

VŠB –Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh a ověření funkčnosti leštícího nástroje pro stroj EMCO T120

Design and Verification polishing tool of
the EMCO T120

Student:

Jiří Ptáček

Vedoucí práce:

Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Ptáček**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh a ověření funkčnosti leštícího nástroje pro stroj EMCO T120**
Design and Verification Polishing Tool of the EMCO T120
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor problematiky leštění kovů.
3. Návrh nástroje včetně uchycení na stroji EMCO TURN120.
4. Ověření funkčnosti na prototypovém výrobku.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
ERDL, BERT P. *High-speed machining*. Dearborn, Michigan : Society of Manufacturing Engineering, 2003. ISBN 0-87263-649-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Ing.et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne

20. 5. 2018



Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské*) práce bude uložena u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská*) práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne:

20. 5. 2018



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Vladimír Ptáček

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Slavičín 76 321
Nad Výpustou 514

PODĚKOVÁNÍ

děkuji svému vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Kratochvílovi, Ph.D. nejen za odborné a vstřícné vedení při tvorbě, ale také za výuku během celého studia. Děkuji i své rodině a blízkým za podporu v tvorbě.

Anotace

Jiří, Ptáček. *Návrh a ověření funkčnosti leštícího nástroje pro stroj EMCO T120*: Bakalářská práce Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2018, 40 s. Vedoucí práce: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Hlavním cílem bakalářské práce je navrhnout a vyrobit leštící nástroj pro leštění materiálů. Ověření bude provedeno na součásti (vzorku) vyrobené na obráběcím stroji CNC EMCoturn T120, který je vybaven řídicím systémem MIKROPROG.t

V úvodní části se práce zabývá problematikou leštění, jako jedné z dokončovacích metod úpravy povrchu, s následnou charakteristikou ostatních způsobů. Dále je popsána technologie výroby součásti (vzorku) a držáku nástroje, včetně použitých strojů a nástrojů.

Závěrem práce je zhodnocení průběhu výroby leštícího nástroje, ověření funkčnosti a možnosti využití pro daný stroj - CNC EMCO T120.

Klíčová slova: obrábění, leštění, EMCoturn,

Annotation

Jiří, Ptáček. *Design and verification of the functionality of the EMCO T120 polishing tool*: Bachelor thesis Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2018, 40 pp. Supervisor: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

The main aim of the bachelor thesis is to design and produce a polishing tool for polishing different types of materials. Verification will be done on components (samples) made on CNC machine EMCoturn, which is equipped with MIKROPROG control system.

In the introductory part the thesis deals with polishing as one of the finishing methods of surface treatment, with the subsequent characterization of other methods. The technology of component (s) production and tool holder, including used machines and tools, is described.

The conclusion of the thesis is the evaluation of the production process of the polishing tool, verification of functionality and potential for use for the given machine - CNC EMCO T120.

Keywords: machining, polishing, EMCoturn,

Seznam použitých značek a symbolů

CNC - (Computer Numeric Control) – číslicové řízení počítačem

Ra - průměrná aritmetická úchylka profilu

Rz- největší výška profilu

Rmr-materiálový poměr profilu

IT- toleranční stupně přesnosti

Obsah

Úvod	10
1. Leštění	11
1.1. Praktické rady pro leštění	13
1.1.1. Hlavní podmínky	13
1.1.2. pravidlo pro základní orientaci v leštících kotoučích	13
1.1.3. Praktické rady	13
1.1.4. Obvodové rychlosti kotoučů při leštění (m/s) [4]	14
2. Ostatní dokončovací metody	15
2.1. Metody s úběrem materiálu	15
2.1.1. Jemné obrábění, hlazení	15
2.1.2. Honování	15
2.1.3. Superfinišování	17
2.1.4. Lapování	18
2.1.5. Omílání	19
2.1.6. Tryskání (Otryskávání)	20
2.1.7. Broušení	21
2.2. Metody bez úběru materiálu	26
2.2.1. Válečkování, kuličkování	26
2.2.2. Protlačování	28
2.2.3. Otryskávání	28
2.2.4. Přehled dokončovacích způsobů obrábění	29
3. Výroba součásti (vzorku)	30
3.1. EMCOTurn120	30
3.1.1. Technické parametry stroje	31
3.2. Řídicí systém MIKROPROG	32
3.3. Označení vyměnitelná břitová destička	33
3.4. Vztažné body	34
3.5. Volba materiálu	35
3.6. Postup výroby vzorku	36

3.6.1.	Technologie výroby součásti „Vzorek - Tělo“	37
3.6.2.	Technologie výroby součásti „Vzorek - Podstavec“	38
4.	Lešticí nástroje.....	39
4.1.	PRODUKTY PRO LEŠTĚNÍ.....	39
4.1.1.	Bavlněné lešticí kotouče	39
4.1.2.	Sisálové lešticí kotouče.....	39
4.1.3.	Bavlněné, vlněné a plastové stěrky	40
4.1.4.	Řasené a skládané lešticí kotouče	40
4.1.5.	Lamelové kotouče smirkové	41
4.1.6.	Lamelové kotouče z brusného rouna	41
4.1.7.	Kotouče z netkané textilie	42
4.1.8.	Lešticí pasty	42
4.1.9.	Postup při leštění	43
5.	Výroba držáků nástroje	44
5.1.	Prototypy držáků nástroje.....	44
5.1.1.	Prototyp č. 1.....	44
5.1.2.	Prototyp č. 2.....	45
5.1.3.	Prototyp č. 3.....	46
5.2.	Multifunkční držák č. 1	47
5.2.1.	Držák	49
5.2.2.	Pouzdro (kluzné ložisko) 1,2	50
5.2.3.	Hřídele 1,2	51
5.2.4.	Upínací matice, upínací kleština	52
5.2.5.	Montáž.....	52
6.	Závěr.....	53
7.	Použitá literatura	54
8.	Seznam příloh.....	56

Úvod

Vysoké požadavky na přesnost a hladkost funkčních ploch u strojních součástí a zařízení nelze docílit běžnými způsoby třískového obrábění. Povrchy se následně dokončují operacemi, kterými lze dosáhnout této vysoké přesnosti předepsaného rozměru při dodržení geometrickém tvaru a téměř dokonalé jakosti (hladkosti) obrobené plochy.

Jedná se o technologické procesy, které mohou být prováděny s úběrem materiálu – odebráním přídavku na dokončovací operaci nebo přetvářením povrchové vrstvy, tedy bez úběru materiálu. Cílem je zvýšení jakosti povrchu, zlepšení mechanických a fyzikálních vlastností povrchu (tvrdost, pevnost, mez únavy, odolnost proti korozi, otěru, ...), přesnost rozměrů, tvarů, zlepšení vzhledu povrchu (lesk).

Leštění, jedna z dokončovacích operací, se používá pro zlepšení vzhledu povrchu součástí nebo jako operace před další úpravou povrchu.

Parametrem ovlivňujícím výsledek leštění je druh a zrnitost leštících past, obvodová rychlost kotouče, materiál kotouče, tlak součásti na kotouč i množství mazací a chladící kapaliny. Metodou můžeme dosáhnout zrcadlově lesklého povrchu.

V technické praxi není jednoduché zvolit vhodnou dokončovací operaci. Zpravidla volbě předchází jednání mezi konstrukcí a technologií, neboť každá z dokončovacích operací je vhodná k něčemu jinému a má rozdílný význam a smysl.

Obecně platí, že čím vyšší jsou kladeny nároky na výrobní přesnost a jakost povrchu, tím je výroba dražší a výrobek může být hůře prodejný.

1. Leštění

Leštění je metoda obrábění, kterou se odstraní drobné nerovnosti, docílí zrcadlový lesk a vysoká jakost obrobeného povrchu (až $Ra < 0,1 \mu\text{m}$) bez požadavků na přesnost.

