



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

DESKRIPCE VODOROVNÝCH SOUSTRUŽNICKÝCH STROJŮ

DESCRIPTION OF LATHE MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

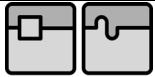
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ BAŠEK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

BRNO 2008

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Abstrakt

Tato práce se zabývá tříděním vodorovných soustružnických strojů a popisem jejich jednotlivých částí. Jsou zde uvedeny příklady vodorovných soustružnických strojů, které jsou rozděleny podle typů. U jednotlivých strojů je uveden jejich popis a parametry. Práce je zaměřena na stroje současné světové produkce.

Klíčová slova

Vodorovný soustružnický stroj, soustruh, rešerše

Abstract

This thesis is concerned with sorting of horizontal lathe machines and description of their individual parts. Some examples of horizontal lathe machines are introduced here and are also distributed according to different types. Description and characteristics of the individual lathe machines are named. The thesis is concerned with the lathe machines of present world production.

Keywords

Horizontal lathe machines, lathe, literature retrieval

Bibliografická citace

BAŠEK, O. *Deskripce vodorovných soustružnických strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Blecha, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu použitých zdrojů.

20. května 2008

.....
Ondřej Bašek

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za podporu ve studiu.

Obsah

Obsah	11
Úvod	13
1. Historie	14
2. Princip soustružení	15
3. Rozdělení soustružnických strojů	17
4. Základní části vodorovných soustružnických strojů	18
4.1. Lože	18
4.1.1. Požadované vlastnosti loží	18
4.1.2. Materiály loží	19
4.2. Vedení	21
4.2.1. Kluzné (hydrodynamické) vedení	21
4.2.2. Valivá vedení	21
4.2.3. Hydrostatické vedení	22
4.2.4. Lineární motor	22
4.3. Suport	23
4.4. Mechanizmy pro přímočarý pohyb	23
4.4.1. Šroub a matice	23
4.4.2. Kuličkový šroub a matice	23
4.4.3. Pastorek a ozubený hřeben	24
4.5. Vřeteník	24
4.6. Nástrojový držák	25
4.6.1. Upínky	25
4.6.2. Čtyřboká nástrojová hlava	25
4.6.3. Nástrojová hlava MULTIFIX	25
4.6.4. Revolverový nosný zásobník	26
4.6.5. Lineární nástrojové lože	26
4.6.6. Nástrojová vřetenová hlava s centrálním zásobníkem	26
4.7. Koník	27
4.8. Opěry	27
4.8.1. Opěry pevné (lunety)	27
4.8.2. Opěry posuvné	27
4.8.3. Podvalky	27
4.9. Řídicí systémy	28
4.10. Řezná kapalina a odvod třísek	29
5. Příklady strojů současné produkce	30
5.1. Univerzální hrotové soustruhy	30
5.1.1. CU360M - ZMM Bulgaria holding	30
5.1.2. MASTURN 70 CNC-2000 - KOVOSVIT MAS	31
5.2. CNC soustružnická centra s vodorovnou osou	32
5.2.1. HYPERTURN 665 MC ^{plus} - EMCO	32
5.3. Multifunkční stroje s vodorovnou osou	33
5.3.1. INTEGRIX e-410H-S II - Mazak	33
5.4. Vícevřetenové automaty	34
5.4.1. MORI-SAY TMZ642CNC – TAJMAC-ZPS	34
6. Výrobci soustružnických strojů	35
7. Závěr	36

8. Seznam použitých zdrojů	37
9. Seznam použitých zkratk a symbolů	39

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Úvod

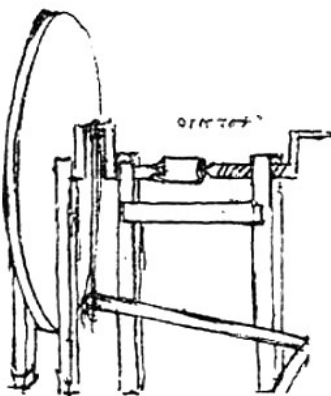
Soustružení je nejvíce zastoupeným procesem třískového obrábění. Vyrábíme jím především obrobky hřídelového a přírubového tvaru. Obrábí se vnitřní a vnější plochy, řezou se závity, vrtají díry atd.

Stroje používané k soustružení nazýváme soustružnické stroje (soustruhy). Můžeme se s nimi setkat v mnoha technických odvětvích od jednoduchých soustruhů na dřevo přes miniaturní hodinářské soustruhy, univerzální hrotové soustruhy až po sofistikovaná, počítačem řízená soustružnická obráběcí centra. Samostatnou kapitolou jsou speciální stroje na bázi soustruhů. Tyto stroje jsou uzpůsobeny především na jednu operaci a užívají se především v sériové a hromadné výrobě.

U vodorovných soustruhů se obrobek upíná do polohy, kdy je osa rotace obrobku ve vodorovné poloze. Základním stavebním prvkem stroje je lože, na kterém jsou upevněny další části stroje.

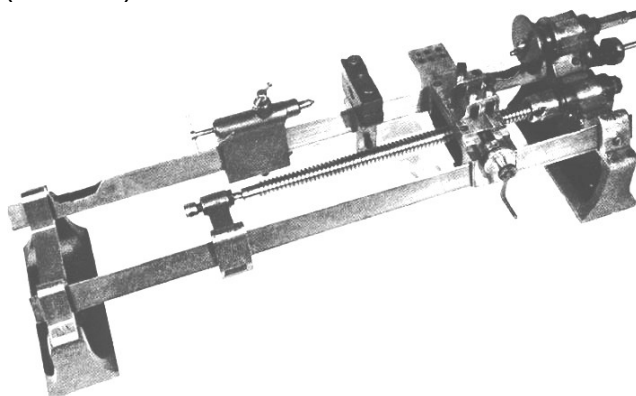
1. Historie

Princip soustružení je velice starý. Důkazem jsou nástěnné malby dvouručního soustruhu, které pocházejí ze starověkého Egypta. Již v díle Mechaniké syntaxis, jehož autorem je řecký mechanik Filón z Bizantia (žil ve 3. stol. př.n.l.) se hovoří o soustružených válcích a pístech čerpadel. Přímou o soustruhu se zmiňuje římský architekt a mechanik Kristem Marcus v díle De architectura, které pochází z 1. stol. př.n.l. Vyobrazení soustruhu, u něhož byl soustružený objekt upnut mezi hroty a byl otáčen třetivou velkého luku, objevili archeologové na náhrobku jednoho starořímského kameníka. S podobným uspořádáním soustruhu se setkáváme ještě ve středověku. V polovině 14. stol. byla používána k pohonu soustruhu vodní síla. Z konce 15. stol. známe další konstrukční principy. Např.: rotační pohon obrobku lanem a závažím, rotační pohon obrobku lanovým převodem z kola otáčeného klikou, nebo šlapací soustruh se setrvačníkem známý z nákrešů Leonarda da Vinci (obr 1.1).



Obr. 1.1 kresba soustruhu Leonarda da Vinci [10]

Z počátku 2. poloviny 16. stol. pocházejí nákresy soustruhu na řezání závitů a soustružení podle šablon od Jacquese Bessona. Ve spisu L'Art de tuourner en perfection Ch. Plumiera se setkáváme s prvním podrobným popisem soustruhu. Ve francouzské encyklopedii z r. 1785 je popsáno používání soustruhu na řezání závitů a využití funkčních suportů u hodinářských soustruhů. V letech 1794-1797 sestrojil anglický mechanik Henry Maudslay soustruh umožňující pohyb nože podél i kolmo k soustruženému povrchu. Tuto koncepci ještě vylepšil roku 1800, aby bylo možné řezat přesné závit. (obr. 1.2)



Obr. 1.2 soustruh na závit autor: Henry Maudslay z r. 1800 [10]

Velký rozmach rozvoje obráběcích strojů jako výrobních prostředků zaznamenáváme v období průmyslové revoluce v 19. století (vynález parního stroje, vynález elektrického motoru). Hlavní vývoj probíhal zejména ve Velké Británii, kde působil technik a vynálezce Joseph Whitworth (vynález pohonu posuvu soustruhů a sestavení prvních technických norem) a ve Spojených státech amerických. V Německu vzniká průmyslová oblast v okolí města Chemnitz, kde působily firmy Zimmermann, Hartmann a Reinecker. Největší rozmach vývoje obráběcích strojů nastal po 2. světové válce.

