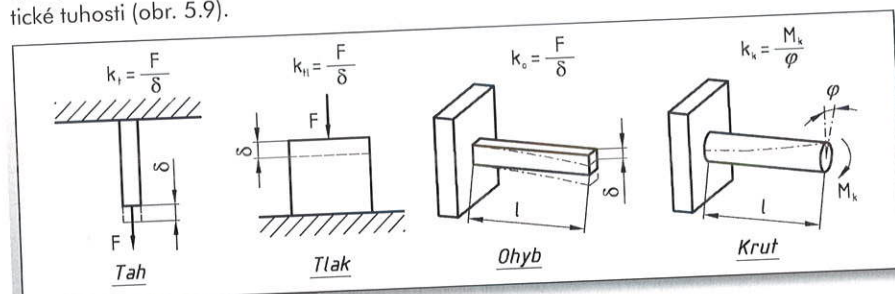


5.1 Rámy obráběcích strojů

hmotou, případně profilové valivé lišty. Při volbě mezi odlítkem a ocelovým svařencem je rozhodující hledisko hospodárnosti, neboť oba druhy se dají vytvořit tak, že funkčně zcela vyhovují.

Při návrhu převážně většiny rámu obráběcích strojů je určujícím hlediskem velikost deformace, pevnost a tuhost. Podle charakteru statických zatížení a sil vznikajících v technologickém procesu se vyskytují čtyři druhy zatížení a tomu odpovídající typy statické tuhosti (obr. 5.9).



Obr. 5.9. Druhy statické tuhosti [1]

Statická tuhost se určuje buď samostatně, pro každou součást stroje zvlášť – dílčí tuhost (např. tuhost samotného vřetená bez vlivu deformace ložisek, skříně vřeteníku a spojení vřeteníku s ložem) –, nebo pro celou soustavu součástí spojených spolu různými způsoby – tuhost celková (např. tuhost celého suportu). Dílčí tuhost se vyšetřuje tehdy, má-li se kontrolovat vhodnost volby rozměrů, tvaru a materiálu uvažované součásti. Dá se zjistit obvykle s dostatečnou přesností početné aplikací metod konečných prvků. Měřili-li se deformace vůči základu stroje, mluví se o tuhosti absolutní, měřili-li se deformace dvou součástí vůči sobě, mluví se o tuhosti relativní. Například pro přesnost práce soustruhu je směrodatná relativní tuhost mezi nástrojem a obrobkem [1].

Pro určení hodnoty statické tuhosti se využívají definice dle obr. 5.10 podle daných konkrétních podmínek:

A. Tuhost je konstantní v celém rozsahu zatěžování. Vyskytuje se velmi zřídka a jen pro samostatné dílce bez spojovacích ploch při zatěžování v mezích Hookova zákona. Je určena vztahem:

[5.2]

$$k = \frac{F}{\delta} [N \mu m^{-1}]$$

B. Tuhost není konstantní a pro určení střední hodnoty tuhosti v daném rozsahu zatížení ($0 < F < F_0$) platí vztah:

[5.3]

$$k = \frac{F_0}{\delta_0} [N \mu m^{-1}]$$

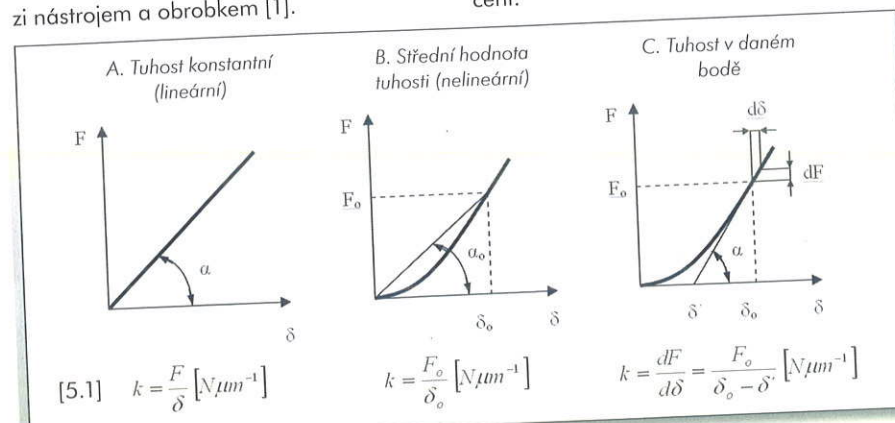
C. Tuhost není konstantní a hodnota tuhosti v daném bodě je dána tangentou tečny:

[5.4]

$$k = \frac{dF}{d\delta} = \frac{F_0}{\delta_0 - \delta'} [N \mu m^{-1}]$$

Touto definicí lze určit, jaké deformace vyvolá další zatížení předepnutého spoje danou silou F_0 .