Na rozdíl od broušení se jedná o malý úběr materiálu, a proto dochází pouze k odstranění vrcholků nerovností po předchozím obrábění, dále nečistot, vrstviček oxidů a jiných chemických sloučenin. ²Obvykle se nejdříve provádí úprava povrchu pomocí brousících zrn pevně vázaných na textilním podkladu jako brousícím pásu, kotouči, plátnu, a následně prostřednictvím volně rozptýlených zrn v kapalině nebo leštící pastě se provede jemné leštění. Povrch se dokončí bez brusiva, jen přitlakem textilního kotouče, při vysokých rychlostech. Vlivem tření dochází ke vzniku tepla, a tím i plastické deformaci mikronerovností. ⁴

Leštící nástroje jsou nejrůznějšího provedení, a to v závislosti na tvaru upravované plochy.

Nejvíce používané jsou:

- bavlněné kotouče (obr. 1.1) pro leštění většiny kovů, galvanických povrchů, vybraných plastických hmot, ručně i strojně (obr. 1.2),
- sisálové leštící kotouče vhodné pro kartáčování a jemné předlešťování,
- lamelové kotouče smirkové určeny především pro poloautomatické brousící stroje, vhodné pro odstranění i zkorodovaného povrchu,
- kotouče z netkané textilie a syntetické pryskyřice s brusnými zrny,
- leštící pasty.



Obr. 1.1 Bavlněné kotouče ⁴



Obr 1.2 Ruční leštění ²

Většina typů leštících kotoučů je vhodných na oceli, nerez, hliníkové slitiny, mosaz a měď, vždy samozřejmě s ohledem na kvalitu požadovaného povrchu.

Leštící a brusné pasty se používají jako doplněk k leštícím kotoučům, na broušení a leštění nejrůznějších povrchů od plastů až po ocel, hliník či nerez. Leštící pasty jsou určeny pro předleštění a finálnímu leštění povrchu. Dělí se jednak podle hrubosti abraziv obsažených v tukovém základu a jednak podle konzistence na tuhé, polotuhé a tekuté.

Obecně platí, že na předleštění se používají mastnější pasty s větší hrubostí a na finální leštění suché, velmi jemné leštící pasty. ⁴

Pro upínání leštících nástrojů se používají stopkové držáky nástrojů s různými průměry stopek, dále unášec pro kotouče nebo válce a ruční držáky na archy se suchým zipem.



Obr. 1.3 Držáky nástrojů ²

Metody:

Mechanické leštění: – kotouče – (lamelové – pásy z brousicích pláten, bavlny, kůže, plstěné)(obr. 1.4), před leštěním se povrch kotouče nasytí leštícím prostředkem, směsí oleje a brusiva,
- kartáče - tvořené vlákny z umělých hmot, žíní, z ocelových drátů (\varnothing 0,1-1,2 mm),
- pásy – nekonečný pás přitlačovaný k obrobku.

Chemické leštění: - mechanické leštění + chemická látka.

Elektrochemické leštění: - úběr materiálu na základě elektrochemického rozpouštění.

Princip:

Leštit můžeme ručně nebo strojně pomocí hadrového nebo plstěného kotouče upnutého v bezhrotých bruskách, stojanových vrtačkách, speciálních jednoúčelových leštičkách nebo saténovacích bruskách, které jsou vhodné pro leštění nadrozměrných kovových součástí.

Plstěný kotouč (textilní kotouč) se otáčí obvodovou rychlostí 5 – 320m/s.



Ob. 1.4 Leštění kotoučem

Použití:

Pro následující povrchovou úpravu kovů: chromování, niklovaní. Leštíme ohýbací a tažné hrany nástrojů, dutiny forem atd..

Stávající procesy se většinou opírají o mechanické postupy s převahou ruční práce. Žádoucí změnu do tohoto procesu přináší dynamický rozvoj laserové techniky a laserových technologií. ²

Laserem můžeme provádět leštění kovových materiálů, skla a pomocí pulzních laserů např. titanové implantáty, a to s drsnosti Ra 0,08 μm.

1.1. Praktické rady pro leštění

1.1.1. Hlavní podmínky

- Volba vhodného druhu kotoučů pro operaci a leštěný materiál.
- Vhodný druh brusné nebo leštící pasty.
- Nastavení obvodové rychlosti a přítlaku.
- Pro předleštění používat mastnější leštící pastu + tvrdší leštící kotouč.
- Pro doleštění sušší leštící pastu + měkčí leštící kotouč.

1.1.2. pravidlo pro základní orientaci v leštících kotoučích

- Předleštění — hrubší a tvrdší kotouče (sisal, technická tkanina) spolu s vyšší
 - o obvodovou pracovní rychlostí.
- Finální leštění do vysokého lesku — jemnější a měkčí kotouče (flanel, hedvábi) s nižší
 - o obvodovou pracovní rychlostí.

1.1.3. Praktické rady

- Nanesení tuhé leštící pasty na leštící kotouč - neleštit příliš suchým kotoučem.
- Pasty určitou dobu konzervují vyleštěný povrch. Po doleštění neodmašťovat, ale jen setřít zbytky pasty bavlněnou tkaninou, dokud je povrch ještě teplý.
- Látkové kotouče malých průměrů je možné používat s ručním elektrickým náradím, např. vrtačkou opatřenou sklíčovadlem nebo příslušnou kleštinou a regulací otáček. Látkové kotouče upnuté do vhodného stopkového unašeče. ⁴
- Doporučené otáčky 2200 – 3500 1/min viz tabulka (tab.1).
- Leštící kotouč se musí před prvním použitím orovnat. Na rotující kotouč se přitlačí ostrý předmět, případně ocelový kartáč, který rozčeše povrch kotouče a odstraní prvotní vlákna.

- Nanášení leštící pasty na kotouč – leštící pasta se upne (zajistí proti pohybu) a rotující kotouč se na ní přitlačí tak, aby se pasta nanesla na jeho obvod. Pasta se na kotouč nanáší v požadovaných intervalech, tak aby leštící kotouč nebyl suchý. Neleštit povrch suchým kotoučem. ⁴
- Nemíchat různé druhy past na jeden kotouč. Pro různé operace předleštění — leštění — vysoký lesk se vždy používá jeden kotouč.

1.1.4. Obvodové rychlosti kotoučů při leštění (m/s)

Tab. 1 obvodové rychlosti kotouče při leštění ⁴

1. Leštěný materiál	2. Stupně leštění	
	I. (m/s)	II. a III. (m/s)
Ocel měkká	38 – 46	26 – 30
Ocel tvrdá	40 – 48	26 – 30
Slitinové oceli	40 – 48	26 – 28
Nikl	38 – 48	26 – 28
Bronz	38 – 48	26 – 28
Měď	32 – 36	26
Mosaz	32 – 36	26 – 28
Hliník	36	16 – 24
Lehké slitiny	32 – 40	16 – 22
Zinek	30 – 38	18 – 22
Drahé kovy	20 – 24	16 – 18
Chrom	38 - 48	26 – 28

2. Ostatní dokončovací metody

2.1. Metody s úběrem materiálu

2.1.1. Jemné obrábění, hlazení

Jemné soustružení

je třískové obrábění jednobřítým nástrojem ze SK nebo diamantu. Obrábění probíhá na speciálních strojích, které mají vysoké otáčky a dostatečnou tuhost. Volba řezných podmínek spočívá ve velké řezné rychlosti, minimálním posuvu a hloubce řezu. Intenzivním chlazením dochází k minimálnímu tepelnému ovlivnění a pouze malým deformacím v povrchových vrstvách.⁹

Dosahovaná přesnost IT 4 – 6, jakost povrchu Ra 0,4 - 0,8 μm .

Jemné frézování

– podstata je obdobná jako u jemného soustružení. K frézování používáme čelní válcovou frézu s jedním nebo dvěma noži s destičkami z SK nebo diamantu.⁹

Dosahovaná přesnost IT 6 – 8, jakost povrchu Ra 1,6 μm .

