

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 VNĚJŠÍCH BROUSÍCÍCH STROJŮ

DESCRIPTION OF OUTSIDE GRINDING MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ BRYCHTA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Brychta Tomáš

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 vnějších brousících strojů

v anglickém jazyce:

Description of outside grinding machines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše a popis vnějších brousících strojů současné produkce.

Cíle bakalářské práce:

Provést rešerši vnějších brousících strojů.

Provést popis a rozřídění vnějších brousících 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 brousících strojů

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

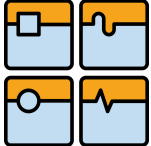
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

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	

Abstrakt

V této bakalářské práci je provedena rešerše a popis vnějších brousících strojů. V úvodu práce jsou uvedeny cíle kterých má být při vypracování dosaženo. Práce obsahuje všeobecný úvod o broušení, kde je uvedena definice broušení, popis a rozložení zrn na brousícím kotouči, parametry brousících kotoučů, dosahované geometrické přesnosti, dosahovaná kvalita povrchu, průřez třísky, definice hlavního a vedlejšího pohybu a řezné poměry na nástroji a na obrobku při broušení. Dále pak obecné rozdělení typů brousících strojů, přehled a rozdělení výrobců brousících strojů, s odkazy na jejich internetové stránky a s údajem o zemi původu každého výrobce. Poté se zaměřuje pouze na vnější brousící stroje a na jejich rozdělení. U hrotových brusek je uvedeno jejich rozdělení a charakteristika, způsoby broušení a popis každého způsobu broušení na těchto bruskách a jsou uvedeny také výrobci hrotových brusek s konkrétními typy strojů. U každého stroje jsou uvedeny jeho přednosti a technické parametry. U profilových brusek je uvedena jejich charakteristika, výrobci profilových brusek a typy těchto strojů. U rovinných brusek je uvedena charakteristika rovinného broušení, rozdělení rovinných brusek, způsoby broušení a popis každého způsobu, výrobci těchto brusek a typy jednotlivých strojů s jejich přednostmi a technickými parametry. Posledním typem vnějších brousících strojů jsou brusky bezhroté. Je uvedena charakteristika bezhrotého broušení, způsoby broušení a popis každého způsobu, výrobci bezhrotých brusek a typy těchto strojů s jejich popisem a technickými parametry. U bezhrotého broušení jsou uvedeny i způsoby oboustranného broušení s příklady využití tohoto broušení. Práce je zakončena závěrem, kde je uvedeno celkové zhodnocení v oblasti vývoje brousících strojů, prostředky a inovace, které výrobci používají ke zkvalitňování a ke zvýšení přesnosti strojů.

Klíčová slova

Broušení, Hrotové brusky, Profilové brusky, Rovinné brusky, Bezhroté brusky

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

Abstract

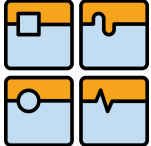
In this bachelor's thesis is completed background research and outside grinding machines description. In the introduction of this thesis are shown the aims which will be reached while elaborating. This thesis includes general introduction about grinding, where is mentioned definition of the grinding, description and grit distribution on grinder, parameters of grinders, reached geometric accuracy, reached surface roughness, cross section of cuttings, definition of the main and alternate movement and cutting conditions on the tool and on the workpiece at grinding. Furthermore general partition of grinding machines types, view and the parting of the grinding machines producers, with the references to their web sites and with data about country of origin for each of these producers. After it the thesis focus only on outside grinding machines and in their division. In centre grinding machines is shown their division and characteristics, ways of grinding and description of each way and there are shown producers of centre grinding machines with concrete tips of machines too. In each of this machine are shown its preferences and engineering characteristic. In profile grinding machines is shown its characteristic, producers of profile grinding machines and tips of these machines. In surface grinding machines is shown characteristic of surface grinding, the partition of the surface grinding machines, ways of grinding and description each way, producers of these grinding machines and tips of separate machine with its preferences and engineering characteristic. The last type of the outside grinding machines are centreless grinding machines. There is shown characteristic of centreless grinding, ways of grinding and the description each of the way, producers of centreless grinding machines and tips of these machines with its description and engineering characteristic. By the centreless grinding are shown even the ways of double disk grinding with the examples of utilization this grinding. The work is ended by finish, where is shown overall assessment in the way of grinding machines development, resources and innovations, which the producers using to increasing precision of the machines.

Key words

Grinding, Centre grinding machines, Profile grinding machines, Surface grinding machines, Centreless grinding machines

Bibliografická citace

BRYCHTA, T. *Deskripce vnějších brousících strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Blecha, Ph.D.

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

Prohlášení

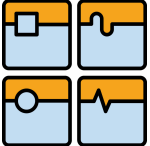
Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Deskripce vnějších brousících strojů vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Podpis bakaláře

Datum

.....

Jméno a příjmení bakaláře

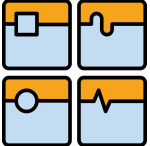
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za cenné připomínky, rady, ochotu a přátelský přístup, který projevoval po celou dobu vzniku této bakalářské práce.

Obsah

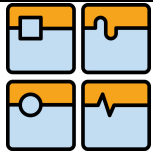
Abstrakt.....	5
Prohlášení.....	7
Poděkování.....	8
Obsah	9
Úvod.....	10
1. BROUŠENÍ	11
1.1 Rozdělení brousících strojů.....	12
1.2 Rozdělení a přehled výrobců brousících strojů.....	12
2. VNĚJŠÍ BROUSÍCÍ STROJE.....	12
2.1 Vnější brusky hrotové	12
2.1.1 Způsoby broušení na hrotových bruskách.....	14
2.1.2 Hrotové brusky pro broušení kuželů	14
2.1.3 Výrobci hrotových brusek.....	15
2.1.3.1 Firma Kellenberger.....	15
2.1.3.2 Firma Studer	15
2.1.3.3 Firma TOS a.s.....	18
2.2 Vnější brusky profilové.....	19
2.2.1 Výrobci profilových brusek.....	19
2.3 Vnější brusky rovinné	20
2.3.1 Rozdělení rovinných brusek	20
2.3.1.1 Rovinné brusky obrábějící obvodem brousícího kotouče	21
2.3.1.2 Rovinné brusky obrábějící čelem brousícího kotouče	24
2.3.2 Způsoby broušení na rovinných bruskách.....	24
2.3.3 Výrobci rovinných brusek.....	26
2.3.3.1 Firma ELB	26
2.3.3.2 Firma Peter Wolters GmbH.....	27
2.4 Vnější brusky nezhrotí	27
2.4.1 Způsoby bezhrotého broušení	28
2.4.2 Výrobci bezhrotých brusek	29
2.4.2.1 Firma Junker.....	29
2.4.2.2 Firma Bhagwansons	33
Závěr.....	35
Seznam použitých zdrojů	36
Seznam použitých zkratk a symbolů	37

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

Úvod

V této bakalářské práci, je provedena rešerše vnějších brousících strojů. Cílem je vytvoření všeobecného přehledu o vnějších brousících strojích současné produkce a také o výrobcích těchto strojů. Je zde uvedeno rozřídění, popis a dále jsou uvedeny způsoby broušení na těchto strojích.

Brousící stroje mají obrovský význam v automobilovém, leteckém a v mnoha dalších odvětvích průmyslu, kde jsou požadavky na vysokou přesnost obrobků a kvalitu povrchu. Z důvodu velké konkurence jsou dnes na trhu brousící stroje, které jsou velmi univerzální a jsou schopny brousit vnější plochy, s použitím přídatného zařízení i plochy vnitřní a jsou doplněny mnoha jinými přístroji a zařízeními sloužícími ke zvýšení přesnosti a kvality obrábění.



1 Broušení

Je metoda obrábění, kde se používají výrobní stroje pro třískové obrábění s nástroji s geometricky nedefinovaným břitem. Hlavními znaky broušení jsou vysoká řezná rychlost, malý průřez odebíraných třísek a jejich vysoká teplota. Základní operací brusky je broušení, při kterém velký počet zrn brousícího kotouče, které jsou z technologického hlediska malé a tvarově nepravidelné, ubírá materiál. Zrna jsou nepravidelně rozložena na brousícím kotouči. Řezné úhly a tvar břitu, jsou závislé na uložení zrna v brousícím kotouči [1].

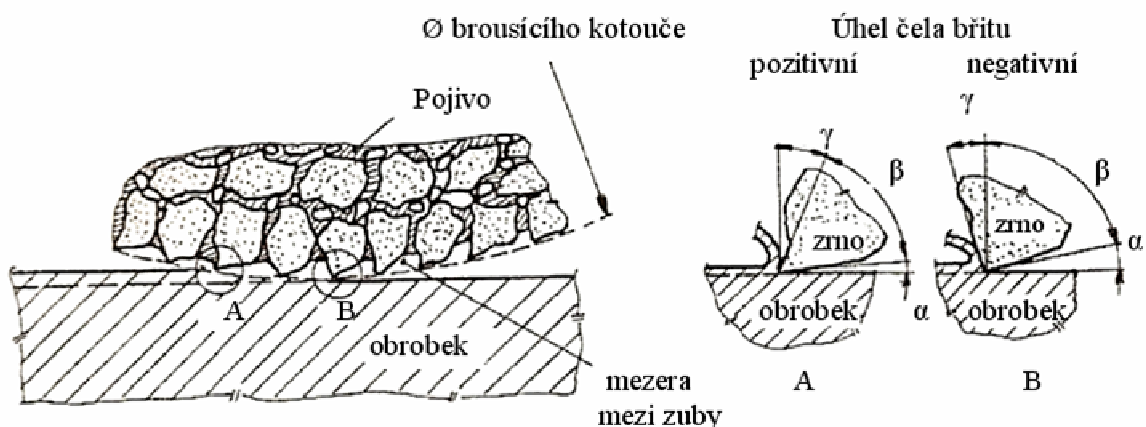
Průřez třísky je velmi malý, $n=0,0001-0,002 \text{ mm}^2$. Obvodová rychlost brousících kotoučů je vyšší než rychlost obrobku, nazýváme jí řeznou rychlostí. Bývá $v = 10-80 \text{ m/s}^{-1}$. Při větším úběru materiálu nahrazujeme broušení frézováním a soustružením [1].

