přitážen šrouby; otáčením klikou se vysouvá pinola koníku, v níž je upraveno kuželovité vrtání pro vložení hrotu

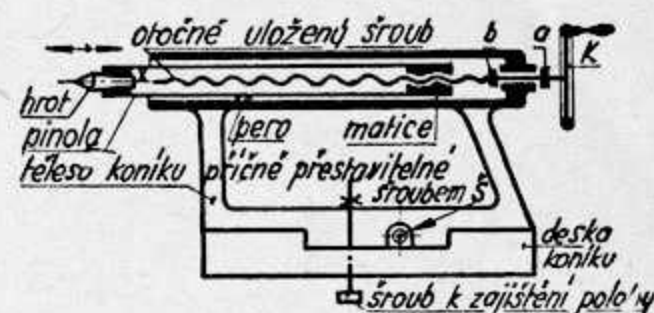
nebo nástroje, obr. 5. Točením zpět narazí šroub na hrot a vytlačí ho z kuželu pinoly.

V krycí (zámkové) desce (2) na loži jsou upraveny převody a spojky pro zapínání samočinných posuvů saní s nožem. Nahore na saních jsou ještě jedny příčné saně (3), zvané též prostě suport, na něž se upíná nůž. Na suportu jsou klíčky pro ruční posuv, na zámkové desce páky k zapojení samočinného posuvu.

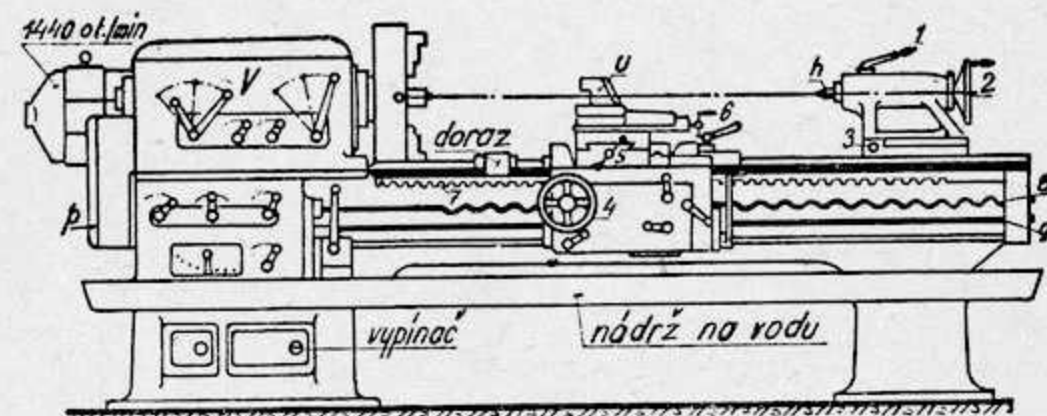
Pohled na novější soustruh je na obr. 6. Za vřeteníkem je upraveno elektro-



Obr. 4. Stropní předloha soustruhu.



Obr. 5. Průřez koníkem soustruhu

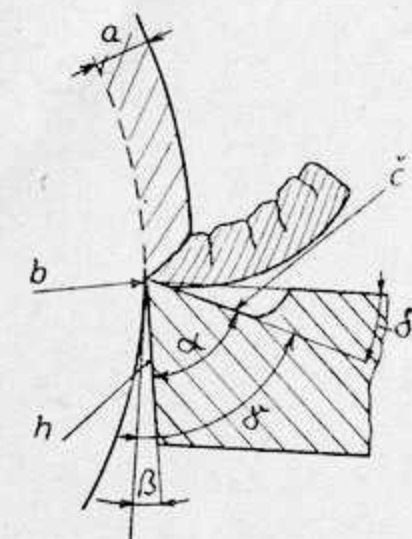


Obr. 6. Pohled na novější soustruh.

motor, pákami na vřeteníku V se mění rychlosti vřetene (soustruh má na př. 18 rychlostí vřetene). Kryt p chrání ozubená soukolí, rychlosti posuvu nože (saní) se mění pákami na podávací skříni. Vypínač k zastavení motoru bývá ovládán nohou. Kolečkem (4) na zámkové desce se rychle posouvají saně záběrem malého ozubeného pastorku do hřebene (7). Klikami (5), (6) se ručně posouvá suport, v jehož třmenu u je šrouby upnut nůž. Kolečkem 2 se vysouvá pinola koníku s hrotem h; pákou 1 na šroubu se poloha pinoly pojistí; šroubem (3) se dá koník trochu posunout z podélné osy soustruhu při soustružení táhlých kuželů. Na vřetenu tohoto soustruhu je lícní (čelistová) deska k upínání větších součástí; ve vřetenu soustruhu obr. 3 je zasazen opěrný hrot; na vřetenu soustruhu obr. 2 je skličidlo čili universálka na upínání menších součástí; na vřetenu soustruhu obr. 3 je unášecí deska,

kteřá palcem (čepem) bude otáčet srdíčkem, nasazeným na obráběné hřídelce, upnuté mezi hroty.

Stručný popis, v předchozím uvedený, měl by znát každý soustružník skoro nazpaměť. Ne proto, že by v něm bylo řečeno něco zvlášť důležitého pro budoucí práci, nýbrž proto, že se tam mluví o soustruhu a jeho částech česky. Je to vskutku zarážející, když posloucháme někdy v dílně dva starší dělníky, jak mluví o své práci; často ani nemají potuchy, jak se česky jmenuje nástroj nebo část stroje, s nímž už dvacet let pracují, a používají podivných zkomolených názvů, které pak od nich přejímá učeň a tak se tyto názvy drží a všelijak komolí dále. Neříkáme tedy špona, nýbrž tříška; ne



Obr. 7. Úhly na ostří nože. α úhel břitu (ostří); β úhel hřbetu (úhel vychylky); γ úhel řezu; δ úhel čela (úhel odklonu třísky); ϵ čelo nože; h hřbet nože; b břit (ostří) nože; a hloubka záběru.

kerner, nýbrž důlek (nástroj k jeho vyrazení důlčik); ne špindle, nýbrž vřeteno; ne futro, nýbrž pouzdro; ne vercajk, nýbrž nástroj. Takových příkladů se najde jistě několik set, vždyť možná i vy sám řadu těchto špatných slov používáte. Pamatujte tedy, že vzdělaného dělníka poznáme podle řeči a seznamte se s názvy věcí, tvořících nezbytnou část vašeho života.

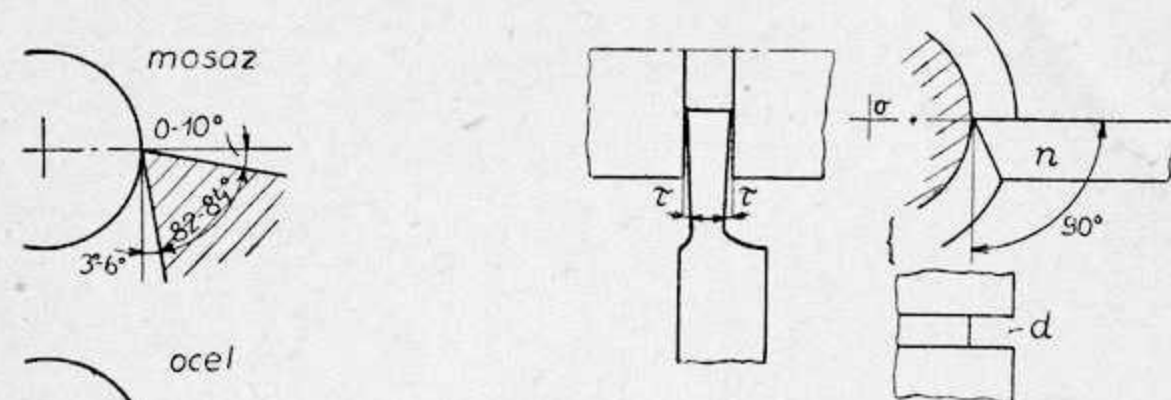
Podrobněji se zde popisem rozmanitých soustruhů zatím nezabýváme; podle instrukční knížky a vyzkoušením se dělník za chvíli dobře seznámí se svým strojem. Sám na soustruhu nic vážnějšího nemůže opravovat; stačí, když mu věnuje pravidelnou péči (čištění, mazání) opět podle návodu příručky, dodané s novým strojem, nebo prostě podle vlastního technického úsudku a citu u staršího stroje. Tak jako podle nástrojů poznáme řemeslníka, poznáme i při jediném pohledu na soustruh dobrého nebo špatnějšího soustružníka. Stroj vyžaduje stejné péče jako člověk, má-li konat svou práci spolehlivě a dobře. Je-li tato péče pravidelná (soustruh čistíme denně), není spojena se zvláštní námahou a věřte, že se vyplácí.

Teprve vzadu, jako III. díl, je připojeno přehledné pojednání o soustruzích s obrázky a popisem několika hlavních typů. Nejlepší školou je zde však praxe, protože kolem sebe se seznámíte se staršími i nejmodernějšími typy strojů lépe, než z popisu v knize.

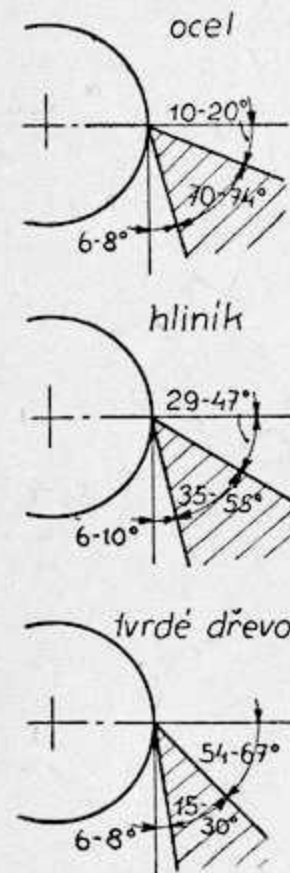
2. Zákony řezání.

Ostří (břit) soustružnického nože tvoří klín; vniká do materiálu a odděluje třísku. Přední plocha klínu se jmenuje čelo nože, obr. 7; odchyluje třísku. Druhá plocha klínu se nazývá hřbet nože. Obě svírají úhel ostří α (zván též úhel břitu). Hřbet je vychýlen od obrobené plochy o úhel hřbetu čili vychylky β . Oba úhly ($\alpha + \beta$) tvoří úhel řezu γ . Podobně u čela je úhel čela čili úhel odklonu třísky δ .

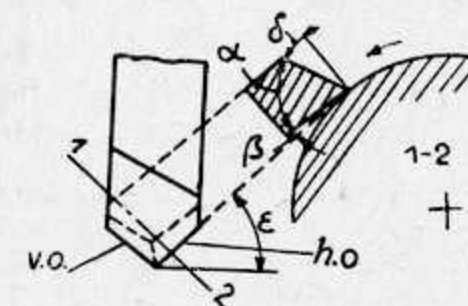
Nůž je při práci namáhán odporem materiálu. Úhly na noži měníme podle tvrdosti nože a materiálu, který obrábíme, i podle způsobu práce. Čím menší je úhel břitu, tím lépe ostří nože vniká do materiálu. Při soustružení tvrdého materiálu se však nůž chvěje a snadno se ve špičce ulomí. Proto čím je materiál tvrdší, tím větší musí býti úhel břitu α° . Na obr. 8 je přehled úhlů



Obr. 9. Úhel podbroušení τ , n nůž; d zapichovaná drážka.



Obr. 8. Ostří nože pro různé materiály.



Obr. 10. Úhly nožů pro různé materiály. h . o. hlavní ostří, v . o. vedlejší ostří.

α°	β°	δ°	ϵ°	Obráběný materiál
55	8	27	45	nejměkkější ocel, houževnatý a měkký bronz
62	8	20	45	ocel a litá ocel o pevnosti v tahu 34–50 kg/mm ² (= střední ocel)
68	8	14	45	ocel a litá ocel o pevnosti 50–70 kg/mm ² (= tvrdá), litina do tvrdosti 180 Brinell (= měkká), měkká mosaz
74	8	8		ocel a litá ocel o pevnosti přes 70 kg/mm ² (= velmi pevná), tvrdá litina, červená litina, bronz a mosaz
84	6	0		velmi tvrdá litina, zvláště měkká a tvrdá mosaz a bronz
40	10	40	60	měkké kovy a slitiny, hliník

ostří nožů pro různé materiály. Aby nůž nedřel hřbetem o materiál, je nutný úhel hřbetu, vychylky. Zmenší se tím otupení a zahřívání nože. Pro hlazení a tvrdé kovy volíme úhel vychylky menší, pro hrubování a měkké kovy větší.

Úhel odklonu třísky (úhel čela) usnadňuje tvoření a odchod třísky. Čím je větší, tím lépe se tříška odděluje, ale břit nože se zeslabuje. Malý úhel břitu zhoršuje a zpomaluje odvod tepla, které vzniká třením třísky o nůž a působí rychlejší otupení a vyhřívání nože.

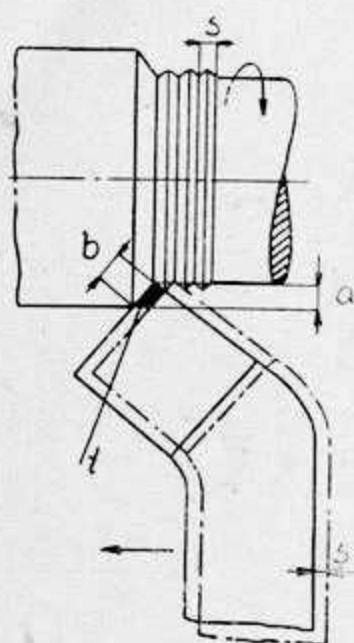
Úhel podbroušení τ je nutný u úzkých nožů (upichováků), aby nůž nedřel v drážce, obr. 9. Na obr. 10 jsou úhly nožů z rychlořezné oceli pro různé

materiály. V pokrokové dílně jsou na ně zhotoveny měřidla (viz obr. 39) nebo šablony z ocelového plechu, aby mohl dělník při ostření nožů úhly kontrolovat. Proto také hledíme vystačit jen s několika skupinami nožů (každý pro několik materiálů), ač pro seriovou práci a speciální materiály se vyplatí prozkoušet a nadělat zvláštní, nejvhodnější nože.

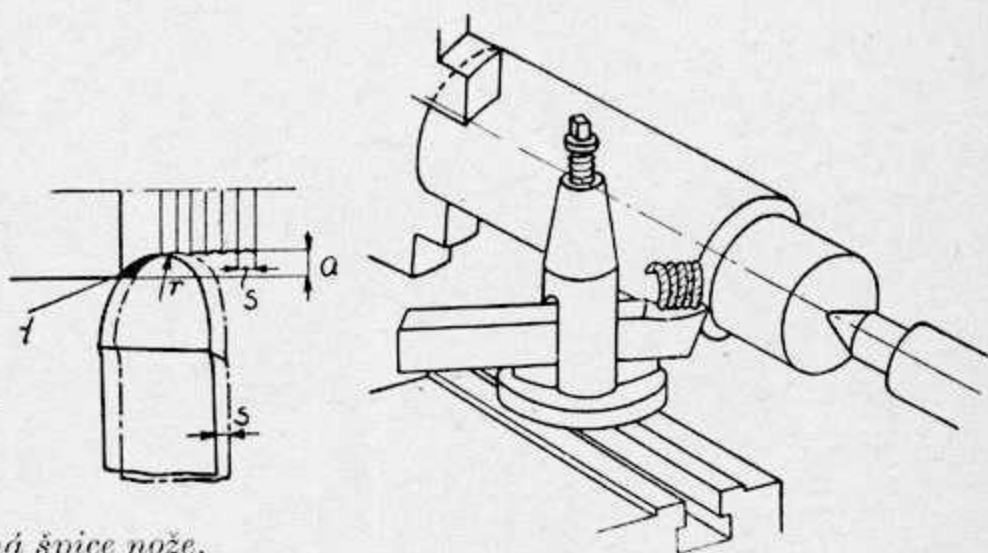
2a. Tvar špice nože.

Špice nože může být rovná nebo oblá.

Rovná špice, obr. 11. Nůž lehceji řeže, tříška se dobře uvolňuje, nůž se dobře brousí na strojích nebo se přímo vybrousí z tyče. Vadou je, že obrobený povrch je hrubší; nůž se lehce otupí; při silné třísce nepracuje klidně a povrch není čistý. Hlavní a vedlejší ostří nože spolu svírají úhel špičky (v půdorysu nože).



Obr. 11. Rovná špice nože.
a hloubka záběru; s posuv na 1 otáčku;
b šířka třísky; t tříška.



Obr. 12. Oblá špice ostří.

zaoblení je povrch velmi čistý. Ostří se šetří, protože v přední části řeže nejtenčí vrstvu. Vadou je, že se nůž hůře vyrábí a obtížněji brousí.

Na obr. 13 je Taylorův uběrák. Má oblou špici s vykováním zvednutým nosem. Čelo má velký úhel našikmení, aby dobře odvádělo třísku na stranu. V Evropě se nerozšířil, ač má značné výhody. Ostří se na čele.

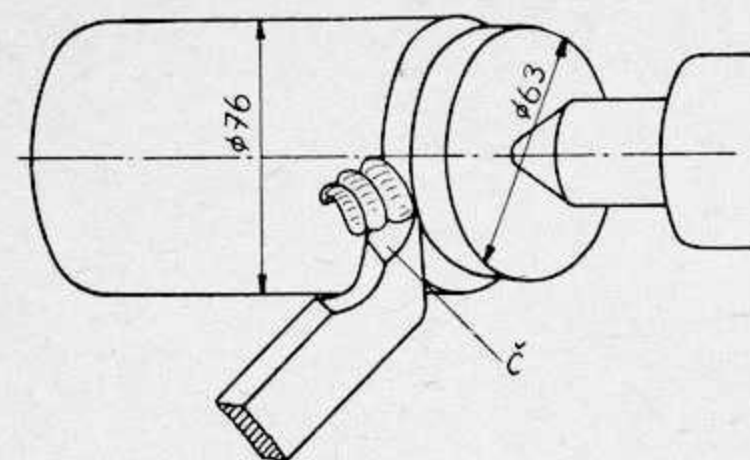
U nás pracujeme nejčastěji noži s rovným ostřím. Aby byla plocha čistší, zaoblí se ostří pro hrubování poloměrem $r =$ asi 3 mm, pro hlazení $r =$ 1 mm. Protože řeže nejen hrot, ale i kousek ostří h , obr. 11, musí být i tam nabroušeno.

3. Tvar čela nože.

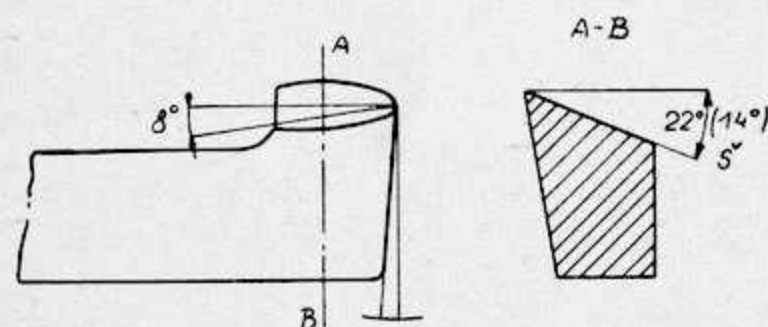
Čím je obráběný materiál tvrdší, tím rovnější děláme čelo nože. Úhel břitu se při broušení nemění, obr. 14. U nožů na měkké kovy a lehké slitiny děláme čelo nože oblé. Ve špici je úhel břitu nejmenší, broušením se zvětšuje, obr. 15.

Nůž s oblým čelem vydrží asi o 10% déle než nůž s rovným čelem při stejné práci.

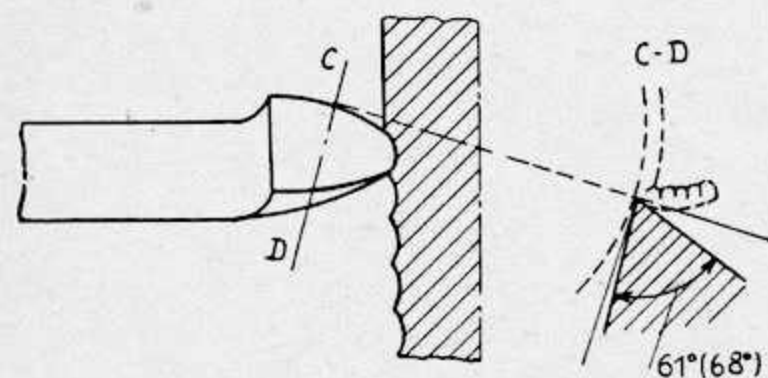
Pro měkké kovy je výhodný oblý výbrus (žlábek) na ostří, obr. 16, aby zůstal malý zábřít. Tříška se dobře odděluje a povrch je čistý. Vadou je, že se špice zeslabuje a láme. Na obr. 17 je kruhový (miskový) nůž. Po otupení



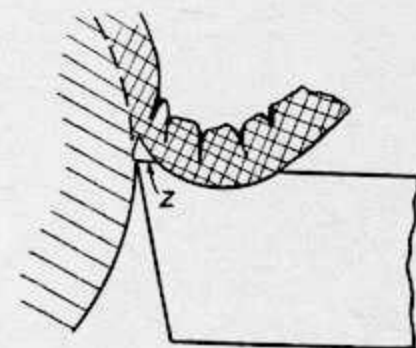
Obr. 14. Nůž s rovným čelem, úhel β zůstává při ostření stejný.



Obr. 15. Nůž s oblým čelem; úhel β při ostření roste.



Obr. 13. Taylorův hrubovací nůž (uběrák) z rychlořezné oceli s nakovaným břitkem, na ocel střední tvrdosti (v závorce úhly pro litinu a tvrdou ocel); ostří se na čele č; δ = úhel našikmení.



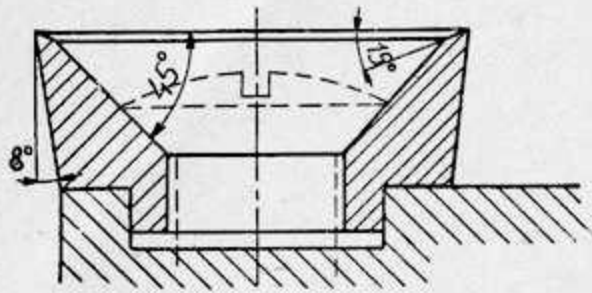
Obr. 16. Žlábek na čele nože; z = zábřít.

jednoho místa se pouze pootočí na držáku a opět přitáhne šroubkem. Na plochém čele obr. 18 se tříška pěchuje a vytvoří na špici nastavené ostří ze stlačeného materiálu. Při velké rychlosti se nastavené ostří ztratí. Chrání trochu břit nože. Povrch části je nepřesný a drsnější. O významu nastaveného ostří bude podrobněji promluveno v II. dílu.

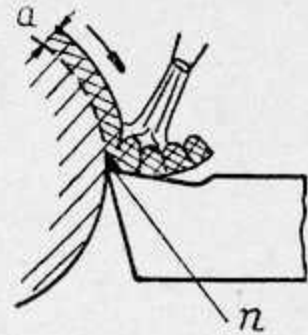
Na čele nožů z tvrdých kovů bývá vybroušen výstupek, zvaný lamač (utvářeč) třísky, viz obr. 399; na jeho vybrušování jsou stavěny speciální stroje.

4. Úhel nastavení nože při práci.

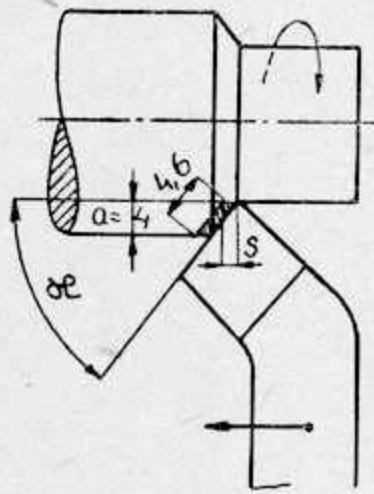
Je známo, že nůž vydrží tím déle, čím slabší třísku řeže. Stavíme proto ostří raději pod menším (ostřejším) úhlem nastavení α k ose části. Na obr. 19 má nůž ostří nastaveno pod velkým úhlem nastavení a na obr. 20 pod malým úhlem. Posuv s i hloubku záběru a mají oba nože stejnou. Nůž na



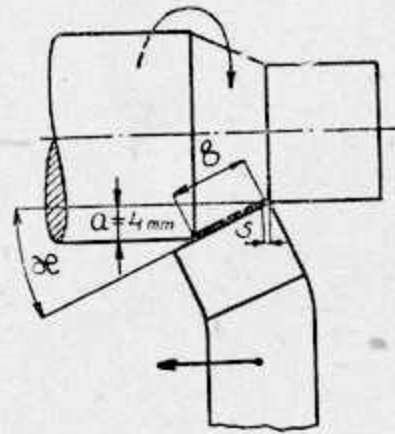
Obr. 17. Hrubovací miskový nůž.



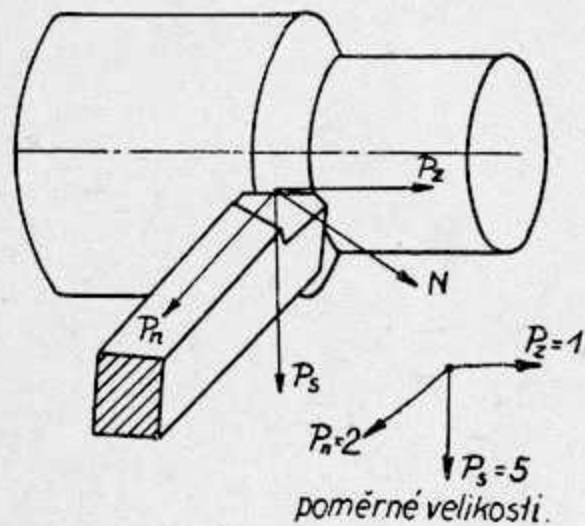
Obr. 18. Nastavené ostří n.



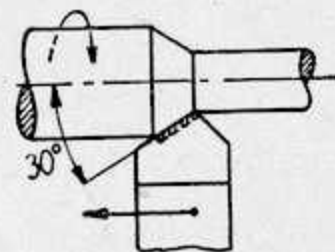
Obr. 19. Velký úhel nastavení α .



Obr. 20. Malý úhel nastavení α .

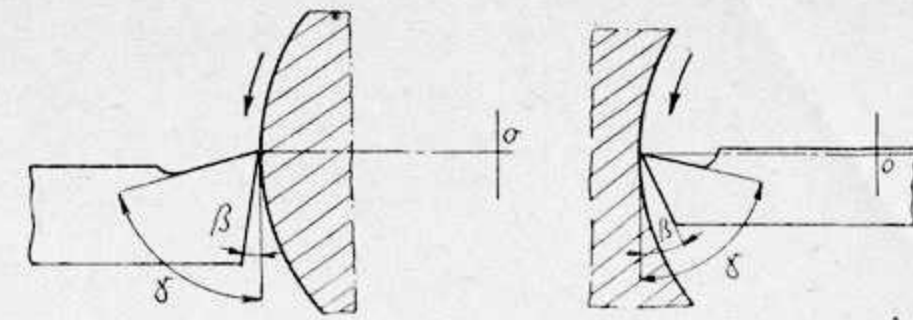


Obr. 21. Tlaky, působící na nůž. P_s svislý tlak; P_n násadový tlak; P_z záběrový tlak; N výslednice; všechny tlaků. $P_n=2$, $P_s=5$ poměrné velikosti.

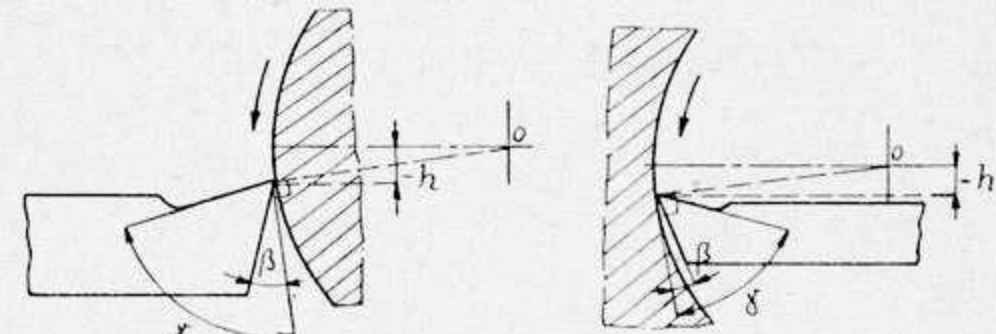


Obr. 22. Správný úhel nastavení.

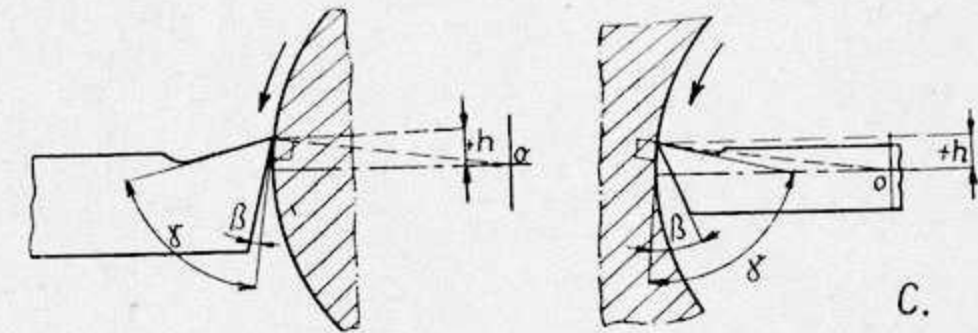
obr. 20 (malý úhel nastavení) vydrží déle bez broušení. Bylo by tedy lepší řezat vždy pod malým úhlem nastavení štíhlou třísku; tlaky, které působí na nůž, jsou větší (hlavně tlak směřující do násady a svislý), obr. 21. Tím se soustružená součást prohýbá, uprostřed její délky je průměr větší, na slabších



A.

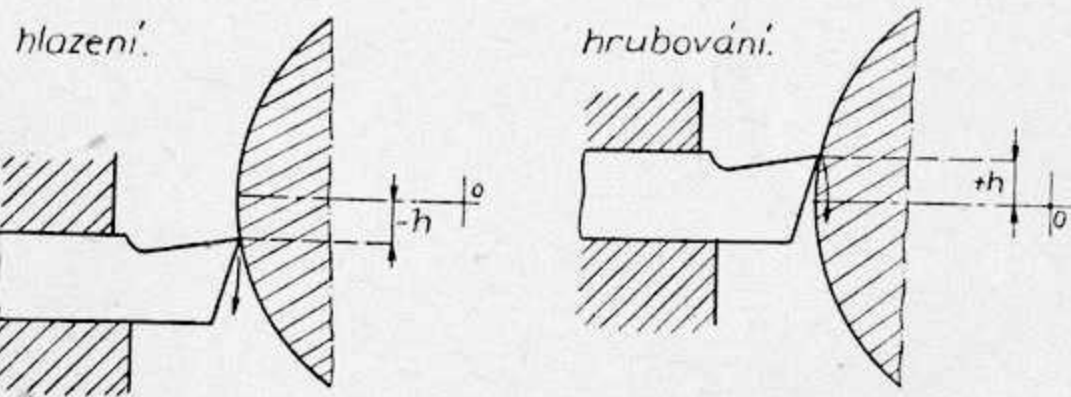


B.



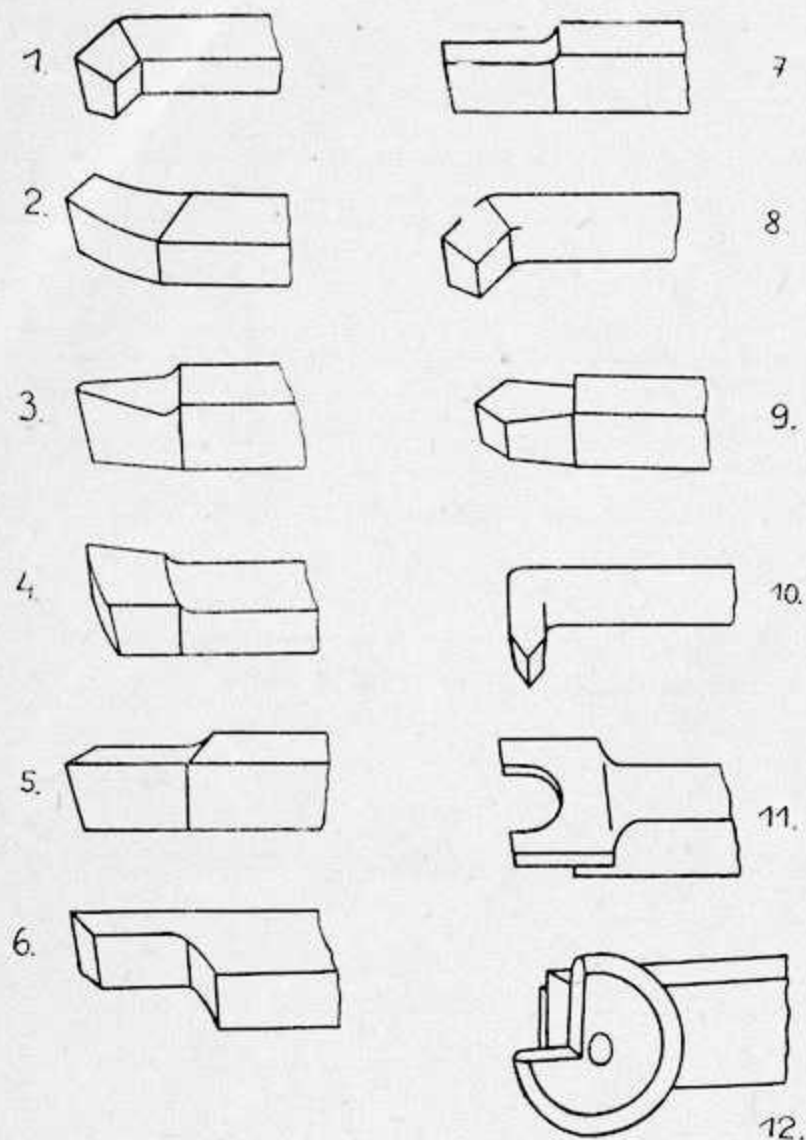
C.

Obr. 23. Výškovým nastavením nože proti středu soustružené části se mění úhly na noži a tím i podmínky řezání. A břit ve středu; B břit pod středem; C břit nad středem.



Obr. 23-D. Výškové nastavení nože.

nebo starých strojích vzniká chvění, nůž se snadno poškodí. Zvětšením úhlu nastavení chvění ustane. Široké a tenké třísky (malý úhel nastavení) jsou tedy velmi výhodné, ale můžeme je řezat jen na dobrých strojích. Úhel nastavení ostří má být asi 30°, obr. 22. Čím je lepší soustruh, tím může být úhel nastavení menší.



Obr. 24. Názvy nejužívanějších nožů. 1. Pravý uběrák rovný. — 2. Levý uběrák vyhnutý. — 3. Ostrý hladík. — 4. Široký hladík. — 5. Pravý stranový nůž. — 6. Levý stranový nůž. — 7. Pravý upichovák. — 8. Nůž na vnitřní soustružení. — 9. Nůž na vnější závit. — 10. Nůž na vnitřní závit. — 11. Tvarový nůž. — 12. Kotoučový nůž.

6. Soustružnické nože.

Na obr. 24 je přehled nejužívanějších nožů, jejich názvy a použití. *Pravý nůž od levého* rozeznáváme takto: Nůž vezmeme vodorovně do ruky, aby ostří směřovalo k našemu tělu; ostří je nahoře. Je-li strana, kterou nůž reže, vpravo, je pravý; je-li vlevo, je levý, obr. 25.

5. Výškové postavení ostří nože k ose součásti.

Postaví-li se ostří nože nad nebo pod osu obráběné součásti, mění se úhly na noži podle obr. 23.

1. **Nůž stavíme nad osu** u malých průměrů o $\frac{1}{50}$, u větších o $\frac{1}{20}$ průměru v těchto případech: a) *Při hrubování vnějších povrchů* ne příliš tvrdých hmot. Úhel řezu se zmenší, tříška se lépe odděluje a tlačí méně na nůž. b) *Při hrubování vnitřních povrchů tvrdých hmot.* c) *Při soustružení vnitřních povrchů* načisto. Úhel řezu se zvětší, což je lepší.

2. **Nůž stavíme do osy** (= na výši hrotu) nebo pod osu v těchto případech: a) *Při hrubování vnějších povrchů* velmi tvrdých hmot (úhel řezu je větší). b) *Při hrubování vnitřních povrchů* měkkých hmot (úhel řezu je menší). c) *Při soustružení vnějších povrchů* načisto (nůž se nezasekává do povrchu, obr. 23-D). Při upichování a zapichování, obr. 9, stavíme ostří vždy proti ose součásti.

Uběráky (hrubovací nože) slouží k řezání velkých třísek (k ubírání silné vrstvy). Nejčastěji použit pravý uběrák, který reže až k místu upnutí. Soustruží od koníka ke vřetenu. Rovná řezací hrana nožů se dobře brousí.

Hladicí nože použity k jemnému soustružení. Broušením klesl jejich význam (obroušení je lacinější než jemné soustružení). Nejvíce používán ostrý (špičatý) hladík, který musí mít malý posuv. Široký hladík má posuv větší. Odpružený hladík, obr. 26, pracuje velmi čistě; nezasekává se do povrchu.

Stranové nože soustruží nejčastěji na čelní ploše, někdy také na povrchu, obr. 26-A. Použity hlavně při podélném soustružení dlouhých, slabých hřídelů, aby se zamezilo prohnutí.

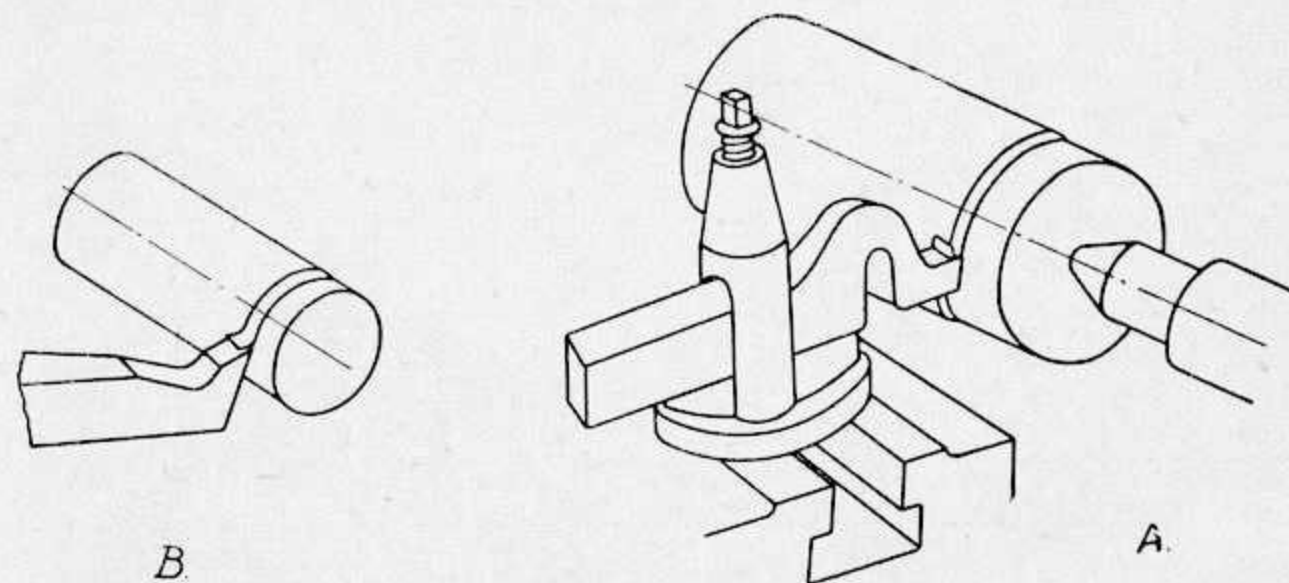
Upichovák slouží k upichování materiálu nebo k zapichování různých drážek, obr. 26-B.

Nože na vnitřní soustružení použity k soustružení otvorů, obr. 26-C.

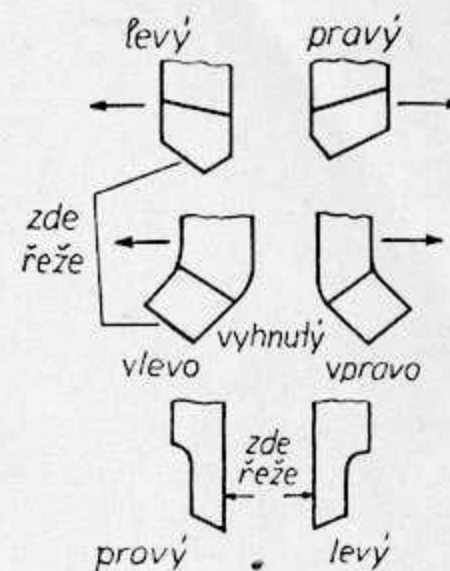
Závitové nože slouží k řezání závitů na povrchu nebo v otvoru (bližší viz „Řezání závitů“).

Tvarové nože použity hlavně na revolvěch a automatech. Osoustruží celý tvar najednou. Provedeny jako nože rovné, násadové nebo kotoučové. Držák bývá z podřadné oceli, nůž z rychlořezné oceli. Snadno se vyrábí nůž kotoučový, viz obr. 24, který se hodí na užší součásti, ale špatněji se upíná. Rovné nože se frézují nebo hoblují a brousí. Podrobněji o kotoučových nožích v II. dílu.

Nejčastěji bývá použito nožů se špičatým ostřím, obr. 27; špička je mírně zakulacena, aby byl povrch hladší. Méně často se používá nožů s oblým ostřím, obr. 28, ač je obrobená plocha čistší. Čelní řezání, obr. 29, je nevýhodné, protože nůž se brzy otupí (tříška nemůže volně odcházet).



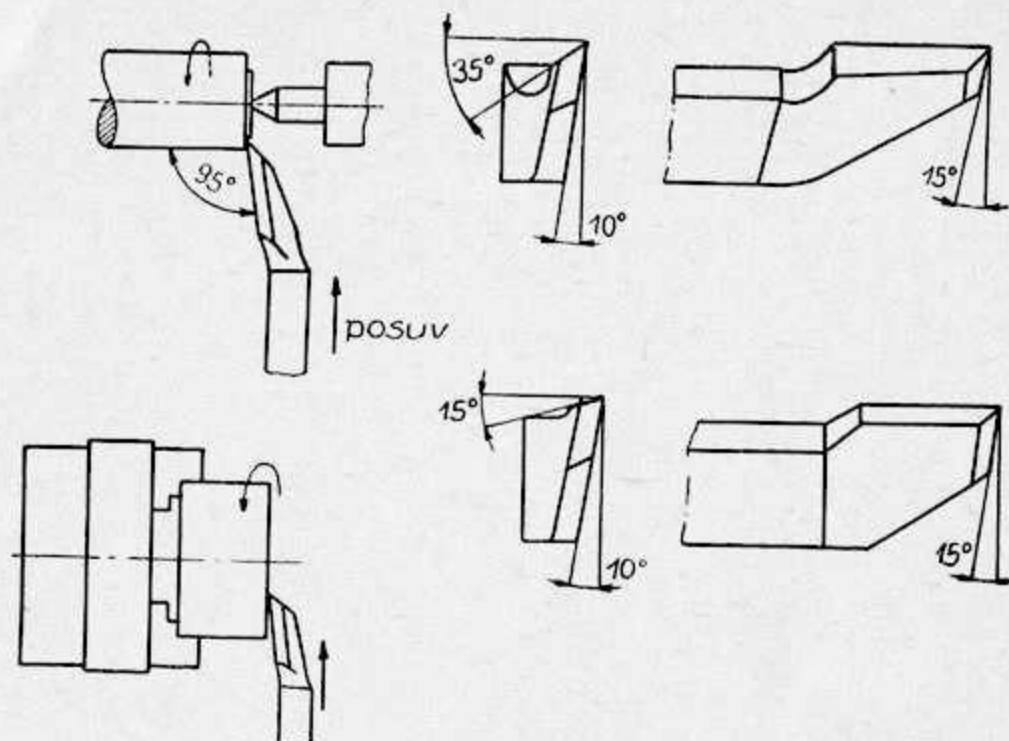
Obr. 26. Široký hladicí nůž obyčejný (B) a odpružený (lepší, A).



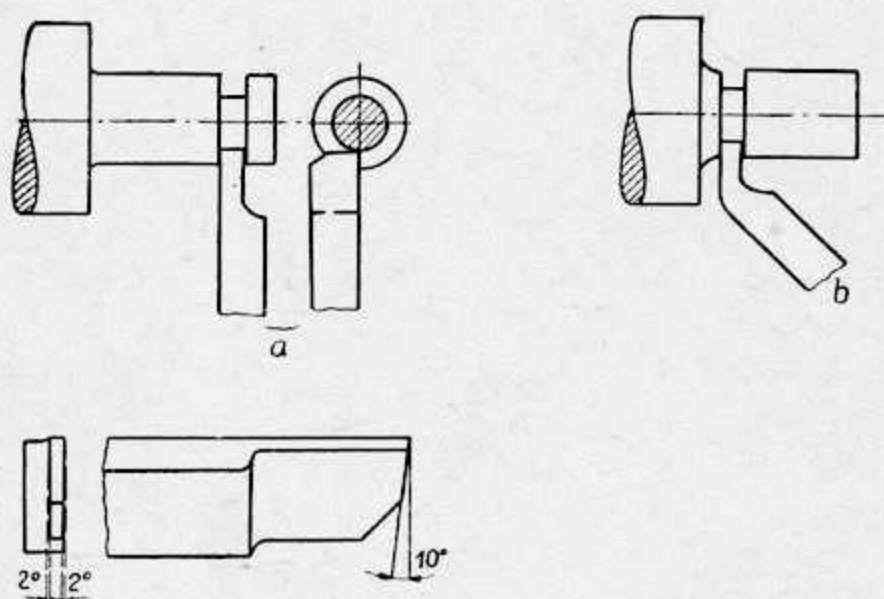
Obr. 25. Rozlišení pravého a levého nože.

7. Materiál soustružnických nožů.

V menších dílnách se nejlépe osvědčí nože z rychlořezné oceli. Nožů s navařeným ostřím (= břit z rychlořezné oceli nebo častěji z tvrdého kovu je přivařen k násadě z obyčejné oceli) použijeme, jsou-li soustruhy v dobrém



Obr. 26-A. Stranový nůž a jeho práce.



Obr. 26-B. Upichovák a jeho práce. a rovný pravý; b vyhnutý nůž.

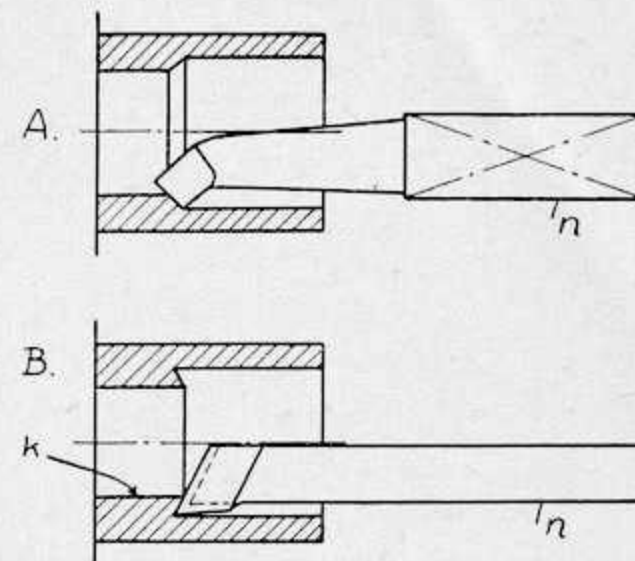
stavu. Záleží tedy velmi na stavu soustruhu. Na staré vyběhané stroje nevezmeme nože s navařeným ostřím, protože by se snadno vyštípaly. Nožům z nástrojové oceli se vyhýbáme, protože mohou řezat jen při malých rychlostech. Vždy se nám vyplatí rychlořezná ocel (přes to, že je dražší), více vydrží. V praxi se tedy nejčastěji setkáváme s noži celými z rychlořezné

oceli, nebo s navařeným ostřím, nebo s noži, které se upínají do vhodně upravených držáků. Jiných nožů (s ostřím z tvrdého kovu nebo diamantových) použijeme jen, máme-li dokonalé, *moderní* (rychlomězné) soustruhy, které musí být v bezvadném stavu. Jinak bychom byli výsledkem zklamání. Podle materiálu rozeznáváme nože: 1. Z nástrojové oceli. 2. Z rychlořezné oceli. 3. Z tvrdých kovů. 4. Diamant.

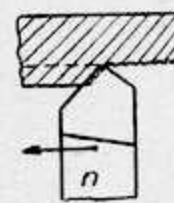
1. **Nástrojová ocel.** Nožům z nástrojové oceli se vyhýbáme, protože se při práci smí zahřát jen asi na 300°; mohou tedy řezat jen menší rychlostí. Nástrojová ocel se vyrábí v elektrických pecích, jen málo v kelímčích. Nákup oceli je věcí důvěry ke značce. Obsáhlé údaje a složení oceli jsou pro dílnu bez ceny. Kováním je ocel pevnější, houževnatější, zmenší se nebezpečí prasknutí při kalení a zvětší se řezivost, kterou ocel dosáhne kalením. Nové kování při správné teplotě nemá škodlivý vliv na jakost oceli. Ze starých nožů můžeme vykovat nové, aniž ocel pozbude řezivosti.

Kalí se ve vodě, oleji i na vzduchu při 1150–1175°, popouští při 180–250°. Při kalení často vznikají malé deformace. Nutno postupovat *úzkostlivě přesně* podle návodu dodavatele oceli, s každou značkou oceli dodá na př. Poldina huť, Kladno, tištěný návod k tepelnému zpracování, který *musíme* přečíst před kalením; jinak je nebezpečí, že ocel zkazíme.

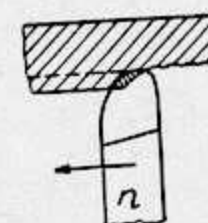
2. **Rychlořezná ocel.** Nožů z rychlořezné oceli se používá v dílnách nejvíce. Dobré rychlořezné oceli jsou chromowolframovanadiové oceli, které se kalí



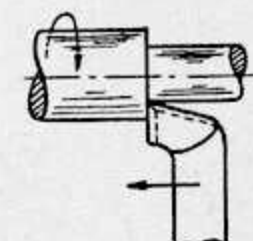
Obr. 26-C. Nože na vnitřní soustružení. A u oceli; B u litiny s tvrdou kůrou k; n hrubovací nůž.



Obr. 27. Špičaté ostří; n = nůž.



Obr. 28. Oblé ostří; n = nůž.



Obr. 29. Čelní řezání.

vzduchem. Ke kalení ve vodě se rychlořezné oceli nehodí. Kalí se při 1250°, popouští při 200–275°. Zvláštní druhy se kalí při 1350° a popouští na 575–600°. Správným popouštěním stoupne řezivost rychlořezné oceli téměř o 100%, tvrdost stoupne jen nepatrně. *Přehled značek rychlořezné oceli.* Značky v každé skupině jsou přibližně stejně hodnotné.

a) Poldi 000 Extra; Böhler Super Rapid; Krupp DFM Eincoro; Schöller Bleckmann Phönix 0000 Pluto HP; Becker Iridium 2; Solling Extra.

- b) Poldi Maximum; Becker Iridium 1; Schöller Phönix Hansa Spez. Pluto G.
- c) Poldi Maximum Special; Becker Iridium Special; Böhler Super Rapid Extra; Krupp DMF Extra Spezial; Schöller-Bleckmann Phönix Hansa Sp. T17H.
- d) Poldi Maximum Special hvězdička 30; Böhler Super Rapid Extra 214.
- e) Poldi MK; Böhler hvězdička cc; Becker Iridium Super Extra.

Tabulka je jen ukázkou četných značek rychlořezných ocelí.

Soustružnických nožů z rychlořezné oceli v držáku se v dílnách často používá pro úsporu materiálu, *obr. 30*. Nůž je z rychlořezné oceli, ale malého průřezu i délky (ušetří se značně na drahé oceli proti normálnímu noži). Na suport se upíná tělo držáku, které je z obyčejné oceli, dostatečně silné, aby se nůž při práci nechvěl. Nověji jsou tyto nože vytlačovány noži s navářeným ostrím.

Chromování ostří nástrojů se slušně osvědčilo. Tvrdý povlak z chromu má velkou odolnost proti opotřebení. Nůž může být z levnější oceli, ale musí se dobře spojovat s chromem. Trvanlivost nože z nástrojové oceli se chromováním zvětší 6- až 10krát. Broušením se nesmí tato vrstva odstranit, a proto nůž s chromovaným ostrím brousíme jen na hřbetě, aby čelo zůstalo neotřeno. U nás se s chromovanými nástroji nesetkáme téměř nikdy, chromování vyžaduje značných zkušeností. Podrobnosti v II. dílu.

3. Tvrdé kovy. Před několika lety se soudilo, že rychlořezné oceli budou vytlačeny tvrdými kovy (Diadur, Widia a j.). Tvrdé kovy však nevytlačí oceli, přes to, že jejich význam není ještě dostatečně oceněn, neboť jejich zavádění se setkává s řadou obtíží. Dosud jen málo závodů využívá tvrdých kovů v náležitě míře. Tvrdé kovy vyžadují velkých řezných rychlostí (soustruží ocel řeznou rychlostí i 600 m/min); dosavadní obráběcí stroje nestačily tomuto pokroku. Proto je nutno běžný soustruh pro použití tvrdých kovů náležitě upravit, jinak bychom byli výsledkem zklamání. Vřeteno musí být v ložiskách uloženo bez vůle; odstraníme mrtvý chod (vůli) v suportech a u saní, řemeny dobře natáhneme, pečlivě a vydatně mažeme a musíme zvětšit počet otáček. Do koníku opatříme hrot s kuličkovými ložisky. Tvrdé kovy vyžadují opuštění starých ustálených zvyků a převýchovu dělníka. Nevystačíme se zkušenostmi, získanými obráběním rychlořeznou ocelí. Tvrdé kovy se velmi dobře hodí pro rychlořezné moderní stroje na obrábění barevných kovů a lehkých slitin. Řezná rychlost tam může být ještě větší (1000 m/min i více).

Výhody tvrdých kovů: 1. Hlavní výhodou jest, že zkracují čas potřebný k řezání následkem větší řezné rychlosti (o 300 až 1000% proti rychlořezné oceli); necháme stejnou velikost třísky jako u rychlořezného nože, ale stroj se musí pustit rychleji. (Pozor, ne může, ale musí, tvrdý kov žádá vyšší rychlost, nesmí se jím rezat malou rychlostí.)

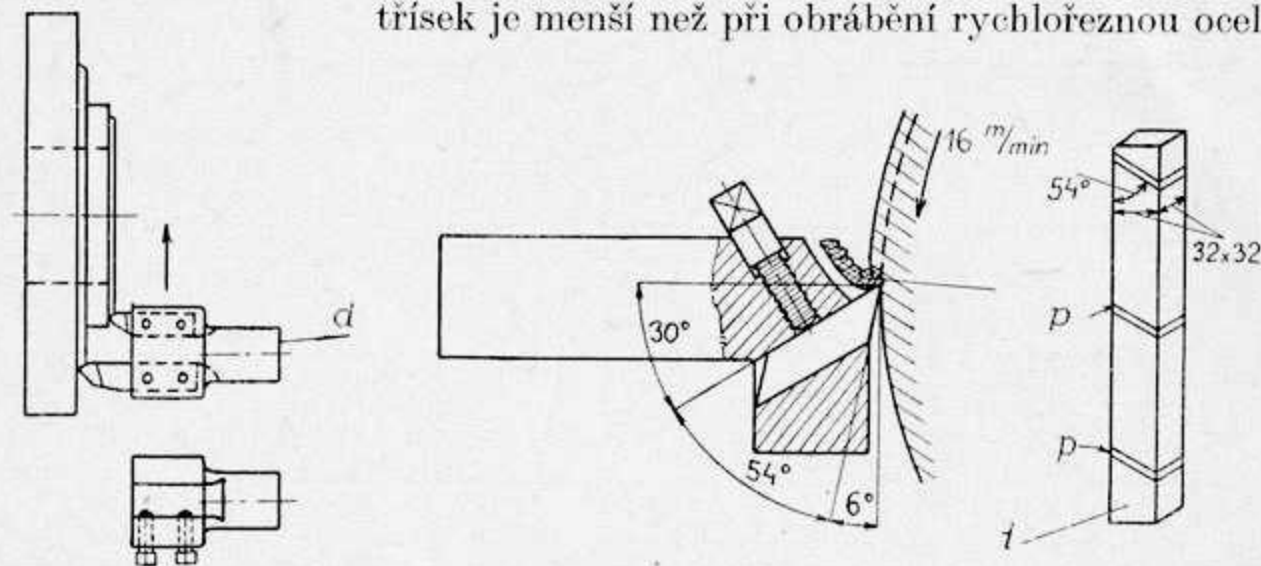
2. Trvanlivost ostří je proti rychlořezné oceli větší o 30 až 70%.

3. Snižují spotřebu cenného wolframu (wolframu je 8- až 10krát lépe využito než v oceli rychlořezné s 18% wolframu).

4. Zvyšují jakost výrobků, povrch je hladší a přesně geometrický. Odpadá tím broušení.

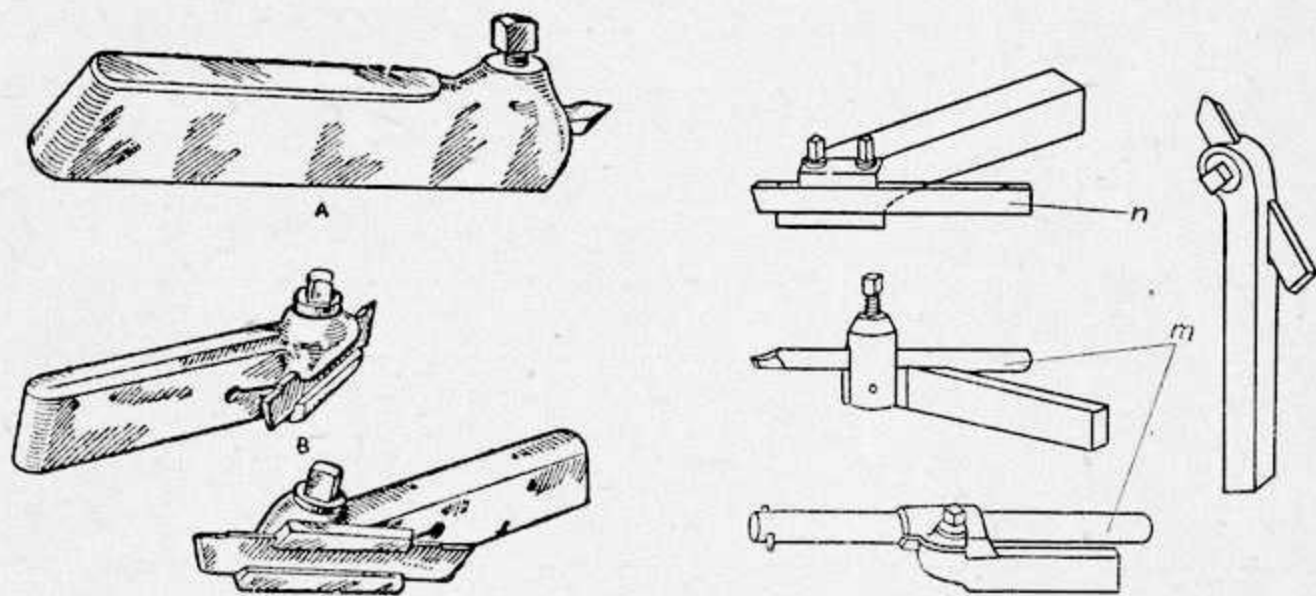
5. Zvyšují výkonnost dílen; poskytují asi o 30% více výrobků i při starším strojním zařízení, které je vhodně upraveno. Použitím nových strojů, dobře seřízených, stoupne výkonnost mnohonásobně.

6. Energie potřebná k odebrání určitého množství třísek je menší než při obrábění rychlořeznou ocelí.



Držák se dvěma noži.

Držák na nože, rozbroušené z tyček rychlořezné oceli; p = probroušení. Řezaná tříska o průřezu 40 mm².



Obr. 30. Nože n z rychlořezné oceli v držáku; m nůž na vnitřní soustružení.

Jak již bylo řečeno, je nutno, aby byly stroje náležitě upraveny. Kromě toho má být na ostření speciální stroj se zvláštními broušícími kotouči (obvykle jsou zelené barvy). Broušení má být svěřeno školnému dělníku. Ztráty, zaviněné špatným broušením a nedbalým zacházením, jsou často značné. Při soustružení tvrdými kovy nesmíme stroj zastavit, dokud je nůž v záběru; nedokončená tříska by snadno vyštípla ostří. Zastaví-li se stroj uprostřed práce, nesmíme nožem vyjížděti ze záběru (vyštípl by se). Otočíme ručně vřetenem v opačném směru a pak můžeme nožem bez obav

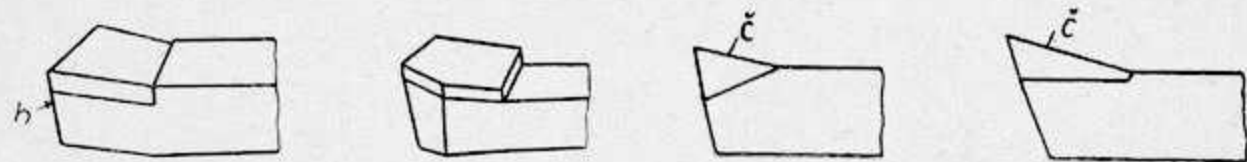
vyjítí ze záběru. Hloubku záběru a posuv volíme obvykle stejně, jako u rychlořezné oceli. Při hlazení si necháváme na poslední záběr asi 0,2 mm.

Tvrdé kovy se dělí na tři skupiny:

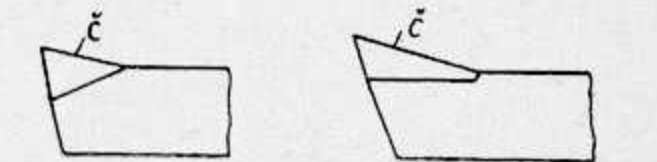
1. **Lité slitiny kobaltu, t. zv. stellite.** Jsou tvrdší než zakalená ocel, ale řezivost mají mnohem větší. Poldina huť vyrábí slitinu Real D — destičky k připájení na držáky, a Real S — tyčinky k naváření na ostří. Zahraniční značky jsou Stellit, Akrit, Cedit, Celsit, Reinit, Perzit a j.

2. **Lité karbidové tvrdé kovy.** Jsou velmi tvrdé, ale křehké. Málo se používají. Z cizích vynikly: Lohmanit, Miramant, Thoran, Arboga, Wig, Volamit a j.

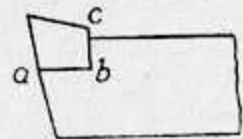
3. **Slinuté karbidové kovy s pojivým kovem.** Kov je tvrdý skoro jako diamant, dosti houževnatý, až do rozžhavení neměkne. Poldi Diadur je vyráběn



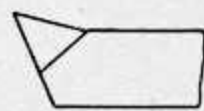
Obr. 31. Starší tvary přivařených destiček; *h* = hřbet.



Obr. 32. Novější tvary přivařených destiček (mohou se brousit i na čele *č*).



Obr. 33. Čtvercový průřez destičky.

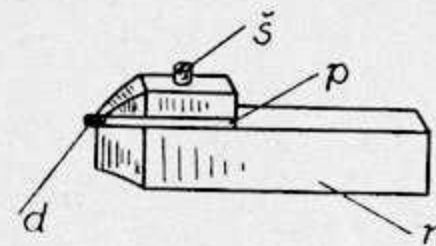


Obr. 34. Trojúhelníkový průřez přivařujeme šikmo.

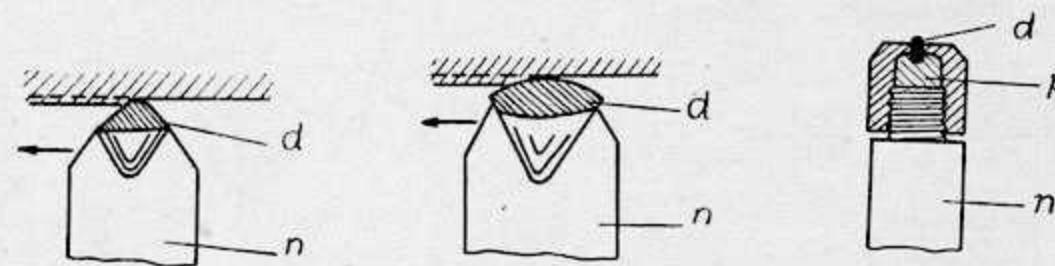
v jakostech A, B, S, SS. Návod k broušení dodá huť. Některé cizí značky: Hartmetall LC, OH; B-Hartmetall; Widia; Dynit; Perdurum; Titanit; Ramet; Carboloy; Norbid. Destičky vhodných tvarů (vybrány podle účelu nože z ceníku dodavatele) se přivaří nebo připájejí k násadám z obvyčejné oceli, jak bude uvedeno dále na obr. 31—34. Několik podrobností o tvrdých kovech bude uvedeno v II. dílu.

Soustružnické nože s navařeným ostřím z rychlořezné oceli nebo tvrdého kovu se v poslední době značně rozšířily (úsporné). Jen úzká část okolo břitu je z cenného kovu, ostatní je obvyčejná ocel. Dosáhne se tím velké úspory, přivařená destička na ostří dobře předává teplo, nůž je pevný. Využije se téměř celé destičky. Dříve se užívalo plochých destiček, obr. 31. Nůž se brousil jen na hřbetě. Lépe je brousit nůž na čele a pak používáme destiček trojúhelníkového průřezu, obr. 32. Nejlepší je čtvercový průřez destičky, obr. 33, ale obtížně se upevňuje. Musí držet na plochách *a—b* i *b—c*. Dá se přivařit na tupo, nebo spájením na tvrdo (někdy se však destička přetrhne). Násada je upravena tak, aby po navaření měly už destičky potřebné úhly (bez většího broušení). Trojúhelníkový průřez je proto nutno přivářet šikmo, obr. 34.

4. **Diamant.** Diamantem hladíme povrch, žádáme-li velkou hladkost a přesnost, nebo je-li obráběná hmota tvrdá a nevhodná pro obrábění jinými noži. Na ocel se ho používá jen výjimečně. U nás se s diamantovým nožem setkáme jen zřídka. Soustruh musí být v bezvadném stavu. Diamant bývá v držáku držen šroubem, nebo častěji zalit. Na obr. 35 je diamantový nůž. Soustružíme s tolerancí 0,01; předmět však musí být jemně osoustružen. Řeže rychlostí až 300 m/min při velmi značné teplotě. Hloubky třísky volíme 0,02 až 0,1, posuv 0,02 až 0,08 mm na otáčku. Zajíždíme do záběru a vyjíždíme



Obr. 35. Diamantový nůž. *d* diamant; *š* šroubek; *p* podložka, *n* držák.



Obr. 36. Diamantové nože. *n* násada; *d* diamant; *p* olověná pájka.

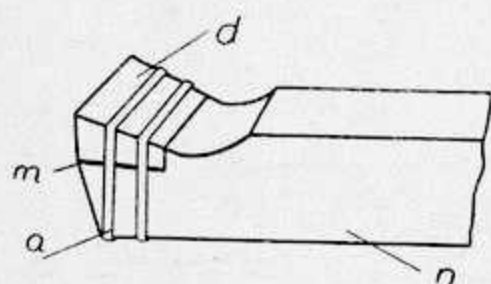
díme ze záběru jen za běhu stroje, aby se diamant nevyštípl. Diamant má ostří oblé nebo lomené, obr. 36. Vydrží bez broušení někdy i půl roku. Špičky diamantu se brousí na litých kotoučích, do kterých je zaválcován diamantový prach. Podrobnosti v II. dílu.

8. Výroba soustružnických nožů.

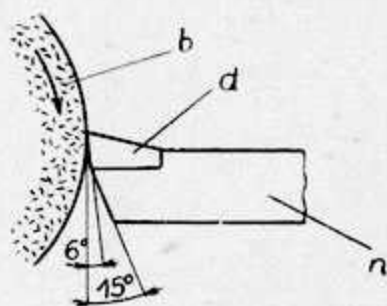
V menších dílnách, kde si často dělník nůž vyrábí sám, je důležité, aby byl nůž vždy dobrý. Záleží na vykování a hlavně na zakalení a vybroušení nože. Ve větších závodech dostane dělník nůž již hotový; vyroben odborně v nástrojárně. Praxí poznáme, jak si máme nůž připravit, aby nejlépe vyhovoval. Snažíme se, aby měl na ostří úhly, jaké jsou předepsány (= nejméně výhodnější) pro obráběný materiál, viz obr. 10. Proto jsou nutné šablony na jejich změření.

Kování. Nože z nástrojové a rychlořezné oceli koveme z tyčí. Nástrojová ocel se kove při 700—900°, rychlořezná při 900—1200° C. Ocel ohříváme nejlépe v plynových nebo kalicích pecích. Kování však vyžaduje značné zručnosti a zkušenosti, a proto hledíme raději zvolit tvar nože tak, aby se nemusel vůbec kovat. Vybrousí se z plného materiálu. Vznikají tím ztráty, neboť nůž z prokované oceli je lepší (výkonnější, má větší trvanlivost) než nůž z téže oceli tyčové.

Výroba nože z rychlořezné oceli, příklad. Materiál: Ocel Poldi Maxim Special, žíhaná, 20 × 20 mm (délka podle potřeby). Ocel zvolna ohřejeme v plynové nebo v koksové výhni na 1200° C (světle žlutý žár). Vykoveme na bucharu. Vložíme do plechové krabice, naplněné vypáleným koksem. Víko se utěsní hlinou. Ohříváme pomalu na 800–820° (světle třešňový žár — trvá asi 2 hod.). Potom asi 1 hodinu žiháme na této teplotě a chladne i s krabicí v popelu. Tvar nože hrubě vybrousíme. Pak v plynové peci pomalu předehejeme na 900° (žlutočervený žár, asi 4 min). V druhé komoře, vyhřáté na 1300° asi za 1 min rychle ohřejeme. Zamáčíme svisle do oleje (jen ostří a kousek nad ním) a asi 1/2 min. nožem kroužíme. Pak necháme v klidu vychladnout. Před popouštěním nahřejeme na 300° (naběhne do červena až modra) a popouštíme 1/2 hod. v olověné lázni na 570–590°. Po popouštění chladne na vzduchu. Nůž pak vybrousíme a břit obtáhneme karborundovým brouskem. Tvrdost ostří je 65 Rockwella nebo 840–920 Vickerse.



Obr. 37. Úprava destičky před spájením. d destička; m měď; a drátek; n násada.



Obr. 38. Ostření plátkového nože. b brus; d destička; n násada.

Plátkování (naváření ostří). Plátkováním se ušetří drahá ocel, neboť pouze ostří je z cenné oceli; násada je z podřadnějšího materiálu. Připájený plátek se obvykle prokalí ze žáru při spájení. Plátky se také přivařují v ohni a elektricky (na tupu). Při plátkování rychlořezné oceli v ohni postupujeme takto: Držák i plátek ohřejeme asi na 1000° (světle červený žár). Na očištěnou spáru (kartáčem, pilníkem) se nasype svářecí prášek. Přiložíme destičku a slabě přitlačíme kladívkem. Oba kusy ohřejeme asi na 1200–1300° (bílý žár). Destička se přitlačí na lisu nebo ve svěráku. Kalíme buď ještě žhavou, nebo znovu ohřejeme (po vychladnutí) a zakalíme. Svářecí prášek je směs jemných třísek šedé litiny s boraxem, který byl před použitím na lžici zahřát do červeného žáru a po vychladnutí roztlučen. Litina se smísí s boraxem v poměru 1 : 1 až 1 : 2.

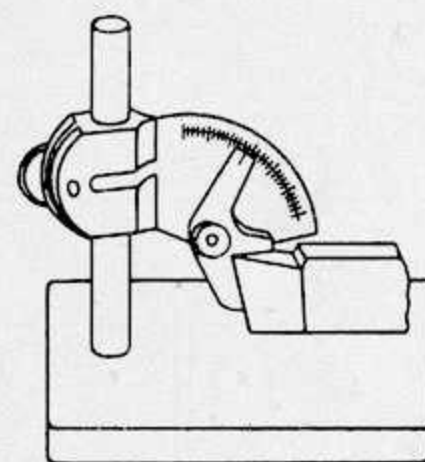
Nejlepší a nejlevnější přivaření destičky je elektrické (na tupu), na vhodných strojích pro tupé sváření. Destičky lze také spájet s držákem mědi. Destička se položí s páskem mědi a boraxem na držák, sváže drátem a ohřeje v plynové nebo elektrické peci, obr. 37.

Broušení před kalením. Dříve než budeme nůž kalit, vybrousíme (někdy vypilujeme) přibližný tvar ostří. Ušetříme tím mnoho času, protože nezáleží na tom, zda nůž hrubým vybroušením trochu vyhřejeme, neboť se bude teprve kalit. Pilováním se nejčastěji připravuje tvar ostří u tvarových nožů.

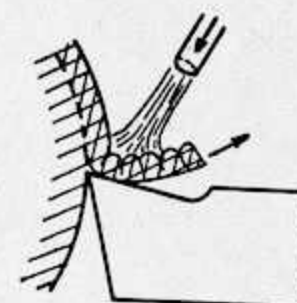
Rychlořezné oceli můžeme brousit ještě žhavé (červené) hned po kování, ale vždy za sucha.

Broušení nožů po kalení. Nože máme zpravidla již připravené na přibližný tvar. Brusný kotouč má být rovný a musí dobře brát (špatné jsou pískovcové brusy). Při broušení se nesmí na nůž příliš tlačit. Ničí se tím brusný kotouč (vylamují se zrna) a nůž se vyhřívá. Správně se nabrousí ostří jen jemným přitlačením nože. Silným přitlačením zahříváme ocel a vznikají trhlinky. Na obr. 38 je ostření plátkovaného nože. Násada má větší úhel vychylky, brousí se pouze destička z tvrdého kovu.

Větší dílny mívají stroj na broušení nožů. Nůž se upne do hlavy, opatřené stupnicí tak, že se brousí hned žádané úhly. Takto broušené nože jsou lepší než ručně broušené, protože úhly jsou přesně dodrženy. Úhly měříme šablonkami nebo přístrojem. Po broušení břit obtáhneme nejčastěji ručně kamínkem, nebo na strojích (t. zv. lapování ostří, vyhladí strany a odstraní jehlu na ostří). Na obr. 39 je přístroj na měření úhlů. Objímka se staví na sloupku do libovolné polohy (podle velikosti nože).



Obr. 39. Přístroj na měření úhlů na noži.



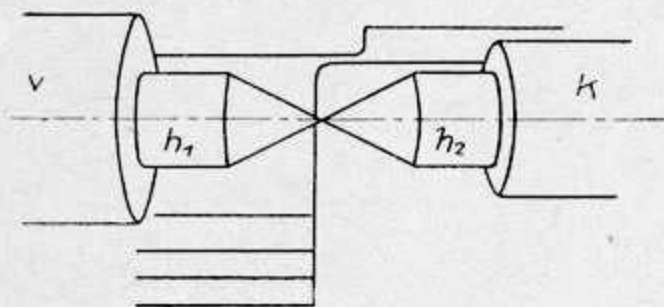
Obr. 40. Mazání.

9. Mazání a chlazení při soustružení.

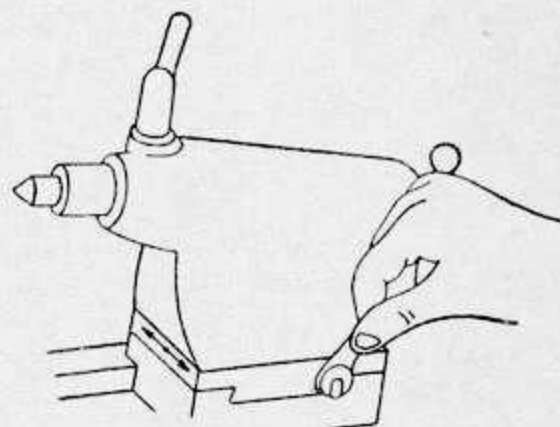
Třením třísky o čelo nože a hřbetu o materiál vzniká velké teplo, které zmenšuje trvanlivost nože. Aby se tření zmenšilo a teplota nože nepřekročila určitou mez, mažeme nůž hlavně při řezání oceli, na př. olejem, obr. 40. Někdy se musí buď více chladit, nebo více mazat. Lépe chladí voda, mýdlová voda, ale ničí stroj. Více maže (ale méně chladí) olej, minerální nebo emulze, zvaná vrtací olej. Ještě méně chladí oleje rostlinné, ale šetří stroj. Při soustružení velmi tvrdé oceli mažeme terpentínem, při mědi vrtacím olejem. Teplota nože z nástrojové oceli smí být nejvýše 300°, z rychlořezné 600°, z tvrdých kovů až 800°. U rychlořezných ocelí se zvýší chlazením řezná rychlost asi o 40%, u tvrdých kovů jen asi o 10%, protože dosud nebyly nalezeny chladicí tekutiny pro veliké rychlosti. Nejčastěji se maže minerálním olejem s přísadkou mýdla, lihu, svařeno s vodou (vrtací olej). Při použití olejů vzniká hrubší povrch součástí. Na noži se vytvoří nastavené ostří (zmínka o něm u obr. 18), které chrání břit nože. Podrobně bude o významu chlazení a mazání pojednáno až v II. dílu (pro pokročilejší).

10. Jakost obrobeneho povrchu.

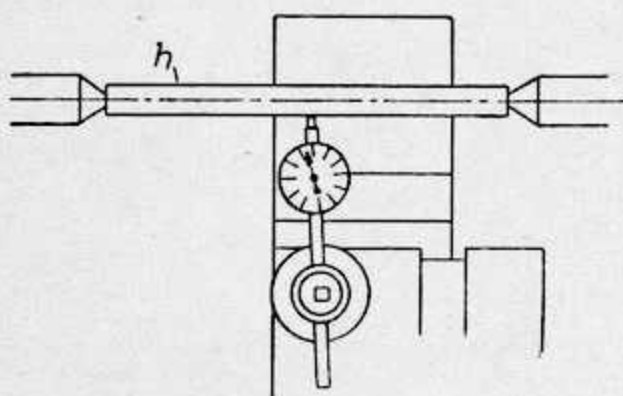
Oscustružené plochy nejsou nikdy dokonale hladké. Špice nože tvoří ne-
patrné rýhy, které jsou vidět při zvětšení obrobeneho povrchu pod mikro-
skopem. Chvěním nože a nepravidelným vytrháváním třísek vznikají další
nerovnosti. Hruběji obrobená součást snadněji rezaví (málo vydrží) a brzy
se opotřebí (= otlačí se vrcholy nerovností). Dnes se měří hladkost povrchu
mikroskopem, světelnými paprsky, kondensátory (elektricky) a jinak. U dů-



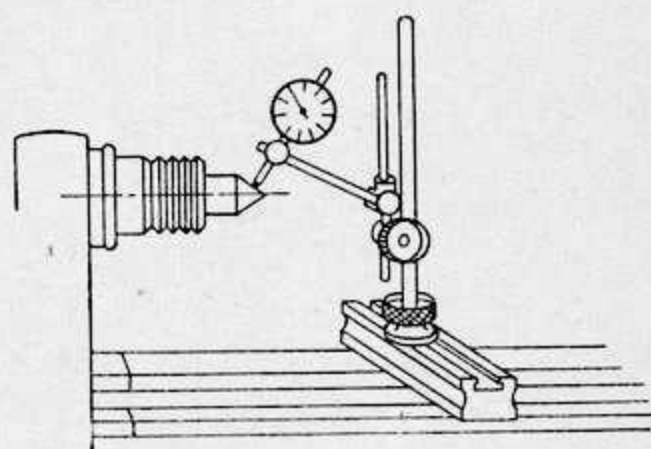
Obr. 41. Usazení hrotů proti sobě. v vřeteník; h_1 hrot ve vřetenu; h_2 hrot koníku; k pinola koníku.



Obr. 42. Posunutí koníku napříč.



Obr. 43. Usazování hrotů proti sobě broušeným hřídelem h a hodinkami.



Obr. 44. Zkoušení běhu hrotu hodinkami.

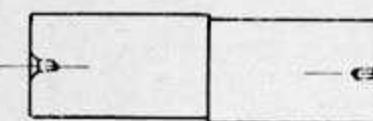
ležitých součástí se předpisuje, jaká smí být největší hloubka rýh H (v mikronech), t. j. tisícinách mm; $3\mu = 0,003$ mm. Značky obrobení (∇ hrubý povrch, $\nabla\nabla$ hladký povrch, $\nabla\nabla\nabla$ nejhladší povrch) nestačí. Při hrubování je hloubka rýh $H = 0,063$ až $0,1$ mm; při hlazení $0,025$ až $0,04$ mm; při jemném soustružení $0,016$ až $0,025$ mm.

Příklad značení: U povrchu čepu je značka $\nabla\nabla\nabla H_{20}$. Předpisuje velmi jemný povrch ($\nabla\nabla\nabla$), nejhlubší rýhy smí být 20 mikronů, t. j. $20 \times 1/1000 = 0,02$ mm.

Pamatujme, že značky obrobení (trojúhelníky) neznačí přesnost součásti, nýbrž jen hladkost povrchu.

11. Usazení hrotů proti sobě.

Při soustružení delších částí (konec podepřen hrotem koníku), při vrtání a vystružení je nutno, aby hrot koníku byl přesně proti hrotu, vsazenému ve vřetenu. Zjistíme to tím, že se koníkem s hrotem přiblížíme až k hrotu ve vřetenu, obr. 41. Chybu odstraníme nastavením koníku, otočením šroubem, obr. 42. Přesnější způsob vyrovnání hrotů je na obr. 43. Přesně broušený

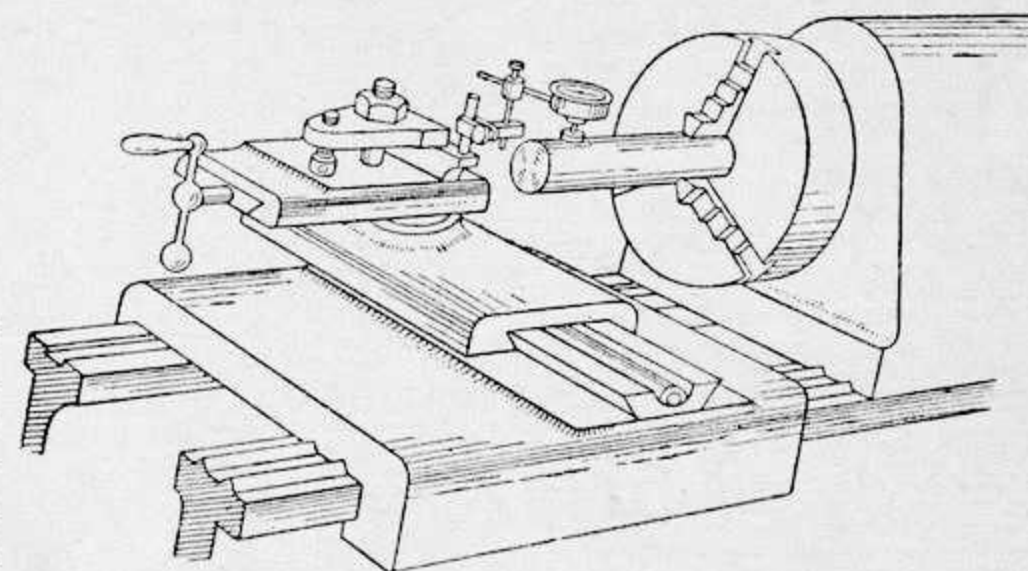


Obr. 45. Přesazení, hrot ve vřetenu hází.

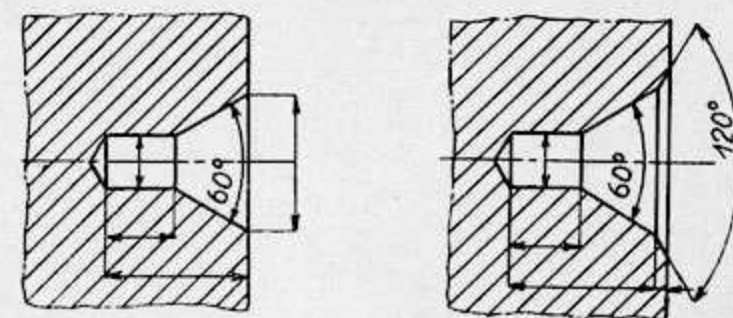
hřídel se upne mezi hroty. Na suport připevníme měřicí hodinky, které se hrotem dotýkají hřídele. Budeme-li pak soustružit ručním posuvem, t. j. otá-

čením klíčkou, vyrovnáme maličkým natočením suport tak, aby ručička hodinek ukazovala stále na stejné číslo stupnice. Budeme-li soustružit strojním posuvem, posouváme celými saněmi a vyrovnáme chybu vhodným posunutím koníku. Hřídel je při vyrovnávání v klidu, t. j. soustruh stojí. Malé vychýlení hrotů způsobí značný rozdíl v průměrech na obou koncích obráběné součásti (čím delší, tím větší chyba).

Aby byla součást přesně souměrná k ose, musí hrot vsazený do vřetena přesně běžet, t. j. nesmí házet. Běh hrotu se přezkouší hodinkami upnutými ve stojánku podle obr. 44. Neběží-li hrot, je soustružená součást v určitém místě povrchu přesazena, obr. 45. Nepřesný chod hrotu odstraníme tím, že hrot dáme přebrousit, nebo se přebrousí přímo na soustruhu bruskou (viz dále broušení na soustruhu). Přesný běh upnutého materiálu přezkoušíme podle obr. 45-a.



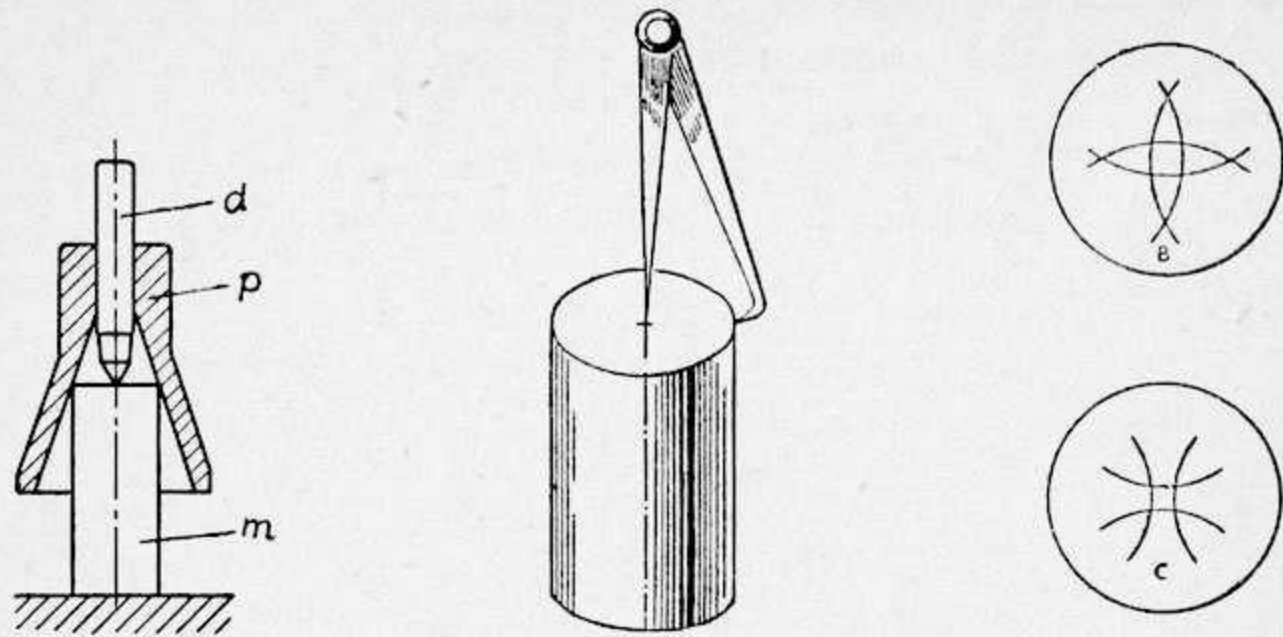
Obr. 45a. Zkoušení běhu materiálu hodinkami.



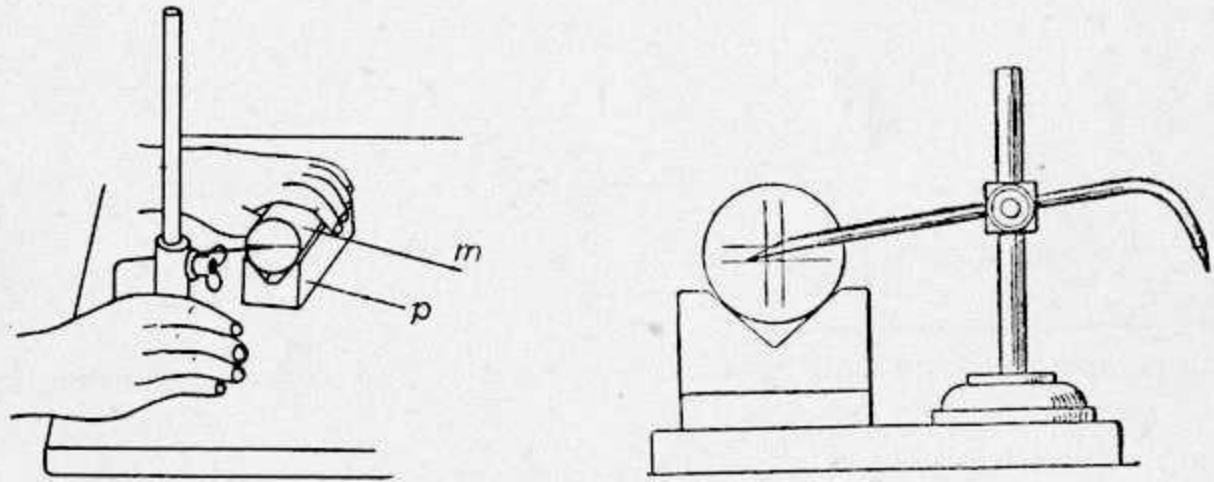
Obr. 45-A. Důlek obyčejný a s ochranným zapuštěním (sražením hrany, u větších částí).

12. Značení a navrtávání.

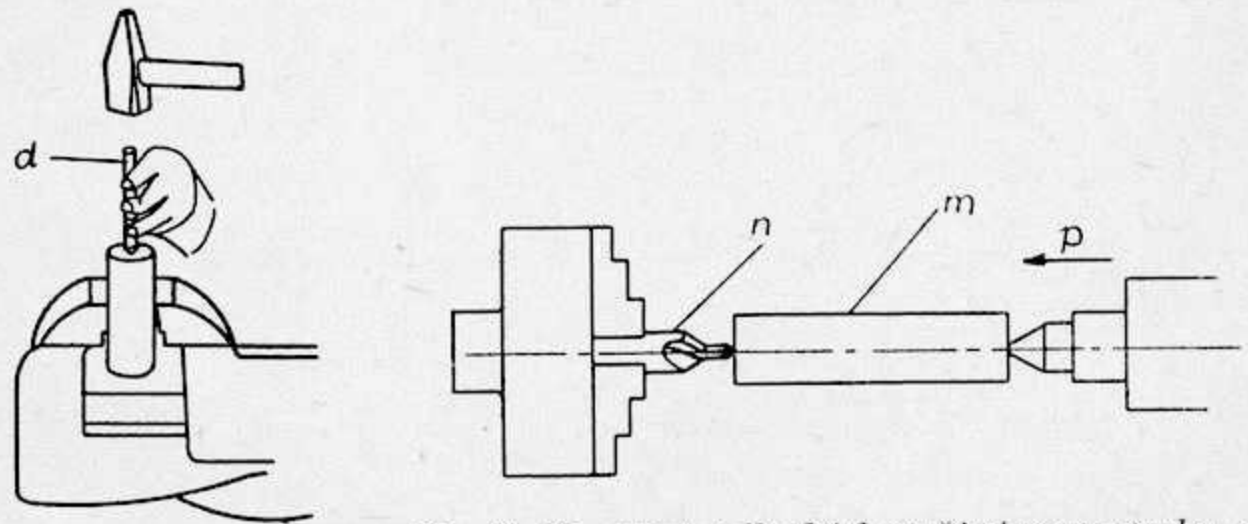
Materiál, který budeme soustružit v hrotech (nebo bude upnut ve sklíčidle a opřen hrotem) musíme v ose označit a navrtat tam důlek pro hrot, obr. 45-A. Označení lze provést podle obr. 46 kuželovým pouzdem, které má



Obr. 46. Značení středu. *d* důlčík; *p* pouzdro; *m* materiál. Dobře také vyhoví zvláštní kružítko podle obr.



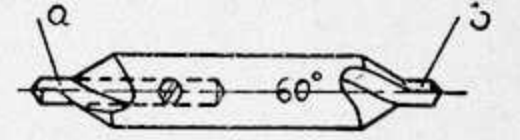
Obr. 47. Rýsování středu. *m* materiál; *p* podložka. Podle obr. vpravo se hřídel položí na podložku *V* a rýsuje se dva páry kolmých čar. Střed je v prostředním čtverci.



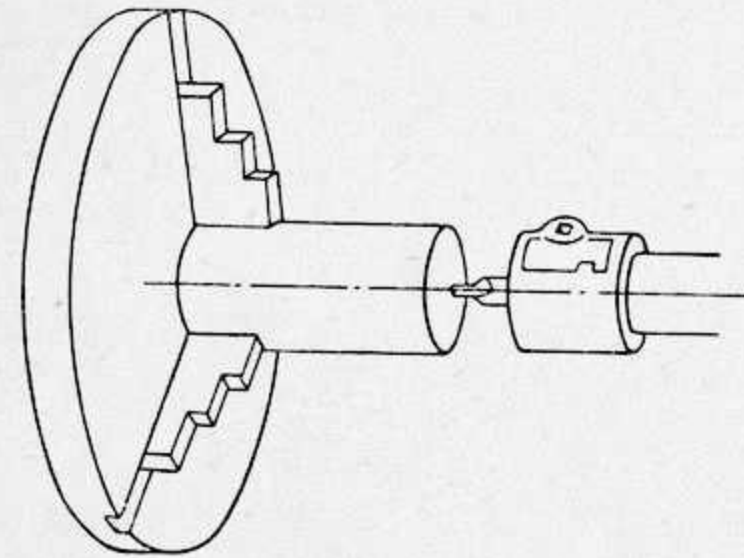
Obr. 48. Značení středu důlčíkem *d*.
Obr. 49. Navrtávání dlouhých součástí na soustruhu. *n* navrtávák; *m* materiál, držíme rukou; *p* přitahujeme otáčením kolečka na koníku.

ve středu otvor, jímž je veden důlčík. Materiál dosedá v kuželovém otvoru pouzdra. Výhodou je, že je možno v témže pouzdru značit materiál různého průměru.

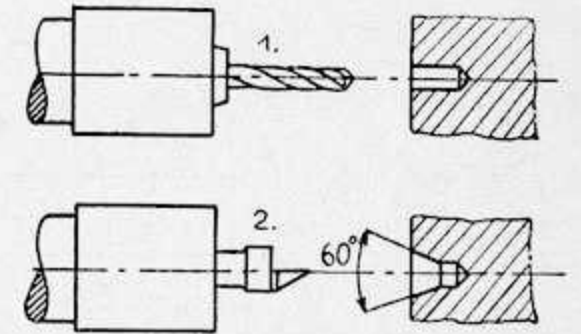
Na obr. 47 je orýsování středu rýsovací jehlou. Potom materiál upneme do svěráku a vyrazíme důlek důlčíkem, obr. 48. Nejprve uhodíme slabě, abychom jen označili střed (stává se, že důlčíkem pohneme a střed by byl chybně označen). Je-li důlčík správně usazen na průsečíku rysek, uhodíme silněji. Máme označen střed a důlek pro hrot navrtávákem třeba na soustruhu. Navrtávák upneme do sklíčidla a druhý konec opřeme hrotem koníku, obr. 49. Otáčením klíčky tlačí hrot materiál proti navrtáváku.



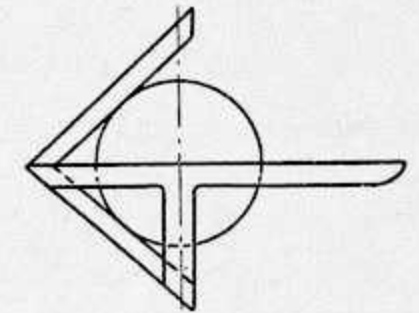
Obr. 51. Vrtáček v navrtníku a vsazený, *b* z jednoho kusu.



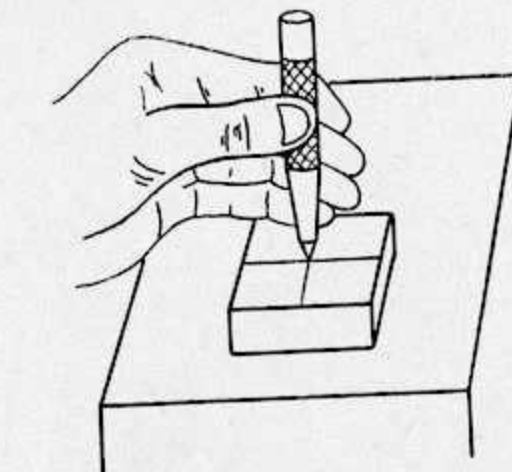
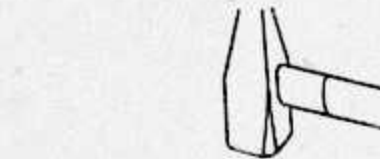
Obr. 50. Navrtávání na soustruhu.



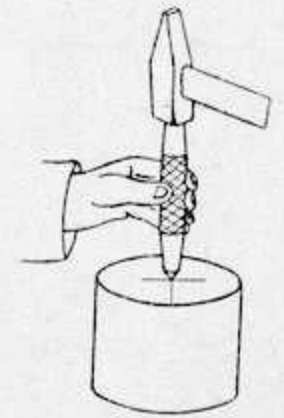
Obr. 51-A. Navrtávání větších důlků.



Obr. 53. Orýsování dostředným úhelníkem.



Obr. 52. Značení středu důlčíkem.

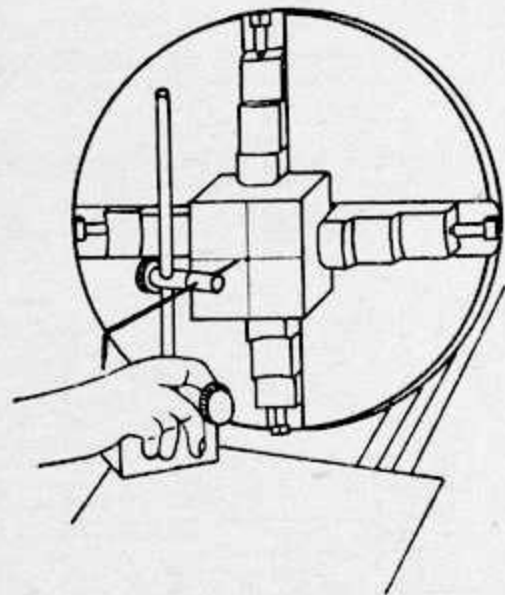


Obr. 54. Značení středu.

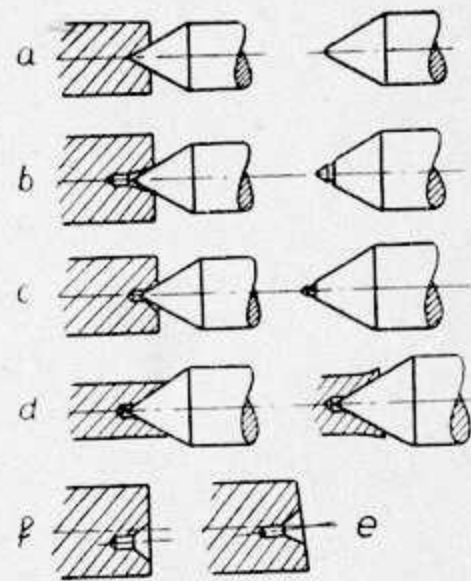
Předmět držíme v ruce. Navrtávák má rychlý běh; mažeme řepkovým olejem nebo vrtacím olejem. Hrot koníku přitahujeme s citem, abychom vrtáček nezlomili. Tímto způsobem navrtáváme hlavně delší součásti, které neprojdou otvorem ve vřetenu (nejdou upnout do sklíčidla).

Válcové součásti navrtáváme nejčastěji podle obr. 50.

Součást upínáme do sklíčidla tak, aby příliš neházela. Navrtávák obr. 51 je upnut v upínacím pouzdře, které je vsazeno do pinoly koníku (místo hrotu). Navrtávaná součást má být na čelní ploše rovná. Větší důlek navrtáváme někdy podle obr. 51-A šroubovým vrtáčkem a zapouštěčem. Na obr. 52 je značení středu na čtyřhranu. Na obr. 53 je orýsování středu na čele válcové součásti a na obr. 54 značení středu válcového materiálu. Na obr. 55 je



Obr. 55. Rýsování jehlou.



Obr. 56. Chyby při navrtání dírku.

orýsování jehlou ve stojánku. Předmět je upnut na lící desce. Tam, kde často navrtáváme velký počet kusů, vyplatí se na navrtávání jednoduchý stroj s pákovým převodem pro posuv navrtáváku.

Na obr. 56 jsou naznačeny chyby při navrtávání.

Obr. a: Špička hrotu není volná. Hrot hřeje, otupí se, důlek je nepřesný a součást hází.

Obr. b: Hrot nesedí a vymačká se žlábek.

Obr. c: Hrot sedí jen ve špičce — vymačká se žlábek.

Obr. d: Navrtaný důlek je příliš hluboký. Hrot sedí i u hrany materiálu a deformuje ho.

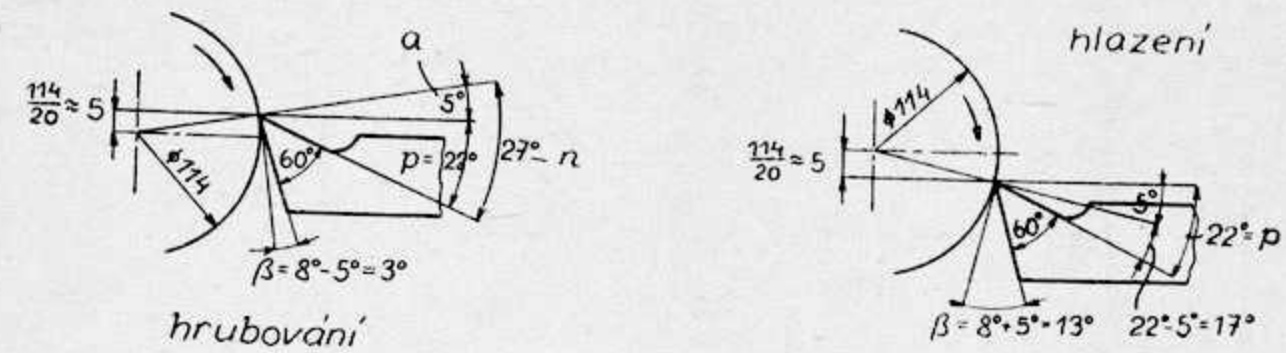
Obr. e: Čelní plocha je křivá. Důlek je navrtán mimo osu materiálu (šikmo).

Obr. f: Důlek je navrtán mimo střed. Součást hází.

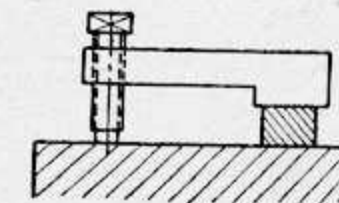
13. Upínání nožů.

Správné upnutí nože je velmi důležité. Výškovým nastavením nože se vlastně mění úhly na noži, jak už bylo dříve vyloženo. Záleží na zručnosti soustružníka, aby si tímto způsobem bez přibroušení nařídil úhly podle

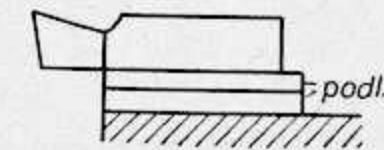
požadavků materiálu. Pro praxi si pamatujme, obr. 57: Při hrubování stavíme ostří nože o $\frac{1}{20}$ průměru součásti nad osu. Při blazení stavíme ostří o $\frac{1}{20}$ průměru součásti pod osu (nůž se nezasekává do materiálu). Při soustružení na čelní ploše, při řezání závitu a při upichování stavíme ostří nože do osy součásti.



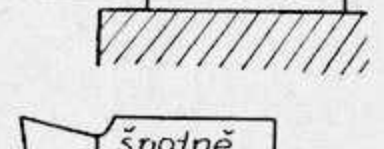
Obr. 57. Postavení nože pod a nad osou soustružené součásti. a změna úhlu; p původní úhel; n nový úhel.



správně



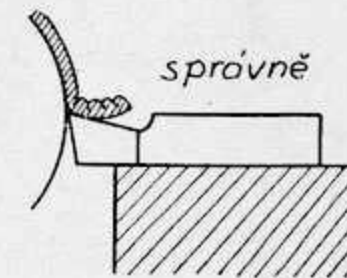
špatně



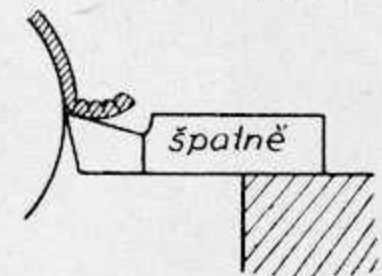
špatně



špatně



správně



špatně

Obr. 58. Upnutí nože.

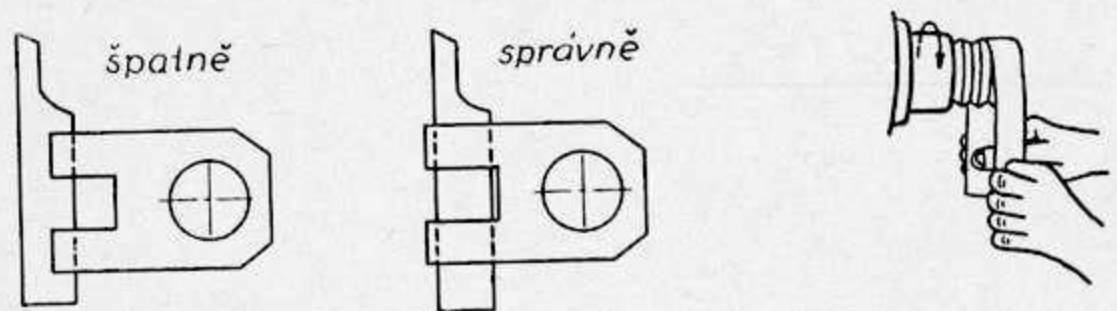
Aby se nůž při práci nechvěl, upínáme ho vždy tak, aby jen malá část přesahovala přes suport. Musíme-li nůž podkládat podložkami, tedy tak, aby podložka byla po celé délce upnuté části nože. Na obr. 58 a 59 je znázorněno dobré a špatné upnutí nože.

14. Upínání soustruženého materiálu.

Snažíme se vždy upínat tak, aby součást byla obrobena najednou nebo se co nejméně přepínala. Častým upínáním se osoustružená plocha pomačká. Proto raději již obrobenou plochu obalíme proužkem tenkého plechu a pak

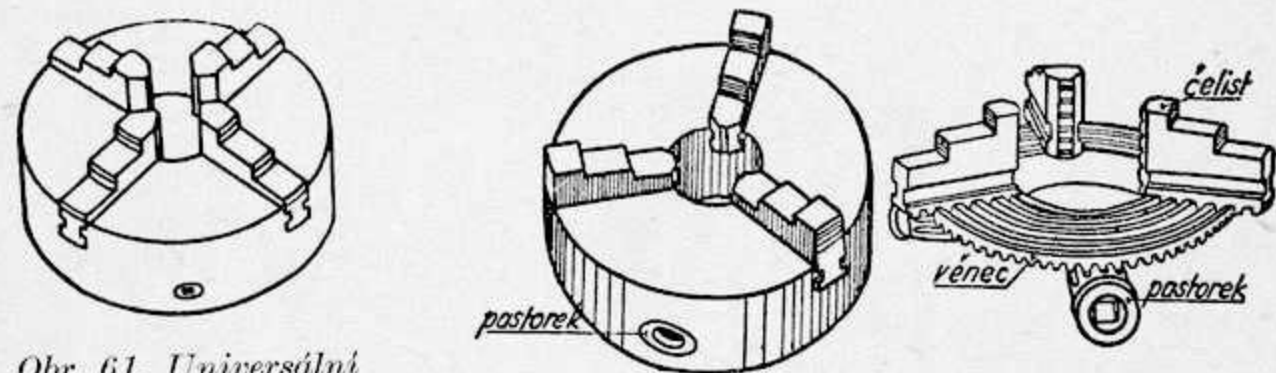
upneme. Upnutý předmět musí dobře držet a nemá házet. Dále je popsána řada způsobů, jak máme upínat.

Materiál nebo **součásti** upínáme na soustruhu do vhodného upínacího zařízení, které je upevněno na vřetenu soustruhu. Jsou to: Sklíčidlo (univerzální), skřípce, lícní čelistová deska, unášecí deska a hroty. Sklíčidlo, lícní deska a unášecí deska se našroubovává na vřeteno, opatřené závitem. Skříp-



Obr. 59. Upnutí nože.

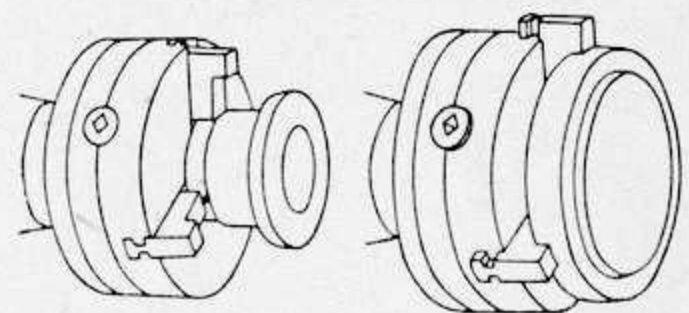
Obr. 60. Čištění závitu vřetena.



Obr. 61. Universální sklíčidlo čtyřčelistové.

ce a hroty se usazují do kuželového otvoru vřetena (často pomocí pouzder, zvláště u větších soustruhů). Před každým nasazením důkladně očistíme vřeteno (hlavně závity) i upínací zařízení, obr. 60 (proužkem hadru nebo nejlépe proudem vzduchu). Sklíčidlo, lícní desku a unášecí desku našroubojeme na vřeteno buď v klidu, nebo při velmi pomalém chodu (závit se snadno křivým nasazením zasekne). Nesmíme našroubovovat násilím (nečistota v závítě). Hrot a skřípce se nasazují jen když je vřeteno v klidu (netočí se). Malá nečistota (tríska a p.) způsobí, že hrot nebo skřípce „hází“ (neběží přesně rovně).

Upínání do sklíčidla (univerzální). Na soustruhu nejčastěji upínáme do sklíčidla, která mají 2, 3 nebo 4 upínací čelisti. **Dvoučelistové sklíčidlo** (málo používáno) se utahuje nástrčkovým klíčem. Šroub má pravý a levý závity. Jeho otáčením se čelisti přibližují nebo vzdalují. Častější je **čtyřčelistové sklí-**



Obr. 62. Universální sklíčidlo trojčelistové.

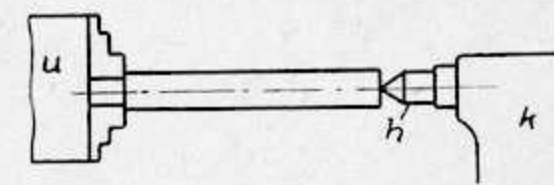
čidlo, obr. 61, do kterého můžeme upínat také čtyřhranné součásti. Nejvíce se používá **tříčelistového sklíčidla, obr. 62**. Nástrčkovým klíčem se otáčí kterýmkoliv ze tří kuželových šroubů v obvodu. Tím se otáčí převodem ozubeným kolečkem věnce, na kterém je ve spirále vytvořen závit. Do závitu zapadají zuby čelisti. Podle směru otáčení věnce se všechny čelisti posouvají ke středu nebo ven. Nutno dbát, aby závit věnce a zuby čelistí byly čisté občas tríska, které se dostaly dovnitř, vyfoukat vzduchem). Můžeme také upínat předměty trojhranné a šestihhranné.

Materiál nebývá vždy přesně válcový, často má na povrchu vrstvu barvy (značení materiálu). Při upnutí se barva drolí, materiál se uvolní; musíme proto upínat velkou silou (zvláště při větších průměrech). Tím trpí upínací čelisti. Doporučuje se nejprve malou trískou povrch srovnat a za tuto část pak pevně upnout ve sklíčidle. Na každém soustruhu by měly být alespoň dvě sklíčidla. Jedno na hrubší a větší práce na hrubování, druhé na přesné práce (soustružení na čisto). Značně se tím zvýší trvanlivost sklíčidel. Zvláště je špatné, upínáme-li střídavě veliký a malý průměr (čelisti se brzy vymačkají).

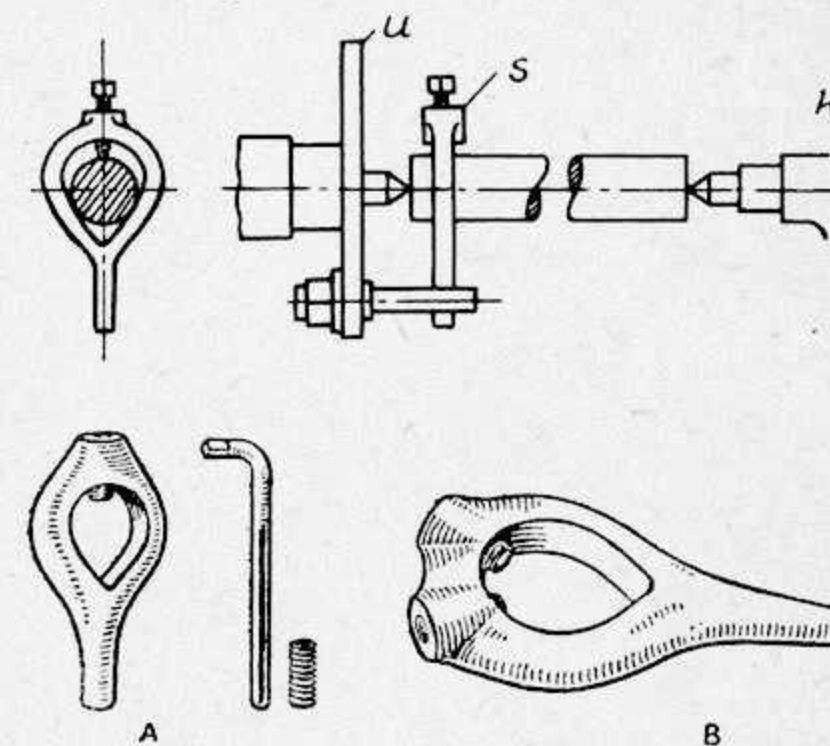
Do sklíčidel upínáme menší součásti. Každé sklíčidlo má mít sadu t. zv. **obrácených čelistí**, do kterých pak můžeme vypínat dosti velké průměry. Dobrá sklíčidla (t. j. hřídele v nich upnuté) mají „běžet“ na 0,02 až 0,05 mm.

Dlouhé součásti, upnuté už ve sklíčidle, musíme na druhém konci opatřití důlkem a opřítí hrotem (jinak bychom je ohnuli), obr. 63. Při výrobě součástí, které se budou ještě brousit nebo soustružit na čisto, upneme jeden konec do sklíčidla a druhý opřeme hrotem. Součást sice přesně nepoběží, ale broušením nebo soustružením na čisto ve hrotech se tato malá chyba napraví (ve sklíčidle materiál lépe drží než je-li upnut mezi hroty).

Sklíčidlo občas rozebereme, vyčistíme a trochu namázneme (vaselinou). Při vyměňování upínacích čelistí na obrácené nebo naopak nasadíme nejprve čelist označenou č. 1, pootočíme trochu pastorkem pomocí klíčky a nasadíme



Obr. 63. Upnutí dlouhé součásti. k koník; h hrot; u tříčelistová univerzální.

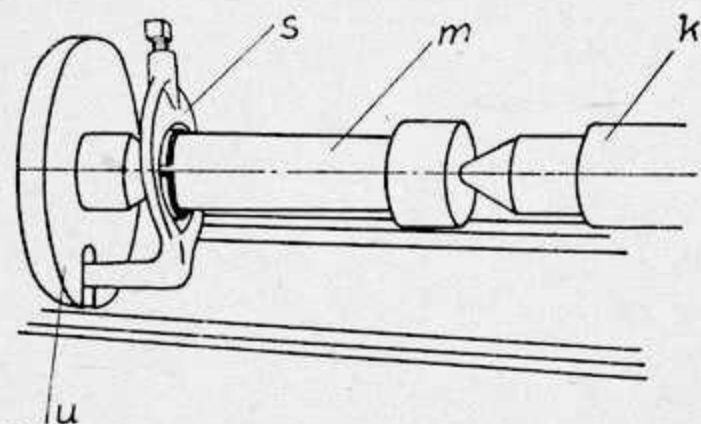


Obr. 64. Upnutí do hrotů. u unášecí kotouč; s srdce; m materiál; k koník; A, B srdce.

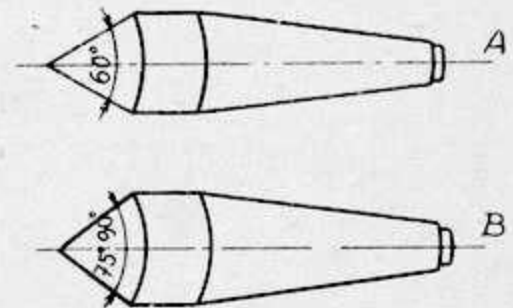
čelist č. 2 atd. Každá čelist a každá drážka ve sklíčidle je opatřena příslušným číslem. Přehodíme-li čelisti, sklíčidlo hází.

Upínání mezi hroty. Dlouhé předměty upínáme mezi hroty, které jsou nasazeny ve vřetenu a koníku. Předmět musí mít důlky, navrtné přesně do osy; otáčí jím srdce, které je opřeno o kolík na unášecí desce, obr. 64, nebo má zahnutý konec, který zasahuje do výřezu unášecí desky, obr. 65. Materiál drží v srdci třením, šroubem (obyč. tlačí na plechovou vložku, aby nepomačkal povrch materiálu).

Mezi hroty upínáme *vždy*, soustružíme-li kužel přestavením hrotů. Hrot vsazený v koníku se při práci zahřívá (třením, přejímá též teplo materiálu, který soustružíme) a musí se mazat lojem, vaselinou nebo olejem. Hrot ve vřetenu se nemaže (otáčí se s materiálem). Hrot koníku se přitahuje otáčením



Obr. 65. Upnutí do hrotů. *u* unášecí kotouč; *s* srdce; *k* koník.



Obr. 66. Kuželové hroty. *A* obyčejný, *B* na těžké součásti.

kolečka. Nesmíme přitahovat násilím, jinak se hrot brzy zahřívá (upálí se). Součást však nesmí být mezi hroty volně upnuta, neboť by se snadno ohnula. Záleží zde na citu dělníka.

Kuželové hroty mají nejčastěji vrcholový úhel 60° . Jsou kaleny a broušeny, obr. 66. Na těžké předměty se používá hrotů, které mají vrcholový úhel 75 až 90° .

Na obr. 45-A, 56, 67 je znázorněno správné navrtání důlků pro hroty. Špička hrotu musí být chráněna a materiál musí sedět v bocích, jak vyloženo u obr. 56. Na obr. 68 je unášecí kotouč (unášecí deska) s hrotem, našroubovaná na vřetenu.

Kulové hroty, použity hlavně při soustružení kuželů v hrotech, přestavením hrotů (lépe sedí než obyčejné hroty), obr. 69. Na obr. 70 je hrot téměř do poloviny rozbroušený; použit při čelním soustružení, aby nůž mohl až k ose materiálu (viz soustružení na čelní ploše).

Často se používá do koníku hrotů s *kuličkovými ložisky*, zvláště při velkých rychlostech (normální hrot by nevydržel — spálil by se), na moderních rychlořezných strojích. Na kuličkách uložený hrot se otáčí s materiálem. Bude o tom zmínka v odd. III, Soustruhy.

Duté součásti soustružíme mezi hroty podle obr. 71-B. Do součásti natáhneme vložky opatřené důlky pro hroty. Vložka pro hrot koníku musí se

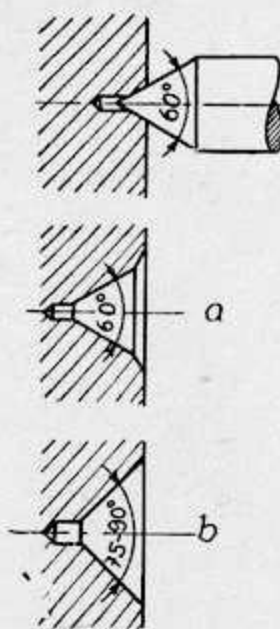
dát vyjmout. Vložka pro hrot ve vřetenu je pevně natažena (bude otáčet předmětem).

Tutéž součást možno soustružit přímo mezi hroty, obr. 71-A (bez vložek), ale hroty značně vymačkají vnitřní kraje (vytlačí kuželovou plošku). Při soustružení je pak nebezpečí, že se součást vymačká, je mezi hroty volná a nůž se snadno zasekne. Nutno dbát, aby hroty stále dobře seděly. Lépe je užít vložek.

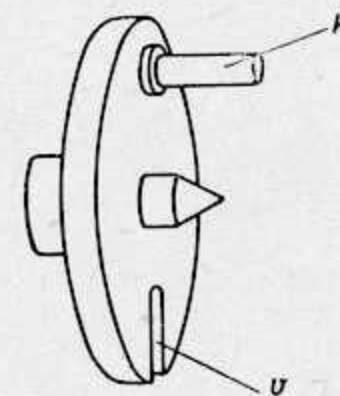
Na obr. 72 je znázorněno upnutí většího odlitku mezi hroty.

Upínání na trny. Vrtané předměty upínáme často na trny. Trn bývá kalený a broušený, mírně kuželový. Zalisuje se do předmětu, až pevně drží. Na konci má trn plošku pro srdce; upíná se mezi hroty, obr. 73. Jindy se

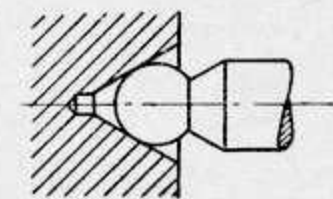
upíná na trny upravené podle obr. 74. Vyvrtaný předmět se nasune (nesmí být volný) na trn a přitáhne maticí. Otvory všech obráběných předmětů musí být stejné (vystružené). Osvědčí se při větším počtu kusů. Nevýhodné je, že se trn hodí jen pro jedinou součást.



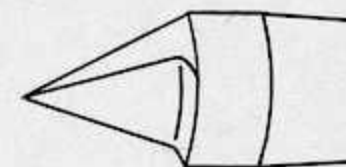
Obr. 67. Důlky pro hroty. *a* s ochranným zapuštěním; *b* pro těžké součásti.



Obr. 68. Unášecí deska s hrotem. *k* kolík; *v* výřez pro srdce.



Obr. 69. Kulový hrot.

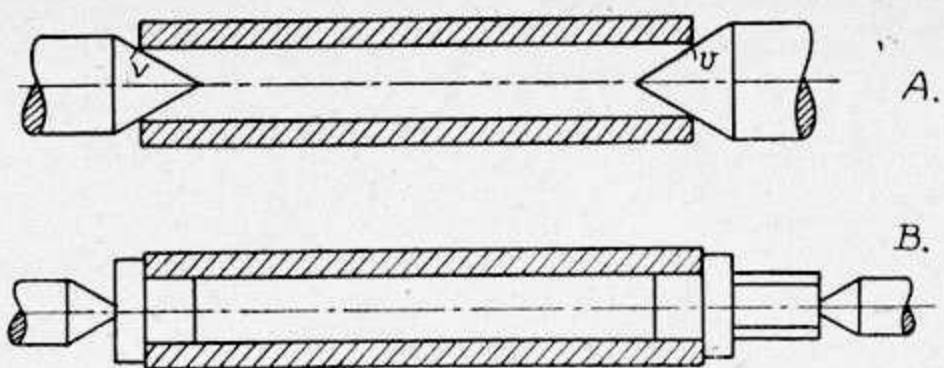


Obr. 70. Půlový hrot.

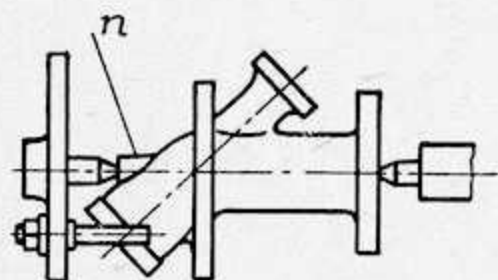
Upínání na rozpínací (expansivní) trny. Tyto trny, obr. 75 mají několikrát střídavě naříznuté pouzdro, které se přitážením matice *m* rozpíná na táhlém kuželi trnu. Tím se upne předmět, který šel volně navléknout na pouzdro. Při sejmutí se matice *m* povolí a pouzdro se s kužele stlačí maticí *M*. Trn je upnut mezi hroty.

Jiný rozpínací trn je na obr. 76; je kuželovou částí usazen ve vřetenu. Součást se snímá pomocí matice *M*. Pouzdro je několikrát naříznuté a má ve středu kuželový otvor, zakončený závitem. Kuželový trn se našroubovává do otvoru, pouzdro rozpíná a pevně upne předmět. Ještě dokonalejší rozpínací trn pro seriovou práci je na obr. 76-A. Součásti upínány otáčením kolečka *A*, které vtahuje kuželový trn *K* do rozříznutého pouzdra. Závitem *Z* je trn našroubován na vřetenu soustruhu.

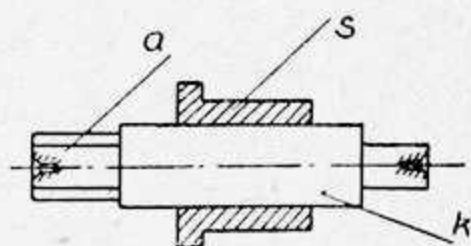
Upínání do skřípečů. Skřípečů, obr. 77, se používá k upínání hlavně u menších soustruhů a u automatů pro práci z tyčí. Malé soustruhy mají v dutině



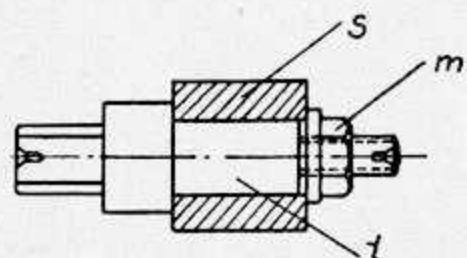
Obr. 71. Upnutí duté součásti mezi hroty. V místě v se otláčí.



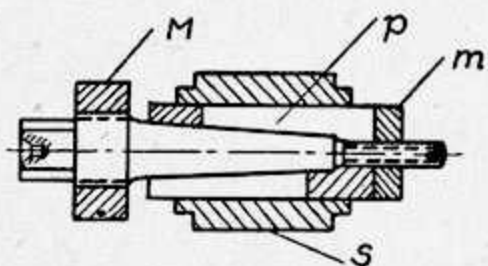
Obr. 72. Upínání odlitku ventilu do hrotů. n nálipek pro důlek.



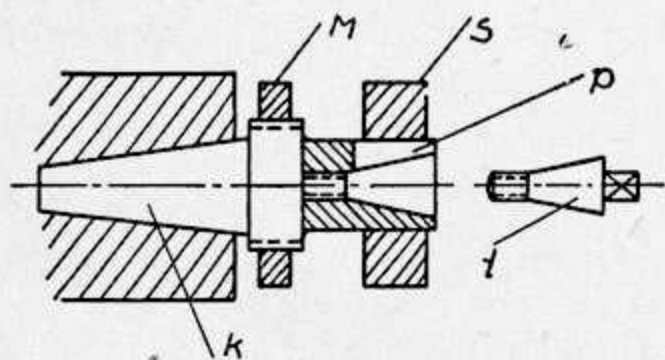
Obr. 73. Upínání na trn k. a ploška; s součást.



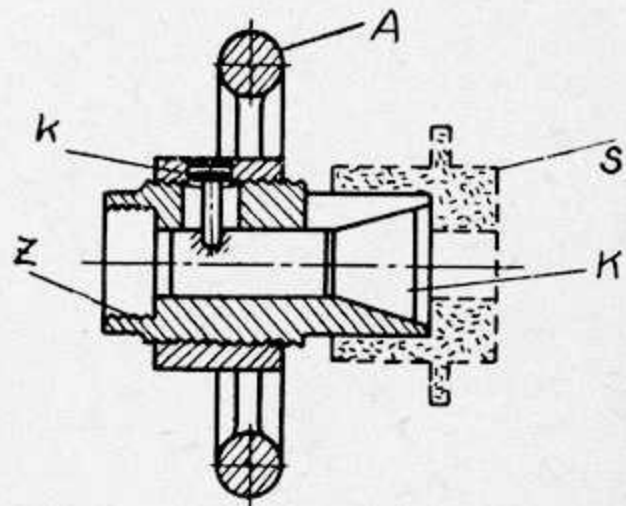
Obr. 74. Upínání na trn t. s součást; m matice.



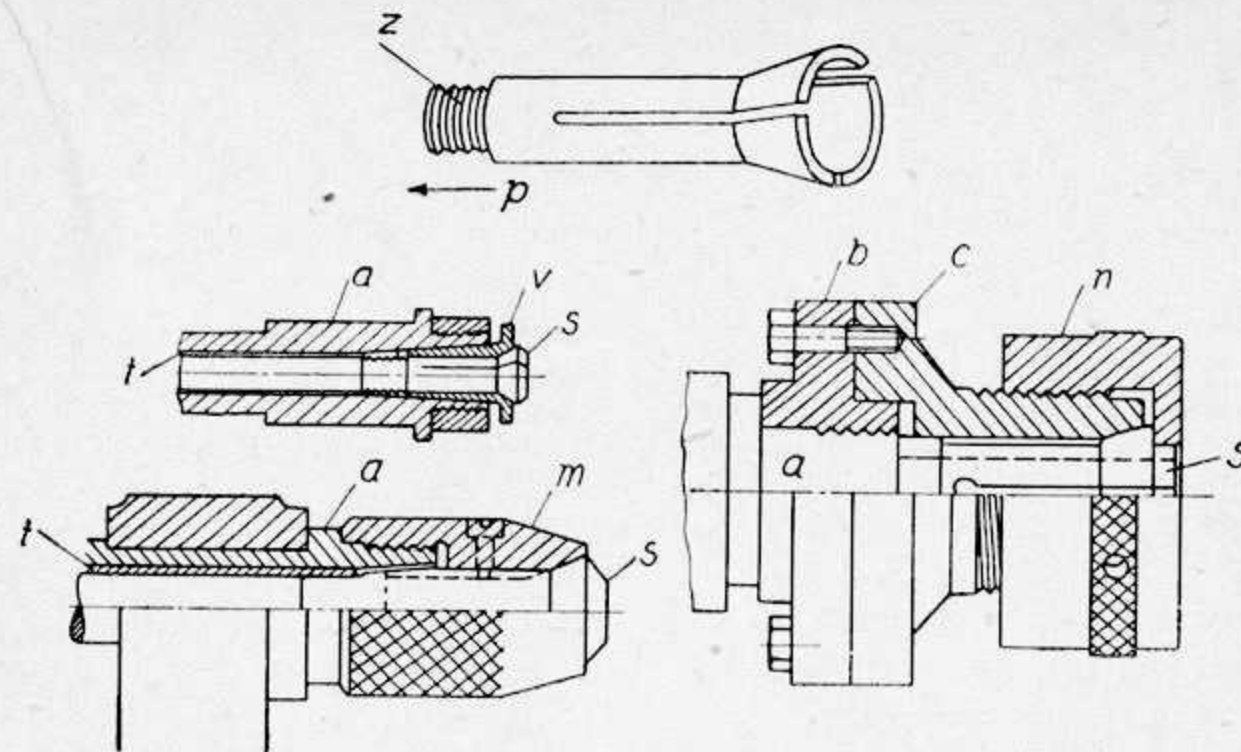
Obr. 75. Rozpinací trn. s součást; m matice; p pouzdro.



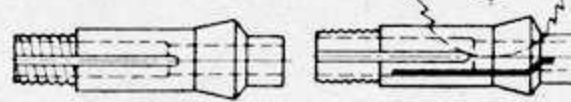
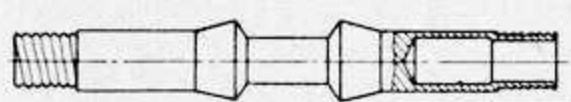
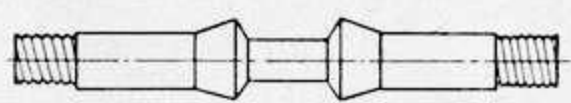
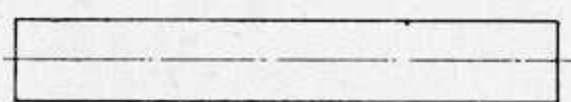
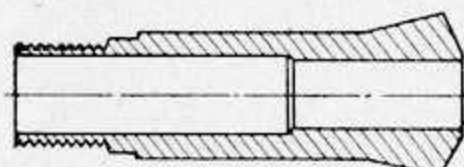
Obr. 76. Rozpinací trn. s součást; p nařizované pouzdro; t trn; k kužel ve vřetení.



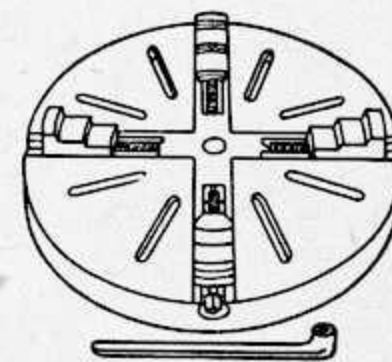
Obr. 76-A. Rozpinací trn pro seriovou práci. k kladička; s součást.