Obdobné definice platí pro tuhost v kroucení:



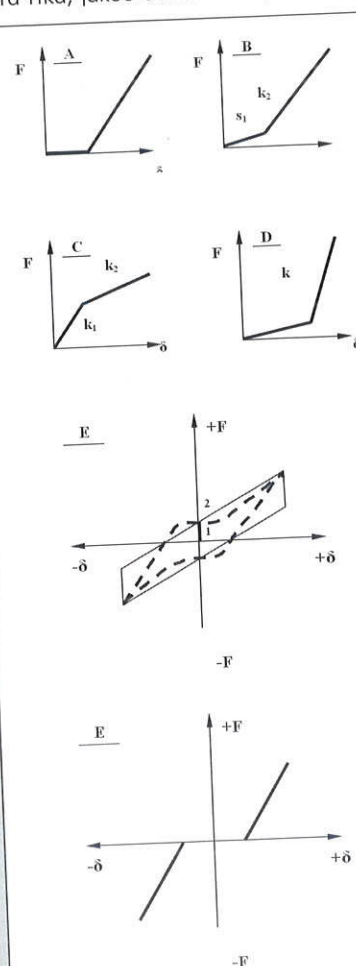
Obr. 5.10. Definice statické tuhosti [1]

[5.5]

$$s_K = \frac{M_K}{\varphi} [Nm \text{ rad}^{-1}]$$

Charakteristiky tuhosti mohou mít různý tvar podle konkrétních podmínek vyšetřovaného uzlu. Přehled možných charakteristik tuhosti je uveden na obr. 5.11.

Někdy je výhodné zavést pojem poddajnost, což je převrácená hodnota tuhosti která říká, jakou deformaci vyvolá jednot-



Příklad A – je charakteristika systému s vůlí.
Příklad B – je typický pro systém, kde jeden člen má menší tuhost.
Příklad C – je charakteristika soustavy, která nemá spojení dostatečně předepnuté.
Příklad D – je charakteristika soustavy s vůlí a pasivními odpory.
Příklad E – znázorňuje soustavu s třecí hystezí. Třecí síla je zpočátku větší než vnější síla, a proto dojde k posunu až v bodě 2.
Příklad F – je skutečný tvar charakteristiky tuhosti soustavy s hystezními energetickými ztrátami způsobenými třením a plastickými deformacemi.

Obr. 5.11. Typy charakteristik tuhosti [1]

[5.6]

$$c = \frac{1}{k} = \frac{\delta}{F} [\mu m \cdot N^{-1}]$$

kové zatížení. Při sériovém uspořádání prvků s různou tuhostí dle obr. 5.12 je celková deformace konce vřetená dána součtem deformace vřetená Δ_v a deformace uložení Δ_l

[5.7]

$$\delta = \delta_v + \delta_l$$

Vyjádříme-li deformace pomocí tuhosti, bude

[5.8]

$$\delta = \frac{F}{k}$$

Po dosazení a zkrácení

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_v} + \frac{1}{k_l}$$

a po úpravě

[5.9]

$$k = \frac{k_v \cdot k_l}{k_v + k_l}$$

Vyjádříme-li deformace pomocí poddajností, bude výsledná poddajnost

[5.10]

$$c = c_v + c_l$$

Výsledná poddajnost je při sériovém uspořádání dána prostým algebraickým součtem dílčích poddajností.

