

Vývoj upínacího přípravku pro CNC stroj

Stanislav Mizera

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Vložit oficiální zadání bakalářské práce

Poděkování:

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce Ing. Lukáši Sed'ovi za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady, za čas a pozornost, kterou mi věnoval při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům ve firmě ZAKO Turčín se sídlem v Březnici za spolupráci a pomoc při řešení praktických konstrukčních problémů.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 07. 06. 2005

.....

podpis

RESUMÉ

V úvodu práce bylo čerpáno z dostupné literatury k danému tématu. Zabývá se charakteristikou třískového obrábění a podstatou soustružení, frézování, broušení a dále přehledem obráběcích strojů a používaných řezných materiálů.

Experimentální část se skládá z konstrukce přípravku pro CNC stroj a výkresovou dokumentací tohoto přípravku. Podstatou celé práce bylo navržení přípravku pro výrobu více součástek na CNC stroji najednou.

SUMMARY

At the beginning of work gathered on known literature discussing this topics. This work is dealing with characteristics of working and base of lathe-turning, milling cutting, grinding and furthermore it is dealing with machine tool's overview and used cutting materials.

Experimental part is about a construction tool for CNC machine and drawing this tool. Base of this work was development of the tool for mass production.

OBSAH

1	TEORETICKÁ ČÁST	9
1.1	TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ.....	9
1.1.1	Základy teorie obrábění	9
1.1.2	Opotřebení rezného klínu	14
1.1.3	Vliv rezného prostředí na proces obrábění.....	17
1.1.4	Řezné materiály.....	20
1.2	Obráběcí stroje.....	20
1.2.1	Metody a metodika procesu obrábění	22
1.3	Obrábění nástroji s definovanou geometrií	22
1.3.1	Soustružení	23
1.3.2	Frézování	29
1.3.3	Vrtání, vyhrubování a vystružování	30
1.3.4	Broušení	34
1.3.4.1	Technologická charakteristika	35
1.3.4.2	Názvosloví běžných brousících způsobů	35
1.3.4.3	Broušení obvodové	36
1.3.4.4	Broušení čelní	37
2	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	38
2.1	Použité programy při zpracování bakalářské práce	38
2.1.1	Program Edge CAM	38
2.1.2	Program CATIA V5.....	39
2.2	Popis výrobku.....	40
2.3	Vývoj přípravku.....	40
2.4	Výroba vodící lišty k upnutí přípravku	42
2.5	Výroba čepu.....	43

2.6	Práce obsluhy CNC stroje.....	43
2.6.1	Rozpínací kostka.....	44
2.6.2	CNC stroj, pro který byl přípravek navrhován	45
3	ZÁVĚR.....	46
4	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	47
5	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	48
6	SEZNAM TABULEK.....	49
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
8	SEZNAM PŘÍLOH	51

ÚVOD

Technologie v obecném pojetí je technický obor, který se zabývá aplikací přírodovědných poznatků při zavádění, zdokonalování a optimalizaci výrobních postupů. Je to jeden z vědních oborů, kde se aplikují poznatky zejména z oborů fyziky, matematiky a chemie při zavádění, zdokonalování a využívání nových výrobních postupů. Vývoj technologie je úzce spjat s vývojem poznání vědy a techniky dnešního moderního světa. Kvalita aplikované technologie dominantním způsobem ovlivňuje nejen užité vlastnosti hotového výrobku, ale i výrobní náklady vynaložené na jeho výrobu. V této oblasti má největší perspektivu rychlostní broušení, které je v současné době nákladnější než používané konvenční metody, avšak dosažená přesnost a kvalita povrchů posouvají tuto metodu do popředí.

Výrobní postupy se zpravidla realizují na výrobním zařízení, které mohou tvořit zpracovatelské stroje, zařízení a přístroje. Rozdíly mezi nimi nejsou vyhraněné, ale obvykle se za zpracovatelský stroj považuje výrobní zařízení, v němž se během technologického procesu uplatňuje převážně mechanická energie k dosažení požadovaných vlastností nebo tvaru příslušného výrobku. Zpracovatelský stroj se tedy skládá z pohonu, přenosových mechanismů, funkčních prvků a ovládacích orgánů.

V dnešní době se oblast technologie obrábění zaměřuje hlavně na oblast číslicově řízených strojů. Tímto směrem se ubírá i technologie obrábění. V současnosti pracuje naprosto spolehlivě i celá řada bezobslužných pracovišť. Další vývoj technologie obrábění je orientován na automatizaci výrobního procesu, kde by nemělo docházet k selhání lidského faktoru. Další součástí zdokonalování výroby je používání vysoce výkonných řezných materiálů a aplikace nekonvenčních metod obrábění, mezi něž patří obrábění laserem, svazkem elektronů, ultrazvukem, vodním paprskem atd.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

Obrábění je jednou z nejstarších výrobních metod. Vývoj technologie obrábění je založen na vědeckých poznatcích získávaných experimentálním výzkumem všech forem úběru materiálu a je také podmíněn vývojem řezných materiálů a rozvojem automatizace pracovních cyklů obráběcích strojů.

Obrábění je možno definovat jako technologický proces, při němž požadovaný tvar a rozměr součástky vzniká postupným odebíráním materiálu z výchozího polotovaru. Materiál se při obrábění odebírá:

- mechanickým pochodem, tj. oddělováním částic materiálu břitem řezného nástroje ve tvaru třísky, tento pochod nazýváme řezání
- odtavováním částic materiálu obrobku účinkem elektrického proudu, svazkem soustředěných elektronových nebo světelných paprsků (laser) nebo použitím plazmového hořáku označujeme je jako nekonvenční metody obrábění
- elektrochemickým rozpouštěním částic materiálu

1.1.1 Základy teorie obrábění

Základní podmínkou metody obrábění je relativní pohyb mezi nástrojem (břitem) a materiálem. Obráběný předmět nazýváme obrobkem. Část nástroje která řeže, nazýváme řeznou hranou neboli ostřím, vzájemný pohyb nástroje a obrobku nazýváme řezným pohybem.

Vzájemný pohyb obrobku a nástroje umožňující odřezávání určité vrstvy materiálu, tzv. třísky, se skládá z hlavního pohybu a z vedlejších pohybů.

Hlavní pohyb je pohyb technologického zařízení, který umožňuje oddělení alespoň jedné třísky; na uskutečnění tohoto pohybu se spotřebuje převážná část příkonu stroje.

Vedlejší pohyby zajišťují plynulost oddělování třísky z obrobku. Vedlejší pohyby jsou posuv a přísuv. (4.3)

Posuv je relativní pohyb obrobku vůči nástroji ve směru obrobku, který umožňuje postupné (plynulé) oddělování třísek.

Přísuv je vedlejší pohyb nástroje umožňující vzájemné přestavování obrobku vůči nástroji a nastavování hloubky řezu.

Všechna kinematická schémata obráběcích strojů jsou založena na kombinaci rotačního a přímočarého pohybu. Teoreticky lze sestavit 282 principiálních kinematických schémat, v praxi se však využívá pouze 27.

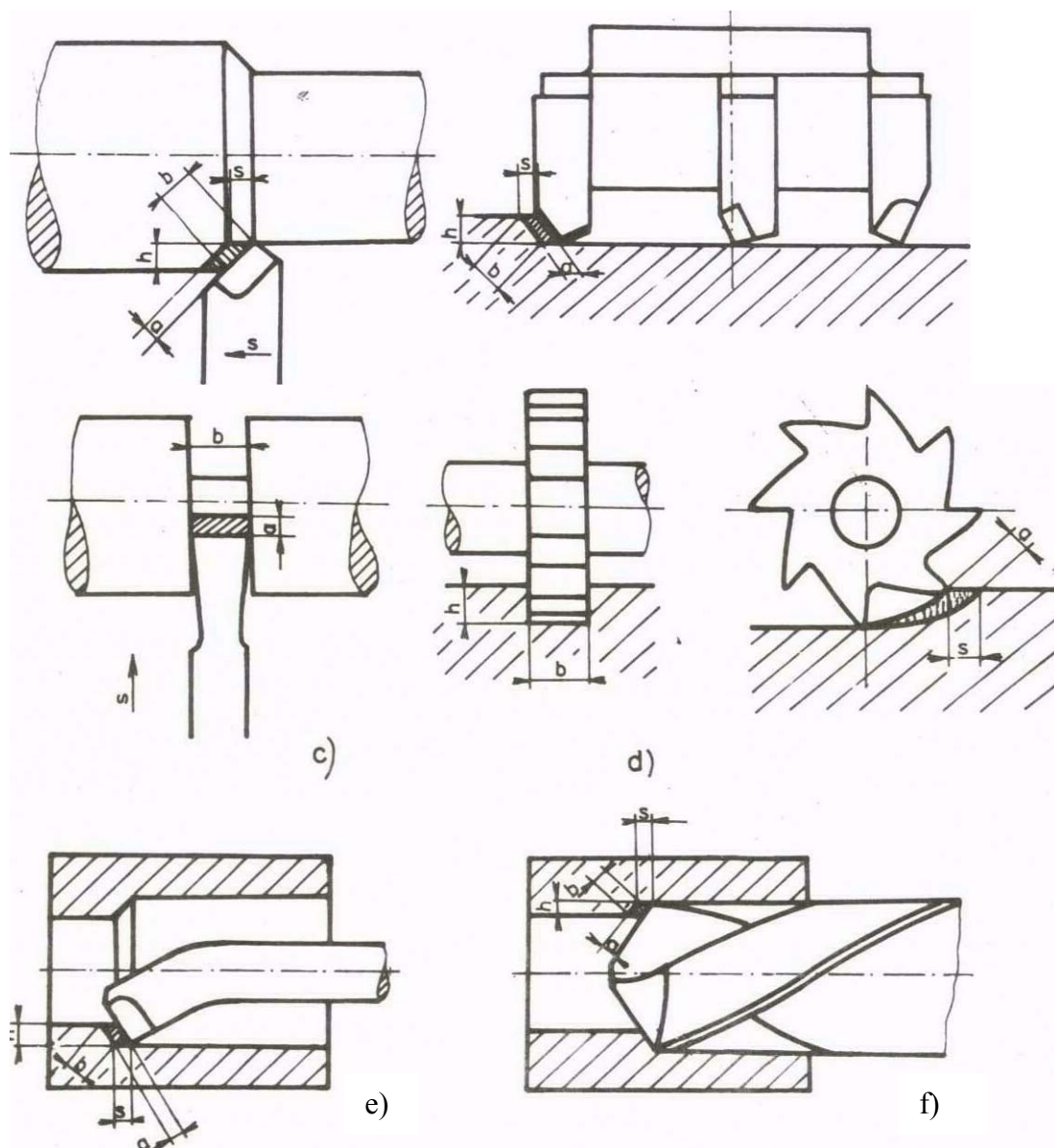
Pohyby označujeme jako základní řezné podmínky. Doplnující podmínky jsou hodnoty, které také výrazně ovlivňují výsledky obrábění a jsou to geometrie nástroje a geometrické parametry plochy řezu třísky. (viz obr.1).

Aktivním činitelem řezného procesu je řezný nástroj, jehož geometrie je určována řeznými úhly. Řezný nástroj se skládá z tělesa a břitu (z řezného klínu), tj. z části, která vniká do obrobku.

Plochy, které ohraničují řezný klín, jmenujeme čelo, hřbet a vedlejší hřbet. S těmito názvy také korespondují úhly na řezném nástroji, které jsou znázorňovány v ortogonálním souřadnicovém systému na obr. 1.

Tyto tzv. geometrické řezné podmínky můžeme definovat takto:

Úhel hřbetu α je úhel roviny hřbetu a roviny kolmé na základovou rovinu. Úhel řezného klínu (břitu) β je úhel mezi rovinou hřbetu a rovinou čela měřený v rovině kolmé na řeznou hranu. Úhel čela je úhel mezi základní rovinou a rovinou čela měřený v téže rovině. Další, z technologického hlediska velice důležitý úhel, je úhel nastavení hlavního ostří K_r a vedlejšího ostří K_r' a úhel sklonu řezné hrany λ . Tyto úhly jsou nabroušeny na řezném nástroji, označujeme je názvem nástrojové úhly. Při namontování nástroje do technologického procesu se mohou tyto úhly změnit, pak mluvíme o technologických úhlech.



Obr. 1 Průřez třísky pro různé způsoby obrábění

Na obráběném předmětu (obrobku) rozeznáváme tři plochy:

- a) obráběnou plochu, z níž se při obrábění odstraňuje přebytečný materiál (přídavek). Je to povrch polotovaru.
- b) plochu řezu, vytvářenou řeznou hranou nástroje. Je to přechod mezi obráběnou a obrobenou plochou.
- c) obrobenou plochu, která vznikne po odstranění přebytečného materiálu (třísky). Je to výsledek procesu obrábění.