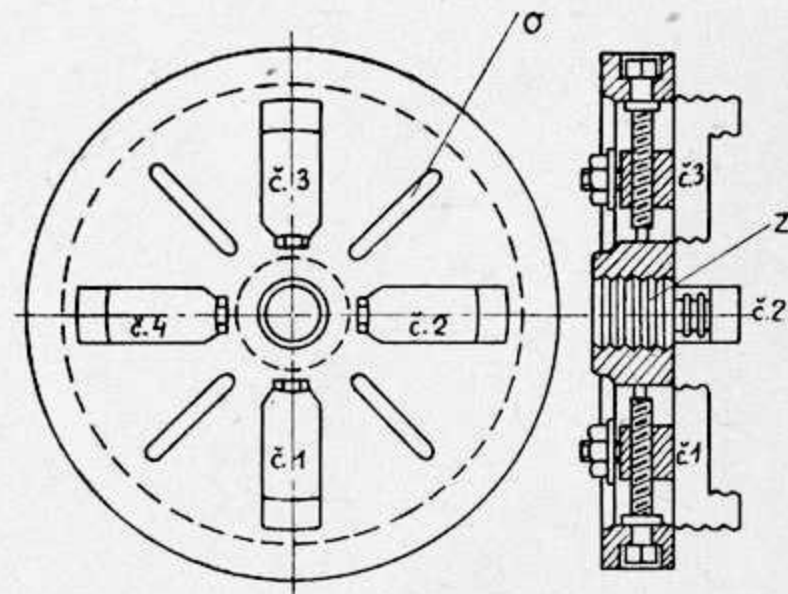
Obr. 77. Skřípec a tři úpravy upínání. z závit; p přitahuje se; a vřeten; v pouzdro; s skřípec; t trubka vrtáním vřeten; m matice; b deska na vřeten; c upínací hlava; n upínací matice.



Obr. 77a. Postup výroby skřípce.



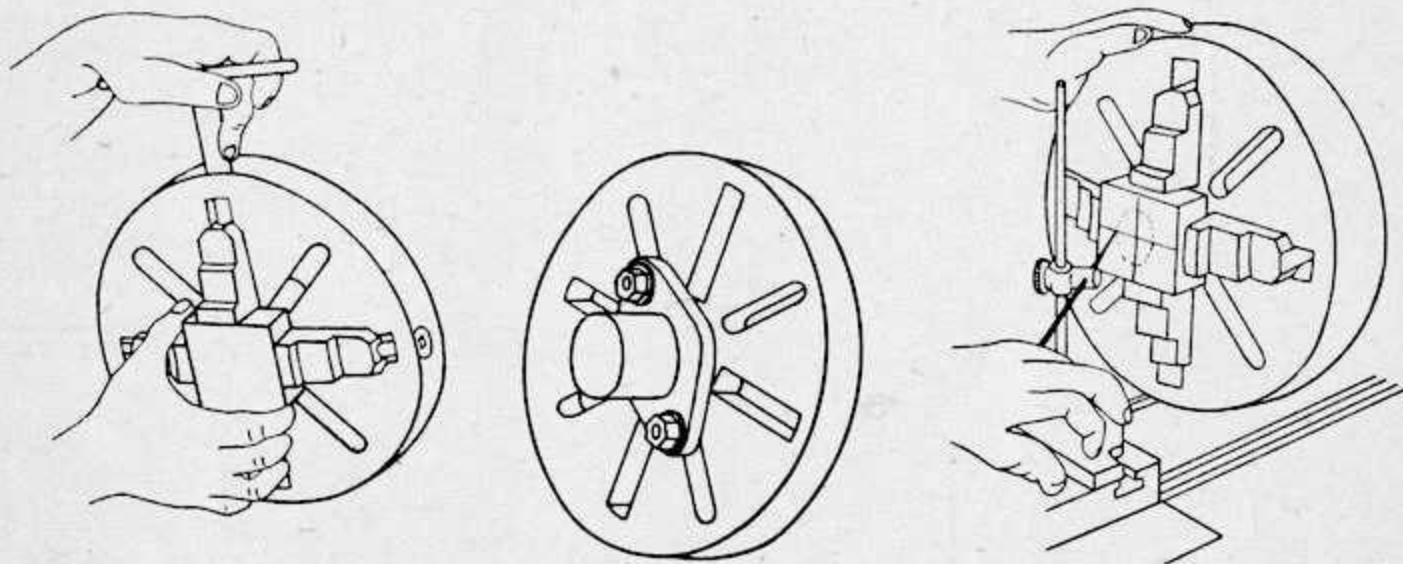
Obr. 78. Licní čelistová deska.



Obr. 79. Licní čelistová deska; o otvory pro upínací šrouby; z závit na vřeten.

vřetena kužel, o který se skřípce stahuje vtažením do kužele trubkou *t* přitažením klíče, kličky nebo kolečka na druhém konci vřetena. U velkých soustruhů je v dutině vřetena *a* pouzdro s kuželem *v*, (dutin vřetena bývá příliš velká), do kterého se stahují skřípce *s*. Materiál ve skřípci běží velmi přesně. Se skřípci se musí zacházet opatrně; chybou je, upínáme-li na př. do skřípce s otvorem 12 mm, materiál o \varnothing 11 mm. Skřípce se tím ničí a ztrácí na přesnosti. Postup výroby skřípce ukazuje *obr. 77-a*.

Upínání na lícní čelistovou desku. Deska se našroubuje na závit vřetena. Má čtyři upínací čelisti, které se pohybují (každá samostatně) otáčením šroubů. Na lícní desku upínáme kusy o velkém průměru, dále nepravidelné předměty. Předmět musí být dobře vystředěn, aby jeho osa ležela v ose



Obr. 80. Upínání na lícní desce.

Obr. 81. Upnutí na lícní desku upínacími šrouby.

Obr. 82. Středění (vyrovnání) jehlou ve stojánku (nádrhu).

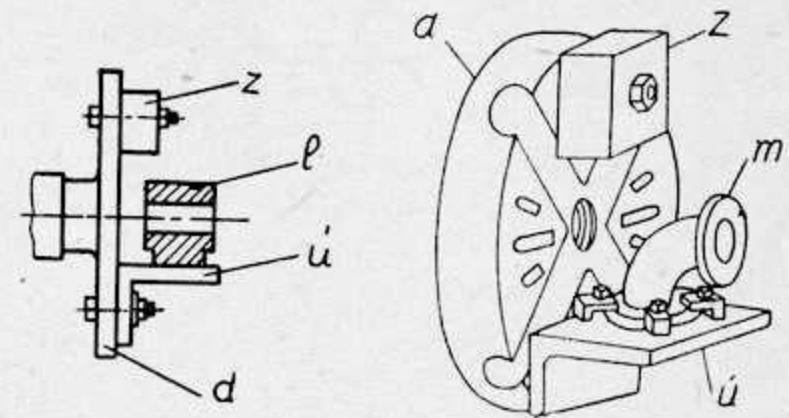
vřetena. Vystředění je obtížnější, protože utahujeme každou čelisti samostatně. Proto si vždy označíme žádaný střed na předmětu a při upínání opřeme hrotem koníku; pak přitahujeme jednotlivé čelisti. Zkušený dělník vyrovná součást „od oka“ snadno na 0,1 mm. Na *obr. 78–79* je lícní deska a na *obr. 80* upnutí předmětu do čelistí. Někdy upínáme součást na lícní desku upínacími šrouby, *obr. 81*. V tom případě se čelisti sejmou. Někdy středíme použitím rýsovací jehly, *obr. 82*, nebo i nožem, upnutým v suportu. Hodinkami středíme nejčastěji jen válcové části nebo díry. Při vyrovnávání součást upneme lehčeji a zhruba vyrovnáme od oka. Pak vyrovnáme přesně (nejčastěji použitím hodinek na 0,01 mm, což obvykle postačí) a předmět dobře upneme, *obr. 45-a*. Protože se utažením součást snadno trochu pohne, překontrolujeme ještě jednou, zda je dobře vystředěna. Na *obr. 83* je upnutí součásti (tělo ložiska) na lícní desku pomocí upínacího úhelníku. Střed vrtaného ložiska musí být přesně v ose vřetena. Je upevněno šrouby na úhelník, který je připevněn na lícní desku. Součást s úhelníkem musí být dobře vyvážena protizávažím (kus olova a pod.). Není-li předmět dobře

vyvážen, není vrtaná díra přesně ve středu. Trpí také chod stroje (vahou předmětu a úhelníku se vřeteno točí trhavě).

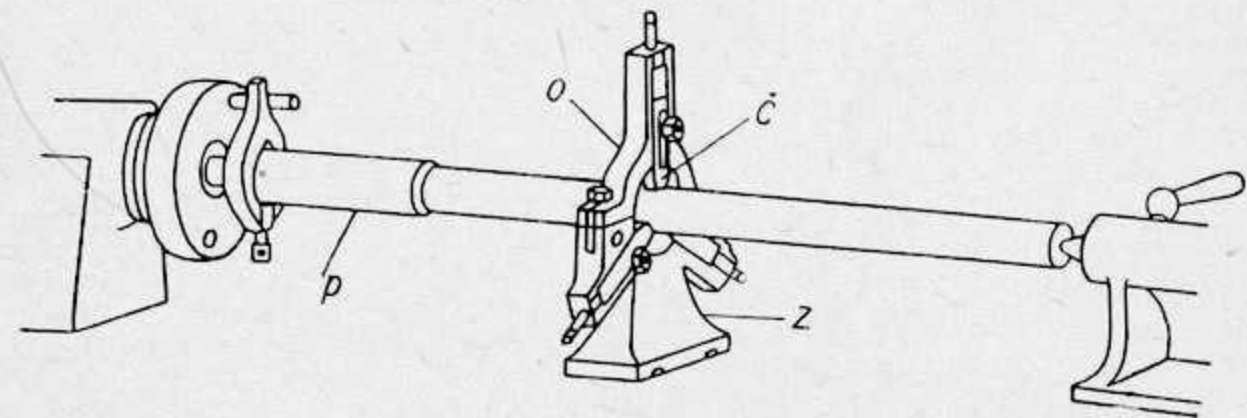
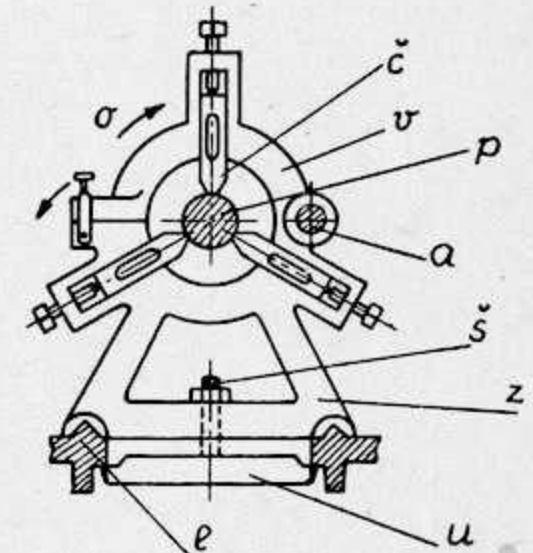
Luneta. Luneta, *obr. 84*, podpírá dlouhé části při soustružení. Čelisti se nastavují šrouby tak, aby předmět dobře opřel. Každá čelist se pohybuje samostatně. Luneta bývá upevněna na loži soustruhu. V tom případě slouží k podepření dlouhé součásti, jejíž konec se bude obrábět, *obr. 85*. Aby se povrch součásti (musí být válcový) neodřel, obaluje se často proužkem mosazného plechu a pak se teprve čelisti lunety přitáhnou.

Někdy bývá luneta upevněna na suportu a pohybuje se zároveň s nožem (obvykle bývá před nožem). Použito hlavně při řezání závitů na dlouhých hřídelích, kdy je nebezpečí, že by se hřídel uprostřed prohýbal. Čelisti nejsou pevně přitaheny na povrch součásti (necháme malou vůli), aby nepoškodily povrch. Tam, kde se čelisti dotýkají povrchu součásti, namázneme je občas olejem nebo vaselinou.

Pro práci z tyčí na revolverovém soustruhu je opření konce zvláště důležité, protože tam není žádný koník s hrotem. Někdy se sice hrot vkládá do jednoho otvoru revolverové hlavy, to však je nevýhodné, protože se tím vlastně změní revolverový soustruh v obvyklý. S výhodou se místo lunet používá opěrných kladek, *obr. 85-a*. Jsou spojeny s nožovým držákem



Obr. 83. Upínání na úhelník *ú*, *d* lícní deska; *z* závaží; *l* vrtané ložisko; *m* koleno potrubí, které zarovnáваме.

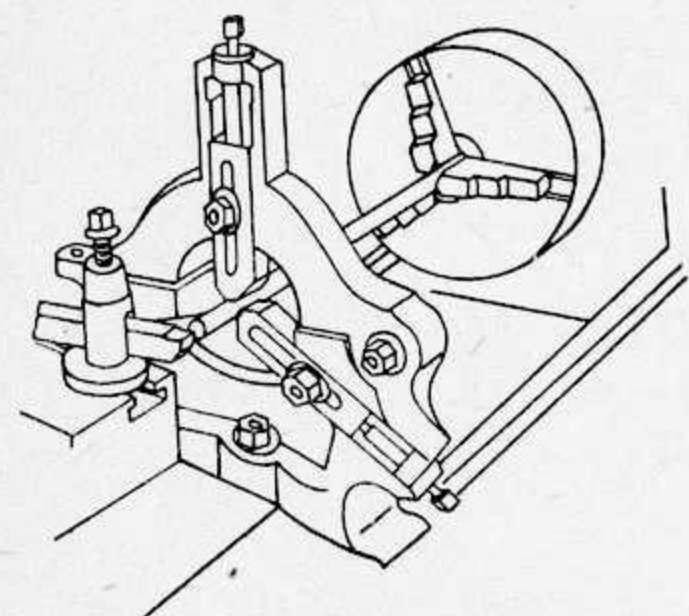


Obr. 84. Luneta na opření materiálu.

o odklopné víko *v*; *č* čelist; *p* materiál; *a* čep; *s* upínací šroub; *z* těleso lunety; *u* upínací třmen; *l* lože soustruhu.

a posouvají se s nožem. Na čepech *C* jsou dva válečky *A*. Nůž *Z* je upnut břitkem kousek před válečky. Průměr *Y* je zde najednou soustružen na *X*. V sáních *B* se válečky stavějí. Povrch je jimi nejen opírán, ale i hlazen a leštěn.

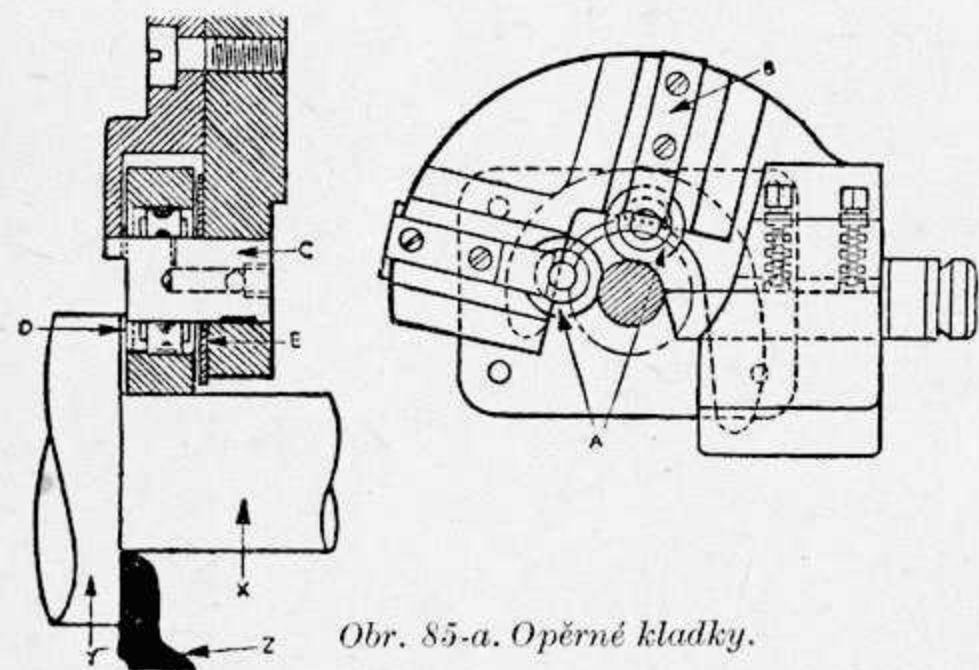
Dlouhé hřídele bývají někdy pokriveny (mohou se pokrivit i při soustružení) a je nutné vyrovnání. Dobře se k tomu hodí přístroj *obr. 85-b*, pojezdny po loži soustruhu. Šroubem a stavěcími čelistmi se hřídel rychle vyrovná opřením na dvou místech vzadu a mezi nimi vpředu.



Obr. 85. Součást podepřena lunetou na konci.

Pro seriovou výrobu se používá speciálních upínacích přístrojů; umožní dokonalé, rychlé a přesné upnutí stejných dílců. Součást se vkládá do přístroje vždy stejně (na doraz) a přitáhne šroubem. Tím je hned ve správné poloze pro obrábění. K takové seriové práci stačí často i zaučený pomocný dělník, protože opakuje týž úkon často na několika tisících kusů. Soustružník (seřizovač) mu pouze seřizuje a upravuje nástroje a upíná přístroj na soustruh při nové výrobě.

Elektromagnetické upínání. Předmět se položí na elektromagnetickou upínací desku a vystředí na př. hrotem koníku. Zapneme proud, deska se zmagnetuje a silně drží. Po vypnutí proudu se součást může sejmouti a musí se odmagnetovat na zvláštních přístrojích (opět elektrickým proudem). Výhodné pro soustružení menších částí (rychle se upíná). Na *obr. 86* je elektromagnetická upínací deska; našroubuje se na vřeteno jako sklíčidlo.



Obr. 85-a. Opěrné kladky.

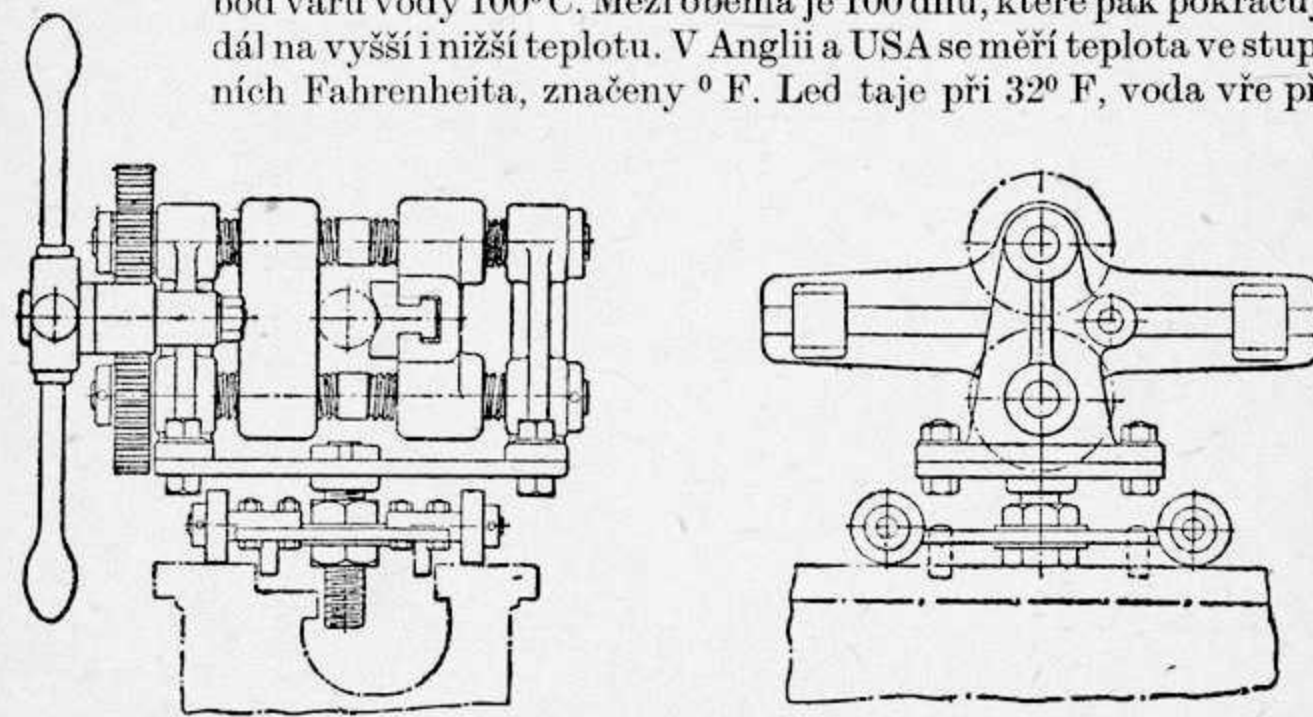
15. Metrická a palcová soustava měř.

V Evropě byl zvolen r. 1875 za základ k měření délek *1 metr*; byla zavedena metrická soustava měř. V Anglii, USA a jiných státech je zavedena

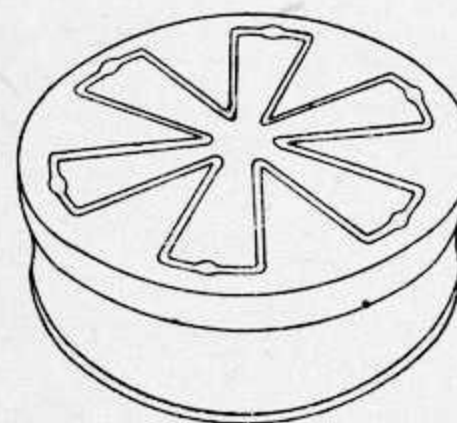
palcová soustava: *1 palec*, značený *1 in* (od názvu inch, čti inč = palec) nebo *1''* má přesně 25,400 mm, tedy přibližně 2,5 cm a 4 palce jsou 10 cm. Rozměry závitů a trubek bývají i u nás někdy udávány v palcích.

$1\text{ m} = 100\text{ cm} = 1000\text{ mm}$; $1\text{ mm} = 1000\ \mu$ (mikronů). Je tedy 1 mikron tisícina mm, čili $\frac{1}{1000}$ mm je 10 mikronů.

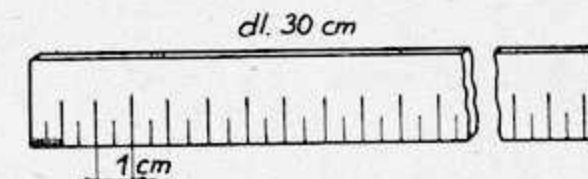
Teplota se měří u nás ve stupních Celsia, $^{\circ}\text{C}$. Bod tání ledu značen 0°C , bod varu vody 100°C . Mezi oběma je 100 dílů, které pak pokračují dál na vyšší i nižší teplotu. V Anglii a USA se měří teplota ve stupních Fahrenheita, značený $^{\circ}\text{F}$. Led taje při 32°F , voda vře při



Obr. 85-b. Rovnání hřídelů.



Obr. 86. Elektromagnetická deska.



Obr. 87. Listové měřítko.

212°F . Při přepočítávání teplot nutno používat tabulek. Teplota ve $^{\circ}\text{C} = 5 \times (^{\circ}\text{F} - 32) : 9$; na př. 212°F převádíme na $^{\circ}\text{C}$.

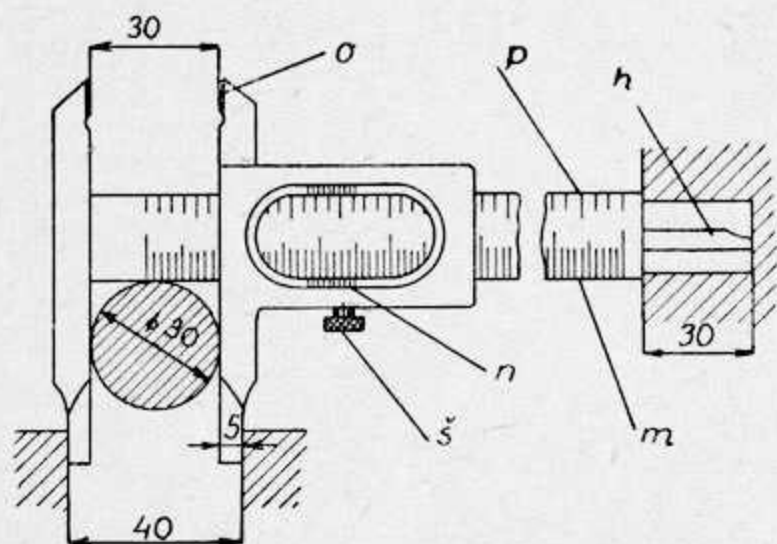
$$^{\circ}\text{C} = 5 \times (212 - 32) : 9 = 5 \times 180 : 9 = 5 \times 20 = 100.$$

Ve $^{\circ}\text{F}$ bývají někdy udány kalící teploty, žihací teploty a pod. Pro přesná měření zavedena t. zv. *normální teplota*, 20°C . Protože teplem se tělesa roztahují, měla by měřidla při jiné teplotě špatné rozměry. V kontrolnách bývá normální teplota pečlivě udržována, přesné měřky pak nesmíme brát rukou, aby se neohřály. Jen za těchto opatření můžeme spolehlivě naměřit tisíce milimetru.

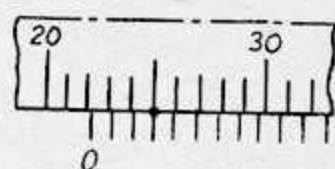
Příklad: Ohřátím o 1°C se ocelová část natáhne o 0,0000115 své délky; toto číslo se jmenuje součinitel teplotní roztažnosti, značí se α . Měrka je dlouhá 100 mm a ohřála se o 10°C . Natáhla se tím o $0,0000115 \cdot 100 \cdot 10 = 0,0115\text{ mm}$, tedy více než o setinu mm, což je u přesného měřidla nepřijatelné. Proto nutno ohřátí zabránit (bereme měrku pinsetou, při normální teplotě).

16. Měření při soustružení.

Ve strojnictví se rozměry udávají v mm a zlomech milimetru. U velmi přesných součástí jsou rozměry udány až na tisícinu mm (= 1 mikron, 1μ) přesně. Rozměr 42,00 je přesný na setinu mm (značí to dvě nuly za desetinou čárkou). Aby součást měla žádané rozměry, musíme ji měřit s požadovanou přesností. Čím je součást přesnější, tím opatrněji ji musíme obrábět a vícekrát měřit; je tedy přesnost drahá. Proto děláme přesně jen ty části, u kte-



Obr. 88. Posuvné měřítko. *o* ostří; *p* dělení v palcích; *m* dělení v mm; *h* hloubkoměr; *n* nonius; *š* šroubek k zajištění.



Obr. 89. Čtení rozměru 22,3 mm na noniu.

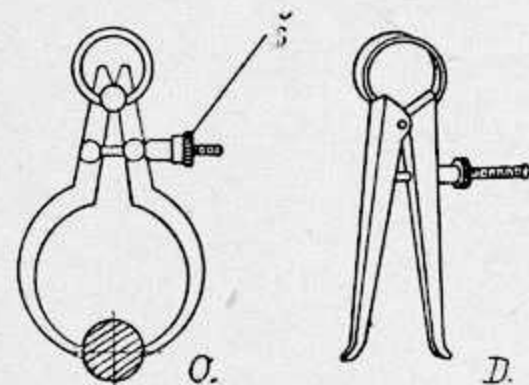
rých je to nutné. Dnes se v dílnách připisuje požadovaná přesnost k rozměrům buď číselně (na př. $\pm 0,02$ mm, čti plus minus dvě setiny mm, průměr může být o 0,02

mm větší nebo menší), nebo pomocí značek lícovací soustavy (na př. značka H8 za průměrem díry), dostane-li dělník k měření kalibry. Na hrubší povrch použijeme hrubších měřidel. Hrubé povrchy nesmíme měřit drahými a jemnými měřidly, která se tím ničí. Plocha musí být před měřením čistá, aby nedošlo k chybě. Nikdy neměříme pohybující se součást, neboť bychom odřeli měřidlo. Měřená součást nesmí být zahřátá, protože by při měření vznikla chyba. To má význam teprve při přesném měření na setiny a tisíciny mm.

a) Listové měřítko a posuvné měřítko.

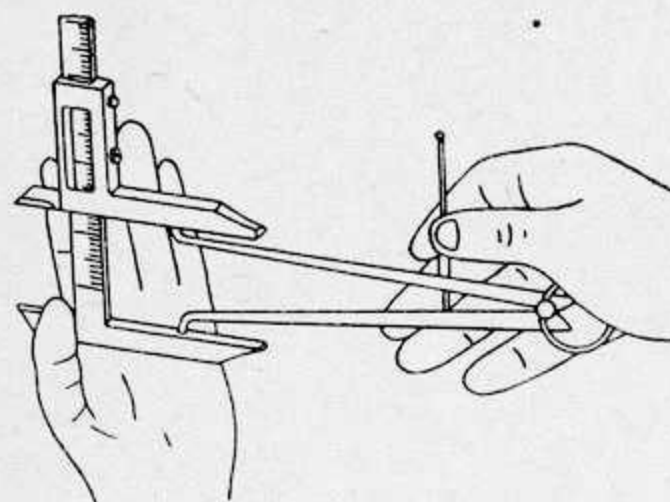
Nejjednodušší měřidlo je ocelové listové měřítko, obr. 87. Používá se k hrubému měření délek s přesností asi 0,5 mm. Bývá z ocelového pásku.

Nejrozšířenějším dílenským měřidlem je posuvné měřítko, obr. 88. Posuvná čelist má stupnici, zvanou nonius; je na ní vzdálenost 9 mm rozdělena na 10 dílků; každý dílek je tedy o 0,1 mm kratší než 1 mm. Tím můžeme měřit i desetiny mm. U prvé čárky nonia čteme (vlevo od čárky) celé mm; k tomu přidáme tolik desetin mm, kolikátý dílek nonia se kryje s libovolnou čárkou milimetrového dělení měřítka. Na obr. 89 je naznačen rozměr 22,3 mm.

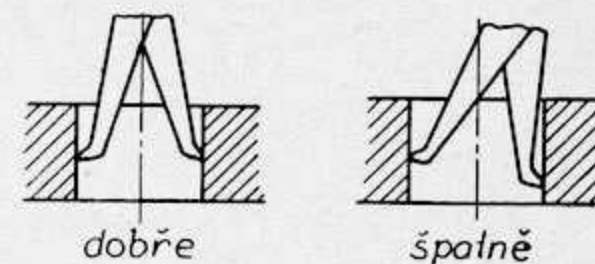


Obr. 90—91. Hmatadla. *O* obkročné; *D* dutinové; *š* stavěcí šroubek.

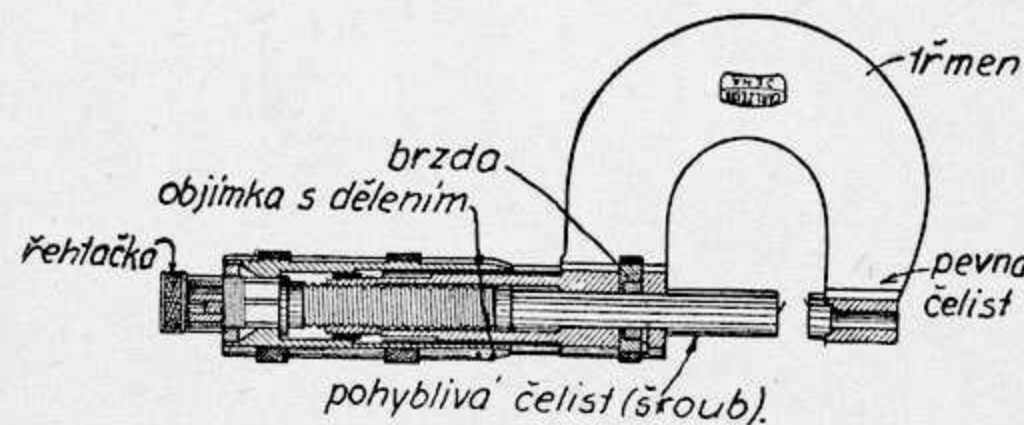
Konce čelistí pro měření dutin bývají přesně 5 mm široké, takže k rozměru, který přečteme na stupnici přidáme $2 \times 5 = 10$ mm. Ostří na čelistech slouží k měření jádra (malého průměru) šroubů. Často bývá v měřítku upraven hloubkoměr, kterým měříme hloubku otvoru se dnem, nebo hloubku zápichu a p. Měřítka je dobré, dokud mezi sevřenými čelistmi „nesvítl štěrbin“ Přesnost měřítka



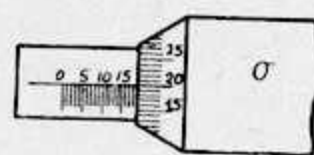
Obr. 92. Nastavení hmatadla.



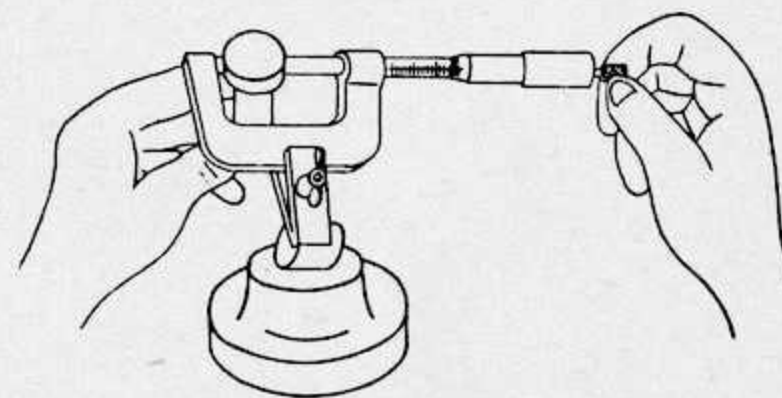
Obr. 93. Měření otvoru hmatadlem.



Obr. 94. Mikrometr.



Obr. 95. Čtení rozměru na mikrometru o objímka.



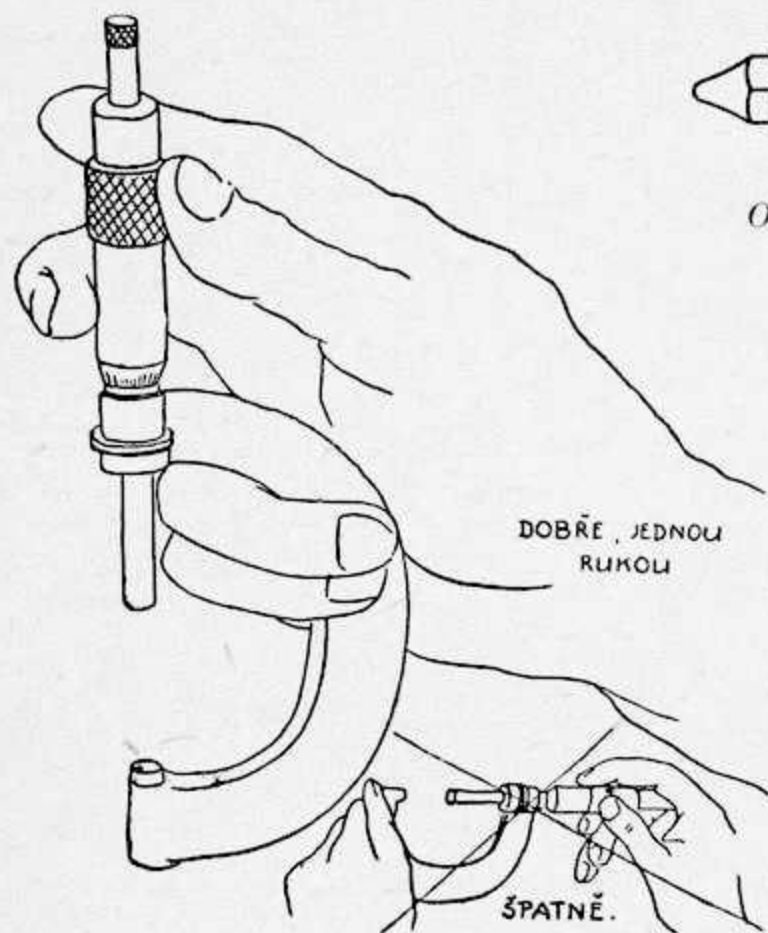
Obr. 96. Měření mikrometrem.

občas přezkoušíme na kalibru. Na měřítko musíme být opatrní; nenecháváme je válet mezi ostatními nástroji. Měřítka pokládáme na dřevěnou podložku, nebo ukládáme do pouzdra. Některá měřítka jsou upravena tak, že lze na nich odčítat 0,05 i 0,02 mm. Pro velmi přesnou práci se však nehodí. Posuvným měřítkem měříme takové součásti, které nemusí být naprosto

přesné, hlavně takové, které se budou dále opracovávat, t. j. brousit nebo soustružit na čisto. Je vhodné na měření průměrů i délek.

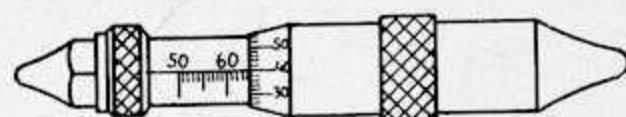
b) **Hmatadla.** Dříve se často používalo k přenášení rozměrů i k měření hmatadel. Otvory se měřily dutinovým hmatadlem, obr. 90; povrch nebo čelní plochy obkročným hmatadlem, obr. 91. Na tyčovém měřítku se nařídil (odměřil) předepsaný rozměr a obráběná součást se pak hmatadlem měřila.

Na obr. 92 je nastavení hmatadla na správný rozměr posuvným měřítkem. Při měření musí hmatadlo stát rovně, jinak by vznikla chyba, obr. 93.

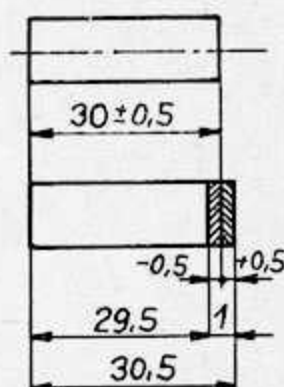


Obr. 96-A. Jak se drží mikrometr při měření jednou rukou.

c) **Mikrometr.** Přesné součásti se měří mikrometrem, obr. 94. Spolehlivě naměříme $\frac{1}{100}$ mm; zkušený dělník naměří i půl setiny mm. Otáčením objímky jednou dokola se posune šroubek spojený s objímkou o 1 mm. Šikmý okraj objímky je pak rozdělen na 100 dílků, takže 1 dílek značí posunutí šroubu s posuvnou čelistí o $\frac{1}{100}$ mm. Kolikátý dílek objímky se stýká s ryskou na milimetrové stupnici, tolik setin milimetru se připočte. Na obr. 95 je naměřený rozměr 19,20 mm. Předmět, který měříme, stojí rovně mezi čelistmi. Posuvná čelist se přitlačí otáčením objímky. Lepší mikrometry mají na konci řehtačku (ozubená spojka se zpruhou). Otáčíme jí prsty. Vyloučí se tím nepřesnost, která by mohla vzniknout přílišným přitážením. Často bývá mikrometr upevněn ve stojánku, obr. 96. Levou rukou držíme součást, pravou přitahujeme objímku. Mikrometr musíme



Obr. 97. Mikrometrický odpich.



Obr. 98. Vypsané tolerance.

Ještě dnes se hmatadel občas používá; vhodná však jen pro hrubší práci, dosti těžko naměříme 0,1 mm (přesné měření je obtížné). V nynější době jsou nahrazena kalibry a měřicími šablonami.

chránit před poškozením, nejlépe v dřevěném pouzdře. Mikrometry mají rozsah měření jen 25 mm, tedy od 0 do 25 mm, od 25 do 50 mm, od 50 do 75 mm atd. až od 575 do 600 mm.

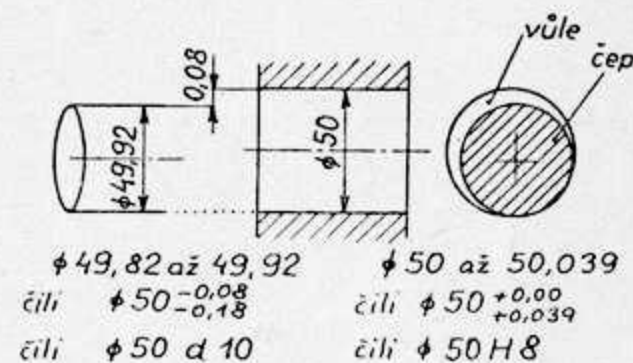
d) **Mikrometrický odpich,** obr. 97, použit k přesnému měření větších otvorů. Snadno naměříme $\frac{1}{100}$ mm. Nutno dát pozor, aby odpich stál v měřeném otvoru rovně, aby nenastala šikmým měřením chyba. Jeho dotykové plochy jsou kaleny. Rozsah měření je 15 až 50 mm (podle velikosti).

e) **Lícování a tolerance.** Z latiny se dostalo do techniky slovo „norma“, značící česky „podle předpisu“. Četné výrobky byly normovány pro celý svět (závit, klíny atd.), aby se snížila jejich cena výrobou ve velkém a dosáhlo se vyměnitelnosti. Má to veliké výhody hlavně při opravách strojů, není třeba čekat na původní náhradní části. Vyměnitelnost je podmíněna přesným měřením, které bylo umožněno teprve zavedením lícování a tolerancí (měření kalibry). Mezinárodní norma má značku ISA. Různé národní lícovací soustavy (též naše ČSN) a normy velkých továren byly jejím zavedením zrušeny. Téměř celý střeoevropský průmysl pracuje dnes podle norem ISA, v zámoří nebyly zavedeny.

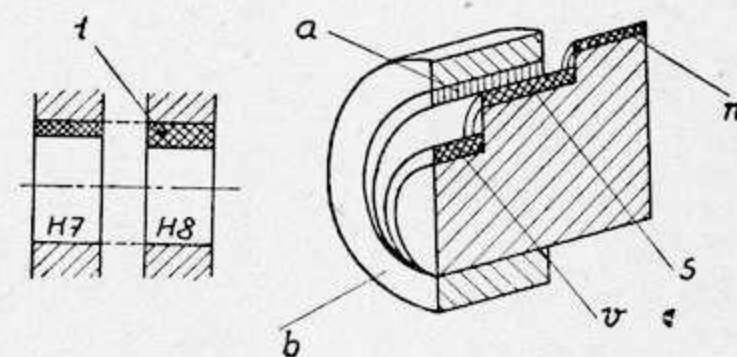
Strojnická výroba směřuje k výrobě seriové (t. j. výroba velkého množství stejných součástí najednou, v serii). Výrobky se musí normovat, t. j. sjednotit v několik velikostí, určit jejich jakost a vlastnosti.

Normované součásti musí být co nejpřesnější, aby jednotlivé díly se daly vyměnit (za porušenou část dáme bez dodatečné úpravy novou). Toho je dosaženo měřením při seriové výrobě pomocí mezních kalibrů a zavedením lícování (tolerancí).

Tolerance (dovolená úchylnka) udává, o č může být součást menší nebo větší než základní rozměr. Na př. čep, obr. 98, který má délku $30 \pm 0,5$ mm, může být dlouhý 29,5 až 30,5 mm. Hledíme však, abychom se přiblížili střední míře 30. Kterýkoliv rozměr mezi 29,5 až 30,5 je stejně dobrý. Na obr. 99 je čep, který se má v díře volně otáčet. Je-li průměr díry přesně 50 mm, čep musí být o vůli menší. Čep je do díry zalícován s točným uložením. Čep se má točit, ale nemá se zbytečně viklat. Ze zkušenosti určíme velikost vůle. Zde postačí 0,08 mm; čep má průměr $50,00 - 0,08 = 49,92$ mm.



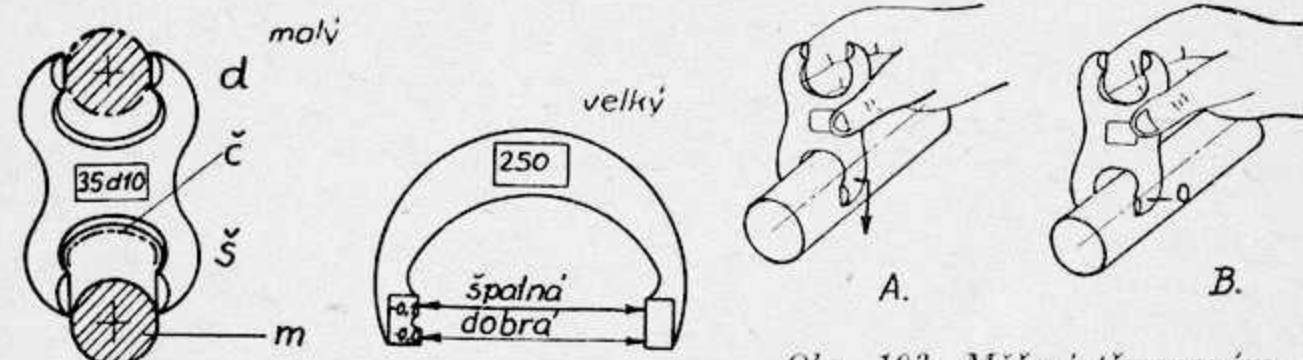
Obr. 99. Volně točné uložení.



Obr. 100. Soustava jednotné díry. t větší tolerance díry H 8; a tolerance díry; b náboj v řezu; v volně v díře; s suvné; n nalisovat s přesahem.

Díru ani čep nevyrobíme naprosto přesně. Nutno připustit malé výrobní úchytky, tolerance; u díry na př. 0,039 mm, u čepu 0,1 mm, takže čep a díra má rozměr udaný pod *obr. 99*. Místo číselných tolerancí se mohou připsat za rozměr značky (v tomto případě d 10 a H8). U nás je vydává Československá normalizační společnost; byly dohodnuty pro celou Evropu, tvoří t. zv. mezinárodní lícovací soustavu, ISA, o níž už byla zmínka.

Podle přesnosti známe zhruba pět stupňů lícování: velmi přesné, přesné, střední, hrubé a velmi hrubé. Ve strojnictví stačí přesnost střední; na motorech, obráběcích strojích, v jemné mechanice volíme stupeň přesný nebo i velmi přesný. Ve značce za kótou je *přesnost udána číslem*. Soustavou ISA je zavedeno 16 stupňů přesnosti, t. j. 16 čísel, od 1 do 16. Čím je číslo menší, tím je větší přesnost. Ve všeobecném strojnictví se používá stupňů 5 až 11.



Obr. 101—102. Třmenové kalibry. d dobrá strana; š špatná strana; č červený nátěr; m měřená součást.

Obr. 103. Měření třmenovým kalibrem. A dobrá strana přejde přes čep; B špatná strana nesmí přejít přes čep.

Obyčejně se dělá pro všechna uložení stejná díra a mění se podle uložení průměr hřídele, *obr. 100*. Je to soustava jednotné díry, aby se ušetřilo na počtu výstružníků na díry. Velikost vůle je udána písmenkem za rozměry. U čepů je vždy malé písmenko, u děr velké písmeno. Velikost výrobní tolerance je udána číslicí za písmenem. Smykově uložený čep, suvný v díře, je bez vůle, označen na př. h8; lisovaný čep je větší než díra o t. zv. *přesah*; značen na př. r7; r značí narážené uložení, 7 toleranci čepu (sedmý stupeň přesnosti).

Význam písmen a číslic zjistíme v tabulkách lícovací soustavy ISA.

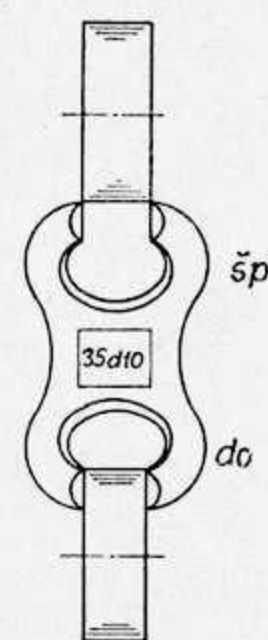
Příklad. Opravuje se stroj a do díry se má narazit čep o průměru 35 mm. Použijeme střední lícovací soustavu. Silně lisovaný spoj je v ní značen s7, díra H8. Napiše se na výkres: Díra 35 H8; čep 35 s7.

Dělník si vyzvedne z výdejniny příslušné kalibry takto označené a díru a čep jimi změří. Jsou-li tyto kalibry v opravě (menší dílny je vůbec nemají), vyčíslíme značky, aby dělník mohl rozměry změřit jinak. Z lícovací tabulky pro rozsah průměrů od 30 do 50 najdeme, že u díry 35 H8 je tolerance 0 a + 39 mikronů; -0 se nemusí psát. Dostaneme tedy rozměr 35 H8 = 35 + 0,039, t. j. mezi 35 až 35,039 mm.

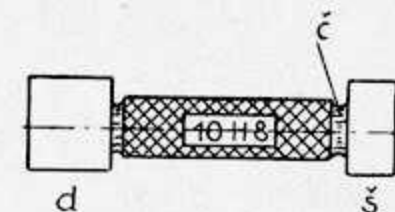
U čepu pod s7 čteme +68 a +43. Obojí přičítáme a máme rozměr: Čep 35 s7 = 35 + 0,068 + 0,043. Čep má tedy rozměr 35,043 až 35,068 mm. Rozdíl mezi mírami 0,025 je výrobní tolerance, značená číslem 7 (sedmý stupeň přesnosti).

Na konci této příručky je uvedena malá ukázka, jak vypadají lícovací tabulky s výkladem o hledání tolerancí a použití. Úplné lícovací tabulky jsou velmi obsáhlé; normalizační společnost vydala o jejich použití celou knihu s názvem *Lícování* (určena pro konstruktéry).

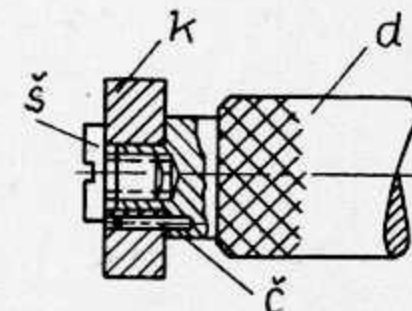
f) **Kalibry.** V nynější době se v pokrokových dílnách používá k přesnému měření kalibrů (zvláště při seriové výrobě). Vnější rozměry se měří kalibrem *třmenovým*, díry a vnitřní rozměry kalibrem *válečkovým*. Míry se značkami lícovací soustavy měříme kalibry, které mají stejné značky, jako míra na výkresu. To znamená, že dílny musí mít velké množství kalibrů na různé rozměry. Jejich seznam má konstrukční kancelář, aby nepředpisovala rozměry, na které kalibry nejsou. Dělník má při dobré organizaci práce dostat kalibry v bedničce zároveň s materiálem, výkresem a pracovními lístky, aby



Obr. 104. Měření čelních ploch. šp špatná strana; do dobrá strana.



Obr. 105. Válečkový kalibr. d dobrá; š špatná strana; č červený nátěr.



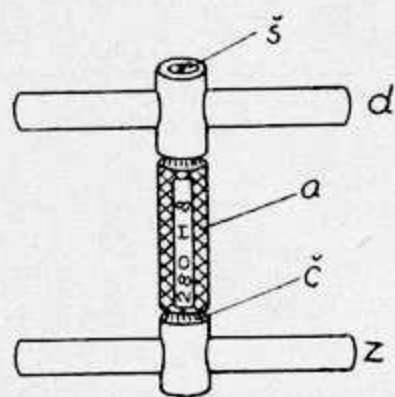
Obr. 106. Válečkový kalibr s výměnitelným měřicím kroužkem. š šroubek; č kolík; d držák.

se nemusel zdržovat jejich hledáním. Nejsou-li kalibry na skladě, nemá vypisování tolerancí písmeny význam, protože soustružník stejně musí s výkresem do kanceláře, aby mu z tabulek našli, kolik tisícín mm je písmenem značená tolerance.

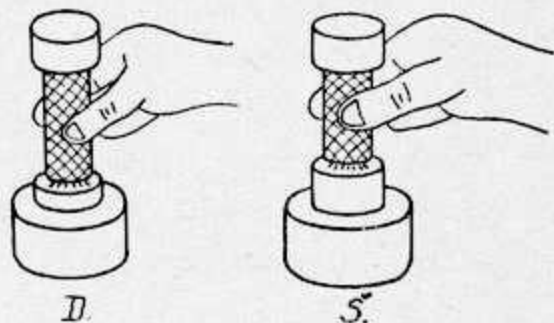
Kalibr třmenový. Vnější rozměry se měří kalibrem třmenovým, *obr. 101 a 102*. Kalibr má dvě měřicí strany. Dobrá strana zajde na čep vlastní vahou bez násilí (součást na soustruhu musí být v klidu, dobře očištěna a nezahřáta). Špatná strana na čep nejde, nebo jen trochu zachytí a dále nejde. Pak je rozměr dobrý. Špatná strana bývá značena červeným nátěrem. Měřicí plochy kalibru jsou zakaleny, aby se neodřely. Na *obr. 103* je měření povrchu a na *obr. 104* je měření čelní plochy (tloušťky) třmenovým kalibrem.

Kalibr válečkový. Díry měříme kalibrem válečkovým, *obr. 105*, který má rovněž dvě měřicí strany. Dobrá strana zajde vlastní vahou kalibru do díry (součást je v klidu, díra musí být čistá a součást nesmí být zahřáta); špatná

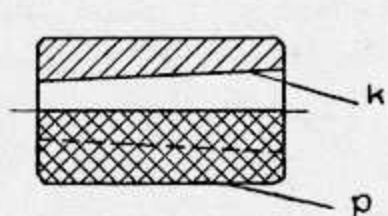
strana nezajde do díry, nebo jen zachytí a dále nejde. Špatná strana je označena červenou barvou. Kalibry jsou kaleny a přesně broušeny. Nesmějí se tlačít do otvorů násilím (aby se neodřely). Dobré je potřít kalibr při měření trochu olejem. Měření, t. j. zasunutí dolní strany kalibru do díry, provádíme s citem. Na obr. 106 je kalibr upraven tak, že se vyměňují měřicí kroužky na držáku. Kroužky jsou kaleny a broušeny. Jsou drženy šroubkem a proti otočení pojištěny kolíčkem. Na obr. 106 je kalibr na měření velkých otvorů. Jiný kalibr na velké otvory je na obr. 107. V držáku jsou šroubky drženy kalené a přesně broušené tyčky, které mají přesnou délku podle



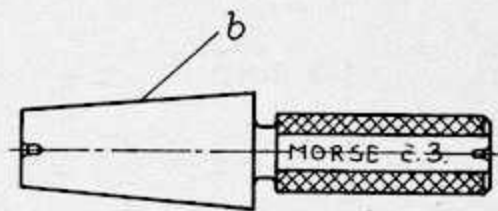
Obr. 107. Válečkový kalibr. *š* šroubek; *d* dobrá strana; *z* špatná strana; *č* červený nátěr; *a* držák.



Obr. 108—109. Měření díry válečkovým kalibrem. *D* dobrá strana zajde; *S* špatná strana nesmí do díry zajít.



Obr. 110. Kalibr na kuželovou plochu *k*. Povrch *p* vroubkován.



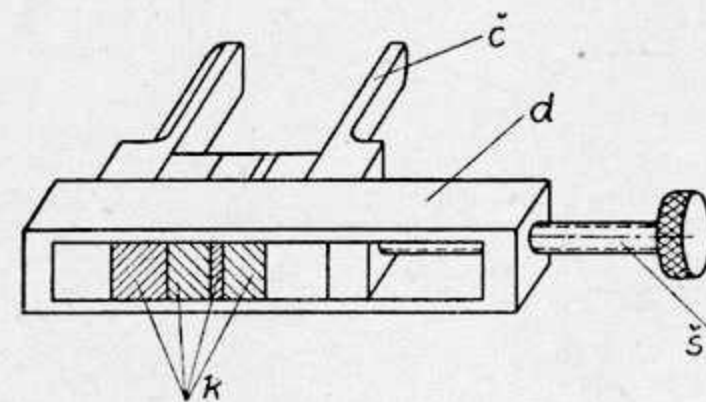
Obr. 111. Kalibr na kuželový otvor. Povrch *b* broušen.

žádaného rozměru. Konce tyček jsou zaobleny. Na obr. 109 je měření válečkovým kalibrem.

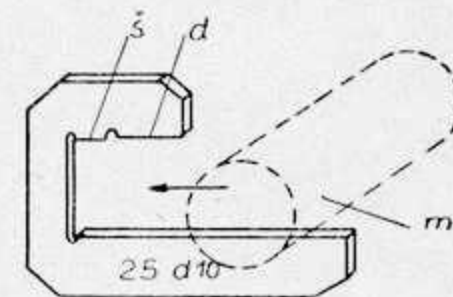
Kuželové kalibry. Při seriové výrobě se k měření kuželových ploch často používá kuželových kalibrů. Vnější kuželové plochy se měří kalibrem podle obr. 110. Je to kroužek, jehož kuželový otvor je přesně broušen. Vnitřní kužele měříme kalibrem podle obr. 111. Kalibry jsou kaleny a přesně broušeny. Aby byl soustružený kužel dobrý, musí kalibr dobře sedět, t. j. nesmí se viklat. Kužel, který měříme, musí být hladký a čistý. Součást nesmí být zahřátá, aby nevznikla při měření chyba. Abychom poznali, zda kalibr sedí po celé délce kužele, označíme kuželovou plochu (při soustružení vnějšího kužele), nebo kalibr (soustružíme vnitřní kužel) inkoustovou tužkou (čáru) nebo modrou barvou (jen slabá vrstva). Kalibr nasadíme a pootočíme jím. Tam, kde je čára rozmazaná, jsou na kuželi hrbolky. Aby byl kužel přesný, musí kalibr po celé délce kužele značit stejně. Na kalibr při tom netlačíme.

g) **Koncové měrky**, zvané podle vynálezce Johansonovy (Johansonky) jsou ve strojnictví nejpřesnějším měřidlem. Jsou to kalené a broušené (lapované) destičky, malého průřezu, různě silné, přesné na desetitisícinu mm i více. Dá se z nich složit libovolný rozměr. Na obr. 112 je použito koncových měrek ve vhodném držáku k měření povrchů, otvorů i délek. Příslušný rozměr je složen z koncových měrek a měřicích čelistí. Měříme podobně jako hmatadlem, ale přesněji (na $\frac{1}{1000}$ mm).

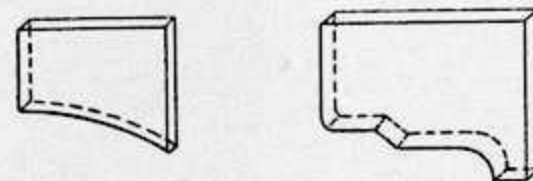
h) **Měrky.** V malých dílnách se často používá místo kalibru k měření měrky z plechu podle obr. 113. Její výroba je poměrně snadná. Bývá z ocelového



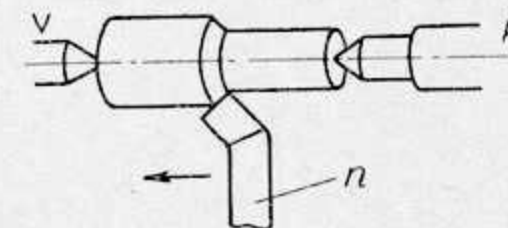
Obr. 112. Nastavení rozměru z koncových měrek *k*. *č* měřicí čelisti; *d* držák; *š* upínací šroub.



Obr. 113. Pomocné toleranční měřidlo. *m* součást; *š* špatná, *d* dobrá strana.



Obr. 114. Šablony.



Obr. 115. Soustružení *k* vřetenu. *v* vřeteno; *k* koník; *n* nůž.

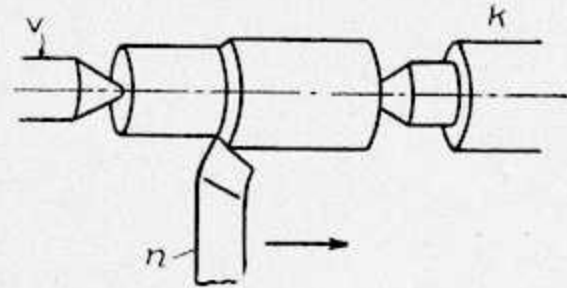
plechu, 3—8 mm, kalena a broušena. Spodní čelist je prodloužena, aby se usnadnilo zasunutí měřeného předmětu.

i) **Šablony**, obr. 114, se používá hlavně pro měření nepravidelných tvarů zaoblení, různých zápchů a p. Bývá z ocelového plechu a obyčejně se ani nemusí kalit. Její výroba je často značně obtížná (zvláště má-li nepravidelný tvar). Při měření šablonou musí soustružený tvar přesně souhlasit s tvarem šablony (nesmí nikde svítit). Šablona musí být na součást položena rovně (do osy součásti).

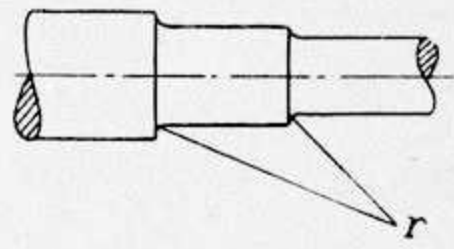
17. Soustružení válcových ploch (podélné).

Při soustružení rozeznáváme hrubování a soustružení na čisto čili hlazení. Nůž upnutý v suportu se posunuje do řezu ručně nebo strojně, nejčastěji směrem od koníku ke vřetenu, obr. 115. Směrem od vřetena ke koníku se

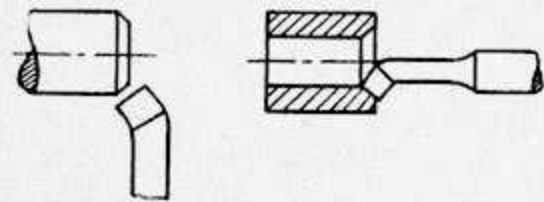
soustruží jen zřídka, *obr. 116* (levým nožem). Hrubování je z nejnepřesnějších prací na soustruhu; je to práce méně přesná (nezáleží celkem na desetínách mm) a může ji vykonávat pomocný dělník. Součásti, které se budou kalit, soustružíme tak, abychom se vyhnuli ostrým rohům, *obr. 117*. Přechody mezi jednotlivými průměry děláme *zaobleny a hladké*, protože při kalení součást v ostrém rohu snadno praská. Ostré hrany, které soustružením



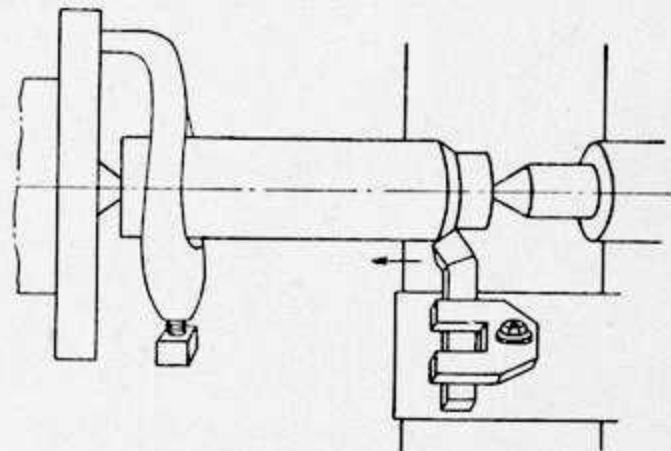
Obr. 116. Soustružení od vřetena v. k koník; n levý nůž.



Obr. 117. Zaoblené hrany r.



Obr. 118. Srážení hran.



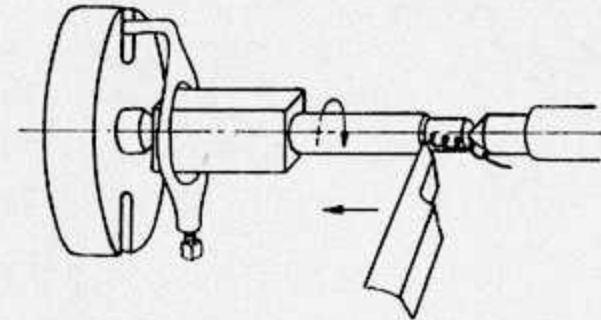
Obr. 119. Podélné soustružení, materiál upnut ve hrotech.

Obr. 120. Soustružení stranovým nožem.

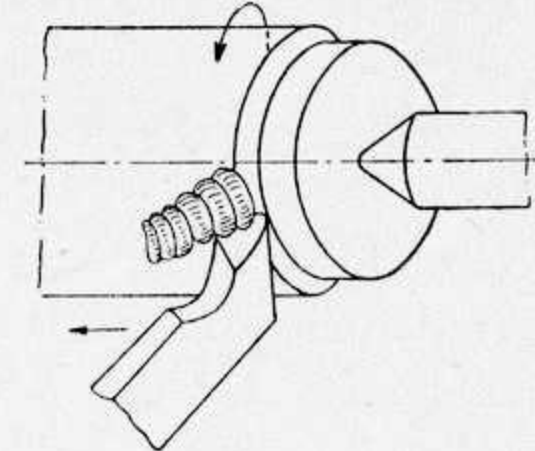
vznikají, odstraníme nožem, *obr. 118*, nebo má-li být hrana ostrá, pak jen odstraníme jehlu pilníkem nebo škrabákem (v díře).

a) **Hrubování.** Při hrubování volíme větší hloubku záběru a větší posuv. Použijeme hrubovacích nožů. Nejčastěji se používá pravého uběráku, který reže od koníku ke vřetenu až k místu upnutí, *obr. 119*. Krátké plochy se často hrubují jen ručním posuvem, otáčením klíčky suportu. Na delší plochy zapneme strojní posuv. Hrubováním si připravíme součást ke konečnému opracování (broušení nebo hlazení). U součásti, která se bude brousit, necháme povrch jen od nože, průměr o 0,2 až 0,4 mm větší než je správný rozměr. Budeme-li součást soustružit na čisto, necháme rozměry asi o 0,5 až 1 mm větší. Při hrubování součástí, u nichž druhý konec není opřen hrotem (jsou upnuty jen ve sklíčidle nebo na lící desce) nesmíme volit příliš velkou třísku, protože by se součást mohla uvolnit a zvednout nad nůž (obvyčejně se poškodí ostří nože). Je-li součást upnuta mezi hroty, musí dobře sedět v hrotech protože uprostřed délky má snahu se ohnout (je-li v hrotech volná,

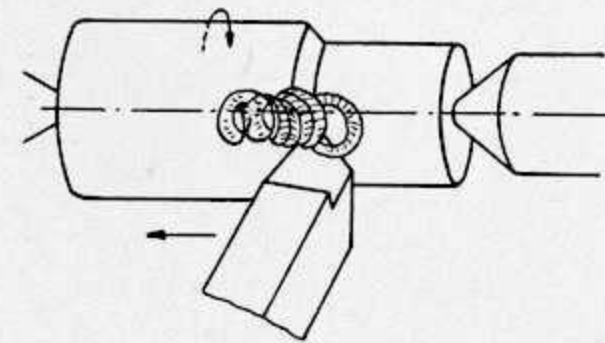
snadno se ohne). Při hrubování se součást značně zahřívá; proto je třeba hrot v koníku dobře chladit (maže se vaselinou nebo lojem). Při hrubování dlouhých a slabých součástí volíme raději menší záběr, aby se součást neohnula a nevyletěla z hrotů. Součást bývá uprostřed o něco silnější než v krajích (uhýbá se), a proto poslední třísku volíme malou, abychom tuto chybu odstranili. Někdy bývá použit k soustružení povrchu stranový nůž,



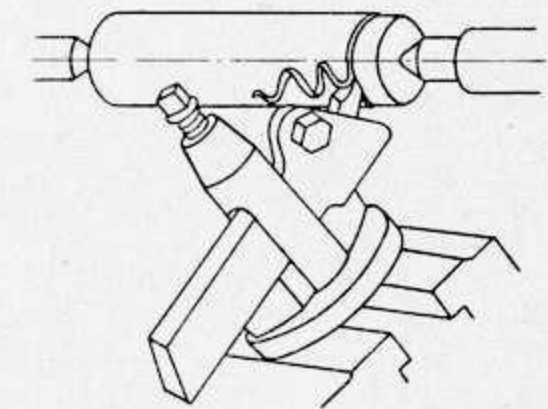
Obr. 121. Soustružení z čtyřhranu.



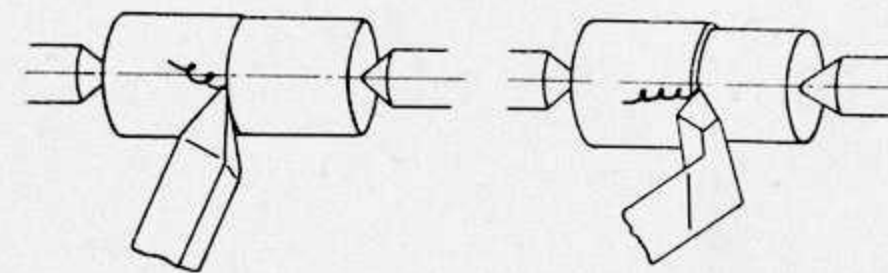
Obr. 122. Uběrák se zvednutým nosem.



Obr. 123. Soustružení povrchu.



Obr. 124. Držák se stelitovým nožem.

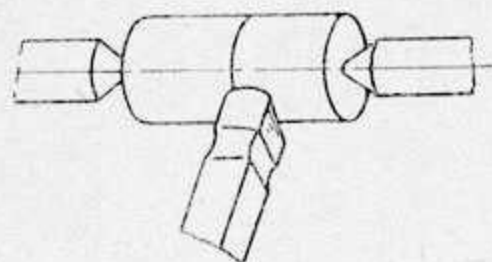


Obr. 125—126. Ostrý a vyhnutý hladík.

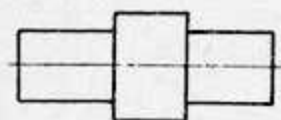
obr. 120 (zvláště tam, kde má být v přechodu ostrá hrana, viz též *obr. 26-A*). Nůž se však více zahřívá, proto je lépe použít nejprve pravého uběráku a potom roh dokončit stranovým nožem. Na *obr. 121* je soustružení čtyřhranu stranovým nožem. Na *obr. 122* je hrubování uběrákem se zvednutým nosem (používá se hojně v Americe, viz Taylorův nůž, *obr. 13*). Na *obr. 123* je hrubování povrchu rovným uběrákem. Na *obr. 124* je hrubování stellito-

vým nožem, který je upnut v držáku. Při hrubování se nůž značně zahřívá; nezbyvá pak často než volba menší rychlosti a chlazení nože.

b) **Hlazení (soustružení na čisto).** Při hlazení bývá součást obvykle již předem ohrubována, takže máme jen několik desetin mm na braní. Jen malé součásti soustružíme přímo hladicím nožem (kde není příliš na braní). Při hlazení volíme jen malou třísku, při malém posuvu. Rychlost bývá asi 1,5krát větší než při hrubování. Součásti, které soustružíme na čisto, musí mít povrch hladký. Nůž však zanechává na povrchu malé rýhy, a proto necháme rozměry o 0,03 až 0,05 mm větší. Na správný rozměr pak součást

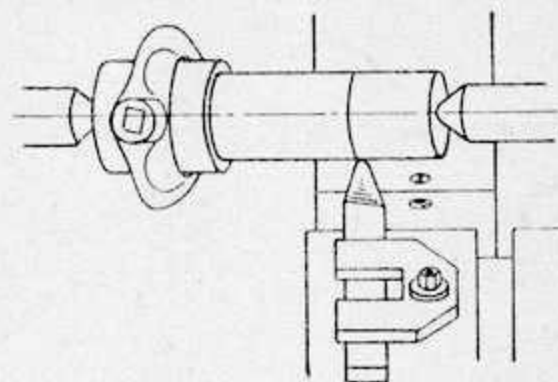


Obr. 127. Široký hladík.

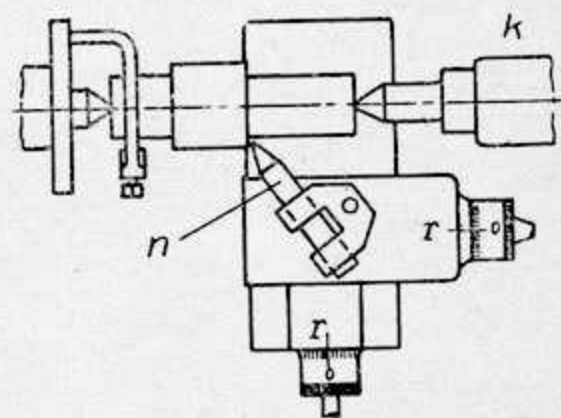


Obr. 129. Součást, která se má vyrobiti.

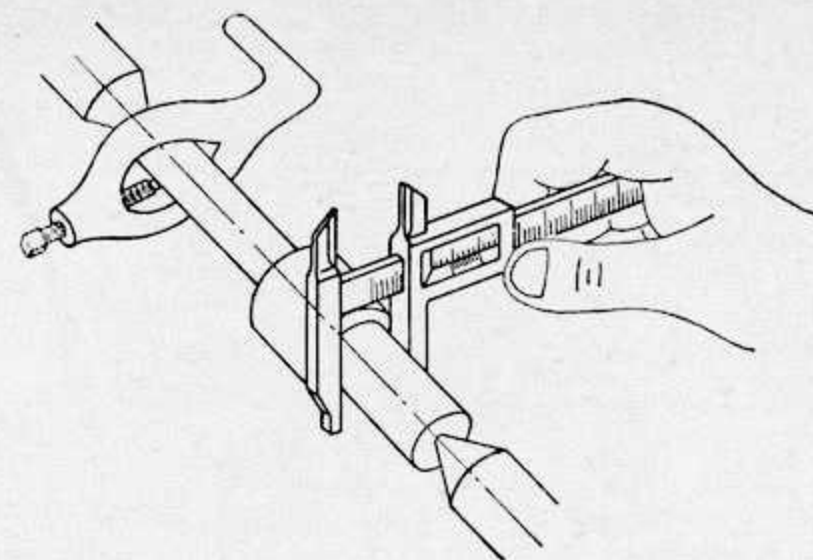
opilujeme jemným pilníkem a vyleštíme smirkovým plátnem. Hlazení na soustruhu bývá často nahrazeno broušením, které je daleko rychlejší. Na obr. 125–126 je soustružení hladkým a vyhnutým hladíkem. Nejčastěji použít hladík ostrý (jeho ostří je mírně zaobleno). Na obr. 127 je soustružení širokým hladíkem, u kterého volíme větší posuv než u ostrého hladíku. Viz též obr. 26 A-B. Na obr. 128 je soustružení ostrým hladíkem. Součást je upnuta mezi hroty. Při soustružení většího počtu stejných součástí, obr. 129, na čisto, ohrubujeme je tak, abychom měli pro hladicí nůž na povrchu asi 0,5 mm na braní, na čelních plochách asi 0,2 mm. Hlazení pak provedeme jednou třískou a necháme asi 0,05 mm na pilník. Abychom každou součást nemusili měřit, nastavíme na příčném a podélném suportu stupnice. Při záběru třísky se na př. 0 na stupnici kryje s rýskou na suportu, obr. 130. Nůž pak má stále stejný záběr a součásti jsou stejné (rozdíl pouze asi 0,01 až 0,02 mm). Tímto se ovšem můžeme řídit jen na dobrém, spolehlivém soustruhu. Jinak je nutno každou součást měřit. Na přesném soustruhu jen občas překontrolujeme, zda jsou rozměry dobré. Časem se nůž trochu odře, součást je silnější, a proto musíme znovu nastavit



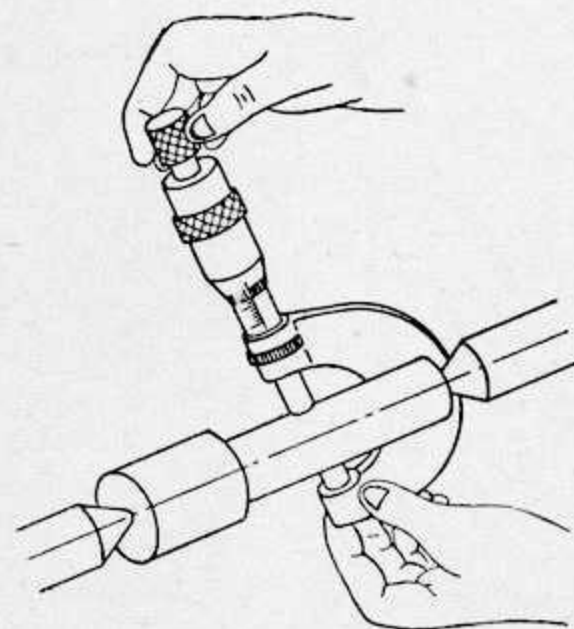
Obr. 128. Podélné soustružení hladicím nožem.



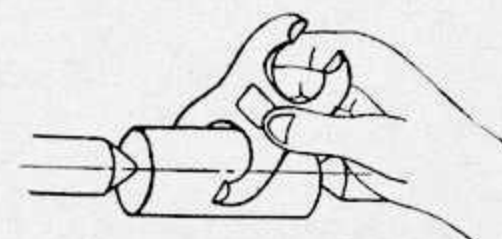
Obr. 130. Hlazení. k koník; n nůž; u značky r se nula kryje s rýskou.



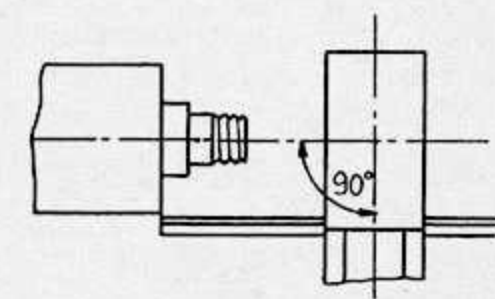
Obr. 131. Měření povrchu posuvným měřítkem.



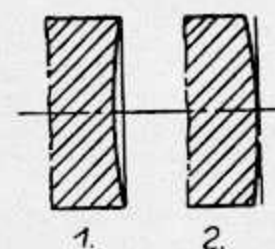
Obr. 132. Měření mikrometrem.



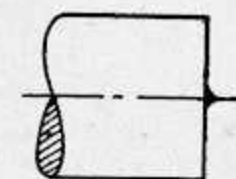
Obr. 133. Měření povrchu kalibrem.



Obr. 134. Osa vřetene musí být kolmá k příčnému suportu.



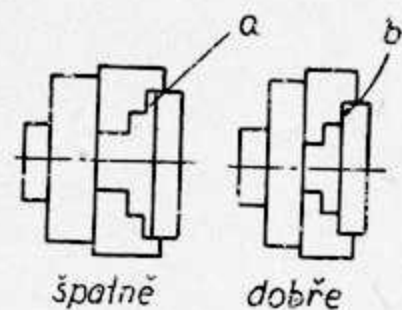
Obr. 135. Osa vřetene není kolmá k příčnému suportu.



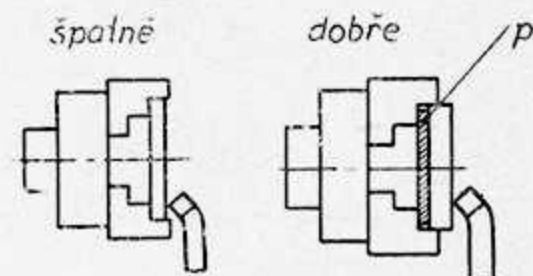
Obr. 136. Nůž stál nad nebo pod středem při čelním soustružení.

stupnice. Je-li ohrubovaná součást silnější, soustružíme ji na čisto na dvě třísky. První volíme větší, druhou třískou (0,1 až 0,2 mm) osoustružíme na žádanou míru.

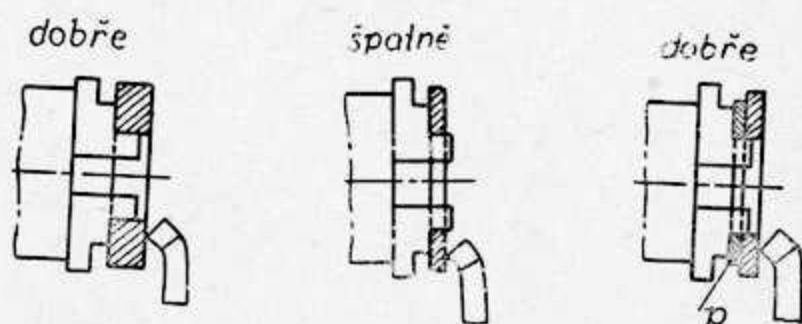
c) **Měření válcových ploch** při podélném soustružení. Při hrubování slouží k měření nejčastěji posuvné měřítko, *obr. 88, 131*. Přesné součásti měříme mikrometrem, *obr. 132*. Na *obr. 133* je měření povrchu třmenovým kalibrem. Měřená součást je vždy v klidu.



Obr. 137. Soustružení čelní. a nesedí; b dosedá.



Obr. 138. Soustružení čelní. p podložka.



Obr. 139. Soustružení na čele; p podložka.



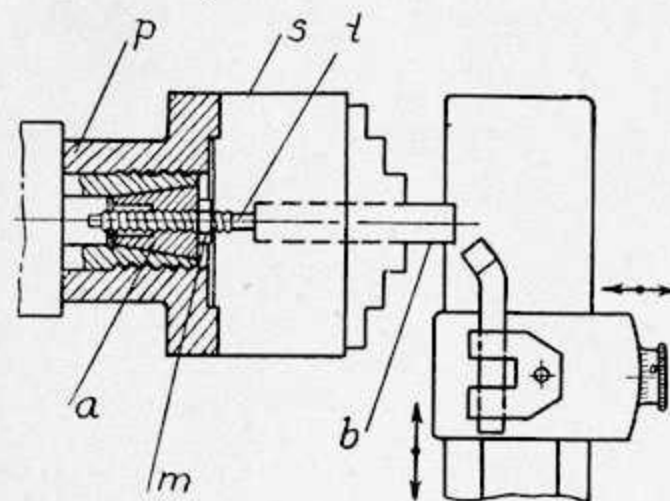
Obr. 140. Hrot sedí v kuželové části. Obr. 141. Hrot nesedí v kuželu důlku.

18. Soustružení rovinných ploch (příčné, čelní).

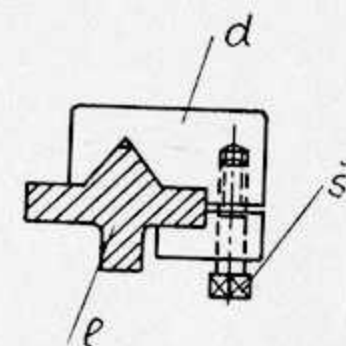
Při čelním soustružení je nutno, aby osa vřetena byla přesně kolmo k ose příčného suportu, *obr. 134*, jinak by osoustružená plocha nebyla rovná, *obr. 135*. Nůž musí být nastaven přesně do středu součásti, jinak zanechává ve středu materiálu malý výstupek, *obr. 136*. Malé čelní plochy soustružíme ručně otáčením klíčky příčného suportu. Na velké plochy zapneme strojní posuv. Používáme stejných nožů, jako na soustružení podélné. Při soustružení čelní plochy dbáme, aby součást byla pokud možno vždy zadní stranou

opřena, *obr. 137*; lépe drží. Často součást podkládáme vhodnou podložkou (musí být všude přesně stejně silná) podle *obr. 138* a *obr. 139*, aby součást přesahovala přes čelisti. Delší kusy opřeme na konci lunetou, nebo někdy také na půl rozbroušeným hrotem podle *obr. 140*. Nožem (nejčastěji stranovým) se pak snadno dostaneme až k ose. Je však nutno, aby hrot seděl

v kuželové části navrtaného důlku, *obr. 140*. Jakmile důlek zbavíme kuželové části, hrot nesedí, součást je volná v hrotu a snadno

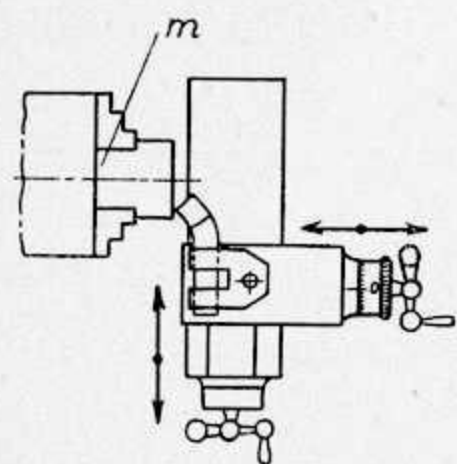


Obr. 142. Čelní soustružení na doraz. p příruba; s sklíčidlo; t trn se závitem (doraz); m matice; a pouzdro pro trn t; b součást.

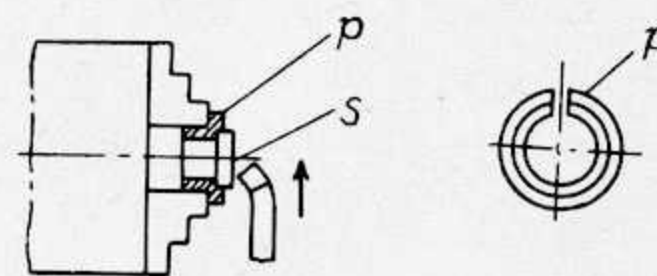


Obr. 143. Doraz d upravený na loži l; š šroub.

se ohne, *obr. 141*. Při čelním soustružení (zvláště při větší tříске) je nutno pojistit saně, aby se nepohybovaly. Nůž totiž má snahu se uhnout. Zabíráme-li větší třísku, není plocha přesně rovná; proto poslední záběr volíme jen malý, abychom chybu odstranili. Na poslední malou třísku často používáme hladicího nože. Při soustružení jednotlivých kusů nutno každý měřit. Soustružíme-li větší počet stejných kusů, upravíme vhodný doraz. Na *obr. 142* je doraz upraven



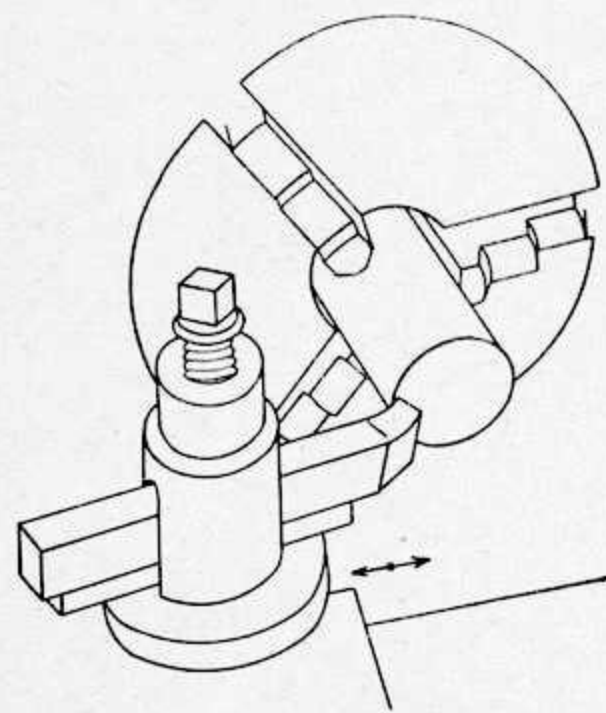
Obr. 144. Soustružení na čele při velkém počtu stejných kusů. Předmět m sedí na ploše sklíčidla.



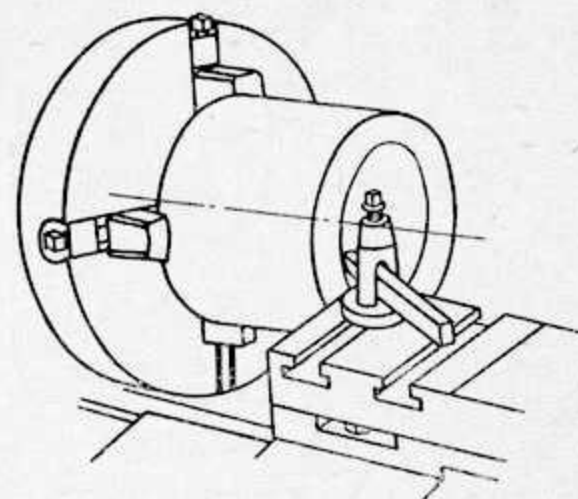
Obr. 145. Čelní soustružení slabých součástí. p pouzdro; s součást.

v kuželi vřetena. V dutině vřetena je pouzdro, které má ve středu otvor se závitem, do něhož je zašroubován trn, tvořící doraz. Proti otočení je pojištěn maticí. Trn se vyšroubuje nebo zašroubuje podle potřeby. Saně jsou pevně pojištěny proti posunutí. Zabíráme posouváním podélného suportu na stále stejné číslo na stupnici (na př. aby se nula kryla s čárkou na suportu). Délka součástí je stejná, občas některý kus přeměříme. Nebo se upraví

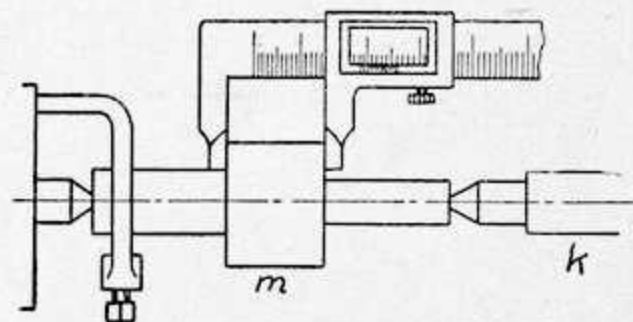
vhodný doraz na loži soustruhu, *obr. 143*, a pak pohybuje do záběru saněmi (suportem se nehýbá). Dorazy mohou být různě uspořádány větší kusy dorážíme na čelní plochu sklíčidla, *obr. 144*. Slabé (úzké) součásti (podložky a p.) při soustružení na čele upínáme pouzdrem podle *obr. 145* (ve sklíčidle by se špatně upínala a pomačkala). Pouzdro je na jedné straně po délce rozříznuto pilkou.



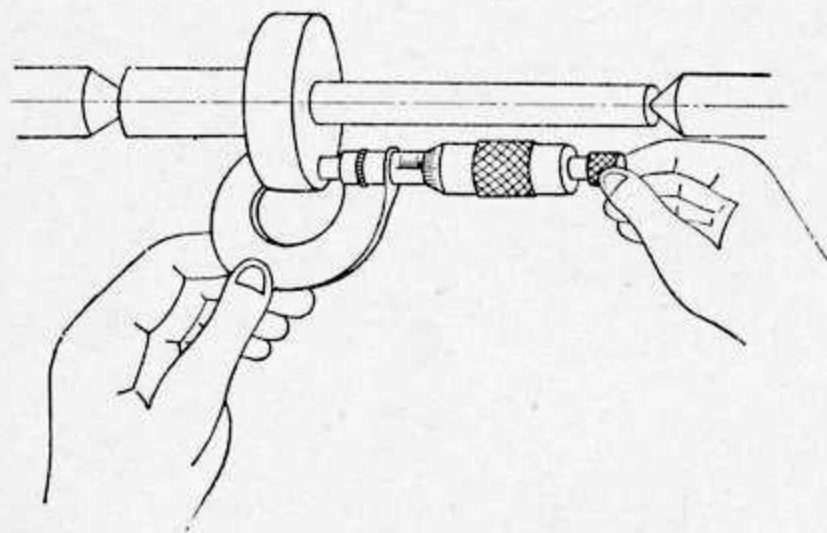
Obr. 146. Čelní soustružení.



Obr. 147. Soustružení na čelní ploše.



Obr. 148. Měření při čelním soustružení. m měřená součást; k koník.



Obr. 149. Měření při čelním soustružení.

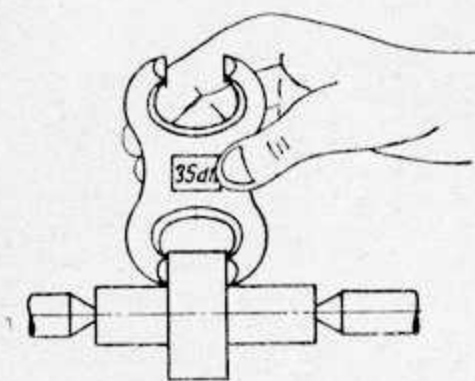
strojnictví obvykle postačí měření posuvným měřítkem, *obr. 148*. Na přesné změření použijeme mikrometru, *obr. 149*. Při seriové výrobě obvykle měříme kalibrem, *obr. 150*.

součást je již na povrchu osoustružena na čisto. Napícháme širší asi o 0,2 až 0,5 mm. Upneme pouzdrem do sklíčidla a osoustružíme na žádný rozměr. Na *obr. 146* je součást upnuta ve sklíčidle. Na *obr. 147* je soustružení na čelní ploše odlitku, který je upnut na líní desce.

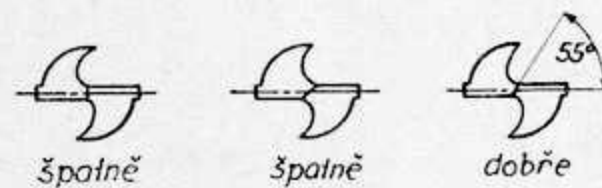
Měření při čelním soustružení. Ve všeobecném

19. Vrtání na soustruhu.

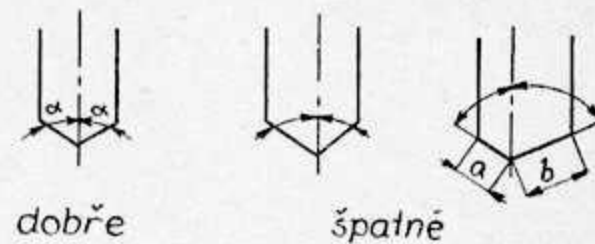
Při vrtání na soustruhu bývá obvykle předmět upnut a otáčí se; vrták se netočí, jen se posouvuje do materiálu. Vrták musí být dobře nabroušen, aby nedělal příliš velký otvor. Nutno však počítat s tím, že i správně nabroušený vrták dělá otvor o něco větší (proto raději napřed vyzkoušíme). Na *obr. 151* a *152* je znázorněno dobré a špatné nabroušení vrtáku. Na *obr. 153* jsou vrtá-



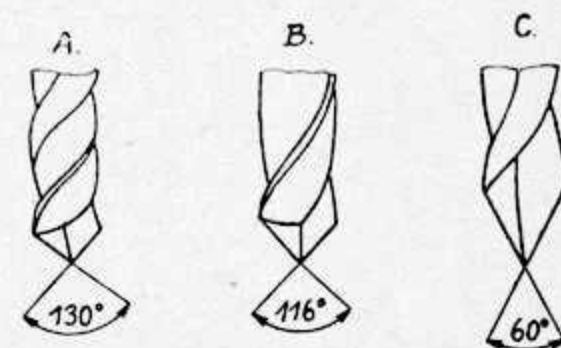
Obr. 150. Měření čelní plochy kalibrem.



Obr. 152. Ostří vrtáku.

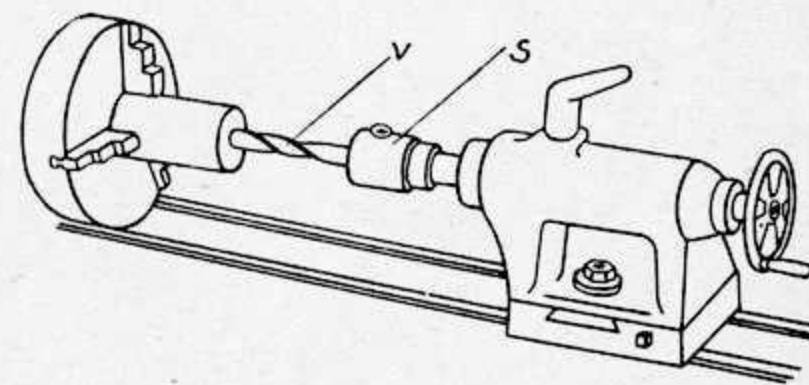


Obr. 151. Špička vrtáku.



Obr. 153. Úhly špice pro různé hmoty. A hliník; B ocel, litina; C tvrdá guma.

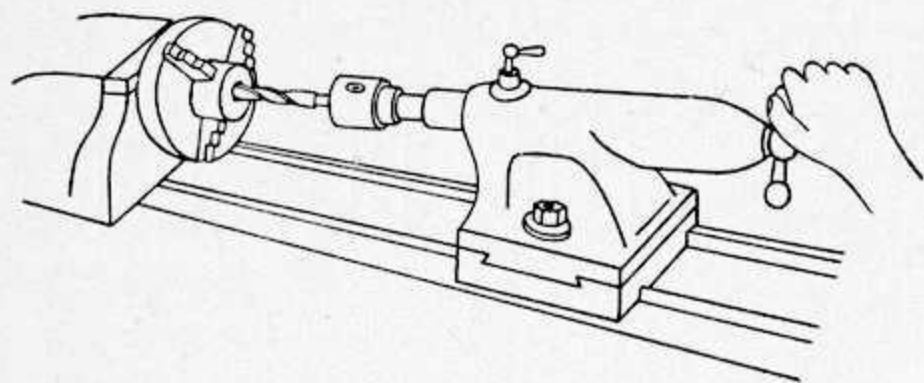
ky pro různé hmoty. Volíme: Na ocel a litinu úhel špice 116° až 118°, šroubovice pod 30°. Na hliník úhel špice 130°, hustá šroubovice (malé stoupání). Na mosaz, bronz úhel špice 130°, táhlá šroubovice. Na tvrdou gumu, umělé hmoty úhel špice 60°, táhlá šroubovice. Menší vrtáky upínáme do upínacího pouzdra (sklíčidla), které je vsazeno do pinoly koníku, *obr. 154—5*. Větší otvory vrtáme postupně několika vrtáky. Velký vrták drží v pinole kuželem, třením, *obr. 156* často bývá proti otáčení pojištěn srdcem, které je opřeno o suport, *obr. 157*. Součást musí být předem ve středu navrtána, nebo nožem vysoustružen malý důlek, aby byl vrták dobře uveden. Vyvrtaný otvor není přesně rovný a čistý. Při vrtání delších otvorů občas vyjedeme, vrták očis-



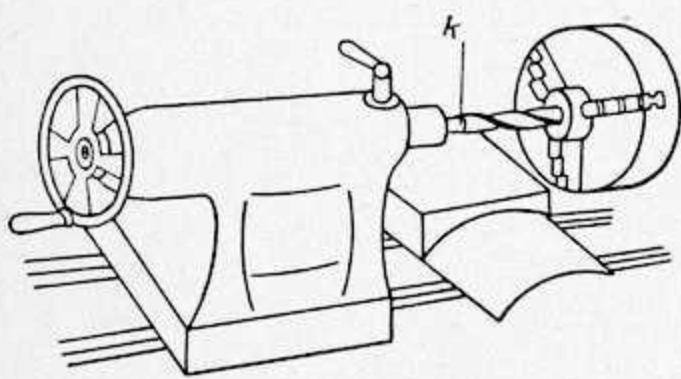
Obr. 154. Vrtání malých děr na soustruhu. v vrták; s sklíčidlo.

tíme a namažeme. Vrták trochu uhýbá ze středu a otvor hází (hlavně dlouhé, úzké díry), zvláště tlačíme-li vrták do materiálu velkou silou nebo je-li tupý. Malé otvory vrtáme větší rychlostí. Někdy vrtáme delší díry s obou stran. Na obr. 158 je vrtání otvoru v lisovacím razníku. Střed otvoru je přesně

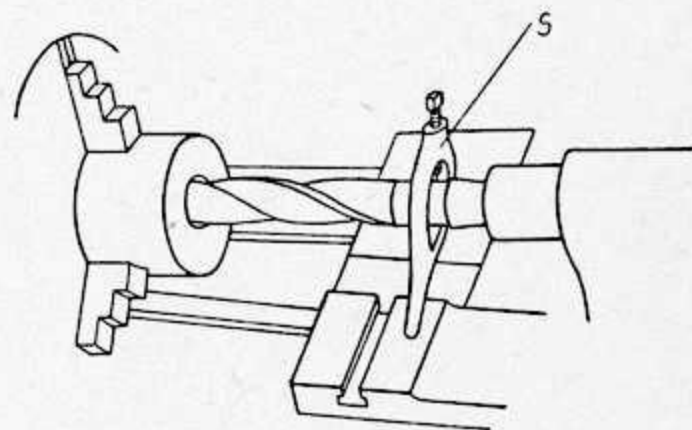
naznačen s obou stran. Vrták je upnut ve sklíčidle a musí dobře běžet. Razník je opřen hrotem koníku a tlačěn proti vrtáku otáčením kličky. Často vyjíždíme, očistíme a namažeme vrták. Aby se vrták neuhýbal, tlačíme razník



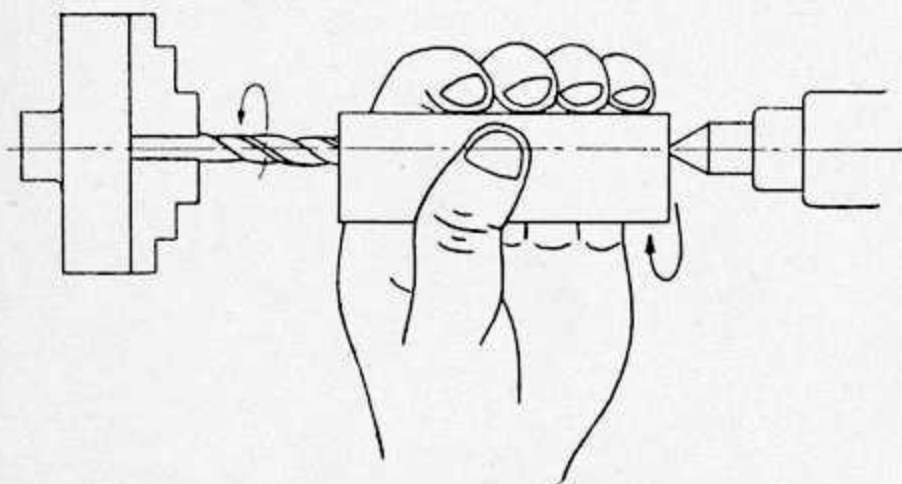
Obr. 155. Vrtání na soustruhu.



Obr. 156. Vrtání větších děr na soustruhu. k kužel vrtáku.



Obr. 157. Vrtání na soustruhu. s srdce.

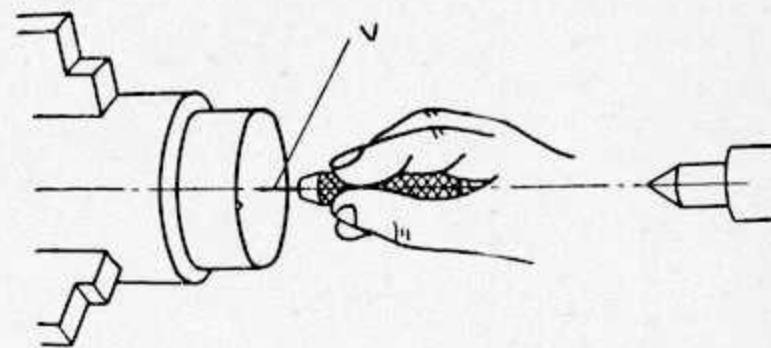


Obr. 158. Vrtání razníku na soustruhu.

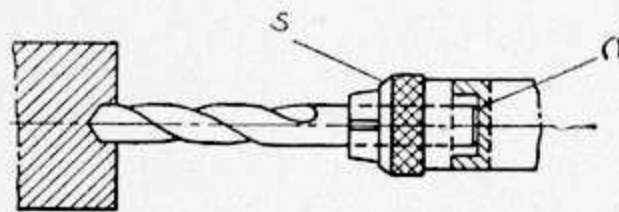
proti vrtáku jen mírnou silou. Vyvrtáme asi do poloviny razníku a vrtání dokončíme stejným postupem s druhé strany. Otvor raději předvrtáme menším vrtákem (asi o 0,2 mm). Při začátku vrtání upneme vrták tak, aby jen malá část byla vysunuta a pak teprve vysuneme vrták podle potřeby (málo vysunutý vrták se neohýbá). Razník držíme v levé ruce a pomalu jím otáčíme proti směru otáčení vrtáku (aby byla díra rovná). Velmi malé dírký se vrtají dosti obtížně. Je třeba velké opatrnosti, abychom vrták nezlomili; dělník musí mít v ruce cit. Maličké dírký o průměru 0,4 až 0,2 mm, byly vrtány podle

obr. 159. Součást je upnuta ve sklíčidle a otáčí se velkou rychlostí. Vrtáček je upnut v malém upínacím pouzdře, které držíme jen v ruce. Špičkou navrtáváku nebo nožem naznačíme ve středu součásti malý důlek. Rukou tlačíme pouzdro s vrtákem do materiálu. V ruce máme větší cit, vrtá se lépe, než kdyby bylo pouzdro tlačeno koníkem. Vrtáček je ovšem držen v rovině s osou součásti a z pouzdra vysunut co nejméně, aby se tolik neohýbal. Často vyjíždíme a vrtáček očistíme. Mažeme petrolejem.

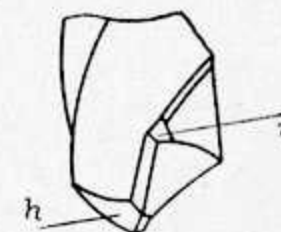
Bude-li se otvor po vyvrtání pročišťovat výstružníkem, vrtáme díru o 0,1 až 0,3 mm menší. Otvor, který budeme soustružit nožem, vyvrtáme asi o 1 mm menší (malé otvory,



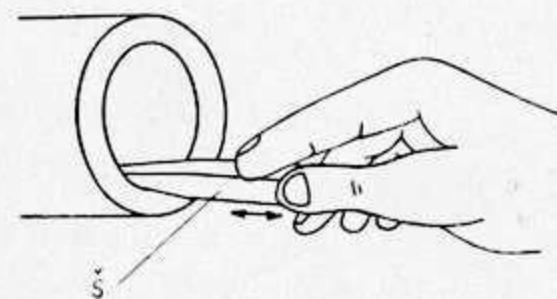
Obr. 159. Vrtání velmi malých dírek. v vrtáček.



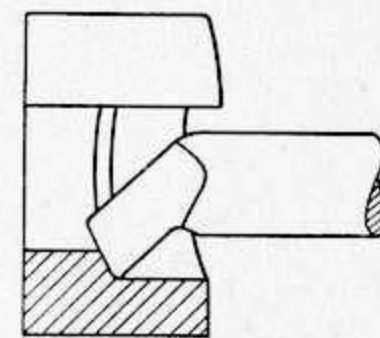
Obr. 160. Upnutí vrtáku ve sklíčidle s. d doraz.



Obr. 161. Vrták na litinu. h hřbet; r sražený hrot.



Obr. 162. Vyhlazení díry škrabákem š.



Obr. 163. Vnitřní soustružení.

když díra dobře běží, stačí vyvrtat menší jen o několik desetin mm). Na krátkou díru vezmeme starší (krátký) vrták; nové vrtáky necháme na dlouhé díry. Vrták upínáme do sklíčidla (upínacího pouzdra) tak, aby dosedl až na dno vybrání podle obr. 160. Jinak by se při vrtání zatlačoval dále a tím se poškodí sklíčidlo i násada vrtáku. Při vrtání litiny obrousíme roh vrtáku do zaobleného přechodu, obr. 161. Zvýší se tím jeho trvanlivost.

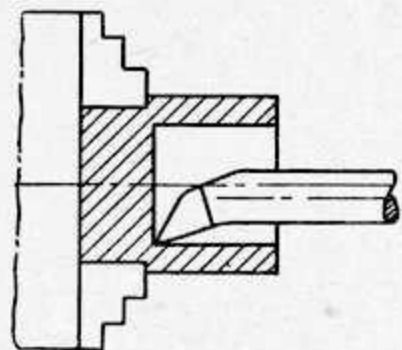
Třením se vrták zahřívá; proto se musí chladit a mazat. Nejčastěji se maže vrtacím olejem, který vznikne rozpuštěním mýdla v minerálním oleji za

přidavku lihu a jiných látek, ředěno vlažnou vodou v řídkou, bělavou emulsi. Obyčejně je při ředění asi 15 až 20krát více vody než oleje.

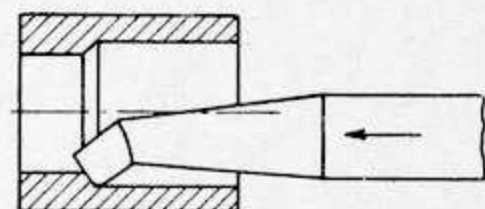
Litinu vrtáme obyčejně za sucha, nebo se třísky odfukují stlačeným vzduchem.

20. Soustružení otvorů.

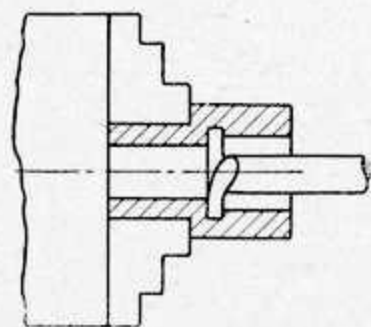
Na odlitku (jak přichází ze slévárny), na výkovku jsou otvory hrubé a nerovné. Také otvory vyvrtané vrtákem nejsou rovné a čisté. Musí se proto někdy soustružit. Otvor vždy nejprve vyhrubujeme (zvláště u odlitku a výkovků) a pak dosoustružím na žádaný rozměr. Soustružíme-li na čisto,



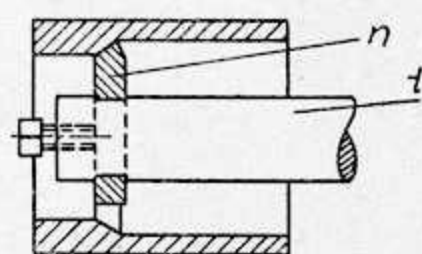
Obr. 164. Soustružení vnitřní čelní plochy.



Obr. 165. Hrubovací nůž k vnitřnímu soustružení.



Obr. 166. Zapichování.



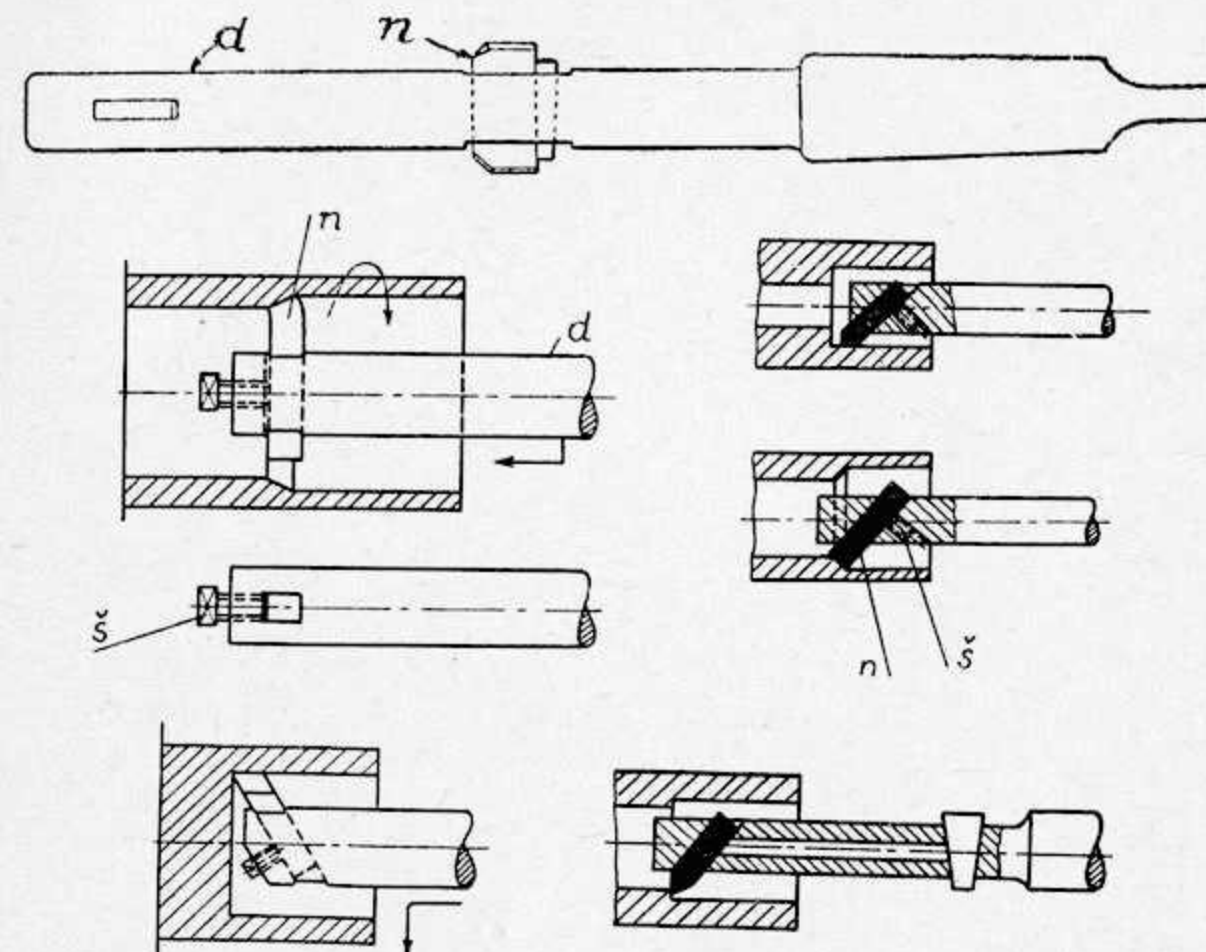
Obr. 167. Trn k prosoustružení otvoru n nůž.

necháme otvor menší o 0,02 až 0,05 mm na vyhlazení a vyleštění. Povrch však musí být už od nože hladký. Zaškrabávání otvoru tříhranným škrabákem, obr. 162, se vyhýbáme, protože rovnou díru snadno pokazíme. Vždy se snažíme po vysoustružení otvoru (necháme asi o 0,1 mm menší) povrchy vyhladit na správný rozměr výstružníkem. Bude-li se otvor brousit, necháme jej o 0,1 až 0,3 mm menší než je správný rozměr. Nůž musí do otvoru lehece vejít (nesmí dít). Při větším záběru se nůž trochu uhýbá, proto volíme poslední třísku malou. Při soustružení dlouhých, malých otvorů, kdy nůž je slabý, se nůž snadno uhýbá a chvěje. Musíme proto volit malý záběr. Na obr. 163 je vyhnuté ostří nože k prosoustružení otvoru. Viz též obr. 26-C. Na obr. 164 je znázorněno soustružení vnitřní čelní plochy. Nůž musí být přesně ve středu součásti. Na obr. 165 je hrubovací nůž. Na obr. 166 je zapichnutí drážky v otvoru.

Dlouhé díry soustružíme vrtací tyčí. Ušetří se tím drahé rychlořezné oceli

(nůž by musel být dlouhý). Z rychlořezné oceli je pouze malý nůž, tyč je z obyčejné oceli. Tyč s nožem musí lehece projít soustruženým otvorem, ale má být pokud možno nejsilnější, aby se při práci nechvěla (musí být celá vysunuta ze suportu). Zabíráme jen menší třísky a poslední třísku projedeme raději na stejný záběr dvakrát, aby otvor byl rovný. Na obr. 167 je trn k prosoustružení otvoru. Na obr. 168 jsou vrtací tyče na vnitřní soustružení. Nůž je držen šroubkem nebo klínem. Viz též obr. 30.

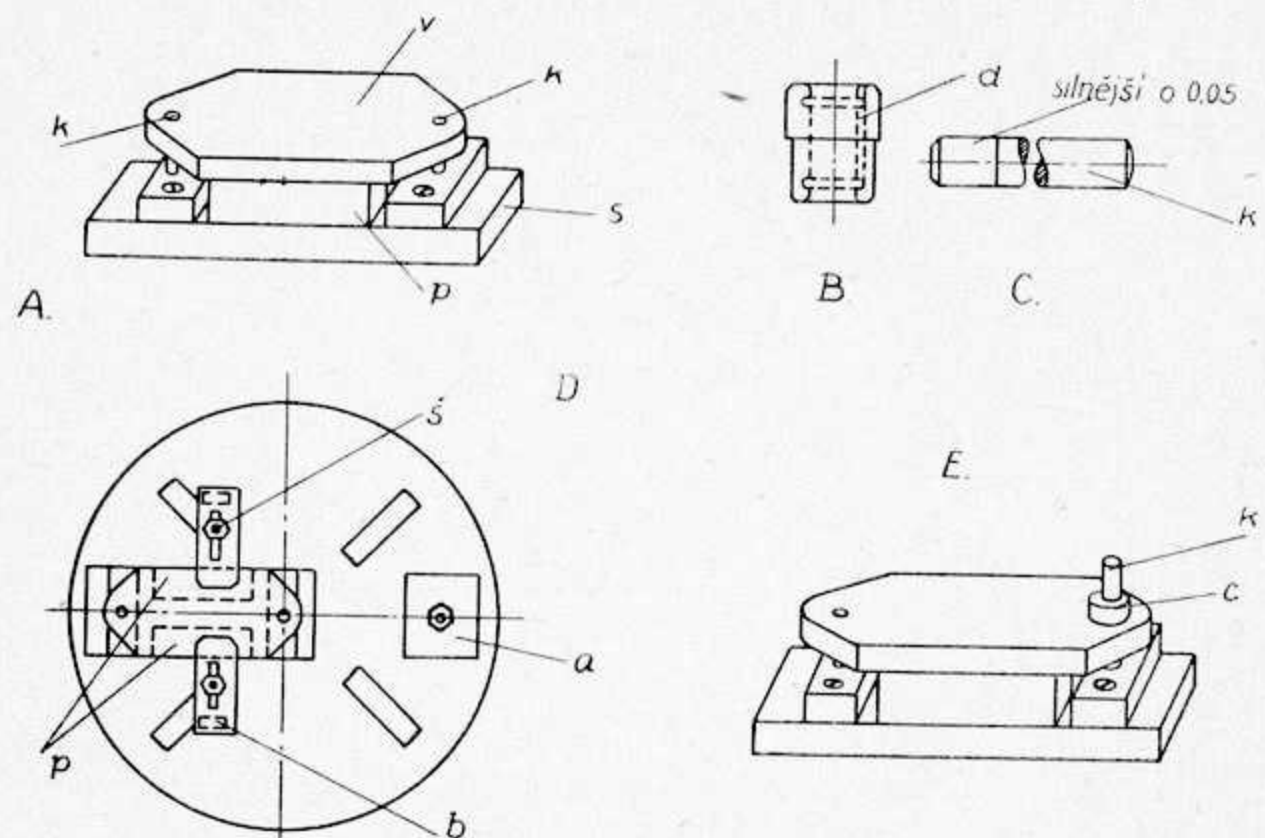
Velmi často (zvláště v menších dílnách) srtáváme na líní desce nástroje pro lisování. Na obr. 169-A je od nástrojaře připravený nástroj. Do horní



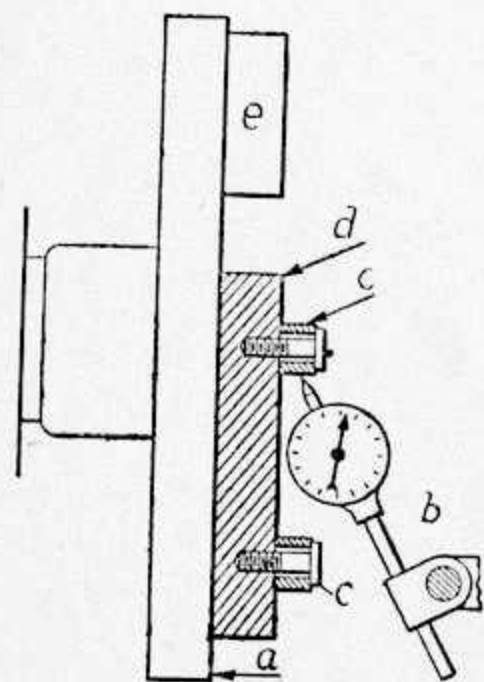
Obr. 168. Soustružení otvorů vrtací tyčí. n nůž; š šroubek; d tyč.

desky (vedení) se mají nalisovat pouzdra, obr. 169-B, do spodní desky (odpovědné, základní) vodící kolíky, obr. 169-C. Oba otvory pro kolík a pouzdro soustružíme nejlépe zároveň. Horní desku podkládáme (abychom lépe prošli nožem při prosoustružení) broušenými podložkami, které jsou přesně stejně vysoké. Nástroj upneme podle obr. 169-D upínacími šrouby. Horní deska musí být v místě upnutí podložena zmíněnou podložkou, aby se upnutím neprohnula. Nástroj náležitě vyvážíme protizávažím (kus olova a p.). Otvory předvrtáme vrtákem asi o 1 mm menší než jsou správné rozměry a pak vysoustružíme oba otvory najednou. Otvor pro pouzdro necháme o 0,03 mm menší než je průměr pouzdra (pro nalisování), otvor pro kolík uděláme tak, aby kolík přední částí (která chodí v pouzdře) lehece prošel, ale neviklal. Druhý konec kolíku, který bude nalisován, je asi o 0,05 mm větší. Nástroj

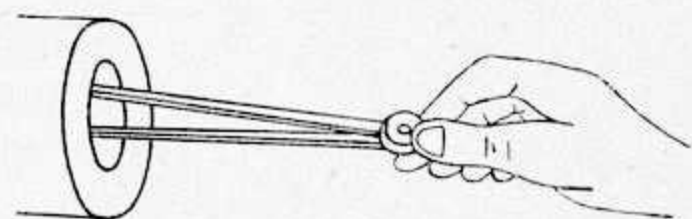
pak sejmeme, nalisujeme kolík a pouzdro do příslušných otvorů. Někdy se pouzdro nalisováním trochu stáhne a kolík musíme do otvoru zabrousit smirkovým práškem, aby lehce chodil. Pak nástroj složíme a upneme stej-



Obr. 169. Srtávání lisovací raznice. A nástroj, připravený k upnutí (*k* kolík; *v* vedení; *p* broušená podložka; *s* základní deska). B vodící pouzdro s mazací drážkou *d*. C vodící kolík; část *K* chodí v pouzdře B. D vrtání (*p* broušené podložky; *s* upínací šrouby; *b* podložka pod upínacím tímenem; *a* protizávaží). E nástroj, připravený k vrtání druhé strany; *c* pouzdro; *k* kolík.



Obr. 169a. Úprava desky pro přesné rozteče děr.



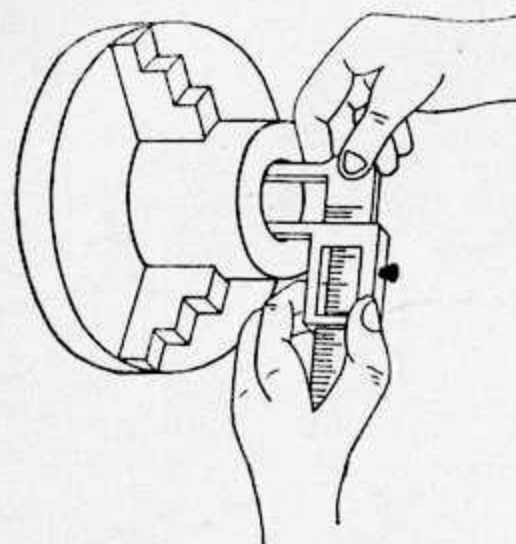
Obr. 170. Měření otvoru hmatadlem.

ným způsobem druhou stranu, obr. 169-E. Postup práce je stejný. Dobře svrtaný nástroj musí lehce chodit.

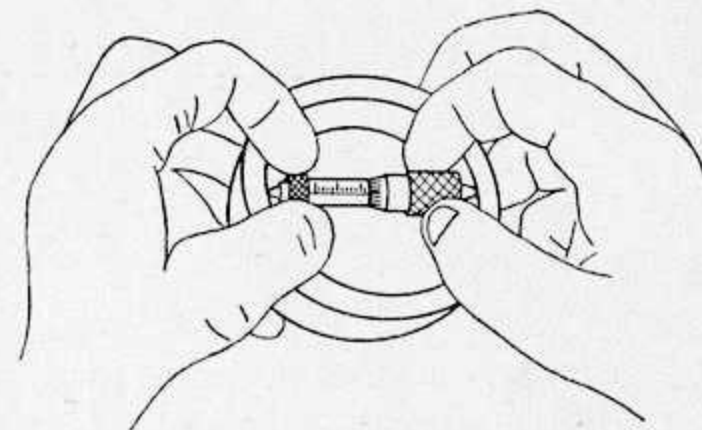
K dosažení přesné vzdálenosti vrtaných děr (na 0,01 mm i více) používáme středících pouzder, obr. 169a. Přibližně naměříme vzdálenost děr a vyřízneme v nich závity pro šroubky asi 6 mm, držící přesná kalená pouzdra C. Pouzdra nastavíme naklepnutím do přesné

polohy podle Johansonek. Mají-li být středy děr vzdálené 120,00 mm, a použili jsme pouzder průměru 20,000 mm, musí mezi pouzdra bez vůle, suvně zajít koncové měrky, sestavené ve sloupek $120 - 20 = 100,000$ mm.

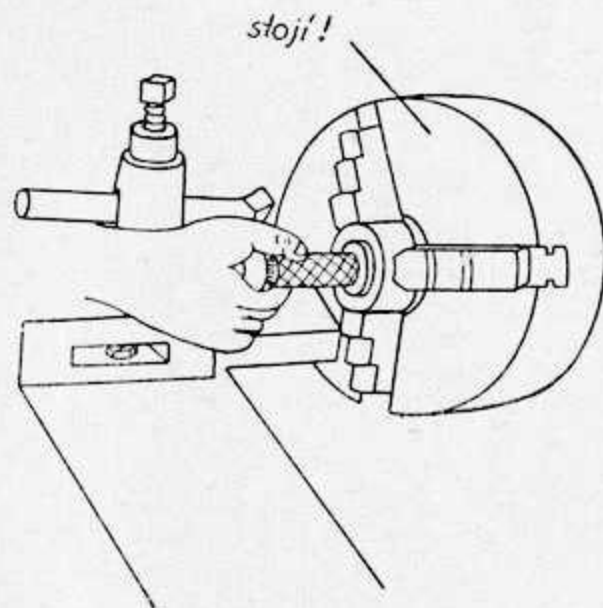
Po přesném rozměření šroubky pouzder C dotáhneme a ještě jednou kontrolujeme rozteč. Pak podle obr. vrtanou desku *d* upneme na lící desku *a*, aby jedno pouzdro *c* bylo asi v ose, a přesně jeho polohu vystředíme hodin-kami *b*. Potom šroubek s pouzdem sejmeme a nožem vrtáme prvou díru (ne vrtákem, ujížděl by podle závitu).



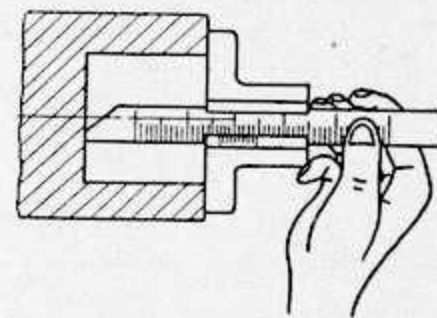
Obr. 171. Měření díry.



Obr. 172. Měření díry odpichem.



Obr. 173. Měření vrtání kalibrem.



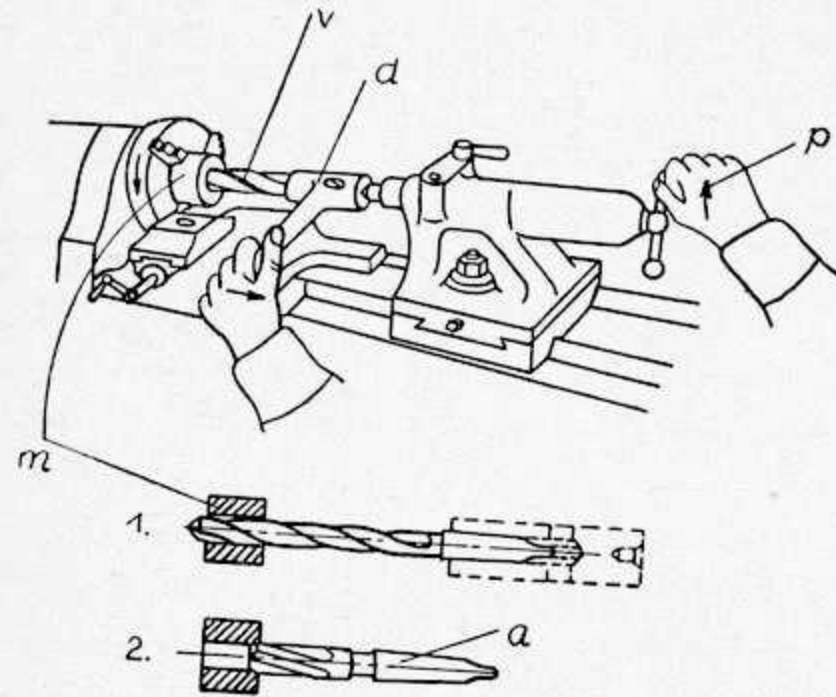
Obr. 174. Měření hloubky vrtání.

Desku obrátíme, aby přišlo druhé pouzdro C asi do osy, opět přesně vystředíme jeho polohu a vrtáme nožem druhou díru. Přesným vystředěním dosáhneme i přesné rozteče obou děr.

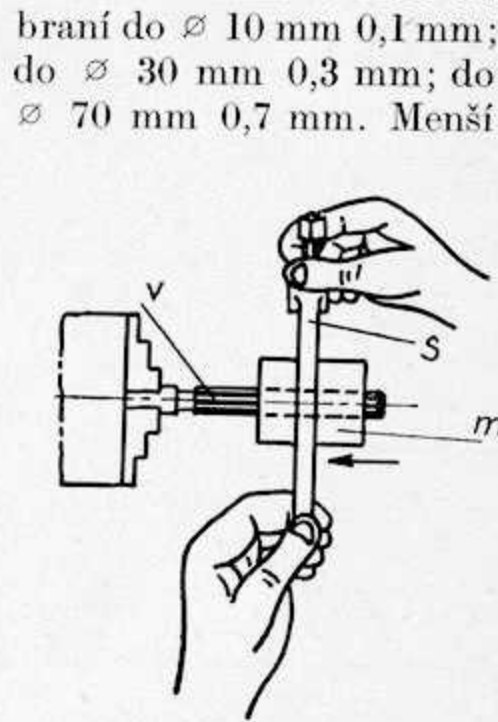
Měření otvorů, vrtaných na soustruhu. Dříve se otvory měřily hmatadlem, obr. 170. V novější době je tento způsob nahrazen daleko lepším a přesnějším měřením jinými měřidly. Na obr. 171 je měření otvoru posuvným měřítkem, kterého se velmi často používá při přesnosti na desetiny mm. Přesně měříme otvor mikrometrickým odpichem nebo kalibrem. Na obr. 172 je měření otvoru mikrometrickým odpichem, který musí být při měření položen rovně, aby nevznikla chyba. V seriové výrobě se používá k měření kalibrů, obr. 173. Na obr. 174 je měření hloubky otvoru hloubkoměrem.

21. Vystružení otvorů na soustruhu.

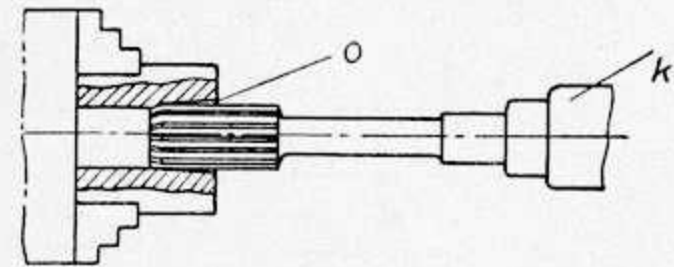
Aby byla vyvrtaná díra hladká, je třeba ji vystružit výstružníkem, nejčastěji strojním nebo obyčejným (ručním). Rozpínací výstružník je po délce rozříznut a kolíkem se může roztáhnout až o 0,3 mm, což je výhodné. Velké otvory vystružíme výstružníkem, který má vložené nože. Na přesný rozměr se nařídí podle broušeného kroužku. Pro výstružník necháme v oceli na



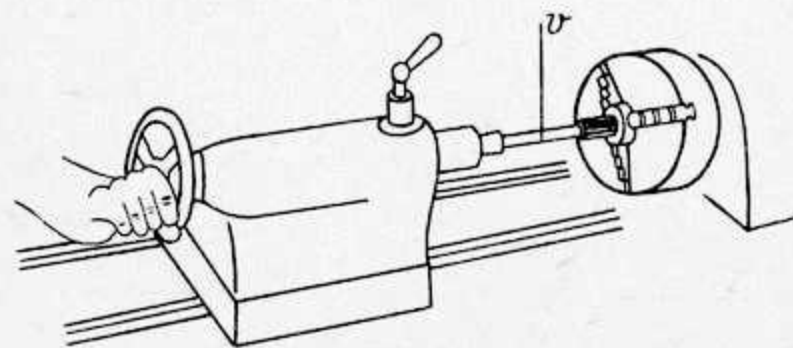
Obr. 175. Vystružení díry na soustruhu. v šroubový vrták; d držák s rukojetí; p posuv do záběru; m vrtaný materiál; a výhrubník nebo výstružník.



Obr. 176. Vystružení na soustruhu. v výstružník; s srdce; m materiál.



Obr. 177. Výstružník není přesně ve středu součásti. o rozšířený otvor; k koník.