Hlavní je rotační řezný pohyb, který vykonává nástroj (brousící kotouč). Styk brousícího kotouče s obrobkem je obvodem nebo čelem brousícího kotouče. Vedlejší pohyb je posuvný, přímočarý a vykonává ho buď nástroj vůči obrobku nebo obrobek vůči nástroji. Brousí se rotační, rovinné i tvarové plochy [1].

Brousící stroje se používají tehdy, když je požadován přesný geometrický tvar (např. kruhovitost $O < 0,2 \mu\text{m}$) a přesný rozměr obrobku $1 - 3 \mu$. Také se používají pro získání vysoké jakosti obrobkové plochy ($R_a=0,02$), kterou nemůžeme dosáhnout jiným způsobem obrábění. Broušením se dají obrábět kalené povrchy i materiály jako jsou dřevo a sklo [1].

Z hlediska používaných materiálů, komponentů a provedení konstrukce je možné v současnosti u brousících strojů pozorovat dva rozdílné trendy. Prvním je řešení zajišťující maximální stabilitu a přesnost výroby, tzn. zdůraznění možností které brusky zaručují lepší vlastnosti než strojům, které se používají pro obrábění s geometricky definovaným břitem. Druhým trendem je univerzalita, která snižuje cenu stroje tzn. snaha o přiblížení konstrukce s provedením frézovacích a soustružnických strojů [2].

Řezné poměry nástroje a obrobku při broušení:



Obr. 1.1 Řezné poměry nástroje a obrobku při broušení [1]

1.1 Rozdělení brousících strojů:

Tab 1.1 Rozdělení brousících strojů [2]

Brousící stroje				
Vnější brusky	Vnitřní brusky	Univerzální	Multifunkční	Jiné
Hrotové	Otvorové	Vodorovné	Vodorovné	Nástrojové
Profilové		Svislé	Svislé	Na ozubení
Rovinné				Dvoukotouče
Bezhruté				

1.2 Rozdělení a přehled výrobců brousících strojů:

Tab 1.2 Rozdělení a přehled výrobců brousících strojů

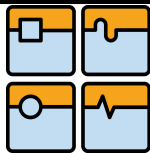
Název výrobce	Země	Internetové stránky výrobce
TOS a.s.	Česká republika	www.tosas.cz
Junker	Česká republika	www.junker-group.com
Kellenberger	Švýcarsko	www.kellenberger.net
Tschudin	Švýcarsko	www.tschudin.info
Studer	Německo	www.studer.com
Schautd	Německo	www.schautd.com
Jung	Německo	www.k-jung.com
Blohm	Německo	www.blohmgbh.com
Mikrosa	Německo	www.mikrosa.com
ELB	Německo	www.elb-schliff.de
Peter Wolters	Německo	www.peter-wolters.com
Meccanodora	Itálie	www.meccanodora.com
Morara	Itálie	www.morara.it
Glebar	USA	www.glebar.com
Bhagwansons	Indie	www.bhagwansons.com

2 Vnější brousící stroje

2.1 Vnější brusky hrotové:

Na hrotových bruskách se obrábí vnější válcové i kuželové plochy, které se upínají do sklíčidla, mezi dva hroty, do kleštin, případně na magnetickou upínací desku unášecího vřeteníku. Na hrotových bruskách můžeme brousit i čelní plochy. Pokud použijeme přídatné zařízení můžeme obrábět i vnitřní válcové a kuželové plochy nebo jiné geometricky nesymetrické tvary obrobků jako jsou např. vačky [1], [2].

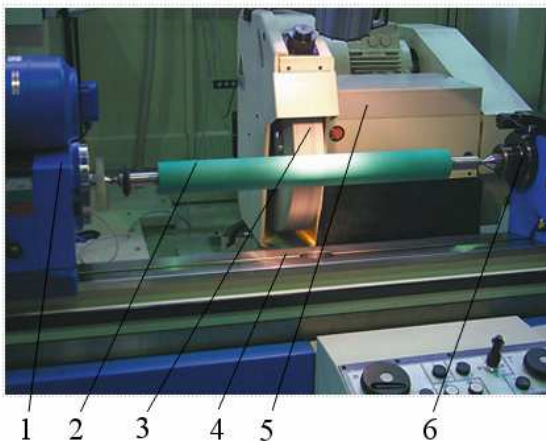
Vřeteno je nejčastěji uloženo ve valivých ložiskách. Výjimečně jsou vřetena ukládána do rotačních hydrostatických ložisek. Hrotové brusky jsou výrobci dodávány s velkými možnostmi provedení brousících vřeteníků tak, aby počet, uspořádání a parametry každého vřeteníku vyhovely konkrétním požadavkům zákazníka. Vřeteno se osazuje různými typy ortogonálních, diagonálních nebo tandemových brousících vřeteníků. Otáčení brousících vřeteníků kolem vlastní osy je možno polohovat. Vřeteno je poháněno elektromotorem, pomocí klínových řemenů. Přísuv brousících vřeteníků je ruční nebo hydraulický. Unášecí vřeteníky jsou uloženy ve valivých ložiskách [1], [2].



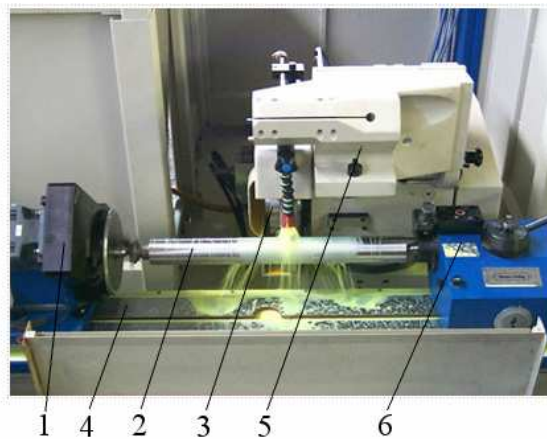
Koník je možno ručně přestavovat. Ve většině případů má koník neotočný hrot. V koníku je centricky upnutá pinola, která je vysouvána ručně nebo hydraulicky [1]. Lože mohou být vyráběny z odlitků ze šedé litiny, která má dobré tlumení a stabilitu. Mohou také být ze žulového monobloku. Pro snížení tepelných deformací, se vyrábějí i lože lité z minerální litiny. K příslušenství patří opěrky, držáky diamantu pro orovnávání brousícího kotouče, snímače průměru obrobku během broušení atd. Hrotové brusky se používají v kusové a malosériové výrobě [1], [2].

Z hlediska konstrukce dělíme hrotové brusky na dvě základní skupiny:

- 1) Hrotové brusky s posuvným stolem
- 2) Hrotové brusky s posuvným vřeteníkem



Obr. 2.1 Hrotová bruska [3]



Obr. 2.2 Hrotová bruska [3]

Legenda: 1)–Unášecí vřeteník 2)– Obrobek 3)–Brousící kotouč 4)–Stůl 5)–Brousící vřeteník 6)–Koník

1) Hrotové brusky s posuvným stolem:

Stůl při broušení vykonává přímočarý vratný pohyb. Tento pohyb je pracovní posuv. Brousící vřeteník spolu s brousícím kotoučem vykonávají přířuv k obrobku. Na pravém konci stolu je umístěn pohyblivý koník, který se používá pro upínání a pro unášení obrobku. Na levém konci je umístěn unášecí vřeteník[1].

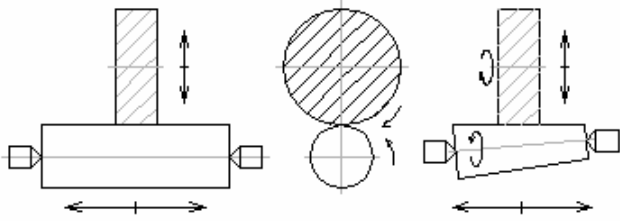
2) Hrotové brusky s posuvným vřeteníkem:

Obrobek je upnut na pevném stole mezi hrotem unášecího vřeteníku a hrotem koníku, kde se pouze otáčí, ale podélně nepohybuje. Brousící vřeteník se pohybuje podélně a vykonává i přířuv směrem k obrobku. Používají se na broušení rozměrnějších součástí[1].

2.1.1 Způsoby broušení na hrotových bruskách:

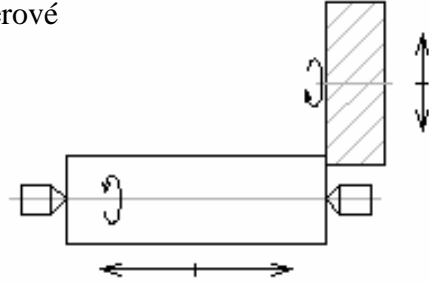
1) Podélné:

a) jemné



Obr. 2.3 Podélné jemné broušení [1]

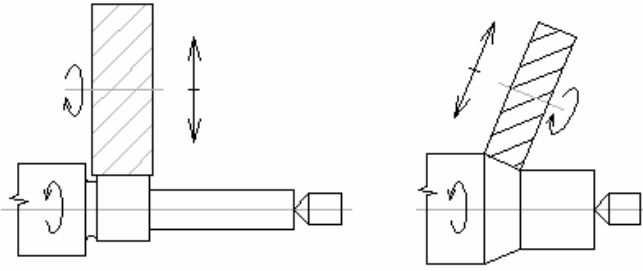
b) úběrové



Obr. 2.4 Podélné úběrové broušení [1]

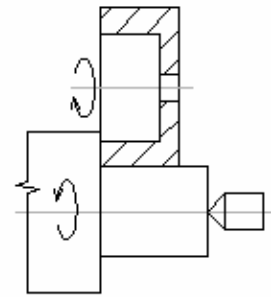
2) Zapichovací:

a) jedním kotoučem



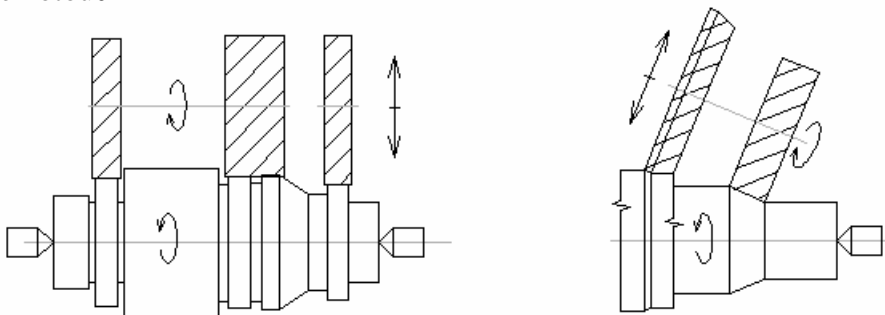
Obr. 2.5 Zapichovací broušení jedním kotoučem [1]

b) čelem



Obr. 2.6 Zapichovací broušení čelem kotouče [1]

c) více kotouči



Obr. 2.7 Zapichovací broušení více kotouči [1]

2.1.2 Hrotové brusky pro broušení kuželů:

Unášecí vřeteník je možné natáčet a to až o úhel $\delta = 90^\circ$. Podélným posuvem se brousí kuželové i čelní plochy na obrobcích, které jsou upnuty ve sklíčidle. Brousící vřeteník je možné natáčet o úhel maximálně $\lambda = 60^\circ$. Takto se brousí kuželové plochy zapichovacím způsobem [1].