2.1.2. Honování

- v podstatě broušení malou řeznou rychlostí vnitřní válcové plochy, při vysoké geometrické a rozměrové přesnosti a velmi dobré drsnosti povrchu.

Je to dokončovací metoda, při které se obráběný materiál odebírá abrazivním účinkem honovacích kamenů, lišt nebo kartáčů upevněných v honovací hlavě.

Materiál - umělý korund, karbid křemíku a diamant.⁹

Honovat lze kalené i nekalené oceli, litiny, neželezné kovy, SK, tvrdé povlaky a další materiály.

Použití:

- výbrusy spalovacích motorů, kompresorů, hydraulických válců a podobně.

Princip:

honovací hlava (až s 12 kameny) vykonává složený pohyb: rotace + přímočarý vratný pohyb (otáčivý pohyb jako brusný kotouč a zároveň pohyb posuvný), poměr rychlostí 2 : 1, výběhy kamenů o 1/3 délky. Roztahování kamenů umístěných v honovací hlavě je řešeno mechanicky nebo hydraulicky. Kameny jsou přitlačovány k obráběné ploše tlakem 0,35 až 1,40 MPa. Vzniká charakteristický povrch – křížení stop po nástroji pod úhlem 45°. ⁹

Přídavek na honování je 0,06 – 0,15mm.(obr 2.1 a 2.2)

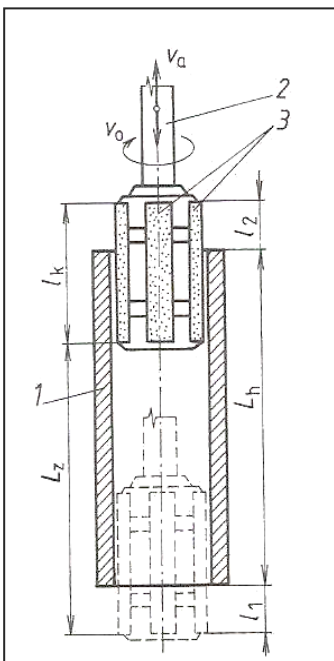
Jako řezné kapaliny pro chlazení a odplavování třísek se používají řezné oleje, petrolej.

U vibračního honování je produktivnější nástroj nebo obrobek - vykonává kmitavý pohyb rotační nebo posuvný (amplituda 1- 4 mm, $f = 20\text{Hz}$).⁹

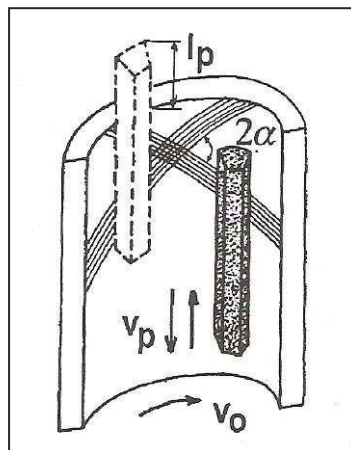
- Stroje:** - pro strojní honování: - svislá honovačka, (obr 2.3)
- vodorovná honovačka
 - speciální (pro vnější válcové plochy, pro rovinné plochy, pro vibrační honování)
- pro ruční honování: - vrtačky (v kusové výrobě)

Charakteristické znaky honování (ve srovnání s broušením)

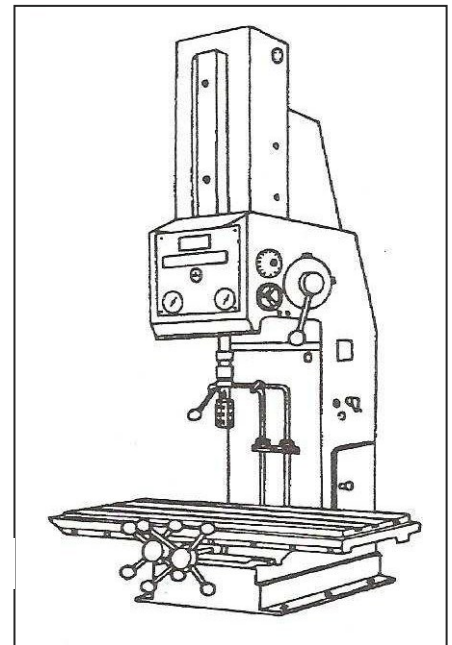
- odstranění kuželovitosti, nekruhovitosti, nepřímosti díry
- přesnost rozměrů a tvaru obrobku 2 až 5 μm
- vysoká jakost obrobené díry $R_a = 0,025 \mu\text{m}$, běžně 0,4 μm
- lze obrábět i tenkostěnné obrobky
- dosahovaná přesnost IT4 až IT2, běžně IT5 až IT7



Obr. 2.1 Princip honování⁹



Obr. 2.2 Honovací kameny⁹



Obr. 2.3 Honovací stroj⁹

2.1.3. Superfinašování

- dokončovací způsob obrábění vnějších válcových ploch velmi jemnými zrny brousícího nástroje, určený pro odstranění mikroskopických nerovností. (obr. 2.4) ⁹

Princip:

obrábění pomocí rychlého kmitavého pohybu superfinašovací hlavy (obr. 2.5). (držák s brousícími kameny z jemného brusiva) při současném otáčení obrobku, při nízkých řezných rychlostech, malých měrných tlacích nástroje (0,25MPa) na obráběnou plochu a při kombinaci kmitavého a přímočarého posuvného pohybu. ⁹

Tvrdość kamene závisí na výchozí tvrdości a drsnosti materiálu obrobku. Čím je výchozí drsnost větší, tím volíme kámen tvrdší. Čím je výchozí drsnost menší, tím volíme kámen měkčí.

Materiál kamene – elektrokorund, karborundum o zrnitosti 400 – 500. ⁹

Jako chladicí kapaliny se používá olej, petrolej - mazání + čištění obráběné plochy.

Stroje: - soustruh, bruska, vyvrtávačka + přídavná zařízení (superfinašovací hlava má samostatný motor, který kamenům uděluje pomocí klikového mechanismu kmitavý pohyb)

- speciální poloautomaty a automaty – sériová výroba

Použití: - hřídele – vačkové, turbínové

- pro válcování plechů

- valivá tělíska ložisek (válečky, kuželíky)

Vhodné pro všechny druhy materiálů (litina, ocel, kalená ocel, Al, Cu), obrábět lze i rovinné materiály a díry.

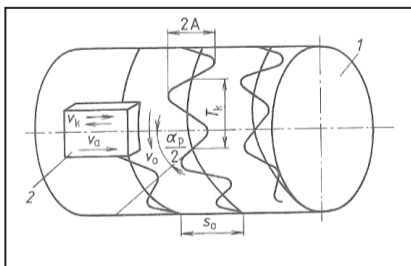
Charakteristika

Dosahovaná přesnost IT3 - IT5,

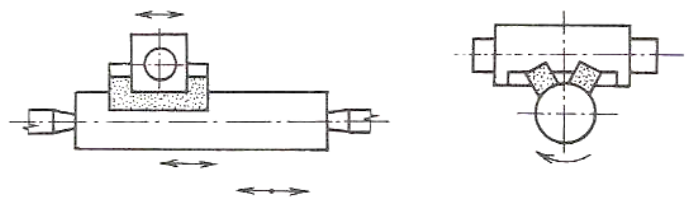
drsnost obrobené plochy $R_a = 0,025 - 0,1 \mu\text{m}$ - před superfinašováním je nutné obrobit jemným soustružením nebo broušením na jakost $R_a = 0,2$ až $1,6 \mu\text{m}$,

přídavek na superfinašování je cca $5 \mu\text{m}$.

Platí zásada: tvrdší materiál – kámen měkčí, měkký materiál – tvrdý kámen.