V současné době převládá výroba soustruhů řízených počítačem - tzv. CNC soustruhy a jejich modifikace jako CNC soustružnická centra, která kromě soustružení umožňují různé technologické operace (vrtání, vyvrtávání, frézování), pracují i ve více osách, disponují zařízením pro automatickou výměnu nástrojů a často i zařízením pro automatickou výměnu obrobků. V sériové výrobě se především používají soustruhy vícevřetenové a speciální (obr. 1.3).



Obr. 1.3 speciální soustruh na ingoty [24]

2. Princip soustružení

Hlavní řezný pohyb u soustružnických strojů je rotační. Dosahuje se otáčením obrobku kolem osy. Zajištění spojení obrobku s rotující částí stroje a přenesení točivého momentu od hlavního pohonu je podstatný konstrukční problém. Přesnost práce závisí na přesnosti a tuhosti uložení činné části (vřetena, upínací desky) soustruhu a na její tuhosti a tvarové přesnosti.

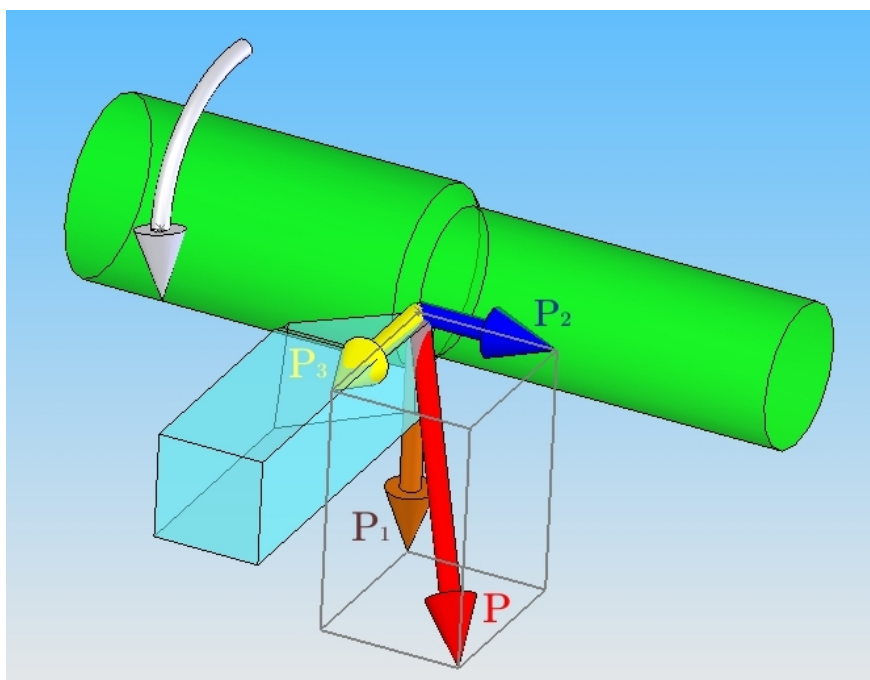
Základní vedlejší pohyby jsou posuvy nástroje. Nástroj, nejčastěji soustružnický nůž, musí být upevněn k jiné pohyblivé části stroje, vyměňován a nastavován a pohyblivou částí veden rovnoběžně, kolmo nebo různoběžně vzhledem k ose rotace obrobku [2]. Z tohoto důvodu byly vyvinuty suporty, saně a smykadla.

Pro správnou volbu velikosti pohonu stroje nebo pro případ, kdy potřebujeme vybrat stroj na požadované řezné podmínky, musíme znát řezný odpor působící při obrábění.

Síly působící při soustružení jsou:

Výsledná řezná síla P (obr. 2.1) působící na nástroj je tvořena třemi složkami v jednotlivých souřadných osách:

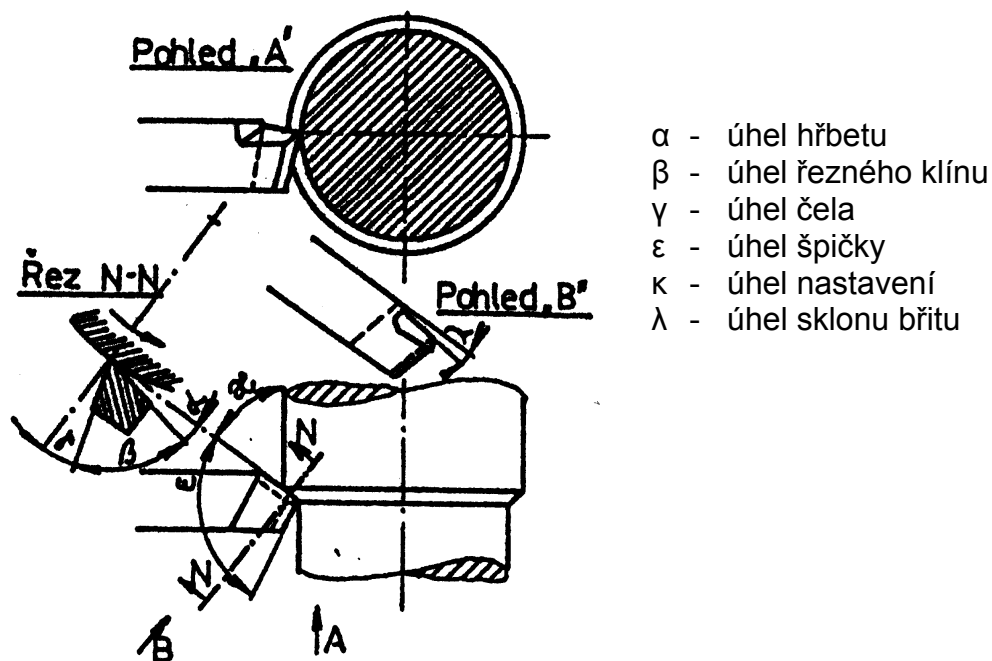
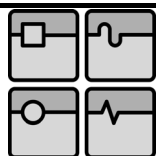
- Tečná složka síly P_1 . Působí ve směru řezné rychlosti. Je to hlavní řezná síla, která spolu s řeznou rychlostí určuje činný výkon pohonu vřetena stroje.
- Osová složka síly P_2 . Působí rovnoběžně s osou otáčení, tj. ve směru hlavního pracovního posuvu. Představuje posuvovou sílu, která spolu s rychlostí posuvu určuje čistý výkon pohonu posuvu stroje.
- Radiální složka síly P_3 . Působí ve směru přísuvu bříty kolmo k ose otáčení.



Obr. 2.1 složky řezného odporu

Faktory ovlivňující velikost řezné síly P jsou:

- Obráběný materiál (charakterizován specifickým řezným odporem)
- Velikost a tvar průřezu třísky
- Velikost řezné rychlosti
- Geometrie řezného bříty (obr. 2.2)

