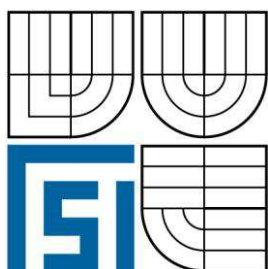


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

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

DESKRIPCE SVISLÝCH SOUSTRUŽNICKÝCH STROJŮ

DESCRIPTION OF VERTICAL LATHE MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUCIE NOVÁKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Nováková Lucie

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Deskripce svislých soustružnických strojů

v anglickém jazyce:

Description of lathe machines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše a popis svislých soustružnických strojů současné produkce.

Cíle bakalářské práce:

Provést rešerši svislých soustružnických strojů.

Provést popis a roztřídění svislých soustružnických strojů.

Seznam odborné literatury:

Marek, J.; Konstrukce CNC obráběcích strojů, ISSN 1212-2572

Borský, V.; Obráběcí stroje, ISBN 80-214-0470-1

Borský, V.; Základy stavby obráběcích strojů, VUT Brno

www stránky výrobců soustružnických strojů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Blecha, Ph.D.

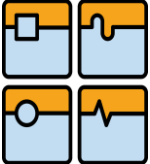
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 30.10.2007



Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

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

ANOTACE

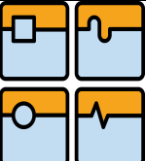
Tato bakalářská práce se zabývá deskripcí a rozdělením svislých soustružnických strojů. Celý text je uspořádán do několika na sebe navazujících kapitol. V úvodu této práce je pojednáno o historii a podstatě soustružení. Další část popisuje základní rozdělení svislých soustružnických strojů a největší pozornost je věnována rozboru jednotlivých částí stroje. Na konci bakalářské práce je uvedeno několik představitelů českých i zahraničních výrobců soustruhů a následné porovnání jejich produktů.

Klíčová slova: svislý soustruh - karusel, svislý CNC soustruh, smykadlo, stojan, lože, těžký obrobek, těžký průmysl

ABSTRACT

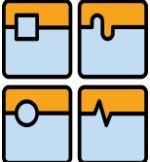
The bachelor's thesis deals with description and classification of vertical lathe machines. The text is divided into several coherent chapters. The introduction is concerned with history and basis of the turning. Next part describes basic types of vertical lathe machines and the greatest attention is given to the analyse of particular parts of the machine. The end of the bachelor's thesis includes some representatives of Czech and foreign producers of the lathe machines followed by the comparison of their products.

Keywords: vertical lathe, vertical turning lathe, ram, column, bed, heavy workpiece, heavy industry

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NOVÁKOVÁ, L. *Deskripce svislých soustružnických strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Blecha, Ph.D.





	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Deskripce svislých soustružnických strojů vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu použitých zdrojů.

21. 5. 2008

.....
Lucie Nováková

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

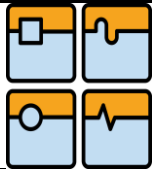
PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat panu Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

ZADÁNÍ	3
ANOTACE	5
Klíčová slova	5
ABSTRACT	5
Keywords	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	6
PROHLÁŠENÍ.....	7
PODĚKOVÁNÍ	8
OBSAH	9
1 ÚVOD.....	11
2 SVISLÉ SOUSTRUHY	16
2.1 Základní definice	16
2.2 Základní technické parametry	16
2.3 Použití svislých soustružnických strojů	17
3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ SVISLÝCH SOUSTRUŽNICKÝCH STROJŮ	18
3.1 Jednostojanové svislé soustruhy	18
3.2 Dvoustojanové svislé soustruhy	19
4 ZÁKLADNÍ ČÁSTI SVISLÝCH SOUSTRUŽNICKÝCH STROJŮ	20
4.1 Rám svislého soustruhu	20
4.1.1 Volba materiálu	20
4.1.2 Tuhost svislého soustruhu	22
4.1.3 Tepelná stabilita	24
4.2 Suporty svislého soustruhu	25
4.3 Příčník svislého soustruhu	25
4.4 Stůl svislého soustruhu	26
4.5 Pohony a převodové systémy svislého soustruhu	27
4.5.1 Hlavní pohon	27
4.5.2 Pohon posuvů	27
4.5.3 Pohon rotačních nástrojů	27
4.6 Lineární posuv pomocí kuličkového šroubu a matice	28
4.7 Vedení svislých soustruhů	28
4.7.1 Vedení valivé	29
4.7.2 Hydrostatické vedení	30
4.7.3 Kombinované vedení	30

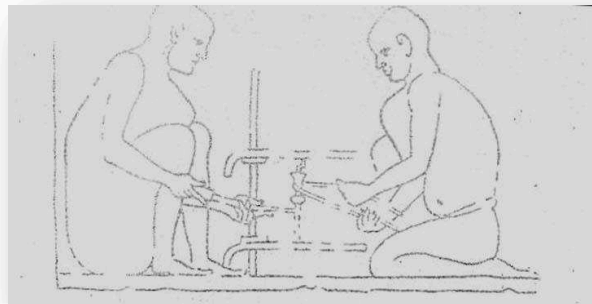
4.8	Ochranné kryty.....	30
4.9	Odvod třísek	31
5	DALŠÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ SVISLÝCH SOUSTRUHŮ	32
5.1	Automatická výměna nástrojů	32
5.2	Automatická výměna obrobků.....	33
5.3	Měření polotovaru, obrobku, nástroje	33
6	VÝROBCI SVISLÝCH SOUSTRUHŮ	34
6.1	TOSHULIN, a.s.	34
6.1.1	Profil společnosti TOSHULIN, a.s.	34
6.1.2	Produktová řada SKL	34
6.1.3	Produktová řada SKG	35
6.2	Fermat	36
6.2.1	Profil společnosti Fermat.....	36
6.2.2	Svislé CNC soustruhy řady VLC.....	36
6.3	Döries Scharmann Technologie.....	37
6.3.1	Profil společnosti Döries Sharmann Technologie	37
6.3.2	CONTUMAT - VCE 1400.....	37
6.3.3	CONTUMAT VC - V 12000.....	38
6.4	R.E.M. Bacau.....	39
6.4.1	Profil společnosti R.E.M. Bacau	39
6.4.2	CNC vertikální soustruh SC 33.....	39
6.5	GILDEMEISTER	40
6.5.1	Profil společnosti GILDEMEISTER.....	40
6.5.2	Vertikální soustruh CTV 160.....	40
7	CELKOVÉ POROVNÁNÍ SVISLÝCH SOUSTRUHŮ	42
8	ZÁVĚR.....	43
9	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	44
10	SEZNAM TABULEK.....	45
11	POUŽITÉ ZDROJE.....	46



1 ÚVOD

Historie soustruhů

Počátky soustružení sahají do období mezolitu (zhruba 1000 let př. Kr.), kdy byl objeven pravěký vynález luk, který je považován za první zařízení schopné akumulovat energii a zároveň je zdrojem rotačního pohybu, což je vidět na artefaktu viz Obr. 1.1. Tato kresba byla nalezena v egyptském hrobě ve 3. století př. Kr. Můžeme zde vidět vynalézavost tehdejších lidí. Muž vlevo na obrázku drží obrobek a pomocník vpravo vytváří střídavým taháním za šňůru hybnou sílu tohoto egyptského soustruhu. [1]

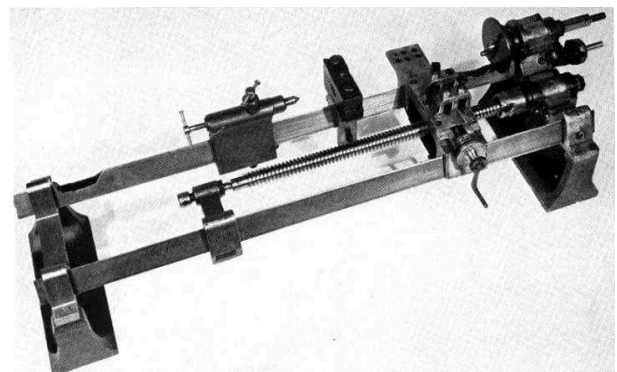


Obr. 1.1 Artefakt z egyptského hrobu [1]

Leonardo da Vinci vytvořil první kresby soustruhů (Obr. 1.2), jejichž primitivní konstrukce byla sestavena ze dřeva. Pohon byl ruční nebo šlapací. Až kolem roku 1797 sestrojil první tzv. moderní soustruh slavný anglický technik Henry Maudslay (1771-1831). Jeho soustruhy získávaly podobu již dnešních (Obr. 1.3). Celokovová konstrukce těchto strojů se skládala z kovového lože, vodících šroubů pro strojní posuv a pořádného suportu. Později stroj doplnil ozubenými koly pro řezání závitů.



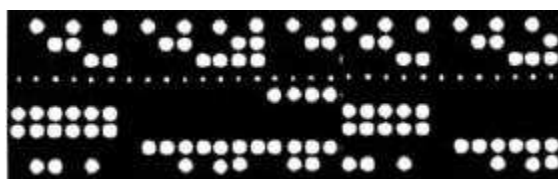
Obr. 1.2 Kresba soustruhu Leonarda da Vinciho a Stuart Kingsova rekonstrukce soustruhu [2]



Obr. 1.3 Maudslayův první závitorezný soustruh [1]

V druhé polovině 20. století dochází k velkému rozmachu vývoje obráběcích strojů zejména z hlediska automatizace výroby. Nejprve vznikají automaty pro velkosériovou a hromadnou výrobu s tzv. tvrdou automatizací, které umožňují přesně a opakovaně vyrobít podle pevně nastaveného programu i několik tisíc součástí. Problém této tvrdé automatizace spočívá v přenastavení tohoto programu, což je velice nákladné a zdlouhavé, proto jsou tyto stroje vhodné pouze pro velkosériovou výrobu.

V oblasti malosériové a kusové výroby přichází pomoc v podobě NC (Numerical Control) řízených strojů. Tyto stroje díky číslicovému řízení mají tzv. pružnou automatizaci. Program obrobku je fyzicky vyražen na dlouhé papírové pásce (Obr. 1.4), nebo uložen na magnetickém paměťovém nosiči (disketa, kazeta, harddisk). Děrné pásy jsou do stroje postupně zasouvány vždy po ukončeném řezu. K použití paměťových nosičů je důležité sestavení obráběcího programu. Složení NC programu se realizuje pomocí standardního NC kódování složeného z pořadových čísel, funkcí, rozměrů, otáček, informací o nástroji a rozmanitých funkcí. Základní funkce tohoto systému jsou známé jako tzv. G kódy (Tab. 1.1).



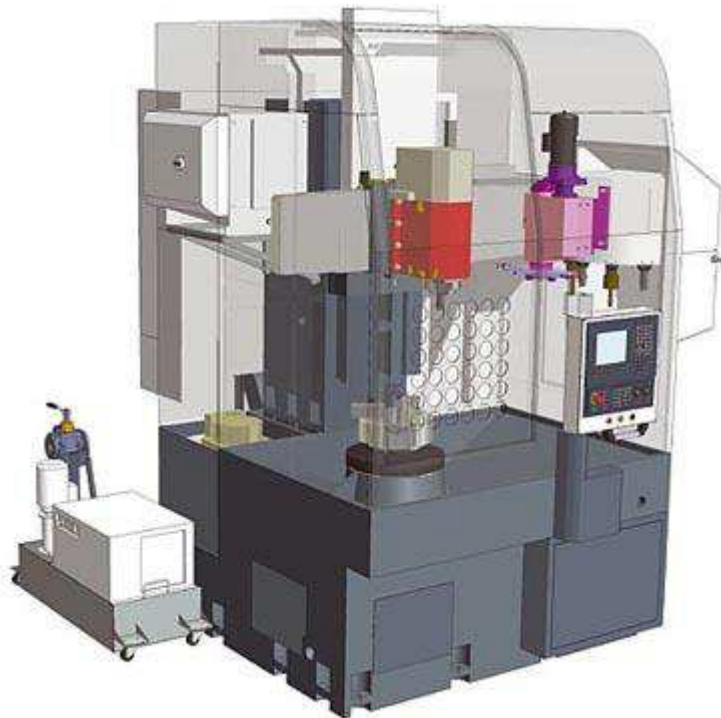
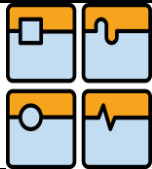
Obr. 1.4 Děrná páska [3]

Tab. 1.1 Základní G–kódy pro NC programování

G-kód	Funkce
G00	rychloposuv – provede posuv po přímkové dráze maximální rychlostí
G90	absolutní programování – posuv na souřadnice X,Y,Z
G91	přírůstkové programování – posuv o vzdálenost X,Y,Z
G01	lineární interpolace určitou rychlostí
G02	posuv ve směru hodinových ručiček po kruhovém oblouku
G03	posuv proti směru hodinových ručiček po kruhovém oblouku

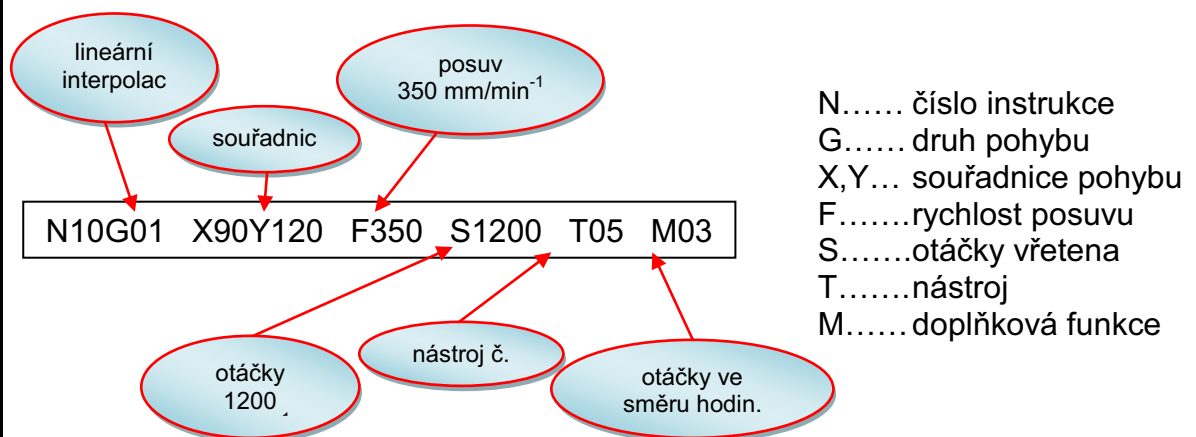
Ke konci 70.let 20.století přicházejí na trh bezobslužné stroje tzv. CNC (Central Numerical Control) řízené stroje. Tyto stroje zahrnujeme do skupiny programově řízených strojů s plně automatickým cyklem a automatickou výměnou nástrojů.