Obr. 2.4 Superfinašování ⁹



Obr. 2.5 Superfinašovací hlavy ⁹

2.1.4. Lapování

Obrábění rovinných nebo tvarových ploch, při kterém je materiál obrobku odebírán pohybem brusných zrn volně rozptýlených v kapalině (oleji), petroleji nebo pastě, umístěných mezi obrobkem a nástrojem (obr. 2.7).⁹

Princip:

Nástroj svým pohybem vyvolává pohyb zrn, které neustále mění svou dráhu a svými různě orientovanými reznými hranami odebírají s povrchu materiál ve tvaru jemných třísek.

Nástroje podle pohonu:⁹

- ruční – nástroj se drží v ruce – všechny pohyby se konají ručně,
- strojní – pohyby vykonává stroj (obr 2.8), suspenze kapaliny s brusnými zrny se dodává čerpadlem.

Nástroje: - lapovací kotouče (rotují různou rychlostí) z litiny, z bronzu (měkčí materiál nástroje než obrobku),

pro hrubování – činná plocha je rýhovaná,

pro dokončování – činná plocha kotoučů je hladká.

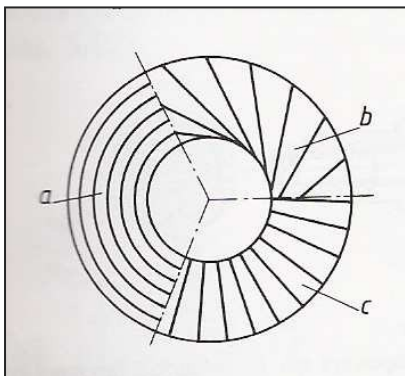
Stroje: dvukotoučové lapovačky svislé, speciální (pro ozub. kola)

Použití: opracování i kalených, nitridovaných povrchů, SK

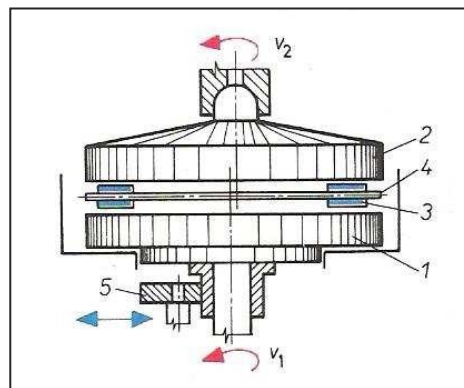
- pro rovinné plochy základní měrky, IT 1-3 (obr. 2.6).
- pro vnější rotační plochy (lapovací pouzdra): písty
- pro vnitřní rotační plochy (lapovací trny): díry kluzných ložisek, válce
- pro tvarové plochy: ozubená kola, nástroj litinové ozubené kolo, závity
- dosažená jakost povrchu $R_a = 0,025 - 0,4 \mu\text{m}$
- tvarová přesnost $0,05 \mu\text{m}$ až $0,01 \mu\text{m}$.

Před lapováním bývá obrobek opracován jemným broušením s přídavkem $0,05 \text{ mm}$ až $0,03 \text{ mm}$.⁹

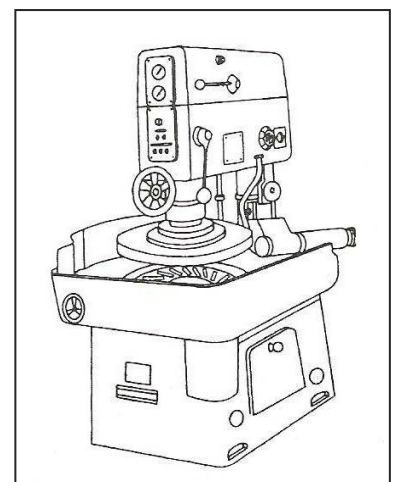
Nevýhody: na závěr nutné očištění obrobku (petrolejem), poměrně dlouhá doba opracování..



Obr. 2.6 Lapovací nástroj⁹



Obr. 2.7 Sestava⁹



Obr. 2.8 Lapovací stroj⁹

2.1.5. Omílání

Speciální proces leštění, při kterém se obrobky a leštící prostředek dostávají do vzájemného pohybu otáčením nebo vibrační strojního zařízení (bubnu). Úběr materiálu je na základě tření a nárazů leštícího prostředku o povrch obrobku. ⁹

Stroj:

- rotační nebo vibrační buben je z ocelového plechu, s pohonem (obr 2.9),
- vnitřní část je opatřena pryží nebo plastem,
- tvar válcový, kuželový, několikahřanný

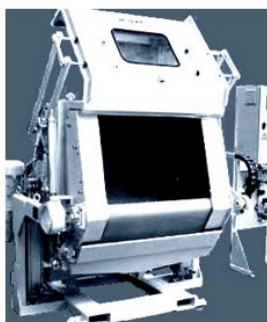
Nástroj – leštící prostředek:

- abrazivo
úlomky brousicích kotoučů, porcelánu, keramiky (5 – 20mm), kalené ocelové kuličky (Ø 4-10mm), dochází i ke zpevnění povrchů
- aktivní kapalina: voda + vodní sklo, chlorid sodný, nitrid sodný, H₂SO₄

Drsnost povrchu spojena se zvoleným omílacím prostředkem a chemickou látkou. Závisí zejména na druhu materiálu a tvaru součásti. Nedochozí ke zlepšení přesnosti rozměrů a přesnosti tvaru. ²

Dosahovaný parametr:

drsnosti povrchu Ra = 0,1 µm až 0,4 µm



Obr. 2.9 Omílací stroje ⁹

2.1.6. Tryskání (Otryskávání)

- na povrch součásti je vrhán (obr. 2.10 a 2.11) vysokou rychlostí proud tvrdých tělísek (abraziva). Dochází ke zpevnění povrchu, zvýšení únavové pevnosti, trvanlivosti. ⁹

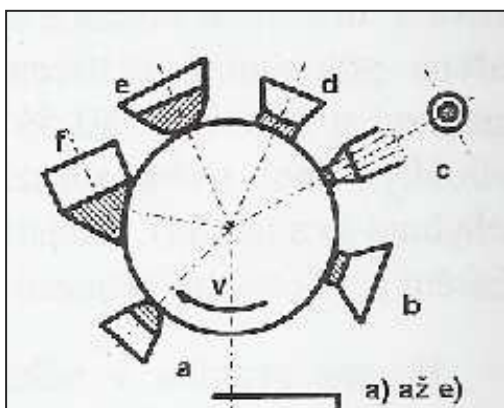
Nástroj - abrazivo: - kuličky z kalené oceli, skleněné kuličky, křemičitý písek, atd.

Použití:

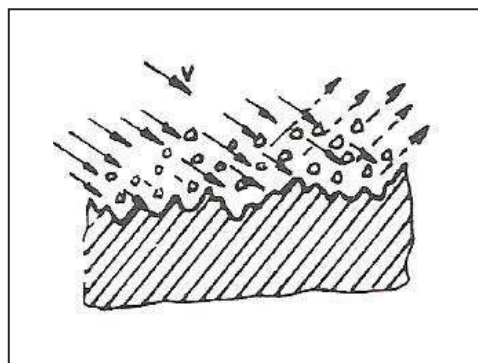
- výhodné pro členité součásti nepravidelných tvarů
- pro obtížně přístupné plochy

Dosahované parametry:

- přesnost rozměrů IT6 až IT8
- jakost povrchu Ra 6,3 až 0,8 μm



Obr. 2.10 Princip otryskávání ⁹



Obr. 2.11 Povrch otryskávání ⁹

2.1.7. Broušení

- **dokončovací metoda** obrábění válcových, rovinných nebo tvarových ploch vnějších i vnitřních nástrojem, jehož břity jsou tvořeny zrný tvrdých materiálů, navzájem spojených vhodným pojivem. ⁹

Broušení používáme:

- k dosažení vysoké geometrické přesnosti, tvarové, rozměrové a drsnosti povrchu u součástí tepelně zpracovaných – zakalených
- při ostření nástrojů
- při dělení materiálů

Princip:

Současný záběr velkého množství zrn (břitů), které odebírají třísky velmi malých průřezů různých velikostí. ⁹

Řezná rychlost se pohybuje v rozmezí 30 – 100 m/ s.