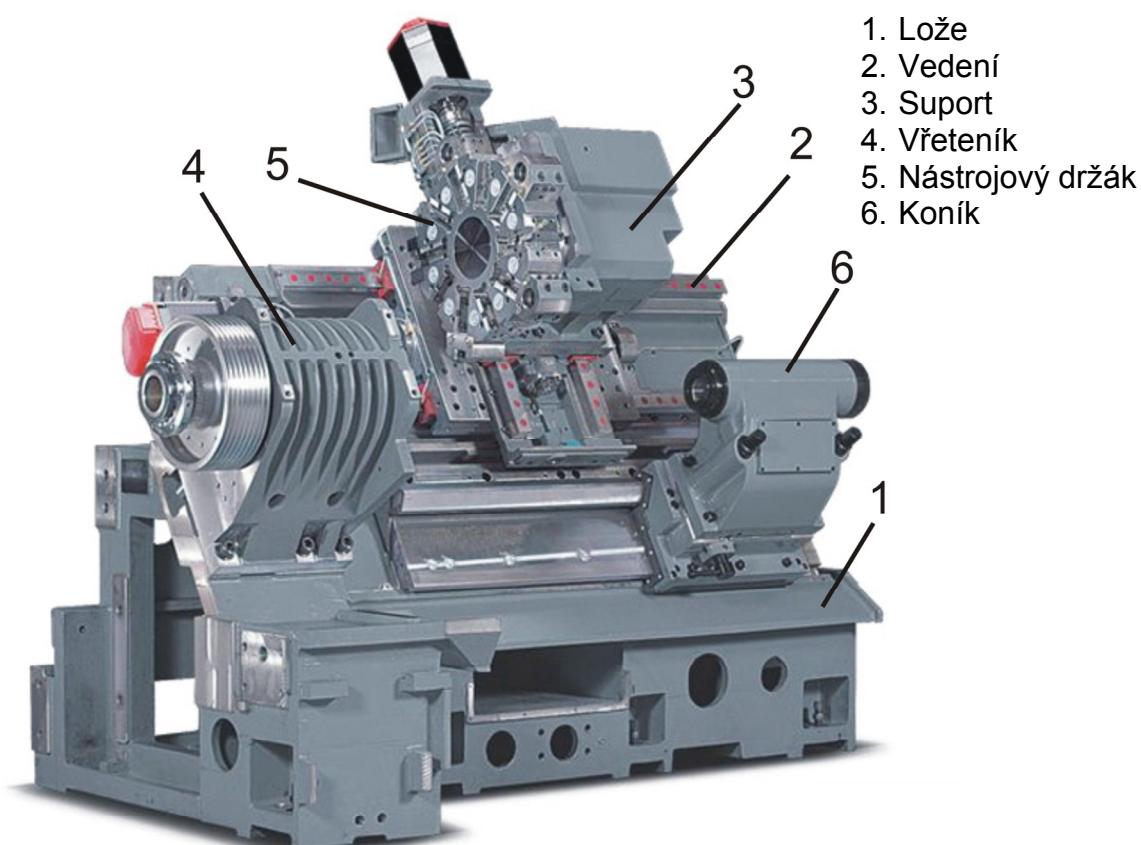


Obr. 2.2 geometrie břitu [2]

3. Rozdělení soustružnických strojů

- Vodorovná osa
 - Univerzální hrotové soustruhy
 - Produkční soustruhy
 - Obráběcí centra
 - Víceřetenové automaty
 - Dlouhotočné automaty
- Svislá osa
 - Karusely
 - Obráběcí centra
 - Inverzní karusely
- Univerzální stroje
 - Vodorovná osa
 - Svislá osa
- Multifunkční stroje
 - Vodorovná osa
 - Svislá osa
- Speciální stroje
 - Na vačky
 - Na klikové hřídele
 - Na nástroje
 - Na ingoty, atd.

4. Základní části vodorovných soustružnických strojů



Obr. 4.1 CNC soustruh s vodorovnou osou [upraveno z 18]

4.1. Lože

Je základní nosnou částí stroje. Tvar je zpravidla skříňový s převládající délkou nebo šířkou nad výškou. Součástí lože bývají vodicí plochy, na kterých se pohybují suporty a základní části stroje a dosedací plochy pro uložení dalších základních částí.

4.1.1. Požadované vlastnosti loží

Základními požadovanými vlastnostmi loží jsou:

- **Statická tuhost lože** - deformace základních částí lože má zásadní vliv na zachování tvaru a stálé vzájemné polohy vodicích ploch. Je tak určena změna relativní polohy nástroje a obrobku, a tak ovlivňuje podstatně dosažitelnou přesnost.
- **Dynamická stabilita** – odolnost stroje vůči vzniku všech forem chvění. Určuje využitelný výkon stroje a dosažitelnou jakost obráběné plochy.
- **Dobrý odvod třísek** – je důležitý zejména u moderních vysokovýkonných obráběcích strojů, kde by se od ohřátých třísek ohřívalo lože, a tím by se výrazně zhoršila přesnost stroje. Také se

musí zamezit, aby třísky neporušovaly povrch činných ploch stroje. Pro umožnění dobrého odvodu třísek jsou v loži otvory se skloněnými skluzy, popřípadě u výkonných strojů se upravuje tvar lože, aby třísky po něm samovolně klouzaly do zásobníku.

- **Jednoduchá a efektivní výroba** – správnou volbou výrobní technologie lože lze částečně ovlivnit vznik vnitřních pnutí v materiálu, které způsobuje postupnou změnu tvaru lože, a tak ovlivňuje přesnost stroje.
- **Malá hmotnost** – lože jsou nejrozměrnější částí stroje, proto je snaha o co nejhospodárnější využití materiálů. Tato snaha však nesmí mít špatný vliv na vlastnosti lože (především na jeho tuhost a odolnost proti chvění).

4.1.2. Materiály loží

Lože jsou konstruována jako:

- **Ocelové svařence** – svařené z ocelových profilů a plechů. Vhodnou volbou tloušťek stěn a žebrováním dosáhneme požadované tuhosti. Konstrukce musí být tepelně symetrická a schopna zachytit dynamické a statické síly. Nevýhody svařovaných loží jsou horší tlumicí vlastnosti, ocel není vhodná pro použití na vodící plochy. Tlumení můžeme zvýšit vyplněním lože minerální litinou nebo betonem. Používají se především u levných nebo jednoúčelových strojů.



Obr. 4.2 soustruh se svařovaným ložem firmy ProJUST [23]

- **Odlitky z litiny** – litina je nejrozšířenějším materiálem na konstrukci loží. Na rozdíl od svařovaných loží jsou těžší, protože litina má menší modul pružnosti v porovnání s ocelí, konstruuje se s většími tloušťkami stěn a hustějším žebrováním z důvodu zachování tuhosti a technologičnosti výroby. Výhodnou vlastností litiny je dobré tlumení a díky vysokému obsahu uhlíku se s výhodou vodící plochy vytvářejí přímo na odlitku.

- **Minerální litina (polymerbeton)** – polymerbeton je kompozitní materiál složený z matrice a plniva. Matrice je na bázi umělé pryskyřice, plniva se používají minerální. Jedná se vlastně o druh betonu, kde je místo cementu použita epoxidová pryskyřice. Lití probíhá při pokojové teplotě, pouze pro vytvrzení epoxidové pryskyřice se forma zahřívá na teplotu max. 60°C. Polymerbeton má oproti litině a oceli řádově vyšší tlumicí vlastnosti, proto se užívá nejen jako samostatný konstrukční materiál, ale také se jím vyplňují dutiny svařovaných nebo odlitých loží. Možnost je i vyrobít lože jako tenkostěnný odlitek a poté jej vyplnit polymerbetonem. Výhodou je i malá tepelná vodivost, díky níž nedochází ke změnám tvaru lože působícím teplem. Lože je nutné opatřit vhodnými dosedacími plochami pro montáž vedení.



Obr. 4.3 soustruh GTS-55c s polymerbetonovým ložem upravený firmou Dynamic Machine [19]

- **Hydrobeton** – jedná se o klasický cementový beton. Je to tedy směs písku, šterku, cementového pojiva, příměsí proti smršťování a vody. V současné době se používá především pro vyplnění svařovaných loží nebo tenkostěnných odlitků loží. Výrobou loží s použitím hydrobetonu se v současné době zabývají specializované firmy např. firma Dramat se systémem Hydropol. Hydropol používá při stavbě soustruhů např. firma EMCO na stroji Hypeturn 665 MC^{plus} (obr. 5.3).
- **Přírodní žula** – lože se vyrábí z monolitického bloku žuly. Používá se především u velmi přesných soustruhů. Užívá se pro její dobré vlastnosti (především vysoká tvarová stálost, vysoká tuhost, nízký součinitel teplotní roztažnosti, velmi nízký součinitel tepelné vodivosti, vysoká odolnost proti opotřebení atd.).