Při obrábění dochází k oddělování třísek, které mohou mít různé tvary. Působením nástroje na obrobek a na třísku dochází ke stlačení (pěchování) třísky a k deformaci obrobené plochy, na povrchu obrobku se vytváří zpevněná vrstva. Během obrábění v důsledku působení mechanických sil a tepelného stavu dochází ke vzniku nárůstku na řezné hraně nástroje. Při překonávání pevnosti materiálu musí nástroj vykonat určitou práci, musí přitom překonat odpor materiálu proti oddělení. V důsledku vzájemného působení činitelů technologického procesu dochází vždy ke vzniku tepla v řezané oblasti. Tyto jevy označujeme společným názvem průvodní jevy procesu obrábění. Všechny tyto jevy jsou funkcí technologických podmínek.

Tříska je jedním z charakteristických produktů procesu obrábění. Bohužel v technologickém procesu vzniká značné množství třísky. Podle tvaru rozeznáváme plynulou (stuhovitou, spirálovou), článkovitou a drobenou třísku. Z hlediska kvality je nejvýhodnější plynulá tříska, z hlediska odstranění a odvozu třísek je nejvhodnější drobená tříska. Při hodnocení výsledků obrábění rozhoduje ekonomické hledisko, proto volíme technologické podmínky tak, aby při obrábění vznikala článkovitá tříska. Z těchto důvodů se na povrchu nástrojů vybrušují nebo se připojují tzv. tvarovače nebo lamače třísek.

Při tvoření třísky dochází vlivem tlaků a teplot k plastickým deformacím a ke změně krystalické struktury povrchových vrstev. Na povrchu obrobku vzniká zpevněná vrstva. V této vrstvě je pevnost a tvrdost až třikrát vyšší, což je výhoda při dokončování a nevýhodné pro hrubovací operace. Hloubku zpevnění ovlivňují řezné podmínky, nejvýrazněji řezná rychlost. Se zvyšováním řezné rychlosti hloubka zpevnění klesá, se zvyšováním posuvu a hloubky řezu se zvětšuje.

Při obtékání řezného klínu materiálem se vytváří na čele nástroje silně zpěchovaná tvrdá vrstva kovu, která se v důsledku vysokých tlaků, teplot a kovové čistoty nalepí (navarí) na hrot nástroje. Na řezné hraně se objeví tzv. nárůstek. Vliv nárůstku na proces řezání je dvojitý. Na jedné straně odtrhávané částice rozrušeného nárůstku spolu s částmi z oblasti poměrného váznutí zhoršují kvalitu obrobeného povrchu a zvyšují opotřebení nástroje, na druhé straně nárůstek chrání nástroj před bezprostředním stykem s obráběným materiálem, přebírá funkci řezného klínu při řezání, snižuje řezné síly a teploty řezání. Tvorbu a velikost nárůstku ovlivňují řezné podmínky. Se zvyšováním řezné rychlosti se snižuje výskyt nárůstku, úhel řezu zvyšuje pravděpodobnost vzniku nárůstku.

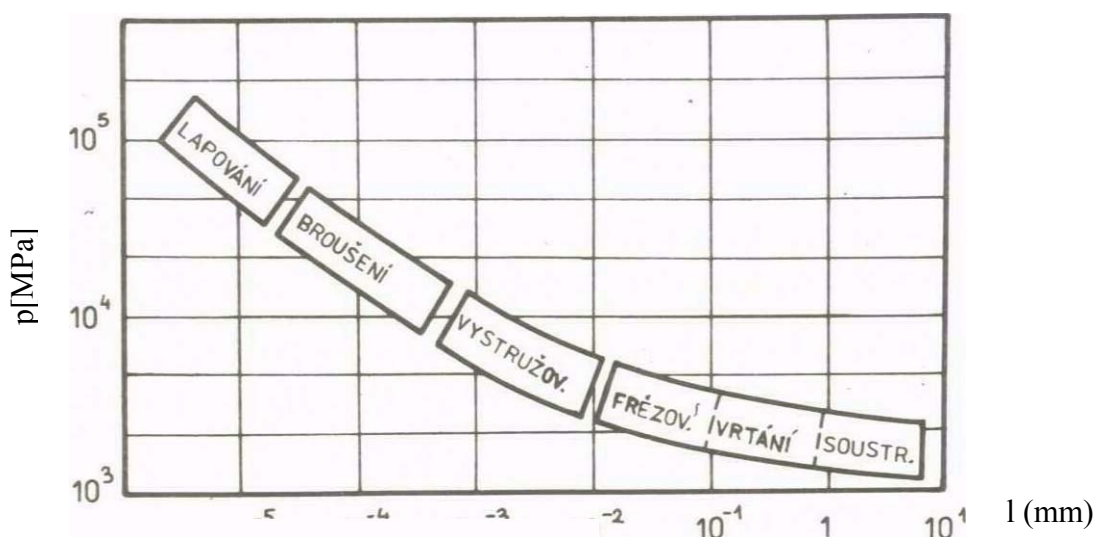
Obráběný materiál klade odpor proti vnikání nástroje a oddělování třísky. Tento odpor označujeme jako řezný odpor. Síla, kterou působí nástroj na obrobek je řezná síla. Řezný odpor a řezná síla dle zákona o akci a reakci musí mít stejnou velikost a obrácený smysl. Řezný odpor je prostorová síla, která se rozkládá na složku tangenciální (R_z) do směru hlavního řezného pohybu a vyvolává krouťicí moment.

$$M_K = \frac{R_z \cdot D}{2 \cdot 10^3} \text{ Nm} \quad (1)$$

Tento krouťicí moment lze určit z výkonu poháněcího motoru:

$$P_{mot} = \frac{P_{už}}{\eta_c} = \frac{R_z \cdot v}{6 \cdot 10^4 \eta_c} \quad (2)$$

Druhá složka řezného odporu je radiální (F_y) ve směru radiálním vzhledem k nástroji nebo obrobku. Z ní se dimenzuje nástroj na tlak. Třetí složka je axiální, působící ve směru osy obrobku. Její velikost je směrodatná pro dimenzování posuvových mechanismů.



Obr. 2 Měrný řezný odpor při různých způsobech obrábění

Rozhodující vliv na velikost řezné síly (řezného odporu) mají vlastnosti obráběného materiálu. Proto lze každý způsob obrábění charakterizovat vlastně úsilím potřebným na odebrání třísky z daného materiálu pomocí tzv. měrného (specifického) řezného odporu , kde S je průřez třísky; lze pak psát $F_z = P \cdot S$ což je další z možností stanovení řezné síly. (4.3)

$$p = \frac{F_z}{S} \quad (3)$$

Abychom při obrábění oddělili třísku, je nutné do technologického procesu dodat energii pružných a plastických deformací, energii vnějšího a vnitřního tření a energii tvoření nových povrchů. Téměř celé množství této energie se přemění na teplo. Vzniklé teplo výrazně ovlivňuje řezný proces, neboť mění řezné vlastnosti nástroje, ovlivňuje mechanické vlastnosti, velikost tření, přechování, zpevnění atd.

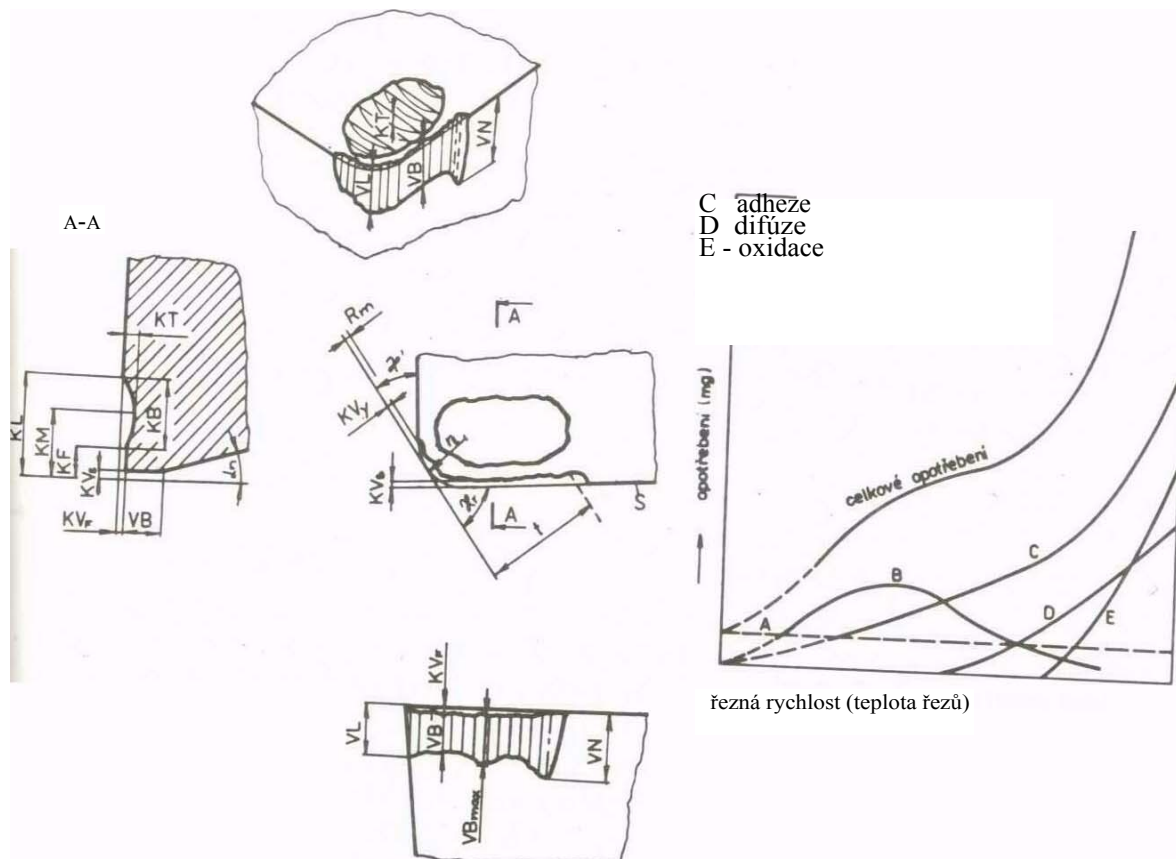
Množství tepla vzniklého v místě řezu je funkcí řezných podmínek, z nichž nejvýraznější je vliv řezné rychlosti. Se zvyšováním řezné rychlosti se parabolicky zvětšuje oteplení. Křivka konverguje k tavicí teplotě obráběného materiálu. Teplo je odváděno z místa řezu třískou, nástrojem, obrobkem a okolím.

Teplo a rozdělení tepla při obrábění se měří pomocí různých konstrukcí kalorimetrů. Teplota v různých místech řezné plochy se hodnotí pomocí termočlánků (přirozených, poloumělých a umělých), termistorů, optických nebo fotografických systémů pomocí termofilních laků atd.

1.1.2 Opotřebení řezného klínu

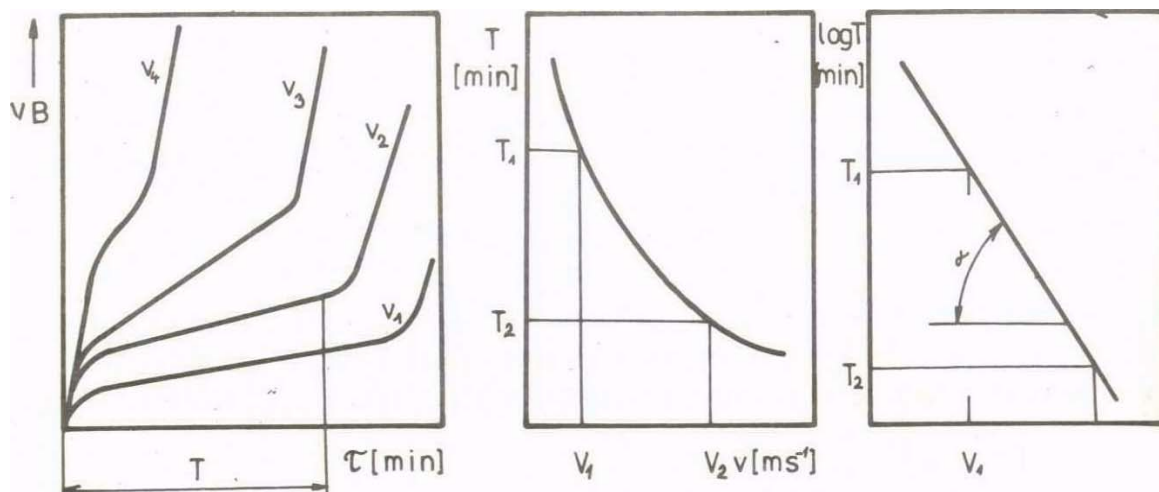
V důsledku relativního pohybu nástroje a obrobku, různých tvrdších vměstků v obrobcích, chemické afinity obrobku a nástroje dochází vždy v řezném procesu k opotřebení čela a hřbetu nástroje (viz obr. 2). Příčinou opotřebování nástroje může být křehký lom ostří, plastický otěr nebo nejčastěji opotřebení otěrem. Toto opotřebení může být mechanickým otěrem (abrazivní) zapříčiněný přítomností tvrdých částic, adhezivním otěrem, kdy v důsledku spojení materiálu nástroje a obrobku adhezními silami a

následným vytrháváním dochází k opotřebení, dále chemickodifuzním otěrem souvisejícím se změnou chemického složení povrchových vrstev. (4.3)



Obr. 3 Průběh a formy opotřebování ploch nástroje

Velikost otěru je funkcí řezných podmínek, z nichž nejdůležitější je vliv řezné rychlosti. Sledováním opotřebení v závislosti na čase získáme tzv. křivky opotřebení (viz obr. 4). Na této křivce lze pozorovat tři charakteristické úseky.