Nástroje:

- brousící kotouče
- brousící segmenty
- brousící kameny, pásy

zrna brusiva jsou:

- volná (brousící a leštící pasty a prášky)
- vázaná: a) v tuhých nebo pružných tělesech (brousící kotouče, tělíska, superfinišovací a honovací kameny, brousící a obtahovací kameny a segmenty, brousící pilníky apod.),
b) nanesená a zakotvená na brousících pásech, plátnech a papírech.

Nástroje jsou tzv. samoostřící.

Nejčastěji používanými brousícími nástroji jsou **brousící kotouče**.

Charakteristické vlastnosti kotouče jsou dány jeho označením, které obsahuje:

- **typ brousícího kotouče (tvar, rozměr)**
- **druh brousícího kotouče**
- **zrnitost**
- **tvrdost**
- **strukturu**
- **druh pojiva**
- **maximální pracovní rychlost kotouče**

Materiál brusiva:

- a) přírodní: - granát G, smírek S, pazourek P
- b) umělé: - umělý korund Al_2O_3 /pro ocel, temperované litiny, bronzy/
 - karbid křemíku SiC
 - karbid boru N_2B_3 /pro kalené oceli, rychlořezné oceli, litiny/
 - diamant přírodní i umělý D /pro slinuté karbidy, keramiky, sklo, titanové slitiny/

Velikost zrna:

Je dána číslem, které odpovídá počtu ok na délce jednoho anglického palce (") síta, kterým při třídění ještě zrno propadne. Čísla jsou uváděny od nejhrubějšího po nejjemnější. ²

- hrubá 4, 6, 7, 8, 10, 24
- střední 30, 36, 40, 46, ... 60
- jemná 70, 80, 90, 180
- velmi jemná 220, 240, 280, ... 1 200

Pojivo

Pojivo spojuje zrna brusiva do požadovaného tvaru nástroje.

Pro kotouče z umělého korundu a karbidu křemíku se používají:

- keramická V
- pryžová R
- z umělé pryskyřice B
- šelaková E
- magnezitová Mg

Pro kotouče z kubického nitridu boru a diamantu se používají:

- kovová, galvanická kovová
- keramická z umělé pryskyřice

Stupeň tvrdosti

Je určen druhem a obsahem pojiva.

Je to odpor, který klade zrno proti vylomení z brousícího nástroje.

Označuje se velkými písmeny abecedy **A** (nejměkčí) až **Z** (nejtvrdší).

Používají se kotouče:

- měkké I, J, K
- střední L, M, N, O, P, Q
- tvrdé R, S, T

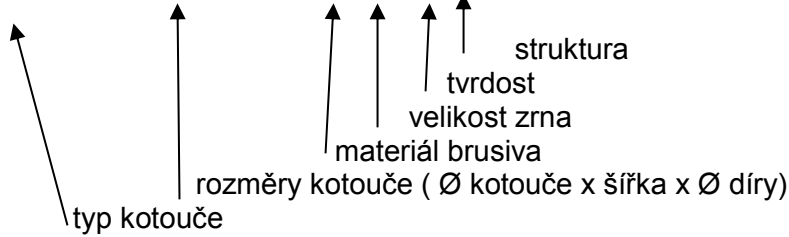
Struktura

se označuje čísly od 0 do 14.

Čím je číslo vyšší, tím je vzdálenost mezi zrny větší.

Příklad označení brousícího kotouče

Typ kotouče I 300 x 50x 76 A 36 L 5 V - 35 m s⁻¹ /maximální obvodová rychlost/



Rozdělení broušení:

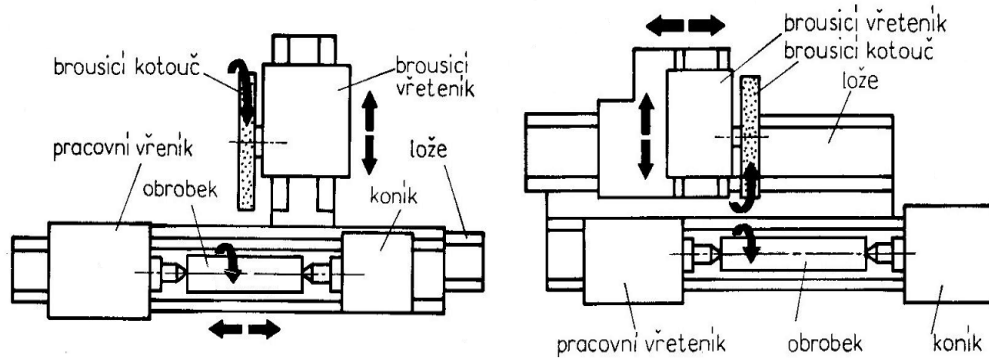
- na kulato
- na plocho

Broušení vnějších i vnitřních válcových ploch

Vnější plochy

(obr. 2.12 a 2.13) Součást se otáčí 15 – 80 m/min, brusný kotouč se otáčí opačně a to rychlostí 30 – 100 m/s.⁹

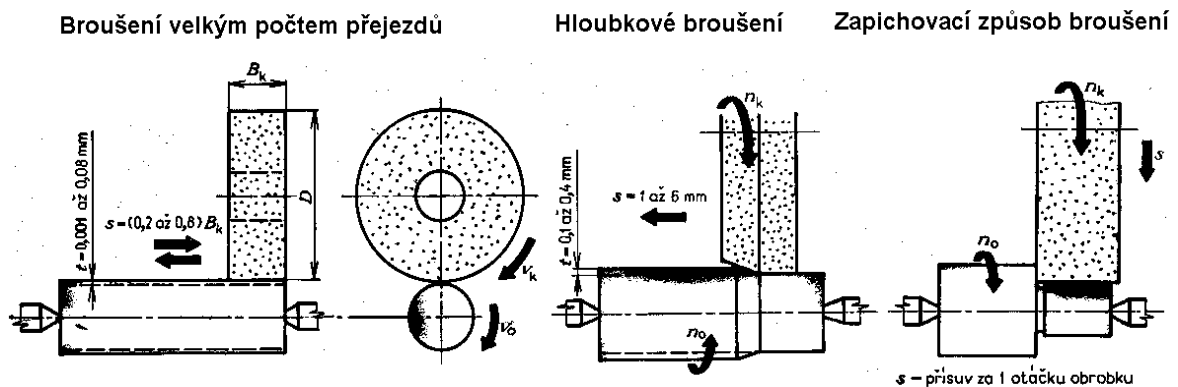
Podélný posuv vykonává nástroj nebo obrobek, velikost se určuje dle šíře kotouče, a to 0,3 – 0,7mm/ot pro hrubování, a 0,2 – 0,3mm/ot pro broušení na čisto.⁹



Obr. 2.12 Broušení na kulato⁹

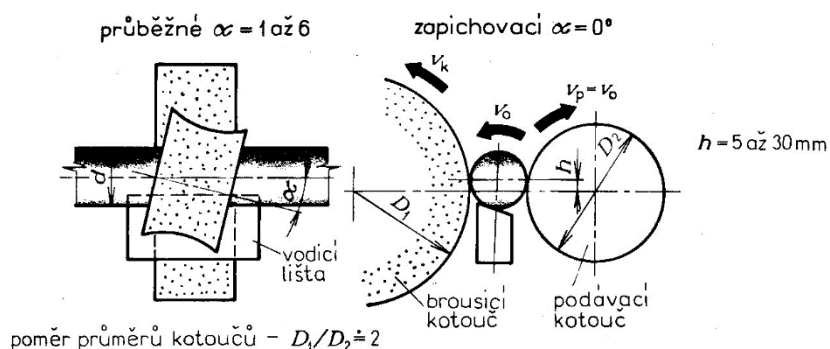
Při broušení používáme chladicí kapaliny.

