



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Bezhraté broušení

Centerless grinding

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Jiří PLÁNSKÝ

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D.

BEZHROTÉ BROUŠENÍ



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Bezhruté broušení“ vypracoval samostatně pod vedením svého vedoucího Ing. BcA. Jana Podaného, Ph.D., a také svého konzultanta společnosti KMCZ Pardubice Ing. Petra Hampla, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci této práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne

Podpis autora

BEZHROTÉ BROUŠENÍ



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat všem, kteří mi při vytváření této práce pomáhali. Především děkuji svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. BcA. Janu Podanému, Ph.D., za věnovaný čas a cenné připomínky. Dále děkuji Ing. Petru Hamplovi, Ph.D., který v KMCZ zastává pozici Process Engineering Manager (manažer procesního inženýringu), za spolupráci a vedení přímo ve výrobním závodu v Pardubicích. V neposlední řadě děkuji také své rodině za podporu při tvorbě této bakalářské práce.

BEZHROTÉ BROUŠENÍ



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Abstrakt (Anotace)

Tato bakalářská práce analyzuje technologii broušení a především se zabývá technologií bezhrotého broušení. Dále vyzdvihuje technologické možnosti a konkrétní využití bezhrotého broušení při výrobě KMCZ pístních tyčí v Pardubicích, které jsou nedílnou součástí tlumičů automobilů. Tato práce má čtenáři blíže představit výhody i nevýhody bezhrotého broušení, zejména ve srovnání s broušením mezi hroty a dalšími technologiemi třískového obrábění.

Abstract (Annotation)

This bachelor thesis analyzes the grinding technology and mainly deals with centerless grinding technology. It further deals with technological possibilities and concrete use of centerless grinding in piston rods production of KMCZ Pardubice. Piston rods are an integral part of car silencers. This work looks closer at the advantages and disadvantages of centerless grinding, especially when compared to center grinding and other chip formation technologies.

BEZHROTÉ BROUŠENÍ



OBSAH:

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Úvod | 1 |
| 2 | Princip broušení | 2 |
| 2.1 | Úvod do broušení | 2 |
| 2.2 | Broušení - rozdělení | 2 |
| 2.3 | Profesionální přístup k broušení..... | 6 |
| 2.4 | Charakteristika broušení - princip..... | 6 |
| 3 | Princip bezhrotého broušení..... | 9 |
| 3.1 | Charakteristika bezhrotého broušení | 9 |
| 3.2 | Vkládání obrobku..... | 9 |
| 3.3 | Polohy obrobku..... | 9 |
| 3.4 | Tvar a průměr obrobku | 10 |
| 3.5 | Výhody bezhrotého broušení | 11 |
| 3.6 | Nevýhody bezhrotého broušení | 11 |
| 4 | Technologické možnosti | 12 |
| 4.1 | Bezhroté broušení průběžné (průchozí) - charakteristika..... | 12 |
| 4.2 | Rozměry obrobku a brusného kotouče..... | 13 |
| 4.3 | Poslední záběr..... | 13 |
| 4.4 | Tvar obrobku v závislosti na počtu otáček | 13 |
| 4.5 | Zapichovací broušení - charakteristika..... | 15 |
| 4.6 | Použití | 15 |
| 4.7 | Dojiskření | 16 |
| 4.8 | Poloha obrobku v pracovním prostoru | 17 |
| 4.9 | Podpěrná a vodící pravítka..... | 20 |
| 5 | Stroje pro bezhroté broušení | 22 |
| 5.1 | Rozdělení..... | 22 |
| 5.2 | Bezhroté brusky - princip..... | 22 |
| 6 | Výrobci bezhrotých brusek..... | 23 |
| 6.1 | Bhagwansons (CG 100, CNC)..... | 23 |
| 6.2 | Micron USA (MPC-300, MPC-600V)..... | 26 |

BEZHROTÉ BROUŠENÍ



| | | |
|-------------------------|--|--|
| BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | | Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie |
| 6.3 | Bracek (CGM 320)..... | 27 |
| 6.4 | Garboli TRIS | 28 |
| 6.5 | Palmary | 29 |
| 7 | Nástroje – broušící kotouče, pásy..... | 30 |
| 7.1 | Charakteristiky nástrojů | 30 |
| 7.2 | Broušící kotouče | 30 |
| 7.3 | Materiály brusiva..... | 31 |
| 7.4 | Pásy | 33 |
| 8 | KMCZ písní tyče..... | 34 |
| 8.1 | KMCZ..... | 34 |
| 8.2 | Stroje v KMCZ | 37 |
| 8.3 | SA (zadní tlumič) – postup výroby..... | 41 |
| 8.4 | ST (přední tlumič) – postup výroby | 44 |
| 9 | Závěr | 47 |
| | Seznam použité literatury..... | 48 |
| | Seznam obrázků..... | 50 |



1 Úvod

Od dob, kdy člověk pochopil účinky abrazivního styku dvou těles, patří broušení historicky mezi nejstarší metody obrábění materiálů. Broušení bylo využíváno lidmi již v prehistorických dobách k výrobě nebo úpravě životně důležitých pomůcek. Především sloužilo k ostření pracovních nástrojů a zbraní. V současné době je broušení využíváno jako hlavní metoda dokončovacího obrábění ve strojírenské výrobě. S vývojem výkonných brousících nástrojů a brusek se význam broušení rozšiřuje z původní oblasti dokončování i na hrubovací operace a je zřejmé, že z hlediska produktivity i výrobních nákladů může konkurovat ostatním metodám obrábění.

Velký rozvoj automobilového průmyslu, leteckého průmyslu, výroby ložisek, přesného strojírenství, výroby obráběcích strojů a mnoha dalších oborů si vyžádal výrobu vysoce přesných součástí. Jedním z dokonalých způsobů výroby takových součástí je broušení. Broušení spolu s vývojem uvedených oborů prodělalo rovněž velký rozvoj směřující ke stále se zvyšující kvalitě, přesnosti a výkonu. Požadavky, které jsou dnes běžné co do přesnosti a kvality povrchu, byly před několika lety špičkové. Tento vývoj výrazně zrychlily nové měřicí metody. Co bylo dříve téměř nezměřitelné a nesrovnatelné, je dnes pomocí moderních měřících přístrojů vyhodnocováno naprosto exaktně.

Tato bakalářská práce se zabývá především technologií bezhrotého broušení. Analyzuje jednotlivé typy bezhrotého broušení a vyzdvihuje přednosti a vhodnost této technologie pro konkrétní, především rotační součásti. Aby se vyhovělo stále větším požadavkům, které moderní technika klade na přesnost rozměrů, kvalitu obrobeného povrchu a na hospodárnost výroby strojních součástí, je nutno používat povrchových bezhrotých brusek, které jsou jednoduché a velmi výhodné pro rozsáhlou automatizaci, a proto nepostradatelné v hromadné výrobě. Tyto stroje mají značné výkony, snadno se obsluhují, pracují s velmi krátkými vedlejšími časy, a proto jsou hospodárnější než brusky hrotové, které se ovšem vždy bezhrotými bruskami nahradit nemohou.



2 Princip broušení

2.1 Úvod do broušení

Broušení (ruční) patří k nejstarším způsobům obrábění. Jedná se o dokončovací metodu se širokým uplatněním téměř pro všechny funkční plochy součástí s požadavkem na vzájemnou vyměnitelnost. Broušením je prakticky možné obrábět plochy všech tvarů. Řezná rychlost při broušení je proti ostatním metodám obrábění mnohem vyšší (řádově desítky $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), jelikož průřez třísky odebírané jedním břitkem je velmi malý. Broušení umožňuje také opracování materiálů, pro které je jiný způsob obrábění velice obtížný. Lze brousit tvrdé kalené a cementované součásti, slinuté karbidy i jiné tvrdé kovové a nekovové materiály, například sklo. Broušením je také možné obnovovat řezivost nástrojů, což se nazývá ostření. [1]

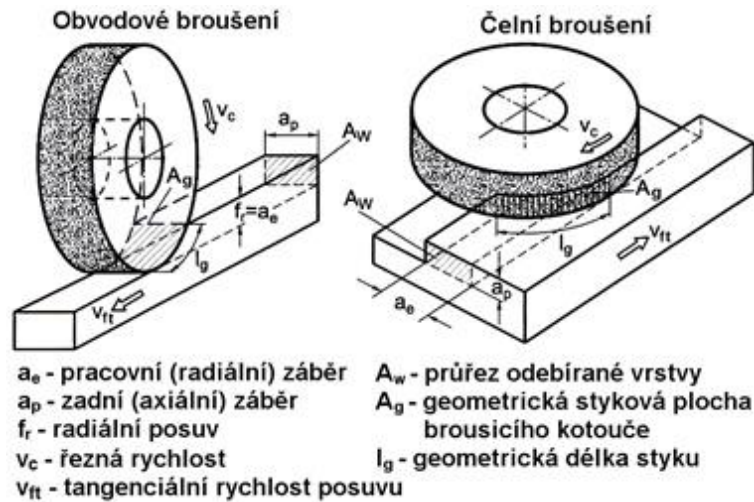
2.2 Broušení - rozdělení

Existují dva základní způsoby broušení s rozdílnou kinematikou: broušení rotačních ploch a rovinné broušení. Z hlediska tvaru broušené plochy lze broušení rozdělit na:

- broušení vnějších válcových ploch – mezi hroty (hrotové) nebo bez hrotů,
- broušení vnitřních válcových ploch – ve sklíčidle nebo bez sklíčidla,
- broušení rovinných ploch – obvodem nebo čelem kotoučem,
- broušení tvarových ploch – nejčastěji tvarovým kotoučem. [2]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie



Obr. 1.: Princip rovinného broušení [1]

| | | Rovinné broušení - pohyb stolu | | Broušení do kulata | |
|---------|--------------|--------------------------------|---------|--------------------|----------------|
| | | přímocary | otáčivý | Vnější plochy | Vnitřní plochy |
| Axiální | | | | | |
| | Tangenciální | | | | |
| | | Radiální | | | |

n_s - frekvence otáčení brousícího kotouče, n_w - frekvence otáčení obrobku,
 v_{fa} - axiální rychlost posuvu stolu, v_{ft} - tangenciální rychlost posuvu stolu,
 v_{fr} - radiální rychlost posuvu kotouče,
 f_a - axiální posuv stolu, f_r - radiální posuv kotouče

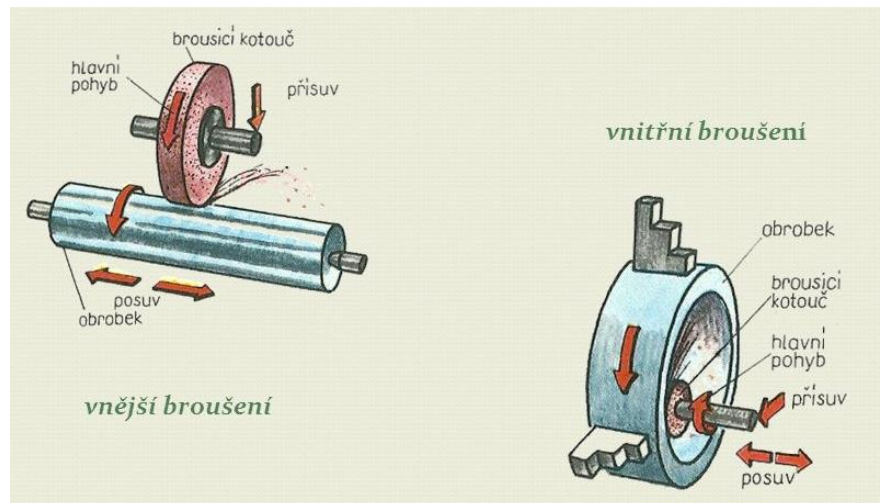
Obr. 2.: Obvodové broušení [6]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Vnější axiální broušením do kulata se obrábí dlouhé součásti. U tuhých obrobků lze takzvaným axiálním hloubkovým broušením odebrat celý přídavek. Podobně jako válcové plochy se brousí táhlé kuželové plochy při sklonu pracovního stolu brusky. Zapichovacím způsobem se obrábí krátké tuhé součásti, kdy se celý přídavek odebírá na jeden příčný posuv. Šířka broušícího kotouče musí být větší než šířka broušené plochy obrobku. [10]