CNC stroje (viz Obr. 1.5) mají mnoho výhod, a to například ve vysoké a trvalé přesnosti pohybu a polohování, vysokých výkonech, schopnostech vyrobít velmi složité součásti, odpadá zde ruční výměna nástrojů a obrobků, což vylučuje nutnost přítomnosti obsluhy (člověka), zajišťují větší bezpečnost, rychlost a čistotu práce a jsou vhodné pro sériovou a velkosériovou výrobu



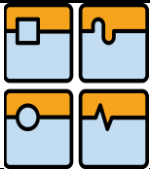
Obr. 1.5 Vertikální CNC soustružnické centrum s automatickou výměnou nástrojů SPV CNC 20/40 firmy CZ.TECH Čelákovice [4]

Tyto stroje pracují na základě sestaveného programu podle mezinárodní normy (Obr. 1.6). Program je sestaven z jednotlivých pokynů tak, aby z nich vznikl konečný obrobek požadovaných rozměrů.



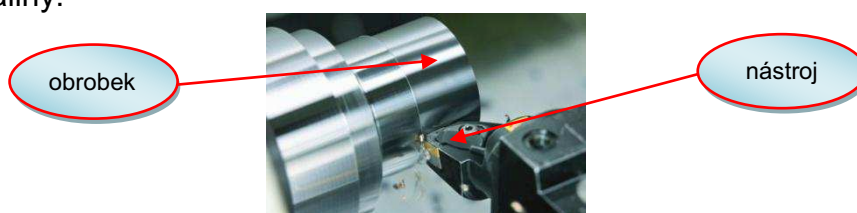
Obr. 1.6 Ukázka části programu pro CNC stroj [5]

Standartní CNC svislé soustruhy mají roviny obrábění X – Z, ale lze je doplnit osou Y, obrábění bude prováděno v prostoru a vzniká tak obráběcí centrum. Tento soustruh je vybaven automatizačními prvky pro výměnu nástrojů i obrobků.



Podstata soustružení

Soustružení je proces obrábění většinou rotačních součástí. Při soustružení je hlavní pohyb rotační a koná ho obrobek upnutý ve sklíčidle. Vedlejší pohyb je posuvný a to kolmo, rovnoběžně nebo různoběžně k ose rotace obrobku a koná ho nástroj, většinou tzv. soustružnický nůž (Obr. 1.7). Při tomto procesu obrábění vzniká odpad neboli tříska, špona. Mezi nástrojem a obrobkem dochází ke vzniku tepla, což je nežádoucí pro obráběnou součást a zároveň nástroj. Toto teplo je proto důležité snižovat, a to zvolením vhodného materiálu nástroje a užitím vhodné chladicí kapaliny.

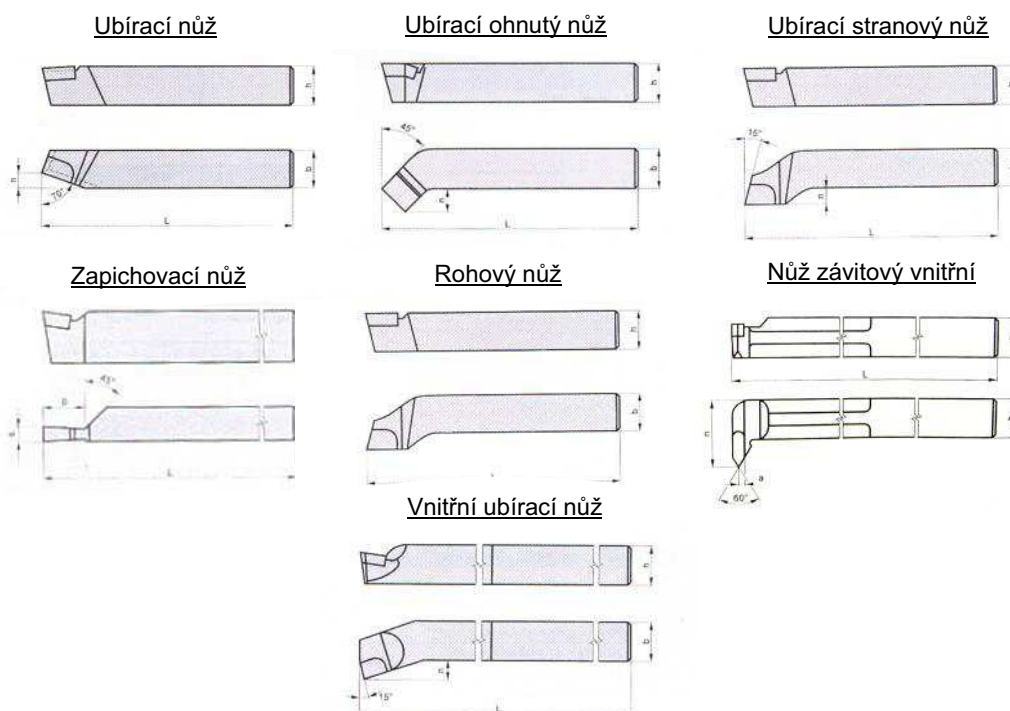


Obr. 1.7 Soustružení [6]

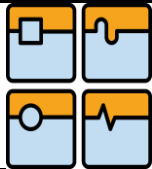
Soustružnické nože

Soustružnické nože jsou nezbytnou součástí obráběcího procesu. Velmi důležitým faktorem pro kvalitu řezu je volba materiálu. V dnešní době je na trhu obrovské množství materiálů. Nejčastěji používaným materiálem je nástrojová a rychlořezná ocel, slinuté karbidy ale také cermety a keramika.

Základní druhy soustružnických nožů jsou na Obr. 1.8 :



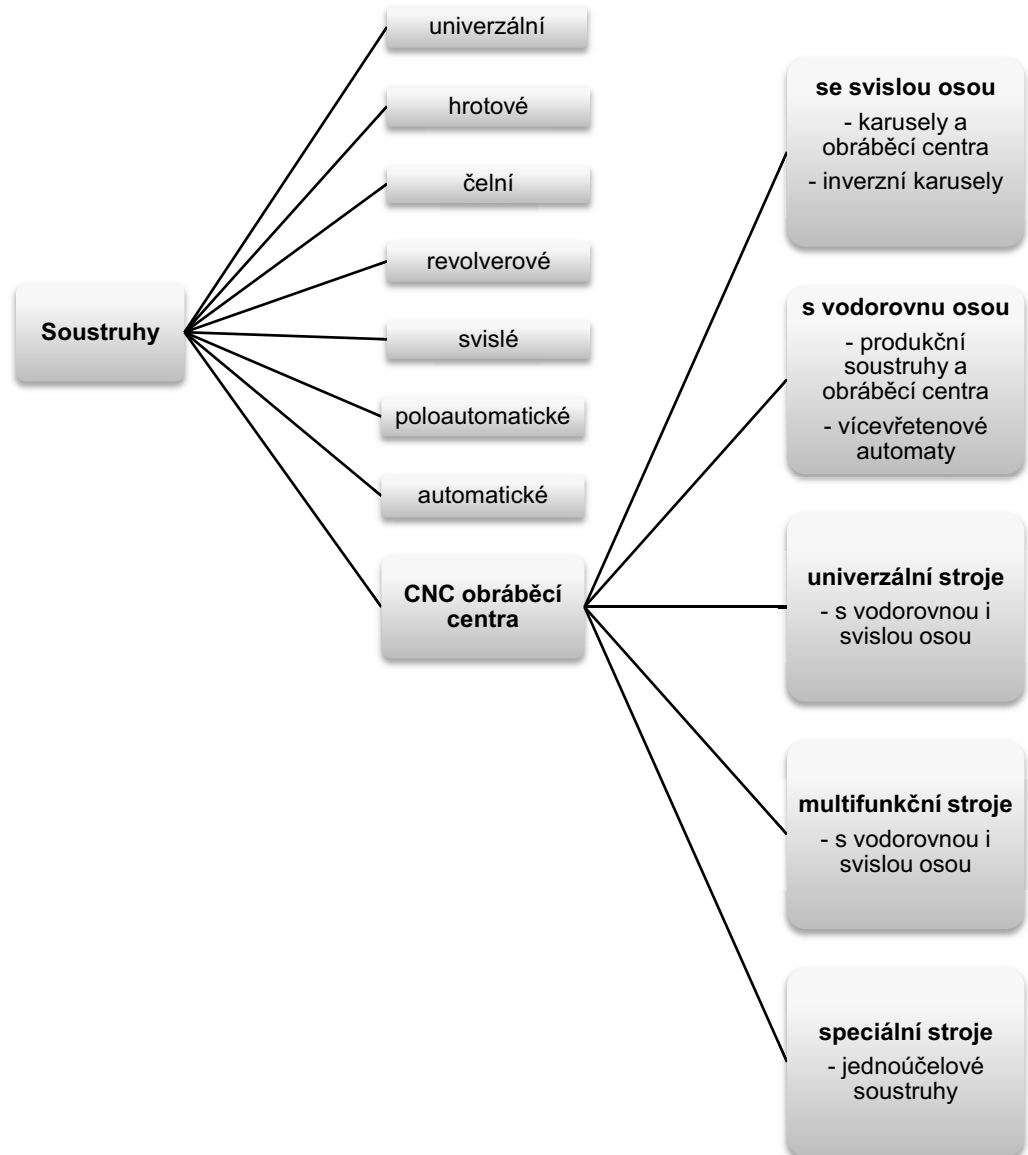
Obr. 1.8 Základní druhy soustružnických nožů [7]



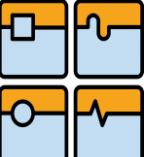
Rozdělení soustruhů

Soustružnické stroje představují největší podíl strojírenské obráběcí techniky.

Základní rozdělení je vidět na Obr. 1.9:



Obr. 1.9 Rozdělení soustruhů [5]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 16
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2 SVISLÉ SOUSTRUHY

2.1 Základní definice

Svislé soustruhy tzv. karusely patří do skupiny obráběcích strojů. Tyto soustruhy již podle názvu mají svislou osu otáčení a jsou určeny především pro obrábění rotačních součástí velkých rozměrů, u kterých délka převládá nad průměrem.

2.2 Základní technické parametry

Mezi základní technické parametry svislých soustruhů zařazujeme:

Pracovní rozsah:

- Průměr upínací desky.
- Maximální oběžný průměr.
- Maximální průměr soustružení.
- Maximální výšku obrobku.
- Maximální hmotnost obrobku.
- Maximální průměr upínací desky.

Pracovní pojezd:

- Posuv horizontální (osa X).
- Posuv vertikální (smykadlo osa Z).

Upínací deska:

- Rozsah otáček stolu:

$$A = \frac{n_{max}}{n_m}$$

A...rozsah otáček stolu

n_{max} ...maximální otáčky [min^{-1}]

n_{min} ... minimální otáčky [min^{-1}]

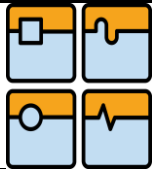
- Maximální kroutící moment na upínací desce.

Posuvy:

- Rychlo posuv – osa X.
- Rychlo posuv – osa Z.
- Pracovní posuv.

Další specifikace:

- Celkový příkon stroje.
- Plocha stroje.
- Hmotnost stroje.
- Přesnost polohování X, Z.



2.3 Použití svislých soustružnických strojů

Svislé soustruhy slouží především pro obrábění těžkých, rozměrných přírubových součástí. Podle vybavení mají mnoho funkcí. Mezi základní funkce zahrnujeme soustružení válcových (Obr. 2.1), čelních, kuželových (Obr. 2.2) i obecných rotačních vnějších i vnitřních ploch, také vnitřních a vnějších závitů na kuželových i válcových plochách.



Obr. 2.1 Soustružení vnější válcové plochy [8]



Obr. 2.2 Soustružení kuželových, zaoblených ploch [9]

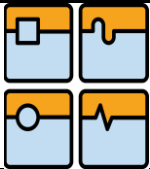
Mnoho dalších funkcí je umožněno pomocí tzv. rozšířeného zařízení. Mezi tato zařízení můžeme zahrnout např. brousící zařízení, které umožňuje broušení čelních i válcových (Obr. 2.3), vnějších i vnitřních ploch. Frézovací a vyvrtávací zařízení (Obr. 2.4), ale také zařízení pro měření nástroje i zařízení pro měření obrobku (umožňuje proměřování rozměrů polotovaru, obrobku nebo nástroje prostřednictvím sondy). Svislé soustruhy mají velice variabilní uspořádání většinou sestavené podle požadavků zákazníka.