Obr. 4.4 přesný soustruh s ložem z přírodní žuly firmy Moore Tool Company [25]

4.2. Vedení

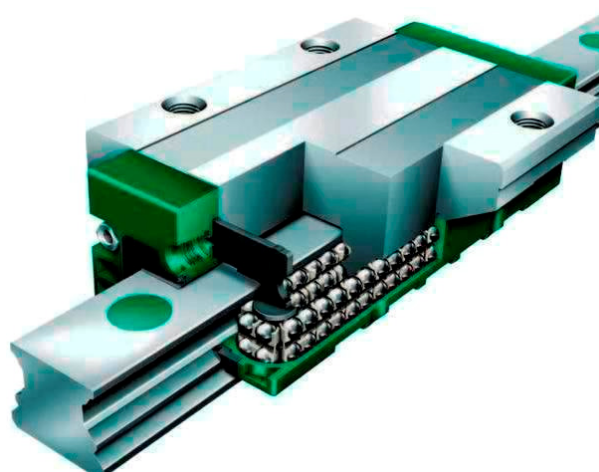
Vedení umožňuje snadný vzájemný přímočarý pohyb jednotlivých částí stroje (např. suportu po loži atd.).

4.2.1. Kluzné (hydrodynamické) vedení

Kluzné plochy jsou vyrobeny buď přímo na loži (většina litinových odlitků), nebo jsou k loži vhodným způsobem připevněny (přilepeny, přišroubovány) vodicí lišty z kalené oceli, spékanych kovů a popřípadě z umělých hmot různých složení. Následkem velkého rozdílu součinitelů tření za klidu a za pohybu dochází k trhavému pohybu zhoršujícímu kvalitu pohybu a k určité necitlivosti znemožňující přesné nastavení nástroje proti obrobku.

4.2.2. Valivé vedení

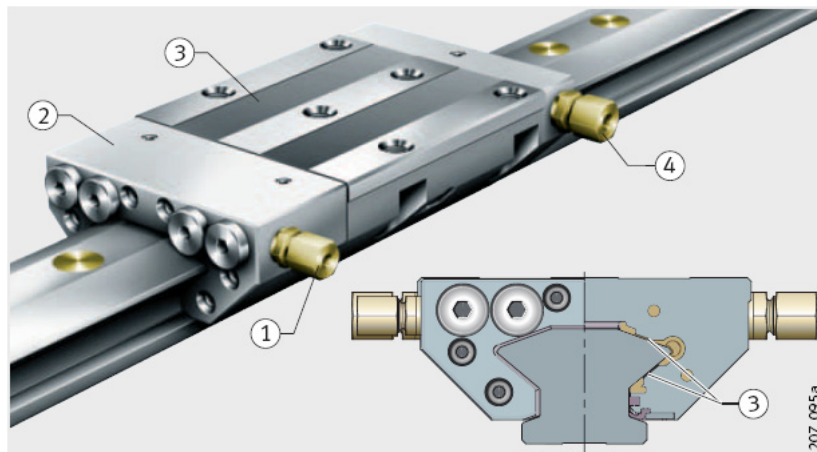
U valivých vedení (obr. 4.5) je součinitel tření podstatně menší než u kluzných vedení. Rozdíl mezi součinitelem tření za klidu a pohybu je velmi malý, nedochází zde k trhavému pohybu. Díky valivému uložení dochází k velmi malému opotřebení, a tím se zvyšuje životnost vedení. Nevýhodou jsou malé tlumicí vlastnosti.



Obr. 4.5 příklad valivého vedení firmy INA [20]

4.2.3. Hydrostatické vedení

Princip hydrostatického vedení (obr. 4.6) je takový, že kluzné plochy jsou od sebe po celou dobu odděleny vrstvou tlakového oleje, tím dochází k tzv. kapalinovému tření, jehož součinitel tření je velice malý ($f=0,000\ 005$). Díky dokonalému oddělení obou ploch nedochází téměř k žádnému opotřebení. Uložení je vysoce tuhé, má vysoké tlumicí schopnosti a není zde žádná vůle ve vedení.



1. Přívod tlakového oleje
2. Integrovaný ventil
3. Mazací kapsy
4. Odvod oleje

Obr. 4.6 příklad hydrostatického vedení firmy INA [20]

4.2.4. Lineární motor

Lineární motor (obr. 4.7) pracuje na indukčním principu, můžeme si ho představit jako klasický rotační elektromotor rozvinutý do roviny. Takový motor umožňuje přímý lineární pohyb. Motor se skládá z primární části (jezdec) a ze sekundární části (magnetická dráha). Primární část je tvořena, stejně jako stator u rotačních motorů, feromagnetickým svazkem složeným z elektrotechnických plechů a trojfázového vinutí uloženého v jeho drážkách. Pohybuje se po sekundární části, skládající se z permanentních magnetů přilepených na ocelovou podložku. Výhody jsou: dosahování vysokých rychlostí a zrychlení, magnetické dráhy jsou sestavovány v různých délkách i několika desítek metrů, na jedné dráze se může nezávisle pohybovat více jezdců, vedení je přímo kombinováno s pohonem. Nevýhodou je, že motor není převodován, a tak nemůže vykonávat velké řezné síly. Takových pohonů se užívá především tam, kde potřebujeme dosahovat vysokých rychlostí, ale menších řezných sil.



Obr. 4.7 příklad lineárního motoru firmy HIWIN [21]

4.3. Suport

Je spojovací článek mezi nástrojem a ložem. Zachycuje a přenáší síly vznikající při obrábění. Je tvořen stavebnicovou skladbou z několika částí vzájemně po sobě pohyblivých. Při jejich konstrukci je nutno uvažovat nejen o jejich parametrech tuhosti v ohybu, kroucení a tlaku, ale především o stykové tuhosti spojení jednotlivých částí, která jsou převážně suvná. Je nutno počítat s vlivy vůlí v jednotlivých vedeních, které budou ovlivňovat celkovou deformaci suportu měřenou na nástroji, a tím i přesnost.[2]

U konvenčních soustruhů se k náhonu mechanismu pro strojní posuvy používá tažná hřídel, která má většinou šestihranný nebo kruhový průřez. Posuv při řezání závitů je realizován vodicím šroubem, což je jednochodý nebo několikachodý pohybový šroub.

4.4. Mechanizmy pro přímočarý pohyb

Používají se pro převedení točivého pochybu motoru na přímočarý pohyb suportů, nástrojových loží atd.

4.4.1. Šroub a matice

Nejčastěji se používá trapézový závit. Hlavní výhody jsou snadná výroba, vysoký převodový poměr a pohodlné vymezení vůle (toho docílíme např. sevřením dvou polovin matice rozřízých v ose). Nevýhodami jsou malá účinnost a vysoké opotřebení závitu. Používá se pro malé posuvové rychlosti. Používají se dvě základní koncepce (koncepce s otočným šroubem a pevnou maticí a koncepce s otočnou maticí a pevným šroubem).

4.4.2. Kuličkový šroub a matice

Kuličkové šrouby (obr. 4.8) umožňují zmenšit opotřebení závitů, vymežit vůle a zlepšit účinnost závitu díky valivým elementům (kuličkám), které výrazně zmenšují tření v závitě. Šrouby a matice jsou ocelové, povrchy závitů kalené a broušené. Závity jsou vyrobeny s velkou přesností. Pro výhodné vlastnosti se dají kuličkové šrouby a matice použít současně jako hnané a odměřovací prvky.[3]



Obr. 4.8 příklad kuličkového šroubu firmy HIWIN [21]

4.4.3. Pastorek a ozubený hřeben

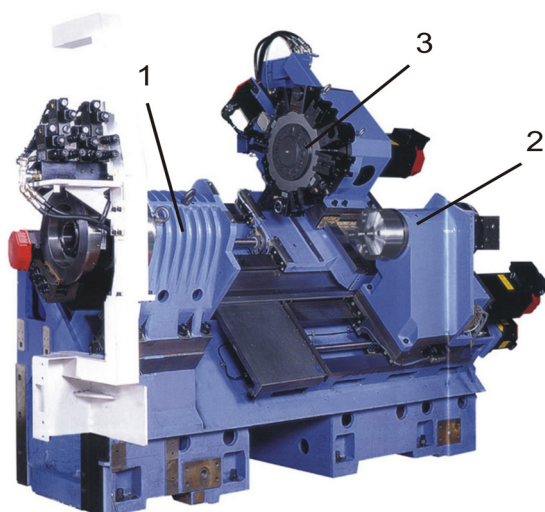
Pastorek a ozubený hřeben se používají pro pohony posuvů na velké délky, kde je použití posuvných šroubů nevhodné. Převod je třeba vyrobit přesně a je nutné vymezit vůli mezi pastorkem a hřebenem. Toto spojení není samosvorné. Z tohoto důvodu se většinou kombinuje s brzdou. Pohon suportu ozubeným hřebenem je používán u soustruhů typu SUA 125 Numeric točných délek nad 5000 mm (obr. 4.9) vyráběných firmou TOS Čelákovice.