Obr. 4 Charakteristické křivky opotřebení břitu

Úsek počátečního výrazného opotřebení, kde se opotřebí vrcholky nerovností, úsek rovnoměrného (přímkového) opotřebení a úsek kritického opotřebení, kdy dochází často k ulomení nástroje a k výrazné ztrátě řezivosti v důsledku zvýšené teploty. Na intenzitě opotřebování závisí také trvanlivost břitu i životnost nástroje. Trvanlivost je celková doba, po kterou je nástroj v záběru schopen odebírat třísku (čas do hospodárního opotřebení). Pro trvanlivost nástroje platí Taylorův vztah:

$$T \cdot v^m = C_T \quad \text{nebo} \quad T_1 \cdot v_1 = T_2 \cdot v_2 = T_i \cdot v_i \quad (4)$$

Otupený nástroj může po naostření znovu pracovat. Počet ostření, která je možno provést do úplného spotřebování nástroje charakterizuje životnost. Součet trvanlivostí je tedy životnost nástroje.

Taylorovy závislosti umožňují definovat obrobiteľnosť materiálů a řezivost nástroje. Obrobiteľnosť charakterizuje podmínky, při kterých se materiál nejlépe obrábí. Řezivost charakterizuje řeznou schopnost určitého nástroje a jeho použitelnost pro obrábění různých materiálů. Měly-li by oba pojmy podávat úplnou charakteristiku, musely by v sobě zahrnovat všechny činitele, ovlivňující řezný proces. Vyjádřit tak širokou škálu vlivů jednou veličinou není možné, proto se obrobiteľnosť a řezivost vyjadřují pomocí tzv. relativní obrobiteľnosti (řezivosti). Obrobiteľnosť (řezivost) materiálu se porovnává s etalonem (proto relativní). Nejvhodnější pro toto porovnání se jeví znázornění obrobiteľnosti (řezivosti) v T-v závislostech v logaritmických souřadnicích. U zkoušek obrobiteľnosti se různé druhy obrobku obrábí stejným nástrojem za stejných řezných podmínek a volí se relativně nejlépe obrobitelný materiál; u zkoušek

řezivosti hodnotíme obrábění jednoho materiálu různými nástroji za stejných řezných podmínek a vybíráme si nejrezivější nástroj pro obrábění tohoto materiálu. Obrobitelnost materiálu v CSU se hodnotí pomocí indexu obrobitelnosti.

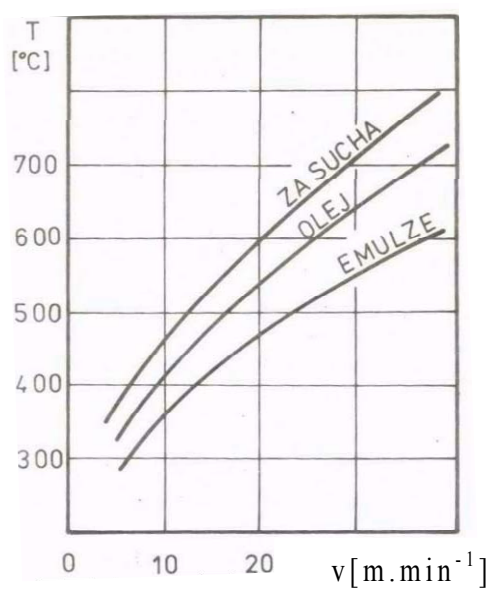
1.1.3 Vliv řezného prostředí na proces obrábění

Fyzikální a chemické vlastnosti řezného prostředí podstatně ovlivňují deformaci řezaného materiálu, tření na nástroji, teplotu řezání a tím řezný odpor, trvanlivost nástroje, jakost a přesnost obrobené plochy. Hospodářský význam řezného prostředí je tedy nesporný, a proto se snažíme výběrem vhodných řezných prostředí připravit nejvhodnější řezné podmínky. Řezné kapaliny mají fyzikální a chemické vlastnosti, které se projevují mazacím, chladicím, korozivním a čistícím účinkem při řezání. (4.3)

Mazací účinek řezných kapalin se uplatňuje snížením tření na činných plochách řezného břitu (vnější mazací účinek), dále usnadňuje plastické deformace, zvyšuje křehkost povrchových vrstev a zmenšuje práci vnitřního tření. Rozhodující jsou tyto vlastnosti řezné kapaliny: povrchové napětí, smáčivost, pevnost vytvořeného filmu a chemická aktivita vůči materiálu obrobku. Molekuly řezné kapaliny vytváří na povrchu součásti absorpční vrstvy zabraňující kovovému styku součástí, které se o sebe třou. Na povrchu se vytváří kysličníky, chloridy, fosfidy, sirníky, mastné kyseliny a kovová mýdla.



Obr. 5 Vliv řezného prostředí na výsledky obrábění



Obr. 6 Vliv teploty na koeficient tření

Jsou oprávněné předpoklady, že řezná kapalina proniká do trhlin obrobku, dostává se do skluzových rovin a tím snižuje energii vnitřního tření. Snižuje také pravděpodobnost vzniku a velikost nárůstu.

Chladicí účinek řezných kapalin je charakterizován jejich schopností odvádět teplo z místa řezání a je měřitelný intenzitou ochlazování.

U třísky velké tloušťky se teplota břitu nemůže snížit přímým ochlazením místa řezu, pouze se sníží teplota pracovní části nástroje, a tím se zvětší tepelný spád mezi mezní vrstvou břitu a hmotou nástroje, což urychlí odvod tepla a sníží teplotu stykových míst břitu. Předpokládáme, že rychlost vedení tepla je menší než rychlost, kterou má tříska odcházející po čele nože. Teplota stykových míst se může snížit ochlazením vnější strany třísky při malých řezných rychlostech a při malých tloušťkách třísky. Chladicí účinek řezné kapaliny snižuje otěr nástroje, avšak v některých případech může působit také záporně. Intenzitu chlazení lze zvýšit přívodem většího množství kapaliny a zvyšováním tlaku chladiva.

Antikorozním účinkem řezných kapalin se zabrání vzniku koroze na povrchu. Součástky při obrábění jsou vystaveny chemickým a elektrochemickým účinkům prostředí pozůstávajícího z kyslíku, vody, kyselin a jiných látek ze vzduchu. Za účelem zvýšení protikorozní ochrany řezných kapalin přidáváme inhibitory koroze.

Proud řezné kapaliny odstraňuje z místa řezu třísku a jemné kovové případně brousící částice, čímž se usnadňuje tvorba nových třísek a povrchů a nepoškozuje se obrobená plocha. Čistící účinek řezných kapalin je zvláště důležitý u broušení, kde hydrodynamickým tlakem vytlačuje třísky z pórů a nedovoluje ulpívání třísek na nástroji nebo na obrobku.

Použití řezných kapalin snižuje drsnost, zpevnění obrobené plochy, přechování třísky, řezné odpory, teplotu řezání a opotřebení.

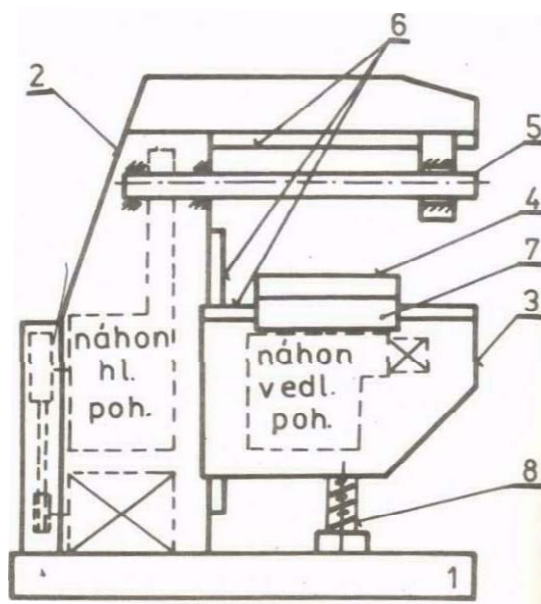
Pro obrábění používáme vodné roztoky (2 až 5 %) elektrolytů, emulze olejů, tuků a vody (2 až 6 % rozptýlených kapek oleje atd.) a řezné oleje. Účinnost chladicích kapalin zvyšujeme přidáváním povrchově aktivních látek tzv. EP přísad (viz též obr. 5). Při výběru vhodné řezné kapaliny nemůžeme přihlížet pouze k jejímu vlivu na trvanlivost nástroje, drsnost povrchu a na řezný odpor, ale musíme hodnotit její cenu a spotřebu.

1.1.4 Řezné materiály

Materiály řezných nástrojů odolávají intenzivnímu působení třísky a obrobku, proto musí mít tvrdost převyšující tvrdost obrobku o 5 až 6 HRC i za vysokých teplot, vyhovující ohybovou a tlakovou pevnost a dobrou tepelnou vodivost. Žádný dosud známý materiál nesplňuje všechny požadavky na nástroje. Obecně lze říci, že nejlepší je řezný materiál, který zachovává dobré mechanické a chemické vlastnosti i za vysokých teplot. V současné době na řezání kovů používáme různé druhy nástrojových uhlíkových ocelí, rychlořeznou ocel, stelity, slinuté karbidy, keramiku, kubický nitrid bóru a diamant. Nové řezné materiály umožňují zvyšovat řeznou rychlost, zkracovat technologické časy (kusové). Uvádí relativní snížení výrobního času s dobou objevení daného řezného materiálu. Ukazuje se, že použitím slinutých karbidů povlakovaných keramikou nebo čisté technické keramiky se snížil výrobní čas o dva řády. V současné době se zavádí do výroby nové řezné materiály KNB (kubický nitrid bóru - obchodně elbor, borazon, kubonit) a syntetický diamant, které technologické časy snižují ještě o řád, to znamená, že výrazně zvyšují produktivitu obrábění. Stejně výsledky dosahujeme při nanášení supertvrdých povrchů na řezné nástroje (WC, TiC, TiN, Al_2O_3). Tato metoda se úspěšně využívá i ve spotřebním průmyslu díky výzkumům prováděným na KGPT. (4.3)

1.2 Obráběcí stroje

Uskutečnění technologického procesu je ve všech technologiích, tj. i u obrábění, vázáno na výrobní stroje. velmi důležitou oblastí zvyšování produktivity je zavádění automatizovaných a číslicově řízených obráběcích strojů. U konvenčních obráběcích strojů čas řezání tvoří asi 35 až 45 % z celkového časového fondu, kdežto u číslicově řízených (NC) strojů dosahuje 80 až 90 %. Otázky související se zaváděním NC strojů budou hodnoceny dále.



Obr. 7 Schéma stavby obráběcího stroje 1 - základová deska, 2 - stojan, 3 - konzola, 4 - stůl, 5 - Vřeteno, 6 - vodící plochy, 7 - suport, 8 - vodící šroub

Obráběcí stroje jsou taková technologická zařízení, u nichž přenášejí řezné nástroje řeznou sílu na obrobek prostřednictvím relativních pohybů tak, že se mění tvar polotovaru na hotový obrobek bez fyzického působení člověka. Těmto podmínkám jsou přizpůsobeny i funkční části obráběcích strojů (viz obr. 7). V podstatě se tyto pracovní celky vyskytují u všech typů a druhů obráběcích (výrobních) strojů. Každý stroj tedy obsahuje nosné a vodící prvky, části a mechanismy pro vyvození a vedení hlavního pohybu, části a mechanismy pro vyvození a vedení vedlejšího pohybu, zařízení pro upnutí (polohování) obrobku, zařízení pro upnutí a polohování nástroje, řídicí a ovládací mechanismy a přídatná zařízení (hydraulické, chladicí jednotky, zásobníky, podavače, manipulátory, kontrolní jednotky atd.). V současné době probíhá intenzivní výzkum v oblasti automatizace těchto pracovních celků na celém světě. Zvláště rychlý je rozvoj v oblasti řízení technologických zařízení. Po vývojové etapě tvrdé automatizace (vačky, křivkové bubny, narážky, kopírovací zařízení) se v současné době zavádí číslicově řízené, stroje s narážkovými systémy, analogově řídicí systémy a adaptivní řídicí systémy strojů. Stroje a technologické činnosti jsou v současné době řízeny pomocí mikropočítačů, úspěšně se rozšiřují také obráběcí centra, integrované a pružné výrobní systémy.