Obr. 2.3 Broušení válcových ploch [9]



Obr. 2.4 Vyvrtávání na vertikálním soustruhu [9]



3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ SVISLÝCH SOUSTRUŽNICKÝCH STROJŮ

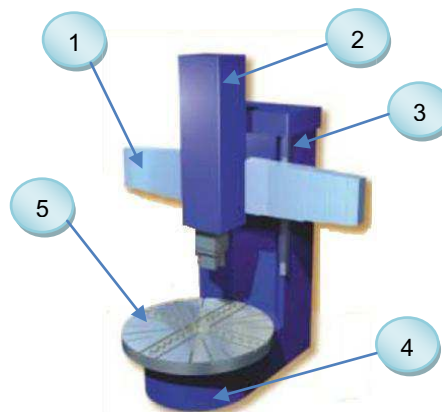
3.1 Jednostojanové svislé soustruhy

Jednostojanové svislé soustruhy tzv. malé svislé soustruhy jsou většinou konceptovány pro průměr upínací desky stolu 800 až 1200 mm s plynule měnitelnými otáčkami. Rozměry těchto strojů dosahují velkých rozměrů (viz foto na Obr. 3.1). Jejich hlavními částmi jsou rám, příčník 1, příčnickový suport 2, stojan 3, lože 4, upínací deska 5 (viz vyobrazení na Obr. 3.2). Rám soustruhu je velmi tuhý, což je dáno uspořádáním soustruhu. Na stojanu, uloženém na vodících hranách, je umístěn krátký příčník. Stojan velkého průřezu je většinou dokonale tuhý v ohybu i krutu. Soustružnické nože jsou uloženy v revolverové hlavě většinou s pěti upnutými noži. Revolverová hlava umožňuje upnutí několika druhů nástrojů najednou, což zvyšuje produktivitu práce [10,11].

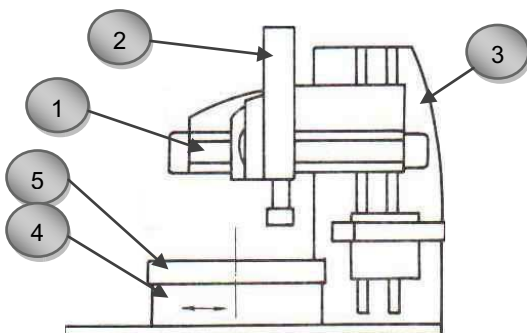
Někdy se vyrábí jednostojanové soustruhy až do průměru 6000 mm, ale v tomto případě je příčník na jedné straně vetknutým nosníkem a stojan je namáhaný v ohybu a krutu, to způsobuje menší pevnost. Lože se stolem lze odsunout od stojanu po základové desce (viz Obr. 3.3), nebo lze odsunout stojan soustruhu což je znázorněno na Obr. 3.4, a tím vznikne více prostoru k upnutí většího obrobku nad průměr 6000 mm [10,11].



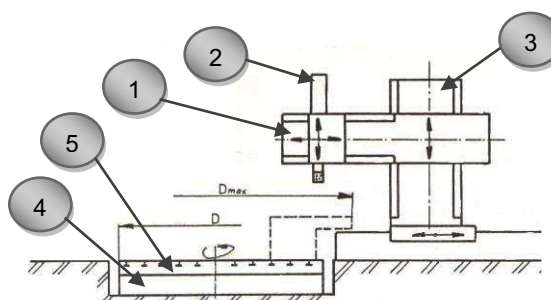
Obr. 3.1 Jednostojanový svislý soustruh [8]



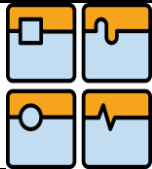
Obr. 3.2 Jednostojanový svislý soustruh [12]



Obr. 3.3 Jednostojanový svislý soustruh s posuvným stolem [10]



Obr. 3.4 Jednostojanový svislý soustruh s posuvným stojanem [11]



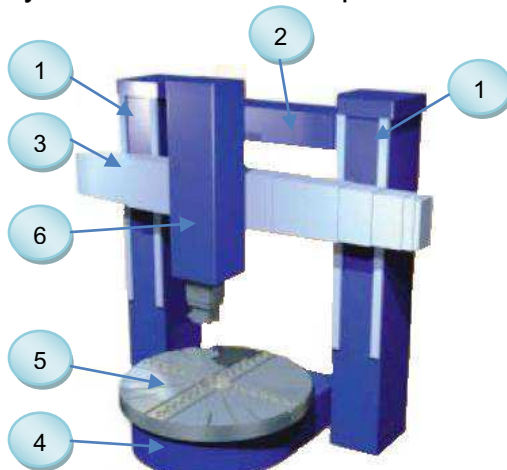
3.2 Dvoustožanové svislé soustruhy

Dvoustožanové svislé soustruhy (Obr. 3.5) oproti jednostožanovým jsou stavěny pro velké oběžné průměry obrobků, obvykle od průměru 1600 mm až do 18000 mm.

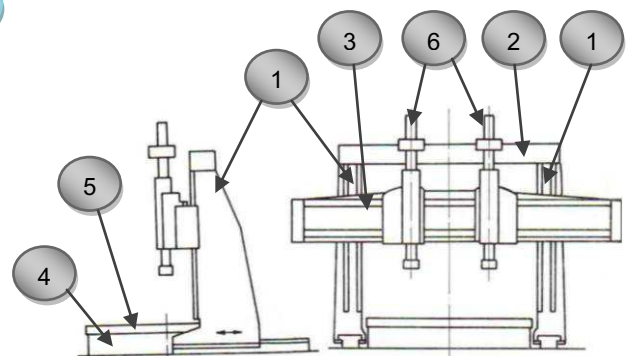
Hlavními částmi těchto soustruhů jsou dva stojany 1 spojené horní příčkou 2, což dohromady tvoří rámovou konstrukci. Dalšími hlavními částmi jsou příčník 3, lože 4, upínací deska 5 a jeden nebo dva příčnickové suporty 6.

Svislé soustruhy od oběžného průměru 9000 mm obvykle mají pojízdné stojany (Obr. 3.6). Tyto pojezdy slouží pro snadnější ukládání obrobků větších průměrů než je upínací deska (například na upínací desku o průměru 9000 mm lze upnout obrobek o průměru 12000 mm). V tomto případě však nelze soustružnické nože dostat na střed obrobku [11].

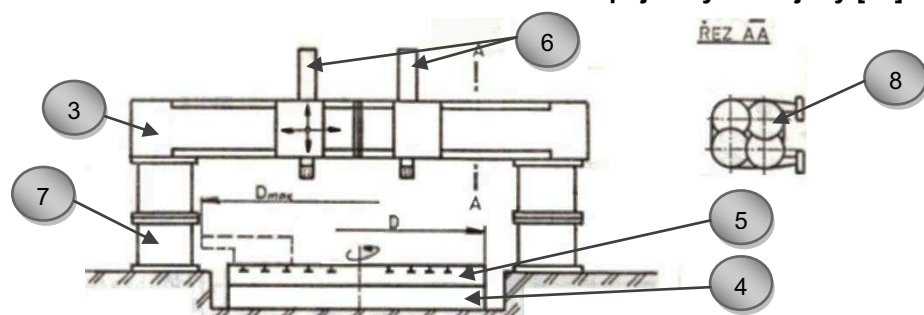
Obdobně jako u jednostožanových soustruhů i zde existují i jiné možnosti konstrukce, a to v tomto případě kvůli velice drahým nákladům. U těchto konstrukcí je snaha zjednodušovat je. Ve většině případů ale dochází k omezení pracovního prostoru jako je např. na Obr. 3.7, kde je maximálního oběžného průměru 12500 mm. V tomto případě jsou stojany svislého soustruhu sestaveny z několika částí 7 v závislosti na výšce obrobku. Ocelový příčník celkové délky 18 m je svařovaný z trubek 8 a uložen a upevněn na vrchních částech sestavených stojanů. Upínací deska má průměr 8000 mm. Obrobky větších rozměrů než je upínací deska jsou upínány na radiální ramena upevněná na stole [11].



Obr. 3.5 Dvoustožanový svislý soustruh [12]



Obr. 3.6 Dvoustožanový svislý soustruh s pojízdnými stojany [10]



Obr. 3.7 Dvoustožanový svislý soustruh zjednodušené konstrukce [11]

4 ZÁKLADNÍ ČÁSTI SVISLÝCH SOUSTRUŽNICKÝCH STROJŮ

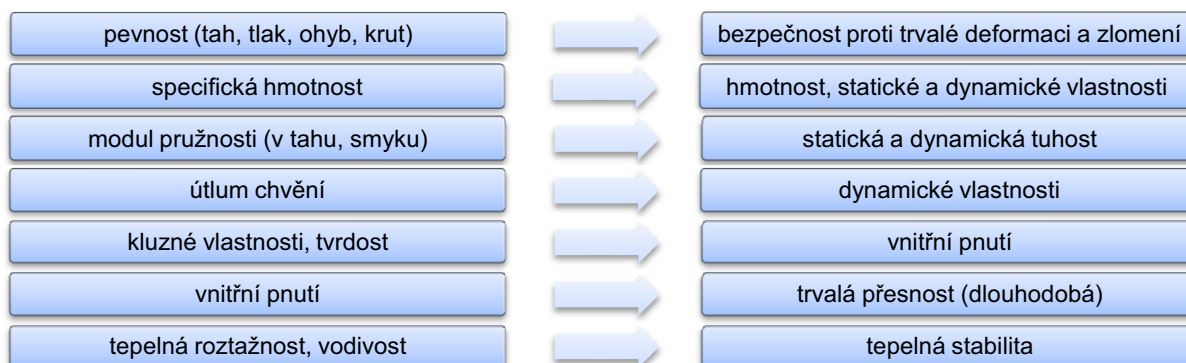
4.1 Rám svislého soustruhu

Rám je jednou z nejdůležitějších částí svislých soustruhů, jelikož zajišťuje tuhost celého stroje a zároveň snižuje chvění. Rám jednostojanového soustruhu je složen z vodorovně přestavitelného stojanu a svisle přestavitelného příčnicku. Dvoustojanové soustruhy se skládají z pravého a levého stojanu navzájem spojených příčkou a z přestavitelného příčnicku. Mezi částmi rámu zahrnujeme také lože.

Aby byla dodržována přesnost daného soustruhu, musí být při návrhu a konstrukci splněny základní požadavky, mezi které zahrnujeme kvalitní materiál rámu, dobrá statická tuhost, vhodná dynamická a tepelná stabilita, dobrý odvod třisek, jednoduchá výroba, malá hmotnost, snadná manipulace a vhodné uložení na základ [13].

4.1.1 Volba materiálu

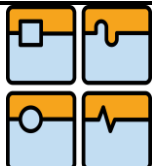
Výběr materiálu stanovují především faktory ovlivňující technické a provozní vlastnosti strojů (Obr. 4.1).



Obr. 4.1 Fyzikální vlastnosti a technické a provozní vlastnosti [13]

V dnešní době jsou možnosti výběru materiálu velice rozšířeny. Rámy bývají většinou z oceli, šedé litiny, ale také ocelolitiny a v poslední době se uplatňují neželezné materiály a to betony a polymerbetony, ale mohou být i z přírodních materiálů jako je žula (granit). Každý materiál má dané fyzikální a mechanické vlastnosti, což je uvedeno v Tab. 4.1 a Tab. 4.2.

Cílem je zvolit co nejvhodnější materiál z hlediska kvality, obrobitelnosti, možnosti sváření, odlévání atd., ale je zapotřebí brát ohledy také na cenu, která se stoupající kvalitou samozřejmě vysoce roste.