Obr. 4.9 soustruh SUA 125 Numeric firmy TOS Čelákovice [26]

4.5. Vřeteník

Vřeteník představuje základní uzel skladby soustruhu, který výrazně ovlivňuje kvalitu celého stroje. Musí být dostatečně tuhý, pevně spojený s ložem, musí bezpečně zachycovat radiální a axiální zatížení od řezného procesu a hmotnosti obrobku [2]. Ve vřeteníku je uloženo vřeteno na ložiscích kluzných nebo valivých. Pro klidný a přesný chod se používají hydrostatická ložiska. Vřeteno je poháněno buď řemenem, nebo je konstruováno jako elektrovřeteno. Na konci je vhodně upraveno pro nasazení sklíčidla, upínací desky a dalších upínacích prvků. Důležitou vlastností je tuhost vřetena, která má vliv na přesnost práce a dynamickou stabilitu stroje. U některých strojů se používají dva vřeteníky. Stroj tak umožní automatické přeupínání obrobku do druhého vřetena a snadné obrobení původní upínací plochy. V kombinaci s druhým nožovým držákem umožňuje obrábění dvou součástí najednou.



1. Elektrovřeteno
2. Protivřeteno
3. Revolverový nosný zásobník

Obr. 4.10 soustruh SKT250MS s elektrovřetenem a protivřetenem firmy HYUNDAI-KIA MACHINE [upraveno z 18]

4.6. Nástrojový držák

Nástrojový držák slouží k upínání nástrojů, k jejich výměně, popř. pohonu.

4.6.1. Upínky

Používají se především u konvenčních produkčních soustruhů, kde není požadována častá automatická výměna nástrojů.

4.6.2. Čtyřboká nástrojová hlava

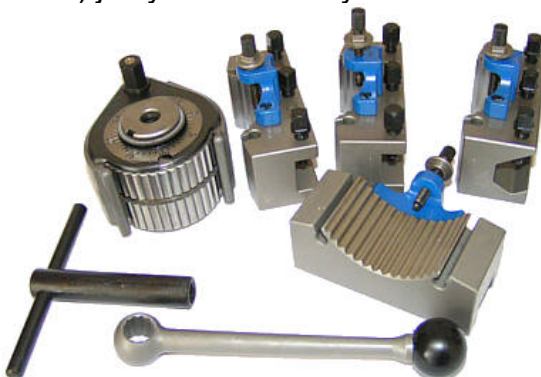
Nejčastěji se s ní setkáme u konvenčních univerzálních hrotových soustruhů. Do nástrojových hlav můžeme upnout najednou až čtyři nástroje (především soustružnické nože). Otáčením nástrojové hlavy měníme používaný nástroj. Otáčení nástrojů probíhá většinou ručně, ale můžeme se setkat s nástrojovou hlavou, která se otáčí automaticky (obr. 4.11).



Obr. 4.11 čtyř-pozicová nástrojová hlava E4-200 s otáčením pomocí elektropohonu [17]

4.6.3. Nástrojová hlava MULTIFIX

Slouží k ruční výměně nástrojů, nástroje jsou upnuty do speciálních držáků. Tyto držáky jsou uzpůsobeny k jejich rychlé výměně. K suportu je přidělena pevná nástrojová hlava, která umožňuje různé nastavení úhlů nástroje. Výškové nastavení nástroje se provádí pomocí stavěcího šroubu umístěného na nástrojovém držáku. Systém MULTIFIX (obr. 4.12) je vyráběn v různých velikostech.



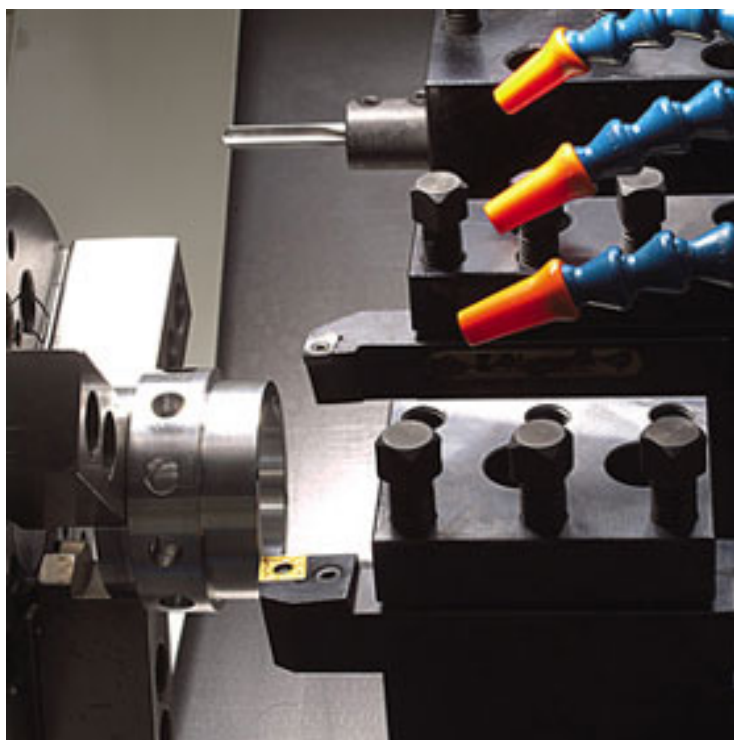
Obr. 4.12 nástrojová hlava MULTIFIX firmy AXA/HASSE [22]

4.6.4. Revolverový nosný zásobník

Používá se především pro automatickou výměnu nástrojů. Výhodou je rychlá výměna a velký počet nástrojů v zásobníku. Nástroje mohou být držákem poháněné, což dovoluje použít stroj k různým obráběcím operacím (např. frézování drážek pro těsná pera a mimoosé vrtání). Revolverový nosný zásobník je použit např. na stroji SKT250MS firmy HYUNDAI-KIA MACHINE (obr. 4.10).

4.6.5. Lineární nástrojové lože

Nástroje se zde upínají pomocí držáků a nástrojových pouzder (obr. 4.13) na lože opatřené T-drážkami. Poháněné nástroje jsou upnuty do přidavných zařízení poháněných vzduchem, hydraulicky, popřípadě mechanicky. To dovoluje použít i brousící nástroje (např. při výrobě ložisek).



Obr. 4.13 lineární nástrojové lože na soustruhu KIT 450 firmy HYUNDAI-KIA MACHINE [18]

4.6.6. Nástrojová vřetenová hlava s centrálním zásobníkem.

Nástroje jsou skladované v centrálním zásobníku (např. bubnovém, řetězovém atd.). V nástrojové hlavě jsou nástroje vyměňovány buď přímo nebo pomocí výměníku. Přímý způsob výměny je koncipován tak, že nástrojový držák odloží nástroj přímo do zásobníku a odebere si nástroj jiný. U strojů s výměníkem výměník přenesení nástroj z nástrojové hlavy do zásobníku, kde uchopí nový nástroj a přenesení jej zpět do nástrojové hlavy. Tento způsob výměny nástrojů se užívá především u soustružnických CNC center, kde nástrojová hlava umožňuje použití pevných i poháněných nástrojů. Nástrojovou hlavou s centrálním zásobníkem je vybaveno CNC multifunkční soustružnické centrum INTEGREGX e-410H II (obr. 5.4) firmy Mazak.

4.7. Koník

Koník slouží k upínání obrobků mezi hroty, popřípadě se používá pro upínání nástrojů. Tuhost hrotové objímky (pinoly) má podobný význam jako tuhost vřetene především při obrábění dlouhých součástí mezi hroty. V axiálním směru by měl být koník poddajný, protože teplem vzniklým při obrábění se obrobek roztahuje, tím by se zvýšila axiální síla a došlo by k deformaci obrobku. U velkých soustruhů se tedy používá odpružení pinoly pomocí mechanických nebo hydraulických pružin.