Vnitřní axiální broušení do kulata se provádí broušícím kotoučem, jehož průměr je maximálně 0,9 průměru broušené díry. Obrobek se posouvá podélně ve směru osy. Při zapichovacím broušení je šířka broušícího kotouče větší než délka broušené plochy díry; užším kotoučem lze brousit i vnitřní drážky. Díry ve velkých součástech se brousí planetovým způsobem. Součást je nehybná, broušící kotouč se otáčí, jeho osa se otáčí kolem osy díry s podélným posuvem. [10]



Obr. 3.: Broušení vnitřních a vnějších válcových ploch [1]

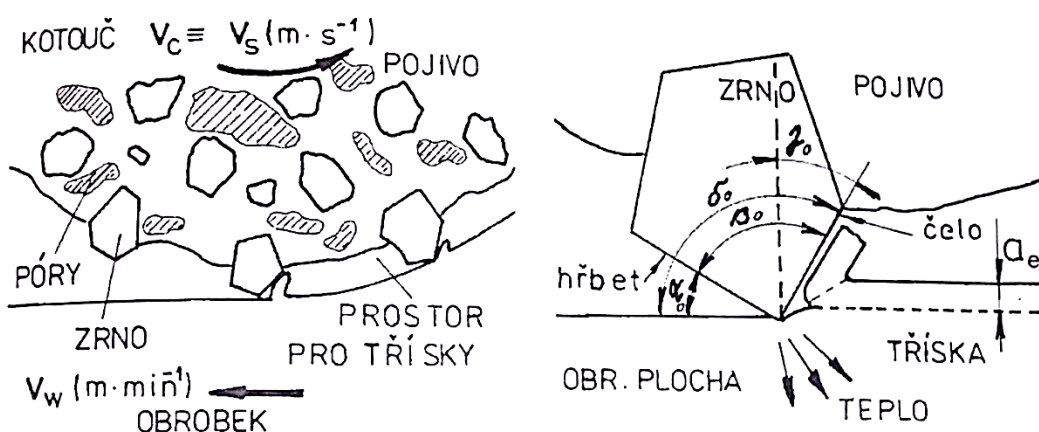


2.3 Profesionální přístup k broušení

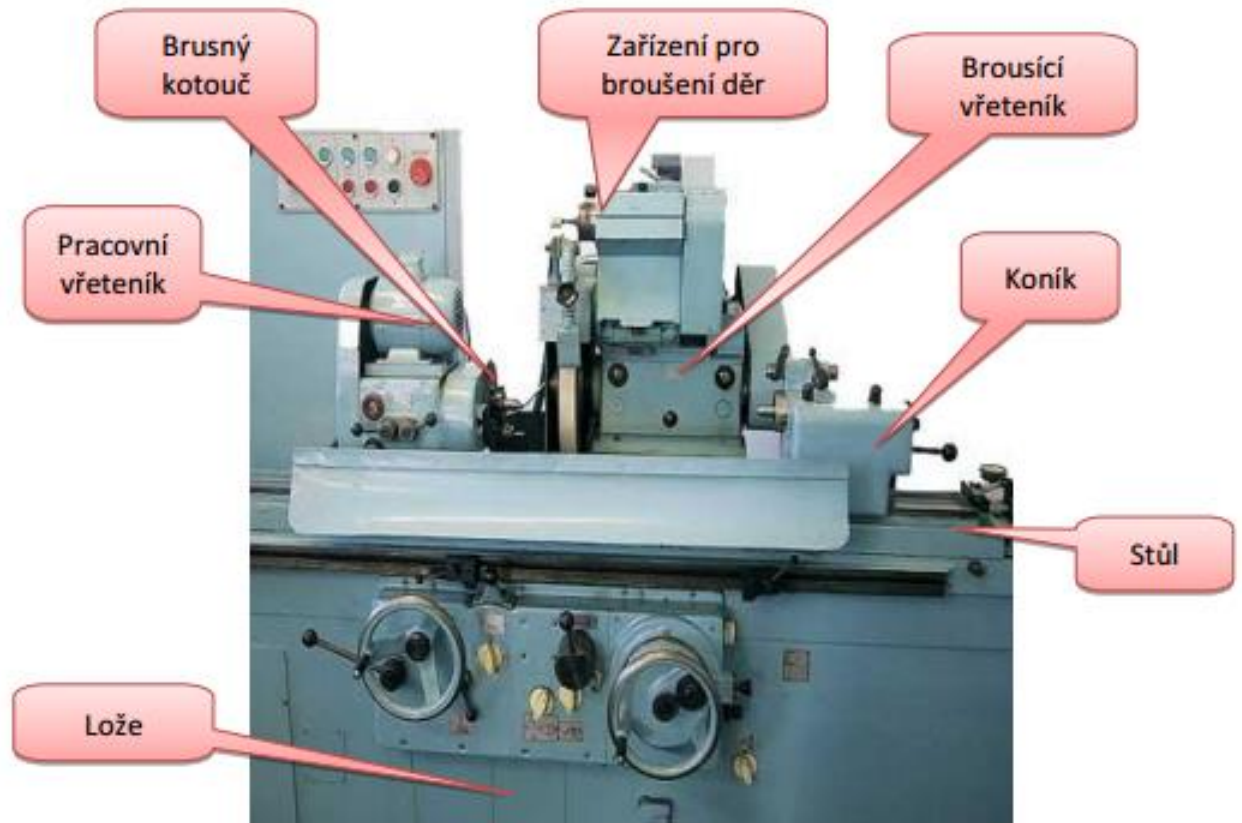
V současné době jsou v profesionálním přístupu k broušení stále větší nároky na co nejvyšší přesnost, která je spolu s výslednou drsností nejvýznamnějším požadavkem. Této kombinace je třeba dosáhnout v co nejkratším možném čase. Toho lze docílit využitím speciálního příslušenství a nových technologických standardů. Výrobní postupy 21. století jsou čím dál více založeny na bezobslužném provozu. [3]

2.4 Charakteristika broušení - princip

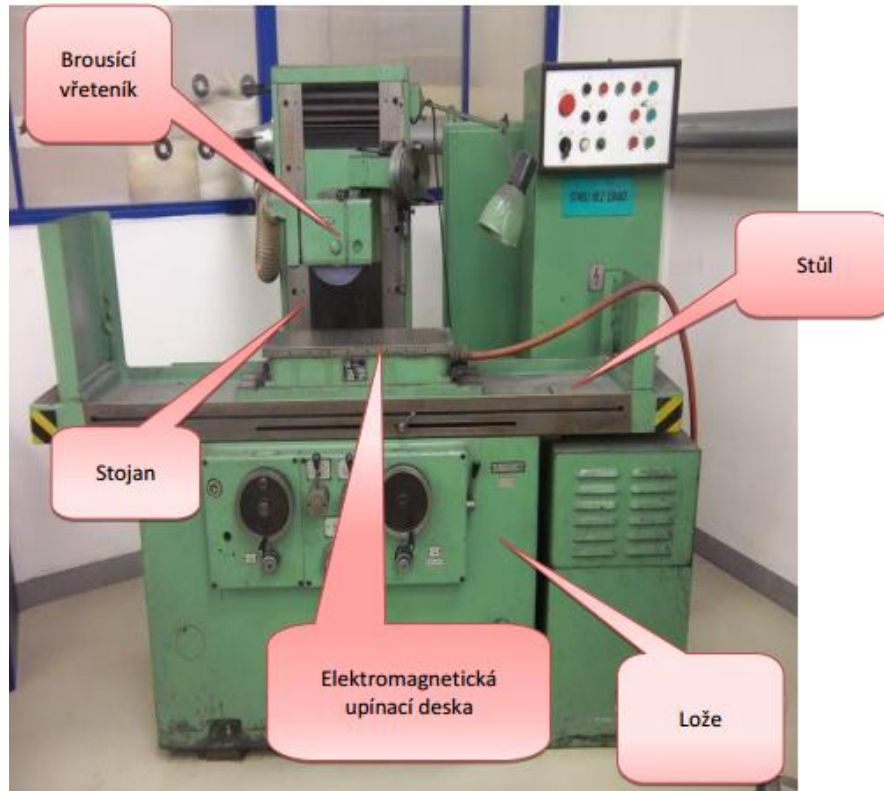
Jedná se o technologii obrábění mnohabřitým nástrojem s geometricky neurčitými břity. Řezný pohyb při broušení je výslednicí pohybu brousícího nástroje a obrobku. Obvodová rychlost brousícího kotouče je považována za řeznou rychlost, jelikož je nepoměrně větší. Oddělování třísek při broušení je v podstatě analogické jako při frézování. Broušením se dosahuje zpřesnění tvaru (rovinnost, válcovitost), rozměru a snížení drsnosti předzhotoveného povrchu R_a 1,6 až 0,2 μm . Obrobená plocha se ohřívá a vzniklé povrchové pnutí může být příčinou trhlinek. Jejich vzniku se zabráňuje vydatným chlazením a také vhodnou volbou brusiva a pracovních podmínek. [4]



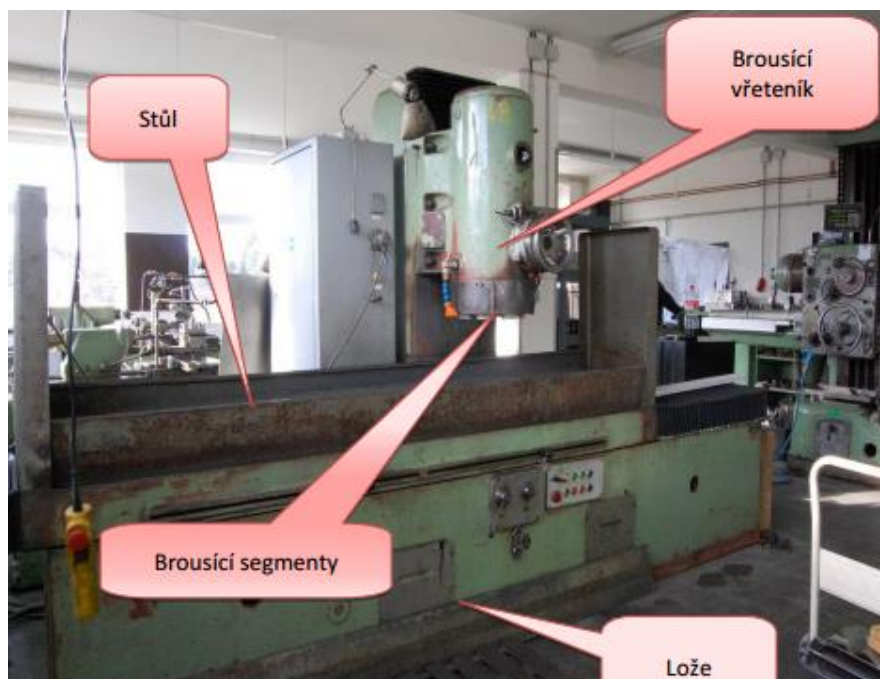
Obr. 5.: Záběrové podmínky břítu brousícího kotouče [4]