1.2.1 Metody a metodika procesu obrábění

Obrábění je technologií, při které nástroj odebírá z povrchu polotovaru třísku a tím vytváří tvary hotového výrobku - obrobku. V technologii obrábění se používají 4 skupiny metod, které se od sebe liší charakteristickými znaky a řeznými podmínkami. Tyto zvláštnosti mají rozhodující vliv na konstrukci obráběcího stroje, stav obrobku a nástroje, skladbu technologického procesu a na metodiku obrábění. Nejčastěji tyto činnosti dělíme na:

1. metody obrábění nástroji s definovanou geometrií
2. metody obrábění nástroji s nedefinovanou geometrií
3. nekonvenční metody obrábění (elektrické, laserové atd.)
4. úpravu obrobených ploch (často mezioborově s technologií tváření)

1.3 Obrábění nástroji s definovanou geometrií

Při obrábění nástroji s definovanou geometrií se používají nástroje, které mají jednoznačně určenou rovinu čela, hřbetu a základovou rovinu, tzn. jsou ohraničena (definována) těmito rovinami. Většinou jsou to nástroje kovové (nástrojová ocel, slinutý karbid), jen výjimečně keramické destičky případně destičky KBN nebo DIA. Těmito metodami se vyrábí obrobky z litých a tvářených polotovarů. Často se zhotovují obrobky z trubek, tyčí, plochých desek atd. Nejdůležitější skupiny těchto metod a jejich charakteristika je uvedena v tabulce 3. Tyto metody obrábění zaručí průměrnou přesnost výrobků (nejsou většinou dokončovací operace). Z povrchu obrobku se v této fázi technologie odděluje až 90 % celkového přídatku. Tvary a rozměry součástí jsou téměř shodné s výkresovou hodnotou. (4.3)

1.3.1 Soustružení

Obrábění soustružením je v současné době nejrozšířenější technologie, která se používá ve strojírenských provozech. Představuje 30 až 40 % celkové pracovní. Do budoucna se předpokládá zachování postavení této technologie, možná mírný pokles, zásluhou přesných a dokončovacích metod a přesného tváření.

Hlavní pohyb při soustružení vykonává rotující obrobek, vedlejší pohyby (posuv a přísuv) vykonává nástroj, tzv. soustružnický nůž. Na soustruhu se vykonává velké množství prací a činností. Těmto činnostem a velké univerzálnosti soustružení musí odpovídat i počet typů a druhů nástrojů, soustružnických nožů. Z hlediska konstrukce, upnutí a vzájemné polohy obrobku a nástroje rozdělujeme nože na radiální, tangenciální a kotoučové. Z hlediska provedení jsou nože celistvé a s příložnou řeznou destičkou. Ostří nástroje může být přímkové nebo tvarové.

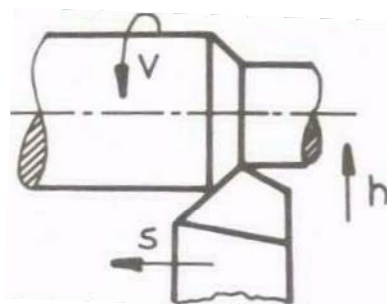
K technologii neodmyslitelně patří výrobní stroje. Každý typ soustruhu je stavěn v odstupňované řadě velikostí (od soustruhů přístrojových pro jemnou mechaniku po soustruhy pro těžké strojírenství). Podle základní koncepce lze soustruhy rozdělit na:

- a) hrotové soustruhy
- b) lící (čelní) a svislé (karuselové) soustruhy
- c) speciální soustruhy.

Podle stupně mechanizace a automatizace dělíme soustruhy na:

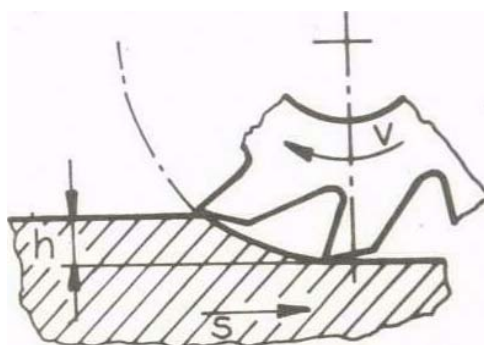
- a) soustruhy obyčejné
- b) revolverové soustruhy
- c) poloautomatické soustruhy
- d) automatické soustruhy.

SOUSTRUŽENÍ - je strojní obrábění vnějších, vnitřních a čelních ploch na rotačních obrobcích, které konají hlavní pohyb (v) rotační. Vedlejší pohyby - posuv (e) a přísm (h) vykonává jednobřítý nástroj - soustružnický nůž.



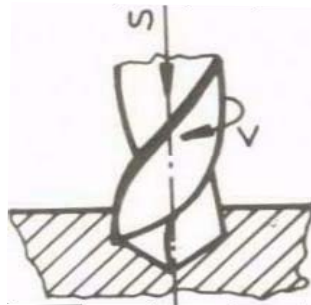
Obr. 8 Soustružení

FRÉZOVÁNÍ - je metoda strojního obrábění rovinných i tvarových ploch na nerotačních obrobcích, u které vícebřítý nástroj - fréza koná hlavní pohyb (v) rotační. Vedlejší pohyby - posuv (s) a hloubka záběru (h) jsou nejčastěji přímočaré, kolmé nebo rovnoběžné s osou hlavního pohybu a koná je převážně obrobek.



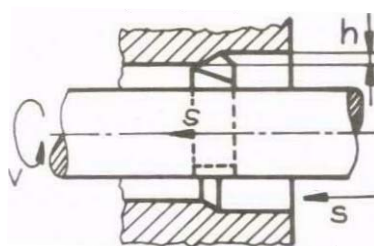
Obr. 9 Frézování

VRTÁNÍ - je strojní obrábění děr dvoubřitým nástrojem - šroubovým vrtákem. Hlavní pohyb (v) je rotační a vykonává jej nástroj současně s vedlejším pohybem - posuvem (e); (h) je dán průměrem nástroje.



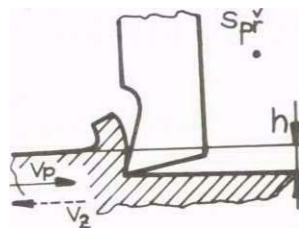
Obr. 10 Vrtání

VYVRTÁVÁNÍ - je metoda obrábění rotačních i čelních ploch, zpravidla na rozměrných a hmotných obrobci; jednobřítý nástroj - vyvrtávací nůž koná současně hlavní pohyb (v) rotační i vedlejší pohyby posuv (s) a přísuv (h).



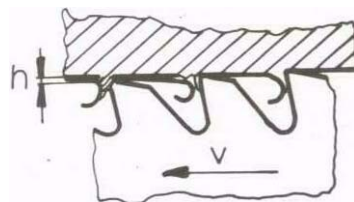
Obr. 11 Vyvrtávání

HOBLOVÁNÍ, OBRÁŽENÍ - jsou metody obrábění rovinných a tvarových ploch jednobřítými nástroji - hoblovacími a obrážecími noži, s hlavním pohybem (v) přímočarým a vedlejšími pohyby (s a h) kolmými na směr hlavního pohybu. Hlavní pohyb (v) koná obrobek - u hoblování, nebo nástroj - u obrážení a má dvě složky pracovní (V_p) a zpětný (V_z)



Obr. 12 Hoblování, Obrážení

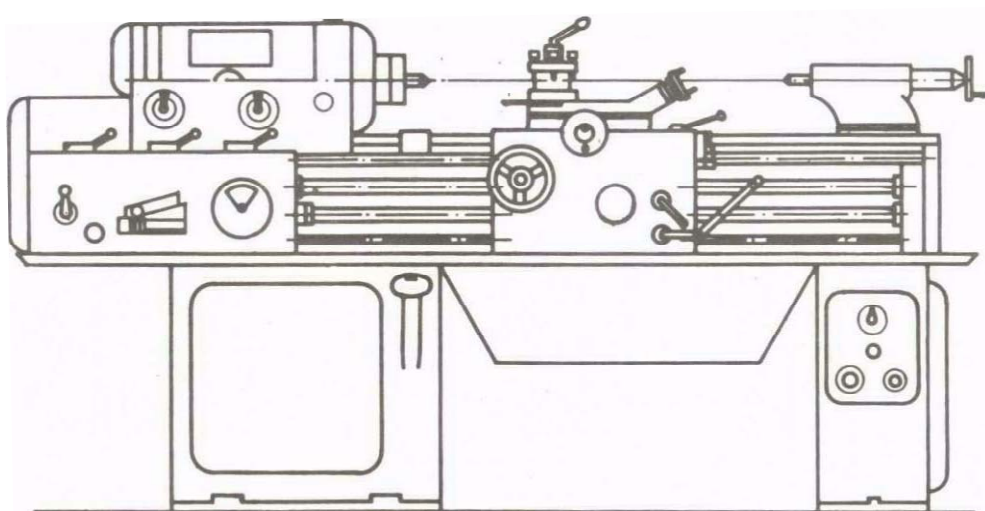
PROTAHOVÁNÍ - je metoda strojního obrábění zejména tvarových obrobků, vyznačující se tím, že vícebřítý nástroj - protahovací trn obrábí celý povrch obrobku v průběhu i pracovního zdvihu nástroje. Hlavní pohyb (v) přímočarý koná nástroj a vedlejší pohyby (s a h) jsou dány konstrukcí nástroje.



Obr. 13 Protahování

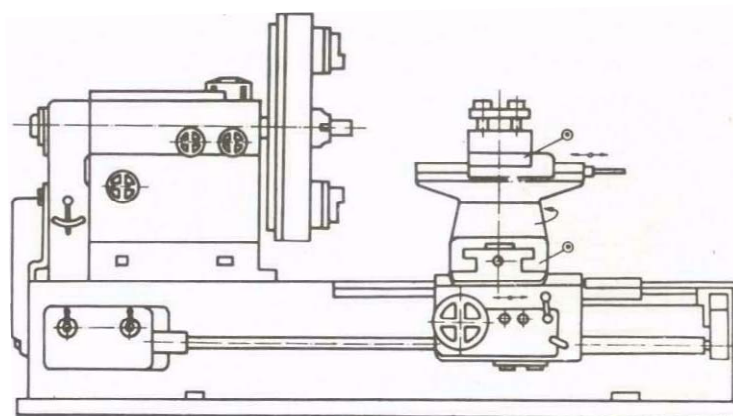
V technologii obrábění rotačních ploch nejčastěji používáme hrotové soustruhy univerzální. Součástka se často upíná mezi hroty (hřídele, osy, cepy). Lze však na nich obrábět výrobky typu kotoučů, pouzder, přírub, které se upínají do univerzálního sklíčidla.

Na univerzálním soustruhu lze soustružit plochy jak rotační, válcové i kuželové, tak tvarové, vnější i vnitřní, čelní plochy rovinné i tvarové, ale i upichovat (dělit) materiál, vrtat, vyhrubovat a vystružit otvory, řezat závity vnější i vnitřní buď nožem nebo závitníkem, případně závitovou čelistí lze na soustruhu (při kusové malovýrobě) dokonce i jednoduché vnější i vnitřní rotační plochy brousit bruskou (fortuna) a vlastním elektrickým pohonem, která se upevňuje do suportu. Dlouhé hřídele se při soustružení upínají na dvou hrotech. Otáčivý pohyb (spojení s vřetenem) obstará unášecí srdce e kolík. Maximální rozměry obráběného materiálu se udávají výškou hrotu nad ložem a točnou délkou.(4.3)



Obr. 14 Univerzální soustruh

Čelní soustruhy slouží k obrábění nepříliš těžkých obrobků velkého průměru a malé výšky (setrvačníky, řemenice, příruby). Součásti se upínají na lícní desku, u které je každá čelist samostatně přestavitelná a proto upínání a středění obrobků je obtížné. Proto se čelní soustruhy nahrazují karusely.



Obr. 15 Lícní (čelní) soustruh

Karusel, nebo též svislý (vertikální) soustruh (obr. 16) má upínací desku ve tvaru kotouče, otočnou kolem svislé osy.

