

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

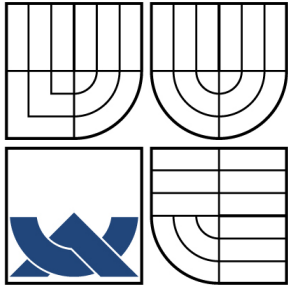
DESKRIPCE VNITŘNÍCH A UNIVERZÁLNÍCH BROUSÍCÍCH STROJŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

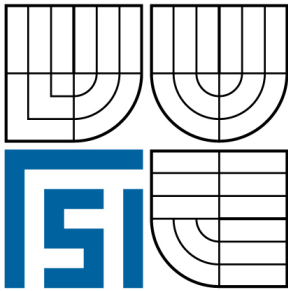
PETR KRČÁL

BRNO 2008



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 VNITŘNÍCH A UNIVERZÁLNÍCH BROUSÍCÍCH STROJŮ

DESCRIPTION OF INSIDE AND MULTI-PURPOSE GRINDING MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

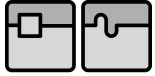
PETR KRČÁL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR BLECHA, Ph.D.





BRNO 2008

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

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je provedena rešerše a popis vnitřních a univerzálních brousících strojů. Tato práce obsahuje úvod, ve kterém nalezneme historii obráběcích strojů vývojové trendy pro budoucnost a také základní rozdělení těchto strojů. Dále následuje popis nejdůležitějších hlavních částí obráběcích strojů. V další části je popsán vlastní princip broušení jako technologické operace. Zde je rozveden základní princip úběru materiálu, hlavní problémy a jejich zmírnění či odstranění při broušení. Následující kapitola je věnována jednomu z nejdůležitější částí při procesu broušení a to brusným kotoučům. Jsou zde uvedeny nejdůležitější vlastnosti a parametry kotouče pro jeho použití v technické praxi. Největší pozornost v této bakalářské práci je věnována brousícím strojům. V této kapitole jsou uvedeny hlavní požadavky na tyto stroje, hlavní princip jejich činnosti a dále směřování v modernizaci, automatizaci a přestup z NC řízených strojů na CNC stroje včetně uvedení příkladu vlastní simulace broušení. Následuje dělení CNC brousících strojů. V kapitole vnitřní brousící stroje je na úvod základní charakteristika a také problémy, které nastávají u těchto strojů a jejich rozdělení na brusky s otáčejícím se obrobkem, s neotočným obrobkem s planetovým pohybem brousícího kotouče a bližší popis dvou nich. Hlavním problémem u těchto brusek je vysoká rychlost vřeten při obrábění, a proto jsou zde také uvedeny dvě základní provedení těchto vřeten. U univerzálních brousících strojů je stručný popis jejich činnosti, použití a jejich konstrukčního provedení včetně uvedení konkrétních strojů jako univerzální vertikální brusky s otočným stolem a univerzální portálové brusky. V poslední části této práce jsou uvedeni různí výrobci vnitřních a univerzálních brousících strojů včetně ukázky jejich výrobků, technických parametrů strojů a obrázkové dokumentace. Vzhledem k tomu že většina univerzálních brousících strojů má přídatné zařízení i pro broušení vnitřních otvorů není zde uvedeno mnoho výrobců vnitřních brusek

Klíčová slova: Brousící stroje, vnitřní brousící stroje, univerzální brousící stroje

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





ABSTRACT

In those bachelor's thesis there is effected background research and description of inside and universal grinding machines. This thesis contains introduction where you can find history of cutting machines innovative trends for future and basic separation this machines. Next chapter describes the most important main parts cutting machines. In next part of thesis own principle grinding as technological operation is described. Theme of main principle of stock removal, main problems and their reduction or remove are spreaded here. Next chapter is devoted one of the most important part of grinding process especially grinding disks. There are introduced the most important properties and characteristics of grinding runner for its use in technical practice. The biggest attention in those baccalaureate work is devoted to grinding machines. In those part there are introduced main requirements for these machines, main principle of their activities and further movement in modernizing, automatization and change from NC controlled machines to CNC machinery including illustrate personal simulation grinding. Follows dividing CNC grinding machines. In part inside grinding machines there is preliminary basic rating and also problems which come on with these grinding machines and their division into grinding machine with revolving workpiece, with dead centre workpiece with planetary movement of grinding runner and nearer description of two of them. The main problem at these grinding machine is high spindle speed at machining, that is why there are also mentioned two basic version of these spindles. About universal grinding machine there is lineation of their activities, using and their constructional design including presentation of concrete grinding machines. At the last part of those work there are mentioned different manufacturers of inside and universal grinding machine including examples of their products, technical parameters of grinding machines and pictorial documentation. Related to the most of the universal grinding machines has special device for grinding inside hole, there isn't mentioned much producers of inside grinding machines.

Key words : Grinding machines, inside grinding machines, multi-purpose machines

Bibliografická citace:

KRČÁL, P. *Deskripce vnitřních a univerzálních brousících strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 35 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 vnitřních a univerzálních brousících strojů vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....
Jméno a příjmení bakaláře





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

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Petr Blechovi Ph.D za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Obsah

Abstrakt.....	5
Prohlášení.....	7
Poděkování.....	8
Obsah	9
Úvod.....	10
1. VŠEOBECNÝ ÚVOD	11
1.1 Význam obráběcích strojů	11
1.2 Přehled a třídění obráběcích strojů	11
1.3 Vývojové směry při rozvoji obráběcích strojů	12
2. ZÁKLADNÍ ČÁSTI OBRÁBĚCÍCH STROJŮ	12
3. PODSTATA BROUŠENÍ.....	13
4. BROUSÍCÍ KOTOUČE.....	14
4.1 Zrnitost kotouče	14
4.2 Tvrdost kotouče	14
4.3 Struktura kotouče.....	14
4.4 Pojiva	14
4.5 Tvary brousících kotoučů	14
4.6 Orovnávací stroje.....	15
5. BROUSÍCÍ STROJE.....	15
5.1 Dělení CNC brousících strojů.....	16
5.2 Vnitřní brousící stroje	16
5.3 Univerzální brousící stroje.....	19
5.4 Výrobci brusek na vnitřní otvory.....	21
5.5 Výrobci univerzálních brusek.....	22
Závěr	33
Seznam použitých zdrojů.....	34
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	35

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Úvod

Cílem této bakalářské práce je podat všeobecný přehled o vnitřních a univerzálních brousících strojích, jejich základní popis broušení a jejich použitelnost v praxi. V rámci mé bakalářské práce jsem se zaměřil na popis těchto strojů a vlastního brousícího procesu.

1 VŠEOBECNÝ ÚVOD

1.1 VÝZNAM OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

Každá společnost v každé době vyžadovala, aby se její ekonomická základna neustále a trvale rozšiřovala a zdokonalovala. Základním faktorem, který výraznou měrou ovlivňuje rozvoj společnosti, je úroveň ekonomiky. V tomto směru je úroveň strojírenství jedním ze základních pilířů ekonomiky. Důležitou roli zde hraje obrábění které se ve strojírenském průmyslu podílí v průměru 40% na celkové pracnosti výrobku. Obráběcí stroje jsou pro to základními a nejpoužívanějšími pracovními prostředky a na jejich úrovni je závislá kvalita a efektivnost strojírenské výroby. Kvalita a úroveň obráběcích strojů určuje technickou úroveň vyráběných výrobků i efektivnost její výroby.

Historie-začátek v 19.století kdy byl vynalezen zejména parní stroj a později elektrický motor. To způsobilo zásadní změnu v dějinách obráběcích strojů. Vývoj probíhal zejména ve Velké Británii, Německu a Spojených státech amerických.

Velká Británie-vznik řady vynálezů spojené se jmény Whithworth(pohon posuvů soustruhů)

Německo- rozvoj polovina 19.stol., vznik firem Zimmermann, Hartmann, Reinecker...

Spojené státy americké-vznik firem Brown and Sherpe(frézky 1853), seelers(hoblovky 1864), Pratt and Whitney(soustruhy), Landls,Lodge', Norton, Bement, Gisholt a další.

Československo-rozvoj před 1 světovou válkou. Vznik Spojené strojírný v Praze-Smíchov a Škodovy závody v Plzni. Pak během 20. let mezi světovými válkami vznik Wawerka (později TOS Lipník) - soustruhy, vyvrtávačky; Kameníček a Podhájský (TOS Hostivar)- brusky hrotové a rovinné;"Volman (TOS Celákovice)- soustruhy a vrtačky; Zbrojovka Brno (TOS Kuřim) - soustruhy, frézky; Česká zbrojovka (CZM Strakonice) - hrotové brusky a řada dalším nicméně největší rozmach je po druhé světové válce [1].

1.2 PŘEHLED A TŘÍDĚNÍ OBRÁBĚCÍCH STROJŮ [1]

-Lití

-Tváření

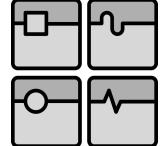
-Oddělování

Výrobní stroje pro -Dělení -Třískové obrábění -S def.geometrií břitu - Hlavní řezný pohyb kruhový

-S nedef.geometrií břitu- Hlavní řezný pohyb přímočarý

-Úběrové obrábění

-Spojování

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

1.3 VÝVOJOVÉ SMĚRY PŘI ROZVOJI OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

Rozvoj obráběcích strojů ovlivňují tzv. vývojové trendy. Ty působí na neustálém vzniku výkonnějších a přesnějších obráběcích strojů, které působí na další odvětví ekonomiky.