2.1.3 Výrobci hrotových brusek:

2.1.3.1 Firma Kellenberger:

Švýcarská firma Kellenberger byla založena v roce 1917 a zaměřuje se na výrobu a vývoj hydraulicky a numericky řízených, velmi přesných brousících strojů. Firma nabízí 28 variant osazení včetně rozdílnými typy brousících vřeteníků[2], [4].

Hrotová bruska Kel-Varia

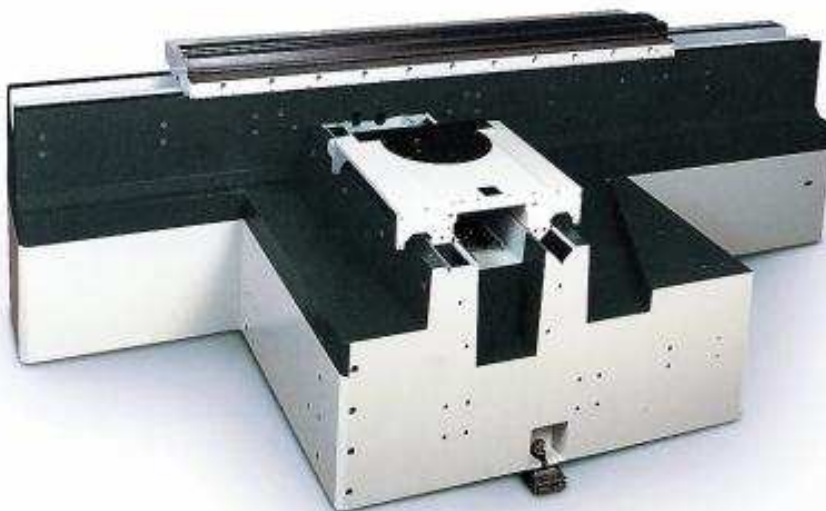
Stroj s hydrostatickým vedením všech lineárně posuvných os a s hydrostatickým uložením včetně. Díky výbornému oddělení rámu stroje a součástí, na kterých vzniká teplo a vibrace je na této brusce extrémní přesnost obrábění[4], [12].



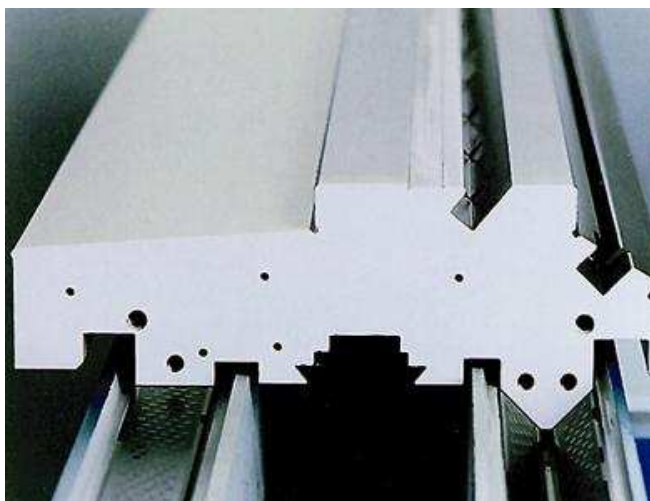
Obr. 2.8 Hrotová bruska Kel Varia [4]

2.1.3.2 Firma Studer

Firma Studer je německá firma, která byla založena roku 1912. Firma má pobočky ve Švýcarsku, Francii, USA atd. Vyrábí hrotové, univerzální i vnitřní brusky. Všechny brusky, které firma vyrábí, mají lože s z polymerbetonu Granitan S103. Granitan S103 má 6x-8x lepší tlumící schopnosti než litina. To umožňuje získat lepší kvalitu broušení při vyšších rychlostech. Také chemická odolnost Granitanu S103 proti chladicí kapalině a mycím prostředkům je velmi dobrá. V kontaktu s těmito kapalinami nehrozí žádné riziko koroze nebo mechanického poškození. Všechna kluzná vedení u lineárních os jsou obložena Granitanem S200. Vedení je přesně uspořádané, takže odchylka rovnosti je $\Delta = 2,5$ mm na 650 mm délky. Toto vedení nevyžaduje téměř žádnou údržbu[5], [12].



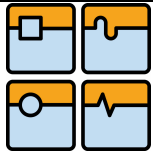
Obr. 2.9 Lože z polymerbetonu granitanu S103 [12]



Obr. 2.10 Lože z granitanu a vedení lineárních os [12]

Hrotová bruska Studer S40

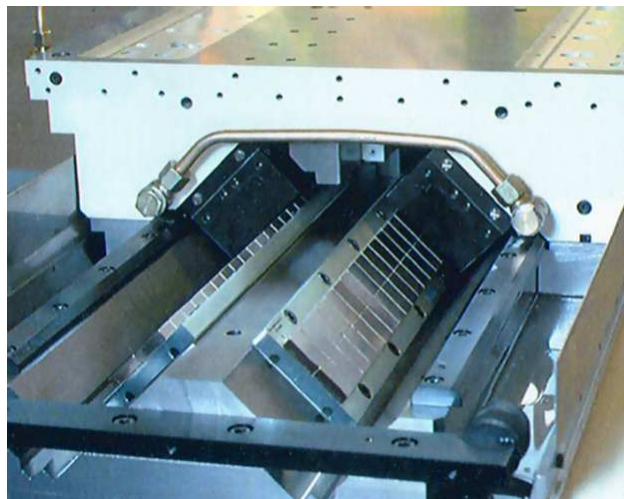
Tato bruska má široké uplatnění ve všech strojírenských odvětvích. Používá se například pro náročné obrábění forem, pro broušení závitů atd. Používá se při velkosériové výrobě. Otočná hlava může mít až 4 brousící kotouče. Vzdálenost hrotů je $p = 1000-1600\text{mm}$, výška hrotů $h = 175-225\text{mm}$. Lože z granitanu [5].



Obr. 2.11 Hrotová bruska Studer S40 [5]

Hrotová Bruska Studer S12

Menší hrotová bruska, která je velmi přesná a velmi dynamická. U této brusky je patentované magneticky předepnuté hydrostatické vedení v obou lineárních osách. Nedochozí zde ke styku kovu s kovem a tím můžeme dosáhnout posunu osy a to po krocích $k=10\text{nm}$. Maximální rychlost je $v_v=30\text{m/min}$. Vzdálenost hrotů $p=150\text{mm}$ a výška hrotů $h=175\text{mm}$ [5], [12].



Obr. 2.12 Magneticky předepnuté hydrostatické vedení [12]



Obr. 2.13 Hrotová bruska Studer S12 [5]

2.1.3.3 Firma TOS a.s

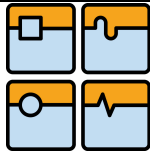
Česká firma, která byla založená už roku 1852. Firma dodává soustruhy a brusky do celého světa. Brusky vyrábí hrotové nebo bezhroté [3].

Hrotová bruska TOS BUB 50 B Profi:

Bruska pro broušení v automatických cyklech, ale můžeme brousit i ručně. Stroj pro broušení vnějších rotačních ploch a kuželových ploch, při použití přídatného zařízení i pro broušení vnitřních rotačních a kuželových ploch. Obrobky se upínají mezi hroty na magnetickou upínací desku unášecího vřeteníku, do kleštin nebo letmo do sklíčidla. Oběžný průměr je $d=500\text{mm}$. Vzdálenost hrotů $p=1000-3000\text{mm}$. Hmotnost obrobku upnutého v hrotech může být až 500kg , pokud je obrobek upnut v hrotech a opěrkách může mít až $m=700\text{kg}$. Bruska BUC 85 C Profi může brousit obrobek těžký až $m=3000\text{kg}$ pokud je upnut v hrotech, a pokud v hrotech a opěrkách až $m=4000\text{kg}$ [3].

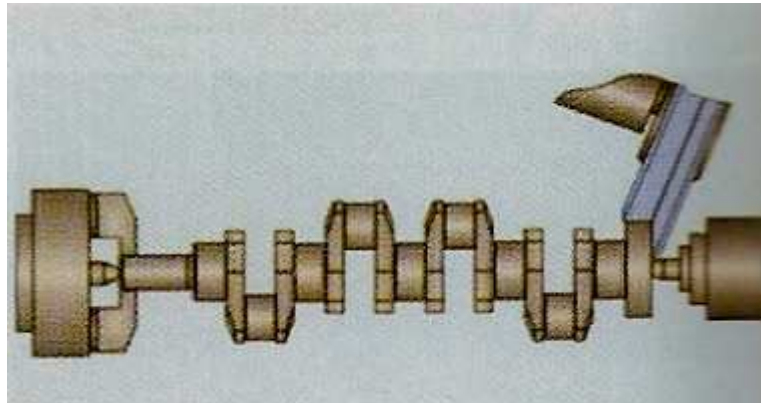


Obr. 2.14 Hrotová bruska TOS BUB 50 B Pro [3]



2.2 Vnější brusky profilové:

Profilové brusky jsou zvláštním druhem rovinných a hrotových brusek. Broušení tvarových součástí se z důvodu velkých finančních nákladů a dlouhých obráběcích časů pro ostatní brusky, vyrábí pouze na profilových bruskách. Profilové brusky jsou specializované stroje pro jeden typ obrobků. Profilové brusky se používají pro broušení geometricky složitých tvarových součástí jako jsou např. vačkové hřídele, klikové hřídele, závity pohybových šroubů a ozubených kol. Dále se tyto stroje uplatňují u výroby profilových nástrojů např. tvarové vyměnitelné destičky, vícebřité stupňovité destičky, tvarové vrtáky, kotoučové tvarové nástroje atd. Rámy těchto strojů jsou ve tvaru písmene T, které mají vysokou tuhost. Je zde i velmi dobrá přístupnost obrobku. Jsou vybaveny více vřeteníky[2], [7].