Obr. 178. Vystružení na soustruhu. v výstružník.

výstružníky (obyčejné) upínáme do upínacího pouzdra, nebo jsou upevněny v držáku či srdíčku a opřeny hrotem koníku, obr. 175. Někdy upneme výstružník do sklíčidla a vystružíme podle obr. 176 (při větším počtu kusů, odpadne upínání ve sklíčidle). Součásti pak

upínáme do srdíček. Větší výstružníky drží v pinole koníku třením. Výstružník musí být přesně v ose předmětu, aby byla díra rovná. Jinak je vystružený otvor trochu kuželově otevřený, obr. 177. Rovněž necháme-li příliš na brání pro vý-

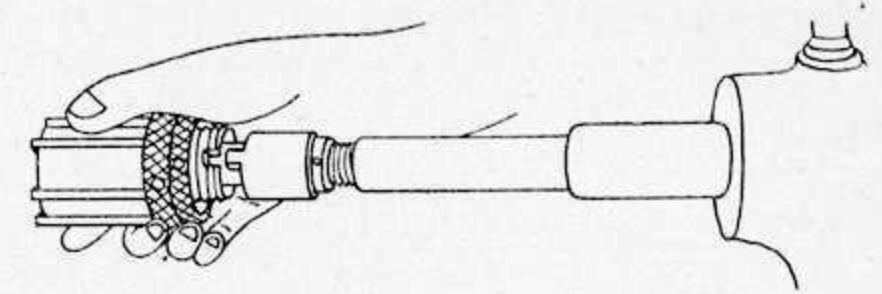
stružník je otvor větší a otevřený. Vyvrtaný otvor musí běžet. Hází-li, nejprve nutno otvor nožem vyrovnat a pak teprve vystružit (mohlo by se stát, že bychom výstružník ulomili). Nejvýhodnější je upravit výkyvné uložení výstružníku, aby se sám postavil podle díry.

Na obr. 178 je výstružník držen třením v pinole. Na obr. 179 je výstružník s vloženými noži.

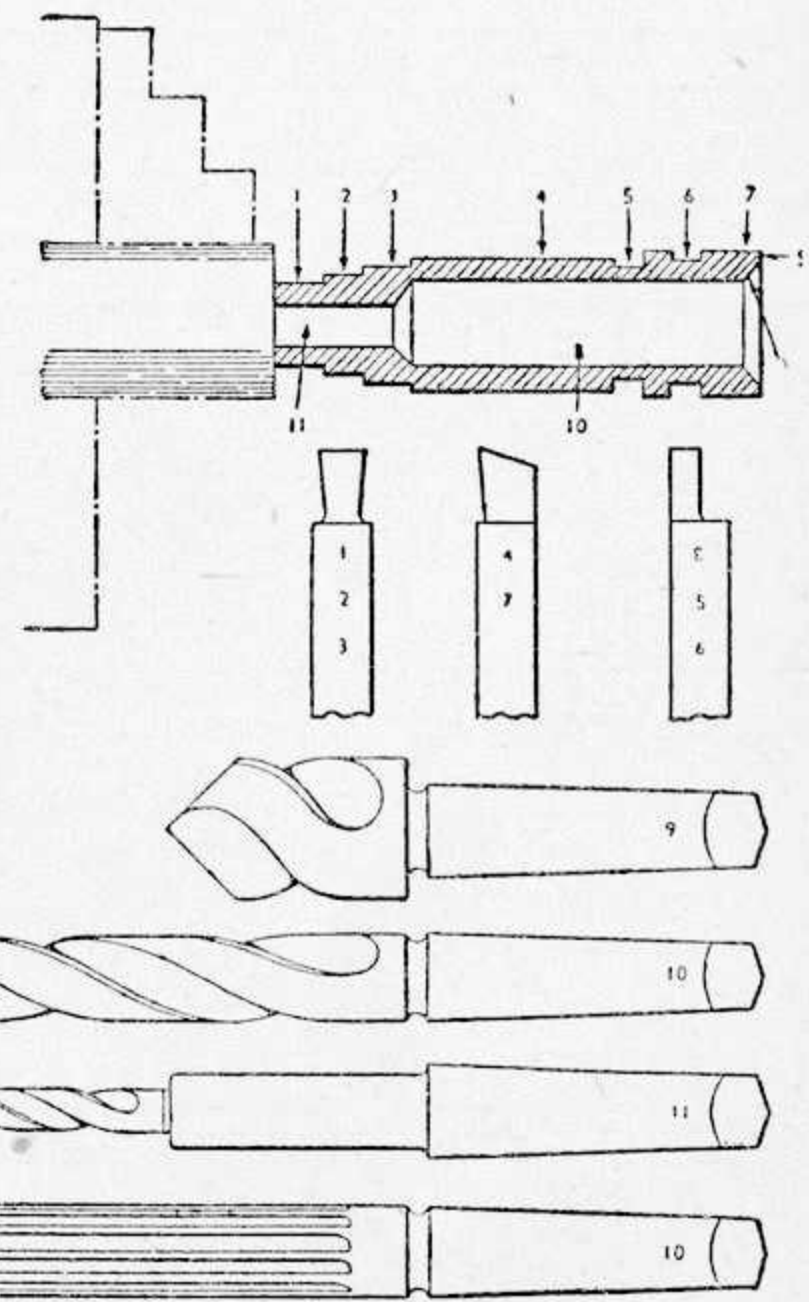
Na obr. 179a je příklad postupu výroby dutého vystruženého pouzdra. Operace a příslušné nástroje jsou číslovány 1 až 11.

Do záběru tlačíme výstružník mírně, s citem. Rozměr díry je závislý nejen na způsobu upevnění výstružníku, ale také na tom, čím mažeme. Při mazání vrtacím olejem je díra menší, než když mažeme řepkovým olejem. Nový výstružník tedy mažeme vrtacím olejem, opotřebovaný řepkovým olejem. Ostří výstružníku nutno chránit, proto jej pokládáme na dřevěnou podložku nebo do trubičky z tuhého papíru (lepší).

Čistota díry je závislá na mazání. Ocel mažeme řepkovým olejem nebo vrtacím olejem. Litinu, mosaz a bronz mažeme řepkovým olejem, nebo vystružíme za sucha; u hliníku se mažeme petrolejem nebo terpentínem. Bakelit a fibr vystružíme za sucha. Elektron se maž 4% vodním roztokem fluoridu sod-



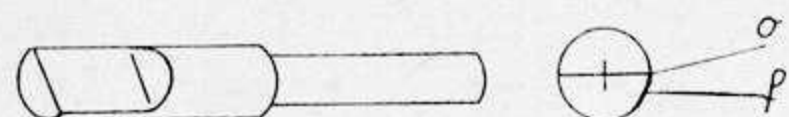
Obr. 179. Výstružník s vloženými noži.



Obr. 179a. Výroba pouzdra.

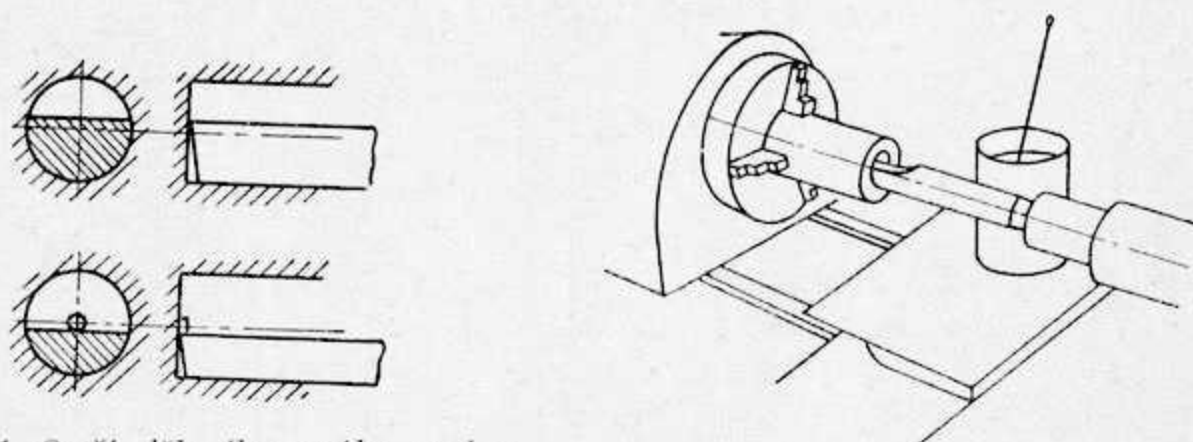
ného, nebo se vystruží za sucha. Součásti se při vystružení otáčejí značně pomaleji, než při vrtání.

Vystružení díry dělovým vrtákem. Zvláště v menších dílnách se k vystružení otvorů používá dělových vrtáků, obr. 180; výborně nahradí normální výstružník, jeho výroba je poměrně snadná. Zvláště se hodí k vystružení otvorů se dnem. Jeho rezačí část je zabroušena tak, že ostří je asi o 0,02 mm nad osou. Předvrtaný otvor necháváme o 0,1 až 0,3 mm menší (u malých děr méně, u velkých více na braní). Předvrtaný otvor má dobře běžet. Hází-li, pak zůstávají



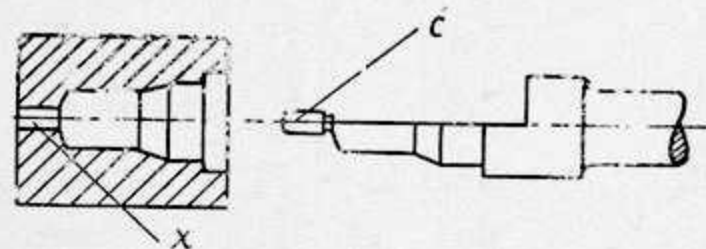
Obr. 180. Dělový vrták.

drží méně, u velkých více na braní). Předvrtaný otvor má dobře běžet. Hází-li, pak zůstávají

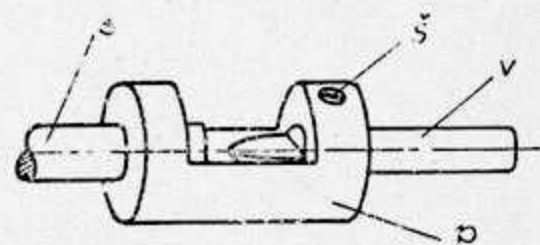


Obr. 181. Ostří dělového vrtáku nad a pod středem. *o* ostří; *f* fasetka (zábřit).

Obr. 182. Vystružení dělovým vrtákem.



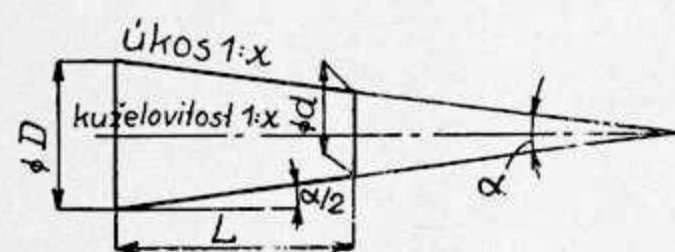
Obr. 183. Tvarový dělový vrták. Otvor *x* běží přesně s tvarem; čep *c* vede vrták součásti.



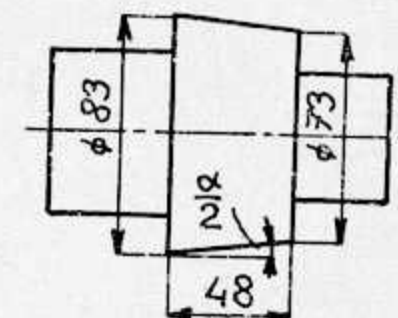
Obr. 184. Vystružení tvarovým dělovým vrtákem. *s* součást, vedená v kaleném pouzdře *p*; *š* šroubek, držící vrták *v*.

v otvoru nečistá místa (od vrtáku), protože dělový vrták se snaží díru vyrovnat. Proto otvor vyrovnáme nejprve nožem, nebo necháme více na braní (není-li jiné možnosti), nebo použijeme dříve ještě jednoho menšího dělového vrtáku, aby díru částečně vyrovnal. Na obr. 181 je znázorněno ostří dělového vrtáku nad a pod středem. V obojím případě vrták špatně bere a dělá nečistou díru. Dělový vrták upínáme do upínacího pouzdra, nebo bývá opřen hrotem koníku a proti otáčení pojištěn srdíčkem, které držíme buď v ruce, nebo je opřeno o suport. Větší dělové vrtáky drží třením v pinole koníku. Dělový vrták mažeme vrtacím olejem nebo řepkovým olejem. Maže-li se vrtacím olejem, je vystružený otvor menší než když mažeme

řepkovým olejem. Vystružíme přibližně při stejné rychlosti, jako když vrtáme. Při vystružení dlouhých otvorů občas vyjedeme a vrták očistíme. Na obr. 182 je vystružení dělovým vrtákem, který drží v pinole koníku. Na obr. 183 je dělový vrták tvarový. Součást musí být předvrtána na přibližný tvar. Vrták ubírá asi 0,2 až 0,3 mm na průměru, do hloubky asi 0,3 mm. Válcový konec vrtáku není rozbroušen a vede vrták v díře součásti. Tato dírka musí běžet s předvrtaným tvarem, jinak se dělový vrták snadno zasekne, případně ulomí. Vystruží se při pomalém chodu. Mažeme vrtacím olejem nebo řepkovým olejem. Na obr. 184 je vystružení tvarovým dělovým vrtákem. Aby vystružený tvar běžel s povrchem, je dělový vrták i materiál veden kaleným pouzdrem. Vrták je ještě pojištěn šroubkem. Tvar nejprve předvrtáme vrtákem, aby neměl dělový vrták příliš na vystružení.



Obr. 185. Označení kuželové plochy.



Obr. 186. Soustružení kužele.

22. Soustružení kuželů.

Kuželovou plochu můžeme soustružit natočením suportu; nastavením hrotu koníku; pravítkem.

Kuželové plochy se označují na výkresech slovem *kuželovitost* nad osou součásti a poměrem 1 : *x*. Písmeno *x* je nahrazeno určitým číslem (na př. 5). Kuželovitost 1 : *x* znamená, že v délce *x* je jeden průměr větší nebo menší než druhý o 1 mm. Kuželovitost 1 : 5 tedy znamená, že v délce 5 mm je rozdíl v průměrech 1 mm. Na obr. 185 značí:

D = velký průměr,

d = malý průměr,

L = délka kuželu,

α = vrcholový úhel,

$\frac{\alpha}{2}$ = úhel o který natočíme suport,

D - *d* = rozdíl průměrů,

$\frac{D-d}{L}$ = kuželovitost (1 : *x*) = $\text{tg } \alpha$,

$\frac{D-d}{2L} = \text{tg } \frac{\alpha}{2}$ = úhel o který se natočí suport.

Příklad.

$$\begin{aligned} D &= 50 \text{ mm,} \\ d &= 40 \text{ mm,} \\ L &= 110 \text{ mm.} \end{aligned} \quad \text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L} = \frac{50-40}{2 \cdot 110} = \frac{1}{22} = 0,0455.$$

V tabulkách funkcí úhlů ve IV. dílu najdeme k číslu 0,0455 náležející úhel 2° 36'. Pro malé úhly (asi do 6°) může se úhel nastavení $\alpha/2$ počítat přímo ze vzorce $\alpha/2 = \text{tangens} \times 57,3$ (k výpočtu pak nepotřebujeme trigonometrických tabulek).

Příklad, obr. 186.

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2L} = \frac{83-73}{2 \cdot 48} = \frac{5}{48} = 0,1042.$$

Z tabulek k číslu 0,1042 najdeme úhel $5^{\circ} 57'$.

Úhel nastavení podle vzorce tangens $\times 57,3$ bude

$$0,1042 \cdot 57,3 = 5,97066 = 5^{\circ} 58'.$$

Rozdíl je velmi malý (pouze $1'$), což nepadá v úvahu.

Poznámka. Kuželovitost bývá někdy udávána v %. Značí to % délky L . Je-li na př. kužel dlouhý $L = 75 \text{ mm} = 100\%$, je 1% kuželovitosti 0,75 mm ($\frac{1}{100}$ ze 75). Má-li kužel $D = 40 \text{ mm}$, $d = 17,5 \text{ mm}$; $D - d = 40 - 17,5 = 22,5 \text{ mm}$, je to kuželovitost $22,5 : 0,75 = 225 : 7,5 = 30\%$.

Úhel, o který se natočí suport má $\operatorname{tg} (\alpha/2) = 11,25 : 75 = 0,1500$; $\alpha/2 = 8^{\circ} 30'$.

Mějme na př. ruční výstružník, který má při délce 80 mm malý průměr $d = 34 \text{ mm}$; hledáme jeho velký průměr D při 15% kužele.

$$1\% = \frac{80}{100} = 0,8 \text{ mm}; 15\% = 15 \cdot 0,8 = 12 \text{ mm}.$$

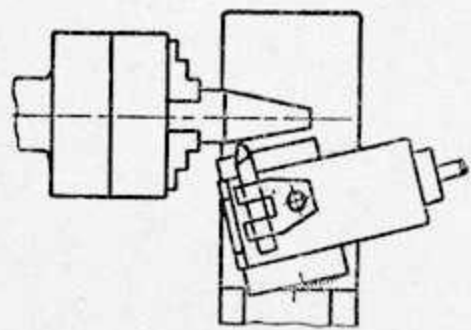
Velký průměr $D = d + 12 = 34 + 12 = 46 \text{ mm}$.

Kdyby měl tento výstružník délku jen $L = 72 \text{ mm}$, je rozdíl průměrů $D - d = 46 - 34 = 12 \text{ mm}$ a kuželovitost je $12 : 72 = 1 : 6$.

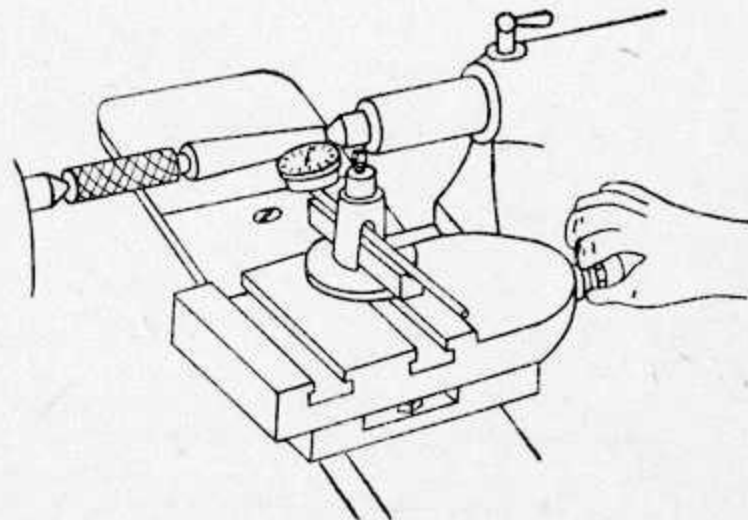
Jiný výstružník má mít kuželovitost $1 : 30$, délku $L = 225 \text{ mm}$, největší průměr $D = 35 \text{ mm}$. Hledáme nejmenší průměr.

$$\text{Kuželovitost } \frac{225}{30} = 7,5 \text{ mm, čili malý průměr } d = D - 7,5 = 35 - 7,5 = 27,5 \text{ mm}.$$

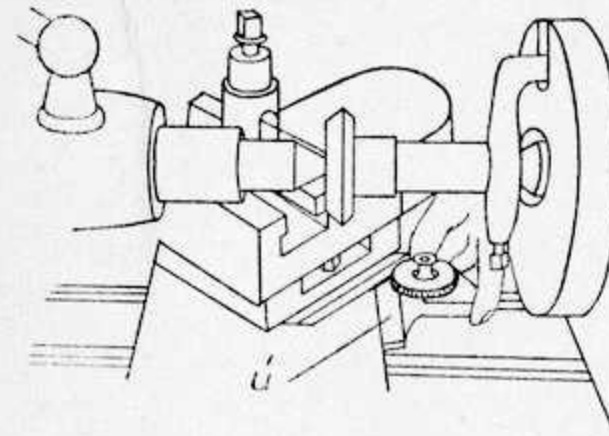
a) **Soustružení kužele natočením suportu.** Krátké kužele soustružíme natočením suportu. Nastavení suportu o příslušný úhel $\alpha/2$ provedeme natočením podle stupnice na suportu, obr. 187, nebo použitím hodinek a přesného kuželového kalibru podle obr. 188. Někdy se také nastaví suport podle úhloměru, obr. 189. Na obr. 190 je znázorněno natočení suportu vpravo a vlevo. Při soustružení povrchového kužele natáčíme suport vpravo. Silnější část je tam, kde je materiál upnut. Povrchový kužel soustružíme natočením vlevo jen ve výjimečných případech. Na obr. 191 je součást, která má na konci kužel. Nejprve soustružíme válcový povrch (suport je v rovině), potom soustružíme kužel natočením suportu o příslušný úhel $\alpha/2$. Nůž musí být přesně ve středu součásti. Sou-



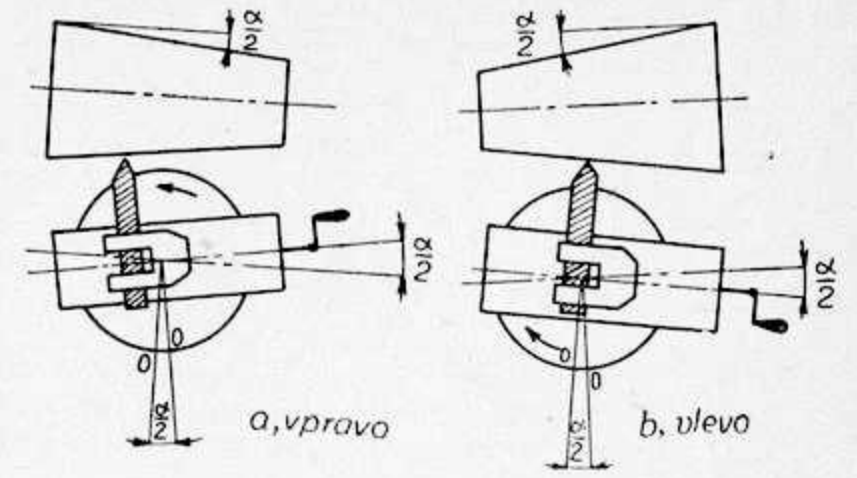
Obr. 187. Soustružení kužele natočením suportu.



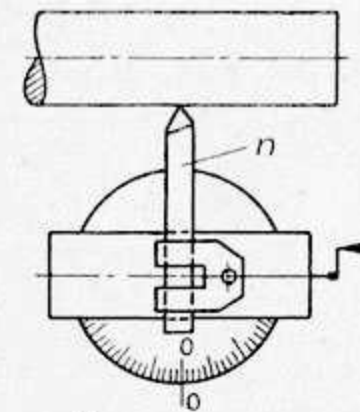
Obr. 188. Nastavení suportu k soustružení kužele.



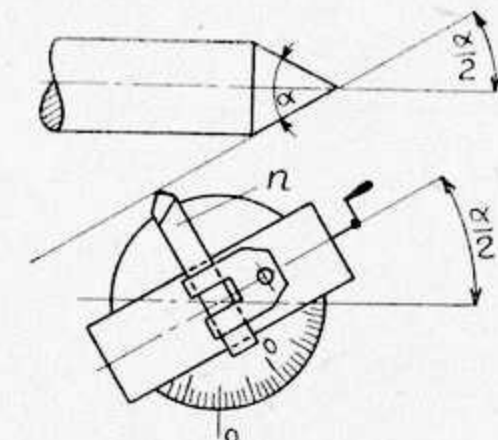
Obr. 189. Soustružení kužele podle úhloměru u .



Obr. 190. Natočení suportu při soustružení kužele.

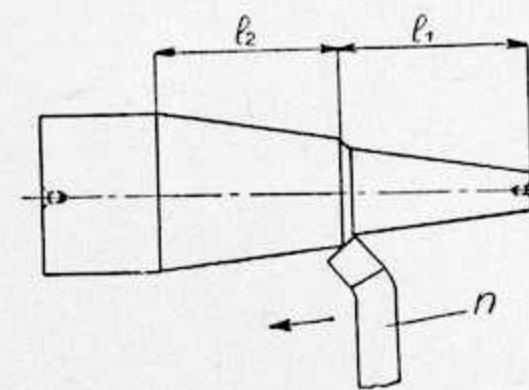


A. Suport není natočen při obrábění rovné součásti.

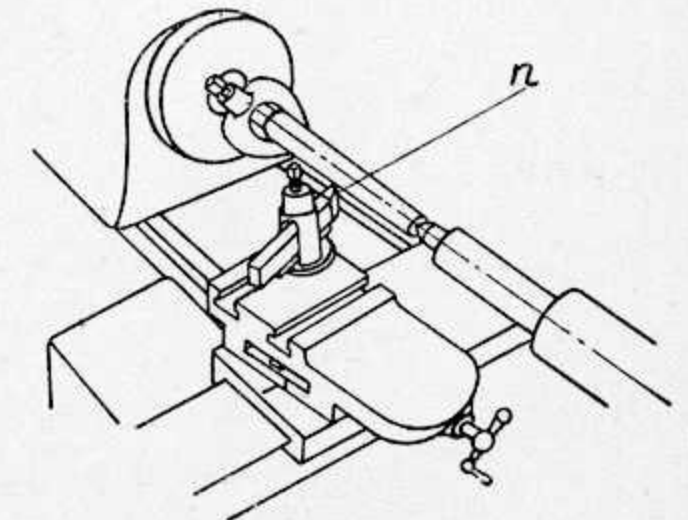


B. Suport natočen o $\alpha/2$ při soustružení kužele, který má vrcholový úhel α .

Obr. 191. Soustružení roviny a kužele; n nůž.



Obr. 192. Soustružení dlouhého kužele. n nůž.

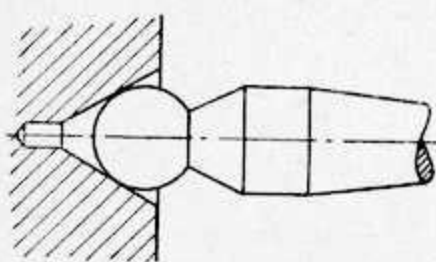


Obr. 193. Soustružení kužele natočením suportu. n nůž abnormálně vyčnívá.

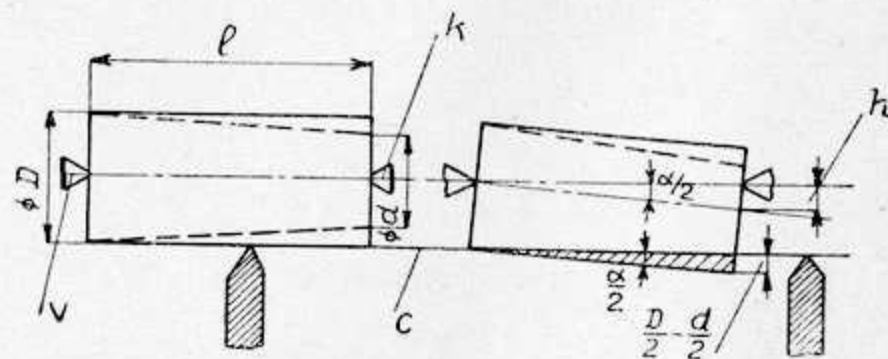
stružíme ručně. Lepší je součást nejprve ohrubovat (povrch i kužel) a pak osoustružit na čisto hladicím nožem, protože je-li již povrch vyhlazen a pak teprve soustružíme kužel (není vyhrubován), součást se snadno pohne a hází (neběží).

Při soustružení dlouhého kužele (vysunutí hrotu by bylo příliš velké) nestačíme nožem osoustružit celou délku najednou. Musíme soustružit dvakrát i vícekrát. Kužel nejprve vyhrubujeme v délce l_1 , obr. 192, pak posuneme saně a vyhrubujeme v délce l_2 . Stejným způsobem osoustružíme na čisto hladicím nožem. Nutno dát pozor, aby kužel délky l_1 (je již na čisto) byl dobře nastaven v délce l_2 . Často v otáčení kličkou vadí koník, proto je nutno vyšroubovat pinolu nebo nůž více vysunout ze suportu, obr. 193.

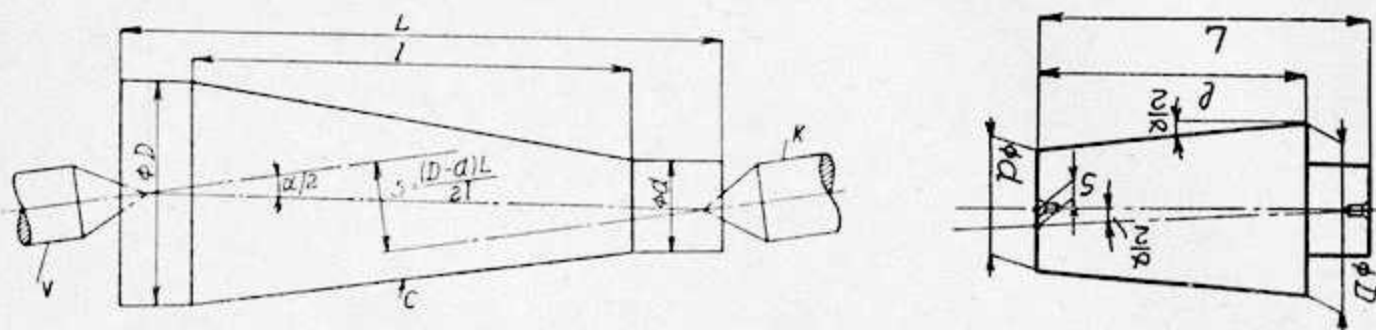
b) **Soustružení kužele nastavením hrotu.** Dlouhé, táhlé kužele, které mají malý rozdíl průměrů soustružíme přestavením hrotu koníka. Hrot se přestaví o míru, která odpovídá úhlu $\alpha/2$. Vysunutí koníka nesmí být příliš velké.



Obr. 194. Kulový hrot.



Obr. 195. Vysunutí hrotu koníka. v hrot vřetene; k hrot koníka; l délka kužele; c cesta saně, rovnoběžná se spojnicí hrotů; h vysunutí hrotu.



Obr. 196. Vysunutí hrotu koníka.

Přesazené hrotky nesedí dobře v důlku. Vzniká tím nepřesnost, která se odstraní pokusem (t. j. větším nebo menším vysunutím koníka), nebo uijeme hrotů s kulovými špičkami, obr. 194. Na obr. 195 je znázorněno, jak musí být hrot přesazen o míru $\frac{D}{2} - \frac{d}{2}$.

Přibližné vysunutí hrotu koníka hledáme ze vzorce (viz obr. 196).

$$\text{Vysunutí } s = \frac{L(D-d)}{2l}$$

L = celková délka součásti mezi hrotky;
 l = délka kužele;
 D = velký průměr;
 d = malý průměr.

Příklad. $D = 92 \text{ mm}$, $d = 70 \text{ mm}$, $L = 350 \text{ mm}$, $l = 250 \text{ mm}$.

$$\text{Vysunutí } s = \frac{L(D-d)}{2l} = \frac{350(92-70)}{2 \cdot 250} = 15,4 \text{ mm.}$$

Jak již bylo řečeno, je to výsledek přibližný.

Přesně se vypočítá vysunutí ze vzorce:

$$\text{Vysunutí } s = L \sin \frac{\alpha}{2}. \text{ Určíme } \text{tg } \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2l} = \frac{92-70}{500} = \frac{22}{500} = 0,044.$$

K číslu 0,044 najdeme z tabulek úhel $\frac{\alpha}{2} = 2^\circ 30'$; jeho sinus $\sin 2^\circ 30' = 0,04362$.

$$\text{Vysunutí } s = L \sin 2^\circ 30' = 350 \times 0,04362 = 15,267 \text{ mm.}$$

Proti přibližnému výpočtu je rozdíl ve vysunutí koníka 0,14 mm.

Při soustružení kužele vysunutím koníka je součást *vždy* upnuta mezi hrotky. Není nikdy upnuta ve sklíčidle nebo ve skripci a opřena hrotem koníka. Součást ve sklíčidle je v ose vřetena a pevně drží, byla by tedy od sklíčidla vlastně ohnuta k hrotu koníka, kužel by byl špatný.

c) **Soustružení kužele nastavením pravítka.** Delší táhlé kužele soustružíme u lepších soustruhů nastavením pravítka o příslušný úhel $\alpha/2$. Hrotky jsou přesně proti sobě (nesmí se vysunovat koník). Pohybují se šikmo celé saně strojním posuvem, obr. 197. Pravítka se nastaví o úhel $\alpha/2$ na úhlové stupnici. Tento způsob je ze všech nejlepší, vyžaduje však speciálního soustruhu s pravítkem.

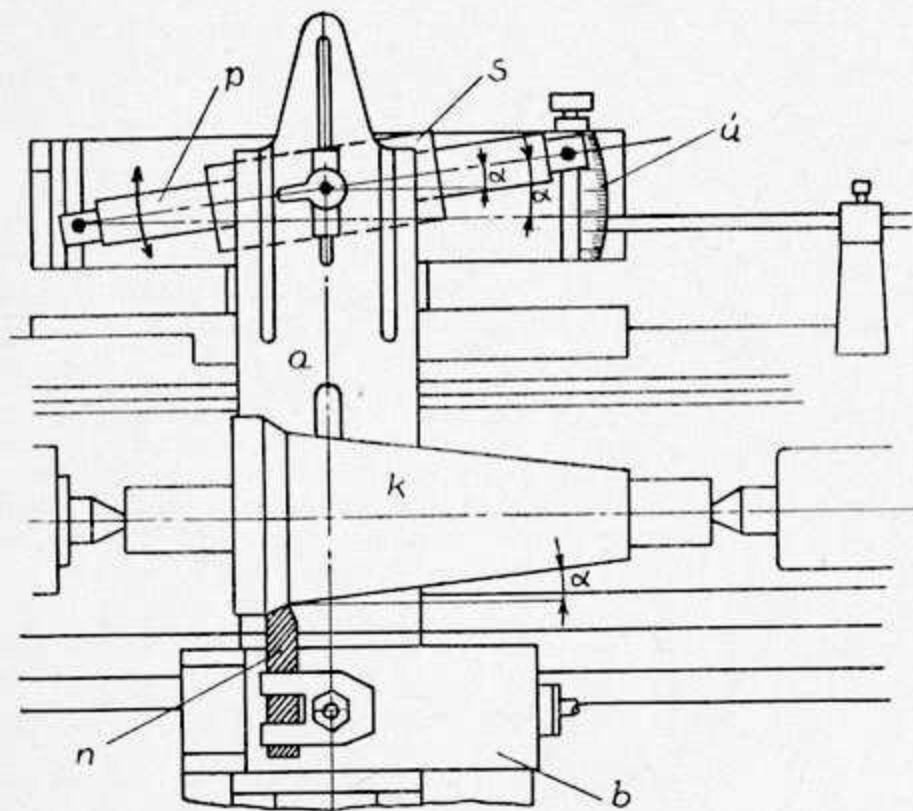
d) **Soustružení kuželových otvorů.** Kuželové otvory soustružíme natočením suportu, nebo u lepších soustruhů podle pravítka. Suport natočíme o příslušný úhel vlevo, obr. 198, a otáčíme ručně kličkou. Součást má větší průměr kuželového otvoru na přední ploše (tam začínáme soustružit). Zpravidla se dá měřit pak jen přední (větší) průměr posuvným měřítkem. Nejprve vyvrtáme vrtákem otvor asi o 1 mm menší, než je malý průměr kužele a pak soustružíme kužel. Při dokončování zabíráme jen malé třísky, aby kuželová plocha byla rovná (nůž zvláště při větších délkách se trochu uhýbá). Při použití pravítka natočíme pravítka v opačném směru než při soustružení kužele na povrchu a zapneme strojní posuv. Je třeba, aby nůž lehce projel předvrtaným otvorem. Příliš slabý nůž se nedoporučuje, protože se chvěje a uhýbá; opět řežeme jen malými třískami.

e) **Měření kuželů.** Kužele (vnější i vnitřní), které se budou ještě brousit, stačí měřit posuvným měřítkem, obr. 199–200. Přesněji změříme kužel mikrometrem, obr. 201. Je třeba, aby měřidlo stálo při měření kolmo k ose, aby nevznikla chyba, obr. 202. Nejčastěji (zvláště při seriové výrobě) měříme kužel kalibrem. Na obr. 203 je měření vnějšího kužele, na obr. 204 měření vnitřního kužele. Jak již bylo podotknuto, aby byl soustružený kužel přesný, je třeba, aby kalibr dobře seděl po celé délce.

23. Upichování.

Upichování, obr. 205, je vlastně rozřezávání materiálu na části. Je to práce velmi rychlá a snadná při malých průměrech. Velké průměry se upichují obtížněji. Nůž se snadno zasekne (zvláště je-li vřeteno volnější v ložiskách) a ulomí. Nikdy se očima nepřibližujeme příliš blízko (nebezpečí úrazu). Nůž

(upichovák), *obr. 206*, musí býti dobře nabroušen a podbroušen, aby nedřel. Viz též *obr. 9* a *26-B*. Lépe se upichuje, obrátíme-li nůž ostrím dolů a dáme-li obrácený chod stroje, *obr. 207*. V každém případě nůž stavíme do osy součásti. Je-li nůž pod středem, neupíchne celý materiál (nechá stát část materiálu, jehož průměr je dvojnásobek míry, o kterou je pod středem; je-li 2 mm

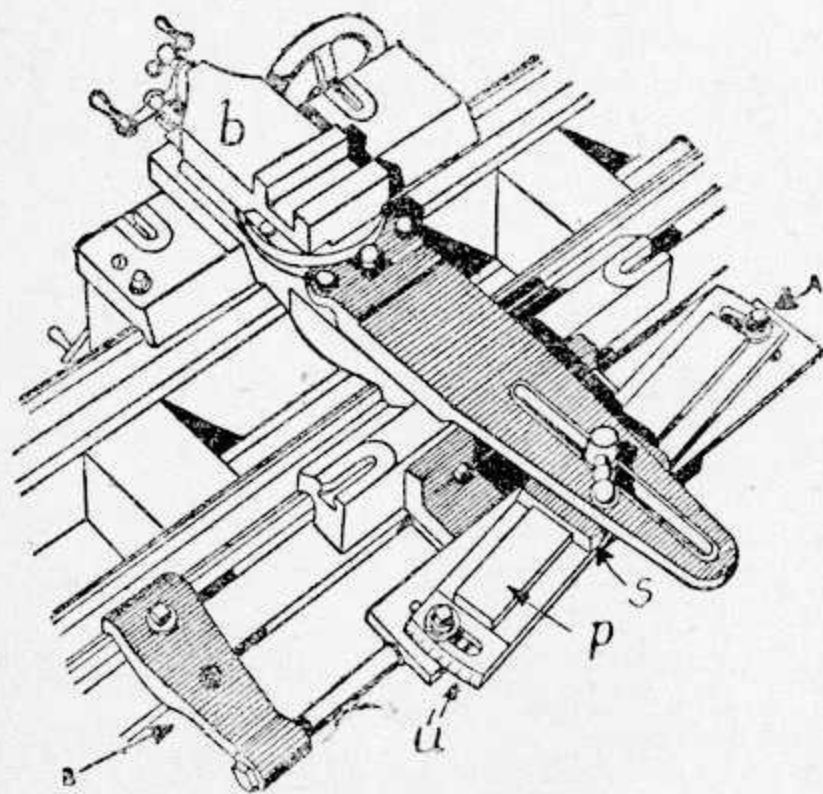


pod středem, zůstane materiál o \varnothing 4 mm, *obr. 208-A*, a při dopíchování nůž snadno podskočí pod zbytek). Je-li nůž nad středem, nechá rovněž stát určitou část materiálu. Nůž dře a tlačíme-li ho násilím do materiálu, snadno se materiál zvedne na nůž a ulomí jej (materiál se napíchne), *obr. 208-B*.

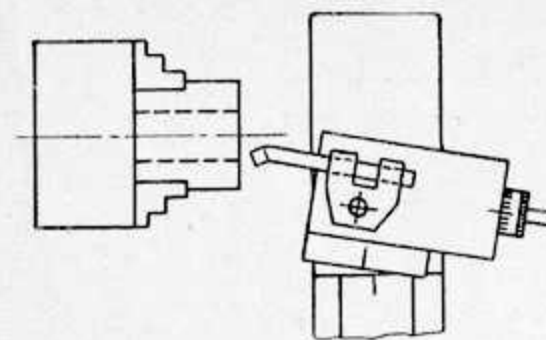
Někdy mívá upichovák šikmé ostrí, *obr. 209*. Malé průměry upichujeme při větších rychlostech.

Na větší průměry volíme malé rychlosti. Nůž mažeme nejlépe vrtacím olejem. Přitahování nože do materiálu má býti pokud možno stejnoměrné (necukat), mírnou silou. Zapnutí samočinného příčného posuvu se nedoporučuje. Praxí dostaneme cit. Začátečník mívá obvyčejně smutné zkušenosti, neboť často nůž ulomí.

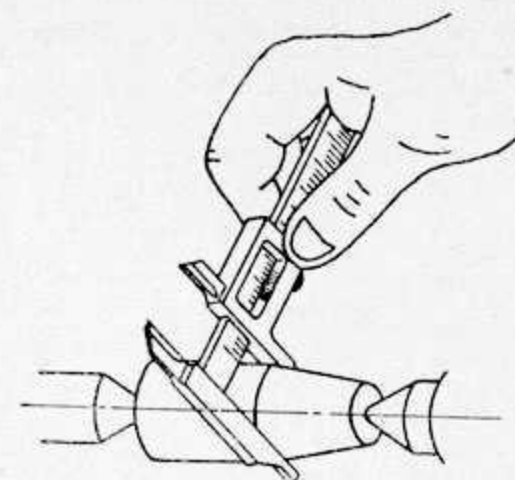
Někdy se snadněji upichuje (větší průměry) tím, že upichovákem rozjíždíme. Upichujeme vlastně širší vrstvu materiálu než je šíře nože, *obr. 210*. Nevýhodou je, že je větší spotřeba materiálu.



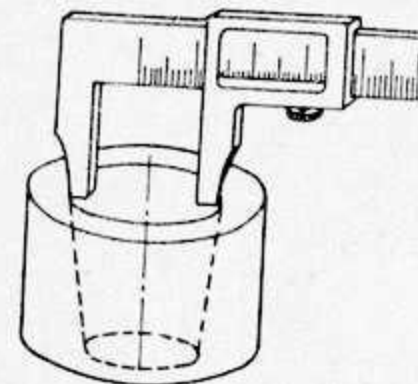
Obr. 197. Soustružení kužele použitím vodícího pravitka. p pravitko; s saně; ú úhlová stupnice; a příčné saně; k kužel; u nůž; b ruční saně.



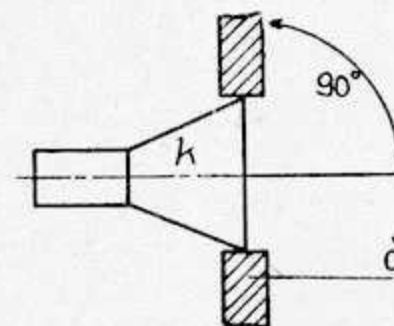
Obr. 198. Natočení suportu vlevo při soustružení kužele v otvoru.



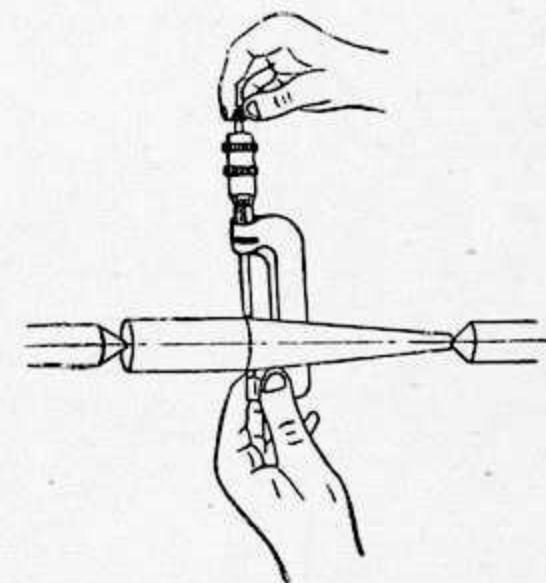
Obr. 199. Měření kužele.



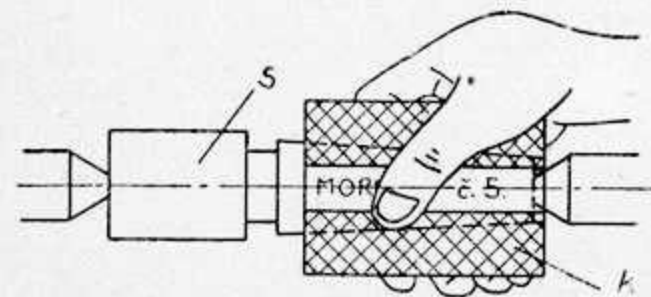
Obr. 200. Měření kužele.



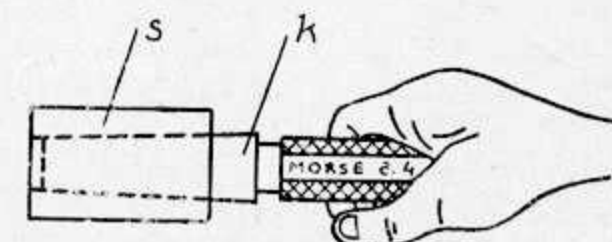
Obr. 202. Měření kužele, c měřicí čelist.



Obr. 201. Měření mikrometrem.



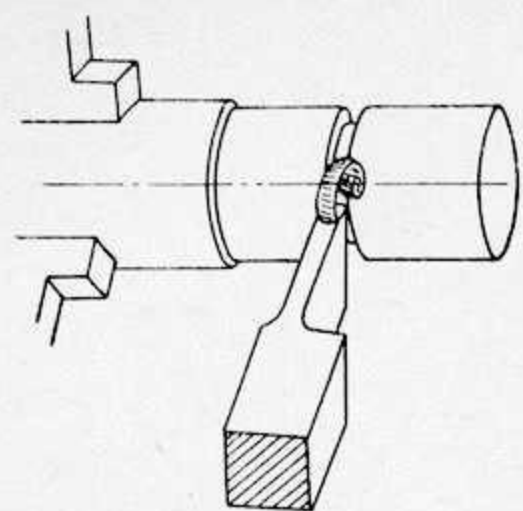
Obr. 203. Měření vnějšího kužele kalibrem k. s měřená součást.



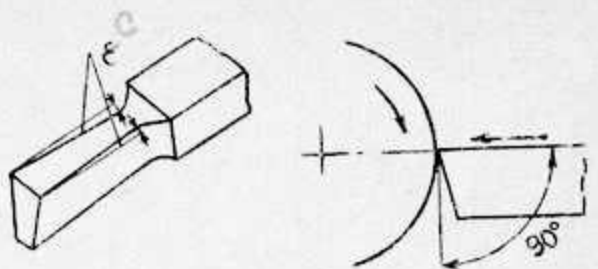
Obr. 204. Měření kuželového otvoru kalibrem k. s součást.

24. Zapichování.

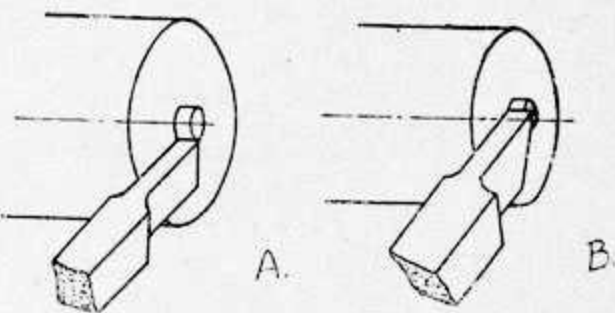
Na povrchu provádíme zapíchnutí upichovákem, který má často ostří zaoblené, *obr. 211*. Zápich slouží k snazšímu doříznutí závitů (dořízne se až k zápichu), *obr. 212*. Součásti, které se budou brousit a mají mít ostrý roh (brusným kotoučem nevybrousíme ostrou hranu), zapichujeme podle *obr.*



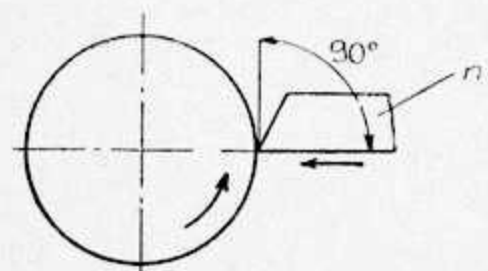
Obr. 205. Upichování materiálu.



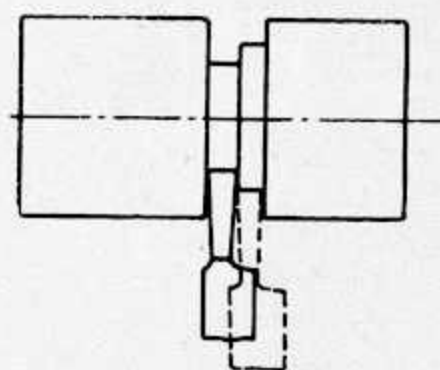
Obr. 206. Upichovák. *c* je podbroušení.



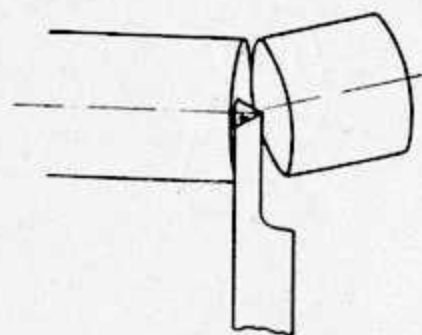
Obr. 208. Nůž pod středem a nad středem.



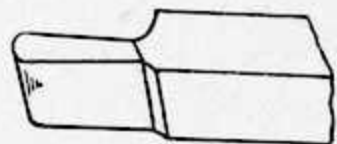
Obr. 207. Upichování při obráceném ostří nože *n*, obráceném běhu stroje.



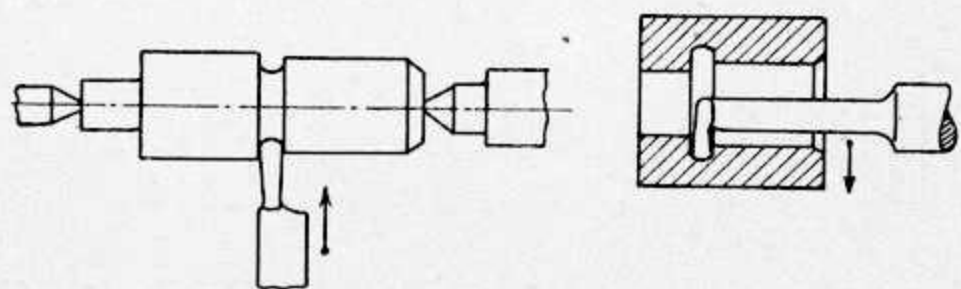
Obr. 210. Upichování ve větší šířce než je šířka nože.



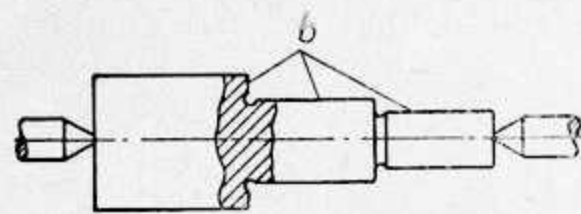
Obr. 209. Upichování.



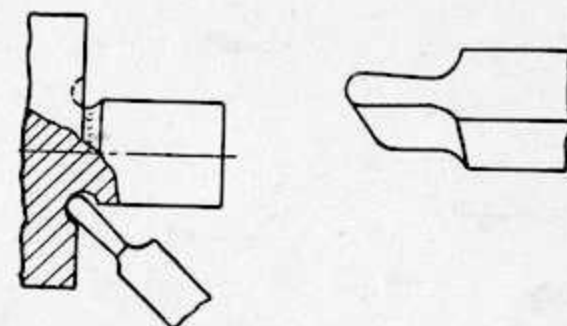
Obr. 211. Nůž na zapichování na povrchu.



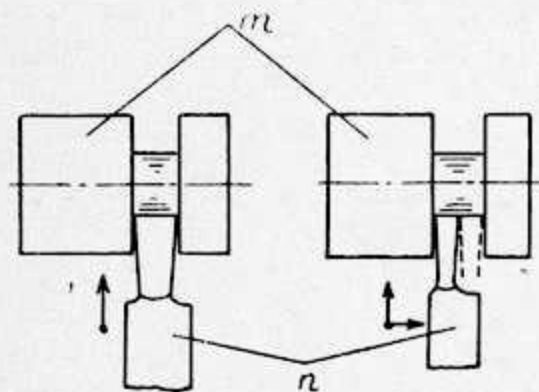
Obr. 212. Zapichování na povrchu a v otvoru.



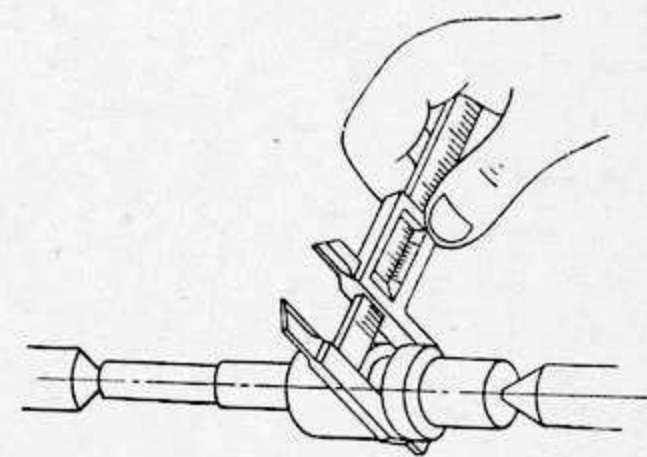
Obr. 213. Zapíchnutí součásti k broušení ploch *b*.



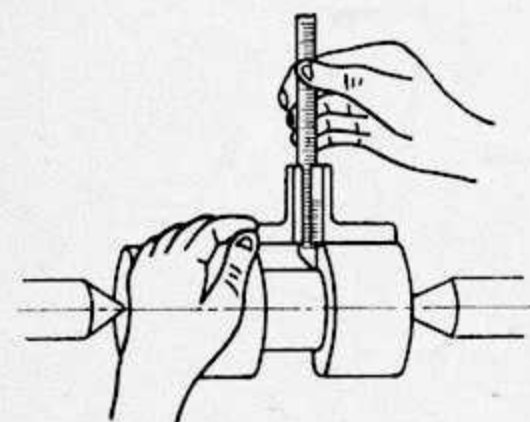
Obr. 214. Zapíchnutí do čelné plochy.



Obr. 215—216. Soustružení zápichu. *n* nůž; *m* součást.



Obr. 217. Měření povrchu zápichu posuvným měřítkem.



Obr. 218. Měření hloubky zápichu hloubkoměrem.



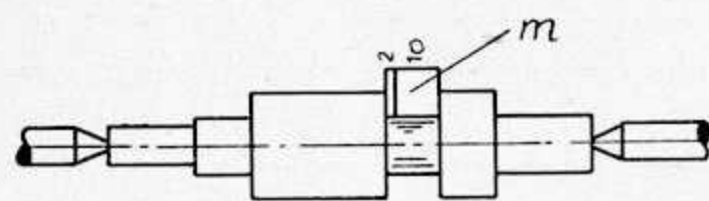
Obr. 219. Měření hloubky zápichu Johan-sonovou měrkou a vlasovým pravítkem.

213. Zápich do čelní strany součásti, *obr. 214*, natočením nože. Nůž musí být více podbroušen, aby nedřel. Nejprve uděláme zápich na povrchu a pak do čelní plochy. U součástí, které se budou kalit, děláme zápichy oblým ostřím (v ostrých rozích součástí při kalení praská).

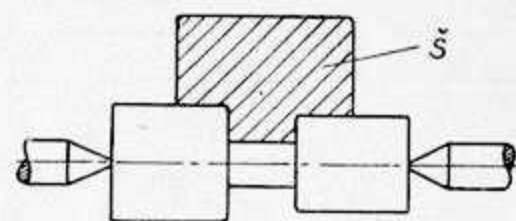
Zapíchnutí u součásti, *obr. 215*, provedeme rovným upichovákem, který je asi o 0,1 až 0,2 mm užší než má být zápich. Správnou šířku doděláme

vyhlazením zápichu týmž nožem. Nemáme-li na širší zápich dostatečně široký nůž, zapichujeme užším upichovákem několikrát vedle sebe, obr. 216, až má zápich správnou šíři.

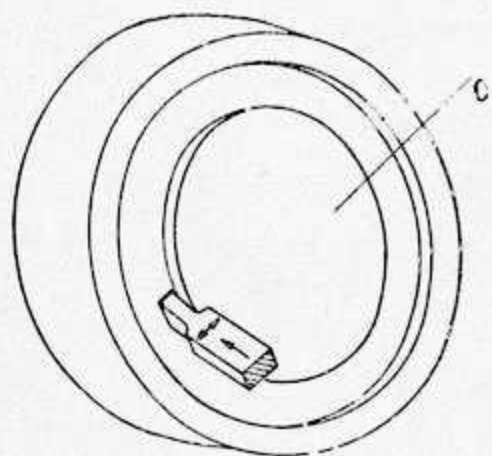
Měření zápichu. Povrch zápichu se nejčastěji měří posuvným měřítkem (přesnost na 0,1 mm) podle obr. 217. Přesně na $\frac{1}{100}$ mm změříme zápich mikrometrem (šíře zápichu musí však býti větší než je průměr čelisti mikrometru). Na obr. 218 je měření hloubky zápichu hloubkoměrem. Pohodlnější a lepší je však změřit průměr součásti a průměr v zápichu a polovina rozdílu



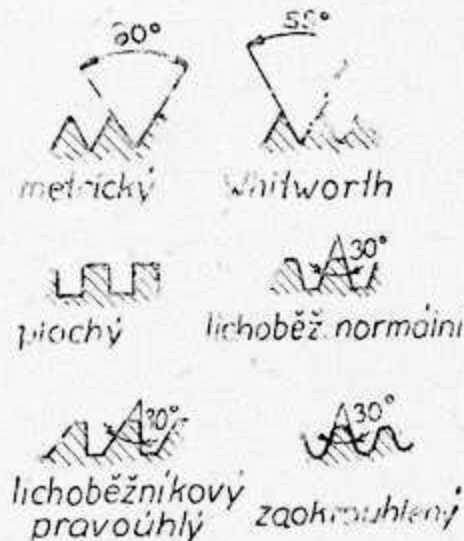
Obr. 220. Měření šířky zápichu Johansonovými měrkami m .



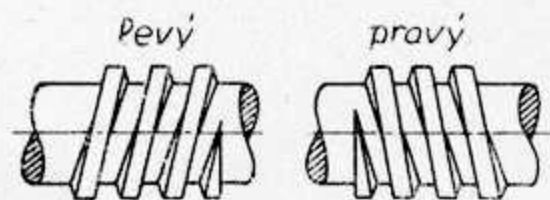
Obr. 221. Měření šablonou.



Obr. 222. Vypichování velkého otvoru. c odpad, vypichnutý uprostřed.



Obr. 223. Závity.

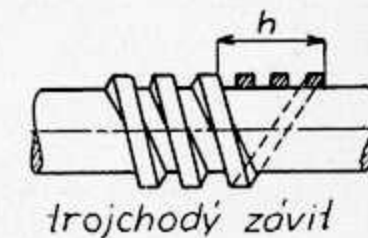
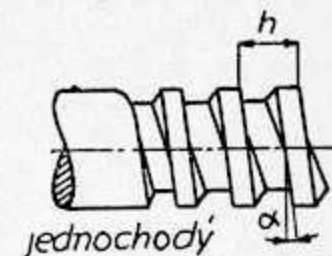


Obr. 224. Levý a pravý plochý závit.

je hloubkou zápichu. Přesně se změří hloubka zápichu vlasovým pravítkem a příslušnou Johansonovou (koncovou) měrkou. Pravítko se položí na povrch součásti. Johansonova měrka musí přesně projíti, nesmí svítit nebo jít těžko, aby hloubka zápichu byla správná, obr. 219. Na obr. 220 je měření šíře zápichu koncovou měrkou. Někdy měříme zápich šablonou, obr. 221. V tom případě musíme nejprve udělat správnou šíři zápichu (abychom mohli šablonou měřit) a pak teprve zapichujeme do hloubky. Zápich raději dříve opracujeme zhruba a pak doděláme jemným hlazením.

25. Vypichování.

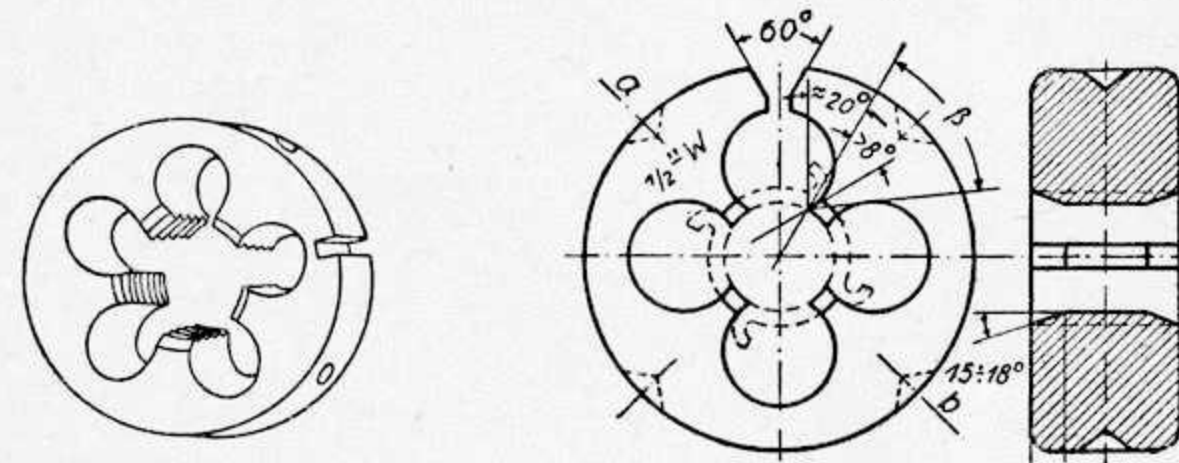
V praxi se setkáme s vypichováním materiálu poměrně zřídka. Jen v menších dílnách (kde není pila na vyříznutí) je častěji použito. Vypichují se velké otvory upichovákem v několika drážkách vedle sebe (rozjždíme nožem), obr. 222. Nůž musí býti dost silný a více podbroušen. Silnější materiál vypichujeme nejprve s jedné strany asi do poloviny, pak materiál obrátíme a s druhé strany vypichnutí dokončíme. Často se vypichují z plechu kruhy. Když je plech slabý, nemusíme nožem rozjíždět. Při dopichování nutno dát pozor — nůž se snadno zasekne a ulomí. Vypichováním ušetříme čas, kterého by bylo třeba k vysoustružení velkého otvoru i materiál, který vypichneme.



Obr. 225. Jednochodý a trojchodý závit. h stoupání; α úhel stoupání šroubovice závitů.

26. Řezání závitů.

Řezání závitu na soustruhu nožem je prací dosti obtížnou. Závit řezeme na povrchu nebo v otvoru. Podle tvaru závitu rozeznáváme, obr. 223: Závity metrický a Whitworthův, plochý, lichoběžníkový, zaokrouhlený. Podle směru závitu je buď pravý (častěji), nebo levý, obr. 224. Podle počtu chodů je jednochodý, dvojhodý, trojhodý atd., obr. 225. Závit metrický a Whitworthův lze řezati také příslušnými nástroji, pokud není požadována zvláštní přesnost; na povrchu závitovými očky a závitovými čelistmi, v otvoru ručními nebo strojními závitníky. Závit Whitworthův má vrcholky závitu zaobleny. Často se vyřizne v dílnách závit

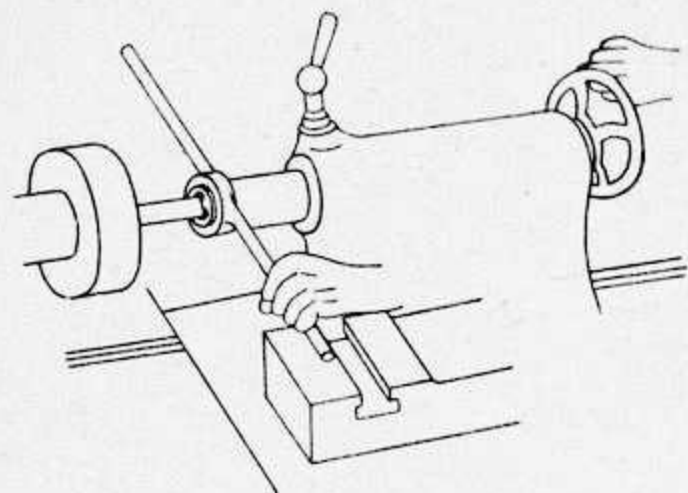


Obr. 226. Závitnice na řezání závitu (očko).

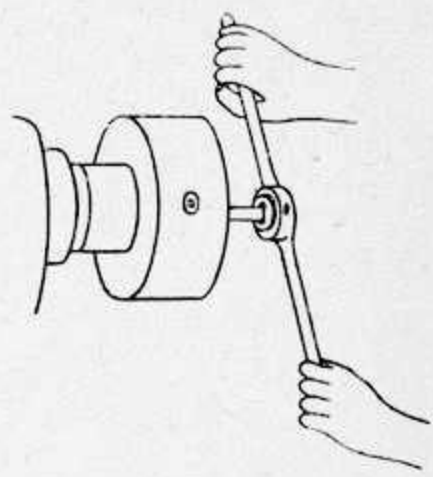
ostrý a vrcholky se zaokrouhlí pilníkem, okrouhlým nožem nebo smirkovým plátnem. Přesné závity však řezeme vždy nožem.

a) **Řezání závitu závitovými očky.** Závitové očko, obr. 226, je vlastně matice, opatřená několika drážkami, které tvoří potřebná ostří. Náběh do očka je asi 30° v délce nejméně $1\frac{1}{2}$ závitu. Bývá upnuto ve vratidle. Svorník musí býti o něco slabší než má být průměr závitu, protože se špice vytlačí.

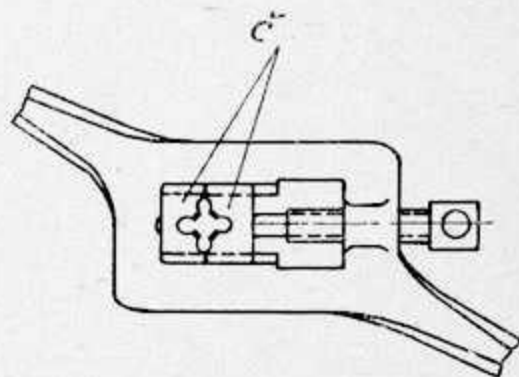
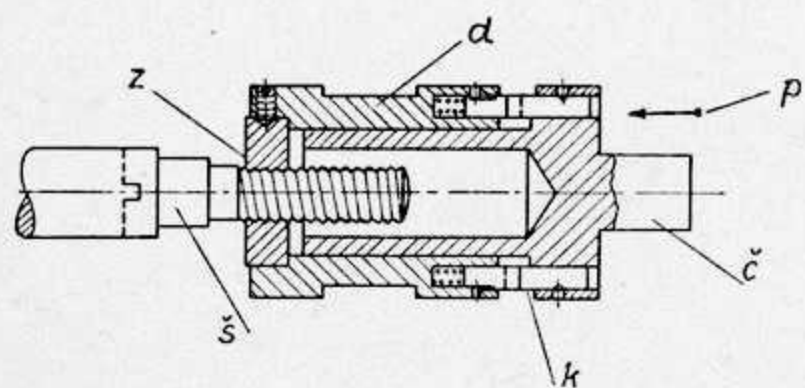
Jeho průměr se asi o 0,2 mm hloubky závitů menší. Konec svorníku je kuželovitý, aby očko dobře zachytl. Když začneme řezat, nasadíme očko ve vratidle na kuželový konec a opře se koníkem, obr. 227. Ručně otáčíme vratidlem nebo skličidlem (aby očko zachytl), pak zapneme pomalý chod vř-



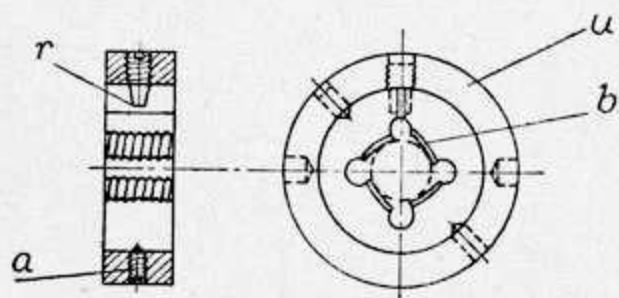
Obr. 227. Řezání závitů očkem.



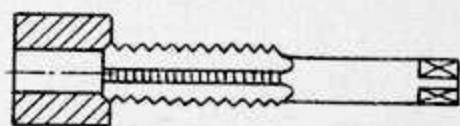
Obr. 228. Řezání závitů očkem.



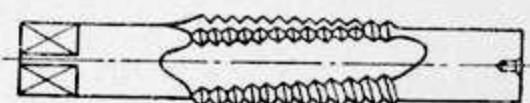
Obr. 229. Závitnice na řezání závitů. *c* vyměnitelné čelisti.



Obr. 228-A. Držák *d* na závitnici *z*, *š* vyráběný šroub; *p* posuv saní — stoupání; *č* čep k upnutí v saních; *k* kolíky; *r* rozpěrací šroubek; *a* pojišťovací šroubek; *u* upínací kroužek; *b* podsoustružené ostří závitnice (očka) *z*.



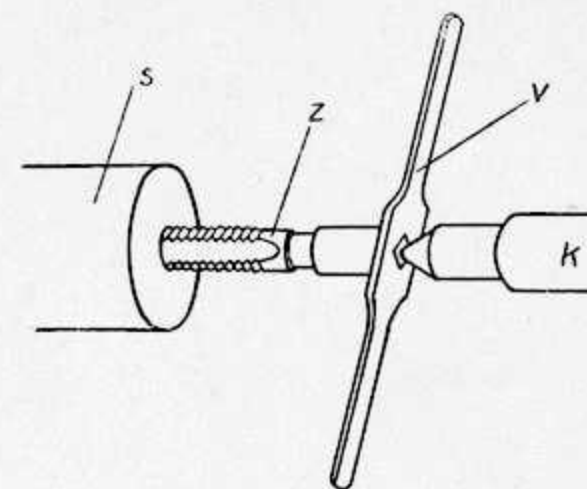
Obr. 230. Závitník obyčejný.



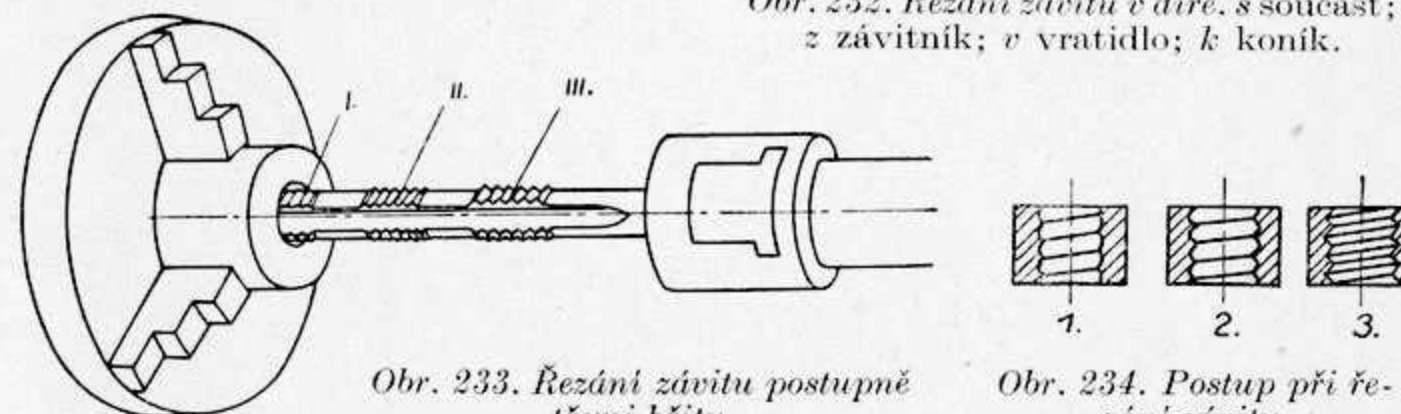
Obr. 231. Závitník strojový.

tene. Vratidlo držíme v ruce, obr. 228, nebo je položeno jedním koncem na loži a stále opíráno koníkem, obr. 227, což je lepší (závit lépe běží). Řežeme takto asi do průměru 15 mm. Delší závit raději nařízneme asi do $\frac{2}{3}$ hloubky závitů nožem a dořízneme očkem. Jedním podélným projitím je závit hotov,

očko vyšroubujeme zpětným pohybem šroubu. Mažeme řepkovým olejem nebo lojem. Oček se používá hlavně na automatech a revolvěch. K rychlému řezání závitů se používá hlavy se samočinným rozevřením čelistí, takže odpadne vyšroubování čelistí. Po doříznutí závitů, působením vhodné narážky upravené na stroji se hlava otevře a čelisti se vytáhnou ze závitů. Pro seriovou výrobu bývají pro očka upraveny držáky, na př. podle obr. 228-A, upínané do saní, které mají posuv jako stoupání závitů. I když se saně zastaví, postupuje očko s držákovým pouzdem dál po závitě, až [se kolíky vzdálí od sebe a přeskočí přes konce. Tím je pouzdro samočinně odpojeno, očko se otáčí se šroubem. Má výhodu, že očko dořízne závit [na přesnou] míru bez nárazu (šetří se).



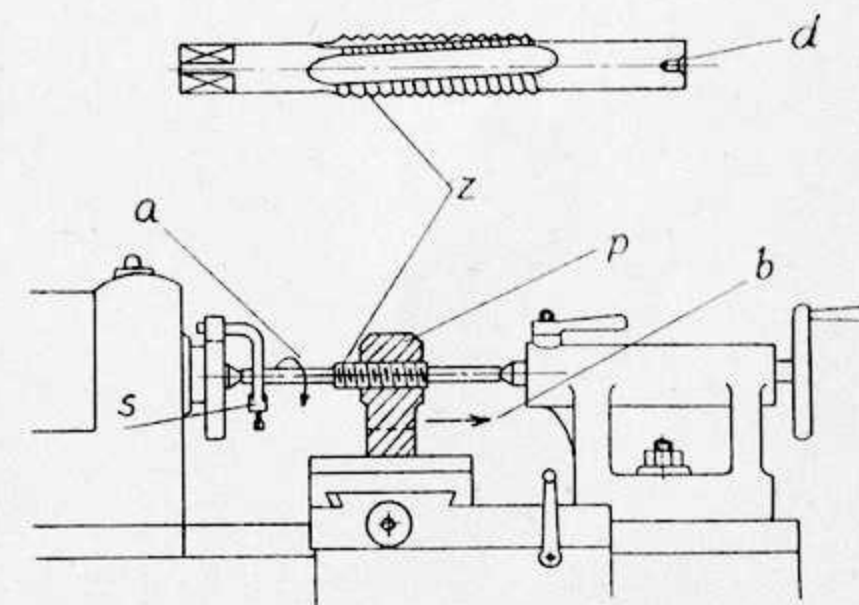
Obr. 232. Řezání závitů v díře. *s* součást; *z* závitník; *v* vratidlo; *k* koník.



Obr. 233. Řezání závitů postupně třemi břity.

Obr. 234. Postup při řezání závitů.

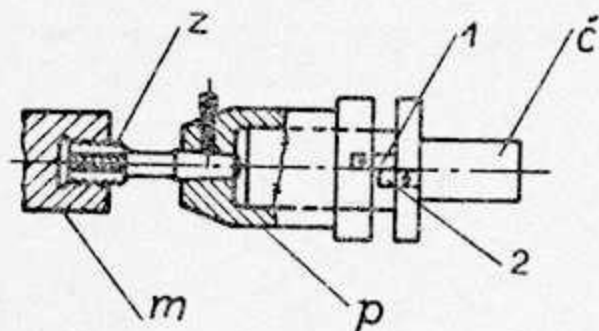
b) Řezání závitů na povrchu závitovými čelistmi. Závitovými čelistmi, obr. 229, nevyřízneme obyčejně závit na jedno projití. Řežeme jimi větší průměry a jen méně přesné závitě. Čelistmi se dá řezat závit téhož stoupání na různých průměrech, což je výhodou. Čelisti nasadíme na kuželový konec svorníku, pustíme pomalý chod a vyřízneme první třísku závitů po celé délce. Pak čelisti



Obr. 235. Řezání závitů strojovým závitníkem *z*, *d* dülky k upnutí; *a* pomalu se otáčí; *s* srdce; *p* předmět na saních; *b* samočinný posuv.

vyšroubujeme (zpětným chodem svorníku), přitáhneme šroubem a vyřízneme novou třísku. Postupně tak vyřízneme celý závit. Mažeme řepkovým olejem nebo lojem.

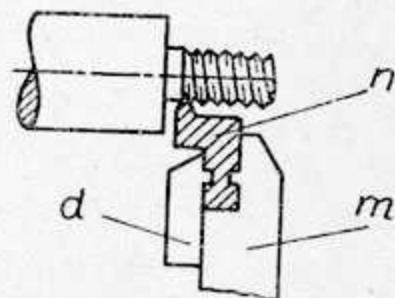
c) **Řezání vnitřního závitu závitníky.** Závit řezeme závitníkem obyčejným, obr. 230, nebo strojovým, obr. 231. Závitník bývá obvykle opřen hrotem koníka, na čtyřhranu pojištěn vratidlem, aby se netočil. Buď otáčíme součástí v universálce ručně (taháním za řemen), nebo je součástí v klidu a otáčíme závitníkem pomocí vratidla. Postup při řezání závitu je tento: Materiál



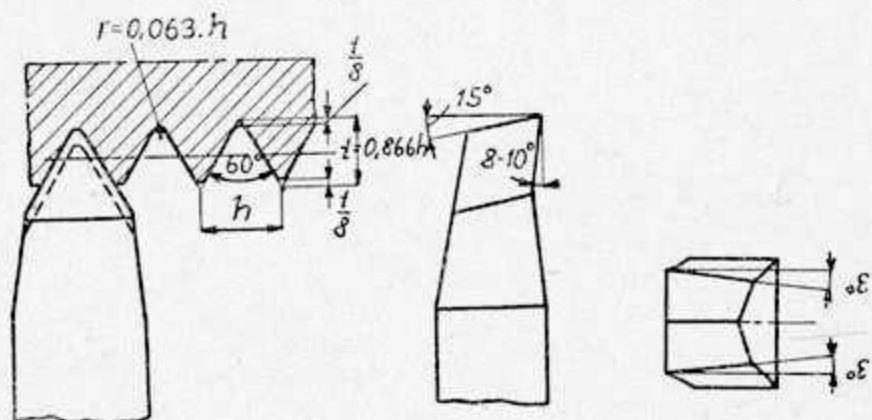
Obr. 235-A. Hlavička na strojní řezání závitu. *m* součást se závitem v slepé díře; *p* pouzdro, přední část; *z* závitník; *č* čep k upnutí v saních.



Obr. 236. Nůž na závit.



Obr. 237. Závitový nůž *n* v držáku *m*, *d* upínací destička.



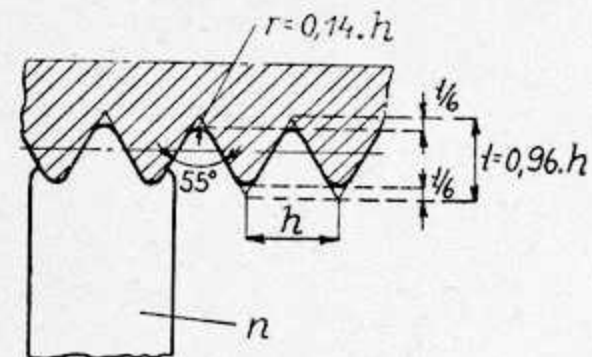
Obr. 238-A. Nůž na metrický závit.

se upne ve sklíčidle a vyvrtá se otvor pro závit šroubovým vrtákem. Větší otvor vyvrtáváme postupně několika vrtáky. Otvor pročistíme výhrubníkem, vsazeným do držáku. Průměr výhrubníku je v tabulkách ve IV. dílu (otvor pro šroubové matice). Závitník se upne ve vratidle, zatlačí do otvoru (otvor mívá krátký kuželový náběh) a při malé rychlosti projde otvorem. Obvykle se tahá ručně za řemen. Posuv závitníku nastává samovolně. Jen dotahujeme hrot koníku, aby byl závitník stále opřen, obr. 232. Matice řezeme pouze jedním závitníkem, který projede otvorem a vyřízne hotový závit. Na obr. 233 je řezání závitu závitníkem, který má tři břity za sebou (místo použití tří závitníků) a vyřízne čistý závit, obr. 234.

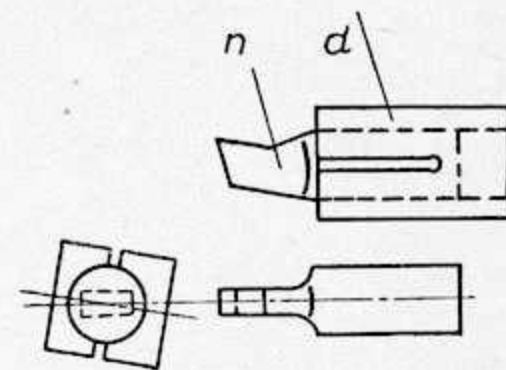
Na obr. 235 je řezání závitu strojním závitníkem. Závitník je upnut mezi

hroty a otáčí se pomalu pomocí srdíčka. Předmět je upnut na suportu soustruhu a jeho posuv se rovná stoupání řezaného závitu. Úpravou hlavičky, obr. 235-A (pracuje podobně jako hlava obr. 228-A), řezeme seriově závity. Čep se suportem se v určitém okamžiku zastaví; přední část pouzdra se závitníkem jde dál, až se palec (kolík) 1 vysmekne ze záběru, kolíkem 2. Tím se závitník začne točit se součástí, přestane řezat. Zabráníme tak nárazu a nebezpečí zlomení při dořezávání u dna slepé díry.

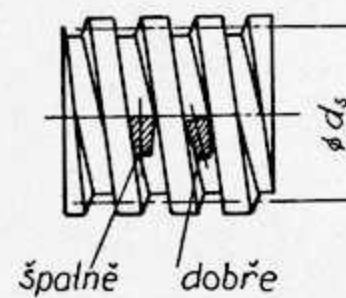
d) **Nože na řezání vnějšího závitu.** Nůž má tvar jednoho nebo více závitů (pak se mu říká závitový hřebínek). Tvar ostří přesně souhlasí s obrysem závitu. Nože jsou buď vykovány z jednoho kusu, obr. 236, nebo jsou upnuty v držáku, obr. 237. Úhel řezu bývá o 8° až 10° menší než 90°, aby se usnadnilo



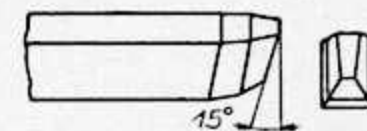
Obr. 238-B. Nůž *n* na Whitworthův závit.



Obr. 239. Nůž na řezání plochého závitu. *n* nůž; *d* pouzdro držáku.



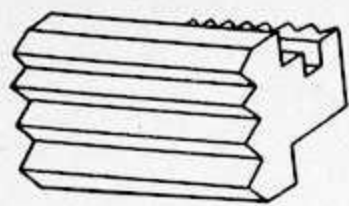
Obr. 240. Nastavení nože při řezání plochého závitu.



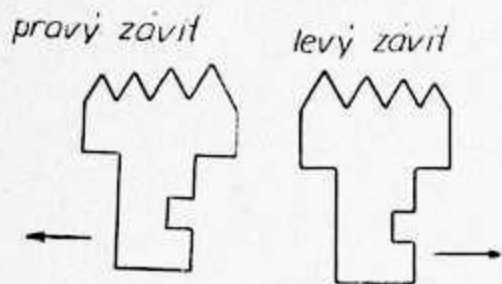
Obr. 241. Nůž na lichoběžníkový závit.

řezání, obr. 238-A-B. Na obr. 239 je nůž na plochý závit. Jeho ostří je při řezání odkloněno od osy špiček o úhel stoupání závitu, obr. 240, měřený na středním průměru *ds*. Aby se zjednodušilo stavění nože, má válcovou násadu a upevňuje se v pružném držáku. Držák je rozříznut, aby se nůž dal po natočení přitáhnout. Na obr. 241 je nůž na řezání lichoběžníkového závitu. Závitové hřebínky, obr. 242, mají několik zubů. Poslední zub má správný tvar závitu, předchozí zuby závit vyhrubují. Na přesné závity se nehodí, protože se při kalení trochu pokríví. Na obr. 243 je hřebínek na pravý a levý závit. Hřebínky jsou upnuty v držáku podle obr. 244.

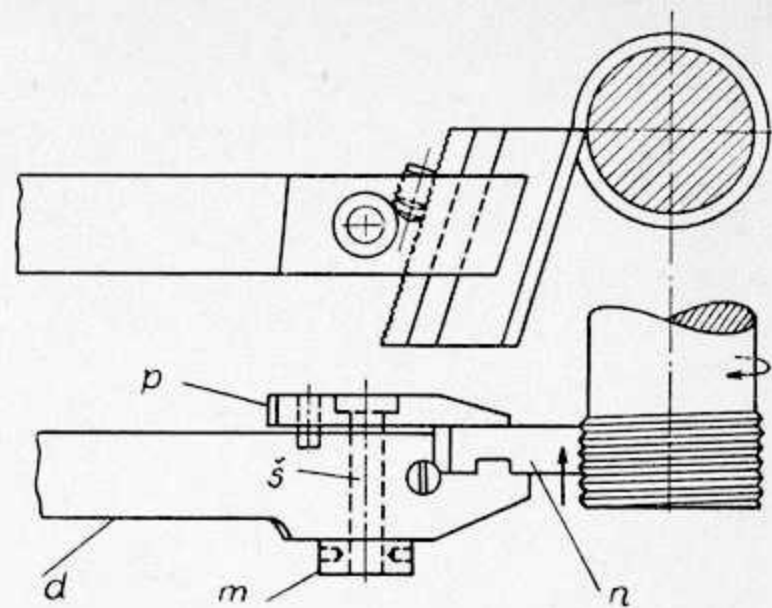
e) **Nože na řezání vnitřního závitu.** Nůž bývá hákovitě zahnut, obr. 245; je zaostřen podle tvaru závitu. Při malé hloubce závitu má nůž obě ostří stejná a můžeme jím řezat závit pravý i levý. Na obr. 245 je nůž na řezání špičatého závitu. Na obr. 246 je hřebínek na vnitřní závit. Na obr. 247 je nůž na plochý závit. Ostří je sbroušeno na úhel β , který se rovná úhlu stoupání závitu. Na obr. 248 je nůž na lichoběžníkový závit. Nůž je vsazen do držáku



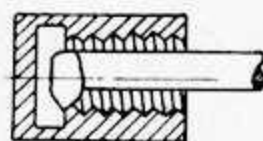
Obr. 242. Závrtový hřebínek.



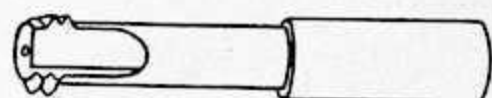
Obr. 243. Závrtový hřebínek.



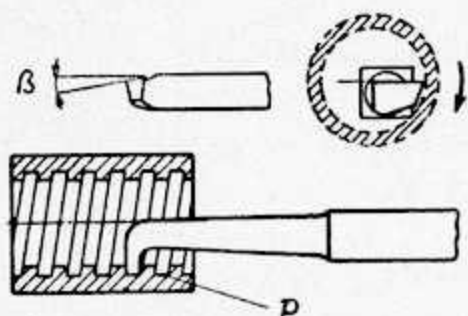
Obr. 244. Závrtový hřebínek v držáku. *p* příložka; *d* držák; *m* matice; *n* závrtový nůž, *š* šroubek.



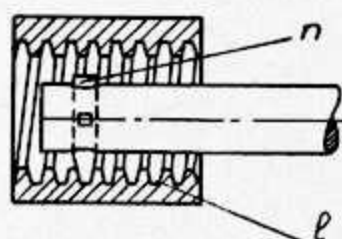
Obr. 245. Nůž na vnitřní závit.



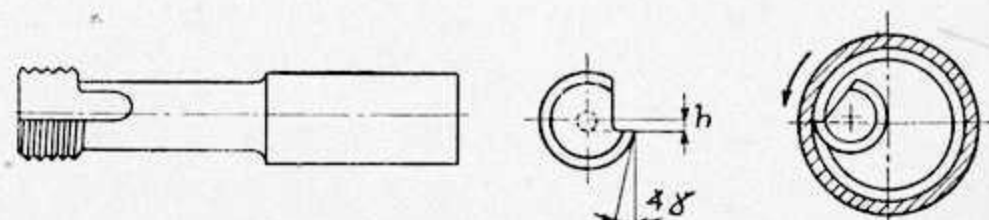
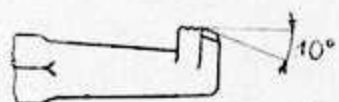
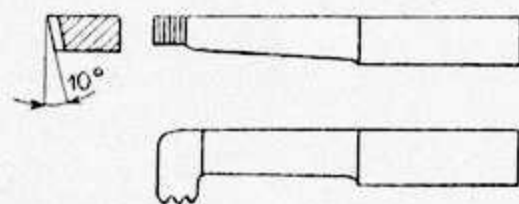
Obr. 246. Nůž na vnitřní závit.



Obr. 247. Nůž na plochý závit. β úhel stoupání; *p* plochý závit.



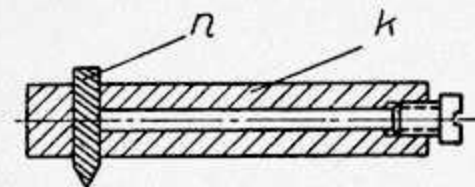
Obr. 248. Vsazený nůž *n* na lichoběžníkový závit.



Obr. 249. Hřebínek na vnitřní závit.

(tyče). Na obr. 249 je hřebínek na řezání vnitřního závitů. Dlouhé závitů v otvoru řezeme nožem (z rychlořezné oceli), který je vsazen do tyče, obr. 248 a 250.

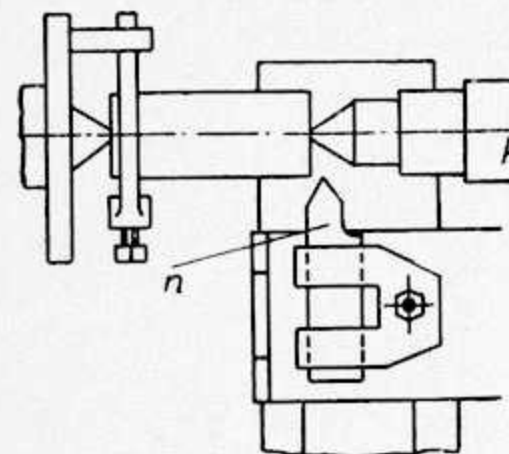
f) **Upnutí nožů při řezání závitů.** Nůž musí být vždy upnut břitem přesně proti středu součásti; upínáme pokud možno zkrátka, obr. 251, aby se nůž nechvěl.



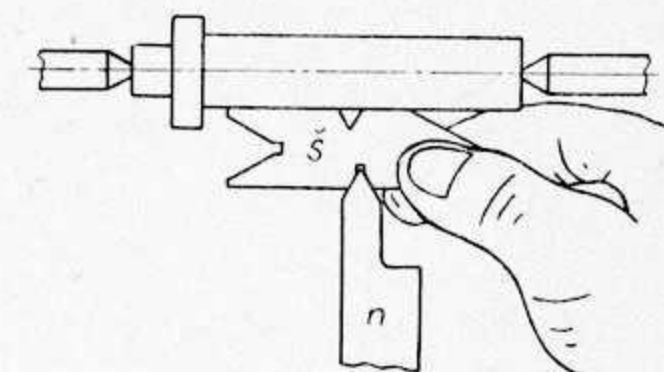
Obr. 250. Vrtací tyč *k* s nožem *n* na řezání závitů.

Při řezání na povrchu nastavíme nůž podle šablony, obr. 252–3 do správné polohy. Na obr. 254 je nastavení nože podle šablony při řezání vnitřního závitů.

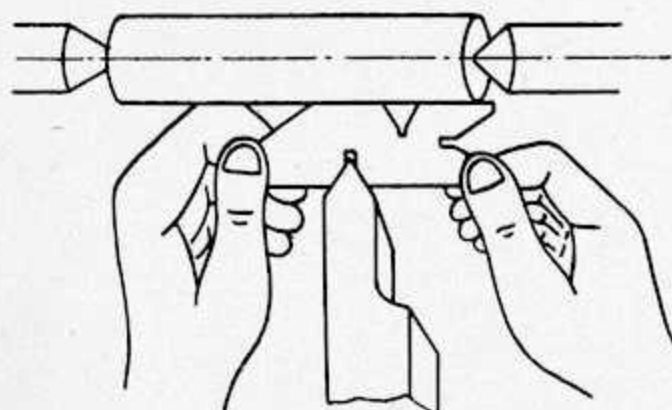
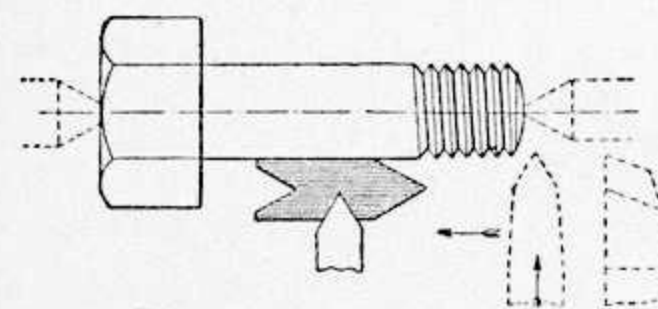
g) **Řezání závitů nožem.** Řezeme postupně, několikerým projetím. Při každém novém záběru se posune nůž hlou-



Obr. 251. Nůž *n* upnutý nakrátko, *k* koník.



Obr. 252. Nastavení nože *k* řezání závitů pomocí šablony *š*.

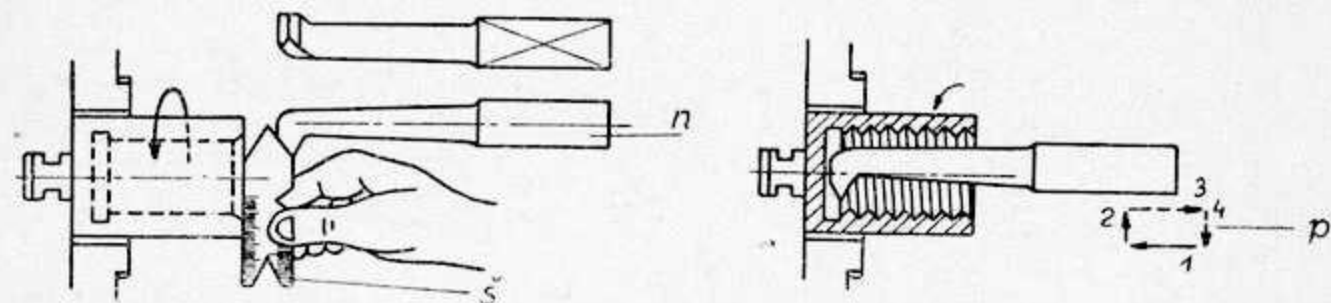


Obr. 253. Upnutí nože do správné polohy podle šablony.

běji do záběru. Posuv do záběru bývá buď kolmý k ose, obr. 255, nebo šikmý, obr. 256. Při záběru kolmo k ose reží obě ostří stejně. Při šikmém záběru jedno ostří reže tenkou vrstvou. Záběr šikmý je lepší, ostří nože déle vydrží a závit

je čistší (tríska se lépe odvádí). Závit raději nejprve vyhrubujeme a pak vyhladíme na přesný tvar. Při začátku řezání může být záběr nože větší (0,2 až 0,3 mm na třísku), při hlazení je záběr malý (tríska asi 0,05 mm). Při poslední tříске necháme raději nůž na stejný záběr projít dvakrát i vícekrát.

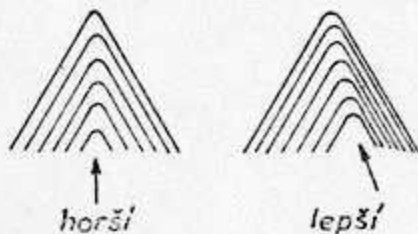
Při řezání *krátkých závitů* se obrátí po vyříznutí každé třísky směr otáčení soustruhu (tím také vodícího šroubu). Nůž se vysune ze záběru a vrací do své



Obr. 254. Nastavení nože při řezání vnitřního závitu. *n* nůž; *s* šablona; *p* pohyby nože.

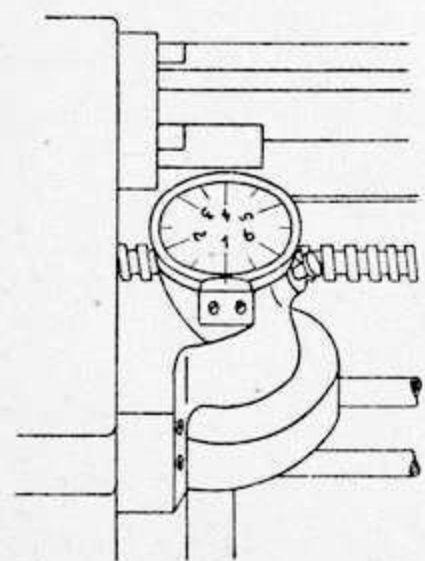
počáteční polohy samočinným posuvem. Matice vodícího šroubu je stále zapnuta. Nůž posuneme znovu do záběru, změním směr otáčení vřetena soustruhu a reže se nová tříska. Tak se postupuje, až má závit správnou hloubku.

Při řezání *dlouhých závitů* se musí začínat každá nová tříska vždy na stejném místě. Počáteční poloha (při řezání první třísky) saní na loži se označí křídou nebo dorazem a v ní se vždy zavře matice vodícího šroubu. Po každém vyříznutí třísky se matice rozevře, nůž se vysune ze záběru a saně se ručním otáčením kolečka (rychlejší) nastaví do původní polohy a zabere se nová tříska. Postupuje se tak dlouho, až má závit správnou hloubku.

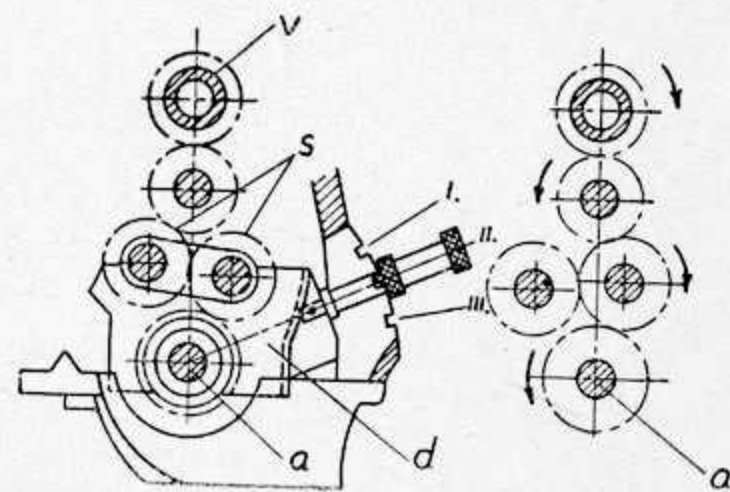


Obr. 255—6. Postup při řezání ostrého závitu *M* nebo *W*.

U novějších, lepších soustruhů jsou na saních *závitové hodinky*, obr. 257. Používá se

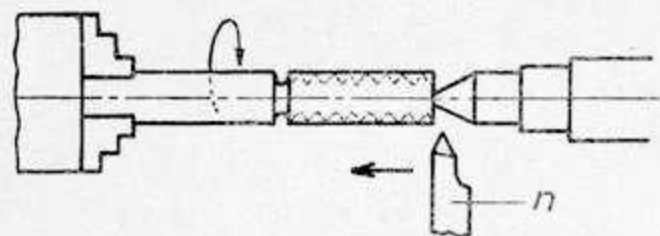


Obr. 257. Závitový ukazatel (hodinky).

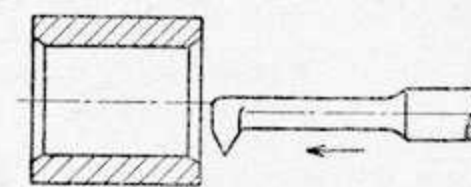


Obr. 258. Zařízení ke změně otáčení. *v* vřeteno; *s* vratné soukolí; *d* vratné srdíčko.

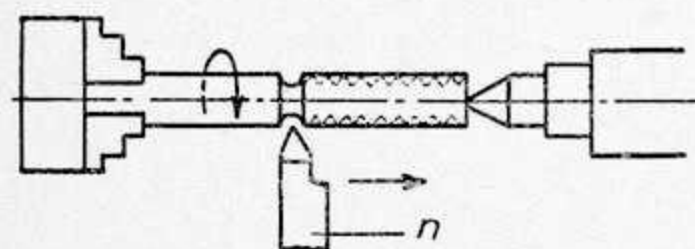
jich hlavně při řezání dlouhých závitů. Ciferník (ukazatel) je rozdělen na 12 dílů a každý druhý je označen číslem (tedy 1 až 6). Náhon ciferníku je v záběru s vodícím šroubem prostřednictvím ozubeného kola s 24 zuby. Má-li vodící šroub metrické stoupání, lze řezat použitím hodin jen závit metrický. Má-li vodící šroub palcové stoupání, dá se řezat jen závit palcový. U nás jsou soustruhy, které mají často stoupání vodícího vřetene $\frac{1}{4}''$, t. j. čtyři chody na 1''. Je-li počet chodů řezaného závitu dělitelný čtyřmi, matice vodícího šroubu může být zavřena v kterémkoliv postavení ukazatele (t. j. 4, 8, 12, 16, 20 atd. chodů na 1''). Je-li počet chodů řezaného závitu *sudé* číslo (ale není násobkem 4), může se matice uzavřít na každém



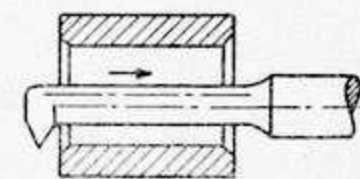
Obr. 259. Řezání pravého závitu; *n* nůž.



Obr. 260. Řezání pravého závitu



Obr. 261. Řezání levého závitu. *n* nůž.



Obr. 262. Řezání levého vnitřního závitu.

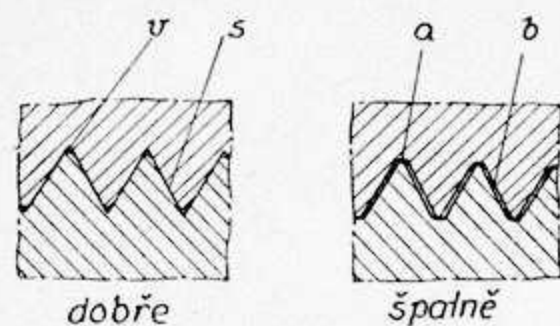
z 12 dílků (t. j. 2, 6, 10, 14 atd. chodů na 1''). Má-li řezaný závit *lichý* počet chodů, může se matice zavřít na každém druhém dílku ukazatele (t. j. 1, 3, 5, 7, 9 atd. chodů na 1''). Má-li řezaný závit poloviční chody (na př. $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, $4\frac{1}{2}$ atd. chodů na 1''), může se matice zavřít na každém čtvrtém dílku ukazatele. Má-li řezaný závit čtvrtiny chodů (na př. $2\frac{1}{4}$, $3\frac{3}{4}$, $5\frac{1}{4}$ atd. chodů na 1''), může se matice uzavřít na každém osmém dílku ukazatele.

Řežeme-li *vícechodý závit*, musí být počet zubů výměnného kola na hřídeli *a*, obr. 258, dělitelný počtem chodů. Postup je stejný jako při řezání obyčejného závitu. Nejprve se vyřízne jeden chod a pak postupně další. Řežeme-li na př. trojchodý závit, rozdělíme počet zubů kola na hřídeli *a* na 3 díly a označíme křídou. Každý dílek nám označuje polohu nože při počátku řezání každého chodu.

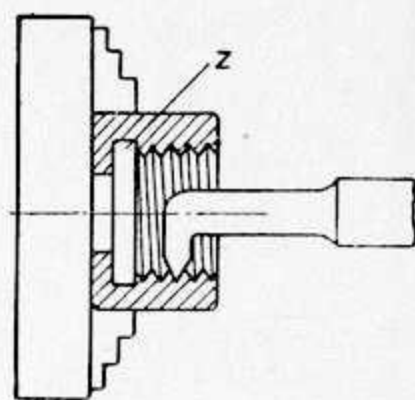
V seriové výrobě se závity reží na speciálních strojích (automatech, šroubořezech), nebo se frézují nebo brousí (vybrušují) z plného materiálu; na malých průměrech se válcují za studena.

Při řezání pravého závitu řežeme směrem od koníku ke vřetenu, obr. 259 až 260. Levý závit řežeme od vřetena ke koníku, obr. 261—262. Správně vyříznutý závit musí sedět v bocích, nikoliv na hrotech, obr. 263.

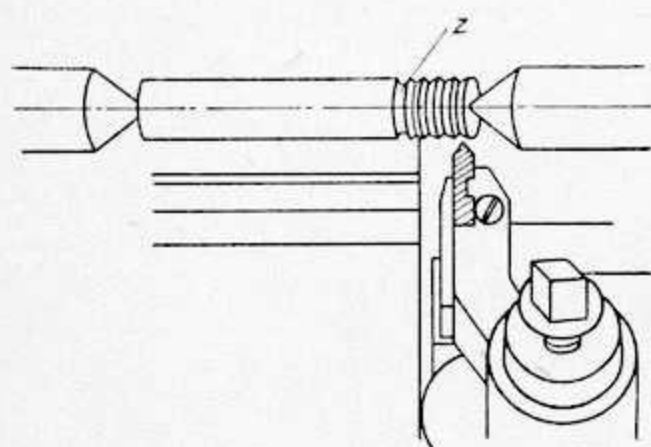
Řežeme-li na součásti závit, je vždy lepší, je-li na druhém volném konci opřena hrotem koníku. Špatně se řeže závit na dlouhých šroubech, protože se svorník uprostřed uhýbá. Proto svorník nejprve osoustružíme na správnou míru, jakou má mít závit. Pak závit řežeme obvyklým způsobem, svorník



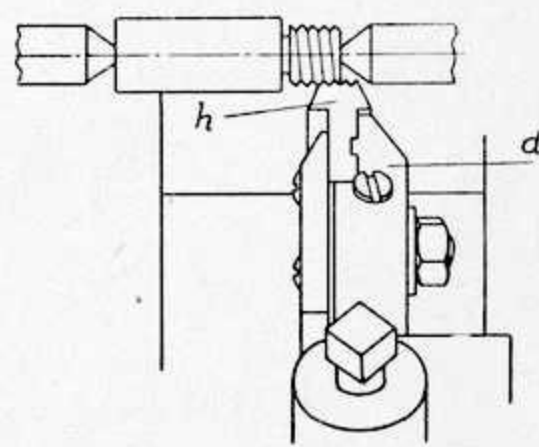
Obr. 263. Vyřiznutý závit. *v* vůle ve špičkách; *s* sedí v boku; *a* sedí ve špičkách; *b* boční vůle.



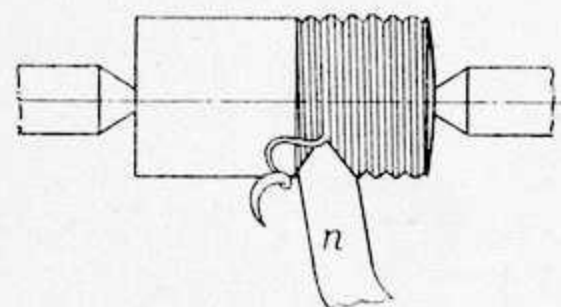
Obr. 264. Řezání vnitřního závitu. *z* zápich.



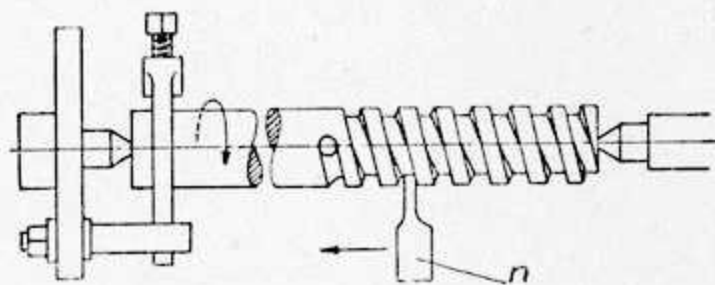
Obr. 265. Řezání závitu nožem v držáku. *z* zápich.



Obr. 267. Řezání závitu hřebínkem. *h* hřebínek; *d* držák.



Obr. 266. Řezání závitu.



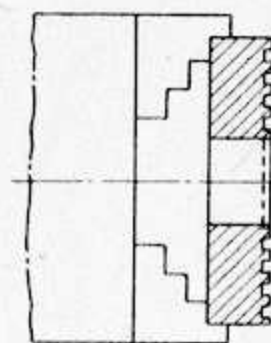
Obr. 268. Řezání plochého závitu. *n* nůž.

je však před nožem držen lunetou, aby se neuhýbal. Luneta jde před nožem a je upevněna na saních.

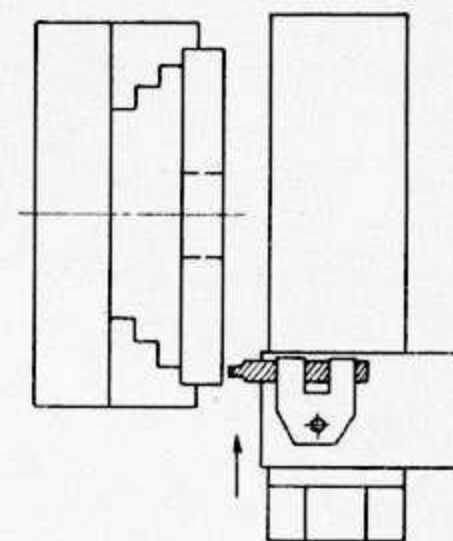
Obyčejně bývá závit zakončen zápichem, obr. 264–265, aby se závit dobře dořízl. Není-li závit ukončen zápichem, obr. 266, nutno dávat pozor, abychom vysunuli nůž ze záběru na konci závitu, vždy na stejném místě. Jinak se

snadno ulomí ostří. Proto je lépe konec závitu doříznout taháním za řemen, nebo řežeme při velmi pomalém běhu. Při řezání závitu volíme menší rychlost.

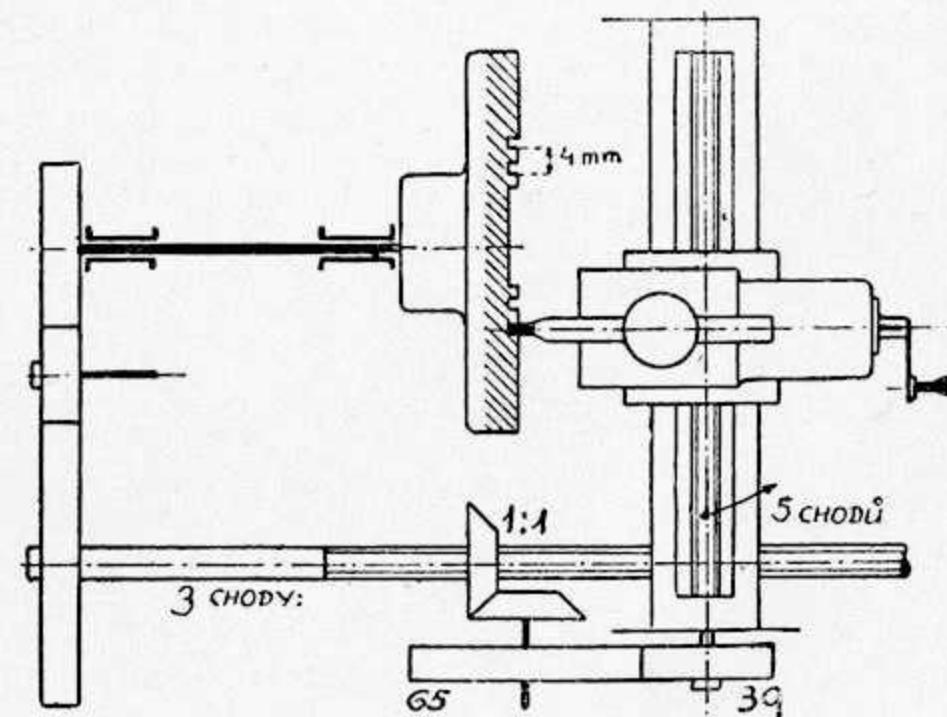
Otvor, ve kterém budeme řezati závit, obyčejně od vrtáku trochu hází (zvláště je-li delší). Proto je vyvrtán o několik desetin mm menší a nožem vysoustružen na správnou míru. Není-li na konci závitu zápich, musíme opět dávat pozor při dořezávání, abychom neulomili nůž. Obyčejně však bývá na konci závitu zápich. Při řezání dlouhého závitu v díře se nůž více chvěje (musí být více



Obr. 269. Závit na čelní ploše.



Obr. 270. Řezání závitu na čelní ploše.



Obr. 270-A.

vystřčen ze suportu). Nutno proto zabírat pouze malé třísky. Při řezání v malém otvoru musí být nůž slabý a uhýbá se. Zabíráme malé třísky a řežeme opatrně.

Na obr. 267 je řezání závitu hřebínkem, který je upnut ve vhodném držáku. Na obr. 268 je řezání plochého závitu. Závit končí ve vyvrtané díře. Je to dost obtížné, nutno včas vyskočit nožem, jinak by se zlomil.

Mazání při řezání závitu. Aby byl vyříznutý závit hladký a čistý, musíme nůž mazat. Nejlépe se osvědčil řepkový olej. Nemažeme-li nůž, je závit vytrhaný a nepřesný. Strojní olej se k mazání nože nehodí, pak je lépe řezat za sucha nebo mazat málo ředěným „vrtacím olejem“.

h) Závit na čelní ploše. Zřídka se setkáváme se závitem na čelní ploše, obr. 269—270 (na př. při opravě universálky). Nůž je upnut v suportu a jeho posuv je dán posuvem příčného suportu. U některých soustruhů nemůžeme řezat na čelní ploše závit určitého stoupání, protože příčný suport nemá převod k vodicímu šroubu. Má pouze posuv jako při podélném soustružení.

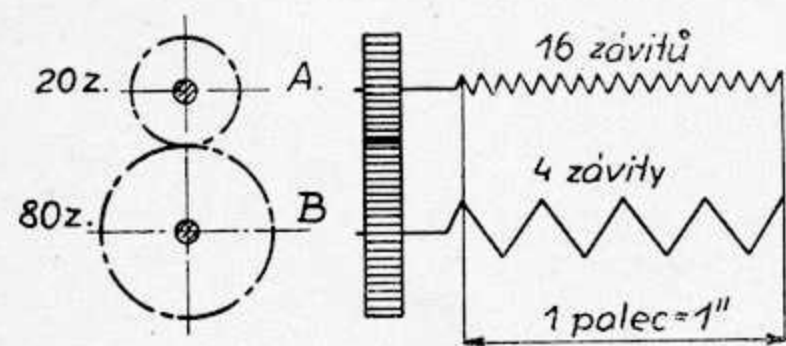
Příklad: Převod na suport je u soustruhu upraven podle obr. 270-A (zjištěno rozebráním zámkové desky). Máme řezat závit o stoupání 4 mm.

$$\begin{aligned} \text{Převod} &= \frac{\text{stoupání závitu}}{\text{stoupání šroubu suportu}} = \frac{4}{25,4 : 5} = \frac{4 \cdot 5}{25,4} = \frac{4 \cdot 5}{25,4} \\ &= \frac{4 \cdot 5}{25,4} \cdot \frac{3}{3} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 3}{25,4 \cdot 3} = \frac{60}{76,2} = \frac{60}{76,2} \end{aligned}$$

úprava zlomku byla nutná, abychom dostali pevný převod 65/39, který je v zámkové desce. Zbývá nám převod výměnných kol

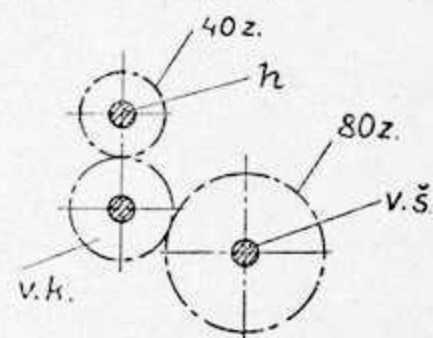
$$\frac{4}{25,4} = \frac{4 \cdot 3}{25,4} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 5}{25,4 \cdot 5} = \frac{60}{127}$$

i) Výpočet kol k řezání závitu. Vodicí šroub je poháněn od vřetena ozubeným převodem. Jeho závit má nejčastěji dva nebo čtyři chody na 1 palec t. j. stoupání $\frac{1}{2}$ " nebo $\frac{1}{4}$ ", t. j. 12,7 nebo 6,35 mm. Přímým posuvem saní, vodicím šroubem, který má 4 chody na 1 palec (jeho otáčky = otáčkám vřetena), se vyřízne na součásti závit o stoupání $\frac{1}{4}$ palce. Obvykle se však řezí jemnější závity. Převod od vřetena k vodicímu šroubu je proto do pomala; vřeteno se točí



Obr. 271. Převod při řezání závitu.

třeba čtyřikrát a vodicí šroub jednou. Saně s nožem se posunuly o 1 stoupání vodicího šroubu, o $\frac{1}{4}$ palce. Na součásti jsou již 4 závity (4 stoupání na $\frac{1}{4}$ " čili 16 stoupání na 1". Říká se 16 chodů nebo závitů na 1", obr. 271. Hnací kolečko na vřetenu A se otočí 4krát, než se otočí hnací kolo na vodicím šroubu B jednou. Kolo B má tedy 4krát více zubů než kolo A. Převod je hnací: hnané = 1 : 4. Také vydělením počtu závitů na 1" dostaneme 1 : 4,



Obr. 272. Výpočet převodu. h hřídel vratného srdíčka; v. k. vložené kolo; v. š. vodicí šroub.

$$\text{protože převod} = \frac{\text{počet závitů na vodicím šroubu}}{\text{počet závitů, který řezeme}} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4}$$

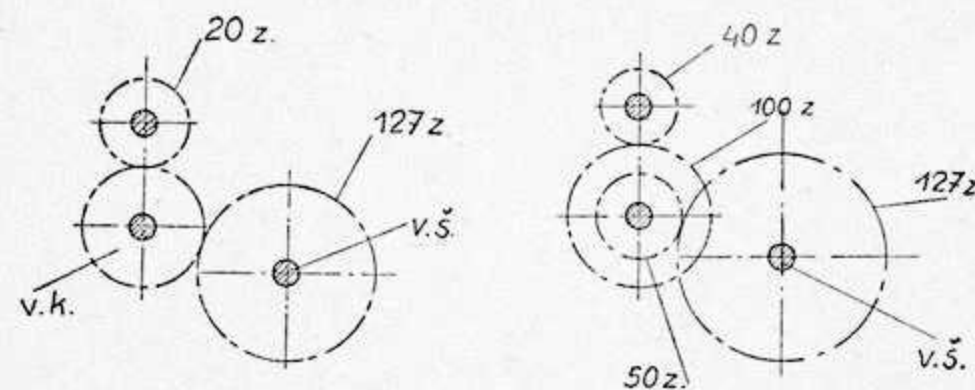
O počítání se zlomky je podrobný výklad v II. dílu, Matematika.

Příklady výpočtu výměnných kol. 1. Vodicí šroub má 4 závity na 1". Řezeme závit W1", t. j. 8 závitů na 1" (vzato z tabulek).

Převod hnací: hnané = $\frac{\text{závitů na vodicím šroubu}}{\text{závitů řezaného závitu}} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$; volíme kola na př. 40/80, obr. 272. Vložené kolo nemění převod a může mít jakýkoliv počet zubů.

2. Vodicí šroub má 4 závity na 1". Řezeme závit $\frac{3}{8}$ ", t. j. 16 závitů na 1". Převod = 4 : 16 = 2 : 8. Volíme kola na př. 20/80.

3. Vodicí šroub má 4 závity na 1". Řezeme metrický závit o stoupání 1 mm (t. j. 25,4 závitů na 1"). Převod = hnací : hnané = 4 : 25,4 = 40 : 254 = 20 : 127. Kolo se 127 zubů máme. Převod můžeme ještě rozložit 20 : 127 = (4 × 5) : (10 × 12,7) = (40/100) × (50/127), obr. 273 a 274.



Obr. 273—274. Výpočet převodů. v. k. vložené kolo; v. š. vodicí šroub; z zuby.

4. Vodicí šroub má 2 závity na 1". Řezeme závit $\frac{3}{4}$ ", t. j. 10 závitů na 1". Převod = $\frac{2}{10} = \frac{1}{5}$. Volíme kola 20/100.

5. Vodicí šroub má 2 závity na 1". Řezeme závit o stoupání $\frac{3}{8}$ ". Převod = $(\frac{3}{8}) : (\frac{1}{2}) = \frac{3 \cdot 2}{8 \cdot 1} = \frac{6}{8} = \frac{60}{80}$ zubů.

6. Vodicí šroub má 4 závity na 1". Řezeme šroub o stoupání 6 mm. Řezaný šroub má 25,4 : 6 chodů.

$$\text{Převod} = 4 : (25,4 : 6) = \frac{6 \cdot 4}{25,4} = \frac{24}{25,4} = \frac{24 \cdot 5}{25,4 \cdot 5} = \frac{120}{127} \text{ zubů.}$$

$$\text{Při dvojitém převodu} = \frac{120}{127} = \frac{2 \cdot 60}{127} = \frac{4 \cdot 60}{127 \cdot 2} = \frac{40 \cdot 60}{127 \cdot 20}$$

8. Vodicí šroub má stoupání 8 mm. Řezeme závit, který má 8 chodů na 1". Řezaný závit má stoupání 25,4 mm : 8.

$$\begin{aligned} \text{Převod} &= (25,4 : 8) : 8 = \frac{25,4}{8 \cdot 8} = \frac{25,4 \cdot 6 \frac{1}{2}}{8 \cdot 8 \cdot 6 \frac{1}{2}} = \frac{165}{8 \cdot 52} = \frac{11 \cdot 15}{8 \cdot 52} \\ &= \frac{55 \cdot 15}{40 \cdot 52} = \frac{55 \cdot 30}{80 \cdot 52} \end{aligned}$$

9. Vodicí šroub má stoupání 6 mm. Řezeme závit o stoupání 4 mm.

$$\text{Převod z vřetene na vodicí šroub} = \frac{4}{6} = \frac{4 \cdot 10}{6 \cdot 10} = \frac{40}{60} \text{ zubů.}$$

40 zubů na vřeteni, 60 zubů na vodicím šroubu.

10. Vodící šroub má 4 závity na 1". Řežeme závit 1³/₄", t. j. 5 závitů na 1".

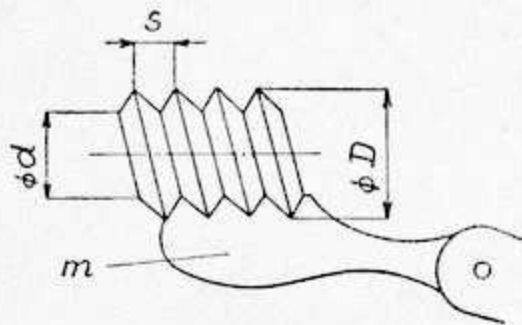
$$\text{Převod} = \frac{4}{6} = \frac{4 \cdot 10}{5 \cdot 10} = \frac{40}{50} \text{ zubů.}$$

Složitější příklady počítáme ve II. dílu.

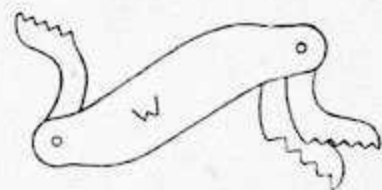
Nejčastěji bývá u soustruhu řada kol, majících 20, 25, 30, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 100, 120, 127 zubů. Často jsou na soustruhu tabulky, kde jsou již vypočtena kola pro různé závity. U novějších soustruhů, které mají podávací skříň, se nemusí měnit výměnná kola v takovém rozsahu. Nastaví se páky na podávací skříni; jejich polohu vyhledáme v tabulce, připevněné na stroji podle řezaného závitu.

j) **Měření závitu.** Velký průměr závitu (vnější) snadno změříme posuvným měřítkem, nebo přesněji mikrometrem. Malý průměr závitu změříme ostrím čelistí posuvného měřítka. Stoupání (t. j. vzdálenost chodů závitu, obr. 275) přibližně zjistíme otláčením naolejovaného závitu na čistý papír a změříme (na př. v délce 5 závitů). Snadněji zjistíme stoupání závitu závitovou

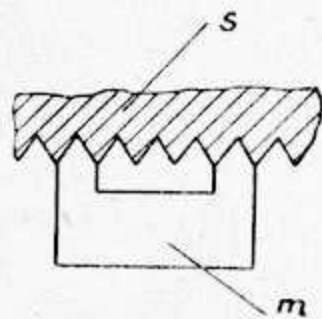
měrkou, obr. 276. Na každém měrném lístku je vyraženo, jaký závit se dá měřit. Jiný druh měrky na stoupání závitu je na obr. 277. Pro



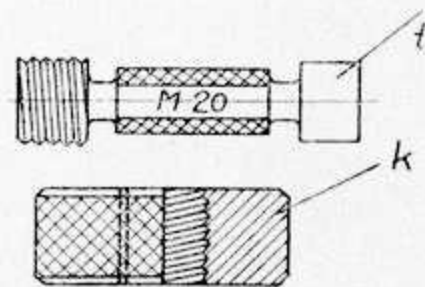
Obr. 275. Měření závitu. *s* stoupání; *d* malý průměr; *D* velký průměr; *m* závitová měrka.



Obr. 276. Hřebínek na měření závitu.



Obr. 277. Měření závitu s měřidlem *m*.



Obr. 278. Závitový kalibr. *t* trn, *k* kroužek.

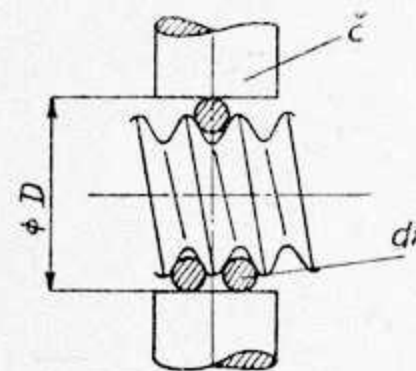
řezání závitu ve všeobecném strojnictví tento způsob měření závitu zpravidla postačí. V hromadné (seriové) výrobě se závity často měří závitovým kalibrem, obr. 278. Na svorník se našroubuje kontrolní kroužek. Nesmí mítí vůli, je to vlastně přesná matice. Závit v díře se měří našroubováním kalibru. Druhým hladkým koncem se měří obvykle vnitřní průměr kontrolního kroužku. Jak kroužek, tak i kalibr jsou kaleny a broušeny.

Nejpřesněji měříme střední t. zv. boční průměr závitu mikrometrem a drátky, položenými do závitu, obr. 279. Průměr vhodných drátků je určen v tabulkách (viz na př. B. Dobrovolný, Technická příručka). Současně je

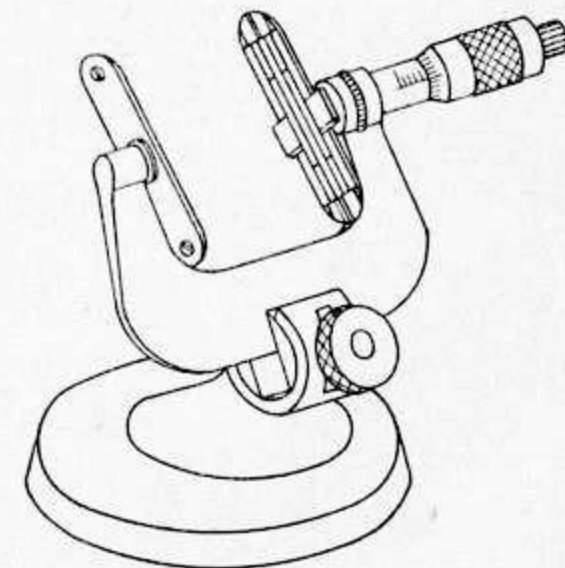
vypočteno, jaký rozměr přes drátky se má u správného závitu naměřit. Na obr. 280 je mikrometr s čelistmi pro drátky na měření závitu. Na obr. 281 je měření závitu drátky a mikrometrem.

27. Soustružení nepravidelných tvarů (fasonové).

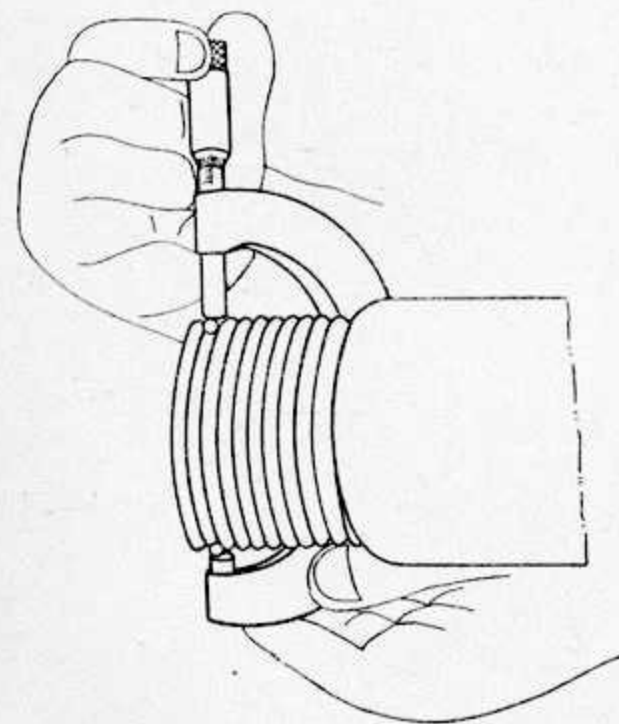
Často je třeba osoustružit součásti, které mají křivočarý tvar. Takovému soustružení říkáme fasonové. Nepravidelný tvar (fasonu) může mít předmět na vnějších plochách nebo v otvoru. Vnější nepravidelný tvar se lépe soustruží i měří — na práci je dobře vidět. Soustružíme buď běžnými noži, které na špičce více zaoblíme (aby byl povrch hladší), nebo tvarovými noži. Jednotlivé kusy soustružíme obvyčejným nožem a tvar vytvoříme otáčením klíček obou suportů (tvarový nůž se obvyčejně nevyplatí dělat); soustružení tvarů je pak obtížnější a vyžaduje určitou zručnost. Obvyčejně si tvar



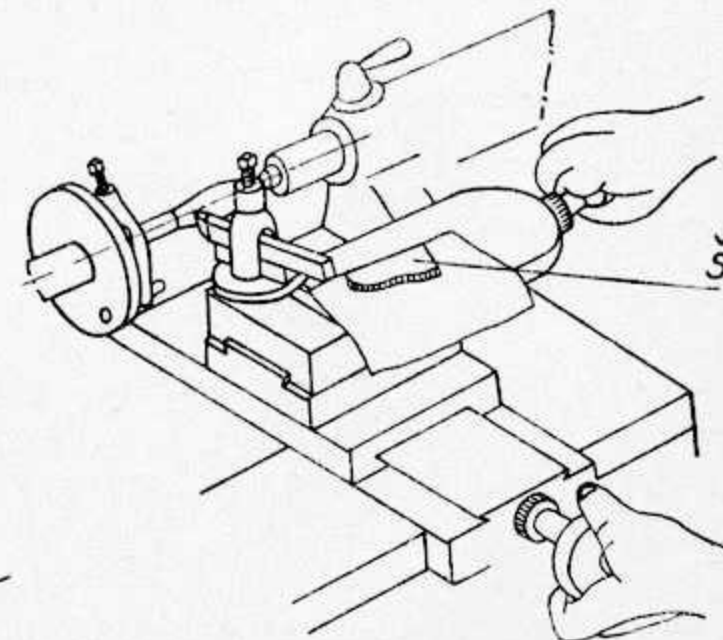
Obr. 279. Měření závitu mikrometrem přes vložené drátky. *D* průměr přes drátky; *dr* měřicí drátek; *č* čelist mikrometru.



Obr. 280. Mikrometr s drátky na měření závitu.

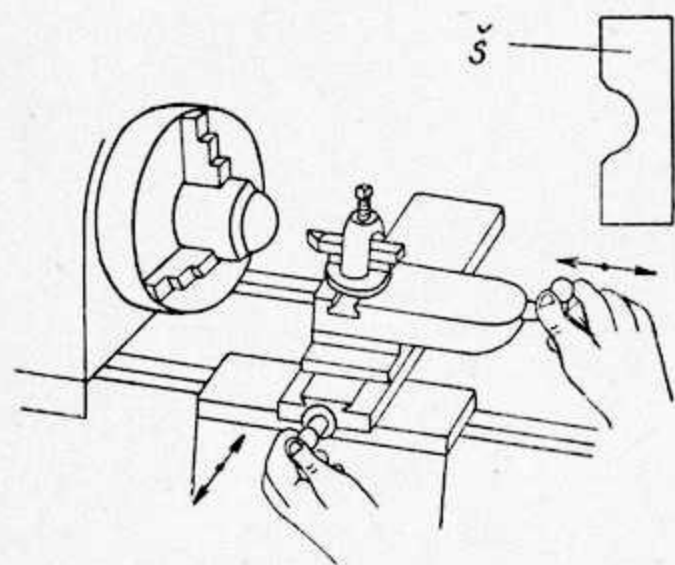


Obr. 281. Měření závitu drátky.

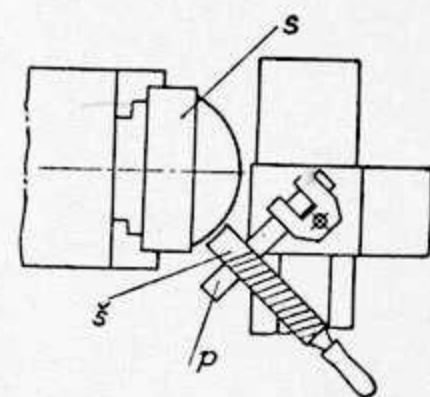


Obr. 282. Tvarové soustružení. s šablona.