Hlavní vývojové trendy pro rozvoj obráběcích strojů:

Zvyšování řezných vlastností nástrojových materiálů

Růst požadavků na přesnost obrábění

Zvyšování stupně automatizace a pružnosti obráběcích strojů

Změny v inovačním cyklu vývoje výrobku

Zvyšování stupně využití obráběcích strojů a jejich efektivnost [1]

2 ZÁKLADNÍ ČÁSTI OBRÁBĚCÍCH STROJŮ [1], [2].

LOŽE-Část stroje, který většinou převládá délkou nebo šířkou nad výškou. U převážné části obráběcích strojů spojuje základní části stroje v celek. Na loži jsou vodící plochy např. pro support, stůl a další části případně dosedací plochy pro uložení dalších základních částí.

PODSTAVEC-Má stejný popis jako lože ale je bez vodících ploch a slouží pouze k uložení dalších základních částí.

ZÁKLADOVÁ DESKA-Spodní část stroje plochého tvar. sou na ni umístěné dosedací plochy pro umístění dalších částí stroje popřípadě upínací plochy s drážkami pro upnutí obrobku nebo stolu.

STOJAN-Část stroje který převládá svou výškou nad délkou a šířkou. Jsou na něm vodící a dosedací plochy pro uložení dalších částí stroje. Dle jejich polohy je stojan svislý nebo šikmý.

SLOUP-Část stroje, která je válcovitého tvaru s výškou značně převládajícím nad jejím průměrem. Slouží k ustanovení dalších částí stroje např. stolu, ramena, vřeteníku.

KONZOLA-Část stroje, která je většinou ustavená na svislé rovině. Jsou konzoly vodorovné šikmé, svislé dle polohy roviny dosedacích ploch.

PŘÍČNÍK-vodorovně uložená část stroje skříňovitého tvaru s délkou výrazně přesahující jeho výšku a šířku. Je většinou uložen pohyblivě na jednu nebo na dvou stojanech a jsou na něm vodící plochy pro vřetení nebo support.

RAMENO-Část stroje s délkou značně přesahující šířku a výšku. Jedním koncem je pohyblivě uloženo na sloupu nebo stojanu a druhý konec je volný. Na jeho přední straně jsou vodící plochy pro uložení vřeteníků.

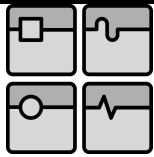
PŘÍČKA-Spojuje horní konec stojanů.

VŘETENÍK-Část stroje ve kterém je uloženo vřetení a případně převodové ústrojí pro změnu otáček vřetení.

KONÍK-Část stroje skládající se z tělesa koníku a posuvné hrotové objímky. Slouží k upínání obrobků, případně nástrojů při obrábění.

HROTOVÁ OBJÍMKA-Součást tvaru dutého válce. V přední části má kuželovitou dutinu pro upnutí hrotu, nástroje.

STŮL-Část většinou plochého tvaru s vodorovnou upínací plochou obdélníkovou, čtvercovou, nebo kruhovou na níž se upíná obrobek. Můžeme-li pohybovat stolem ve dvou směrech na sebe kolmých tak tento stůl nazýváme křížový, pokud jím lze otáčet stůl nazýváme otočný.



SUPPORT-Stává se z vedení, které umožňuje nastavení nástroje do potřebné polohy vzhledem k obrobku a jeho pohyb v určeném směru a smyslu při obrábění.

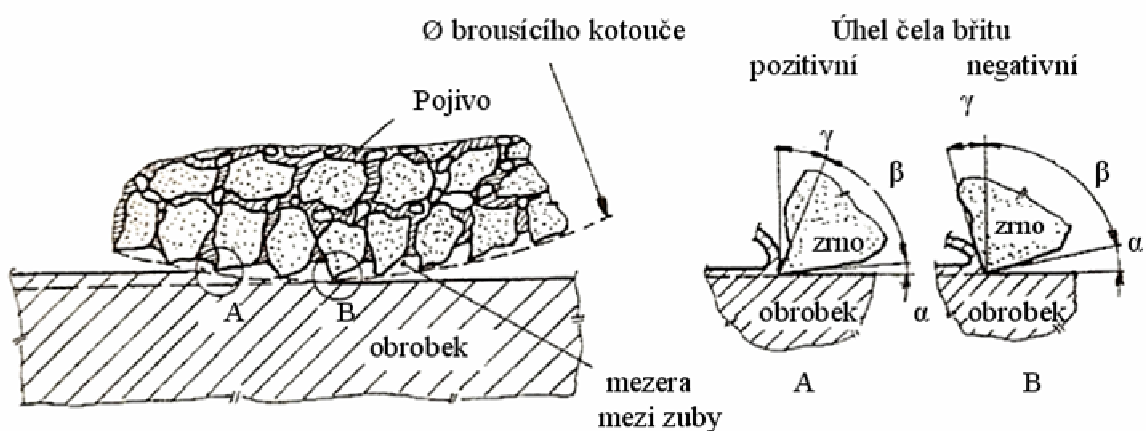
VODÍCÍ ŠROUB-Pohybový šroub jedno-nebo několikachodý, zpravidla s lichoběžníkovým závitem. Umožňuje především strojní pohyb supportu při řezání závitů.

VODÍCÍ (TAŽNÁ)HŘÍDEL-Zpravidla šestihranný nebo kruhový profil hřídele. Umožňuje Strojní pohyb supportu.

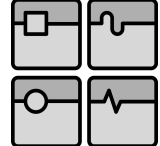
POSUVNÝ ŠROUB-Pohybový šroub jedno-nebo několikachodý, zpravidla s lichoběžníkovým závitem. Umožňuje pouze posuv saní nebo jiných strojních součástí

3 PODSTATA BROUŠENÍ

K úbytku materiálu dochází třením mezi obrobkem a brousícím kotoučem. Brousící kotouč je tvořen zrna brusiva, které jsou nepravidelně rozmístěné po obvodu nástroje a mají nestejnou geometrii břitu. Velikost zrn je v rozsahu $Ra = 0,003$ až 3 mm. Otupováním brousících zrn vzrůstá řezný odpor dokud se nepřekoná pevnost spojení zrn s pojivem kotouče. Pokud řezný odpor překročí tuto mez dochází většinou k nepravidelnému vylamování. Zrna mají většinou záporné úhly čela a velké úhly hřbetu, ale i přes to jsou jejich řezné vlastnosti dobré, protože pracují s velkou řeznou rychlostí ($v = 10$ až 80 m/s). Vysoká řezná rychlost je příčinou vzniku vysoké teploty odřezávaných třísek ($T = 800$ až 1200°C). Ohřívá se také obrobená plocha a to způsobuje povrchové pnutí, které může být příčinou trhlinek, zejména při broušení kalených ploch. Vzniku trhlinek se zabráňuje volbou vhodného brusiva, vhodných pracovních podmínek a vydatným chlazením. Chladicí médium má za úkol odvádět teplo z místa obrábění, čištění brousícího kotouče (při použití vyšších tlaků chladicí kapaliny lepší čištění), zajišťovat odvod třísek a mazat plochu kde dochází k úběru materiálu [2], [4].



Obr 3.1 Technologie broušení [1]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 14
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

4 BROUSÍCÍ KOTOUČE

Brousící nástroj tvoří zrna brusiva spojená pojivou v tuhé těleso vhodného tvaru, tvrdosti a struktury [4].

4.1 ZRNITOST BROUSÍCÍCH KOTOUČŮ

Zrnitost brusiva je určena měrným rozměrem zrna. Rozměry zrna jsou určeny délkovými rozměry tj. délkou, šířkou, výškou. Zrnitost brousícího kotouče je určena číslem, které závisí na měrném rozměru zrna. Zrnitost brusiva se volí dle předepsané drsnosti broušeného povrchu obrobku [4].

4.2 TVRDOST KOTOUČE

Je to odolnost zrn brusiva proti vydrolování, které probíhá při broušení. Volí se podle broušeného materiálu a způsobu broušení. Brousící kotouč se volí tím měkčím, čím je tvrdší broušený předmět a čím je větší plocha s broušeným předmětem. Tvrdost je dána druhem použitého pojiva [4].

4.3 STRUKTURA KOTOUČE

Strukturu kotouče udává poměr objemu brusiva, pojiva a pórů v kotouči. Brousící kotouče dle struktury rozeznáváme: velmi hutné, hutné, polohutné, pórovité, velmi pórovité, zvlášť pórovité. Strukturu kotouče musíme volit podle druhu broušeného materiálu způsobu broušení a podle předepsané jakosti broušeného povrchu [4].