Tab. 4.1. Fyzikální vlastnosti materiálů rámu [13]

Parametry	Modul pružnosti [MPa]	Měrná hmotnost [kg/m ³]	Součinitel teplotní roztažnosti [K ⁻¹]	Pevnost v tahu [MPa]
Materiál				
Ocel St 37	$2,1 \cdot 10^5$	7850	$11,1 \cdot 10^{-6}$	350...470
Ocelolitina	$1,7 \cdot 10^5$	7400	$9,5 \cdot 10^{-6}$	400...700
Šedá litina	$0,8 - 1,1 \cdot 10^5$	7200	$9 \cdot 10^{-6}$	100...200
Hliník	$0,7 \cdot 10^5$	2700	$23,8 \cdot 10^{-6}$	120...400
Titan	$1,1 \cdot 10^5$	4500	$10,8 \cdot 10^{-6}$	500...1200
Beton	$0,2 \cdot 10^5$	2500	$11 \cdot 10^{-6}$	5...10
Polymerbeton	$0,4 - 0,6 \cdot 10^5$	2300 - 2500	$8,2 - 14 \cdot 10^{-6}$	20...40
Al.oxid-keramika	$2,4 \cdot 10^5$	3400	$4,3 \cdot 10^{-6}$	320

Tab. 4.2 Mechanické a tepelné vlastnosti materiálů [5]

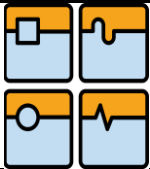
Materiál	Šedá litina s lam.grafitem GG 20	Ocel nelegovaná St 37	Polymerbeton RHENOCAS
Parametr			
Modul pružnosti E [kMPa]	88...113	210	40 - 45
Pevnost v tahu [MPa]	200...300	350...470	15 - 20
Pevnost v tlaku [MPa]	720	-	100 - 120
Pevnost v ohybu [MPa]	290	-	28 - 30
Měrná hmotnost [kg.m ⁻³]	7150	7850	2350 - 2450
Koeficient tlumení	0,0045	0,0023	0,03 - 0,1
Měrná tuhost	$(12,3 - 15,8) \cdot 10^2$	$27,3 \cdot 10^2$	-
Koeficient tepelné roztažnosti [K ⁻¹]	$10 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$(11,5 - 14) \cdot 10^{-6}$
Tepelná vodivost [W.mk ⁻¹]	50	50	1,5 - 2
Specifická tepelná kapacita [J.kg.K ⁻¹]	500	450	1200

Polymerbeton (minerální litina)

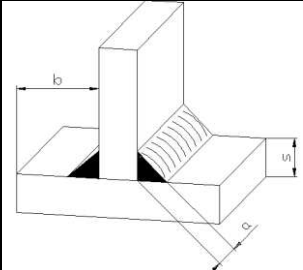
Charakter polymerbetonu ukazuje, že jeho nejen fyzikální, ale i mechanické vlastnosti jsou podobné některým kovovým materiálům. Avšak tento beton je z hlediska tuhosti výhodnější. Například ve srovnání s kovovým materiálem stejné tuhosti vykazuje polymerbeton mnohem menší hmotnost. Mezi další jeho přednosti lze zařadit lepší tlumení, nízká tepelná vodivost, možnost „vylít“ do kovových dílů, což zvyšuje jeho tuhost a stabilitu. Rámy z polymerbetonu se vyrábějí odléváním do kovových nebo dřevěných forem podle počtu vyráběných kusů. Při tomto procesu je však nutné důkladné zalití funkčních a připojovacích ploch z důvodu snížené pevnosti [13].

Ocelové svařence

Ocelové svařence většinou bývají svařované z ocelových profilů nebo válcovaných plechů. Tab. 4.3 stanovuje vhodné velikosti svarů volené tak, aby nedocházelo k pnutí, což by mohlo vést k poškození rámové konstrukce. Vodicí plochy svařovaných loží a stojanů musí být na svařovaný rám přišroubovány nebo přikolíkované (někdy i přivařeny), což je způsobeno nemožností použití stejného materiálu jako je základní. Další nevýhodou ocelových svařenců je snížená tuhost, což lze řešit vyplněním konstrukce polymerbetonem. Z hlediska nákladů jsou svařované rámy vhodnější pro menší počet vyráběných kusů [13].



Tab. 4.3 Rozměry svarů [14]



Rozměr svaru a [mm]	3	4	5	6	8	10	12	14
Přesazení b [mm]	6	10	10	12	15	18	20	25

Odlitky z litiny

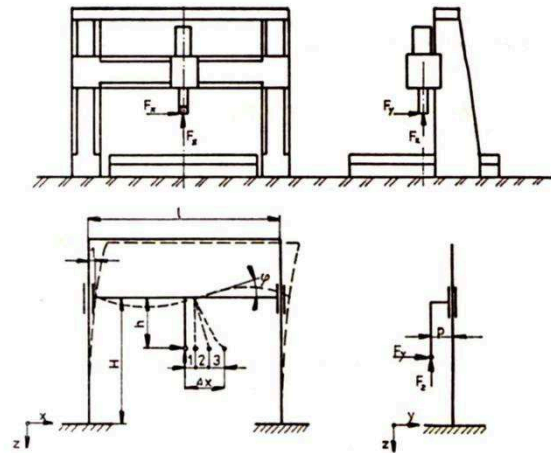
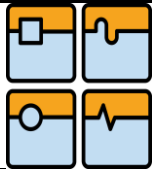
Litina patří mezi nejrozšířenější materiál pro konstrukci rámu svislých soustruhů. Hmotnost odlitého litinového rámu je větší než ocelového svařence, což je způsobeno menším modulem pružnosti v tahu a ve smyku (pro odpovídající tuhost ocelového svařence a litinového odlitku je nutné zvolit větší tloušťku stěn odlitku). U odlitků musí být zvýšena pozornost z hlediska vzniku povrchových i vnitřních vad. Náklady na odlití jsou v případě sériové výroby méně nákladné než na ocelové svařence.

4.1.2 Tuhost svislého soustruhu

Statická tuhost

- Tuhost dílčí – tuhost jednotlivých částí soustruhu, např. samotného vřetená bez vlivů ložisek, skříně vřeteníku a spojení vřeteníku s ložem.
- Tuhost celková – tuhost celé soustavy, např. suportu.
- Tuhost dílčí – při kontrole vhodnosti součásti metodou konečných prvků.

Tuhost svislého soustruhu je míra výchylky břitu nástroje působením řezných sil vůči obrobku. Jedná se o tuhost celkovou, proto je důležité znát tuhosti jednotlivých částí stroje. Smykadlo uvažujeme při výpočtu jako nosník na dvou podporách, na volném konci zatížený složkami řezné síly. Příčnick je nosník uložen na svislých vedeních stojanů namáhaný řeznými silami na ohyb a krut. Snahou je, aby spojení příčnicku se stojany bylo co nejtužší, a aby představoval nosník oboustranně vetknutý. Deformace dvoustojanového svislého soustruhu jsou vyznačeny na Obr. 4.2. Při výpočtu lze stojany uvažovat jako jednostranně vetknuté nosníky namáhané na ohyb a zároveň na krut [13].



$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$$

Δx_1 - posunutím stojanů působením síly F_x

Δx_2 - natočením smykadla deformací příčnicku momentem $M = F_z \cdot h$

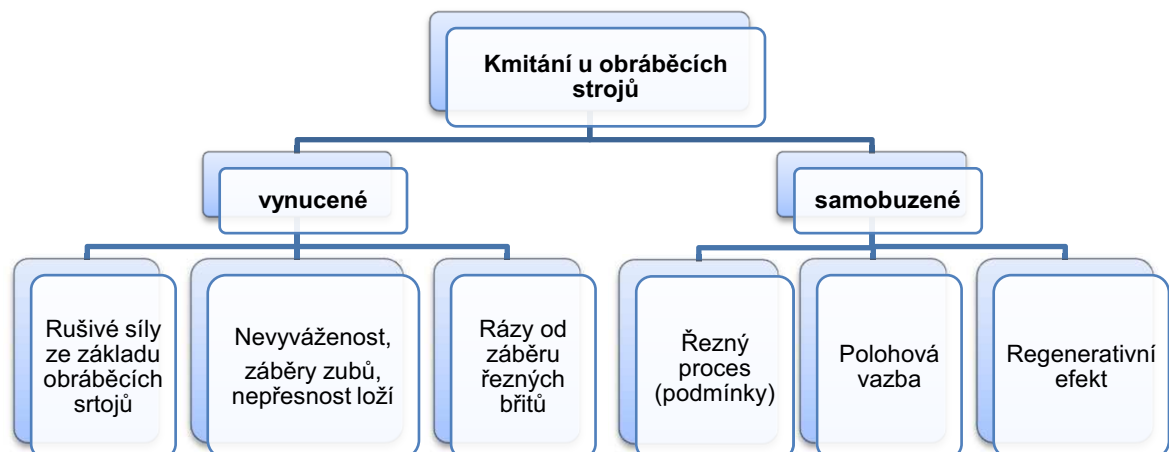
Δx_3 - průhybem smykadla silou F_x

obdobně $\Delta y, \Delta z \dots$ potom $s_x = \frac{F_x}{\Delta x}, s_y = \frac{F_y}{\Delta y}, s_z = \frac{F_z}{\Delta z}$

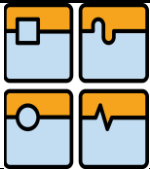
Obr. 4.2 Náčrt rámu svislého soustruhu pro výpočet deformací [11]

Dynamická tuhost

Dynamická stabilita je odolnost svislého soustruhu vůči kmitání. Kmitání lze rozdělit do 4 základních skupin (kmitání vlastní, kmitání buzené, kmitání samobuzené, trhavé pohyby). Kmitání je velice nepříznivý vliv na kvalitu a přesnost obrábění, způsobuje hlučnost, proto je nutné jej snižovat. Na Obr. 4.3 jsou vidět nejčastější příčiny vzniku kmitání. U svislého soustruhu je nejvíce dynamicky namáhanou částí při obrábění smykadlo, proto je vhodné toto namáhání snižovat např. hydrostatickým uložením smykadla (Obr. 4.4). Dále lze kmitání snižovat dodržováním základních pravidel, mezi které patří např. dokonalé vyvažování obráběných součástí, snížení hloubky záběru, správné uložení svislého soustruhu na základ s tlumivými vlastnostmi, zvětšení rezné rychlosti, snížení tření použitím vhodné chladicí kapaliny atd. [3,4].



Obr. 4.3 Příčiny kmitání v obráběcích strojích [13]



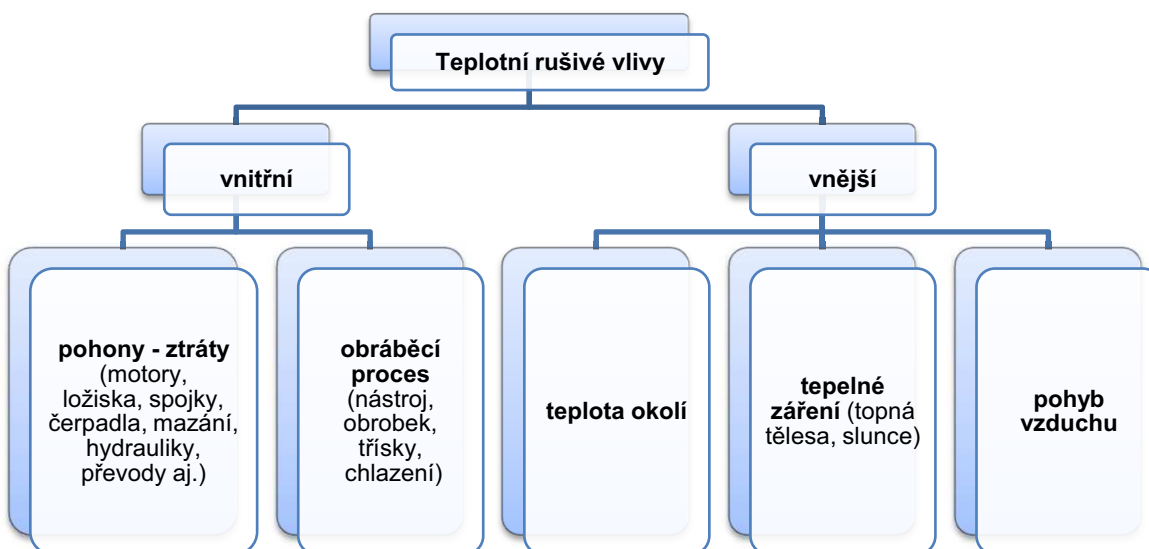
Obr. 4.4 Hydrostatické uložení smykadla [5]

4.1.3 Tepelná stabilita

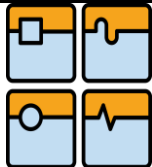
Změnou teploty jednotlivých částí svislého soustruhu dochází k nežádoucím deformacím, rychlejšímu opotřebení nástroje a ke snížené přesnosti obrábění. Zdroje tepla lze vidět na Obr. 4.5. Přestup tepla svislých soustruhů je zářením (radiací), prouděním (konvekci) a vedením (kondukcí).

Intenzitu přenosu tepla lze snížit čtyřmi základními opatřeními:

- Konstrukční opatření – umístění zdrojů tepla mimo vnitřní části stroje, vhodná volba dělicích rovin, atd.
- Odvod tepla – chlazení vhodnou chladicí kapalinou, plynulý odvod třísek, atd.
- Kompenzace – volba vhodného materiálu, nahřívání určitých částí stroje, atd.
- Klimatizace – proudění vzduchu, stínění záření, konstantní teplota v hale.



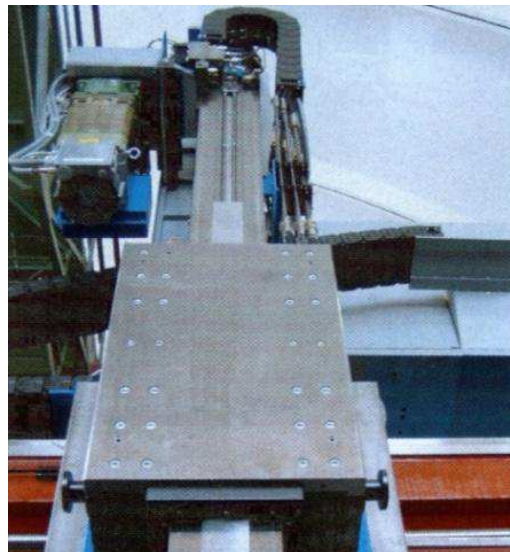
Obr. 4.5 Tepelné rušivé vlivy [13]



4.2 Suporty svislého soustruhu

Suport je část obráběcího stroje, která nese přímo nebo zprostředkovaně nástroj a zajišťuje jeho posuv do záběru. Svislé soustruhy se většinou skládají z jednoho nebo dvou příčnickových suportů a někdy je připojen také boční suport. Často jsou to odlitky z šedé litiny.