Obr. 6.: Hrotová bruska [10]



Obr. 7.: Rovinná bruska vodorovná [10]



Obr. 8.: Rovinná bruska svislá [10]



3 Princip bezhrotého broušení

3.1 Charakteristika bezhrotého broušení

Základní technologie bezhrotého broušení je založena na rotujícím obrobku mezi brusným a podávacím válcem, který se opírá o opěrnou lištu. Podávací válec se otáčí nízkými otáčkami a vyvolává pouze osový posuv součásti. Brusný válec rovnoměrně obrábí povrch obrobku a je až 2x větší než válec posuvu, kvůli zvýšení brusné rychlosti. [5]

3.2 Vkládání obrobku

Při bezhrotém broušení vnějších válcových ploch se obrobek neupíná do hrotů nebo sklíčidla. Obrobek se vkládá volně (bez upínání a středění) do mezery mezi brusným a podávacím kotoučem na opěrné pravítko, kde je unášen a broušen brousicím kotoučem. Podávacím kotoučem je obrobek brzděn na žádanou rychlost otáčení. Brusný kotouč se otáčí rychleji (s otáčkami 1200 až 2000 ot/min), otáčející podávací (unášecí) kotouč pomaleji (6 až 350 ot/min). Obvodová rychlost brousicího kotouče je stejná jako při broušení mezi hroty. [6]

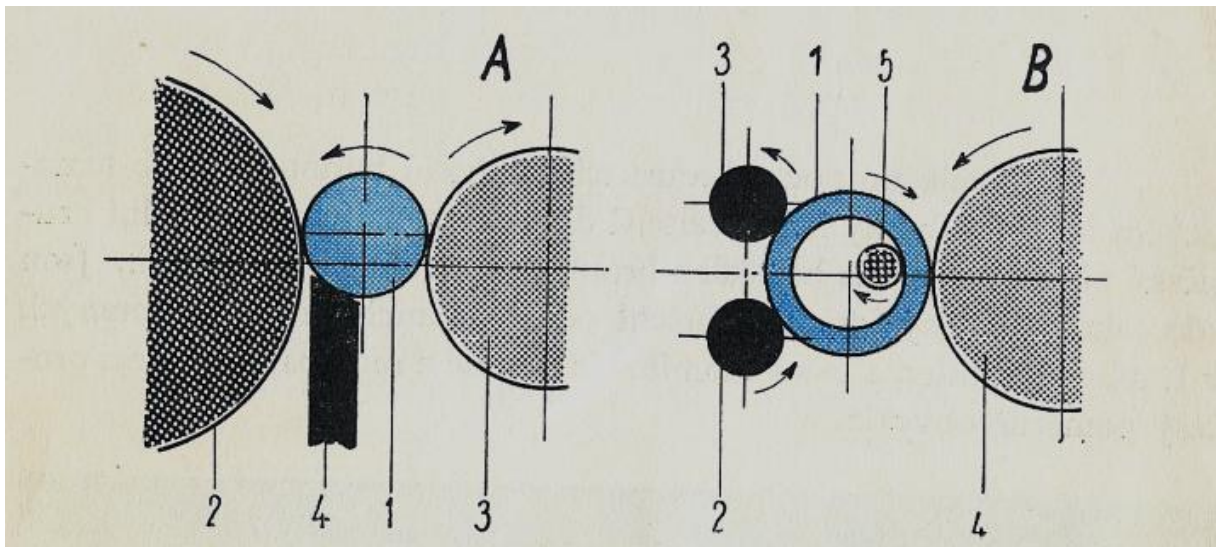
3.3 Polohy obrobku

Při bezhrotém broušení vnitřních válcových ploch (děr) se obrobek svým vnějším povrchem opře o podpěrnou kladku, přídržnou kladku a unášecí kotouč, aby jeho vnitřní povrch mohl být broušen kotoučem. Osa obrobku je asi 5 až 30 mm nad osami obou kotoučů. Obrobek spočívá v prizmatickém vedení mezi opěrným pravítkem a podávacím kotoučem, otáčí se, je broušen a přitom dosedá ve třech přímkách na brusném a podávacím kotouči a na opěrném pravítku. Tím se docílí kruhovitosti obrobku. [7]



3.4 Tvar a průměr obrobku

Kruhového tvaru neokrouhlých obrobků se dosahuje broušením postupně. Spojnicí mezi osou brusného a podávacího kotouče, která prochází středem obrobku, je vzdálenost obvodových ploch obou kotoučů určena průměrem obrobku jako nejnižší místo brusné mezery. Větší průměr by způsobil, že podávací kotouč by odstrčil obrobek na brusný kotouč, jenž by do něho vbrousil prohlubeninu. Při takovém seřízení nebudou obrobky nikdy kruhové. Takový neokrouhlý tvar se nazývá hranatý. Účinek přesného kruhového broušení se zesiluje našikmením opěrného pravítka. Hranatost obrobku je jednou z typických závad, které se vyskytují při bezhrotém broušení. Nejzávadnější jsou obrobky s trojúhelníkovým profilem. [5]



Obr. 9.: Bezhroté broušení

A – vnější 1- obrobek, 2 - brousící kotouč, 3- unášecí kotouč, 4 - podpěrné pravítko

B – vnitřní 1- obrobek, 2 - podpěrná kladka, 3 - přídržná kladka, 4 - unášecí kotouč

5 - brousící kotouč [10]



3.5 Výhody bezhrotého broušení

Mezi hlavní výhody patří vysoká produktivita, nenáročná obsluha stroje, snadná automatizace a seřizování, plynulost průchozího broušení a také hospodárnost. Na rozdíl od broušení v hrotech není třeba střídit ani upínat obrobek, nový obrobek se vkládá již při broušení předcházejícího. Mezi další výhody bezhrotého broušení patří velký úběr, krátké časy, stačí menší přídávky na broušení a uspoří se tak materiál. Výhodné je také jednodušší nakládání a větší možnost použití nakládačů. Náklady na udržování brusek jsou nízké, lze brousit i malé průměry. [5]

3.6 Nevýhody bezhrotého broušení

Nevýhodou může být horší kruhovitost a vlnitost. Důležité je uložení podávacího kotouče a orovnění. Seřízení bezhrotých brusek je náročné na čas, nevyplatí se tudíž v kusové a malosériové výrobě. Další nevýhodou je, že nelze zajistit souosost bezhrotě broušené plochy s jinými již obrobenými plochami – broušení by muselo předcházet jiným operacím, nelze brousit přerušované plochy (drážka pro pero) – vodící kotouč by neunášel. [5]



4 Technologické možnosti

4.1 Bezhraté broušení průběžné (průchozí) - charakteristika

Nejhospodárnějším způsobem bezhratého broušení je průběžné broušení. Obrobky se posouvají ve směru své osy po opěrném pravítku a procházejí mezi podávacím a brusným kotoučem. Tím je umožněno nepřetržité broušení. Průběžná rychlost s závisí na velikosti úhlu sklonu α . [10]

$$s = \pi \cdot D_p \cdot n_p \cdot \sin \alpha \quad [mm/min], \quad (1)$$

kde D_p je průměr podávacího kotouče $[mm]$, n_p – počet otáček podávacího kotouče $[ot/min]$, α – úhel sklonu podávacího kotouče $[^\circ]$.

$$s' = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_p \cdot \sin \alpha}{1000} \quad [mm/min]. \quad (2)$$

Nepřehlédneme-li k opotřebenému brusnému kotouči během práce, zůstává vzdálenost mezi kotouči nezměněna. Příklad na broušení se obvykle neubírá najednou. Počet nutných záběrů (průchodů) závisí na předběžném stavu kruhovitosti, na velikosti přídatku, na materiálu, na požadované přesnosti, na požadované kvalitě obrobeného povrchu a na výkonnosti stroje. Hloubka řezu závisí hlavně na výkonnosti brusky, na kvalitě použitého brusného kotouče a také na materiálu obrobku. Po každé předběžné operaci se zvyšuje přesnost broušení až na konečný požadovaný stupeň.

Podpěrné pravítko zůstává rovnoběžné s osou brousícího kotouče. Prostor na stroji pro vkládání a výstup obrobků z brousícího pásma je oddělen, čímž je zajištěna proudová plynulá povaha práce.

Natočením podávacího kotouče dojde k rozkladu jeho obvodové rychlosti v_{pk} na dvě složky: vodorovnou v_{fa} , která zajišťuje axiální pohyb posuvový a svislou v_w , která otáčí obrobkem příslušnou obvodovou rychlostí.

Vzdálenost mezi brusným kotoučem a podávacím kotoučem je rovna průměru, na který se má obrobek brousit, a mění se jen, je-li to nutno (po opotřebením nebo orovnění kotouče), přistavením kotouče. Rychlost posuvu může být řízena v určitém rozsahu změnou sklonu a počtu otáček podávacího kotouče. [10]



4.2 Rozměry obrobku a brusného kotouče

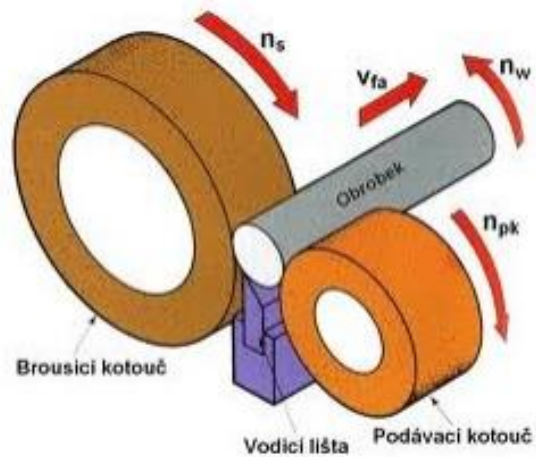
Při průběžném broušení závisí šířka brusného kotouče především na průměru obrobku. Dlouhé obrobky jsou delší, nebo alespoň tak dlouhé, jako šířka brusného kotouče. Nejsnadněji se seřizují stroje pro obrobky, jejichž délka se rovná šířce kotouče. Větší průměr broušícího kotouče je výhodou. Dochází k snazšímu úběru materiálu a kotouče větších průměrů jsou odolnější vůči opotřebení. Vykazují také vysokou tuhost, což je důležité při procesu broušení. [6]