4.8. Opěry

Používají se tři základní typy opěr.

4.8.1. Opěry pevné (lunety)

Užívají se k podepření dlouhých obrobků s poměrem štíhlosti $L/D > 10$ (kde L je délka a D vnější průměr), upnutých mezi hroty, popřípadě namísto koníku při obrábění vnitřních otvorů. Stykové plochy jsou konstruovány buď jako kluzné nebo valivé, užívané při vyšších obvodových rychlostech. Lunety (obr. 4.14) mají horní polovinu odklopnou, nebo snímatelnou, aby do ní šel obrobek vložit.



Obr. 4.14 opěra pevná [27]



Obr. 4.15 opěrka posuvná [27]

4.8.2. Opěry posuvné

Používají se k podepření dlouhých štíhlých obrobků v blízkosti nástroje. Opěry jsou o obrobenou plochu. Posuvné opěry (obr. 4.15) jsou připevněny k suportu, a tím zachovávají stálou vzdálenost od nástroje.

4.8.3. Podvalky

Podvalky slouží k podepírání rozměrných, dlouhých a těžkých obrobků, které se nevejdou do opěry. Obrobek je podepírán kladkami podvalku, které jsou spolu soustředně pohyblivé. Podvalek se umísťuje na lože volně a není k němu připevněn.

4.9. Řídicí systémy

Řídicí systémy slouží k ovládání funkcí CNC strojů. Jeho součástí je řídicí jednotka integrovaná buď do PLC nebo průmyslového PC. Dále řídicí panel a monitor. K řídicímu systému připojujeme všechny ovládané části stroje (např. vřetena, pohony os, pohony nástrojových držáků). Dále jsou k němu připojeny snímače polohy os (odměřování), snímače otáček vřeten atd. Řídicí systémy pracují při obrábění s datovým jazykem, v němž jsou uvedeny dráhy nástrojů, řezné podmínky a doplňkové informace (např. zapnutí přívodu chladicí kapaliny, otevření sklíčidla, výměna nástroje atd.). Datový jazyk se u různých výrobců řídicích systémů často liší. Program můžeme vytvořit:

- Přímým psaním kódu do příslušného datového jazyka.
- Přímým psaním kódu s využitím přednastavených cyklů v příslušném datovém jazyce.
- Pomocí dílensky orientovaného dialogovaného programování, které využívá pevně nastavených cyklů. Program se automaticky převádí do příslušného datového jazyka.
- V CAM programu a převedením kódu pomocí postprocesoru do příslušného datového jazyka.

Do řídicího systému uvádíme také informace o používaných nástrojích (geometrie břitu, jednotlivé korekce atd.). Vyspělé řídicí systémy disponují různými senzory (senzory vibrací, senzory teploty, senzory zatížení vřeten, senzory zatížení nástrojů atd.). Sběrem dat z těchto senzorů systém upravuje řezné podmínky, aby obrábění probíhalo optimálně. Výrobou řídicích systémů se zabývá mnoho firem např.: Siemens (systémy SINUMERIK), Mazak (systémy Mazatrol), Fagor a další.



Obr. 4.16 řídicí systém SINUMERIK 840S SI [28]

4.10. Řezná kapalina a odvod třísek

Řezná kapalina slouží především k odvádění tepla z místa řezu, ke snížení třecího odporu a k mazání místa styku nástroje s obrobkem. Tím se snižuje řezný odpor a zvyšuje se jakost povrchu. Další funkcí řezné kapaliny je odvod třísek z pracovního prostoru stroje. Řezná kapalina je dopravována do místa řezu pomocí hadic a energetických přívodů o tlaku až 1000 bar. Při vysokorychlostním obrábění se často přivádí řezná kapalina přímo dutinou v nástroji. Použitá kapalina stéká do zásobníku, kde se z ní separují třísky a jiné nečistoty pomocí papírového filtru, magnetického filtru, odstředivého filtru nebo hydrocyklonu.

Dokonale odvádět třísky z pracovního prostoru je podstatné především u velkých hrubovacích a produkčních soustruhů. Rychlý a účinný odvod třísek je důležitý nejen kvůli tepelnému ovlivnění funkčních částí, ale také z bezpečnostních důvodů. Zamezíme tak hromadění třísek, zejména v okolí pracoviště. Ke strojům pracujícím v automatickém cyklu se přidávají zařízení umožňující plynulý automatický odvod třísek. Třísky se optimálně odvádějí z pracovního prostoru gravitačním způsobem. Všechny plochy, na které padají třísky, by měly být skloněny pod úhlem min. 50°. Jestliže to není možné, odvádí se třísky intenzivním splachováním řeznou kapalinou. Při obrábění za sucha se třísky odvádí stlačeným vzduchem.

Odvádění třísek mimo stroj je v automatickém provozu realizováno různými typy dopravníků:

- **Magnetické** - pro drobné a menší vinuté třísky z feromagnetických materiálů
- **Čláňkové** - vhodné pro všechny druhy třísek
- **Harpunovité s přímočarým vratným pohybem** - vhodné pro ocelové vinuté třísky
- **Rotační, pásové, hrablové a šnekové dopravníky s korytem**, - pro drobné a menší vinuté třísky



Obr. 4.17 pásový dopravník třísek firmy ASTOS [29]

5. Příklady strojů současné produkce

5.1. Univerzální hrotové soustruhy

Jsou to stroje používané pro kusovou popřípadě malosériovou výrobu, navržené jako univerzální stroje umožňující rozsáhlé množství soustružnických operací. Poskytují velký rozsah otáček a posuvů.

5.1.1. CU360M - ZMM Bulgaria holding

Veškeré hlavní stavební prvky stroje (lože, vřeteník, suport, koník atd.) jsou odlité. Vřeteno je nedělené, vyrobené z jednoho kusu, uložené ve dvouřadých předpjatých ložiscích. Ozubení použité ve vřeteníku i v jiných skupinách stroje je kalené a broušené. Lože stroje je žebrované, a tím je dosaženo dostatečné tuhosti. Vodicí plochy jsou hluboce prokalené a broušené. Lože je vybaveno odnímatelným můstkem, který slouží ke zvětšení točného průměru, avšak v omezené délce dané velikostí můstku.



Obr. 5.1 CU360M [30]

Pracovní rozsah		
Oběžný průměr nad ložem	mm	370
Oběžný průměr nad příčným suportem	mm	230
Oběžný průměr v odstraněném můstku	mm	475
Vzdálenost hrotů	mm	1200/1500
Vřeteno		
Přední konec vřetena DIN 55027	-	6
Vrtání vřetena	mm	59
Hlavní pohon		
Výkon motoru	kW	4
Rozsah otáček vřetena	ot/min	35-2000
Koník		
Kužel dutiny v pinole	-	Morse 4
Rozměry stroje		
Hmotnost stroje	kg	1610

Tab. 5.1 Parametry soustruhu CU 360M [11]

5.1.2. MASTURN 70 CNC-2000 - KOVOSVIT MAS

Univerzální hrotový soustruh s CNC řízením. Umožňuje ruční řízení jako na běžném konvenčním soustruhu pomocí elektronických koleček. Dále umožňuje obrábění pomocí automatických cyklů s podporou CNC systému. Ty pracují na bázi pevných cyklů. Program je možné vytvořit konturovým dílensky orientovaným programováním, popřípadě DIN programováním. Stroj je vhodný zejména pro přesné soustružení tvarově náročných povrchových, čelních i vnitřních ploch při konstantní řezné rychlosti, ale i pro vrtání středových otvorů a řezání vnějších i vnitřních závitů. Hlavní pohon stroje zajišťuje automatická dvoustupňová převodovka. Nástroje se upínají do nástrojové hlavy Multifix.