Na příčnickovém suportu je ustaveno většinou ocelové smykadlo čtvercového, nebo obdélníkového průřezu (Obr. 4.6), které se pohybuje po vodících plochách příčnickového suportu na předepnutých plochách. Smykadlo patří mezi nejvíce namáhanou část svislého soustruhu, proto je vhodné ho upravit tak, aby bylo dosaženo vysoké dynamické tuhosti a tlumení, což lze např. hydrostatickým uložením. Na smykadle je umístěna nožová hlava pro upínání soustružnických, ale i rotačních nástrojů, většinou s automatickou výměnou [5].



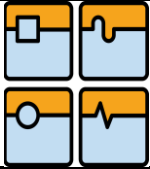
Obr. 4.6 Smykadlo svislého soustruhu [5]

4.3 Příčník svislého soustruhu

Příčník slouží pro uložení příčnickového suportu (Obr. 4.7). Může být pevný, nebo přestavitelný po stojanech. Přestavitelnost je umožněna pomocí pohybového šroubu s kontrolou průběhu opotřebení matic po svislých vodících plochách. Správné a přesné ustavení příčnicku je usnadněno pomocí dorazů a polohovacího zařízení



Obr. 4.7 Příčník s příčnickovým suportem [5]



4.4 Stůl svislého soustruhu

Hlavními částmi stolu svislého soustruhu jsou upínací deska (Obr. 4.8), lože a převodová skříň, většinou ocelolitinové nebo litinové odlitky.



Obr. 4.8 Upínací deska [15]

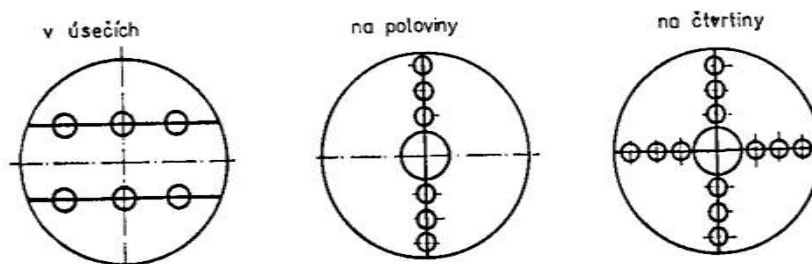


Obr. 4.9 Tříčelist'ové sklíčidlo [5]

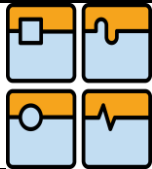
Upínací deska je tvořena sklíčidlem (Obr. 4.9) nebo ruční deskou a slouží k upnutí těžkého a rozměrného obrobku, a zároveň patří mezi nejsložitější část soustruhu z hlediska konstrukce a uložení. Velice důležitou vlastností desky je tuhost, což má vliv na přesnost a jakost obrábění. Tyto desky jsou různých velikostí, a podle toho je dáno jejich uložení a rozdělení. Uložení může být kluzné, valivé nebo kombinace kluzného a valivého, dále hydrostatické v axiálním i radiálním směru s konstantním množstvím oleje do každé buňky. Vodící plocha na upínací desce může být obložena kluznou plastickou hmotou.

Některé svislé soustruhy většinou velkých rozměrů mohou mít desku dělenou na vnitřní kruhovou a vnější mezikruhovou část a současně pohony těchto částí desky jsou dělené nebo je lze navzájem propojit a dochází tak k otáčení obou částí dílů najednou. K tomuto dochází hlavně z výrobních důvodů. Až 8 čelistí této desky je samostatně připojeno. Hranice dělené desky je většinou nad obráběný průměr 5000 mm. Do tohoto limitu bývají desky celistvé, odlité z litiny nebo oceli. Některé způsoby dělení desky jsou naznačeny na Obr. 4.10 [11].

Namáhání desky je v radiálním směru způsobeno především složkami řezného odporu a v axiálním směru vlastní hmotností této desky, hmotností obrobku i složkami řezného odporu [11].



Obr. 4.10 Princip dělení tělesa upínací desky [11]



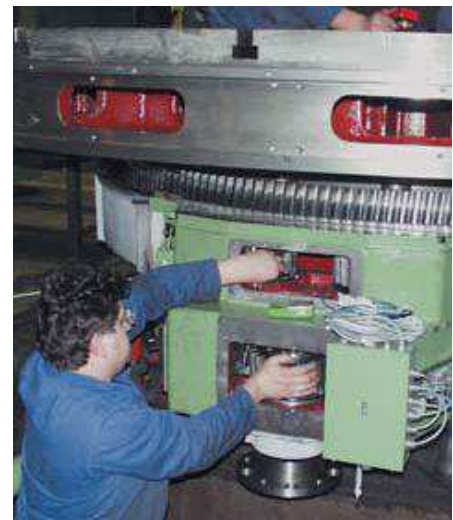
4.5 Pohony a převodové systémy svislého soustruhu

Pohony a převodové systémy slouží k přeměně elektrické energie na mechanickou práci. K této přeměně slouží motory, spojky, převodovky, atd. Snahou je získat co největší účinnost, přesnost, tuhost, spolehlivost a nízkou hlučnost obráběcího stroje.

4.5.1 Hlavní pohon

Hlavním pohonem nazýváme pohon upínací desky (Obr. 4.11) svislého soustruhu. K tomuto pohonu lze užít například AC asynchronní servopohon. Tento servopohon může být uložen na speciálním stojanu, který umožňuje napínání klínových řemenů bez zbytečného zatížení ložisek. Klínové řemeny jsou spojeny přes řemenici a převodovku s pastorkem zabírajícím do ozubeného věnce [5].

Dalším řešením pohonu pokud je soustruh vybaven C osou může být pohon dvěma motory, přičemž první motor slouží jako hlavní a druhý motor jako pohon C osy.



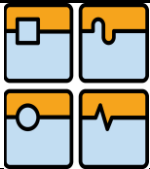
Obr. 4.11 Stůl svislého soustruhu [8]

4.5.2 Pohon posuvů

Pohon posuvu skříně příčnicku a příčnickového suportu bývá proveden od elektromotoru přes šnekovou převodovou skříň.

4.5.3 Pohon rotačních nástrojů

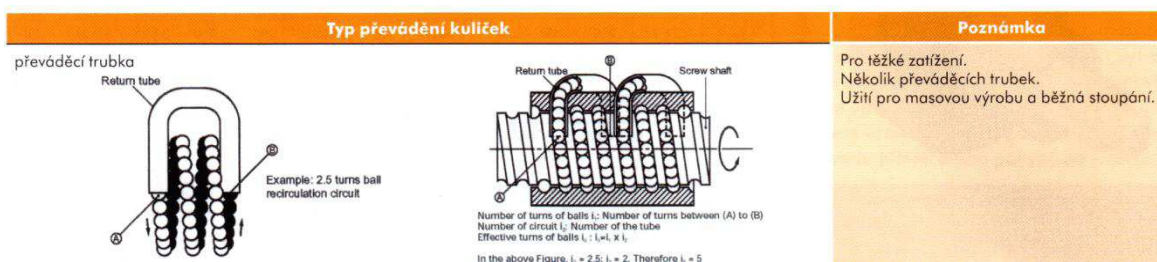
K pohonu rotačních nástrojů bývá použit motor spolu s dvoustupňovou planetovou převodovkou.



4.6 Lineární posuv pomocí kuličkového šroubu a matice

Lineární posuvy jsou v dnešní době velice rozšířeným prostředkem pro pohyb jednotlivých částí obráběcího stroje. Lineární posuv u svislého soustruhu vykonává hlavně příčnickový suport a příčník. Nejčastěji je tento pohyb proveden pomocí kuličkového šroubu a matice.

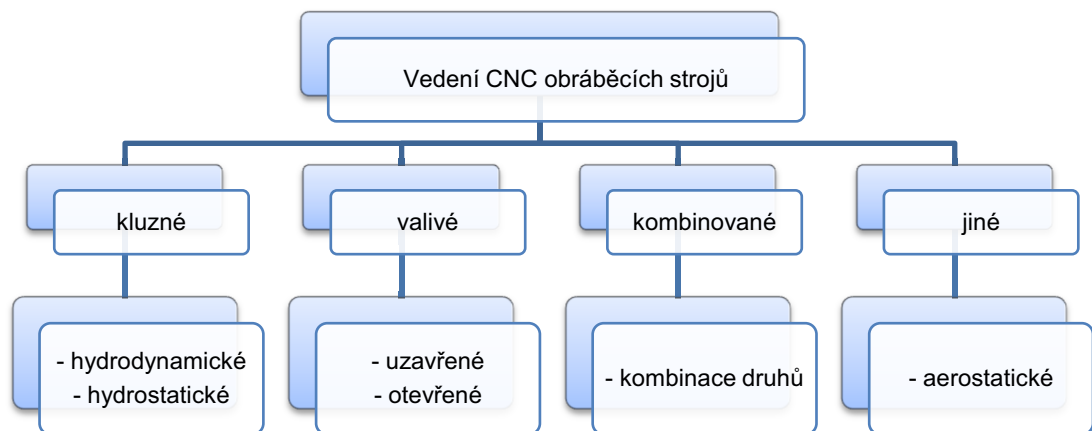
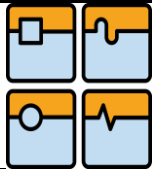
Kuličkový šroub a matice (Obr. 4.12) slouží k převodu rotačního pohybu z elektromotoru na pohyb přímočarý. Pro tento přenos lze použít dvě metody uspořádání šroubu a matice, a to buď stojící maticí a otáčejícím se šroubem, nebo naopak stojícím šroubem a otáčející se maticí. Mezi šroubem a maticí jsou uloženy pohyblivé kuličky, které zároveň snižují tření, a tím i zahřívání jednotlivých komponent při pohybu a zvyšují účinnost a životnost kuličkového šroubu. Šrouby jsou většinou tvořeny lichoběžníkovým profilem [5].



Obr. 4.12 Kuličkový šroub vhodný pro těžké zatížení [5]

4.7 Vedení svislých soustruhů

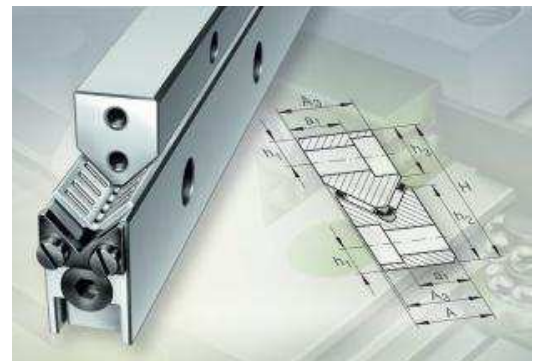
Vedení u CNC obráběcích strojů (Obr. 4.13) slouží k pohybu posouvajících se částí. U svislých soustruhů je to zejména pohyb příčníku a suportu a vedení zde může být valivé, hydrostatické, nebo kombinované. Na vedení je kladeno mnoho požadavků, které je důležité dodržovat. Mezi tyto požadavky patří vysoká statická a dynamická tuhost, přesnost dráhy pohybu, volba vhodného materiálu a tepelného zpracování, správná funkce, jakost povrchu, ochrana proti vnikání nečistot, dostatečné mazání a v neposlední řadě jednoduchý tvar vodících ploch, který bude dostatečně splňovat svou funkci. Důležitá je také ochrana vedení, která může být provedena pomocí krytovacích prvků, stěračů, měchů, rolet, teleskopických krytů atd. [5].



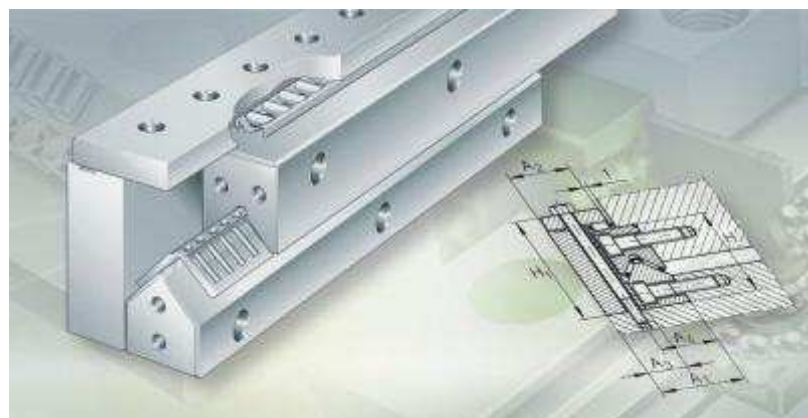
Obr. 4.13 Druhy vedení posuvových lineárních soustav [5]

4.7.1 Vedení valivé

Valivá vedení (viz Obr. 4.14 a Obr. 4.15) umožňují stroji dokonalou plynulost pohybu. Toto valení se používá u obráběcích strojů, kde je zapotřebí dosažení co největší možné přesnosti. Má mnohé výhody i nevýhody. Mezi nejdůležitější výhody patří celkem nízký součinitel tření a zároveň nepatrný rozdíl mezi tímto součinitelem za klidu a za pohybu, což způsobuje minimální trhavost pohybů, dále je to nízké opotřebení, vysoká životnost, možnost vymezení vůle a předepnutí a vysoká přesnost pohybu již při malých rychlostech. Mezi nejčastější nevýhody patří zejména již zmiňovaná vysoká náročnost na přesnost výroby, vysoká cena, větší rozměry a menší schopnost tlumení kmitů. Vodící plochy tohoto vedení jsou kalené z kvalitní legované oceli [5].