4.3 Poslední záběr

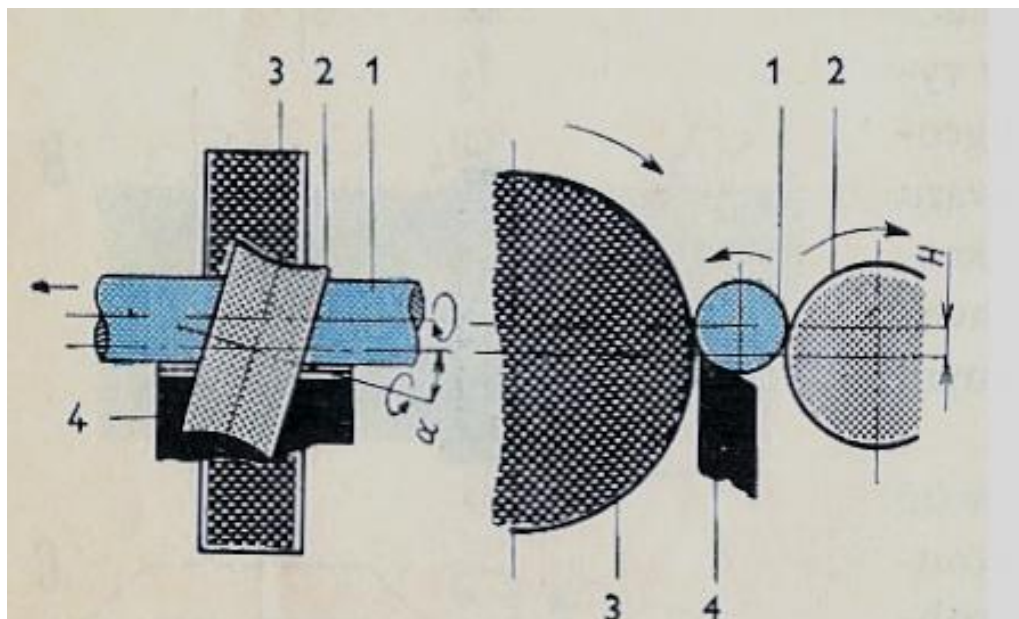
Při posledním záběru nesmí nikdy obrobek na konci proběhnout až za zadní hranu brusného kotouče. Posuv se musí zastavit na 10 až 30 % šířky brusného kotouče před jeho zadní hranou, podle váhy a délky obrobku. Obrobek je v klidu (neotáčí se), jinak by výstupní hrana kotouče na něm zanechala vrypy, nebo by se jeho konce zbrousily na menší rozměr. Zadní hrana brusného kotouče je proto na několik milimetrů osazená. [7]

4.4 Tvar obrobku v závislosti na počtu otáček

Při pomalém osovém posuvu se dosahuje lepší kruhovitosti, při rychlém osovém posuvu lepší válcové přímosti. Není-li tedy průběžně broušený obrobek přesně kruhový a je přímý, zvýší se počet otáček podávacího kotouče, kdežto při zapichovacím broušení se počet otáček podávacího kotouče sníží, mají-li být obrobky přesně kruhové. Velikost osového posuvu obrobku při průběžném broušení závisí na počtu otáček podávacího kotouče, na stupni drsnosti a na úhlu sklonu α podávacího kotouče. Obvodová rychlost unášecího kotouče se volí dle průměru obrobku, geometrické přesnosti polotovaru a velikosti přídávku. Přídavek na broušení je závislý na geometrické přesnosti polotovaru a neměl by přesahovat 0,3 mm. [5]



Obr. 10.: Průběžné broušení [2]



Obr. 11.: Bezroté broušení průchozí

1 - obrobek, 2 - unášecí kotouč, 3 - brousící kotouč,
4 - podpěrné pravítko, α – úhel sklonu unášecího kotouče [10]



4.5 Zapichovací broušení - charakteristika

Každý obrobek se brousí jednotlivě. Broušením zápichem se zpravidla obrábí součásti kratších délek, na rozdíl od průběžného způsobu broušení, kde obrobek koná osový pohyb. Brusný kotouč je širší než délka obrobku, největší délka se rovná šířce brusného kotouče, může být i různě tvarovaný pro obrábění například kuželových ploch. Osy kotoučů s opěrnou plochou vodicí lišty jsou rovnoběžné. Obrobek je vkládán mezi brousící a podávací válce a je tlačěn podávacím kotoučem proti brusnému kotouči. Podávací kotouč působí jako brzda. Brusný kotouč se jen otáčí (brousí), kdežto podávací kotouč se kromě otáčení (brzdění obrobku) ještě přímočaře přisouvá do řezu (přísuv). Na konci tohoto posuvu dostává obrobek konečný rozměr.

Podávací kotouč má také při zapichování nepatrný sklon do $0,5^\circ$. Tato skutečnost, která jinak není příznačná pro tento způsob bezhrotého broušení, má pouze zabránit kmitání obrobku v osovém směru. Při sklonu osy podávacího kotouče se čelo obrobku přitlačuje k narážce nebo ke hraně kotouče z čela. Při broušení zápichem se obvykle pracuje na dva záběry. Nejprve se hrubováním odejme z materiálu větší díl přídavku; na broušení na čisto zůstává na obrobku ještě asi 0,025 až 0,05 mm. Kvalita obrobeného povrchu válcových obrobků lze dále zlepšit samočinným vratným osovým pohybem obrobku během broušení (oscilování). Při broušení válcových obrobků musí být oba kotouče ve styčných přímkách s obrobkem přesně rovnoběžné a v celé délce broušení musí mít stejnou vzdálenost. Jinak nebude plocha obrobku válcová, nýbrž kuželová. [8]

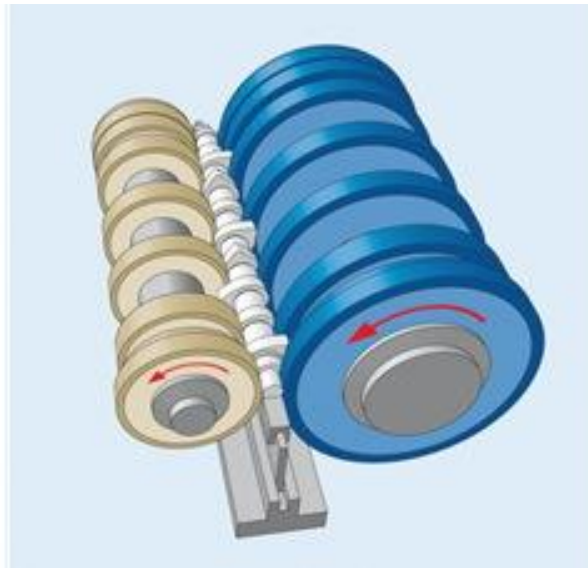
4.6 Použití

Zapichovacím způsobem lze brousit jednoduché i velice složité rotační plochy. Při zapichovacím broušení koná obrobek pouze otáčivý pohyb (zanedbá-li se osový pohyb při oddělování třísek), a proto lze brousit hladké válce i osazené obrobky s plochami různých průměrů, tj. s nákrůžky nebo členěnými profily souběžných kuželových nebo jinak tvarovaných povrchů. U zapichovacího způsobu lze brousit několik průměrů najednou. [2]

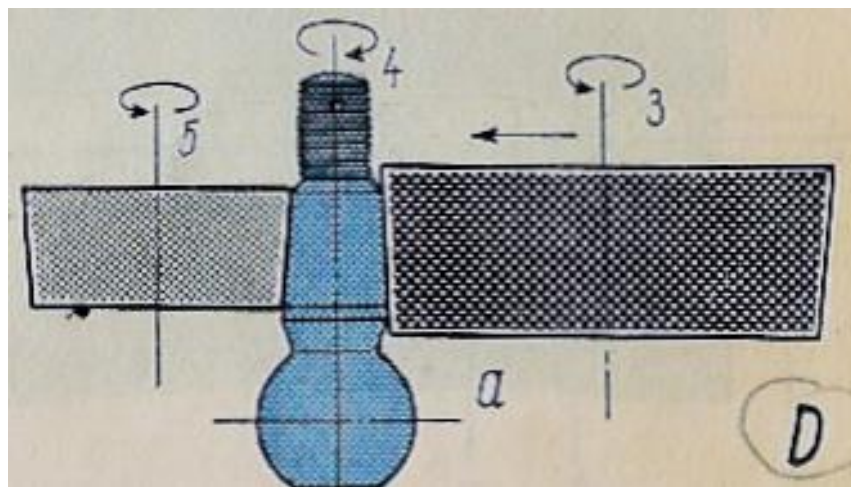


4.7 Dojiskření

Po dojetí na stanovený rozměr se nechá obrobek tzv. „dojiskřit“, ještě se chvíli otáčí, čímž se zvyšuje přesnost rozměru a kvalita výbrusu. Ačkoliv stroje jsou většinou tuhé konstrukce, mají přesto určitou pružnost, a proto se může stát, že po dojetí na doraz není plocha obrobku ještě stejnoměrně kruhová. To se vyrovnává dojiskřením, při němž se ještě brousí, i když ustal posuv. Tato poslední fáze broušení je zvláště důležitá, protože při něm dosahují rozměry obrobku nejvyšší přesnosti. [3]



Obr. 12.: Zapichovací broušení [5]

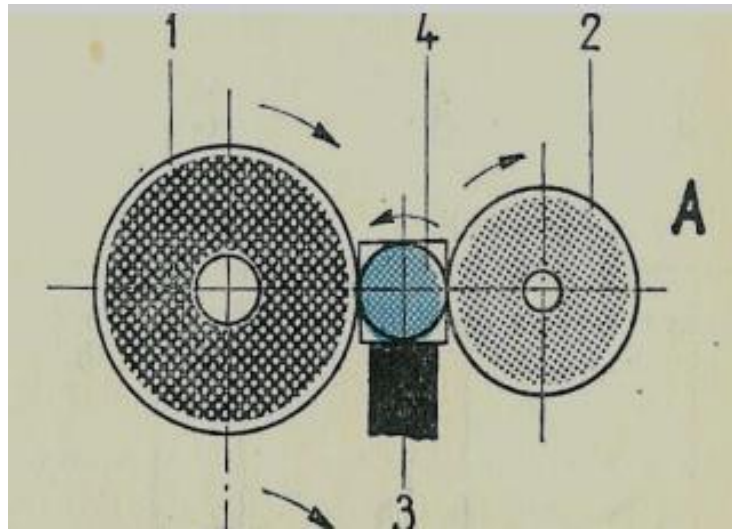


Obr. 13.: Broušení kuželové plochy [10]



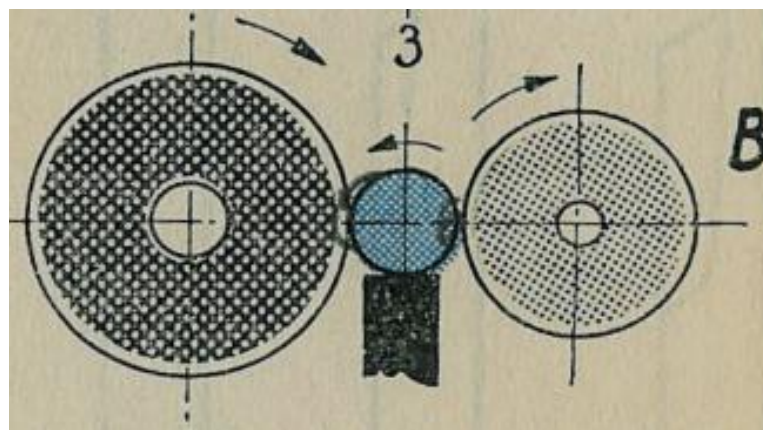
4.8 Poloha obrobku v pracovním prostoru

Poloha obrobku v pracovním prostoru stroje má rozhodující vliv na přesnost tvaru a rozměru obrobku.



Obr. 14.: A - osa obrobku na spojnici středů kotoučů [10]

Je-li podle obr. 14 osa obrobku na spojnici středů obou kotoučů 1 a 2 a funkční plocha podpěrného pravítka 3 bude vodorovná, pracovním prostorem brusky je čtverec. V tomto pracovním prostoru se může bez vůle otáčet kromě kruhu i mnohoúhelník, tudíž se při tomto uspořádání dají brousit jen obrobky, které byly kruhové před broušením.