Při paralelním uspořádání prvků (viz obr. 5.12) např. zdvojením lan nebo řetězů vyvažovacího zařízení je výsledná tuhost dána součtem dílčích tuhostí

[5.11]

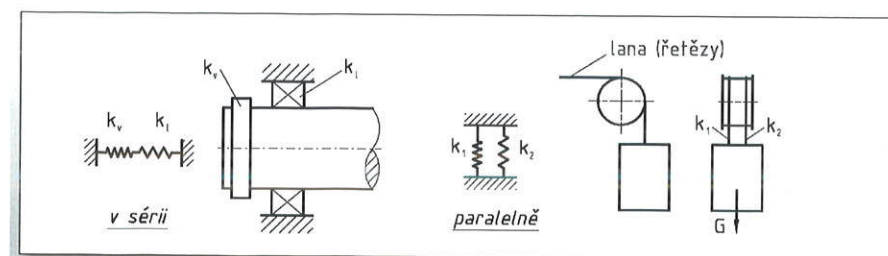
$$k = k_1 + k_2$$

V tomto případě by zavedení poddajností vedlo k složitému výrazu

[5.12]

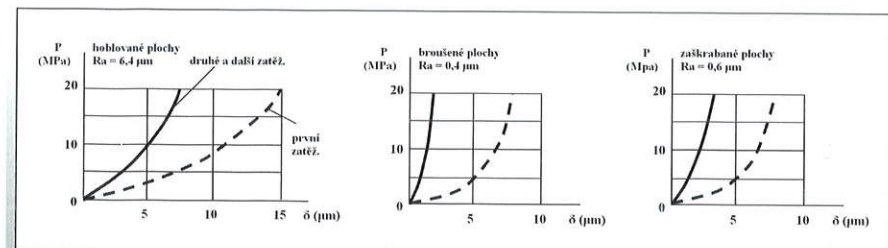
$$c = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2}$$

Obráběcí stroj představuje zpravidla systém mnoha prvků a uzlů vzájemně propojených. Analýzou rozdělení a přenosu sil a vznikajících deformací se zjišťuje vliv jednotlivých prvků na celkovou tuhost stroje [1].



Obr. 5.12. Příklad sériového a paralelního uspořádání [1]

Jak bylo zjištěno měřením na obráběcích strojích, tvoří značnou část výsledných deformací deformace styků, které pocházejí jednak od deformací výstupků povrchových mikronerovností vznikajících při obrábění, jednak od deformací makronerovností styčných ploch, které jsou dány tvarovými geometrickými nepřesnostmi [1] – obr. 5.13.



Obr. 5.13. Charakteristika stykové tuhosti [1]

Styková tuhost se definuje jako poměr mezi jmenovitým měrným tlakem p mezi styčnými plochami a deformací Δ povrchových vrstev v místě styku dvou těles v normálním směru.

[5.13]

$$k_{STYK} = \frac{p}{\delta} [N \cdot mm^{-3}]$$

Deformace výstupků povrchových mikronerovností se skládají z nepružných a pružných. Při prvním zatěžování převládají deformace nepružné, při druhém a dalším zatěžování deformace pružné. Při prvním zatěžování vzniká tedy určité zpevnění povrchových vrstev, čímž se styková tuhost zvyšuje. Deformace makronerovností jsou pouze pružné [1]. Průběh charakteristik při prvním a dalším zatěžování pro různé obrobené plochy je znázorněn na obr. 5.13.

Hodnota stykové tuhosti závisí na způsobu opracování stykových ploch:

- broušené plochy ($k_{STYK} = 3600 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-3}$)
- hoblované plochy ($k_{STYK} = 1000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-3}$)
- zaškrabané plochy ($k_{STYK} = 3100 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-3}$)

Pro docílení co nejlepších hodnot stykové tuhosti se doporučuje volit co nejvyšší jakost

povrchu styčných ploch a stykové plochy volit co největší s co největším předepnutím.

Každé pevné spojení dvou součástí se deformuje v důsledku poddajnosti spojovacích součástí šroubů, klínů apod. a poddajností styků. Při montáži je mezi spojovacími prvky a spojenými součástmi vyvoláno určité předepnutí. Podle druhu zatížení se rozeznáva-

jí deformace spojení v tahu nebo tlaku (účinkem zatížení silou kolmou ke styčné ploše), ve smyku (účinkem silou nebo dvojicí rovnoběžnou se styčnou plochou) a v natočení, v rovině kolmé ke styčné ploše (účinkem zatížení dvojicí v rovině kolmé ke styčné ploše) [1]. Charakteristickým představitelem tuhosti spojení je šroubový spoj.