Obr. 4.14 Příklad valivého vedení [16]



Obr. 4.15 Možný způsob konstrukce valivého vedení [17]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 30
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

4.7.2 Hydrostatické vedení

Hydrostatické vedení patří do skupiny kluzných vedení. Princip tohoto vedení spočívá hlavně na kapalinovém tření, které je způsobeno vhnáním dostatečného množství tlakového oleje mezi vodící plochy např. suportu a příčniku, příčniku a stojanu. Tento princip přispívá ke snížení součinitele tření (0,000005). Jedna z vodících ploch u tohoto vedení je vybavena tzv. ložiskovými kapsami, zatímco druhá plocha je hladká. Hlavními vlastnosti tohoto vedení je, jak již bylo zmíněno velmi malý součinitel tření, dále dobrá stabilita, žádné opotřebenění, obrovská životnost, tlumící schopnosti, žádná vůle a také vysoká tuhost. Ale i hydrostatické vedení má své nevýhody, mezi které patří udržování stále stejné tloušťky mazacího filmu, nutnost speciálního čerpadla, složitá konstrukce, vynikající filtrace oleje, náročná výroba a velmi nákladný provoz [5].

4.7.3 Kombinované vedení

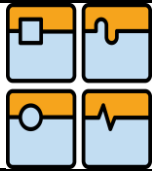
Kombinovaná vedení jsou kombinací jednotlivých druhů vedení a tím dochází ke spojení jednotlivých výhod a nevýhod. Existují kombinace kluzně-valivá a valivě-hydrostatická.

4.8 Ochranné kryty

Ochranné kryty jsou nedílnou součástí každého stroje, patří k důležité části. Jsou dvě skupiny ochranných krytů a to vnější a vnitřní. Oba tyto druhy krytů musí být dostatečně utěsněny.

Vnější kryty v podstatě ochraňují pracovníka např. od odletujících třísek, od tekoucí chladicí kapaliny, ale samozřejmě i od pohyblivých částí stroje při obráběcím procesu. Jsou to například čelní dveře vyrobené z bezpečnostního materiálu, opatřeny senzory pro okamžité pootevření v případě sevření předmětu. Dveře mohou být i opatřeny protihlukovou výplní. Dalším dílem vnějšího krytu je vrchní zakrytování, které zabraňuje rozšiřování prachu a emisí při řezném procesu [5].

Vnitřní kryty zabraňují styku pohybových mechanismů s pracovním prostorem stroje (např. kuličkový šroub, vedení), většinou jsou realizovány pomocí teleskopických přestavitelných krytů.

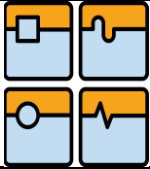


4.9 Odvod třísek

Odvod třísek u svislých soustruhů patří k další důležité funkci stroje. Je nezbytné, aby tento odvod byl rychlý a zároveň účinný, a aby nedocházelo k možným deformacím částí stroje a přímému styku se vznikajícími horkými třískami. Je nutné třísky odstraňovat i z hlediska bezpečnosti práce. Nejjednodušším způsobem odvodu třísek z místa soustružení je vlivem působící gravitační síly, ale v tomto případě by měly být plochy, na které třísky odpadávají minimálně pod úhlem 50° . Pokud tomu tak z konstrukčního nebo jiného důvodu být nemůže, přistupuje další možnost odvodu třísek, a to pomocí intenzivního splachování a následného odplavování třísek, nebo při obrábění za sucha toto lze realizovat odsáváním. U svislých soustruhů je odvod většinou řešen pomocí článkového dopravníku (Obr. 4.16), který je umístěn kolem upínací desky, a tím dochází k plynulému odvodu třísek do přistavěných kontejnerů [13,5].



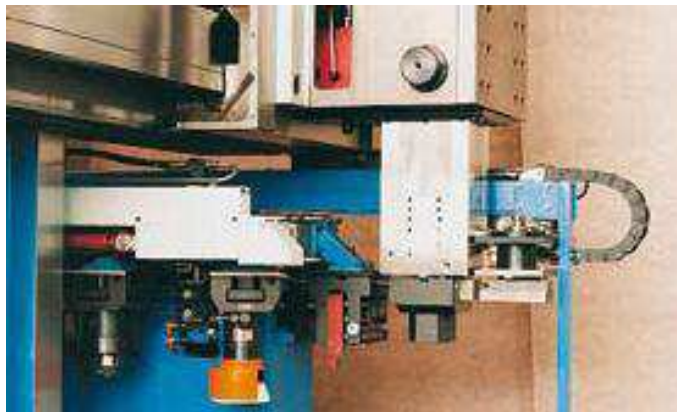
Obr. 4.16 Článkový dopravník třísek [8]



5 DALŠÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ SVISLÝCH SOUSTRUHŮ

5.1 Automatická výměna nástrojů

Výhoda automatické výměny nástrojů spočívá zejména v usnadnění práce, urychlení obráběcího procesu a vysoké spolehlivosti stroje. Pro svislé soustruhy se nejčastěji užívají revolverové hlavy, které slouží pro upnutí velkého počtu nástrojů. Revolverové hlavy mají n-hran podle možného počtu nástrojů. K výměně dochází otočením této hlavy do určité polohy. Součástí stroje většinou bývají také zásobníky nástrojů, které slouží pouze pro skladování a dopravování příslušného nástroje do polohy určené k výměně. Zásobníky rozdělujeme podle druhu na diskové viz Obr. 5.2 a Obr. 5.3 (osa nástroje je kolmá nebo šikmá k ose otáčení zásobníku), kruhové (počet úložných míst kolem 20, s tzv. Pick-Up výměnou), řetězové viz Obr. 5.1 (pro větší počet nástrojů, až kolem 100 ks) a další [5].



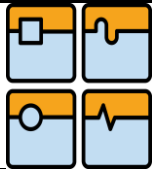
Obr. 5.1 Automatická výměna nástrojů svislých soustruhů řady SKA společnosti TOSHULIN [9]



Obr. 5.2 Systém výměny nástrojů svislých soustruhů řady POWERTURN společnosti TOSHULIN [9]



Obr. 5.3 Kotoučový systém výměny nástrojů svislých soustruhů řady POWERTURN společnosti TOSHULIN [9]



5.2 Automatická výměna obrobků

Automatická výměna obrobků stejně jako výměna nástrojů slouží k urychlení výměny a seřízení obráběných součástí, což není ručně za chodu stroje možné. K této výměně slouží tzv. paletizační systém (Obr. 5.4), což spočívá ve výměně obrobků upnutých na technologické paletě, která musí zajistit správné a přesné ustavení obrobku vzhledem k souřadné soustavě. Paleta vyžaduje vysoké požadavky, mezi které zahrnujeme hlavně tuhost a přesnost. Stůl svíslého soustruhu musí být pro tento systém výměny vybaven polohovací a upevňovací jednotkou [5].



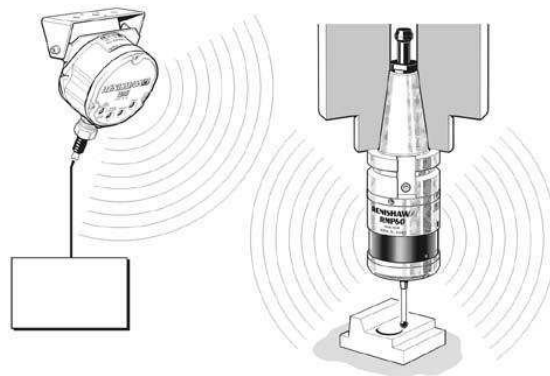
Obr. 5.4 Paletizační systém společnosti TOSHULIN [9]

5.3 Měření polotovaru, obrobku, nástroje

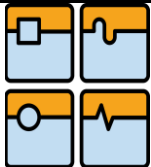
Proměrování má mnoho příznivých vlivů na samotný řezný proces, a to konkrétně při zvyšování produktivity obrábění, což je umožněno hlavně zkrácením přípravných a výrobních časů. K proměrování se hlavně používají měřicí sondy (Obr. 5.6). Samotný přenos signálu vzniká při dotyku snímače s měřenou plochou. Tento přenos může být zprostředkován formou induktivního, optického nebo rádiového přenosu (Obr. 5.5) [5].



Obr. 5.6 Aplikace sondy [18]



Obr. 5.5 Měřicí sonda s rádiovým přenosem [18]



6 VÝROBCI SVISLÝCH SOUSTRUHŮ

6.1 TOSHULIN, a.s.

6.1.1 Profil společnosti TOSHULIN, a.s.

Společnost TOSHULIN, a.s. patří mezi přední světové výrobce svislých soustruhů. Převážná část produkce je určena na stabilní trhy průmyslově vyspělých států. Stroje z TOSHULIN, a.s. znají partneři z 58 zemí. Firma trvale zvyšuje svůj obrát, je dlouhodobě zisková a rozšiřuje svůj podíl na světových trzích. Výrobní program představují svislé soustruhy o průměru upínacích desek 800 až 7000 mm vybavené nejmodernějšími elektronickými komponenty a dále modernizace a generální opravy obráběcích strojů [19].

Společnost TOSHULIN, a.s. vyrábí svislé soustruhy v několika produktových řadách (SKIQ, REV, SKA, POWERTURN, POWERTURN Y, SKAT, SKL, SKG).

6.1.2 Produktová řada SKL

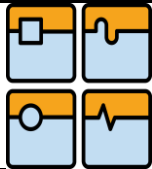
Stroje typové řady SKL (Obr. 6.1) se dodávají ve třech velikostech s průměrem upínací desky 800, 1000 a 1250 mm. V Tab. 6.1 jsou uvedeny základní parametry soustruhu této řady s nejmenším možným průměrem obrobku. Tyto stroje jsou na rozdíl od všech ostatních typů vyráběných v TOSHULIN, a.s. tvořeny svařovanou konstrukcí ložete, stojanu, příčnicku a smykadla. Dvoustojanová koncepce těchto strojů navíc umožňuje zásadní zvětšení oběžného průměru pro obrábění v poměru k průměru upínací desky. Příčnick stroje velmi efektivně zajišťuje spojení mezi stojany, s nimiž je napevno smontován. Zásobník nástrojů v provedení pro 16 či 24 nástrojů je diskový, umístěný na podlaze na pravé straně stroje. Pohyb a přesné polohování zásobníku je zajištěno servopohonem [20].



Obr. 6.1 Provedení soustruhu řady SKL [9]

Tab. 6.1 Základní parametry svislého soustruhu SKL 8 [9]

SKL		8
Maximální průměr obrobku	mm	1200
Maximální výška obrobku	mm	1000
Maximální hmotnost obrobku	kg	2000
Průměr upínací desky	mm	800
Výkon motoru na výstupu	kW	29,6
Maximální krouticí moment stolu	Nm	3200
Zdvih smykadla	mm	1000
Celková hmotnost stroje	kg	20000



6.1.3 Produktová řada SKG

Svislé soustruhy řady SKG (Obr. 6.2) jsou vyráběny s průměrem upínací desky 4000, 5000 a 7000 mm (základní parametry svislého soustruhu s největším možným obrobkem této řady jsou uvedeny v Tab. 6.2).

Hlavními přednostmi svislých soustruhů řady SKG jsou:

- obrábění těžkých rozměrných obrobků
- velký rozsah pojezdu suportů zvyšuje variabilitu použití strojů
- variabilní koncepce výměny nástrojů a nástrojových držáků.

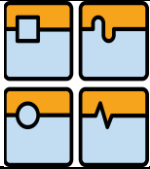


Obr. 6.2 Provedení soustruhu řady SKG [9]

Nástroje a nástrojové držáky jsou uloženy v kotoučových zásobnících. Progresivní způsob automatické výměny nástrojů umožňuje pokrýt potřeby zákazníků v širokém spektru operací. Stroje lze osadit nástrojovými držáky s klasickými noži 50x50 mm nebo držáky umožňujícími automatickou výměnou řezných hlavic různých výrobců. Pro obrábění rotačními nástroji lze použít automatickou výměnu nástrojů ISO 50, HSK 100, Coromant Capto C8 nebo UTS 80. Stroj lze vybavit třetí řízenou osou C a náhonem rotačních nástrojů. Na přesnost stroje má příznivý vliv termosymetrická konstrukce rámu stroje [21].

Tab. 6.2 Základní parametry svislého soustruhu řady SKG 70 [9]

	SKG	70
Maximální průměr obrobku	mm	7900
Maximální výška obrobku	mm	5900
Maximální hmotnost obrobku	kg	200000
Průměr upínací desky	mm	7000



6.2 Fermat

6.2.1 Profil společnosti Fermat

Fermat je mezinárodní společnost, která sdružuje celkem sedm samostatných firem. Tato společnost patří mezi přední dodavatele nových i použitých kovoobráběcích a tvářecích strojů, modernizovaných vodorovných vyvrtávaček, modernizovaných lisů včetně lisovacích linek a brusek. Kvalitu služeb podporuje široká obchodní síť, kompletní servis, několikaleté zkušenosti pracovníků jednotlivých divizí a rovněž bohaté skladové zázemí [22].

Společnost nabízí svým zákazníkům:

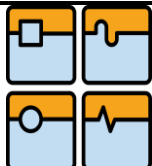
- prodej nových obráběcích a tvářecích strojů
- prodej použitých obráběcích a tvářecích strojů
- nákup strojů
- modernizaci strojů
- skladové zázemí
- a další služby.