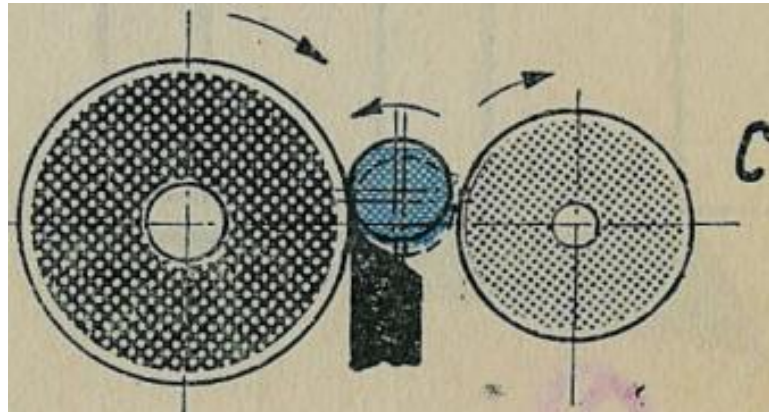


Obr. 15.: B – obrobek s hrbolem [10]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Na obr. 15 je znázorněn obrobek s hrbolem. Jakmile se tento hrbol dostane do styku s unášecím kotoučem, posune střed otáčení obrobku směrem k brusnému kotouči. Unášecí kotouč totiž hrbol odbrousit nemůže. Brusný kotouč naopak musí proti hrbolu vybrousit mírné vyhloubení nebo plošku. V dalším průběhu broušení se úchytky kruhovitosti zvětšují a na části obvodu obrobku, která byla původně kruhovitá, vznikají hrany. Nachází-li se na obrobku místo hrbolu prohlubenina, na protější straně se vytvoří hrbol. Při bezhrotém broušení s tímto uspořádáním pracovního prostoru není možné dosáhnout kruhovitosti obrobku.



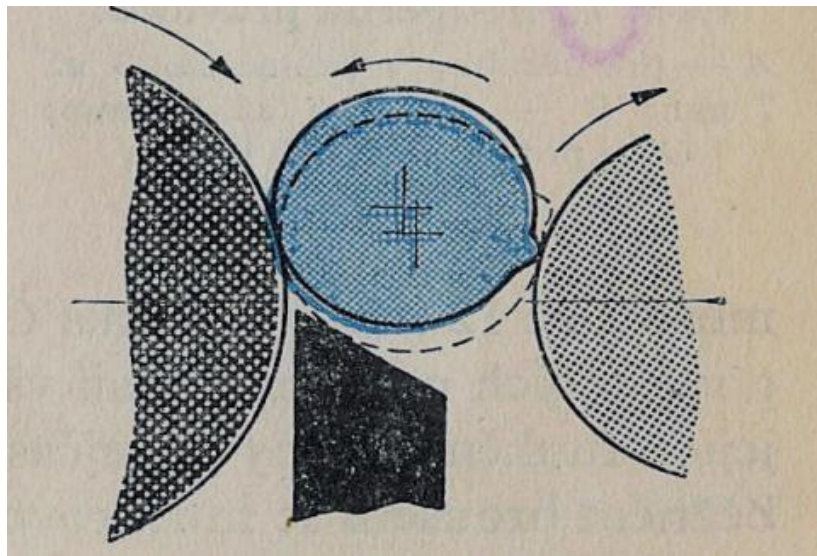
Obr. 16.: C – osa obrobku nad osami kotoučů [10]

Při uspořádání pracovního prostoru podle obr. 16 má podpěrné pravítko šikmou funkční plochu, která stoupá směrem k brusnému kotouči. Obrobek je umístěn vzhledem ke středům kotoučů poněkud výše. Když se obrobek za tohoto uspořádání dostane svým hrbolem do styku s unášecím kotoučem, je sice opět přitlačován k brusnému kotouči, ale šikmo nahoru, nikoliv ve vodorovném směru. Tlak unášecího kotouče jej posouvá po šikmo stoupající ploše podpěrného pravítka. Brusný kotouč brousí i v tomto případě malé prohloubení či plošku, ale ne přímo proti hrbolu a také ne tak hluboko, jako je výška hrbolu. V průběhu broušení se tyto úchytky kruhovitosti stále zmenšují, jelikož se obrobek v pracovním prostoru brusky pohybuje směrem nahoru a dolů, kdykoliv se hrboly nebo prohlubeniny dostanou do styku s podávacím kotoučem. Průřez obrobku je ve finální fázi kruhový. [10]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**

Čím strměji stoupá funkční plocha podpěrného pravítka k brusnému kotouči, tím lépe stroj odstraňuje úchyly kruhovitosti obrobku na počátku broušení. Čím vyšší je poloha středu obrobku nad středem brousícího kotouče, tím větší je opravný účinek stroje a neokrouhlé obrobky se rychleji obrousí na kruhové. Čím měkčí je brousící kotouč, tím výše je možné umístit obrobek proti brusnému kotouči. Střed obrobku musí ležet na spojnici středů kotoučů. U malých obrobků přibližně o polovinu jejich průměrů, u větších méně (nejvýše 12 mm). Výjimkou jsou tenké a málo přímé tyče, které mají tendenci tlouci a chvět se. Takovéto obrobky se brousí se středem, umístěným pod středy kotoučů (podpěrné pravítko je ustaveno tak, aby střed obrobku byl 3 až 6 mm nad středy kotoučů). [10]



Obr. 17.: Úchyly kruhovitosti obrobku [10]

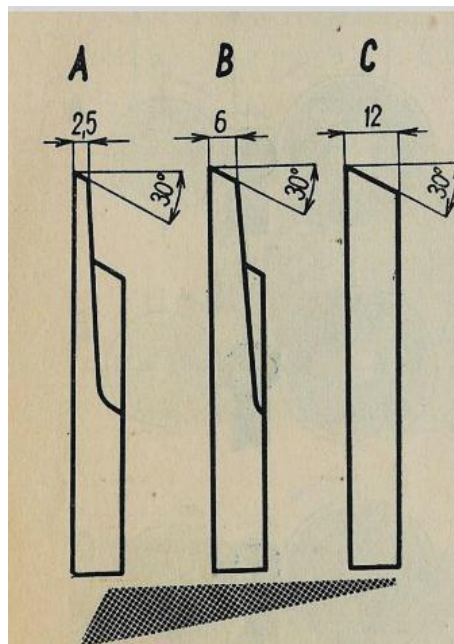


4.9 Podpěrná a vodící pravítka

Podpěrná pravítka nesou obrobek, mají různou šířku, která se volí dle průměru obrobku. Úhel sklonu funkční plochy podpěrných pravítek je nejčastěji 30° . Délka podpěrného pravítka při průběžném broušení se musí rovnat nejméně součtu šířky brusného kotouče a délky obrobku. Při zapichovacím způsobu je délka podpěrného pravítka rovna šířce brusného kotouče. [10]



Obr. 18.: Podpěrná pravítka [10]

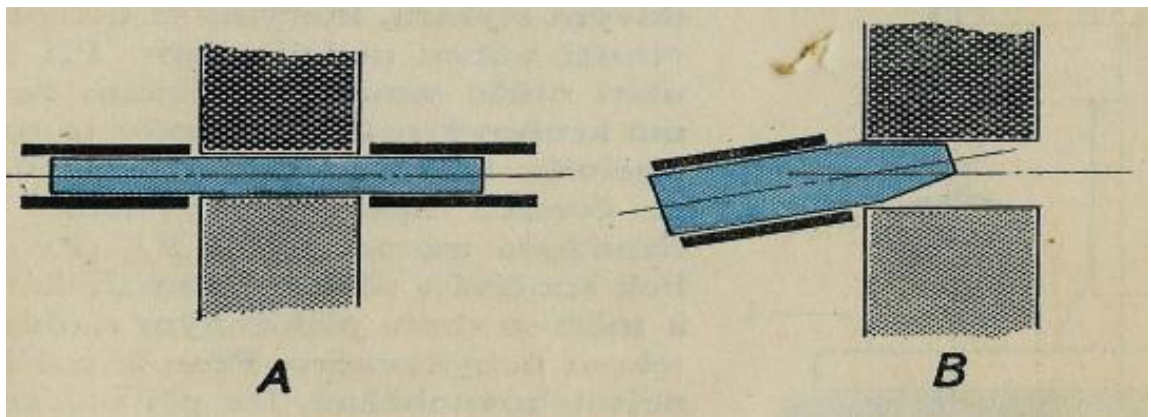


Obr. 19.: Pravítka pro bezhroté broušení [10]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**

Vodicí pravítka jsou upnutá na vstupní i výstupní straně pracovního prostoru stroje. Usnadňují dosažení správného tvaru obrobku při průchozím broušení. Nastavují se pomocí kontrolního trnu, který má shodný průměr s obrobkem a délku nejméně o 150 mm větší, než je šířka broušicího kotouče. Vychýlením pravítek na vstupní straně směrem k unášecímu kotouči se vybrousí kužel na předním konci obrobku. [10]



Obr. 20.: Vodicí pravítka: A – správně ustavená, B – vychýlená [10]



5 Stroje pro bezhroté broušení

5.1 Rozdělení

Podle účelu a způsobu práce lze brusky rozdělit na hrotové, bezhroté, brusky na díry, rovinné a speciální. Stroje pro bezhroté broušení se rozdělují do několika základních skupin. Mezi hlavní skupinu patří bezhroté broušení průběžné a zapichovací, dále pak broušení planetové a broušení profilovým kotoučem.

Bezhroté brusky lze také rozdělit na brusky s manuálním ovládním a servopohonem a dialogovým zadáváním dat a na CNC brusky řízené až v šesti osách, které se používají převážně pro zapichovací broušení tvarově složitějších obrobků, kde je nezbytné dvouosé orovnávaní brusného i unášecího kotouče. [10]

5.2 Bezhroté brusky - princip

Bezhroté brusky pracují na principu bezhrotého broušení. Mají dva vřeteníky, broušící, na jehož vřetenu je brusný kotouč, a vřeteník podávacího kotouče. Vřeteník podávacího kotouče lze posouvat po vedení lože, čímž se nastavuje vzdálenost kotoučů na daný průměr obrobku, dá se také natáčet, aby osy obou kotoučů byly mimoběžné (k vyvození posuvového pohybu obrobku). Umožňují broušení obrobků vždy v určitém rozmezí průměrů, podle typu stroje (u nás nejmenší pro průměry 0,1 až 8 mm, největší 3 až 125 mm). Bezhroté broušení je velmi produktivní (používá se převážně ve výrobě vyšší sériovosti), ale je méně přesné než broušení v hrotech.