Přídavek na broušení lze odebírat několika způsoby:



Obr. 2.13 Způsoby broušení⁹

Používá se u jednoduchých součástí (obr. 2.14). Součást je vtahována podavačem, rychlost posuvu se řídí zvětšováním nebo zmenšováním úhlu α . Součást je vedena po kalené liště mezi oběma kotouči. ⁹



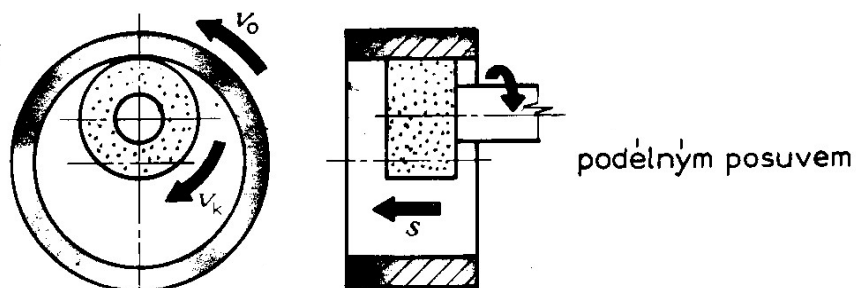
Obr. 2.14 Bezhraté broušení ⁹

Vnitřní plochy

Provádí se dvěma způsoby:

a) na kulato (obr. 2.15)

- obrobek se otáčí obvodovou rychlostí 10 – 90 m/min, nástroj 30 – 100 m/s,
- přířuv se provádí v jedné úvrati podélného posuvu,
- při hrubování je přířuv 0,005 – 0,02 mm,
- na čisto je přířuv 0,0015 – 0,0025 mm.



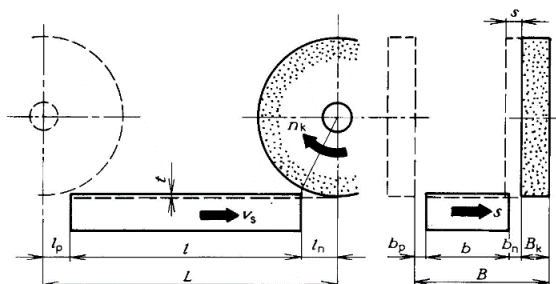
Obr. 2.15 Broušení vnitřní ploch ⁹

b) planetové broušení

- u velkých otvorů nebo u velkých součástí,
- obrobek je v klidu, nástroj koná všechny pohyby včetně rotace,
- kolem osy obrobku,
- řezné podmínky jsou stejné jako u normálního broušení.

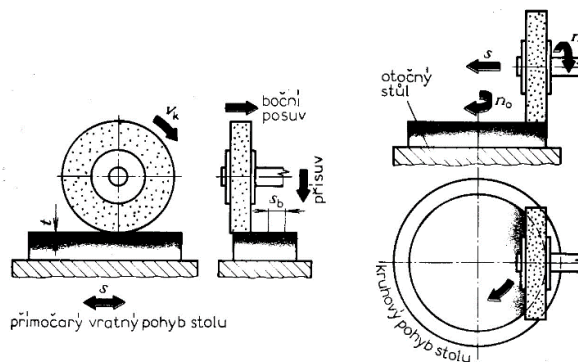
Broušení rovinných ploch

a) broušení obvodem kotouče s podélným pohybem stolu (obr. 2.16).



Obr. 2.16 Broušení rovinných ploch⁹

b) broušení obvodem kotouče s kruhovým pohybem stolu (obr. 3.17).

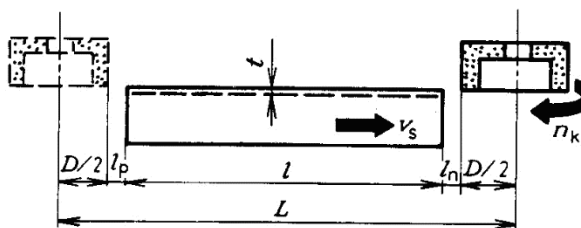


Obr. 2.17 Broušení obvodem kotouče s kruhovým pohybem stolu⁹

c) - broušení čelem kotouče

- výkonnější způsob broušení

- větší plocha brousícího kotouče se dostává do přímého styku s obrobkem (obr. 2.18).



Obr. 2.18 Broušení čelným kotoučem⁹

2.2. Metody bez úběru materiálu

metoda, při které dochází k plastické deformaci povrchových vrstev – zatlačení nerovností, dochází ke zlepšení drsnosti, přesnosti, vzhledu. ⁹

Provádí se za studena (pod T_R) – změna struktury povrchu, zpevnění povrchové vrstvy zvyšuje tvrdost, mez únavy, životnost, odolnost proti korozi, otěru. ⁹

Vyhlazování

- spočívá v přitlačování pevného tvářecího elementu na rotující součást, dochází k smykovému tření. Je nutné chladit, a to olejem nebo emulzí. ²

Nástroj:

- pracovní tělíska různého tvaru upnuté v držáku z konstrukční oceli.

Materiál: - kalená ocel RO, SK, KNB, diamant

Stroj:

- běžné stroje, např. soustruh (rotační i čelní plochy)

Dosahované parametry:

- hloubka zpevnění: 0,1 – 0,5 mm

- jakost povrchu Ra 0,1- 0,4 μm

2.2.1. Válečkování, kuličkování

Metoda dokončování povrchu, při které nedochází k úběru materiálu ve formě třísek, ale pouze k přetváření povrchové vrstvy materiálu. Deformace povrchových nerovností je způsobená přitlačováním jednoho nebo více válečků, vysoké tvrdosti, do materiálu. ⁹

Válečkovací (kolmá síla) vytváří ve vrcholech nerovností povrchu tlakové napětí, čímž dochází k plastické deformaci povrchové vrstvy (pouze v rámci drsnosti povrchu). Objem materiálu z povrchu se přesouvá (jakoby „přeteče“) do míst s nižším napětím (do prohlubní) a vyplňuje je zdola. ⁹

Nástroj:

- otočný váleček nebo kulička v držáku,

- má náběhový kužel, válcovou část a výběhový kužel

- přitlačování mechanicky – pružinami, hydraulicky

Stroje: - soustruh, vrtačka

Použití:

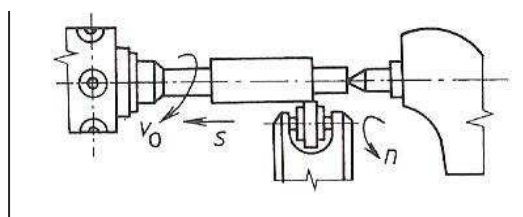
Vnější i vnitřní rotační plochy (obr 2.19 a 2.20), drážky, zápichy, rovinné plochy příruby, válce motorů, hřídele, čepy, trubky (obr. 2.21).