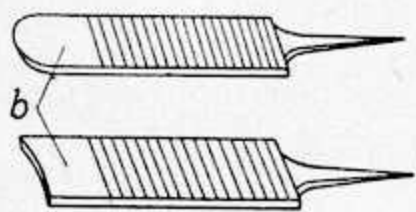
předsoustružíme na hrubo a pak dokončíme na čisto. Povrch není zcela nejprve hladký, tvar vyhladíme pilováním nebo škrabáním a leštěním smirkovým plátnem. Na obr. 282 je znázorněno soustružení otáčením kliček suportů. Tvar měříme příslušnou šablonou. Na obr. 283 je tvar na čelní ploše. Povrch obvykle dokončíme škrabákem, obr. 284, kterým plochu vyhladíme. Škrabák je při práci podepřen o podložku, upnutou v suportu. Škrabák uděláme ze starého pilníku, obr. 285; jeho konec vybrousíme na tvar, který se přibližně



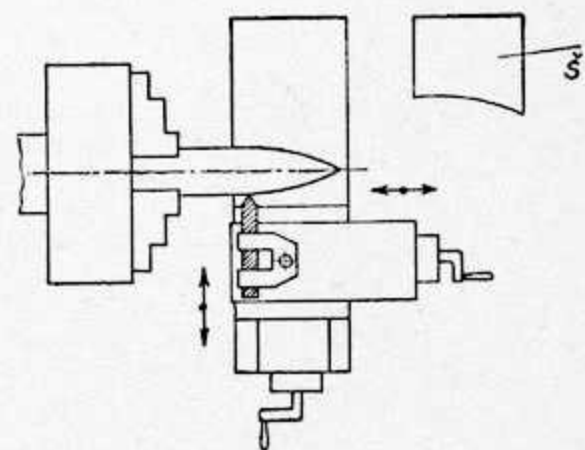
Obr. 283. Tvarové soustružení. š šablona.



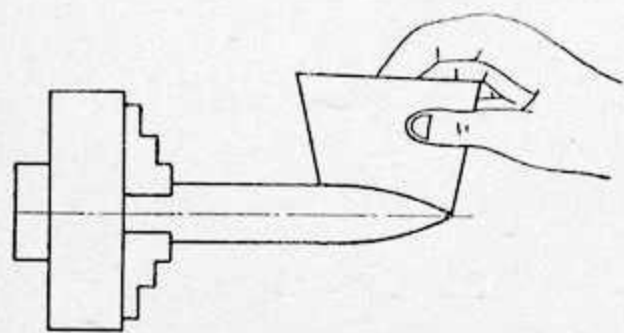
Obr. 284. Zaškrabání nepravidelného tvaru. s součást; š škrabák; p podložka.



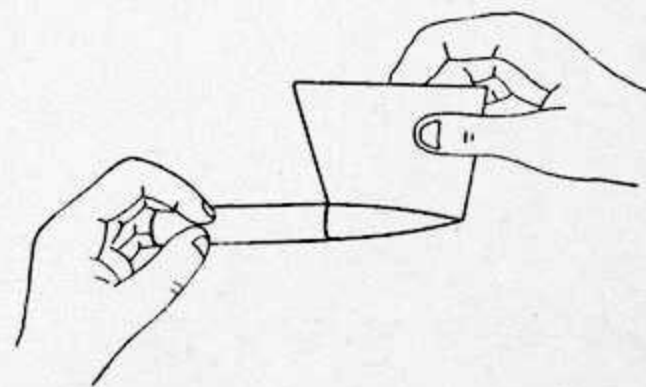
Obr. 285. Škrabáky z pilníků. b broušeno.



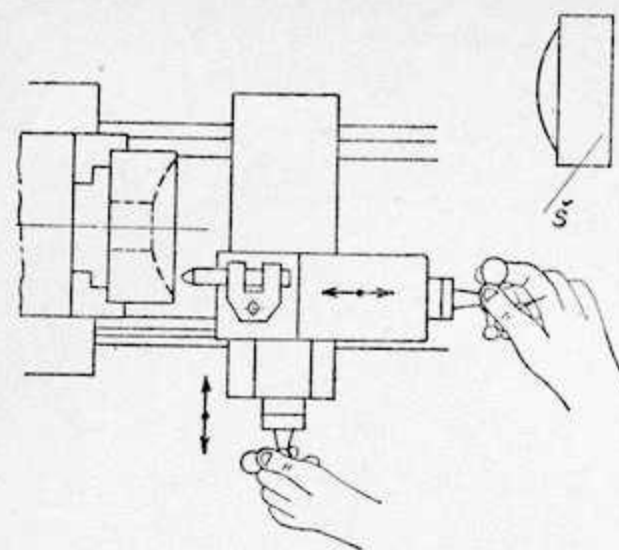
Obr. 286. Soustružení tvaru. š šablona.



Obr. 287. Měření šablonou na soustruhu.

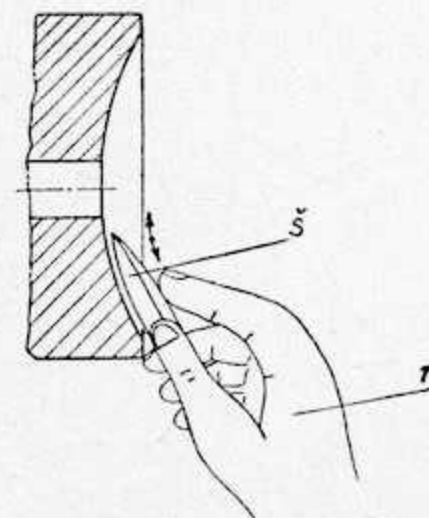


Obr. 288. Měření šablonou proti světlu.

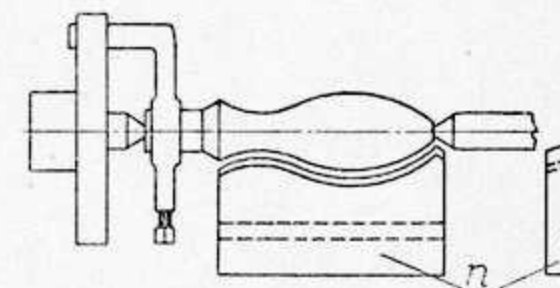


Obr. 290. Hlazení škrabákem. š škrabák, opřený o tyčku n, upnutou v saních místo nože.

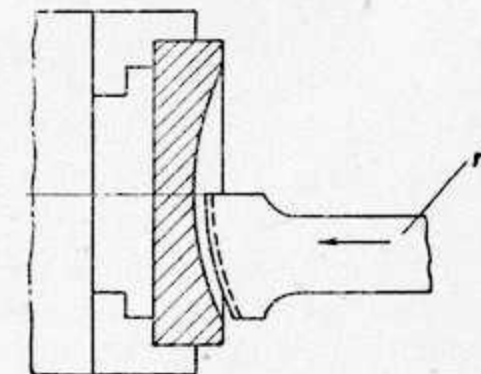
Obr. 289. Tvarové soustružení. š šablona.



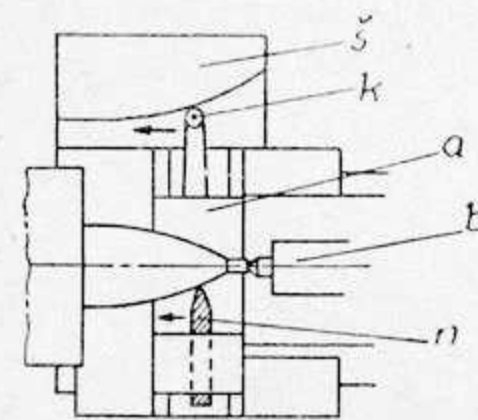
Obr. 291. Vyhlazení tvaru škrabákem. š škrabák; r ruka, opřená o saně.



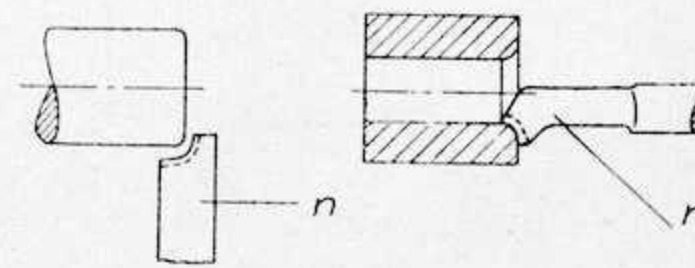
Obr. 292. Soustružení nepravidelného tvaru. n nůž.



Obr. 293. Soustružení tvaru na čelní ploše; n nůž.

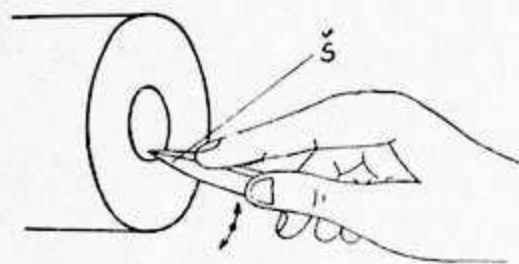


Obr. 294. Soustružení podle šablony š. k kladka; a saně; b koník; n nůž.

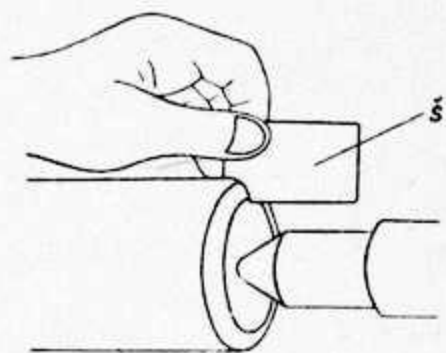


Obr. 295. Zaoblení hran. n nůž.

shoduje s tvarem předmětu. Na obr. 286 je soustružení tvarového dělového vrtáku. Nejdříve osoustružíme na brubo tvar a povrch na čisto, potom na čisto tvar. Měříme šablonou, obr. 287—288 (nejlépe proti světlu). Aby byl tvar správný, musí šablona po celém povrchu dobře sedět (nesmí svítit). Na obr. 289 je soustružení vnitřního tvaru na čelní ploše. Tvar vyhladíme škrabákem podle obr. 290. Malé plochy často vyhladíme tříhranným škrabákem, podle obr. 291. V otvorech (zvláště dlouhých a malých) se tvar soustruží obtížně, protože nůž musí býti slabý a na práci není vidět. Proto je lépe tvar najednou vysoustružit tvarovým nožem (větší otvor), nebo



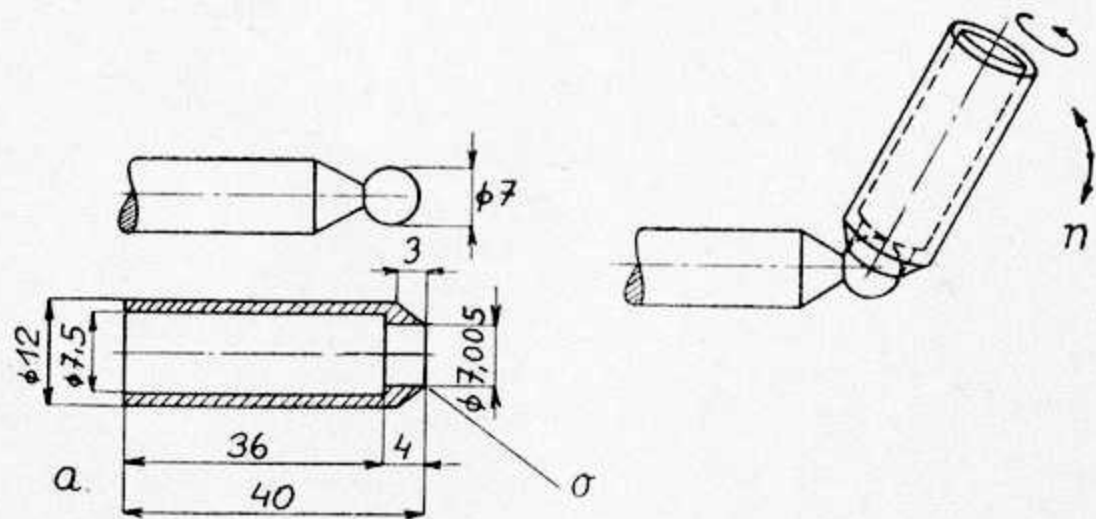
Obr. 296. Zaoblení hrany škrabákem š.



Obr. 297. Měření zaoblené hrany šablonou š.

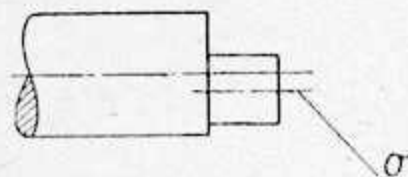
v malých otvorech tvarovým dělovým vrtákem, který má přesně žádaný tvar. Aby nebylo příliš mnoho materiálu na brání, nutno otvor přibližně připravit na žádaný tvar (nožem, vrtákem a p.).

Na větší počet kusů se vždy vyplatí tvarový nůž, jehož ostří má přesně žádaný tvar. Soustruží se rychleji a všechny kusy jsou stejné. Tvarový nůž řeže velmi širokou třísku (po celém tvaru), proto její tloušťka (záběr) musí býti malá. Aby se chránilo ostří před otupením, nejprve součást osoustružíme obyčejným nožem na přibližný tvar. Na obr. 292 je soustružení tvarovým nožem. Na obr. 293 je soustružení tvaru na čelní ploše. Na obr. 294 je znázorněno soustružení podle šablony, která je upevněna na soustruhu.

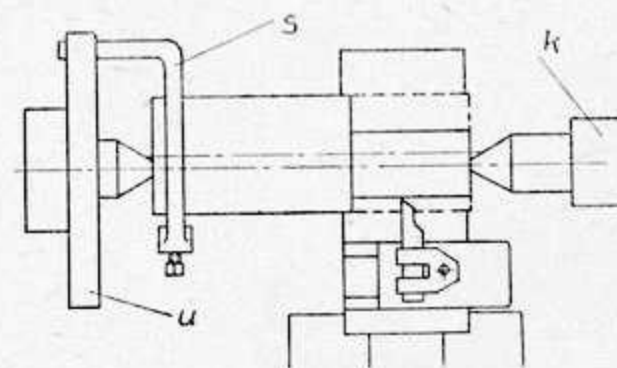
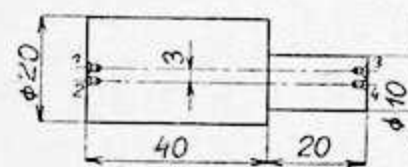


Obr. 298. Soustružení koule. o ostrá hrana; trubkovým nožem pohybujeme podle šipek n.

Saně jsou opatřeny kladkou, která se posouvá po šabloně, na niž je mírně přitlačena. Nůž soustruží přesně týž tvar, jako má šablona. Na obr. 295 je zaoblení tvaru nožem a na obr. 296 tříhranným škrabákem (často použito). Na škrabák mírně tlačíme, jeho pohyb je znázorněn šipkou. Na obr. 297 je měření zaoblení poloměrovou (radiusovou) šablonou. Na obr. 298 je soustružení koulí menších průměrů; jsou přesně kulaté na půl setiny mm. Zhotovíme si z nástrojové oceli trubkový nůž, který je kalený a popuštěný na žluto. Kouli na hrubo osoustružíme, aby byla asi o 0,1 až 0,2 mm větší než je správný rozměr. Nůž držíme v ruce a pohybujeme jím na předsoustružené kouli podle šipek tak dlouho, až koule projde do otvoru nože. Nůž má o 0,005 až 0,01 mm větší otvor než je správný rozměr koule. Koule je přesná, o několik tisícín mm větší; jsou přidány pro vyleštění smirkovým plátnem. Nůž občas namázneme řepkovým olejem. Zařízení k soustružení větších koulí nožem ukazuje obr. 411.



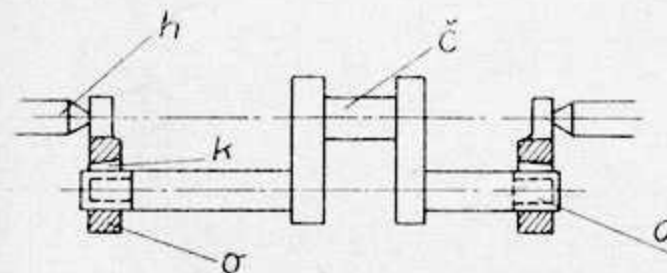
Obr. 299. Výstředné soustružení. o osa čepu.



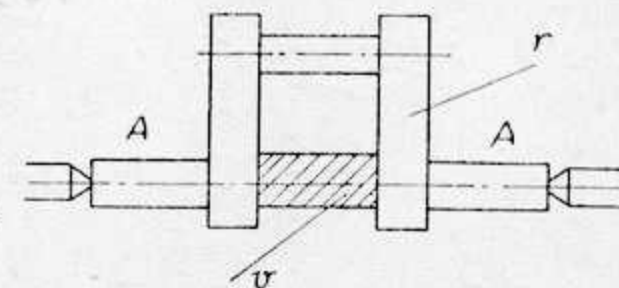
Obr. 300. Výstředné soustružení. s srdce; u unášecí kotouč; k koník.

28. Výstředné soustružení.

V běžné práci se vyskytuje jen zřídka. Setkáme se s ním hlavně při výrobě automobilových a letadlových součástí (zalomené hřídele a p.). Značí to soustružení čepů, jejichž střed neleží v ose součásti, ale mají osu rovnoběžnou s osou součásti, obr. 299. Při výstředném soustružení upínáme součást mezi hroty. Příslušné dĺlky musí býti přesně provedeny. Součást, obr. 300, bude opracována takto: Ocel o průměru 25 mm ohrubujeme na $\phi 21$ mm a zarovnáme na délku. Přesně naznačíme středy a navrtáme dĺlky pro hroty 1, 2, 3, 4; srdíčkem upneme mezi hroty (do dĺlků 2, 4) a ohrubujeme v délce 19,5 mm na $\phi 10,5$ mm. Pak osoustružíme na čisto v délce

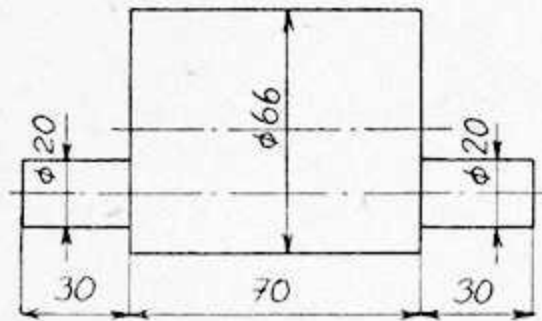


Obr. 301. Výstředné soustružení. h hrot; k klín; č čep, který se soustruží; a čep ložiska.

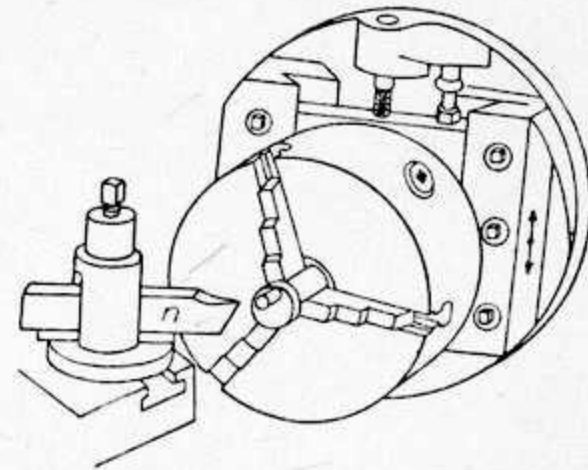


Obr. 302. Výstředné soustružení čepů A. r rameno; v vložka.

20 mm na \varnothing 10 mm. Osoustružený konec obalíme páskem plechu (abychom nepomačkali součást šroubem srdce), hroty nasadíme do důlků 1, 3 a osoustružíme na čisto \varnothing 20 mm. Necháme asi 0,02 mm na opilování a smirkové plátno. Na obr. 301 je upnutí při výstředném soustružení čepu kliky. Na obr. 302 je upnutí při soustružení čepů A. Mezi rameny musí být vhodná vložka (tvrdé dřevo a p.), protože součást by se přitažením hrotu koníku prohnula.

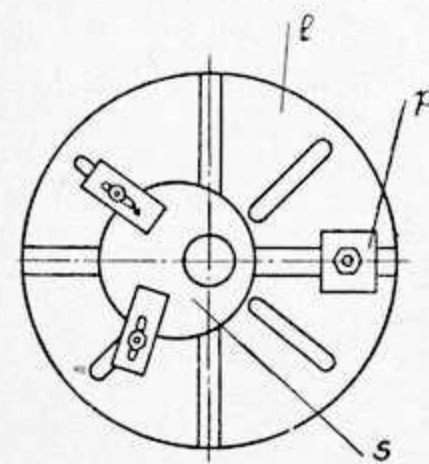


Obr. 303. Výstředné soustružení.



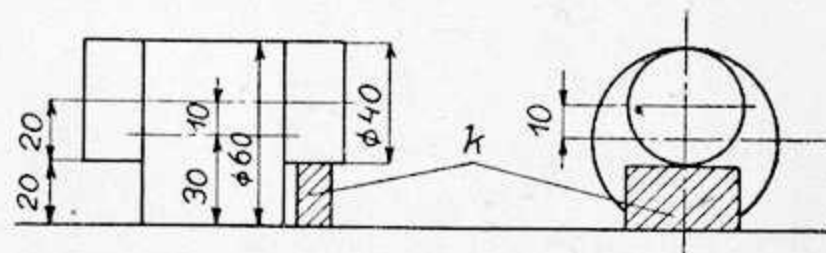
Obr. 304. Sklíčidlo na výstředné soustružení.

Na obr. 303 je součást, která má na obou koncích výstředně osoustružené čepy. Ocel \varnothing 70 mm osoustružíme na \varnothing 67 mm a zarovnáme na délku 130 mm. Naznačíme příslušné středy a navrtáme důlky. Mezi hroty osoustružíme na čisto na \varnothing 66 mm. Čepy v délce 29,5 mm osoustružíme na \varnothing 20,5 mm. Čepy v délce 30 mm osoustružíme na \varnothing 20 mm. Necháme asi 0,05 mm na pilování a smirkové plátno. Na obr. 304 je sklíčidlo, které je posuvné na lícní desce. Deska je našroubována na vřetenu a sklíčidlo lze o žádanou míru vysunout; je posuvné na saních, v žádané poloze se pojistí šrouby. Je to velmi výhodné, odpadne měření a navrtávání středů. Na obr. 305 je výstředné soustružení otvoru. Součást se upíná nejčastěji na lícní desku upínacími šrouby. Dříve než počneme soustružit výstředný otvor, osoustružíme



Obr. 305. Výstředné soustružení otvoru. l lícní deska; p protizávaží; s součást.

povrch součásti na žádaný rozměr. Střed otvoru musí být přesně naznačen a dobře vystředěn (musí běžet). Nejlépe navrtat malou díрку a pak za použití hodinek přesně vyrovnat. Součást musí být dobře upnuta, aby se při práci nepohnula. U větších kusů upínáme na lícní desku protizávaží, aby měl soustruh klidnější chod.

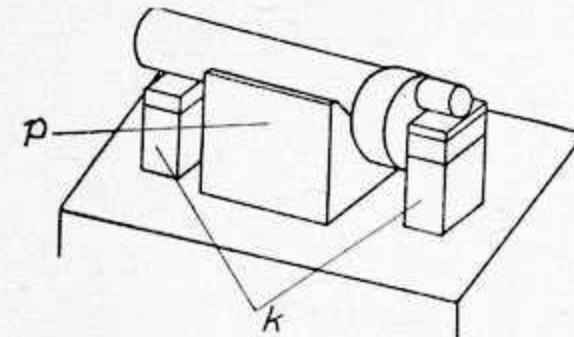


Obr. 306. Měření výstřednosti koncovou měrkou k.

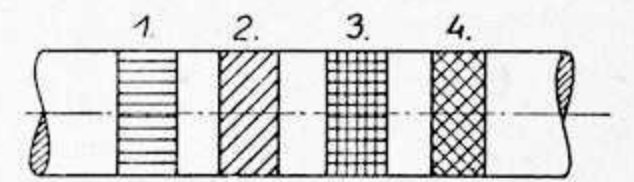
Měření výstředných čepů je na obr. 306. K měření je použito koncových měrek, je tedy přesné. Koncová měrka (20 mm) na obou koncích čepů musí projít mezerou 20 mm, ale nesmí vzniknout štěrbina (nesmí svítit). Pak je součást přesná. Na obr. 307 je podobné měření výstředného čepu, rovněž koncovými měrkami.

29. Vroubkování povrchu.

Válcové části u různých předmětů (důlků, průbojníků, různých držáků, válcových hlav šroubů, matic a j.) na povrchu vroubkujeme, aby se lépe držely (neklouzaly) v ruce. Vroubkování může být rovné, šikmé, křížové, šikmé křížové, obr. 308. Provádí se vroubkovacími kladičkami (jsou kalené) v držáku. Vroubkování je vlastně vymačkávání materiálu drážkami na kla-



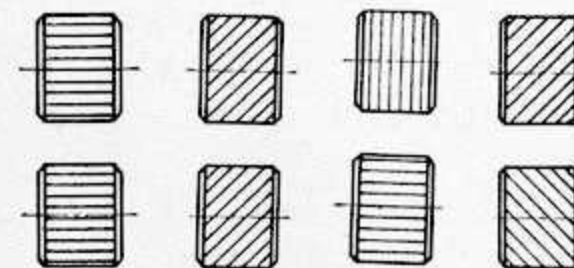
Obr. 307. Měření výstřednosti. p podložka; k koncové měrky.



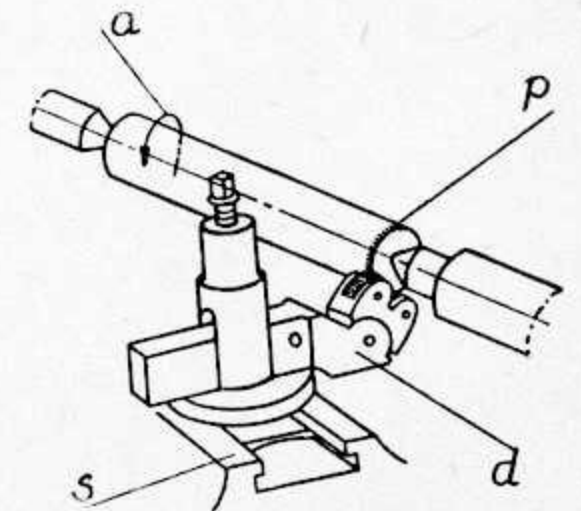
Obr. 308. Znázornění různých druhů vroubkování. 1 rovné; 2 šikmé; 3 křížové; 4 šikmé křížové.

dičkách, je nutný velký tlak. Vroubkovaný povrch se o několik desetin mm zvětší. Rovné nebo šikmé vroubkování můžeme provádět držákem s jednou kladičkou. Křížové vroubkování držákem s dvěma kladičkami. Na obr. 309 jsou vroubkovací kladičky na různé vroubkování.

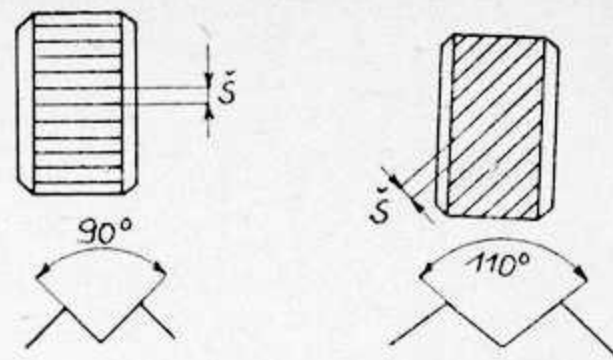
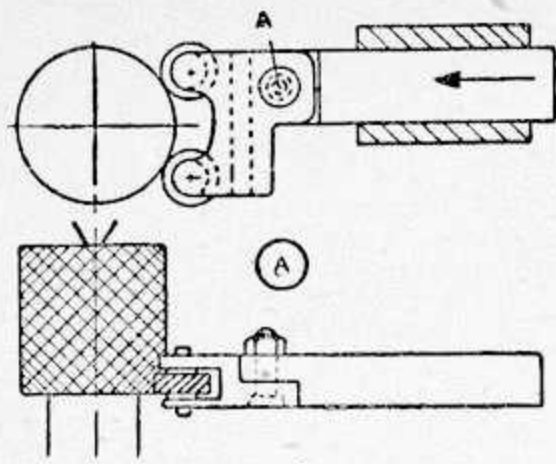
Ohroubený povrch vroubkujeme tak, že začneme na konci u koníka (lépe zachytíme správný tvar vroubků). Volíme menší rychlost (zvláště při velkých průměrech). Celou plochu kterou vroubkujeme několikrát přejedeme vždy na jedno přitažení kladiček na materiál. Často stačí (zvláště u měkkých materiálů) pouze jedno přitažení. Během práce soustruh zastavíme a kladičky i součást očistíme od třísek, vymačkáných z materiálu (vroubkování je pak čistší), nejlépe hadrem a drátěným kartáčem. Kladičkami vymačkáváme tak dlouho, až jsou vroubky ostré.



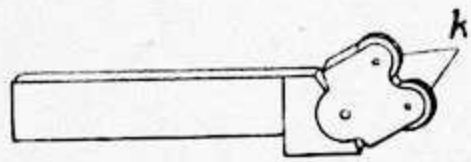
Obr. 309. Kladičky na vroubkování.



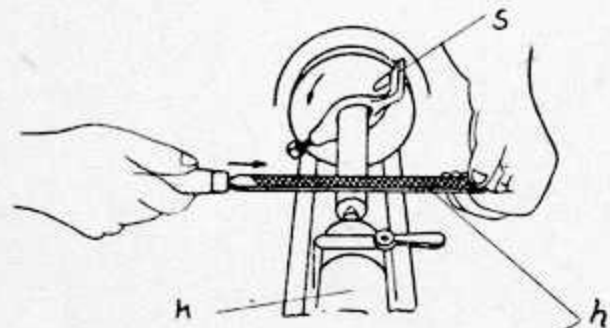
Obr. 310. Vroubkování. a se zvolna točí; p vroubkovaný povrch; d držák; s saně.



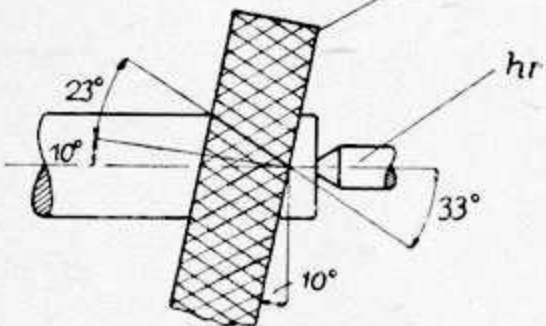
Obr. 312—313. Drážky kladiček jsou normalisovány.



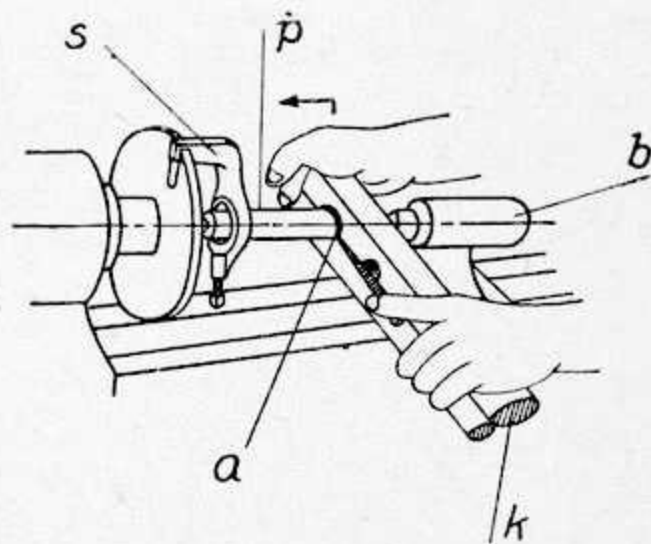
Obr. 311. Držák s vroubkovacími kladičkami k.



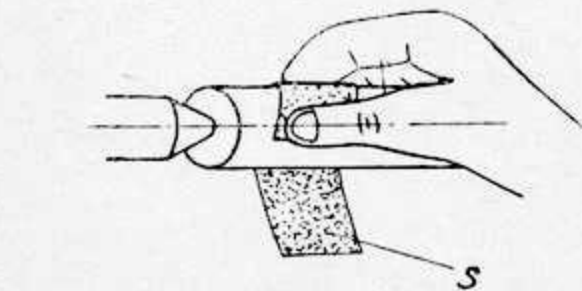
Obr. 315. Pilování kulového tvaru.



Obr. 314. Pilování na soustruhu. s srdce; k koník; h hladicí pilník; hr hrot.



Obr. 316. Leštění válcové plochy. s srdce; p leštěný předmět; b koník; a smirkové plátno č. 60 až 90; k dřevěné kleště.



Obr. 317. Leštění smirkovým plátnem s.

Na obr. 310 je počátek vroubkování. Na obr. 311 držák s vroubkovacími kladičkami. Držák se upíná na suport jako nože.

Když vroubkujeme jen malou část povrchu, pohybujeme suportem ručně kličkou. Při vroubkování delších částí zapneme strojní posuv jako při soustružení. Posuv můžeme volit větší než při hrubování.

Šírky drážek na kladičkách jsou normovány.

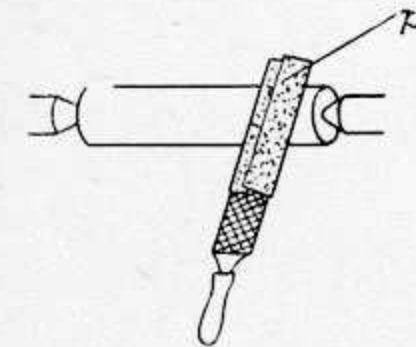
U rovných drážek jsou $\delta = 0,5-0,6-0,8-1,0-1,2$ mm, obr. 312. U šikmých drážek jsou $\delta = 0,6-0,8-1,0-1,2-1,6-2,0$ mm, obr. 313.

Vroubkovací kladky musí přesně běžet na čepech, stačí maličká výstřednost a práce nejde. Také povrch součásti před vroubkováním musí přesně běžet. K vyrovnání tlaků se dělají právě válečky na výkyvném držáku.

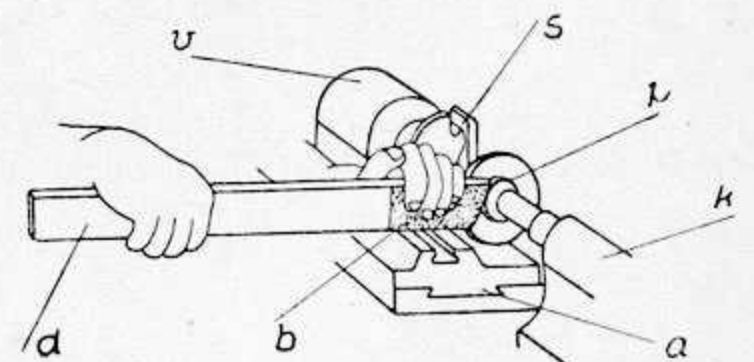
Při načinání zabereme jen asi čtvrtinou šířky kladek a zvolna rukou točíme součásti a přitahujeme kladky, až jsou obě kladky unášeny a vzniká správný vzorek. Pak teprve soustruh pustíme rychleji. Kladky se dost zahřívají, nenanášíme na ně však olej, protože by se lepily jemné třísky a zamačkávaly se do vroubků a kazily vzhled.

30. Pilování na soustruhu.

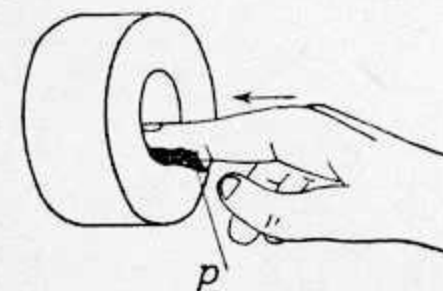
Jak již bylo podotknuto, necháváme při soustružení na čisto několik setin mm na pilování. Osoustružený povrch musí být ovšem od nože hladký. Delším pilováním obvykle rovnou plochu pokazíme. Pilník držíme na součásti rovně, abychom pilovali celou šíří; je vzhledem k součásti položen trochu šikmo. Na hlazení použijeme jemných pilníků. Dobré je potříst ostří křídou; nezanáší se tolik a lehce se čistí. Na pilník jen lehce tlačíme. Pilujeme



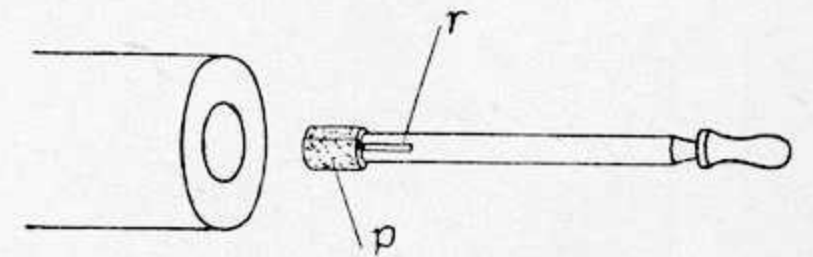
Obr. 318. Leštění plátnem p.



Obr. 318-A. Leštění zaoblení v rohu. d dřevo; v vřeteník; s srdce; p leštěný předmět; k koník; a saně; b smirkové plátno č. 60 až 90.



Obr. 319. Leštění otvorů plátnem p.



Obr. 320. Leštění otvoru plátnem. r drát rozříznutý; p navinutý proužek plátna.

pohybem od těla (t. j. kupředu). Na *obr. 314* je pilování válcové plochy. Při pilování nepravidelného tvaru, *obr. 315*, použijeme obvykle nejprve hrubších pilníků a pak teprve dokončíme jemnými. Lože soustruhu při pilování chráníme (položením hadru, papíru), aby se piliny nedostaly mezi plochy, které se po sobě posouvají.

31. Leštění smirkovým plátnem na soustruhu.

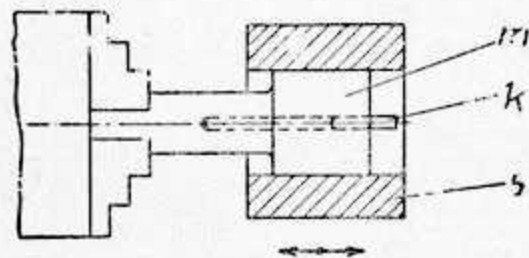
Leštěním získáme hladší plochy a součást dostane lepší vzhled; součást, osoustruženou na čisto (již opilovanou), necháme asi o 0,005 až 0,01 mm větší než je správný rozměr. Použijeme jemného plátna. Hrubším plátnem se udělají obvykle větší rýhy než jaké byly před pilováním. Na *obr. 316* je leštění smirkovým plátnem ve dřevě. Podle *obr. 317* držíme proužek plátna při leštění jen v ruce. Často leštěnou plochu trochu namázneme olejem; zvýší se tím lesk a hladkost povrchu. Na *obr. 318* je leštění plátnem, které je obaleno na pilníku. Zaoblení v rohu vyleštíme plátnem na dřevě podle *obr. 318-A*.

Větší otvory leštíme proužkem smirkového plátna, které přitlačíme na plochu jedním nebo více prsty, *obr. 319*. Delší a malé otvory leštíme proužkem plátna, které navineme na kousek rozříznutého drátu, *obr. 320*. Na *obr. 321* je leštění smirkovým práškem na měděném trnu, který je rozříznutý po délce. Narážením kolíčku zvětšujeme podle potřeby průměr trnu. Trn je upnut ve sklíčidle, součást držíme rukou a pohybujeme jí podle šipek.

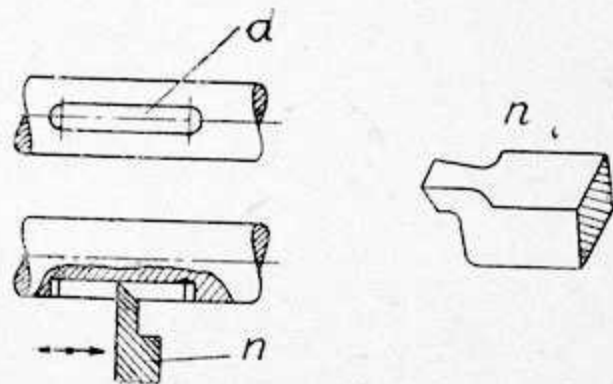
32. Drážkování (hoblování na soustruhu).

Na soustruhu drážkujeme jen výjimečně. Je to vlastně hoblování. Součást je v klidu (netočí se), posouvá se jen suport s nožem. Na *obr. 332* je hoblování drážky. Součást je upnuta ve sklíčidle a obvykle podepřena hrotem koníku. Na obou koncích drážky vyvrtáme dírky (průměr podle šířky a hloubka podle hloubky drážky). Nožem (obvykle krátký upichovák), upnutým v suportu, hobluje. Ve směru do řezu zabíráme malé třísky.

Na *obr. 323* je hoblování drážky ve vodičím pouzdru. Pouzdro je upnuto ve sklíčidle a netočí se. Nůž je vsazen do drážky a držen šroubkem. Hobluje se mazací drážka, hluboká asi 1 až 1,5 mm. Při hoblování drážek v malých

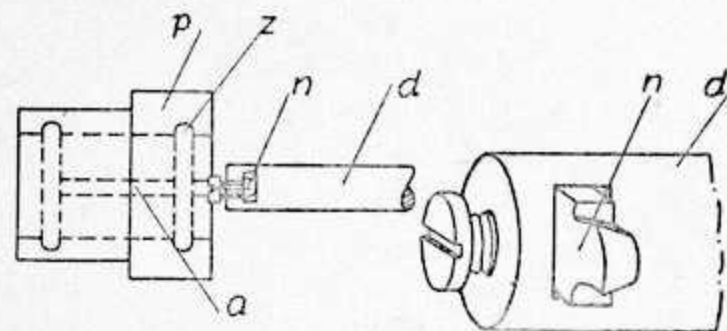


Obr. 321. Leštění na trnu. m měděný trn; k kolíček; s součást.

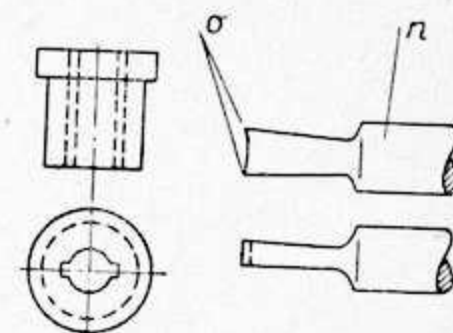


Obr. 322. Hoblování na soustruhu. d drážka; n nůž.

otvorech je držák slabý a pruží (chvěje se). Zabíráme jen malé třísky a na jedno zabrání přejedeme drážku několikrát. Tím také drážku vyhladíme. Můžeme mazat olejem nebo vrtacím olejem. Na *obr. 324* je součást, která má dvě drážky proti sobě. Nůž má šířku jako drážka. Nejprve vyhoblujeme jednu drážku, pak posuneme příčným suportem nůž na protější stěnu a vyhoblujeme druhou drážku. Nůž musí být středem své tloušťky přesně ve středu součásti, aby drážky nebyly ke straně; má být pokud možno silný a jen krátký, aby nepružil.



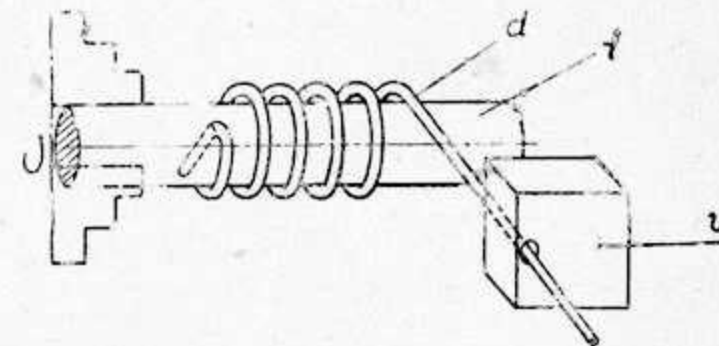
Obr. 323. Hoblování drážky na olej v pouzdře p. z zápich; n nůž; a drážka; d držák.



Obr. 324. Drážkování na soustruhu. o ostří (břit); n nůž.

33. Vinutí zpruh na soustruhu.

V praxi se často setkáváme s vinutím zpruhy ze struny na soustruhu. Postup je podle *obr. 325*. Do trnu, na kterém budeme zpruhu navinovat, vyvrtáme na jednom konci díрку na zachycení drátu (struny). Tento konec upneme do sklíčidla a je-li trn delší, tedy opřeme konec hrotem koníku. Strunu jedním koncem provlékneme vedením (kus železa, upnut na suportu) a zachytíme do dírky na trnu. Podle toho, jaké má mít struna stoupání (jak mají být závity od sebe), nastavíme posuv, t. j. výměnná kola (jako když řezeme závit). Zapneme matici na vodičím šroubu a pustíme soustruh na pomalý a obrácený chod. Po vyjmutí se průměr zpruhy trochu zvětší. Nutno volit trn podle tloušťky. Silnější struna méně zvětší průměr než slabší. S velkým zvětšením průměru nutno počítat zejména při vinutí zpruh větších průměrů ze slabé struny. Na *obr. 326* je znázorněno vinutí zpruh jiným způsobem. Výsledky jsou dobré, ač závity nejsou úplně přesné. Struna není vedena v suportu, je dvakrát provléknuta v držáku (kus plochého železa, na jehož levé straně jsou vyvrtány dvě dírky pro strunu pod sebou). Levá strana držáku se vždy opírá o navinutý závit. Držák držíme v ruce a je třeba dát pozor, aby byl stále ve stejné poloze. Vineme při velmi pomalém chodu. Po navinutí otočíme

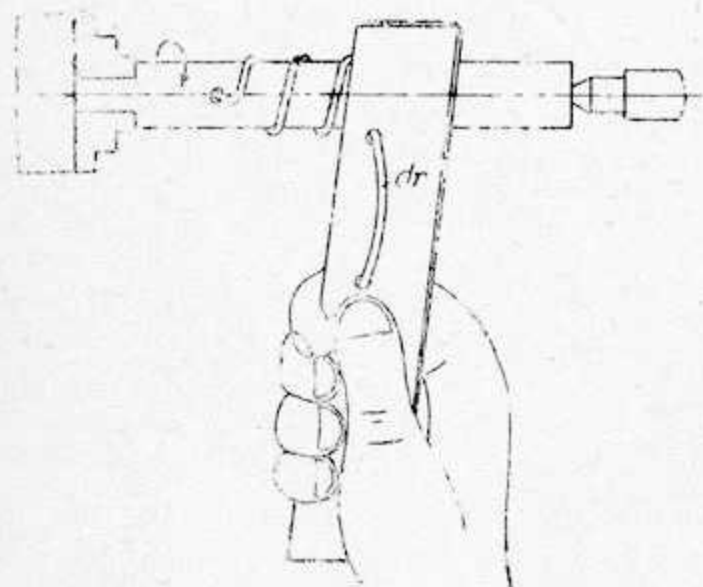


Obr. 325. Vinutí zpruhy na soustruhu. d drát (struna); t trn; v vedení na suportu.

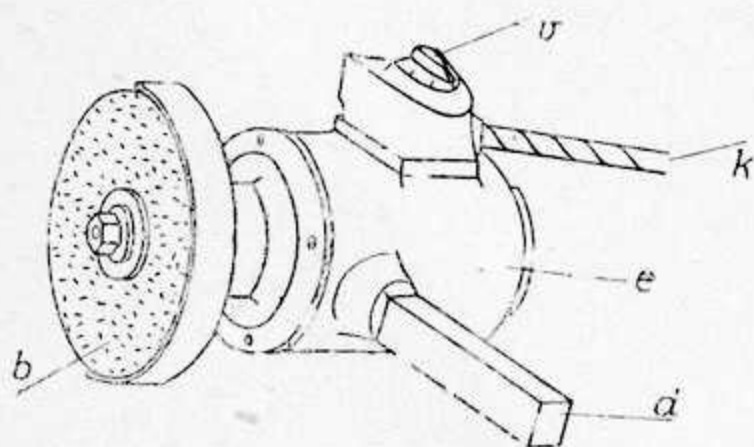
sklídlem několikrát zpět (tím se uvolní zpruha a její průměr se trochu zvětší). Tímto způsobem navinujeme zpruhu jen ze slabších strun (asi do 3 mm). Stoupání závitu se mění podle potřeby natočením držáku (čím více natočíme vpravo, tím jsou závity dále od sebe).

34. Broušení na soustruhu.

Provádíme jen v nutných případech, t. j. tam, kde není při ruce brousící stroj, nebo jde-li o součást, která by nešla na brusce dobře upnout. Po skončení broušení nutno soustruh pečlivě očistit (prach z kotouče poškozují soustruh).



Obr. 326. Vinutí pružiny.



Obr. 326-A. Bruska k upnutí na suport místo nože. b brus; v vypínač; e motor; d upínací držák.

malou rychlostí (do 15 m/min). Střed brusy je ve stejné výši se středem součásti, obr. 330. Volíme malý záběr a velký posuv. Hřídelka, na které je brousící kotouč upevněn, se trochu uhýbá (pruží), zvláště při broušení malých děr. Volíme malý záběr, nebo nevyjíždíme celým brusem z otvoru, obr. 331, aby díra nebyla na krajích větší. Brousící kotouč musí být ovšem rovný. Na obr. 332 je hřídel, na který se upevní brusný kotouč. Hřídele jsou

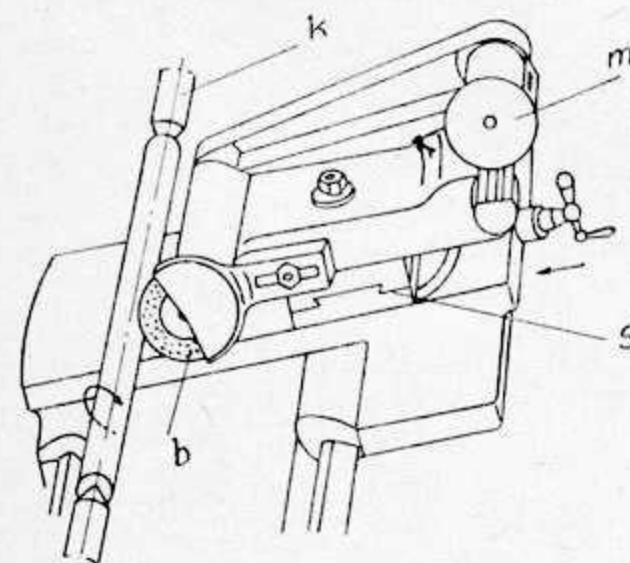
Zabíráme otáčením kličky příčného suportu. Záběr je malý, nejvýše 0,04 mm, poslední záběr ještě menší, 0,005 až 0,01 mm. Pohyb kusu je dán strojním posuvem saní (volíme velký posuv), nebo ručním posuvem otáčením kolečka. Na obr. 328 je dobré a špatné upnutí brusy. Kotouč se nenaráží na hřídel, mohl by prasknout. Jeho díra je větší než průměr hřídele. Pod přírubou se dává podložka (kůže, guma, papír), aby desky kotouče nezlomily. Osa brousícího kotouče je při práci stejně vysoko jako osa součásti, obr. 329.

Otvory brousíme menšími, měkkými brusy. Brus má velký počet otáček, zatím co součást se otáčí v opačném směru

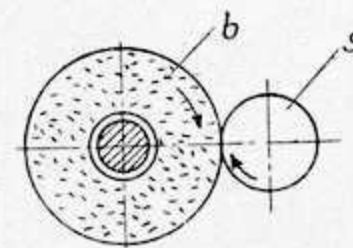
různých délek a průměrů. Vždy volíme pokud možno nejsilnější a nejkratší. Na obr. 333 je broušení otvoru. Po skončení broušení nutno sklídlo důkladně vyčistit.

Při broušení čelních ploch, obr. 334, musí být brusný kotouč větší. Kuželové plochy vnější i vnitřní se brousí stejným způsobem jako válcové plochy, jen natočíme suport s brusem o příslušný úhel, nebo brousíme nastavením pravítka podobně, jako bylo popsáno při soustružení kuželů, oddíl 22.

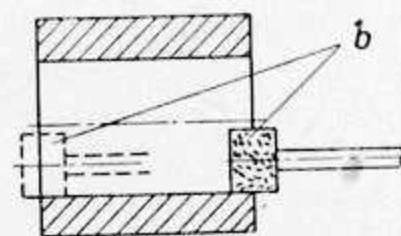
Značení brousících kotoučů. Pro rozličné práce nutno používat i různých brusů. Není žádný univerzální kotouč, který by se hodil na všechny práce.



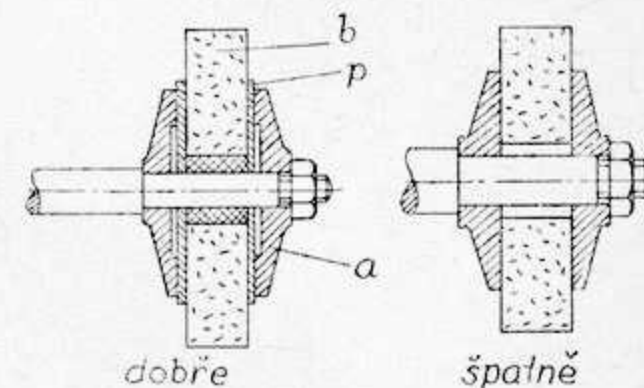
Obr. 327. Broušení na soustruhu. k koník; m motor; s suport; b brus.



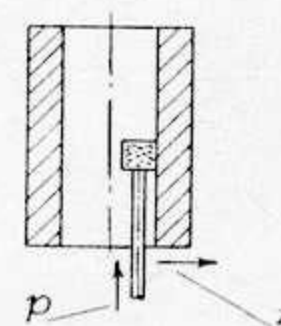
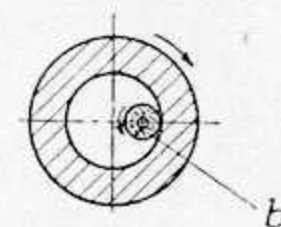
Obr. 329. Broušení na soustruhu. b brus; s součást.



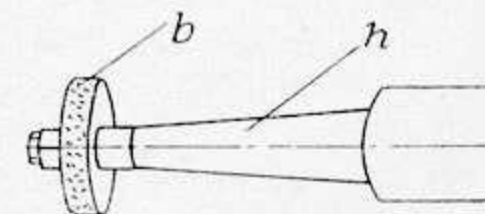
Obr. 331. Broušení na soustruhu. brus b.



Obr. 328. Upnutí brusného kotouče b. p podložka; a upínací příruba.



Obr. 330. Broušení na soustruhu. b brus; p posuv; z záběr.



Obr. 332. Hřídel h nese brusný kotouč b.

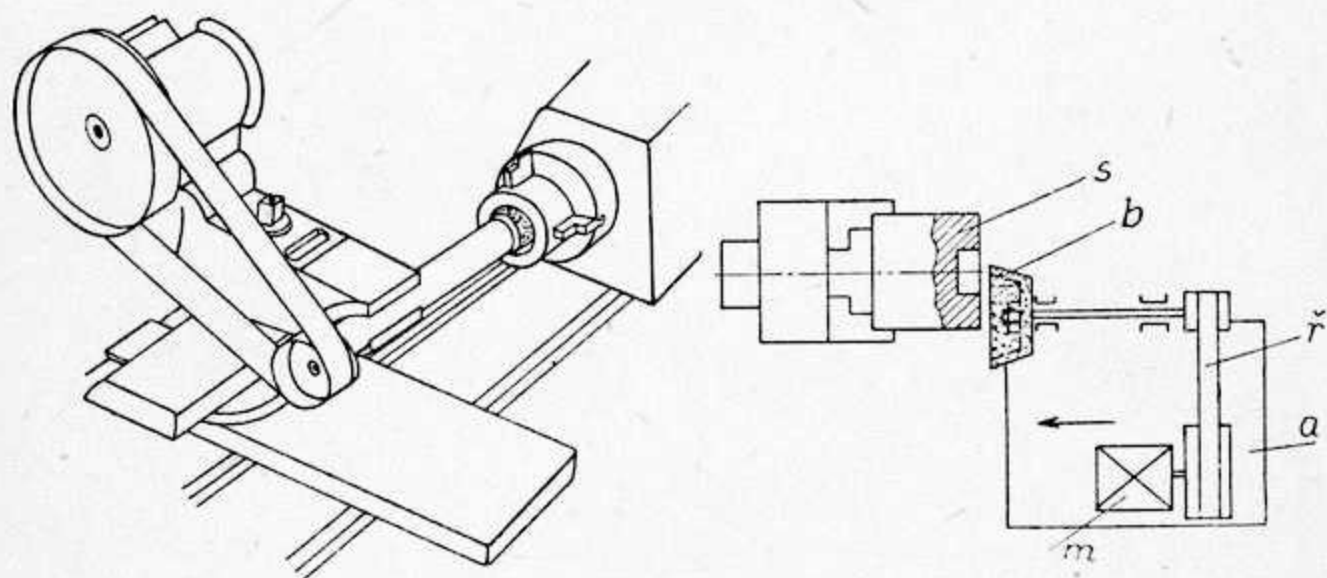
Tvrдость kotoučů bývá obvykle značena velkými písmeny (podle abecedy stoupá).

F, G	velmi měkké,
H, I, J, K	měkké,
L, M, N, O	střední,
P, Q, R, S	tvrdé,
T, U, W, Z	velmi tvrdé.

Velikost zrna se značí číslicemi, které určují počet otvorů síta na 1 palec, jimiž zrno ještě propadne.

4, 6, 8, 10	velmi hrubé,
12, 14, 16, 20, 24	hrubé,
30, 36, 46, 60	střední,
70, 80, 90, 100, 120	jemné,
150, 180, 220, 240	velmi jemné,
280, 320, 400, 500, 600	práškovité.

Tvrдость není dána tvrdostí zrna (které je u všech kotoučů stejně tvrdé), nýbrž pevností tmelu. Otupená zrnka se musí vylomit z tmelu. Čím je tmel tvrdší, tím nesnadněji se vylamují, tím méně se kotouč opotřebí a zdá se být tvrdší. Po čase nutno povrch kotouče srovnat diamantem nebo srovnávacím



Obr. 333. Broušení otvoru na soustruhu. *č* část; *b* brus; *ř* řemen; *a* saně; *m* motorek.

kotoučem. Kotouč má správnou tvrdost pro práci, jakmile se zrna vylamují, když se otupila. K broušení tvrdých hmot volíme kotouče s měkkou vazbou, měkké hmoty brousíme kotoučem s tvrdší vazbou. Vždy je lépe brousit měkším kotoučem, než tvrdým. K broušení kalené oceli používáme jen měkčích a středně tvrdých kotoučů, tvrdosti *G* až *N*. Velikost zrna není už tak důležitá, závisí na ní hlavně hladkost plochy. Na kalenou ocel je nejlepší střední až hrubé zrno, číslo 60 až 20. Na nože z rychlořezné oceli zrno 36 až 46, na velmi jemné ostří 60 až 180. Jen na kalibry volíme zrno 120.

THEORIE A PRAXE

Setkáte se občas se starším odborníkem, který svou práci umí, ale pečlivě tají, jak to dělá, aby to po něm nikdo nedokázal. Dost často však ani sám neví, v čem je podstata jeho zdaru, nebo je jeho „tajemství“ už dávno známé. Většina podobných tajemství byla spolehlivě odhalena a prozkoumána prací vědeckých ústavů ve velkých továrnách a jsou uložena v odborné literatuře. Vznikla tak obsáhlá *theorie soustružnictví*, která doplňuje a někdy i opravuje praxi. Tím, že nám předává zkušenosti a výsledky jiných, chrání nás před chybami, které nakonec dělá každý, kdo dělá novou věc. Když už se učíme chybami, je lépe učit se na chybách cizích, ne na svých. Také nemá smyslu vymýšlet znovu věci, které neznáme, ač jsou jiným už dávno známy. Je to zbytečné plýtvání časem, vždy začínáme tam, kde jiní přestali a ne někde v mlhavé nejistotě jako Robinson na pustém ostrově.

Není sice pravda, že přečtením knihy se už člověk stává odborníkem; může se však naučit mnoho užitečných věcí, zvláště z odlehlých oborů svého řemesla, v nichž sám nepracuje. Odborníkem se stane, až theoretické vědomosti z knih důkladně prozkouší a opraví vlastní zkušeností. Jednoduché a praktické výklady I. dílu jsou v tomto II. dílu doplněny podrobnostmi, které nám stačí ke studiu speciálních pojednání v odborné literatuře.

35. Vysvětlení několika fyzikálních a technických pojmů.

Je uvedeno jen několik důležitých pojmů, s nimiž se setkáte při dalším studiu soustružnictví.

Atmosféra technická, zkratka *at*, je tlak 1 kg na 1 cm². Nutno odlišit od atmosféry fyzikální, zkrácené *Atm*, která je tlakem 760 mm vysokého sloupce rtuti (nebo 10,333 m vysokého sloupce vody) při 0° C, čili tlak 1,0333 kg/cm².

Cementování (povrchové tvrzení oceli uhlíkem); ocel zahříváme v uhlíci hmotě; tím vniká do povrchu v hloubce 0,2 až 2 mm uhlík a po vyžhání se dá povrch zakalit, kdežto jádro (vnitřek) zůstává měkké a houževnaté.

Hustota je v praxi číslo, udávající, kolikrát je hmota těžší než stejný objem 4° C teplé vody. Protože specifická váha vody je 1 g/cm³ nebo 1 kg/dm³ při 15° C, je hustota číselně rovna specifické váze.

Chemická analýza je chemický rozbor látky, abychom stanovili její složky. Prvky, z nichž jsou látky složeny, značíme chemickými značkami: C = uhlík; Sb = antimon; Sn = cín; Al = hliník; Cr = chrom; Ni = nikl; Co = kobalt; Cu = měď; V = vanad; W = wolfram; Fe = železo, atd.

Ingot je litý blok oceli, který se bude dále kovat nebo válcovat. Byl odlit do formy, zvané kokila.

Kalení je tvrzení rychlým ochlazením. Tvářením za studena (na př. vyklepáním) kov také ztuhne; říkáme tomu zpevnění.

Kalorie, zkratka kcal (přesněji kilokalorie) je množství tepla k ohřátí 1 l vody o 1° (ze 14,5° na 15,5° C). K ohřátí 1 g vody o 1° je třeba 1 malé kalorie = 1 cal; 1 kcal = 1000 cal.

Makroskopické zkoušení kovů je vyšetřování ploch lomů a leptaných ploch (výbrusů) pouhým okem nebo lupou (na rozdíl od zkoumání mikroskopem). Hledáme trhliny, oduhličení okraje, dutiny a j.

Molekuly jsou nejmenší částice chemické sloučeniny.

Nitridování, tvrzení oceli dusíkem, je tvrzení povrchové vrstvy v hloubce 0,1 až 0,4 mm žiháním při 470–580° C v prostředí, které uvolní dusík (nejčastěji v plynu čpavku).

Normalisační žihání zjemní sloh oceli.

Popouštění (napouštění) je zahřátí kalené oceli (aby se snížila tvrdost), po němž následuje ochlazení pomalé nebo rychlé.

Sloh, struktura je krystalické složení látky.

Specifická váha (též měrná váha) je váha 1 dm³. U oceli je 7,85 kg/dm³, čili 1 dm³ oceli váží 7,85 kg.

Teplotní roztažnost je udána součinitelem teplotní roztažnosti α , který udává, oč se prodlouží délka 1 mm zvýšením teploty o 1° C. U uhlíkové nástrojové oceli je $\alpha = 0,0000174$. Zahřátím tyče 200 mm dlouhé ze 20° na 1000° se zvětší délka o $200 \cdot 980 \cdot 0,0000174 = 3,41$ mm.

Zpevnění je zvýšení pevnosti, způsobené tvářením za studena.

Zušlechťení (zlepšení) je kalení a popouštění na vyšší teplotu (aby klesla tvrdost a stoupla houževnatost).

Žihání je zahřátí a ochlazení, abychom změnili vlastnosti kovu. Ohřátím oceli na 600–800° C a pomalým ochlazením zrušíme vnitřní napětí. Žiháním na vyšší teplotu a pomalým ochlazením ocel změkne.

36. Základy matematiky a technické výpočty.

Tuto kapitolu zařazujeme jen pro úplnost. Zajisté mnohý soustružník zná z počtů víc, než je zde řečeno. Přesto však nebude vadit, když si i tento oddíl přečte; možná, že se přece jen něčemu přiučí, co se později znamenitě hodí; musí umět dobře a přesně počítat, aby nebyl stále odkázán na práci technické kanceláře a mohl si úlohy, na něž narazí, hned sám vyřešit. S rostoucími požadavky a rozvojem techniky má také růst všeobecné technické vzdělání dělníků. Konečně je určitá znalost matematiky a technické fyziky nutná ke studiu odborné literatury. Svět matematických pojmů vniká stále hlouběji do technické práce a je to veliká škoda, když před ním musí člověk ustoupit s pokrčením ramen a říkne: „To je učené, nerozumím.“ Matema-

tika je nástrojem technického myšlení a ukazuje se, že i dělník nakonec tento nástroj potřebuje a musí pak hledět, aby měl nástroj co nejlepší, to jest znal z matematiky co nejvíce. Věřte, vyplácí se to. Stále častěji se budete setkávat s výpočty a podivnými písmenky x a y , bez nichž mnohé by vůbec nešlo vyřešit, jiné by bylo úžasně rozvláčné a nesrozumitelné. Zarážejí nás svou tajemností, ač na nich nic není. Jsou to jen nová slova, která musíme znát tak, jako musíme vědět, co je to goal, křídlo nebo pan soudce při kopané. Hluběji do theorie a odborných základů práce dnes bez znalostí počtů nepronikneme. Počtům se naučíme jen počítáním. Stačí, když několik večerů věnujete pečlivému pročtení a řešení příkladů, abyste osvěžili staré znalosti a upevnili nové. Nic zde není zbytečné, i když třeba právě podobných výpočtů v práci nepotřebujete.

1. Značky a písmena v matematice. + znamená sečítání, čte se „plus“. Odčítání značeno $-$, čti „minus“; $2 + 3$ čti „dvě plus tři“; $2 - 1$ čti „dvě minus jedna“, nebo také „dvě bez jedné“.

Násobení značeno školácky \times ; v technické praxi zavedena místo \times tečka; 2×3 píšeme $2 \cdot 3$, čteme „dvakrát tři“. To nutno dobře pamatovat, tečka značí jen násobení, a proto neděláme žádné jiné tečky v číslech (za tisícem atd.) a místo desetinné tečky píšeme desetinnou čárku dole; $2 \cdot 30$ znamená „dvakrát třicet“; $2,30$ znamená „dvě celé, třicet setin“. Pozor na tento důležitý rozdíl: 3.620 značilo ve starém způsobu psaní tři tisíce šest set dvacet (nyní psáno jen $3\ 620$ bez tečky), dnes to značí třikrát šest set dvacet (3×620).

Dělení je značeno $:$ nebo zlomkovou čarou vodorovnou nebo šikmou $/$;

$$21 : 7 = 3; \frac{21}{7} = 3; 21/7 = 3.$$

Všech tří způsobů se v praxi používá.

$21/(3 \cdot 2) = 21/6$; $18/(2 \cdot 2,5) = 18/5 = 18 : 5$, protože $2 \cdot 2,5 = 2 \times 2,5 = 5$.

Rovnítko $=$ čti „rovná se“; $4 = 8 : 2 = 4$. Chceme-li naznačit, že 8 je větší než 5, napíšeme $8 > 5$. U značky $>$ směřuje šipka vždy k menšímu číslu; můžeme též psát $5 < 8$, pět je menší než 8. Značky $>$, $<$ je v praxi často použito.

Výraz, který je částí jiného výrazu, píše se do závorek; závorky okrouhlé $()$, lomené $[]$, složené $\{ \}$.

Plocha obdélníku se dostane vynásobením jeho stran. Jakých stran, zeptáte se, vždyť o žádných nebyla řeč. Odpověď zní: každých čili *obecných stran*. Jeden zvláštní obdélník (třeba podlaha pokoje) má délku 5, šířku 3 metry; čísla 5, 3 a každé jiné podobné (125; $\frac{1}{2}$; 0,318 atd.) se jmenují čísla *zvláštní*; náš pokoj má podlahu $5 \cdot 3 = 15$ metrů čtverečních = 15 m² (čti metrů na druhou). *Obecné* číslo musíme označit jinak, než zvláštní; je zavedeno značení písmeny abecedy. Délku označme třeba l , šířku $š$ a plochu P ; potom větu „plocha je rovna délce, násobené šířkou“ napíšeme

$$P = l \times š = l \cdot š = l \cdot š.$$

Značku násobení můžeme mezi obecnými čísly vynechat. Stejně jiná čísla, značená a, b, c vynásobíme $a \cdot b \cdot c = abc$. Označíme-li výšku pokoje

h , je krychlový obsah pokoje $V = l \cdot \check{s} \cdot h = l\check{s}h$. Tento vzoreček platí obecně. Můžeme si dosadit:

$$\text{délka } l = 5 \text{ m; šířka } \check{s} = 3 \text{ m; výška } h = 2,5 \text{ m;}$$

$$\text{obsah } V = l\check{s}h = 5 \cdot 3 \cdot 2,5 = 15 \cdot 2,5 = 37,5 \text{ m krychlových} = 37,5 \text{ m}^3.$$

Pamatujme: obecná čísla značena písmeny; obyč. známá čísla písmeny z počátku abecedy (a, b, c, \dots), neznámá z konce (x, y, z). Některých písmen se mezinárodně používá pro určité hodnoty:

- d značí vždy průměr (diameter); r poloměr (radius).
- n značí otáčky; h výšku; v rychlost; P, Q , sílu;
- π (řecké pí) značí Ludolfovo číslo 3,14 pro výpočet kruhu;
- α, β, γ (alfa, beta, gamma) značí úhly.

2. Zlomky (podrobněji dále v odstavci 10). Zlomek $\frac{1}{4}$ vznikne rozdělením jednotky na 4 díly. Pravý zlomek $\frac{3}{4}$ nebo nepravý $\frac{15}{4}$ mají 3 (nebo 15) dílů po $\frac{1}{4}$, s čitatelem 15 a jmenovatelem 4 znamená vlastně dělení 15 : 4, rozdělení 15 jednotek na 4 stejné díly, z nichž každý jest $\frac{3}{4}$.

$$\frac{3}{4} = \frac{6}{8} = \frac{9}{12} = \frac{12}{16} = \frac{15}{20} = \text{rozšiřování zlomku čísly 2, 3, 4, 5.}$$

$$\frac{108}{98} = \frac{54}{48} = \frac{36}{32} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8} = \text{krácení zlomku čísly 2, 3, 6, 12.}$$

Při rozšíření násobíme čitatele (= číslo nahoře, nad zlomkovou čarou) i jmenovatele (číslo dole) týmž číslem. Při krácení dělíme čitatele i jmenovatele týmž číslem. Obě úpravy jsou v praxi velmi užitečné a často používány. Máme na př. $\frac{4}{7}$ změnit ve zlomek, který má ve jmenovateli 21. Je třeba násobit 7 třemi; musíme proto třemi násobit i čitatele 4.

$$\frac{4}{7} = \frac{4 \times 3}{7 \times 3} = \frac{12}{21}; \text{ nebo } \frac{2}{3} = \frac{?}{198} = \frac{?}{3 \times 66} = \frac{2 \times 66}{3 \times 66} = \frac{132}{198}.$$

Čísla 0,5; 0,024; 0,02 jsou desetinnými zlomky; 0,5 čteme „pět desetin“ = $\frac{5}{10}$; 0,02 značí „dvě setiny“ = $\frac{2}{100}$.

$$0,004 = \frac{4}{1000}; 0,024 = \frac{24}{1000}; 0,001 = \frac{1}{1000}; 0,2 = \frac{2}{10}.$$

$$3,5 = 3 \frac{5}{10}; 4,032 = 4 \frac{32}{1000}; 125,03 = 125 \frac{3}{100}.$$

Máme-li napsat $\frac{29}{1000}$ desetinným zlomkem, musí stát za desetinnou čárkou tři místa, neboť 0,29 by bylo $\frac{29}{100}$; přidáváme nulu, $\frac{29}{1000} = 0,029$. Nula se nemůže dát za 29, to bychom měli $\frac{290}{1000} = 0,290 = \frac{29}{100}$.

$$0,090 = \frac{90}{1000} = \frac{9}{100} = 0,09; \frac{900}{1000} = \frac{90}{100} = \frac{9}{10} = 0,9;$$

vidíme, že také desetinné zlomky se dají vykrátit.

Základní početní úkony (opakování).

3. Sčítání. Součet čísel (sčítanců) 8 a 6 je 14; píšeme $8 + 6 = 14$; znaménko + se čte „a“ nebo „plus“. Jednotky, desítky, stovky atd. nutno psát při sčítání pod sebe.

$$\begin{array}{r} 3400 \\ 782 \\ 1910 \\ \hline 6092 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3,4 \\ 0,782 \\ 1,91 \\ \hline 6,092 \end{array} \quad \begin{array}{r} 34,69 + 78,2 + 2,913 = \\ 34,690 \\ + 78,200 \\ + 2,913 \\ \hline = 115,803. \end{array}$$

Ve strojnictví se čísla často zaokrouhlují. Místo 137,652 se počítá s číslem 137,7. Veliká čísla zaokrouhlíme vždy: 2 537 182 je přibližně 2,5 milionu. V technice i nuly za desetinnou čárkou mají význam; 25,00 mm znamená rozměr přesný na setinu milimetru, zatím co 25 mm značí přibližně 25 mm (přesnost není udána). Jak už bylo vyloženo, značí se přesnost v důležitých případech připsáním tolerance; 25 + 0,01 značí, že rozměr může být větší o 0,01 mm, tedy mezi 25,00 až 25,01 mm.

4. Odčítání. Rozdíl mezi čísly 14 a 8 jest 6; píšeme $14 - 8 = 6$; znaménko - se čte „bez“ nebo „minus“.

$$\begin{array}{r} 63\ 194 \\ - 16\ 816 \\ \hline 46\ 378 \end{array} \quad \begin{array}{r} 63,194 \\ - 16,816 \\ \hline 46,378 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2184 - 1315 = \\ 2184 \\ - 1315 \\ \hline 869. \end{array}$$

5. Sčítání a odčítání čísel obecných (= značených písmeny)

$$3 + 5 + 7 = 7 + 3 + 5 = 5 + 3 + 7 = 15; \quad a + b + c = b + a + c = c + a + b;$$

$$(5 - 3) + 3 = 5 \text{ (nepíšeme } + 5); \quad (a - b) + b = a \text{ (nepíšeme } + a).$$

$$7 + 3 - 4 = 3 - 4 + 7 = 6; \text{ pořadí sčítanců se může zaměnit.}$$

Nutno dát pozor při odstraňování závorek. Je-li před závorkou -, pak se při vynechání závorečky znaménka v závorce mění. Závorku za + můžeme vynechat beze změny znamének.

$$\begin{array}{ll} 11 + (5 + 3) = 11 + 5 + 3 & a + (b + c) = a + b + c \\ 11 + (5 - 3) = 11 + 5 - 3 & a + (b - c) = a + b - c \\ 11 - (5 + 3) = 11 - 5 - 3 & a - (b + c) = a - b - c \\ 11 - (5 - 3) = 11 - 5 + 3 & a - (b - c) = a - b + c. \end{array}$$

$2a + 3a = 5a$, kde a značí libovolnou věc (třeba šrouby).

$$a + a = 1a + 1a = 2a; \quad 0,7a + a = 0,7a + 1a = 1,7a;$$

$$0,765a + 0,432a = 1,197a.$$

$$8a - 5a = 3a; \quad a - a = 1a - 1a = 0; \quad P - P = 0;$$

$$9a + 10b - 6a - 5b = 3a + 5b,$$

kde a značí třeba šrouby a b značí jejich podložky;

$$3,14d - 1,57d = 1,57d; \quad 0,7P - 0,32P = 0,38P.$$

6. Násobení. Znásobením dvou čísel vzniká součin. Děti ve škole píšou značku násobení \times , v praxi se píše \cdot (tečka).

$$10 \times 27 = 10 \cdot 27 = 270, \quad 1000 \cdot 27 = 27\,000 = (\text{připisování nul}).$$

$$\left. \begin{array}{l} 10 \cdot 12,672 = 126,72 \\ 100 \cdot 12,672 = 1267,2 \end{array} \right\} \text{desetinná čárka se posouvá vpravo.}$$

Obdélníkový pozemek má strany 87,2 m a 23,4 m. Jeho plocha je

$$\begin{array}{r} 87,2 \cdot 23,4 \\ \underline{3488} \\ 2616 \\ \underline{1744} \\ 2040,48 \text{ m}^2 \end{array} \quad \begin{array}{r} 87,2 \cdot 23,4 \\ \underline{1744} \\ 2616 \\ \underline{3488} \\ 2040,48 \text{ m}^2 \end{array}$$

Součin má tolik desetinných míst, jako oba činitele dohromady.

7. **Dělení.** Dělením dvou čísel vzniká podíl; : píše se také / ($4 : 2 = 4/2$).

$$2800 : 100 = 28; \quad 6472 : 100 = 64,72 \text{ (oddělení desetinných míst).}$$

$$\left. \begin{array}{l} 31\,263 : 10 = 3126,3 \\ 31,3 : 100 = 0,313 \end{array} \right\} \text{desetinná čárka se posouvá vlevo!}$$

Obvod kruhu $d \cdot \pi$ je 184,1 m. Jeho průměr d je (obvod : π) = $184,1 : 3,14$, t. j.

$$\begin{array}{r} 18\,410 : 314 = 58,6 \text{ m} = d. \\ \underline{2710} \\ 1980 \end{array}$$

Dělitel musí být vždy celé číslo; desetinná čárka se proto posune u dělece i dělitele o stejný počet míst vpravo.

8. **Násobení a dělení obecných čísel.**

$$2a \times 3b = 2a \cdot 3b = 2 \cdot 3 \cdot a \cdot b = 6a \cdot b = 6ab.$$

$6ab$ = součin; 6, a , b jsou činitele; pořadí činitelů se může zaměnit.

$$6 \cdot 0,433a = 2,598a; \quad 3,14r \cdot 4v = 12,56 \cdot r \cdot v = 12,56rv.$$

$$0,0014 \cdot P \cdot l \cdot 600 = 600 \cdot 0,0014 \cdot Pl = 0,84Pl.$$

Stejně jako $5 \cdot (7 + 3) = 5 \cdot 7 + 5 \cdot 3 = 35 + 15 = 50$ platí též

$$n \cdot (a + b) = na + nb; \quad 8(P + Q) = 8P + 8Q.$$

Součet (v závorce) násobíme číslem, když jím násobíme každý sčítanec; $(20a + 30b) \cdot 4x = 80ax + 120bx$;

$ax + a = a \cdot x + a \cdot 1 = a \cdot (x + 1)$ = vytčení společného činitele a před závorku; $100P + 100Q = 100(P + Q)$. Vzorec se tím někdy zjednoduší.

$0,7d + 1,4d_1 + 2,1d_2 = 0,7(d + 2d_1 + 3d_2)$; u d jsou zde indexy $1, 2$, jimiž různé průměry d odlišíme od sebe; první průměr d_1 , druhý d_2 atd.

Stejně jako $(8 + 4) : 2 = 8 : 2 + 4 : 2 = 4 + 2 = 6$ platí též

$$(a + b) : n = a : n + b : n = a/n + b/n.$$

Součet dělíme číslem, dělíme-li jím každý sčítanec.

9. **Čísla kladná a záporná.** Vpravo od nuly jsou čísla kladná (= jmění), vlevo záporná (= dluh).

$$- \leftarrow -5 \quad -4 \quad -3 \quad -2 \quad -1 \quad 0 \quad +1 \quad +2 \quad +3 \quad +4 \quad +5 \rightarrow +$$

$$(+3) + (-3) = 0;$$

$$(+3) + (-7) = -4;$$

$$(+3) - (+7) = -4;$$

$$(-2) + (-5) = -7;$$

$$(+3) \cdot (+4) = (-3) \cdot (-4) = +12;$$

$$(+3) \cdot (-4) = (-3) \cdot (+4) = -12;$$

$$a + (-a) = a - a = 0;$$

$$(-a) + (+b) = -a + b = b - a;$$

$$(-a) - (-b) = -a + b = b - a;$$

$$(+a) - (-b) = a + b;$$

$$(-a) + (-b) = -a - b = -(a + b);$$

$$(+a) \cdot (+b) = (-a) \cdot (-b) = +ab$$

$$(+a) \cdot (-b) = (-a) \cdot (+b) = -ab.$$

Z příkladů se dá odvodit několik pravidel. Vynásobením dvou čísel o stejném znaménku dostaneme vždy kladné číslo; vynásobením dvou čísel o různém znaménku vyjde vždy záporné číslo. Počítání s $+$ a $-$ čísly není už pro soustružníka v praxi tak nutné, je však dobře, když je zná. Je nutno nastudovat v učebnici algebry cvičení (na příkladech).

10. **Počítání se zlomky.** Má zvláště u soustružníků značný praktický význam při výpočtech výměnných kol, kuželů a j. Bude proto opakováno trochu podrobněji.

$$3 : 4 = \frac{3}{4} = 0,75, \text{ nebo } a : b = \frac{a}{b} = a/b.$$

Čísel 3 ve zlomku $\frac{3}{4}$ udává, že $\frac{1}{4}$ máme vzít třikrát. Jmenovatel 4 udává, na kolik dílů máme celek dělit.

Bylo už řečeno, že *rozšíření* zlomku značí násobení čitatele i jmenovatele týmž číslem.

$$\frac{3}{4} = \frac{3 \cdot 5}{4 \cdot 5} = \frac{15}{20}, \text{ nebo } \frac{3}{4} = \frac{3 \cdot 7}{4 \cdot 7} = \frac{21}{28}, \text{ nebo } \frac{3}{4} = \frac{3 \cdot a}{4 \cdot a} = \frac{3a}{4a}.$$

$$\frac{0,3P}{0,2Q} = \frac{3P}{2Q} \text{ rozšířením deseti; } \frac{m}{4} = \frac{m \cdot n}{4n}.$$

Krácení zlomku značí dělení čitatele i jmenovatele týmž číslem.

$$\frac{250}{300} = \frac{250 : 50}{300 : 50} = \frac{5}{6}; \quad \frac{27}{36} \text{ vykrácením devíti dá } \frac{3}{4}; \quad \frac{3,14}{3,14d} = \frac{1}{d}.$$

$$\frac{100P}{450Q} = \frac{2P}{9Q}; \quad \frac{5\pi n}{\pi} = \frac{5n}{1} = 5n, \text{ protože } \frac{3}{1} = 3; \quad \frac{a}{1} = a; \quad \frac{3b}{1} = 3b.$$

Je-li v čitateli součet, můžeme někdy vydělením jmenovatelem zlomek odstranit. Pozor na postup, je-li v čitateli součin.

$$\frac{12a + 18b + 6c}{6} = 2a + 3b + c;$$

$$\frac{12a \cdot 18b \cdot 6c}{6} = 12a \cdot 18b \cdot c = 216abc.$$

U součtu dělíme *každý* sčítanec, u součinu dělíme jen *jeden* činitel.

Zlomek $\frac{21}{27}$ má mít na př. jmenovatel 36.

$$\frac{21}{27} = \frac{21 : 3}{27 : 3} = \frac{7}{9}, \text{ zkráceno; } \frac{7}{9} = \frac{7 \cdot 4}{9 \cdot 4} = \frac{28}{36} \text{ (rozšířeno).}$$

$$\frac{12}{33} = \frac{4}{11} = \frac{32}{88}; \quad \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = \frac{21}{35}$$

Někdy se setkáme se zlomkem *složeným*, který má v čitateli nebo i ve jmenovateli opět zlomek. Převéde se na zlomek jednoduchý, který má v čitateli součin vnějších členů, ve jmenovateli součin vnitřních členů.

$$\frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} = \frac{a \cdot d}{c \cdot b}; \quad \frac{\frac{a}{b}}{c} = \frac{a}{b \cdot c} = \frac{a \cdot 1}{c \cdot b} = \frac{a}{c \cdot b}; \quad \frac{a}{\frac{c}{d}} = \frac{a \cdot d}{c} = \frac{a \cdot 1}{c} = \frac{a \cdot d}{c \cdot d}$$

$$\frac{8}{25,4} = \frac{\frac{8}{1}}{25,4} = \frac{3 \cdot 8}{25,4} = \frac{24}{25,4} = \frac{24 \cdot 10}{25,4 \cdot 10} = \frac{240}{254} = \frac{24 \cdot 5}{25,4 \cdot 5} = \frac{120}{127}$$

Pro *sčítání* musí mít zlomky stejné jmenovatele. Máme na př. sečíst zlomky $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}$.

$$\frac{1}{2} = \frac{1 \cdot 6}{2 \cdot 6} = \frac{6}{12}; \quad \frac{2}{3} = \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 4} = \frac{8}{12}; \quad \frac{3}{4} = \frac{3 \cdot 3}{4 \cdot 3} = \frac{9}{12};$$

$$\text{součet } \frac{6 + 8 + 9}{12} = \frac{23}{12}$$

Vidíme, že sčítáme čitatele a jmenovatele napíšeme jen jednou.

$$\frac{6}{a} + \frac{3}{a} - \frac{5}{a} = \frac{6 + 3 - 5}{a} = \frac{4}{a}; \quad \frac{d}{4} - \frac{x}{4} = \frac{d - x}{4};$$

$$a + \frac{a}{3} = \frac{3}{3}a + \frac{1}{3}a = \frac{3a + a}{3} = \frac{4a}{3};$$

$$P - \frac{P}{4} = \frac{4P}{4} - \frac{P}{4} = \frac{4P - P}{4} = \frac{3P}{4}$$

Zlomek *násobíme* číslem, násobíme-li čitatele nebo dělíme jmenovatele.

$$\frac{a}{b} \cdot 4 = \frac{4a}{b}; \quad \frac{m}{5n} \cdot 5 = \frac{m}{5n : 5} = \frac{m}{n}$$

Zlomek *dělíme* číslem, dělíme-li čitatele nebo násobíme jmenovatele.

$$\frac{60\pi n}{a} : 5 = \frac{12\pi n}{a}; \quad \frac{Pv}{60} : 75 = \frac{Pv}{60 \cdot 75}; \quad \text{několik příkladů:}$$

$$\frac{3}{4} \cdot 6 = \frac{3 \cdot 6}{4} = \frac{18}{4} = \frac{9}{2} = 4\frac{1}{2} = 4,5; \quad \frac{7}{9} \cdot 8 = \frac{7 \cdot 8}{9} =$$

$$= \frac{56}{9} = 6\frac{2}{9}; \quad \frac{7}{8} \cdot 4 = 3\frac{1}{2}$$

$$9 \cdot 5\frac{3}{5} = (9 \cdot 5) + (9 \cdot \frac{3}{5}) = 45 + \frac{9 \cdot 3}{5} = 45 + \frac{27}{5} = 45 + 5\frac{2}{5} = 50\frac{2}{5}$$

$$3 \cdot 6\frac{4}{7} = ? \quad 3 \cdot 6 = 18; \quad 3 \cdot \frac{4}{7} = \frac{12}{7} = 1\frac{5}{7}; \quad \text{sečtením } 18 + 1\frac{5}{7} = 19\frac{5}{7}$$

Zlomek *násobíme zlomkem* vynásobením čitatele čitatelem a jmenovatele jmenovatelem.

$$\frac{5}{8} \cdot \frac{1}{3} = \frac{5 \cdot 1}{8 \cdot 3} = \frac{5}{24}; \quad \frac{5}{8} \cdot \frac{2}{3} = \frac{5 \cdot 2}{8 \cdot 3} = \frac{10}{24} = \frac{5}{12}$$

$$\frac{m}{n} \cdot \frac{2}{3} = \frac{2 \cdot m}{3 \cdot n} = \frac{2m}{3n}; \quad \frac{a}{x} \cdot \frac{b}{a} = \frac{ab}{ax} = \frac{b}{x} \text{ po vykrácení číslem } a.$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{b}{a} = \frac{ab}{ab} = 1; \quad \text{každé číslo násobené svou převrácenou hodnotou dá 1.}$$

Převrácená hodnota z a/b je b/a ; z a je převrácená hodnota $1/a$; převrácená hodnota 5 je $1/5$ a $5 \cdot 1/5 = 5/5 = 1$; převrácená hodnota $3/7$ je $7/3$.

Zlomek *dělíme*, násobíme-li jeho převrácenou hodnotou.

$$\frac{5}{8} : \frac{3}{7} = \frac{5}{8} \cdot \frac{7}{3} = \frac{35}{24}; \quad \frac{5}{8} : \frac{7}{3} = \frac{5}{8} \cdot \frac{3}{7} = \frac{15}{56}; \quad \frac{a}{b} : \frac{5}{6} = \frac{6a}{5b};$$

$$a : \frac{d}{4} = a \cdot \frac{4}{d} = \frac{4a}{d}; \quad 1 : \frac{P}{Q} = 1 \cdot \frac{Q}{P} = \frac{Q}{P}; \quad \frac{2}{3} : \frac{4}{5} = \frac{10}{12} = \frac{5}{6}$$

11. Převod zlomků obyčejných na desetinné.

$$\frac{1}{4} = 1 : 4 = 0,25; \quad \frac{1}{3} = 1 : 3 = 0,333 \dots; \quad 0,33 = \frac{33}{100};$$

$$\frac{5}{8} = 5 : 8 = 0,625; \quad 0,3 = \frac{3}{10}; \quad 0,75 = \frac{75}{100} = \frac{3}{4};$$

$$4,75 = 4\frac{75}{100} = 4\frac{3}{4}; \quad 0,4 = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}; \quad 18,7 = 18\frac{7}{10}$$

12. Mocniny. Místo $2 \cdot 2$ píšeme 2^2 , čti „dvě na druhou“. Obecně $a \cdot a = a^2$; $d^3 = d \cdot d \cdot d$; $m^4 = m \cdot m \cdot m \cdot m$ (čti „m na čtvrtou“). V mocnině a^2 je a základ, 2 mocnitel (exponent).

$$a^2 \cdot a^2 = a \cdot a \cdot a \cdot a = a^4 = a^{2+2}; \quad \text{exponenty se sčítají.}$$

$$b^2 \cdot b^3 = b^{2+3} = b^5 \quad (\text{čti „bé na pátou“}).$$

$$\frac{a^3}{a^2} = \frac{a \cdot a \cdot a}{a \cdot a} = a^1 = a; \quad \frac{b^5}{b^3} = b^{5-3} = b^2; \quad \text{exponenty se odčítají.}$$

$$(a \cdot b)^2 = (a \cdot b) \cdot (a \cdot b) = a \cdot b \cdot a \cdot b = a \cdot a \cdot b \cdot b = a^2 \cdot b^2;$$

$$(2\pi r)^2 = 2^2 \cdot \pi^2 \cdot r^2 = 4r^2\pi^2;$$

$$\left(\frac{a}{b}\right)^2 = \frac{a^2}{b^2}; \quad \left(\frac{m}{n}\right)^3 = \frac{m^3}{n^3}; \quad \left(\frac{3}{4}\right)^2 = \frac{3^2}{4^2} = \frac{9}{16}; \quad \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1^3}{2^3} = \frac{1}{8}$$

Zvlášť nutno dávat pozor na desetinná místa.

$$(0,1)^2 = 0,1^2 = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01; \quad 0,5^3 = 0,125; \quad 10^3 = 1000; \quad 10^2 = 100.$$

$$0,4^2 = 0,16; \quad (d/2)^2 = d^2/4; \quad (3m/2)^2 = 9m^2/4.$$

13. Odmocniny. U druhé odmocniny odmocnitel nepíšeme; $\sqrt{9} = \sqrt{9} = 3$, protože $3^2 = 9$.

$$\sqrt[3]{64} = 4, \text{ protože } 4^3 = 64; \sqrt[4]{16} = 2, \text{ protože } 2^4 = 16.$$

$$\sqrt[3]{1000} = 10; \sqrt{a^2} = a; \sqrt[3]{d^3} = d; \sqrt{100} = 10;$$

$$\sqrt{3a^2} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{a^2} = a\sqrt{3}.$$

$$\sqrt{4 \cdot 9} = \sqrt{4} \cdot \sqrt{9} = 2 \cdot 3 = 6; \sqrt{ab} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b};$$

$$\sqrt[3]{m \cdot n^2} = \sqrt[3]{m} \cdot \sqrt[3]{n^2}.$$

$$\sqrt{\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{4}}{\sqrt{9}} = \frac{2}{3}; \sqrt[3]{\frac{27}{64}} = \frac{\sqrt[3]{27}}{\sqrt[3]{64}} = \frac{3}{4}; \sqrt{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{d}{2} \sqrt{\pi}.$$

$$\sqrt{0,01} = \sqrt{1/100} = \sqrt{1}/\sqrt{100} = 1/10 = 0,1; \sqrt[3]{0,001} = 0,1.$$

Jistotu při počítání s mocninami a odmocninami získáme jen vyřešením četných příkladů (stačí učebnice počtů pro nižší střední školy). Odmocniny čísel počítáme podle tabulek; ukázka s návodem k použití uvedena vzadu.

14. Rovnice. Rovnice vyjadřuje rovnost dvou výrazů; $75 \cdot N = P \cdot v$ nebo $4 = 2 \cdot 2$ jsou rovnice. Též dělník se v praxi často setká s řešením jednoduchých rovnic. Řešit rovnici znamená vypočítat jeden její člen, známe-li ostatní. K oběma stranám rovnice smíme stejné číslo přičíst nebo odečíst (je-li $4 = 2 \cdot 2$, je též $4 + 3 = 2 \cdot 2 + 3$); obě strany smíme týmž číslem násobit nebo dělit (je-li $2 \cdot 6 = 3 \cdot 4$, je i $2 \cdot 6 \cdot 5 = 3 \cdot 4 \cdot 5$); obě strany smíme zaměnit.

Příklad 1. Rovnice $75N = Pv$; vydělíme obě strany 75.

$$\frac{75N}{75} = \frac{Pv}{75}, \text{ a protože } \frac{75N}{75} = N, \text{ máme } N = \frac{Pv}{75}.$$

Je-li $P = 300$, $v = 5$, je $N = 300 \cdot 5 : 75 = 1500 : 75 = 20$. Z téže rovnice hledáme P . Dáno $Pv = 75N$. Vydělíme obě strany v

$$\frac{Pv}{v} = \frac{75N}{v}, \text{ čili } P = \frac{75N}{v}.$$

Je-li na př. $N = 35$, $v = 7$, je $P = 75 \cdot 35 : 7 = 375$.

Z téže rovnice $Pv = 75N$ hledáme v ; vydělíme obě strany číslem P a dostaneme

$$\frac{Pv}{P} = \frac{75N}{P}, \text{ čili } v = \frac{75N}{P}.$$

Je-li $N = 13$, $P = 90$, vyjde $v = 75 \cdot 13 : 90 = 10,833$.

Příklad 2. Rovnice $F = gh : 2$; máme určit $g = ?$ Dáno $F = \frac{gh}{2}$; násobíme dvěma: $2F = \frac{gh \cdot 2}{2} = gh$; dělíme h a dostáváme

$$\frac{2F}{h} = \frac{gh}{h} = g, \text{ čili } g = \frac{2F}{h}.$$

Příklad 3. Hledáme průměr d z rovnice $v = \frac{\pi d n}{60}$; násobením šedesáti $60v = \pi d n$; vydělením obou stran (πn) dostaneme

$$\frac{60v}{\pi n} = \frac{\pi d n}{\pi n} = d, \text{ čili } d = \frac{60v}{\pi n}.$$

Příklad 4. Z rovnice $a/c = 0,345$ máme určit, kolik je a , c ; dáno $\frac{a}{c} = 0,345$ násobením c je $\frac{a \cdot c}{c} = 0,345 \cdot c$, čili $a = 0,345 \cdot c$; vydělením

$$0,345 \text{ je } \frac{a}{0,345} = c, \text{ čili } c = \frac{a}{0,345}.$$

Příklad 5. Z rovnice $P = 0,785d^2K$ máme určit K , d .

$$\text{Dáno } P = 0,785d^2K; \text{ dělením } (0,785 \cdot d^2) \text{ vyjde } K = \frac{P}{0,785d^2}.$$

Dělením obou stran dané rovnice ($0,785K$) vyjde

$$d^2 = \frac{P}{0,785K}, \text{ čili } d = \sqrt{\frac{P}{0,785 \cdot K}}.$$

V předešlých příkladech 1. až 5. byly uvedeny tvary rovnic, s nimiž se při jednoduchých výpočtech nejčastěji setkáváme.

Příklad 6. Z rovnice $P + Q = 600$ máme určit P , Q . Abychom našli P , odečteme od obou stran Q . Dostáváme

$$P + Q - Q = 600 - Q, \text{ čili } P = 600 - Q.$$

Abychom našli Q , odečteme od obou stran P ; dostáváme

$$P + Q - P = 600 - P, \text{ čili } Q = 600 - P.$$

Je-li na př. $Q = 410$, je $P = 600 - 410 = 190$.

Příklad 7. Dáno $Q - P = 320$; kolik je Q , P ? Přičteme k oběma stranám P a dostaneme

$$Q - P + P = 320 + P, \text{ čili } Q = 320 + P,$$

neboť $-P + P = +P - P = 0$. Odečteme-li nyní od obou stran 320, dostáváme

$$Q - 320 = 320 + P - 320 = P, \text{ protože } 320 \text{ se zrušilo.}$$

Z předešlých dvou příkladů plyne důležité pravidlo: Převědeme-li člen rovnice z jedné strany na druhou, musíme mu dát opačné znaménko.

Dáno $ab + m = n$;

převědění m vpravo $ab = n - m$;

dělení obou stran číslem b je $a = (n - m) : b$.

Příklad 8. Z rovnice $m(a + b) = n$ hledáme m , n .

Vynásobením $m \cdot a + m \cdot b = n$;

převědění $m \cdot b$ vpravo $m \cdot a = n - m \cdot b$;

vydělení číslem m je $a = (n - m \cdot b) : m$;

podobným postupem je $b = (n - m \cdot a) : m$.

Příklad 9. Dána rovnice $\sqrt{a} = 5$; hledáme $a = ?$ Umocníme obě strany $(\sqrt{a})^2 = 5^2$, čili $a = 25$.

Souhrn: Pro řešení rovnic si pamatujeme několik jednoduchých pravidel.

1. Číslo je zbaveno činitele tím, že je oním činitelem vydělíme. Chceme am zbavit m ; vydělíme jím a dostáváme $\frac{am}{m} = (am) : m = a$.

2. Zlomek je zbaven jmenovatele tím, že jmenovatelem násobíme;

$$\left(\frac{a}{x}\right) \cdot x = \frac{ax}{x} = a.$$

3. Odmocninu odstraníme umocněním; $(\sqrt{a})^2 = a = \sqrt{a^2}$.

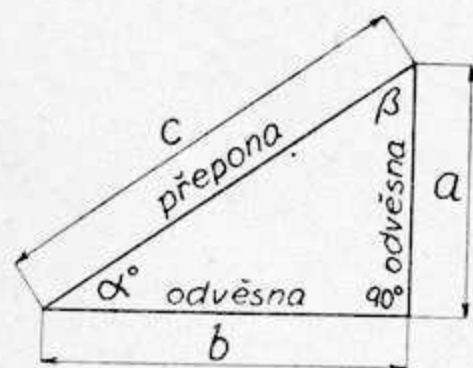
4. Číslo převedeme na nulu tím, že totéž číslo odečteme nebo přičteme; $+a - a = 0$; nebo $-a + a = 0$.

15. Geometrie. Úhel je měřen ve stupních; 1 stupeň = $1^\circ = 60$ minut = $= 60'$; každá minuta = 60 vteřin = $60''$, čili $1^\circ = 60 \cdot 60 = 3600''$. Pravý úhel má 90° . V novější době zaváděno je desetinné dělení úhlů, v němž pravý úhel má 100 stupňů po 100 minutách. Počítání s úhly:

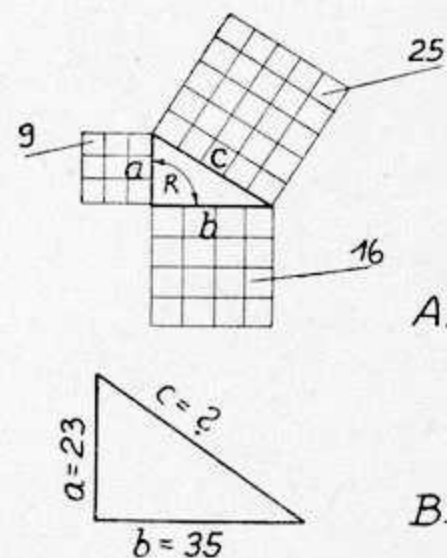
$10^\circ 20'$	80°	$23^\circ 15' \cdot 9$	$360^\circ : 7 = 51^\circ 25\frac{5}{7}'$
$+ 17^\circ 35'$	$- 37^\circ 40'$	$= 209^\circ 15'$	10
$+ 18^\circ 36'$	$= 42^\circ 20'$		$3 \cdot 60 = 180 : 7$
$= 46^\circ 31'$			40

V pravoúhlém trojúhelníku, obr. 335, je součet všech úhlů $\alpha + \beta + 90^\circ = 180^\circ$. Je-li na př. $\alpha = 30^\circ$, je

$$\beta = 180 - 90 - 30 = 60^\circ.$$



Obr. 335. Strany pravoúhlého trojúhelníka.



Obr. 336. Pythagorova věta.

Pythagorova věta praví: Čtverec nad přeponou je roven součtu čtverců nad odvěsnami. Vzorcem:

$$c^2 = a^2 + b^2; \quad c = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad \text{obr. 336-A.}$$

Jsou-li na př. odvěsny podle obr. 336-B, $a = 23$ cm, $b = 35$ cm, je čtverec nad přeponou

$$c^2 = 23^2 + 35^2 = 529 + 1225 = 1754 \text{ cm}^2; \quad c = \sqrt{1754} = 41,9 \text{ cm.}$$

Kdyby byla přepona $c = 60$ cm, odvěsna $a = 45$ cm, je

$$b^2 = 60^2 - 45^2 = 3600 - 2025 = 1575 \text{ cm}^2; \quad b = \sqrt{1575} = 39,7 \text{ cm.}$$

Mocniny a odmocniny počítáme použitím tabulek, uvedených vzadu.

Trigonometrické (úhломěrné) funkce značí poměry stran v pravoúhlém trojúhelníku, obr. 337. Bezpečně nutno znát dvě: sinus a tangens.

Sinus úhlu $\alpha = \sin \alpha = a : c =$ poměr protilehlé strany k přeponě.

Tangens úhlu $\alpha = \text{tg } \alpha = a : b =$ poměr protilehlé strany k přilehlé.

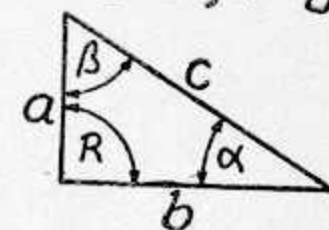
Dalších dvou funkcí (kosinus $\alpha = \cos \alpha = b : c$; kotagens $\alpha = \text{ctg } \alpha = b : a$) zde v jednoduchých výpočtech nepoužíváme.

Hodnoty sin a tg jsou uvedeny v tabulkách vzadu.

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}; \quad a = c \cdot \sin \alpha; \quad c = \frac{a}{\sin \alpha};$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{a}{b}; \quad a = b \cdot \text{tg } \alpha; \quad b = \frac{a}{\text{tg } \alpha}.$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}; \quad \text{tg } \alpha = \frac{a}{b}$$



Obr. 337. Funkce úhlu.

Na prvý pohled vypadají zde používané názvy a vzorce složitě a učeně, zatím však na nich nic není a jsou pro praxi důležitou a výhodnou pomůckou. Uvidíme na příkladech:

Příklad 1. V pravoúhlém trojúhelníku je strana $a = 46$ cm a přepona $c = 80$ cm. Jaký je úhel α ? Víme, že poměr $a : c$ se jmenuje sinus.

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{46}{80} = 0,575.$$

Z tabulky, kde hledáme pod nápisem sinus číslo 0,575, najdeme v levé krajní stupnici 35° , druhý sloupec má nahoře $10'$, čili náš úhel je $35^\circ 10'$ a má sin přesněji 0,57596.

Příklad 2. V pravoúhlém trojúhelníku $a = 40$ mm, $b = 90$ mm. Hledáme úhel α .

$$\text{tg } \alpha = \frac{a}{b} = \frac{40}{90} = 0,4444.$$

V tabulce s nápisem tangens α najdeme, že proti číslu 0,4444 stojí v levém sloupci úhel asi 24° .

Příklad 3. Dána přepona pravoúhlého trojúhelníku $c = 206$ mm a úhel $\alpha = 48^\circ$; hledáme délku strany a .

$$\frac{a}{c} = \sin \alpha, \quad \text{čili } a = c \cdot \sin \alpha = 206 \cdot \sin 48^\circ.$$

Úhel 48° má z tabulky $\sin 48^\circ = 0,74314$; pozor, že u úhlů přes 45° používáme druhého listu tabulek, kde je napsáno sinus dole, úhly jdou vzhůru podle pravé krajní stupnice a tam vedle 48° je 0,74314. Dosazením

$$a = 206 \cdot 0,74314 = 153 \text{ mm.}$$

Příklad 4. Dána strana $b = 314$ mm, úhel $\alpha = 82^\circ$; hledáme délku strany a .

$$\frac{a}{b} = \text{tg } \alpha, \quad \text{čili } a = b \cdot \text{tg } \alpha = 314 \cdot \text{tg } 82^\circ.$$

Z poslední tabulky úhlových funkcí (pro úhly nad 45° je opět nápis tangens dole a úhly podle pravé krajní stupnice) je $\text{tg } 82^\circ = 7,11537$. Dosazením

$$a = 314 \cdot 7,11537 = 2234 \text{ mm.}$$

Příklad 5. Úkos klínu má stoupání 3 : 50. Jaký je úhel klínu, jaké je stoupání v % (t. j. oč stoupne klín na délku 100)?

$$3 : 50 = \frac{3}{50} = \frac{6}{100} = 0,06 = 6\%; \text{ stoupání klínu je } 6\%.$$

Úkos $\text{tg } \alpha = 0,06$; k tomu z tabulky $\alpha = 3^{\circ} 25'$.

V předchozích 15 odstavcích je zhruba probrána matematika v rozsahu, jak ji musí znát každý lepší soustružník, aby mohl samostatně řešit úlohy, s nimiž se v praxi setká. V dalším oddílu budou uvedeny různé praktické výpočty.

37. Výpočty v soustružnické praxi.

Dosud jsme v I. dílu počítali jen výměnná kola pro řezání závitů (jednoduché příklady) a kužele. Zvláště v menší dílně musí soustružník často počítat i úlohy značně složitější; je proto nutné, aby znal v předchozím uvedené základy matematiky a hlavně uměl řešit jednoduché rovnice a počítat úhly za použití \sin a tg . Několik důležitějších úloh bude v dalším podrobněji probráno.

1. Výpočty obvodové (řezné) rychlosti. Soustružený čep má průměr d metrů; při jedné otáčce uběhne bod na obvodu kruhovou dráhu. Obvod kruhu = průměr \times Ludolfovo číslo = $d \cdot \pi = 3,14 \cdot d$. Za 1 minutu koná čep n otáček. Uběhne tedy bod na obvodě dráhu

$$v = \pi \cdot d \cdot n \text{ metrů za min.}$$

Nazýváme ji obvodová nebo řezná rychlost.

Příklad 1. Hřídel o průměru 100 mm = 0,1 m má 60 ot/min = n . Jakou rychlostí je soustružen?

$$v = \pi d n = 3,14 \cdot 0,1 \cdot 60 = 3,14 \cdot 6 = 18,84 \text{ m/min.}$$

Řezná rychlost je 18,84 m za minutu. Nejvhodnější (hospodárné) řezné rychlosti byly stanoveny zkouškami pro různé materiály a nože. Mají význam hlavně při hrubování.

Z rovnice pro řeznou rychlost můžeme určit otáčky n , jaké máme asi nařídít na soustruhu při obrábění určitou řeznou rychlostí.

Dáno $v = \pi d n$; vydělíme obě strany (πd); zbude

$$n = \frac{v}{\pi d} \text{ ot/min: } \begin{matrix} v \text{ metry za min;} \\ d \text{ metry.} \end{matrix}$$

Příklad 2. Budeme hrubovat hřídel z měkké oceli, o průměru $d = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m}$. Z tabulky jsme našli, že je vhodná řezná rychlost $v = 20 \text{ m/min}$. Jaké otáčky dáme soustruhu?

$$n = \frac{v}{\pi d} = \frac{20}{3,14 \cdot 0,04} = \frac{20}{0,1256} = \frac{200\ 000}{1256} = 159 \text{ ot/min.}$$

Nastavíme náhon vřetene tak, aby mělo 159 ot/min nebo nejbliže nižší otáčky. U soustruhů s plynulou regulací otáček (hydraulické rychlostní skříně a pod.) se dá nařídít vypočtená rychlost přesně. Většinou máme starší soustruh, který může pracovat jen několika stupni otáček. V podrobnějších výkladech o řezné rychlosti v (viz dále) najdeme, že se k v připisuje ještě jako index čas v minutách, který nůž při této rychlosti vydrží, než se otupí. Při rychlosti v_{60} vydrží nůž 60 min práce.

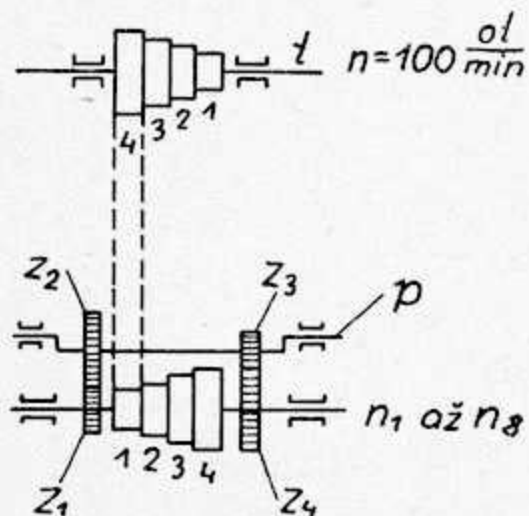
2. Tabulka obvodové a řezné rychlosti

m/min (z otáček a \varnothing součástí).

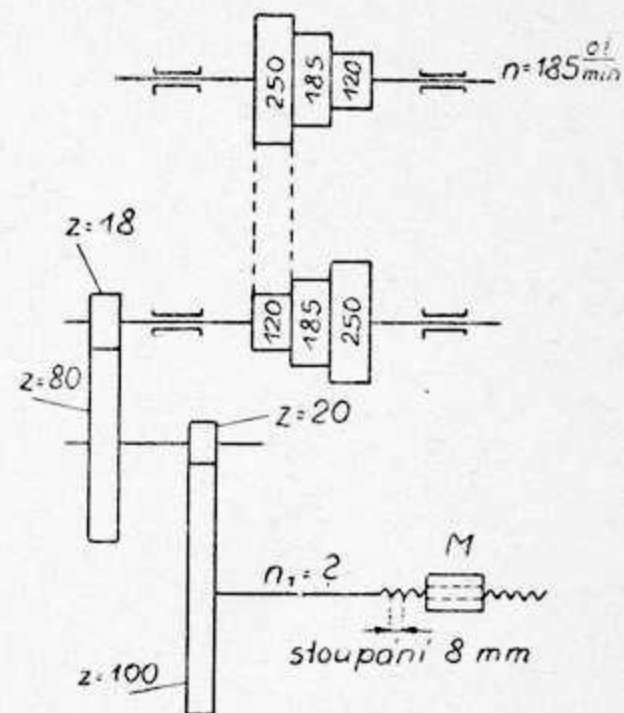
Rychlost m/min	4	6	10	14	18	22	26	30	35	40
\varnothing v mm	otáčky za minutu:									
1	1270	1900	3200	4450	5750	7000	8300	9500	11100	12700
2	640	950	1600	2200	2870	3509	4160	4800	5600	6400
3	425	640	1050	1500	1900	2350	2750	3200	3700	4250
4	320	480	800	1100	1450	1750	2050	2400	2800	3200
6	210	320	530	750	950	1170	1380	1600	1860	2100
8	160	240	400	560	720	875	1050	1200	1400	1600
10	130	190	320	450	570	700	825	950	1110	1300
12	105	160	265	370	480	580	690	800	930	1100
14	90	135	230	320	410	500	590	680	800	900
16	80	120	200	280	360	470	520	600	700	800
18	70	106	180	250	329	390	460	530	620	710
20	65	96	160	225	290	350	415	480	560	640
24	53	79	130	190	240	290	345	400	460	530
28	45	68	115	160	200	250	295	350	400	450
32	40	60	100	140	180	220	260	300	350	400
36	35	53	88	125	160	195	235	280	310	355
40	32	48	79	112	145	175	210	240	280	320
45	28	42	71	100	130	155	180	210	250	285
50	25	38	64	89	115	140	165	190	225	255
55	23	34	58	81	105	130	150	180	200	230
60	21	32	53	74	96	120	140	160	185	210
65	20	30	49	70	89	110	130	145	170	195
70	18	27	46	64	82	100	120	135	160	180
75	17	26	42	60	76	93	110	128	150	170
80	16	24	40	56	72	88	105	120	140	160
90	14	21	35	50	64	77	91	105	125	140
100	13	19	32	45	57	70	83	96	110	125
115	11	17	28	39	50	61	72	84	97	110
120	10,6	16	27	37	48	58	69	80	93	105
125	10	15	25	36	46	56	66	76	89	100
140	9	14	23	32	41	50	60	69	80	91
150	8,5	13	21	30	38	47	56	64	74	86
160	8	12	20	28	36	44	52	60	70	80
175	7,3	11	18	26	33	40	48	55	64	72
180	7,1	10,6	17	25	32	39	46	53	62	71
200	6,4	9,6	16	22	29	35	42	48	56	64
225	5,7	8,6	14,3	20	26	32	37	43	50	57
250	5,1	7,6	12,7	18	23	28	33	38	45	51
275	4,6	7	11,6	16	21	26	30	35	41	47
300	4,3	6,4	10,6	15	19	23	28	32	37	43
325	3,9	5,9	9,9	14	18	22	26	29	34	39
350	3,6	5,6	9,1	13	16	20	24	28	32	36
400	3,2	4,7	7,9	11	14	17	21	24	28	32
450	2,8	4,3	7,1	10	13	16	18	21	25	28
500	2,6	3,8	6,4	9	12	14	17	19	22	26

3. Výpočet otáček a převodů. U staršího soustruhu je nejlépe otáčky vřetena při jednotlivých stupních rychlosti změřit obrátkoměrem (tachometrem). Má tvar hodinek nebo krabičky. Vyčnívající hrot opřeme do důlku součásti, upnuté na vřeteno, aby se točil stejně rychle jako vřeteno. Ručičky ukazují na stupnici otáčky.

Když známe otáčky transmisie, dá se z převodů vypočítat, jak rychle se asi točí vřeteno. Klouzáním řemene vznikají malé ztráty rychlosti.



Obr. 338. Převody u soustruhu.



Obr. 339. Převody u soustruhu.

Příklad. Náhon upraven čtyřstupňovou řemenicí s předlohou podle obr. 338; průměry stupňů $D_1 = 216$; $D_2 = 180$; $D_3 = 144$; $D_4 = 108$ mm. Zuby na předloze: $z_1 = 17$; $z_2 = 34$; $z_3 = 12$; $z_4 = 39$ zubů.

Bez předlohy (je otočena tak, že nezabírá) dostáváme otáčky vřetene:

$$n_1 = \frac{216}{108} \cdot 100 = 200; \quad n_2 = \frac{180}{144} \cdot 100 = 125;$$

$$n_3 = \frac{144}{180} \cdot 100 = 80; \quad n_4 = \frac{108}{216} \cdot 100 = 50.$$

Předloha má převod $P = (z_1 \cdot z_3) : (z_2 \cdot z_4) = (17 \cdot 12) : (34 \cdot 39) = 2 : 13 = 1 : 6,5$. Zapojením předlohy (postavena podle obrázku) dostáváme rychlosti

$$n_5 = n_1 \cdot P = 200 \cdot 1/6,5 = 30,8; \quad n_6 = n_2 \cdot P = 125 \cdot 1/6,5 = 19,2;$$

$$n_7 = n_3 \cdot P = 80 \cdot 1/6,5 = 12,4; \quad n_8 = n_4 \cdot P = 50 \cdot 1/6,5 = 7,5 \text{ ot/min.}$$

Poznámka. Na novějším soustruhu bývá štítek, podle něhož přečteme otáčky vřetene pro různé polohy rychlostních pák nebo řemenů. Tím je výpočet usnadněn. Propočtení novějšího soustruhu s převody uvedeno dále u obr. 343.

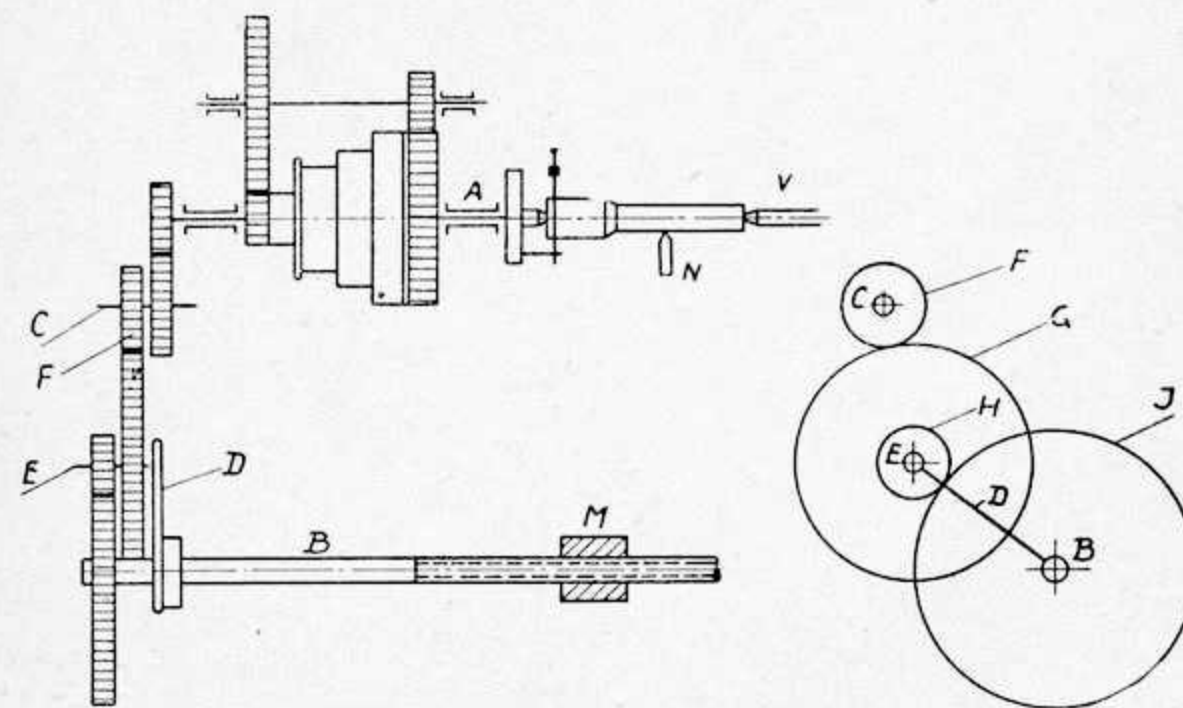
Příklad. Schema náhonu soustruhu je na obr. 339. Jaký největší posuv je možný? Předloha má $n = 185$ ot/min. Převod na vodící šroub je z udaných průměrů řemenic a počtů zubů. Otáčky vodícího šroubu

$$n_1 = 185 \cdot \frac{250}{12} \cdot \frac{18}{80} \cdot \frac{20}{100} = 17,34 \text{ ot/min.}$$

Posuv při 1 otáčce = stoupání 8 mm; max. posuv za minutu $8 \cdot 17,34 = 138,72$ mm.

4. Výpočty převodů pro řezání závitů. Stručně s příklady byly už probrány v I. dílu. Jejich význam u moderních soustruhů poklesl, protože na stroji bývá upevněn štítek, na němž můžeme najít už vypočtené převody a polohy rychlostních páček pro různé závity. Přes to však musí soustružník znát výpočet výměnných kol, neboť často pracuje na starším stroji, kde štítek s převody není, nebo řeže abnormální závit, který není na štítku.

Závity mají stoupání v mm nebo v palcích; $1'' = 25,400$ mm. Závit, který má 8 chodů na 1'' má stoupání $1/8''$. Převod k náhonu od vřetene k vodícímu šroubu (který posouvá zámkovou deskou s nožem) je zpravidla upraven



Obr. 340. Náhon vodícího šroubu B. V koník; N nůž; A vřeteno; C, E čepy výměnných kol; F, G, H, J výměnná kola; D držák výměnných kol; M rozvírací matice v zámkové desce.

podle obr. 340. Prvé výměnné kolo na čepu C má obvykle stejné otáčky jako vřeteno. Převod na vodící šroub je dán velikostí kol F, G, H, J. Má-li vodící šroub stoupání 10 mm, posune se při jedné jeho otáčce nůž o 10 mm, čili řezali bychom závit o stoupání 10 mm. Jsou-li na vodícím šroubu 3 chody na 1'', posune se suport s nožem při třech otáčkách vodícího šroubu o 25,4 mm.

Řežeme na př. závit o stoupání 2 mm; vodící šroub má stoupání 10 mm. Jednou jeho otáčkou se nůž posune o 10 mm, má však vyříznout 5 závitů. Musí se tedy řezaný závit točit pětkrát rychleji. Převod musí být tak upraven, aby se vřeteno otočilo 5krát, zatím co vodící šroub se otočí 1krát. Z toho důležité pravidlo:

$$\text{Převod} = \frac{\text{stoupání řezaného závitu}}{\text{stoupání závitu na vodícím šroubu}} = \frac{\text{hnací kolo}}{\text{hnané kolo}}$$

Příklad 1. Vodicí šroub má palcové stoupání 3 chody na 1", budeme řezat palcový závit, 11 chodů na 1".

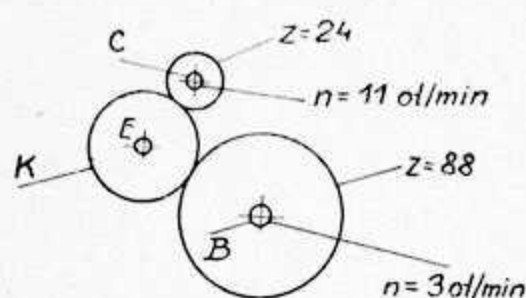
Stoupání závitu 1" : 11; stoupání vodicího šroubu 1" : 3 mm.

$$\text{Převod} = \frac{1 : 11}{1 : 3} = \frac{1}{11} : \frac{1}{3} = \frac{1}{11} \cdot \frac{3}{1} = \frac{3}{11}$$

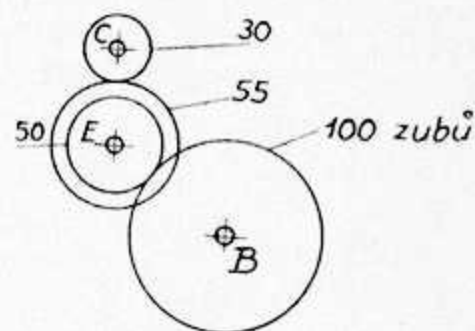
Kolečko se 3 zuby není možné, rozšíříme zlomek převodu tak, abychom dostali výměnná kola, která máme v sadě. Násobením čitatele i jmenovatele na př. osmi (mohli bychom násobit nebo dělit libovolným jiným číslem) je převod

$$\frac{3}{11} = \frac{3 \cdot 8}{11 \cdot 8} = \frac{24}{88} = \frac{\text{hnací kolo}}{\text{hnané kolo}}$$

Vyšla nám výměnná kola se 24 a 88 zuby. Kolo 24 bude jako hnací na čepu C, obr. 341, kolo 88 jako hnané na vodicím šroubu B. Aby spolu zabírala, upravíme



Obr. 341. Převod.



Obr. 342. Převod.

mezi nimi vložené kolo K, které může mít libovolný počet zubů, protože nemá vlivu na převod. Má-li na př. vřeteně a tím i kolo na čepu C 11 ot/min, bude mít vodicí šroub

$$n = (24 \cdot 11) : 88 = 264 : 88 = 3 \text{ ot/min.}$$

Může se stát, že v jednoduchém převodu nám vycházejí počty zubů, které nemáme. Neměli bychom na př. kolo s 88 zuby, máme nejbližší kolo s 55 zuby. Nezbyvá než upravit převod 3 : 11 ve dvojitý převod s využitím tohoto kola. Rozšíříme převod pěti a stem

$$\frac{3}{11} = \frac{3 \cdot 5}{11 \cdot 5} = \frac{3 \cdot 5}{55 \cdot 1} = \frac{30 \cdot 50}{55 \cdot 100} = \frac{\text{hnací kolo}}{\text{hnané kolo}}$$

Kola 30, 50 budou hnací; 55, 100 hnaná. Na čepu C je prvé hnací kolo 30, žene 55, spojené s 50, které žene kolo 100 na vodicím šroubu, obr. 342. Nikdy nesmíme splést kolo hnací a hnané, tím by se převod porušil.

Příklad 2. Řezaný závit má stoupání $\frac{3}{8}$ ", vodicí šroub má 3 běhy na 1", tedy stoupání $\frac{1}{3}$ ".

$$\text{Převod} = \frac{\frac{3}{8}}{\frac{1}{3}} = \frac{3}{8} : \frac{1}{3} = \frac{3}{8} \cdot \frac{3}{1} = \frac{9}{8} = \frac{36}{32} = \frac{45}{40}$$

$$\frac{3 \cdot 3}{2 \cdot 4} = \frac{3 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 15}{2 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 15} = \frac{30 \cdot 45}{20 \cdot 60}$$

Našli jsme dva jednoduché a jeden dvojnásobný převod, který se snadno nastaví z výměnných kol.

Příklad 3. Vodicí šroub má milimetrové stoupání 10 mm; řezaný závit má mít také milimetrové stoupání 4 mm.

$$\text{Převod} = \frac{4}{10} = \frac{4 \cdot 10}{10 \cdot 10} = \frac{40}{100}$$

Na čep C nasadíme kolo 40 zubů, na vodicí šroub 100 zubů a mezi ně libovolně vložené kolo v držáku na čepu E.

Příklad 4. Vodicí šroub má palcový závit, 4 chody na 1"; máme řezat závit s milimetrovým stoupáním 6 mm. Pamatujme, že 5" = 127 mm. Stoupání vodicího šroubu je 1"/4 = 25,4/4 mm.

$$\text{Převod} = \frac{6}{25,4 : 4} = 6 : \frac{25,4}{4} = \frac{6 \cdot 4}{25,4} = \frac{24}{25,4}$$

podle toho, jakým číslem rozšíříme převod, dostáváme různá výměnná kola; rozšířením pěti, dvěma a deseti si převod vhodně upravíme:

$$\frac{6 \cdot 4}{25,4} = \frac{6 \cdot 4 \cdot 5}{127} = \frac{4 \cdot 60}{127 \cdot 2} = \frac{40 \cdot 60}{127 \cdot 20}$$

Příklad 5. Vodicí šroub má milimetrový závit o stoupání 8 mm; máme řezat palcový závit, 8 chodů na 1", čili stoupání 25,4 : 8 mm.

$$\text{Převod} = \frac{25,4}{8} : 8 = \frac{25,4}{8 \cdot 8}; \text{rozšíříme } 6 \frac{1}{2}'' = \text{asi } 165 \text{ mm;}$$

$$\frac{25,4 \cdot 6 \frac{1}{2}}{8 \cdot 8 \cdot 6 \frac{1}{2}} = \frac{165}{8 \cdot 52} = \frac{11 \cdot 15}{8 \cdot 52} = \frac{55 \cdot 15}{40 \cdot 52} = \frac{55 \cdot 30}{80 \cdot 52}$$

Závit není zcela přesný, protože 6 1/2" není přesně 165 mm. 1/8" = 25,4 : 8 = 3,175 mm, vyřizli jsme stoupání

$$\frac{55 \cdot 30 \cdot 8}{80 \cdot 52} = 3,172 \text{ mm, o } \frac{2}{1000} \text{ mm menší.}$$

Prakticky to nevadí, teprve v délce 100 stoupání = 317,3 mm je chyba 0,3 mm.

Několik příkladů pro evičení. Jejich řešením získáme početní zručnost, jež je základem matematiky.

a) Vodicí šroub palcový, řezeme závit palcový.

1. Vodicí šroub má 4 chody na 1", řezeme závit 26 chodů na 1".

$$\text{Převod} \frac{1''}{26} : \frac{1''}{4} = \frac{4}{26} = \frac{2}{13} = \frac{10}{65} = \frac{30 \cdot 40}{65 \cdot 120}$$

Zásadov je nevolit příliš malá kolečka. Na vřeteně kolo 30, žene 65, s nímž je spojeno kolo 40, které žene 120 na vodicím šroubu.

2. Vodicí šroub má 2 chody na 1", řezeme závit 6 3/4 chodů na 1".

$$\text{Převod} \frac{1''}{6 \frac{3}{4}} : \frac{1''}{2} = \frac{2}{6 \frac{3}{4}} = \frac{2}{\frac{27}{4}} = \frac{8}{27} = \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 9} = \frac{80 \cdot 40}{90 \cdot 120}$$

3. Vodicí šroub má 4 chody na 1", řezeme závit 19 1/5 chodů na 1".

$$\text{Převod} \frac{1''}{19 \frac{1}{5}} : \frac{1''}{4} = \frac{4}{19 \frac{1}{5}} = \frac{4}{\frac{96}{5}} = \frac{20}{96} = \frac{5}{24} = \frac{1 \cdot 5}{3 \cdot 8} = \frac{40 \cdot 50}{80 \cdot 120}$$

4. Vodicí šroub má 6 chodů na 1", řezeme závit 45 chodů na 1".

$$\text{Převod} \frac{1''}{45} : \frac{1''}{6} = \frac{6}{45} = \frac{2}{15} = \frac{1 \cdot 2}{5 \cdot 3} = \frac{30 \cdot 40}{90 \cdot 100}$$

5. Vodicí šroub má 2 chody na 1", řezeme závit 56 chodů na 1".

$$\text{Převod} \frac{1''}{56} : \frac{1''}{2} = \frac{2}{56} = \frac{1}{28} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot 4 \cdot 7} = \frac{20 \cdot 20 \cdot 25}{35 \cdot 80 \cdot 100}$$

6. Vodicí šroub má 4 chody na 1", řežeme závit o stoupání $\frac{2}{27}$ ".

Protože můžeme porovnávat jen chody s chody nebo stoupání se stoupáním, převedeme všechny míry na stoupání. Vodicí šroub má stoupání $\frac{1}{4}$ ".

$$\text{Převod } \frac{2}{27} : \frac{1}{4} = \frac{8}{27} = \frac{2 \cdot 4}{3 \cdot 9} = \frac{50 \cdot 40}{75 \cdot 90}$$

7. Vodicí šroub má 8 chodů na 1" (= stoupání $\frac{1}{8}$ "), řežeme závit o stoupání $\frac{5}{8}$ ".

$$\text{Převod } \frac{8}{5} : \frac{1}{8} = \frac{40}{8} = \frac{5}{1} = \frac{1 \cdot 5}{1 \cdot 1} = \frac{75 \cdot 120}{60 \cdot 30} = \frac{120 \cdot 75}{30 \cdot 60}$$

b) Vodicí šroub palcový, řežeme závit milimetrový.

8. Vodicí šroub má 6 chodů na 1", řežeme závit o stoupání $\frac{4}{5}$ mm.

Převádíme stoupání vodicího šroubu na mm použitím kola 127 zubů ($1'' = 25,4$, $\frac{1}{2}'' = 12,7$ mm = $\frac{127}{10}$).

Chodů na	1"	1	2	3	4	5	6	8
Stoupání	mm	$\frac{127}{5}$	$\frac{127}{10}$	$\frac{127}{15}$	$\frac{127}{20}$	$\frac{127}{25}$	$\frac{127}{30}$	$\frac{127}{40}$

Zde máme stoupání vodicího šroubu $\frac{127}{30}$ mm.

$$\text{Převod } \frac{4}{5} : \frac{127}{30} = \frac{4 \cdot 30}{5 \cdot 127} = \frac{24}{127} = \frac{6 \cdot 4}{1 \cdot 127} = \frac{30 \cdot 60}{75 \cdot 127}$$

9. Vodicí šroub má 2 chody na 1", řežeme závit o stoupání 18 mm.

$$\text{Převod } \frac{18}{1} : \frac{127}{10} = \frac{180}{127} = \frac{2 \cdot 90}{1 \cdot 127} = \frac{60 \cdot 90}{30 \cdot 127} = \frac{90 \cdot 60}{30 \cdot 127}$$

c) Vodicí šroub milimetrový, řežeme závit milimetrový.

10. Vodicí šroub má stoupání 6 mm, řezaný závit 0,8 mm.

$$\text{Převod } \frac{0,8}{6} = \frac{8}{60} = \frac{2}{15} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 5} = \frac{20 \cdot 60}{90 \cdot 100}$$

11. Vodicí šroub má stoupání 10 mm, řezaný závit 6 mm.

$$\text{Převod } \frac{6}{10} = \frac{3}{5} = \frac{1 \cdot 3}{1 \cdot 5} = \frac{20 \cdot 120}{40 \cdot 100} = \frac{120 \cdot 20}{40 \cdot 100}$$

d) Vodicí šroub milimetrový, řežeme závit palcový.

12. Vodicí šroub má stoupání 10 mm, řežeme závit 12,5 chodů na 1".

Stoupání vodicího šroubu převádíme na chody na 1".

Stoupání	mm	1	2	3	4	5	6	8	10
Chodů na	1"	$\frac{127}{5}$	$\frac{127}{10}$	$\frac{127}{15}$	$\frac{127}{20}$	$\frac{127}{25}$	$\frac{127}{30}$	$\frac{127}{40}$	$\frac{127}{50}$

$$\text{Převod } \frac{1''}{12,5} : \frac{1''}{\frac{127}{50}} = \frac{127}{12,5 \cdot 50} = \frac{127}{625} = \frac{1 \cdot 127}{5 \cdot 125} = \frac{127 \cdot 20}{100 \cdot 125}$$

13. Vodicí šroub má stoupání 6 mm, řežeme závit 24 chodů na 1".

$$\text{Převod } \frac{1''}{24} : \frac{1''}{\frac{127}{30}} = \frac{127}{24 \cdot 30} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 127}{1 \cdot 6 \cdot 120} = \frac{120 \cdot 20 \cdot 20}{30 \cdot 80 \cdot 120}$$

14. Vodicí šroub má stoupání 4 mm, řežeme závit o stoupání $\frac{1}{16}$ ".

Milimetrové stoupání vodicího šroubu převádíme na palcové; 10 mm = $\frac{127}{50}$ chodů na 1", tedy stoupání 10 mm = stoupání $\frac{50}{127}$ ".