Rám CNC obráběcího stroje musí přenášet jak ohybové, tak i krutové zatížení. Je nutné a žádoucí studovat tyto dva základní druhy namáhání. Staticky lze vyhodnocovat vlastnosti prvků rámu stroje, pokud není jejich geometrie příliš složitá a pokud je zatížení ohybové nebo krutové.

Toto je možné u prvků majících jediný hlavní směr deformace a lze je považovat za nosníky (např. stojany) [5]. Odolnost prvků rámu (loží, příčníků, stojanů) vůči ohybu i krutu lze zlepšit účelným žebrováním (viz obr. 5.14).

Teoretické možnosti žebrování lože obráběcího stroje ukazuje obr. 5.15 [5]. Uvedené typy žebrování byly testovány pomocí metody konečných prvků na studii provedené prof. Weckem. Svary loží byly virtuálně zatíženy silami a momenty.

5.1 Rámy obráběcích strojů

Vliv různého žebrování na pružnost dle obr. 5.14 včetně množství spotřebovaného materiálu a nutné délky svarů ukazuje obr. 5.16. Za základní provedení je zvoleno řešení bez žebrování (uzavřený obdélník), ke kterému jsou ostatní provedení srovnávána.

Běžně používaná konstrukční řešení např. loží CNC obráběcích strojů však jsou na jedné straně otevřená. Je to dáno z výrobních a technologických důvodů (žebrování, přístupy apod.). Tím, že nevyužijeme uzavřeného (krabicového) tvaru, projevují se to na torzní tuhosti. Srovnání předchozích řešení žebrování, ale na otevřeném profilu, ukazuje obr. 5.17.

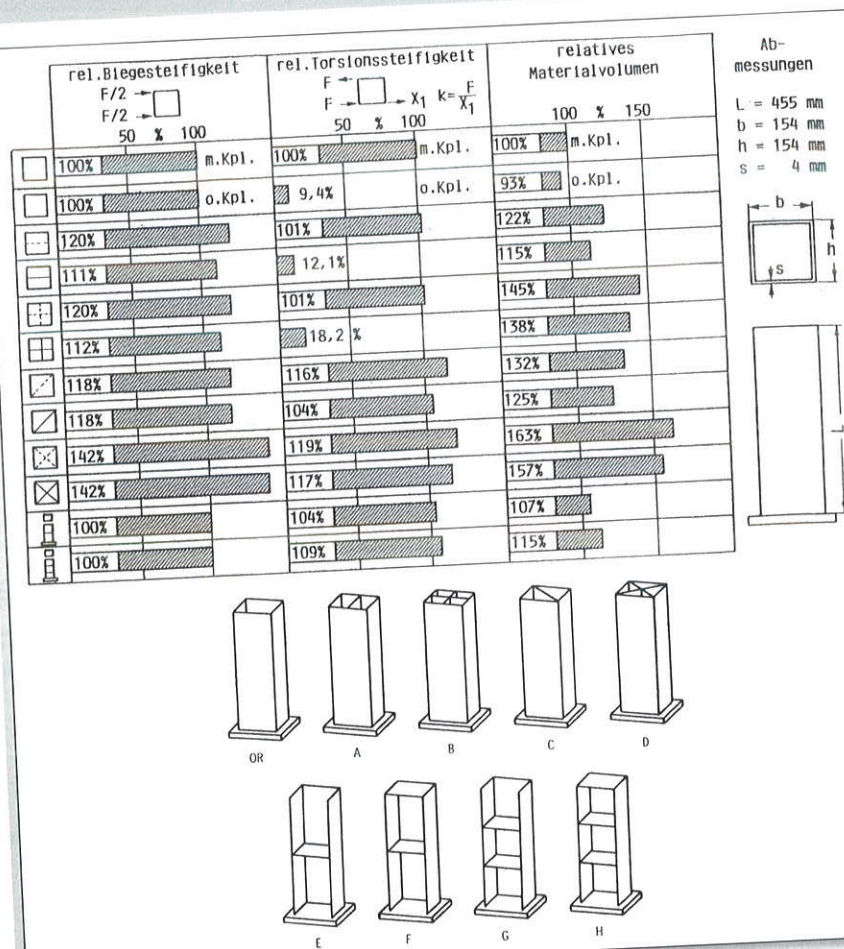
Velký vliv mají také boční otvory v nosných stěnách. Předchozí obrázky pojednávají o vlivu žebrování (obr. 5.14, 5.15, 5.16.) je nutné brát jako informativní a sloužící pro vytvoření prvotního názoru a přiblížení se očekávanému výsledku. Každý případ se musí posuzovat individuálně a posléze přepočítat metodou konečných prvků. Přesnost výpočtu (shoda s realitou) je pak závislá na zkušenosti výpočtáře.