Dosahované parametry:

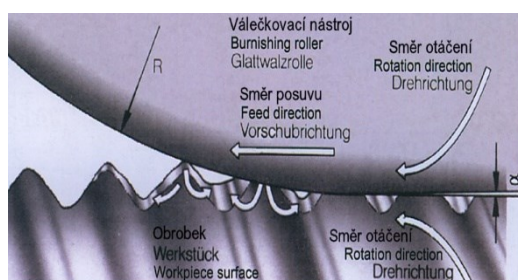
- nízká drsnost ($Rz < 1$)
- rovné plochy s mělkými prohlubněmi, které dobře slouží pro zadržení maziv
- zaoblenými přechody mezi rovnými plochami a prohlubněmi
- žádnými vyčnívajícími špičkami
- velkým podílem materiálu na povrchu (vysoké R_{mr})
- zvýšenou povrchovou pevností



Obr. 2.19- Válečkování. ⁹



Obr. 2.20 Válečkování rotační ploch. ⁹



Obr. 2.21 Válečkování nástroj. ⁹

2.2.2. Protlačování

- zmenšuje drsnost povrchu plastickou deformací a dokončuje vnitřní válcové plochy.⁹

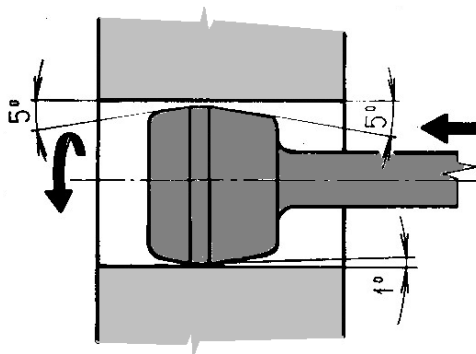
Princip:

- nástroj (obr. 3.21) je větší o několik tisícín mm než díra

Výhody:

- snížení povrchové drsnosti a zpevnění materiálu
- zvýšení tvarové i rozměrové přesnosti

Práce se provádí na lisech.



Obr. 2.21 Protlačování.⁹

2.2.3. Otryskávání

- zlepšuje se jakost povrchu Ra, vzhled
- nedochází k úběru materiálu
- nezlepšuje se rozměry a tvar
- při použití ocelové kalené kuličky – kuličkování
litinové kuličky – brokování
sekaného ocelového drátu (hrany zaobleny omíláním) – patentování
skleněné kuličky – balotínování.

2.2.4. Přehled dokončovacích způsobů obrábění

Na obrázku (obr. 2.22) je vidět srovnání různých dokončovacích metod, jejich drsnost povrchu a přesnost rozměrů.

Metoda obrábění			Přesnost rozměrů		Drsnost povrchu		
			IT		Ra [μm]		
			střední	rozsah	střední	rozsah	
vnější rotační	Broušení	hrubovací	10	9 +11	2,40	0,80 +3,20	
		dokončovací	5	5 +6	0,40	0,20 +0,60	
		jemné	4	3 +5	0,20	0,05 +0,40	
	Lapování	dokončovací	4	3 +4	0,10	0,05 +0,20	
		jemné	2	1 +2	0,03	0,012+0,050	
	Superfinišování	dokončovací	4	3 +5	0,20	0,05 +0,40	
vnitřní rotační	Broušení	hrubovací	10	9 +11	2,40	1,60 +3,20	
		dokončovací	6	5 +7	0,80	0,40 +1,60	
		jemné	5	3 +6	0,20	0,05 +0,40	
	Honování	hrubovací	7	6 +8	0,40	0,20 +0,80	
		dokončovací	6	5 +7	0,15	0,10 +0,20	
		jemné	4	3 +5	0,07	0,05 +0,10	
	Lapování	dokončovací	4	3 +5	0,20	0,01 +0,40	
		jemné	2	1 +3	0,03	0,012+0,050	
	rovinné	Broušení	hrubovací	10	9 +11	2,40	1,60 +3,20
			dokončovací	6	5 +7	0,80	0,40 +1,60
			jemné	5	3 +6	0,20	0,05 +0,40
		Lapování	dokončovací	4	3 +5	0,20	0,10 +0,40
jemné			2	1 +3	0,03	0,012+0,050	

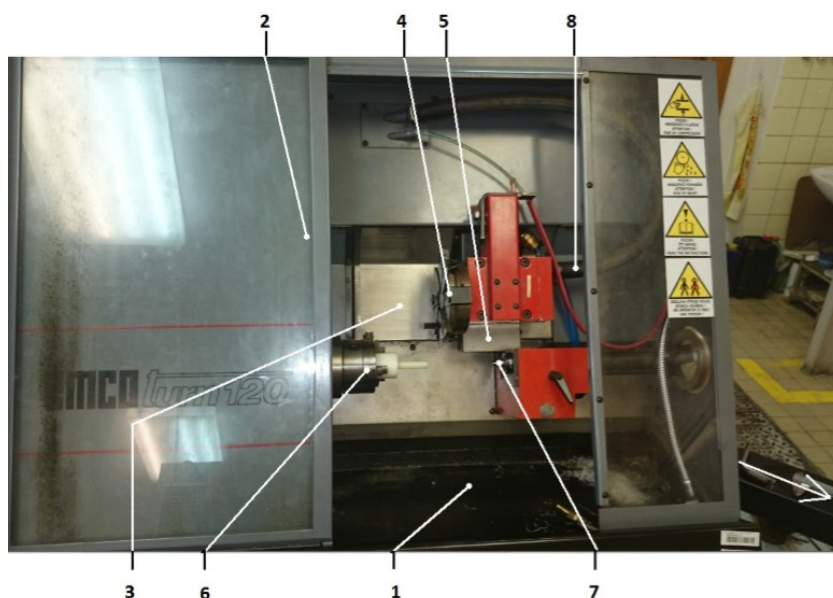
Obr. 2.22 Přehled dokončovacích způsobů obrábění

3. Výroba součásti (vzorku)

3.1. EMCOturn120

CNC EMCOturn 120 (viz obr. 3.2) se používá k výrobě součástí hřídelových a přírubových typů, které nepřesahují průměr 90 mm a délku 160 mm. Řízení dráhy probíhá ve dvou osách se zpětnou vazbou polohy. Programování jednotlivé dráhy nástroje je umocněno díky krokovému motoru a posunového kuličkového šroubu, jeho matice je předepnuta. To nám zajišťuje poměrně vysokou přesnost výroby. ²

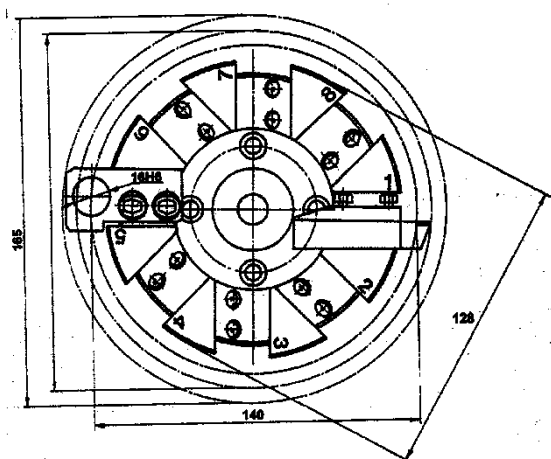
Stroj je vybaven šikmým ložem, to zvyšuje celkovou tuhost konstrukce a přispívá k lepšímu odvodu třísek. Dále se na stroji nachází koník a chlazení nástrojů (viz obr. 3.2), které jsou upnuty v osmi - polohové revolverové hlavě (viz obr. 3.3, obr. 3.4). ²



Obr. 3.1 - Popis hlavních částí CNC soustruhu

EMCOturn 120T: 1 – vana na třísky, 2 – krytování pracovního prostoru stroje, 3 – podélní pojezd, 4 – nástrojová hlava (osmipolohová), 5 – příční pojezd, 6 – vřeteno, 7 – koník, 8 – rozvod procesních kapalin

Stroj je vybaven osmi polohovou revolverovou hlavou (obr. 3.3), koníkem, chlazením nástroje, šikmým ložem, které umožňuje snadno odvod třísek a zvyšuje tuhost stroje.²



Obr. 3.4 Osmi-polohová nástrojová hlava.⁵



Obr. 3.3 Osmi-polohová nástrojová hlava.²

3.1.1. Technické parametry stroje

Základní technické parametry CNC soustruhu a časy výměny nástrojů z jednotlivých pozic nástrojů jsou uvedeny v následujících tabulkách (viz. tab. 2).