Obr. 2.15 Broušení klikové hřídele [2]

2.2.1 Výrobci profilových brusek:

Firma JUNG:

Německá firma JUNG je jedním z předních výrobců profilových rovinných brusek. Výrobky této firmy vykazují nejvyšší třídu kvality v přesném tvarovém broušení. U většiny typů brusek JUNG je dodáván CNC řízený orovnávací přístroj PA37K. Je to 4-osový přístroj s přímým pohonem os. Je zde speciální nosič, na kterém je šest tvarovacích diamantů. Tento přístroj zaručuje maximální přesnost požadovaného tvaru [6], [7].

Profilová rovinná bruska JUNG 630

Tato bruska má velmi velkou tuhost a přesnost mechanických částí. Je také vybavena orovnávacím přístrojem PA 37K. Používá se např. pro broušení forem pro vstřikování plastů nebo pro broušení drážek. Posuvný stůl vykonává pohyb v horizontální ose X a příčné ose Z. Brousící kotouč se posouvá kolmo do záběru v ose. Horizontální osa X může být poháněna dvěma způsoby, hydraulicky či motoricky. Pro hrubování, kde nejsou požadavky na přesnost a kvalitu povrchu, se používá pohon hydraulický. Pro malou drsnost a vysokou kvalitu povrchu se používá motorický pohon. Pracovní prostor tohoto stroje je $S=600 \times 250 \text{ mm}$. Po testování této brusky přímo u zákazníka, kde brousila bruska 6 hodin rozdílné části formy, bylo zjištěno, že přesnost obrábění je $0,001 \text{ mm}$, rovněž rovinnost \square a pravouhlost $\perp=0,001 \text{ mm}$. Kvalita povrchu $Ra = 0,02$ [6], [7].



Obr. 2.16 Profilová rovinná bruska JUNG 630 [6]

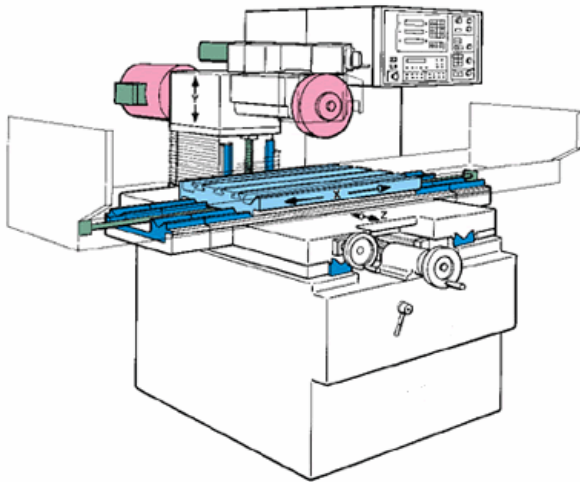
2.3 Vnější brusky rovinné:

Rovinné brusky se používají na broušení rovinných nebo tvarových ploch např. loží, příčníků, stojanů a dalších obrobků. Obrobky upínáme na magnetické upínací desky a rozměrnější součásti na stůl pomocí upínek. Rovinné brusky můžeme rozdělit na brusky s pohyblivým stolem nebo na brusky s pohyblivým brousícím vřeteníkem. Dále je dělíme viz tab. 2.3 [1], [2].

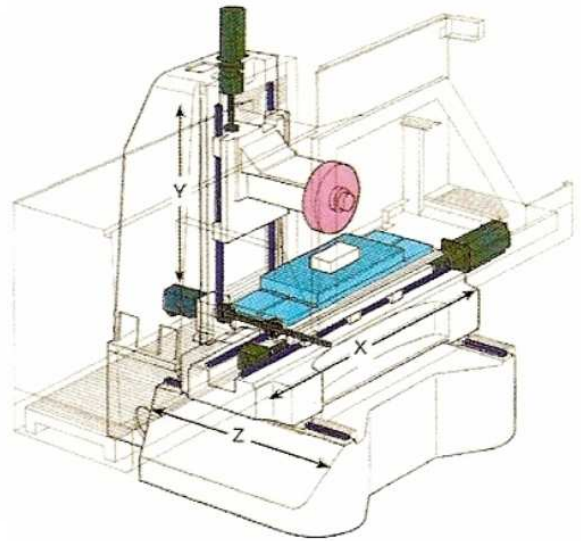
2.3.1 Rozdělení rovinných brusek

Tab 2.3 Rozdělení rovinných brusek [1]

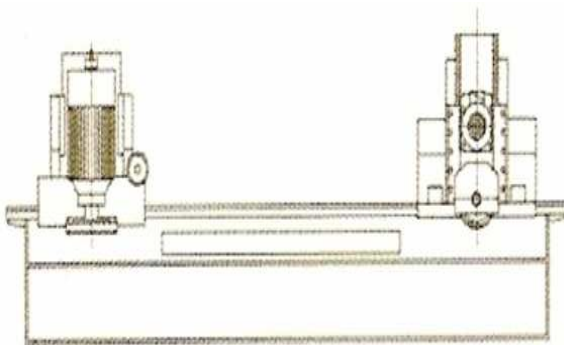
Rovinné brusky	
Brusky obrábějící obvodem brousícího kotouče	Brusky obrábějící čelem brousícího kotouče
Vodorovné	Vodorovné
Svislé	Svislé
Jednostojanové	Jednostojanové
Portálové	Portálové



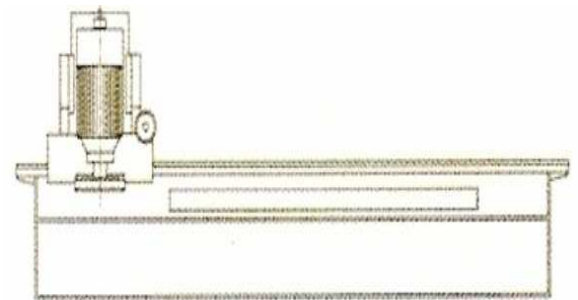
Obr. 2.17 Rovinná bruska s pohyblivým stolem [6]



Obr. 2.18 Rovinná bruska s pohyblivým stolem [6]



Obr. 2.19
Obvodové + čelní broušení [2]



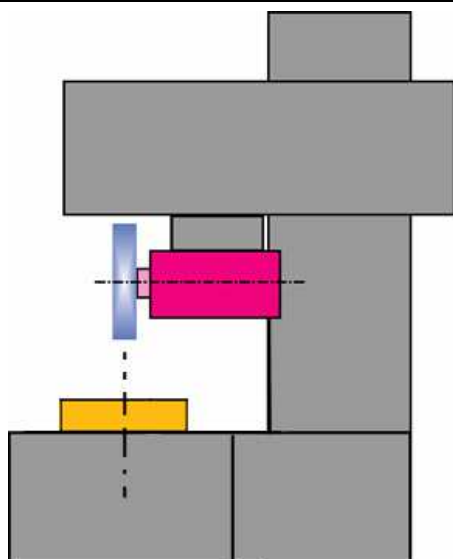
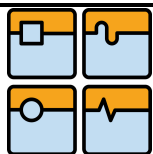
Obr. 2.20
Čelní broušení [2]

2.3.1.1 Rovinné brusky obrábějící obvodem brousícího kotouče:

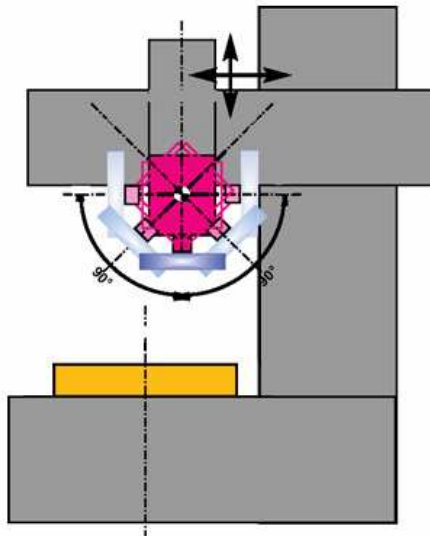
1) Jednostojanové:

a) S vodorovnou osou rotace a vratným pohybem stolu:

b) S univerzálním brousícím větěnkem a vratným pohybem stolu

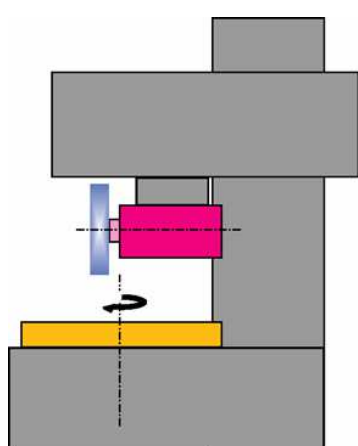


Obr. 2.21 Jednostojanová rovinná bruska s vodorovnou osou rotace a vratným pohybem stolu [8]

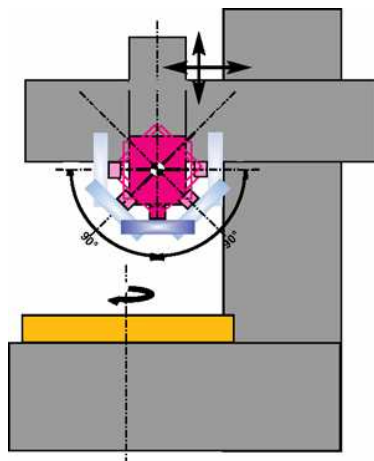


Obr. 2.22 Jednostojanová rovinná bruska s univerzálním brousícím vřeteníkem a vratným pohybem stolu [8]