6.2.2 Svislé CNC soustruhy řady VLC

CNC soustruhy VLC (Obr. 6.3) vynikají svou tuhostí, stabilitou, velmi vysokým výkonem, přesností a jsou vhodné pro produktivní obrábění rotačních symetrických nesymetrických dílů. Lože a stojan jsou vyrobeny z kvalitní litiny. Odlitky jsou tepelně stabilizované. Lože stroje je zkonstruováno s ohledem na vysokou tuhost konstrukce a její tepelnou stabilitu. Robustní konstrukce skeletu stroje poskytuje vynikající mechanické vlastnosti při vysoce výkonném přesném obrábění. Použité jsou hlavní pohony s vysokým výkonem (FANUC, SIEMENS). Dvoustupňová převodovka ZF (SRN) má vysoký výkon, vysokou účinnost, minimalizuje hluk, přenos tepla a vibrací do desky stolu, má vlastní mazání. Vertikální soustruhy jsou vybaveny křížovými ložisky, které se vyznačují velkou nosností a jsou vhodné pro odvádění velkých rotačních i nerotačních obrobků. Chladicí agregát udržuje konstantní teplotu oleje ložiska hlavního uložení a významně snižuje přenos tepla od ložiska do ostatních součástí stroje. Ovládání stroje umožňuje automatické polohování příčnicku ve vertikálním



Obr. 6.3 Vertikální CNC soustruh VLC 1600 ATC [15]



směru. Po najetí polohy je příčník automaticky fixován (zpevněn) hydraulickými válci v nastavené pracovní pozici. Elektro skříň může být vybavena klimatizací pro udržení konstantní teploty. Konstrukce 12ti-polohového zásobníku umožňuje uložení rotačních i soustružnických nástrojů a jejich efektivní (rychlou) výměnu. Pohyb automatické výměny nástrojů je řízen hydraulicky a orientace a výměna nástrojů probíhá velmi efektivně. V Tab. 6.3 jsou uvedeny základní parametry svislých soustruhů VLC 1200 ATC a VLC 3000 ATC [15].

Tab. 6.3 Základní parametry vertikálního soustruhu VLC 1200 ATC a soustruhu VLC 3000 ATC [15]

VLC		1200 ATC	3000 ATC
Maximální průměr obrobku	mm	1600	3500
Maximální výška obrobku	mm	1200	3000
Maximální hmotnost obrobku	kg	5000	20000
Průměr upínací desky	mm	1250	1800
Výkon motoru na výstupu	kW	34/45	60/75
Maximální krouticí moment stolu	Nm	12500	69519
Zdvih smykadla	mm	900	1200
Celková hmotnost stroje	kg	22000	55000

6.3 Dörries Scharmann Technologie

6.3.1 Profil společnosti Dörries Scharmann Technologie

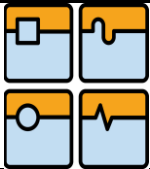
Dörries Scharmann Technologie GmbH dodává obráběcí stroje s dobře prokázanými výjimečnými výkony pro vrtání, soustružení, vyvrtávání, frézování a broušení středních a velkých součástí [23].

Tato společnost vyrábí:

- vertikální soustružnická centra
- portálová obráběcí centra
- vysokorychlostní obráběcí centra
- horizontální obráběcí centra
- smykadla pro karusely
- vertikální brousící centra
- obráběcí centra pro letecký průmysl.

6.3.2 CONTUMAT - VCE 1400

Jeho jednostojanové provedení (Obr. 6.4) zajišťuje stroji výborné tlumící schopnosti a zároveň rovnoměrné rozložení teploty. Příčka může být pevná nebo pohyblivá a má možnost využití druhého suportu.



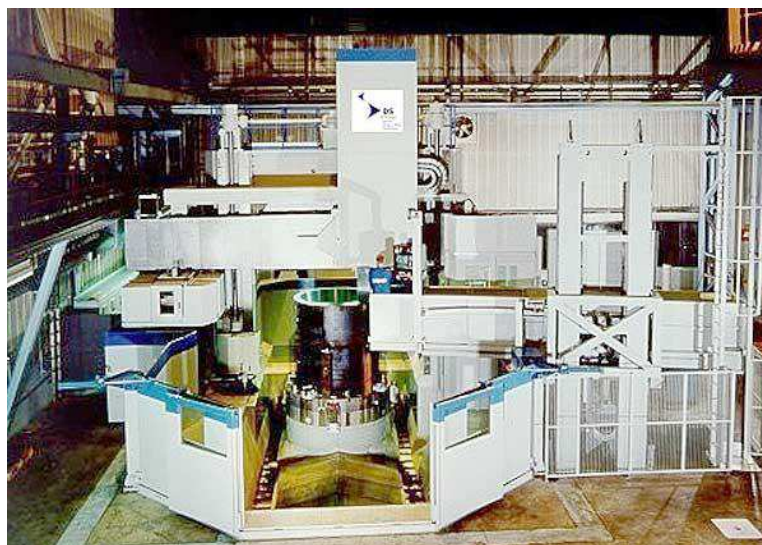
Obr. 6.4 Vertikální soustruh CONTUMAT – VCE 1400 [12]

6.3.3 CONTUMAT VC - V 12000

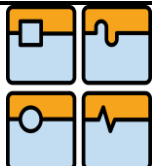
Stroj je sestavený z pevných sloupců a přestavitelné příčky (Obr. 6.5). Desku stolu lze přímočaře posouvat, což poskytuje stroji možnost obrábět velké složité obrobky. V Tab. 6.4 můžeme vidět základní parametry tohoto soustruhu.

Přednosti stroje:

- litina zaručuje tlumení kmitů
- hydrostatické vodící plochy



Obr. 6.5 Vertikální soustruh CONTUMAT – VC - V [12]



Tab. 6.4 Základní parametry vertikálního soustruhu CONTUMAT VCE 1400 a VC-V 12000 [12]

CONTUMAT		VCE 1400	VC – V 12000
Maximální průměr obrobku	mm	1400	12000
Maximální výška obrobku	mm	1330	5800
Maximální hmotnost obrobku	kg	6000	500000
Průměr upínací desky	mm	1250	10000
Výkon motoru na výstupu	kW	30	50
Maximální krouticí moment stolu	Nm	23400	350000
Zdvih smykadla	mm	1100	3000

6.4 R.E.M. Bacau

6.4.1 Profil společnosti R.E.M. Bacau

R.E.M. je rumunská společnost zabývající se poskytováním kovoobráběcích strojů svým zákazníkům do celého světa. Hlavními produkty této společnosti jsou CNC vertikální soustruhy, horizontální soustruhy, horizontální frézky, ale také otočné desky. R.E.M. nabízí i další služby jako jsou opravy a modernizace obráběcích strojů [24].

6.4.2 CNC vertikální soustruh SC 33

Vertikální svislé soustruhy s číslíkovým řízením, zásobníkem nástrojů, typu SC 14 - SC 53 CNC (Obr. 6.6) jsou obráběcí stroje s pohyblivou příčkou, číslíkovým řízením určeným pro obrábění rotačních součástí, vrtání a řezání závitů komplikovaných tvarů. Jsou vhodné pro střední a velké série. Základní parametry tohoto soustruhu jsou uvedeny v Tab. 6.5 [25].



Obr. 6.6 Vertikální soustruh CNC SC 53 [25]

Do standardního vybavení stroje lze zahrnout:

- automatický mazací systém
- kvalitní části stroje z kvalitního materiálu tlumící chvění
- hydraulické elementy
- vodící plochy s materiálem snižující tření atd.

Doplňkové vybavení svislých soustruhů:

- univerzální frézovací hlava
- vysokotlaká chladící kapalina
- zásobník nástrojů s 12/16/20-ti pozicemi
- C-osa atd.

Tab. 6.5 Základní parametry CNC vertikálního soustruhu SC 33 [25]

CNC SC		14	53
Maximální průměr obrobku	mm	1400	5200
Maximální výška obrobku	mm	1500	2000
Maximální hmotnost obrobku	kg	9000	100000
Průměr upínací desky	mm	1200	5100
Výkon motoru na výstupu	kW	60	60
Zdvih smykadla	mm	1000	1200
Celková hmotnost stroje	kg	17000	89000

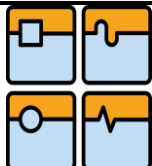
6.5 GILDEMEISTER

6.5.1 Profil společnosti GILDEMEISTER

GILDEMEISTER je jeden z hlavních celosvětových výrobců obráběcích strojů v soustružnické a frézovací oblasti. Bez ohledu na soustružnické a frézovací technologie také nabízí moderní trendové ultrazvukové a laserové technologie. Společnost GILDEMEISTER plní požadavky zákazníků a řadu inovačních a úplně nových produktů. Soustruhy, frézovací a laserové stroje z DECKEL MAHO zvládají mnoho obráběcích procesů. Díky nově vyvinutému ultrazvukovému procesu podporují obrábění tvrdých a křehkých materiálů, jako je sklo, vysoce technicky vyspělá keramika nebo slinutý karbid [26].

6.5.2 Vertikální soustruh CTV 160

Tento soustruh (Obr. 6.7) je extrémně kompaktní, rychlý, flexibilní a vysoce produktivní. Je vybaven jednoduchou a flexibilní automatizací ve standardním uspořádání, prostor pro 20 nástrojů. Všechny osy jsou situovány ve vrcholu soustruhu. U tohoto soustruhu je zvýšená odolnost vodících ploch, dále nabízí dobrý přístup do pracovní a automatické oblasti skrz vysoké a široké dveře, které mají extrémně velké nahlížecí okno. Umožňuje vnitřní kontrolu rozměrů obrobku pomocí dotykové sondy. Nechybí ani dopravník třísek. Přeprava tohoto stroje je také jednoduchá, možná s využitím například vidlicového zdvižného vozíku. Samozřejmostí je jednoduchý servis a údržba stroje. Navíc plocha styku soustruhu s podlahou je pouhých 4,7 m². Základní parametry tohoto soustruhu jsou uvedeny v Tab. 6.6 [27].



Obr. 6.7 Vertikální soustruh CTV 160 [27]

Tab. 6.6 Tabulka základních parametrů svislého soustruhu CTV 160 [27]

	CTV	160
Maximální průměr obrobku	mm	200
Maximální výška obrobku	mm	210
Maximální hmotnost obrobku	kg	-
Průměr upínací desky	mm	160
Výkon motoru na výstupu	kW	21/16
Maximální krouticí moment stolu	Nm	176/135
Zdvih smykadla	mm	300
Celková hmotnost stroje	kg	5000

7 CELKOVÉ POROVNÁNÍ SVISLÝCH SOUSTRUHŮ

Tab. 7.1 Svislé soustruhy s minimálním průměrem obrábění u jednotlivých společností

Parametry		SKL 8 (TOSHULIN)	VLC 1200 ATC (Fermat)	VCE 1400 (Dörries Sharmann Technologie)	CNC SC 14 (R.E.M. Bacau)	CTV 160 (Gildemeister)
Maximální průměr obrobku	mm	1200	1600	1400	1400	200
Maximální výška obrobku	mm	1000	1200	1330	1500	210
Maximální hmotnost obrobku	kg	2000	5000	6000	9000	-
Průměr upínací desky	mm	800	1250	1250	1200	160
Výkon motoru na výstupu	kW	29,6	34/45	30	60	21/16
Maximální krouticí moment stolu	Nm	3200	12500	23400	-	-
Zdvih smykadla	mm	1000	900	1100	1000	300
Celková hmotnost stroje	kg	20000	22000	-	17000	5000

Tab. 7.2 Svislé soustruhy s maximálním průměrem obrábění u jednotlivých společností

Parametry		SKG 70 (TOSHULIN)	VLC 3000 ATC (Fermat)	VC - V 12000 (Dörries Sharmann Technologie)	CNC SC 53 (R.E.M. Bacau)
Maximální průměr obrobku	mm	7900	3500	12000	5200
Maximální výška obrobku	mm	5900	3000	5800	2000
Maximální hmotnost obrobku	kg	200000	20000	500000	100000
Průměr upínací desky	mm	7000	1800	10000	5100
Výkon motoru na výstupu	kW	-	60/75	50	60
Maximální krouticí moment stolu	Nm	-	69519	350000	-
Zdvih smykadla	mm	-	1200	3000	1200
Celková hmotnost stroje	kg	-	55000	-	89000

Jak je vidět dle Tab. 7.1 a Tab. 7.2, maximální průměr obrobku závisí hlavně na provedení soustruhu, zda se jedná o jedno- nebo dvoustojanovou konstrukci. Dvoustojanové soustruhy se běžně používají pro velké oběžné průměry, v tomto případě je na prvním místě svislý soustruh CONTUMAT VC -V 12000, který dokáže obrobit součásti až do průměru 12000 mm, následuje SKG 70, CNC SC 53 a poslední CNC SC 14. U jedno- stojanových soustruhů jsou tyto průměry menší, obvykle bývají maximálně do 1600 mm, ale mohou být i větší, což je případ soustruhu VLC 3000 ATC, poté postupně následuje vertikální soustruh VLC 1200 ATC, CONTUMAT VCE 1400, SKL 8 a nakonec CTV 160. Samozřejmostí je, že se zvětšujícím se průměrem desky stolu se zvyšuje hmotnost, nosnost a zároveň výkon daného svislého soustruhu. Menší rozdíly rozměrů jsou vidět u maximální výšky obrobku, což závisí na velikosti a výšce stroje. Svislé soustruhy bývají sestaveny dle pokynů zákazníka tak, aby splňovaly dané požadavky.