6 Výrobci bezhrotých brusek

Výrobní postupy 21. století jsou čím dál více založeny na bezobslužném provozu – k tomu jsou bezhroté brusky velice vhodné. Pro průběžné broušení existuje mnoho systémů pro zakládání i odebírání obrobků, buď na základním vibračním principu, nebo pomocí dokonalejších lineárních podavačů. Dnes jsou po světě desítky firem, které vyrábějí brousicí stroje nebo jsou s jejich výrobou spojeny. Některé se úzce specializují na výrobu bezhrotých brusek a jejich výroba je zaměřena pouze na pár modelů, které jsou ale vysoce profesionální a lze s nimi brousit do přesnosti až 0,001 mm. Tyto stroje se především využívají v automobilovém průmyslu, výrobě ložisek atd. [10]

6.1 Bhagwansons (CG 100, CNC)

Bhagwansons je indický výrobce precizních strojů pro bezhroté broušení, které jsou určeny pro výrobu součástí do automobilového, leteckého průmyslu nebo například pro výrobu součástí ložisek. Firma byla založena roku 1964 a do současnosti vyrobila přes 4500 těchto strojů. [13]



Obr. 21.: HCG 100 [13]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Centerless Grinder-CG 100 je základní manuální stroj pro zapichovací i průběžné broušení. U stroje je uváděna vysoká přesnost broušení. Rám stroje je vyroben jako svařenec z plechových ohýbaných dílců. Tato konstrukce zaručuje vysokou tuhost, pevnost a ekonomičnost výroby. Broušící válec o průměru 350 mm je poháněn motorem o výkonu 7,5 kW a posuv je zajištěn 1 kW motorem. Průměr posuvného válce je 225 mm. Otáčky brusného válce se pohybují v rozmezí 1800–2000 ot.min⁻¹, otáčky podávacího válce jsou od 20 do 100 ot.min⁻¹. Úhel natočení posuvného válce je -2° až 5° od vertikální osy. [13]



Obr. 22.: CG – 100 [13]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

CNC CG je nejvyšší řada stroje vyráběna touto firmou. Je plně řízen pomocí CNC. Broušená součást musí mít průměr od 2 do 125 mm a při zapichování lze brousit součást dlouhou 250 mm. Brusný válec má průměr 500 mm a je poháněn 24 kW motorem. Posuv zajišťuje válec o průměru 305 mm a poháněn motorem o výkonu 1,5 kW. Přesnost stroje je 0,001 mm. [13]



Obr. 23.: CNC 200 [13]



6.2 Micron USA (MPC-300, MPC-600V)

Micron USA je výrobce přesných bezhrotých a vnitřních brusek pro broušení součástí o průměru 0,3 až 200 mm. Všechny stroje jsou řízeny pomocí počítače a jsou určeny pro velkosériovou a velice přesnou výrobu například v automobilovém průmyslu. [14]

V nabídce této firmy je MPC-300 bruska pro nejmenší průměry. Umožňuje brousit průměry od 0,3 mm. Zaručuje velmi vysokou přesnost broušení. Vřeteno s brusným válcem je uloženo na jedné straně v ložiskách a je poháněno motorem o výkonu 3,7 kW. Posuv je poháněn motorem o výkonu 0,4 kW. Rychlost otáčení podávacího válce lze regulovat od 10 do 180 ot.min⁻¹. Hmotnost stroje je 1500 kg. [14]

MPC-600V je v základní výrobní řadě největším strojem. Lze na něm brousit průměry do 200 mm. Brusný válec má rozměry 610 x 500 mm a je poháněn motorem o výkonu až 55 kW. Rychlost otáčení posuvného válce je od 20 do 200 ot.min⁻¹. Hmotnost stroje je 8000 kg. Vřeteno tohoto stroje je uloženo na obou stranách ve dvojitých ložiskách kvůli velikosti a hmotnosti brusného válce a zároveň tuhosti celku. [14]



Obr. 24.: MPC 600V [14]



6.3 Bracek (CGM 320)

Jedná se o českou konstrukci stroje pro bezhroté broušení za pomoci pásu. Konstrukce je vyrobena převážně z profilů a plechových výpalků. Stroj obsahuje dva brousící válce z důvodu zvýšení výkonu. Na tomto stroji lze kombinovat operace broušení a leštění. Lze obrábět kulaté profily průměru od 10 do 320 mm a délky 7500 mm. Brusné válce jsou poháněny motory o výkonu 4,4 kW. [15]



Obr. 25.: CGM 320 [15]



6.4 Garboli TRIS

Je to italský výrobce brousicích strojů. Vyrábí pásové rovinné brusky, pásové a bezhroté brusky a planetové brusky. Základní stroj TRIS je určen pro bezhroté broušení a leštění rovných válcových součástí, které jsou vyrobeny z oceli, slitin železa, slitin hliníku, mosazi a dalších materiálů. Tuto brusku lze použít například také na srážení hran. Lze brousit součásti délky 20 mm a více. Stroj je osazen 3 kW motorem pro pohon brusného pásu a 0,09 kW motorem pro posuv obrobku. Rychlost broušení lze nastavit v rozmezí 1 až 10 m.min⁻¹ podle natočení posuvného válce. Šířka brusného pásu je 140 mm, délka 2180 mm z důvodu chlazení. Rám stroje je vyroben jako svařenec z ohýbaných plechových dílců. Konstrukce stroje je velice jednoduchá. [16]



Obr. 26.: Garboli TRIS [16]



6.5 Palmary

Firma Palmary dnes vyrábí měsíčně 350 až 400 strojů a bezhroté brusky tvoří významnou část výroby. V současné době je postupně řada PC se servopohony nahrazována stroji novými, přepracované řady GC. První stroje jsou již v České republice a svým uživatelům nabízejí tužší, robustnější lože, inovované provedení kluzných ploch i jejich mazání a stabilnější způsob upnutí brusného kotouče. Brusky Palmary na český trh dodává společnost Taima, spol. s r. o., se sídlem v Praze. Tato firma se na dodávky brousicích strojů specializuje již od roku 1991, kdy dodala první stroj do ČZ Strakonice.

[3]



Obr. 27.: FCL 18 CNC [3]



7 Nástroje – broušící kotouče, pásy

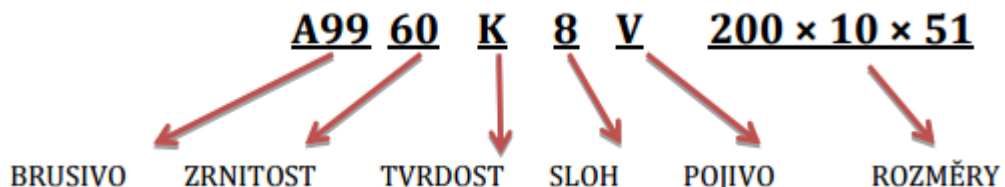
7.1 Charakteristiky nástrojů

Nástroj v podobě broušícího kotouče, segmentu, pásu apod. je vyroben ze zrn brusiva spojených pojivem. Zrna brusiva jsou rozmístěna a orientována nahodile v pojivu. Velikost brusných zrn je v rozmezí od 0,003 do 3 mm. Zrna mají převážně zápornou geometrii (úhly čela $\gamma -15^\circ$ i více) a velké úhly hřbetu α . Přesto řezou dobře, jelikož pracují velkou řeznou rychlostí. Zrna odřezávají mikroobjemy materiálu $\cong 10^{-3}mm^3$. Vysoký počet záběrů daný počtem zrn v aktivní části nástroje a značná obvodová rychlost nástroje (30–80 m.s⁻¹) je příčinou intenzivní plastické deformace a vzniku tepla, které se kompenzuje intenzivním chlazením. [5]

7.2 Broušící kotouče

Broušící kotouče tvoří zrna brusiva, spojená pojivem v tuhé těleso vhodného tvaru, tvrdosti a struktury. Nejčastěji se používá keramické pojivo, vyráběné ze směsí ohnivzdorných hlín, kaolínu, živce apod. Pro broušení děr a tvarových dutin se používají brusná tělíska, existují také segmentové broušící kotouče, tvořené dělenými broušícími segmenty, připevněnými na ocelovou desku.

Broušící kotouče se vyrábějí spojováním zrn brusiva pojivem lisováním nebo litím příslušné směsi brusiva a pojiva s následným vypalováním při teplotě 1200 až 1400°C. Za těchto teplotních podmínek pojivo obaluje zrna a vzájemně je spojuje. Jako brusivo se používají zrna o velikosti několika μm v podobě jemných prášků. [17]



Obr. 28.: Příklad označení brusného kotouče [10]

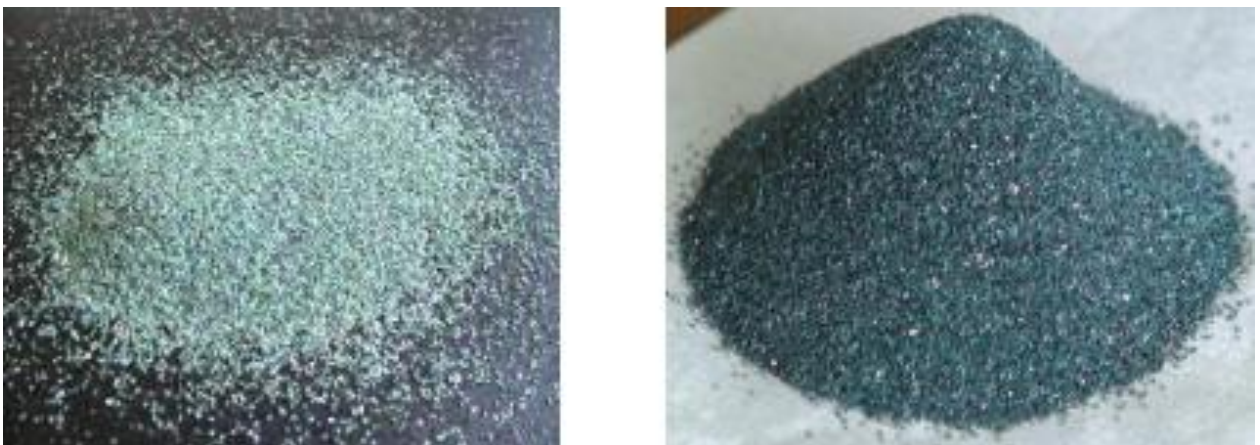


7.3 Materiály brusiva

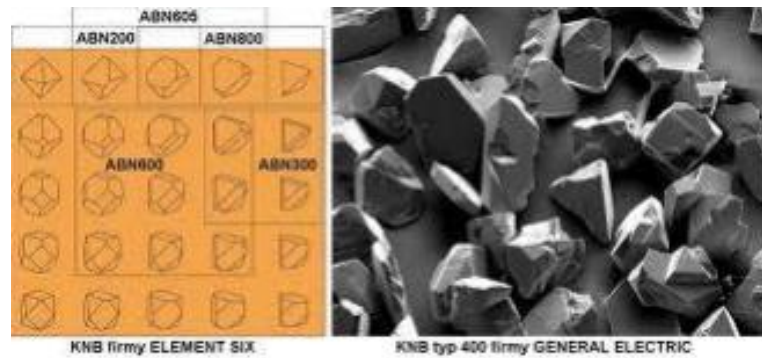
Nejběžnějším materiálem je tavený oxid hlinitý Al_2O_3 (umělý korund). Na broušení slitutých karbidů se používá karbid křemíku SiC. Jako náhrada za diamantové brusivo se při broušení tvrdých materiálů používá karbid bóru B_4C . Jedná se o drahý materiál. Pro rychlostní broušení a tvrdé materiály se používá kubický nitrid bóru B_3N , který má výborné brusné vlastnosti a vysokou cenu. Syntetický diamant se též používá jako brusivo. [18]



Obr. 29.: Umělý korund A99, Umělý korund hnědý, Umělý korund A98 růžový [10]



Obr. 30.: Karbid křemíku C49 zelený, Karbid křemíku C48 černý [10]



Obr. 31.: Kubický nitrid boru (B_3N , CBN) [10]



Obr. 32.: Karbid boru (B_4C) [10]