Jsou výhodnější než lícní soustruhy, neboť se na upínací desce snadno upínají i

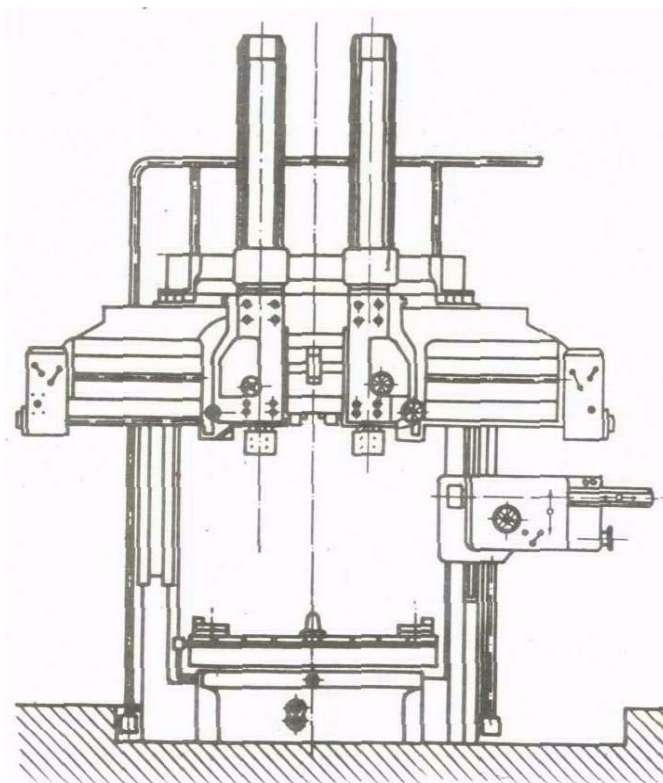
těžké součásti. Od celkové dispozice stroje lze snadno odvodit hlavní řezný pohyb obrobku na otočném stole posuv vykonává suport s nožem, který se posunuje po výškově přestavitelném příčnicku a určuje v nejvyšší poloze maximální výšku obráběného předmětu. Přísuv vykonává svisle nůž. Karusely jsou vybaveny mechanismy pro plynulou regulaci otáček stolu, takže řezná rychlost je konstantní, i když se nůž přiblíží ke středu. Na obrázku 16 je dvojstojanový karusel s bočním suportem pro soustružení válcových ploch a tvarových zápichů.

Revolverové soustruhy jsou určeny k obrábění malých a středních součástí rotačních tvarů, vyráběných ve středních sériích. Obrobky na těchto strojích se obrábí na hotovo, při jednom upnutí více nástroji revolverové hlavy.

Revolverový soustruh umožňuje upnout v hlavě před začátkem práce více nástrojů (vrták, výhrubník, výstružník, závitník ap.) ve sledu jednotlivých operací, takže lze opracovat celou součást bez výměny jednotlivých nástrojů. Revolverové soustruhy se vyrábí s vodorovnou (bubnové), svislou (hvězdicové) nebo šikmou osou otáčení revolverové hlavy.

V sériové a hromadné výrobě se používají poloautomaty a automatické soustruhy. Tyto stroje pracují s automatickým technologickým cyklem, tzn. že součástka se vyrobí na hotovo bez zásahu člověka během výroby. U poloautomatů po vyrobení jedné součástky se stroj zastaví, k opakování výroby je nutné zapnout znovu stroj.

U automatů stroj pracuje do doby pokud v zásobníku má polotovary, které automaticky podává do upínače stroje manipulátor nebo robot. Výkon a dosažitelná kvalita soustružení je funkcí typu stroje, nástroje, obrobku, zručnosti obsluhy atd. Běžně dosažitelná kvalita výroby pro soustružení a ostatní metody obrábění je uvedena v tab. 3. V grafu není zachycen vliv řezné kapaliny; použitím řezné kapaliny lze zvýšit hospodárny úběr o 30 až 100 %.



Obr. 16 Svislý soustruh (karusel)

1.3.2 Frézování

Frézování je po soustružení nejpoužívanější metoda obrábění, při kterém každý břit – zub více klínového nástroje odebrává třísku. Nástroj – fréza vykonává hlavní pohyb, vedlejší pohyb – posuv zpravidla vykonává obrobek. Úběr materiálu při frézování je přerušovaný, řezný klín po vyjetí ze záběru se ochlazuje až do nového záběru. Frézováním se vyrábí rovinné a tvarové přímkové plochy. Podle způsobu záběru frézy do materiálu obrobku rozeznáváme frézování válcové, čelní a okružovací.

Při válcovém frézování se odebrá z obrobku tříska břity uspořádanými po obvodě frézy. Směr posuvu je kolmý k ose frézy. Výsledný řezný pohyb, tj. dráha břitu nástroje vzhledem k obrobku, je prodloužená cykloida, vytvořená otáčivým pohybem břitu nástroje a podélným, přímočarým pohybem obrobku. Podle směru posuvu obrobku vzhledem k směru otáčení frézy rozeznáváme frézování sousledné s nesousledné a podle toho se mění i průřez odebírané třísky od maxima do nuly nebo od nuly do maxima.

Při čelním frézování je osa frézy kolmá k frézované ploše, z níž se oddělují třísky bříty na čele. Může však fréza (stopková) oddělovat i třísky bříty na obvodu, případně jen na obvodu. Pak je opracovávaná plocha rovnoběžná s osou frézy a podle jejího tvaru to může být buď plocha rovinná nebo tvarová.

Při okružovacím frézování se vícebřitový nástroj (např. několikanožová hlava) otáčí vně obrobku, který se rovněž otáčí. Tím můžeme vytvořit frézováním rotační plochy válcové i tvarové. Nejčastěji se používá na výrobu závitů.

Frézy jsou několikabřité nástroje, jejichž bříty jsou uspořádány na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše tělesa, frézy, u čelních fréz také na čelní ploše. Rozeznáváme válcové, čelní a válcové, kotoučové, odvalovací a závitové frézy. Různé typy nástrojů jsou znázorněny v tab.2.

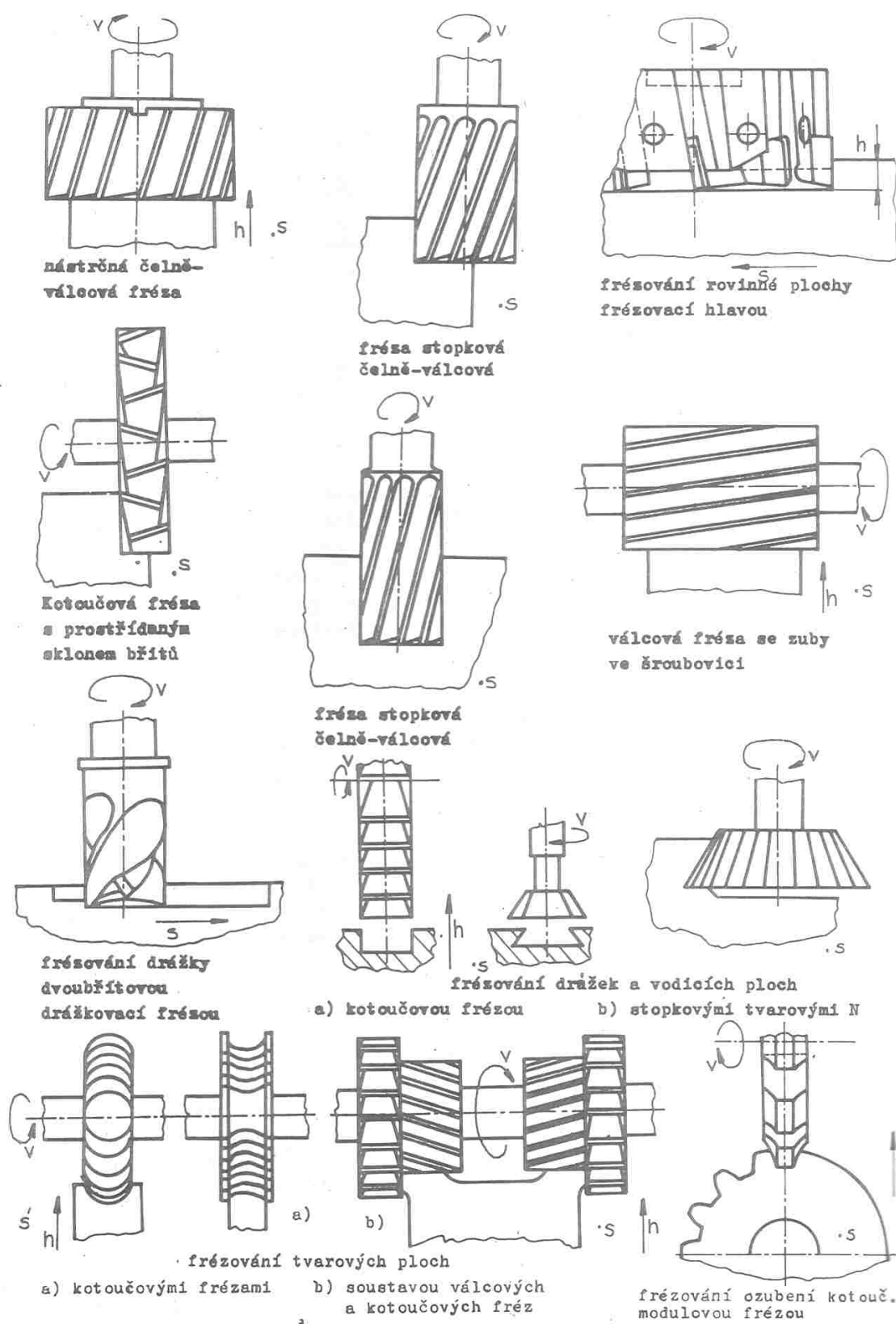
Frézování přímkových, rovinných a tvarových ploch se provádí na frézkách různé konstrukce. Nejčastěji se používá konzolová frézka univerzální, která může mít svislou nebo vodorovnou frézovací hlavu. Je vybaven také dělicím přístrojem a otočným stolem. Další typy frézek jsou frézky rovinné pro výrobu větších rovinných ploch (např. vodící plochy obráběcích strojů). Pro výrobu tvarových ploch (dutiny forem, kopyta atd.) se používají

kopírovací frézky. Kromě základních typů frézovacích strojů se uplatňuje také řada speciálních frézek, např. frézky na drážky, vačky, křivkové bubny, pantografické, na závity a na ozubení. Výkon a dosahovaná přesnost a drsnost povrchu je uveden v tab.3 v porovnání s ostatními metodami obrábění. (4.3)

1.3.3 Vrtání, vyhrubování a vystružování

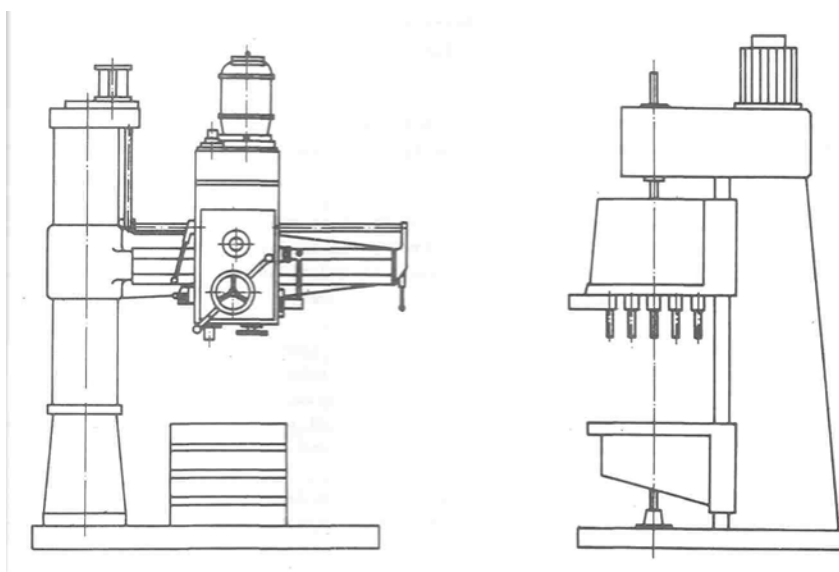
Vrtání je základní technologická metoda pro výrobu válcových nebo tvarových děr zplna obvykle dvoubřitým nástrojem vrtákem, který má řezné hrany na hrotě. Pro zpřesnění rozměru a tvaru již vyvrtané díry slouží postupně vícebřitý vyhrubník pro vyhrubování a výstružník pro vystružování. Hlavní rotační pohyb vykonává většinou nástroj, vedlejší přímočarý také zpravidla nástroj. Přehled nejdůležitějších prací prováděných vrtáním je v tab.2. Pro vrtání se používají různé konstrukce vrtáků. Nejčastěji se používá šroubovitý vrták. Mezi nejjednodušší nástroje patří kopinatý vrták, dělový vrták, hlavňový vrták. Pro výkonné vrtání se používají vrtací hlavy (tzv. korunový vrták).