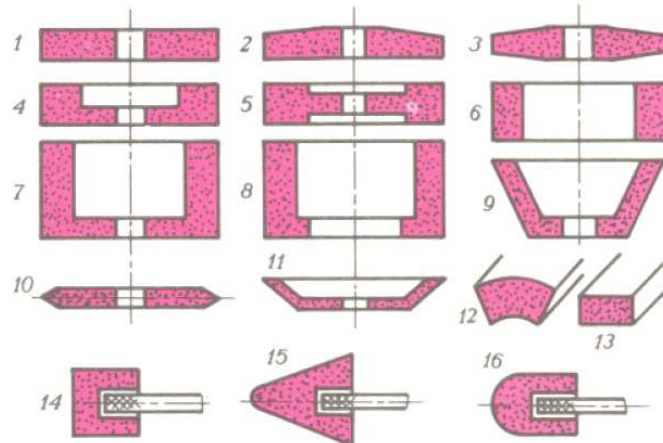
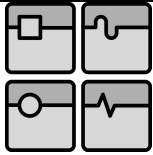
4.4 POJIVA

Hlavní pojiva jsou: Anorganická (keramická, silikátová, magnezitová, kovová)
Organická (šelak, pryž, umělé pryskyřice)

Většinou se ve strojírenské praxi používají keramická pojiva, ale jejich nevýhoda je že nedovolují pracovat s vyšší obvodovou rychlostí [4].

4.5 TVARY BROUSÍCÍCH KOTOUČŮ

Tvary kotoučů jsou normalizovány. Speciální konstrukci mají brusné kotouče segmentové. Brusná tělíška se používají pro broušení děr a prostorových tvarů dutin forem. Brousící kotouče se upínají na hřídel příložkami. Mezi příložky a kotouč se vkládá pružná vložka z pryže nebo měkké lepenky. Prstencové kotouče se přitmelují do drážky příruby speciálními tmely. Kotouče se musí z důvodu házení vyvažovat staticky i dynamicky [4].



Tvary brousících kotoučů

1 – plochý, 2 – jednostranně kuželový, 3 – oboustranně kuželový, 4 – s jednostranným vybráním, 5 – s oboustranným vybráním, 6 – prstencový, 7 – hrncový s malým otvorem, 8 – hrncový s velkým otvorem, 9 – miskový, 10 – oboustranně zkosený, 11 – talířový, 12 – vypuklý brousící segment, 13 – plochý brousící segment, 14 – válcové brousící tělísko, 15 – kuželově zaoblené brousící tělísko, 16 – válcově zaoblené brousící tělísko

Obr. 5.1 Tvary brousících kotoučů [4]

4.6 OROVNÁVACÍ STROJE

Používají se k tvarování brousícího kotouče na požadovaný geometrický tvar a obnovuje jeho řeznou schopnost odstraněním otupených zrn brusiva.

Ocelová kolečka

Zamačkávací kladky-pro stupňovité tvarování kotoučů

Diamant [4]

5 BROUSÍCÍ STROJE

Hlavní řezný pohyb u brusek provádí rotující nástroj, popř. vzájemná rotace nástroje i obrobku. Posuvný přímočarý pohyb vykonává buď nástroj vůči obrobku, nebo obrobek vůči stroji. Problémem u brusek jsou výpočty dynamické stability, vyváženosti a výpočet tepelné stability stroje. Podle konstrukční koncepce dělíme brousící stroje: hrotové brusky, rovinné brusky, brusky na otvory, brusky na ozubení. Používají se zejména tehdy, je-li požadován přesný tvar např. kruhovitost nebo pro získání vysoké jakosti obrobene plochy ($R_a=0,8$ až $0,2\mu\text{m}$), kterou jiným způsobem třískového obrábění nelze docílit. Na těchto strojích je také možno obrábět kalené materiály, které jsou za normálních podmínek téměř neobrobitelné [2].

Uplatnění NC a CNC techniky:

NC technika narážela zpočátku na specifické problémy brousících procesů. Teprve nástup softwarových číslicových řídicích systému CNC na bázi mikropočítačů s použitím mikroprocesorů a polovodičových pamětí dochází k rychlému rozšíření na všechny typy brusek. V dnešní době číslicově řízené brusky mají nejen CNC řízení, ale také NC řízení jedné osy, nebo dokonce pouhou indikací polohy. Zavedením CNC řízení došlo ke zvýšení spolehlivosti a zejména zjednodušením programování a tím jeho zpřístupněním pro běžnou obsluhu. Další výhodou je zmenšení přírůstku odměřování až na $s=0,1\mu\text{m}$ [2].

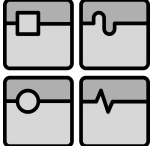
Simulace broušení

U CNC brusek musíme nejprve vytvořit program pro samotné broušení to je možné např. v programu NUMROTOplus. Tento program je navržen tak, že je možné využít jej k výrobě a broušení prakticky jakéhokoliv tvaru nástroje. S jeho pomocí lze vyrábět nebo brousit i speciální kombinované nástroje. K dispozici je řada způsobů opracování, které lze navzájem kombinovat. Model nástroje zhotovený pomocí programu přesně odpovídá vlastnímu procesu broušení, protože respektuje geometrii brusného kotouče, včetně rádiusů a úhlů. I když software umožňuje 2D simulaci, před broušením nástrojů je žádoucí provést 3D simulaci celého nástroje. Pro tyto účely obsahuje NUMROTOplus rozhraní pro osvědčený 3D simulační software. Stisknutím tlačítka jsou vygenerovány všechny dráhy broušení, takže nástroj může být simulován přímo v 3D softwaru Vericut [2].

5.1 DĚLENÍ CNC BROUSÍCÍCH STROJŮ [4]

CNC brousící stroje

		-		
		-		
		-		
Vnější	vnitřní	univerzální	multifunkční	ostatní
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-hrotové	otvorové	vodorovné	vodorovné	nástrojové
-profilované		svislé	svislé	na ozubení
-rovinné				dvoukotouče
-bezhroté				

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 17
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

5.2 VNITŘNÍ BROUSÍCÍ STROJE

Jsou určeny pro broušení válcových, kuželových i tvarových rotačních ploch v otvorech. Má brusný vřeteník, který se otáčí pomocí asynchronního motoru. Obdobným způsobem je také poháněn nástrojový brusný vřeteník. Brousící pohyb je realizován pomocí složeného rotačního pohybu nástroje a obrobku za současného podélného přísuvu nástroje po vodících plochách litinového lože. Elektoskříň musí být chlazena, protože je zde velký vznik tepla. Vyrábějí se nejčastěji ve vodorovných provedeních. Jedním z nejdůležitějších prvků těchto brusek jsou ložiska, které vedou vřeteník, protože i malá odchylka osy ložisek od ideální osy vřeteníku může mít vliv na přesnost obrobku, proto se snažíme aby přesnost ložisek byla co největší (tedy přesnost obvodového tvaru, vlnitosti oběžných drah ložiskových kroužků, chyby úhlového přesazení a chodu v zabudovaném stavu) proto používáme ložiska s nejvyšším stupněm přesnosti, axiální a radiální síly na ložiska byla co nejmenší a tuhost brusného vřeteníka byla co nejlepší. Lze je rozdělit na brusky s otáčejícím se obrobkem, s neotočným obrobkem a planetovým pohybem brousícího kotouče [1].

1) Brusky s otáčejícím se obrobkem

Dle konstrukčního uspořádání se dále dělí - pracovní posuv a přísuv vykonává

- a) brousící vřeteník
- b) unášecí vřeteník

- pracovní posuv vykonává unášecí vřeteník a přísuv brousící vřeteník a naopak

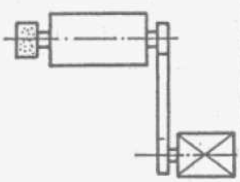
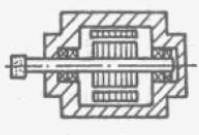
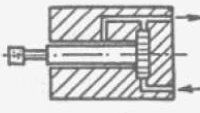
Ve všech těchto případech je unášecí vřeteník je natáčecí pro broušení kuželových ploch [1].

2) Brusky s planetovým pohybem

Používají se pro obrábění děr ve velkých nerotačních předmětech. Vřetení se s brousícím kotoučem neotáčí jenom kolem své osy, ale také obíhá kolem osy shodné s osou broušené díry.

Velký význam pro brusky na otvory je dynamicky stabilní pohyb vřeteníka, který pracuje ve velmi vysokých otáčkách. jedná se o tyto principy pohonu viz. Obr. 5.1

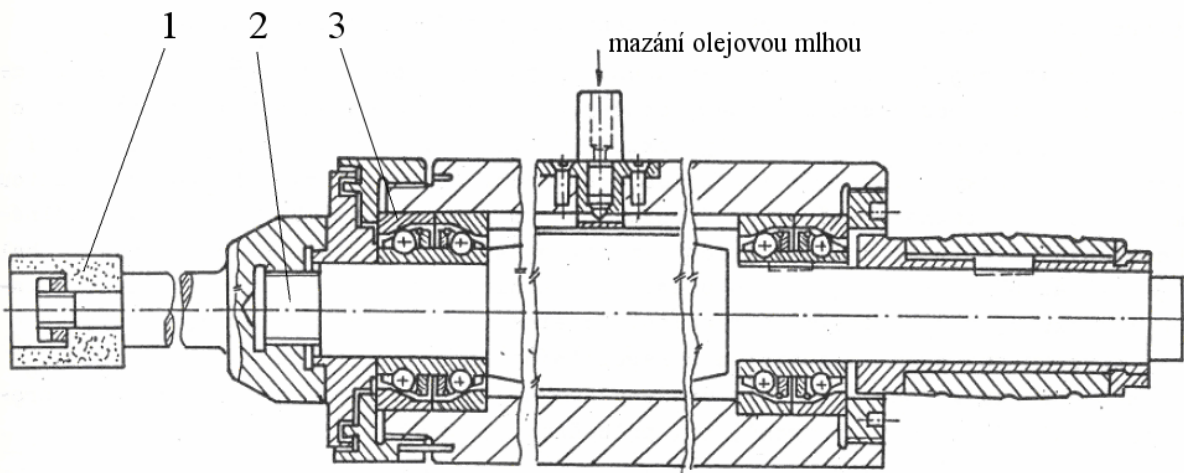
- Pohon přesně dynamicky vyváženým elektromotorem přes vhodný řemenový převod
- S vestavěným elektrovřetenem
- S vzduchovou turbínkou pro extrémně vysoké hodnoty otáček (pro vybrušování malých průměrů) [1].