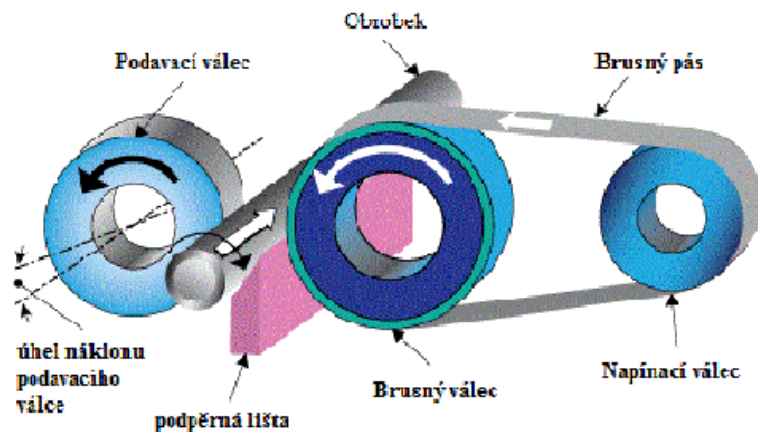
Obr. 33.: Syntetický diamant (DT) [10]



7.4 Pásy

Pás může plnit funkci podávací (brousí kotouč) nebo má funkci brusného nástroje (podává kotouč), příp. koná obě funkce (brousí i podává). Obvyklý a nejnákladnější je způsob druhý, při němž se obrobky přitlačují k brusnému pásu podávacím kotoučem, který je pootočen o nepatrný úhel. [10]

Každé brusné zrnko na páse působí jako nůž, který odebírá třísky podobné těm, jaké odebírá hoblovací nůž, avšak mnohem menší. Jen málo nožů je tak tuhých, jako jsou zrna moderních brusných pásů. Pás s milióny brusných zrn prochází při broušení nad obrobkem (během minuty). Řezný tlak, a tím i ohřátí jsou velmi malé. [5]



Obr. 34.: Technologie bezhrotého broušení pásem [5]



8 KMCZ písní tyče

8.1 KMCZ

Pro technologii bezhrotého broušení průběžným způsobem jsou vhodné jednoduché rotační součásti dlouhé délky a malého průměru. Výrobky takového charakteru splňují písní tyče. Společnost KYB Corporation (KAYABA), v ČR výrobní závod KMCZ, efektivně využívá technologii bezhrotého broušení pro výrobu písních tyčí, které jsou nedílnou součástí především tlumičů automobilů a motocyklů. [19]

KMCZ byla založena v roce 2003 a samotná výroba byla zahájena v roce 2006. V současnosti zaměstnává více než 650 pracovníků, celosvětově společnost KYB Corporation zaměstnává přibližně 15000 lidí a v budoucnu je očekáván další nárůst. Historie celé společnosti sahá v Japonsku až do roku 1918. Dnes má KYB Corporation pobočky v Asii, Spojených státech amerických a Evropě. [19]

Společnost KYB Manufacturing Czech, s.r.o. (KMCZ) sídlí v Pardubicích. Jedná se o výrobní závod japonské společnosti KYB Corporation, která patří mezi největší výrobce špičkových tlumičů do automobilů na světě. [20]



**Každý druhý automobil
zakoupený v Japonsku
a každý pátý zakoupený
v ostatních zemích
světa je vybaven tlumiči
od společnosti KYB.**

Obr. 35.: Četnost tlumičů KYB [19]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Mezi hlavní zákazníky KMCZ patří především automobilka TPCA v Kolíně, pro jejíž potřeby společnost v Pardubicích primárně vznikla. Dále je to maďarská pobočka automobilky Suzuki, Renault ve Slovinsku, Francii a Belgii, Nissan v Anglii a další. [19]

KMCZ Customers location

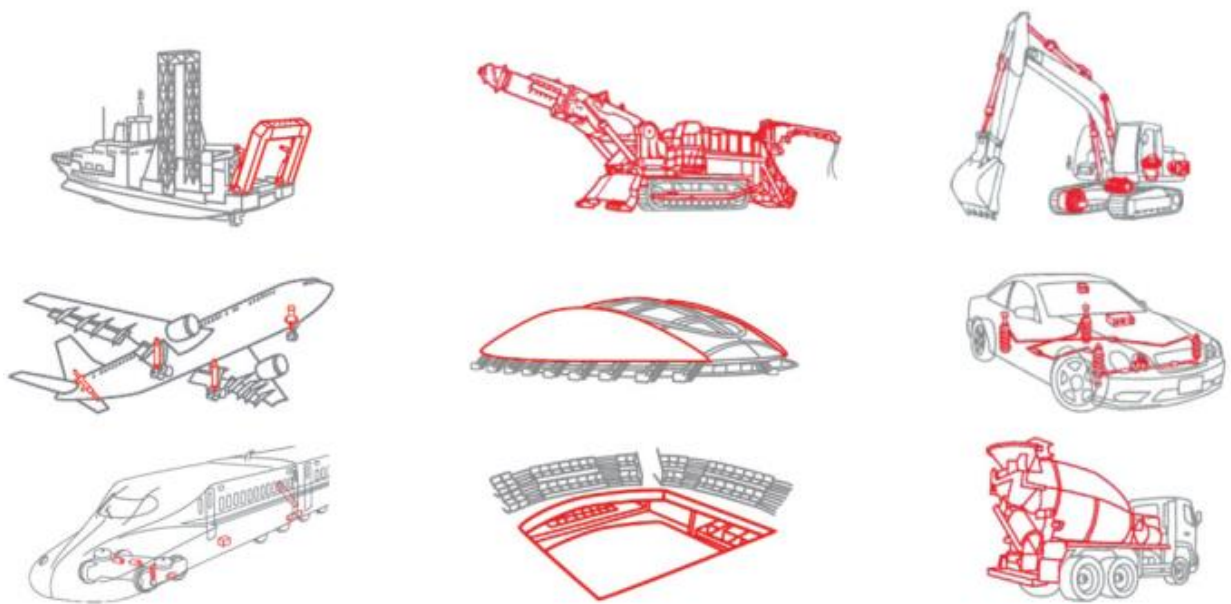


Obr. 36.: Vývoz výrobků KMCZ v rámci Evropy [19]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Kromě tlumičů pro automobily a motocykly vyrábí společnost KYB Corporation také hydraulická a elektronická zařízení. Jsou to například posilovače řízení, elektronika pro automobily, výrobní a zemědělská zařízení, zařízení na zpracování a třídění odpadů, ale i invalidní vozíky a další. [20]



Obr. 37.: Široké portfolio hydraulických a elektronických zařízení KYB [19]



8.2 Stroje v KMCZ

Technologie KMCZ zahrnují třískové obrábění na CNC strojích, povrchové úpravy lakováním a chromováním, jednoúčelové montážní stroje s různým stupněm mechanizace a automatizace využívající nejmodernější technologie včetně robotizace šetrné k životnímu prostředí. Společnost KYB Corporation využívá pro výrobu tlumičů a jejich komponent zařízení od renomovaných výrobců z Evropské unie a Japonska. [19]

Pro výrobu pístních tyčí využívá výrobní závod KMCZ v Pardubicích stroj typu BBE1A KAYBA, bezhrotou brusku, kterou dodává společnost Brousicí stroje Kučera s.r.o., sídlící v Dolní Rovni nedaleko Pardubic. [21]

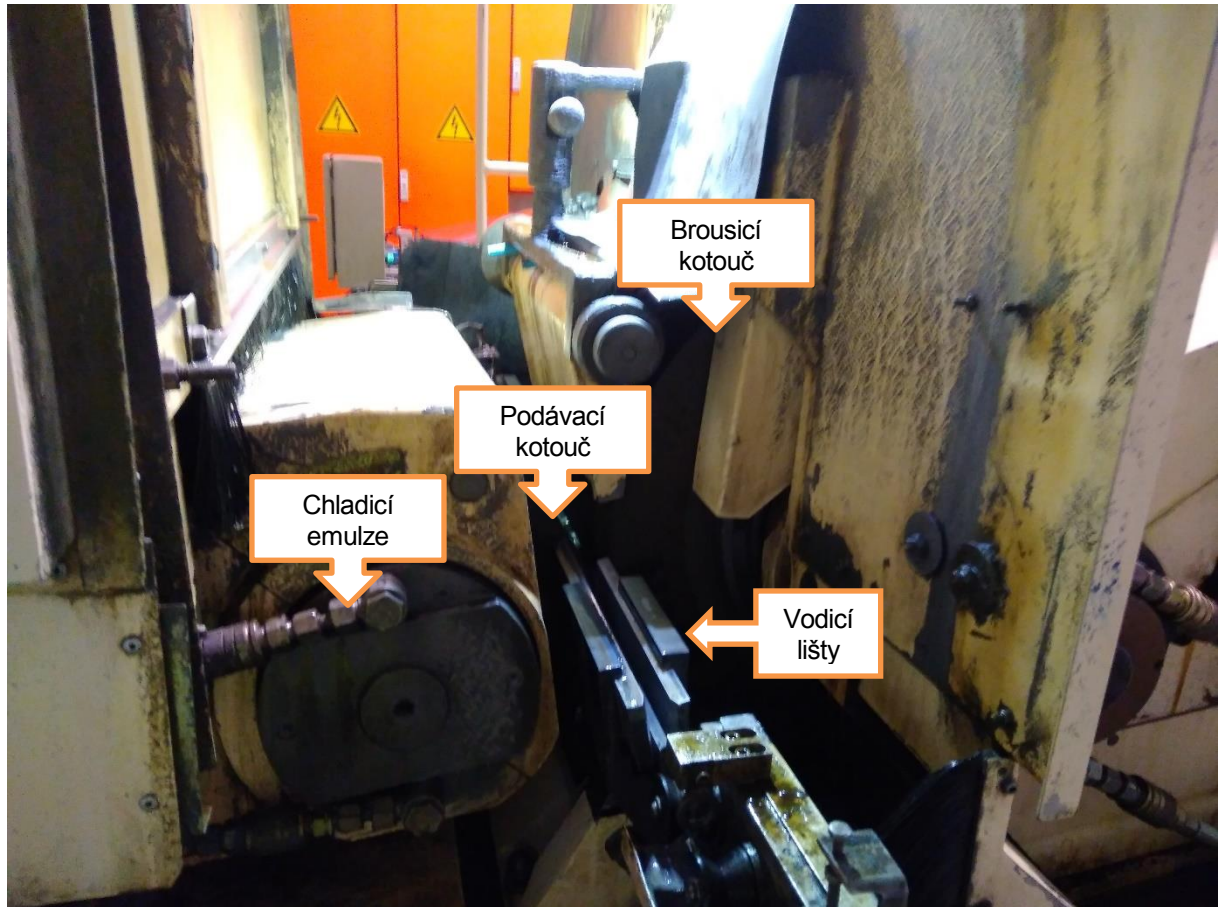


Obr. 38.: Bezhrotá bruska BBE1A KAYBA



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**

Na obr. 39 je zachycen pohled do pracovního prostoru brusky, kde se nachází zejména vodící lišty, větší brousicí a menší podávací kotouč, nepatrným náklonem zajišťující kontinuální posuv obrobku při průchozím broušení.



Obr. 39.: BBE1A KAYBA – pracovní prostor

Pístní tyč je do pracovního prostoru přivedena dopravníkem (viz obr. 40), zbroušena průběžným způsobem a rovnána pinolou (viz obr. 41). Následuje chemicko-tepelné zpracování. Pístnice jsou kaleny a popouštěny.

Důležitá je také jejich povrchová úprava - chromování a lakování. Tvrdochromované pístnice snižují tření a prodlužují životnost a odolnost celého tlumiče. Chromované pístní tyče slouží především k výrobě základní pohyblivé části hydraulického válce. [22]



Obr. 40.: BBE1A KAYBA – dopravník s pístní tyčí



Obr. 41.: BBE1A KAYBA – rovnání pístních tyčí - pinola



Obr. 42.: BBE1A KAYBA – Brousící stroje Kučera, s.r.o.