Tab. 1 Frézy a příklady frézování nerotačních ploch



Vrtání je poměrně málo produktivní metoda s relativně malou přesností (viz tab.2). Proto se díry zpřesňují pomocí výhrubníků a výstružníků.

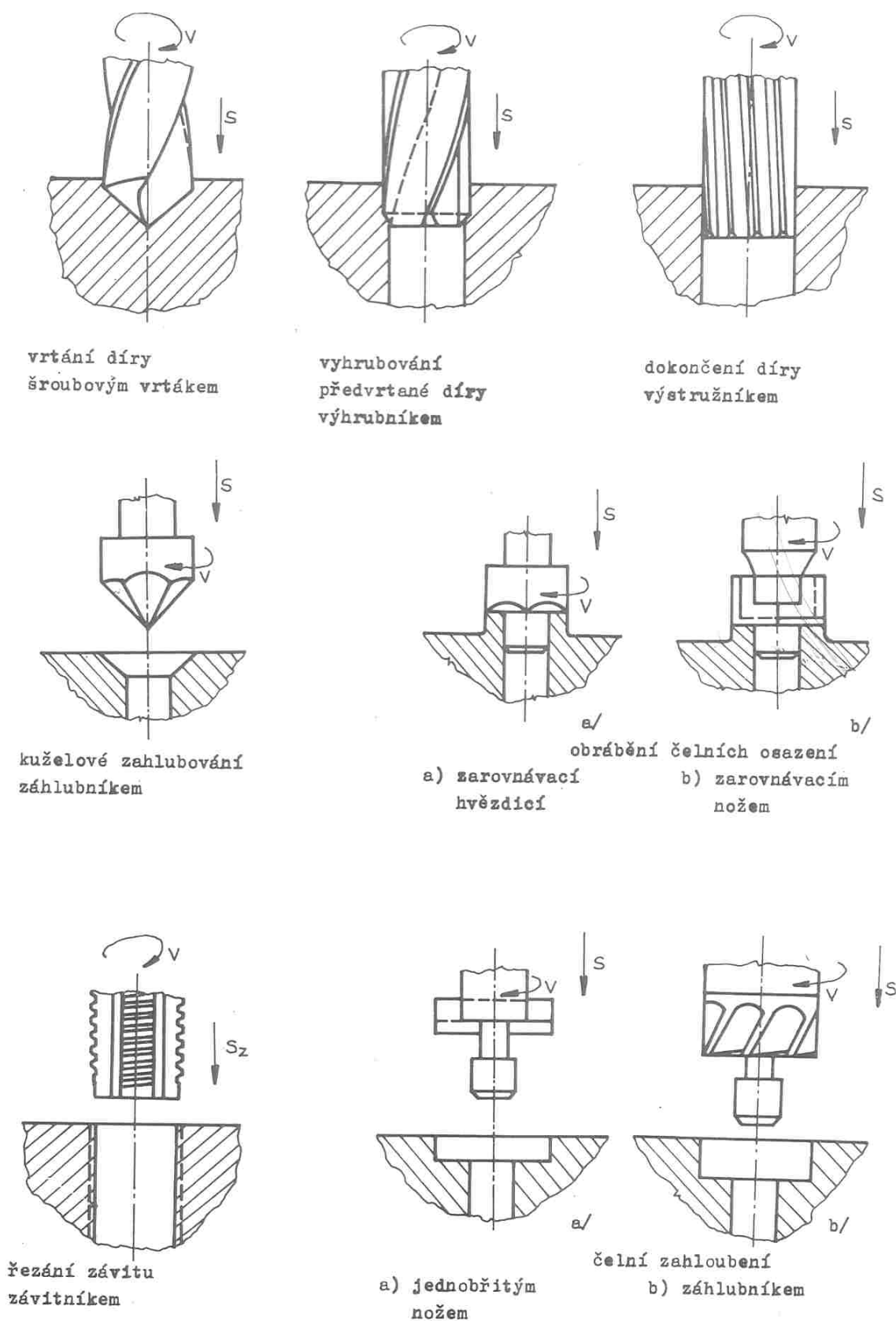
Vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování se provádí na vrtačkách. Nástroje se upínají buď do upínacích hlav nebo přímo pomocí Morse kužele do vřeten vrtačky. Vřeten vrtačky vykonává současně pohyb otáčivý a osový posuv. Umožňuje to pinola, kterou vřeten prochází. Podle konstrukčního provedení rozeznáváme vrtačky ruční (elektrické), stolní (ukládají se na stůl), sloupové (vřeteník a pracovní stůl jsou posuvné po sloupu), stojanové (vřeteník a stůl je posuvný po stojanu). (4.3)



Obr. 17 Otočná (radiální) a vícevřetenová vrtačka

Otočná (radiální) vrtačka (obr.17) je důležitou a velmi používanou variantou vrtaček. Je určena na vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování děr – včetně řezání závitů v rozměrných obrobcích, které se těžko přemísťují. Proto se přesouvá vřeteník. V základové desce je zakotven sloup, po kterém se posunuje a otáčí (vykyvuje ve vodorovné rovině) rameno. Po vedení ramene se posunuje vřeteník, na němž jsou soustředěny všechny ovládací prvky. Svislé vřetení je na dolním konci opatřeno kuželovým vybráním (Morse kužel), v němž se upevňují stopkové nástroje buď přímo nebo na upínacích trnech s Morse kuželem. Vřetení je svisle přestavitelné ručně i strojně, takže umožňuje při práci ruční i samočinný posuv. Řezný pohyb vykonává vřetení, posuv pinola.

Tab. 2 Příklady obrábění děr a čelních osazení



V sériové a hromadné výrobě se uplatňují pro vrtání vícevřetenové vrtací hlavy (viz obr.17) a vrtací jednotky, což jsou jednoúčelové pracovní jednotky s vlastním pohonem a posuvem. Pracovní cyklus mají automatický.

Pro vrtání děr přesných rozměrů a rotační (např. desek forem) slouží tzv. souřadnicové vrtačky. Tyto stroje umožňují vrtání děr s přesností IT 2 až IT 5. Přesnost roztečí je 0,002 mm. Poloha děr se nastavuje v souřadnicích x-y. Kromě vrtáků, výstružníků a výhrubníků, pro výrobu přesných děr se používají též vyvrtávací nože. (4.3)

Tab. 3 Dosažitelná drsnost a přesnost výroby pro různé metody obrábění

ZPŮSOB OPRACOVÁNÍ

TŘÍDY PŘESNOSTI

1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3											16

PARAMETRY DRSNOSTI R_a μm

50	16	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,05	0,025	0,012
32	10										

TŘÍSKOVÉ OPRACOVÁNÍ

SOUSTRUŽENÍ				●	●	○	○	○	x	x	-	-
VYVRTÁVÁNÍ				●	●	○	○	○	x	x	-	-
VRTÁNÍ									●	○	x	x
VYSTRUŽOVÁNÍ				●	●	○	○	x	x	-	-	-
VÁLCOVÉ FRÉZOVÁNÍ						●	●	○	○	x	x	-
ČELNÍ FRÉZOVÁNÍ						●	●	○	○	x	x	-
HOBLOVÁNÍ A OBRAŽENÍ						●	●	○	○	x	x	-
PROTAHOVÁNÍ				●	●	○	○	x	x	-	-	-

-	-	-	x	x	○	○	●					
-	-	-	x	x	○	○	●					
-	-	x	x	○	○							
-	-		x	○	○	○	●	●				
-	-	x	x	○	○	○	●					
-	-	x	x	○	○	○	●					
-	-	x	x	○	○	○	●					
-	-	x	○	○	○	○	●	●				

OPRACOVÁNÍ BROUŠENÍM

BROUŠENÍ				●	●	○	○	x	x	-	-	
BEZHROTOVÉ BROUŠENÍ				●	●	○	○	x	x	-	-	
BROUŠENÍ OTVORŮ				●	●	○	○	x	x	-	-	
BROUŠENÍ PLOCH				●	●	○	○	x	x	-	-	
JEMNÉ OBROUŠOVÁNÍ						●	●	○	○	x	x	-
HLAZENÍ PLOCH				●	●	○	○	x	x	-	-	
HLAZENÍ VÁLCŮ A OTVORŮ				●	●	○	○	x	x	-	-	
OSCILAČNÍ HLAZENÍ				●	●	○	○	x	x	-	-	

			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				

BROUŠENÍ VOLNÝM BRUSIVEM

LAPOVÁNÍ				●	●	○	○	x	x	-	-	
LEŠTĚNÍ DOBRUŠOVÁNÍM				●	●	○	○	x	x	-	-	
VÍŘIVÉ A BUBNOVÉ DOLEŠTOVÁNÍ						●	●	○	○	x	x	-
VYHLAŽOVÁNÍ PROUDEM BRUSIVA						●	●	○	○	x	x	-
ULTRAZVUKOVÉ OBŘÁBĚNÍ						●	●	○	○	x	x	-

			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				
			-	x	x	○	○	●				

- NA HRUBO

x STŘEDNÍ PŘESNOST

○ PŘESNÉ

● VELMI PŘESNÉ

1.3.4 Broušení

Broušení se používá zejména pro obrábění součástí s vyššími požadavky na přesnost rozměrů a tvarů a jakost povrchu. Dále se broušení uplatňuje při obrábění materiálů, které není možné jinými obráběcími metodami obrobít, nebo je brousící metoda hospodárnější než jiné. S rozvojem výkonných brousících nástrojů a strojů se význam broušení rozšiřuje z původní oblasti dokončovacích operací také na produkční obrábění.

1.3.4.1 Technologická charakteristika

Brousící proces má základní charakteristiky podobné jako jiné obráběcí procesy a zvláště je blízký frézování. Při broušení však dochází ke kvantitativním i kvalitativním odlišnostem, které souvisí zejména s vlastnostmi brousícího kotouče a řeznými podmínkami. Broušení se od frézování odlišuje především různorodostí geometrického tvaru brousících zrn a jejich nepravidelným rozmístěním po ploše brousícího nástroje. Úhel čela zrn se mění a bývá vesměs záporný. Brousící proces se uskutečňuje při vysokých řezných rychlostech ($30-100 \text{ m.s}^{-1}$) a při malých průřezech třísky (10^{-3} až 10^{-5} mm^2).

Od jiných způsobů obrábění se práce brousícího kotouče liší schopností tzv. samoostření. Tato vlastnost brousícího kotouče souvisí s poměrně málo pevným zakotvením brousícího zrna ve vazbě kotouče. V důsledku zvýšení řezných sil na otupených zrnech se tato vyloímí a jejich funkci přebírají zrna neotupená. (4.4)

1.3.4.2 Názvosloví běžných brousících způsobů

Brousící proces se uskutečňuje různými metodami, které se definují pro vhodná kritéria. Příslušné technologické charakteristiky se k těmto metodám vztahují.

Podle tvaru obrobeného povrchu a způsobu jeho vytváření se rozlišují:

- *rovinné broušení* (výsledkem je rovinná plocha),
- *broušení do kulata* (výsledkem je rotační povrch),
- *broušení na otáčivém stole* (broušení s rotačním posuvem),
- *tvarovací broušení* (broušení závitů, ozubených kol apod.),
- *kopírovací broušení* (broušení s řízenou změnou posuvu, NC stroje),
- *broušení tvarovými brousícími kotouči* (profil brousícího kotouče určuje konečný profil obrobku).

Podle aktivní části kotouče se specifikuje:

- *obvodové broušení* (broušení obvodem kotouče),
- *čelní broušení* (broušení čelem kotouče kolmým k jeho ose).