Obr. 5.2 MASTURN 70 CNC [12]

Pracovní rozsah		
Oběžný průměr nad ložem	mm	720
Oběžný průměr nad příčným suportem	mm	430
Vzdálenost hrotů	mm	2000
Vřeteno		
Přední konec vřetena DIN 55027	-	B11, C11
Vrtání vřetena	mm	106
Řídicí systém		
Řídicí systémy	-	HEIDENHAIN
		MANUAL plus 4110
		SIEMENS MANUAL TURN
Hlavní pohon		
Výkon motoru	kW	28
Rozsah otáček vřetena	ot/min	0-1800
Koník		
Kužel dutiny v pinole	-	Morse 6
Rozměry stroje		
Délka x šířka x výška	mm	4000x1815x1863
Hmotnost stroje	kg	4900

Tab. 5.2 parametry soustruhu MASTURN 70 CNC-2000 [12]

5.2. CNC soustružnická centra s vodorovnou osou

Soustružnické stroje umožňující rozsáhlé množství obráběcích operací (soustružení, frézování, vrtání). Stroje jsou vybaveny pevným vřetenem, protivřetenem, nástrojovým suportem s nástrojovou hlavou (převážně revolverovou). Často bývají stroje osazeny dvěma popř. třemi nástrojovými suporty. To umožňuje nezávislé obrábění dvou součástí. Osazují se také zařízeními pro automatickou výměnu obrobků, zařízeními pro kontinuální odvod třísek. Umožňují vysokorychlostní obrábění a obrábění v automatickém cyklu.

5.2.1. HYPERTURN 665 MC^{plus} - EMCO

Jedná se o soustružnické centrum určené pro obrábění složitých rotačních součástí z tyčového polotovaru a přírubových dílců. Lože je ocelové svařené vyplněné hydrobetonem hydro-pol. Stroj je vybaven protivřetenem. V základním provedení jsou na valivých vedeních umístěny dva suporty s revolverovými nosnými



Obr. 5.3 HYPERTURN 665 MC^{plus} [13]

zásobníky se samostatnými digitálními pohony. Revolverové zásobníky jsou uzpůsobeny k vnitřnímu přívodu řezné kapaliny do každého nástroje. Stroj je vybaven řídicím systémem firmy Siemens a to SINUMERIK 840D. Soustružnické centrum může být dodáváno kromě zmíněných revolverových hlav také s nástrojovou vřetenovou hlavou, a tím se z něj stane multifunkční stroj.

Pracovní rozsah		
Maximální točný průměr	mm	200
Vzdálenost hrotů	mm	975
Vřeten		
Přední konec vřeten DIN 55026	-	A2- A6
Vrtání vřeten	mm	65
Řídicí systém		
Řídicí systém	-	SINUMERIK 840D
Hlavní pohon		
Výkon motoru	kW	29
Rozsah otáček vřeten	ot/min	0-5000
Protivřeten		
Výkon motoru	kW	22
Rozsah otáček vřeten	ot/min	0-7000
Rozměry stroje		
Délka x šířka x výška	mm	3400x2550x2300
Hmotnost stroje	kg	9500

Tab. 5.3 parametry soustruhu HYPERTURN 665 MC^{plus} [13]

5.3. Multifunkční stroje s vodorovnou osou

Jsou to stroje vybavené vřetenovou nástrojovou hlavou, do které můžou být upnuty jak pevné nástroje, tak i nástroje poháněné. Tato nástrojová hlava se často doplňuje ještě revolverovým nosným zásobníkem nástrojů, který kromě upínání nástrojů plní funkci koníku popř. lunety. Multifunkční stroje jsou často osazovány protivřetenem. Umožňují většinu obráběcích operací (soustružení, vrtání, vyvrtávání, frézování, broušení i výrobu ozubení odvalovacím způsobem). Stroje jsou vybaveny zásobníkem nástrojů a zařízením pro jejich výměnu.

5.3.1. INTEGREX e-410H-S II - Mazak

INTEGREX je multifunkční stroj vybavený pouze vřetenovou hlavou. Nástroje jsou skladovány v řetězovém zásobníku. Do zásobníku se vejde 40 nástrojů (poháněné i pevné). Tato varianta stroje je vybavena protivřetenem. Pro řízení je použit řídicí systém Mazatrol MATRIX. Součástí stroje je informační terminál e-Tower, který schraňuje všechny informace o obrábění, umožňuje sledování provozu stroje pomocí mobilního telefonu. K němu mohou být připojeny kamery sledující pracovní prostor stroje. Stroj je vybaven funkcí minimalizující vibrace.



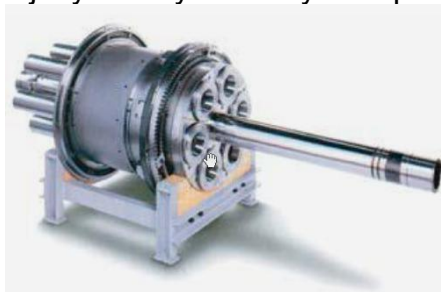
Obr. 5.4 INTEGREX e-410H-S II [14]

Pracovní rozsah		
Maximální točný průměr	mm	610
Vzdálenost hrotů	mm	3060
Řídicí systém		
Řídicí systém	-	Mazatrol MATRIX
Hlavní pohon		
Výkon motoru	kW	26
Rozsah otáček vřetena	ot/min	0-4000
Protivřeteno		
Výkon motoru	kW	26
Rozsah otáček vřetena	ot/min	0-4000
Vřetenová nástrojová hlava		
Výkon motoru	kW	22
Rozsah otáček vřetena	ot/min	0-12000
Zásobník nástrojů		
Velikost zásobníku	ks	40

Tab. 5.4 parametry soustruhu INTEGREX e-410H-S II [15]

5.4. Vícevřetenové automaty

Používají se pro výrobu součástí v hromadné a velkosériové výrobě převážně z tyčového materiálu, mohou ale obrábět i přírbové součásti, přesné odlitky a výkovky. Automaty mají nejčastěji čtyři, šest, osm, nebo dvanáct vřeten. Vřetena jsou uložena ve vřetenovém bubnu (obr. 5.5). Buben umožňuje pootočení vždy o jednu pracovní polohu. Centrální suport se pohybuje po centrální vodící trubce uložené v bubnu. Každému vřetenu je přidělen jeden podélný a jeden příčný suport. Suporty jsou řízeny pomocí vaček nebo servopohonu. Podélný suport vykonává podélné soustružení válcových ploch, vrtání, vyvrtávání, vystružování nebo řezání závitů. Příčný suport užíváme pro příčné soustružení, zapichování, čelní soustružení a upichování. Příčné suporty bývají vybaveny i křížovými suporty.



Obr. 5.5 vřetenový buben firmy DMG [1]

5.4.1. MORI-SAY TMZ642CNC – TAJMAC-ZPS

Šestivřetenový automat se samostatným pohonem každého vřetene. Toto uspořádání dovoluje nastavení různých rezných podmínek na každém vřetenu. Pohony jsou uloženy mimo vřetenový buben a propojeny s vřeteny pomocí koaxiálně uložených centrálních hřídelů. Na stroj je montováno šest podélných suportů, pět křížových suportů a jeden upichovací suport. Řízení provádí dva řídicí systémy Sinumertik 840D. Stroj může být naprogramován na dvě rozdílné součásti. Pak pracuje jako dva třívřetenové automaty.