Stoupání	mm	1	2	3	4	5	6	8	10
Stoupání v	"	$\frac{5}{127}$	$\frac{10}{127}$	$\frac{15}{127}$	$\frac{20}{127}$	$\frac{25}{127}$	$\frac{30}{127}$	$\frac{40}{127}$	$\frac{50}{127}$

$$\text{Převod } \frac{1}{16} : \frac{50}{127} = \frac{1 \cdot 127}{16 \cdot 20} = \frac{1 \cdot 127}{4 \cdot 80} = \frac{127 \cdot 25}{80 \cdot 100}$$

15. Vodicí šroub má stoupání 6 mm, řežeme závit o stoupání $\frac{8}{9}$ ".

$$\text{Převod } \frac{8}{9} : \frac{30}{127} = \frac{8 \cdot 127}{9 \cdot 30} = \frac{4 \cdot 127}{9 \cdot 15} = \frac{127 \cdot 100}{45 \cdot 75}$$

5. Výpočet převodů na soustruhu s Nortonovou rychlostní skříní, obr. 343.

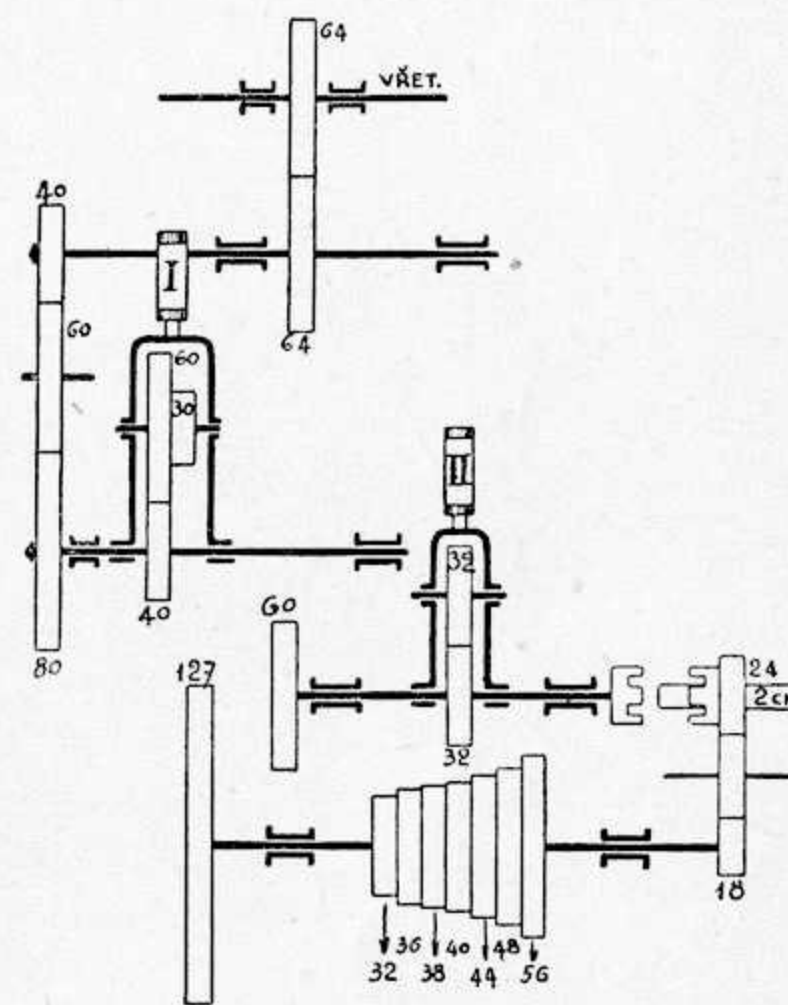
Je tak na př. upraven soustruh Oerlikon. Převodová skříň má dva oddíly. V levém se může držák I. zasunout kolem 60 (jen k přenosu pohybu) nebo 30 (převod) do kola 60 nebo 127. Dostáváme tím 4 převody. Držák II. s přenosným kolem 32 se dá zasunout do sedmi stupňových kol. Bez výměny kol se dá upravit $4 \cdot 7 = 28$ rychlostí, tedy i 28 různých závitů.

Mějme na př. kolo 60 držáku I zasunuto do kola 60 levého oddělení; kolo 32 držáku II do kola 56. Spojka není zapojena. Vodicí šroub má stoupání $\frac{1}{2}$ ".

Převod od vřetene na vodicí šroub bude

$$\frac{64}{64} \cdot \frac{40}{80} \cdot \frac{40}{60} \cdot \frac{32}{56} \cdot \frac{18}{24} \cdot \text{Stoupání řezaného závitu}$$

$$h = \frac{40 \cdot 40 \cdot 32 \cdot 18 \cdot \frac{1}{2}''}{80 \cdot 60 \cdot 56 \cdot 24} = \frac{1''}{14} = 14 \text{ chodů na } 1''.$$



Obr. 343. Nortonova skříň.

Zasuneme-li kolo 30 držáku I do kola 60 a kolo 32 držáku II do kola 48, je stoupání řezaného závitu

$$h = \frac{40 \cdot 40 \cdot 30 \cdot 32 \cdot 18 \cdot \frac{1}{2}''}{80 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 48 \cdot 24} = \frac{1''}{24} = 24 \text{ chodů na } 1''.$$

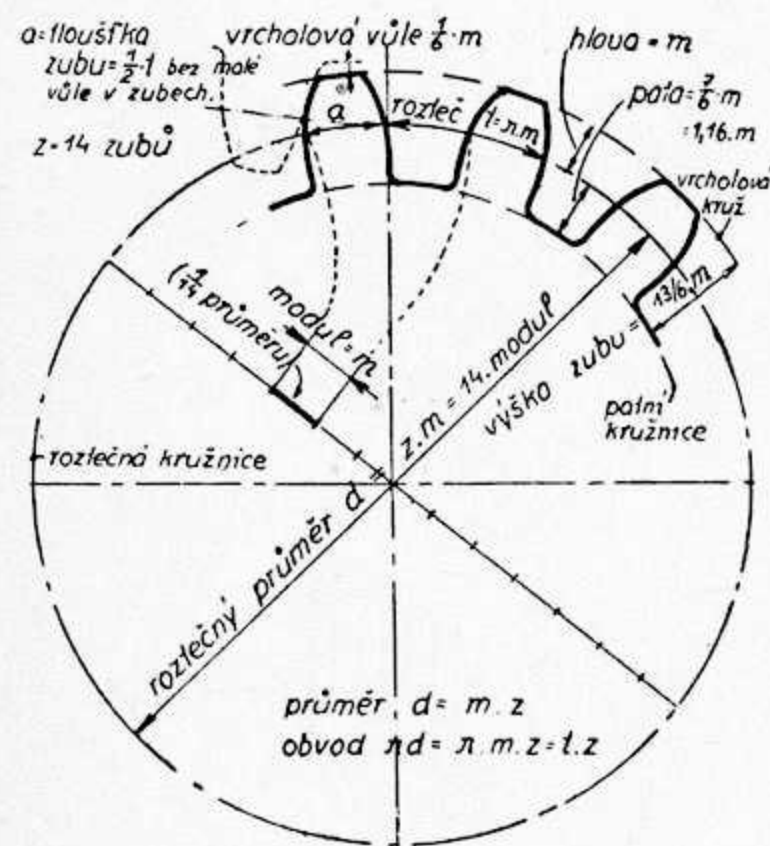
Vsunutím kol držáku I do kola 127 dostáváme milimetrová stoupání. Kolo 60 držáku I zabírá na př. do 127; kolo 32 držáku II do 44. Spojka je zapojena. Stoupání vodicího šroubu $25,4 : 2 = 12,7$ mm. Řežeme závit o stoupání

$$h = \frac{40 \cdot 40 \cdot 44 \cdot 12,7}{80 \cdot 127 \cdot 32} = 2,75 \text{ mm.}$$

Je-li zasunuto kolo 30 držáku I do 127 a kolo 32 držáku II do 40, řežeme závit o stoupání

$$h = \frac{40 \cdot 40 \cdot 30 \cdot 40 \cdot 12,7}{80 \cdot 60 \cdot 127 \cdot 32} = 1,25 \text{ mm.}$$

Tak bychom mohli propočítat tabulku všech 28 závitů, které se dají rezat bez výměny ozubených kol.



Obr. 344. Rozměry ozubeného kola.

$t = 3,14 \cdot 10 = 31,4$ mm, čili zub na roztečné kružnici je tlustý $t : 2 = 31,4 : 2 = 15,7$ mm a zubní mezera je také 15,7 mm. Kdyby mělo 32 zubů, je průměr roztečné kružnice $d = z \cdot m = 32 \cdot 10 = 320$ mm.

Modulové stoupání se jmenuje každé stoupání závitu (šroubu), které je vyjádřeno číslem $\pi = 3,1416\dots$, v milimetrech. Použito na př. u šroubů

6. Modulová stoupání šroubů.

U ozubených kol je zaveden důležitý pojem, *modul*. Je to část průměru roztečné kružnice v mm, kterou dostaneme, dělíme-li průměr počtem zubů, obr. 344. Máli ozubené kolo roztečný průměr 80 mm = d a 20 zubů = z , je modul

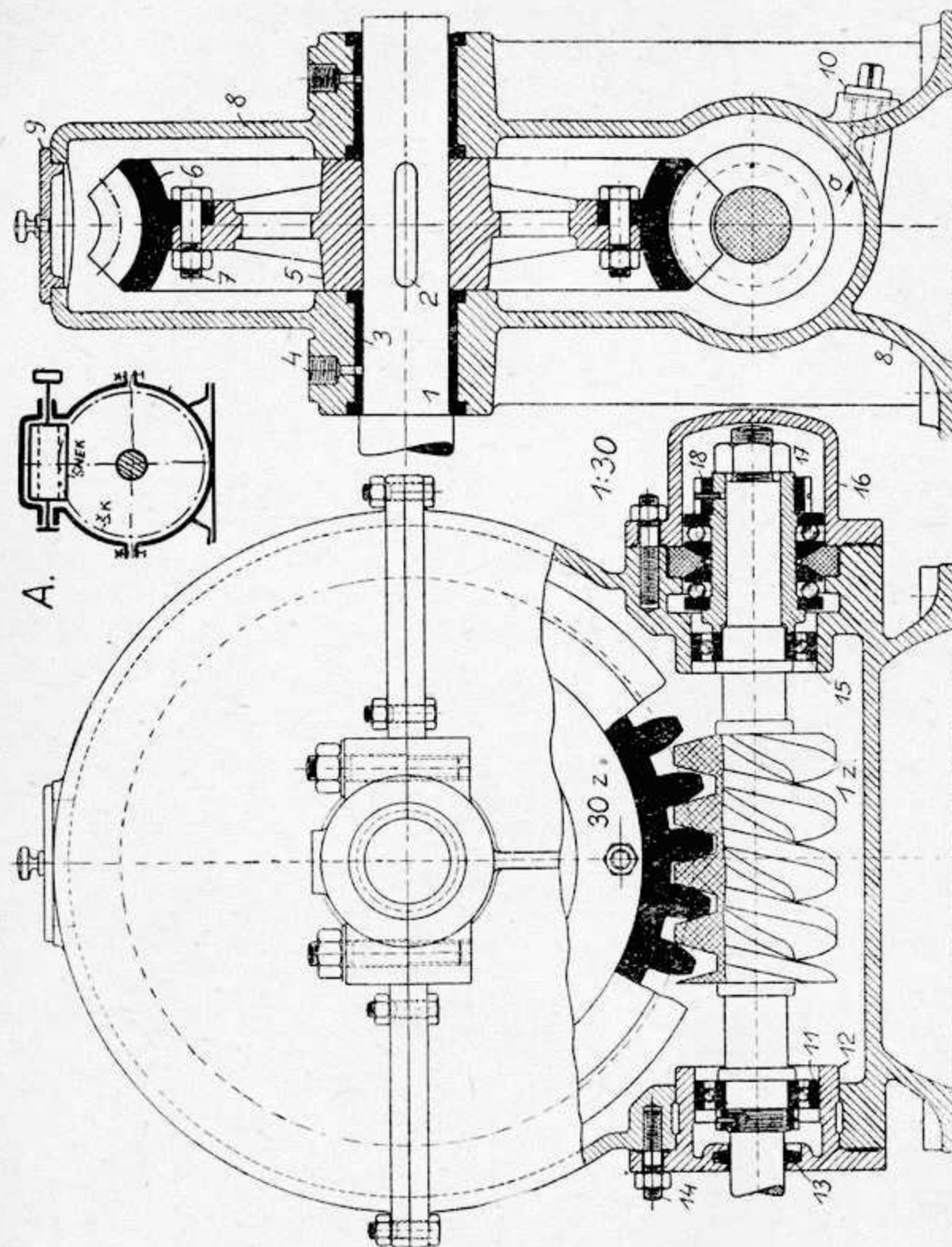
$$m = d : z = 80 : 20 = 4 \text{ mm.}$$

Rozteč zubů, t. j. tloušťka zubu a mezery, měřená na oblouku roztečné kružnice je značena t ; protože je rovna obvodu kružnice $\pi \cdot d$, děleném počtem zubů, platí důležitý vztah: Rozteč = modul \times Ludolfovo číslo,

$$t = m \cdot \pi = 3,14 \cdot m.$$

Má-li na př. ozubené kolo modul $m = 10$, má rozteč

k převodu šroubem a šroubovým kolem, obr. 345. Protože má šroubové kolo zuby určeny modulem, musí být modulem určena i rozteč (= stoupání) šroubu. K výpočtu výměnných kol je π vyjádřeno různými přibližnými zlomky, na př.



Obr. 345. Šroub a šroubové kolo.

$$\pi = \text{přibližně } \frac{22}{7}; \frac{32 \cdot 27}{25 \cdot 11}; \frac{19 \cdot 21}{127}; \frac{5 \cdot 71}{113}.$$

Nejpřesnější je poslední hodnota, vyžaduje však abnormálních kol se 71 a 113 zuby.

Příklad 1. Modulové stoupání je $s = 2,5 \pi$; stoupání vodícího šroubu 6 mm; použijeme druhého zlomku pro π , který už dává slušné výsledky. Převod

$$\frac{2,5 \pi}{6} = \frac{2,5}{6} \cdot \frac{32 \cdot 27}{25 \cdot 11} = \frac{8 \cdot 9}{5 \cdot 11}; \text{ rozšířením zlomku pěti}$$

$$\frac{8 \cdot 5}{5 \cdot 5} \cdot \frac{9 \cdot 5}{11 \cdot 5} = \frac{40}{25} \cdot \frac{45}{55} = \text{hledané převody.}$$

Na vodícím šroubu bude kolo s 55 zuby; kola 25/45 budou jako výměnná kola, kolo 40 jako prvé hnací kolo. Chceme-li přezkoušet, jak přesně vyřizneme žádané stoupání $2,5 \pi = 7,85398 \dots$, určíme

$$\frac{40}{25} \cdot \frac{45}{55} \cdot 6 = 7,85454 \dots \text{ mm.}$$

Rozdíl je asi o půl tisícin mm, tedy nepatrný.

Příklad 2. Máme řezat šroub s modulovým stoupáním a vodící šroub soustruhu má palcové stoupání. K tomu je potřeba přibližných převodů ($1'' = 1$ palec).

$$\frac{\pi}{1''} = \text{přibližně } \frac{47}{380}; \frac{22 \cdot 5}{7 \cdot 127}; \frac{5 \cdot 19}{32 \cdot 24}.$$

Máme na př. řezat stoupání 4π , vodící šroub má stoupání $\frac{1}{2}$ palce. Použijeme třetího zlomku výše uvedeného. Převod

$$\frac{4 \pi}{25,4 \cdot 2} = \frac{8 \pi}{1''} = \frac{8 \cdot 5 \cdot 19}{32 \cdot 24} = \frac{5 \cdot 19}{6 \cdot 16};$$

rozšířením deseti a pěti dostáváme převod

$$\frac{5 \cdot 10}{6 \cdot 10} \cdot \frac{19 \cdot 5}{16 \cdot 5} = \frac{50}{60} \cdot \frac{95}{80}.$$

K přezkoušení $4 \pi = 4 \cdot 3,1416 \dots = 12,56636$; vyřizli jsme

$$\frac{50 \cdot 95}{60 \cdot 80} \cdot \frac{25,4}{2} = 12,56771 \dots \text{ mm,}$$

tedy stoupání asi o tisícinu větší. Pro praxi to vyhoví.

Pro cvičení počítejme ještě několik příkladů odlišným postupem (ač výše uvedený postup pro soustruhu s milimetrovým a palcovým stoupáním je pro praxi zcela dobrý a neobyčejně přesný).

Příklad 3. Na soustruhu s milimetrovým stoupáním vodícího šroubu 10 mm budeme řezat šroub s modulovým stoupáním, modul 3, stoupání 3π .

Převod $\frac{3 \pi}{10}$ násoben 26 dá $\frac{78 \pi}{10 \cdot 26} = \frac{245}{260}$, protože s dostatečnou přesností

$78 \pi = 245$ mm; $7 \pi =$ asi 22 mm.

$$\frac{245}{260} = \frac{49 \cdot 5}{65 \cdot 4} = \frac{49 \cdot 50}{65 \cdot 40} = \text{hledaný převod.}$$

$$\text{Dává stoupání } \frac{49 \cdot 50 \cdot 10}{65 \cdot 40} = 9,423 \text{ mm} = 3 \pi.$$

Vodící šroub má stoupání 12 mm, řezaný šroub má modul 10, tedy stoupání $10 \cdot \pi$ mm.

$$\text{Převod } \frac{10 \pi}{12} \text{ násoben } 7,8 = \frac{78 \pi}{12 \cdot 7,8} = \frac{245}{12 \cdot 7,8} =$$

$$= \frac{35 \cdot 7}{12 \cdot 7,8} = \frac{35 \cdot 35}{12 \cdot 39} = \frac{70 \cdot 35}{24 \cdot 39}.$$

$$\text{Dává stoupání } \frac{70 \cdot 35 \cdot 12}{24 \cdot 39} = 31,41 \text{ mm} = 10 \pi, \text{ správně.}$$

Příklad 4. Na soustruhu s palcovým stoupáním řežeme závit s modulovým stoupáním. Vedle uvedených už hodnot $\pi/1''$ platí také přibližně:

$$\frac{\pi}{1''} = \frac{12}{97}; \frac{110}{127 \cdot 7}; \frac{26}{210}; 23'' = 186 \pi.$$

Řezaný závit má stoupání 4π , vodící šroub má 3 běhy na $1''$, tedy stoupání $25,4 : 3$ mm.

$$\text{Převod} = \frac{4 \pi}{25,4 : 3} = 4 \pi : \frac{25,4}{3} = \frac{12 \pi}{25,4} = \frac{12 \pi}{1''}; \text{ násobíme } 23$$

$$\frac{23 \cdot 12 \pi}{23 \cdot 1''} = \frac{23 \cdot 12 \pi}{186 \pi} = \frac{23 \cdot 12}{186} = \frac{23 \cdot 12}{2 \cdot 93} = \frac{69 \cdot 12}{6 \cdot 93} = \frac{69 \cdot 60}{30 \cdot 93}.$$

$$\text{Dostáváme tím stoupání } \frac{69 \cdot 60 \cdot 25,4}{30 \cdot 93 \cdot 3} = 12,56 = 4 \pi.$$

Máme řezat šroub s modulem 1,5, stoupání $1,5 \pi$; vodící šroub má 2 chody na $1''$.

$$\text{Převod } \frac{1,5 \pi}{25,4 : 2} = \frac{3 \pi}{25,4}; \text{ je-li } \frac{\pi}{25,4} = \frac{12}{97}, \text{ je převod}$$

$$\frac{3 \cdot 12}{97} = \frac{36}{97}. \text{ Kolo } 97 \text{ zubů je abnormální.}$$

Počítejme ještě několik příkladů pro cvičení. Nejčastěji volíme pro přepočítání z palců na mm ($1'' = 25,4$ mm) hodnotu

$$\text{přibližně } \pi \text{ mm} = \frac{12}{97''} (= 3,1422 \text{ mm}),$$

$$\text{přesně } \pi \text{ mm} = \frac{200}{1617''} (= 3,1416 \text{ mm}).$$

Jako při řezání obyčejného závitu.

$$\text{Převod} = \frac{\text{stoupání řezaného šroubu}}{\text{stoupání vodícího šroubu}} = \frac{\text{hnací kolo}}{\text{hnané kolo}}.$$

1 modul = 3,1416 mm = π mm; 2 moduly = 6,28 mm $\doteq \frac{44}{7}$ nebo $\frac{24}{97}''$. $1\frac{3}{4}$ modulu = $1 \cdot \frac{7}{4}$ modulu = $3,14 \cdot \frac{7}{4} = 5,495$ mm nebo $(\frac{22}{7}) \cdot (\frac{7}{4}) = \frac{11}{2} \doteq 5,5$ mm, nebo $(\frac{12}{97}) \cdot (\frac{7}{4}) = \frac{21}{97}''$.

a) **Vodící šroub má palcové stoupání**, výpočet přibližný použitím kola 97 zubů (1 modul = $\frac{12}{97}''$).

1. Vodící šroub má 4 chody na $1''$, řežeme šroub s modulem $2\frac{3}{4}$.

$$\text{Stoupání řezaného} = \frac{11}{4} \cdot \frac{12''}{97} = \frac{33''}{97}; \text{ stoupání vodícího šroubu } \frac{1''}{4}.$$

$$\text{Převod } \frac{33}{97} : \frac{1}{4} = \frac{33 \cdot 4}{1 \cdot 97} = \frac{11 \cdot 12}{1 \cdot 97} = \frac{120 \cdot 55}{50 \cdot 97}.$$

2. Vodící šroub má 6 chodů na $1''$, řežeme šroub s modulem 4.

$$\text{Stoupání řezaného } \frac{48''}{97}, \text{ vodícího } \frac{1''}{6}.$$

$$\text{Převod } \frac{48}{97} : \frac{1}{6} = \frac{6 \cdot 48}{1 \cdot 97} = \frac{12 \cdot 24}{1 \cdot 97} = \frac{120 \cdot 60}{25 \cdot 97}.$$

b) **Vodící šroub má palcové stoupání**, přesný výpočet (1 modul = $\frac{200}{1617}''$) použitím kol 33, 66, 77, 49 a 98 zubů.

$$\frac{200}{1617} = \frac{8 \cdot 25}{33 \cdot 49} = \frac{8 \cdot 25}{21 \cdot 77} = \frac{10 \cdot 20}{33 \cdot 49}$$

3. Vodicí šroub má 4 chody na 1'', řežeme šroub s modulem 1,5.

$$1,5 \text{ modulu} = \frac{3}{2} \cdot \frac{200}{1617} = \frac{3 \cdot 200}{2 \cdot 1617} = \frac{100''}{539} = \text{stoupání řezaného; stoupání vodicího} = \frac{1''}{4}$$

$$\text{Převod } \frac{100}{539} : \frac{1}{4} = \frac{100 \cdot 4}{539 \cdot 1} = \frac{4 \cdot 100}{11 \cdot 49} = \frac{100 \cdot 40}{49 \cdot 110}$$

e) Vodicí šroub má milimetrové stoupání, výpočet přibližný použitím kola 157 zubů nebo jen dosazením $\pi = 22/7$.

4. Vodicí šroub má stoupání 10 mm, řezaný šroub má modul 8, to je stoupání $8 \cdot 3,14 = 25,12$ mm.

$$\text{Převod } \frac{25,12}{10} = \frac{2512}{1000} = \frac{314}{125} = \frac{2 \cdot 157}{1 \cdot 125} = \frac{157 \cdot 40}{20 \cdot 125}$$

5. Vodicí šroub má stoupání 4 mm, řezaný šroub má modul $2\frac{1}{4}$, to je stoupání $2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} = \frac{9 \cdot 22}{4 \cdot 7} = \frac{99}{14}$ mm.

$$\text{Převod } \frac{99}{14} : 4 = \frac{99}{4 \cdot 14} = \frac{9 \cdot 11}{7 \cdot 8} = \frac{110 \cdot 90}{70 \cdot 80}$$

d) Přesné výpočty modulových stoupání, při nichž nemá chyba přestoupit 1/5000. Někdy je k tomu třeba až 6 kol a ještě zvláštní počty zubů. Položíme-li za přesnou hodnotu $\pi = 3,141593$ můžeme sestavit tabulku pro převody, chyby a abnormální kola:

Převod π	Chyba	Kola	Převod π	Chyba	Kola
$\frac{22}{7}$	$+\frac{1}{2600}$	—	$\frac{19 \cdot 125}{6 \cdot 126}$	$-\frac{1}{55\,000}$	—
$\frac{7 \cdot 35}{6 \cdot 13}$	$-\frac{1}{6000}$	—	$\frac{8 \cdot 97}{13 \cdot 19}$	$+\frac{1}{32\,000}$	97
$\frac{5 \cdot 49}{6 \cdot 13}$	$-\frac{1}{6000}$	—	$\frac{13 \cdot 29}{4 \cdot 30}$	$+\frac{1}{45\,000}$	145, 29
$\frac{19 \cdot 127}{96 \cdot 8}$	$+\frac{1}{10\,000}$	127	$\frac{5 \cdot 71}{113}$	$+\frac{1}{1\,600\,000}$	71, 113
$\frac{32 \cdot 27}{25 \cdot 11}$	$+\frac{1}{15\,000}$	—	$\frac{40 \cdot 127}{33 \cdot 49}$	$+\frac{1}{100\,000}$	49, 127
$\frac{19 \cdot 21}{127}$	$+\frac{1}{23\,000}$	127	$\frac{3 \cdot 89}{85}$	$-\frac{1}{8\,000}$	89

6. Vodicí šroub má stoupání 10 mm, řezaný šroub má modul 2, tedy stoupání 2π .

$$\text{Převod } \frac{2\pi}{10} = \frac{\pi}{5}; \text{ dosadíme } \pi = \frac{7 \cdot 35}{6 \cdot 13}$$

$$\text{Převod } \frac{7 \cdot 35}{6 \cdot 13 \cdot 5} = \frac{7 \cdot 7}{6 \cdot 13} = \frac{105 \cdot 35}{65 \cdot 90}$$

Z výše uvedené tabulky víme, že chyba bude asi $-1/6000$.

7. Vodicí šroub má 2 chody na 1'', řezaný šroub má modul 4.

Stoupání vodicího 127/10 mm, řezaného 4π .

$$\text{Převod } 4\pi : \frac{127}{10} = \frac{40\pi}{127}. \text{ Za } \pi \text{ dosadíme z tabulky } \frac{19 \cdot 127}{96 \cdot 8}$$

$$\text{Převod } \frac{40 \cdot 19 \cdot 127}{96 \cdot 8 \cdot 127} = \frac{5 \cdot 19}{96} = \frac{5 \cdot 19}{8 \cdot 12} = \frac{95 \cdot 50}{60 \cdot 80}$$

Z tabulky víme, že rozdíl proti správné hodnotě je $+1/10\,000$. Skutečně

zde řežeme stoupání $\frac{95 \cdot 127}{96 \cdot 10} = \frac{2413}{192} = 12,5677$ mm. Přesná hodnota $4\pi = 12,5664$ mm.

8. Vodicí šroub má stoupání 6 mm, řezaný šroub má modul 1,5. Je žádána největší přesnost, proto dosazujeme z tabulky $\pi = \frac{5 \cdot 71}{113}$.

Stoupání řezaného $\frac{3\pi}{2}$, vodicího 6 mm.

$$\text{Převod } \frac{3\pi}{2} : 6 = \frac{3\pi}{2 \cdot 6} = \frac{\pi}{4} = \frac{5 \cdot 71}{4 \cdot 113} = \frac{71 \cdot 50}{40 \cdot 113}$$

9. Vodicí šroub má 4 chody na 1'', řezaný šroub má modul 2,5. Je žádána přesnost 1/10 000, proto volíme $\pi = \frac{19 \cdot 127}{96 \cdot 8}$.

Stoupání řezaného $\frac{5\pi}{2}$, vodicího $\frac{127}{20}$.

$$\text{Převod } \frac{5\pi}{2} : \frac{127}{20} = \frac{5\pi \cdot 20}{2 \cdot 127} = \frac{50\pi}{127}; \text{ dosazením } \pi.$$

$$\text{Převod } \frac{50 \cdot 19 \cdot 127}{127 \cdot 96 \cdot 8} = \frac{25 \cdot 19}{16 \cdot 24} = \frac{125 \cdot 95}{80 \cdot 120}$$

Tabulky prvočísel a činitelů.

Těchto tabulek používáme při výpočtech ozubených převodů k rozkladu zlomků. Vyšlo na př., že potřebujeme převod 87 : 156. Z tabulky najdeme, že

$$87 = 3 \cdot 29; 156 = 2^2 \cdot 3 \cdot 13 = 4 \cdot 3 \cdot 13.$$

Prvočísla a činitele pro rozklad.

1		51	3×17	101		151	
2		52	$2^2 \times 13$	102	$2 \times 3 \times 17$	152	$2^3 \times 19$
3		53		103		153	$3^2 \times 17$
4	2^2	54	2×3^2	104	$2^3 \times 13$	154	$2 \times 7 \times 11$
5		55	5×11	105	$3 \times 5 \times 7$	155	5×31
6	2×3	56	$2^3 \times 7$	106	2×53	156	$2^2 \times 3 \times 13$
7		57	3×19	107		157	
8	2^3	58	2×29	108	$2^2 \times 3^2$	158	2×79
9	3^2	59		109		159	3×53
10	2×5	60	$2^2 \times 3 \times 5$	110	$2 \times 5 \times 11$	160	$2^5 \times 5$
11		61		111	3×37	161	7×23
12	$2^2 \times 3$	62	2×31	112	$2^4 \times 7$	162	2×3^4
13		63	$3^2 \times 7$	113		163	
14	2×7	64	2^6	114	$2 \times 3 \times 19$	164	$2^2 \times 41$
15	3×5	65	5×13	115	5×23	165	$3 \times 5 \times 11$
16	2^4	66	$2 \times 3 \times 11$	116	$2^2 \times 29$	166	2×83
17		67		117	$3^2 \times 13$	167	
18	2×3^2	68	$2^2 \times 17$	118	2×59	168	$2^3 \times 3 \times 7$
19		69	3×23	119	7×17	169	13^2
20	$2^2 \times 5$	70	$2 \times 5 \times 7$	120	$2^3 \times 3 \times 5$	170	$2 \times 5 \times 17$
21	3×7	71		121	11^2	171	$3^2 \times 19$
22	2×11	72	$2^3 \times 3^2$	122	2×61	172	$2^2 \times 43$
23		73		123	3×41	173	
24	$2^3 \times 3$	74	2×37	124	$2^2 \times 31$	174	$2 \times 3 \times 29$
25	5^2	75	3×5^2	125	5^3	175	$5^2 \times 7$
26	2×13	76	$2^2 \times 19$	126	$2 \times 3^2 \times 7$	176	$2^4 \times 11$
27	3^3	77	7×11	127		177	3×59
28	$2^2 \times 7$	78	$2 \times 3 \times 13$	128	2^7	178	2×89
29		79		129	3×43	179	
30	$2 \times 3 \times 5$	80	$2^4 \times 5$	130	$2 \times 5 \times 13$	180	$2^2 \times 3^2 \times 5$
31		81	3^4	131		181	
32	2^5	82	2×41	132	$2^2 \times 3 \times 11$	182	$2 \times 7 \times 13$
33	3×11	83		133	7×19	183	3×61
34	2×17	84	$2^2 \times 3 \times 7$	134	2×67	184	$2^3 \times 23$
35	5×7	85	5×17	135	$3^3 \times 5$	185	5×37
36	$2^2 \times 3^2$	86	2×43	136	$2^3 \times 17$	186	$2 \times 3 \times 31$
37		87	3×29	137		187	11×17
38	2×19	88	$2^3 \times 11$	138	$2 \times 3 \times 23$	188	$2^2 \times 47$
39	3×13	89		139		189	$3^2 \times 7$
40	$2^3 \times 5$	90	$2 \times 3^2 \times 5$	140	$2^2 \times 5 \times 7$	190	$2 \times 5 \times 19$
41		91	7×13	141	3×47	191	
42	$2 \times 3 \times 7$	92	$2^2 \times 23$	142	2×71	192	$2^6 \times 3$
43		93	3×31	143	11×13	193	
44	$2^2 \times 11$	94	2×47	144	$2^4 \times 3^2$	194	2×97
45	$3^2 \times 5$	95	5×19	145	5×29	195	$3 \times 5 \times 13$
46	2×23	96	$2^5 \times 3$	146	2×73	196	$2^2 \times 7^2$
47		97		147	3×7^2	197	
48	$2^4 \times 3$	98	2×7^2	148	$2^3 \times 37$	198	$2 \times 3^2 \times 11$
49	7^2	99	$3^2 \times 11$	149		199	
50	2×5^2	100	$2^2 \times 5^2$	150	$2 \times 3 \times 5^2$	200	$2^3 \times 5^2$

Prvočísla a činitele pro rozklad.

201	3×67	251		301	7×43	351	$3^3 \times 13$
202	2×101	252	$2^3 \times 3^2 \times 7$	302	2×151	352	$2^4 \times 11$
203	7×29	253	11×23	303	3×101	353	
204	$2^2 \times 3 \times 17$	254	2×127	304	$2^4 \times 19$	354	$2 \times 3 \times 59$
205	5×41	255	$3 \times 5 \times 17$	305	5×61	355	5×71
206	2×103	256	2^8	306	$2 \times 3^2 \times 17$	356	$2^2 \times 89$
207	$3^2 \times 23$	257		307		357	$3 \times 7 \times 17$
208	$2^4 \times 13$	258	$2 \times 3 \times 43$	308	$2^2 \times 7 \times 11$	358	2×179
209	11×19	259	7×37	309	3×103	359	
210	$2 \times 3 \times 5 \times 7$	260	$2^2 \times 5 \times 13$	310	$2 \times 5 \times 31$	360	$2^4 \times 3^2 \times 5$
211		261	$3^2 \times 29$	311		361	19^2
212	$2^2 \times 53$	262	2×131	312	$2^3 \times 3 \times 13$	362	2×181
213	3×71	263		313		363	3×11^2
214	2×107	264	$2^3 \times 3 \times 11$	314	2×157	364	$2^2 \times 7 \times 13$
215	5×43	265	5×53	315	$3^2 \times 5 \times 7$	365	5×73
216	$2^3 \times 3^3$	266	$2 \times 7 \times 19$	316	$2^2 \times 79$	366	$2 \times 3 \times 61$
217	7×31	267	3×89	317		367	
218	2×109	268	$2^2 \times 67$	318	$2 \times 3 \times 53$	368	$2^4 \times 23$
219	3×73	269		319	11×29	369	$3^2 \times 41$
220	$2^2 \times 5 \times 11$	270	$2 \times 3^2 \times 5$	320	$2^6 \times 5$	370	$2 \times 5 \times 37$
221	13×17	271		321	3×107	371	7×53
222	$2 \times 3 \times 37$	272	$2^4 \times 17$	322	$2 \times 7 \times 23$	372	$2^2 \times 3 \times 31$
223		273	$3 \times 7 \times 13$	323	17×19	373	
224	$2^2 \times 7$	274	2×137	324	$2^2 \times 3^4$	374	$2 \times 11 \times 17$
225	$3^2 \times 5^2$	275	$5^2 \times 11$	325	$5^2 \times 13$	375	3×5^3
226	2×113	276	$2^2 \times 3 \times 23$	326	2×163	376	$2^3 \times 47$
227		277		327	3×109	377	13×29
228	$2^3 \times 3 \times 19$	278	2×139	328	$2^2 \times 41$	378	$2 \times 3^3 \times 7$
229		279	$3^2 \times 31$	329	7×47	379	
230	$2 \times 5 \times 23$	280	$2^3 \times 5 \times 7$	330	$2 \times 3 \times 5 \times 11$	380	$2^2 \times 5 \times 19$
231	$3 \times 7 \times 11$	281		331		381	3×127
232	$2^2 \times 29$	282	$2 \times 3 \times 47$	332	$2^2 \times 83$	382	2×191
233		283		333	$3^2 \times 37$	383	
234	$2 \times 3^2 \times 13$	284	$2^2 \times 71$	334	2×167	384	$2^7 \times 3$
235	5×47	285	$3 \times 5 \times 19$	335	5×67	385	$5 \times 7 \times 11$
236	$2^2 \times 59$	286	$2 \times 11 \times 13$	336	$2^4 \times 3 \times 7$	386	2×193
237	3×79	287	7×41	337		387	$3^2 \times 43$
238	$2 \times 7 \times 17$	288	$2^5 \times 3^2$	338	2×13^2	388	$2^2 \times 97$
239		289	17^2	339	3×113	389	
240	$2^4 \times 3 \times 5$	290	$2 \times 5 \times 29$	340	$2^2 \times 5 \times 17$	390	$2 \times 3 \times 5 \times 13$
241		291	3×97	341	11×31	391	17×23
242	2×11^2	292	$2^2 \times 73$	342	$2 \times 3^2 \times 19$	392	$2^3 \times 7^2$
243	3^4	293		343	7^3	393	3×131
244	$2^2 \times 61$	294	$2 \times 3 \times 7^2$	344	$2^3 \times 43$	394	2×197
245	5×7^2	295	5×59	345	$3 \times 5 \times 23$	395	5×79
246	$2 \times 3 \times 41$	296	$2^3 \times 37$	346	2×173	396	$2^2 \times 3^2 \times 11$
247	13×19	297	$3^3 \times 11$	347		397	
248	$2^2 \times 31$	298	2×149	348	$2^2 \times 3 \times 29$	398	2×199
249	3×83	299	13×23	349		399	$3 \times 7 \times 19$
250	2×5^3	300	$2^2 \times 3 \times 5^2$	350	$2 \times 5^2 \times 7$	400	$2^4 \times 5^3$

Tím si upravíme převod

$$\frac{87}{156} = \frac{3 \cdot 29}{4 \cdot 3 \cdot 13} = \frac{3 \cdot 29}{4 \cdot 39} = \frac{30 \cdot 29}{40 \cdot 39}$$

Rozkládáme tak, abychom vystačili s normálním počtem zubů. Příklad:

$$\frac{35}{168} = \frac{5 \cdot 7}{8 \cdot 21} = \frac{1 \cdot 5 \cdot 7}{2 \cdot 4 \cdot 21}$$

Tento zlomek se vhodně rozšíří. Používání tabulek vyžaduje zkušeností, jež získáme praxí. Potřebujeme na př. převod 25/127, ale kolo se 127 je porouchané. Hledáme nějakou jinou náhradu.

$$\frac{25}{127} = \frac{25 \cdot 125}{125 \cdot 127} = \frac{1 \cdot 125}{5 \cdot 127} = \frac{1 \cdot 375}{5 \cdot 381} = \frac{1 \cdot 374}{5 \cdot 380} = \frac{1 \cdot 17 \cdot 22}{5 \cdot 20 \cdot 19} = \frac{1 \cdot 17 \cdot 11}{5 \cdot 10 \cdot 19} = \frac{187}{950}$$

Přesně: $25 : 127 = 0,19685$.

Zde vyšlo $187 : 950 = 0,19684$, chyba 1/20 000.

7. Smrštění při kalení u závitů. Prakticky je vyzkoušeno, že se ocel kalením obyčejně smrští asi o 1/635 své délky (asi o 0,04 mm na 1 palec). Závit, který bychom vyřizli se správným stoupáním, by měl smrštěním po kalení stoupání menší. Nutno tedy tam, kde záleží na přesnosti, rezat stoupání závitů před kalením o smrštění větší.

Místo 1 (na př. 1 cm) je stoupání $1 + \frac{1}{635} = \frac{635}{635} + \frac{1}{635} = \frac{636}{635}$, čili: stoupání vynásobíme 636/635. Aby se v praxi dobře počítalo, volíme pro smrštění k vynásobení čísla, jež se dají dobře rozkládat (pro výpočet výměnných ozubených kol), na př.

$$\frac{636}{635} = \frac{12 \cdot 53}{5 \cdot 127}; \frac{625}{624} = \frac{5 \cdot 125}{13 \cdot 48}; \frac{508}{507} = \frac{4 \cdot 127}{3 \cdot 13 \cdot 13}$$

Vynásobením 508/507 dostáváme už větší smrštění, 0,05 mm na délku 1 palce (u některých ocelí je ještě větší).

K řezání závitů, u nichž počítáme i se smrštěním při kalení se hodí nejlépe soustruhy s milimetrovým stoupáním na vodicím šroubu, u nichž se dá vložit 6 výměnných kol.

Příklad 1. Vodicí šroub má stoupání 6 mm. Máme vyřiznout přesný závit se stoupáním 2,4 mm po kalení; ocel, z níž šroub bude, se kalením smrští o 0,04 mm na délce 1 palec (= 25,4 mm); bylo to předem vyzkoušeno pokusem.

Řežeme stoupání $2,4 = 2\frac{2}{5} = \frac{12}{5}$ mm; poměr stoupání řezaného šroubu a vodicího šroubu $\frac{12}{5} : 6 = \frac{12}{5 \cdot 6} = \frac{12}{30} = \frac{2}{5}$. Smrštění $\frac{2 \cdot 625}{5 \cdot 624} = \frac{1 \cdot 125}{1 \cdot 312} = \frac{125}{312}$.

$$\text{Ozubený převod } \frac{125}{312} = \frac{1 \cdot 125}{24 \cdot 13} = \frac{125 \cdot 25}{65 \cdot 120}$$

$$\frac{\text{zuby kola na vřetenu}}{\text{zuby kola vodicího šroubu}} = \frac{\text{stoupání řezaného šroubu}}{\text{stoupání vodicího šroubu}}$$

$$\text{Dosazením } \frac{125}{312} = \frac{?}{6}; \text{ hledané stoupání řezaného šroubu}$$

$$? = \frac{125}{312} \cdot 6 = \frac{125 \cdot 6}{312} = \frac{125}{52} = 125 : 52 = 2,4038 \text{ mm před kalením.}$$

Při kalení se stoupání smrští o jednu 635tinu, čili o $2,4038 : 635 = 0,0036$ mm.

$$\text{Po kalení je stoupání } \frac{2,4038 \text{ mm}}{- 0,0036 \text{ mm}}$$

2,4002 mm, téměř přesně 2,4.

Příklad 2. Vodicí šroub má stoupání 12 mm; řežeme závit o 15 chodech na 1 palec; ocel se skalením smršťuje o 0,04 mm na 1 palec = 25,4 mm.

Řežeme závit 15 chodů, vodicí šroub má při stoupání 12 mm, přepočtením $\frac{25,4}{12} = \frac{254}{120} = \frac{127}{60}$ chodů. Poměr počtu chodů $15 : \frac{127}{60} = 15 \cdot \frac{60}{127} = \frac{900}{127}$.

$$\text{poměr stoupání } \frac{127}{900}$$

$$\text{Smrštění } \frac{127 \cdot 636}{900 \cdot 635} \cdot \frac{1 \cdot 53}{75 \cdot 5} = \frac{53}{375} = \text{ozubený převod} = \frac{1 \cdot 53}{3 \cdot 125} = \frac{30 \cdot 53}{90 \cdot 125}$$

$$\frac{\text{kolo na vřetenu}}{\text{kolo vodic. šroubu}} = \frac{\text{stoupání závitů}}{\text{stoup. vodic. šroubu}}; \text{ dosazením } \frac{53}{375} = \frac{?}{12}$$

Hledané stoupání řezaného šroubu bude před kalením

$$\frac{12 \cdot 53}{375} = \frac{636}{375} = 636 : 375 = 1,6960 \text{ mm.}$$

Smrštění kalením $1,6960 : 635 = 0,00267$ mm.

Stoupání po kalení $1,6960 - 0,00267 = 1,69333$ mm. 15 chodů (= 15 stoupání) má délku $15 \cdot 1,69333 = 25,39995$ mm, zatím co 1 palec (na který má 15 chodů přijít) je dlouhý 25,4000 mm. Rozdíl ve stoupání v délce 1 palec bude sotva 1/20000 mm, což pro praxi vyhoví.

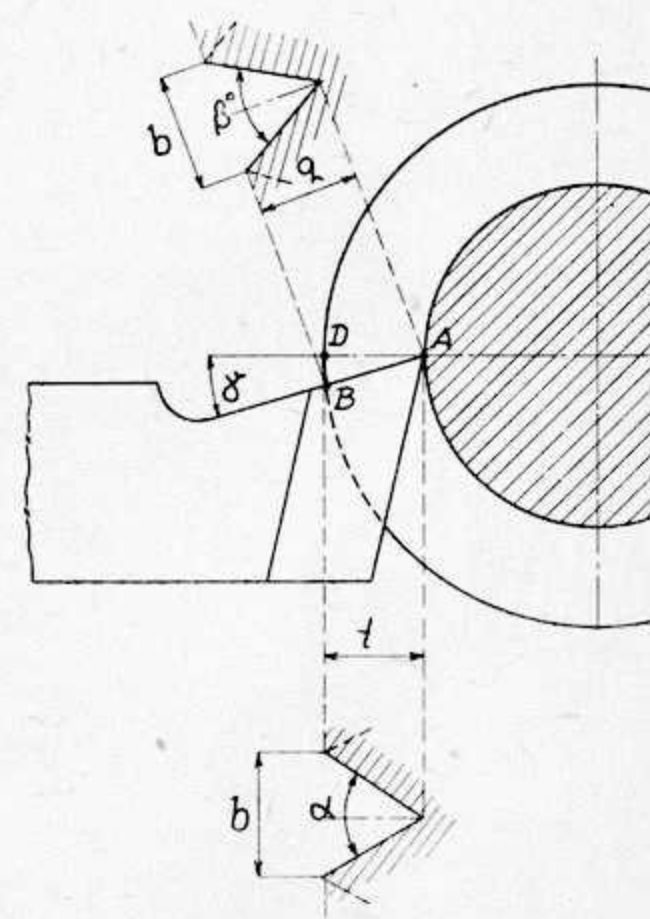
Úkoly. Zkuste vypočítat sami (je to dost složité, ale pěkné evičení): Vodicí šroub má 2 chody na 1 palec, řežeme 18 chodů. Ocel se kalením smrští o 0,04 mm na 1 palec. Vychází převod kol $212/1905 = (20 \cdot 53) : (75 \cdot 127)$. Stoupání před kalením 1,4133 mm, smrštění 0,0022 mm, stoupání po kalení 1,411 mm.

Nebo jiný úkol: Vodicí šroub má 8 chodů, řežeme 14 chodů. Smrštění 625/624 aby se dobře počítalo. Vychází převod $625/1092$, kola $(125 \cdot 50 \cdot 25) : (65 \cdot 60 \cdot 70)$; stoupání před kalením 1,81719 mm, smrštění 0,00285 mm, stoupání po kalení 1,81434 mm.

8. Výpočet úhlu nože pro přesný závit.

Obr. 346. Vyšetření závitového nože.

a) *Ostrý závit, obr. 346.* Pro výpočet uvažujeme závit metrický nebo Whitworthův s ostrými rohy. Skutečný závit, který řežeme, má mít stoupání b a úhel α . Jeho theoretická hloubka $AD = t$, bez ohledu na zaoblení rohů. Hloubka závitů, měřená na zabírajícím čele nože je $AB = q$. Úhel na noži,



jímž závit řezeme je β . Úhel odklonu při břitu v ose materiálu je γ . Je-li $\gamma = 0$, je úhel na noži β i na hotovém závitě α stejný, tedy

$$\text{při } \gamma = 0 \text{ platí } \alpha = \beta.$$

Většinou však je na noži nějaký úhel odklonu γ a pak platí

$$\text{tg } \frac{\beta}{2} = \cos \gamma \cdot \text{tg } \frac{\alpha}{2}.$$

Dosazením za γ , α a určením kosinu a tangenty z tabulky, uvedené vzadu, můžeme najít tangentu polovičního úhlu nože a tím i $\beta/2$ a β .

Příklad. Řezeme závit $M 20 \times 1,5$ (průměr 20, stoupání 1,5 mm). Nůž má úhel odklonu $\gamma = 20^\circ$ (obvyklý u lehké slitiny).

U metrického závitu M je $\alpha/2 = 30^\circ$, protože $\alpha = 60^\circ$. Dosazením by vyšlo $\beta/2 = 28^\circ 28'$, tedy $\beta = 56^\circ 56' =$ úhel špičky nože.

Výpočet je usnadněn použitím následující tabulky: Úhly $\beta/2$ pro závit Whitworthův W ($\alpha = 55^\circ$) a metrický M ($\alpha = 60^\circ$) při různých úhlech odklonu γ .

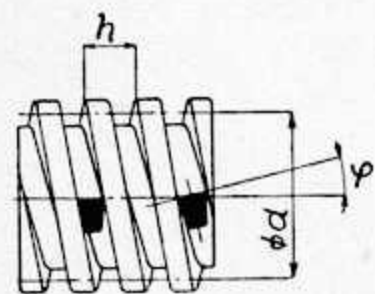
$\gamma^\circ =$	2	5	8	10	15	20	25
$W; \beta/2 =$	$27^\circ 29'$	$27^\circ 24'$	$27^\circ 16'$	$27^\circ 09'$	$26^\circ 44'$	$26^\circ 04'$	$25^\circ 16'$
$M; \beta/2 =$	$29^\circ 59'$	$29^\circ 54'$	$29^\circ 45'$	$29^\circ 37'$	$29^\circ 09'$	$28^\circ 28'$	$27^\circ 38'$

Pro výše počítaný případ najdeme přímo $\beta/2 = 28^\circ 28'$.

b) *Lichoběžníkový závit.* Jeho úhel stoupání φ , obr. 347, určíme ze vzorce

$$\text{tg } \varphi = h : (\pi d).$$

h je stoupání, d je střední průměr závitu. Hotový závit má mít úhel α (obyč. 30°); nůž bude mít úhel β' , pro který platí:



Obr. 347. Řezání lichoběžníkového závitu.

$$\text{tg } \frac{\beta'}{2} = \cos \varphi \cdot \text{tg } \frac{\alpha}{2}.$$

Tím se úhel na noži zmenší (vyjde β' , na př. 28°) proti úhlu skutečného závitu, protože je nůž natočen podle stoupání závitu. Nyní musíme úhel β' ještě jednou zmenšit na β vlivem úhlu

odklonu γ , jak bylo vyloženo v předchozím odstavci u ostrého závitu. Dostáváme tím úhly β , které jsou už vypočteny v následující tabulce:

Lichoběžníkový závit, mající $\alpha = 30^\circ$; úhly β na noži jsou

pro $\gamma^\circ =$	2	5	8	10	15	20	25
$\beta/2 =$	$14^\circ 59'$	$14^\circ 56'$	$14^\circ 52'$	$14^\circ 47'$	$14^\circ 31'$	$14^\circ 08'$	$13^\circ 38'$

Příklad. Lichoběžníkový závit má úhel stoupání, vypočtený ze vzorce $\text{tg } \varphi = h/(\pi d)$ $\varphi = 8^\circ$.

Je řezán na oceli, kde musí mít nůž úhel odklonu $\gamma = 5^\circ$. Poloviční úhel boků

$\alpha/2 = 15^\circ$. Provádí se dvojitá úprava, o niž už byla řeč, pro úhel $\varphi = 8^\circ$ a $\gamma = 5^\circ$. Stačí přibližný postup použitím výše uvedené tabulky.

$$\beta/2 = (14^\circ 52' + 14^\circ 56') : 2 = 28^\circ 108' : 2 = 14^\circ 54'.$$

kde $14^\circ 52'$ je $\beta/2$ pro 8° ; $14^\circ 56'$ je $\beta/2$ pro 5° .

Při větším stoupání natáčíme čelo nože o úhel stoupání závitu φ i při ostrém závitě. Je-li jeho stoupání h , střední průměr závitu d , platí:

$$\text{metrický } \text{tg } \varphi = \frac{h}{\pi d}; \text{ palcový } \text{tg } \varphi = \frac{25,40}{\pi \cdot d \cdot \text{počet chodů na 1''}}.$$

Stojí-li nůž takto natočen o úhel φ , řežou oba boky stejně dobře, závit je čistý. Je však nutná malá oprava úhlu nože, jak byla výše počítána u lichoběžníkového závitu.

Střední úhel stoupání φ je pro normální závity vypočten v další tabulce.

Whitworthův závit			Metrický závit			Trubkový závit		
Průměr	stoupání	úhel stoupání	Průměr	stoupání	úhel stoupání	Průměr	stoupání	úhel stoupání
palce	mm	φ°	mm	mm	φ°	palce	mm	φ°
$1/16$	0,423	$5^{3/4}$	1	0,25	$5^{1/2}$	$1/8$	0,907	$1^{3/4}$
$1/8$	0,635	$4^{1/4}$	1,2	0,25	$4^{1/2}$	$1/4$	1,337	2
$1/4$	1,270	$4^{1/4}$	2	0,4	$4^{1/4}$	$3/8$	1,337	$1^{1/2}$
$5/16$	1,411	$3^{3/4}$	2,3	0,4	$3^{1/2}$	$1/2$	1,814	$1^{3/4}$
$3/8$	1,588	$3^{1/2}$	3	0,5	$3^{1/2}$	$5/8$	1,814	$1^{1/2}$
$7/16$	1,814	$3^{1/2}$	4	0,7	$3^{1/2}$	$3/4$	1,814	$1^{1/4}$
$1/2$	2,117	$3^{1/2}$	4,5	0,75	$3^{1/2}$	$7/8$	1,814	$1^{1/4}$
$9/16$	2,117	3	5	0,8	$3^{1/4}$	1	2,309	$1^{1/4}$
$5/8$	2,309	3	6	1	$3^{1/2}$	$1^{1/8}$	2,309	$1^{1/4}$
$11/16$	2,309	$2^{3/4}$	8	1,25	$3^{1/4}$	$1^{1/4}$	2,309	1
$3/4$	2,540	$2^{3/4}$	10	1,5	3	$1^{3/8}$	2,309	1
$13/16$	2,540	$2^{1/2}$	12	1,75	3	$1^{3/4}$	2,309	$3/4$
$7/8$	2,822	$2^{1/2}$	14	2	$2^{3/4}$	2	2,309	$3/4$
1	3,175	$2^{1/2}$	16	2	$2^{1/2}$	$2^{1/4}$	2,309	$3/4$
$1^{1/8}$	3,629	$2^{1/2}$	20	2,5	$2^{1/2}$	$2^{1/2}$	2,309	$3/4$
$1^{1/4}$	3,629	$2^{1/4}$	22	2,5	$2^{1/4}$	$2^{3/4}$	2,309	$1^{1/2}$
$1^{3/8}$	4,233	$2^{1/2}$	24	3	$2^{1/2}$	3	2,309	$1^{1/2}$
$1^{1/2}$	4,233	$2^{1/4}$	30	3,5	$2^{1/4}$	$3^{1/2}$	2,309	$1^{1/2}$
$1^{5/8}$	5,080	$2^{1/2}$	36	4	$2^{1/4}$	$3^{3/4}$	2,309	$1^{1/2}$
$1^{3/4}$	5,080	$2^{1/4}$	39	4	2	4	2,309	$1^{1/2}$
$1^{7/8}$	5,645	$2^{1/4}$	42	4,5	2			
2	5,645	$2^{1/4}$	48	5	2			
$2^{1/4}$	6,350	$2^{1/4}$	56	5,5	2			
$2^{1/2}$	6,350	2	60	5,5	$1^{3/4}$			
$2^{3/4}$	7,257	2	72	6	$1^{3/4}$			
3	7,257	2	76	6	$1^{1/2}$			
$3^{1/2}$	7,816	$1^{3/4}$	84	6	$1^{1/2}$			
$3^{3/4}$	8,467	$1^{3/4}$	89	6	$1^{1/4}$			
4	8,467	$1^{1/2}$	99	6	$1^{1/4}$			
5	9,237	$1^{1/2}$	104	6	1			
6	10,160	$1^{1/2}$	149	6	1			

Metrický jemný		
mm	mm	φ
12	1,5	$2^{3/4}$
14	1,5	$2^{1/2}$
16	1,5	2
20	1,5	$1^{1/2}$
24	1,5	$1^{1/4}$
30	1,5	1
40	1,5	$3/4$
52	1,5	$1/2$

c) **Ploché závit.** Zde jsou postavení a tvar nože zvláště důležité. Na výkresu závitu bývá obvykle uveden velký (vnější) průměr d_a , průměr jádra (malý) d_k a střední průměr d_m . Ze stoupání závitu h se dají určit úhly stoupání závitu na průměrech d_a, d_k, d_m , označené $\varphi_a, \varphi_k, \varphi_m$:

$$\operatorname{tg} \varphi_a = \frac{h}{\pi D}; \operatorname{tg} \varphi_k = \frac{h}{\pi d_1}; \operatorname{tg} \varphi_m = \frac{h}{\pi d}$$

Pokud je závit jednochodý, můžeme stavět břit nože vodorovně. Při pohledu shora na závit má pak podle obr. 347-a nůž tvar jako profil závitu. Na stranách je úhel hřbetu 3° ; úhly břitu β_1, β_2 nejsou stejné, při strmém závitu, obr. 347-b, vychází levý úhel β_1 příliš malý, břit se lehko vyštípne. Pravý úhel β_2 je naopak příliš velký, břit tam špatně řeže, spíše jen škrabe a tlačí. Výbrusem obr. 347-c se β_2 zmenší, nůž se však obtížně brousí.

Je-li střední úhel stoupání φ_m větší než 10° , nutno stavět břit šikmo, jak ukazuje obr. 347-d, nejčastěji pod středním úhlem φ . Postranní břity tím mají stejné úhly, obě strany nože řežou stejně. Šířka nože je však menší než ve vodorovné rovině, také se mění s hloubkou závitu, je větší na vnějším průměru, menší na vnitřním, jak ukazují obr. 347-e. Nestejná šířka vzniká změnami úhlů stoupání, s rostoucím úhlem stoupání šířka klesá.

Na obrázcích je šířka závitu značena b , šířka nože na vnějším průměru b'_a , na středním b'_m , na vnitřním b'_k . Přesný výpočet šířky b' je velmi obtížný, pro praxi však stačí dále uvedené vzorce.

Přibližně:

$$b'_a = \frac{b_a \cdot \cos \varphi_a}{\cos (\varphi_m - \varphi_k)}$$

$$b'_k = \frac{b_k \cdot \cos \varphi_k}{\cos (\varphi_m - \varphi_k)}$$

$$b'_m = b_m \cos \varphi_m$$

Přesněji:

$$b'_a = \frac{b_a}{\cos \varphi_m \cdot (1 + \operatorname{tg} \varphi_m \cdot \operatorname{tg} \varphi_k)}$$

$$b'_k = \frac{b_k}{\cos \varphi_m \cdot (1 + \operatorname{tg} \varphi_m \cdot \operatorname{tg} \varphi_k)}$$

$$b'_m = \frac{b_m}{\cos \varphi_m \cdot (1 + \operatorname{tg} \varphi_m \cdot \operatorname{tg} \varphi_m)}$$

Rovnice platí pro případ, že břit stojí kolmo k střední šroubovici, pod úhlem φ_m . Stojí-li kolmo k vnitřní nebo vnější šroubovici, dosazujeme do vzorců φ_k nebo φ_a na místě φ_m .

Můžeme tak počítati *lichoběžníkový závit*, proto je ve vzorcích šířka závitu b_a, b_m, b_k , zatím co u plochého je všude rovno b . Nůž má tvar podle obr. 347-f. Zde b_a šroubu = b_k matice; b_k šroubu = b_a matice.

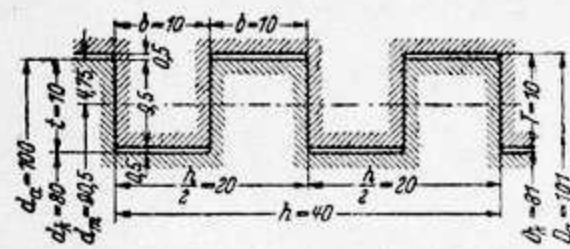
Zakřivený profil nože se vyrábí obtížně, také podříznutá plocha závitu v matici, obr. 347e, se obtížně řeže. Vyřízeme-li matici v pravých úhlech, musí se příslušně změnit, profil šroubu. Závit je zpravidla napřed předříznut ve dně a na bocích, pak dokončen přesným tvarovým nožem. U matice s plochým závitem musí být (v důsledku podříznutí boků) nůž užší než mezera závitu, obrábí se každý bok zvlášť. I když je pro jednoduchost hlazeno nožem s vodorovným břitem, doporučuje se hrubování skloněným břitem. Je-li velké stoupání a větší profil závitu, řežeme nejčastěji každý bok zvlášť.

Nůž, mající plný profil mezery, nedává čistý závit. Trisky se pěchují a tlačí se do stran. Je vždy lépe upravit nůž užší, aby trisky volně odbíhaly stranou. V závitové mezeře by však triska narážela na protější bok závitu a poškrábala by ho. Na to nutno pamatovat. Maličká hladicí triska už nevádí.

Úhly břitů β_1, β_2 , obr. 347-a, stojí-li břit vodorovně, jsou u plochého závitu.

$$\beta_1 = 90^\circ - (\varphi_k + 3^\circ);$$

$$\beta_2 = 90^\circ + (\varphi_a - 3^\circ).$$



Obr. A.

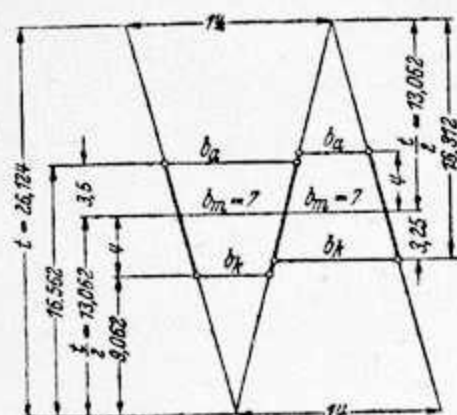
Příklad 1. Dvojchodý ploché závit podle vedlejšího obrázku A má vnější průměr šroubu $d = 100$ mm, stoupání $h = 40$ mm, šířku mezery $b = 10$ mm. Břit bude postaven kolmo k střední šroubovici.

Rozměr	vnější	střední	jádro
Šroub			
Průměr d	100	90,5	80 mm
Stoupání h	40	40	40 mm
Úhel stoupání . . . $\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{\pi \cdot d}$	$\frac{40}{\pi \cdot 100}$	$\frac{40}{\pi \cdot 90,5}$	$\frac{40}{\pi \cdot 80}$
(úhly φ) φ	0,12732	0,14069	0,15915
	7° 15'	8°	9° 03'
Natočení břitu φ_m	8°	8°	— 1° 03'
Úchylka $\varphi_m - \varphi$	0° 45'	0°	0,99983
	0,99991	1	0,98755
Úhel stoupání $\cos \varphi$	0,99201	0,99027	10 mm
Šířka mezery b	10	10	0,98755
Šířka nože . . $b' = \frac{b \cdot \cos \varphi}{\cos (\varphi_m - \varphi)}$	10 · 0,99201	10 · 0,99027	10 · 0,99983
	9,921	9,903	9,877 mm
Matice			
Průměr D	101	90,5	81 mm
Stoupání h	40	40	40 mm
Úhel stoupání . . . $\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{\pi \cdot D}$	$\frac{40}{\pi \cdot 101}$	$\frac{40}{\pi \cdot 90,5}$	$\frac{40}{\pi \cdot 81}$
	0,12606	0,14069	0,15719
	7° 11'	8°	8° 56'
Natočení břitu φ_m	8°	8°	8°
Úchylka $\varphi_m - \varphi$	0° 49'	0°	— 0° 56'
	0,99989	1	0,99987
	0,99215	0,99027	0,98787
Šířka mezery b	10	10	10 mm
Šířka nože . . $b' = b \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos (\varphi_m - \varphi)}$	10 · 0,99215	10 · 0,99027	10 · 0,98787
	9,923	9,903	9,880 mm

Tím jsme přechodně určili všechny rozměry nožů, potřebných k řezání závitů. Na noži budou postranní úhly bříty, kdyby nebyl natočen pod úhlem φ_m :

$$\beta_1 = 90^\circ - (\varphi_k + 3^\circ) = 90^\circ - (9^\circ 03' + 3^\circ) = 77^\circ 57';$$

$$\beta_2 = 90^\circ + (\varphi_a - 3^\circ) = 90^\circ + (7^\circ 15' - 3^\circ) = 94^\circ 15'.$$



Obr. B.

Příklad 2. Dvojhodý normální lichoběžníkový závit podle vedlejšího obrázku B má:

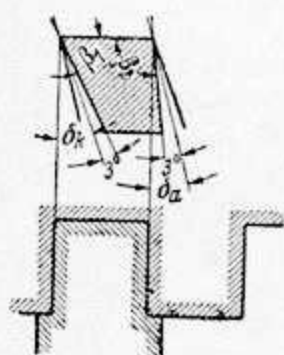
Vnější průměr šroubu $d_a = 120$ mm.

Stoupání $h = 28$ mm, rozteč $h/2 = 14$ mm.

b_k šroubu = b_a matice; b_a šroubu je větší než b_k matice. Břit stojí kolmo k střední šroubovici.

Theoretická hloubka závitů

$$t = 1,866 \cdot h = 26,124 \text{ mm.}$$



Obr. 347-a.



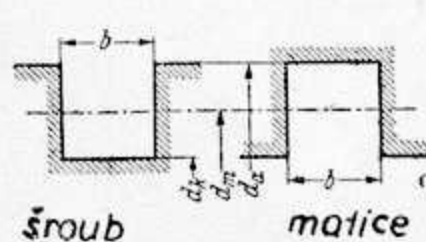
Obr. 347-b



Obr. 347-c



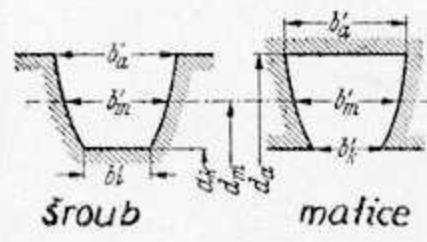
Obr. 347-d



šroub

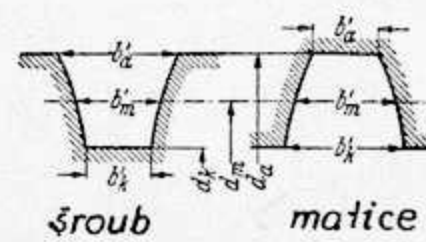
matice

Obr. 347-e, vlevo závit, vpravo nůž.



šroub

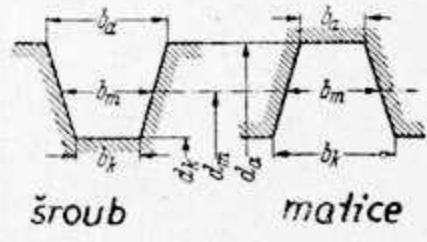
matice



šroub

matice

Obr. 347-f, vlevo závit, vpravo nůž.



šroub

matice

Šroub:

$$b_a = 14 \cdot \frac{16,562}{26,124} = 8,876$$

$$b_m = \frac{14}{2} = 7$$

$$b_k = 14 \cdot \frac{9,062}{26,124} = 4,856$$

Matice:

$$4,856 \text{ mm}$$

$$7 \text{ mm}$$

$$14 \cdot \frac{16,312}{26,124} = 8,742 \text{ mm}$$

Výpočet rozměrů nožů opět rozepíšeme do tabulky:

	Vnější	Střední	Jádro
Šroub			
Průměr d	120	113	105 mm
Stoupání h	28	28	29 mm
Úhel stoupání . . . $\text{tg } \varphi = \frac{h}{\pi \cdot d}$	28	28	28
(úhly φ) $\text{tg } \varphi$	$\frac{\pi \cdot 120}{0,07426}$	$\frac{\pi \cdot 113}{0,07887}$	$\frac{\pi \cdot 105}{0,08488}$
φ	$4^\circ 15'$	$4^\circ 30'$	$4^\circ 51'$
Natočení bříty φ_m	$4^\circ 30'$	$4^\circ 30'$	$4^\circ 30'$
$\varphi_m - \varphi$	$0^\circ 15'$	0°	$-0^\circ 21'$
$\cos(\varphi_m - \varphi)$	0,99999	1	0,99998
$\cos \varphi$	0,99725	0,99692	0,99641
Šířka mezery b	8,876	7	4,837 mm
Šířka nože . $b' = b \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos(\varphi_m - \varphi)}$	$8,876 \cdot \frac{0,99725}{0,99999}$	$7 \cdot \frac{0,99692}{1}$	$4,856 \cdot \frac{0,99641}{0,99998}$
b'	8,851	6,978	4,838 mm
Matice			
Průměr D	121	113	106,5 mm
Stoupání h	28	28	28 mm
Úhel stoupání . . . $\text{tg } \varphi = \frac{h}{\pi \cdot D}$	28	28	28
$\text{tg } \varphi$	$\frac{\pi \cdot 121}{0,07366}$	$\frac{\pi \cdot 113}{0,07887}$	$\frac{\pi \cdot 106,5}{0,08369}$
φ	$4^\circ 13'$	$4^\circ 30'$	$4^\circ 47'$
Natočení bříty φ_m	$4^\circ 30'$	$4^\circ 30'$	$4^\circ 30'$
$\varphi_m - \varphi$	$0^\circ 17'$	0°	$-0^\circ 17'$
$\cos(\varphi_m - \varphi)$	0,99999	1	0,99999
$\cos \varphi$	0,99729	0,99692	0,99651
Šířka mezery b	4,856	7	8,742 mm
Šířka nože . $b' = b \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos(\varphi_m - \varphi)}$	$4,856 \cdot \frac{0,99729}{0,99999}$	$7 \cdot \frac{0,99692}{1}$	$8,742 \cdot \frac{0,99651}{0,99999}$
b'	4,843	6,978	8,711 mm

Příklad 3. Čtyřhodý plochý závit má vnější průměr šroubu $d_a = 40$ mm, stoupání $h = 80$ mm, rozteč $h/4 = 20$ mm, šířku mezery $b = 10$ mm; je tedy střední průměr $d_m = 30$, průměr jádra $d_k = 20$ mm.

Nůž bude při práci natočen kolmo k střední šroubovici.

Rozměr	Vnější	Střední	Jádro
Průměr d	40	30	20
Stoupání h	80	80	80
Úhel stoupání $\text{tg } \varphi = \frac{h}{\pi d}$	$\frac{\pi \cdot 40}{80}$	$\frac{\pi \cdot 30}{80}$	$\frac{\pi \cdot 20}{80}$
$\text{tg } \varphi$	0,63662	0,84882	1,27324
φ	32° 30'	40° 20'	51° 50'
Natočení břitu . . . φ_m	40° 20'	40° 20'	40° 20'
$1 + \text{tg } \varphi_m \cdot \text{tg } \varphi$	$1 + 0,84882 \cdot 0,63662 = 1,54038$	$1 + 0,84882 \cdot 0,84882 = 1,72050$	$1 + 0,84882 \cdot 1,27324 = 2,08076$
$\cos \varphi_m$	0,76229	0,76229	0,76229
Šířka mezery b	10	10	10
Šířka nože b'	10	10	10
b'	$0,76229 \cdot 1,54038 = 8,514$	$0,76229 \cdot 1,72050 = 7,624$	$0,76229 \cdot 2,08076 = 6,300$

Rozměr b' byl zde počítán podle vzorce

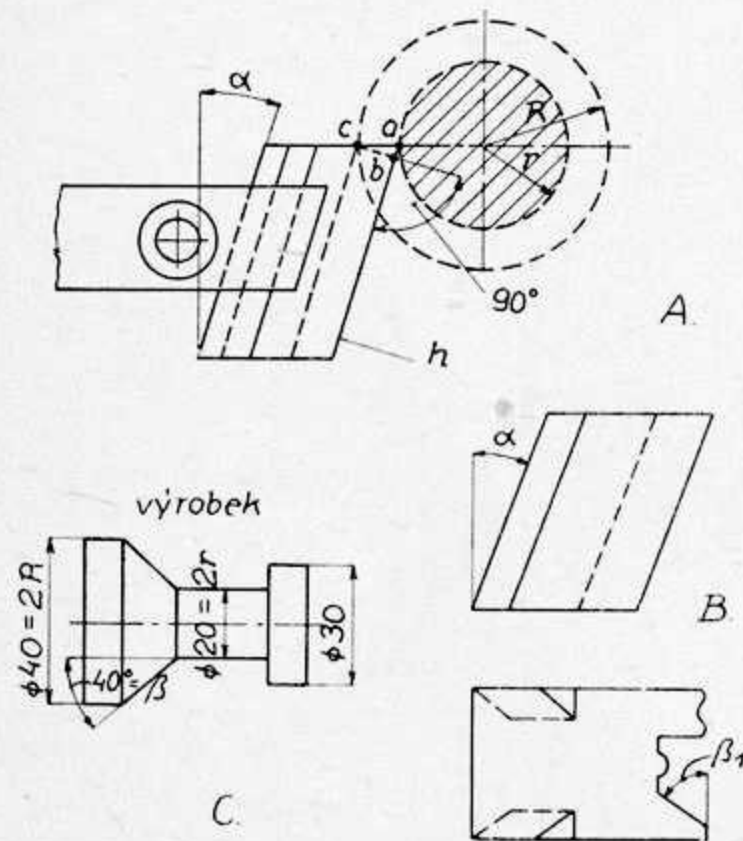
$$b' = \frac{b}{\cos \varphi_m \cdot (1 + \text{tg } \varphi_m \cdot \text{tg } \varphi)}$$

9. Výpočty na tvarových nožích. Jsou někdy dost složité a obtížné, také vyžadují už hlubších znalostí matematiky a geometrie. Uvádím proto jen několik jednoduchých úloh a ukázkou složitějšího příkladu.

Tvarový nůž je rovný nebo koutoučkový. Na soustruhu jsou nejrozšířenější nože rovné, obr. 348. Používají se též k podtáčení zubů tvarových fréz na podtáčecím soustruhu, obr. 349. Pro jednotlivou výrobu nemá smysl dělat nůž v držáku, stačí rovný tvarový nůž z kusu. Teprve při větší serii se vyplácí držák podle obr. 348, v němž budeme nože vyměňovat. Nůž je držen v drážce rozříznutého držáku stažením šroubem. Má po celé délce stejný tvar, aby se ostřením na čele neměnil soustružený profil.

Nakloněním nože podle obr. 348-A je hloubka řezané drážky $a c$, rovná rozdílu poloměrů $R - r$, delší než hloubka $b c$, měřená na noži v pravém úhlu k profilu.

$$b c = a c \cdot \cos \alpha = (R - r) \cdot \cos \alpha$$

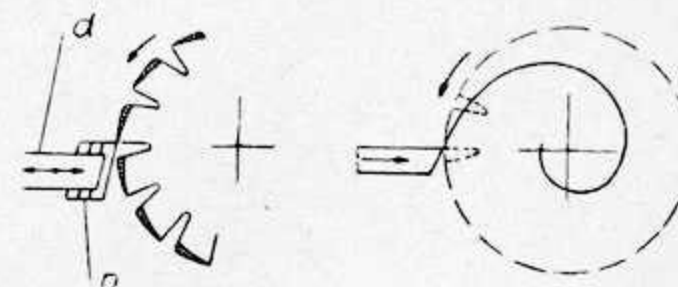


Obr. 348. Tvarový nůž v držáku; h hřbet.

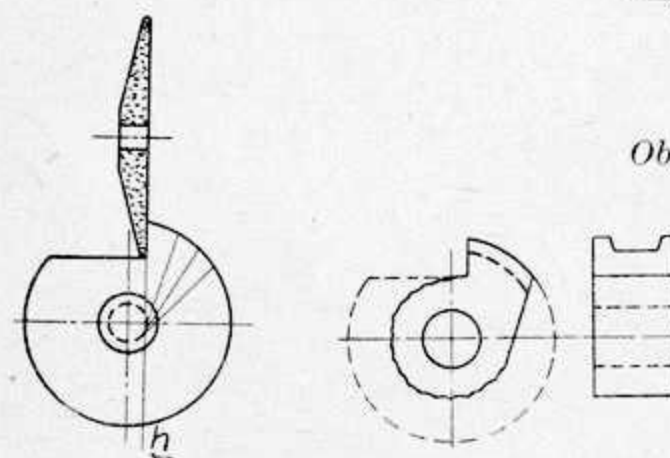
K usnadnění výpočtů použijeme následující tabulky; pro různé vzdálenosti $a c$ a tři úhly α (s nimiž v praxi vystačíme) je v ní vypočtena vzdálenost $b c$.

$a c$	$b c$ pro			$a c$	$b c$ pro		
	$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 20^\circ$		$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 20^\circ$
0,01	0,0098	0,0096	0,0094	0,40	0,3939	0,3863	0,3758
0,02	0,0197	0,0193	0,0187	0,50	0,4924	0,4829	0,4698
0,03	0,0295	0,0289	0,0281	0,60	0,5908	0,5795	0,5638
0,04	0,0393	0,0386	0,0375	0,70	0,6893	0,6761	0,6577
0,05	0,0492	0,0483	0,0469	0,80	0,7878	0,7727	0,7517
0,06	0,0590	0,0579	0,0563	0,90	0,8863	0,8693	0,8457
0,07	0,0689	0,0676	0,0657	1,00	0,9848	0,9659	0,9396
0,08	0,0787	0,0772	0,0751	2,00	1,9696	1,9318	1,8793
0,09	0,0886	0,0869	0,0845	3,00	2,9544	2,8977	2,8190
0,10	0,0984	0,0965	0,0939	4,00	3,9392	3,8637	3,7587
0,20	0,1969	0,1931	0,1879	5,00	4,9240	4,8296	4,6984
0,30	0,2954	0,2897	0,2819				

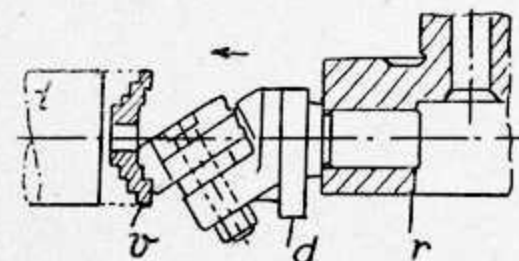
Použití tabulky ukážeme na součásti obr. 348-C. Rozdíl mezi největším poloměrem $R = 20$ a nejmenším $r = 10$ je $10 \text{ mm} = a c$ na obr. A. Řekněme, že obrábíme ocel nožem, nakloněným o $\alpha = 15^\circ$. V tabulce $a c = 10$ už není, volme $a c = 1$ a budeme výsledek násobit deseti. Proti $a c = 1$ v předposledním sloupci, pro $\alpha = 15^\circ$ je $b c = 0,9659$, násobeno deseti dá $b c_1 = 9,659 \text{ mm}$.



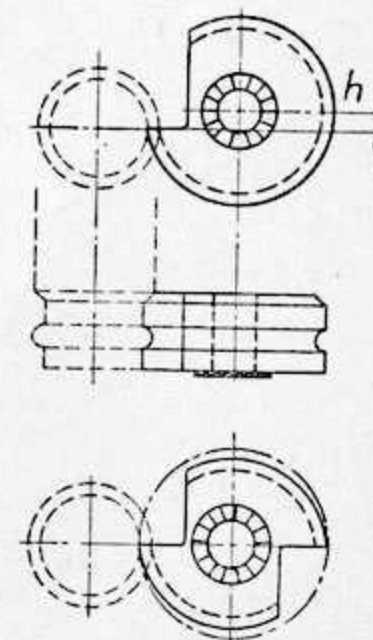
Obr. 349. Podsoustružení tvarové frézy.



Obr. 350. Ostření kotoučového nože.



Obr. 351. Speciální držák d s tvarovým nožem v revolverové hlavě r , t obráběný tyčový materiál. Kresleno vyráběné víčko v po upíchnutí.



Obr. 352. Podsoustružení u kotoučových nožů.

Podobně u menšího náboje na součásti *obr. C*. Rozdíl v poloměrech tam je $15 - 10 = 5$ mm, a vzdálenost bc pro $ac = 5$ je

$$bc_2 = 4,8296 \approx 4,830 \text{ mm.}$$

Tím máme vzdálenosti, jež nutno naměřit na noži kolmo ke hřbetu, aby řezal součást *obr. C*. Kdyby byl pravý čep o průměru 32 místo 30, je rozdíl poloměrů $ac = 6$ mm a sečtením hodnoty pro 1 a 5 máme

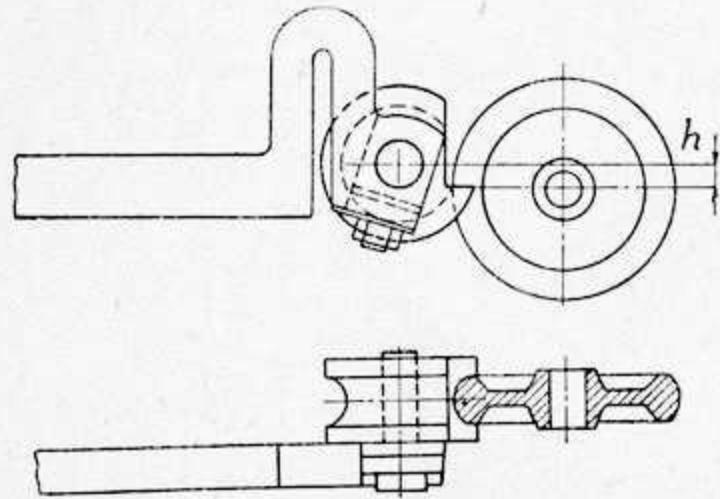
$$bc_2 = (0,9659 + 4,8296) = 5,7955 \text{ mm.}$$

Někdy řezeme nožem úhel, jak ukazuje *obr. B*. Abychom na součásti vyřizli úhel β , musí mít nůž úhel β_1 podle následující tabulky:

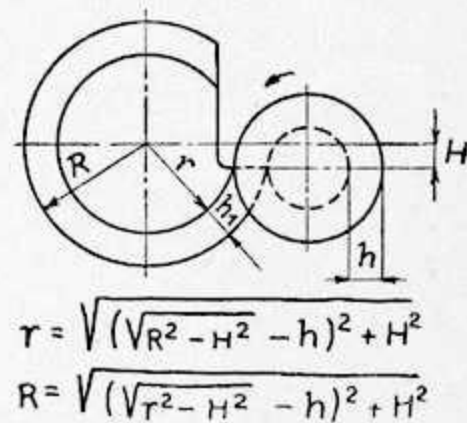
β° součásti	β_1 na noži pro úhel			β° součásti	β_1 na noži pro úhel		
	$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 20^\circ$		$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 20^\circ$
5	4° 55'	4° 50'	4° 42'	50	49° 34'	49° 1'	48° 14'
10	9° 51'	9° 40'	9° 24'	55	54° 35'	54° 4'	53° 18'
15	14° 47'	14° 31'	14° 8'	60	59° 37'	59° 8'	58° 26'
20	19° 43'	19° 22'	18° 53'	65	64° 40'	64° 14'	63° 36'
25	24° 40'	24° 15'	23° 40'	70	69° 43'	69° 21'	68° 50'
30	29° 37'	29° 9'	28° 29'	75	74° 47'	74° 30'	74° 5'
35	34° 35'	34° 4'	33° 20'	80	79° 51'	79° 39'	79° 22'
40	39° 34'	39° 1'	38° 15'	85	84° 55'	84° 49'	84° 41'
45	44° 34'	44° 0'	43° 13'				

Na součásti *obr. C* je $\beta = 40^\circ$. Protože α nože = 15° , bude úhel na noži $\beta_1 = 39^\circ 1'$. Kdybychom měli na součásti $\beta = 5^\circ$ a naklonění nože $\alpha = 10^\circ$, musí mít nůž úhel $\beta_1 = 4^\circ 55'$.

Kotoučové tvarové nože se snadno vyrábějí, dobře ostří (*obr. 350*) a mohou se skoro celé ubrousit. Upínají se do pevných nebo odpružených držáků podle *obr. 351, 352, 353*. Aby vznikly vhodné úhly ostří, je střed nože nad



Obr. 353. Kotoučkový tvarový nůž v pružném držáku.



Obr. 354. Výpočty rozměrů kotoučového nože.

středem součásti o vzdálenost H , *obr. 354*. Z toho už plyne, že rozdíl poloměrů $R - r$ na noži neodpovídá přesně hloubce zápichu h na součásti. Kdyby byla hloubka h_1 na noži stejná, jako h na žádané části vyřizl by nůž h ve skutečnosti větší. Pro poloměry nože r, R platí vzorce, udané na obrázku.

Kdyby na př. měla součást $h = 3$ mm, nůž velký poloměr $30 \text{ mm} = R$, převýšení $H = 4$ mm, bude na noži malý poloměr přibližně

$$r = \sqrt{(\sqrt{30^2 - 4^2} - 3)^2 + 4^2} = \sqrt{(29,75 - 3)^2 + 16} = \sqrt{731} = 27,1 \text{ mm.}$$

Přesnější výpočty rozměrů kotoučových nožů jsou dosti obtížné a často je soustružník nemůže provádět; nezbyvá, než aby se poradil s konstruktérem z technické kanceláře, nebo ještě lépe: studoval trochu hlouběji technickou matematiku, třeba z učebnice Dílenská matematika, B. Dobrovolný. Ukázku podobného obtížného výpočtu uvádím dále.

Příklad. Máme zjistit, jaký úhel $\varphi' = ?$ musí mít kotoučkový nůž podle *obr. 355*, aby hotová součást *obr. A* měla úhel $\varphi = 11^\circ 20'$ (nebo udané rozměry). Počítáme přesně.

Nůž má $R_1 = 30$ mm; má mít $\alpha = \gamma = 10^\circ$; abychom dostali žádaný úhel α , je nutné snížení $h = R_1 \cdot \sin \alpha = 5,2095$ mm. Na součásti $r_1 = 4$ mm, $r_2 = 7$; čára L má rovnici $y = \text{tg } \gamma \cdot x + b$, kde $b =$ vzdálenost, kterou oddělí čára L na svislé ose součásti. Bod 1 má souřadnice $y_1 = 0, x_1 = 4$; z toho výše uvedená rovnice $y = \text{tg } \gamma \cdot x + 0,705$, v bodu 2 platí $x_2^2 + y_2^2 = r_2^2$; musí také vyhovět rovnici čáry L , z čehož

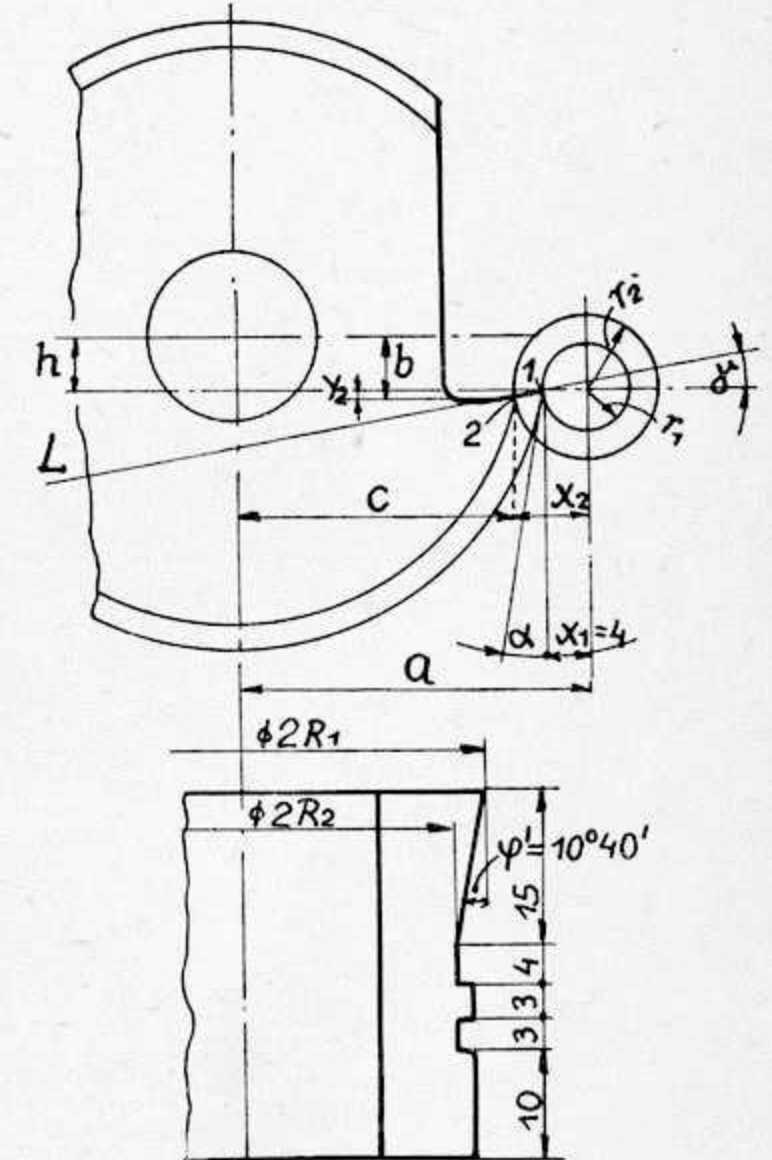
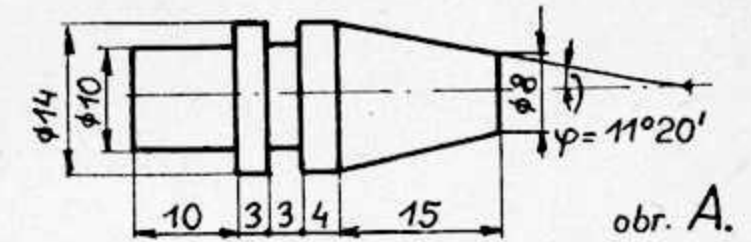
$$x_2 = \left[-\text{tg } \gamma \cdot b \pm \sqrt{r_2^2 (1 + \text{tg } \gamma^2) - b^2} \right] / (1 + \text{tg } \gamma^2);$$

význam má jen záporný kořen; dosazením

z rovnice pro y výše uvedené je dosazením za x_2 hodnota

$$y_2 = 0,176 \cdot (-6,98) + 0,705 = -0,526 \text{ mm;}$$

tím známe polohu bodu 2. Značky $-$ můžeme v dalším vynechat, je to jen údaj, v kterém kvadrantu souřadnic bod leží.



Obr. 355. Výpočet kotoučového nože.

$$a = R_1 \cdot \cos \alpha + r_1 = 30 \cdot 0,98481 + 4 = 33,544 \text{ mm};$$

$$c = a - x_2 = 33,544 - 6,98 = 26,56 \text{ mm};$$

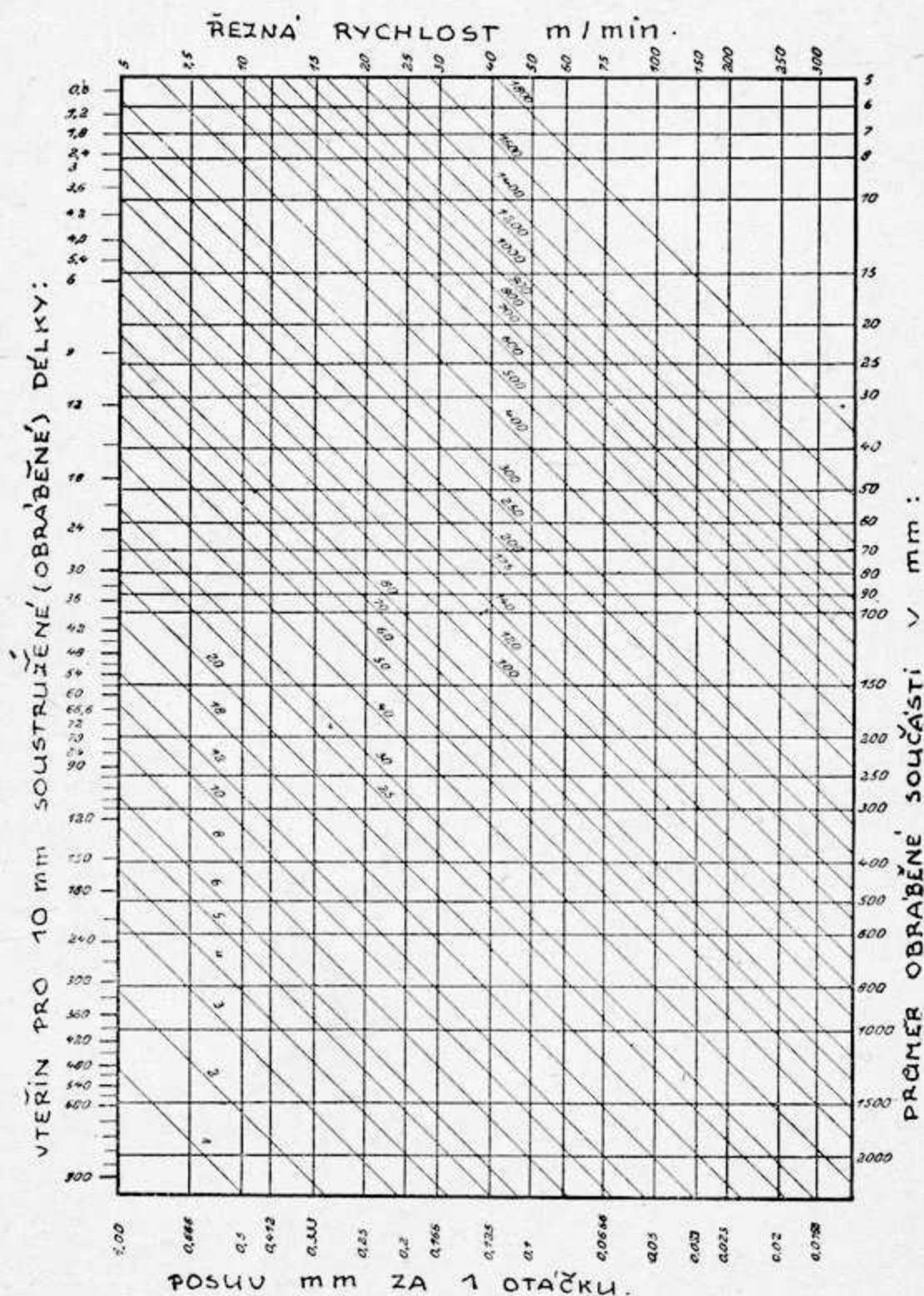
$$b = h + y_2 = 5,2095 + 0,526 = 5,735 \text{ mm};$$

$$R_2 = \sqrt{c^2 + b^2} = \sqrt{26,56^2 + 5,735^2} = 27,176 \text{ mm};$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = (R_1 - R_2) / 15 = (30 - 27,176) / 15,$$

z čehož $\varphi' = 10^\circ 40'$.

10. Výpočet času při soustružení a vrtání. K urychlení výpočtů použijeme následujícího diagramu obr. 356.



Obr. 356. Diagram časů k soustružení.

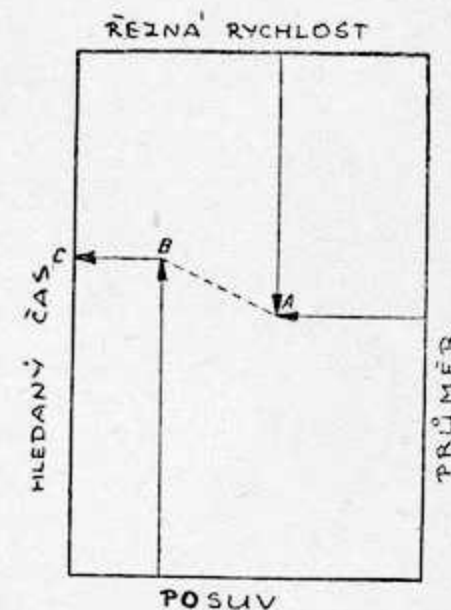
Příklad 1. V litině se má vrtat 60 mm hluboká díra o \varnothing 30 mm. Volena řezná rychlost 15 m za min., posuv nože 0,5 mm na jednu otáčku. Jak dlouho bude práce trvat?

Díra je předvrtána, bereme na soustruhu jednu třísku. Čára průměru 30 a řezné rychlosti 15 se protínají v *A*, blízko čáry otáček 175, vedené pod úhlem 45 stupňů, obr. 357. Průsečík této čáry s posuvem 0,5, *B* se promítne na čáru *C* a udá čas 7,5 vteřin pro 10 mm délky. Protože celková délka je 60 mm, je hledaný pracovní čas $6 \cdot 7,5$ vteřin = 45 vteřin.

Příklad 2. Na čepu dlouhém 50 mm, o průměru 80 mm, se má ubrat jedna tříška. Volena řezná rychlost 25 m/min., posuv 0,3 mm na otáčku. Jak dlouho bude soustružení trvat?

Průsečík *A* čáry průměru s rychlosti 25 dává otáčky 120. Průsečík *B* těchto otáček s posuvem 0,3, promítnutý na čáru času, dá prac. čas 21 vt. pro 10 mm délky. Pro 50 mm je celkový pracovní čas $5 \cdot 21$ vteř. = 105 vteřin.

Určení času, potřebného k vrtání děr v oceli o pevnosti 50–60 kg/mm². Tabulka platí pro střední stroje. U silných strojů možno posuv na otáčku zvětšit asi o 0,5 mm, je-li vrták rychlořezný. Tabulka platí pro ocel o pevnosti 50–60 kg/mm². Při vrtání jiných kovů musíme čas, potřebný k vrtání násobiti: U litiny číslem 1,2. U tvrdé litiny číslem 4; u bronzů 0,75; u strojní tvrdé oceli číslem 1,5.



Obr. 357.

Šroubový vrták

z nástrojové oceli

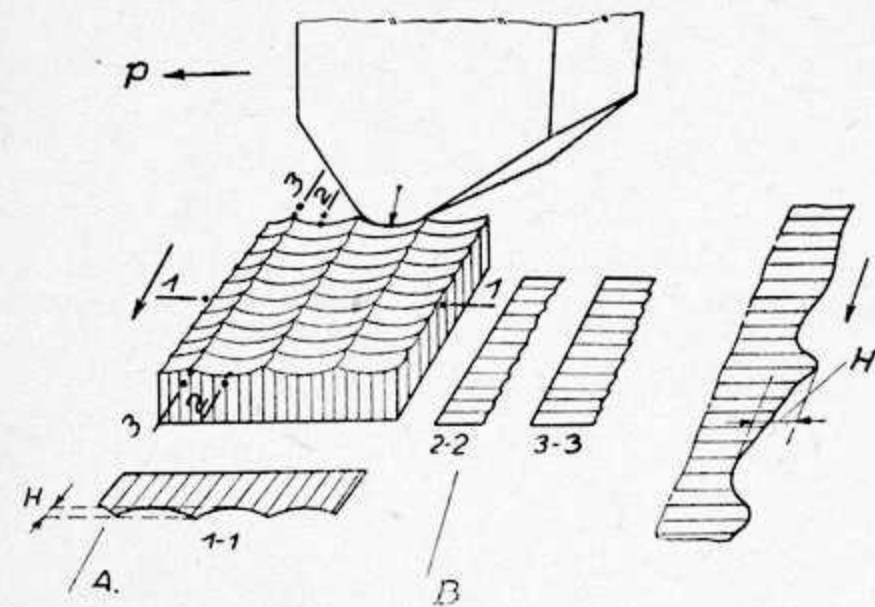
rychlořezný

Ø díry v mm	otáčky za min.	posuv na 1 otáčku mm	posuv za min. mm	otáčky za min.	posuv na 1 otáčku mm	posuv za min. mm
5	700	0,2	140	1400	0,25	350
8	425	0,2	85	850	0,25	212
10	340	0,175	60	675	0,2	135
13	260	0,175	45	525	0,2	110
16	215	0,175	37,5	425	0,2	85
20	170	0,15	25,5	340	0,175	60
25	135	0,15	20,2	270	0,175	47
30	115	0,15	17,2	230	0,175	40
35	100	0,15	15	200	0,175	35
40	85	0,125	10,6	170	0,15	25,5
45	75	0,125	9,4	150	0,15	22,5
50	70	0,125	8,75	140	0,15	21

Příklad. Šroubovým vrtákem se má vyvrtat 10 děr o \varnothing 30 mm, hlubokých po 40 mm. Jak dlouho má práce trvat? Vedlejší časy (upínání součástí) pro 1 díru jsou 3 minuty. Vrták je z rychlořezné oceli. Vrták má konat podle tabulky 230 ot/min, má mít za 1 otáčku posuv 0,175 mm, vyvrtá za 1 minutu 40 mm díry, tedy právě jednu díru. Pracovní čas jest $L = 10 \times 1 \text{ min} = 10 \text{ min}$; k tomu na upínání $10 \cdot 3 \text{ min} = 30 \text{ min}$, celkem $10 + 30 = 40 \text{ minut}$.

38. Hladkost obráběného povrchu.

Měřením bylo zjištěno, že na hladkosti povrchu velmi záleží odolnost proti opotřebení (otírání), vzdornost proti korozi (rezavění) a jiné vlastnosti povrchu. Posuvem nože při soustružení vzniká určitá drsnost povrchu,



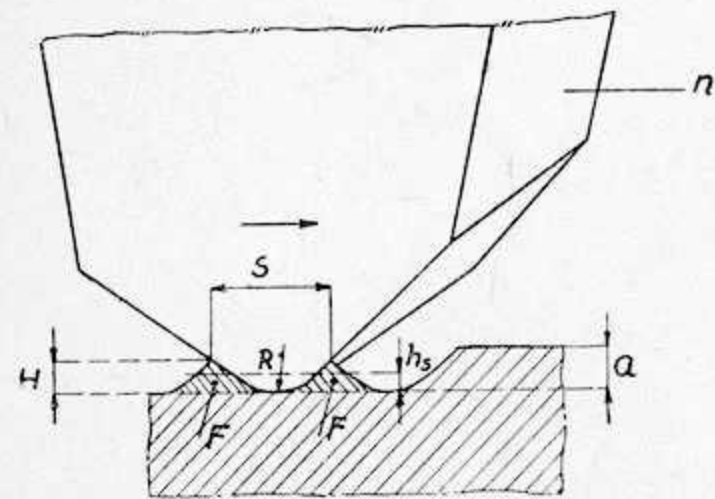
Obr. 358. Drsnost při obrábění; P posuv. A drsnost ve směru posuvu; B drsnost ve směru řezu.

obr. 358, nejen ve směru posuvu, ale i ve směru řezu. Přídavek na broušení nutno volit s ohledem na tuto drsnost. Bylo by dobré, kdyby drsnosti ve směru posuvu a ve směru řezu byly stejné. Je zcela zbytečné zdražovat obrábění tím, že volíme posuv maličký, aby byl povrch ve směru posuvu velmi hladký, když je drsnost ve směru řezu větší, a aby se odstranila, nutno stejně obrousit větší vrstvu. V zastaralé dílně se na takové „maličkosti“ nehledí; však se tam také pracuje třeba i několikrát draž než v moderním podniku a mistři i dělníci myslí, že pracují dobře.

Drsnost ve směru posuvu, obr. 359. Rozměry rýh jsou na obrázku značeny. Geometrickými vztahy se dá najít, že hloubka rýh H roste se čtvercem posuvu s a je nepřímo úměrná poloměru ostří R . Střední hloubka rýh $h_s =$ asi $H : 3$.

Chceme-li při rostoucím posuvu s udržet tutéž drsnost povrchu (stejnou hloubku rýh H), musí platit

$$s^2 : R = \text{konstanta.}$$



Obr. 359. Drsnost povrchu. H největší hloubka rýh; h_s střední hloubka rýh; a hloubka záběru; n nůž; s posuv.

To značí, že poloměr ostří R se musí zvětšovat se čtvercem posuvu s . Je-li nový posuv 2krát větší, musí vyrůst poloměr R na hrotu $2^2 = 4$ krát, aby nůž dával stejně drsný povrch jako dříve.

Plocha zbytků F mezi rýhami roste s třetí mocninou posuvu s (tedy s^3) a je nepřímo úměrná poloměru ostří R . Materiál se před ostřím pýcháje, deformacemi uhýbá ostří stranou a tím se trochu mění výše uvedené geometrické vztahy.

Drsnost ve směru řezu, obr. 358. Dá se určit velmi obtížně, neboť u soustruhu bez vůlí ve vřetenu a v saních by měla vznikat dokonalá válcová plocha. Vytvoří se střechovitě zvlažený povrch (ač podle druhu materiálu mají nerovnosti i jiný tvar). Záleží také na nastaveném ostří. Tím si vysvětlíme, proč je při vyšší rezné rychlosti povrch lepší (hladší), neboť nastavené ostří vyšší rychlostí mizí, a proč je u křehkých materiálů horší povrch (vylámaná zrna při vzniku drobné třísky).

Další příčinou nerovností je chvění, který se vyskytuje u dělené třísky a křehkých materiálů. Umožněno je pružnými deformacemi součásti, nože a stroje. Prohnutý nůž pružně skáče zpět a vytváří pravidelně zvlněný povrch. Při větší rychlosti nůž tvrdší zrna v materiálu přesekre, při malé

Značka	Povrch	Provedení	Užití
	Hrubý neobrobený	Bez přídavku na obrábění. Odlito, kováno, lisováno, taženo, válcováno a pod.	Plochy, jejichž povrch nemusí vyhovovat zvláštním požadavkům, na př.: volné plochy běžných odlitků (očistěné od písku), výkovků atd.
	Hladký neobrobený	Bez přídavku na obrábění. Čistě a přesně odlito, kováno, taženo, lisováno, válcováno a pod.	Plochy, jejichž stejnoměrnost a hladkost má vyhovovat požadavkům, které lze splnit pečlivějším výrobním pochodem bez jakéhokoliv obrábění, na př.: dosedací plochy víček, plech. příklopu, věnce neobrobených ručních koleček, dosedací plochy pro šrouby na přírubách a nálitcích, lisované a ražené části atd.
	Hladký, co možná neobrobený	Bez přídavku na obrábění. Čistě odlito, kováno, taženo, lisováno, válcováno a p. Obrobena jen je-li třeba.	Plochy, jež se dodatečně upravují, když žádoucí stejnoměrnosti a hladkosti není možno vždy dosáhnout pečlivějším výrobním pochodem bez jakéhokoliv obrábění, na př.: dosedací plochy pro šrouby, víčka atd., které se obrábějí dodatečně, jsou-li nerovné.
	Hrubý obrobený	S přídavkem na obrábění. Pilováno, soustruženo, hoblováno, frézováno, vrtáno, broušeno a pod.	Plochy s hmatatelnými a prostým okem zřetelně patrnými stopami po nástroji na př.: dosedací plochy ložisek a desek pod ložiska, čelní plochy nábojů, stykové plochy přírub atd.
	Hladký obrobený	Způsob obrábění se určuje podle požadované přesnosti a jiných okolností.	Plochy se stopami po nástroji prostým okem jen málo patrnými, na př.: dosedací plochy jemnější, povrch součástí, u nichž záleží na vzhledu atd.
	Nejhladší obrobený	S přídavkem na obrábění. Jemně obrobena rozličným způsobem. Způsob obrábění se určuje podle požadované přesnosti a jiných okolností.	Plochy bez patrných stop po nástroji, na př.: plochy součástí, u nichž záleží hlavně na přesnosti a vzhledu (pístní čepy, vrtání válců rychloběžných motorů, hřídele do ucpávek, ložiskové části hřídelu atd.)

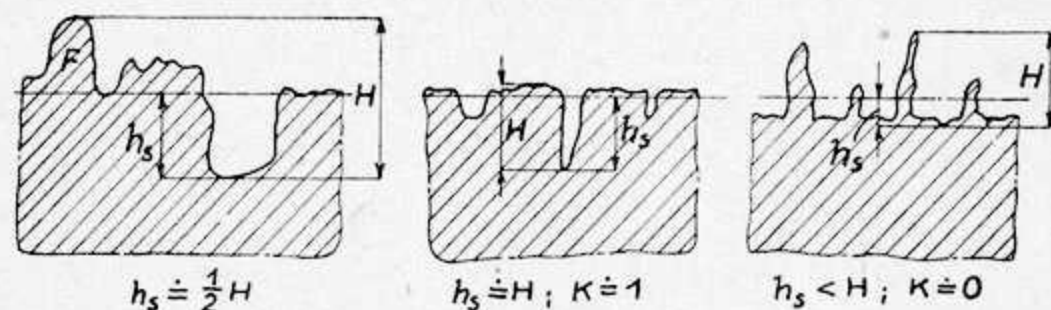
Obr. 360. Značení hladkosti povrchu.

rychlosti přes ně odpruží a tím, že se pak za zrnem zasekne do materiálu, nerovnost ještě zvětšuje.

Bylo zjištěno, že u ocelí s větší pevností získáme hladší povrch snadněji (při menší rychlosti), než u ocelí s malou pevností. Měkká ocel o pevnosti 36 kg/mm², při hloubce záběru 2 mm a posuvu 1,2 mm/ot měla dobrý povrch teprve při rychlosti 40 m/min. Zlepšená chromniklová ocel o pevnosti 70 kg/mm² měla při téže třísce pěkný povrch už řeznou rychlostí 20 m/min. Nerezavějící oceli mají dobrý povrch i při menších rychlostech, naopak nástrojová ocel s 1% uhlíku vyžaduje velmi značných rychlostí, aby měla pěkný povrch.

Normalisace jakosti obráběných povrchů. Podle našich norem se značí stejnoměrnost a hladkost povrchu po obrábění podle obr. 360.

Značení jedním až třemi trojúhelníčky je pro praxi příliš hrubé a často nevyhovuje. Mohou vznikat spory o tom, zda je povrch hladký nebo drsný.



Obr. 361.

Obr. 362.

Obr. 363.

Přesné měření drsnosti je dost obtížné. Nejsnadněji se měří hloubka rýh H , obr. 361, t. j. vzdálenost od dna rýhy k nejvyššímu bodu. Má to však četné vady. Stačí jeden abnormálně vysoký bod a již je naměřena nesprávně velká drsnost, ač třeba okolo je plocha hladší. Tato vada vyniká hlavně při elektrickém měření drsnosti použitím kondenzátorů.

Zdálo by se tedy, že máme správněji měřit střední hodnotu drsnosti h_s , obr. 362. Dá se však počítat jen když známe přesný (skutečný) profil (řez) povrchu. Potřebujeme k tomu silně zvětšenou fotografii velmi opatrného výbrusu, což je drahé a pracné. Konečně H ani h_s neudávají, kolik rýh připadá na určitou šíři plochy, ani jak jsou široké (ač pod mikroskopem počet rýh na 1 cm snadno spočítáme).

Výhodné bude asi spojení obou hodnot ve tvar

$$h_s : H = K = \text{plnost povrchu, obr. 363.}$$

Při posuzování plochy (na př. s ohledem na tření) velmi záleží nejen na hloubce rýh, ale i na plnosti povrchu. Prostý názor ukazuje, že plocha, obr. 363, se snadno omačká (opotřebí).

Prakticky tedy potřebujeme k určení jakosti povrchu tři hodnot:

1. Hloubka rýh H ; udává drsnost.
2. Součinitel plnosti $K = h_s : H$.
3. Počet rýh na jednotku délky (na 1 cm).

Zatím se udává jen H ; hloubka rýh se dá dost dobře měřit. Prstem nahmatáme $H = 0,0005 \text{ mm} = 0,5 \text{ mikronu}$ (nesmí se přiložit, nutno přejet po ploše). Je zajímavé, že v tomto ohledu je prst citlivější než dobrý mikroskop. Hodnoty 2., 3. se zatím na výkresech neudávají, není stanoveno, jak je v praxi měřit.

Hloubky rýh H , jež vznikají při normálním obrábění, v tisícinách mm (v mikronech) jsou asi:

- hrubování 63 až 100;
- obyčejné hlazení 25 až 40;
- velmi jemné hlazení 16 až 25;
- vystružení jednou 6 až 10; vystružení dvakrát 2,5 až 6;
- broušení střední 6 až 16; jemné 2,5 až 6; velmi jemné 1 až 2,5;
- lapování (hlazení) obyčejné 1,6 až 4; jemné 0,3 až 1,6;
- leštění střední 1 až 2,5; jemné 0 až 1.

Příklad. Při obyčejném hlazení je hloubka rýh 25 až 40 mikronů; střední hodnota asi 32 mikronů, to je 0,032 mm. Na povrchu jsou rýhy až 3/100 mm hluboké.

Označíme-li zaoblení nože R mm a posuv s mm/ot, vychází nejmenší drsnost při největším poměru $R : s$. Můžeme tedy hladit i nožem poměrně ostrým (malé R), musí však mít maličký posuv (to zdrazí práci). Při zkoušce bylo

$$R : s = 0,25 : 0,106 \quad 2 : 0,23 \quad 1 : 0,15$$

a ve všech těchto případech vyšla stejná drsnost $H = 6$ mikronů.

Vhodným obráběním se dá značně zvětšit odolnost povrchu proti opotřebení. Povrch hlazený širokým nožem nebo pilovaný jemným pilníkem nebo broušený má asi stejnou odolnost. Vyhrátím oceli odolnost povrchu klesá. Značný vliv má i vliv obrábění před kalením na odolnost proti opotřebení po kalení. Broušení po zakalení už odolnost povrchu snižuje. Zásadně však není vztah mezi tvrdostí a odolností proti opotřebení. Tvrdší (kalený) povrch je často s ohledem na opotřebení horší než týž povrch měkký. Obráběním povrch tvrdne. Před břitkem nože a v nastaveném ostří je tvrdost skoro o 100% větší než dále v jádře materiálu. Také v místě, kde se od povrchu odštěpuje tříška, materiál tvrdne. Měkčí materiál tvrdne obráběním na povrchu víc než tvrdý materiál, takže nakonec se často stane, že měkká ocel je po obrobení na povrchu tvrdší, než tvrdá obráběná ocel (tvrdost roste o 40 až 100%).

U litiny bylo zjištěno, že tvrzená litina (litá do kokil) má větší opotřebení než obyčejná litina za stejných podmínek. To je velmi nepříjemné, vždyť lože soustruhů byla tvrzena přiložením ocelových pravítek ve formě při lití jen proto, aby měla menší opotřebení.

Odolnost proti opotřebení úzce souvisí s obrabitelností, málo souvisí s tvrdostí nebo pevností v tahu.

Příklad. Hřídel o průměru 60 mm, uložený úzce točně, má podle toleranční soustavy ISA průměr tolerovaný g7 v díře H7; počáteční střední vůle je 35 mikronů. Otlací-li se opotřeběním výstupky povrchu, hloubka rýh H klesne z 0,01 na 0,004 mm, vznikne vůle 60 mikronů a uložení tím přejde v točné na místě úzce točného. To může mít na př. u pneumatických nástrojů vážné následky (mezerou kolem hřídele už uniká vzduch).

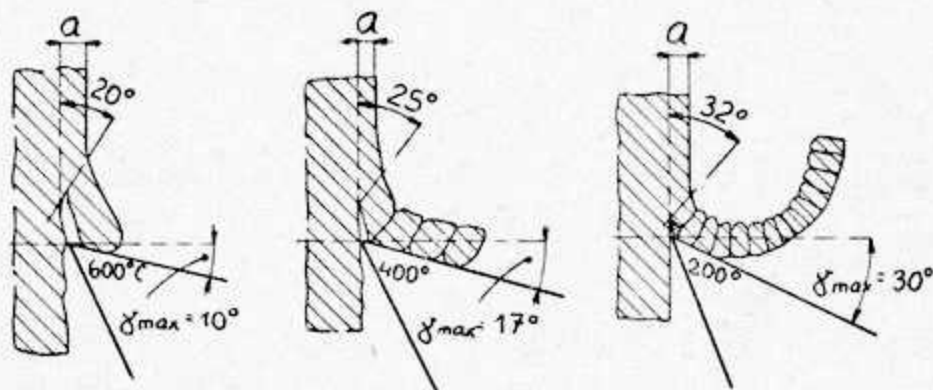
39. Tvary třísky při soustružení.

Třísky, vznikající při soustružení, můžeme zásadně rozdělit na tři druhy, obr. 364, 365, 366.

1. Drobná tříška.
2. Dělená tříška.
3. Plynulá tříška.

Mezi nimi vzniká ještě řada přechodných tvarů, takže v praxi je přesnější rozeznání dosti obtížné.

1. **Drobná tříška** vzniká při soustružení křehkých materiálů (mosaz, litina a pod.), při úhlu odklonu do 10° . Z povrchu se vytrhávají nepravidelné kusy (zrna); tím vzniká drsnost. Materiál se vytrhne najednou (jako malič-



Obr. 364. Drobná tříška. Obr. 365. Dělená tříška. Obr. 366. Plynulá tříška.

kým výbuchem) a odletí. V třísce nevznikají tvárné deformace, naopak při větší rezných rychlostech se tříška drobná na prach. Ostří nože nemůže povrch ohladit, protože podle obr. 364 jdou nerovnosti do hloubky. Ostří je teplé asi 600° , jeho teplota kolísá asi o 140° ; je to velká vada.

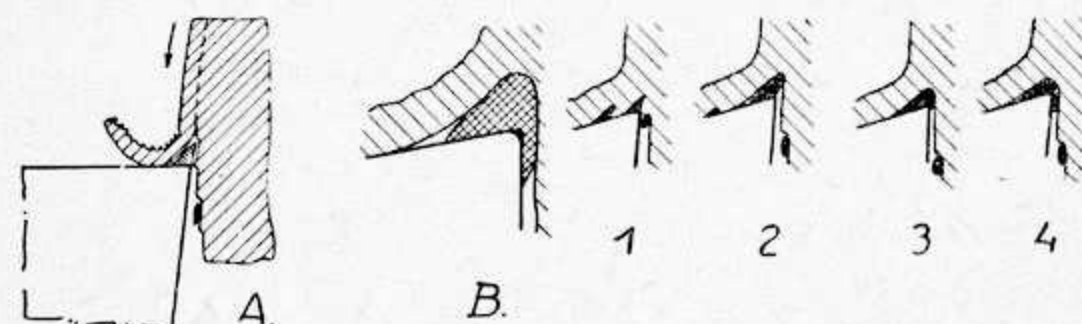
U příliš malého úhlu odklonu se tříška pěchuje, tlačí víc na nůž a zahřívá břit. Proto hledíme, aby se při soustružení drobná tříška vyskytovala co nejméně; nahradí ji plynulá tříška.

2. a 3. **Dělená a plynulá tříška.** Tře se o čelo ostří a je odtlačována stranou ve stálém úhlu. Částičky kloužou uvnitř třísky v rovinách, které leží blízko u sebe jako při deformaci krystalického tělesa. Zásadně je dělená tříška zvláštním případem plynulé, není mezi nimi přesného rozhraní.

Plynulá tříška, obr. 366, vznikne při větší rychlosti, při malé hloubce záběru a při úhlu odklonu do 30° . Ostří je teplé jen asi 200° , jeho teplota málo kolísá. Dělená tříška, obr. 365, se odlamuje v kratších, přerušovaných kusech. V praxi často plynulá tříška chvílemi sama od sebe přejde v dělenou. Při dělené třísce je ostří teplé asi 400° , jeho teplota málo kolísá (to je výhodné, protože silné kolísání teploty vede k změnám rozměrů teplotní roztažností a tím k trhlinkám). U dělené i plynulé třísky se vytrhávají postupně menší kousky materiálu, proto je povrch lepší než u drobné třísky.

40. Nastavené ostří.

Při řezání menší rychlostí, u houževnatých materiálů (ne u křehkých) se tvoří na špičce břitu nános ze stlačených a spečených kousků třísek podle obr. 367, který nazýváme nastavené ostří. Jeho vznik byl podrobně studován (filmován a silně zvětšen). Nastavené ostří drží chvíli na břitu, pak vlastně prodlužuje břit a samo reže materiál. Chrání tím sice břit (nůž však asi déle nevydrží), povrch však je nečistý, protože velikost nastaveného ostří se stále mění. Tříška jeho špičky podle obrázku ulamuje a odnáší, šupinkovité částice se také zatlačují do povrchu součástí. Hroty šupinek leží proti směru pohybu třísky, jsou při soustružení dobře vidět. Pomalý růst nastaveného ostří, jeho ulomení a nový růst působí stejně, jako by se břit nože stále pohyboval. Tím právě vzniká nepravidelná a nečistá plocha obráběné části, nepřesný rozměr.



Obr. 367. Nastavené ostří a jeho vznik 1—4.

U automatů s tím nutno počítat; nastavené ostří je hlavním nepřítelem hladkého povrchu i při pečlivé práci. Při rezných rychlostech, dnes obvyklých v praxi, se vytvoří skoro vždy. Bylo zjištěno, že se u oceli nevyskytne teprve při větších rychlostech, přes 70 až 120 metrů za min. (při vhodné úpravě mazání mizí i dříve). U neželezných kovů a lehkých slitin nebyla zatím nalezena hranice pro vznik nastaveného ostří. U litiny a litých slitin se zpravidla nastavené ostří netvoří. Vylamováním zrn z povrchu však vzniká stejně drsný povrch, jako kdyby na břitu nože bylo nastavené ostří. Zvláště nutno zabránit vzniku nastaveného ostří při hlazení (povrch by nevyhověl). Proto hledíme, abychom řezali ocel vždy plynulou třískou, tedy velkou rychlostí při malém posuvu. Zajímavé je, že na diamantových nožích se nastavené ostří netvoří ani při malé rychlosti.

41. Obrabitelnost.

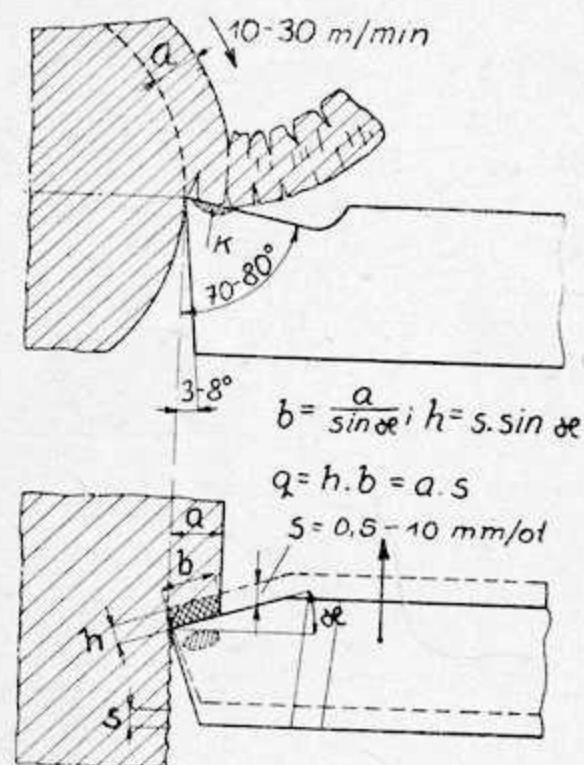
Názvem „obrabitelnost“ značíme všeobecně, jak se chová hmota při obrábění odebráním třísky. Posuzuje se podle toho,

1. jakou rychlostí můžeme obrábět,
2. jaký výkon k tomu spotřebuje stroj,
3. jak dlouho vydrží nástroj,
4. jak dlouho má plocha předepsanou hladkost a rozměry.

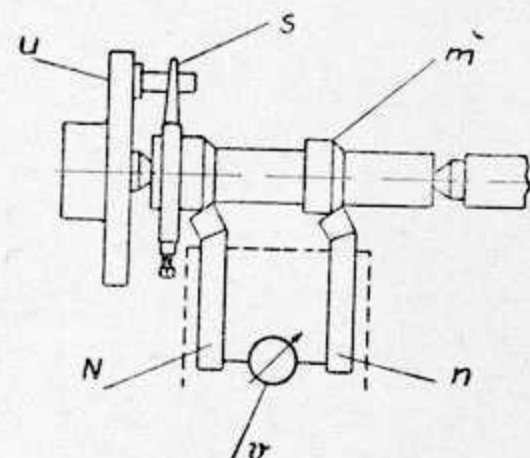
Působí zde velmi četné vedlejší vlivy, upnutí nástroje, chlazení, mazání, tvary nástroje a j.; proto je pojem obrábělnosti velmi složitý a dost nejasný. I pečlivé zkoušky dávají za různých okolností různé výsledky. Stačí, aby byl výkovek naposled ražen při teplotě o 50° C nižší a už se silně mění jeho obrábělnost.

Zdá se, že se dá obrábělnost vyjádřit číslem, které nazveme „míra obrábělnosti“; dostane se, když šířku řezané třísky vydělíme průřezem třísky, $b : q$, obr. 368. Obrábělnost dvou kovů je stejná, platí-li následující pravidlo:

„Volíme-li u daného materiálu a nože hloubku záběru a , posuv s a úhel nastavení nože α tak, aby zůstala míra obrábělnosti konstantní, dostáváme vždy pro tutéž řeznou rychlost v stejnou trvanlivost ostří.“



Obr. 368. Průřez třísky.



Obr. 369. Zkoušení obrábělnosti. u unášecí deska; s srdce; m obráběný materiál; v milivoltmetr; n nůž s ostřím z tvrdého kovu; N nůž rychlořezný.

Velmi četnými zkouškami bylo toto pravidlo slušně potvrzeno. Zásadně platí, že obrábělnost je dobrá, vydrží-li nástroj co nejdéle. Proto se stalo měření trvanlivosti břitu měřítkem obrábělnosti. Nůž se ničí otupením; buď se břit utaví, nebo vylomí (to je vliv zahřátí a přetížení), nebo se obrousí (otře). Chemické složení ani pevnost neudává, jak se bude ocel obrábět. Pro automatové oceli se osvědčilo zkoušení obrábělnosti zapichováním úzkým nožem. Obrábělnost se dá zkoušet několika způsoby.

1. **Měření sil na nástroji a součásti.** Jak už bylo vyloženo, rozkládá se řezný tlak na tři složky: nasadový, svislý a záběrový tlak. Na soustruhu je upraven zvláštní měřicí suport, opatřený hydraulickými nebo elektrickými měřicími přístroji, jímž jsou složky tlaku v kg měřeny. Z naměřených tlaků se dá určit i namáhání lože soustruhu.

2. **Měření řezné rychlosti,** při níž nůž, zabírající třísku v hloubce záběru $a = 4$ mm a posuvu $s = 2$ mm, na otáčku, vydrží 60 minut. Je značena

v_{60} a jmenuje se hospodárná řezná rychlost. Při soustružení poznáme okamžik, kdy nastalo otupení nože buď podle stoupanutí teploty nože, zvýšením tlaků, nebo bez měřicích přístrojů podle světlé, jako vydřené čáry na obráběném průměru; blíže vyloženo v oddílu Jak se pozná otupení nože.

3. **Měření teploty ostří.** Na témže suportu jsou podle obr. 369 dva nože stejného tvaru, z různých materiálů (na př. jeden rychlořezný, druhý z tvrdého kovu). Průřezy třísek se nařídí tak, aby na obou nožích vznikalo stejné množství tepla. Je to dost obtížné. Zásadně by to mělo nastat, když oba nože zabírají stejně velikou třísku (posuv už je stejný, tedy při stejné hloubce záběru). Potom milivoltmetr ukáže určitý proud, úměrný teplotě ostří (na břitech vznikají dva rozdílné thermočlánky). Obráběný materiál nemá na proud vlivu, záleží jen na thermoelektrických vlastnostech nožů. K odečtení proudu stačí soustružit několik minut. Dva materiály o stejné obrábělnosti mají dávat při stejné řezné rychlosti i stejné proudy (nůž se ohřeje u obou stejně). Dají se tak porovnávat jen materiály téže skupiny (uhlíková ocel s uhlíkovou, ne s niklovou nebo s litinou).

Není dosud jisté, zda tato měření teploty břitu dávají správné hodnoty, protože nevíme, otupí-li se nůž hlavně vlivem tepla nebo vlivem otření (opotřebení). Teploty nejsou tak veliké, aby působily v oceli nože vnitřní změny (200–600°), mohou mít vliv jen na tvrdost (malý). Zdá se, že spíše škodí noži otření, než teplo. Teplota třísky se dá též dobře odhadnout podle barvy.

4. **Zkouška nože v kyvadlovém přístroji.** Měří se, jak vysoko vykývá nůž, upnutý na kyvadle, při zabírání určité třísky. Vyžaduje speciálního zařízení (vynálezce Leyensetter); zatím je málo rozšířeno.

U hliníkových (lehkých) litin se ostří hlavně otírá, a proto se tam zkoušky obrábělnosti jako u oceli neosvědčily. Blíže viz oddíl 43, Jak se pozná otupení.

Příklad. Měřena obrábělnost dvěma noži podle obr. 369. Milivoltmetr ukázal 9,5 milivoltů; rychlořezný nůž měl břit teplý 410°. Řezáno hloubkou záběru 2 mm, posuv 0,2 mm/otáčku, rychlostí 15,7 m/min. Obráběna konstrukční ocel s přísadou chromu a molybdenu.

Jiná ocel podobného složení musela být obráběna rychlostí 29,5 m/min, aby milivoltmetr ukázal také 9,5 mV. Proti 15,7 m/min je to rychlost o 87% větší. Má tedy tento druhý materiál o 87% lepší obrábělnost než prvý.

Příklad. Bylo změřeno, že při normálních podmínkách je při soustružení 60% tepla odváděno třískami, 38% obráběnou součástí a jen asi 2% tepla odvádí nůž.

Zvýšením řezné rychlosti roste teplota břitu rychleji než zvětšením posuvu.

Zvětšením řez. rychlosti 4krát vzroste teplota břitu 2–2,5krát.

Zvětšením posuvu 4krát vzroste teplota břitu 1,5–2krát.

Zvětšením hloubky záběru 4krát vzroste teplota břitu 1,1–1,3krát.

Největší vliv na teplotu břitu má rychlost, pak posuv a naposled hloubka záběru.

Příklad teplot nože při soustružení: Nůž z rychlořezné oceli 0,9 C; 19,3 W; 4,7 Cr; 0,5 Mo; 2,7 V, vykován na jedno ohřátí. Soustružena chromová ocel na kuličková ložiska, která je velmi rovnoměrná; 1,05 C; 1,5 Cr; 0,3 Mn; 0,2 Si; 0,025 P; 0,03 S; pevnost v tahu 68 kg/mm², tažnost 20%. Hloubka řezu × posuv 9 × 0,21 mm², za sucha. Max. teploty bříty při $v = 15, 23, 30, 40$ m/min byly $t = 480, 540, 580, 625^\circ$ C.

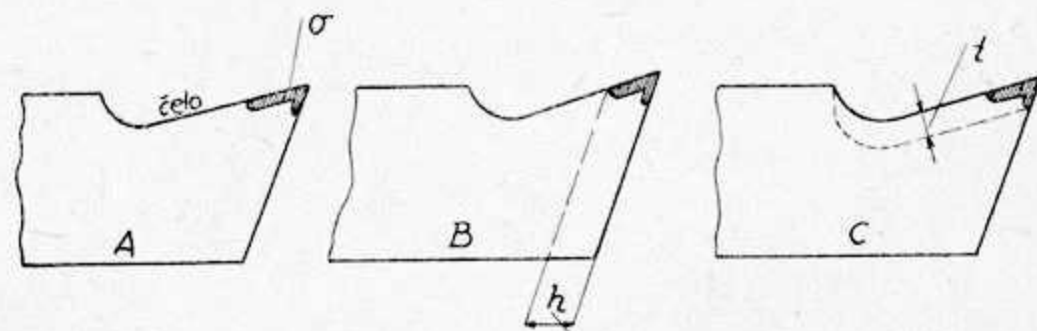
Uvedené čtyři způsoby zkoušení obrábitelnosti dávají jen velmi přibližné porovnávací výsledky. Vyhovují, jak už řečeno, jen při porovnávání materiálů přibližně stejných (na př. dvou druhů automatové oceli). Svislý tlak na nůž při stoupající řezné rychlosti klesá (ač se průřez třísky nemění). Proto se dá z tlaků usuzovat na obrábitelnost jen velmi přibližně, úchyly jsou $\pm 60\%$, hlavně vlivem nestejnomyšernosti materiálu. Celkový tlak na nůž však nemá prakticky vztahu k řezné rychlosti; u oceli je jisto, že čím větší je pevnost, tím hůře se obrábí. Není dosud jisto, je-li lepší měření tlaků na nůž nebo měření teplot ostří; také nevíme, které přísady u automatových ocelí vlastně tvoří jejich zlepšenou obrábitelnost.

Síra nebo selen v oceli silně zlepšují obrábitelnost (síra však opět zhoršuje mechanické vlastnosti). Kovaná ocel se obrábí lépe než táž ocel litá. Žíhaná ocel se obrábí lépe než zušlechtěná. Veliký vliv má krystalický sloh, i když jsou pevnosti stejné. Ocel o slohu ferrit-perlit s lamelovitým perlitem se obráběla desetkrát lépe než táž ocel, jejíž sloh tvořen zrnitým perlitem. Zde vidíme obrovský význam vědeckého studia slohu. Dílenský praktik, který jakživ o žádném ferritu a perlitu neslyšel, nemůže ovšem takový rozdíl pochopit.

42. Proč se otupí řezný nástroj?

Asi před třiceti lety bylo za nejdůležitější na noži považováno správné vykování a zakalení, abychom dostali správný vztah mezi pevností a tvrdostí; o vliv broušení se už nikdo nestaral. Později bylo za příčinu otupení považováno tření hřbetu o součást a třísky o čelo nože. U litiny byl považován za nejlepší maličký úhel odklonu třísky, protože se tím tříska drobí. U oceli se došlo k úhlům odklonu asi 15° , což byla krajní mez, aby nebyl břit příliš slabý.

K výkladu zjevů při řezání se vyvinuly dvě teorie; asi r. 1920 zaveden výklad s nastaveným ostřím, které trhá třísku od materiálu; mizí při určité (větší) rychlosti. Druhá teorie vykládá, že nůž se otupí podobně jako



Obr. 370. Otupeň ostří o, obr. A. h větší vrstva na hřbetě než menší vrstva t na čele.

brus; nejlépe je, když se opotřebí stejně na hřbetě i čele, čímž by se ostří dále samočinně obnovovalo. Ztráta bříty pak může být vyvolána zahřátím (utavením nebo vylomením) nebo obroušením (otřením). Nepodařilo se dosud spolehlivě zjistit vzájemný vztah a význam obou těchto příčin.