Druh pohonu			
Limitující faktor pro	Řemenový	Vestavný motor	Vzduchová turbínka
Výkon na brusném kotouči	Řemenový převod	Tepelné zatížení $N_{max} = 8kW$	Přeměna vzduchové energie $N_{max} \leq 1kW$
Maximální otáčky	Rychlost řemene $n_{max} = 50000 \text{ min}^{-1}$	Pevnost rotoru $n_{max} = 120000 \text{ min}^{-1}$	Uložení rotoru $n_{max} \leq 400000 \text{ min}^{-1}$

Obr. 5.1 Druhy pohonů [1]

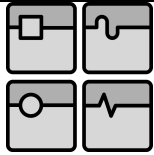
a) Vybrušovací vřetena s řemenovým převodem

Jsou používány pro otáčky v rozsahu $v=8000$ až 40000 ot/min. Vřeteno je uloženo ve speciálních kuličkových ložiskách, dvouřadých s kosoúhlým, tříbodovým stykem v oběžných drahách. Mazání je řešeno olejovou mlhou, kde vnitřní přetlak chrání vnitřní prostor před nečistotami a prachem a současně zajišťuje chlazení ložisek. Pohon má být proveden pomocí tenkostěnného řemene o tloušťce max. $a=0,7$ mm. Tento typ vybrušovacích vřeten je vhodný pro broušení vnitřních otvorů o průměrech v rozsahu $d=13$ až 120 mm, brusnými kotouči průměru $D=14$ až 72 mm [1], [2].

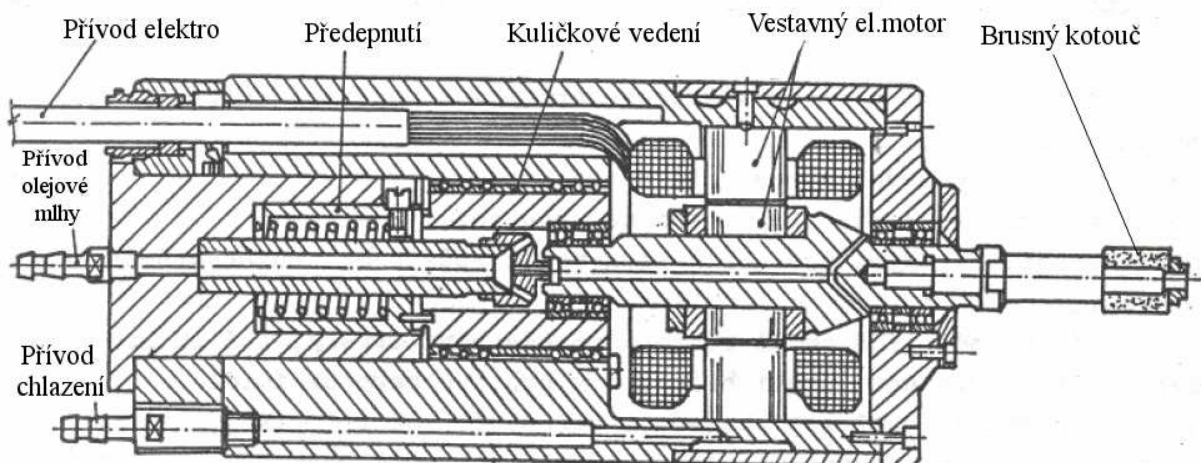


Obr. 5.2 Vybrušovací vřeteno [1]

1-brusný kotouč, 2-vřeteno, 3-ložiska

**b) Vysokootáčková elektrovřetena poháněná vestavěným elektromotorem**

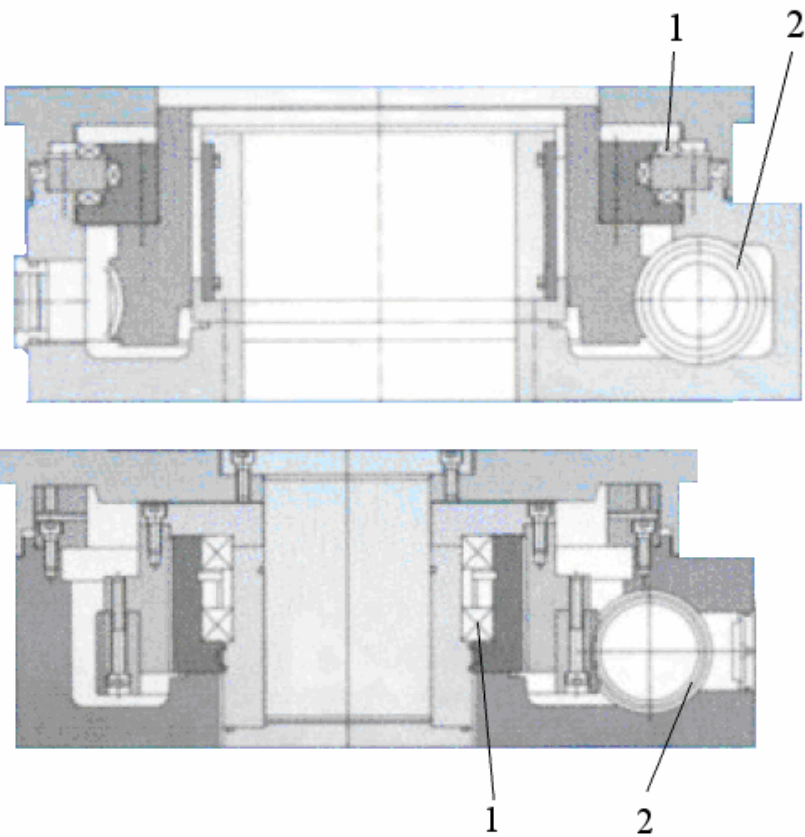
Elektromotor je napájený proudem o zvýšeném kmitočtu z měniče frekvence až do otáček $v=12\,000$ ot/min. Má podstatně širší využití. Vřeteno je uloženo na vysoce přesných kuličkových ložiskách s kosouhlým stykem. Vůle v ložiskách je vymezována pružinami. Ložiska jsou mazána olejovou mlhou ze zvláštního přístroje. Tím je zajištěno jak dokonalé mazání tak i chlazení ložisek. Přetlak uvnitř vřetena navíc zabraňuje vnikání chladicí řezné kapaliny a nečistot do vřetena [1], [2].



Obr. 5.3 Vysokootáčková elektrovřeteno [1]

5.3 UNIVERZÁLNÍ BROUSÍCÍ STROJE

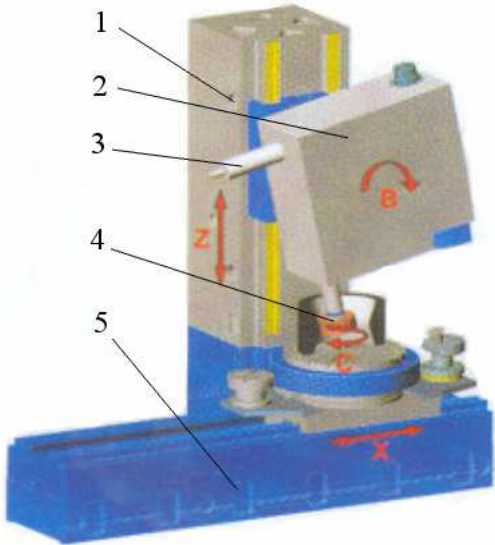
Tento typ brusky je navržen pro kompletní obrobení obrobku (lze brousit vnější plochy i vnitřní plochy). Jsou vyráběny se svislou i vodorovnou osou. Oba dva vřeteníky (obrobkový i brusný) jsou pohyblivé po klasickém vedení. Brusné vřeteníky jsou polohovány pomocí Hirthova ozubení nebo pomocí tzv. C osy. Obrobkový vřeteník může mít různé zakončení čela. Stroj je navržen maximálně stavebnicově pro snadný transport. Tyto stroje by se daly též označit anglickým pojmem all-rounder. Určeny jsou pro kusové a malosériové opracování širokého spektra rotačních obrobků technologiemi podélného a zapichovacího broušení vnějších i vnitřních rotačních ploch a čel. Do této kategorie lze zařadit univerzální horizontální hrotové a bezhroté brusky. Především hrotové brusky jsou výrobci nabízeny se širokým spektrem provedení broušicích vřeteníků tak, aby počet, uspořádání a parametry každého vřeteníku vyhověly konkrétním požadavkům zákazníka. I z tohoto důvodu jsou stroje vybavovány řídicími systémy s přehledným rozhraním pro programování stroje jako např. bruska Kellenberger viz. níže [2].