Obr. 5.6 MORI-SAY TMZ642CNC [16]

Řídicí systém		
Řídicí systém	-	Sinumerik 840D
Vřetena		
Počet vřeten	ks	6
Výkon motoru	kW	7-10,5
Rozsah otáček vřetena	ot/min	0-5000
Rozměry stroje		
Délka x šířka x výška (bez elektroskríně)	mm	3696x1914x2746
Hmotnost stroje (bez elektroskríně)	kg	10 750

Tab. 5.5 parametry stroje MORI-SAY TMZ642CNC [16]

6. Výrobci soustružnických strojů

Česká republika	
KOVOSVIT MAS	www.kovosvit.cz
INTOS	www.intos.cz
ŠKODA MACHINE TOOL	www.cz-smt.cz
TOS Čelákovice	www.tosas.cz
Tajmac-ZPS	www.tajmac-zps.cz
Evropa	
EMCO	www.emco.at
DMG	www.gildemeister.com
INDEX a TRAUB	www.index-werke.de
TRENS	www.trens.sk
XYZ Machine Tools	www.xyzmachinetools.com
ZMM	www.zmmbulgaria.com
Asie	
FALCON MACHINE TOOLS	www.chevalier.com.tw
MORI SEIKI	www.moriseiki.com
Mazak	www.mazak.com
HYUNDAI-KIA MACHINE	www.hyundai-kiamachine.com
Amerika	
Moore Tool Company	www.mooretool.com
Dynamic Machine	www.dynamiccnc.com

Tab. 6.1 vybraní výrobci obráběcích strojů

7. Závěr

Soustružnické stroje jsou nejrozšířenější stroje na třískové obrábění. Největší část tvoří stroje vodorovné, které se používají pro obrábění rozmanitých součástí (převážně hřídelového a přírubového tvaru). S nástupem číslicově řízených strojů bylo umožněno ze soustružnických strojů vyrobit multifunkční stroje, které nejsou určené pouze k soustružení, osovému vrtání a řezání závitů, ale i k frézování, mimoosovému vrtání, vyvrtávání apod.

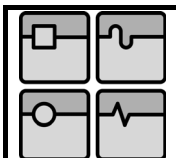
S příchodem nových nástrojů a požadavků na rychlou a přesnou výrobu se začínají používat pro konstrukci soustružnických strojů moderní materiály např. polymerbeton, který má výhodné tlumicí vlastnosti. Používá se pro výrobu loží. Pro zlepšení přesnosti a snížení pasivních odporů nahrazujeme kluzná vedení lineárních os a uložení vřeten ve stroji vedeními a uloženími valivými. Další možností je použití uložení hydrostatická, taková konstrukce vedení znemožňuje kontakt vodících ploch o sebe, a tím se výrazně zmenšuje součinitel tření a snižuje se opotřebení na nejvíce namáhaných částech stroje. Konstrukcí a vývojem součástí obráběcích strojů se v současné době zabývá mnoho firem. Výrobci obráběcích strojů se specializují hlavně na vývoj hlavních konstrukčních částí stroje a stroje jako celku. Ostatní součásti strojů používají firmy většinou od externích dodavatelů.

Se stále se rozvíjející oblastí automatizační techniky jsou vytvářeny další propracovanější řídicí systémy. Nové typy řídicích systémů umožňují přenos informací o jejich stavu např. pomocí intranetové sítě nebo pomocí mobilního telefonu. Tvorba programů pro stroje je stále jednodušší. Obsluha stroje již nemusí znát všechny příkazy datového jazyka. Díky dialogovému dílensky orientovanému programování je tvorba programu a změny na něm mnohem intuitivnější, než tomu bývalo ještě před několika málo lety.

Osazování strojů automatickými systémy (automatická výměna nástrojů a obrobků, zařízení pro kontinuální odvod třísek atd.), které zmenšují nebo úplně odstraňují zásahy obsluhy do obráběcího procesu, zkracuje vedlejší časy, snižuje nároky na pracovníky a zvyšuje celkovou produktivitu obrábění.

8. Seznam použitých zdrojů

- [1] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. 1. vyd. 2006. 284 s. ISSN 1212-2572.
- [2] Borský, Václav. *Obráběcí stroje*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1992. 216s. ISBN 80-214-0470-6.
- [3] Borský, Václav. *Základy stavby obráběcích strojů*. 2. vyd. Brno: VUT Brno, 1991. 214 s. ISBN 80-214-0361-6.
- [4] KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [5] Lineární pohony. *T+T : technika a trh*. 2005, č. 11-12, s. 24. ISSN 1210-5902.
- [6] *MM: Průmyslové spektrum*. SEND Předplatné s.r.o., 1997-. ISSN 1212-2572.
- [7] *Technický týdeník*. Praha: SpringerMedia , 1952-. ISSN 0040-1064.
- [8] HUMÁR, Anton. *Technologie I: základní metody obrábění – 1. část* [online]. Interaktivní multimediální text pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004, 17 s. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.pdf>
- [9] TOS VARNSDORF *vzpomínky - historie obrábění 1 - 4* [online]. 2003 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <http://www.tosvarnsdorf.cz/Str/Cz/SecG/Tos_vzp12.html>.
- [10] *On ye art and mysterie of turning* [online]. c2000 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://homepages.tig.com.au/~dispater/turning.htm>>.
- [11] *MachTrade s.r.o.* [online]. c2005 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <http://www.machtrade.cz/cz/produkt_detail_podkat.php?id_kat=13&id_podkat=16&id_vyr=79>.
- [12] KOVOSVIT, a.s. [online]. c2006 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.kovosvit.cz/2005/czech/cmast70.php>>.
- [13] *EMCO-Hyperturn* [online]. 2007 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <http://www.emco.at/Marketing/Hyperturn/Hyperturn_645_665_690_EN.pdf>.
- [14] *INTEGREX e-410H* [online]. c1997-2007 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.mazak.jp/english/products/multitasking/5201/e410h/index.html>>.
- [15] *Mazak Europe* [online]. [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.mazak.eu/jkcm/mazakproduct.aspx?pg=238&SizeCode=1500U>>.
- [16] *TAJMAC-ZPS - PRODUKTY* [online]. 2008 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.tajmac-zps.cz/a642cz.html>>.
- [17] *Fermatmachinery - Nové stroje - CNC soustruhy* [online]. [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/11-cnc-soustruhy/>>.
- [18] *Profika s.r.o.* [online]. [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.profika.cz>>.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 38
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [19] *Dynamic Machine* [online]. c2007 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.dynamiccnc.com/GTS-page.html>>.
- [20] *Schaeffler KG (INA): Ball bearings, Combined axial/radial bearings, Driven linear units* [online]. c2008 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.ina.com>>.
- [21] *HIWIN* [online]. c2005 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.hiwin.cz/>>.
- [22] *Multifix Schnellwechsel Stahlhalter Made in Germany* [online]. c2004 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.multifix.eu/>>.
- [23] *Rotory, soustružení rotorů, přetáčení rotorů, NC soustruhy, opracování komutátorů na rotorech* [online]. [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.projus.cz/nc-soustruh.html>>.
- [24] *Rottler Maschinenbau GmbH: Ingot turning machines* [online]. c2006 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <http://rottler-maschinenbau.de/Ingot_turning_machines.99.0.html?&L=1>.
- [25] *Moore Tool Co., Inc. - Ultra Precision Drum Lathe* [online]. [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.mooretool.com/vertdrum.html>>.
- [26] *TOS a.s.* [online]. c2007 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <http://www.tosas.cz/index.php?id_document=10116>.
- [27] *Vše pro dílnu* [online]. c1996-2008 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.uni-max.cz/>>.
- [28] *Řídicí systémy SINUMERIK* [online]. c2008 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=3c76394997>>.
- [29] *Pásové dopravníky třísek* [online]. c2007 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.astos.cz/cz/pasove-dopravniky-trisek>>.
- [30] *ZMM - BULGARIA HOLDING LTD* [online]. c2008 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.zmmbulgaria.com/main.php?lg=en&sec=2&sub=5&prod=3>>.
- [31] *INTEGREX e-410H* [online]. c1998 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.misan.cz/mazak/sortiment/integrexe-410h/integrexe-410h.htm>>.
- [32] FARKAŠOVÁ, Blanka, KRČÁL, Martin. *CITACE : projekt Bibliografické citace* [online]. verze 1.1. Brno : BB Group, c2004-2008 [cit. 2008-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.citace.com/>>.

9. Seznam použitých zkratk a symbolů

atd.	a tak dále
tj.	to jest
př.n.l.	před naším letopočtem
stol.	století
CNC	počítačem řízené ovládání
PLC	programovatelný automat

α	[°]	úhel hřbetu
β	[°]	úhel řezného klínu
γ	[°]	úhel čela
ε	[°]	úhel špičky
κ	[°]	úhel nastavení
λ	[°]	úhel sklonu bříty
f	[-]	součinitel smykového tření
D	[mm]	průměr
L	[mm]	délka
P	[N]	výsledná řezná síla
P_1	[N]	tečná složka řezné síly
P_2	[N]	osová složka řezné síly
P_3	[N]	radiální složka řezné síly