Zvětšením otupení bříty dostáváme v normálním případě obr. 370. Plyne z toho pro praxi velmi důležitý poznatek, že je výhodnější ostřit nože na čele, protože stačí ubrousit menší vrstvu než při ostření na hřbetě, obr. B.

43. Jak se pozná otupení nože?

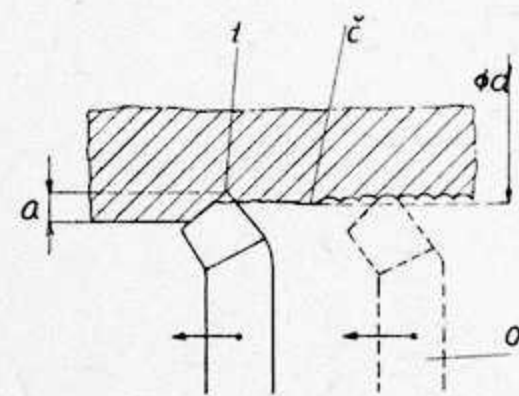
Je to otázka na prvý pohled směšná, a přece mnohý i zkušený soustružník by byl na velkých rozpacích, kdyby měl vyložit, jak pozná okamžik, kdy je nůž otupen a musí se znovu naostrit. Pojem „otupení“ není jistý. Musí se poznat dřív, než se nůž zničí. Četná pozorování dokázala, že poškození rychlořezného nože nastává téměř okamžitě (náhle). Na ostří se najednou ukáže trhlinka K , obr. 368, a na obráběném povrchu lesklá čára, která značí tření ostří. Nůž by se další práci vysoce zahrál a na bříty taval; mohl by se tím úplně zničit.

Spolehlivým znakem otupení je stoupanutí záběrového tlaku, jenže tento znak má pro dílnu nepatrný význam, protože suporty, zařízení na měření tlaků, má jen několik vědeckých laboratoří.

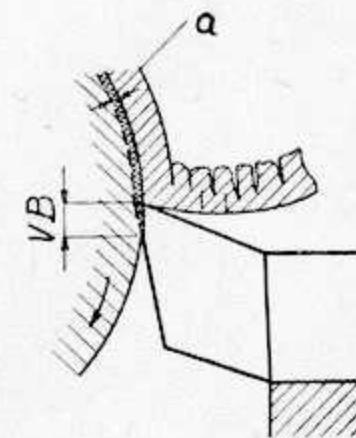
Jiným hrubým znakem otupení je barva ostří. Zčervená-li zárem ostří nože, značí to přetížení. Změní-li se jeho popouštěcí barva v modrofialovou, značí to otupení. Nutno práci přerušit a nůž naostrit, jinak by se s jiskřením kousek bříty vylomil.

Z nejlepších znaků okamžiku otupení je lesklá čára na obráběném povrchu, obr. 371. Otupeň značí odtavení špičky nože. Průměr obráběné součásti se však nemění, zmenší se jen hloubka rýh v povrchu; nedá se tedy otupení zjistit změřením rozměru, nutno jen pozorovat stejnoměrnost povrchu. Tento znak není spolehlivý, záleží na nejmenších maličkostech a lesklá čára se ztratí.

Laboratorně se dá otupení zjistit zvýšením teploty ostří thermočlánkem.



Obr. 371. Otupeň nože. t tupý nůž; o ostrý nůž; $č$ lesklá čára na povrchu; průměr d se nemění.



Obr. 372. Otupeň nože na lehké slitině.

Dobrým ukazatelem může zde být barva třísky (podle níž se velmi přesně pozná teplota a hlavně změna teploty, t. j. změna barvy).

Lehké slitiny (hlavně hliníkové) vyžadují jiných zkoušek obrabitelnosti než ocel, protože ostří se otupí jiným způsobem. Břit se silně otírá (obrušuje) na čele i na hřbetě, ale reže dál. Jen povrch je drsnější a s ubývajícím ostřím se zvětšuje rozměr součástí. Velmi obsáhlými zkouškami bylo zjištěno, že vztah mezi trvanlivostí břitu a řeznou rychlostí je u každé slitiny jiný. Obrabitelnost lehkých slitin se nedá stanovit z fyzikálních vlastností. Opotřebení (otření) nože z tvrdého kovu postupuje stejně jako u rychlořezné oceli, jenže k vyvolání stejně velikého otření je u tvrdého kovu třeba 4- až 18krát větší řezné rychlosti než u rychlořezné oceli.

Velikost otření je udávána šířkou VB , obr. 372, měřena kolmo k řezné hraně. Nový nůž má zábřit (facetku) o šíři $VB = 0,02$ mm; vzroste až třeba na 0,2 mm. Při určité šíři VB se nůž vyřadí jako opotřebený. Dá se to zjistit změřením přírůstku průměru, který vznikl otřením břitu.

Při	$VB = 0,05$	0,1	0,2 mm
přírůstek průměru =	0,02	0,04	0,08 mm.

Každá součást má předepsanou výrobní toleranci a tím už je samočinně dáno, při jaké šířce VB nutno nůž vyřadit a znovu naostřit. Řezná rychlost, při níž vznikla šíře VB , se někdy značí písmenem v s údajem času a šířky plošky VB . Rychlost $V_{10-0,1}$ značí, že při ní za 10 minut vznikla šíře $VB = 0,1$ mm. Vydržel-li nůž při rychlosti 30 m/min po 60 minut a vytvořila se šíře $VB = 0,05$ mm, značíme

$$v_{60-0,05} = 30 \text{ m/min.}$$

Podrobnosti budou uvedeny též v pozdějších odstavcích o soustružení lehkých slitin.

44. Řezná rychlost při soustružení.

Znamená obvodovou rychlost součásti v místě, kde řezeme. Jak již bylo vyloženo v odstavci 37/1, je obvodová rychlost

$$v = \pi \cdot d [\text{metry}] \cdot n [\text{ot/min}], \text{ metrů za min.}$$

Má-li součást průměr $d = 100$ mm = 0,1 m, koná 100 ot/min, je řezná rychlost

$$v = \pi \cdot 0,1 \cdot 100 = 3,14 \cdot 10 = 31,4 \text{ m za min.}$$

Geniální samouk, Američan Taylor, který se z prostého dělníka bez škol vypracoval na nejlepšího světového odborníka ve strojním obrábění, studoval přes 20 let otázku, jaký vliv na řeznou rychlost při soustružení asi má dvanáct proměnných veličin, na nichž záleží. Dodnes není otázka bezpečně vyřešena; hledáme stále, za jakých podmínek nástroj vydrží určitou dobu a získaný povrch má předepsanou hladkost (stejnóměrnost).

Starší práce udávaly pro různé materiály řezné rychlosti vzhledem k průřezu třísky. To je dnes nesprávné, řezná rychlost nezáleží jen na průřezu třísky, ale i na tvaru třísky. Při téže průřezu může být rychlost větší, je-li

větší hloubka záběru a malý posuv (tříska široká a tenká, lépe odvádí teplo). Je-li posuv velký a hloubka záběru malá, pak se nůž více zahřívá. U třísky o průřezu $q = a \cdot s = 8$ mm² byla na př. naměřena

hloubka záběru nože v mm	$a =$	13,55	3,91
posuv v mm na 1 otáčku	$s =$	0,59	2,045
poměr záběr : posuv = $a : s =$		23	1,91
řezná rychlost v_{60} m/min		8,8	8,5
teplota břitu ve °C		365	455
svislá složka řezného tlaku v kg		1660	1330

Obráběna konstrukční ocel o pevnosti asi 50 kg/mm².

Spolehlivá měření jsou zde velmi obtížná, protože záleží na každé maličkosti. Nepatrné zmenšení řezné rychlosti značně zvětšuje trvanlivost nože. Otupí-li se na př. nůž po 20 min při rychlosti 30 m/min, stačí zmenšit rychlost o 17%, t. j. na 25 m/min, aby stoupla trvanlivost rychlořezného nože čtyřikrát, na 80 min.

Trvanlivost břitu v minutách bývá připisována ke značce rychlosti v ; v_{60} značí rychlost, při níž břit vydrží 60 min = 1 hod práce; v_{240} značí rychlost, při níž břit vydrží 240 min = 4 hodiny. Pro rychlořezný nůž platí:

Hloubka záběru a má na řeznou rychlost dost malý vliv. Zvětšením záběru a o 1 mm nutno řeznou rychlost zmenšit asi o 3,5%. Při pokusu byla na př. hloubka a zmenšena z 13 mm na 3,2 mm. Rychlost stoupla jen asi o $10 \cdot 3,5 = 35\%$, aby se dodržela předepsaná trvanlivost nože.

Posuv s má velký vliv na řeznou rychlost. Zvětšíme-li posuv o 0,1 mm, je třeba zmenšit řeznou rychlost asi o 5,5%, aby se neměnila trvanlivost nože. Při pokusu zmenšen posuv z 5 mm na 0,4 mm; rychlost mohla být zvětšena o 250% a přece nůž vydržel stejně dlouho.

Při volbě průřezu třísky nemáme úplnou volnost. Dlouhé, slabé hřídele nemůžeme hrubovat nejvýhodnějšími velkými třískami, prohýbaly by se (tím vzniká chvění, nepřesnost; trochu pomůže opření lunetou). Největší příležitost k volbě správného průřezu třísky máme při hrubování kratších, tuhých částí. Hloubka záběru je většinou omezena malým přídavkem na obrábění; nesmíme se pak snažit zvětšit průřez třísky zvětšením posuvu. Lépe je zvyšovat řeznou rychlost (volit moderní materiál nože, na př. tvrdý kov). Vidíme tak moderní hrubovací soustruhy a revolvery, které dosahují velikých výkonů ne tím, že by řezaly obrovské třísky, nýbrž rychlejším během a malou třískou; má to i hospodářský význam, soustruh je šetřen a déle vydrží. Nepatrnou nevýhodou je trochu zvýšená spotřeba výkonu (k odebrání stejného množství materiálu je spotřebovaný výkon větší při malé třísce a větší rychlosti, než při velké třísce a menší rychlosti). Výhodou naopak je, že po malé třísce je obrobený povrch lepší.

Pamatujme tedy, že řezná rychlost nožů je značena písmenem v , u něhož je jako index číslo, udávající, kolik minut nůž může touto rychlostí pracovat, než se otupí. Normálně volíme pro hrubovací nože v_{60} , tedy připouštíme jen 60 min = 1 hod práce nože jako nejehospodárnější hodnotu. U nožů s navařeným břitem z tvrdého kovu je všeobecně zavedeno v_{240} m/min (brousí

se vždy po 240 min = 4 hod. práce). Pro hladicí nože, se záběrem do 0,5 mm, nejsou ještě spolehlivě stanoveny hospodárné rychlosti v ani trvanlivosti.

Zhruba platí pro obrábění oceli noži ze střední rychlořezné oceli (má asi 18% wolframu, až 1,8% vanadia):

$$v_{120} = v_{60} \times (0,92 \text{ až } 0,86);$$

$$v_{240} = v_{60} \times (0,84 \text{ až } 0,72);$$

$$v_{480} = v_{60} \times (0,68 \text{ až } 0,44).$$

Při horší rychlořezné oceli násobíme v_{60} asi 0,75; při nejlepší rychlořezné oceli asi 1,3.

Příklad. Byla obráběna ocel o pevnosti 60 kg/mm² (to už je tvrdší ocel) při hloubce záběru 2 mm, posunu 0,11 mm na otáčku a zjištěno, že za sucha je $v_{60} = 28$ m/min. Značí to, že při řezné rychlosti 28 m/min vydržel nůž ze střední oceli právě 60 min.

Chceme-li, aby nůž vydržel 240 min., museli bychom za sucha řezat rychlostí

$$v_{240} = 28 \times (0,84 \text{ až } 0,72) = 23,5 \text{ až } 20,2 \text{ m/min,}$$

střední hodnota asi 22 m za min.

Přibližně platí, že zmenšení rychlosti o 10% zvětší trvanlivost nože dvakrát; zmenšení rychlosti o 20% zvětší trvanlivost nože čtyřikrát.

Příklad. Nůž, který řezal rychlostí 20 m/min, vydržel jen 5 min. Stačí tuto rychlost zmenšit o 20%, o 4 m/min na 16 m/min, aby nůž vydržel $5 \times 4 = 20$ min. Je-li žádáno, aby vydržel 80 min, je třeba zmenšit rychlost o dalších 20% asi na 13 m/min.

Přesněji řečeno stoupá trvanlivost nože asi s šestou mocninou řezné rychlosti. Chceme-li, aby nůž vydržel místo jedné hodiny osm hodin, nutno zmenšit řeznou rychlost v poměru šestých odmocnin;

$$v_{480} = v_{60} \cdot \sqrt[6]{1/8} = v_{60} : 1,41.$$

Rychlost v_{60} , při níž nůž vydrží 60 min = 1 hod vydělíme 1,41 a máme rychlost v_{480} , při níž nůž vydrží 480 min = 8 hodin. Číslo 1,41 je právě druhá odmocnina ze dvou. Rychlostní stupně soustruhů jsou velmi často odstupňovány podle čísla 1,41 (stupeň rychlosti násoben 1,41 dá další vyšší stupeň). Stačí pak přehodit rychlost o 1 stupeň nižší, a již vydrží nástroj osmkrát více.

Řezné rychlosti v_{60} pro nože z různých ocelí při obrábění tvrdé oceli (pevnost 70 kg/mm²) jsou asi v poměru 1 : 1,6 : 3,6 : 8 pro nůž z obyčejné nástrojové oceli: slitinové nástrojové oceli: rychlořezné oceli: tvrdému kovu. Při obrábění nezelezných kovů a lehkých slitin zjištěn poměr rychlostí v_{60} u rychlořezné oceli: tvrdému kovu = 1 : 6 až 1 : 18 (u hliníkové slitiny na motorové píсты). Spotřeba rychlořezné oceli: spotřebou tvrdého kovu, pro odebrání téhož množství materiálu, je u oceli asi 40 : 1.

Velká zlepšení rychlořezných ocelí i tvrdých kovů umožňují značné zvýšení řezných rychlostí soustruhů; v praxi se však dá této možnosti jen zřídka plně využít, protože starší soustruhy nejsou na velké rychlosti zařízeny

a budou ještě dlouho v dílnách převládat. Jen tu a tam uvidíme moderní rychloběžný stroj. Konečně větší součásti, výkovky nebo odlitky z lité oceli, nutno s ohledem na nepravidelný povrch a tvrdou kůru obrábět raději menší rychlostí a větší třískou. U litiny a oceli můžeme rychlosti volit podle pevnosti (nebo podle Brinellovy tvrdosti). Pro hliníkové slitiny hliníku a mědi nejsou dosud známy spolehlivé směrnice, podle nichž nutno volit řeznou rychlost. Velmi hrubě můžeme volit obráběcí rychlosti v_{60} (= rychlost m/min, při níž hrubovací nůž z rychlořezné oceli střední jakosti vydrží mezi ostřením 60 min) asi v těchto mezích:

měď	80 až 120;	měkký hliník	300 až 500;
mosaz	90 až 250;	silumin	25 až 50;
červená slit.	60 až 150;	alusil	10 až 25;
litý bronz	40 až 100;	elektron	400 až 600.

Pro obrábění tvrdým kovem je hranice rychlostí v_{240} v m/min (při níž břit vydrží 240 min = 4 hod), na dokonalém soustruhu, bez otřesů, větší součásti (které nepruží), průřez třísek od 0,04 až 1 mm²:

	konstrukční martinská ocel			chromniklová ocel		litá ocel	
pevnost kg/mm ²	až 60	60 až 85	85 až 100	70 až 140	140 až 200	30 až 60	přes 60
hrubování	100—200	60—100	40—80	50—100	20—50	60—100	30—60
hlazení	150—300	90—170	60—100	70—120	30—70	90—120	60—90

Mosaz, hrubování 150—400, hlazení 300—500.

Slitiny hliníku, měkké, hrubování až 1500, hlazení až 2000; tvrdé hrubování 800, hlazení 1200.

Slitiny hořčíku, hrubování až 1800.

Červená slitina, hrubování až 300.

Litý bronz, hrubování 120, hlazení 200.

Tvrdá guma, hrubování 200—300, hlazení 250—350.

Při soustružení hledáme nejvýhodnější pracovní podmínky, to jest nejlepší rychlost řezu v a posuv s tak, aby nůž vydržel předem stanovenou dobu. Záleží při tom na obtížení nástroje (dané teplotou břitu), hloubce záběru a , pevnosti obráběného materiálu, konečně na t , zv. stabilitě součásti St , dané rozměry. Vliv materiálu nože můžeme považovat za konstantní, dnešní materiály se málo liší. Hledáme tedy závislost sedmi hodnot, v , s , obtížení, a , pevnosti, stabilitě, materiál nože.

O stanovení této závislosti se už pokoušeli četní badatelé. Většinou jsou tyto práce bez praktické ceny, protože byly až na v , s všechny vlivy považovány za konstanty. Velmi často bývá udávána řezná rychlost v v závislosti na průřezu třísky $s \cdot a$. Pro průřez 10 mm² je tím doporučována stejná

rychlost, ať je posuv $s = 1$ mm a hloubka záběru $a = 10$ nebo obráceně $s = 10$, $a = 1$ mm; tento postup je zcela špatný, neboť pro každý případ obrábění je jen jediný nejvýhodnější průřez třísky. Otázkou právě je, jak tento průřez zjistíme. Dosud to bylo přenecháno soustružníkovi citu a můžeme tvrdit, že téměř nikdy nebylo pracováno nejvhodnější rychlostí a správnými hodnotami s , a , aby se nůž otupil za požadovaný čas.

Také Wallichsovo řešení, velmi často citované v německé literatuře, není správné; je jen pokusem o řešení. Z diagramů se nedá odečíst nejvýhodnější hodnota v , s při dané hloubce záběru a a pevnosti obráběného materiálu. Dále udávají Wallichsovy diagramy při větších posuvech (přes 4 mm) nesprávné, pro praxi příliš vysoké řezné rychlosti; konečně platí jen pro trvanlivost nože 60 min (nůž rychlořezný, práce za sucha).

V některých případech je nutno uvažovat i příkon stroje (horní mez), rychlosti, jež se dají na stroji nastavit; proto bývají se soustruhy dodávány t. zv. *strojní karty*. Mají však většinou všechny výše uvedené nedostatky, nejvýhodnější rychlost v a posuv s se z nich nedá zjistit.

Stevens (časopis Stahl u. Eisen 1944, s. 564) vypracoval nový diagram k určení nejvýhodnější v , s , který odstraňuje výše uvedené závady. Je uveden s příkladem hledání na obr. 373. Začínáme u pevnosti obráběného materiálu (platí jen pro ocel a litou ocel); uvažováno normální hrubování nožem z rychlořezné oceli běžné jakosti (tedy správně naostřeným, upnutým atd.). Stabilita dána poměrným číslem, jež se určí z obr. A. Hloubku záběru a volíme, stejně i trvanlivost nože v minutách; příkon soustruhu v kW (kilowattech) je dán. Určíme tím součinitele x (v příkladu na obr. vyšlo $x = 16$), k němuž najdeme nejvýhodnější posuv s mm/otáčku a řeznou rychlost v m/min z následující tabulky (hodnoty bez závorek nejlepší):

$x = 4$	1,4	1,25 = posuvy v mm/ot.						
6	—	1,62	(1,45)	(1,28)	(1,14)	—	—	—
8	(2,03)	(1,88)	1,75	(1,57)	(1,40)	(1,23)	—	—
10	(2,22)	(2,08)	1,95	1,78	(1,62)	(1,43)	(1,27)	—
12	(2,38)	(2,23)	(2,10)	(1,94)	1,80	(1,62)	(1,45)	—
16	(2,65)	(2,49)	(2,35)	(2,18)	2,05	(1,88)	(1,73)	(1,55)
20	(2,85)	(2,69)	(2,56)	(2,38)	2,24	2,07	(1,93)	(1,77)
22	—	(2,78)	(2,65)	(2,46)	2,32	2,16	(2,01)	(1,85)
24	—	(2,86)	(2,72)	(2,55)	(2,40)	2,24	2,10	(1,93)
28	—	(2,96)	(2,86)	(2,69)	(2,54)	(2,37)	2,22	(2,05)
32	—	—	(2,95)	(2,81)	(2,67)	(2,49)	2,34	(2,17)
36	—	—	(3,03)	(2,90)	(2,77)	(2,60)	2,44	(2,27)
40	—	—	(3,14)	(3,00)	(2,88)	(2,70)	2,54	2,38
$x = 44$	—	—	—	(3,07)	(2,96)	(2,80)	2,63	2,46

$v =$ 9 10 11 12 13 14 15 16

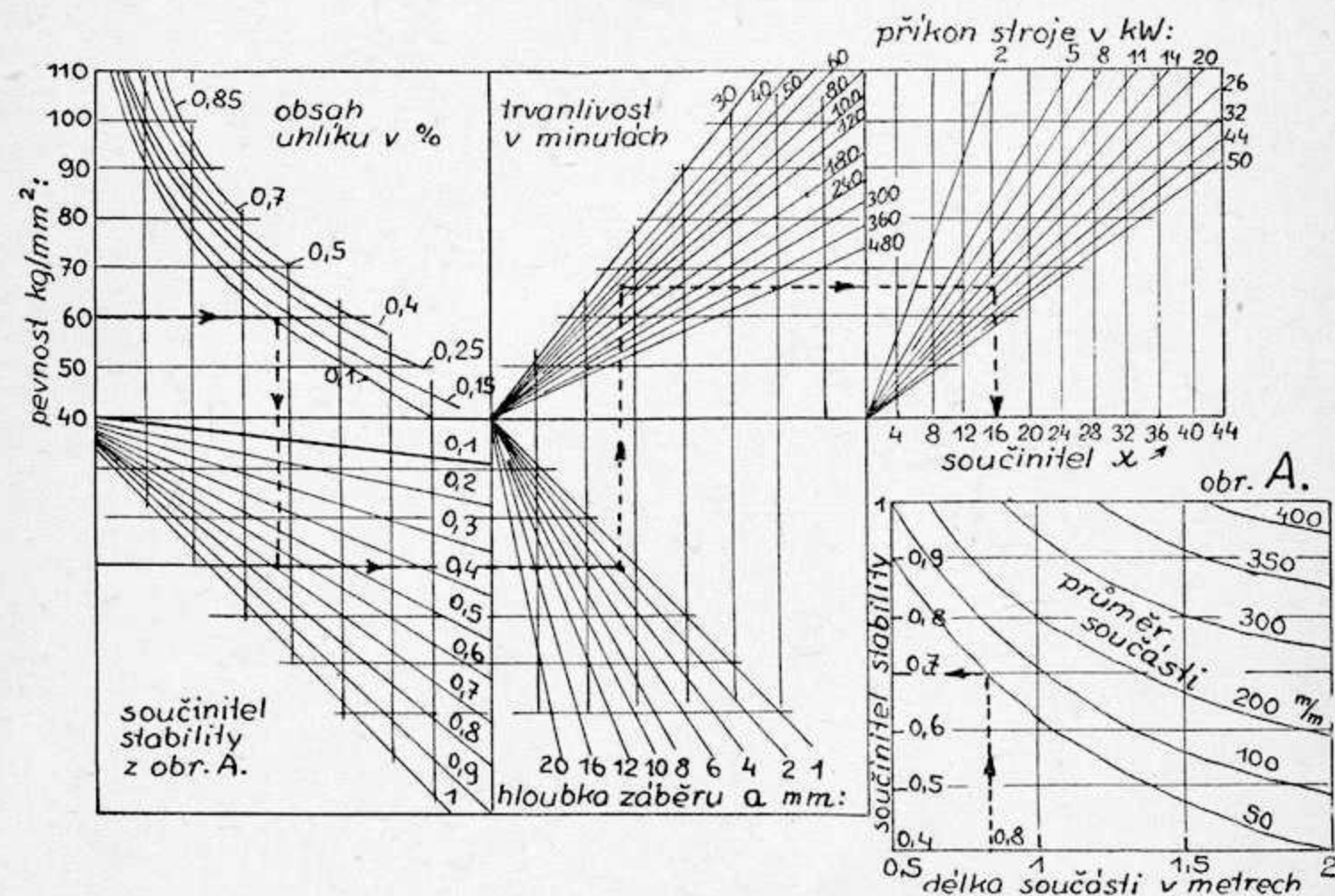
O uvažovaném příkladu pro $x = 16$ vychází $v = 13$ m/min a posuv $s = 2,05$ mm/otáčky. Kdybychom měli jen rychlost $v = 12$ m/min, volíme $s = 2,18$; je to již hodnota méně výhodná (proto v závorce), ale stále ještě dobrá (90% nejvýhodnější).

Vliv složení obráběné oceli představován jen obsahem uhlíku. Nestejný průběh čar bere ohled na to, je-li pevnosti dosaženo pouhou přísadou C nebo tepelným zpracováním.

Příklad. Máme hrubovat hřídele z uhlíkové oceli, obsahující 0,3% C; délka 3 m, průměr 0,2 m; budeme ubírat $a = 15$ mm. Nože mají vydržet 60 min. Příkon soustruhu 30 kW. Pevnost obráběné oceli 60 kg/mm². Z obr. 373-A odhadneme stabilitu 0,6. Nanesením hodnot do diagramu vychází součinitel $x =$ asi 11. Z výše uvedené tabulky (mezi $x = 10$ a $x = 12$) volíme buď

$v = 11$ m/min, $s =$ asi 2,03 mm/ot; nebo
 $v = 12$ m/min, $s =$ asi 1,86 mm/ot (interpolací).

Tím se nejvíce blížíme nejvýhodnějším podmínkám řezu, udaným v tabulce číslu bez závorek.



Obr. 373. Diagram k určení řezné rychlosti.

45. Poznámky k soustružení oceli.

Obsah uhlíku v oceli má na obráběnost malý vliv. Při stejné pevnosti se lépe obrábí ocel s menším obsahem uhlíku. U slitinových ocelí má nikl větší vliv než uhlík; obrábějí se hůře než uhlíkové, mají ovšem také značně lepší mechanické vlastnosti. Chromniklová nebo vyhřátá rychlořezná ocel se proti uhlíkové obrábí sotva poloviční rychlostí. Příčinou jsou tvrdé dvojkarbidy v rychlořezné oceli, které silně otírají nůž. Zvláště špatně se obrábí tvrdá

manganová ocel (12% Mn); při nepatrném posuvu 0,3–0,5 mm/ot snáší rychlořezný nůž jen rychlosti 6 až 4 m/min. Manganové oceli je často použito na součásti, které by jinak měly příliš veliké opotřebení. Stačí malé otupení nože, aby se její povrch za studena zakalil a stal se téměř neobrabitelným. Nutno pracovat bez přestávek, na nejlepších strojích, velmi ostrými nástroji.

Nerezavějící ocel a ocel vzdorující žáru se obrábí dost špatně, vlivem přísad. V porovnání s ocelí o pevnosti 70 kg/mm² volíme rychlosti v_{60} asi poloviční až třetinové.

Prokování (vnitřní prohnětení) zlepšuje obrabitelnost materiálu (čekali bychom spíše opak). Kovaná manganová ocel s 12% Mn se asi o 100% lépe obrábí než litá. Kůra na lité oceli se mnohem hůře obrábí než jádro. Obrabitelnost je stejná, je-li ocel slévána z elektrické peci, konvertoru nebo z martinské peci.

46. Poznámky k soustružení litiny.

Obrabitelnost šedé (strojní) litiny závisí přibližně na Brinellově tvrdosti (tedy i na pevnosti), ale nezávisí na chemickém složení litiny. Tříška se drobí na malé kousky a nepříznivě ohřívá špičku nože. Tím se vysvětlíme, že při téže pevnosti, jako má ocel, je řezaná rychlost v_{60} u litiny asi čtyřikrát menší než u oceli. Tlaky na nůž jsou asi stejné jako u oceli.

47. Poznámky k soustružení slitin mědi.

Při soustružení *mědi* se tříška silně pěchuje; nůž je tím značně namáhán. Aby se nezasekl, musíme volit při hrubování malý úhel odklonu, zatím co při hlazení může být úhel odklonu až 40°, neboť nůž se jen málo zahřívá. Posuv a rychlosti při hrubování můžeme volit asi jako u oceli.

Studiem obrábění *slitin mědi* zjištěno, že se břit neotupí teplem, nýbrž otřením (zakulacením) hrany. Vzniká tím náhle drsný povrch, stroj drnčí. To je spolehlivým znakem otupení nože.

Úhel odklonu pro slitiny mědi je 0 až 10°. Menší změny v úhlech nože nemají vlivu na trvanlivost ostří. U nožů z tvrdého kovu doporučovány úhly odklonu ještě větší, 14 až 19°. Dobře se osvědčily i diamanty, při rychlostech kolem 1000 m/min. Kolektory motorů byly jimi soustruženy rychlostí 2500 m/min, hloubka záběru 0,3 mm, posuv 0,02 až 0,2 mm na otáčku.

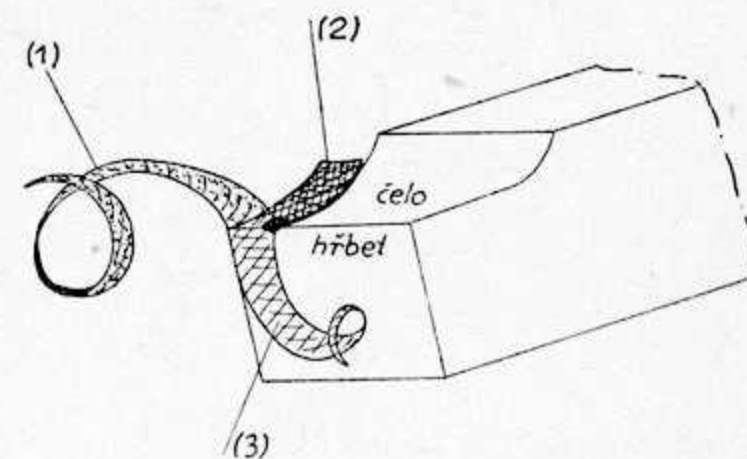
48. Poznámky k soustružení zinkových slitin.

V poslední době se hlavně rozšířila slitina zinku Zn s hliníkem Al se stopami mědi Cu, pro odlitky i výlisky. Při jejím obrábění se tvoří na břitu velké nastavené ostří; proto hledíme řezat co největší rychlostí (80 až 200 m/min), aby zmizelo. Bylo dokázáno, že zvýšení řezné rychlosti má vliv hlavně na lepší odchod třísek (to je důležité u automatů). Na automatové slitiny zinku se používá nástrojů, posuvů a rychlostí pro mosaz. Velmi záleží

na dobrém mazání, aby se třísky nelepily. Zásadně není proti obrábění mosazi velký rozdíl; opotřebení (otření) nožů je menší než u hliníkových slitin.

Při zkouškách s *obráběním zinkových slitin* se ukázalo, že úhly na noži, při nichž soustruh spotřebuje nejmenší sílu k pohonu, jsou také nejvýhodnější pro práci s ohledem na ostatní požadavky (trvanlivost, čistotu povrchu a j.). Můžeme-li na soustruhu pohodlně změřit, kolik ampérů nebo kilowattů bere elektromotor při práci (obvykle to je snadné), dá se tím najít nejvýhodnější tvar ostří nože (má nejmenší spotřebu výkonu). Bylo tak zjištěno, že u slitiny o složení asi Zn-Al 10-Cu2 jsou nejvýhodnější úhly: výchylky 12°, břitu 68°, odklonu třísky 10° (ač vyhoví i 25–30°), nastavení 45–75°, špiče nože 90°, na šikmení ostří 10°.

Jako u oceli je i u zinku největším nepřítelem hladkého povrchu nastavené ostří (které zde často lpí velmi silně nejen na čele, ale i na hřbetě nože). Neulamuje se v kouscích, nýbrž se stále pěchuje a tvoří souvislou tříšku, která klouže po čele i hřbetě. Máme tím na břitu vlastně tři oddělené třísky najeďnou, obr. 374. Přirozeně tím čistota povrchu trpí. Vhodnou změnou úhlu na břitu se musíme postarat, aby se třísky (2), (3) ztratily (hlavně úhel výchylky volíme nejméně 12°). Hladkost obráběného povrchu se zlepší tažením zinkové slitiny.



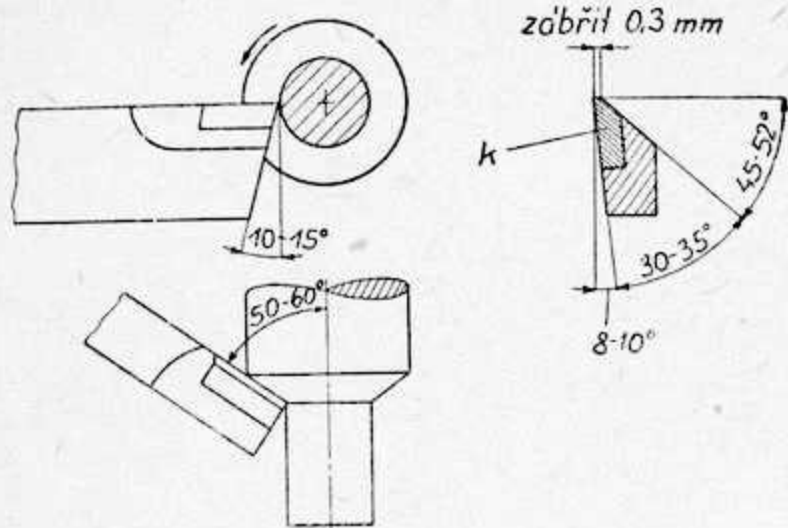
Obr. 374. Soustružení zinku. (1) skutečná tříška; (2) pěchované nastavené ostří na čele; (3) pěchované nastavené ostří na hřbetě.

49. Pokyny pro soustružení hliníkových slitin.

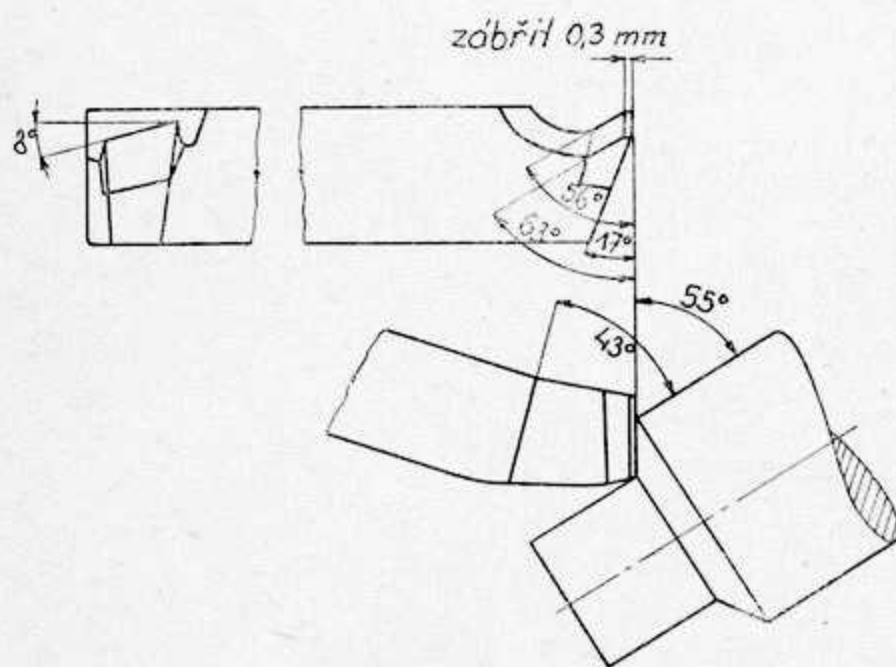
Soustružíme velkou rychlostí při malém průřezu třísky. Aby se třísky lámaly (důležité u automatů, revolverů), bývá úhel odklonu často 0°. Čelo nože musí být dobře vyleštěno, aby po něm tříška lehce klouzala. Tvrdost nebo jiné fyzikálně zjištěné vlastnosti obráběné slitiny nestačí k posouzení obrabitelnosti a odhadu budoucího opotřebení nože. Odlitky do písku ničí nože rychleji než kokilové odlitky. Hladký povrch je získán jen přiměřeně vysokou řeznou rychlostí. Nejméně ze všech lehkých slitin opotřebí nůž kujné slitiny hořčíku. Pro slitiny s přísadkou křemíku, lité do písku, je radno používat jen nožů s ostřím z tvrdého kovu; při seriové výrobě se osvědčují poslední třísky diamantovým nožem. Mazání a chlazení působí velmi příznivě.

Dvě základní pravidla pro obrábění hliníkových slitin jsou: 1. Řezná rychlost má být co největší (= nové rychloběžné stroje a nože z tvrdých kovů). 2. Nástroje na ocel se na obrábění nehodí.

Zatím se nepodařilo najít slitiny, které by se obráběly tak dobře, jako automatová mosaz; nože se na dnešních slitinách otupí dva- až šestkrát více než u mosazi. Mazáním se sice zlepší povrch, ale tvoří se opět delší tříška, která u automatů a revolverů velmi vadí. Soustružíme velkou hloubkou



Obr. 375. Tvar břitu z tvrdého kovu k.



Obr. 376. Úhly na břitu.

znatelné opotřebení. Stačilo ubrat vždy asi 0,2 mm, kdežto při větším opotřebení by se muselo ubírat přes 1 mm. Při práci upraveno 9 přívodů petroleje k chlazení.

50. Poznámky k soustružení umělých hmot.

Výroba a zpracování umělých hmot je dnes velikým průmyslem. Většinou není nutné obrábění odebráním třísek, protože dokonalý povrch, závity, otvory se přímo vylisují z prášku hmoty v ocelové formě. Všechny umělé

záběru a maličkým posuvem. Proto mají i nože s břity z tvrdého kovu trochu nezvyklý tvar, obr. 375 — 376. Řezné rychlosti asi (pro nože rychlořezné) na hrubo 200 až 500 m/min, na čisto 600 až 1200 m/min.

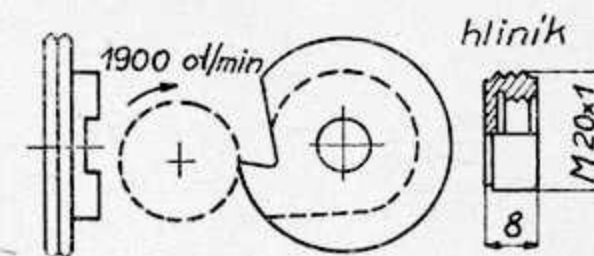
O obrábění tvrdými kovy je zmínka dále; má zde obrovský význam, protože rychlořezný nůž je lehkou slitinou silně otírán a tím záhy vyřazen. Vhodné rychlosti pro tvrdé kovy silně kolísají podle jakosti slitiny (na hrubo až 1500 m/min, na čisto až 2500 m/min). Nutno se řídit vyzkoušenými údaji dodavatelů materiálu na nože.

Závitový kotoučkový nůž pro automat, obr. 377, vyřízl na naznačené hliníkové součásti 900 000 závitů, než se spotřeboval. Řezná rychlost 120 m/min, automat dělal jeden kus za 22 sec. Nůž broušen každý den, ač nebylo zvlášť

hmoty (je jich už dnes několik tisíc druhů) se nehodí k strojnímu obrábění. Výlisky z umělých pryskyřic ani není radno obrábět, protože se tím ničí jejich nejlepší povrchová vrstva; vhodnější jsou pro obrábění lité hmoty.

Umělá hmota vede špatně teplo; proto nutno zvlášť dobře chladit nástroj. Nejvhodnější jsou nástroje z tvrdých kovů, ovšem na speciálních strojích (moderních).

Tvrdé lepenky a lisované umělé hmoty s tkanivem soustružíme úhlem břitu asi 60°; úhel odklonu asi 25°. Řeže se 2—3krát větší rychlostí než měkká ocel. Nejlépe vyhoví malý posuv a větší hloubka záběru. Rychlořezným nožem obvykle soustružíme rychlostí 30—50 m/min, posuv 0,1 až 0,4 mm/ot. Nožem z tvrdého kovu rychlostí 50—80 m/min, posuv 0,1 až 0,3 mm/ot. Hloubka záběru u tvrzené papíroviny 1 až 5 mm. Nůž má ve špičce poloměr asi 2 mm.



Obr. 377. Kotoučový nůž na automat.

Umělé pryskyřice (bakelity a j.) soustružíme rychlostí 150—400 m/min, posuvem 0,3 až 0,5 mm/ot. Ostří z tvrdého kovu diaduru má úhel vychylky asi 10°, úhel břitu 50—55°. U třísky $s \cdot a = 0,5 \cdot 1$ až 6 mm (při hrubování) rychlost 80—200 m/min; pro hlazení rychlost 150—300 m/min u třísky, kde $posuv \times hloubka \text{ záběru} = s \cdot a = 0,5 \cdot 1$ mm.

Vulkanisovaný kaučuk dobře soustružen úhlem odklonu 0°, rychlostí 100 m/min. Ostří z diaduru mělo stejný tvar jako výše uvedeno na pryskyřici.

Sklo. Nůž z tvrdého kovu má záporný úhel odklonu třísky (jako u nože pro obrábění kalené oceli, obr. 399). Soustružíme rychlostí 80 až 100 m/min, hloubka záběru 2—3 mm, posuv 0,1 mm/ot. Úhel břitu asi 80°, úhel vychylky asi 6—8°. Chladíme vodou (nemaže se).

Dřevo. Soustružíme rychlostí 1,6 až 10,8 m/vteř. Úhel vychylky 12 až 15°, úhel břitu 50—60°. Posuvy volíme co největší.

Speciální umělé hmoty (na př. na ložiska) nutno obrábět zvláštními způsoby podle návodu dodavatele. Břit nože se velmi značně zahřívá a spálí.

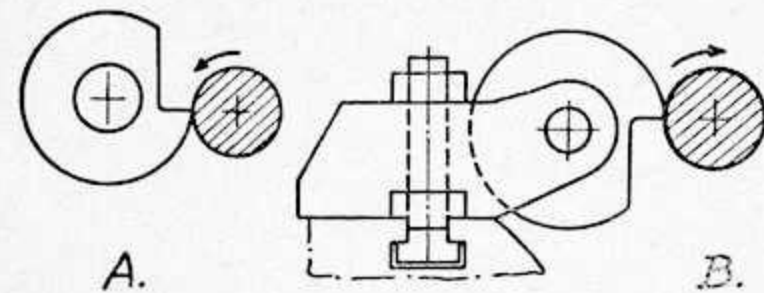
51. Směr točení vřetena při seriové práci.

Při řezání pravého závitu musí se točit vřeteno vpravo, při výběhu nástroje přepínáme na levý běh. Soustružit, vrtat můžeme však během vpravo i vlevo. Snadno poznáme, že zde běh vlevo bude výhodnější. Na mosazi Ms 58 je rychlost při řezání závitu (ať již na povrchu nebo závitníkem) asi polovinou rychlosti, již soustružíme a vrtáme. U četných lehkých slitin klesá tato rychlost až na $\frac{1}{10}$. K řezání závitů nutno silně snižovat rychlosti, čili při použití pravotočivého vřetena nutno přepínat na větší rychlost, je-li po závitu opět soustruženo; u levotočivého vřetena můžeme hned bez přepínání pracovat dál. Sledujme na rozdělení práce:

Pravotočivé vřeteno: Soustružíme, vrtáme rychlým během vpravo; přepí-

náme, abychom mohli řezat závit pomalým během vpravo; přepínáme, abychom se vrátili rychlým během vlevo; po třetí přepínáme, abychom opět mohli dále soustružit, vrtat rychlým během vpravo.

Levotočivé vřetení: Soustružíme, vrtáme rychlým během vlevo; přepínáme a řezání závitů na pomalý běh vpravo; po druhé přepínáme na rychlý běh vlevo, jímž vyjedeme zpět po závitě a můžeme hned dále pracovat rychlým během. Ušetřilo se skutečně jedno přepínání; i kdyby to bylo půl



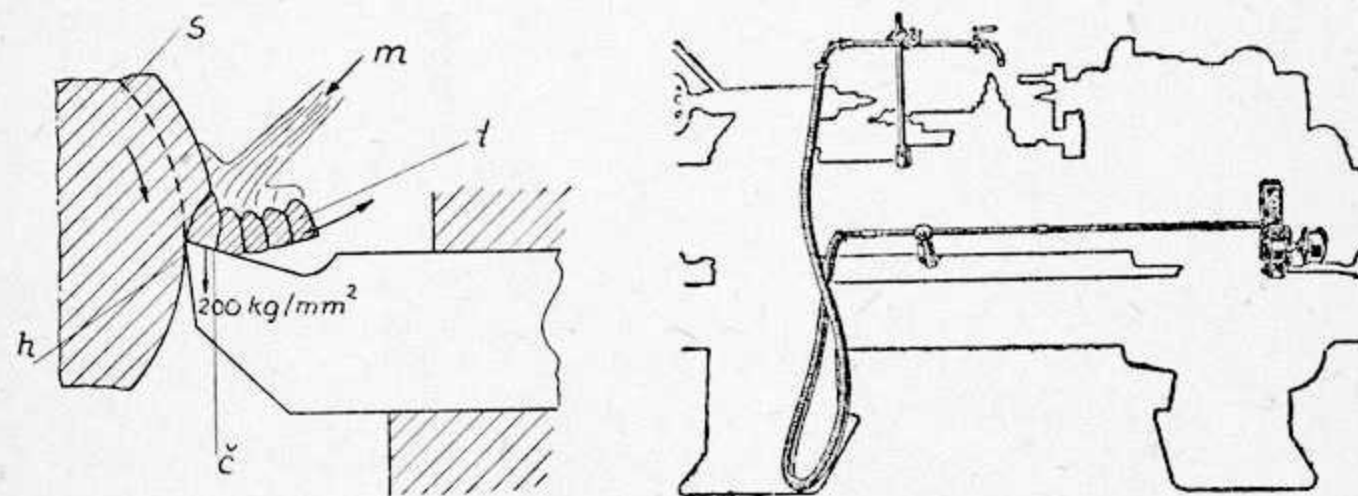
Obr. 378. Pravotočivý stroj A; levotočivý stroj B.

vteřiny, značí to obrovské úspory.

Rozdíl mezi pravým a levým během při použití kotoučkového nože plyne z obr. 378. Pamatujme tedy pro praxi: při seriové práci, kdy na soustruhu nebo revolveru též řezeme závit, je *výhodnější běh vlevo*.

52. Mazání a chlazení při soustružení.

Pěchováním třísky, třením třísky o čelo nože a třením hřbetu nože o materiál vzniká teplo, obr. 379. Tím se nůž zahřívá. Vznikající teplo nutno nějak odvádět, jinak by se nástroj příliš zahřál a zničil. Zahřátím stoupá také tření mezi čelem nože a třískou; tříska nabíhá do modra, čímž ztvrdne a láme se (je křehká). To působí nárazovité kolísání tlaku na nůž (jak plyne z obr. 379, tlačí tříska na jeden čtvereční mm čela nože silou až 200 kg) a tím opět stoupá nebezpečí ulomení břitu. Hledíme proto nůž nějak *chladit* a *mažeme* třecí plochy, aby se zamezilo nepříznivé suché tření (kov po kovu na sucho). Zmenšením tření klesá i odpor proti řezání, tedy klesá i zatížení stroje a jeho chvění. Nástroj pracuje klidněji, déle vydrží, snížením chvění je obráběný povrch hladší a přesnější; má tedy *mazání význam hlavně při*



Obr. 379. Mazání a chlazení, dobře upravené. s soustružený hřídel; h hřbet nože se tře o součást; m tekutina; t tříška se pěchuje; č čelo nože, o něž se tře tříška. Čerpadlo na pomocnou tekutinu je hnáno řemínkem nebo vlastním motorem.

obrábění na čisto (hlazení, řezání závitů, vystružení). Chlazení má pak význam hlavně při odbírání větších třísek (hrubování).

Správným chlazením a mazáním se tedy výrobky *zlepší* (mají lepší povrch, jsou přesnější) a *zlevní* (můžeme soustružit větší rychlostí). Proto nutno této otázce věnovat zvýšenou pozornost: někdy nutno více chladit, jindy má větší význam mazání a chlazení je podřadnější; jedna tekutina se nehodí pro všechny práce, protože některé tekutiny lépe mažou, ale špatně chladí.

1. Správné názvosloví.

Dílenské názvy „mýdlová voda“, „vrtací voda“ a četné podobné jsou nesprávné, nic neznamenají. Správně značíme:

1. **Pomocná tekutina** — všeobecně každá tekutina, již se použije při obrábění, ať k mazání nebo chlazení.

2. **Řezačí olej** — pomocná tekutina, v níž převládá olej minerální, rostlinný nebo živočišný. Zvláštní směsi mají názvy „řezačí olej automatový“, „řezačí olej závitový“ a pod.

3. **Vrtací olej** vznikne rozpuštěním tekutého mýdla v minerálním oleji. Tvoří s vodou (jíž je ředěn na př. v poměru 1 : 4) emulsi, t. j. mlékovitý roztok jemně rozptýlených kapiček.

4. **Vrtací tuky (pasty)** jsou mazlavým (polotekutým) vrtacím olejem; mohou se opět rozředit s vodou, čímž vznikají olejové emulze.

2. Účel mazání a chlazení.

1. **Odvést teplo**, vznikající třením a vnitřními deformacemi (pěchováním) třísky. Nejlépe by chladila voda, ta však nejhůře maže; olej, který výborně maže, opět hůře chladí. Nutno hledat střední cestu, jak bude vyloženo dále. Břit nože z nástrojové oceli snese nejvýše 300° C; z rychlořezné oceli až 600° C, u tvrdých kovů až 800° C. Vyšší teploty snižují tvrdost. Zahřívá-li se příliš součást, vznikají v ní vnitřní napětí, součást se zbarvuje (nabíhá, popouští, na př. na modro); také není možné přesné měření. Vnitřní napětí snižuje jakost výrobku. Zhruba platí, že použitím dobrého chlazení se může zvýšit řezná rychlost nože z rychlořezné oceli asi o 40%, ale u nože s ostřím z tvrdého kovu jen asi o 10%, neboť dosud nejsou nalezeny vhodné chladicí tekutiny pro vysoké teploty a rychlosti, za kterých pracují tvrdé kovy.

2. **Získání hladkého povrchu.** Záleží při tom hlavně na mazacích vlastnostech použité tekutiny. Čím lépe mažeme, tím snadněji tříška odchází; nástroj se nechvěje, břit déle vydrží. To je důležité při hlazení a obrábění na čisto. Nutno pamatovat, že na jakost vzniklého povrchu má vliv *nastavené ostří*, o němž bylo už pojednáno v oddílu 40; toto ostří vlastně kryje břit a tím chrání nůž, jenže je nepravidelné a působí drsnější povrch. Vzniká právě při mazání olejem a menších rychlostech a zdá se, že neprodlužuje trvanlivost břitu.

3. **Odplavení třísek.** Při některých pracích, na př. na automatech, při vyvrtávání a pod. je odplavení třísek velmi důležité; pomocná tekutina musí mít přiměřený tlak.

4. **Zabránění hoření** při soustružení hořčíkových slitin (elektronu). Používá se k tomu 4 % roztoku fluoridu sodného ve vodě nebo speciálních olejnatých tekutin (na př. pod názvem elektronex).

3. Různé druhy pomocných tekutin.

1. **Voda; roztok sody; mýdlová voda.** Voda vede dobře teplo, také má schopnost pohltit mnoho tepla; proto dobře chladí. Špatně však pokrývá povrch součástí, má velké t. zv. povrchové napětí, které brání jejímu rozlití v tenkou vrstvu po veliké ploše. Přídavkem sody nebo draselného mýdla se její povrchové napětí sníží asi na třetinu. Obvykle proto do chladicí vody přidáváme 5–10% kalcinované (pálené) sody. Stroj tím rezaví méně než za čisté vody, ale ničí se nátěr a olej v ložiskách, do nichž roztok sody vniká. Tekutina jen chladí, maže nepatrně.

Použitá voda (stejně jako voda k ředění ostatních pomocných tekutin) musí být měkká; jinak by se z ní sráželo vápno. Použijeme buď vody dešťové, nebo vodu *změkčíme* přídavkem sody.

Poznámka: Tvrdost vody udávána je ve stupních; 1° tvrdosti značí obsah 10 miligramů vápna (= CaO) v 1 litru vody. K zrušení spotřebuje 18,9 mg kalcinované sody (= Na₂CO₃) nebo 51 mg krystalické sody (= Na₂CO₃ + 10 H₂O). Máme na př. změkčit vodu, mající 35° tvrdosti. K 1 litru nutno přidat

$$35 \cdot 18,9 = 661,5 \text{ mg} = 0,66 \text{ g kalcinované sody, nebo} \\ 35 \cdot 51 = 1785 \text{ mg} = 1,785 \text{ g krystalické sody.}$$

2. **Minerální a smíšené oleje.** Chladí už méně než voda, protože mají asi čtyřikrát horší tepelnou vodivost. Povrchové napětí je asi jako u roztoku sody, tedy dobře pokrývají součásti. Mají mít Englerovu *viskozitu* 3–5° při teplotě 50° (viz výklad v poznámce dále). Hodí se hlavně při obrábění měkké oceli a slitin bez železa (mosaz, bronz, dále hliník). Smíšený olej vzniká smícháním minerálního a tučného oleje (= řepkového, kostního a j.); dává lepší výsledky, použít při obrábění tvrdých ocelí.

Poznámka: Englerova viskozita (vazkost), E° je číslo, udávající kolikrát delší doby než voda potřebuje 200 cm³ (= 1/5 litru) oleje k výtoku z určité zkušební nádoby; 200 cm³ vody vyteče z této nádoby asi za 51 vteřin. Vytéká-li olej 102 vteřiny, má dva stupně Englera; vidíme, že čím je olej hustší, tím větší má viskozitu. Se stoupající teplotou olej řídne, proto se měří jednotně při 50° Celsia. Vřetenový olej k mazání má na př. 1,2 až 2° E, hustý válečkový olej má 20–60° E.

3. **Tučné oleje.** Značí to oleje živočišné (kostní, rybí, sádlový = lisovaný ze syrového sádla) nebo rostlinné (ricinový, řepkový a j.). Vadou proti minerálním je, že časem houstnou a kazí se, a tím ucpávají trubičky. Jsou trochu lepší než minerální, též však dražší. Dnes používány málo, jen pro jemné

práce (řezání závitů, výroba zubů) a na zvlášť houževnaté materiály. Hlavní předností proti minerálním je, že mají větší *olejnatost*; je to vlastnost, že se olej udrží na troucích se plochách v neporušené vrstvě i při vysokém plošném tlaku. Chemickými přísadami se podařilo v nové době zvýšit olejnatost minerálních olejů tak, že se vyrovnají tučným.

Dodávány pod různými názvy jako *řezací oleje* automatové pro automaty a revolvery. Vnikají tam i do ložisek a na vodící plochy a nesmějí škodit. Mají mít Englerovu viskozitu asi 2–5° E při 50° C.

4. **Vrtací oleje, vrtací tuky.** Vznikají rozpuštěním mýdla v minerálním oleji, za přídavku lihu a některých jiných látek, načež se ředí vodou. Dobře chladí i maže. Při ředění lejeme vrtací olej do vlažné vody a silně mícháme. Zpravidla stačí 5–10% (= 1/20 až 1/10) oleje a zbytek je voda; vytvoří se bělavá emulze. Podle barvy se však jakost nepozná, může být zašpiněn. Použije-li se ricinového oleje, je emulze téměř průhledná a netvoří se pěna. Na obráběnou součást je dobře vidět. To má význam na automatech, revolverech a j. Stačí pak asi 1% oleje ve vodě. Vrtací tuky a pasty obsahují až 40% vody; při ředění lejeme vlažnou vodu do tuku. Nejprve promícháme tuk s malým množstvím vody a pak teprve ředíme dále. Čím obtížnější a choulostivější práce, tím méně vrtací olej ředíme; při výrobě šroubků použijeme na př. emulze s 15% vrtacího oleje, pro měkkou ocel stačí ředění 1 : 20 až 1 : 30 (= 1 díl vrtacího oleje na 20 až 30 dílů vody).

Dobře se také osvědčují emulze *mucinů*. Muciny jsou zvířecí olejnaté látky, vyráběné ze žláz. Mají vysokou olejnatost a emulgují s vodou. Použitá mýdla musí být dobré jakosti, nehodí se mýdla pryskyřičnatá nebo dehtová.

Emulsi nutno včas vyměnit; jakmile tvoří kapky místo vrstvy na povrchu, ztrácí na účinnosti. Použitá voda musí být měkká nebo změkčelá, jak bylo výše uvedeno v 1. Stará emulze ztrácí svlažovací schopnost (= nemůže se rozptylovat po povrchu a tím odvádět teplo). Rozptylování je působeno silami, které se snaží částice rozlít po co největší ploše. Proti těmto silám působí t. zv. povrchové napětí, snažící se stáhnouti částice tekutiny do kulových kapek.

4. Příklady složení pomocných tekutin.

U Forda ve Spojených státech se spotřebuje za rok 1400000 hl pomocné tekutiny tohoto složení:

- 102 l parafinového oleje,
- 15 l kyseliny olejové,
- 7,6 l alkoholu (liha),
- 3,8 l roztoku žíravé (kaustické) sody o hustotě 31° Bé.

Tento vrtací olej použit pro nejtěžší práce neředěn; pro běžné práce (vrtání, soustružení, frézování, broušení) ředěn s vodou v poměru 1 : 24; ° B = stupeň hustoty Baumé, měřené Bauméovým areometrem.

Hustý vrtací tuk se vyrábí takto: Zahřeje se 907 kg vody a 117 kg kyseliny olejové, až je směs dobře tekutá. Přidá se do ní roztok 27 kg kaustické sody ve 190 l vody. Je-li příliš hustý, ředí se další vodou.

5. Zkoušení vlastností pomocné tekutiny.

1. **Chladičí účinky** určíme tím, že místo tekutinou chladíme nástroj jen proudem vzduchu (= vůbec nemažeme) a pozorujeme, při jaké řezné rychlosti se ostří nože zahřeje na nejvyšší přípustnou mez. Tuto rychlost porovnáme s rychlostí při chlazení tekutinou. Bylo tak zjištěno, že dobrým chlazením se dá zvýšit řezná rychlost soustruhu při hrubování oceli o 40%, při hrubování litiny o 16%, je-li nůž z rychlořezné oceli. Při stoupající řezné rychlosti stoupá zahřátí nože pomaleji, čili malé zlepšení chlazení připouští velké zvětšení řezné rychlosti. S rostoucím průřezem třísky význam chlazení klesá.

Pro každou práci stačí určité množství chladičí tekutiny, kolísající mezi 2 až 10 litry za min; jeho zvětšování nemá pak vlivu na trvanlivost nože. Na př. při soustružení oceli, hloubka záběru 4 mm, posuv 1 mm na otáčku (tedy průřez třísky 4 mm²) stačí a nejlépe vyhovuje 10 l tekutiny za minutu; při soustružení měkké chromniklové oceli, průřez třísky 2 mm², řeznou rychlostí 35 metrů za min stačilo 8 l tekutiny za minutu.

Nádrž na tekutinu musí být dost veliká, aby teplota chladičí tekutiny nestoupla nad 30°.

2. **Mazací účinky** se nedají určit laboratorně; nutno je vyzkoušet při práci. V praxi zkoušejí dělníci mazavost mezi prsty; je to naprosto nesprávné, nepozná se nic, neboť pocit hladkosti vyvolávají nejen tuky, ale i přebytky louhu. Přesný vliv mazání na tvoření třísky není ještě znám. Tříska tlačí na ostří takovou silou (na obr. 379 tlakem 200 kg na každý mm²), že se na místo styku tekutina vůbec nedostane, a přece má mazání velký vliv. Tekutina dobře maže, když:

1. Stroj běží klidně, bez chvění.
2. Obráběný povrch je hladký a čistý.
3. Břit nože vydrží přiměřený čas.

Jen v některých případech klesne zlepšením mazání spotřeba síly, potřebné k pohonu soustruhu.

3. **Působení na dělníka.** Dělník je s pomocnou tekutinou ve styku celý den; nesmí tím trpět. Vlivem vody nebo mýdla na př. kůže měkne a je pak snadněji zranitelná. Některé výpary opět ohrožují zdraví, musí být odssávány. Bylo zjištěno, že i minerální oleje škodí na zdraví.

4. **Působení na stroj.** Volné kyseliny, soda a j. látky v tekutině mohou škodit kovu nebo nátěru stroje. Obsah kyselin zkusíme tím, že do pomocné tekutiny vložíme vyleštěnou destičku; každý týden ji vyjmeme, očistíme etherem, prohlédneme a přesně zvážíme (není-li leptána). Při ředění 1 díl vrtacího oleje na 10 dílů vody nesmí emulze modrý zkušební lakmusový papírek zbarvit červeně. Volná soda škodí hlavně hliníku, mědi a slitinám mědi.

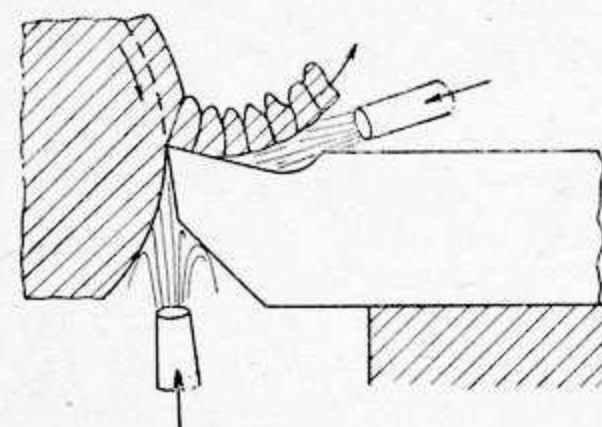
6. Úprava chlazení a mazání.

1. **Přehled.** Při obrábění *na hrubo* nutno dobře chladit; stačí horší mazání (= horší povrch), protože stejně se ještě povrch dodělá jemnou třískou. Mazací přísady v tekutině mají význam proto, že chrání stroj a součásti před rezavěním.

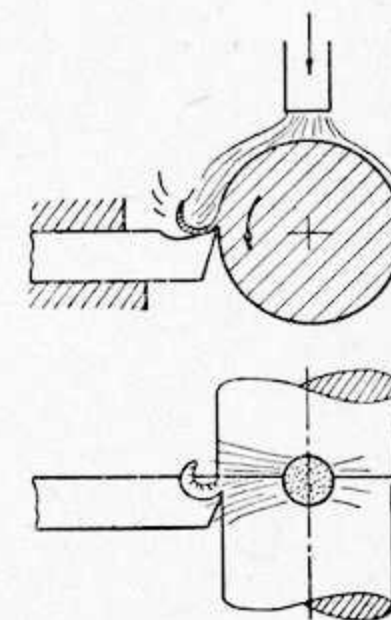
Při *jemném obrábění* nutno co nejlépe mazat. Třísky jsou menší, nůž se už tolik nezahřívá.

Při *kombinovaném obrábění* (automaty, revolvery) se vyskytuje střídavě hrubování i hlazení. Tekutina musí dobře chladit i mazat. Součásti se také při práci ohřívají a měříme-li je teplé, jsou po vychladnutí menší. Z praxe u automatů je známo, že stačí vyměnit mazací tekutinu a rozměry součástí se mění; při každé výměně tekutiny nutno tedy součásti překontrolovat a upravit seřízení stroje.

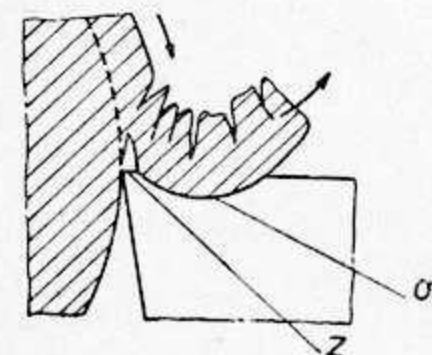
2. **Přívod pomocné tekutiny.** Teplota nože stoupá s řeznou rychlostí a průřezem třísky. Široká, tenká tříška je výhodnější, protože má větší povrch k chlazení a také nůž se dotýká součástí delší hranou. Při obrábění litiny se nůž zahřívá méně než při obrábění tvrdé oceli.



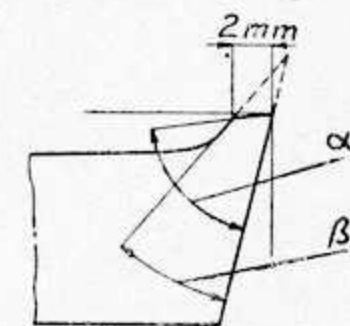
Obr. 380. Špatná úprava chlazení.



Obr. 381. Chlazení a mazání.



Obr. 382. o oblý výbrus; z zábřit.



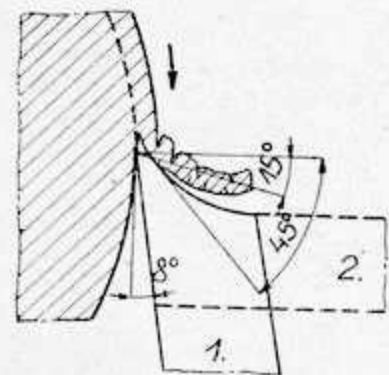
Obr. 383. α skutečný, β účinný úhel břitu.

Správný a nesprávný přívod pomocné tekutiny je na obr. 379—380. Bylo spolehlivě vyzkoušeno, že proud *shora* na třísku, obr. 379 nebo obr. 381, je účinnější než proud pod třísku a na hřbet nože (ač bychom tomu na prvý pohled nevěřili). Chlazení shora napomáhá odchodu třísky ve šroubovici, což je dobré, neboť nůž je stále stejně zatížen. Při pěchování třísky se její částice mezi sebou silně třou, nutno tedy mazat třecí plochy v tříске. Teplota napomáhá vnikání oleje do třísky. Pod třísku se žádné mazivo nedostane, stejně by se tam hned vypařilo a spálilo. Teprve kus za hranou břitu tlak

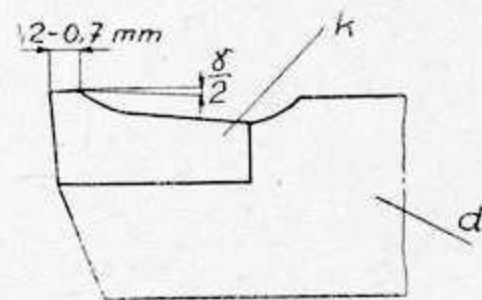
třísky klesá, tam již olej vnikne, ale na odchod odklánějící se třísky to má jen malý vliv.

V podstatě se tedy nemaže čelo nože pod třískou, jak se obvykle myslí, nýbrž vnitřek třísky. Suchým třením třísky o čelo nože vydře se někdy i v rychlořezném noži za ostrím žlábků, obr. 382. Někdy bývá tento žlábek vybroušen hned na novém noži, protože je to výhodné. Břit zůstává volný a může čistě obrábět povrch, který je velmi čistý. Vadou výbrusu je, že se břit zeslabí a může se ulomit.

Aby se využilo výhod zábrity a žlábků, vyzkoušel Klopstock úpravu ostří nože podle obr. 383—387. Jak plyne z obr. 383, může být nůž svislý nebo



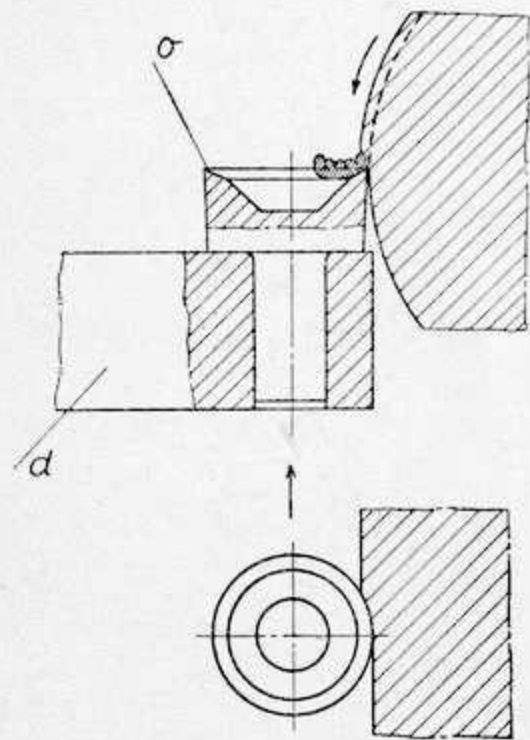
Obr. 384.



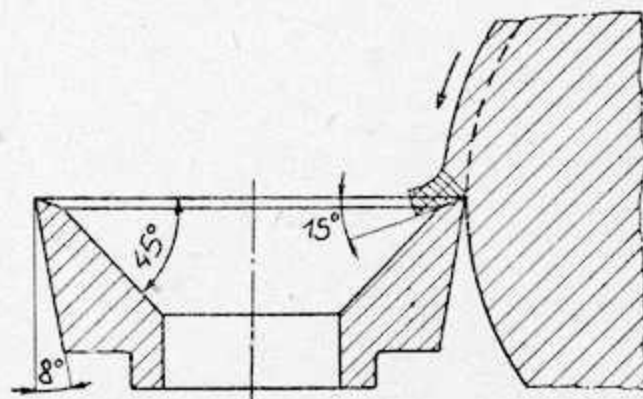
Obr. 385.

vodorovný; zábrít (též fasetka) je tak upraven, aby se tříška netřela po větší ploše výbrusu. Nůž reže mnohem snadněji než obvyčejný, protože vlastně pracuje ostrým účinným úhlem břitu, obr. 383, na místě skutečného úhlu břitu. Osvědčilo se i u tvrdých kovů, kde stačí podle obr. 385 zábrít menší; má jen poloviční úhel odklonu $\gamma/2$ oproti normálnímu noži. Zkouškami bylo

prokázáno, že ocel se Klopstockovým nožem obrábí o $1/3$ lépe než jiným, a nůž mnohem déle vydrží, protože se tříška tře jen o malou plochu a tím i zahřívání nože je malé. Na obr. 386 až 387 je úprava tohoto nože do držáku,



Obr. 386. Miskový nůž o v držáku d.



Obr. 387. Úhly na miskovém hrubovacím noži.

jako nůž okrouhlý a miskový; dá se velmi dobře vyrábět a leštit, po otupení jednoho místa se pootočí.

Pomocnou tekutinu nutno přivádět v pravidelném proudu, ale jen malým tlakem, aby příliš nestříkala. V přívodní trysce je dobře upravit příčku nebo krabici s příčkou, která proud tekutiny uklidní, a nahore z ní malou trubičkou uniká vzduch, pohlcený v tekutině.

Příklady. 1. Soustružena ocel o pevnosti 50 kg/mm^2 (= střední konstrukční ocel). Chlazením nože vodou s 10% sody klesla teplota nože o 120°C ; chlazením roztokem mýdla klesla teplota o 60° ; při chlazení řepkovým olejem, nanášeným štětcem, klesla teplota ostří jen o 30°C . Vidíme, že voda se sodou chladí nejlépe, olej nejhůře, mýdlová voda je asi uprostřed. Není proto při soustružení nic platné zvětšit množství chladicího oleje, má asi 4krát menší tepelnou vodivost než voda a stejně nestačí teplo odvádět. Proto při chlazení olejem stačí malé množství, nanášené štětcem, větší množství oleje už chlazení podstatně nezvětší.

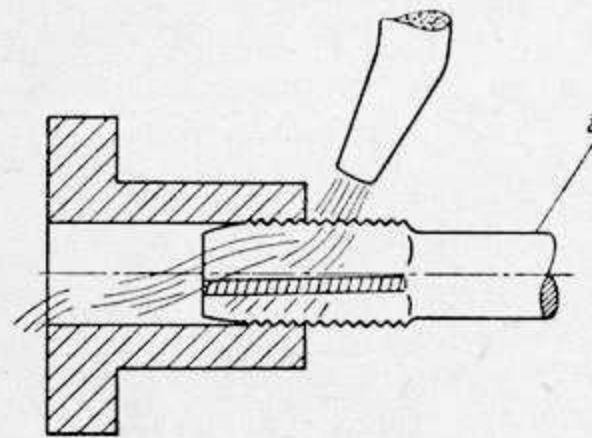
2. Ostří nože z tvrdého kovu widia řezalo ocel C 60 (= o pevnosti nejméně 60 kg/mm^2 , tedy už tvrdší) rychlost 95 metrů za min; posuv byl $0,225 \text{ mm}$ na otáčku, hloubka záběru 1 mm ; ostří bylo teplé 630°C . Nejlepší chlazení dovolilo zvýšení řezné rychlosti jen o 10% (tedy o $1/10$ z 95, o $9,5 \text{ m/min}$, na $95 + 9,5 = 104,5 \text{ m/min}$). Dosud známé pomocné tekutiny pro chlazení tvrdých kovů nevyhovují.

3. Špatně je upraveno chlazení, při němž tekutina jen kape na třísku; při němž vniká tekutina na násadu pod třískou, obr. 380; při němž se čerpadlo spouští současně se strojem, tedy tekutina teče až opožděně na nůž, který už řezal za sucha.

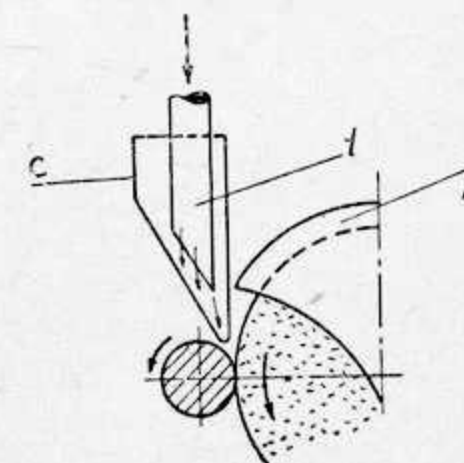
4. Správně je upraveno chlazení, při němž tekutina teče stálým, pravidelným proudem, ale malým tlakem, aby se nerozstříkala; je vedena na ohyb třísky shora, obr. 379; teče už před začátkem soustružení (čili čerpadlo má samostatný motorek, který spustíme dříve, než soustruh).

3. Mazání a chlazení při řezání závitů a vrtání. Musí být co nejdokonalejší. Minerální olej u oceli nevyhovuje (dává nečistý povrch), stačí nejvýše u litiny. Výborně vyhověla směs $2,5 \text{ kg}$ řepkového a $0,5 \text{ kg}$ ricinového oleje; pro tvrdou a litou ocel se osvědčila směs 2 l řepkového oleje, $1/2 \text{ kg}$ krystalické sody a k tomu 10 litrů vařící vody. Přívod tekutiny na strojní závitník je patrný z obr. 388.

Podobně platí u při vrtání, kde se nejčastěji používá emulze vrtacího oleje. Vrtákem nutno občas z díry vyjet, aby se mohly odplavit třísky.



Obr. 388. Chlazení a mazání závitníku z.



Obr. 389. Chlazení při broušení. c kryt, t trubka.

Při *vystružení* musí být mazání zvláště dokonalé, protože na něm závisí dokonalost povrchu. Maže-li se výstružník tučnými oleji, je průměr vzniklé díry větší než při mazání vrtacím olejem. Proto mažeme nové nestavěcí (pevné) výstružníky nejprve vrtacím olejem, teprve po opotřebení se maže tučným olejem. Při průměru 15 mm v oceli o střední pevnosti je zmíněný rozdíl v průměru díry 0,005 mm, tedy půl setiny mm. Při použití tučného oleje se na břitech vytvoří z třísek jemná nastavená ostří, která vyříznou díru větší.

4. Mazání a chlazení při broušení. Mazání má podřadný význam, hlavně nutno chladit a odplavit prach. Proto obvykle stačí 5–10% roztok sody ve vodě; trpí jím však nátěr stroje. Kde je žádán zvláště dobrý povrch, vyhoví silně ředěné vrtací oleje. Tekutina má být řídká a průhledná, aby nezalepila brusný kotouč a na práci bylo vidět. Při vnitřním broušení dobře vyhovuje jen stlačený vzduch. Úprava trysky, přivádějící pomocnou tekutinu na brus, plyne z obr. 389.

5. Mazání a chlazení při práci na automatech. Rozměr výrobku závisí na pomocné tekutině, proto nutno vyráběné součásti častěji kontrolovat. Pro slitiny železa a mědi platí:

Při použití vrtacího oleje (= emulze s vodou) se břit po čase odře. Při použití olejů se břit skoro vůbec neodře, vytvoří se na něm nastavené ostří. Při chlazení vrtacím olejem i odřené ostří stále řeže hranou, proto je rozměr součásti poměrně dobře dodržován a povrch je hladký; odření se však stále zvětšuje a nůž je záhy zničen, což u automatu velmi škodí, neboť seřízení nožů je pracné. Nastavené ostří při použití oleje chrání břit; nůž proto mnohem déle vydrží, povrch součástí je však horší, protože neřeže pevná hrana nože, nýbrž stále se měnící a ulamující vrchol nastaveného ostří. Povrch součástí při mazání olejem je tedy horší, nože však déle vydrží, a to je důležité. Proto používáme na automatech a revolverech nejčastěji mazání olejem; šetří se tím také stroj, proti práci za sucha můžeme rychlosti zvýšit asi o 80%.

6. Litinu obrábíme nejčastěji za sucha, protože potrubí a čerpadlo na tekutinu by se záhy zanesly prachem, který vzniká při obrábění. Je-li však litina při obrábění chlazená, jsou výsledky lepší než při práci za sucha. Nejlépe je hned pod pracovištěm upravit filtr, který zachycuje třísky a prach. Zvláště výhodné je chlazení při hrubování litiny. Hladíme však skoro vždy za sucha, aby nůž při tenké třísece po povrchu neklouzal (pružností by se odtlačil a jen by se třel místo řezání). Stejně i při řezání závitu v litině, nejvýše chladiíme zcela málo.

Příklady. 1. Litina soustružená za sucha řeznou rychlostí 30 m za min; při chlazení vrtacím olejem jsme mohli řezat rychlostí 42 m/min; při chlazení vodou s 5% sody vyhověla rychlost 48 m/min, tedy proti práci za sucha více než o polovinu větší.

2. Za sucha vrtána litina 900 otáčkami vrtáku za min; při chlazení vrtacím olejem snesl vrták dobře 3200 ot/min. Jedna díra trvala za sucha 14 vteřin, vrták vydržel na jedno broušení 800 děr; za mokra trvala táž díra 5,2 vteř., vrták vydržel na jedno ostření 2000 děr.

3. Při vystružení za sucha vydržel nástroj v litině 600 děr; při mazání vrtacím olejem snesl výstružník třikrát větší rychlost a vydržel 2400 děr.

Z těchto příkladů plyne, že chlazení a mazání litiny při obrábění je velmi výhodné a dílenský zvyk obrábět litinu za sucha není ničím podložen; naopak je škodlivý.

7. Hliník a lehké slitiny. Hliníkové třísky se opět taví na čistý hliník. Je lépe obrábět za sucha, protože z mazaných třísek dostáváme hliník pórovitý. Při soustružení dostáváme zvláště čistý (hladký) povrch, mažeme-li štětcem směsí oleje a petroleje. Stejně i při broušení, je zde však nebezpečí ohně.

Dokonale vyhovuje pomocná tekutina z 1 dílu vrtacího oleje, 20 dílů vody a 2 až 3 dílů petroleje, jíž použijeme všude, kde je na lehké slitině vyžadován zvláště čistý povrch. Dříve velmi vychvalovaný petrolej není právě nejvhodnější; při obrábění siluminu (= křemíková slitina hliníku, hlavně na písty automobilů), hlavně vystružení, dává petrolej špatné výsledky; mnohem lépe vyhoví směs 70% benzenu (= benzolu) a 30% parafinového oleje. Správné mazání lehkých slitin při obrábění není ještě uspokojivě vyřešeno. Vzniká jím sice lepší povrch součástí, ale tvoří se opět dlouhá tříška, která se navine na nástroje, a to, na př. u automatů, velmi škodí. Elektron (= hořčíková slitina) soustružíme za sucha nebo chladiíme vzduchem, nikdy ne vodou. Naopak nesmíme brousit nikdy za sucha, vždy nutno chladit 4% roztokem fluoridu sodného, jehož můžeme s výhodou použít i při jiném obrábění elektronu. Malé třísky elektronu velmi lehce hoří, zvláště u automatů. To brzdí rozvoj obrábění hořčíkových slitin na automatech.

8. Získání oleje z třísek. Nejlépe vyhovuje odstředivka, v níž olej odstříká z roztočeného bubnu s třískami. Bylo vyzkoušeno, že se vyplácí už i v malé dílně, kde se za 8 hod. nařeže aspoň 100 kg olejem mazaných třísek. Aby mohl olej lépe odstříkat, bývají někdy třísky napřed drceny na menší kousky.

53. Materiály soustružnických nožů.

1. Nástrojové oceli použijeme jen zřídka; břit se nesmí příliš ohřát, proto řeže jen malou rychlostí. Při kalení obvykle vznikají deformace. Na starém noži se může vykovat nové ostří, protože kování při správné teplotě nemá škodlivého vlivu na jakost oceli. Každá huť dodává řadu ocelí pro speciální účely, nutno důvěřovat jejím údajům.

2. Rychlořezné oceli. V jakosti jsou obrovské rozdíly. Hodnotná rychlořezná ocel má obsahovat nejméně 12% wolframu a může (ale nemusí) mít přísadu molybdenu a kobaltu; určena ke kalení vzduchem. Rychlořezná ocel bez vanadu je zastaralá. Neplatí už stará, často uváděná zásada, že rychlořezná ocel je tím lepší, čím více v ní je wolfram.

V rezivosti rychlořezných ocelí jsou rozdíly o 400%. Kobaltová ocel (na př. Poldi max. special 55) je o 100% lepší než nejlepší wolframovanadiová (na př. Poldi max. special), a ta je opět asi o 150% lepší než obyčejná wolframovanadiová ocel s 23,5% wolframu a 1,1% vanadu.

Rychlořezné oceli se kalí buď proudem vzduchu, nebo v oleji, ke kalení ve vodě se nehodí. Ohřátý obvykle aspoň na 1250° (zvláštní druhy na 1350°) a popuštěny obvykle na 200–275° (zvláštní druhy na 575–600°). Správ-

ným popuštěním stoupne řezivost skoro o 100%, tvrdost se však skoro nemění. Nové druhy rychlořezných ocelí mají snížený obsah wolframu (místo 18% jen 7–13%). Řezivost se přibližně nezměnila, ale jsou choulostivější při kalení; velmi lehce dostávají trhliny, nutno přesně dodržovat kalicí teploty. Nezbyvá než si při koupi nové oceli vyžádat také přesný návod na tepelné zpracování; tyto oceli se lépe a snadněji kovou než oceli s vysokým obsahem W.

Mezi výkonem nože z kusu a nože s navařeným ostrím není rozdílu, je-li svar dobrý. Zato je veliký rozdíl mezi nožem z tyčové oceli (jen válcované) a vykováním. Nože z dobře prokované rychlořezné oceli (i když jsou malé a snadno by se daly dělat z tyčí) mají četné výhody, protože kováním se rozdrobí krystaly a strukturní složky, vzniká jemnější zrna, stoupá pevnost, houževnatost, zmenší se nebezpečí praskání při kalení a zvětší se řezivost, již ocel dosáhne kalením. Nůž s vykováním ostrím déle vydrží proti noži z tyče, čili prokování je levné proti dosaženým výhodám. Nůž pak není třeba tak často ostřit. Prostě pamatujme, že prokování oceli na nástroj se vždy vyplatí, i u maličkých nástrojů.

V poslední době bývají rychlořezné oceli děleny na hrubovací a hladicí. Při hrubování je břit silně ohříván (až na 650°), při hlazení naopak je hlavně otírán a má být proto z materiálu, vzdorujícího co nejlépe opotřebení.

3. Tvrdé kovy. Podrobněji bude o nožích s břity z tvrdých kovů pojednáno dále ve zvláštním oddílu; základní rozdělení už bylo uvedeno v I. dílu. Před lety vzniklo zdání, že tvrdý kov vytlačí rychlořezné oceli. Dnes víme, že to není pravda; pro běžné soustružnické práce, hlavně v menších dílnách, je stále nejvýhodnější nůž z rychlořezné oceli a tvrdým kovem soustružíme jen ve zvláštních případech (hlavně na nových, speciálních strojích pro obrovské rychlosti, u lehkých slitin a hmot, které se jinak špatně soustruží); tvrdý kov se nedá kovat ani pilovat, jen se brousí; nekálí se.

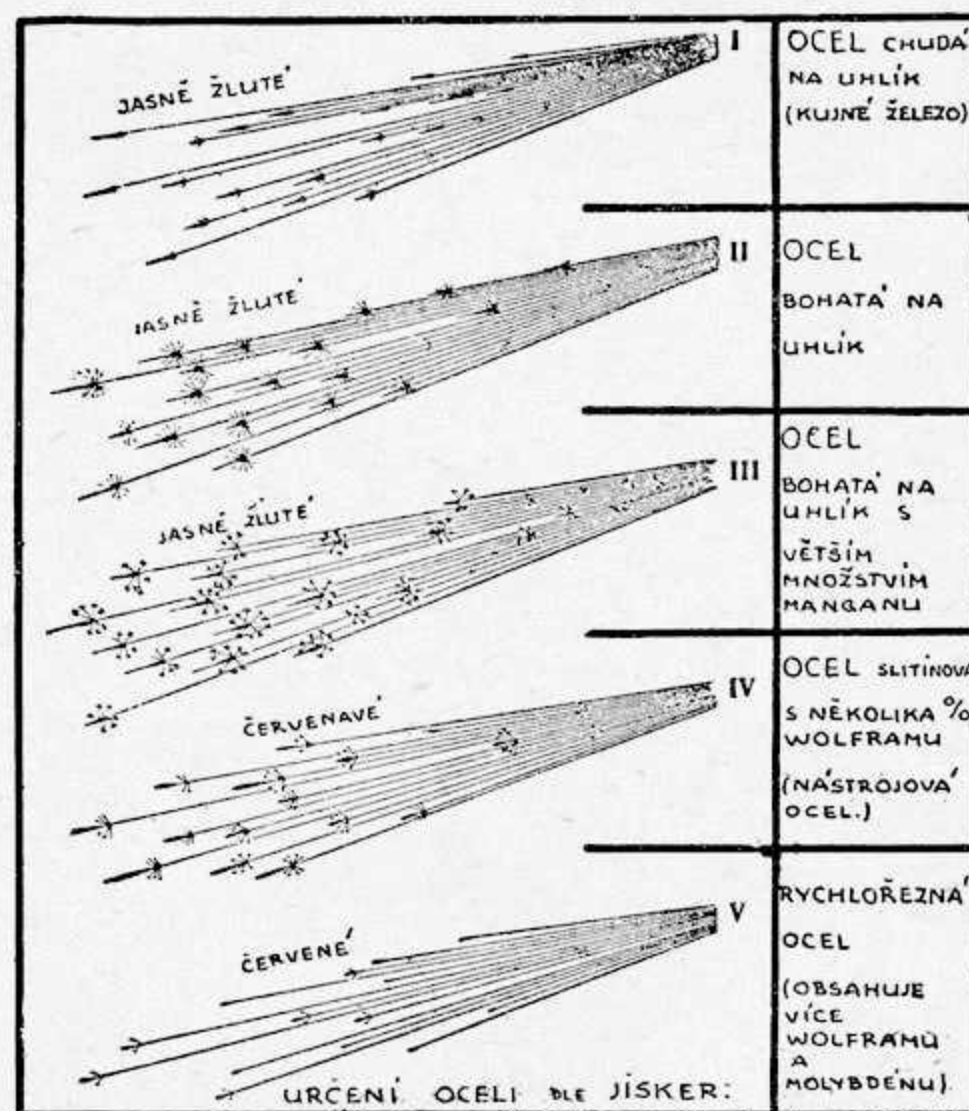
4. Diamanty. O soustružení diamantem promluvíme dále ve zvláštním odstavci. Hodí se zásadně jen pro zvláštní práce (hlazení lehkých slitin, umělých hmot), na nekalenou ocel není vhodný.

54. Jak poznáme materiál nože?

Z praktických zkoušek má pro soustružníka největší význam *jiskrová zkouška*, obr. 390. Zvláště dobře se jí rozezná rychlořezná ocel od uhlíkové. Obyčejná ocel dává žluté jiskry, roztřepané. Rychlořezná dává cihlově červené jiskry. Nejlépe upravit v krabici tyčinky (kousky oceli) ze známých ocelí, třeba zbytky nožů, přesně označené a srovnané. Nyní brousíme na čistém brusku ocel, kterou chceme zjistit současně s tyčinkou a porovnáváme jiskření. Nesouhlasí-li jiskry, vezmeme jinou tyčinku, až je jiskření stejné. Tím jsou i oceli prakticky stejné. Uvedené vzorky tyčinek v dřevěné skřínce by neměly chybět v žádné dílně.

Zkoušení řezivosti (výkonnosti) na soustruhu je velmi obtížné, vyžaduje velkých zkušeností a vědeckých přístrojů. Předvedení nože zástupcem nemá pro dílnu velký význam. Zástupce hutě (dodavatele oceli) si přinese nůž

z oceli, kterou nabízí, dokonale nabroušený a vědecky zakalený, jak to v malé dílně bez měřicích přístrojů nikdo nedokáže. Takový nůž výtečně řeže, ale hlavní zásluhu na tom má kvalita jeho výroby. Mistři a starší dělníci to neradi uznávají, jsou přesvědčeni, že sami udělají stejně dobrý nůž. Není to však možné, vždyť stačí, aby se při odhadu teploty při kalení rychlořezného nože od oka zmýlili o několik stupňů (to se zmýlí každý, vždyť ani pyrometry pro vysoké teploty nebývají přesné) a nůž má hned desetkrát



Obr. 390. Určení oceli podle jiskření.

horší řezivost. Je dobré znát tuto nepříjemnou pravdu a zařídit proto moderně vybavenou kalírnu.

Před více než třiceti lety přišel Taylor, vynálezce rychlořezné oceli, do dílny a vsadil se s nejlepším soustružníkem, jakého tam měli, že za den nadělá dvakrát tolik součástí. Připravil si podivné nože s ohnutými nosy (viz obrázky v I. dílu), jaké nikdo v dílně dosud neviděl a jimž se mistři s třicetiletou praxí smáli. Potom pustil soustruh a snadno dosáhl o 200% většího výkonu než nejlepší soustružník.

Tvrdost nástroje měříme několika způsoby:

1. Podle *Brinella* zamáčknutím ocelové kuličky do povrchu. Příklad značení: Litina má tvrdost 200 HB 10/3000/30.

Znamená to tvrdost 200 čísel Brinella, měřeno kuličkou o průměru 10 mm, tlakem 3000 kg, zatížena 30 vteřin. Měří se pod mikroskopem průměr vytlačeného důlku a z tabulek se k němu přečte tvrdost. Vhodná jen pro měkké materiály.

2. Podle *Rockwella* zamáčknutím malé ocelové kuličky nebo diamantového kuželu. Tvrdost se odečte podle hloubky vytlačeného otisku. Značena číslem a RB (kuličkou) nebo RC (kuželem). Pro měkké i tvrdé materiály.

3. Podle *Vickerse* (dnes nejlepší způsob) zamáčknutím maličkého diamantového jehlanu. Značena číslem a HV, na př. 305 HV; 305 je číslo Vickersovy tvrdosti, určené z délky úhlopříčky vtisku, kterou změříme mikroskopem. Vhodné pro tvrdé materiály, i pro nástroje, protože vtisk je maličký a nevádí vzhledu.

Příklad. Uhlíková ocel o pevnosti v tahu 100 kg/mm² (= velmi pevná) má tvrdosti:

Brinell HB 10/3000/30 = 277.
Rockwell RB ¹/₁₆/100 = 106; RC = 29.
Vickers HV = 279.

U RB bývá někdy udán průměr kuličky (zde ¹/₁₆ palce) a její zatížení při zkoušce (zde 100 kg). Mezi brinellovou tvrdostí a pevností v tahu je pevný vztah: Pevnost v tahu v kg/mm² = 0,35 × (HB 10/3000/30) pro uhlíkovou ocel. Diagram pro porovnání různých stupňů tvrdosti je na obr. 391.

55. Příklady výroby nožů.

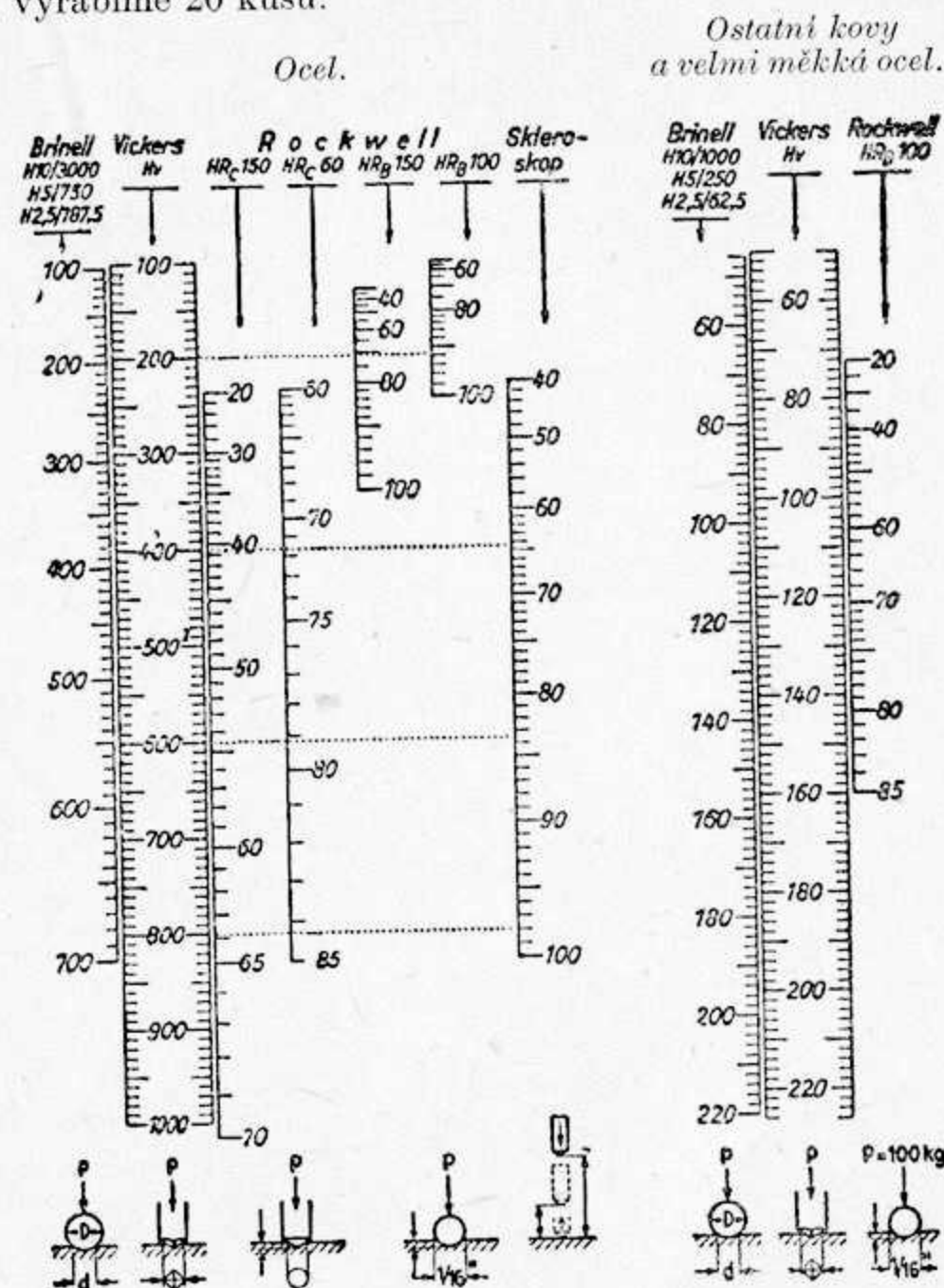
Na několika příkladech bude popsán popis výroby nožů a hlavně jejich tepelné zpracování podle údajů fy Poldina huť, Kladno, a spisu *Nástrojové oceli*, O. Pattermann, 1937. Význam tepelného zpracování (kalení, žihání, popouštění) bývá dosti často soustružníkem podceňován. To je vážná chyba, kaličství je velikým uměním. Většinou ví soustružník o kalení jen málo. Ví, že nesmí ocel spálit, proto ohřívá raději méně (dělá-li si sám nůž). Ví však, že hrubovací nůž z rychlořezné oceli řeže po zakalení tím lépe, čím výše byl zahřát při kalení? Ví, jak dlouho se musí v koksu ohřívát tyčka o průřezu 3 × 3 cm pro kalení na vzduchu? Ví, že rychlořezná ocel je již při ohřátí na 1000°, a zakalení sklovitě tvrdá, ale že má správnou řezivost teprve po kalení při 1250 až 1320°? Ví, že soustružnický nůž z této oceli, kalený při 1000° řeže *stokrát hůře* než týž nůž, kalený při 1300°? Ví, že správným popouštěním při 580° lze řezivost rychlořezného nože zvýšit o 100%, ač tvrdost stoupne jen nepatrně?

O tom všem nemívá soustružník ani potuchy. Je přesvědčen, že zakalil nůž správně, je-li tvrdý a nepraská. Je ovšem jen náhodou, má-li jeden ze sta jeho nástrojů výkon, jaký dává ta ocel při správném zakalení. Není vinou soustružníků, že často kalit neumějí; vždyť se tomu nikde nemohli naučit. Výcvik kaličů zde nemohu probírat, proto aspoň uvádím několik přesných postupů. Bylo zjištěno, že nejméně tři čtvrtiny nožů v našich dílnách jsou špatně zakaleny. Vznikají tím veliké a vážné škody. Proto je radno, aby i soustružník před tepelným zpracováním podrobně prostudoval návod hutí

(dodavatele oceli) a až úzkostlivě pečlivě se jím řídil, neboť každá i malá odchylka stačí ke zničení nože.

1. Nůž k řezání závitů, obr. 392.

Z nástrojové oceli Poldi I zvláště tvrdé, dodané v tyčové oceli 20 × 12, nežíhané; vyrábíme 20 kusů.



Obr. 391. Porovnání různých čísel tvrdosti. Je uvedena též tvrdost skleroskopická; měří se podle výšky, do níž odrazem vyskočí malé závaží, které spadne na zkoušený povrch.

Kování. Konec, na němž bude ostří, dobře vyhřejeme ve výhni z koksu nebo dřevěného uhlí na žlutočervený žár, asi 950° C. Vykoveme ostří rychlými, ne příliš silnými údery. Potom necháme vychladnout v suchém popelu. Ostří přibližně vybrousíme, vyrazíme značku nože.

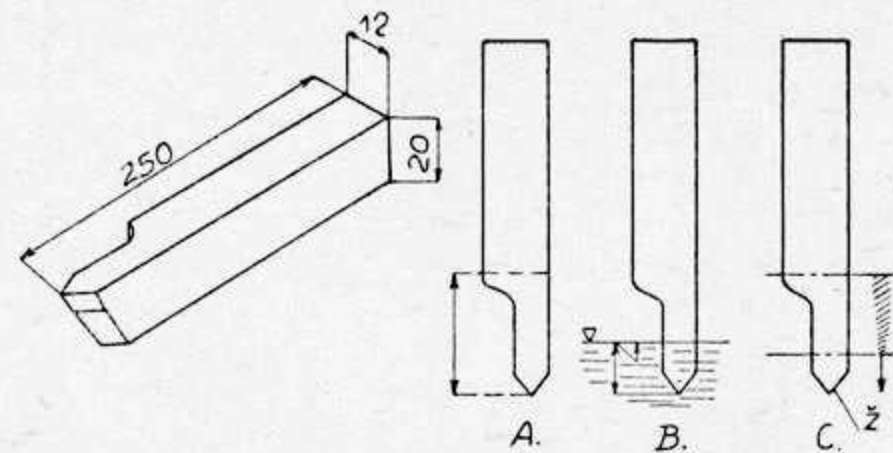
Kalení. Ostří zvolna a dobře prohřejeme v kalicí výhni z koksu nebo dřevěného uhlí podle obr. A na tmavý třešňový žár, asi 760° C (trvá to asi

4 min), pak kalíme ve vlažné vodě nebo ve vlažné slané vodě podle obr. B, až nezakalená část zchladne na tmavočervený žár. Ostří potom rychle osmirkujeme a jakmile naběhne žlutobílá barva, ochladíme nůž zcela ve vodě.

Zkoušení tvrdosti. Dobrý pilník ještě nesmí na ostří zachytit (ulpívat).

Dokončení nože. Vybrousíme ostří na čisto na pískovcovém brusku za silného chlazení vodou, přezkoušíme řezné úhly a je-li třeba, sbrousíme dosedací plochu do roviny.

Časté chyby. 1. Ocel přehřáta ke kování nebo ke kalení. Následky: nože při kalení praskají, mají malou houževnatost, malý výkon. 2. Neopatrné brou-



Obr. 392. A zahřívání; B kalení; C popouštění; ž žlutobílá barva.

šení, na př. nevhodným smirkovým kotoučem nebo při nedostatečném chlazení. Následky: klesá tvrdost, malý výkon.

Poznámka. Ocel Poldi 1 je zvláště tvrdá chromová ocel, ke kalení ve vodě, pro obrábění velmi tvrdých hmot. Zakalená vrstva je 4–5 mm silná. Používá se jí na soustružnické nože, škrabáky, rydla. Protože napouštěním a zahřátím změkne, můžeme jí tvrdé hmoty obrábět jen malou řeznou rychlostí.

2. Nůž s navařenou destičkou z oceli Poldi MK special.

Rychlořezná ocel destičky v tyči 25×8, žíhaná; vyrábíme 10 kusů, obr. 393.

Kování násady. Z tyče o průřezu 30×25 z martinské oceli o pevnosti asi 80 kg/mm² odřízneme kusy dlouhé 25 cm. V plynové kovářské peci jeden konec zahřejeme na žlutočervený žár, asi 1050° C a vykoveme ve tvar A. Násadu označíme číslem a značkou oceli destičky. Po kování chladne na vzduchu.

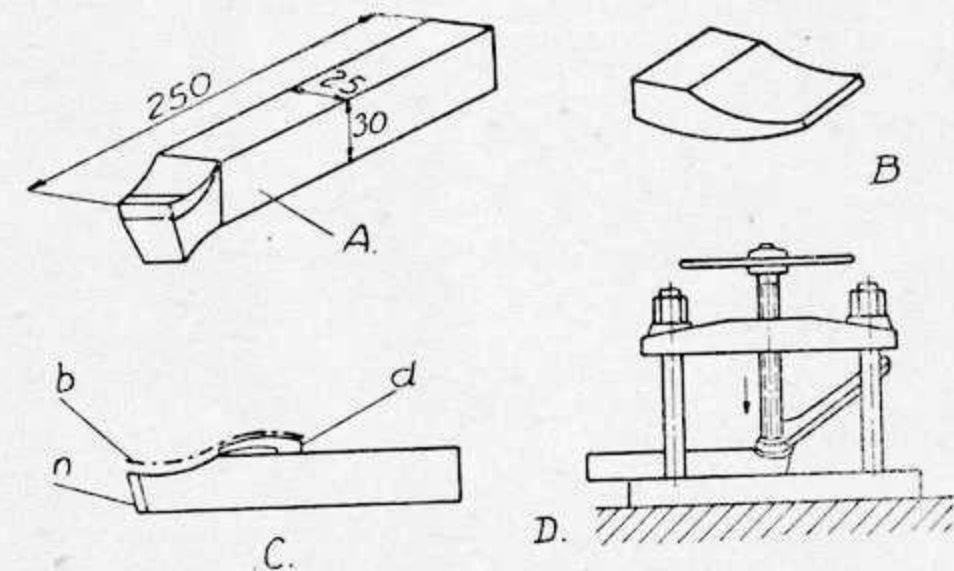
Kování destičky. Jeden konec tyče zvolna dobře prohřejeme v kovářské plynové peci na světle žlutý žár, asi 1200° C a na bucharu vykoveme destičku podle obr. B. Každou destičku jednotlivě slícujeme s násadou a necháme je vychladnout v suchém popelu.

Navaření destičky. Styčné plochy destičky a násady vybrousíme do kového lesku na brusce tvrdosti K, zrno 36. Posypeme je asi 2 mm silnou vrstvou vypáleného práškového boraxu a v předehřívacím prostoru kovářské pece je dobře prohřejeme v poloze obr. C na tmavý žlutočervený žár, asi

900° C. Násadu s destičkou vyjmeme z pece, svařované plochy dobře očistíme drátěným kartáčem, plochu násady posypeme asi 2 mm tlustou vrstvou svařecího prášku a přitiskneme destičku.

Svařecí prášek připravíme takto: 1 kg boraxu (Na₂B₄O₇), 0,2 kg kyselého uhličitanu sodného (NaHCO₃); 0,2 kg sody (Na₂CO₃); 0,2 kg chloridu amonného čili salmiaku (NH₄Cl) společně roztavíme, po vychladnutí rozmělníme na prášek a smísíme s 0,5 kg pilin ze železa, prostých rezu a oleje a 0,25 kg ferosilicia.

Násadu s přitisknutou destičkou vložíme do kovářské pece, vyhřáté na světle žlutý žár, asi 1250° C; asi 4 min dobře prohříváme na tuto teplotu. Při zahřívání vytéká ze spár nejprve černá kaše, později hoří železné piliny



Obr. 393. A nůž; B vykovaná destička; C zahřívání k svaření; D svaření na ručním lisu; na obr. je n násada; b borax; d destička.

jasnými jiskrami. V tom okamžiku je nůž vhodný ke svaru. Vyjmeme je z pece a ručním lisem podle obr. D destičku pevně přitlačíme k násadě. Potom nůž okartáčujeme a necháme vychladnout v popelu.

Žíhání. Ostří v plynové peci zvolna, dobře prohřejeme na třešňový žár, 780–800° (trvá asi 1/2 hod), načež je zahrabeme do suchého popela, aby pomalu chladlo.

Hrubé broušení. Vybrousíme břity brusem tvrdosti K, zrno 36.

Zahřátí pro kalení. V plynové peci na kalení soustružnických nožů. Nejprve v předehřívací komoře břity zvolna předehřejeme na tmavý žlutočervený žár, asi 900° C (trvá asi 6 min); pak je dáme do kalicí komory, vyhřáté na kalicí teplotu asi 1320° (bílý žár), a rychle (asi za 1 1/2 min) zahřejeme.

Zakalení. Ostří nožů ponoříme do oleje a kroužíme jimi, až zcela vychladnou.

Popouštění. Dvakrát po půl hodině v olověné lázni, teplé 590° C. Než je ponoříme do lázně, ohřejeme je nejméně na 300° (naběhnou do červena nebo do modra); po každém popouštění necháme vychladnout na vzduchu.

Broušení na čisto. Přebrousíme ostří v předepsaný tvar, naostříme na hrnečkovém brousicím kotouči tvrdosti J, zrna 46. Řezné úhly měříme šablonkou. Břit obtáhneme na jemném karborundovém brousku, dosedací plochu násady rovně vybrousíme.

Zkouška tvrdosti. Na očištěném místě má mít břit tvrdost 840 až 920 Vickers, nebo 65–66 Rockwell Rc.

Poznámka. Použijeme-li lacinější rychlořezné oceli, nemusíme posypávat boraxem ani žíhat před kalením. Můžeme kalit hned po svaření (pozor na správnou kalicí teplotu). Místo kování můžeme tvar násady a destičky vyfrézovat a vypilovat. Nejčastější chybou při výrobě nožů z rychlořezné oceli je kalení z příliš nízké teploty. Když není nůž po navaření destičky vyžihán, destičky při práci praskají.

3. Miskové nože z oceli Poldi MK, obr. 394.

Tyčová ocel 38 mm průměr, žíhaná; vyráběny 24 kusy.

Opracování. Osoustružíme s přídatkem 1 mm na broušení na každou plochu (kromě výdutí, značené ∇). Na přechodu k násadě poloměrem 6 mm nesmí být rýhy.

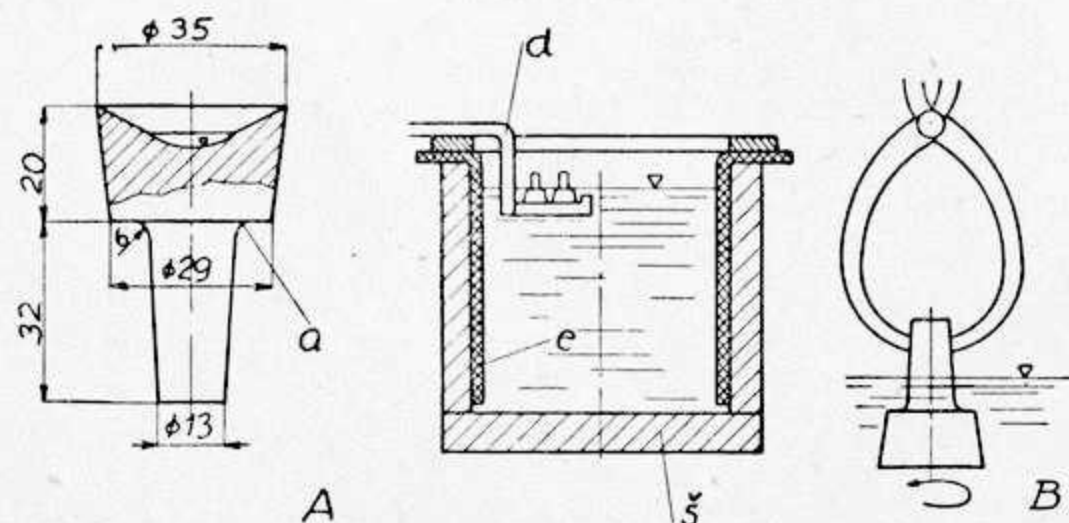
Kalení. Ohřejeme nože na žlutočervený žár, asi 950°, v plynové deskové peci (trvá to asi 15 min). Pak je na rozžhaveném držáku podle obr. A vnoříme na $\frac{3}{4}$ výšky hlavy do solné lázně chloridu barnatého, elektricky vytápěné asi na 1320° C; 1½ min je zahříváme a kalíme do oleje podle obr. B.

Zkoušení tvrdosti. Na dobře osmirkovaném, neoduhličeném místě zakalené části je tvrdost 62,5 Rockwell Rc.

Popouštění. Celé nože popouštíme dvakrát v olověné lázni při 580–590° C; necháme vždy vychladnout na vzduchu. Před popouštěním je zvolna, dobře prohřejeme v plynové peci asi na 500° C. V olověné lázni necháme nože vždy asi 30 min, takže setrvají na popouštěcí teplotě nejméně 20 min.

Zkoušení tvrdosti. Na dobře osmirkovaném místě je tvrdost 64 Rockwell Rc.

Dokončení. Nože obrousíme brusem tvrdosti H, zrna 60. Elektricky napíšeme jejich značku.



Obr. 394. A zahřívání v elektrické solné lázni; B kalení v oleji. Nůž v zaoblení a bez rýh; e elektroda; d držák; š šamot.

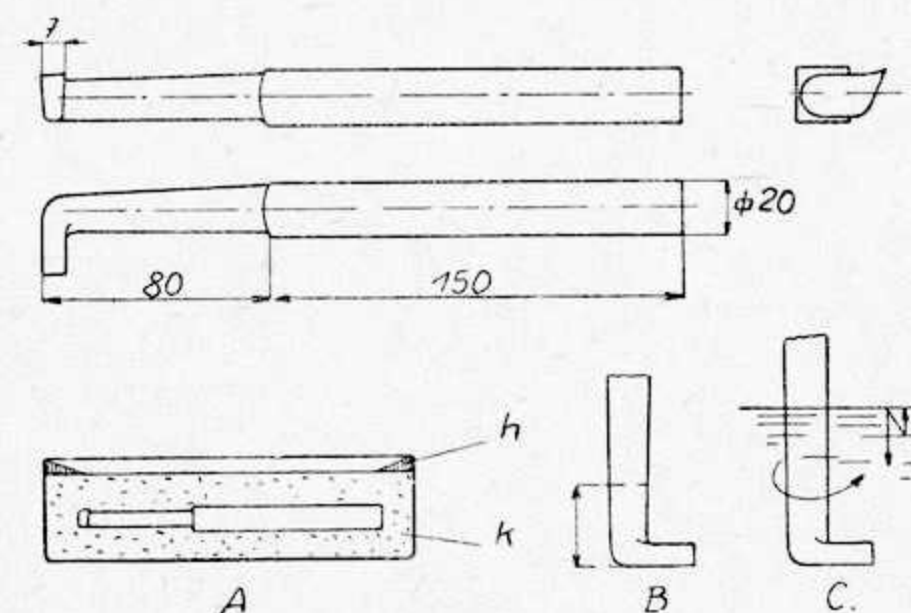
Chyby. Jsou-li nože kaleny z nízké teploty, špatně popouštěny, málo broušeny, mají malý výkon. Jsou-li v zaoblení rýhy, malý poloměr, nebo když je i násada příliš tvrdá, nůž se láme.

4. Nůž k řezání vnitřních plochých závitů, obr. 395.

Z rychlořezné oceli Poldi Maximum Special, dodané v tyčové oceli o průřezu 20×20, žíhané; vyrábíme 10 kusů.

Kování. Z tyče odřízneme za studena kusy, dlouhé asi 230 mm. Jeden konec zvolna, dobře ohřejeme v plynové kovářské peci (nebo v kovářské výhni v koks) na světle žlutý žár, asi 1200° C. Na bucharu nejprve vytáhneme menší čtyřhran, pak srazíme hrany a v zápustce vykoveme do kulata. Konec přihřejeme, vykoveme ostří.

Žíhání. Zabalíme nože do plechové krabice podle obr. A do vypáleného koks; přiložíme víko a utěsníme hlinou. Krabici v mírně teplé deskové peci



Obr. 395. A ochranný obal k žíhání; B zahřívání; C kalení ostří; h hlína; k koks.

zvolna, dobře zahřejeme v celé hmotě na světlý třešňový žár, asi 800–820° C (to trvá přibližně 2 hodiny). Asi 1 hod při této teplotě žíháme, pak krabici zahrabeme do suchého popela, aby nože zvolna vychladly.

Broušení na hrubo. Břity vybrousíme na hrubo brusem tvrdosti K, zrna 36.

Kalení. Ohříváme v plynové peci na kalení soustružnických nožů. Nejprve ve vyhřáté předehřívací komoře břity ohřejeme na tmavý žár, asi 900° C (trvá asi 4 min), pak je dáme do druhé komory, vyhřáté na kalicí teplotu, kde je zahřejeme na bílý žár, asi 1300° C (trvá asi 1 min). Kalíme v oleji podle obr. C; noži kroužíme asi ½ min, pak je v oleji necháme v klidu vychladnout.

Popouštění. V olověné lázni při 570–590° C půl hodiny. Předtím nože nahřejeme asi na 300° (naběhnou do červena až do modra). Necháme je pak vychladnout na vzduchu.

Jemné broušení. Zarovnáme dosedací plochu násady, vybrousíme tvar břitu a ostříme hrnečkovým brusem tvrdosti J, zrna 46. Úhly měříme šablonou, břit obtáhneme karborundovým brouslem.

Zkoušení tvrdosti. Na očištěném místě má břit 840—920 Vickerse nebo tvrdost podle Rockwella 65 Rc.

Chyby. Kováním při nízké teplotě se ocel rozbije; nůž, kalený z nízké teploty, má malý výkon.

5. Hrubovací nůž z tvrdého kovu Poldi diadur B, obr. 396, k obrábění šedé litiny o Brinellově tvrdosti 300. Násada 2,5×2 cm, destičky 20×18×8 mm, vyrábíme 10 kusů.

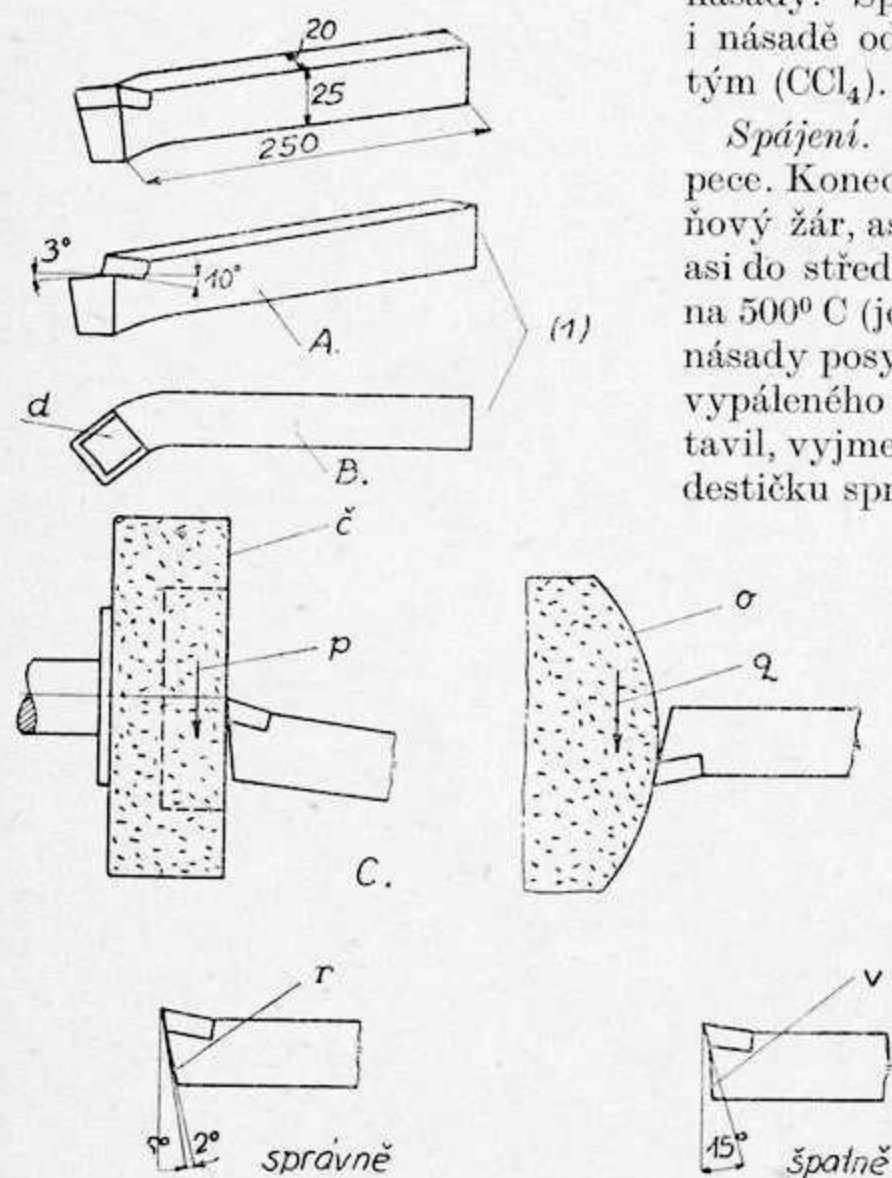
Výroba násady. Z tyče martinské oceli 2,5×2 cm, pevnost asi 90 kg/mm² uřízneme kusy 25 cm dlouhé. Jeden konec ohřejeme v kovářské peci na žlutočervený žár, asi 1050° C a vykoveme na tvar obr. A, B; chladne na vzduchu. Na násadu vyrazíme číslo a značku destičky a vyfrézujeme místo pro destičku (úhel odklonu 10°, úhel našikmení 3°, obr. A).

Přibroušení destičky. Spájecí plochy destičky rovně a čistě vybrousíme speciálním kotoučem (zeleným) pro diadur. Těsně slícujeme s plochami

násady. Spájené plochy na destičce i násadě odmastíme chloridem uhličitým (CCl₄).

Spájení. Použito plynové muflové pece. Konec násady nahřejeme na třesňový žár, asi 800° C; destičku položíme asi do středu násady a nahřejeme ji asi na 500° C (ještě nežhne). Spájecí plochu násady posypeme 3 mm silnou vrstvou vypáleného boraxu. Když se borax roztavil, vyjmeme násadu z pece, nabřátou destičku správně přiložíme na vyfrézované místo, na destičku

položíme odmaštěný měděný plech 25×10×0,8 mm a posypeme 3 mm vrstvou boraxu. Pak břit rychle zahřejeme ve spájecí peci na tmavý žlutý žár, asi 1050—1100° C. Když se měď roztavila, ihned nůž vyjmeme z pece a destičku lehce tlačíme k násadě nahřátým špičatým dlátem, až měď ztuhne. Oškrabeme okraje drátěným kartáčem a zahrabeme nůž do teplého, suchého popela nebo prášku dřevěného uhlí, aby zvolna vychladl.



Obr. 396. Výroba nože. (1) příprava násady; d destička; č čelo miskového kotouče; p proti ostří (dobře); o obvod kotouče; q brousí po ostří (špatně); r násada podbroušena; v dutý výbrus.

Broušení. Korundovým brusem tvrdosti N, zrno 46 obrousíme přečnívající násadu a vytvoříme na ní úhel výchylky 7°. Speciálním brusem na diadur vybrousíme destičku mírným tlakem do kovového lesku, nejprve čelo (vrchní stranu), pak postranní plochy a naposled hřbet s úhlem výchylky 5°. Jemnějším brusem plochy ohladíme. Nůž leží při broušení na podložce, brousíme vždy proti ostří, obr. C. Nejlépe brousíme za mokra, s bohatým a pravidelným přítokem chladicí vody s přísadou sody nebo chromanu draselného. Jemně vybroušený břit obtáhneme speciálním brouskem a špičku v půdorysu zaoblíme poloměrem 1/2 až 1 mm. Úhly měříme šablonou. Lupou prohlédneme hranu, nemá-li rýhy.

Hlazení (lapování). Břity vyhladíme buď diamantovým práškem s olejem na měděném nebo litinovém kotouči, nebo na gumovém kotouči, v němž už je přidán diamantový prášek. Aby se břit nepoškodil, ukládáme každý nůž do lepenkové krabičky nebo zabalíme do látky.

Možné chyby. Je-li materiál násady nevhodný nebo je násada slabá, vznikají při spájení nebo při práci velká napětí a destička může prasknout. Špatně spájená destička se láme. Příliš dlouhým zahřátím se povrch destičky kazí. Chybným broušením vznikají trhliny, v nichž se destička při práci vylamuje.

56. Chromování ostří nástrojů.

Vytvoří se tím tvrdý chromový povlak, mající velkou odolnost proti opotřebení. Stačí pak nůž z levnější oceli, hlavně volené tak, aby se dobře spojovala s vrstvou chromu. Záleží spíše na hustotě vrstvy než na její tloušťce, protože nepatrná vrstva (několik setin mm) sama neřeže, jen zlepšuje hladkost povrchu. Tříška tím lépe klouže, zmenší se ohřívání břitu, které je hlavní příčinou otupení. Nesmíme ovšem ostřením vrstvu chromu odstranit; proto na př. nůž s chromovaným ostřím ostříme jen na hřbetě, aby čelo zůstalo pochromované. Chromují se vrtáčky, pilníky (třísky nelpí mezi zuby). Frézy a tvarové nože nutno znovu chromovat po každém ostření.

Pokusy s chromovaným nožem z rychlořezné oceli 10% W; 1,7% V; 0,6% Mo; 0,8% C, dále z nástrojové oceli 1,2% Cr; 1,1% C. Vrstva chromu 0,01 až 0,05 mm. Zjištěno, že chromované ostří se hodí jen tam, kde teplota nepřestoupí 400°, ač už asi 300° C na břitu nutno považovat za praktické maximum; jinak by nůž nic nevydržel. To je velmi důležité omezení, které často bývá příčinou nezdaru s chromovaným nástrojem. Měrné tlaky třísky jsou až 500 kg/mm². Jen mechanicky nanesená vrstva chromu se jimi lehce drobí a odnáší. Bylo zjištěno, že se smí připustit max. 200 kg/mm². Když chlazením a mazáním snížíme teplotu, trvanlivost nože silně stoupá. U lehkých slitin a umělých hmot má být vrstva na noži co nejsilnější, 0,05 mm, aby při zvýšeném opotřebení nože déle vydržela. Veliký vliv má jakost chromované vrstvy; chrom se s některými slitinami dobře nespojuje, na př. uvedená rychlořezná ocel byla málo vhodná. Dokonalým chromováním se trvanlivost břitu prodlouží 8 až 11krát, v praxi při seriovém provedení asi

2 až 5krát (dá se polepšit zlepšením chlazení). Spotřeba výkonu k obráncení je menší (tlaky na nůž menší), povrch je lepší. U měkkých kovů zabrání chromování nože lepení třísek; u tvrdých a houževnatých se osvědčilo méně, protože pro ně je vrstva chromu málo pevná (křehká).

57. Tvrdé kovy.

V předchozích oddílech byla o nich často zmínka. Nutno pamatovat základní zásadu: Tvrdý kov se hodí jen pro práci na novém, rychlořezném stroji, hlavně k seriovému obrábění lehkých slitin, umělých hmot, ale i výkovků, odlitků. Pro střední všeobecnou strojírnu (větší stroje, staré, jednotlivá práce, obrábějí se různé součásti) se lépe hodí rychlořezné nože.

Je všeobecně známo, že nože z tvrdých kovů reží rychleji než obyčejné, ale často není známo, že je *nutné* rezat jimi větší rychlostí. Řeže-li takový nůž rychlostí 15 m/min, je mnohem horší než rychlořezný (má větší opotřebení na čele i hřbetě a tím i otupení). Asi při 18 m/min je opotřebení na čele nože z rezné slitiny a rychlořezného stejné. Asi při 30 m/min je stejné opotřebení na hřbetě. Asi při 33 m/min dosahuje výkon rychlořezného nože maxima, zatím co nůž na př. z karbidu tantalu dosáhne maxima výkonu při rychlosti 60 m za min. Z toho plyne pro praxi důležité naučení: Nemáte-li rychloběžné stroje, vydrží vám rychlořezné nože déle než nože z tvrdých kovů; nemůžete-li zvýšit rychlosti obrábění, jsou investice za tvrdé kovy neúčinné.

Stejně jako rychlořezný nůž pracuje i nůž z tvrdého kovu hospodárně jen v určitém rozsahu rychlostí; má zde vliv jeho složení i obráběný materiál. Menší rychlost ničí nástroj skoro stejně jako větší rychlost. Kdy tedy má tvrdý kov výhodnější podmínky než rychlořezná ocel?

Vždy tam, kde nůž z rychlořezné oceli málo vydrží; dále když žádáme čistotu a přesnost, na níž ocel nestačí, a nemůžeme součást brousit. Konečně při zvyšování výkonnosti. Nůž s tvrdým kovem může sice rezat jen asi stejné průřezy třísek jako rychlořezná ocel, avšak mnohem vyšší rychlostí. Ve všech uvedených případech nutno mít pro tvrdý kov vhodné stroje a zařízení k ostření. Už z toho plyne, že ve špatně zařízené dílně, na starých strojích u malého živnostníka nebudou tvrdé kovy výhodné; proto také převážná většina nožů je i dnes ve všeobecných strojárnách a menších dílnách z rychlořezné oceli (podle šetření přes 95%).

Dříve než se mistr rozhodne, že bude používat tvrdých kovů, musí se podívat, jaké má soustruhy. Nutno uvážit, zda je stroj vhodný pro velké zvýšení rychlosti a jak vlastně mu dáme vyšší otáčky. Kdo to vše předem nepřipraví a neupraví stroj, na starý soustruh s vůlí v ložisku vřetene a v sáních upne místo obvyklého nože nůž s břitem z tvrdého kovu, je výsledkem najisto zklamán, protože břit se mu za chvíli vyštípne. Hlavní výhodou tvrdých kovů je, že režou třísku asi jako rychlořezné, ale mnohem větší rychlostí. Proto musí být především v pořádku soustruh.

Základní vlastností tvrdého kovu je opravdu tvrdost, blíže se diamantu; měřena stupnicí Rockwell A (diamantový hrot 120^o, 60 kg tlak) je tvrdost

98 pro kovy s malým obsahem kobaltu a 89 při větším obsahu Co; odpovídá to číslu 82 a 75 na stupnici Rockwell C. Abychom chránili hrot diamantu, měříme stupnicí A. K určení vlastností tvrdost nestačí; nutno znát i složení. Nejtvrdší kovy mají nejméně Co, jsou nejkřehčí. Protože je nástroj namáhán i rázy, musí mít značné množství Co, aby se nelámal.

Rychlořezná ocel, kterou vymyslel Taylor asi r. 1900, připouštěla na oceli o pevnosti 50 kg/mm² rezné rychlosti asi 20–25 m/min (zatím co dosavadní nástrojové oceli snášely nejvýš 6–8 m/min). Dnešní tvrdé kovy s wolframem a titanem snášejí na téže oceli rychlosti 200–300 m/min, tedy asi 30 až 40krát větší než nástrojová ocel. Už z toho vidíme, že se jimi může pracovat jen na nových, rychloběžných strojích, nehodí se pro pomalé staré soustruhy.

Rozdělení tvrdých kovů. Jsou to buď karbidy jen wolframu, nebo wolframu a jiných kovů. Karbidy titanu a tantalu mnohem lépe vzdorují opotřebení třením třísky než karbidy wolframu (v nichž se záhy třískou vydře žlábek na destičce a proto se karbidy W nehodí k obrábění oceli). Karbidy tantalu, silně rozšířené v USA, se dobře hodí na obrábění oceli i litiny. Karbid boru je tvrdší než karbid W, je však na nástroje příliš křehký. Dělají se z něho na př. pískovací zrnka (na ošlehání povrchu).

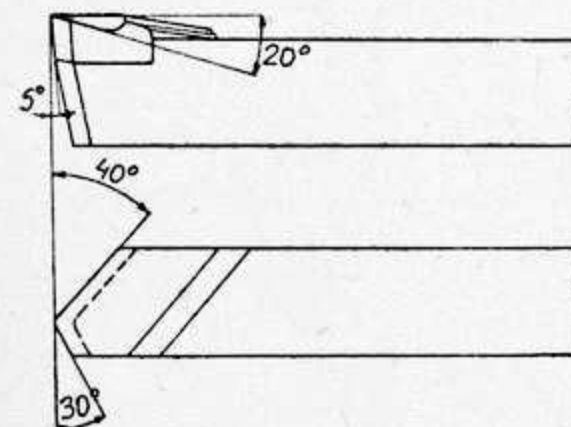
Zhruba můžeme nástrojové karbidy dělit na čtyři skupiny: Prvé tři určeny na obrábění oceli (ač se mohou použít i na jiné práce); prvou jsou velmi tvrdé karbidy, silně vzdorující zahřátí, avšak křehké a málo vzdorující tření třísky. Hodí se tedy pro veliké rychlosti, malý posuv, na tvrdé kovy, tedy jako hladicí (dokončující) operace.

Druhou skupinu tvoří měkké karbidy, tedy také méně křehké, lépe vzdorující otírání, tedy vhodné pro menší rychlosti a větší posuvy.

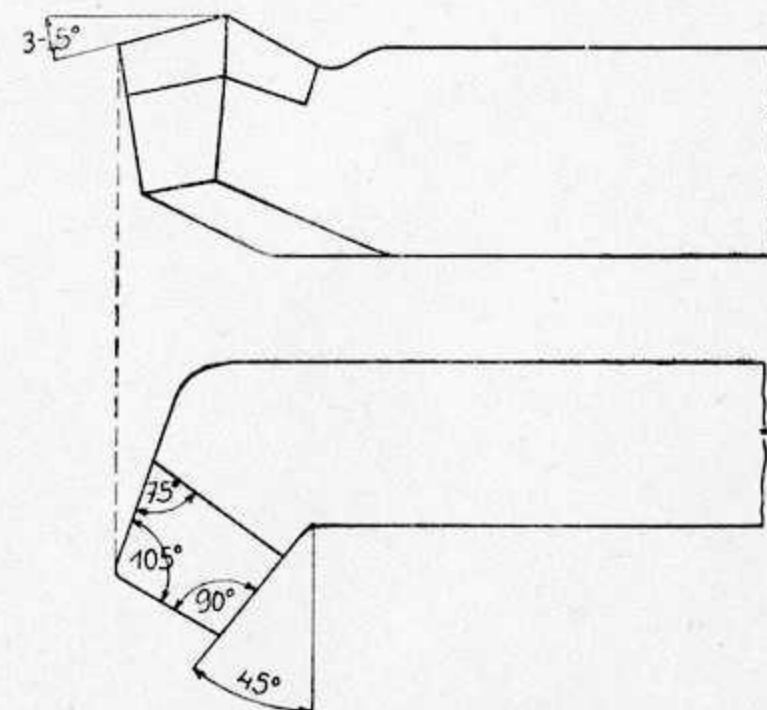
Třetí skupinu tvoří ještě měkké karbidy, vhodné pro třísky velkých průřezů poměrně malou rychlostí (ač je mnohem vyšší, než u rychlořezných ocelí).

Čtvrtou skupinu tvoří karbidy, určené na obrábění litiny, bronzu, mosazi, hliníku a lehkých slitin, umělých a izolačních hmot.

Držák, na který kov připá-



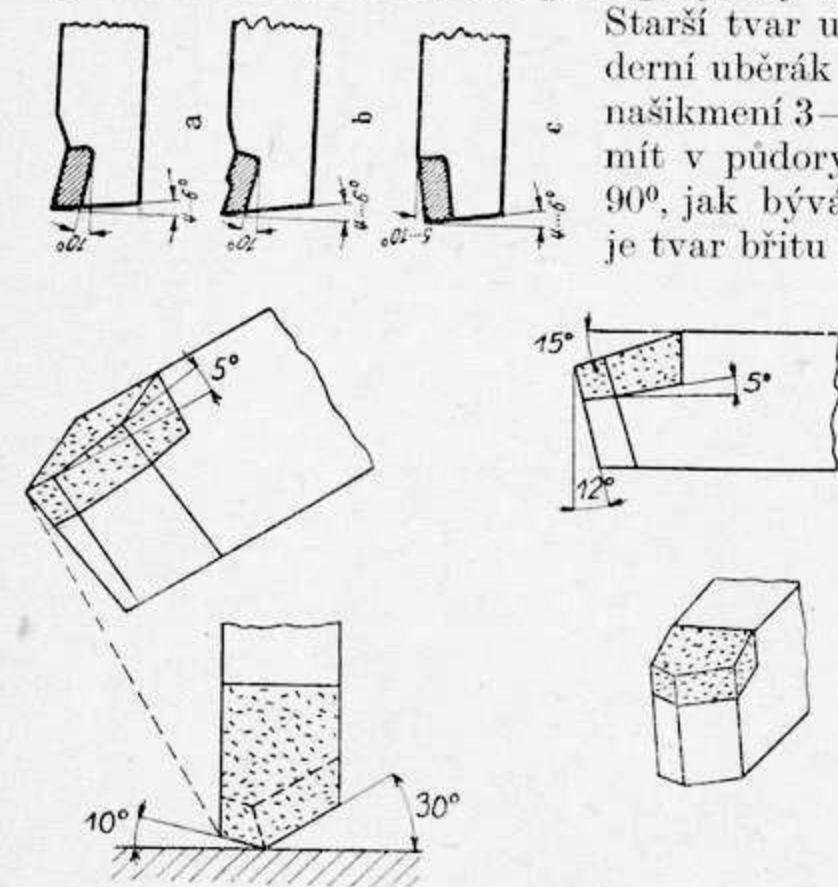
Obr. 397. Starší tvar nože.