Dynamickou stabilitou rámu obráběcího stroje rozumíme odolnost vůči kmitání. Kmitání obráběcích strojů je jevem velmi škodlivým. Zvyšuje značně namáhání součástí, často až na mez pevnosti materiálu, je pramenem otřesů, které obtěžuje okolí a způsobuje hluk. V obráběcích strojích zasahuje přímo do pracovního procesu, neboť zhoršuje jakost obráběné plochy a snižuje trvanlivost nástrojů.

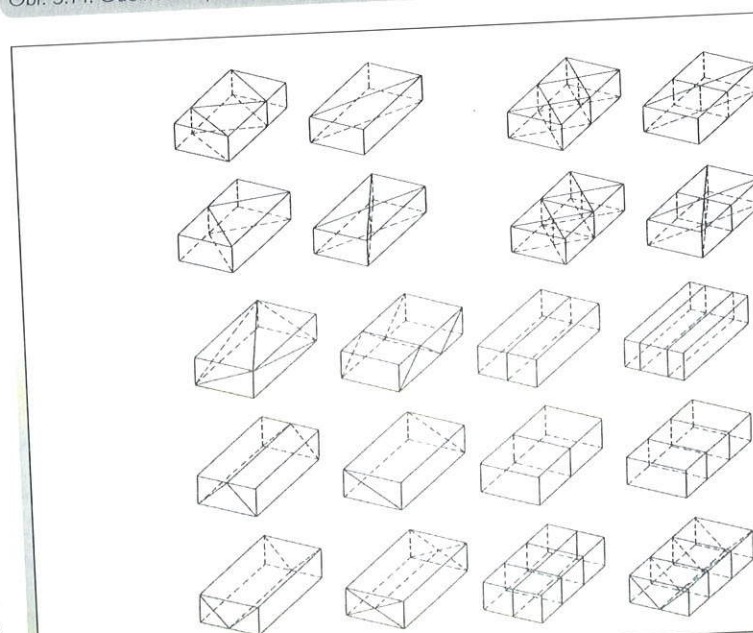
Někdy dosahuje takové intenzity, že znemožňuje práci stroje za daných hospodárných řezných podmínek, a tím snižuje produktivitu práce [1]. Příčiny vzniku kmitání v obráběcích strojích ukazuje obr. 5.18.

Ve skutečnosti je kmitání v obráběcích strojích velmi složitým jevem, neboť jde o soustavu hmotných a pružných těles, různými způsoby spolu spojených, které se při kmitání vzájemně ovlivňují. Sestavení a řešení pohybových rovnic, které by přesně popisovaly tyto jevy, by proto bylo velmi obtížné, ne-li nemožné. Proto se zavádějí tyto zjednodušující předpoklady:

- absolutně tuhé hmoty jsou uloženy na nehmotných pružinách. V tom případě mluvíme o tzv. diskretních hmotách a diskretních pružinách;
- Pružiny mají lineární charakteristiky, tj. síla je úměrná deformaci. Zanedbává se vliv vlivů mezi jednotlivými stýkajícími se součástmi.



Obr. 5.14. Odolnost stojanů vůči křutu a ohybu [5]



Obr. 5.15. Teoretické možnosti žebrování loží [5]

Rádi Vás uvítáme na Mezinárodním strojírenském veletrhu IMT 2006 v Brně 18.- 22. 9. 2006

Ušetřete náklady s využitím nabídky finančních služeb ve spolupráci s S-MORAVA LEASING a.s.