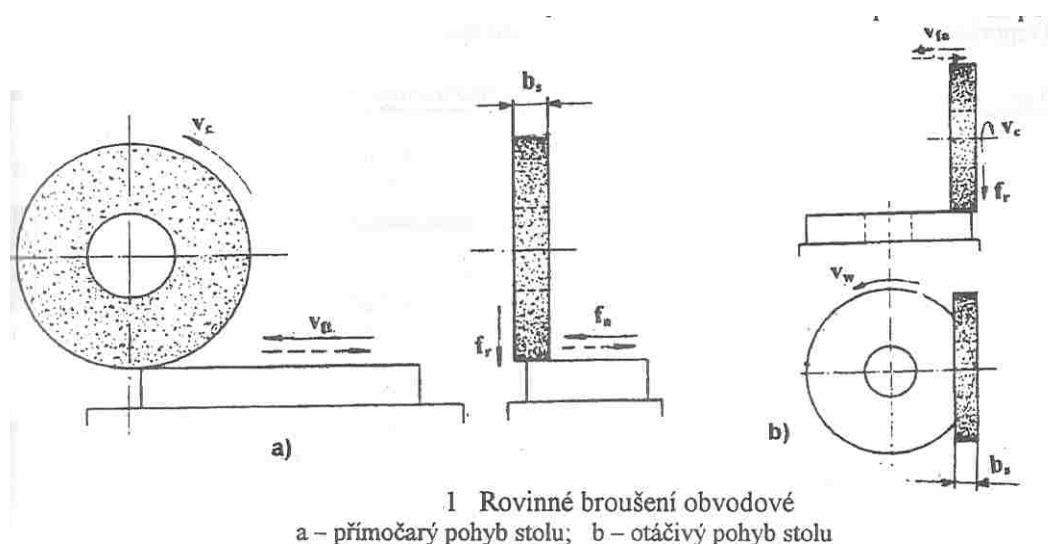
Podle vzájemné polohy brousícího kotouče a obrobku se charakterizuje :

- *vnější broušení* (broušení vnějšího povrchu obrobku),
- *vnitřní broušení* (broušení vnitřního povrchu obrobku).

V mé bakalářské práci uplatním broušení obvodové a čelní.

1.3.4.3 Broušení obvodové

Broušení obvodem kotouče je nejpřesnější způsob broušení ploch, protože se pracuje relativně úzkým kotoučem a obrobek se vlivem tepla vzniklého při broušení deformuje jen nepatrně. Používá se zejména při broušení přesných rovinných ploch a dále při výrobě nástrojů, měřidel, přípravků atd. Tímto způsobem je možné zhotovovat i různé tvarové plochy. Při broušení obvodem kotouče se obrobek může otáčet nebo přímočaře posouvat obr.18. V případě přímočarého posuvu obrobku se otáčí brousící kotouč obvodovou rychlostí v_c , obrobek vykonává podélný vratný pohyb posuvovou rychlostí v_{ft} . V jedné nebo obou úvratích se příčně posouvá kotouč vzhledem k obrobku o hodnotu f_a a po obroušení celé plochy se radiálním posuvem f_r nastaví hloubka broušení opakovaně až po celkový přírůstek na broušení.



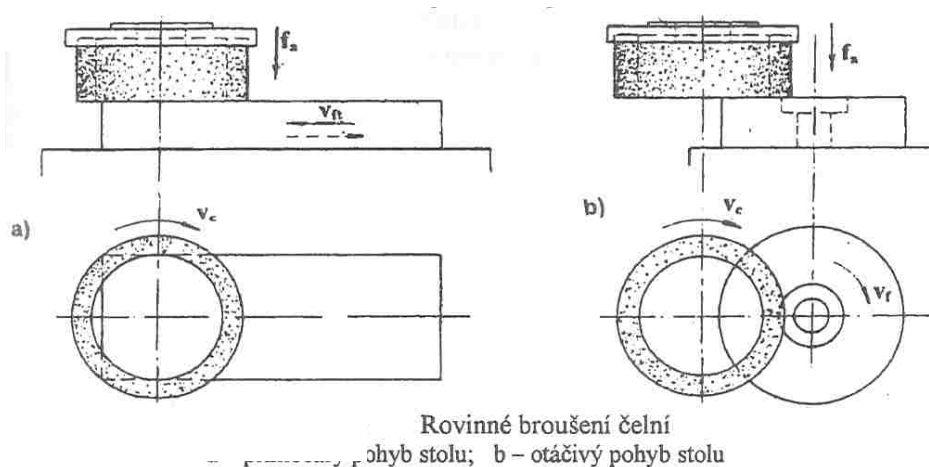
Obr. 18 Rovinné broušení obvodové

Na bruskách s kruhovým pohybem součásti se obrábějí přesné čelní plochy, jako např. čela kotoučových fréz, okružních pil atd. Kromě toho se na nich dají brousit i plochy

mírně kuželovité, např. čela kotoučových fréz, jejich hloubka se směrem ke středu zmenšuje.

1.3.4.4 Broušení čelní

Broušení čelem kotouče není sice tak přesné jako broušení obvodem kotouče, je však mnohem výkonnější. Součást se přímočaře posouvá nebo otáčí obr.19



Obr. 19 Rovinné broušení obvodové

Při přímočarém pohybu stolu se v sériové a hromadné výrobě brousí zejména menší součásti např. čelní plochy ozubených kol, pístní kroužky, čela kroužků kuličkových ložisek atd.

Při broušení čelem kotouče se pro větší průměry používají nejčastěji *segmentové hlavy*. Mají několik předností – zejména vyšší využití brousícího materiálu, lepší odstraňování třísek, řezná kapalina má lepší přístup do místa broušení, styčné plochy nástroje s obrobkem jsou menší a broušená součást se zahřívá méně.

U rovinných brusek pracujících s celistvými kotouči se někdy vřeteno skloní k obráběné ploše o několik stupňů (max. o 4°), aby se styčná plocha nástroje a součásti zmenšila. Tím se zlepší řezné podmínky, ulehčuje se odstranění třísky a chlazení, ale obráběná plocha má horší rovinnost. (4.4)

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Použité programy při zpracování bakalářské práce

2.1.1 Program EdgeCAM

Ke zpracování bakalářské práce bylo použito programu **EdgeCAM**, ve kterém bylo rozvrženo umístění výrobků a jejich tvar pro vyráběný přípravek.

Nasazení systému EdgeCAM je snadné. Jedná se o systém, který je postaven na platformě Windows a je určen pro uživatele z oblastí velmi intenzivní výroby. Systém je vybudován na 20-ti leté zkušenosti z oboru obrábění, získané ve více než 15 000 firmách po celém světě.

Systém tvoří velmi cenné nástroje, které zvyšují produktivitu práce a optimalizují využití nástrojů. EdgeCAM je schopen akceptovat původní CAD soubory od všech hlavních CAD systémů, včetně: Solid Works, Solid Edge, Autodesk Inventor, Autodesk Mechanical Desktop, CATIA, AutoCAD a Pro/ENGINEER.

EdgeCAM také akceptuje soubory těchto nezávislých formátů: IGES, DXF, VDA, Parasolid a ACIS. Dále nabízí funkcionalitu 2D a 3D CAD systémů pro vytvoření součásti od návrhu až po její dokončení nebo nabízí úpravy importovaných souborů. Také je konstruktér postprocesorů schopen vytvářet NC kód pro jakýkoliv typ CNC obráběcího stroje.

Dále nabízí daleko více, než jen vytváření NC kódu. Díky nástrojům a funkcím obsažených v nástrojích pro vyšší produktivitu, navrhuje obráběcí strategie, které optimalizují dráhy nástrojů, eliminují řezání „vzduchu“, maximálně prodlužují životnost nástroje, zkracují čas nutný pro programování a zvyšují celkovou produktivitu.

2.1.2 Program CATIA V5

Dalším použitým programem byla **CATIA V5**. V tomto programu byly tvořeny výkresy a 3D modely výrobku, přípravku a jeho další součásti.

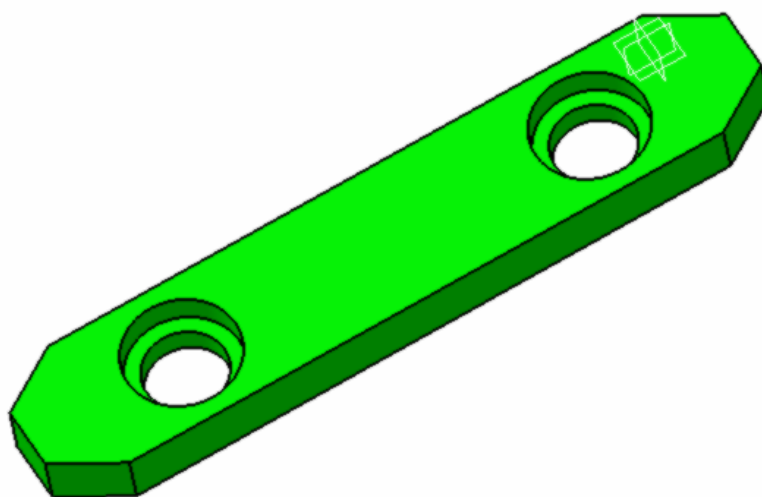
Systém CATIA je používán ve všech oblastech průmyslu. Několik tisíc pracovišť má např. Boeing - významný výrobce letadel. Pro konstrukci svých produktů používají tento systém např. IBM nebo LUX. Používá se i pro návrh a konstrukci lodí, či průmyslových provozů. Nejrozšířenější je CATIA v automobilovém průmyslu, používají je velké automobilky jako Chrysler, BMW, VW nebo ŠKODA. Více jak 50 % uživatelů jsou malí výrobci s méně jak pěti pracovišti.

CATIA je "hybridní modelář", což znamená, že kombinuje v jednom modelu jak plošné (surface) tak i objemové (solid) elementy. Právě tato volnost při výběru modelářských technik a možnost je kdykoliv kombinovat, činí software CATIA tak silným systémem. Velkou výhodou je také možnost nepovinné parametrizace. Díky tomu se konstruktér může rozhodnout jestli díl parametrizuje a využije tím výhod parametrických modifikací, nebo bude provádět změny prostřednictvím modifikací jednotlivých elementů. Všechny moduly a modelářské techniky jsou integrovány, takže změny jednotlivých modelů či elementů se okamžitě projeví i na souvisejících dílech. Samozřejmostí je podpora tvorby digitálního prototypu (Digital Mock-Up) a souběžného konstruování (Concurrent Engineering).

CATIA V5 je systém založený na nových technologiích (OpenGL, Java ...), a používá tzv. specifikační modelářský systém. Ten umožňuje uchovávat designérské, konstrukční i výrobní specifikace jako součást modelu. Tím, že konstruktérovo i firemní know-how je uchováno v modelu, se usnadňují pozdější změny. CATIA V5 je nezávislá na platformě, je možné ji provozovat jak na UNIX-ových platformách, tak i na platformě Windows. Uživatelské prostředí na všech platformách vypadá stejně a je velmi snadné naučit se ho používat.

2.2 Popis výrobku

Tento výrobek je pro firmu Hanák nářadí, která je zprostředkovatelem a je určena k vývozu do Německa. Byl zadán v mnohatisícové zakázce, proto bylo nutné pro urychlení výroby navrhnout přípravek pro CNC stroj. Tím se zkrátily výrobní časy jednotlivých výrobků i celé zakázky. Výrobek bude plnit funkci závaží do elektrorotorů, proto musí být vyroben s přesností $\pm 1\%$ své hmotnosti. Materiál je tažená ocel 11 373.

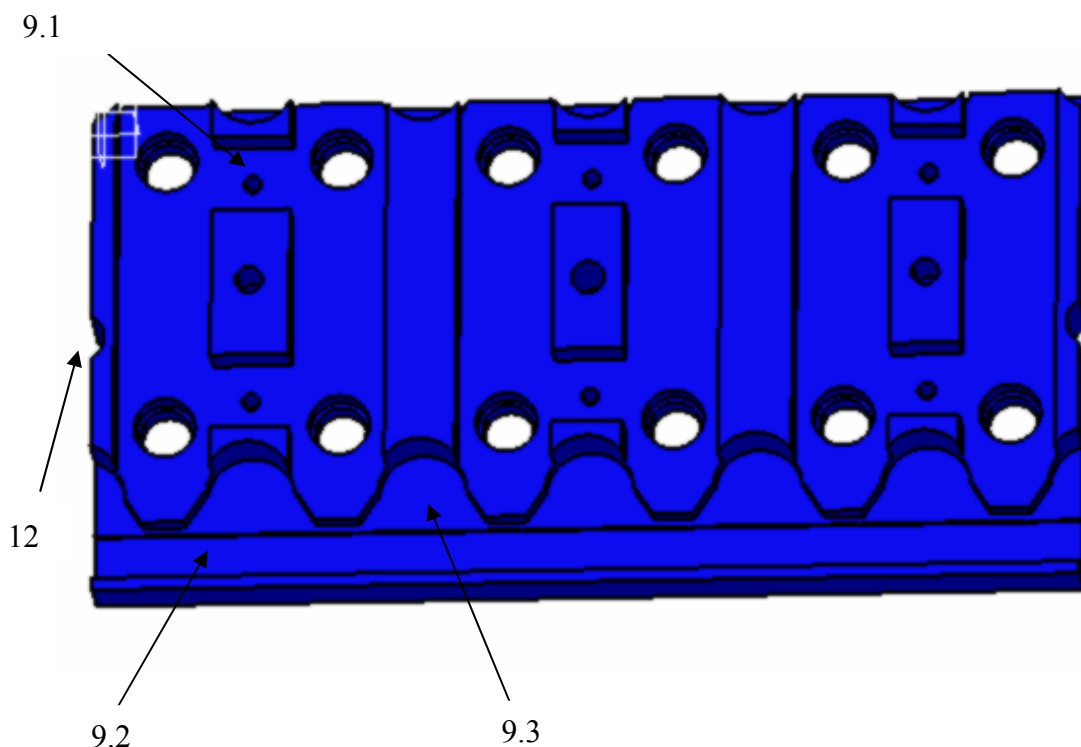


Obr. 20 Výrobek

2.3 Vývoj přípravku

Přípravek byl navrhován v programu Edge CAM kvůli výrobnímu CNC stroji, na kterém bude přípravek vyroben. Po zadání obrysů výrobku a počtu výrobků v jednom přípravku do programu Edge CAM byla práce přenesena od teoretického zpracování u počítače přímo k CNC stroji. Po vyfrézování drážek pro uložení výrobku (celkem jich je 6) do předem připravené ocelové desky o rozměrech 400 x 210 x 40 mm jsou dále vyvrtané pomocné otvory, přes které se budoucí přípravek dále uchytí a jsou frézovány drážky pro rozpínací kostky (9.1). Tyto kostky jsou po dvou vkládány mezi každé dva

výrobky tak, aby po dotažení aretačního šroubu držely výrobek v předem dané poloze při jeho obrábění. Dále byla vyfrézována pomocná drážka o rozm. 20 x 25 x 390 mm (9.2). Tato drážka bude sloužit pro umístění polotovaru výrobků do přípravku. Posléze byly vyvrtány díry pro speciální záhlubník nebo pro vrták, který bude obrábět díry a sedla šroubů ve výrobku.