Obr. 398. Silný uběrák.

jíme, má být dostatečně tuhý, protože destička z tvrdého kovu nesnáší ohyb. Silnější držák lépe odvádí teplo. Dobře se hodí ocel s 0,6 až 0,7% uhlíku (střední), na níž dobře drží pájka. Můžeme však také vzít Cr-Ni ocel (stačí pak slabší průřez). Zvláště na frézy, výstružníky s ostrím z tvrdého kovu volíme obyčejně i na držáky lepší oceli.

Lůžko pro destičku je ofrézované, jemně pilované (neleštit!), někdy i zaškrabané, aby destička (velká nebo zvláště maličká) dobře dosedala. V předchozím byl už uveden postup výroby nože s břitem z tvrdého kovu.



Starší tvar uběráku je na obr. 397, moderní uběrák na obr. 398. Břit má kladné našikmení 3–5°. Aby se roh nelámал, má mít v půdorysu úhel špičky asi 105° (ne 90°, jak bývá často zvykem). Na obr. 399 je tvar břitu pro soustružení kalené oceli

a vedle je a) břit na Cr-Ni-ocel a litinu do 250 Brinella, b) břit s lamáčem třísek, lepší než a); c) břit na kalenou ocel, sklo, porcelán.

Nejvhodnější úhly na břitech nožů z tvrdých kovů volíme asi z další tabulky (nejlépe, když si vyžádáme návod od dodavatele tvrdého kovu); udán úhel hřbetu, t. j. výchylky, a v závorce úhel břitu pro různé materiály.

Obr. 399. Připájená destička na břitu.

Ocel do pevnosti 65 kg/mm ²	6° (60–65°)
Ocel o pevnosti 65 až 145 kg/mm ²	5° (65–74°)
Litá ocel o pevnosti 50 až 100 kg/mm ²	5° (68–78°)
Nerezavějící oceli	5° (65–74°)
Tvrdá ocel s 12% manganu	4° (80–84°)
Tvrdá litina	4° (82–86°)
Obyčejná litina do tvrdosti 200 Brinella	5° (74–80°)
Litina o tvrdosti 200 až 400 Brinella	4° (74–80°)
Bronzy, mosazi a podobné slitiny	6° (65–75°)
Lehké slitiny	8° (60–55°)

Poznámky k připájení destičky. Po slícování s držákem opláchneme držák v benzínu, aby se odmastil. Spájíme buď mědí nebo mosazí, stříbrem (u malých). Nejspolehlivější je měď (má přiměřeně vysoký bod tání), lehceji tavitelné pájky se mohou při práci vysokým ohřátím roztavit. Žár k spojení, obyč. z pece na plyn, olej nebo elektrické. U stříbra, které taje při 700°, stačí

spájecí lampa. Destičku nesmíme nikdy přehřát přes 1200°. V plynové peci vytvoříme přebytek plynu, aby se zamezila oxydace. Přímý plamen nemá na nástroj šlehat. V elektrické peci musí být destička stále pokryta boraxem. Po ztuhnutí pájky je nejlépe zastrčit konec s destičkou do práškového uhlíku (z elektrod), aby tam vychladl.

Poznámky k broušení tvrdého kovu. Dosud není spolehlivě určeno, jak máme tvrdé kovy nejlépe ostřit. Přichází se stále na nové poznatky, které opravují starší údaje. Ukázalo se na př., že nejlepších výsledků dosáhneme, když se brus točí obvodovou rychlostí jen 8–10 m/vteřinu (ne 25–30 m/vteř., jak bývá udáváno). Při veliké rychlosti i nejlepší kotouč hází a jeho nárazy poškozují jemné ostří. Při menší rychlosti (do 10 m/sec) můžeme ostřit za sucha (dobře na práci vidíme). Také chladicí vody má být jen přiměřené množství.

Na tvrdé kovy bývají dodávány zvláštní brusné kotouče. Není dosud spolehlivě určeno, má-li se ostřit strojně nebo ručně; brousíme ručně.

U tvrdého kovu nutno rozlišovat první ostření nového nože a další ostření otupeného nebo vyštípnutého břitu. U nového nože ubíráme nepatrnou vrstvu, u vyštípnutého břitu nutno často ubrousit několik mm. Tvrdý kov je velmi citlivý na náhlá ohřátí; vznikají tím trhlinky a vnitřní napětí. Vznik trhlínek brusič včas pozná, vnitřní napětí však nepozná a projeví se teprve při práci ulomením ostří. Lom je hladký (podle toho se rozezná jeho příčina). Často bývá vina za zničený nástroj kladena na soustružníka, zatím však to zavini už brusič nože.

Tvrdé kovy se dají dobře brousit kotouči z karbidu křemíku, *mírným tlakem*; větším přitlačením se ničí kotouč, otupí se, ohřívá destičku a tím ničí i nůž. Nejlépe vyhovují velké brusy, které jsou na obvodě chlazené vodou. Pro nože o násadě v průřezu 30×30 až 40×40 mm má mít brus průměr nejméně půl metru. Brus průměru 250 mm koná při potřebné obvodové rychlosti 25 m za sec asi 1900 ot/min, zatím co u brusu o průměru 600 mm stačí 800 otáček za min. Čím vyšší rychlost, tím přesnější musí být stroj, aby měl klidný chod. Proto právě se vysoké otáčky brusů nehodí pro broušení tvrdých kovů, brus musí být dost veliký. Hrnečkové brusy se nedají dokonale srovnat a vyvážit, proto jich co možná nepoužíváme.

Brousíme za sucha nebo s chlazením; za sucha velmi opatrně, aby se destička příliš neohřála; proto je to příliš pomalé. Proto volíme raději ostření za mokra. Četné stroje na ostření nožů zde nejsou vhodně zařízeny; čerpají úzký proud studené vody pod tlakem, což je špatné. Dělník je postříkán a nevydrží rukama celý den v proudu chladné vody (proto zavírá vodu v malý pramének, chlazení špatné). Voda má proudit shora na nůž širokým průřezem bez tlaku, ohřátá asi na 25°C. Brusič potřebuje ochranný gumový oděv.

Násada se obrousí obyčejným korundovým brusem (zrno 30, tvrdost O) o průměru asi 1/2 metru; dobře chlazená vodou. Trochu při práci kýváme koncem nahoru a dolů, zvýší se tím výkon a sníží ohřívání proti nehybnému přitlačení k brusu.

K ostření břitů (čelo i hřbet) je třeba obvykle tři kotouče z karbidu křemíku (na hrubo, dva na čisto). Při prvním broušení na čisto má brus zrno 80–100; potom ostří hlazeno zrnem 180–240, tvrdost H až J a vytvořen zábrít 0,5–1 mm (fasetka). Místo posledního ostření se používá též ručního obtážení kamínkem z karbidu křemíku zrno 400. K broušení tvrdého kovu na hrubo se hodí zrno 46 J.

Lapování ostří po broušení je stejně důležité jako třeba obtahování břitvy řemenem. Podle nortonské stupnice brousíme tvrdý kov nejprve zrnem 60–70, tvrdost G až J, pak na čisto zrnem 100–210, tvrdost I až L; pak lapujeme (hladíme) diamantovým práškem. Vybroušené ostří nesmí mít jehlu. Nebude-li hlazeno diamantovým práškem, obtáhneme je speciálním karborundovým brouškem s kapkou oleje. Lupou zjistíme, je-li hladké, bez vroubků. Vždy hledíme ostří po broušení vyhladit (někdy ještě po hlazení srážíme jehlu).

Hladí se na kotoučích z mědi nebo zvláště husté šedé litiny. Kotouče potřeme kaší z diamantového prachu a oleje v tenké vrstvě. Někdy bývá použito bakelitových nebo gumových kotoučů, do jejichž hmoty už je diamantový prach přidán. Hladí se nepatrným tlakem, velmi vysokými otáčkami kotouče. Obvykle není třeba hladit celé plochy ostří, stačí vyhladit úzký zábrít (fasetku) s úhlem břitu.

58. Soustružení diamanty.

Ročně se vytěží asi 16000 kg diamantů; z toho přes 90% je méněcenných a spotřebují se na průmyslové výrobky. Krystaly, zvané borts, jsou vhodné na nože; také se melou na prach do speciálních brousících kotoučů. Na řezné nástroje se hodí druh, zvaný carbonado (černý diamant), jemně pórovitá hmota vzájemně prorostlých, malých krystalů. Uměle zušlechtný diamant se jmenuje karbonit.

Bylo vyzkoušeno, že se dá diamantovým břitkem hospodárně hladit (obrábět na čisto) u lehkých slitin hliníku, též bronzy, mosaz, litina, tvrdá guma, papírovina a umělé hmoty. Na nekalenou ocel se diamantový břit nehodí. Nahradí tedy břit z tvrdého kovu tam, kde by se nůž příliš otíral.

Porovnáním ceny je rychlořezná ocel: tvrdý kov: diamant jako 1 : 5 : 150.

Porovnáním přípustných řezných rychlostí je to 1 : 6 : 10.

Podmínky, jež nutno splnit, aby se mohlo soustružit diamantem: Nástroj musí být chráněn před nárazy; musí být přesně nastaven (třeba pod lupou) do vhodné polohy. Soustruh musí běžet bez chvění, bez vůle ve vřetenu. Mažeme řídkým olejem nebo petrolejem. Zabíráme do řezu až když je součást roztočena na plnou rychlost; při zastavení nejprve vypneme posuv, pak teprv zastavíme součást.

Bylo zjištěno, že příliš maličký posuv při soustružení diamantem škodí a dává horší plochy; stejně škodí i zbytečně vysoká rychlost.

Protože se ubírá malá tříška, působí na břit i nepatrné síly a můžeme beze všeho soustružit nebo vrtat diamantem i přerušované povrchy (s otvory,

drážkami a pod.). Zvláště se osvědčily diamantové nože na zapichování drážek pro pístní kroužky do motorových pístů.

Příklady použití. Při soustružení hliníkové slitiny vydržel břit z diamantu 400 hodin práce bez ostření.

Při soustružení válců psacích strojů z gumy vydržel diamantový nůž 6 měs.

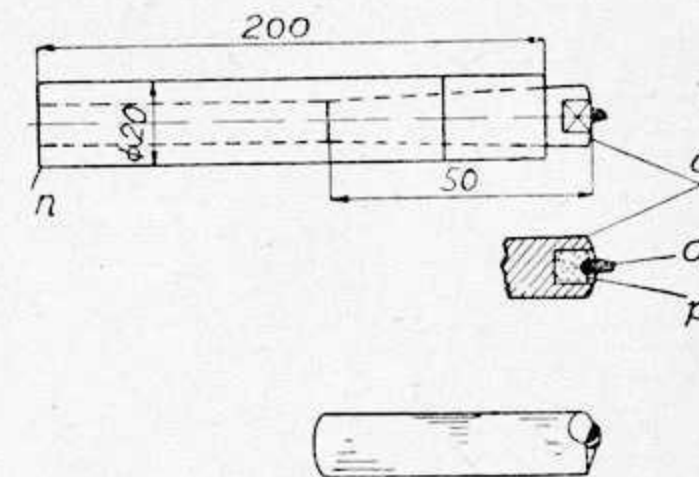
Bronzové pánve, soustružené diamantem, měly povrch mnohem lepší než vystružené nebo zaškrabané. Má to veliký význam v seriové výrobě. Hlavy v automobilních ojnících, vytáčené diamantem, měly stále stejný průměr a břit se neotupil ani po několika desítkách tisíc kusů.

Uložení diamantu. Krystal je upevněn v držáku na př. podle obr. 400. Vyčnívá ho asi $\frac{1}{3}$. Místo zalití pájkou bývá někdy jen zatemován.

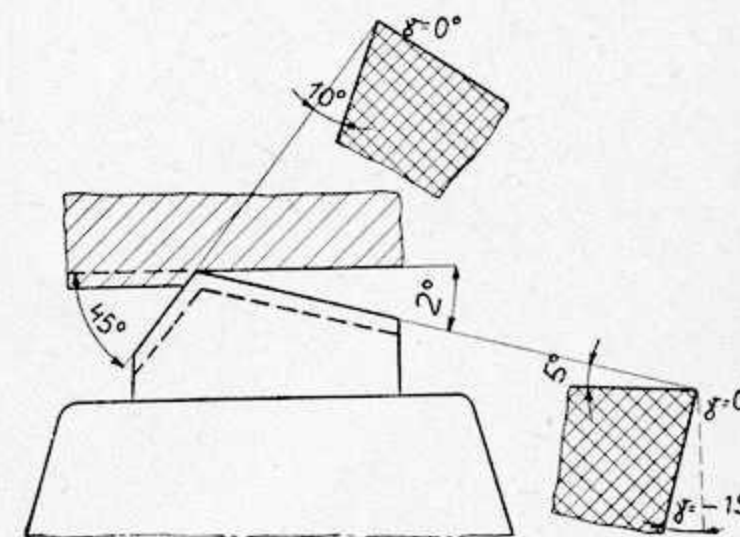
Řezné rychlosti. Na diamantovém noži se nedělá nastavené ostří ani při malé rychlosti. Máme řezat vždy rychlostí nejméně 100 m/min, obvykle volíme 200–600 m/min. Je tedy na soustružení diamantem nutný speciální moderní soustruh.

Velikost třísky. Řezeme jen strojním posuvem. U kovů je hloubka záběru menší než 0,3 mm; u izolacních hmot nejvýše 1 mm. Posuv 0,02 až 0,1 mm na otáčku. Diamant jen dokončí plochu, která už byla obrobena nožem z rychlořezné oceli nebo tvrdého kovu.

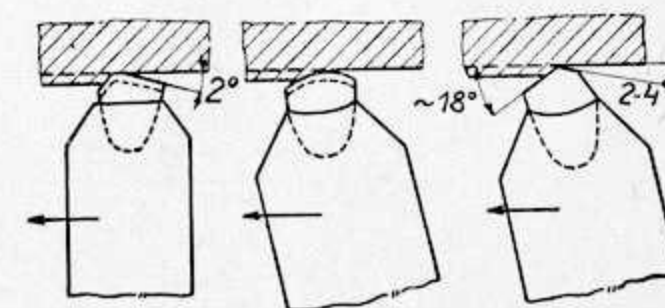
Úhly na ostří. Břit musí být co nejsilnější, aby se nevyštípl. Úhel vychylky na hlavním ostří podle obr. 401 má být asi 10° , na vedlejším ostří stačí menší, $5-8^\circ$. Úhel břitu je u hliníku a gumy 70 až 85° , u mosazi až 95° . Úhel odklonu třísky $\gamma = 0$ (u hliníku a gumy) až záporný -15° u mosazi a kalené oceli. Úhel nastavení $30-60^\circ$.



Obr. 400. Diamant v držáku. n násada; d diamant; a držák; p stříbrná pájka.

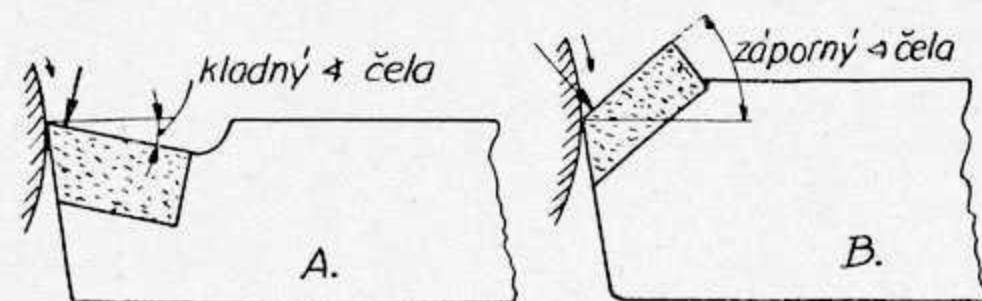


Obr. 401. Břit diamantu.

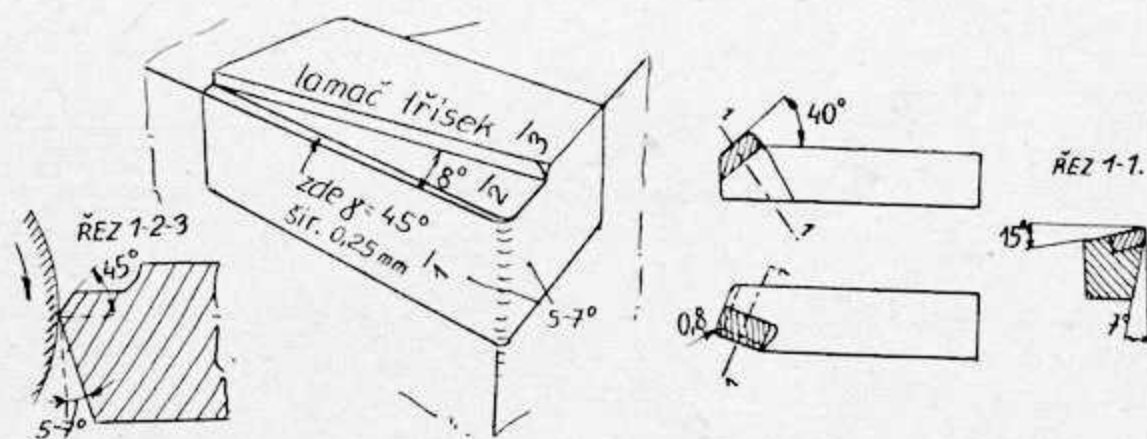


Obr. 402. Soustružnické diamanty.

Tvar ostří diamantu. Zavedeny tři druhy ostří, obr. 402, rovné, oblé a lomené (zváno též fasetkové). Nejlepší povrch dává ostří rovné. Hůře se brousí, zato však se snadněji nastaví do správné polohy pro řez. Lomené ostří je nejhorší. Nastavení rovného ostří, aby se od materiálu skutečně odklánělo v maličkém úhlu 2° podle obrázku, je velmi obtížné, protože krátká hrana se i pod lupou těžko nařídí správně. Výrobci diamantových nožů dodávají proto s každým nožem plechovou šablonu, která má na konci tvar přesně stejný jako břit diamantu. Šablona se navlékne na držák, nařídí se



Obr. 403.



Obr. 404.

podle ní úhel nastavení nože, pak se šablona sejme a držák s nožem je ve správné poloze.

Výškové nastavení břitu. Řezací hrana diamantu nesmí být nikdy pod osou; je buď přesně v ose součásti, nebo nad osou asi o setinu průměru.

Broušení diamantových nožů se provádí na litinových kotoučích, do nichž je zavalcován diamantový prach, za silného chlazení. Protože nutno brousit podle struktury (štěpných ploch) krystalu, je lépe posílat nože k odbornému naostření dodavateli.

59. Záporný úhel čela nože.

Normální soustružnický nůž má kladný úhel čela, obr. 403-A. Jako významná novinka je asi od r. 1943 doporučován i záporný úhel čela, obr. B, pod anglickým názvem „negative rake“, (čti negativ rejek, záporný čelní úhel). Byl vyzkoušen při obrábění tvrdých hmot velkou rychlostí. Malých záporných úhlů čela se u nás používalo už dávno k obrábění tvrdých kovů (viz obr. 399), ale typický moderní nůž se záporným úhlem na př. 40°, obr. 404, je novinkou. Zásadní výhody záporných úhlů jsou:

1. Tlak třísky není zachycován hranou břitu, nýbrž širším čelem nože.
2. Nepříznivé namáhání břitu na ohyb se změnilo v příznivé namáhání na tlak, které tvrdý kov břitu výborně snáší.
3. Nosný průřez násady, tedy i pevnost nože rostou.
4. Teplo, vznikající při řezání, se soustředí hlavně do třísky, která odbíhá žhavá (u litiny i jiskří a hoří jako při sváření).

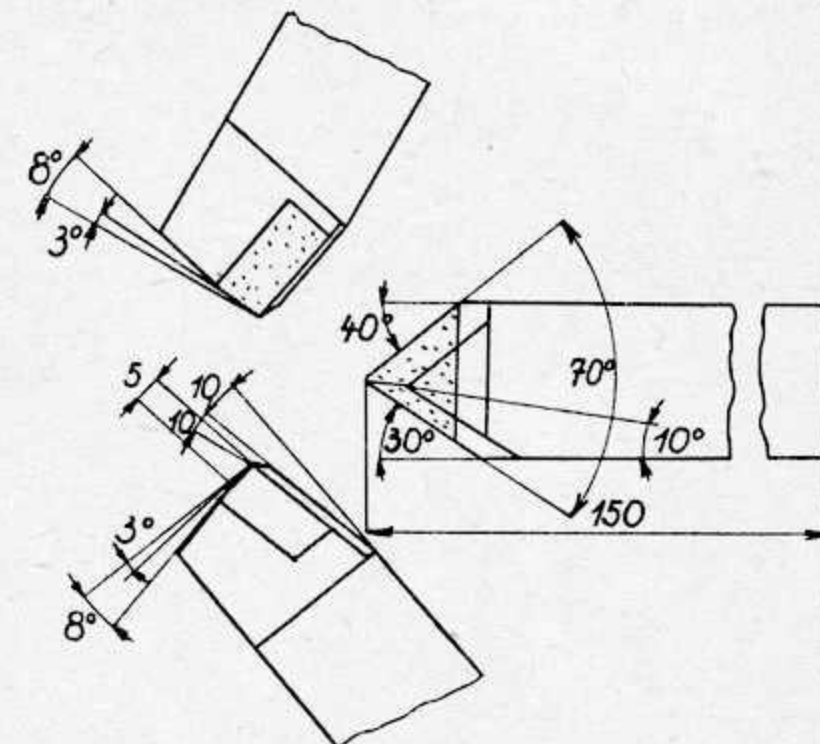
Na první pohled se zdá, že nůž se záporným čelním úhlem bude řezat špatně, dokonce se divíme, že nůž obr. 403-B vůbec řezá. Zdálo by se, že spotřebuje obrovský tlak a silně se odře. Je to pravda jen pokud se řezá pomalu. Při velké rychlosti tříška žárem změkne a odděluje se docela dobře, vzniká tenká tříška, rychle odbíhající pryč. Při malé rychlosti a stejné hloubce záběru se tvoří tlustá tříška, pomalu odcházející.

Nožem se záporným úhlem se dá řezat na obyčejném rychloběžném stroji, hlavně při hrubování, hodí se však i na hlazení a zvláště se osvědčil při soustružení přerušovaných ploch a nerovných povrchů s okujemi, tvrdou kúrou. Práce je při použití tvrdého kovu se záporným čelním úhlem skončena asi za poloviční čas proti rychlořeznému nástroji s normálními kladnými úhly. Spotřebuje se asi 2,5krát větší výkon, ale stroj není více zatížen, protože se pracuje většími rychlostmi (zvětšením rychlosti klesá síla, tedy i tlak na nůž, výkon = síla × rychlost).

Rychlost můžeme pro záporný čelní úhel zvětšit velmi značně (snese-li to ovšem stroj), na př. pro ocel na 160 m za min proti normálním 30 m za min (čili rychlost zvyšujeme asi pětkrát). Většinu tepla odvádí tříška, soustružený předmět i nůž se zahřívají jen málo. Použijeme-li přece jen chlazení, řídíme proud kapaliny od spodu nebo ze strany, aby nenarážel na tříšku. Většinou však soustružíme za sucha, tvrdý kov břitu snáší vysoké teploty.

Kalená chromomolybdenová ocel byla soustružena rychlostí 120 m/min, nekalená nebo vyhřátá slitinová ocel rychlostí 120 až 250 m za minutu, litina běžně rychlostí 70 m za min. To na př. značí, že hřídel z chromoniklové oceli, průměru 6 cm, byl nožem s břitkem z tvrdého kovu se záporným čelním úhlem soustružen řeznou rychlostí $v = 250$ m/min, čili otáčkami

$$n = v/\pi d = 250 : (3,14 \cdot 0,06) = 1330 \text{ ot za min.}$$



Obr. 405.

Stačí porovnat s běžnou prací, kdy soustružíme průměr 6 cm několika sty otáček, abychom pochopili veliké výhody záporného úhlu čela. Celý tento objev je však dosud příliš nový, vyžaduje důkladného prozkoušení v praxi. Zatím se zdá, že pro některé práce je výhodný, všeobecně se však zavádět nemůže.

K hlazení velkých odlitek s otvory, tedy pro přerušovaný řez, bylo s úspěchem použito nože obr. 405. Řezal rychlostí 200 m za min. posuvem 0,64 mm za otáčku při hloubce záběru 9,5 mm.

Pro dlouhé obrábění se lépe hodí držáky s mechanicky upínaným břitem, obr. 406. Ušetří se tím na počtu držáků i na čase k ostření. Destička tvrdého

kovu je broušena do obdélníku, všechny čtyři rohy stejně. Po otupení jednoho rohu se obrátí (je to možné třikrát). Na povrchové brusce se dá ostřit vždy několik destiček najednou.

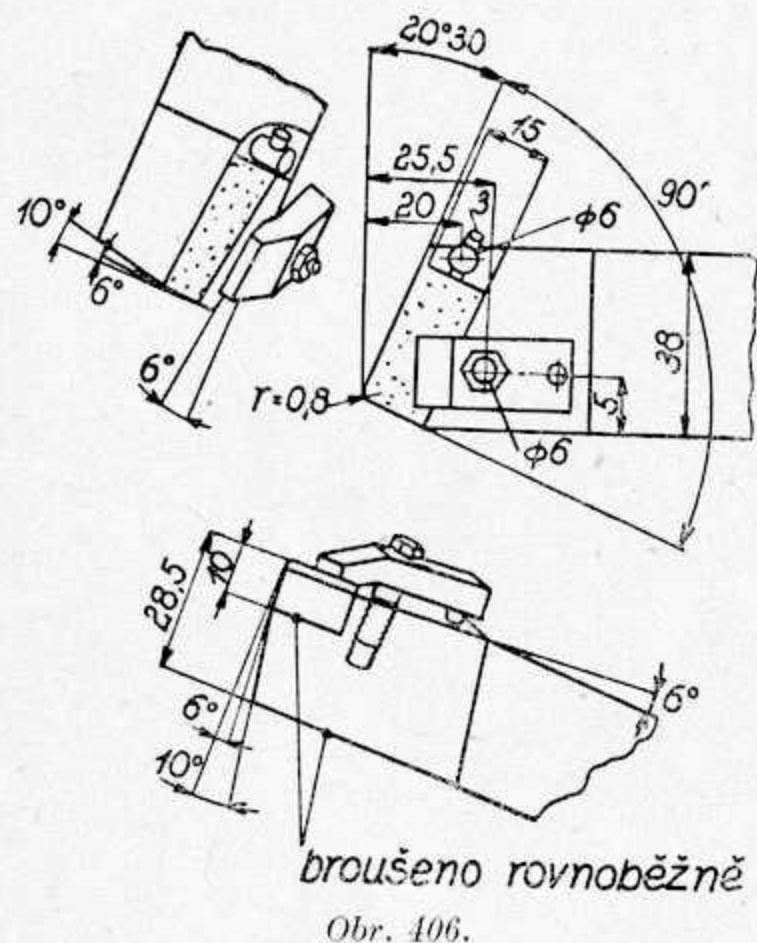
60. Zvláštní konstrukce nožů.

Tak jako celá technika nezůstává stát, stále se zlepšuje a vyvíjí, tak se mění i soustružnictví. Vznikají nové stroje nevídaných tvarů i rozměrů (se svislou osou, poloautomat, pracující 150 noži najednou a j.), ale i nové nástroje a pracovní techniky. Obsáhlými zkouškami bylo zjištěno, že dokonalým vyleštěním a vyhlazením (t. zv.

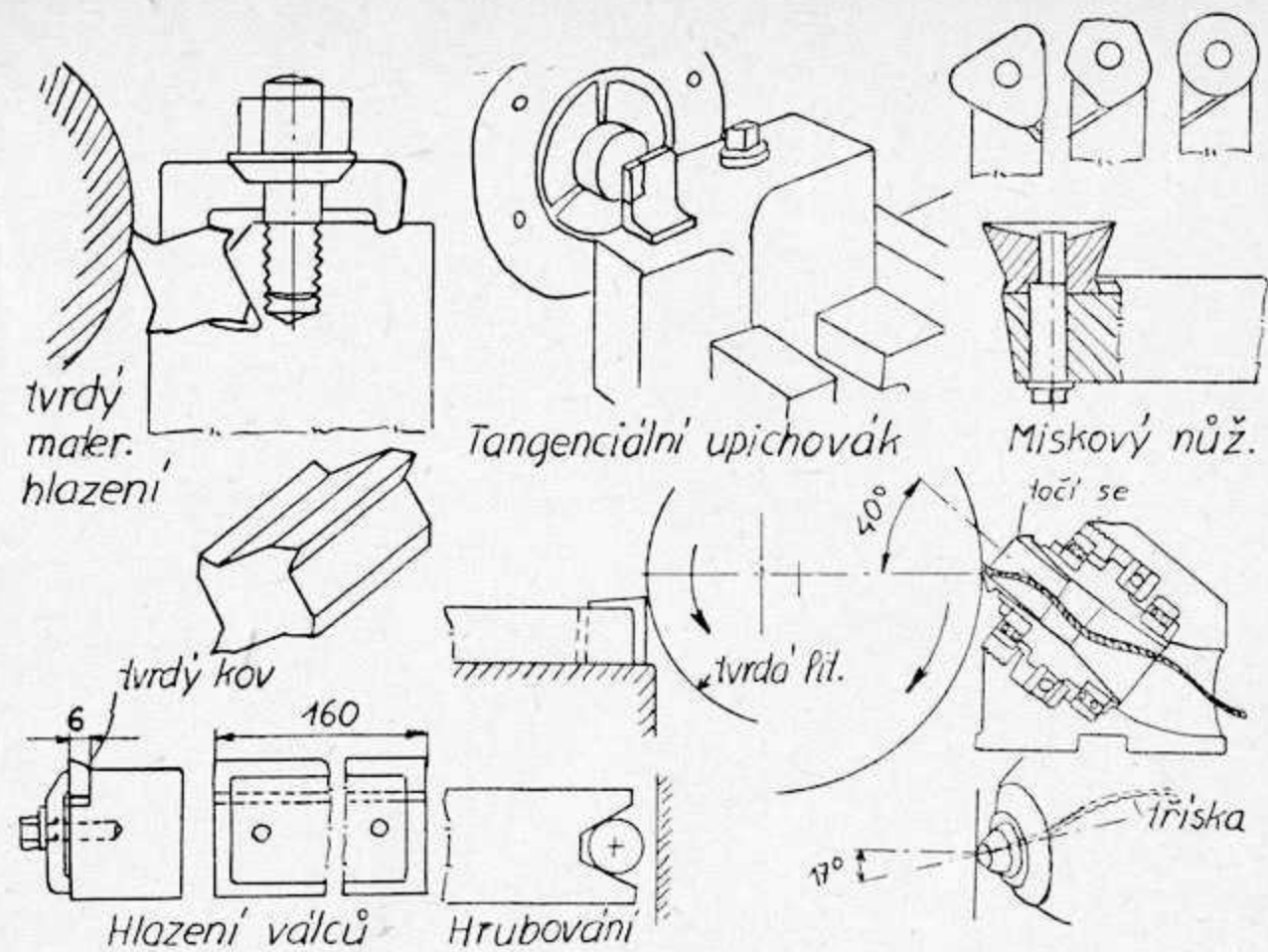
honováním) břitů vzrostla trvanlivost břitů nástrojů deset až dvacetkrát. Naprosto hladký povrch má zde nejméně stejný význam jako správný tvar. Rysky po leštění musí být rovnoběžné s budoucím směrem pohybu třísky, nerovnosti povrchu břitů nesmějí přestoupit 0,0005 mm.

Novinkou je honování tekutinou nebo proudem páry. Nože z nástrojových ocelí jsou po napouštění zmrazeny na -80° až -84° Celsia po 2 hodiny, aby se dokončila přeměna austenitu v tvrdší martensit.

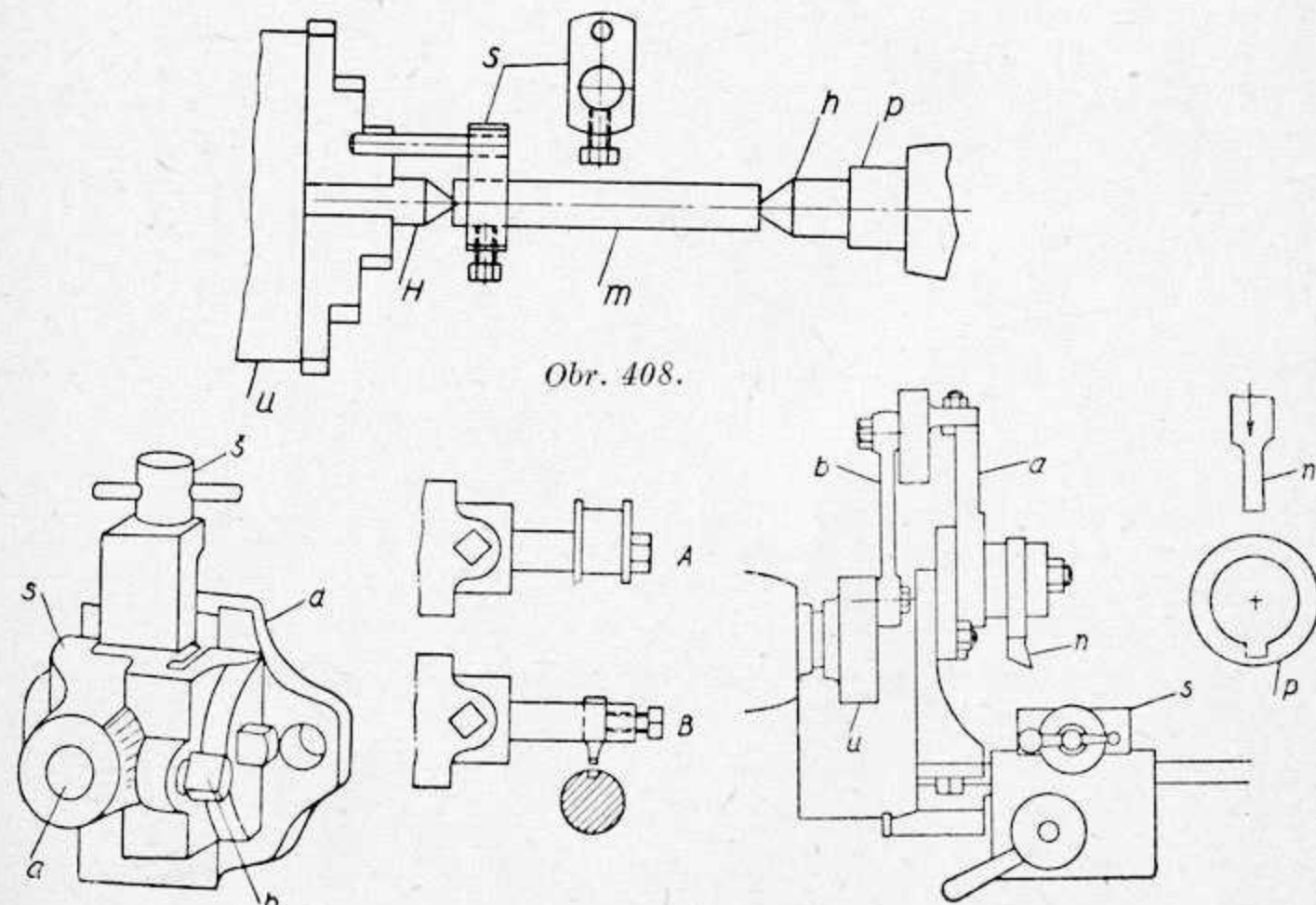
Několik ukázek zvláštních konstrukcí nožů je na obr. 407. Všimněme si na nich hlavně, jak se šíří snaha upínat řezací vložky místo dosud všeobecně zaváděného spájení nebo sváření. Vlevo nahoře je široký hladík, vybroušený z tyčky se čtyřmi břity, pro tvrdý materiál. Vedle zvláštní druh na stojato upnutého upichováku, který méně trpí než normální ohýbaný nůž. Miskové



Obr. 406.



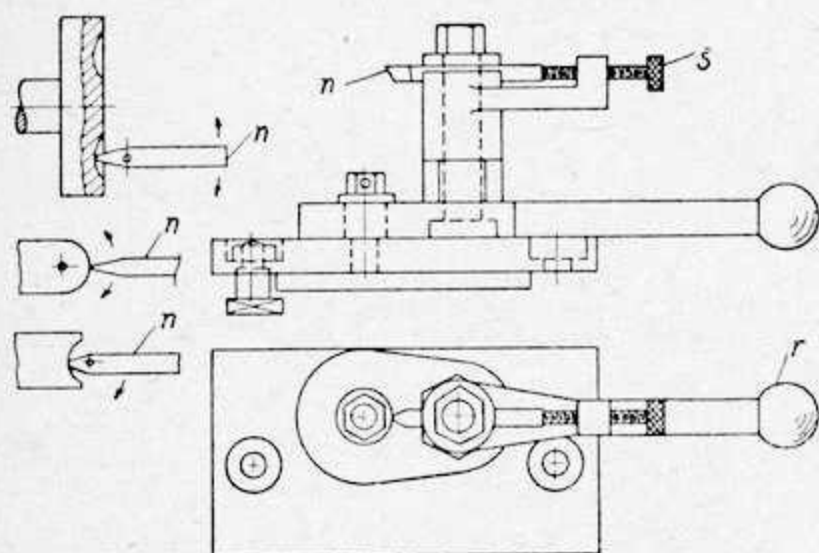
Obr. 407.



Obr. 409. Vrtací hlava na soustruh.

Obr. 410.

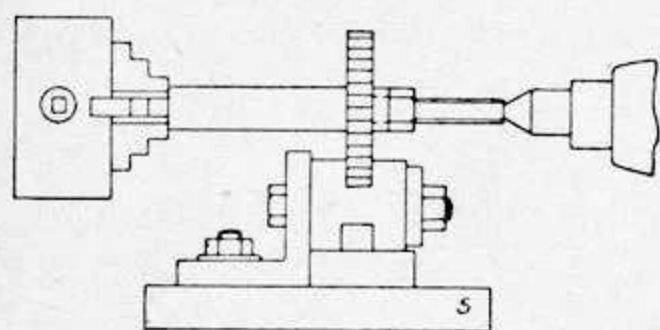
nože, o nichž už byla zmínka na obr. 17, 386, 387, mívají tvar mnohoúhelníků a po otupení se otočí a režou novým břitem. Vespod vlevo je široký hladík z destičky tvrdého kovu na hlazení válců. Vedle je zajímavý hrubovací nůž na tvrdou litinu, vytvořený jen z šikmo obroušeného válečku tvrdého kovu. Vpravo dole je nejnovější sovětská konstrukce nože na obrábění velikou rychlostí. Nůž tvaru trubky je uložen v držáku na valivých ložiskách, je při práci postaven šikmo, aby se prudce roztočil.



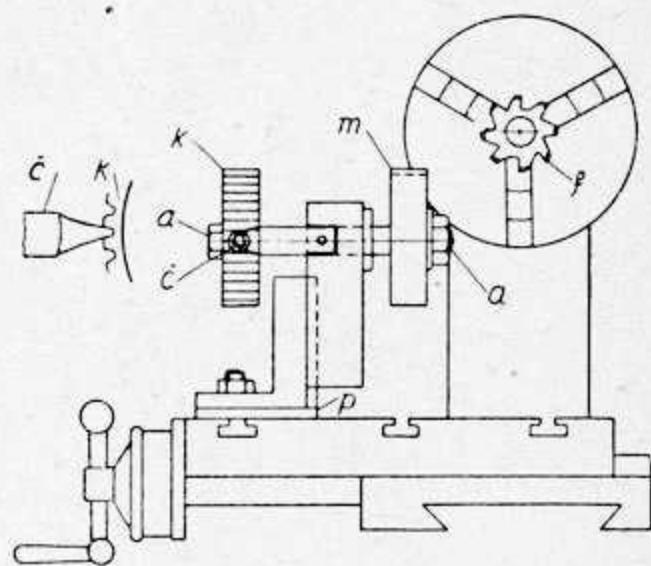
Obr. 411. Soustružení větších koulí a kulových ploch.

61. Příklady zvláštních úprav soustruhu.

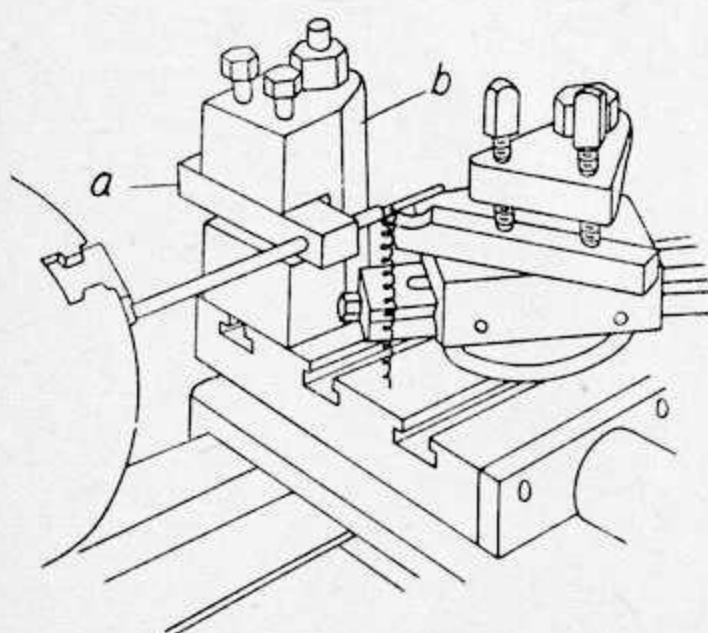
I na nejlepším soustruhu může dělník různými drobnými úpravami práci ještě zlepšit a zvýšit tím užitečnost stroje.



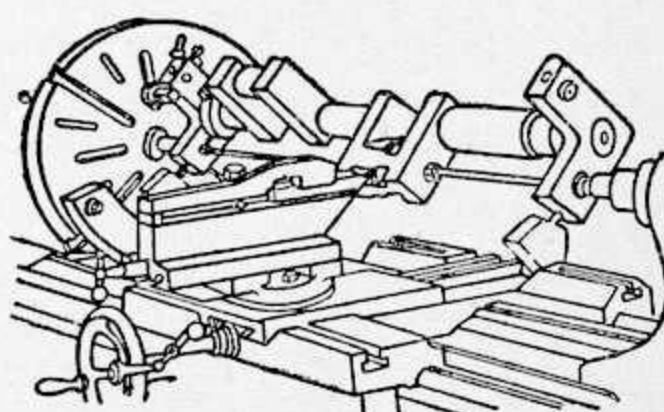
Obr. 412. Frézování drážky na soustruhu.



Obr. 413. Frézování ozubených kol na soustruhu.



Obr. 414. Vedení drátu malého průměru při soustružení.



Obr. 415. Soustružení většího zalomeného hřídele.

Zvláště to má význam při některých zvláštních pracích, které běžně na soustruhu neděláme. Poměrně jednoduchými úpravami se tak podaří změnit soustruh v opravdu universální obráběcí stroj. Několik drobných úprav zde uvádíme:

Kryty proti třískám. Děláme je z plechu tak, aby kryly pracovní části, lože, vodící šroub a pod. Musí být lehce snimatelné, na šroub vyhoví i kousky trubek.

Obrábění krátkých částí mezi hroty usnadníme úpravou hrotu do univerzálny, obr. 408. Zamezí se tím práce při krajně vysunutém suportu.

Vrtací hlava na vřetenu soustruhu. Je velmi výhodná k přesnému vyvrtávání nožem. Dobrá konstrukce je na obr. 409. Deska *d* se přišroubuje k lícní desce soustruhu. Vyvrtávací nože se upínají do otvoru *a* šroubem *b*. Celé saně *s* čepem pro *a*, značené *s*, se posouvají po *d* otáčením šroubu *š* a tím se staví výstřednost nože. Soustruží se tak i výstředné čepy, obr. A, nebo můžeme úpravou tyče *s* nožem podle *B* frézovat i drážku v tyči, upnuté v suportu. Šroubem *š* se řídí hloubka záběru.

Obráběcí přístroj na soustruhu v úpravě obr. 410 se hodí k hoblování klínových drážek, hranatých děr a j. Na unášecí desce *d* je připojena ojnice *b*, která posouvá saněmi *a* s nožem *n*. Obráběná součást *p* se upíná na suport *s*.

Přístroj k soustružení koulí a kulových ploch na koncích pák, nebo i v dutinách, byl upraven podle obr. 411. Kýváním pákou *r* opisuje hrot nože *n* kouli. Staví se přesně šroubkem *š*. Přístroj se upíná na suport. Nůž musí mít břit přesně ve středu koule. Menší koule soustružíme trubičkou podle obr. 298.

Frézování na soustruhu v úpravě obr. 412 nečiní žádných potíží, jen suport *s* není vhodný pro upínání větších částí. Proto používáme této úpravy jen výjimečně, není-li při ruce frézka. Hloubka záběru se zde staví jen podkládáním materiálu.

Ozubené kolečko vyřizneme na soustruhu úpravou přístroje podle obr. 413. Modulová fréza *f* je upnuta na trn do univerzálny; zuby režeme na materiálu *m*, upnutém na čepu v úhelníku. Dělení provedeme čepem *č* ve vzorkovém kolečku *k* na druhém konci upínacího čepu *a*. Vážnou nevýhodou je, že se nedá řídit hloubka záběru jinak než podkládáním úhelníku podložkami *p*.

Soustružení velmi tenkých částí (třeba jehel do karburátoru, průměr 1,5 mm v délce 40 mm) z drátu bylo zlepšeno úpravou vedení obr. 414. Vodící vložka *a* je z bronzu, upnutá v držáku *b*, provrtá a vystruží se až po upnutí podle drátu.

Soustružení zalomených hřídelů vyžaduje úpravu soustruhu podle obr. 415. Proti hrotům jsou upraveny rozpěrací šrouby. Na suportu je úzký, vysoký nožový držák, aby nevadil otáčení ramen hřídele. Na hrotech jsou úhelníky, v nichž jsou dülky pro obrábění obou klik. Na lícní desce, případně i na úhelníku u koníku, je protizávaží.

SOUSTRUHY

Soustruhy můžeme dělit na několik skupin, jež se velmi značně liší:

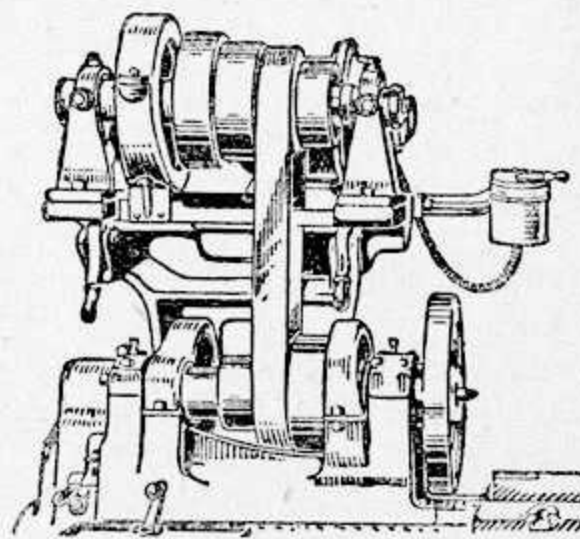
1. Universální soustruhy.
2. Vícenožové soustruhy, s noži na podélných i příčných saních.
3. Revolverové soustruhy pro obrábění řadou nástrojů postupně (upnuty v otočné revolverové hlavě).
4. Lícni (kusé) soustruhy na obrábění velkých průměrů krátkých částí. Osa otáčení je vodorovná.
5. Karusely na obrábění velkých těžkých částí. Osa otáčení je svislá.
6. Automaty, pracující samočinně z tyčí i na polotovarech.
7. Poloautomaty, na nichž jen část práce je samočinná. Obyčejně je upínání a snímání součásti ruční.
8. Produkční soustruhy. Tak zde nazýváme speciální stroje, určené pro hromadnou výrobu určitých částí, většinou značně zjednodušené proti universálním.

Jaký soustruh zvolit?

Práci musíme do dílny rozdělit tak, aby skupiny stejných soustruhů dostávaly stále přibližně stejné práce (asi stejných rozměrů, materiálů, stejně přesných). Tím je zvýšen výkon, není třeba stále měnit a zkoušet řezné rychlosti a posuvy, čili soustruhy nepotřebují být universální (složitě). Stačí jednoduché, t. zv. produkční soustruhy pro hromadnou výrobu. Universální stroje tvoří v dílně zvláštní skupinu; jíž přidělujeme abnormální práce, vyžadující značně odchylné pracovní podmínky. Universální soustruh patří také do nástrojárny a pokusné dílny, protože tam se práce často střídá.

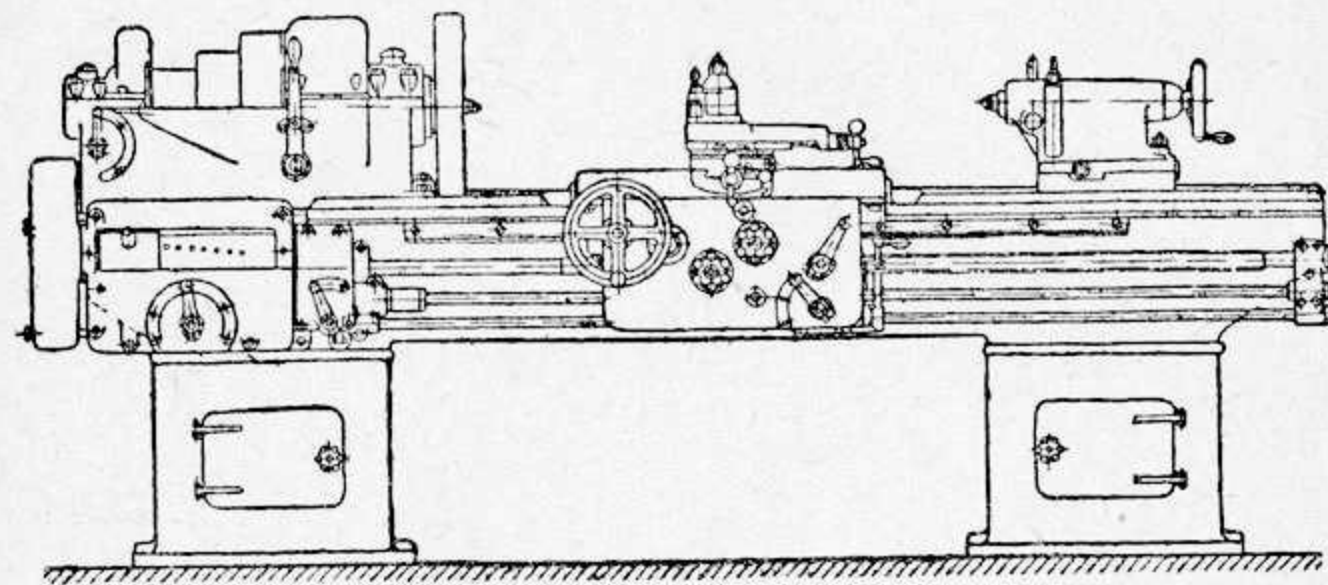
Pohon soustruhů.

Samostatné elektromotory úspěšně vytlačují transmise a předlohy. Dobře se vyplatí a osvědčuje i předlávka transmisního soustruhu na pohon vlastním motorem. Obyčejně je nutná malá předloha pro změny rychlostí, obr. 416. U strojů, kde se bude hodně soustružit



Obr. 416. Pohon soustruhu,

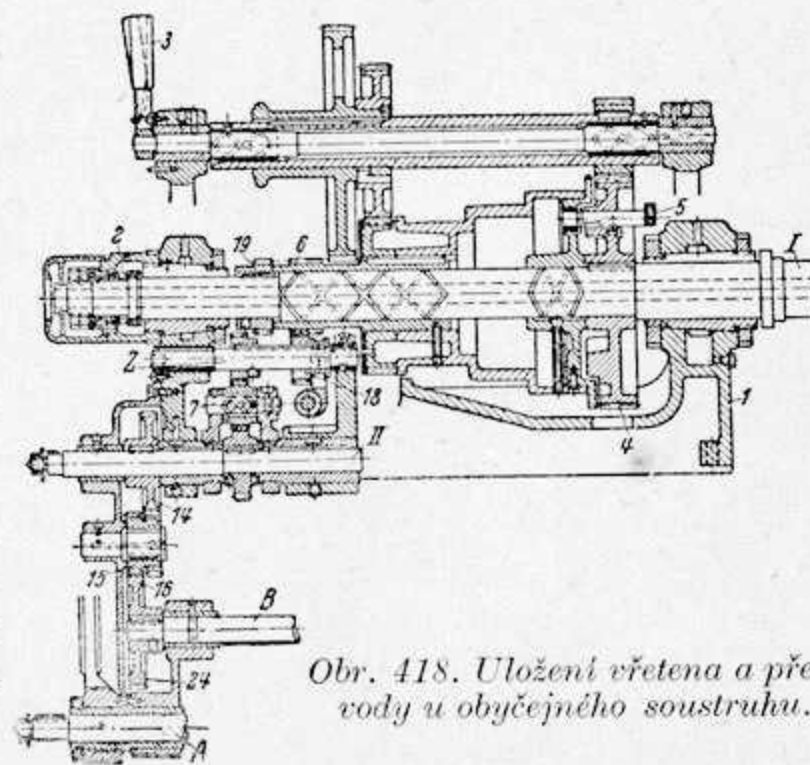
na čele, se vyplácejí i skříně pro plynulé změny otáček (PIV, Variátor Flen-der, hydraulické převody a j.). Otáčky elektromotoru se dají jemně regulovat jen při stejnosměrném proudu, ale i tam je regulace drahá, protože je vyžadován příliš veliký rozsah. Zavedení tvrdých kovů vyžaduje nebývalé rychlosti, 8000 ot./min. u soustruhu není zvláštností. Je nutné pro hospodárné



Obr. 417. Soustruh na řezání závitů.

soustružení slabých součástí. Vyvinula se zvláštní skupina t. zv. soustruhů rychlořezných, pracujících plynulými třískami. Velkého výkonu se prostě dosahuje vysokou řeznou rychlostí při menší třísce. Vedle dokonalého uložení vřetene i saní a vyvážení je nutný poslední převod na vřeteno nekonečným plochým řemenem nebo několika klínovými řemeny. K pohonu klínovými řemeny pamatujeme, že drážky musí být přesně stejné, aby všechny řemeny táhly stejně; musí je soustružit nejlepší dělník na přesném soustruhu.

Soustruhy se stupňovou řemenicí jsou dnes považovány za konstrukčně zastaralé, jsou však přesto ještě stavěny v jednoduchém provedení pro běžné práce, protože jsou levnější. Je to ovšem úspora problematická, za pár let se ztrátami na výkonu může i laciný stroj velmi prodražit. Na obr. 417 je ukázka takového soustruhu se zvlášť dobrou posunovou rychlostní skříní pro řezání závitů a podobné lehké práce (příkon 5–8 koní).

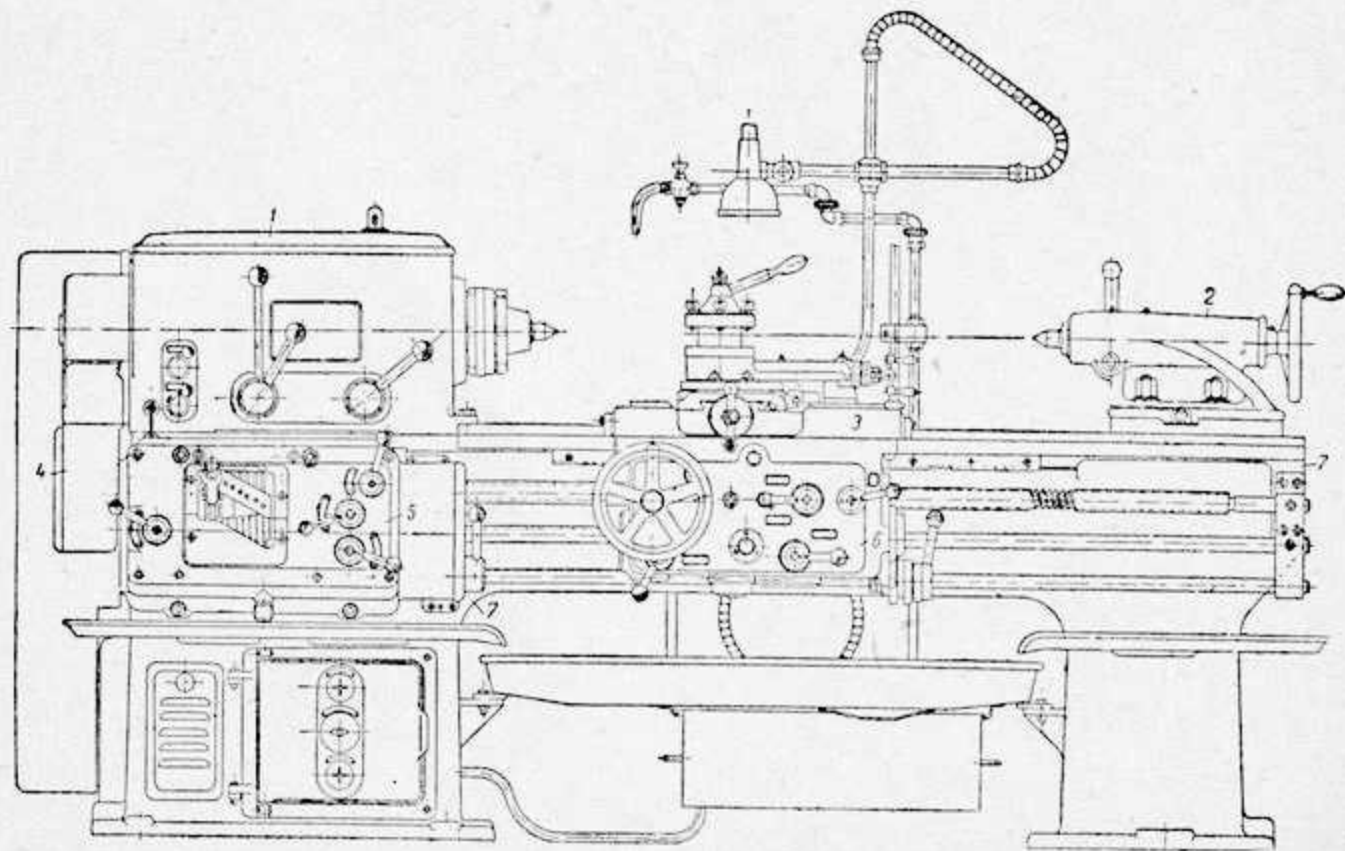


Obr. 418. Uložení vřetena a převody u obvyčejného soustruhu.

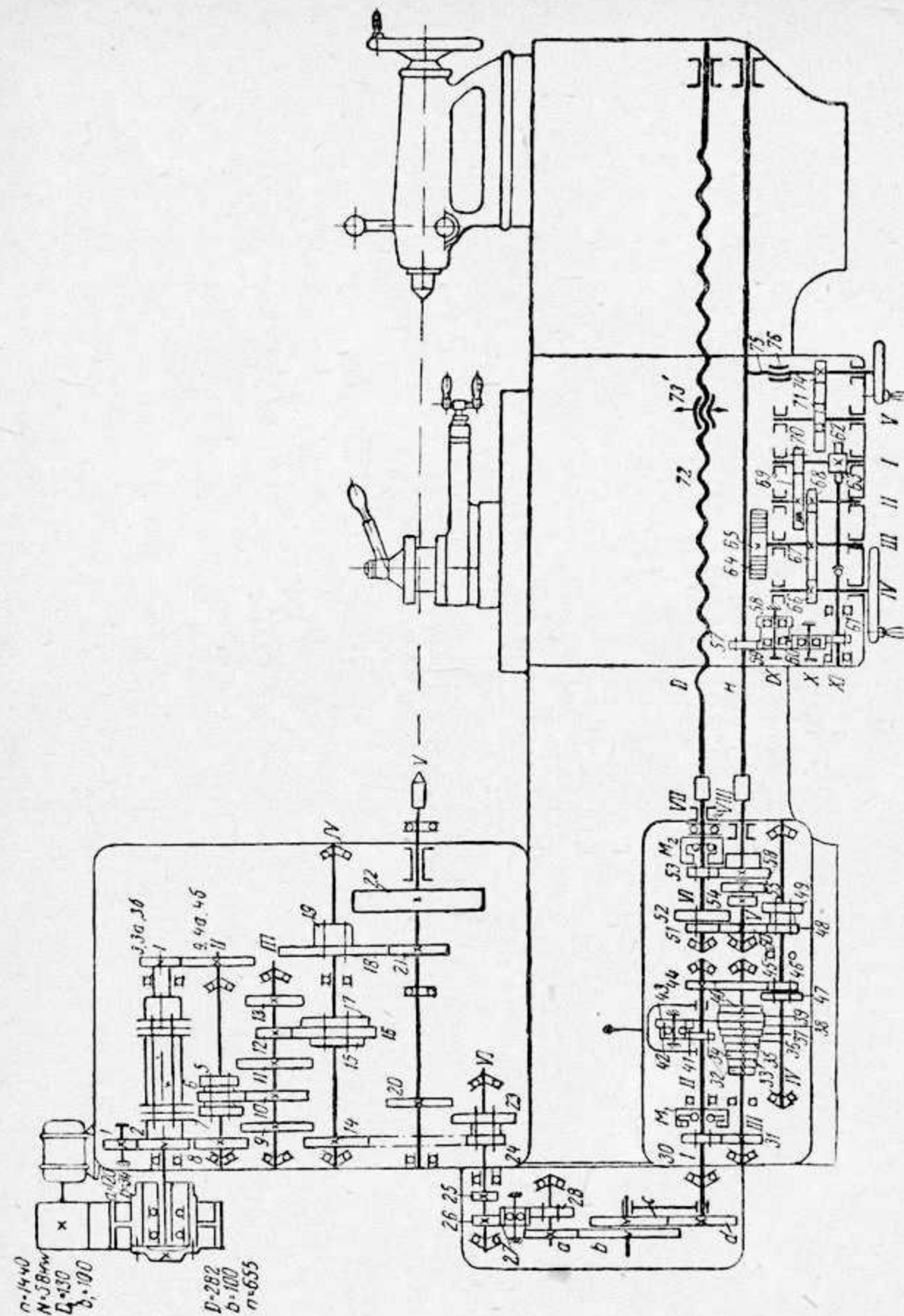
Ozubená předloha na vřeteníku zvětší počet stupňů rychlosti. Zvláštní pozornost nutno věnovat uložení vřetene, v nejjednodušším případě aspoň podle obr. 418. Pro menší rychlosti stačí ložiska klouzavá, pro větší rychlosti válečková. Ukazuje se však, že pro největší rychlosti, na př. pro práci diamantem, je výhodnější také klouzavé ložisko (menší vibrace). Při nižším zatížení stačí pánve z komposice, při vyšším z fosforového bronzu. Velmi těžké stroje mají pánve čtyřdílné, stavitelné, jako kliková ložiska parních strojů. Ve válečkových ložiskách se dá malá vůle vymezit tím, že sedí na mírném kuželu na vřetenu a zatlačením maticí se vnitřní kroužek ložiska roztahuje. Axiální tlak zachycuje na obr. 418 kuličkové ložisko 2; dvojitá předloha stačí s třístupňovou řemenicí na 9 rychlostí vřetene (na to by vyšla dost složitá rychlostní skříň).

Pro přesný posuv k řezání závitů je upraven podél lože vodící šroub s plochým závitem, pro normální podélný posuv při soustružení vodící hřídel s unášecí drážkou. Vodící šroub má zpravidla stoupání $1/4''$ (kdyby od něho byl k vřetenu převod 1 : 1, vyřízneme závit se 4 běhy na 1"). Rychlostní posunová skříň je poháněna od kolečka 19, obr. 418, vodící šroub je značen A.

Soustruhy s rychlostní skříňí a samostatným motorem mívají v Evropě nejčastěji přesuvná ozubená kola, ač je známo, že přesuvné spojky s koly ve stálém záběru mají určité výhody. Z nepřehledné řady konstrukcí uvádíme schema universálního závitového soustruhu typu 28 závodu Krasnyj Proletarij. Je na něm pěkně vidět sovětský pokrok v kreslení schemat strojů, obr. 419–420. Točný průměr max. 450 mm, výška hrotů 215 mm, točná délka max. 1000 mm. Motor 5,8 kW, vřeteno má 18 rychlostí od $n_1 = 15$ do

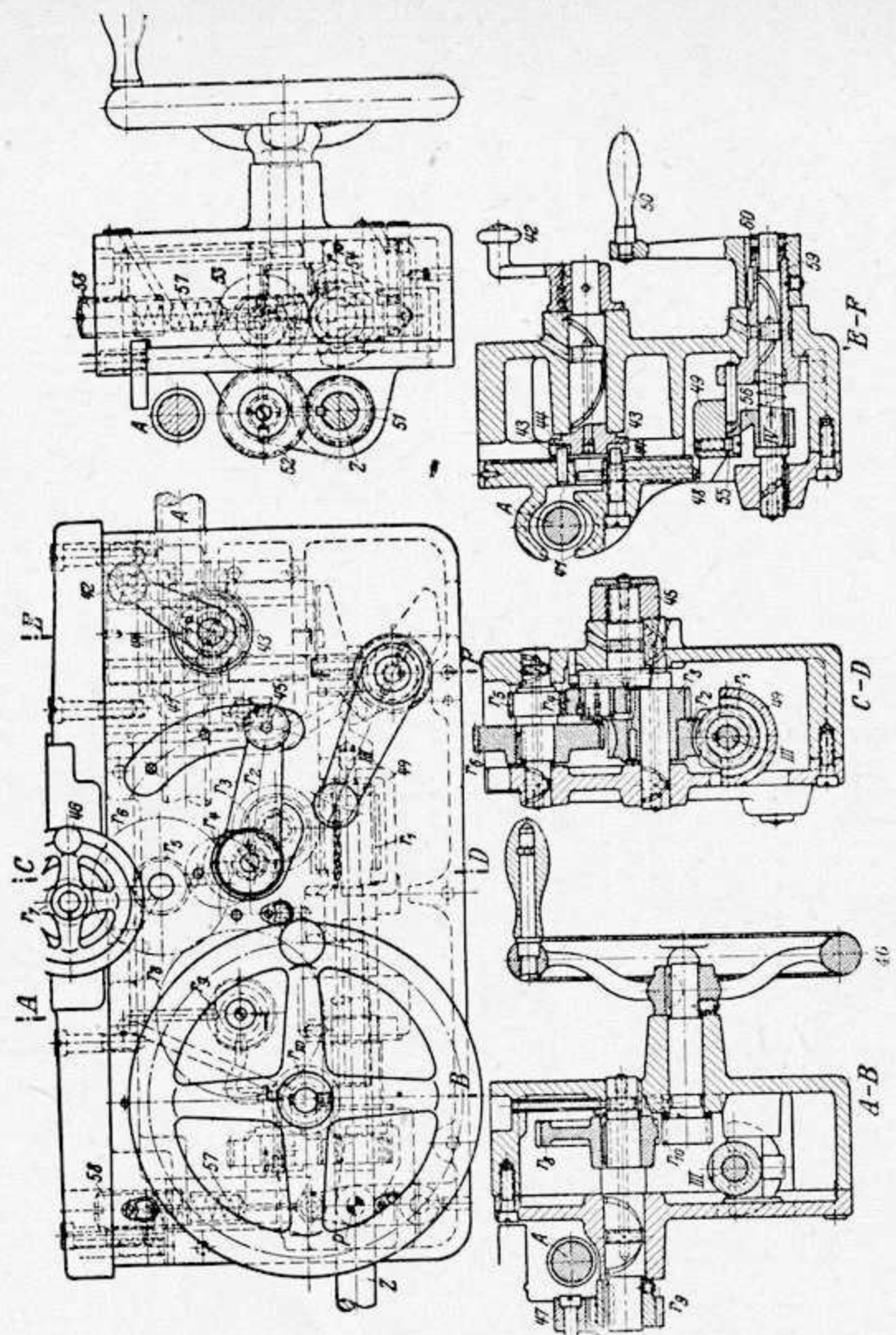


Obr. 419. Sovětský universální soustruh.



$n_{18} = 750$ ot/min. Dvojitým ozubeným kolem na hřídeli VI se dá zvětšit velikost posuvu 8krát. Směr posuvu se mění kolečkem 28, které zabírá do 25 nebo přes vložené kolo 27 do 26. Výměnou koleček na lyře a/b . c/d se dá řezat metrický a palcový závit (při 63/88 . 88/75 zubech), nebo modulové stoupání (při 63/112 . 88/75 zubech). Nortonova kapsa dá 8 stupňů posuvů,

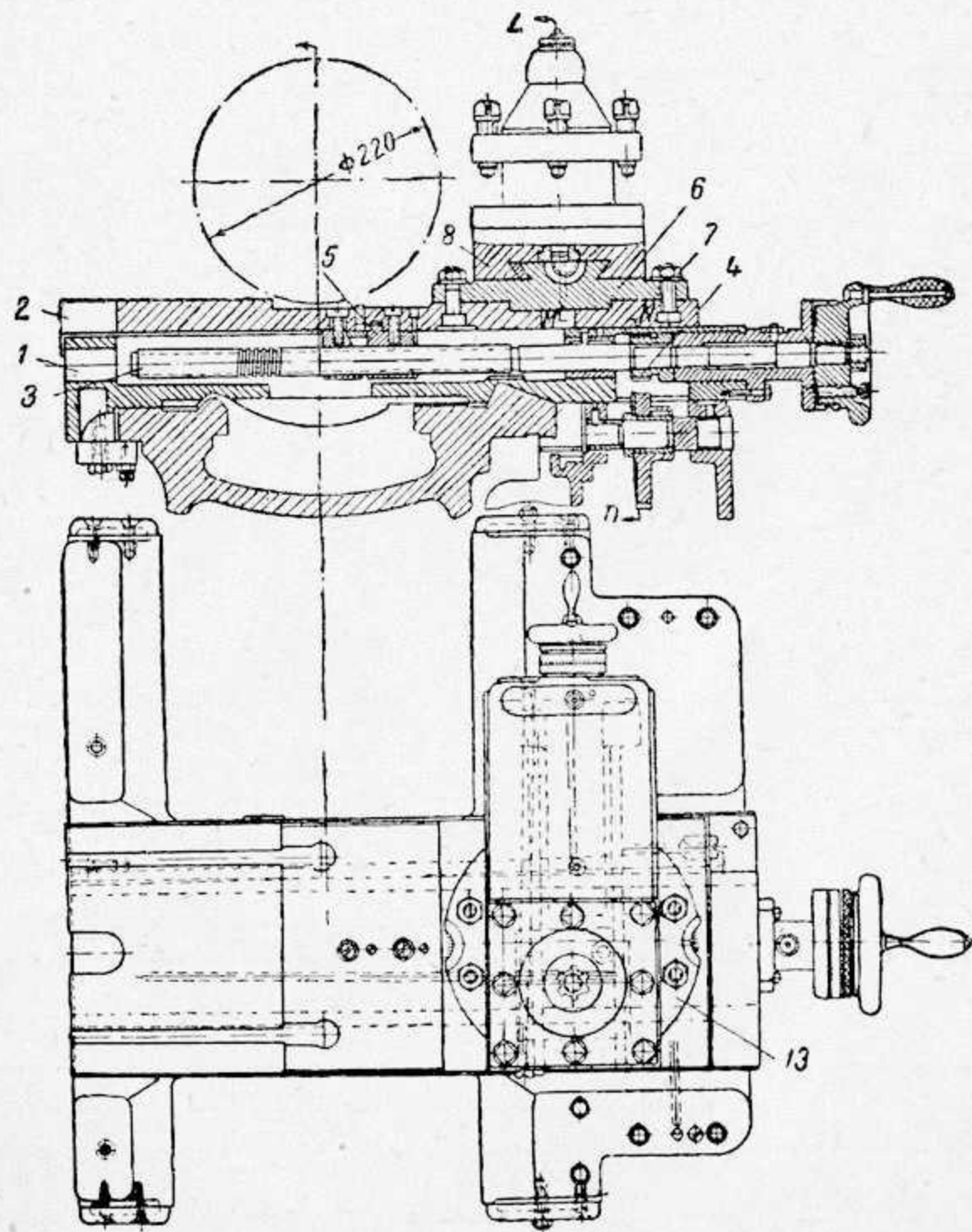
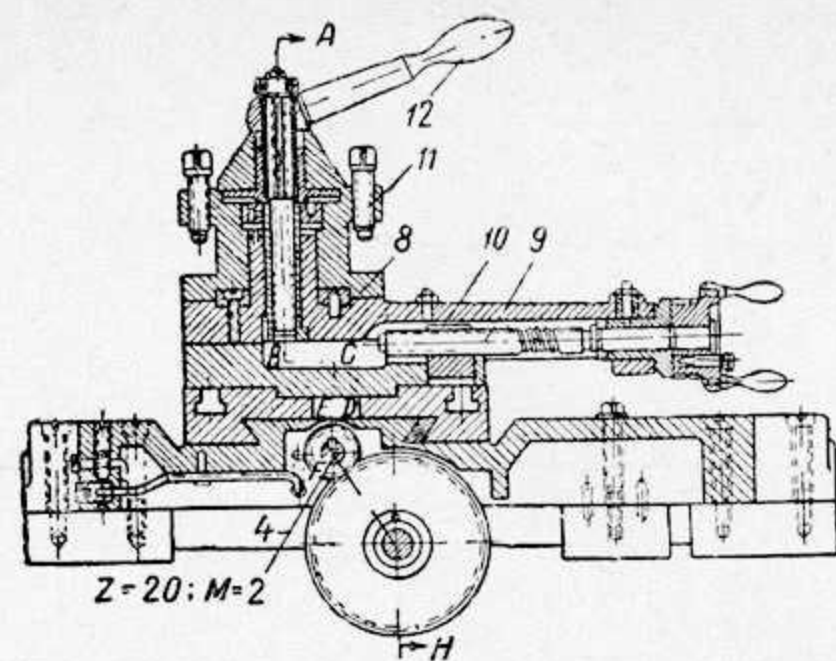
Obr. 420. Schema sovětského universálního soustruhu obr. 419.



Obr. 421. Krycí deska jednoduchého soustruhu.

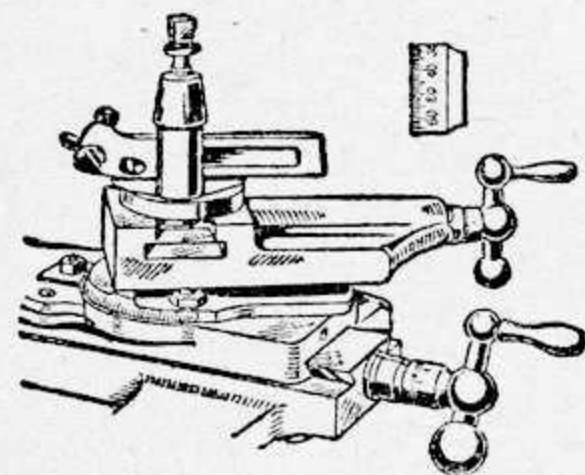
blok 48—49 dva stupně, blok 51—52 také 2 stupně; celkem dává skřín 32 posuvů. Zubová spojka 30 s kuličkovou M_1 spojuje hřídel I s II nebo I s III. Podobně spojka 53 spojuje VI s VIII nebo VI s VIIa vodicím šroubem D. Výměnou kol v lyře se může počet posuvových stupňů zvětšit. V krycí desce je upraven padací šroub 62. Podrobný popis všech vlastností tohoto stroje by byl velmi dlouhý, má význam hlavně pro specialistu, který ostatně ze schematu už vše vyčte.

Krycí deska (zámková) je i v jednoduchého soustruhu složitým mechanismem, jak ukazuje obr. 421. Vodicí šroub A může být sevřen zámkem



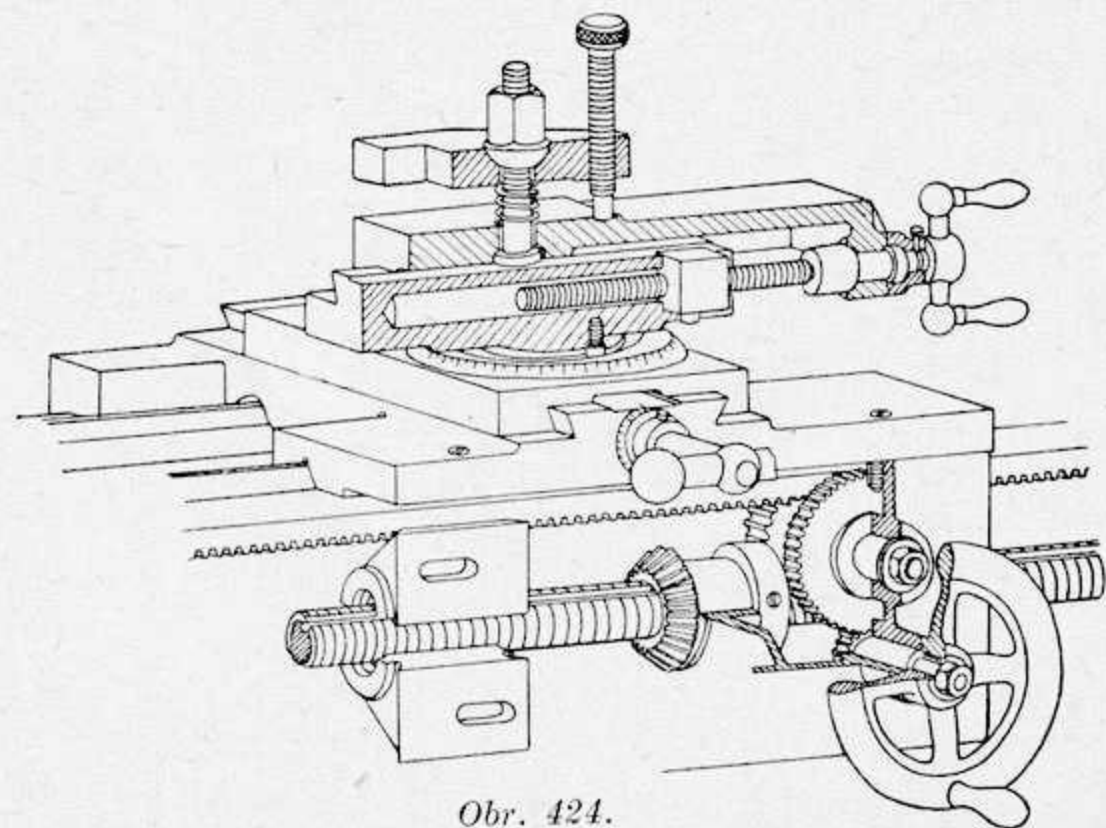
Obr. 422. Jednoduchý suport soustruhu.

(maticí) 41, ovládaným páčkou 42, ručně (v drážce 43 klouznou kolíky 44). Posuv pro soustružení přenáší vodící hřídel Z. Na př. pro čelní soustružení je převod $r_1/r_2 \cdot r_3/r_4 \cdot r_4/r_5 \cdot r_6/r_7$, ručně kolečkem 46. Pro podélný posuv je převod $r_1/r_2 \cdot r_3/r_4 \cdot r_5/r_8$. Na r_8 sedí pastorek r_9 , zabírající do ozubeného hřebenu 47. Ručně podélný posuv přes r_{10} k r_8 . Aby se nedal najednou zapnout podélný a příčný posuv, je při zavření zámku stlačen kolík 48 dolů, tlačí na rámeček padacího šroubu 49 a zabrání jeho zdvižení pákou 50.



Obr. 423.

Při soustružení na doraz se suport samočinně zastaví padacím šroubem r_1 , který nesedí přímo na Z, nýbrž na hřídeli III, uloženém v rámu 49, kývajícím kolem P. Je poháněn ze Z koly 51, 52, 53, 54. Při práci leží rám 49 nosem 55 na břitě 56. Tlakem zpruha 57 je 49 se šroubem r_1 tlačeno do šroubového kola r_2 . Najede-li suport na doraz upevněný na loži, zastaví se r_2 , působí jako matice, do níž se šroub našroubovává. Pohybem šroubu vlevo nebo vpravo (podle směru běhu) sklouzne 55 s 56, 49 se šroubem spadne dolů a r_2 je ze záběru. Zpruha k zvedání rámu se šroubkem 58 jemně nařídí, aby stačilo zvětšení záběrové síly (otupený nůž) a už se zastavil posuv. Pákou 50 se



Obr. 424.

šroub opět zvedá, také okamžitě uvolní, prostřednictvím polovin spojky 59 a 60 s šikmými zuby je 56 taženo vpravo a tím nos 55 s 49 spadne. U moderních strojů je padací šroub zdokonalen v neobyčejně výhodné zařízení.

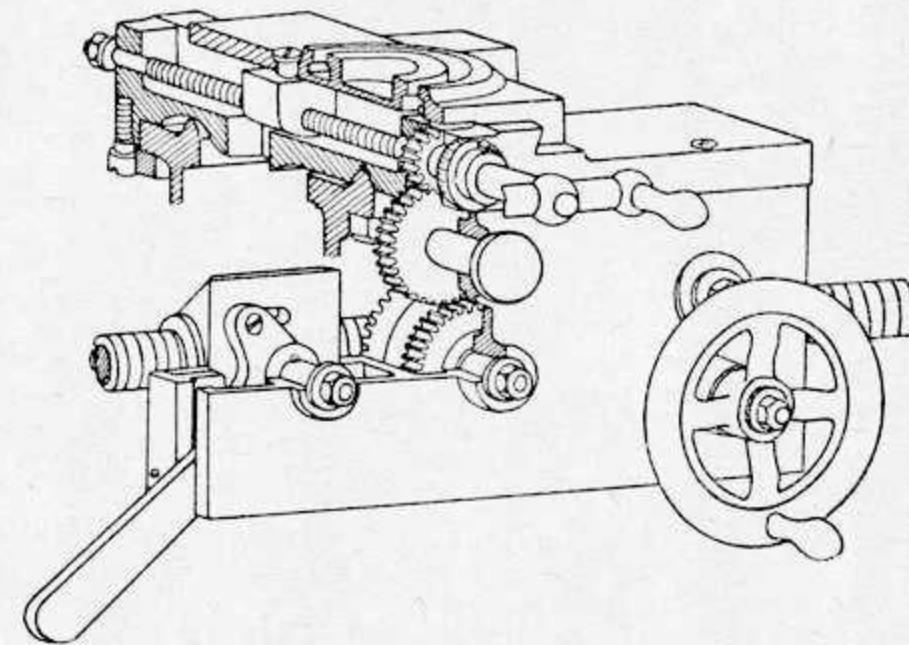
Support je připojen ke krycí desce podélnými saněmi; nese příčné saně s úpinkou pro nůž (nožovým držákem). Jednoduchý suport sovětské konstrukce je na obr. 422. Nožový držák je na malých horních saních, které se dají natáčet, ale mají už jen ruční posuv klíčkou. Stupnice na nábojích klíčků umožní odčítání setin mm. Kolečkem 4 je vytvořen příčný samočinný posuv při čelním soustružení.

Upnutí nože nebývá někdy věnována žádná péče, držák je chatrný. Pro menší stroje se hodí držák se středním šroubem, obr. 423, pro větší důkladná úpinka, jak je na obr. 422. Jednoduché železo, opřené jedním koncem o nůž a druhým o podložku, není vhodné. Rovnými nebo dvěma klínovými podložkami se dá měnit výškové postavení nože.

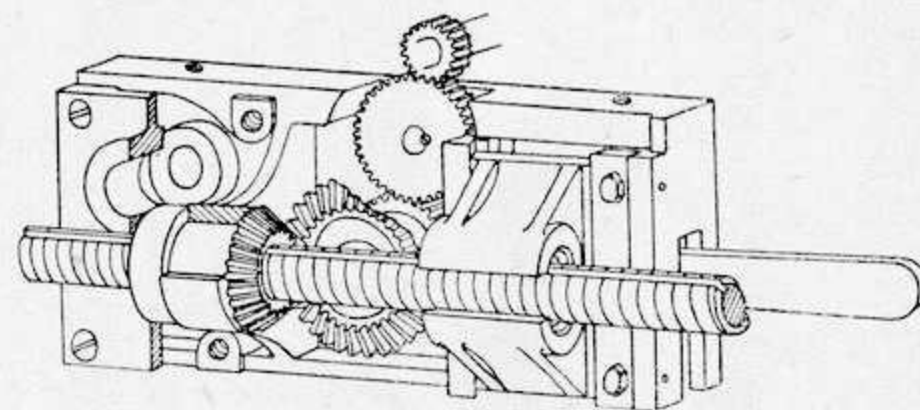
Podrobněji můžeme sledovat konstrukci suportu na obr. 424-426. Je zde kreslena nejjednodušší vůbec možná úprava, s níž se setkáváme u starších soustruhů. Snadno sami odvodíme funkci částí. Na vodícím šroubu je dvojdílná svěrací matice. Jejím rozevřením se vypne samočinný podélný posuv, obr. 424. Ručním kolečkem posouváme celým suportem převodem na ozubený hřeben. Zavřením matice pákou podle obr. 425 se posouvá suport strojně. Náhon na příčné saně je odvozen od kuželového kolečka, jak ukazuje obr. 426. Zde vidíme zámkovou desku odzadu, s rozevřenou maticí pro posuv.

Koník opírá hrotem konec delších hřídelů. Pro menší soustruhy je upraven na př. podle obr. 427. Šroub 6 vysouvá pinolu 4 a při úplném zatažení také vytlačí hrot 11 z kuželu. Šrouby 3 se dá koník posouvat napříč při soustružení táhlých kuželů. Je upnut k loži třmeny 12. Otočením páky 8 se pinola přitáhne.

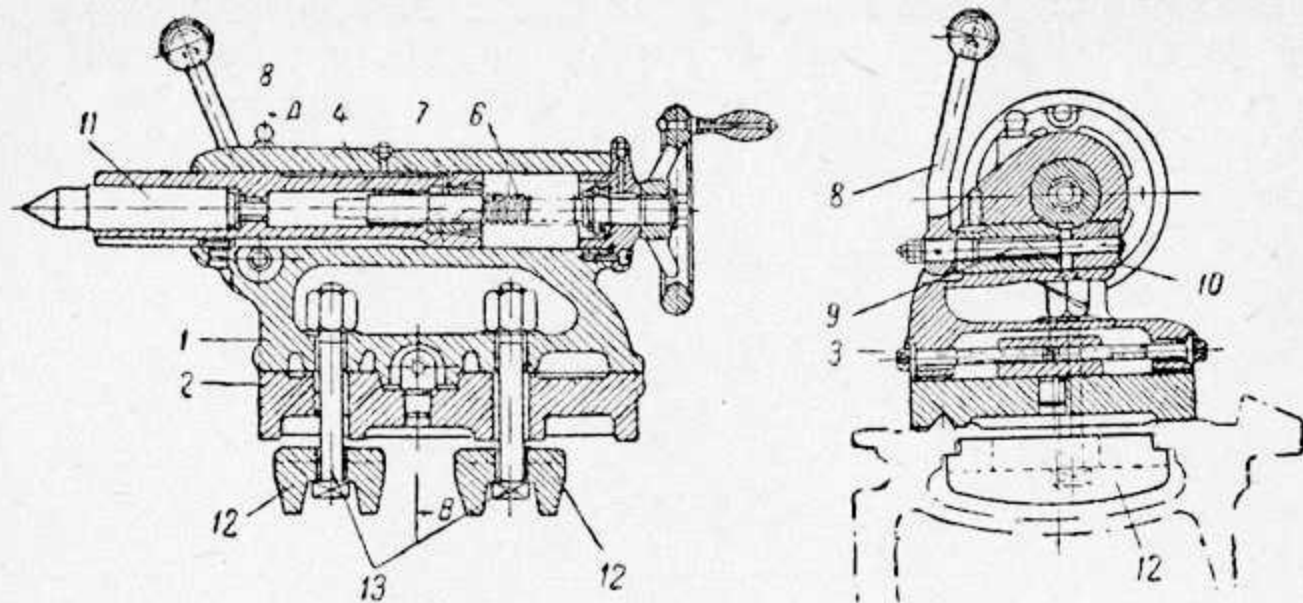
U rychloběžných strojů se používá hrotu na kuličkových ložiskách, na př.



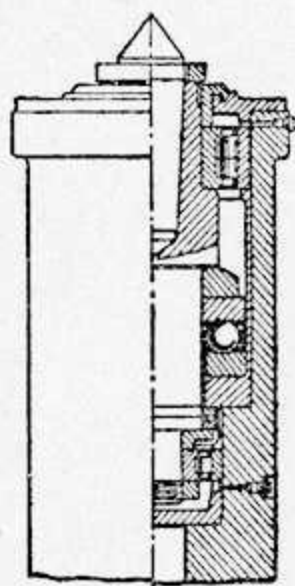
Obr. 425. Převody v suportu a zámkové desce.



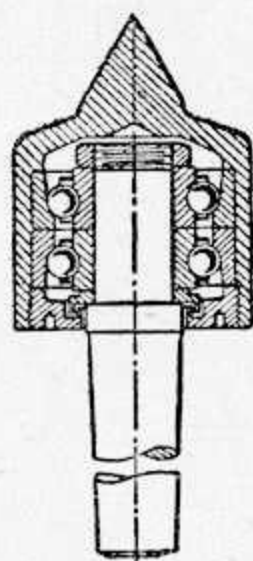
Obr. 426. Zámková deska odzadu.



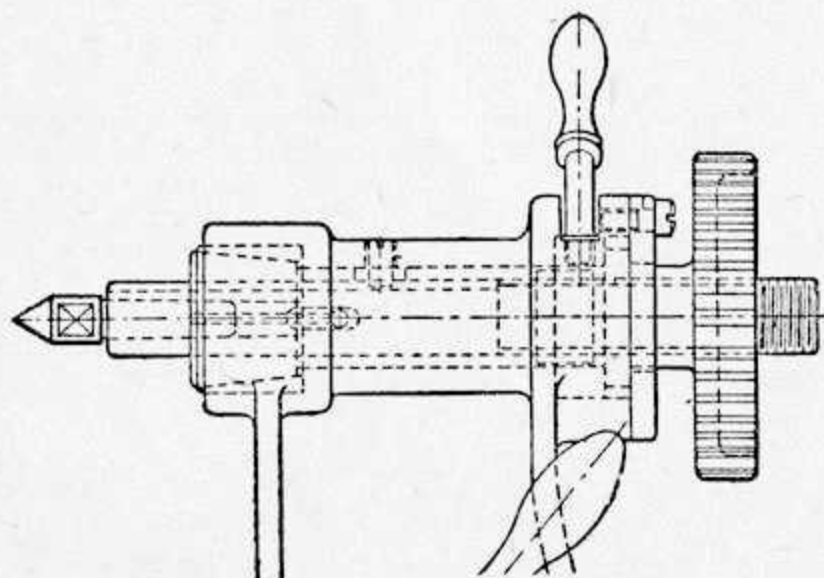
Obr. 427. Koník menšího soustruhu.



Obr. 428.



Obr. 429.

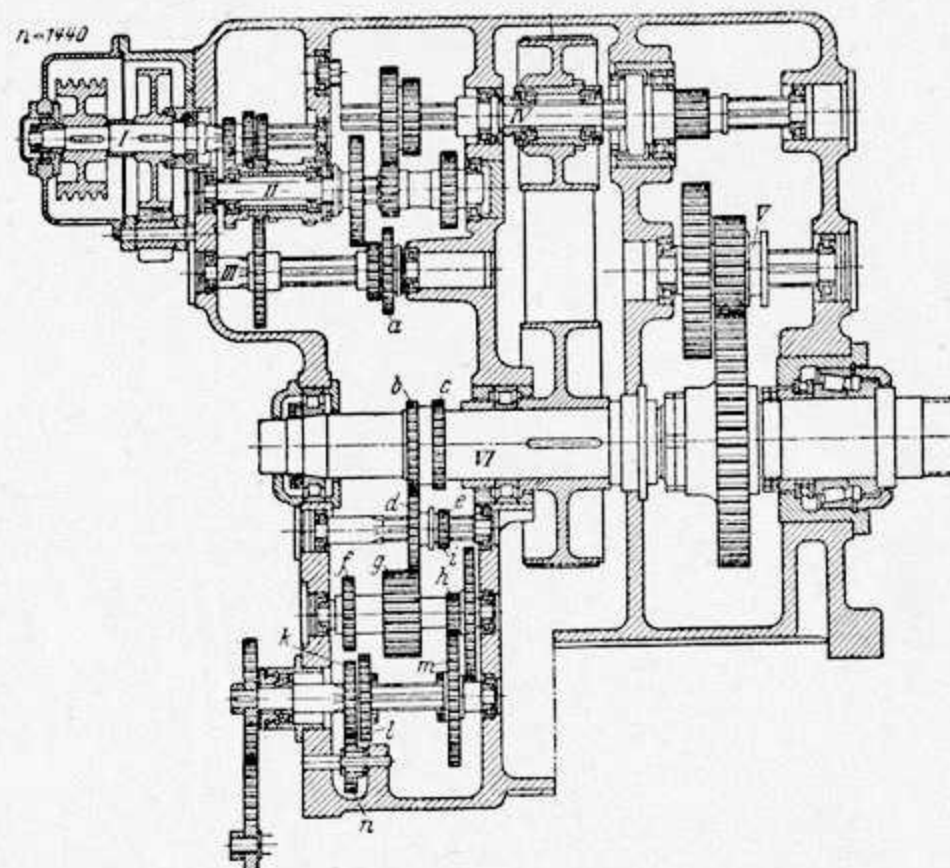


Obr. 430. Přitahování pinoly koníku.

podle obr. 428 — 429. U strojů na obrábění diamanty se dokonce ukázalo, že je nutno pohánět i hrot koníku, buď zvláštním motorkem, nebo převodem od vřetene; jinak se nedosahuje přesnosti a hladkého povrchu. Moderní soustružnické hroty s valivými ložisky jsou složité, aby se dosáhlo různých výhod (na př. výměny hrotu bez úderů kladivem). U přesných strojů je nutno přitahovat pinolu kuželovým pouzdrem, aby se nepohnula. Úprava je na obr. 430. Otočením páky se pouzdro vtáhne do těla koníku a tím drží. U těžkých strojů je k posuvu koníku klika s převodem na ozubený hřeb.

U rychloběžných strojů je vážnou otázkou, jak vyloučit vibrace.

Nejčastěji se to řeší uložením motoru odděleně od stroje a řemenovým převodem, který svou pružností chvění vyrovná. Je to řešení dost nákladné (motor — klínový řemen — rychlostní skříň — klínový řemen — vřeteno obr. 431, nebo prvý řemen odpadne). Fa Dean-Smith-Grace patentovala a úspěšně staví rychloběžné soustruhy s přírubovým elektromotorem podle obr. 432. Motor je



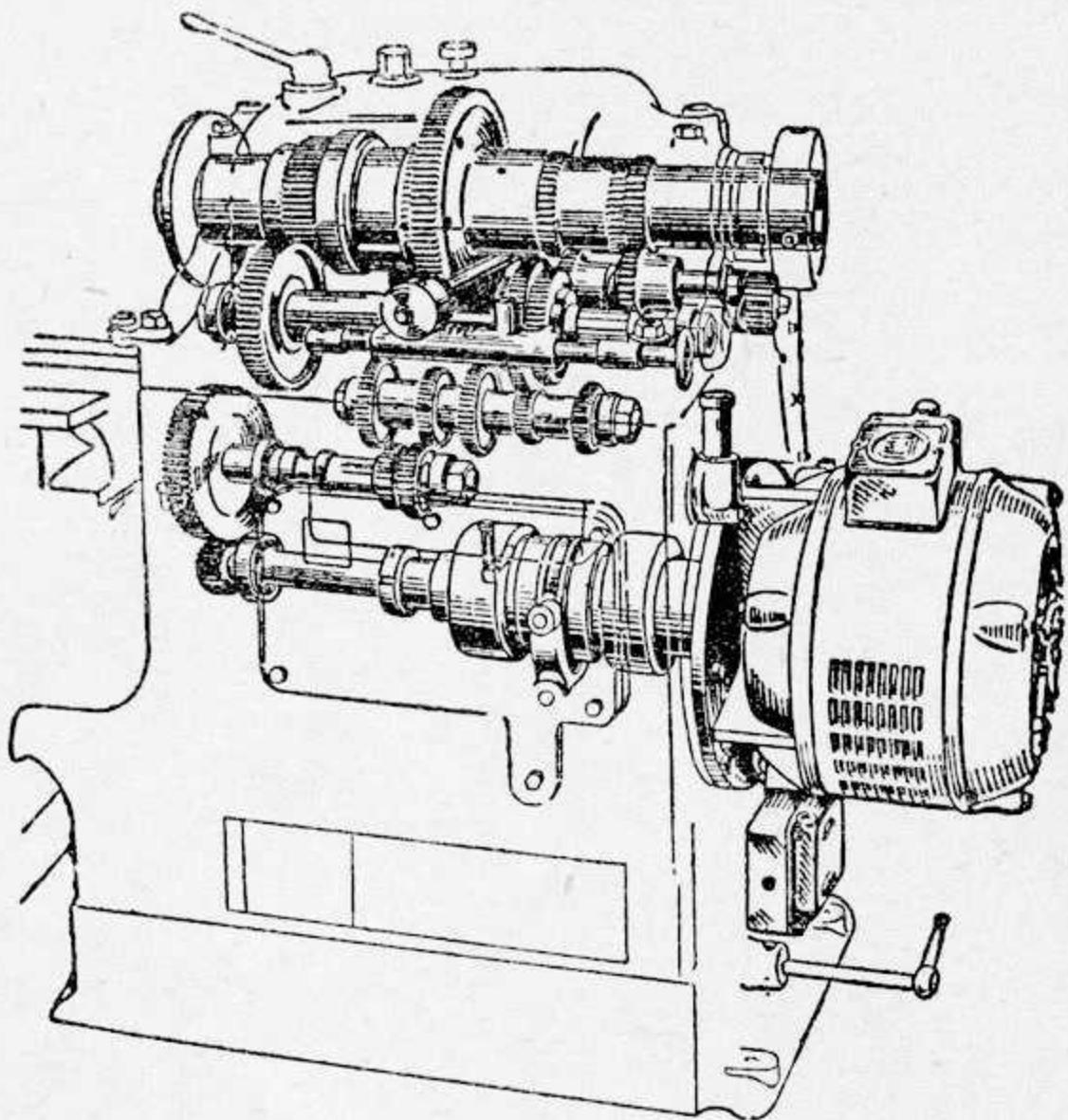
Obr. 431. Patentovaná rychlostní skříň rychloběžného soustruhu Wohlenberg (D. R. P. 634 747). Hlavní převod z I, II, III dává hřídeli IV dvanáct rychlostí. Při hlazení ($n = 60$ až 750) pohání vřeteno řemen, při hrubování ($n = 9,5$ až 118) ozubená kola z V. Hladicí otáčky jsou 6krát vyšší. Při hrubování se přenáší na vřeteno celý výkon, při hlazení však přenášený výkon závisí na otáčkách hřídele IV, pohon je pružný. Pro posuvy u normálních závitů zabírá b přes d do g, u strmých závitů a přes d do g, u pravých g s l, u levých f přes n s k.

pod vřetenem, žene převodové soukolí lamelovou spojkou, která je ovládán pákou. Dosaženo je 12 stupňů rychlostí. Kolečka z Ni-Cr-oceli, kalená, broušená. Do záběru se stále žene proud oleje. Spouštění tlačítkové.

‡ Rychloběžné skříně mají valivá ložiska, pečlivě vybraná, montovaná v tuhém stojanu. Pro uložení vřetene se názory liší. U lehkých strojů se válečková ložiska připouštějí, u těžkých jsou prý lepší honovaná bronzová ložiska. Stroj musí být zvlášť tuhý. Proto je také noha pod vřeteníkem proti starším konstrukcím značně rozšířena, jak ukazuje pohled na moderní soustruh obr. 433.

Tlačítkové elektrické ovládání neobyčejně zjednoduší obsluhu soustruhů. Pro rychlý posuv saní je tlačítko tak upraveno, že musí být přidrženo, pokud má posuv trvat, aby se zabránilo přeběhnutí. Tlačítka jsou na suportu nebo na vřeteníku, jak ukazuje obr. 436.

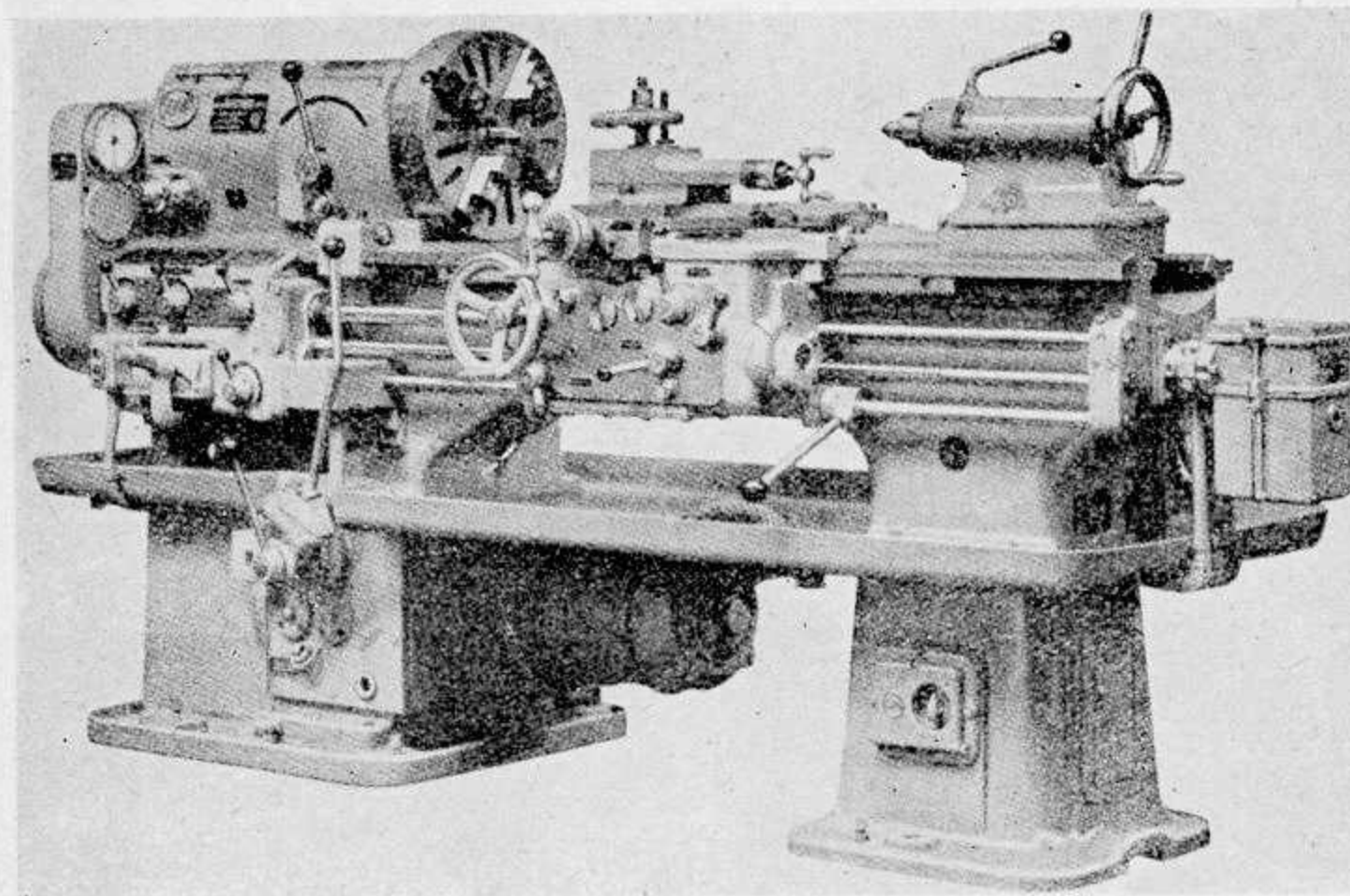
Moderní *elektrohydraulický* soustruh Hollbrook je na *obr. 434*. Vřeteno se točí *obráceně* než je zvykem; od předních nožů běží třísky otvorem v saních dolů, zadní nůž reže normálně. Vřeteník je poháněn přímo řemenem, od motoru 5 ks a rychlostní skříně ve stojanu. Má 80 až 2500 nebo až 6000 ot./min. Protože je stroj určen pro seriovou práci, mění se rychlosti výměn-



Obr. 432. Pohon rychloběžného soustruhu.

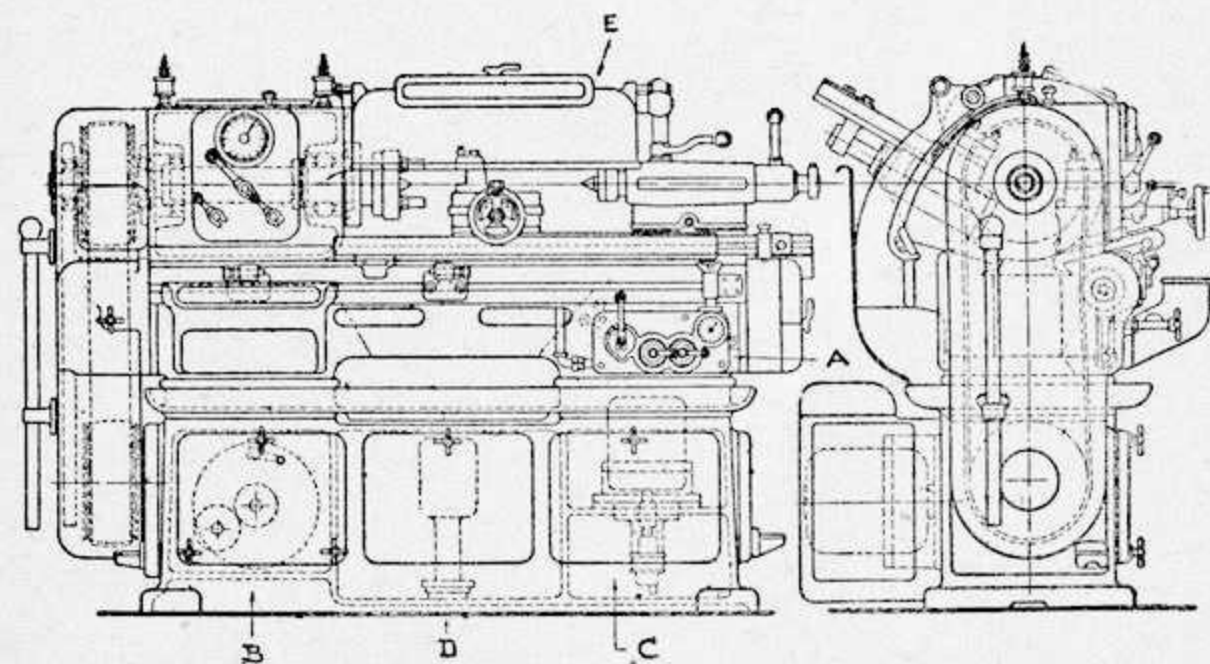
nými koly, která počítáme z otáček a průměru na ciferníku na vřeteníku; ten současně ukazuje po otočení středním čepem otáčky vřetena. Dělník tedy může rychle zkontrolovat z otáček a průměru, reže-li předepsanou hospodárnou rychlostí. Na měření je na předním suportu mikrometrický doraz. Zadní suport se posouvá šikmo, má jen příčný posuv. Oba mají nezávislé hydraulické válce pro posuv, ovládané ze skříně A, pro plynulou regulaci posuvu od 0 do 500 mm/min. Vraccí se rychlostí 8 m/min. Olejové čerpadlo dává stálý tlak asi 7 at. D = motor chladicího oleje 0,3 ks, C = motor tlakového čerpadla 1 ks. Okénkem E v krytu se pozoruje práce.

Hydraulické ovládání se dnes staví jen u soustruhů s krátkými posuvy. Oleje bývá pak hned použito i k upínání součástí.



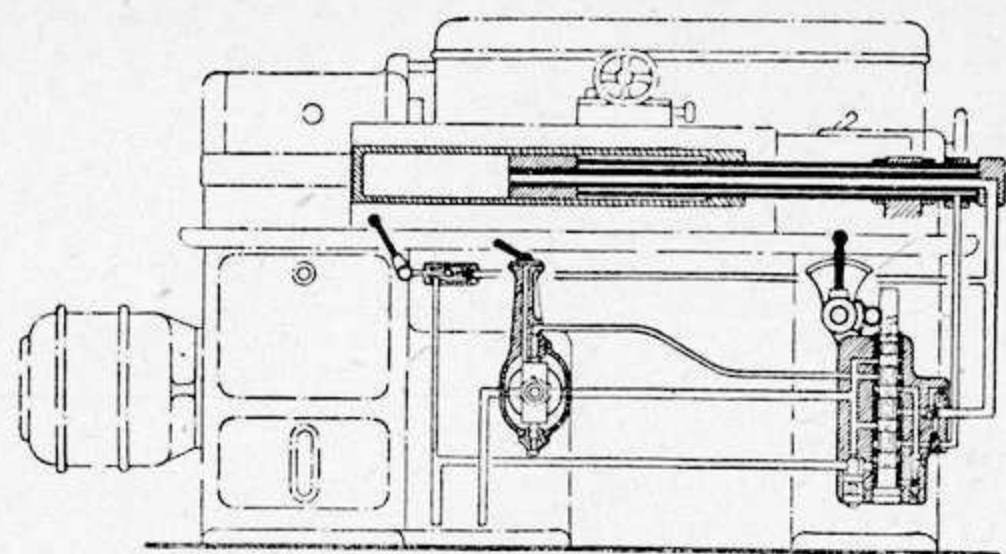
Obr. 433.

Schema rozvodu rychloběžného soustruhu Magdeburg je na *obr. 435*. Podobá se v předchozím popsanému stroji Hollbrook, směr točení je opět

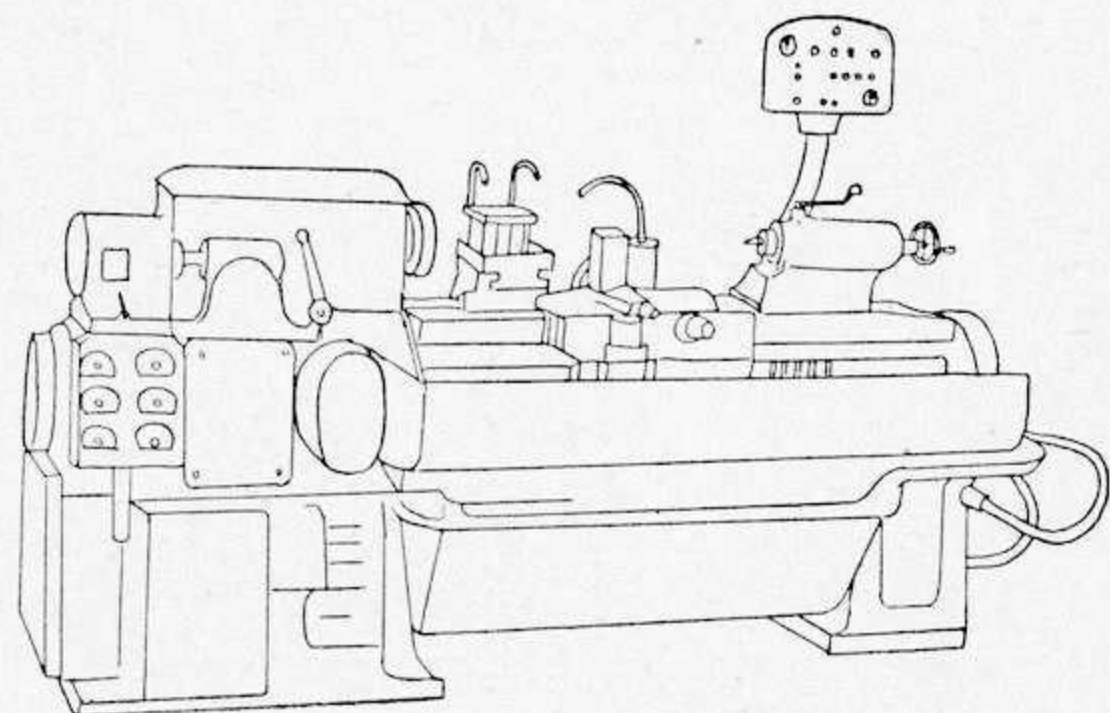


Obr. 434. Elektrohydraulický soustruh.

obrácený proti normálním soustruhům, aby ostrá, plynulá tříska, která velmi rychle běží od břitu z tvrdého kovu, neporanila dělníka. Motor 10 koní žene řemenem vřeteno a čerpadlo pro posuv saní. Posuv podélný od 1 do 35



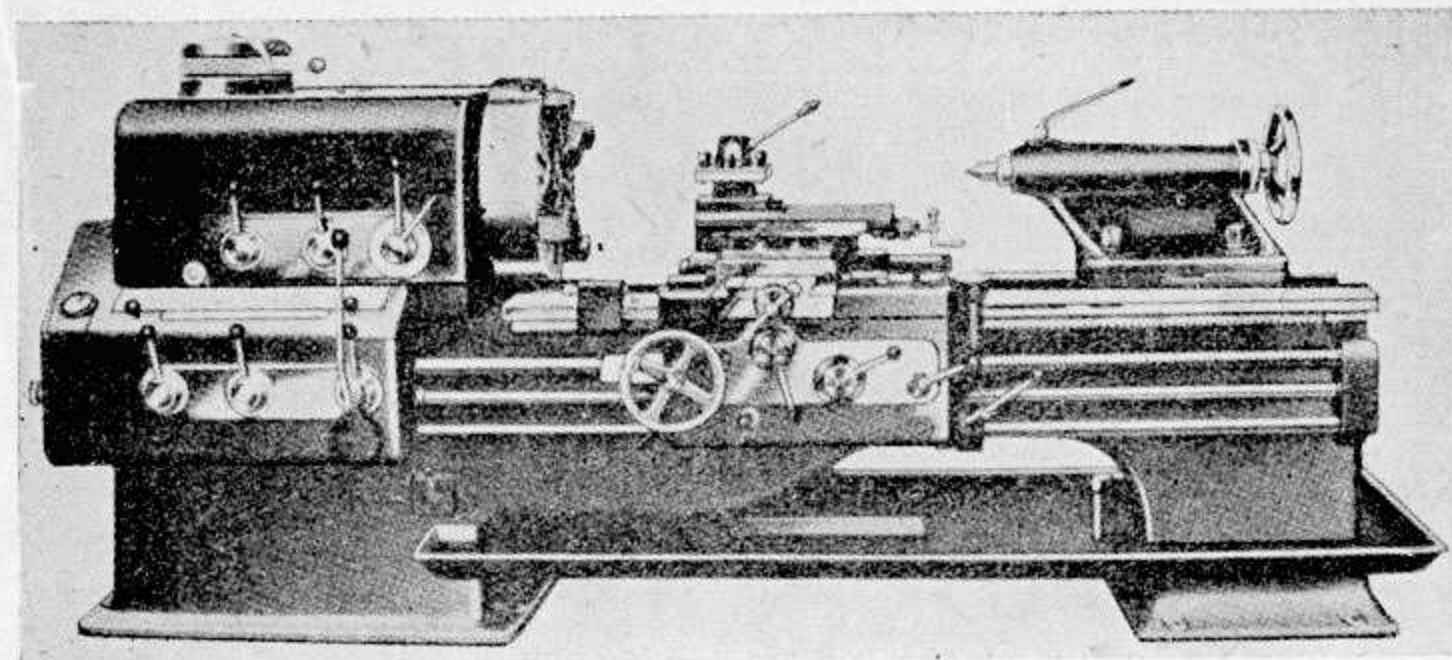
Obr. 435. Hydraulický rozvod rychloběžného soustruhu.



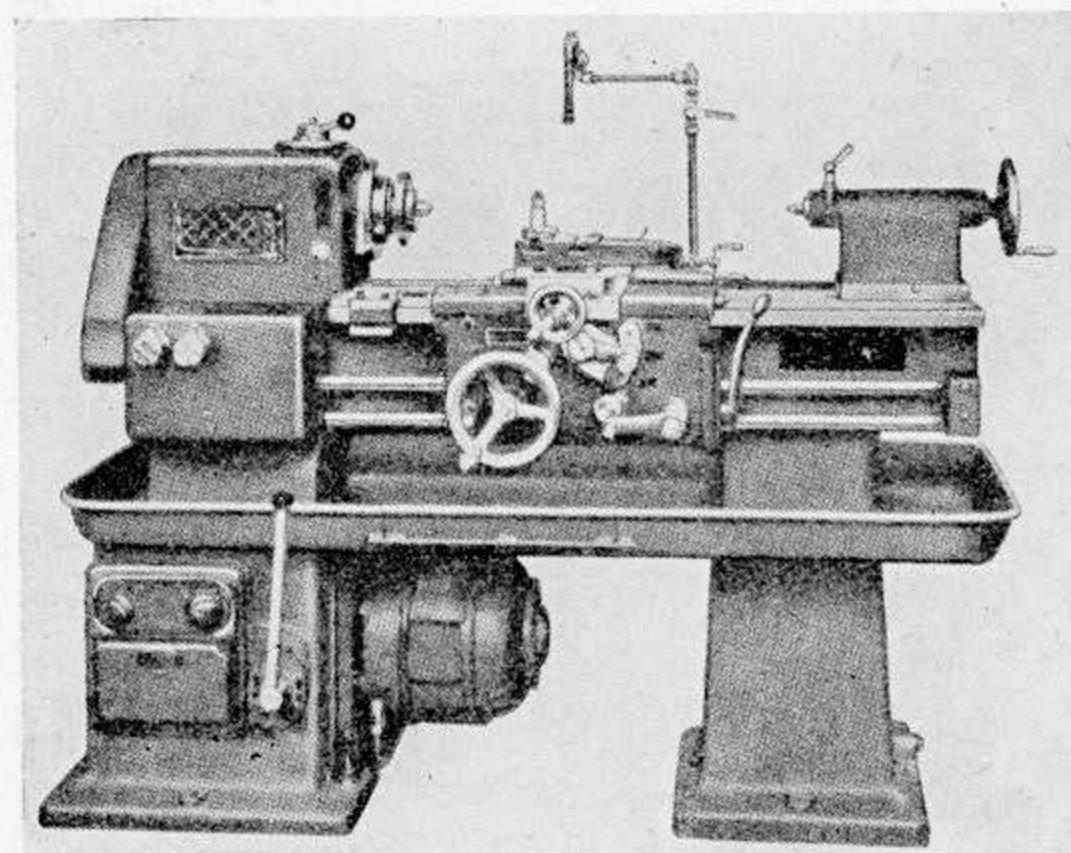
Obr. 436. Soustruh Monarch.

mm/sec., zpět až 6 m/min. Čerpadlo rotační s mnoha písty. Nařízený posuv je stálý i když stoupá řezný odpor. Pákou vpravo je celý stroj ovládán. Vřeteno má 3 stupně rychlostí, od 750 do 3000 nebo až 6000 ot./min. V hrotu koníku na kuličkových ložiskách je thermočlánek, který upozorní na přehřátí signálem. Soustruh je vhodný pro průměry od 2 do 6,5 cm, u měkkých slitin i větší.

Plně elektrisovaný soustruh Monarch (staví Jones Machine Tools Ltd.), ve schematickém náčrtu podle obr. 436, využívá magnetických spojek u všech pohybů. Elektrické dorazy kontrolují průměry i soustružené délky, nikde není použito vaček. Otáčky vřetena od 41 do 610 za min. ve 12 stupních. Kontrolní deska s tlačítky je nad koníkem. Pohyby nožů a rozměry součástí se dají řídit plechovou šablonou, přišroubovanou na saně, a mikrometrickými dorazy.

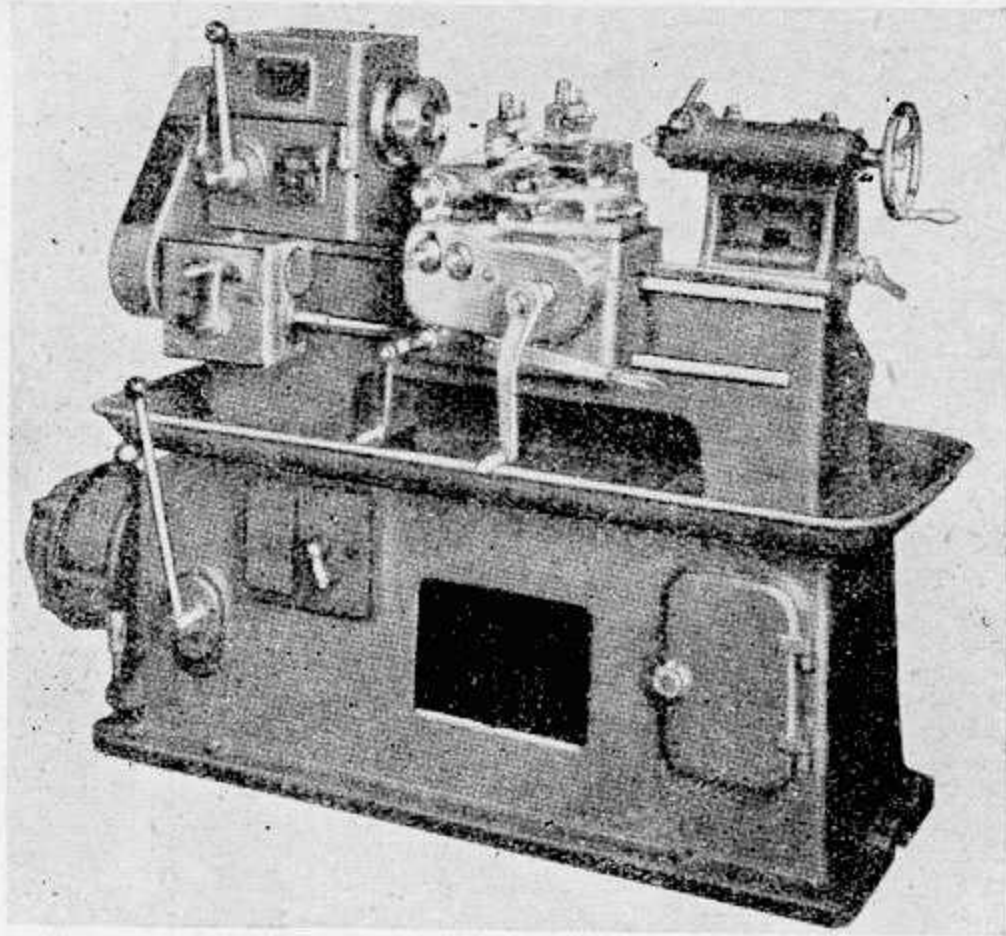


Obr. 437.



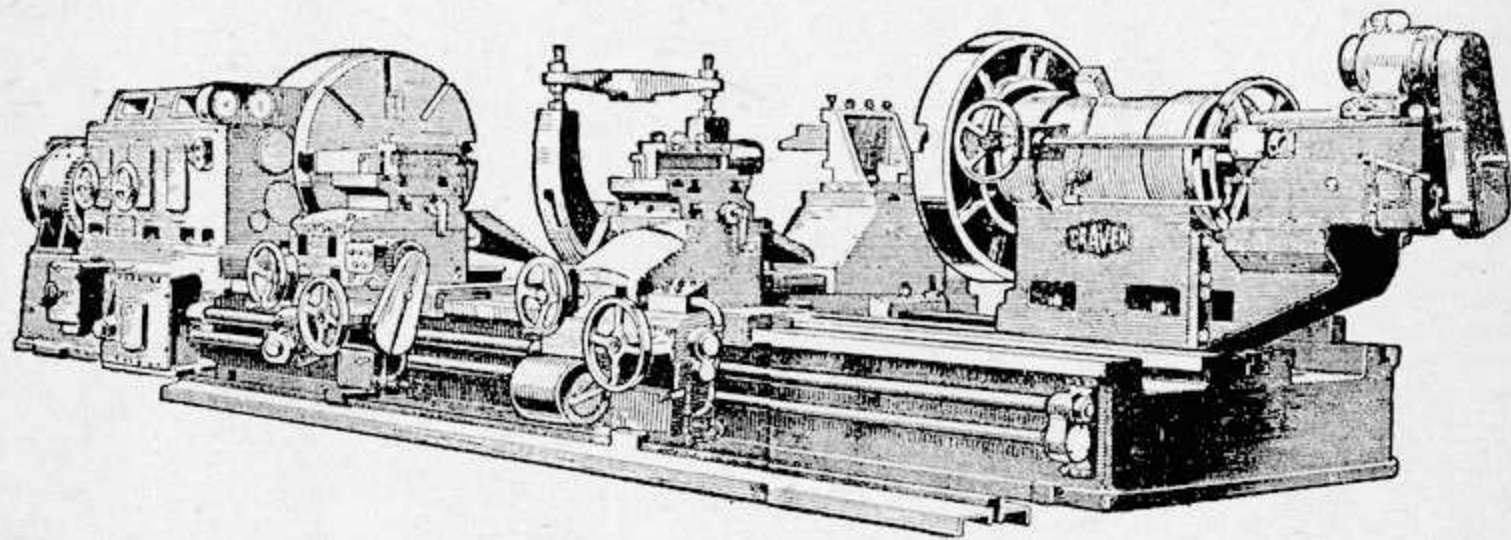
Obr. 438.

Brněnská Zbrojovka a Škodovy závody stavějí nové typy soustruhů, které snesou porovnání s nejmodernějšími zahraničními značkami. Univerzální soustruh Škoda z r. 1940—44 má 32 rychlostí od 9,5 do 1250 ot./min., 88 posuvů od 0,01 do 2,48 mm/ot., příkon 16 kW. Poloautomatický hrabovací soustruh Škoda má na př. 16 rychlostí, od 40 do 400 ot./min., 24 posuvů od 0,02 do 2,5 mm/ot., příkon 36 koní. Starší stroje v dílnách jsou konku-



Obr. 439

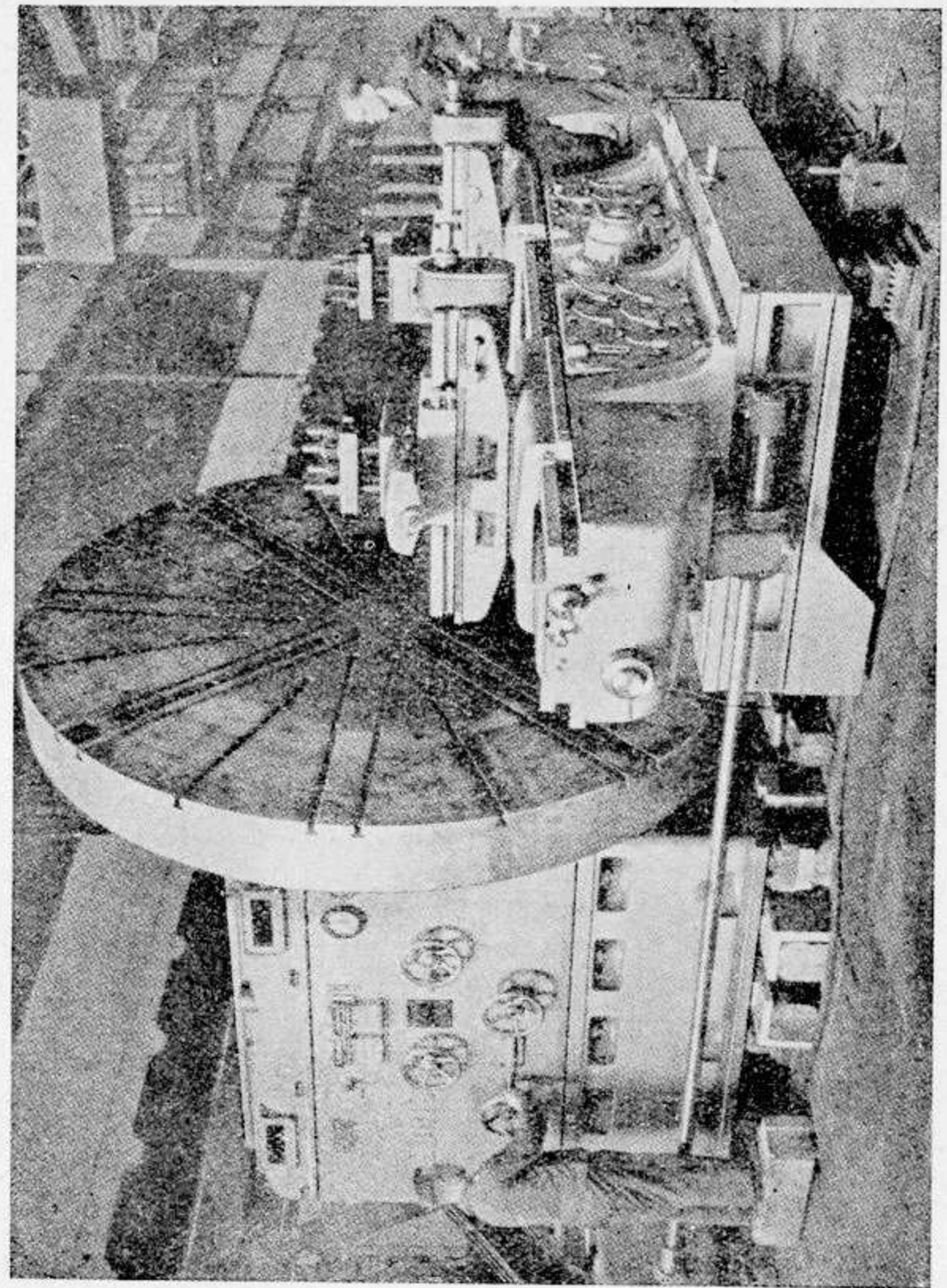
rencí těchto nových silně znehodnoceny, mají výkon *pětkrát* nebo i vícekrát menší (jeden nový soustruh nadělá práce za 5 starých). To může mít vážné



Obr. 440. Velký soustruh Graven na válce.

následky v konkurenční schopnosti: nezbyvá než rychle doplňovat strojní park moderními stroji a nekupovat staré (třeba i dobře zachované)!

Pohled na moderní soustruh s plynulou regulací otáček vřeteníku je na obr. 437.

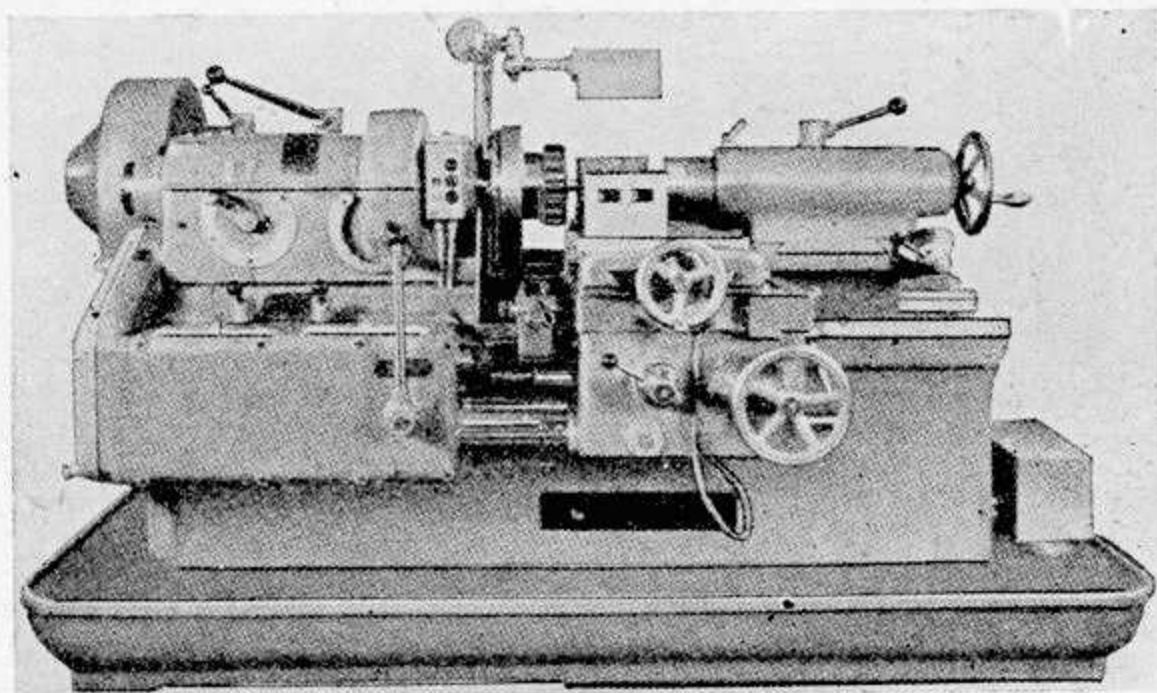


Obr. 441

Malý, rychloběžný soustruh pro práci tvrdými kovy (do 3000 ot/min) je na obr. 438. Rychlostní skříň je v noze u motoru. Produkční soustruh (pro seriovou výrobu) je na obr. 439. Vřeteno má až 3500 ot/min. Zvláštní péče je zde věnována suportu, aby se usnadnilo upínání několika nástrojů. Jedním posuvem pracuje pak co nejvíce nožů současně.