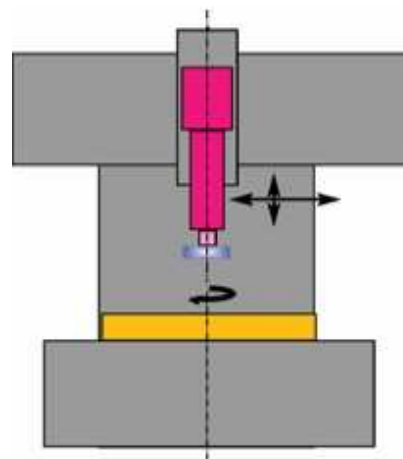
c) S otočným stolem:



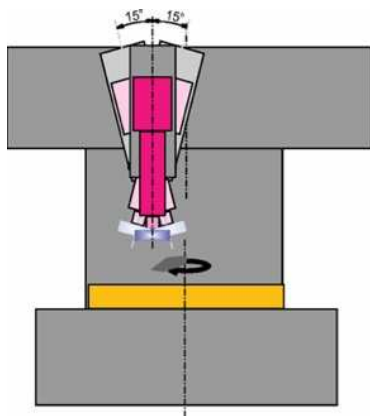
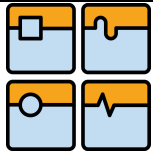
Obr. 2.23 S horizontálním vřeteníkem [8]



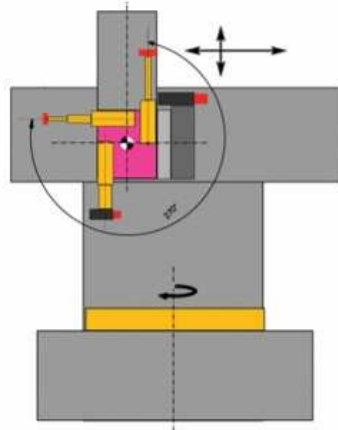
Obr. 2.24 S univerzálním vřeteníkem [8]



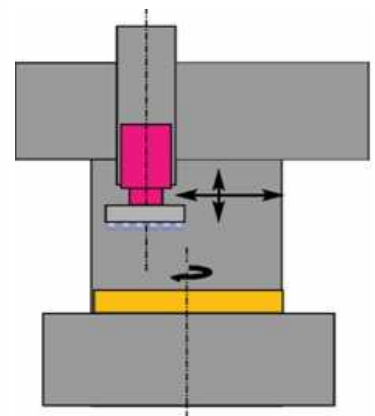
Obr. 2.25 S pevným příčnickem horizontálním vřeteníkem [8]



Obr. 2.25
S pevným příčníkem,
výkyvnou hlavicí a
vertikálním vřeteníkem [8]

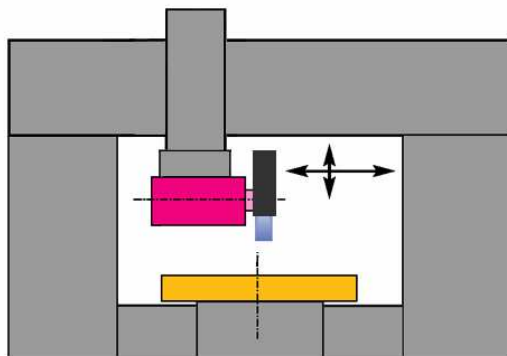


Obr. 2.26
S pevným příčníkem
a vícenásobným
vřeteníkem [8]

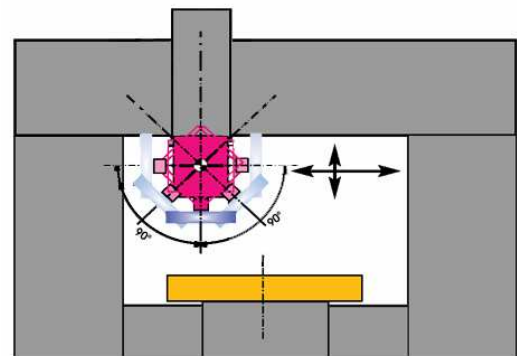


Obr. 2.27
S pevným příčníkem a
vertikální hlavou [8]

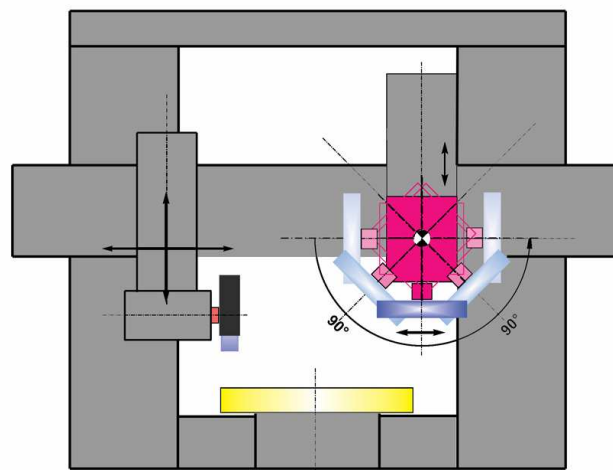
2) Portálové:



Obr. 2.25
S horizontálním vřeteníkem [8]

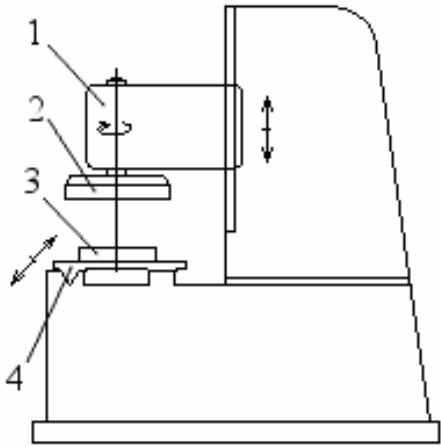


Obr. 2.29
S univerzálním vřeteníkem [8]



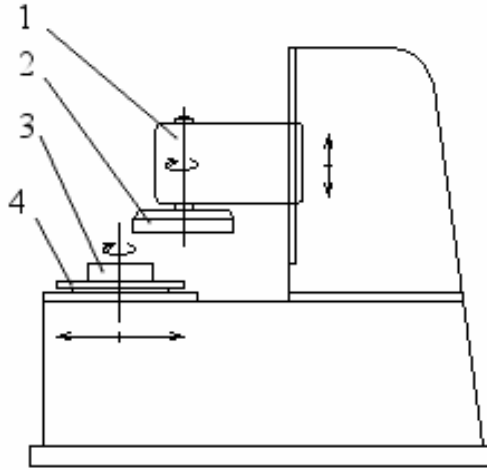
Obr. 2.30
S přestavitelným příčníkem a univerzálním a horizontálním vřeteníkem [8]

2.3.1.2 Rovinné brusky obrábějící čelem brousícího kotouče:



Obr. 2.31

Bruska s vertikálním vřeteníkem a podélným posuvným stolem [1]



Obr. 2.32

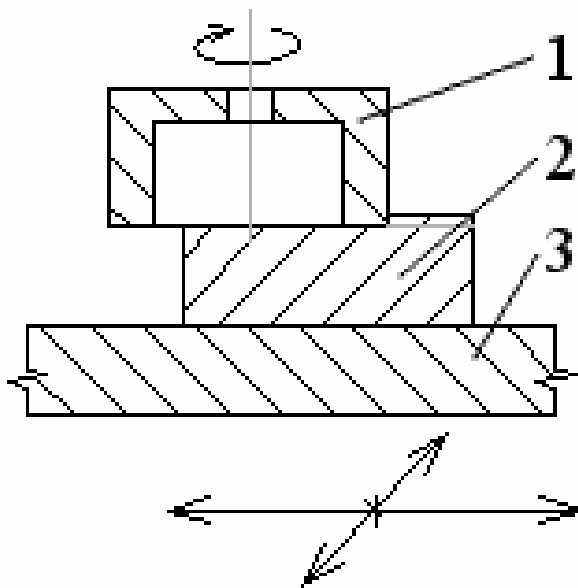
Bruska s vertikálním vřeteníkem a otočným stolem [1]

Legenda: 1) – Brousící vřeteník, 2) – Brousící kotouč, 3) – Obrobek, 4) – Stůl

2.3.2 Způsoby broušení na rovinných bruskách:

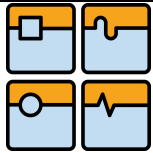
1) Čelní :

Tímto způsobem se brousí obrobky, které mají vysoké požadavky na kvalitu i přesnost obráběné plochy. U čelního broušení je nižší výkonnost [1].



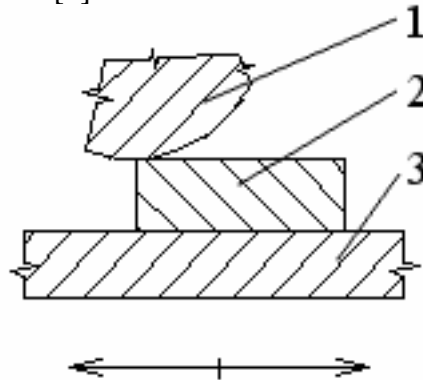
Obr. 2.33 Čelní broušení [1]

Legenda: 1) – Brousící kotouč, 2) – Obrobek, 3) – Stůl



2, Obvodové jemné (vratné):

Při obvodovém jemném broušení probíhá více pracovních zdvihů. Obrobek se pohybuje vysokou rychlostí (až $v_B=30\text{m/min}$). Brusný kotouč je do řezu posouván postupně, po velice malých přísuvech $s=0,05-0,005\text{mm}$. Výhoda tohoto způsobu broušení spočívá v malém tepelném zatížení obrobku. Nevýhody jsou malý úběr a vznik rázu v okamžiku, kdy brousící kotouč vstupuje do záběru [1].