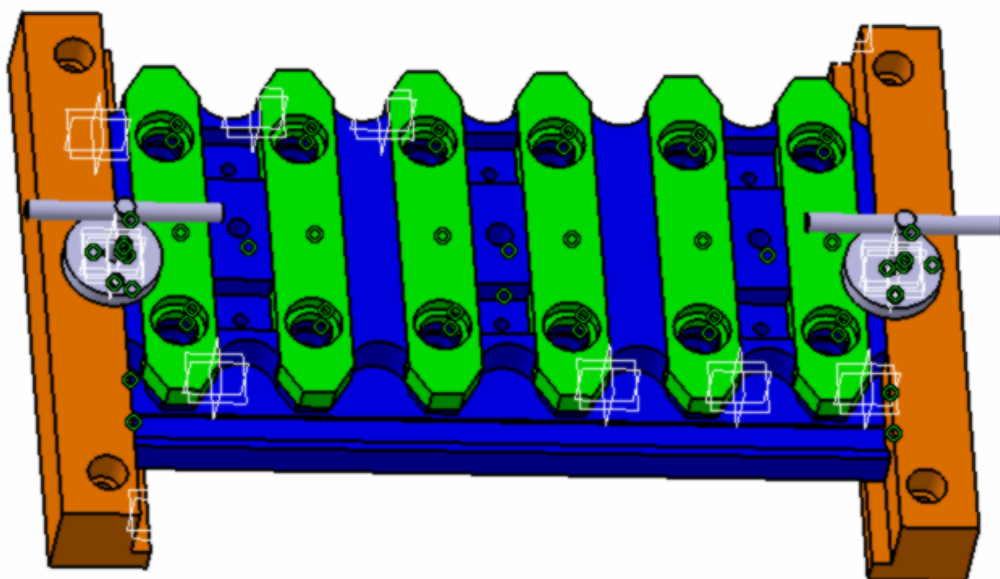


Obr. 21 Přípravek

Popisky u obrázku se vztahují k technologickému postupu výroby. Dalším krokem je vyfrézování odlehčení pro frézu (9.3). Následující operace je vyvrtání středové díry.

Po vyrobení lišt, kterými se přípravek uchytlí ke stolu CNC stroje se provede svrtávání obou částí. Bod (12) v technologickém postupu výroby vodící lišty.

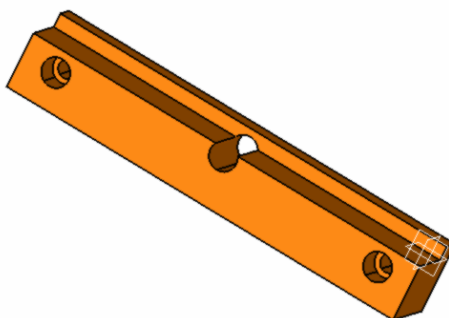
Pro představu je přiložena celá sestava přípravku i s výrobky.



Obr. 22 Sestava s výrobky

2.4 Výroba vodící lišty k upnutí přípravku

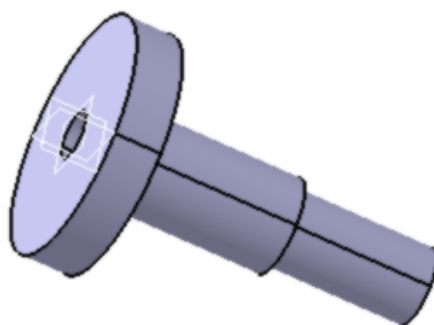
Z tažené oceli (hlazená) o rozměrech 50 x 50 x 350 mm je vyráběna lišta. Frézař frézuje drážku, do které se usadí přípravek. Dále se vrtají díry pro šroub M12 pro uchycení lišty ke stolu. Díry jsou od sebe vzdáleny 250 mm. Tento rozměr je dán vzdáleností T drážek ve stolu CNC stroje. Drážky jsou po 125 mm, proto rozměr 250 mm. Do střední drážky bude uchycen čep, který slouží pro rychlé ustavení přípravku do výchozí pozice.



Obr. 23 Vodící lišta

2.5 Výroba čepu

Z tažené kulatiny o průměru 50 x 80 mm je soustružen čep. Soustružník upne kulatinu do měkkých čelistí a soustruží průměr 20 x 30 mm. Poté zde vytvoří závit M16 x 27 mm. Dále přepne za průměr 20 (do měkkých čelistí) a zarovná délku na míru 75 mm. Nakonec je vrtán otvor o průměru 10 x 5 mm.



Obr. 24 Čep

2.6 Práce obsluhy CNC stroje

Pro urychlení práce jsou tyto přípravky vyrobeny dva. Počet kusů výrobků v přípravku je volen tak, aby obsluha stroje během již započaté výroby stihla připravit druhý přípravek k výměně. Práce obsluhy spočívá v naskládání polotovarů výrobků do přípravku. A to tak, že do drážky (9.2) je vložen hranol o rozměrech 20 x 20 mm, ke kterému se dorazí uřezané polotovary.

Tyto polotovary jsou řezány o 3 mm větší, proto aby na každé straně bylo 1,5 mm materiálu navíc. Tento přídavek je při frézování odebrán, ale tímto způsobem je zabráněno případnému nedodržení rozměrů.

Obsluha po naskládání polotovarů do přípravku tyto upevní přitážením šroubů rozpěrných kostek. Vyndá hranol z drážky (9.2) a takto nachystaný přípravek po skončení práce CNC stroje vymění.

Výměna spočívá ve vyšroubování čepů, jejich vytažení a vysunutí celého přípravku s už opracovanými výrobky ven. Nachystaný přípravek vsune po lištách do stroje a pomocí čepů jej znovu upevní k lištám.

2.6.1 Rozpínací kostka

Rozpínací kostka funguje na principu zkoseného šestihranu, který při dotažení šroubu roztáhne čelisti kostky a ta se zapírá do výrobku. Tímto způsobem je výrobek fixován k přípravku. Kostka je připevněna k přípravku šroubem, který ji zároveň roztahuje.



Obr. 25 Rozpínací kostka

2.6.2 CNC stroj, pro který byl přípravek navrhován



Obr. 26 CNC stroj



Obr. 27 Vyrobený přípravek

3 ZÁVĚR

Účelem této práce bylo vyhledání a zpracování informací o funkcích a obsluze číslíkově řízené techniky (CNC strojů), jejich programování a kompatibilita s programy, které jsou pro ně navrženy a které se nejvíce používají. V teoretické části jsme se zabývali studiem základních pojmů třískového obrábění, podstatou frézování, soustružení, obvodového a čelního broušení. Tyto technologické operace se vyskytují v přípravě a konstrukci upínacího přípravku pro CNC stroj, který mi byl zadán. Dále přehled materiálů používaných pro výrobu rezných částí nástrojů.

Experimentální část se zabývá konstrukcí již zmíněného přípravku pro CNC stroj, jeho uchycení ke stolu stroje a k výměně přípravků pro zefektivnění výroby. Dále pak obsahuje výkresovou dokumentaci, model celé sestavy v programu Catia a nákres tvaru výrobku v programu Edge CAM k ovládání CNC stroje. Práce spočívala v konstrukci přípravku, lišt k uchycení ke stolu CNC stroje a konstrukci čepu pro rychlé uložení (fixaci) přípravku do přednastavené nulové polohy v osách x,y.

4 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) Kocman, K., Speciální technologie . Obrábění Vol. 2004, CERM, s.r.o. Brno. ISBN 80-214 2562 8
- (2) Chladil, M., Přípravky pro obrábění, 1998, NVuT Brno.
- (3) Lukovics, I. Konstrukční materiály a technologie VUT Brno. ISBN 80-214-0399-3
- (4) Kocman, K., Technologie obrábění, 2001, CERM, s.r.o. Brno. ISBN 80-214-1996-2

5 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

α – úhel hřbetu

β – úhel řezného klínu

κ_r – úhel nastavení hlavního ostří

κ_r' – úhel nastavení vedlejšího ostří

M_K – krouticí moment

R_Z – řezný odpor

D – vnější průměr

S – průřez třísky

F_Z – řezná síla

p – tlak

v – rychlost (rotační)

s – posuv

f – přísluv

v_p – pracovní pohyb (rychlost)

v_z – zpětný pohyb

h – hloubka

v_k – rychlost kotouče

v_f – rychlost supportu

η – účinnost

ČSN – Česká technická norma

R_a – střední aritmetická drsnost povrchu

VB – opotřebení hřbetu průměrné

VB_C – opotřebení hřbetu v oblasti špičky

VB_N – opotřebení hřbetu vrubové

VB_{max} – opotřebení hřbetu maximální

KT – hloubka žlábků opotřebení čela

KB – šířka žlábků opotřebení čela

KM – poloha středu žlábků opotřebení čela

VR – radiální opotřebení špičky

6 SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Frézy a příklady frézování nerotačních ploch	31
Tab. 2	Příklady obrábění děr a čelních osazení	33
Tab. 3	Dosažitelná drsnost a přesnost výroby pro různé metody obrábění	34

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Průřez třísky pro různé způsoby	11
Obr. 2 Měrný řezný odpor při různých způsobech obrábění	13
Obr. 3 Průběh a formy opotřebování ploch nástroje	15
Obr. 4 Charakteristické křivky opotřebení břitu	16
Obr. 5 Vliv řezného prostředí na výsledky obrábění	18
Obr. 6 Vliv teploty na koeficient tření	18
Obr. 7 Schéma stavby obráběcího stroje 1 - základová deska, 2 - stojan, 3 - konzola, 4 - stůl, 5 - Vřeteno, 6 - vodící plochy, 7 - suport, 8 - vodící šroub	21
Obr. 8 Soustružení	24
Obr. 9 Frézování	24
Obr. 10 Vrtání	25
Obr. 11 Vyvrtávání	25
Obr. 12 Hoblování, Obrážení	25
Obr. 13 Protahování	26
Obr. 14 Univerzální soustruh	27
Obr. 15 Lícní (čelní) soustruh	27
Obr. 16 Svislý soustruh (karusel)	29
Obr. 17 Otočná (radiální) a vícevřetenová vrtačka	32
Obr. 18 Rovinné broušení obvodové	36
Obr. 19 Rovinné broušení obvodové	37
Obr. 20 Výrobek	40
Obr. 21 Přípravek	41
Obr. 22 Sestava s výrobky	42
Obr. 23 Vodící lišta	42
Obr. 24 Čep	43
Obr. 25 Rozpínací kostka	44
Obr. 26 CNC stroj	45
Obr. 27 Vyrobený přípravek	45

8 SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 : Výrobní postup přípravku
- P 2 : Výrobní postup vodící lišty a čepu
- P 3 : Výrobní výkres výrobku
- P 4 : Výrobní výkres přípravku
- P 5 : Výrobní výkres vodící lišty
- P 6 : Výrobní výkres čepu
- P 7 : Výrobní výkres kliky
- P 8 : Výrobní výkres sestavy čepu s klikou
- P 9 : Bakalářská práce v elektronické podobě na CD s výkresy a 3D modely