Obr. 5.4 Polohování dle tzv.C-osy [2]
1-ložiska,2-šnek,

Univerzální vertikální bruska s otočným stolem

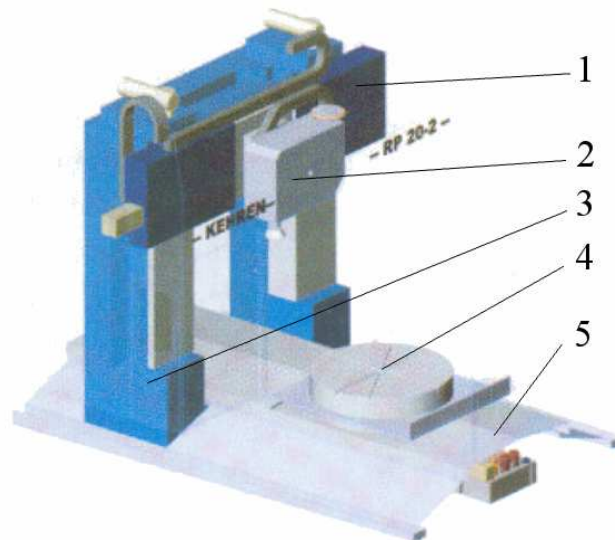
Umožňuje operace broušení čela, vnitřních ploch, otvorů, kužele a rádiusů. Hlavními znaky brusky je široký rozsah aplikací v technologii broušení, vysoce přesné obrábění, tuhý litinový rám, hydrostatické vedení[1], [2].



Obr. 5.5 Stojan [2]
2-otočná hlava, 3-vřeteno, 4-brusný kotouč, 5-vedení

Univerzální portálová bruska

Umožňuje všechny operace jako vertikální bruska s otočným stolem a k tomu navíc horizontální obrábění, broušení vodících ploch, broušení ve sklíčidle, komplexní obrobení při výměně nástrojů, tvrdé soustružení a frézování, závitování a obrábění speciálních materiálů. Konstrukčními znaky jsou: vertikální a horizontální obrábění na jedno upnutí, průměr stolu $u=500-3500\text{mm}$, přesuvný stůl, hydrostatické vedení a litinová konstrukce zajišťující přesné obrábění a kompaktnost [1], [2].



Obr. 5.6 Univerzální portálová bruska [2]

1- příčné vedení, 2-vřeteno, 3-rám, 4-polohovací stůl, 5-základní deska

5.4 VÝROBCI BRUSEK NA VNITŘNÍ OTVORY

Součástí většiny univerzálních brousících strojů je přídatné zařízení, které nám umožňuje obrábění vnitřních ploch.

Firma Ho-monta s.r.o.

Stroj UBE 63 CNC

Je určen pro broušení obrobků do kulata, max. průměru $d_a=1000\text{ mm}$ a délky do $6\ 000\text{ mm}$, upnutých mezi hroty nebo letmo ve sklíčidle v unášecím vřeteníku, také s možností použití vnitřního broušení. Stroj je vybaven dvěma brousícími vřeteníky. Stroj může být řízen ručně, nebo pracuje v plně automatickém brousícím cyklu. Při upnutí mezi hroty je možné brousit obrobky válcovité, kuželovité a tvarové s využitím lineární a kruhové interpolace [5].

Tab 5.1 Technické údaje [5]

Vzdálenost hrotů $b=$	mm	2000, 3000, 4000, 5000, 6000
Průměr broušeného válce, max	mm	630, 850, 1000
Minimální krok osy X $c=$	mm	0,001
Minimální krok osy Z $e=$	mm	0,005
Obvodová rychlost brousícího kotouče $V=$	m/s	33, 45, 50
Průměr brousícího kotouče $D=$	mm	750, 900, 1060
Pohon vřetene brousícího vřeteníku $p=$	kW	2×22
Řízení	CNC	Siemens 840Di, Kavalir K 51-2

5.5 VÝROBCI UNIVERZÁLNÍCH BRUSEK

Firma Gebr. Saacke GmbH & Co.

Tato německá firma zastoupená v České a Slovenské republice se zabývá výrobou univerzálních nástrojových brusek.

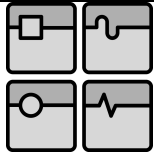
Stroj UWID:

Je to bruska s plně automatizovaným provozem pro výrobu a ostření tvarových a speciálních nástrojů. Technické parametry:

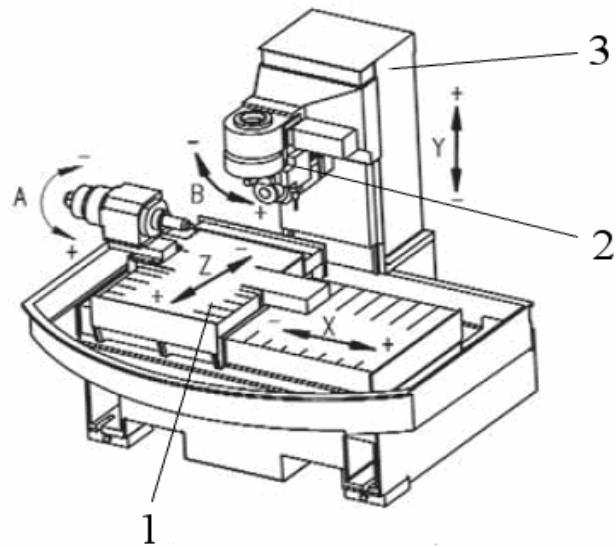
Maximální průměr obrobku při kompletním broušení $d_a= 250$ mm
Rozsah otáček vřetene, plynule nastavitelný $n= 2000$ až $10\,000$ min⁻¹
Maximální výkon brusného vřetene $p= 26$ kW
Maximální průměr brusného kotouče $D= 150$ mm [3]



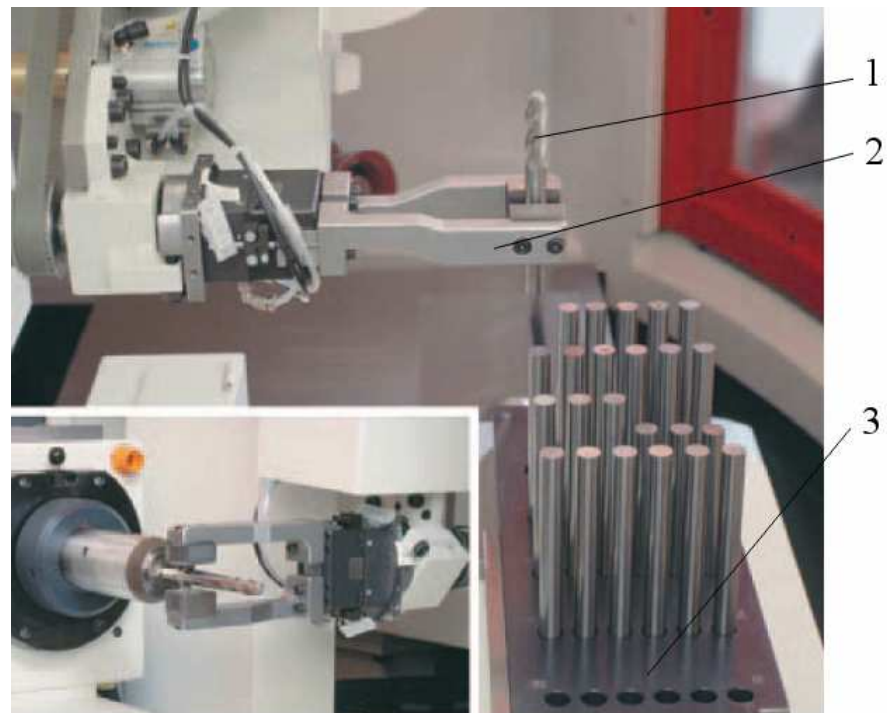
Obr. 5.6 Stroj UWID [3]
1-Pracovní část, 2- ovládání stroje