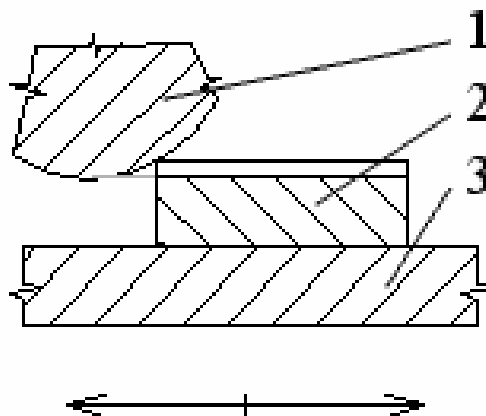


Obr. 2.34 Obvodové jemné broušení [1]

Legenda: 1) – Brousící kotouč, 2) – Obrobek, 3) – Stůl

3, Obvodové (úběrové):

Obrobek je obroben obvykle během jednoho nebo dvou pracovních zdvihů. Úběr materiálu je při hrubování přibližně $r=0,5\text{mm}$, při dokončování přibližně $r=0,05\text{mm}$. Velikost posuvu je $s=30-300\text{m/min}$. Tepelné a mechanické namáhání je vyšší než u předchozího způsobu. Kvůli větší záběrové ploše brousícího kotouče je potřeba delší pracovní zdvih. U obvodového (úběrového) způsobu broušení je poměrně vysoká výkonnost [1].



Obr. 2.35 Obvodové (úběrové) broušení [1]

Legenda: 1) – Brousící kotouč, 2) – Obrobek, 3) – Stůl

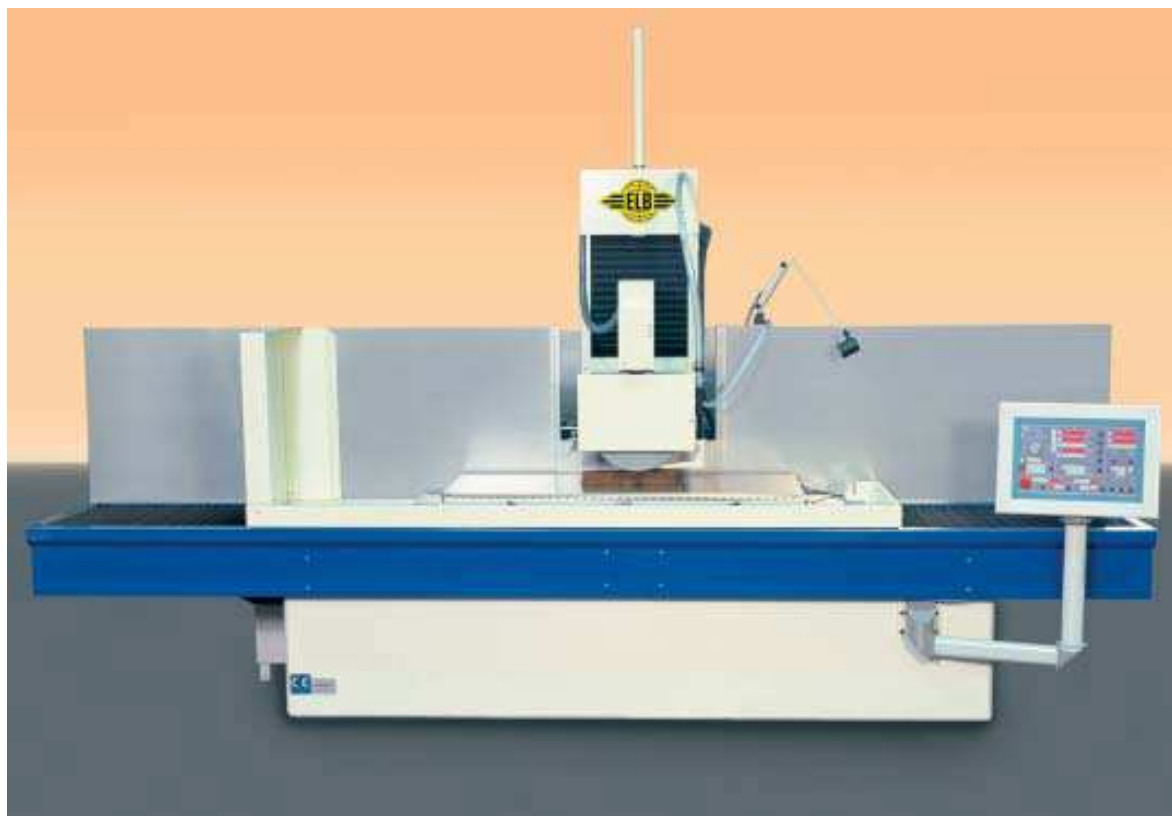
2.3.3 Výrobci rovinných brusek:

2.3.3.1 Firma: ELB

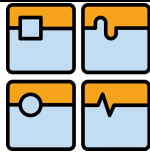
Firma má pobočky v Německu ,USA a ve Francii. Firma vyrábí stroje s vysokou přesností. Vyrábí rovinné brusky, jed noučelové brusky, profilové a vnitřní brusky. Portálové brusky pro velké rozměry obrobků. Lože těchto strojů jsou vyráběny z mikrogranitanu. Mikrogranitan je materiál s vysokou teplotní stabilitou a vynikající tlumící schopností, což znamená, že můžeme využívat stroj při vysokém výkonu a tím získat obrobky velmi vysoké kvality za podstatně menší strojní časy [9].

Rovinná bruska ELB Perfekt BD:

Vysoce přesná bruska, která má lože z mikrogranitanu. Vedení je buď pokryto syntetickým materiálem, který snižuje tření na minimum, nebo hydrostatickým materiálem. Délka broušení je v rozmezí $l=600-2000\text{mm}$. Šířka broušení $b=600-750\text{mm}$ a výška $o=400-600\text{mm}$ [9].



Obr. 2.36 Rovinná bruska ELB Perfekt BD [10]



2.3.3.2 Firma: Peter Wolters GmbH

Německá firma Peter Wolters byla založena již roku 1804. Je jedním z předních světových firem, které vyrábí stroje pro broušení, lapování a všechny dokončovací operace[10].

Rovinná oboustranná bruska Peter Wolters DDG 450

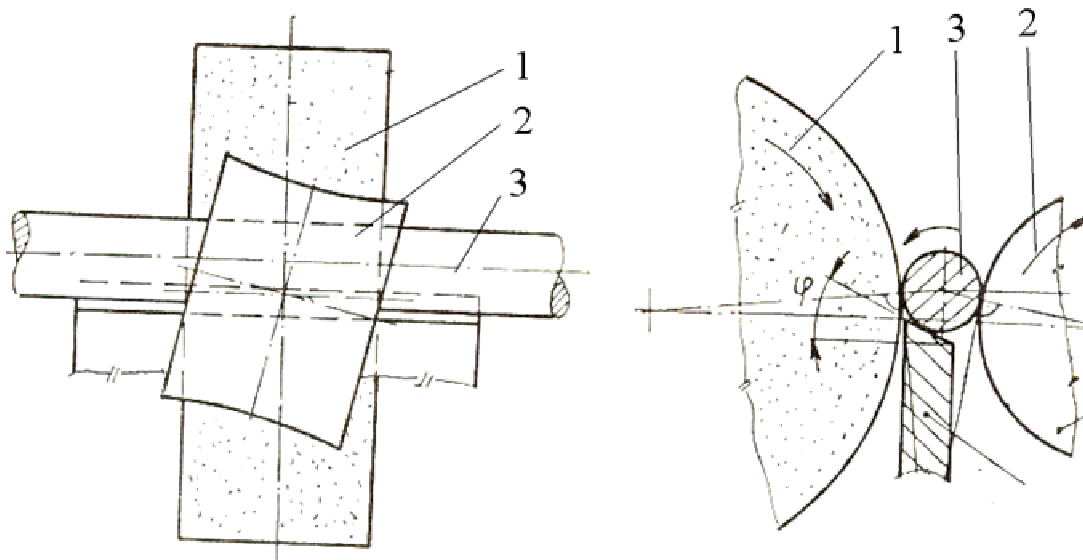
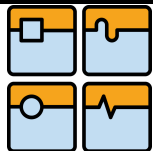
Stroj dosahuje vynikajících hodnot v kvalitě povrchu, rovinnosti, rovnoběžnosti a v toleranci tloušťky stěny. Je nenáročný na místo kvůli svým malým rozměrům. Průměr brousícího kotouče až $d_k = 457\text{mm}$. Šířka brousícího kotouče je $b_{b_k} = 80\text{mm}$. Posuv brusného kotouče $s = 0,001 - 0,1\text{mm}$. Pracovní prostor stroje je $l \times b = 1400 \times 1800\text{ mm}$ [10].



Obr. 2.37 Rovinná oboustranná bruska Peter Wolters DDG 450 [10]

2.4 Vnější brusky bezhroté:

Tímto způsobem se provádí broušení vnějších válcových, tvarových a kuželových ploch. Mohou se brousit i plochy vnitřní. Obrobek se otáčí mezi brousícím a podávacím kotoučem. Zespoda je obrobek podepřen podpěrnou lištou. Lišta je skloněna o úhel $\varphi = 30^\circ - 45^\circ$. Tření mezi obrobkem a podávacím kotoučem musí být větší než obvodová síla mezi brusným kotoučem a obrobkem, a to proto, aby byl obrobek unášen. Používá se tam, kde jde jen stěží upnout obrobek. Velkou výhodou je, že obrobek není namáhán na krut a ani na ohyb jako např. na hrotových bruskách. Nemusíme používat upínací a středící důlky, brousící čas je kratší o upínání a při automatizovaném podávání obrobků odpadá i čas pro podávání. Velmi dobré je zachycení řezných sil, které se zachycují z obrobku na podávací kotouč, který je přesně naproti brousícímu kotouči. Využívá se zde velkých výkonů. Některé brusky mohou současně brousit i orovnávat kotouč. Používá se ve velkosériové i malosériové výrobě. Chladí se olejem nebo v emulzi. Rozeznáváme dva základní typy bezhrotého broušení a to broušení průchozí a zapichovací [1], [2].