NOVINKA!
v řadě SPEED LINE



Výhody a možnosti dvojitého pracoviště:
dvě pracoviště - nakládací a pracovní
možnost obrábění dlouhých obrobků
zvýšení produktivity
minimální zástavbový prostor

vertikální obráběcí centrum
s pojízdovým stojanem
MC 80
provedení PENDL



Přednosti strojů VMC:
výměna nástrojů mimo prac. prostor
komfortní přístup obsluhy k obrobku
zásobník nástrojů až na 40 pozic
snadný odvod třísek
nejlepší poměr užitné hodnoty a ceny
přímé snímání polohy
řídící systém HEIDENHAIN iTNC 530

vertikální obráběcí centra
VMC

ATRAKTIVNÍ
CENOVÁ NABÍDKA



vertikální obráběcí centra
s pojízdovým stojanem
MC

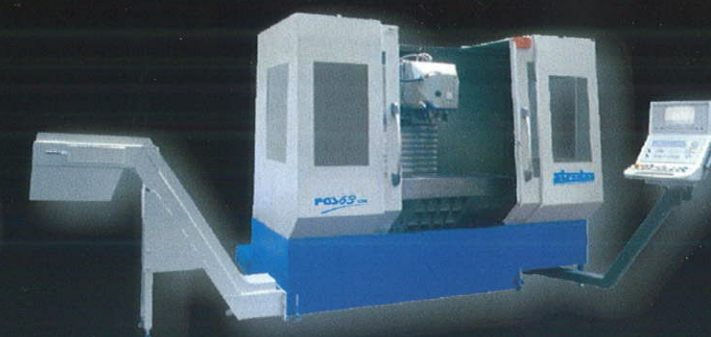
Přednosti strojů MC:

- koncepce pevného stolu
- výměna nástrojů mimo pracovní prostor
- zásobník nástrojů až na 40 pozic
- komfortní přístup k obrobku
- řídicí systém HEIDENHAIN iTNC 530

Přednosti strojů FGS:

- vysoký krouticí moment
- výběr frézovacích hlav
- mimořádná tuhost
- uživatelský komfort
- změna vertikálního frézování na horizontální v aut. cyklu

konzolové frézky
FGS



Základní parametry strojů

	VMC 40 / 8	VMC 50	VMC 70	MC 80	MC 80 / 2300	MC 80 / 3000	FGS 50 T+	FGS 63 T+	FGS 50 NCP	FGS 63 NCP	FGS 50 CNC	FGS 63 CNC
velikost stolu mm	400x900	500x1100	650x1500	750x2000	750x2700	750x3400	500x1600	630x1800	500x1600	630x1800	500x1250	630x1250
pracovní posuvy x/y/z mm	800x400x500	1000x500x500	1250x700x620	1600x800x620	2300x800x620	3000x800x620	1250x500x600	1400x630x600	1250x500x600	1400x630x600	1100x500x600	1100x630x600
kružel vřetene	ISO 40	ISO 40	ISO 40	ISO 40	ISO 40	ISO 40	ISO 50 (ISO 40)	ISO 50 (ISO 40)	ISO 50 (ISO 40)	ISO 50 (ISO 40)	ISO 50 (ISO 40)	ISO 50 (ISO 40)
otáčky vřetene ot/min	9000 (12000)	12000	12000 (10000)	10000	10000	10000	56-2800	56-2800	56-2800	56-2800	0-3000 (4000)	0-3000 (4000)
výkon na vřeteni P max	10	16	16 (28)	28	28	28	11	15	11	15	16	16
krouticí moment Mk max	69	97	97 (178)	178	178	178	1500	1600	1500	1600	1500/900	1500/900
výměna nástrojů n	12 (32)	32 (40)	24	32 (40)	32 (40)	32 (40)	---	---	---	---	---	---
hmotnost stroje kg	4600	5200	5200	11000	12500	14000	5260	5850	5260	5820	5260	5850

STROJTOS LIPNÍK, a.s., Loučská 503, 751 31 Lipník nad Bečvou, CZ
tel.: +420 581 721 266, +420 602 784 620, fax: +420 581 771 731,
e-mail: strojtos@strojtos.cz, www.strojtos.cz

strojtos
STROJTOS LIPNÍK, a.s.