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

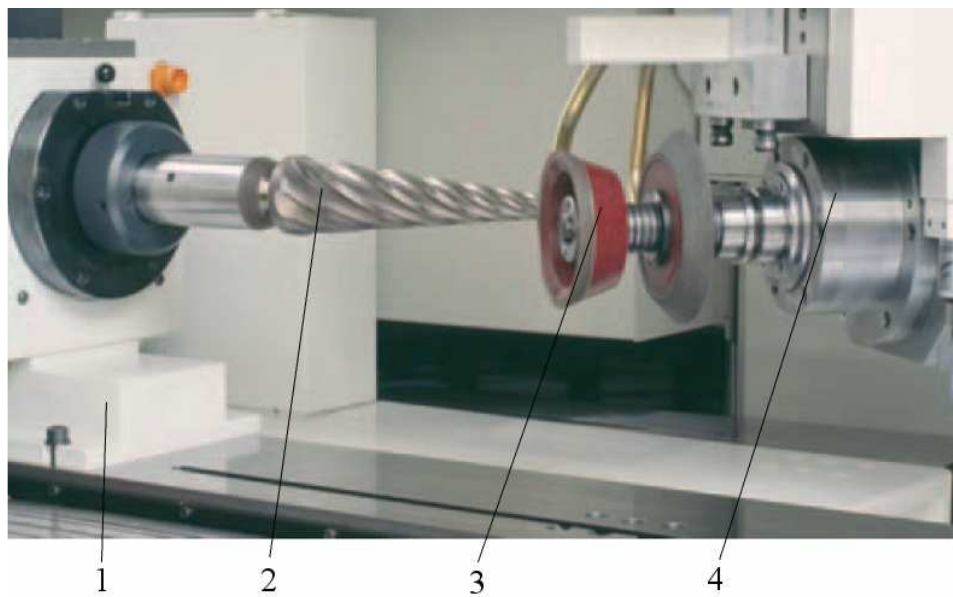


Obr. 5.7 Stroj UWID [3]
1- Stůl, 2- vřeteno, 3- stojan

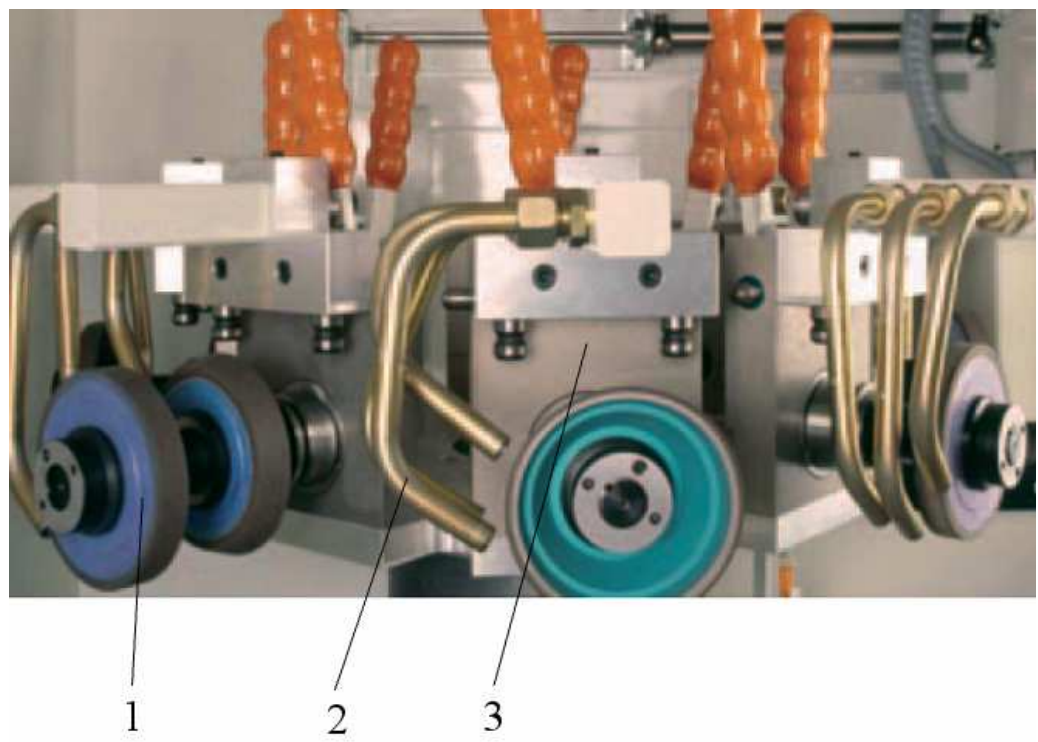


Obr.5.8 Výměna obrobku [3]

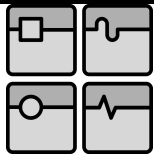
1-obrobek, 2- uchopovací ruka, 3- přípravek na zásobu obrobky



Obr.5.9 Broušení [3]
 1 -koník,2-obrobek,3-brusný kotouč,4-vřeteno



Obr. 5.10 Několikanásobný brusný vřeteník [3]
 1-brusný kotouč,2-přívod chladicí kapaliny,3-vícevřetenový přípravek

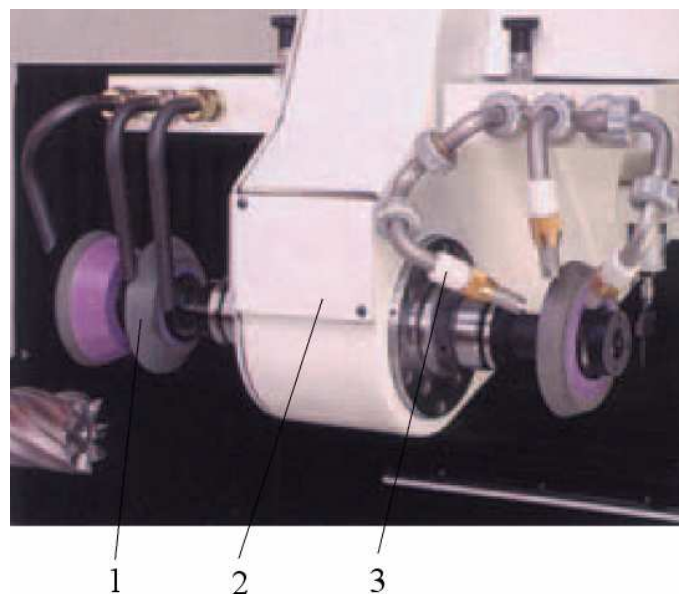
**Stroj UWIE:**

Je to CNC nástrojařská bruska vhodná pro výrobu a ostření válcových a kuželových stopkových fréz, vrtáků, stupňovitých nástrojů, tvarových fréz, závitníků, dělových vrtáků, kotoučových fréz, nástrojů na obrábění dřeva a všech ostatních rotačních nástrojů používaných ve strojírenské výrobě. Díky automatické výměně obrobků může stroj pracovat bezobslužně, což snižuje výrobní náklady [3].

Technické parametry: Maximální průměr obrobku při kompletním broušení $d_a = 250$ mm
Rozsah otáček vřetene, plynule nastavitelný $n = 2000$ až $10\,000$ min⁻¹
Maximální výkon brusného vřetene $p = 7$ kW
Maximální průměr brusného kotouče $D = 175$ mm [3]

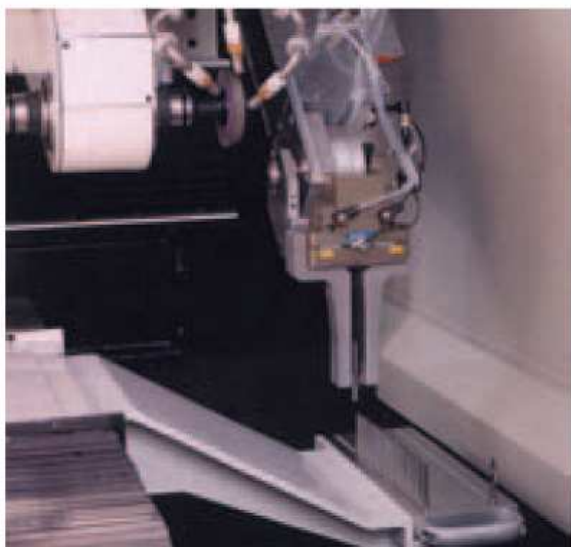


Obr.5.11 Stroj UWIE [3]

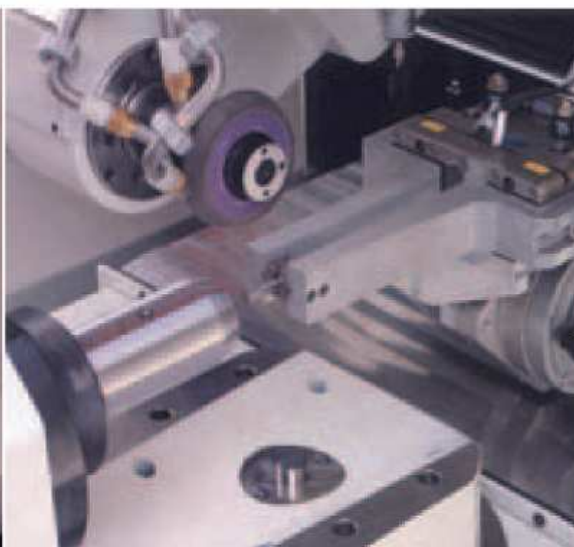


Obr.5.12 Vřeteno [3]

1-brusný kotouč, 2-vřeteno, 3-přívod chladící kapaliny



Obr.5.13 Uchopovací ruka pro obrobek [3]



Obr.5.14 Obráběcí prostor [3]

Firma Kellenberger:

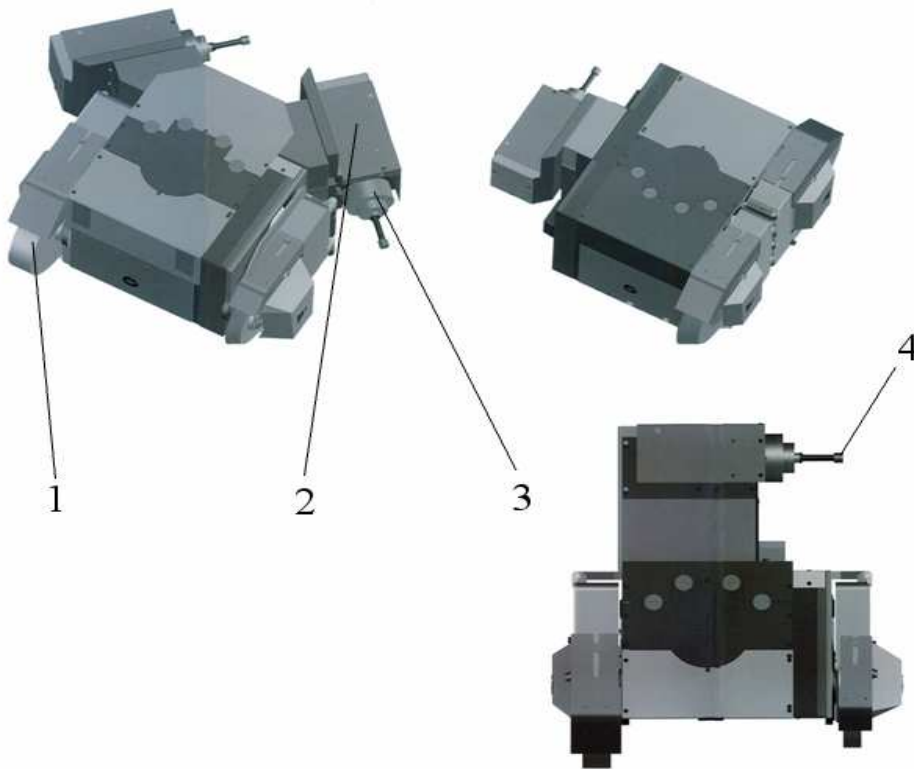
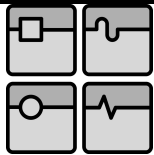
Je Švýcarský výrobce, který vznikl roku 1917 univerzálních CNC řízených popř. i hydraulicky řízených hrotových, brusek na kulato i na otvory.

Univerzální hrotová bruska Kellenberger Kel-Varia s ukázkou konfigurací brousícího vřeteníku

Stroj je vybaven hydrostatickým vedením ve všech lineárních osách a hydrostatickým uložením vřetena. Lze ho osadit různými typy ortogonálních, diagonálních nebo tandemových brousících vřeteníků. Firma je nabízí v celkem 28 variantách [3]



Obr.5.15 Stroj Kellenberger Kel-Varia



Obr.5.16 Konfigurace brusného vřeteníku [3]
1-brusný kotouč(vnější),2-brousící hlava, 3-vřeteno,4-brusný kotouč(vnitřní)

Firma Studer Innotec:

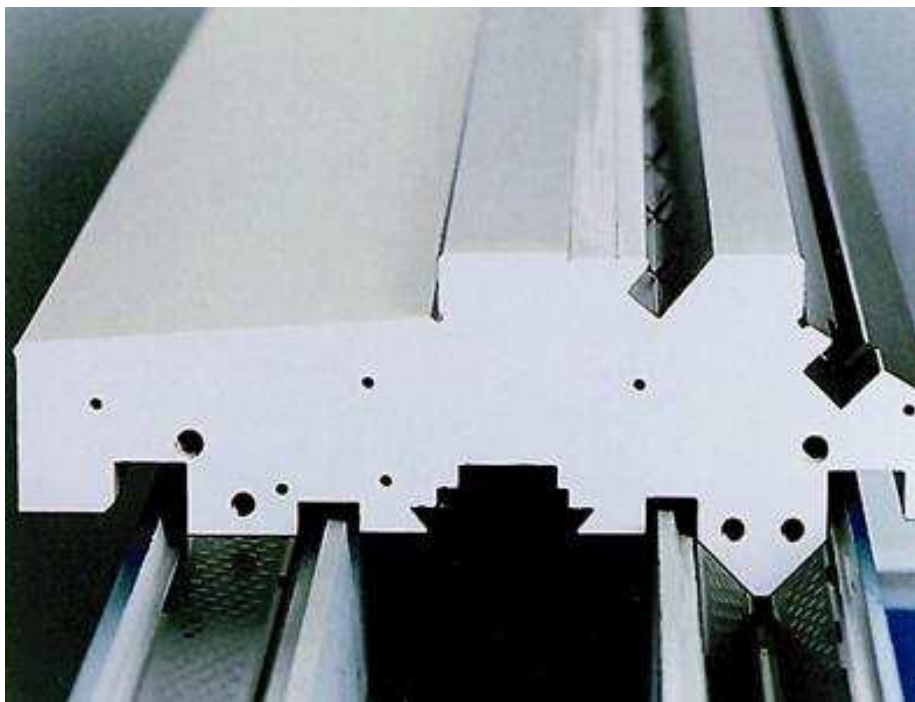
Je to švýcarská firma zabývající se výrobou CNC brousících strojů

Univerzální hrotová bruska Studer S31

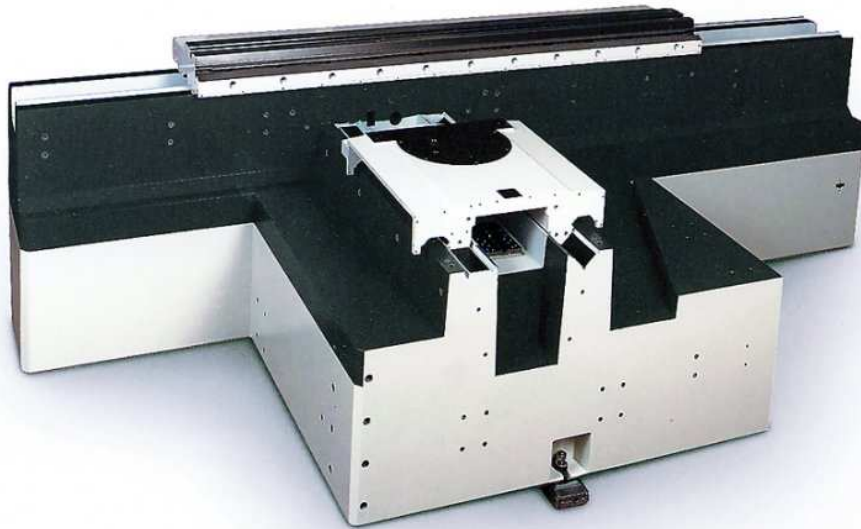
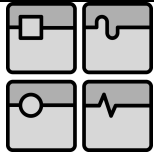
Příklad univerzální brousících hrotové brusky je řada S firmy Studer. Bruska S31 má vzdálenost mezi hroty $b=650 \div 1\,000$ mm a výšku hrotů $h=175$ mm. Její novější model S40 má rozteč mezi hroty $b=1\,000 \div 1\,600$ mm a výšku hrotů $h=175$ nebo $h=225$ mm. Společným konstrukčním rysem všech brusek Studer je lože z polymerbetonu Granitan S103, kluzná vedení lineárních os obložená materiálem s označením Granitan S200 se speciální povrchovou strukturou. Tato kombinace zajišťuje dobrou termickou stabilitu konstrukce, zlepšené tlumení vibrací ve srovnání s běžnou litinou, vysokou přesnost, dobrou únosnost. Vedení je navíc prakticky bezúdržbové. Také tyto stroje jsou nabízeny s možností různých konfigurací brousícího vřeteníku. Otáčení vřeteníku okolo osy je možné polohovat. Pohon osy je šnekovým převodem, zpevnění v poloze pomocí Hirtova ozubení viz. výše. Brousící vřetena stroje S31 jsou mají pohon integrovaným elektromotorem. Levnější stroj S33 má zmenšené možnosti vybavení stroje a zjednodušené ovládání s menším počtem funkcí. Pro firmu je to nabídka univerzálního stroje pro segment méně náročných zákazníků [3].



Obr. 5.17 Univerzální hrotová bruska Studer S31 [3]



Obr.5.18 Lineární vedení os [3]





Obr. 5.19 Rám stroje [3]

Univerzální bezhrotá bruska Tschudin řady ecoLine a granitLine.

Stroje mají tři (ecoLine) nebo šest řízených os (granitLine) umožňujících podélné a zapichovací broušení vnějších kruhových ploch. Broušící a podávací vřeteník jsou přišroubovány na žulové lože uložené ve svařovaném rámu. Pro lineární osy jsou použita kuličková vedení. Stroje mají maximálně zjednodušenou konstrukci, která však umožňuje snadnou automatizaci provozu stroje. Broušící vřetena jsou opět navržena jako elektrovřetena. [3].