Správnou funkčnost dopravníku, po kterém se písní tyč pohybuje posuvným pohybem, zajišťuje napínák řetězu. Měřicí jednotka (viz obr. 43) kontroluje chod brusky a řídí její nastavení.



Obr. 43.: Měřicí jednotka, napínák řetězu dopravníku



8.3 SA (zadní tlumič) – postup výroby

Výroba pístní tyče zadního tlumiče automobilu SA je založena na technologii obrábění. Do horní části pístní tyče se vysoustruží dířek se závitem. Tato část je určena pro montáž do automobilu. Dolní část pístní tyče je určena pro montáž pístu tlumiče. Při výrobě se značně využívá technologie broušení. Nejprve je to hrubovací broušení. Následuje tepelné zpracování, rovnání, předfinální a finální broušení. Pro zvýšení tvrdosti, odolnosti proti vnějším vlivům a snížení tření celého tlumiče se pístnice povrchově upravuje tvrdochromováním a poté je leštěna.



Obr. 44.: SA (zadní tlumič)



Obr. 45.: Umístění zadního tlumiče v automobilu [20]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Na fotografiích vzorků z výrobní haly KMCZ viz obr. 46, 47 a 48 je zachycen sled jednotlivých operací při výrobě pístní tyče zadního tlumiče SA.



Obr. 46.: SA – vzorek 1



Obr. 47.: SA – vzorek 2



Obr. 48.: SA – vzorek 3



8.4 ST (přední tlumič) – postup výroby

Při výrobě pístní tyče předního tlumiče automobilu ST se využívá rovněž technologie soustružení a broušení. Nejprve dojde k dělení materiálu, pak k tepelnému zpracování, obrábění soustružením a broušením. Součást se předbrousí hrubováním, následuje předfinální a konečné finální broušení pro dosažení co nejvyšší přesnosti a kvality povrchu. Kvůli zajištění maximální přesnosti, správných geometrických tolerancí GPS a vysoké kvality povrchu se brousí právě ve třech etapách. Pístní tyč je dále také povrchově upravována chromováním a leštěním.



Obr. 50.: ST (přední tlumič)



Obr. 51.: Umístění předního tlumiče v automobilu [20]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Na fotografiích vzorků z výrobní haly KMCZ viz obr. 52, 53 a 54 je zachycen sled jednotlivých operací při výrobě pístní tyče předního tlumiče ST.



Obr. 52.: ST – vzorek 1



Obr. 53.: ST – vzorek 2



Obr. 54.: ST – vzorek 3



9 Závěr

Tato bakalářská práce analyzuje problematiku bezhrotého broušení, seznamuje čtenáře s touto technologií a vyzdvihuje její význam v současné výrobě v porovnání s jinými technologiemi, především broušení v hrotech. Na rozdíl od broušení v hrotech není třeba obrobek střídit ani upínat. V průběhu práce se dospělo k závěrům, že technologie bezhrotého broušení je vysoce produktivní a hospodárná, nicméně existují i jisté nevýhody této technologie. Může to být například horší kruhovitost a vlnitost obrobků. Za zmínku stojí také časová náročnost na seřízení bezhrotých brusek. Především z tohoto důvodu se technologie bezhrotého broušení nevyplatí v kusové a malosériové výrobě. Tato bakalářská práce seznamuje nejen čtenáře, ale i uživatele tlumičů do automobilů firmy KMCZ s technologiemi výroby a konkrétním využitím bezhrotého broušení především při výrobě pístních tyčí.

Výhody bezhrotého broušení efektivně využívá firma KMCZ v Pardubicích pro výrobu tlumičů automobilů a zároveň se úspěšně snaží eliminovat nevýhody bezhrotého broušení. Dbá se především na přesnost a kvalitu výrobku. Jedním z prostředků pro eliminaci nevýhod bezhrotého broušení je správné orovnění brousicího kotouče. Brusný kotouč musí vykazovat především vysokou tuhost. Důležitá je také průběžná a finální kontrola především kruhovitosti a tvrdosti součásti, v tomto případě tvrdochromované pístní tyče, která je nedílnou součástí tlumičů automobilů. Společně s pneumatikami a závěsnými pružinami právě tlumiče zajišťují bezpečnost a stabilitu vozidla. Proto je důležité jim při výrobě věnovat velkou pozornost. To se celé společnosti KYB Corporation daří a také z tohoto důvodu patří mezi největší výrobce tlumičů v Evropě i celosvětově.



Seznam použité literatury

- [1] ČERNÝ, František, Jiří TRMAL a Jaroslav MARŠÁLEK. Brusky a broušení. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1970.
- [2] BRYCHTA, Josef. Technologie II. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008.
- [3] KRATOCHVÍL, David. Bezhruté brusky - specifický segment trhu. *MM Průmyslové spektrum*. 2016, 20(12), 64-65.
- [4] MÁDL, Jan. Technologie obrábění. 2. přeprac. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007.
- [5] NOVOTNÝ, Antonín. Broušení na bezhrutých bruskách. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. Knižnice strojírenské výroby.
- [6] Produktivní metody broušení. Plzeň: Dům techniky ČSVTS, 1982.
- [7] SLONIMSKIJ, V. I. Teorie a praxe bezhrutého broušení: určeno pro inženýry a techniky ve strojírenských závodech a projekčních organizacích, vědecké pracovníky a studující příslušných oborů. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955. Řada strojírenské literatury.
- [8] [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z <https://core.ac.uk/download/pdf/30292820.pdf>
- [9] ZELENKA, Antonín a Milan HANINGER. Strojírnoství II. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1984.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

- [10] [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U01_Technologie_brouseni.pdf
- [11] Bezhraté brusky s vysokou přesností. Praha: BSH Holice, 2000.
- [12] [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z <http://www.digitovarna.cz/clanek-84/bezhrote-brusky-specificky-segment-trhu.html>
- [13] [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z <http://www.bhagwansons.com/>
- [14] [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z <http://www.micronusa.com/>
- [15] [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z <http://www.bracek.com/products/centerless-cgm-320-2-6/>
- [16] [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z <http://www.garboli.com/eng/cat2/tris.htm>
- [17] ČERNÝ, Václav a Lubomír POSPÍŠIL. Brusivo a brusné nástroje. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1967. Řada strojírenské literatury.
- [18] Řezné a upínací nástroje: broušící nástroje a brusivo. Praha: Dům techniky ČSVTS, 1987
- [19] [online]. [cit. 2017-06-20]. Dostupné z <http://www.kmcz.cz/>
- [20] [online]. [cit. 2017-06-20]. Dostupné z <http://www.kyb-europe.com/>
- [21] [online]. [cit. 2017-06-20]. Dostupné z <http://www.brousicistroje.cz/>
- [22] [online]. [cit. 2017-06-20]. Dostupné z <http://www.hydraulics.cz/>
- BEZHROTÉ BROUŠENÍ



Seznam obrázků

| | |
|---|-----------|
| Obr. 1.: Princip rovinného broušení [1] | 3 |
| Obr. 2.: Obvodové broušení [6]..... | 3 |
| Obr. 3.: Broušení vnitřních a vnějších válcových ploch [1]..... | 4 |
| Obr. 4.: Princip broušení děr [10]..... | 5 |
| Obr. 5.: Záběrové podmínky bříty brousicího kotouče [4]..... | 6 |
| Obr. 6.: Hrotová bruska [10]..... | 7 |
| Obr. 7.: Rovinná bruska vodorovná [10]..... | 8 |
| Obr. 8.: Rovinná bruska svislá [10]..... | 8 |
| Obr. 9.: Bezhruté broušení [10]..... | 10 |
| Obr. 10.: Průběžné broušení [2]..... | 14 |
| Obr. 11.: Bezhruté broušení průchozí [10]..... | 14 |
| Obr. 12.: Zapichovací broušení [5]..... | 16 |
| Obr. 13.: Broušení kuželové plochy [10]..... | 16 |
| Obr. 14.: A – osa obrobku na spojnici středů kotoučů [10]..... | 17 |
| Obr. 15.: B – obrobek s hrbolem [10]..... | 17 |
| Obr. 16.: C – osa obrobku nad osami kotoučů [10]..... | 18 |
| Obr. 17.: Úchyly kruhovitosti obrobku [10] | 19 |
| Obr. 18.: Podpěrná pravítka [10]..... | 20 |
| Obr. 19.: Pravítka pro bezhruté broušení [10]..... | 20 |
| Obr. 20.: Vodicí pravítka: A – správně ustavená, B – vychýlená [10] | 21 |
| Obr. 21.: HCG 100 [13] | 23 |
| Obr. 22.: CG – 100 [13]..... | 24 |
| Obr. 23.: CNC 200 [13]..... | 25 |
| Obr. 24.: MPC 600V [14]..... | 26 |
| Obr. 25.: CGM 320 [15]..... | 27 |
| Obr. 26.: Garboli TRIS [16]..... | 28 |
| Obr. 27.: FCL 18 CNC [3]..... | 29 |
| Obr. 28.: Příklad označení brusného kotouče [10] | 30 |
| BEZHROTÉ BROUŠENÍ | 50 |



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

| | |
|---|----|
| Obr. 29.: Umělý korund A99, Umělý korund hnědý, Umělý korund růžový [10] | 31 |
| Obr. 30.: Karbid křemíku C49 zelený, Karbid křemíku C48 černý [10] | 31 |
| Obr. 31.: Kubický nitrid boru (B_3N , CBN) [10] | 32 |
| Obr. 32.: Karbid boru (B_4C) [10] | 32 |
| Obr. 33.: Syntetický diamant (DT) [10] | 32 |
| Obr. 34.: Technologie bezhrotého broušení pásem [5] | 33 |
| Obr. 35.: Četnost tlumičů KYB [19] | 34 |
| Obr. 36.: Vývoz tlumičů KMCZ v rámci Evropy [19] | 35 |
| Obr. 37.: Široké portfolio hydraulických a elektronických zařízení KYB [19] | 36 |
| Obr. 38.: Bezhrotá bruska BBE1A KAYBA | 37 |
| Obr. 39.: BBE1A KAYBA – pracovní prostor | 38 |
| Obr. 40.: BBE1A KAYBA – dopravník s pístní tyčí | 39 |
| Obr. 41.: BBE1A KAYBA – rovnání pístních tyčí – pinola | 39 |
| Obr. 42.: BBE1A KAYBA – Brousicí stroje Kučera, s.r.o. | 40 |
| Obr. 43.: Měřicí jednotka, napínák řetězu dopravníku | 40 |
| Obr. 44.: SA (zadní tlumič) | 41 |
| Obr. 45.: Umístění zadního tlumiče v automobilu [20] | 41 |
| Obr. 46.: SA – vzorek 1 | 42 |
| Obr. 47.: SA – vzorek 2 | 42 |
| Obr. 48.: SA – vzorek 3 | 42 |
| Obr. 49.: SA piston rod sample (vzorek pístní tyče) – výkres [20] | 43 |
| Obr. 50.: ST (přední tlumič) | 44 |
| Obr. 51.: Umístění předního tlumiče v automobilu [20] | 44 |
| Obr. 52.: ST – vzorek 1 | 45 |
| Obr. 53.: ST – vzorek 2 | 45 |
| Obr. 54.: ST – vzorek 3 | 45 |
| Obr. 55.: ST piston rod sample (vzorek pístní tyče) – výkres [20] | 46 |