8 ZÁVĚR

Shrnutím informací a ještě podrobnější analýzou by se dalo konstatovat, že soustružení patří mezi nejčastěji používaný způsob třískového obrábění rotačních součástí. Tohoto procesu obrábění lze využít u výroby součástí, které mohou dosahovat milimetrových i několikametrových hodnot průměrů, což má velký význam při výrobních technologiích v celém strojírenském průmyslu lehkého i těžkého charakteru.

Svislé soustruhy řadíme mezi obráběcí stroje s využitím hlavně v oblasti výroby již zmiňovaného těžkého průmyslu. Finálními produkty svislých soustruhů jsou nejčastěji přírubové součásti dosahující průměrů až několika metrů, což jsou například rotační části vodních turbín. Důležitým kritériem při obrábění těchto součástí je nejen přesnost, spolehlivost, účinnost a životnost, ale také rozměry, hmotnost, nosnost a v neposlední řadě tuhost a stabilita stroje. V nemalé míře jsou zastoupeny jako CNC obráběcí stroje, jenž nacházejí uplatnění nejvíce v průmyslu s velkosériovou výrobou. Hlavní vlastnosti soustruhů jsou umocňovány kvalitou použitého materiálu při jeho konstrukci a výrobě, která je závislá na potřebách a požadavcích zákazníka.

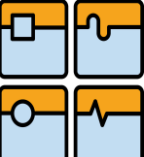
Kriteria pro sestavování svislých soustruhů podle potřeb klientů s sebou přináší nákladné a náročné požadavky na jejich výrobu, proto se jejich cena pohybuje i v cenách několika desítek milionů Kč. Z tohoto důvodu je jen několik gigantických výrobců, kteří se zabývají touto problematikou s potřebným týmem odborníků a specialistů. V této bakalářské práci je uvedeno 5 společností, které se touto výrobou zabývají a zároveň mi poskytly technickou podporu pro posouzení a citaci.

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Artefakt z egyptského hrobu [1].....	11
Obr. 1.2 Kresba soustruhu Leonarda da Vinciho a Stuart Kingsova rekonstrukce soustruhu [2]	11
Obr. 1.3 Maudslayův první závitový soustruh [1]	11
Obr. 1.4 Děrná páska [3]	12
Obr. 1.5 Vertikální CNC soustružnické centrum s automatickou výměnou nástrojů SPV CNC 20/40 firmy CZ.TECH Čelákovice [4].....	13
Obr. 1.6 Ukázka části programu pro CNC stroj [5].....	13
Obr. 1.7 Soustružení [6].....	14
Obr. 1.8 Základní druhy soustružnických nožů [7]	14
Obr. 1.9 Rozdělení soustruhů [5].....	15
Obr. 2.1 Soustružení vnější válcové plochy [8]	17
Obr. 2.2 Soustružení kuželových,.....	17
Obr. 2.3 Broušení válcových ploch [9].....	17
Obr. 2.4 Vyvrátání na vertikálním soustruhu [9]	17
Obr. 3.1 Jednostojanový svislý soustruh [8].....	18
Obr. 3.2 Jednostojanový svislý soustruh [12].....	18
Obr. 3.3 Jednostojanový svislý soustruh s posuvným stolem [10].....	18
Obr. 3.4 Jednostojanový svislý soustruh s posuvným stojanem [11].....	18
Obr. 4.1 Fyzikální vlastnosti a technické a provozní vlastnosti [13]	20
Obr. 4.3 Příčiny kmitání v obráběcích strojích [13].....	23
Obr. 4.2 Náčrt rámu svislého soustruhu pro výpočet deformací [11]	23
Obr. 4.5 Tepelné rušivé vlivy [13]	24
Obr. 4.4 Hydrostatické uložení smykadla [5]	24
Obr. 4.6 Smykadlo svislého soustruhu [5]	25
Obr. 4.7 Příčník s příčnickovým suportem [5]	25
Obr. 4.8 Upínací deska [15].....	26
Obr. 4.9 Tříčelistové sklíčidlo [5]	26
Obr. 4.10 Princip dělení tělesa upínací desky [11].....	26
Obr. 4.11 Stůl svislého soustruhu [8].....	27
Obr. 4.12 Kuličkový šroub vhodný pro těžké zatížení [5]	28
Obr. 4.13 Druhy vedení posuvových lineárních soustav [5]	29
Obr. 4.14 Příklad valivého vedení [16]	29
Obr. 4.15 Možný způsob konstrukce valivého vedení [17].....	29
Obr. 4.16 Článkový dopravník třísek [8]	31
Obr. 5.1 Automatická výměna nástrojů svislých soustruhů řady SKA společnosti TOSHULIN [9]	32
Obr. 5.2 Systém výměny nástrojů svislých soustruhů řady POWERTURN společnosti TOSHULIN [9]	32
Obr. 5.3 Kotoučový systém výměny nástrojů svislých soustruhů řady POWERTURN společnosti TOSHULIN [9].....	32
Obr. 5.4 Paletizační systém společnosti TOSHULIN [9]	33
Obr. 5.5 Měřicí sonda s radiovým přenosem [18]	33
Obr. 5.6 Aplikace sondy [18].....	33
Obr. 6.1 Provedení soustruhu řady SKL [9].....	34
Obr. 6.2 Provedení soustruhu řady SKG [9].....	35
Obr. 6.3 Vertikální CNC soustruh VLC 1600 ATC [15].....	36
Obr. 6.4 Vertikální soustruh CONTUMAT – VCE 1400 [12].....	38
Obr. 6.5 Vertikální soustruh CONTUMAT – VC - V [12].....	38
Obr. 6.6 Vertikální soustruh CNC SC 53 [25]	39
Obr. 6.7 Vertikální soustruh CTV 160 [27].....	41

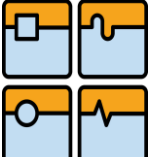
10 SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Základní G–kódy pro NC programování	12
Tab. 4.1. Fyzikální vlastnosti materiálů rámu [13].....	21
Tab. 4.2 Mechanické a tepelné vlastnosti materiálů [5].....	21
Tab. 4.3 Rozměry svarů [14].....	22
Tab. 6.1 Základní parametry svislého soustruhu SKL 8 [9]	34
Tab. 6.2 Základní parametry svislého soustruhu řady SKG 70 [9]	35
Tab. 6.3 Základní parametry vertikálního soustruhu VLC 1200 ATC a soustruhu VLC 3000 ATC [15]	37
Tab. 6.4 Základní parametry vertikálního soustruhu CONTUMAT VCE 1400 a VC-V 12000 [12].....	39
Tab. 6.5 Základní parametry CNC vertikálního soustruhu SC 33 [25].....	40
Tab. 6.6 Tabulka základních parametrů svislého soustruhu CTV 160 [27]	41
Tab. 7.1 Svislé soustruhy s minimálním průměrem obrábění u jednotlivých společností	42
Tab. 7.2 Svislé soustruhy s maximálním průměrem obrábění u jednotlivých společností	42


	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 46
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

11 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] *On ye art and myserie of turning* [online]. 2000, poslední revize 26. 12. 2003 [cit. 2008-04-05]. Dostupné z: <<http://homepages.tig.com.au/~dispater/turning.htm>>.
- [2] KING, Jason. *Stuart King » How I built Leonardo Da Vinci's lathe* [online]. 2007, 12. 4. 2008 [cit. 2008-04-12]. Dostupné z: <<http://www.stuartking.co.uk/index.php/how-i-built-leonardo-da-vincis-lathe/>>.
- [3] DEFALCO, Joseph. *Computer Numerical Control Tutorial* [online]. 1995, poslední revize 19. 2. 2007 [cit. 2008-05-10]. Dostupné z: <http://users.bergen.org/jdefalco/CNC/punched_tape.html>.
- [4] PETRÁK, Luboš. *CZ TECH - CNC stroje Čelákovice* [online]. c2008, poslední revize 17. 1. 2008 [cit. 2008-04-05]. Dostupné z: <http://www.cztech.cz/stroje/spv_20_cnc.html>.
- [5] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích, speciál MM Průmyslové spektrum*. 1. vyd. Praha: MM publishing, s.r.o., 2006, 284 s. ISSN 1212-2572
- [6] NOVÁK, Z. *Zvyšování výkonu při soustružení ocelí. MM Průmyslové spektrum* [online]. 2007, duben [cit. 21. Dubna 2008]. Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/zvysovani-vykonu-pri-soustruzeni-oceli>>.
- [7] PONČÍK, Jan. *Explat, nástroje na kovoobrábění - Soustružnické nože* [online]. c2006, poslední revize 14. 5. 2008 [cit. 2008-05-14]. Dostupné z: <<http://www.explat.com/soustruznickenoze.aspx>>.
- [8] Katalog ČKD Blansko Holding, a.s.: *Reliable machine power*, 23. 7. 2007 [cit. 2008-03-03]. Dostupné z: <<http://www.ckdblansko.cz/download-ml/>>.
- [9] Katalog Toshulin, a.s.: *Production programe*, 30. 5. 2007 [cit. 2008-03-03]. Dostupné z: <<http://www.toshulin.cz/>>.
- [10] KRATOCHVÍL, Jaroslav. *Obráběcí stroje*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993, 205 s. ISBN 80-01-00958-0
- [11] BORSKÝ, Václav. *Obráběcí stroje*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992, 216 s. ISBN 80-214-0470-1
- [12] BRENNER, Mikis. *Vertikal-Drehmaschinen* [online]. 26. 3. 2003 [cit. 2008-03-08]. Dostupné z: <http://www.ds-technologie.de/v3/sitemanager/prospektdownload/file/11_EN.pdf>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [13] BORSKÝ, Václav. *Základy stavby obráběcích strojů*. 2. Vyd. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1991, 214 s. ISBN 80-214-0361-6
- [14] Janda J., Divišová H.: *Metodika konstruování*, skriptum VŠDS Žilina, 1.vyd., Nadas Martin, 1990, s. 122, ISBN 80-7100-029-9.
- [15] VIDTMAN, Marek. *Fermatmachinery - Nové stroje - Vertikální soustruhy* [online]. c2007 [cit. 2008-05-18]. Dostupné z : <<http://www.fermatmachinery.com/cs/10-vertikalni-soustruhy/92-svisly-cnc-soustruh.html>>.
- [16] *Schaeffler KG (INA) | Products | M/V guideways with angled flat cage* [online]. c2008, last revision 2008-04-28 [cit. 2008-05-19]. Dostupné z: <http://www.ina.com/content.ina.de/en/ina_fag_products/productinformation/linear_products/flat_cage_guidance/m-v-fuehrungss_winkel-flachkaefig/M--V-Fuehrungs_Winkel-Flachkaefig.jsp>.
- [17] *Schaeffler KG (INA) | Products | Counterstay system with needle roller and cylindrical roller flat cages* [online]. c2008, last revision 2008-04-28 [cit. 2008-05-19]. Dostupné z: <http://www.ina.com/content.ina.de/en/ina_fag_products/productinformation/linear_products/flat_cage_guidance/umgriffnadelrollenzylinderlaflachkaefigen/UmgriffNadelrollenZyrolaFlachkaefigen.jsp>.
- [18] *Proging systems for CNC machine tools* [online]. c2001-2007, poslední revize 6. 3. 2007 [cit. 2008-05-18]. Dostupné z: <<http://www.renishaw.com/media/pdf/en/b1264b950ce44583bab73d6b965f7616.pdf>>.
- [19] *TOSHULIN - svislé soustruhy, obráběcí centra* [online]. c2008, [cit. 2008-05-10]. Dostupné z: <<http://www.toshulin.cz/>>.
- [20] *TOSHULIN - svislé soustruhy, obráběcí centra* [online]. c2008, last revision 15. 5. 2008 [cit.2008-05-18]. Dostupné z: <http://www.toshulin.cz/produkt_SKL.asp?l=cz>.
- [21] *TOSHULIN - svislé soustruhy, obráběcí centra* [online]. c2008, [cit.2008-05-11]. Dostupné z: <http://www.toshulin.cz/produkt_SKG.asp?l=cz>.
- [22] *Fermatmachinery - O společnosti* [online]. c2007 [cit. 2008-05-15]. Dostupné z: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/1-o-spolecnosti/>>.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 48
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		

- [23] BE.BEYOND GmbH & Co, *Dörries Scharmann Technologie GmbH - CONTUMAT – VC* [online]. [2006] [cit. 2008-04-16]. Dostupné z: <http://www.dstechnologie.de/v3/products/index.php?id=14&group_id=1>.
- [24] *REM BACAU company website* [online]. c2006, [cit. 2008-05-18]. Dostupné z: <<http://www.exportbureau.com/website.html?u=37920&url=www.rem-machinetools.com>>.
- [25] *CNC vertical lathes* [online]. c2006, [cit. 2008-05-18]. Dostupné z: <<http://www.rem-machinetools.com/rem-heavy-machinery/heavy-machinetools-spec1.pdf>>.
- [26] *GILDEMEISTER | The technology group | Group* [online]. c2008, last revision 25. 5. 2008 [cit. 2008-05-18]. Dostupné z: <<http://www.gildemeister.com/en.group.start>>.
- [27] *GILDEMEISTER | The technology group | CTV 160 | Vertical lathes* [online]. [2006] [cit. 2008-05-18]. Dostupné z: <<http://www.gildemeister.com/en.turning.ctv160?opendocument#>>.