Obr.5.20 Stroj Tschudin [3]

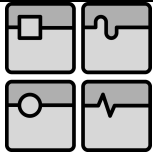
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 30
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	



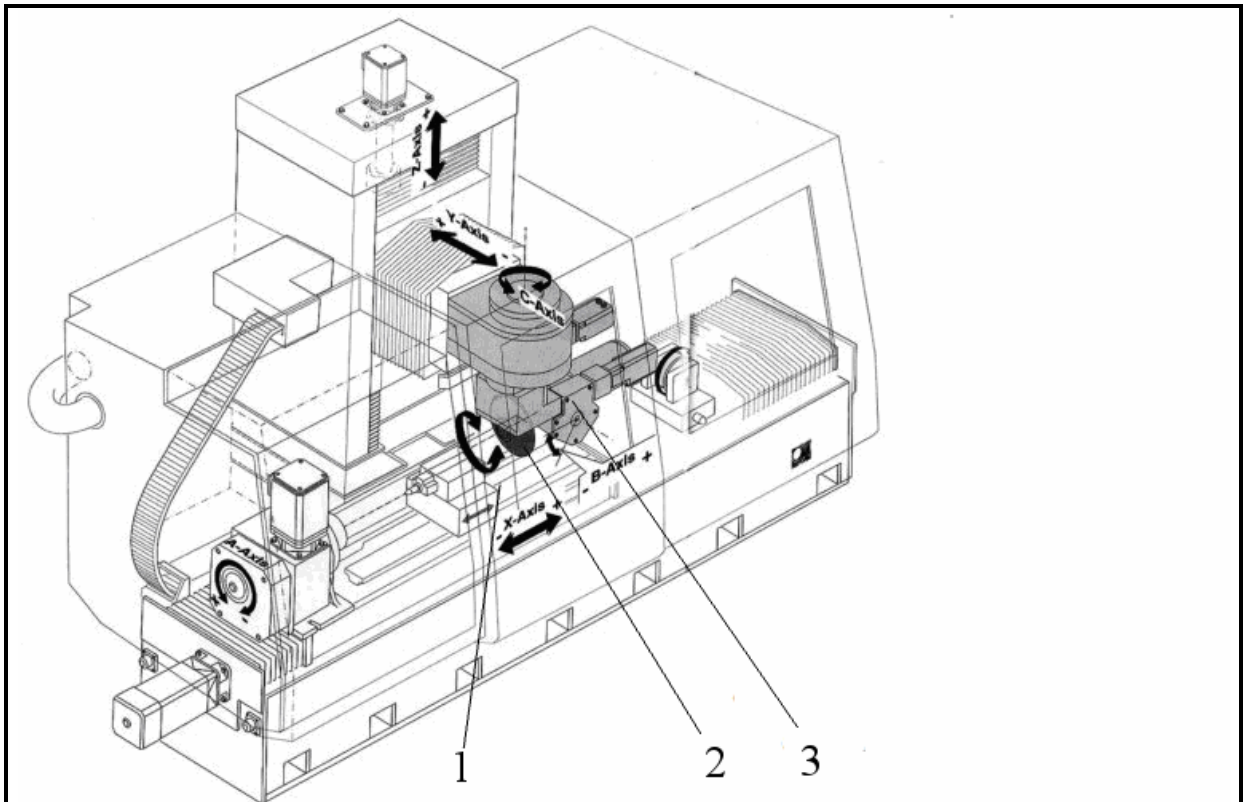
Obr.5.21 Základní deska [3]

Šestiosá univerzální bruska Reform Broachmaster.

Stroj má šest souvisle řízených os. Broušící vřeteník je polohován ve dvou lineárních a dvou rotačních osách, obrobek koná posuv v ose a unášecí vřeteník má řízenou osu. Vzdálenost hrotů může být max. $b = 3\,000$ mm, průměr největšího broušeného obrobku je $d_a = 400$ mm. Broušící vřeteník umožňuje pracovat s nástroji o průměru $D = 40$ až 250 mm řeznou rychlostí $v = 32$ až 100 m.s⁻¹. Výměna nástrojů je manuální. Díky svým kinematickým schopnostem stroj umožňuje podélné a zapichovací broušení vnějších válcových ploch, podélné a šikmé broušení profilů a výrobu a ostření velkých nástrojů (např. odvalovacích fréz na ozubení) [3].

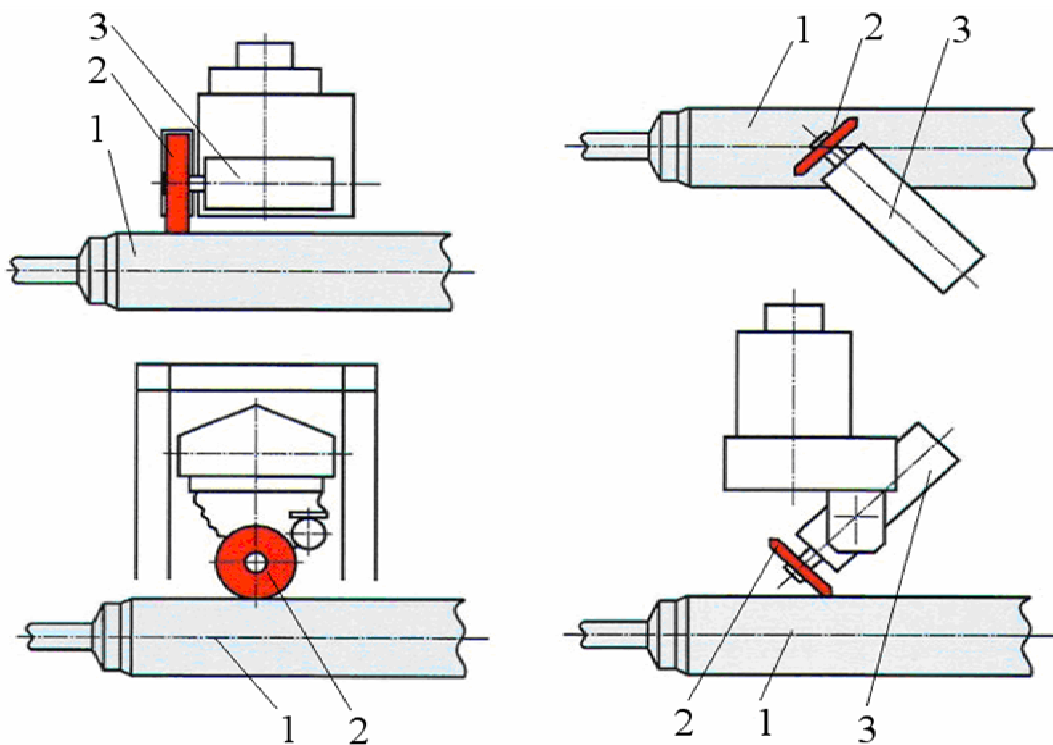


BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obr. 5.22 Šestiosá univerzální bruska Reform Broachmaster [3]

1-upínací deska,2-brusný kotouč,3-vřetenno



Obr.5.23 Způsoby broušení šestiosé univerzální brusky Reform Broachmaster [3]

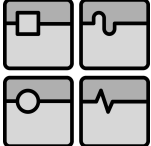
1-obrobek,2-brusný kotouč,3-vřetenno

Univerzální ostříčka UW I F

Tato univerzální ostříčka je zkonstruována jak pro ostření, tak pro výrobu nástrojů. Za zmínku stojí zejména systém automatizace, který obsahuje plně automatizovaný výměník brusných kotoučů se čtyřmi pozicemi a zásobník obrobků pro sériovou výrobu, stejně jako výkonné brusné vřeteno s přímým pohonem určené pro výrobu i pro přestřování [3].







Obr.5.24 Stroj UWIF [3]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

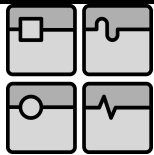
ZÁVĚR

Broušení je velice přesnou dokončovací operací, kterou v dnešní době dohnaly moderní metody obrábění na CNC strojích jako např. Jemné soustružení. Proto i na brousících strojích se začaly postupem času využívat CNC řízení především pomocí řídicích systémů sinumerik, siemens. Dle mého názoru broušení v některých oblastech nelze nahradit jinou metodou, protože při moderním broušení dosahujeme velmi přesných drsností a to až $Ra=0,001$ proto je také kladen důraz na tuhost stroje a geometrickou přesnost. Tato drsnost je při běžném obrábění téměř nedosažitelná. Na brousících strojích můžeme např. obrábět i kalené povrchy, které jsou běžnými metodami téměř neobrobitelné. Nevýhoda procesu je vznik vysokých teplot při broušení, kterou mi však můžeme odstranit vhodnou chladicí kapalinou. Proto si myslím že brousící stroje mají stále budoucnost, která spočívá v automatizaci (úspora výrobního času) a neustálém zdokonalování přesnosti stroje.

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Borský, V. *Obráběcí stroje*, skriptum ES VUT. 1.vyd. Šlapanice: Olprint, 1992. 216s. ISBN 80-214-0470-1
- [2] Marek, J. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. 1. vyd. Kuřim, 2006. 281s. ISSN 1212-2572
- [3] MM průmyslové spektrum. *Kompletní desetiletý archiv jednotlivých vydání*. [DVD-ROM]. c2007. [cit.2008-2-4].
- [4] Němec, Dobroslav, a kol. *Strojírenská technologie 3-Strojní obrábění*. 1.vyd. SNTL Praha, 1979. 328s. L13-C2-V-87/25 608
- [5] HOL-MONTA. [online]. c2007. [cit.2008-20-04].
Dostupné z < <http://www.holmonta.cz/stroj.php?id=ube63cnc&lg=cz> >



Seznam použitých symbolů

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
D	mm	průměr brusného kotouče
Ra	[-]	Drsnost povrchu
T	°C	Teplota
V	m/s	Obvodová rychlost
a	mm	Tloušťka řemene
b	mm	Vzdálenost hrotů
c	mm	Minimální krok osy X
d	mm	Průměr broušeného vnitřního průměru
da	mm	Průměr obrobku
e	mm	Minimální krok osy Z
h	mm	výška hrotů
n	min ⁻¹	Otáčky vřetene
p	kW	Výkon vřetene
s	μm	Přírutek při odměřování
u	mm	Průměr stolu brusky
v	m/s	Řezná rychlost