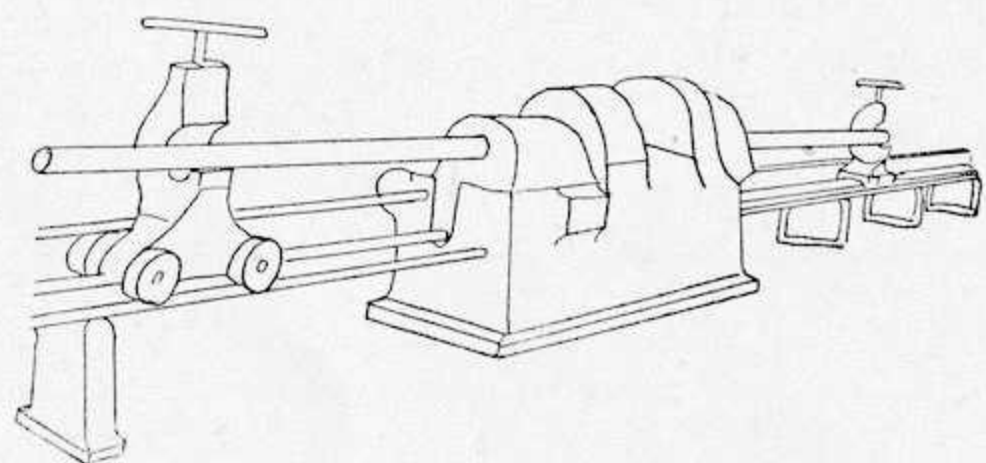
Veliké soustruhy mají motor i přes 120 kW. Na všech hřídelích musí být spojky proti přetížení, v nichž do kolečka zapadá naklínovaná objímka se

zubem, tlačena zpruhou. Při přetížení zub přeskakuje. Aby se ulehčila obsluha, musí být všechny pohyby motorisovány, nejlépe tlačítkovým rozvodem.



Obr. 442

Na obr. 440 je pohled na soustruh Graven, určený k obrábění válců pro válcovny, tvrdými kovy, se třemi suporty. Je to silný hrubovací stroj; válec vážící 26 tun byl obroben za 22 hodin, táž práce trvala na starším stroji



Obr. 443. Moderní universální soustruh.

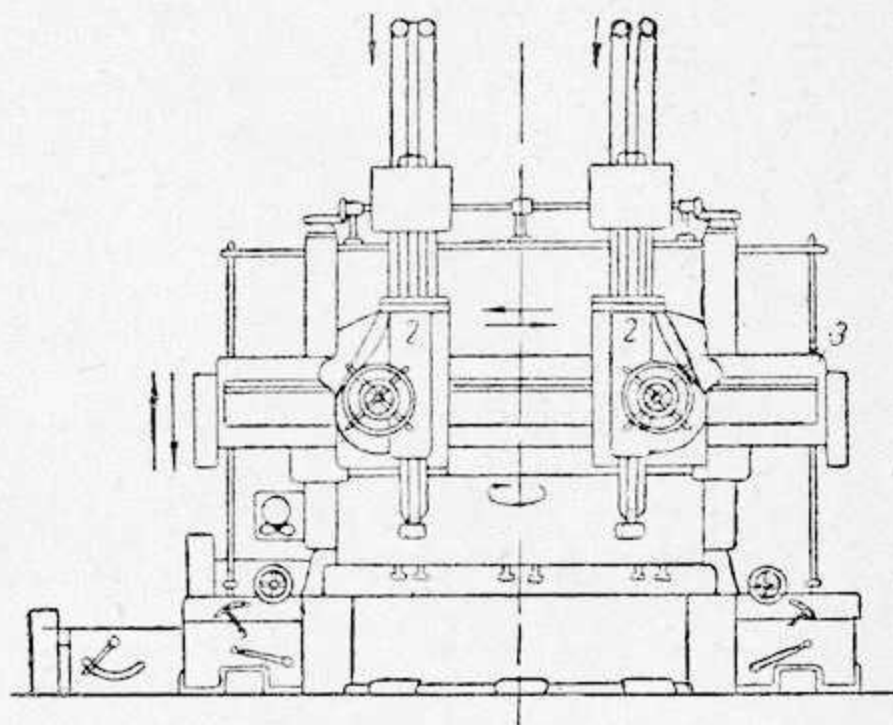
170 hod. Fa Graven postavila už soustruhy vážící přes 330 tun, s motorem 350 koní, pro točnou délku 30 m, se šesti suporty.

Kusé soustruhy, obr. 441, mají význam v těžkém průmyslu při obrábění setrvačnicků, řemenic, lanových bubnů. Před unášecí deskou je v zemi jáma, aby prošly i největší průměry. Posuv je nejčastěji západkou a rohatkou od tyče, vedené v podlaze, aby nevadila součásti.

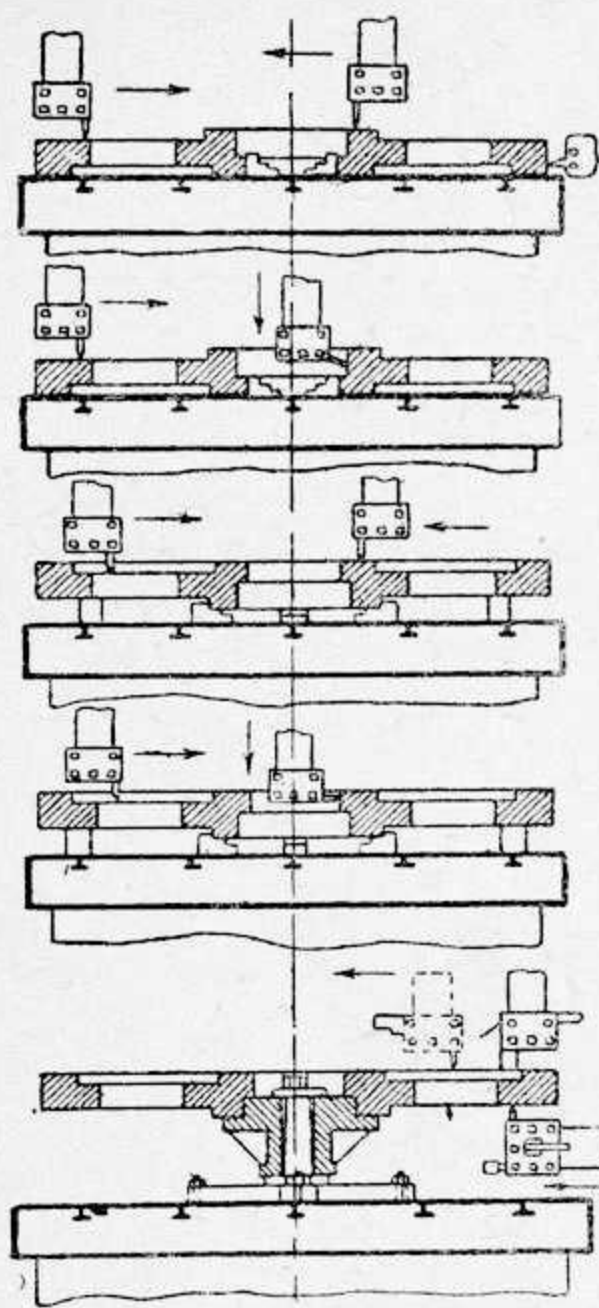
Vícenožové soustruhy, obr. 442, zkracují pracovní čas použitím několika nástrojů (revolvery a automaty zkracují vedlejší časy). Aby se daly nože upnout, musí mít obráběná součást příhodný tvar; nejlépe vyhoví několikrát osazené, delší čepy. Řežeme asi střední rychlostí mezi max. a min. obráběným průměrem; už z toho plyne, že není nutná nějak zvlášť jemná regulace rychlostí, stačí 6 až 8 stupňů. Zato posuvy musí být jemně odstupňovány a mají se dát řídit na každém suportu stroje nezávisle od ostatních. Často se připojují kopírovací zařízení.

Soustruhy na hřídele obrábějí až 10 m dlouhé kusy při poměrně malém průměru. Buď to jsou dlouhé stroje normální konstrukce, s malou výškou hrotů, s náhonem hrotu i v koníku; na suportu jsou 4 nože, dva přední a dva zadní, a luneta, opírající hřídel. Nebo se používá bezhrotých soustruhů, obr. 443, s oběžnými noži, jimiž projde hřídel, opřený na konci na vozíku. Podobné stroje jsou stavěny i na soustružení těžkých zalomených hřídelů. Hřídel stojí, veliká deska s otvorem uprostřed se přes něj posouvá a točí. Na obvodu otvoru jsou nože. Deska je na saních, poháněna se strany, někdy má vedení nahore a dole. Ostatně i na menší zalomené hřídele byly sestrojeny podobné speciální soustruhy; hřídel je na př. uložen na obou koncích v hrotech, s obou konců obráběn najednou řadou nožů, točí jím unášecí deska, upravená uprostřed. Práce je poloautomatická, pro hlazení jsou posuvy samočinně 4krát zmenšeny.

Karusely, obr. 444, slouží k obrábění ještě větších částí, než kusé soustruhy, zvláště těžkých. Upínání na vodorovný stůl, otočný kolem svislé osy, je snadnější. Odpadá hlavně zdoluhavé vyvažování; práce je přesnější. Zdálo by se tedy, že karusely bezpečně vytlačí z dílen kusé soustruhy, a přece to není pravda, protože i kusé soustruhy mají některé výhody: jsou lacinější (to u velkého stroje mnoho znamená, zvláště bude-li používán jen výjimečně, ale ve strojárně musí být, aby mohla vůbec přijímat i velké a tím výhodné zakázky); potřebují k pohonu slabší motory; zvětšením jámy se dají použít i v abnormálních případech (u karuselu to nejde, vadí stojan); třísky lépe odcházejí, i při soustružení malých průměrů; součást je lépe přístupná pro měření. Byl už postaven karusel s průměrem stolu 25 m. Na obr. 444-a je postup při soustružení setrvačnicku na karuselu.



Obr. 444. Karusel se dvěma suporty.

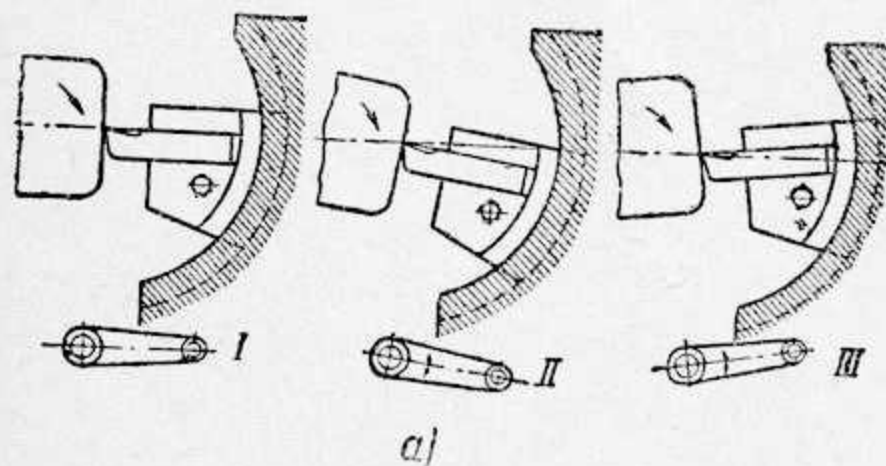


Obr. 444a.

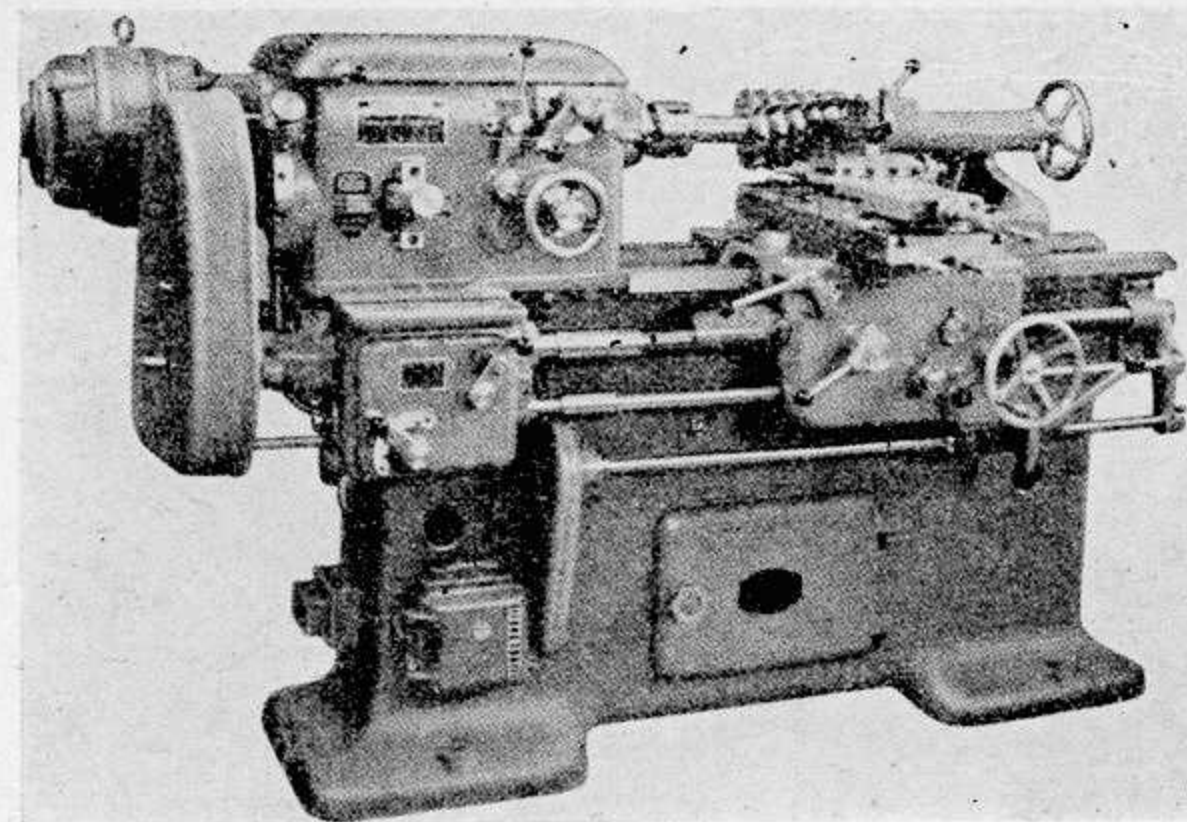
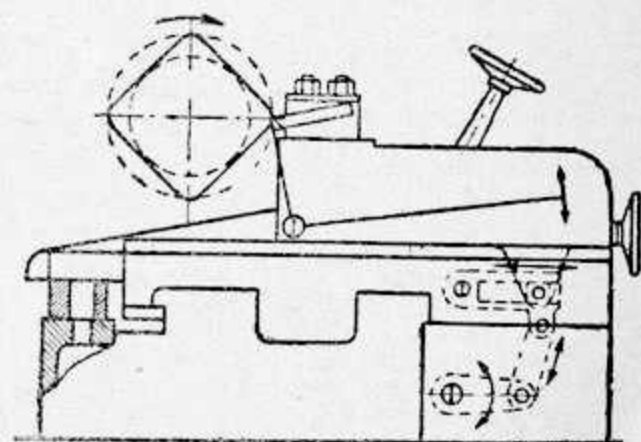
V hutích se používá soustruhů na hrubování povrchu ingotů slitinové oceli; ingoty mívají čtvercový průřez se zaoblenými rohy, suport s nožem kýve a posouvá se tak, aby břit soustružil tento průřez, obr. 445. Ve větších železničních dílnách bychom napočítali aspoň 15 druhů speciálních soustruhů na obrábění párů kol, náprav a jiných částí lokomotiv a vagonů. Specialisovaná továrna na tyto stroje snadno získá zakázky z celého světa, kdežto v konstrukci normálních lehkých obráběcích strojů je konkurence velmi zlá.

Ve skladech materiálu jsou nutné upichovací soustruhy, dále stroje na obrábění trubek (řezání kuželových závitů na koncích, hlazení povrchu, upichování). Ve větších nástrojárnách je nutný universální podtácecí soustruh na frézy, obr. 446. Jeho činnost plyne z obr. 447.

Ostatní speciální konstrukce soustruhů, hlavně automaty, nemůžeme zde probírat; jsou to stroje příliš složité a výklad jejich práce, má-li být prakticky užitečný, se nedá odbyt několika povšechnými popisy. Odkazujeme na větší spisy a instrukční knížky dodavatelů strojů. Nezapomínejme na ruskou literaturu, kde vyšlo o obrábění a obrábě-



Obr. 445

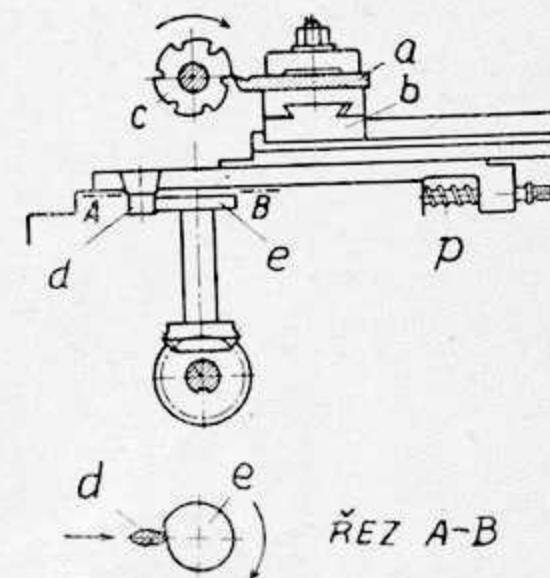


Obr. 446

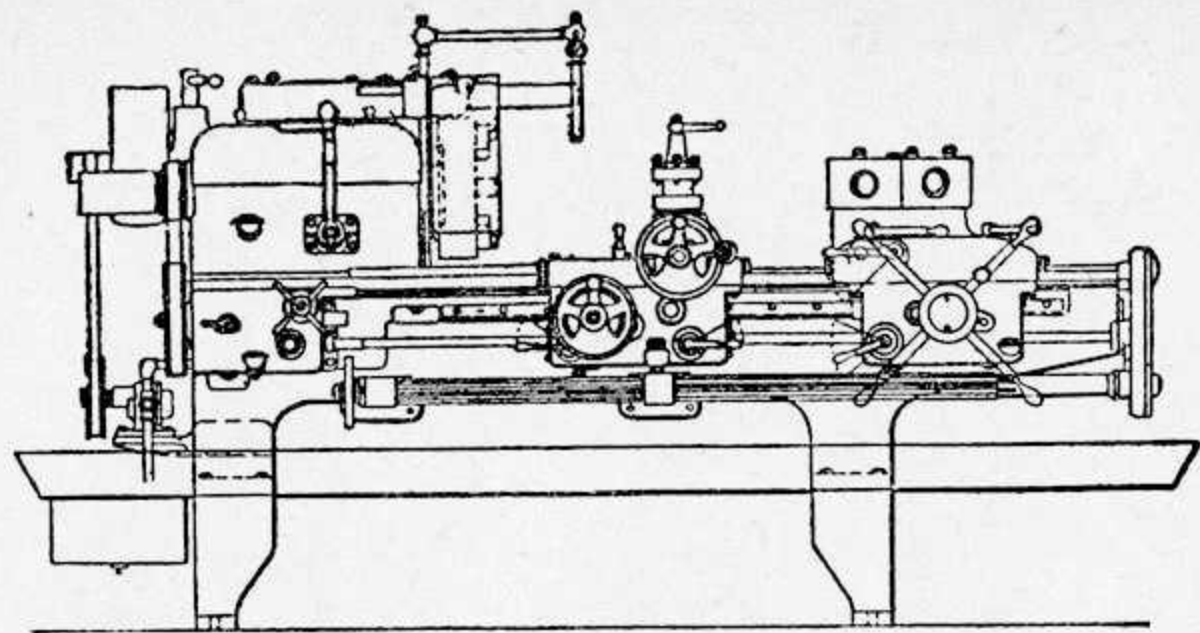
cích strojích mnoho velkých knih. V každém americkém technologickém časopise (na př. Machinery nebo American Machinist) najdete několik set stránek pěkných insertních fotografií a dotazníky, kde stačí vyplnit jméno a zaslat lístek firmě, aby vám poslali přehled moderních obráběcích strojů.

Obsluha revolverových soustruhů, poloautomatů a automatů a hlavně seřizování pro novou práci je zvláštním řemeslem (seřizovač), vyžadujícím podrobné školení. Dosti často se však stává, že přechodem k hromadné výrobě pracuje soustružník i na revolveru. Hlavní rozdíl revolverového soustruhu (obr. 448) proti obyčejnému je v tom, že místo koníku je otočná nástrojová hlava. V ní je stále upnuto několik nástrojů, po skončení práce jednoho hlavou otočíme a pracujeme dalším. Aby byly nástroje ve správné poloze, jsou v různých nastavech a držácích, jak ukazuje obr. 449.

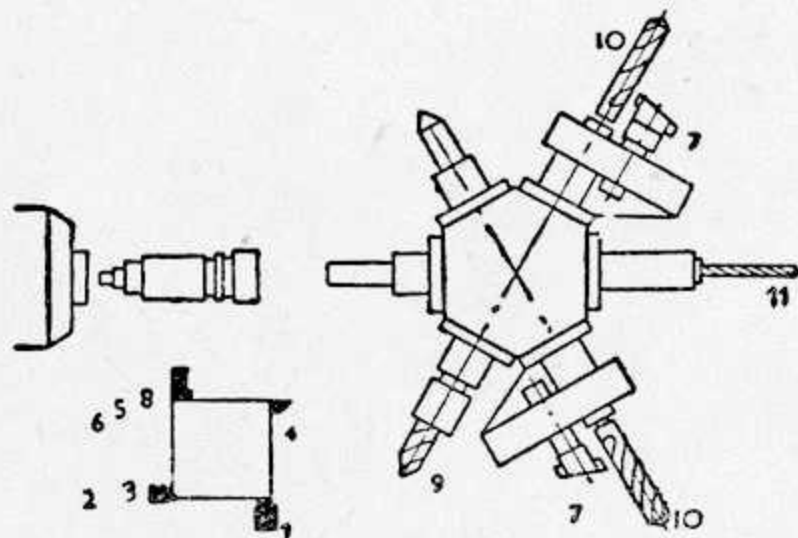
Je zde nakreslena úprava nástrojů pro výrobu pouzdra, o němž už byla řeč na



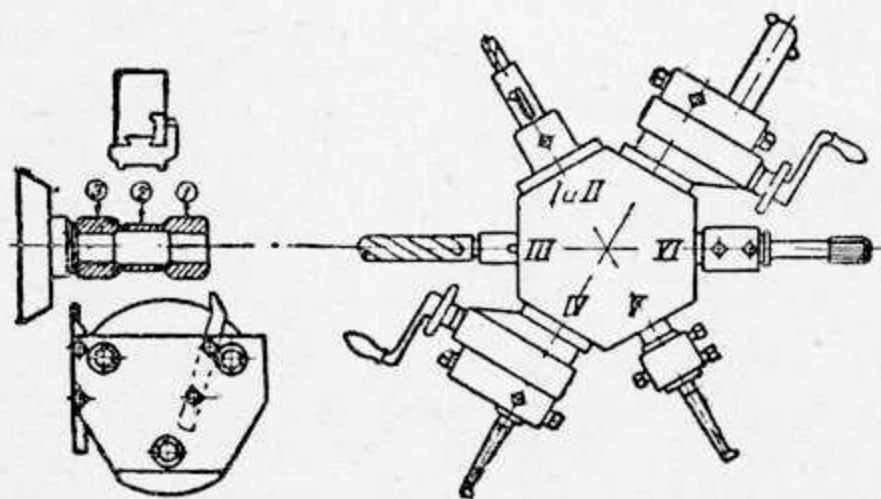
Obr. 447. Činnost podtácecího soustruhu. a podtácecí nůž, často tvarový (viz též obr. 349); b suport; c podtáčená fréza, pomalu se otáčející; d kluzátko tlačící na vačku; e podtáčení vačka, určující velikost podtočení, t. j. zdvih suportu b s nožem a; p zpruha, vracející suport. Na každý zub frézy c se vačka e otočí jednou, suport je i s nožem posunut do záběru a v mezeře mezi zuby skočí zpět.



Obr. 448.



Obr. 449. Úprava nástrojů na revolverovém soustruhu.

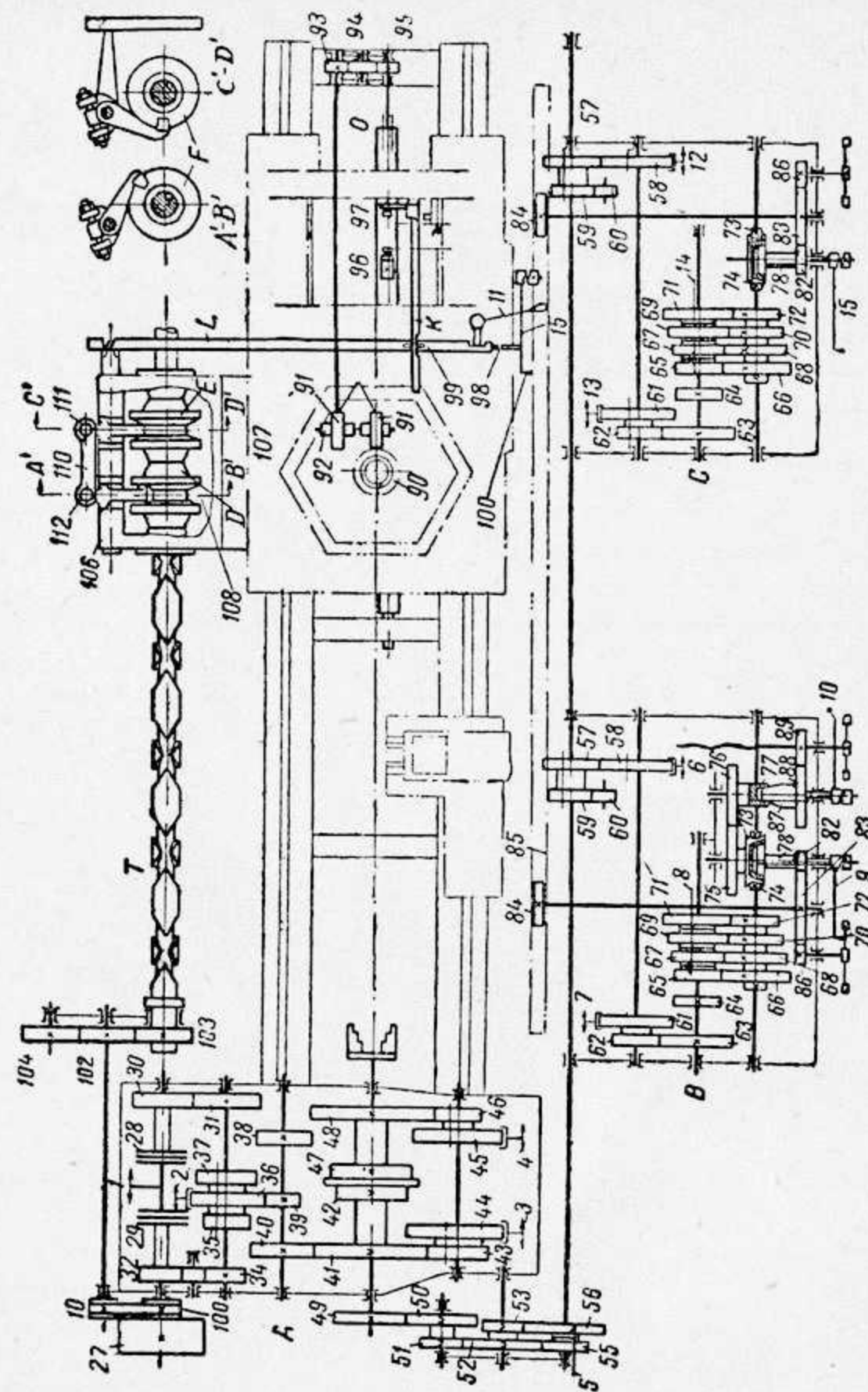


Obr. 450. Složitější nástroje v hlavě revolveru.

obr. 179-a. Také na saních je nožová hlava se čtyřmi noži, čísla značí operace. Při vrtání 10 se současně soustruží. Na soustruhu obr. 179-a trvala práce 60 min, zde na revolveru 23 minut.

V otvorech hlavy mohou být upínány i malé pomocné suporty nebo i složitější nástrojové držáky, jak ukazuje obr. 450.

Moderní revolver je složitější než soustruh; plyne to i ze schéma převodů, obr. 451. Je zde kreslen univerzální revolverový soustruh sovětské konstrukce pro práci v tyčích i v univěrsále. Rychlostní skříň A dává 12 rychlostí vpřed a 12 zpět. Podávací hřídel má převodem 52/56 nebo 53/56 dvě rychlosti pro každou rychlost vřetena. Posouvá podélně hlavu i příčný suport. Příčný



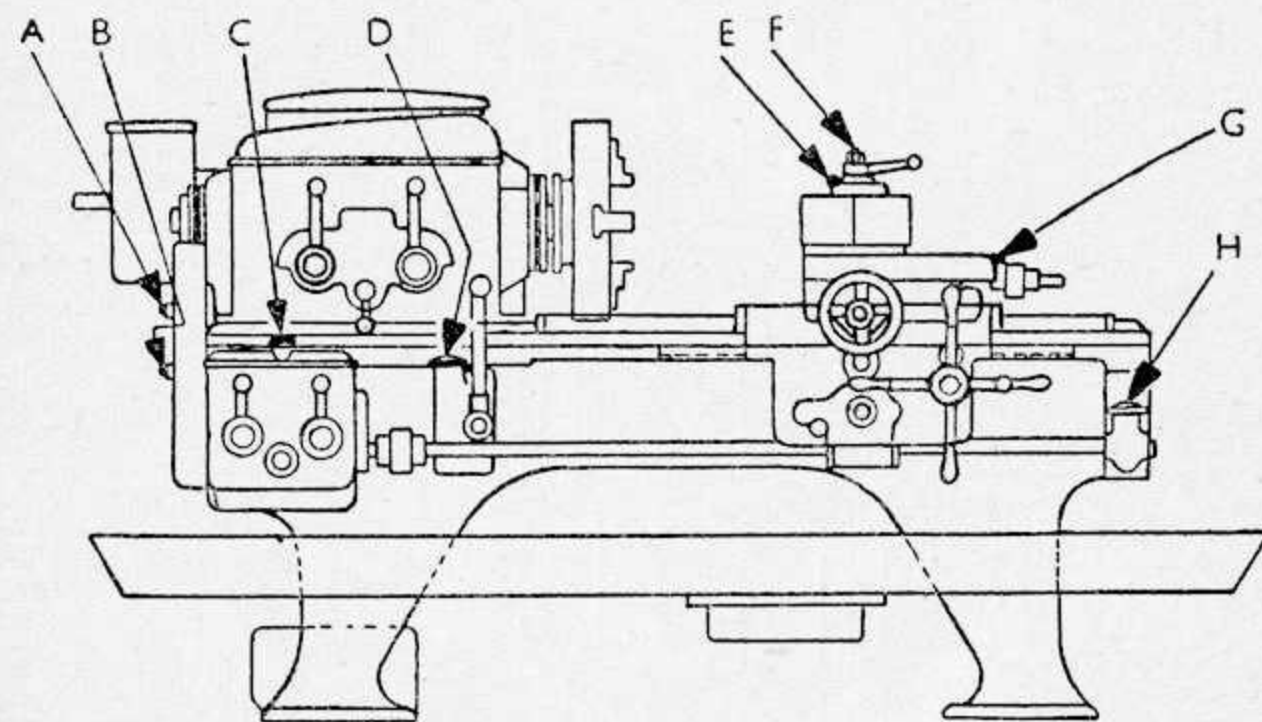
suport má převodovou skříň B, hlava skříň C, každá pro osm rychlostí. Šroub T s pravým a levým závitem o stoupání 75 mm slouží k rychlému pohybu a vracení revolverové hlavy. Matice D má pravý, E levý závit.

Podrobnější popis funkce mechanismů již vychází z rámce tohoto spisu,

Obr. 451. Schéma revolveru.

bude mu později věnován speciální svazek, pojednávající jen o práci na revolverech a automatech.

Mazání soustruhů nutno věnovat zvýšenou péči, hlavně u starších strojů. Nad každou mazačí dírkou upravíme víčko na pružince, nejlépe zaražením koupené, hotové mazničky s víčkem. Nečistotami a třískami, hlavně pra-

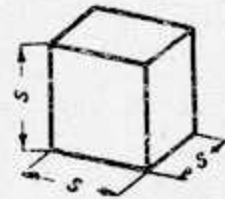
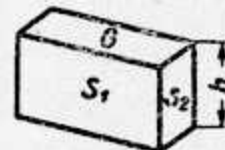

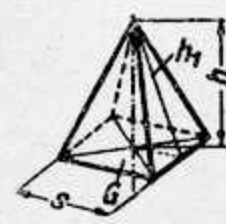


Obr. 452.

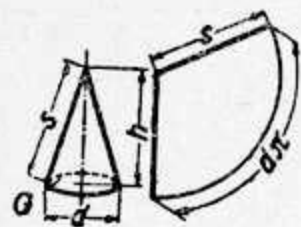
chem při soustružení litiny, které vnikají do ložisek, se stroj rychle ničí. Oleji také škodí přímý styk se vzduchem a světlem. Do dírek upravíme aspoň kovové zátky s vroubkovanými hlavičkami. Dodavatel stroje přikládá k novému soustruhu návod k mazání s náčrtem, kde mazat, na př. podle obr. 452. Je to náčrt vrtacího revolverového soustruhu Lang. Písmena značí maznice: A, B do ozubení, C převodová skříň, D spouštěcí mechanism, E, F nástrojová revolverová hlava, G suport, H ložisko vodícího hřídele.

POČETNÍ A TECHNICKÉ TABULKY

Uvedeno je jen několik nejdůležitějších tabulek, nutných při výpočtech, o nichž bylo v předchozích oddílech pojednáno. Ve většině případů, s nimiž se soustružník v praxi setká, plně postačí. Mnohem podrobnější soubor tabulek a různých údajů pro praxi najdete v Technické příručce, B. Dobrovolný (skoro 1000 stran).

Objemy a povrchy těles: V = objem, P = povrch.		
 <p>Krychle</p>	$V = \text{strana}^3$ $V = s \cdot s \cdot s = s^3$	$P = 6 \cdot \text{strana}^2$ $P = 6s^2$
	Příklad: $s = 5 \text{ cm}$;	
	$V = 5 \cdot 5 \cdot 5 = \underline{125 \text{ cm}^3}$	$P = 6 \cdot 5 \cdot 5 = \underline{150 \text{ cm}^2}$
 <p>Hranol</p>	$V = \text{základna} \times \text{výška}$ $V = G \cdot h$	$P = \text{součet povrchů}$ $P = 2S_1 + 2S_2 + 2G$ $= 2(S_1 + S_2 + G)$
	Př. $G = 28 \text{ cm}^2, h = 5 \text{ cm}$; $V = 28 \cdot 5 = \underline{140 \text{ cm}^3}$	
 <p>Válec</p>	$V = \text{základna} \times \text{výška}$ $V = G \cdot h = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot h$	$\text{Plášť} = \text{obvod} \times \text{výška}$ (u rovného válce) $M = d \pi \cdot h$
	Příklad: $d = 8 \text{ cm}, h = 10 \text{ cm}$;	
	G (viz tab.) = $50,27 \text{ cm}^2$, $V = 50,27 \cdot 10 = \underline{502,7 \text{ cm}^3}$	$d \pi$ (viz tab.) = $25,13 \text{ cm}$, $M = 25,13 \cdot 10 = \underline{251,3 \text{ cm}^2}$
 <p>Jehlan</p>	$V = \frac{1}{3} \cdot \text{zákl.} \times \text{výška}$ $V = \frac{1}{3} G \cdot h$	$P = \text{součet povrchů}$ ($\triangle \triangle \triangle \triangle + \text{základna}$) je-li $G = \text{čtverec}$, je $h_1 = \sqrt{h^2 + \frac{s^2}{4}}$
	Př. $G = 25 \text{ cm}^2, h = 8 \text{ cm}$; $V = \frac{1}{3} \cdot 25 \cdot 8 = \underline{66,7 \text{ cm}^3}$	

Objemy a povrchy těles: V = objem,
 P = povrch.



Kužel

$$V = \frac{1}{3} \cdot \text{zákl.} \times \text{výška}$$

$$V = \frac{1}{3} G \cdot h = \frac{1}{3} \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot h$$

Př.: $d = 6 \text{ cm}$, $h = 10 \text{ cm}$;
 G (viz tab.) = $28,27 \text{ cm}^2$,
tedy

$$V = \frac{1}{3} \cdot 28,27 \cdot 10 = \underline{94,2 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Plášť} = \frac{1}{2} \text{obvod} \times \text{výška } s$$

(= strana).

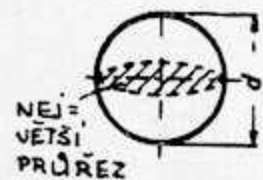
Pro rovný kužel:

$$M = \frac{1}{2} d \pi \cdot s, \text{ je } s = \sqrt{h^2 + \frac{d^2}{4}}$$

$$l\pi \text{ (viz tab.)} = 18,85 \text{ cm}$$

$$s = \sqrt{100 + 9} = 10,44 \text{ cm}$$

$$M = \frac{1}{2} \cdot 18,85 \cdot 10,44 = \underline{98,4 \text{ cm}^2}$$



Koule

$$V = \frac{2}{3} \cdot \text{nejv. průřez} \times$$

× průměr,

$$V = \frac{2}{3} \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot d = \frac{d^3 \pi}{6}$$

Příklad: $d = 12 \text{ cm}$;

$$V = \frac{1}{6} \cdot 12 \cdot 12 \cdot 12 \pi = 288\pi$$

$$= \underline{904,8 \text{ cm}^3}$$

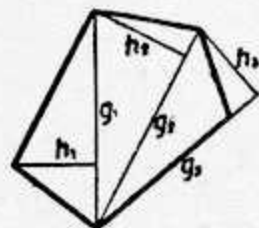
$$P = 4 \cdot \text{nejv. průřez.}$$

$$P = 4 \cdot \frac{d^2 \pi}{4} = d^2 \pi$$

$$P = 12 \cdot 12 \pi = 144\pi$$

$$= \underline{452,4 \text{ cm}^2}$$

Výpočty ploch F :



Nepravidelný mnohoúhelník

Rozloží se na $\triangle \triangle$ o základnách g_1, g_2 a výškách h_1, h_2, \dots . Plocha = součet $\triangle \triangle$

$$F = \frac{1}{2} (g_1 h_1 + g_2 h_2 + \dots)$$

Příkl.: $g_1 = 21 \text{ m}$, $g_2 = 22 \text{ m}$, $g_3 = 17 \text{ m}$,
 $h_1 = 8 \text{ m}$; $h_2 = 10 \text{ m}$; $h_3 = 9 \text{ m}$;

$$F = \frac{1}{2} (21 \cdot 8 + 22 \cdot 10 + 17 \cdot 9) = \underline{270,5 \text{ m}^2}$$



Kruh

Obvod = průměr $\times \pi$

$$U = d \cdot \pi = 2r \cdot \pi$$

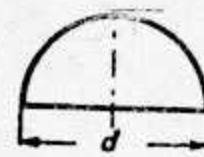
Plocha = průměr \times průměr $\times \frac{\pi}{4}$

$$F = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \text{ neb } F = r^2 \cdot \pi$$

Příkl.: $d = 5 \text{ cm}$; $U = 5 \cdot 3,14 = \underline{15,7 \text{ cm}}$

$$F = \frac{5 \cdot 5 \cdot 3,14}{4} = \underline{19,6 \text{ cm}^2}$$

Výpočty ploch

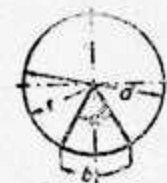


Půlkruh

Plocha = průměr \times průměr $\times \frac{\pi}{8}$

$$F = \frac{d^2 \pi}{8} \text{ nebo } F = \frac{r^2 \pi}{2}$$

Příklad: $d = 6 \text{ cm}$; $F = \frac{6 \cdot 6 \cdot 3,14}{8} = \underline{14,1 \text{ cm}^2}$

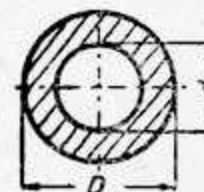


Kruhový výsek

Plocha = $\frac{1}{2} \times$ délka oblouku \times poloměr

$$F = \frac{b \cdot r}{2}; \text{ délka oblouku } b = \frac{d \pi}{360^\circ} \cdot \alpha^\circ$$

Příklad: $d = 12 \text{ cm}$, $F = \frac{12 \cdot 3,14 \cdot 50^\circ}{360^\circ} \cdot \frac{6}{2} = \underline{15,7 \text{ cm}^2}$
 $\alpha = 50^\circ$;



Mezikruží

Plocha = plocha velkého kruhu – plocha malého kruhu

$$F = \frac{D^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

Příklad: $D = 10 \text{ cm}$, $F = \frac{3,14}{4} \cdot (10 \cdot 10 - 6 \cdot 6) =$
 $d = 6 \text{ cm}$; $\underline{50,24 \text{ cm}^2}$



Elipsa

Plocha = velká osa \times malá osa $\times \pi : 4$

$$F = \frac{D \cdot d \cdot \pi}{4} \text{ nebo } F = R \cdot r \cdot \pi$$

Příklad: $D = 10 \text{ cm}$, $F = \frac{10 \cdot 5 \cdot 3,14}{4} = \underline{39,25 \text{ cm}^2}$
 $d = 5 \text{ cm}$;

Příklady výpočtů objemů a váhy.

V předchozím přehledu vzorců jsou také uvedeny číselné příklady výpočtu. Objem tělesa je značen V , váha Q .

Měrná váha (specifická váha) γ udává, kolik kg váží 1 dm³ objemu. Je na př. u litiny 7,3 kg/dm³, čili 1 litr = 1 dm³ litiny váží 7,3 kg (víme, že 1 l vody váží 1 kg). Má-li odlitek objem 10 dm³, váží $Q = 10 \cdot 7,3 = 73 \text{ kg} = V \cdot \gamma$; 1 dm³ = 10 · 10 · 10 = 1000 cm³.

Váží-li odlitek 21,9 kg, má objem

$$V = Q : \gamma = 21,9 : 7,3 = 3 \text{ dm}^3.$$

Příklad 1. Ocel má měrnou váhu $\gamma = 7,8$. Kolik váží metr tyčové oceli o průřezu 5×5 cm?

Objem $V = 5 \cdot 5 \cdot 100 = 2500 \text{ cm}^3 = 2,5 \text{ dm}^3$;
váha $Q = V \cdot \gamma = 2,5 \cdot 7,8 = 19,5 \text{ kg}$.

Příklad 2. Hřídel průměru 80 mm je dlouhý 3 m; je z oceli. Kolik váží? G = základna, kruh průměru 8 cm.

Objem $V = G \cdot h = 50,27 \cdot 300 = 15\,081 \text{ cm}^3 = 15,08 \text{ dm}^3$;
váha $Q = V \cdot \gamma = 15,08 \cdot 7,8 = 117,6 \text{ kg}$.

Příklad 3. Použitím tabulek ploch kruhů máme určit váhu litinového sloupu, vysokého 2 m; je dutý; vnější průměr 10 cm, vnitřní průměr 6 cm.

Plocha kruhu o průměru 10 je . . . 78,5 cm².

Plocha kruhu o průměru 6 je . . . 28,2 cm².

Plocha základny G odečtením. . . 50,3 cm².

Objem $V = G \cdot h = 50,3 \cdot 200 = 10\,060 \text{ cm}^3 = 10,06 \text{ dm}^3$.

Váha $Q = V \cdot \gamma = 10,06 \cdot 7,3 = 73,4 \text{ kg}$.

Čtverce (n^2) čísel 1,00 → 4,99

Příklady:

- $4,56^2 = 20,79$ (řádek 4,5, sloupec 6); $8,75^2 = 76,56$
- $45,6^2 = 4,56^2 \cdot 10^2 = 20,79 \cdot 100 = 2079$
- $456^2 = 4,56^2 \cdot 100^2 = 20,79 \cdot 10\,000 = 207\,900$
- $0,456^2 = 4,56^2 \cdot (1/10)^2 = 20,79 \cdot 1/100 = 0,2079$
- $4,565^2 = 20,84$ uprostřed mezi $20,79 = 4,56^2$ a $20,88 = 4,57^2$
- $4,568^2 = 20,79$ | $4,568^2$ leží při 0,8 mezi $20,79$ a $20,88$
+ 7 | posl. místo = 9, zde tedy $0,8 \times 9 = 7,2 \div 7$
20,86
- $\sqrt{20,79} = 4,56$; $\sqrt{20,84} = 4,565$; $\sqrt{20,86} = 4,568$

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,0	1,000	1,020	1,040	1,061	1,082	1,103	1,124	1,145	1,166	1,188
1,1	1,210	1,232	1,254	1,277	1,300	1,323	1,346	1,369	1,392	1,416
1,2	1,440	1,464	1,488	1,513	1,538	1,563	1,588	1,613	1,638	1,664
1,3	1,690	1,716	1,742	1,769	1,796	1,823	1,850	1,877	1,904	1,932
1,4	1,960	1,988	2,016	2,045	2,074	2,103	2,132	2,161	2,190	2,220
1,5	2,250	2,280	2,310	2,341	2,372	2,403	2,434	2,465	2,496	2,528
1,6	2,560	2,592	2,624	2,657	2,690	2,723	2,756	2,789	2,822	2,856
1,7	2,890	2,924	2,958	2,993	3,028	3,063	3,098	3,133	3,168	3,204
1,8	3,240	3,276	3,312	3,349	3,386	3,423	3,460	3,497	3,534	3,572
1,9	3,610	3,648	3,686	3,725	3,764	3,803	3,842	3,881	3,920	3,960
2,0	4,000	4,040	4,080	4,121	4,162	4,203	4,244	4,285	4,326	4,368
2,1	4,410	4,452	4,494	4,537	4,580	4,623	4,666	4,709	4,752	4,796
2,2	4,840	4,884	4,928	4,973	5,018	5,063	5,108	5,153	5,198	5,244
2,3	5,290	5,336	5,382	5,429	5,476	5,523	5,570	5,617	5,664	5,712
2,4	5,760	5,808	5,856	5,905	5,954	6,003	6,052	6,101	6,150	6,200
2,5	6,250	6,300	6,350	6,401	6,452	6,503	6,554	6,605	6,656	6,708
2,6	6,760	6,812	6,864	6,917	6,970	7,023	7,076	7,129	7,182	7,236
2,7	7,290	7,344	7,398	7,453	7,508	7,563	7,618	7,673	7,728	7,784
2,8	7,840	7,896	7,952	8,009	8,066	8,123	8,180	8,237	8,294	8,352
2,9	8,410	8,468	8,526	8,585	8,644	8,703	8,762	8,821	8,880	8,940
3,0	9,000	9,060	9,120	9,181	9,242	9,303	9,364	9,425	9,486	9,548
3,1	9,610	9,672	9,734	9,797	9,860	9,923	9,986	10,05	10,11	10,18
3,2	10,24	10,30	10,37	10,43	10,50	10,56	10,63	10,69	10,76	10,82
3,3	10,89	10,96	11,02	11,09	11,16	11,22	11,29	11,36	11,42	11,49
3,4	11,56	11,63	11,70	11,76	11,83	11,90	11,97	12,04	12,11	12,18
3,5	12,25	12,32	12,39	12,46	12,53	12,60	12,67	12,74	12,82	12,89
3,6	12,96	13,03	13,10	13,18	13,25	13,32	13,40	13,47	13,54	13,62
3,7	13,69	13,76	13,84	13,91	13,99	14,06	14,14	14,21	14,29	14,36
3,8	14,44	14,52	14,59	14,67	14,75	14,82	14,90	14,98	15,05	15,13
3,9	15,21	15,29	15,37	15,44	15,52	15,60	15,68	15,76	15,84	15,92
4,0	16,00	16,08	16,16	16,24	16,32	16,40	16,48	16,56	16,65	16,73
4,1	16,81	16,89	16,97	17,06	17,14	17,22	17,31	17,39	17,47	17,56
4,2	17,64	17,72	17,81	17,89	17,98	18,06	18,15	18,23	18,32	18,40
4,3	18,49	18,58	18,66	18,75	18,84	18,92	19,01	19,10	19,18	19,27
4,4	19,36	19,45	19,54	19,62	19,71	19,80	19,89	19,98	20,07	20,16
4,5	20,25	20,34	20,43	20,52	20,61	20,70	20,79	20,88	20,98	21,07
4,6	21,16	21,25	21,34	21,44	21,53	21,62	21,72	21,81	21,90	22,00
4,7	22,09	22,18	22,28	22,37	22,47	22,56	22,66	22,75	22,85	22,94
4,8	23,04	23,14	23,23	23,33	23,43	23,52	23,62	23,72	23,81	23,91
4,9	24,01	24,11	24,21	24,30	24,40	24,50	24,60	24,70	24,80	24,90

Čtverce $(n)^2$ čísel 5,00 → 9,99

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5,0	25,00	25,10	25,20	25,30	25,40	25,50	25,60	25,70	25,81	25,91
5,1	26,01	26,11	26,21	26,32	26,42	26,52	26,63	26,73	26,83	26,94
5,2	27,04	27,14	27,25	27,35	27,46	27,56	27,67	27,77	27,88	27,98
5,3	28,09	28,20	28,30	28,41	28,52	28,62	28,73	28,84	28,94	29,05
5,4	29,16	29,27	29,38	29,48	29,59	29,70	29,81	29,92	30,03	30,14
5,5	30,25	30,36	30,47	30,58	30,69	30,80	30,91	31,02	31,14	31,25
5,6	31,36	31,47	31,58	31,70	31,81	31,92	32,04	32,15	32,26	32,38
5,7	32,49	32,60	32,72	32,83	32,95	33,06	33,18	33,29	33,41	33,52
5,8	33,64	33,76	33,87	33,99	34,11	34,22	34,34	34,46	34,57	34,69
5,9	34,81	34,93	35,05	35,16	35,28	35,40	35,52	35,64	35,76	35,88
6,0	36,00	36,12	36,24	36,36	36,48	36,60	36,72	36,84	36,97	37,09
6,1	37,21	37,33	37,45	37,58	37,70	37,82	37,95	38,07	38,19	38,32
6,2	38,44	38,56	38,69	38,81	38,94	39,06	39,19	39,31	39,44	39,56
6,3	39,69	39,82	39,94	40,07	40,20	40,32	40,45	40,58	40,70	40,83
6,4	40,96	41,09	41,22	41,34	41,47	41,60	41,73	41,86	41,99	42,12
6,5	42,25	42,38	42,51	42,64	42,77	42,90	43,03	43,16	43,30	43,43
6,6	43,56	43,69	43,82	43,96	44,09	44,22	44,36	44,49	44,62	44,76
6,7	44,89	45,02	45,16	45,29	45,43	45,56	45,70	45,83	45,97	46,10
6,8	46,24	46,38	46,51	46,65	46,79	46,92	47,06	47,20	47,33	47,47
6,9	47,61	47,75	47,89	48,02	48,16	48,30	48,44	48,58	48,72	48,86
7,0	49,00	49,14	49,28	49,42	49,56	49,70	49,84	49,98	50,13	50,27
7,1	50,41	50,55	50,69	50,84	50,98	51,12	51,27	51,41	51,55	51,70
7,2	51,84	51,98	52,13	52,27	52,42	52,56	52,71	52,85	53,00	53,14
7,3	53,29	53,44	53,58	53,73	53,88	54,02	54,17	54,32	54,46	54,61
7,4	54,76	54,91	55,06	55,20	55,35	55,50	55,65	55,80	55,95	56,10
7,5	56,25	56,40	56,55	56,70	56,85	57,00	57,15	57,30	57,46	57,61
7,6	57,76	57,91	58,06	58,22	58,37	58,52	58,68	58,83	58,98	59,14
7,7	59,29	59,44	59,60	59,75	59,91	60,06	60,22	60,37	60,53	60,68
7,8	60,84	61,00	61,15	61,31	61,47	61,62	61,78	61,94	62,09	62,25
7,9	62,41	62,57	62,73	63,88	63,04	63,20	63,36	63,52	63,68	63,84
8,0	64,00	64,16	64,32	64,48	64,64	64,80	64,96	65,12	65,29	65,45
8,1	65,61	65,77	65,93	66,10	66,26	66,42	66,59	66,75	66,91	67,08
8,2	67,24	67,40	67,57	67,73	67,90	68,06	68,23	68,39	68,56	68,72
8,3	68,89	69,06	69,22	69,39	69,56	69,72	69,89	70,06	70,22	70,39
8,4	70,56	70,73	70,90	71,06	71,23	71,40	71,57	71,74	71,91	72,08
8,5	72,25	72,42	72,59	72,76	72,93	73,10	73,27	73,44	73,62	73,79
8,6	73,96	74,13	74,30	74,48	74,65	74,82	75,00	75,17	75,34	75,52
8,7	75,69	75,86	76,04	76,21	76,39	76,56	76,74	76,91	77,09	77,26
8,8	77,44	77,62	77,79	77,97	78,15	78,32	78,50	78,68	78,85	79,03
8,9	79,21	79,39	79,57	79,74	79,92	80,10	80,28	80,46	80,64	80,82
9,0	81,00	81,18	81,36	81,54	81,72	81,90	82,08	82,26	82,45	82,63
9,1	82,81	82,99	83,17	83,36	83,54	83,72	83,91	84,09	84,27	84,46
9,2	84,64	84,82	85,01	85,19	85,38	85,56	85,75	85,93	86,12	86,30
9,3	86,49	86,68	86,86	87,05	87,24	87,42	87,61	87,80	87,98	88,17
9,4	88,36	88,55	88,74	88,92	89,11	89,30	89,49	89,68	89,87	90,06
9,5	90,25	90,44	90,63	90,82	91,01	91,20	91,39	91,58	91,78	91,97
9,6	92,16	92,35	92,54	92,74	92,93	93,12	93,32	93,51	93,70	93,90
9,7	94,09	94,28	94,48	94,67	94,87	95,06	95,26	95,45	95,65	95,84
9,8	96,04	96,24	96,43	96,63	96,83	97,02	97,22	97,42	97,61	97,81
9,9	98,01	98,21	98,41	98,60	98,80	99,00	99,20	99,40	99,60	99,80

Obvody kruhů $d\pi$ pro $d = 10,0 \rightarrow 49,9$

$\pi = 3,141\,592\,6 = \text{Ludolfovo číslo} \div 3,14$
 $23,4\pi = 73,51$; $234\pi = 73,51 \cdot 10 = 735,1$; $2,34\pi = 73,51 : 10 = 7,351$
 $68,2\pi = 214,3$; $6820\pi = 21430$; $0,682\pi = 2,143$; $0,0682\pi = 0,2143$
 $81,6\pi = 256,4$ } $81,63\pi = 256,5$; $81,68\pi = 256,6$; $81,69\pi = 256,7$
 $81,7\pi = 256,7$ }

Příklady:
 $73,51 : \pi = 23,4$; $735,1 : \pi = 234$; $7,351 : \pi = 2,34$
 $214,3 : \pi = 68,2$; $21430 : \pi = 6820$; $2,143 : \pi = 0,682$
 $90,48 : \pi = 28,8$ } $90,57 : \pi = 28,83$; $90,72 : \pi = 28,88$
 $90,79 : \pi = 28,9$ }

d	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
10	31,42	31,73	32,04	32,36	32,67	32,99	33,30	33,62	33,93	34,24
11	34,56	34,87	35,19	35,50	35,81	36,13	36,44	36,76	37,07	37,38
12	37,70	38,01	38,33	38,64	38,96	39,27	39,58	39,90	40,21	40,53
13	40,84	41,15	41,47	41,78	42,10	42,41	42,73	43,04	43,35	43,67
14	43,98	44,30	44,61	44,93	45,24	45,55	45,87	46,18	46,50	46,81
15	47,12	47,44	47,75	48,07	48,38	48,69	49,01	49,32	49,64	49,95
16	50,27	50,58	50,89	51,21	51,52	51,84	52,15	52,46	52,78	53,09
17	53,41	53,72	54,04	54,35	54,66	54,98	55,29	55,61	55,92	56,23
18	56,55	56,86	57,18	57,49	57,81	58,12	58,43	58,75	59,06	59,38
19	59,69	60,00	60,32	60,63	60,95	61,26	61,58	61,89	62,20	62,52
20	62,83	63,15	63,46	63,77	64,09	64,40	64,72	65,03	65,35	65,66
21	65,97	66,29	66,60	66,92	67,23	67,54	67,86	68,17	68,49	68,80
22	69,12	69,43	69,74	70,06	70,37	70,69	71,00	71,31	71,63	71,94
23	72,26	72,57	72,88	73,20	73,51	73,83	74,14	74,46	74,77	75,08
24	75,40	75,71	76,03	76,34	76,65	76,97	77,28	77,60	77,91	78,23
25	78,54	78,85	79,17	79,48	79,80	80,11	80,42	80,74	81,05	81,37
26	81,68	82,00	82,31	82,62	82,94	83,25	83,57	83,88	84,19	84,51
27	84,82	85,14	85,45	85,77	86,08	86,39	86,71	87,02	87,34	87,65
28	87,96	88,28	88,59	88,91	89,22	89,54	89,85	90,16	90,48	90,79
29	91,11	91,42	91,73	92,05	92,36	92,68	92,99	93,31	93,62	93,93
30	94,25	94,56	94,88	95,19	95,50	95,82	96,13	96,45	96,76	97,08
31	97,39	97,70	98,02	98,33	98,65	98,96	99,27	99,59	99,90	100,2
32	100,5	100,8	101,2	101,5	101,8	102,1	102,4	102,7	103,0	103,4
33	103,7	104,0	104,3	104,6	104,9	105,2	105,6	105,9	106,2	106,5
34	106,8	107,1	107,4	107,8	108,1	108,4	108,7	109,0	109,3	109,6
35	110,0	110,3	110,6	110,9	111,2	111,5	111,8	112,2	112,5	112,8
36	113,1	113,4	113,7	114,0	114,4	114,7	115,0	115,3	115,6	115,9
37	116,2	116,6	116,9	117,2	117,5	117,8	118,1	118,4	118,8	119,1
38	119,4	119,7	120,0	120,3	120,6	121,0	121,3	121,6	121,9	122,2
39	122,5	122,8	123,2	123,5	123,8	124,1	124,4	124,7	125,0	125,3
40	125,7	126,0	126,3	126,6	126,9	127,2	127,5	127,9	128,2	128,5
41	128,8	129,1	129,4	129,7	130,1	130,4	130,7	131,0	131,3	131,6
42	131,9	132,3	132,6	132,9	133,2	133,5	133,8	134,1	134,5	134,8
43	135,1	135,4	135,7	136,0	136,3	136,7	137,0	137,3	137,6	137,9
44	138,2	138,5	138,9	139,2	139,5	139,8	140,1	140,4	140,7	141,1
45	141,4	141,7	142,0	142,3	142,6	142,9	143,3	143,6	143,9	144,2
46	144,5	144,8	145,1	145,5	145,8	146,1	146,4	146,7	147,0	147,3
47	147,7	148,0	148,3	148,6	148,9	149,2	149,5	149,9	150,2	150,5
48	150,8	151,1	151,4	151,7	152,1	152,4	152,7	153,0	153,3	153,6
49	153,9	154,3	154,6	154,9	155,2	155,5	155,8	156,1	156,5	156,8

Obvody kruhů $d\pi$ pro $d = 50,0 \rightarrow 99,9$

d	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
50	157,1	157,4	157,7	158,0	158,3	158,7	159,0	159,3	159,6	159,9
51	160,2	160,5	160,8	161,2	161,5	161,8	162,4	162,4	162,7	163,0
52	163,4	163,7	164,0	164,6	164,6	164,9	165,2	165,6	165,9	166,2
53	166,5	166,8	167,1	167,4	167,8	168,1	168,4	168,7	169,0	169,3
54	169,6	170,0	170,3	170,6	170,9	171,2	171,5	171,8	172,2	172,5
55	172,8	173,1	173,4	173,7	174,0	174,4	174,7	175,0	175,3	175,6
56	175,9	176,2	176,6	176,9	177,2	177,5	177,8	178,1	178,4	178,8
57	179,1	179,4	179,7	180,0	180,3	180,6	181,0	181,3	181,6	181,9
58	182,2	182,5	182,8	183,2	183,5	183,8	184,1	184,4	184,7	185,0
59	185,4	185,7	186,0	186,3	186,6	186,9	187,2	187,6	187,9	188,2
60	188,5	188,8	189,1	189,4	189,8	190,1	190,4	190,7	191,0	191,3
61	191,6	192,0	192,3	192,6	192,9	193,2	193,5	193,8	194,2	194,5
62	194,8	195,1	195,4	195,7	196,0	196,3	196,7	197,0	197,3	197,6
63	197,9	198,2	198,5	198,9	199,2	199,5	199,8	200,1	200,4	200,7
64	201,1	201,4	201,7	202,0	202,3	202,6	202,9	203,3	203,6	203,9
65	204,2	204,5	204,8	205,1	205,5	205,8	206,1	206,4	206,7	207,0
66	207,3	207,7	208,0	208,3	208,6	208,9	209,2	209,5	209,9	210,2
67	210,5	210,8	211,1	211,7	211,7	212,1	212,4	212,7	213,0	213,3
68	213,6	213,9	214,3	214,6	214,9	215,2	215,5	215,8	216,1	216,5
69	216,8	217,1	217,4	217,7	218,0	218,3	218,7	219,0	219,3	219,6
70	219,9	220,2	220,5	220,9	221,2	221,5	221,8	222,1	222,4	222,7
71	223,1	223,4	223,7	224,0	224,3	224,6	224,9	225,3	225,6	225,9
72	226,2	226,5	226,8	227,1	227,5	227,8	228,1	228,4	228,7	229,0
73	229,3	229,7	230,0	230,3	230,6	230,9	231,2	231,5	231,8	232,2
74	232,5	232,8	233,1	233,4	233,7	234,0	234,4	234,7	235,0	235,3
75	235,6	235,9	236,2	236,6	236,9	237,2	237,5	237,8	238,1	238,4
76	238,8	239,1	239,4	239,7	240,0	240,3	240,6	241,0	241,3	241,6
77	241,9	242,2	242,5	242,8	243,2	243,5	243,8	244,1	244,4	244,7
78	245,0	245,4	245,7	246,0	246,3	246,6	246,9	247,2	247,6	247,9
79	248,2	248,5	248,8	249,1	249,4	249,8	250,1	250,4	250,7	251,0
80	251,3	251,6	252,0	252,3	252,6	252,9	253,2	253,5	253,8	254,2
81	254,5	254,8	255,1	255,4	255,7	256,0	256,4	256,7	257,0	257,3
82	257,6	257,9	258,2	258,6	258,9	259,2	259,5	259,8	260,1	260,4
83	260,8	261,1	261,4	261,7	262,0	262,3	262,6	263,0	263,3	263,6
84	263,9	264,2	264,5	264,8	265,2	265,5	265,8	266,1	266,4	266,7
85	267,0	267,3	267,7	268,0	268,3	268,6	268,9	269,2	269,5	269,9
86	270,2	270,5	270,8	271,1	271,4	271,7	272,1	272,4	272,7	273,0
87	273,3	273,6	273,9	274,3	274,6	274,9	275,2	275,5	275,8	276,1
88	276,5	276,8	277,1	277,4	277,7	278,0	278,3	278,7	279,0	279,3
89	279,6	279,9	280,2	280,5	280,9	281,2	281,5	281,8	282,1	282,4
90	282,7	283,1	283,4	283,7	284,0	284,3	284,6	284,9	285,3	285,6
91	285,9	286,2	286,5	286,8	287,1	287,5	287,8	288,1	288,4	288,7
92	289,0	289,3	289,7	290,0	290,3	290,6	290,9	291,2	291,5	291,9
93	292,2	292,5	292,8	293,1	293,4	293,7	294,1	294,4	294,7	295,0
94	295,3	295,6	295,9	296,3	296,6	296,9	297,2	297,5	297,8	298,1
95	298,5	298,8	299,1	299,4	299,7	300,0	300,3	300,7	301,0	301,3
96	301,6	301,9	302,2	302,5	302,8	303,2	303,5	303,8	304,1	304,4
97	304,7	305,0	305,4	305,7	306,0	306,3	306,6	306,9	307,2	307,6
98	307,9	308,2	308,5	308,8	309,1	309,4	309,8	310,1	310,4	310,7
99	311,0	311,3	311,6	312,0	312,3	312,6	312,9	313,2	313,5	313,8

Plochy kruhů $\frac{d^2\pi}{4}$ pro $d = 10,0 \rightarrow 49,9$

Příklady:										
$\varnothing d$	Plocha				Je-li plocha		je $\varnothing d$			
10,6	88,25				88,25		10,6 } viz vedle			
106	$88,25 \cdot 10^2 = 8825$				8825		106 } viz vedle			
1,06	$88,25 : 10^2 = 0,8825$				882,5		33,52			
31,2	764,5				764,5		31,2 } viz vedle			
312	$764,5 \cdot 10^2 = 76450$				76450		312 } viz vedle			
3,12	$764,5 : 10^2 = 7,645$				7645		98,66 mezi 98,6 a 98,7			
83,24	$5437 + 0,4 \cdot 13 = 5442$				5442		83,24			
d	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
10	78,54	80,12	81,71	83,32	84,95	86,59	88,25	89,12	91,61	93,31
11	95,03	96,77	98,52	100,3	102,1	103,9	105,6	107,5	109,4	111,2
12	113,1	115,0	116,9	118,8	120,8	122,7	124,7	126,7	128,7	130,7
13	132,7	134,8	136,8	138,9	141,0	143,1	145,3	147,4	149,6	151,7
14	153,9	156,1	158,4	160,6	162,9	165,1	167,4	169,7	172,0	174,4
15	176,7	179,1	181,5	183,9	186,3	188,7	191,1	193,6	196,1	198,6
16	201,1	203,6	206,1	208,7	211,2	213,8	216,4	219,0	221,7	224,3
17	227,0	229,7	232,4	235,1	237,8	240,5	243,3	246,1	248,8	251,6
18	254,5	257,3	260,2	263,0	265,9	268,8	271,7	274,6	277,6	280,6
19	283,5	286,5	289,5	292,6	295,6	298,6	301,7	304,8	307,9	311,0
20	314,2	317,3	320,5	323,7	326,9	330,1	333,3	336,5	339,8	343,1
21	346,4	349,7	353,0	356,3	359,7	363,1	366,4	369,8	373,3	376,7
22	380,1	383,6	387,1	390,6	294,1	397,6	401,2	404,7	408,3	411,9
23	415,5	419,1	422,7	426,4	430,1	433,7	437,4	441,2	444,9	448,6
24	452,4	456,2	460,0	463,8	467,6	471,4	475,3	479,2	483,1	487,0
25	490,9	494,8	498,8	502,7	506,7	510,7	514,7	518,7	522,8	526,9
26	530,9	535,0	539,1	543,3	547,4	551,5	555,7	559,9	564,1	568,3
27	572,6	576,8	581,1	585,3	589,6	594,0	598,3	602,6	607,0	611,4
28	615,8	620,2	624,6	629,0	633,5	637,9	642,4	646,9	651,4	656,0
29	660,5	665,1	669,7	674,3	678,9	683,5	688,1	692,8	697,5	702,2
30	706,9	711,6	716,3	721,1	725,8	730,6	735,4	740,2	745,1	749,9
31	754,8	759,6	764,5	769,4	774,4	779,3	784,3	789,2	794,2	799,2
32	804,2	809,3	814,3	819,4	824,5	829,6	834,7	839,8	845,0	850,1
33	855,3	860,5	865,7	870,9	876,2	881,4	886,7	892,0	897,3	902,6
34	907,9	913,3	918,6	924,0	929,4	934,8	940,2	945,7	951,1	956,6
35	962,1	967,6	973,1	978,7	984,2	989,8	995,4	1001	1007	1012
36	1018	1024	1029	1035	1041	1046	1052	1058	1064	1069
37	1075	1081	1087	1093	1099	1104	1110	1116	1122	1128
38	1134	1140	1146	1152	1158	1164	1170	1176	1182	1188
39	1195	1201	1207	1213	1219	1225	1232	1238	1244	1250
40	1257	1263	1269	1276	1282	1288	1295	1301	1307	1314
41	1320	1327	1333	1340	1346	1353	1359	1366	1372	1379
42	1385	1392	1399	1405	1412	1419	1425	1432	1439	1445
43	1452	1459	1466	1473	1479	1486	1493	1500	1507	1514
44	1521	1527	1534	1541	1548	1555	1562	1569	1576	1583
45	1590	1598	1605	1612	1619	1626	1633	1640	1647	1655
46	1662	1669	1676	1684	1691	1698	1706	1713	1720	1728
47	1735	1742	1750	1757	1765	1772	1780	1787	1795	1802
48	1810	1817	1825	1832	1840	1847	1855	1863	1870	1878
49	1886	1893	1901	1909	1917	1924	1932	1940	1948	1956

Plochy kruhů $\frac{d^2 \pi}{4}$ pro $d = 50,0 \rightarrow 99,9$

d	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
50	1964	1971	1979	1987	1995	2003	2011	2019	2027	2035
51	2043	2051	2059	2067	2075	2083	2091	2099	2107	2116
52	2124	2132	2140	2148	2157	2165	2173	2181	2190	2198
53	2206	2215	2223	2231	2240	2248	2256	2265	2273	2282
54	2290	2299	2307	2316	2324	2333	2341	2350	2359	2367
55	2376	2384	2393	2402	2411	2419	2428	2437	2445	2454
56	2463	2472	2481	2489	2498	2507	2516	2525	2534	2543
57	2552	2561	2570	2579	2588	2597	2606	2615	2624	2633
58	2642	2651	2660	2669	2679	2688	2697	2706	2715	2725
59	2734	2743	2753	2762	2771	2781	2790	2799	2809	2818
60	2827	2837	2846	2856	2865	2875	2884	2894	2903	2913
61	2922	2932	2942	2951	2961	2971	2980	2990	3000	3009
62	3019	3029	3039	3048	3058	3068	3078	3088	3097	3107
63	3117	3127	3137	3147	3157	3167	3177	3187	3197	3207
64	3217	3227	3237	3247	3257	3267	3278	3288	3298	3308
65	3318	3329	3339	3349	3359	3370	3380	3390	3400	3411
66	3421	3432	3442	3452	3463	3473	3484	3494	3505	3515
67	3526	3536	3547	3557	3568	3578	3589	3600	3610	3621
68	3632	3642	3653	3664	3675	3685	3696	3707	3718	3728
69	3739	3750	3761	3772	3783	3794	3805	3816	3826	3837
70	3848	3859	3870	3882	3893	3904	3915	3926	3937	3948
71	3959	3970	3982	3993	4004	4015	4026	4038	4049	4060
72	4072	4083	4094	4106	4117	4128	4140	4151	4162	4174
73	4185	4197	4208	4220	4231	4243	4254	4266	4278	4289
74	4301	4312	4324	4336	4347	4359	4371	4383	4394	4406
75	4418	4430	4441	4453	4465	4477	4489	4501	4513	4525
76	4536	4548	4560	4572	4584	4596	4608	4620	4632	4645
77	4657	4669	4681	4693	4705	4717	4729	4742	4754	4766
78	4778	4791	4803	4815	4828	4840	4852	4865	4877	4889
79	4902	4914	4927	4939	4951	4964	4976	4989	5001	5014
80	5027	5039	5052	5064	5077	5090	5102	5115	5128	5140
81	5153	5166	5178	5191	5204	5217	5230	5242	5255	5268
82	5281	5294	5307	5320	5333	5346	5359	5372	5385	5398
83	5411	5424	5437	5450	5463	5476	5489	5502	5515	5529
84	5542	5555	5568	5581	5595	5608	5621	5635	5648	5661
85	5675	5688	5701	5715	5728	5741	5755	5768	5782	5795
86	5809	5822	5836	5849	5863	5877	5890	5904	5917	5931
87	5945	5958	5972	5986	5999	6013	6027	6041	6055	6068
88	6082	6096	6110	6124	6138	6151	6165	6179	6193	6207
89	6221	6235	6249	6263	6277	6291	6305	6319	6333	6348
90	6362	6376	6390	6404	6418	6433	6447	6461	6475	6490
91	6504	6518	6533	6547	6561	6576	6590	6604	6619	6633
92	6648	6662	6677	6691	6706	6720	6735	6749	6764	6778
93	6793	6808	6822	6837	6851	6866	6881	6896	6910	6925
94	6940	6955	6969	6984	6999	7014	7029	7044	7058	7073
95	7088	7103	7118	7133	7148	7163	7178	7193	7208	7223
96	7238	7253	7268	7284	7299	7314	7329	7344	7359	7375
97	7390	7405	7420	7436	7451	7466	7482	7497	7512	7528
98	7543	7558	7574	7589	7605	7620	7636	7651	7667	7682
99	7698	7713	7729	7744	7760	7776	7791	7807	7823	7838

Úhломěrné funkce — sin a cos

STUP ↓	SINUS (= sin)							STUP ↑
	MINUT →							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	0,01745	89
1	0,01745	0,02036	0,02327	0,02618	0,02908	0,03199	0,03490	88
2	0,03490	0,03781	0,04071	0,04362	0,04653	0,04943	0,05234	87
3	0,05234	0,05524	0,05814	0,06105	0,06395	0,06685	0,06976	86
4	0,06976	0,07266	0,07556	0,07846	0,08136	0,08426	0,08716	85
5	0,08716	0,09005	0,09295	0,09585	0,09874	0,10164	0,10453	84
6	0,10453	0,10742	0,11031	0,11320	0,11609	0,11898	0,12187	83
7	0,12187	0,12476	0,12764	0,13053	0,13341	0,13629	0,13917	82
8	0,13917	0,14205	0,14493	0,14781	0,15069	0,15356	0,15643	81
9	0,15643	0,15931	0,16218	0,16505	0,16792	0,17078	0,17365	80
10	0,17365	0,17651	0,17937	0,18224	0,18509	0,18795	0,19081	79
11	0,19081	0,19366	0,19652	0,19937	0,20222	0,20507	0,20791	78
12	0,20791	0,21076	0,21360	0,21644	0,21928	0,22212	0,22495	77
13	0,22495	0,22778	0,23062	0,23345	0,23627	0,23910	0,24192	76
14	0,24192	0,24474	0,24756	0,25038	0,25320	0,25601	0,25882	75
15	0,25882	0,26163	0,26443	0,26724	0,27004	0,27284	0,27564	74
16	0,27564	0,27843	0,28123	0,28402	0,28680	0,28959	0,29237	73
17	0,29237	0,29515	0,29793	0,30071	0,30348	0,30625	0,30902	72
18	0,30902	0,31178	0,31454	0,31730	0,32006	0,32282	0,32557	71
19	0,32557	0,32832	0,33106	0,33381	0,33655	0,33929	0,34202	70
20	0,34202	0,34475	0,34748	0,35021	0,35293	0,35565	0,35837	69
21	0,35837	0,36108	0,36379	0,36650	0,36921	0,37191	0,37461	68
22	0,37461	0,37730	0,37999	0,38268	0,38537	0,38805	0,39073	67
23	0,39073	0,39341	0,39608	0,39875	0,40141	0,40408	0,40674	66
24	0,40674	0,40939	0,41204	0,41469	0,41734	0,41998	0,42262	65
25	0,42262	0,42525	0,42788	0,43051	0,43313	0,43575	0,43837	64
26	0,43837	0,44098	0,44359	0,44620	0,44880	0,45140	0,45399	63
27	0,45399	0,45658	0,45917	0,46175	0,46433	0,46690	0,46947	62
28	0,46947	0,47204	0,47460	0,47716	0,47971	0,48226	0,48481	61
29	0,48481	0,48735	0,48989	0,49242	0,49495	0,49748	0,50000	60
30	0,50000	0,50252	0,50503	0,50754	0,51004	0,51254	0,51504	59
31	0,51504	0,51753	0,52002	0,52250	0,52498	0,52745	0,52992	58
32	0,52992	0,53238	0,53484	0,53730	0,53975	0,54220	0,54464	57
33	0,54464	0,54708	0,54951	0,55194	0,55436	0,55678	0,55919	56
34	0,55919	0,56160	0,56401	0,56641	0,56880	0,57119	0,57358	55
35	0,57358	0,57596	0,57833	0,58070	0,58307	0,58543	0,58779	54
36	0,58779	0,59014	0,59248	0,59482	0,59716	0,59949	0,60182	53
37	0,60182	0,60414	0,60645	0,60876	0,61107	0,61337	0,61566	52
38	0,61566	0,61795	0,62024	0,62251	0,62479	0,62706	0,62932	51
39	0,62932	0,63158	0,63383	0,63608	0,63832	0,64056	0,64279	50
40	0,64279	0,64501	0,64723	0,64945	0,65166	0,65386	0,65606	49
41	0,65606	0,65825	0,66044	0,66262	0,66480	0,66697	0,66913	48
42	0,66913	0,67129	0,67344	0,67559	0,67773	0,67987	0,68200	47
43	0,68200	0,68412	0,68624	0,68835	0,69046	0,69256	0,69466	46
44	0,69466	0,69675	0,69883	0,70091	0,70298	0,70505	0,70711	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	
	COSINUS ← MINUT							

Příklady: $\sin 20^\circ = 0,34202$; $\sin 30^\circ 40' = 0,51004$; $\cos 69^\circ 10' = 0,35565$.

Úhломěrné funkce — cos a sin

STUP ↓	COSINUS (= COS)							STUP ↑	
	MINUT →								
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'		
0	1,00000	1,00000	0,99998	0,99996	0,99993	0,99989	0,99985	89	
1	0,99985	0,99979	0,99973	0,99966	0,99958	0,99949	0,99939	88	
2	0,99939	0,99929	0,99917	0,99905	0,99892	0,99878	0,99863	87	
3	0,99863	0,99847	0,99831	0,99813	0,99795	0,99776	0,99756	86	
4	0,99756	0,99736	0,99714	0,99692	0,99668	0,99644	0,99619	85	
5	0,99619	0,99594	0,99567	0,99540	0,99511	0,99482	0,99452	84	
6	0,99452	0,99421	0,99390	0,99357	0,99324	0,99290	0,99255	83	
7	0,99255	0,99219	0,99182	0,99144	0,99106	0,99067	0,99027	82	
8	0,99027	0,98986	0,98944	0,98902	0,98858	0,98814	0,98769	81	
9	0,98769	0,98723	0,98676	0,98629	0,98580	0,98531	0,98481	80	
10	0,98481	0,98430	0,98378	0,98325	0,98272	0,98218	0,98163	79	
11	0,98163	0,98107	0,98050	0,97992	0,97934	0,97875	0,97815	78	
12	0,97815	0,97754	0,97692	0,97630	0,97566	0,97502	0,97437	77	
13	0,97437	0,97371	0,97304	0,97237	0,97169	0,97100	0,97030	76	
14	0,97030	0,96959	0,96887	0,96815	0,96742	0,96667	0,96593	75	
15	0,96593	0,96517	0,96440	0,96363	0,96285	0,96206	0,96126	74	
16	0,96126	0,96046	0,95964	0,95882	0,95799	0,95715	0,95630	73	
17	0,95630	0,95545	0,95459	0,95372	0,95284	0,95195	0,95106	72	
18	0,95106	0,95015	0,94924	0,94832	0,94740	0,94646	0,94552	71	
19	0,94552	0,94457	0,94361	0,94264	0,94167	0,94068	0,93969	70	
20	0,93969	0,93869	0,93769	0,93667	0,93565	0,93462	0,93358	69	
21	0,93358	0,93253	0,93148	0,93042	0,92935	0,92827	0,92718	68	
22	0,92718	0,92609	0,92499	0,92388	0,92276	0,92164	0,92050	67	
23	0,92050	0,91936	0,91822	0,91706	0,91590	0,91472	0,91355	66	
24	0,91355	0,91236	0,91116	0,90996	0,90875	0,90753	0,90631	65	
25	0,90631	0,90507	0,90383	0,90259	0,90133	0,90007	0,89879	64	
26	0,89879	0,89752	0,89623	0,89493	0,89363	0,89232	0,89101	63	
27	0,89101	0,88968	0,88835	0,88701	0,88566	0,88431	0,88295	62	
28	0,88295	0,88158	0,88020	0,87882	0,87743	0,87603	0,87462	61	
29	0,87462	0,87321	0,87178	0,87036	0,86892	0,86748	0,86603	60	
30	0,86603	0,86457	0,86310	0,86163	0,86015	0,85866	0,85717	59	
31	0,85717	0,85567	0,85416	0,85264	0,85112	0,84959	0,84805	58	
32	0,84805	0,84650	0,84495	0,84339	0,84182	0,84025	0,83867	57	
33	0,83867	0,83708	0,83549	0,83389	0,83228	0,83066	0,82904	56	
34	0,82904	0,82741	0,82577	0,82413	0,82248	0,82082	0,81915	55	
35	0,81915	0,81748	0,81580	0,81412	0,81242	0,81072	0,80902	54	
36	0,80902	0,80730	0,80558	0,80386	0,80212	0,80038	0,79864	53	
37	0,79864	0,79688	0,79512	0,79335	0,79158	0,78980	0,78801	52	
38	0,78801	0,78622	0,78442	0,78261	0,78079	0,77897	0,77715	51	
39	0,77715	0,77531	0,77347	0,77162	0,76977	0,76791	0,76604	50	
40	0,76604	0,76417	0,76229	0,76041	0,75851	0,75661	0,75471	49	
41	0,75471	0,75280	0,75088	0,74896	0,74703	0,74509	0,74314	48	
42	0,74314	0,74120	0,73924	0,73728	0,73531	0,73333	0,73135	47	
43	0,73135	0,72937	0,72737	0,72537	0,72337	0,72136	0,71934	46	
44	0,71934	0,71732	0,71529	0,71325	0,71121	0,70916	0,70711	45	
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	↑	
	SINUS							← MIN.	STUP

Příklady: $\cos 20^\circ = 0,93969$; $\cos 40^\circ 50' = 0,75661$; $\sin 47^\circ 20' = 0,73531$.

Úhломěrné funkce — tg a cotg

STUP ↓	TANGENS (= tg)							STUP ↑	
	MIN. →								
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'		
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	0,01746	89	
1	0,01746	0,02036	0,02328	0,02619	0,02910	0,03201	0,03492	88	
2	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04949	0,05241	87	
3	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	0,06993	86	
4	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	0,08749	85	
5	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	0,10510	84	
6	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	0,12278	83	
7	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	0,14054	82	
8	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	0,15838	81	
9	0,15838	0,16137	0,16435	0,16734	0,17033	0,17333	0,17633	80	
10	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	0,19438	79	
11	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	0,21256	78	
12	0,21256	0,21560	0,21864	0,22169	0,22475	0,22781	0,23087	77	
13	0,23087	0,23393	0,23700	0,24008	0,24316	0,24624	0,24933	76	
14	0,24933	0,25242	0,25552	0,25862	0,26172	0,26483	0,26795	75	
15	0,26795	0,27107	0,27419	0,27732	0,28046	0,28360	0,28675	74	
16	0,28675	0,28990	0,29305	0,29621	0,29938	0,30255	0,30573	73	
17	0,30573	0,30891	0,31210	0,31530	0,31850	0,32171	0,32492	72	
18	0,32492	0,32814	0,33136	0,33460	0,33783	0,34108	0,34433	71	
19	0,34433	0,34758	0,35085	0,35412	0,35740	0,36068	0,36397	70	
20	0,36397	0,36727	0,37057	0,37388	0,37720	0,38053	0,38386	69	
21	0,38386	0,38721	0,39055	0,39391	0,39727	0,40065	0,40403	68	
22	0,40403	0,40741	0,41081	0,41421	0,41763	0,42105	0,42447	67	
23	0,42447	0,42791	0,43136	0,43481	0,43828	0,44175	0,44523	66	
24	0,44523	0,44872	0,45222	0,45573	0,45924	0,46277	0,46631	65	
25	0,46631	0,46985	0,47341	0,47698	0,48055	0,48414	0,48773	64	
26	0,48773	0,49134	0,49495	0,49858	0,50222	0,50587	0,50953	63	
27	0,50953	0,51319	0,51688	0,52057	0,52427	0,52798	0,53171	62	
28	0,53171	0,53545	0,53920	0,54296	0,54673	0,55051	0,55431	61	
29	0,55431	0,55812	0,56194	0,56577	0,56962	0,57348	0,57735	60	
30	0,57735	0,58124	0,58513	0,58905	0,59297	0,59691	0,60086	59	
31	0,60086	0,60483	0,60881	0,61280	0,61681	0,62083	0,62487	58	
32	0,62487	0,62892	0,63299	0,63707	0,64117	0,64528	0,64941	57	
33	0,64941	0,65355	0,65771	0,66189	0,66608	0,67028	0,67451	56	
34	0,67451	0,67875	0,68301	0,68728	0,69157	0,69588	0,70021	55	
35	0,70021	0,70455	0,70891	0,71329	0,71769	0,72211	0,72654	54	
36	0,72654	0,73100	0,73547	0,73996	0,74447	0,74900	0,75355	53	
37	0,75355	0,75812	0,76272	0,76733	0,77196	0,77661	0,78129	52	
38	0,78129	0,78598	0,79070	0,79544	0,80020	0,80498	0,80978	51	
39	0,80978	0,81461	0,81946	0,82434	0,82923	0,83415	0,83910	50	
40	0,83910	0,84407	0,84906	0,85408	0,85912	0,86419	0,86929	49	
41	0,86929	0,87441	0,87955	0,88473	0,88992	0,89515	0,90040	48	
42	0,90040	0,90569	0,91099	0,91633	0,92170	0,92709	0,93252	47	
43	0,93252	0,93797	0,94345	0,94896	0,95451	0,96008	0,96569	46	
44	0,96569	0,97133	0,97700	0,98270	0,98843	0,99420	1,00000	45	
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	↑	
	COTANGENS							← MIN.	STUP

Příklady: $\text{tg } 20^\circ = 0,36397$; $\text{tg } 44^\circ 10' = 0,97133$; $\text{cotg } 86^\circ 20' = 0,06408$.

Úhломěrné funkce — cotg a tg

STUP. ↓	COTANGENS (=cotg)							STUP. ↑	
	MIN. →	0'	10'	20'	30'	40'	50'		60'
0	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	57,28996	89	
1	57,28996	49,10388	42,96408	38,18846	34,36777	31,24158	28,63625	88	
2	28,63625	26,43160	24,54176	22,90377	21,47040	20,20555	19,08114	87	
3	19,08114	18,07498	17,16934	16,34986	15,60478	14,92442	14,30067	86	
4	14,30067	13,72674	13,19688	12,70621	12,25051	11,82617	11,43005	85	
5	11,43005	11,05943	10,71191	10,38540	10,07803	9,78817	9,51436	84	
6	9,51436	9,25530	9,00983	8,77689	8,55555	8,34496	8,14435	83	
7	8,14435	7,95302	7,77035	7,59575	7,42871	7,26873	7,11537	82	
8	7,11537	6,96823	6,82694	6,69116	6,56055	6,43484	6,31375	81	
9	6,31375	6,19703	6,08444	5,97576	5,87080	5,76937	5,67128	80	
10	5,67128	5,57638	5,48451	5,39552	5,30928	5,22566	5,14455	79	
11	5,14455	5,06584	4,98940	4,91516	4,84300	4,77286	4,70463	78	
12	4,70463	4,63825	4,57363	4,51071	4,44942	4,38969	4,33148	77	
13	4,33148	4,27471	4,21933	4,16530	4,11256	4,06107	4,01078	76	
14	4,01078	3,96165	3,91364	3,86671	3,82083	3,77595	3,73205	75	
15	3,73205	3,68909	3,64705	3,60588	3,56557	3,52609	3,48741	74	
16	3,48741	3,44951	3,41236	3,37594	3,34023	3,30521	3,27085	73	
17	3,27085	3,23714	3,20406	3,17159	3,13972	3,10842	3,07768	72	
18	3,07768	3,04749	3,01783	2,98869	2,96004	2,93189	2,90421	71	
19	2,90421	2,87700	2,85023	2,82391	2,79802	2,77254	2,74748	70	
20	2,74748	2,72281	2,69853	2,67462	2,65109	2,62791	2,60509	69	
21	2,60509	2,58261	2,56046	2,53865	2,51715	2,49597	2,47509	68	
22	2,47509	2,45451	2,43422	2,41421	2,39449	2,37504	2,35585	67	
23	2,35585	2,33693	2,31826	2,29984	2,28167	2,26374	2,24604	66	
24	2,24604	2,22857	2,21132	2,19430	2,17749	2,16090	2,14451	65	
25	2,14451	2,12832	2,11233	2,09654	2,08094	2,06553	2,05030	64	
26	2,05030	2,03526	2,02039	2,00569	1,99116	1,97680	1,96261	63	
27	1,96261	1,94858	1,93470	1,92098	1,90741	1,89400	1,88073	62	
28	1,88073	1,86760	1,85462	1,84177	1,82906	1,81649	1,80405	61	
29	1,80405	1,79174	1,77955	1,76749	1,75556	1,74375	1,73205	60	
30	1,73205	1,72047	1,70901	1,69766	1,68643	1,67530	1,66428	59	
31	1,66428	1,65337	1,64256	1,63185	1,62125	1,61074	1,60033	58	
32	1,60033	1,59002	1,57981	1,56969	1,55966	1,54972	1,53987	57	
33	1,53987	1,53010	1,52043	1,51084	1,50133	1,49190	1,48256	56	
34	1,48256	1,47330	1,46411	1,45501	1,44598	1,43703	1,42815	55	
35	1,42815	1,41934	1,41061	1,40195	1,39336	1,38484	1,37638	54	
36	1,37638	1,36800	1,35968	1,35142	1,34323	1,33511	1,32704	53	
37	1,32704	1,31904	1,31110	1,30323	1,29541	1,28764	1,27994	52	
38	1,27994	1,27230	1,26471	1,25717	1,24969	1,24227	1,23490	51	
39	1,23490	1,22758	1,22031	1,21310	1,20593	1,19882	1,19175	50	
40	1,19175	1,18474	1,17777	1,17085	1,16398	1,15715	1,15037	49	
41	1,15037	1,14363	1,13694	1,13029	1,12369	1,11713	1,11061	48	
42	1,11061	1,10414	1,09770	1,09131	1,08496	1,07864	1,07237	47	
43	1,07237	1,06613	1,05994	1,05378	1,04766	1,04158	1,03553	46	
44	1,03553	1,02952	1,02355	1,01761	1,01170	1,00583	1,00000	45	
		60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	
		TANGENS						← MIN.	

Příklady: cotg 20° = 2,74748; cotg 41° 40' = 1,12369; tg 88° 40' = 42,96408.

Lícovací tabulka ISA.

Příručka Čs. normalizační společnosti „Lícování“ vykládá velmi podrobně vše, co je třeba znát při konstrukci o lícování; pro dílnu stačí, když umí dělník hledat tolerance v tabulce. Proto je zde uvedena stručná, zjednodušená ukázka tabulky, s níž soustružník asi vystačí pro všechny běžné práce. Podrobné a přesnější tabulky dodává ČSN, Praha. Měly by být v každé dílně vyvěšeny.

Jak hledáme v dále uvedené ukázce tabulek: Rozsah průměrů uveden v prvních dvou řádcích nahoře (přes 1 do 3 mm atd. až přes 160 do 180 mm, lícovací tabulky ČSN jdou ještě výše).

Díra je značena velkým písmenem a číslem; na naší ukázce máme díry H6, H7, H8, H10 a několik děr v soustavě jednotného hřídele. Vedle H6 nahoře čteme: Lícování velmi přesné (použito jen zcela výjimečně). Nejběžnější jsou díry H7 a H8. Na výkresu je na př. díra 45 H7. V řádku H7 a ve sloupci přes 40 do 50 (hledejte nahoře) čteme 0, + 25. Znamená to - 0 mikronů a + 25 mikronů, tedy

$$\varnothing 45 H7 = 45 \begin{matrix} - 0,000 \\ + 0,025 \end{matrix} = 45 + 0,025. \text{ Podobně}$$

$$\varnothing 112 H8 = 112 \begin{matrix} - 0,000 \\ + 0,054 \end{matrix} = 112 + 0,054 \text{ mm.}$$

V každém lícování (velmi přesném, přesném atd.) je uvedena řada uložení čepů, značka písmenem a číslicí. Čep točně uložený v přesné soustavě značen f6; ve střední soustavě f8. U průměru 45 (tedy mezi 40 až 50 v horní řádce) čteme proti f6 toleranci - 25, - 41 mikronů; tedy

$$\varnothing 45 f6 = 45 \begin{matrix} - 0,025 \\ - 0,041 \end{matrix}; \text{ podobně}$$

$$\varnothing 112 f8 = 112 \begin{matrix} - 0,036 \\ - 0,090 \end{matrix}; \quad 25 r7 = 25 \begin{matrix} + 0,049 \\ + 0,028 \end{matrix}; \quad 3 j7 = 3 \begin{matrix} + 0,007 \\ - 0,002 \end{matrix}.$$

Tak hledáme tolerance, předepsané na výkresu značkou. Na př. díra v soustavě jednotného hřídele značena na výkresu $\varnothing 32 F7$; v tab. najdeme, že to je točné uložení, lícování přesné.

$$\varnothing 32 F7 = 32 \begin{matrix} + 0,050 \\ + 0,025 \end{matrix}; \text{ nebo čep } \varnothing 58 h11 = 58 \begin{matrix} + 0,000 \\ - 0,190 \end{matrix} = 58 - 0,19.$$

Nahoře na stránce je vždy rozsah průměrů; některé tolerance platí pro širší rozsah (dva nebo tři skoky v horní stupnici) a jsou pak psány pod svým rozsahem uprostřed. Na př.:

Smykové uložení h5 má tolerance - 8, t. j. - 0,008 u průměrů přes 10 do 18 mm; tolerance - 9, t. j. - 0,009 u průměrů přes 18 až do 30 mm (skok přes 2 rozsahy); tolerance - 0,018 u průměrů přes 120 až do 180 mm (skok přes 3 rozsahy).

Velmi často je přípustná úchylnka jen jedním směrem, třeba jen +. Druhá

Ukázka lícovací tabulky ISA (zkráceno podle ČSN)

Rozsah průměru mm pře- do	1		3		6		10		18		24		30		40		50		65		80		100		120		140		160		180						
	0	7	0	8	0	9	0	11	0	13	0	13	0	16	0	16	0	19	0	19	0	22	0	22	0	25	0	25	0	25	0	25					
Díra	0	7	0	8	0	9	0	11	0	13	0	13	0	16	0	16	0	19	0	19	0	22	0	22	0	25	0	25	0	25	0	25					
Lícov. vel. H6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
mi přesné																																					
Čep																																					
velmi přesné																																					
Točné	3	8	4	9	5	11	6	14	7	16	9	20	10	23	11	25	13	30	15	35	18	42	21	48	24	55	28	65	33	75	38	85	45	95	50	105	
Smykové	0	5	0	5	0	6	0	8	0	9	0	11	0	13	0	13	0	16	0	16	0	19	0	19	0	22	0	22	0	25	0	25	0	25	0	25	
Posuvné	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Shodné	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Těsné	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
m5	7	2	9	4	12	6	15	8	17	10	20	11	24	13	28	15	33	17	38	19	42	21	48	24	55	28	65	33	75	38	85	45	95	50	105		
n5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Pevné	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ině	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Pevné více	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
p6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Lisované	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
r5	17	12	27	15	43	28	65	33	75	38	85	45	95	50	105	55	120	60	135	65	150	70	165	80	180	90	200	100	220	110	240	120	260	130	280		
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H7	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H7	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H7	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H7	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H7	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H7	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H7	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H7	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(pokračování)

Ukázka lícovací tabulky ISA

Rozsah průměru mm přes do	1		3		6		10		18		24		30		40		50		65		80		100		120		140		160		180				
	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40			
Díra	0	9	0	12	0	15	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40	0	40			
Lícování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
H8	0	14	0	18	0	22	0	27	0	33	0	33	0	39	0	39	0	46	0	46	0	54	0	54	0	63	0	63	0	63	0	63	0	63	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H8	0	14	0	18	0	22	0	27	0	33	0	33	0	39	0	39	0	46	0	46	0	54	0	54	0	63	0	63	0	63	0	63	0	63	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H8	0	14	0	18	0	22	0	27	0	33	0	33	0	39	0	39	0	46	0	46	0	54	0	54	0	63	0	63	0	63	0	63	0	63	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H8	0	14	0	18	0	22	0	27	0	33	0	33	0	39	0	39	0	46	0	46	0	54	0	54	0	63	0	63	0	63	0	63	0	63	
Lisování	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H8	0	14	0	18	0	22	0	27																											

Rozsah průměrů	přes		10		6		3		1		18		24		30		40		50		65		80		100		120		140		160		180			
	Čep	Jedn. hřidel přesné	h7	0	15	0	12	0	9	0	18	0	21	0	21	0	25	0	25	0	30	0	30	0	35	0	35	0	40	0	40	0	40			
Díra Lícování přesné, jedn. hřidel	Lehce točné E8	++	28	47	59	38	20	28	14	32	40	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144			
	Točné F7	++	16	25	34	22	10	16	7	13	20	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150			
	Smykové H6	+	7	9	11	8	8	8	7	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	Posuvné J6	+	3	5	6	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	Shodné M6	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Těsné P7	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Lisované S7	-	7	9	11	8	8	8	7	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	Silně lisované U7	-	13	17	21	15	15	15	13	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Čep hrubý h11	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Díra hrubá, jedn. hřidel	Volně točné A11	++	330	370	400	345	270	330	270	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330
	Lehce točné B11	++	200	280	290	215	140	200	140	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	Točné D11	++	80	105	130	105	80	105	80	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	
	Smykové H11	+	20	30	40	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

(zde —) je rovna 0. Píšeme buď jen tuto jednu, na př. 40 H7 = 40 + 0,025, nebo pod ní ještě druhou se stejným počtem nul, jako je desetinných míst, ale bez znaménka, tedy

$$40 H7 = 40 + \frac{0,025}{0,000}$$

Tak označíme, že druhá úchylnka je nulová. Jsou-li obě tolerance stejné, můžeme je spojit ±, na př.:

$$30 \pm 0,02.$$

Ze dvou úchylnk píšeme nahoře horní, t. j. tu, která dává největší mezní hodnotu.

$$\text{Správně } 30 \begin{matrix} + 0,03 \\ + 0,01 \end{matrix}, \quad \text{špatně } 30 \begin{matrix} + 0,01 \\ + 0,03 \end{matrix}$$

$$\text{Správně } 60 \begin{matrix} - 0,1 \\ - 0,2 \end{matrix}, \quad \text{špatně } 60 \begin{matrix} - 0,2 \\ - 0,1 \end{matrix}$$

Příklad 1. Při opravě stroje nutno vrtat novou díru, do níž má být nalisován čep 35 mm. Jak budeme tolerovat díru a díru a jaké budou mít rozměry?

Pro všeobecné strojnictví je určeno střední lícování ISA.

Podle tab. bude značena díra 35 H8 a čep (v rubrice Lisované) 35 u7.

Dělník dostane z výdejny nářadí kalibry takto označené (válečkový kalibr 35 H8 a třmenový kalibr 35 u7). Jimi při výrobě součást změří. Kdyby tyto kalibry náhodou ve výdejně nebyly (jsou na př. v opravě), musí kancelář míry vypsát číselně, aby dělník mohl měřit mikrometrem nebo jinými pomůckami.

Vedle 35 u7 čteme $\begin{matrix} + 85 \\ + 60 \end{matrix}$. To značí, že k míře 35 mm se přidají dovolené úchylnky + 85 a + 60 tisícín mm, takže bude: 35 u7 = 35 $\begin{matrix} + 0,085 \\ + 0,060 \end{matrix}$. Průměr čepu leží mezi rozměry 35,085 až 35,060 mm.

Díra 35 H8 = 35 + 0,039 bude mít průměr mezi 35,000 až 35,039 mm.

Příklad 2. Čep. 20 j7 má průměr 20 $\begin{matrix} + 0,013 \\ - 0,008 \end{matrix}$. Značí to, že jeho průměr může ležet mezi mírami 19,992 až 20,013 mm.

Příklad 3. Čep 50 d11 má průměr 50 $\begin{matrix} - 0,080 \\ - 0,240 \end{matrix}$. Jeho průměr může být nejméně 50 - 0,240 = 49,760 mm a nejvýše 50 - 0,080 = 49,920. Vidíme, že napsaná míra 50 se u průměru čepu vůbec nevyskytne, neboť d11 je uložení točné, čili čep musí být vždy menší než 50 mm, aby se v díře o průměru 50 mm točil.

Příklad 4. Máme najít uložení pístního čepu v ojnici a pístu. To je neobyčejně choulostivý případ, nutno brát ohled na teploty. Bylo vyzkoušeno, že pístní čep má průměr 16 h4; to ani v naší ukázkové tab. není, značí to toleranci u průměru (10 - 18) 0,005; má tedy čep rozměr 16 h4 = 16 - 0,005; je dokonale strojně lapovaný, leštěný. Vrtání v ojnici se dělá 16 G6, tedy 16 $\begin{matrix} + 0,006 \\ + 0,017 \end{matrix}$; správně by byla smyková díra H, ale aby nepřišla nula na nulu, volíme G. Díra v pístu se dělá 16 P6 = 16 $\begin{matrix} - 0,026 \\ - 0,015 \end{matrix}$; píst je z hliníku, vrtán diamantem, natáhne se na čep ohřátý v oleji, za studena pak dobře drží. Uvedená uložení (z praxe) vesměs speciální, velmi přesná, pro automobilní a letecké motory.

Pro obvyčejnější případy (střední) se také osvědčily tolerance: píst. čep 16 h5 = 16 - 0,008; díra v ojnici 16 G7 = 16 $\begin{matrix} + 0,006 \\ + 0,024 \end{matrix}$; díra v pístu 16 P7 = 16 $\begin{matrix} - 0,029 \\ - 0,011 \end{matrix}$ mm.

Příklad 5. Vrtací pouzdro, které vede vrták v normálních vrtacích přístrojích, je naraženo v ocelové desce. Díra pouzder se toleruje F7 (je v ukázce tabulky); naráží se vnějším povrchem, který má toleranci u nebo p (aby se pouzdro příliš nestáhlo) do díry v desce H7 (viz v tab. lícování přesné).

Poznámka. Písmena tedy značí polohu tolerance, číslo za nimi její velikost; čím větší číslo za písmenem, tím hrubší (větší) tolerance.

Hřídel a-g, díra A-G = točné uložení (točí se v sobě).

Hřídel h, díra H = smykové uložení.

Hřídel j, díra J = posuvné uložení

Hřídel k, díra K = shodné uložení.

Hřídel m, n, díra M, N = narážené a pevné uložení.

Hřídel p-z, díra P-Z = lisované uložení

Tento přehled je dobře pamatovat (aspoň že h-H dá vždy smykové uložení).

Příklad 6. Rozměr díry je 15 E8, čep do ní 15 n6. Jaké je to vlastně uložení?

Z tabulek najdeme, že pro rozsah 10-18 mm

E8 značí + 0,032, + 0,059, zde 15,032 a 15,059.

n6 značí + 0,023, + 0,012, zde 15,023 a 15,012.

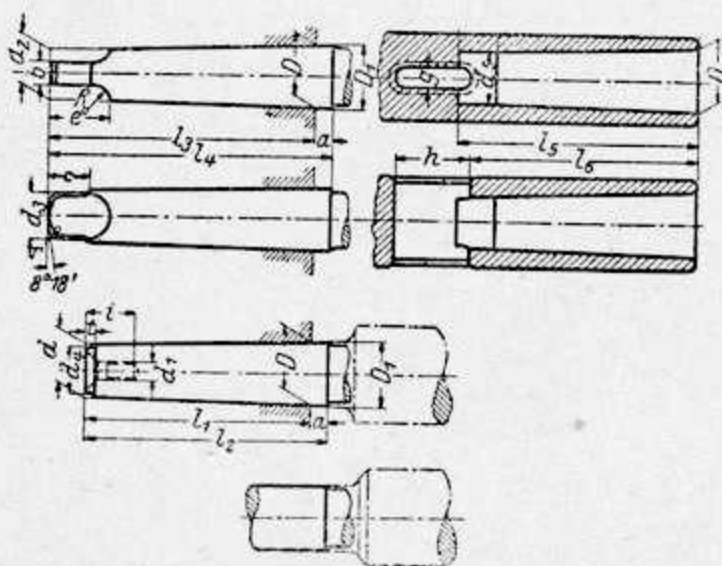
Z toho vypočítáme:

nejmenší vůle 15,032 - 15,023 = 0,009 mm.

největší vůle 15,059 - 15,012 = 0,047 mm.

Čep má tedy v díře vůli asi od 0,01 do 0,05 mm, bude se tam volně točit.

Nástrojové kužele.



Unášecí ploška je osazena v délce c ; není to však nutné; a = největší vzdálenost, o níž kužel vyčnívá z dutiny vřetene, d_3 = válcová část díry o délce celkem l_3 . Míry v mm.

Značka	Násada (konec nástroje)												
	D	D ₁	d	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	a	b
Metrický 4	4	4,1	2,85	—	—	—	2	23	25	—	—	2	—
Metrický 6	6	6,15	4,4	—	—	—	3,5	32	35	—	—	3	—
Morse č. 0	9,045	9,212	6,401	—	6,115	5,9	5,5	50,8	54	56,3	59,5	3,2	3,9
Morse č. 1	12,065	12,239	9,371	M 6	8,973	8,7	8	54	57,5	62	65,5	3,5	5,2
Morse č. 2	17,781	17,981	14,534	M 10	14,060	13,6	13	65	69	78,5	78,5	4,0	6,3
Morse č. 3	23,326	24,052	19,760	1/2"	19,133	18,6	16	81	85,5	93,5	98	4,5	7,9
Morse č. 4	31,269	31,544	25,909	3/4"	25,156	24,6	24	103,2	108,3	117,7	123	5,3	11,9
Morse č. 5	44,401	44,732	37,470	5/8"	36,549	35,7	35	131,7	138	149,2	155,5	6,3	15,9
Morse č. 6	63,350	63,762	53,752	1"	52,422	51,3	50	184,1	192	209,6	217,5	7,9	19,0
Morse č. 7	83,061	83,555	69,803	1 1/8"	68,215	66,8	65	254	263,5	285,5	295	9,5	28,5
Metric. 50	50	50,25	42,9	3/4"	42	41	40	142	147	160	165	5	17
Metric. 80	80	80,40	70,2	1 1/8"	69	67	65	196	204	220	228	8	26

Nástrojové kužele.

Značka	Násada (konec nástroje)						Otvor (pouzdro)						Kuželovitost
	c	e	i	R	r	t	D	d ₃	l ₃	l ₄	g	h	
Metrický 4	—	—	—	—	0,5	2,2	4	3	25	21	2,5	8	1:20 = 0,05
Metrický 6	—	—	—	—	0,5	2,5	6	4,6	34	29	3,5	12	1:20 = 0,05
Morse č. 0	6,4	10,4	—	4	1	2,5	9,045	6,7	51,9	49	4,1	14,5	1:19,212 = 0,05205
Morse č. 1	9,5	14,5	15	5	1,25	3	12,065	9,7	55,5	52	5,4	18,5	1:20,048 = 0,04988
Morse č. 2	11,1	17,1	20	6	1,5	4	17,781	14,9	66,9	63	6,6	22	1:20,020 = 0,04995
Morse č. 3	14,3	21,3	30	7	2	4	23,826	20,2	83,2	78	8,2	27,5	1:19,922 = 0,050196
Morse č. 4	15,9	24,9	35	9	2,5	5	31,269	26,5	105,7	98	12,2	32	1:19,254 = 0,051938
Morse č. 5	19,0	30,0	45	11	3	6	44,401	38,2	134,5	125	17,2	37,5	1:19,002 = 0,0526265
Morse č. 6	28,6	45,6	60	17	4	7	63,350	54,8	187,1	177	19,3	47,5	1:19,180 = 0,052138
Morse č. 7	35,0	55,0	80	20	5	8	83,061	71,1	257,2	241,5	28,8	67	1:19,231 = 0,052
Metric. 50	18	32	45	14	3	6	50	43,6	145	136	17,3	40	1:20 = 0,05
Metric. 80	24	47	80	23	5	8	80	71,4	200	186	26,3	52	1:20 = 0,05

Průměry vrtáků k předvrtání děr pro závit.

Ve sloupci „Křehký“ udány vrtáky pro závity do křehkého materiálu, v němž se při řezání jen málo vytlačí špičky závitu (litina, mosaz, bronzy). Ve sloupci „Ocel“ udány vrtáky pro závity v oceli a podobných materiálech. Pro delší díry se závitem a slepé díry (se dnem) volíme vždy vrtáky ze sloupce „Ocel“.

1. Metrický závit obyčejný:

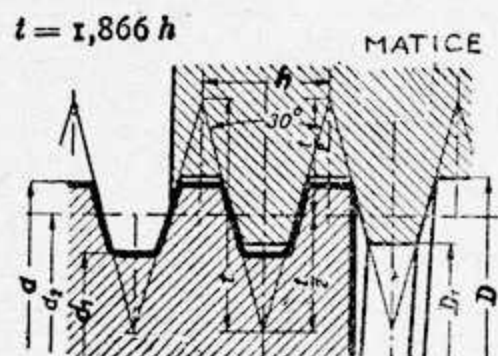
Závit	Křehký	Ocel	Závit	Křehký	Ocel
M 1	0,75	—	M 11	9,25	9,4
M 1,2	0,95	—	M 12	9,9	10
M 1,4	1,1	—	M 14	11,5	11,75
M 1,7	1,3	—	M 16	13,5	13,75
M 2	1,5	1,6	M 18	15	15,25
M 2,3	1,8	1,9	M 20	17	17,25
M 2,6	2,1	2,1	M 22	19	19,25
M 3	2,4	2,5	M 24	20,5	20,75
M 3,5	2,8	2,9	M 27	23,5	23,75
M 4	3,2	3,3	M 30	25,75	26
M 4,5	3,6	3,7	M 33	28,75	29
M 5	4,1	4,2	M 36	31	31,5
M 5,5	4,4	4,5	M 39	34	34,5
M 6	4,8	5	M 42	36,5	37
M 7	5,8	6	M 45	39,5	40
M 8	6,5	6,7	M 48	42	42,5
M 9	7,5	7,7	M 52	46	46,5
M 10	8,2	8,4			

2. Whitworthův závit normální, W:

Závit	Křehký	Ocel	Závit	Křehký	Ocel
1/4"	5	5,1	1 1/8"	24,5	24,75
3/16"	6,4	6,5	1 1/4"	27,5	27,75
1/8"	7,7	7,9	1 3/8"	30	30,5
3/8"	9,1	9,25	1 1/2"	33	33,5
1/2"	10,25	10,5	1 3/4"	35	35,5
5/8"	13,25	13,5	1 7/8"	38,5	39
3/4"	16,25	16,5	1 7/8"	41	41,5
7/8"	19	19,25	2"	44	44,3
1"	21,75	22			

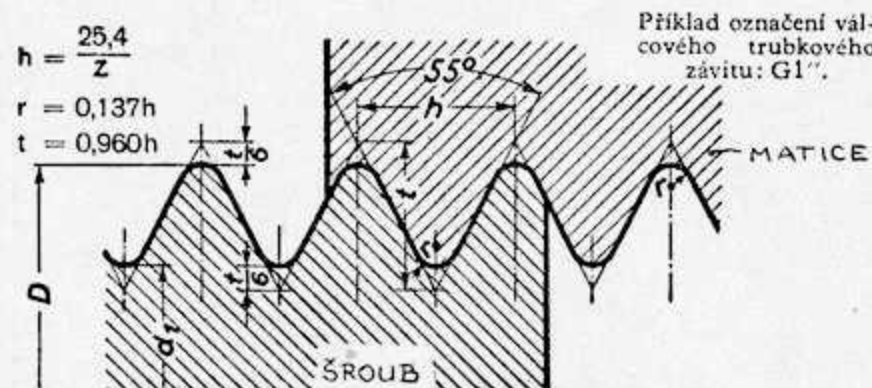
Lichoběžníkový závit (trapezový).

Značen na př. Tr 30.6.



Šroub			Matice		Šroub			Matice	
Velký Ø	Malý Ø	Stoup.	Velký Ø	Malý Ø	Velký Ø	Malý Ø	Stoup.	Velký Ø	Malý Ø
d	d ₁	h	D	D ₁	d	d ₁	h	D	D ₁
10	6,5	3	10,5	7,1	40	32,5	7	40,5	34
12	8,5	3	12,5	9,1	(42)	34,5	7	42,5	36
14	9,5	4	14,5	10,5	44	36,5	7	44,5	38
16	11,5	4	16,5	12,5	48	39,5	8	48,5	41
18	13,5	4	18,5	14,5	50	41,5	8	50,5	43
20	15,5	4	20,5	16,5	52	43,5	8	52,5	45
22	16,5	5	22,5	18	55	45,5	9	55,5	47
24	18,5	5	24,5	20	60	50,5	9	60,5	52
26	20,5	5	26,5	22	65	54,5	10	65,5	56
28	22,5	5	28,5	24					
30	23,5	6	30,5	25					
32	25,5	6	32,5	27					
(34)	27,5	6	34,5	29					
36	29,5	6	36,5	31					
(38)	30,5	7	38,5	32					

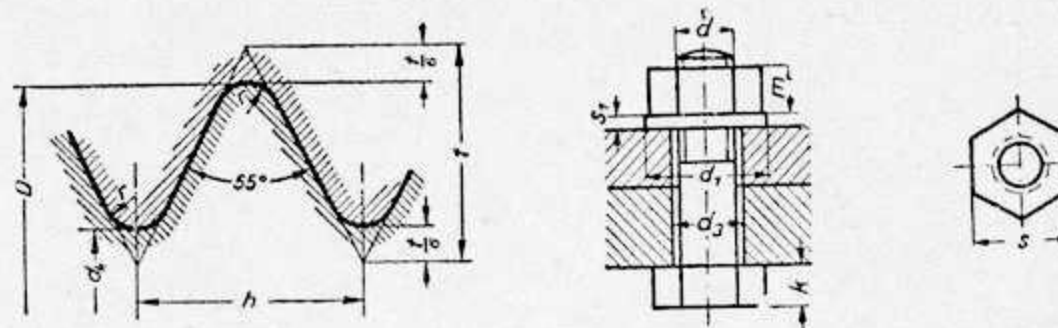
Trubkový závit.



Ø závitu palečů	Velký Ø	Malý Ø	Stoupání mm	Počet závitů na 1"	Ø závitu palečů	Velký Ø	Malý Ø	Stoupání mm	Počet závitů na 1"
"	D	d ₁	h	z	"	D	d ₁	h	z
1/8"	9,73	8,57	0,91	28	1 1/2"	47,81	44,85	2,31	11
1/4"	13,16	11,45	1,34	19	1 3/4"	53,75	50,79	2,31	11
3/8"	16,66	14,95	1,34	19	2"	59,62	56,66	2,31	11
1/2"	20,96	18,63	1,81	14	2 1/4"	65,71	62,76	2,31	11
5/8"	22,91	20,59	1,81	14	2 1/2"	75,19	72,23	2,31	11
3/4"	26,44	24,12	1,81	14	2 3/4"	81,54	78,58	2,31	11
7/8"	30,20	27,88	1,81	14	3"	87,89	84,93	2,31	11
1"	33,25	30,29	2,31	11	3 1/4"	93,98	91,03	2,31	11
1 1/4"	41,91	38,95	2,31	11	3 1/2"	100,3	97,38	2,31	11

WHITWORTHŮV ZÁVIT.

Značení na př. W 1/2"; levý značen W 1/2" L.



$$h = \frac{25,40}{z}$$

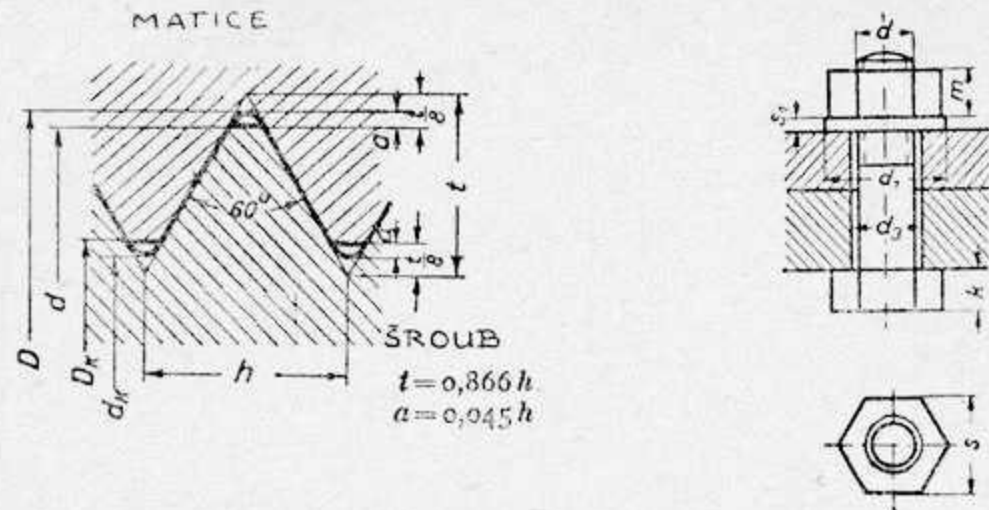
$$r = 0,137 h$$

$$t = 0,96 h$$

Označení Ø palečů	Šroub a matice					Výška hlavy k	Sestihran matice		Podložka		Díra pro šroub Ø d ₃	
	velký Ø	malý Ø	průřez jádra d _k z π	počet závitů na 1"	Stoupání mm		výška m	otvor klíče s	Ø d ₁	sily s ₁	přesná	střední
"	D	d _k	4	z	h	"	"	"	"	"	"	"
(1/4)	6,35	4,72	0,18	20	1,27	5	5,5	11	14	1,5	6,4	7,4
(5/16)	7,94	6,13	0,30	18	1,41	6	6,5	14	18	2	8,4	9,5
(3/8)	9,53	7,49	0,44	16	1,59	7	8	17	22	2,5	10	11,5
1/2	12,70	9,99	0,78	12	2,12	9	11	22	28	3	13,5	15
5/8	15,88	12,92	1,31	11	2,31	11	13	27	34	3	17	18
3/4	19,05	15,80	1,96	10	2,54	13	16	32	40	4	20	22
7/8	22,23	18,61	2,72	9	2,82	16	18	36	45	4	23	25
1	25,40	21,34	3,58	8	3,18	18	20	41	52	5	26	28
1 1/8	28,58	23,93	4,50	7	3,63	20	22	46	58	5	30	32
1 1/4	31,75	27,10	5,77	7	3,63	22	25	50	62	5	33	35
1 3/8	34,93	29,51	6,84	6	4,23	24	28	55	68	6	36	38
1 1/2	38,10	32,68	8,39	6	4,23	27	30	60	75	6	40	42
1 5/8	41,28	34,77	9,50	5	5,08	30	32	65	80	7	—	45
1 3/4	44,45	37,95	11,31	5	5,08	32	35	70	85	7	—	48
2	50,80	43,57	14,91	4 1/2	5,65	36	40	80	98	8	—	55
2 1/4	57,15	49,02	18,87	4	6,35	40	45	90	105	9	—	62
2 1/2	63,50	55,37	24,08	4	6,35	44	50	100	120	9	—	68

Otvor klíče pro hlavu a matici je stejný.
Díra pro šroub d₃: Přesná v jemné mechanice, u obráběcích strojů; střední ve všeobecném strojíctví.

METRICKÝ ZÁVIT OBYČEJNÝ.



OTÁZKY K ZOPAKOVÁNÍ A PROCVIČENÍ LÁTKY

Odpověďmi na tyto otázky můžete přezkoušet svoje vědomosti. Otázky jsou sestaveny ve skupiny tak, jak je rozdělen obsah knížky. Vystihují a opakují zhruba všechno důležitější, co je v knížce popsáno. Zkuste odpovědět na každou z těchto otázek! Nejste-li si jisti, podívejte se do textu na výklad. Teprve až sám správně odpovíte, můžete otázku zaškrtnout; je vyřízena. Až budou všechny otázky poctivě zaškrtnuty, prostudoval jste tuto knížku.

Ø závit velký <i>d</i>	Ø jádra malý <i>d_k</i>	Průřez jádra $\frac{d_k^2 \pi}{4}$	Stoupání mm <i>h</i>	Výška hlavy <i>k</i>	Rozměr podložky		Matice				Díra pro šroub Ø <i>d₃</i>		
					Ø <i>d₁</i>	síla <i>s₁</i>	Šestihran		velký Ø <i>D</i>	malý Ø <i>D_k</i>	předná	střední	
							výška <i>m</i>	otvor klíče <i>s</i>					
1	0,65	0,003	0,25	—	—	—	—	—	—	1,02	0,68	1,1	1,3
1,2	0,85	0,006	0,25	—	—	—	—	—	—	1,22	0,88	1,3	1,5
1,4	0,98	0,008	0,3	—	—	—	—	—	—	1,43	1,01	1,5	1,8
1,7	1,21	0,012	0,35	1,2	5	0,5	1,4	4	1,73	1,25	1,8	2,1	
2	1,44	0,016	0,4	1,4	5,5	0,5	1,6	4,5	2,04	1,48	2,2	2,4	
2,3	1,74	0,024	0,4	1,6	6	0,5	1,8	5	2,34	1,78	2,5	2,8	
2,6	1,97	0,031	0,45	1,8	7	0,5	2,0	5,5	2,64	2,02	2,8	3,1	
3	2,31	0,042	0,5	2	8	0,5	2,4	6	3,04	2,35	3,2	3,6	
3,5	2,67	0,056	0,6	2,4	9	0,5	2,8	7	3,55	2,72	3,7	4,2	
4	3,03	0,07	0,7	2,8	10	0,8	3,2	8	4,06	3,09	4,3	4,8	
5	3,89	0,12	0,8	3,5	12	0,8	4,0	9	5,07	3,96	5,3	5,8	
6	4,61	0,17	1	5	14	1,5	5,0	11	6,09	4,70	6,4	7	
8	6,26	0,31	1,25	6	18	2	6,5	14	8,11	6,38	8,4	9,5	
10	7,92	0,49	1,5	7	22	2,5	8	17	10,14	8,05	10,5	11,5	
12	9,57	0,72	1,75	9	28	3	11	22	12,16	9,73	13	14	
14	11,22	0,99	2	9	30	3	11	22	14,18	11,40	15	16	
16	13,22	1,37	2	11	34	3	13	27	16,18	13,40	17	18	
18	14,53	1,66	2,5	13	40	4	16	32	18,22	14,75	19	20	
20	16,53	2,15	2,5	13	40	4	16	32	20,22	16,75	21	23	
22	18,53	2,70	2,5	16	45	4	18	36	22,22	18,75	23	25	
24	19,83	3,09	3	16	45	4	18	36	24,27	20,10	25	27	
27	22,83	4,09	3	18	52	5	20	41	27,27	23,10	28	30	
30	25,14	4,96	3,5	20	58	5	22	46	30,32	25,45	31	33	
33	28,14	6,22	3,5	22	62	5	25	50	33,32	28,45	34	36	

Šestihran hlavy šroubu a matice je stejný. Díra pro šroub Ø *d₃*. Přesná v jemné mechanice a na obráb. strojích, jinak ve všeobecném strojíctví střední.

1. Popište z paměti soustruh, podle obr. 3.
2. Které úhly sečteny dávají úhel řezu?
3. Jak se jmenuje plocha nože, po níž klouže tříška?
4. Proč je na upichovacím noži obr. 9 úhel podbroušení?
5. Proč pracuje nůž se zaoblenou špicí klidněji?
6. Jak vypadá Taylorův uběrák (viz obr. 13.)?
7. Proč nemůžeme vždy volit malý úhel nastavení, obr. 20?
8. Jmenujte aspoň jeden případ, kdy stavíme břit nože nad osu a pod osu.
9. Jak rozeznáme pravý nůž od levého?
10. Jaké výhody má pružný hladík, obr. 26?
11. Proč málo používáme nožů z nástrojové oceli?
12. Jmenujte nějakou značku rychlořezné oceli.
13. Proč jsou někdy soustružnické nože chromovány?
14. Jaká je hlavní výhoda tvrdých kovů na nože?
15. Které jsou tři základní skupiny tvrdých kovů?
16. Jak silnou třísku asi ubíráme diamantem?
17. Popište stručně postup výroby nože z rychlořezné oceli.
18. Jak postupujeme při naváření destičky na držák?
19. K čemu používáme pomocných tekutin při soustružení?
20. Jak značíme drsnost obroběného povrchu?
21. Proč musí být hrot vřeteníku a koníku přesně proti sobě?
22. Jak se jmenuje vrtáček k navrtávání pro hrot?
23. Kde má sedět v důlku hrot koníku?
24. Proč má být nůž upínán na krátko?
25. Kolik čelistí má obyčejně universálka?
26. K čemu je unášecí srdce?
27. Jak upínáme dlouhé, válcové součásti?
28. Kdy použijeme hrotu do poloviny rozbroušeného?
29. Jak upínáme součásti na trny?
30. Kdy nejčastěji použijeme upínacích skřípečů?
31. Popište postup výroby skřípece podle obr. 77a.
32. Jaké předměty upínáme na lícni desku?
33. K čemu se použije lunety?
34. Proč je výhodná úprava opěrných kladek proti noži?
35. Co to znamená °C nebo °F?
36. Proč nutno přesně měřit jen při normální teplotě 20° C?
37. Jak přesně změříme průměr posuvným měřítkem?
38. K čemu je na měřítku nonius?
39. K čemu je řehačka na šroubu mikrometru?
40. Jaké rozměry měříme mikrometrickým odpichem?

41. Jak je značen na př. otvor podle tolerancí ISA?
42. Co to je vůle čepu v díře?
43. Kolik stupňů přesnosti je zavedeno v soustavě ISA?
44. Jak je označena špatná strana k libru?
45. Jak vypadá tolerance u čepů podle ISA?
46. Jak se liší kalibr třmenový od válečkového?
47. Jak vypadá kuželový kalibr na povrch?
48. Co to jsou Johansonky?
49. Jaký přídavek necháme stát při hrubování pro další hlazení?
50. Kolik necháváme na opílování po hlazení?
51. Jak měříme průměr zhruba a přesněji?
52. Jak upínáme tenké ploché části pro soustružení (obr. 145)?
53. Jaký úhel asi má hrot vrtáku?
54. Jak upínáme vrták při vrtání na soustruhu?
55. Jak vrtáme velmi malé dírky?
56. Co to je vrtací olej a k čemu slouží?
57. Proč vrtáme dlouhé díry raději vrtací tyčí s nožem?
58. Jak vrtáme dvě díry v přesné vzdálenosti (obr. 169a)?
59. Proč některé otvory vystružíme?
60. Jak upínáme výstružník?
61. Čím mažeme při vystružení, a proč je to nutné?
62. Co to je dělový vrták a k čemu slouží?
63. Co je to kuželovitost a jak se určí?
64. Popište způsoby soustružení kužele.
65. Proč se dají nastavením hrotu soustružit jen táhlé kužele?
66. Jak se jmenuje nůž k upichování?
67. Jaký je rozdíl mezi zapíchnutím a upíchnutím?
68. Jak můžeme měřit zápich?
69. Proč někdy vypichujeme velké otvory?
70. Jaký je rozdíl mezi závitem metrickým a Whitworthovým?
71. Čím držíme očko při řezání závitu?
72. Jak se liší závitník obyčejný od strojového?
73. Jmenujte nástroje k řezání závitu na svorníku.
74. Jaký je rozdíl mezi závitovým nožem a hřebínkem?
75. Proč řezeme závity nožem místo očkem?
76. Kde má dosedat správný závit v matici?
77. K čemu je zápich na konci závitu?
78. Proč jsou nutná výměnná kola při řezání závitů?
79. Jak měříme závity?
80. Popište postup při soustružení nepravidelných tvarů.
81. Jak postupujeme při práci tvarovým nožem?
82. Jak se soustruží malé kuličky, obr. 298?
83. Jak soustružíme čep klikového hřídele?
84. Jak pracuje skličidlo na výstředné soustružení, obr. 304?
85. Proč a jak vroubkujeme povrch na soustruhu?
86. Popište postup při leštění a pilování na soustruhu.
87. Čím nejčastěji držíme smirkové plátno při leštění?
88. Popište úpravu při hoblování drážek na soustruhu.
89. Jak vineme zpruhy na soustruhu?
90. Popište postup při broušení na soustruhu.
91. Jak se značí brusné kotouče?
92. Co je to atmosféra?
93. Jak značíme násobení v technice?
94. Co je to rozšiřování zlomku?
95. Jaký výsledek vznikne násobením dvou záporných čísel?
96. Jak dělíme zlomek zlomkem?
97. Co to je exponent mocniny a kam se píše?

98. Jak převedeme číslo s jedné strany rovnice na druhou?
99. Jaký je součet úhlů v trojúhelníku?
100. Jak zní Pythagorova věta?
101. Co je to sinus úhlu a k čemu je?
102. Jak vypočteme obvodovou rychlost?
103. Popište Nortonovu skříň podle obr. 343.
104. Co to je modulové stoupání u šroubu?
105. Jak se rozloží číslo 282 u činitele (viz tab. na straně 135)?
106. Jak vzniká drsný povrch při soustružení?
107. Co je to plnost povrchu (viz str. 152)?
108. Jmenujte tři základní tvary třísek.
109. Jak vzniká nastavené ostří?
110. Jak můžeme zkoušet obrabitelnost?
111. Jak poznáme otupení nože?
112. Co to značí „Rezná rychlost v 60“?
113. Jak asi obrábíme hliníkové slitiny v porovnání s ocelí?
114. Dá se soustružit také sklo?
115. Proč je nutné mazání a chlazení při práci?
116. Jak vzniká vrtací olej?
117. Kam na nůž přivádíme mazací tekutinu?
118. Jaké výhody má miskový nůž?
119. Proč obrábíme litinu nejčastěji za sucha?
120. Jak poznáme materiál nože podle jisker?
121. Jak ostříme nůž s břitem z tvrdého kovu?
122. Jak se nastaví nůž s břitem z diamantu?
123. Jaké výhody má záporný úhel čela?
124. Jak mohou být připevněny destičky tvrdých kovů na násady?
125. Popište činnost a výhody zvláštních nožů podle obr. 407.
126. Jaké největší otáčky mají asi moderní soustruhy (str. 203)?
127. K čemu je stupňová řemenice v soustruhu?
128. Co to je tlačítkové ovládání soustruhu?
129. K čemu použijeme kusého soustruhu?
130. Jak se liší karusel od kusého soustruhu?
131. Dají se soustružit i hranaté součásti?
132. Popište činnost podtáčecího soustruhu podle obr. 447.
133. Jak se zásadně liší revolver od soustruhu?
134. Co to je měrná (specifická) váha?

REJSTŘÍK

Číslo u hesla znamená stranu

- Atmosféra 107
- Broušení 104
brusy 106
- Čas při práci 148
čelní soustružení 56
čtverce čísel 229
- Dělový vrták 68
diamanty 25, 194
drážkování 102
držáky nožů 23
- Frézování na soustr. 201
- Geometrie 118
Graven 216
- Hladkost povrchu 150
hlazení 54
hliník, soustružení 167
hmatadlo 46
hroty 36
hrubování 52
- Chromování nožů 189
- Jiskrová zkouška 181
Johansonky 51
- Kalibry 49
karusel 219
kliky 97
koník 209
kotoučový nůž 146
kuličky 96
kusý soustruh 218
kužele nástrojů 244
kužely 69
- Leštění 102
levý nůž 18
licní deska 40
licování 47, 239
lichoběžníkový závit 246
litina, soustružení 166
luneta 41
- Matematika 109
mazání a chlazení 27, 170
měď, soustružení 166
měrná váha 227
měření 42
metrický závit 248
mikrometr 46
mocniny 115
modulové stoupání 128
Monarch 214
- Násobení 111
nastavené ostří 155
nastavení nože 16
nástrojová ocel 21, 179
navrtání 29
nože, materiál 20, 179
nože, výroba 26, 182
- Obrabitelnost 155
obvod kruhu 231
obvodová rychlost 120
ocel, soustružení 165
odmocniny 115
otupení nože 158
otvory 62
- Pilování 100
plocha kruhu 233
- podbroušení 13
podtáčení 221
posuvné měřítko 44
povrch, značení 28
pravý nůž 18
prvočísla 133
předloha 11
převody 122
Pythagorova věta 118
- Revolver 222
rovnání 42
rovnice 116
rychloměrný stroj 212
rychlořezná ocel 21, 179
rychlost řezná 160
řezání nože 12
řezná rychlost 160
- Sčítání 111
sin a cos 235
sklíčidla 34
sklo, soustružení 169
skříňně soustruhů 211
skřípece 37
smrštění při kalení 136
soustruh, názvy 9
soustruhy 202
suporty 207
Škoda 215
špice nože 14
- Taylorův nůž 14
tg a cotg 237
točení, směr 169
tolerance 47, 239
trigonometr. funkce 119

trny upínací 37
trubkový závit 246
třísky, tvary 154
tvarové soustružení 93
tvarový nůž 144
tvrdé kovy 22, 190
tvrdost tabulka 183

Úhly nože 12
umělé hmoty 168
universálka 34
upichování 73
upínání materiálu 33

upínání nožů 32
váha, výpočet 227

Vroubkování 99
vrtací olej 171, 173
vrtání 59
vypichování 79
vystružení 66
výstředná práce 97
vzorce početní 225

Whitworthův závit 247

Zábřit nože 15
zámková deska 206

zapichování 77
záporná čísla 112
záporný úhel čela 196
závitníky 80
závitový nůž 137
závity 79
závity, kola 90
závity, měření 92
závity, tabulky 246
závity, výpočty 125
zinek soustružení 166
zlomky 110, 113
zpruby, vinutí 103

<i>Autor</i>	Jaroslav a B. Dobrovolný
<i>Název díla</i>	SOUSTRUŽNICTVÍ
<i>Knižnice</i>	Člověk a práce, hlavní redaktor Ing. dr. J. Habr
<i>Řada</i>	Příručky odborného výcviku Čs. ústavu práce, řídí Ing. J. Havlíček
<i>Obálka</i>	Jan Tišnovský
<i>Nakladatel</i>	Práce — pro Čs. ústav práce
<i>Počet výtisků</i>	6.000
<i>Tisk</i>	Práce, Praha
<i>Rok vyjití</i>	1949
<i>Cena</i>	85 Kčs