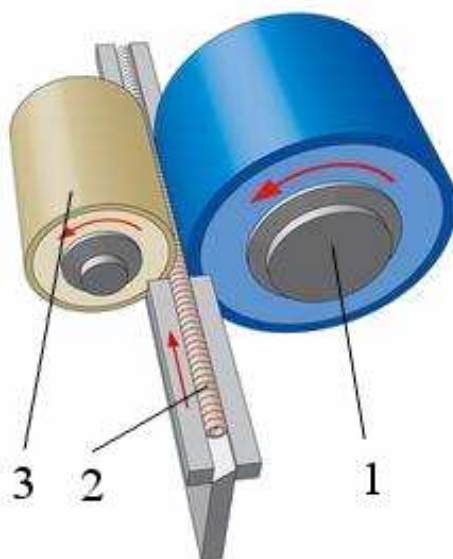
Obr. 2.38 Bezhruté broušení [1]

Legenda: 1) – Brousící kotouč 2) – Podávací kotouč 3) – Obrobek

2.4.1 Způsoby bezhrutého broušení

1) Průchozí broušení

Při průchozím broušení obrobek souvisle projíždí mezi podávacím a brousícím kotoučem. Brousí se jeden stejně velký průměr a stejný tvar obrobku. Podávací kotouč bývá nejčastěji skloněn o úhel $\psi = 1,5^\circ - 3,5^\circ$, což způsobuje pohyb obrobku. Pokud je automatizované podávání a vykládání obrobku, obrobky procházejí strojem bez přestání. Tímto způsobem se brousí např. písty, hřídele atd [1], [11].



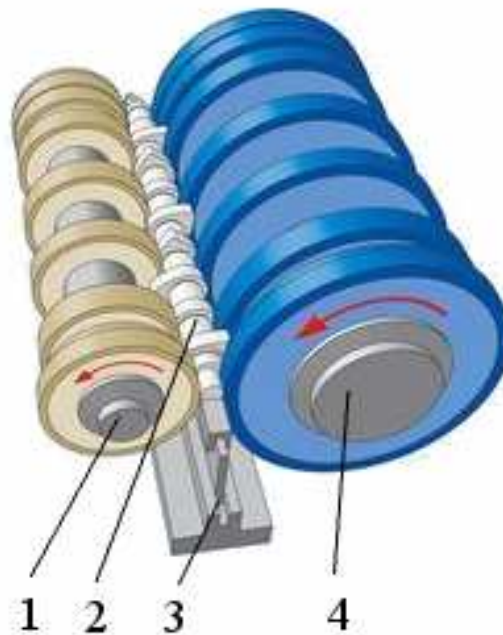
Obr. 2.39 Průchozí bezhruté broušení [11]

Legenda: 1) – Brousící kotouč 2) – Obrobek 3) – Podávací kotouč



2) Zapichovací broušení

Při tomto způsobu broušení má brousící podávací kotouč i podpěrná lišta stejný tvar jako obrobek tzv. negativní profil obrobku. Takto můžeme brousit všechny průměry obrobku najednou. Požadovanou polohu obrobku zajišťuje axiální doraz. Zapichovací broušení se používá především ve velkosériové výrobě, protože jsou zde velké náklady na orovnění a výměnu obou kotoučů a výměnu podpěrné lišty. Čas pro tuto výměnu se dá snížit automatizovanou výměnou obou kotoučů a použitím hydraulického upínání podpěrné lišty [1], [11].



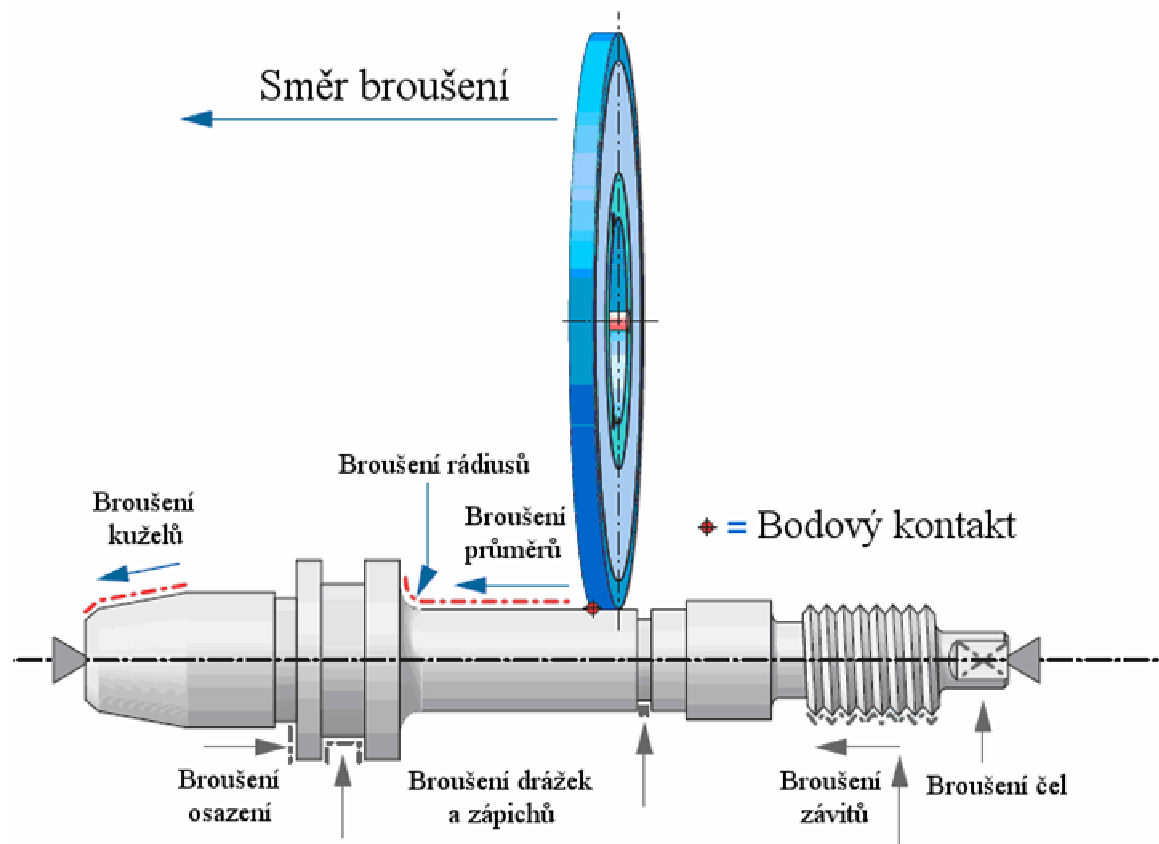
Obr. 2.40 .Zapichovací bezhroté broušení [11]

Legenda: 1) – Podávací kotouč 2) – Obrobek 3) – Podpěrná lišta 4) – Brousící kotouč

2.4.2 Výrobci bezhrotých brusek:

2.4.2.1 Firma: Junker

Skupina Junker sdružuje více firem. Má výrobní závody v Německu i v ČR. Firma má patentovaný způsob broušení QUICKPOINT. Je to vysoce flexibilní a produktivní metoda broušení. Podstata QUICKPOINT spočívá v bodovém kontaktu mezi brousícím kotoučem a obrobkem. Brousící kotouč je široký jen málo milimetrů. Osa brousícího kotouče je nakloněna vzhledem k ose obrobku, tím vznikne odlehčení, díky němuž se přímkový kontakt stane bodovým. Tím se minimalizuje řezná síla a můžeme snadno brousit štíhlé a křehké obrobky. Je možno obrábět plochy jako jsou závit, rádius, kužely, čela, zápichy, drážky atd. na obou stranách obrobku. Řezná rychlost je až $v_K = 140 \text{ m/s}$. Můžeme brousit i netradiční materiály jako např. titan nebo keramika [11].

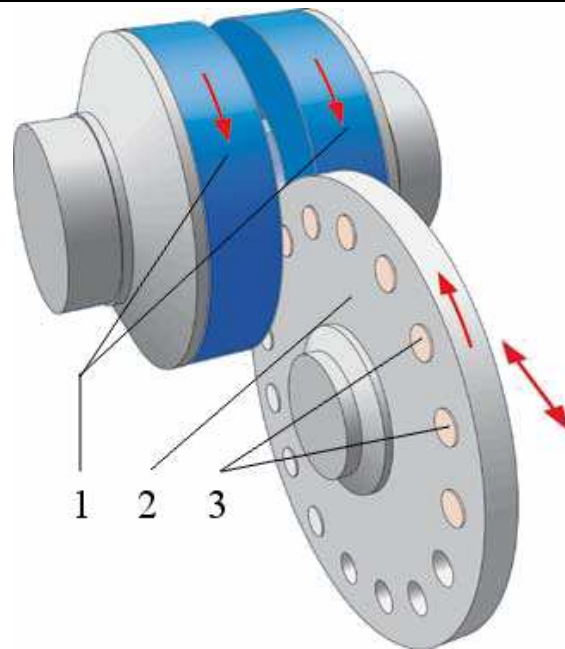
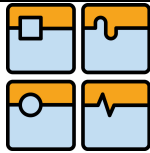


Obr. 2.41 Technologie broušení QUICKPOINT [11]

Firma používá také technologii oboustranného broušení. Při tomto způsobu obrábění je obrobek obroušován na jeho vnějších rovnoběžných stranách současně dvěma svislými brousícími kotouči. Uspořádání brousících kotoučů je takové, že obrobek je na požadovaný rozměr obroušen až na konci brusného pásma. Hmotnost obrobku nemá žádný vliv na výsledek broušení, protože je veden kolmo mezi brousícími kotouči. Stroj je schopen brousit ve třech technologických variantách a to rotačním, lineárním průchozím a oscilačním způsobem [11].

1) Rotační broušení

Je metoda, která je velmi přesná a má vysoký výkon. U rotačního způsobu jsou obrobky umístěny na rotačním podavači. Brousí se např. vačky, ojnice, tělesa ložisek, brzdové destičky, rotorové plechy atd [11].

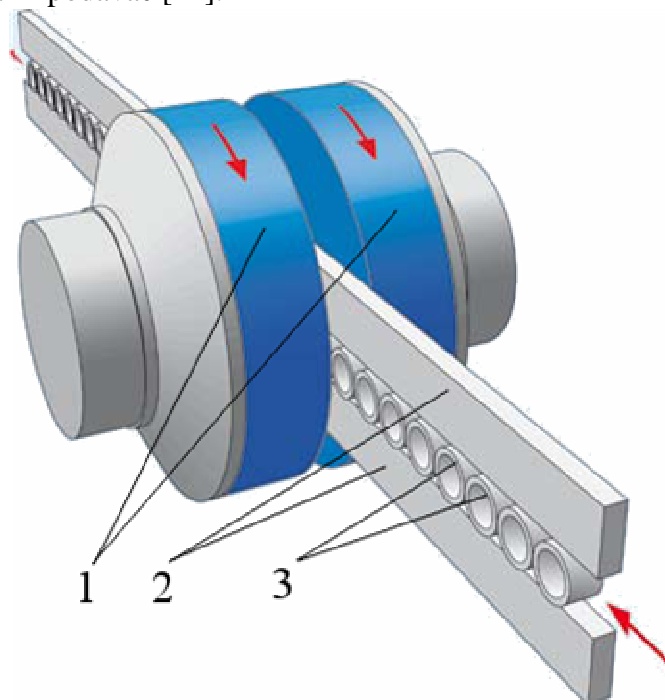


Obr. 2.42 Rotační oboustranné broušení [11]

Legenda: 1) – Brousící kotouče 2) – Rotační podavač 3) – Obrobky

2) Lineární průchozí broušení

Je velmi výkonná metoda, která se používá především pro broušení rotačně symetrických obrobků jako jsou kroužky valivých ložisek, lamely spojek atd. Obrobek lineárně prochází mezi dvěma brousícími kotouči a dvěma šikmými vodícími lištami. Pohyb obrobku zajišťuje lineární podavač [11].

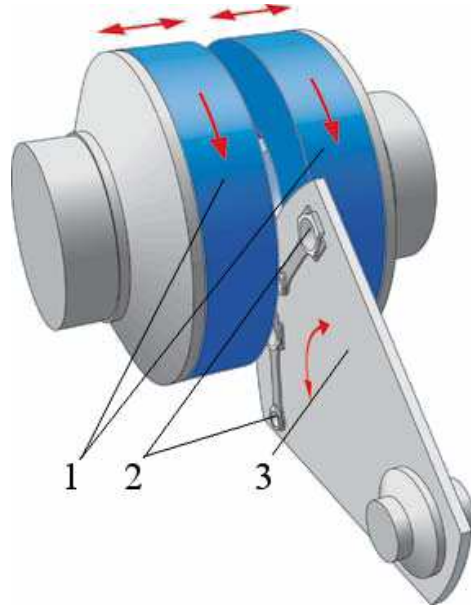


Obr. 2.43 Lineární průchozí broušení [11]

Legenda : 1) – Brousící kotouče 2) – Vodící lišty 3) – Obrobky

3) Oscilační broušení

Používá se pro tvarově složité obrobky s úběrem materiálu až do $r = 5$ mm např. ojnice a různé výkovky a odlitky. Podavač kmitá mezi dvěma brousícími kotouči a ty současně provádí zapichovací broušení [12].



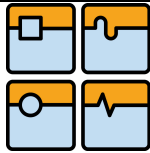
Obr. 2.44 Oscilační oboustranné broušení [11]
 Legenda: 1) – Brousící kotouče 2) – Obrobky 3) – Podavač

Bezhratá bruska firmy Junker JUPITER 500

Používá se pro velkosériovou i malosériovou výrobu. Osa podávacího kotouče, obrobku a brousícího kotouče leží na vzestupné přímce. Toto zaručuje, že podávací kotouč lépe roztočí obrobek, dříve než dojde ke kontaktu s brousícím kotoučem. Lože jsou šikmě nakloněny, díky tomu se obrus lépe dostává ven z pracovního prostoru. Tento stroj umožňuje jak průchozí, tak zapichovací broušení. Maximální šířka brousícího kotouče je $b_k = 500$ mm [11].



Obr. 2.45 Bezhratá bruska Jupiter 500 [11]



Bezhratá bruska firmy Junker Saturn

Stroj Saturn používá technologii oboustranného broušení. Stroj je schopen brousit ve všech třech technologických variantách a to rotačním, lineárním průchozím a oscilačním způsobem. Používá se pro velké i malé série výrobků. Výhodou je velmi vysoký výkon, snadné upínání malých obrobků a jednoduchá výměna brousících kotoučů. Maximální průměr obrobku při rotačním broušení $b_r=200\text{mm}$, při lineárním $b_r=320\text{mm}$. Průměr brousícího kotouče může být až $b_K=660\text{mm}$ [11].



Obr. 2.45 Oboustranná bezhratá bruska Saturn firmy Junker [11]

2.4.2.2 Firma: Bhagwansons

Indická firma, která byla založena roku 1964. Je to renomovaný výrobce a dodavatel brusek s vysokou přesností. Firma dodává brusky do celého světa. Brusky této firmy se používají v leteckém průmyslu, automobilovém průmyslu a v mnoha dalších odvětvích strojírenství [13].

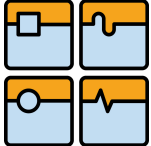
Bezhratá bruska Bhagwansons HCG 250

Tato bruska umožňuje průchozí i zapichovací způsob broušení. Je to velmi přesný stroj. Brousící a podávací kotouč jsou uloženy ve velice přesných hydrodynamických ložiskách. Výměna brousícího kotouče je rychlá a snadná. Řezná rychlost brousícího kotouče je maximálně $v_k=33\text{m/s}$. Maximální průměr obrobku je $b_r=250\text{ mm}$. Úhel sklonu podávacího kotouče až do $\psi = 6^\circ$ [13].



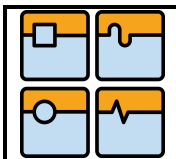
Obr. 2.46 Bezhratá bruska Bhagwansons HCG 250 [13]

Legenda: 1) – Brousící kotouč 2) – Podávací kotouč

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 35
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

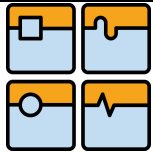
Závěr

Broušení je velice důležitá dokončovací operace, která klade vysoké nároky na geometrickou přesnost, na drsnost povrchu a v poslední době také na dosažení co nejmenšího vnitřního pnutí, které vzniká po broušení. Výrobci brousících strojů se snaží splňovat tyto požadavky v nejvyšší možné míře, jedním z důvodů je také velký rozvoj technologií jako je soustružení nebo frézování, které se těmito vlastnostmi přibližují broušení a tudíž obava výrobců z konkurence a z vytlačování brousících strojů z trhu. Dále výrobci dodávají ke svým strojům různé příslušenství a zařízení, které zvyšují univerzalitu a jsou tím pádem atraktivnější pro zákazníka, protože mu umožňují obrábět obrobky rychleji a kvalitněji. Téměř každá hrotová bruska má přídavné zařízení pro broušení vnitřních rotačních ploch, vřetenou většinou bývá osazeno více brousícími vřeteníky atd. Mezi další příslušenství patří orovnávací přístroje, snímače broušených průměrů atd. Výrobci také věnují velkou pozornost a velké finanční prostředky na výzkum a vývoj nových technologií a na vylepšení částí strojů. Výsledkem je např.: technologie broušení Quickpoint, magneticky předeprnuté hydrostatické vedení a další novinky a inovace v oblasti brousících strojů. Brousící stroje jsou a budou i do budoucna velice důležité pro strojírenství a pro strojírenskou výrobu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 36
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Seznam použitých zdrojů

- [1] Borský, V. *Obráběcí stroje*, skriptum ES VUT. 1.vyd. Šlapanice: Olprint, 1992. 216s. ISBN 80-214-0470-1
- [2] Marek, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. 1. vyd. Kuřim, 2006. 281s. ISSN 1212-2572.
- [3] TOS a.s. [online]. c2007. [cit.2008-03-12]
Dostupné z < <http://www.tosas.cz> >
- [4] Kellenberger [online]. c2007. [cit.2008-03-14]
Dostupné z < <http://www.kellenberger.net> >
- [5] Studer. [online]. c2004. [cit.2008-03-15]
Dostupné z < www.studer.com >
- [6] Jung. [online]. c2004. [cit.2008-03-28]. Dostupné z
< <http://www.k-jung.com/redwork/do.php?layoutid=413&node=2141682792&language=2> >
- [7] Zdeněk, Zeman. *Renesance přesného broušení*[online]. c2007. [cit.2008-04-03]
Dostupné z < <http://www.mmspektrum.com/clanek/renesance-presneho-brouseni> >
- [8] FAVRETTO. [online]. c2007. [cit.2008-4-10]
Dostupné z < <http://ciessetrade.cz/FAVRETTO/Rovinne-brusky-horizontalni-vretenik> >
- [9] ELB. [online]. c2007. [cit.2008-4-20]
Dostupné z < <http://www.elb-schliff.de/cms/index.php?page=start&lang=en> >
- [10] Peter Wolters. [online]. c2007. [cit.2008-4-23]
Dostupné z < <http://www.peter-wolters.com> >
- [11] Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH. [online]. c2007. [cit.2008-4-29]
Dostupné z < <http://www.junker-group.com/csy/default.aspx> >
- [12] Kolář, Petr. *EMO Hannover potřetí – broušící stroje*[online]. c2007. [cit.2008-3-15]
Dostupné z < <http://www.mmspektrum.com/clanek/emo-hannover-potreti-brousici-stroje> >
- [13] Bhagwansons. [online]. c2007. [cit.2008-5-20]
Dostupné z < <http://www.bhagwansons.com> >

**Seznam použitých zkratk a symbolů**

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
Ra	[-]	Drsnost povrchu
b	[mm]	Šířka broušení
b_K	[mm]	Šířka brousícího kotouče
b_r	[mm]	Maximální průměr obrobku
d	[mm]	Oběžný průměr
d_K	[mm]	Průměr brousícího kotouče
h	[mm]	Výška hrotů
k	[nm]	Posun po ose y u magneticky předepnutého hydrostatického vedení
l	[mm]	Délka broušení
m	[kg]	Hmotnost obrobku
n	[mm]	Průřez třísky
o	[mm]	Výška broušení
p	[mm]	Vzdálenost hrotů
r	[mm]	Úběr materiálu
s	[mm]	Přísuv brusného kotouče
v_b	[m/min]	Rychlost obrobku při rovinném broušení
v_K	[m/s]	Řezná (obvodová) rychlost brousícího kotouče
v_v	[m/min]	Maximální rychlost vedení
O	[μ m]	Kruhovitost
\square	[mm]	Rovinnost
\perp	[mm]	Pravouhlost
α	[°]	Úhel hřbetu
β	[°]	Úhel břitu
γ	[°]	Úhel čela
δ	[°]	Úhel natočení unášecího vřeteníku
λ	[°]	Úhel natočení brousícího vřeteníku
φ	[°]	Úhel sklonu lišty u bezhrotých brusek
ψ	[°]	Úhel sklonu podávacího kotouče