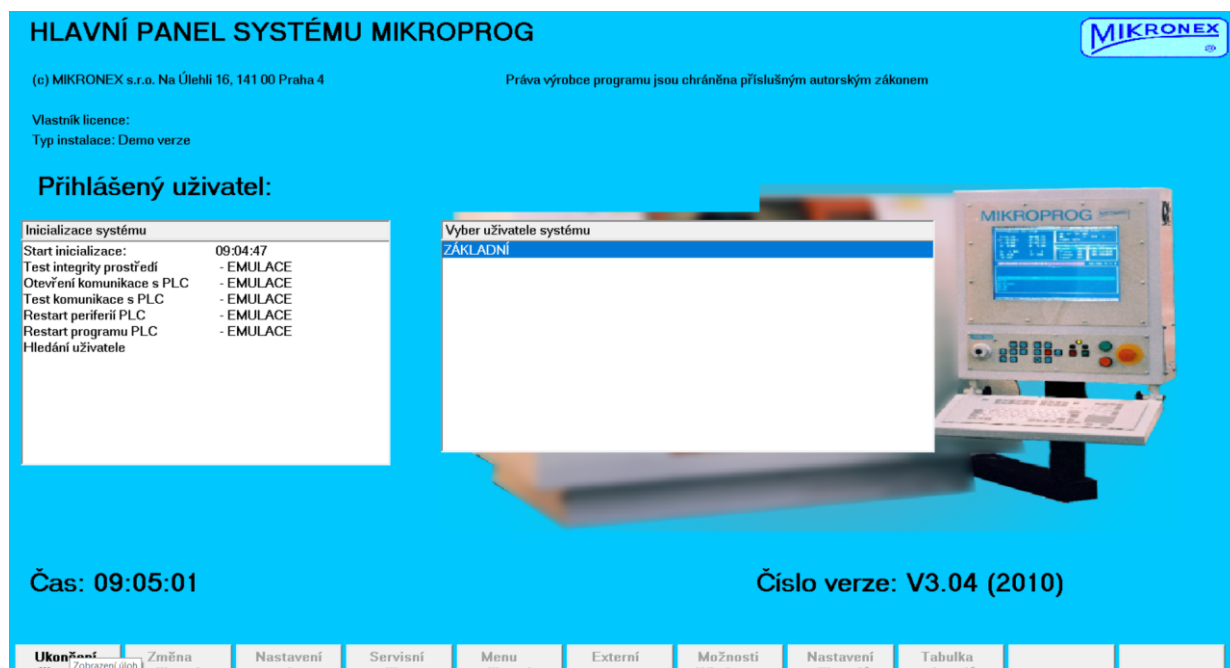
Tab. 2 Technické parametry stroje EMCoturn 120²

Pracovní části	Popis části	Rozměr	Jednotky
pracovní rozsah	oběžný průměr nad ložem	180	[mm]
	oběžný průměr nad příčným suportem	75	
	největší soustružená délka	160	
	největší průměr obrobku	90	
vřeteno	vrtání vřetena	20,7	[mm]
	rozsah otáček	150	[min ⁻¹]
hlavní pohon	výkon stejnosměrného motoru	4	[kW]
	maximální krouticí moment	23	[N.m]
posunové pohany	posuv v osách X a Z	1- 2000	[mm.min ⁻¹]
	Rychloposuv	3	[m.mirt ¹]
	posunová síla	2	[kW]
nástrojová hlava	počet poloh nástrojů	8	-

3.2. Řídicí systém MIKROPROG

Součást – vzorek- je vyrobena na CNC soustruhu EMCO T120 s řídicím programem MIKROPROG.

Řídicí systémy MIKROPROG (obr. 3.6) se používají pro řízení strojů, které využívají krokových servopohonů. V našem případě se jedná o MIKROPROG S, ten je určený především pro stroje se dvěma řízenými osami a odměřovaným vřetenem, primárně tedy u soustruhů. Tvorba jednotlivých programů v tomto řídicím systému se realizuje zapisováním v ISO kódu, neboli v tzv. G kódech. Samotné ovládání respektuje zvyklosti operačních systémů Windows. Poradované činnosti se spouští pomocí klávesových tlačítek Enter, Esc a F1 až F10. Není-li systém rozšiřován přídatnými funkcemi, zcela odpadá používání myši. Tvorbu samotného programu pak můžeme průběžně kontrolovat graficky, kdy jsme schopni simulovat pohyb obráběcího nástroje, ani by došlo ke spuštění stroje. Tímto způsobem jsme schopni odstranit formální chyby, které vznikají během zápisu programu. Dále můžeme odstraňovat i chyby, které sice nemají vliv na běh samotného programu, ale často vedou ke kolizím, nebo k výrobě zmetku ^{10, 11}



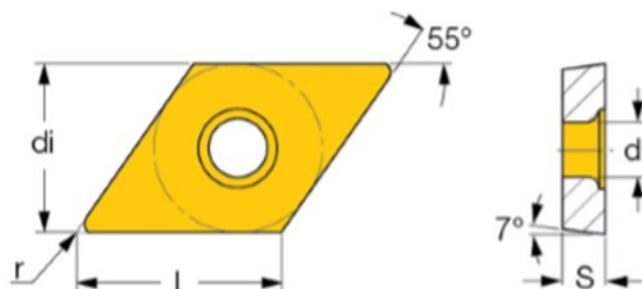
Obr. 3.6 Hlavní panel programu. ¹¹

Je účelné číslovat věty po desítkách, to umožňuje dodatečné vkládání vět bez toho, že by byl zbývající program rušen. U nově zadaného programu bude číslování vět po deseti. ⁵

Číslo bloku (věty) je tedy první informace uvedená v bloku. Po přečtení bloku čtecím zařízením NC stroje se číslo bloku objeví na číselné světelné indikaci, popř. displeji řídicího panelu NC stroje. Smysl čísla bloku spočívá v tom, že vnáší do řídicího programu řád, a tím usnadňuje orientaci v něm. Podle čísla bloku lze přesně určovat bloky nebo úseky, v nichž je třeba provést nějakou změnu nebo opravu po zkoušce (odladění) provedené na NC stroji apod. V průběhu obrábění dává přehled o tom, jak dalece pokročil pracovní cyklus, tj. v jaké fázi realizace řídicího programu při obrábění dané součásti. Na rozdíl od ostatních adres nemá číslo bloku ani geometrický ani technologický význam. ⁵

3.3. Označení vyměnitelná břitová destička

DCMT 070204 – SM Vyměnitelná břitová destička (viz obr. 3.7) s úhlem hřbetu 7° a úhlem břitu 55° je vhodná pro polo dokončovaci a dokončovaci operace. Používá se pro širokou škálu materiálů včetně měkkých a exotických slitin a je vhodnější pro menší řezné síly. ¹⁴



Obr. 3.7 Břitová destička. ¹⁴

Rozměry a řezné parametry destičky jsou uvedeny v následující tabulce (viz tab.4).

Tab. 4 Rozměry a řezné parametry třísky ¹⁴

l [mm]	di [mm]	S [mm]	r [mm]	d1 [mm]	f [mm]	ap [mm]	vc [m·min ⁻¹]
470	6,35	2,38	0,40	2,80	0,05 -0,25	0,5 - 2,5	200 - 3049

Vyměnitelnou břitovou destičku DCMT 070204-SM jsem zvolil, protože se vyznačuje velmi dobrými řeznými parametry, které jsou pro materiál součásti- vzorek- ideální. Použitím břitové destičky dosáhneme kvalitního povrchu, tím dokončovaci operace leštění je méně náročná a doba leštění se zkrátí.

3.4. Vztažné body

R = REFERENČNÍ BOD

Slouží k synchronizaci měřicího systému. Při zapnutí stroje nebo po každém přerušení elektrického stroje je nutno nejdříve najet na „R“. Je pevně stanovený výrobcem v pracovním prostoru stroje koncovým spínačem. ²

M = NULOVÝ BOD STROJE

Je počátkem souřadného systému a je pevně stanoven výrobcem a zapsán v dokumentaci stroje. Tento počátek můžeme programově posouvat. ²

W = NULOVÝ BOD OBROBKU

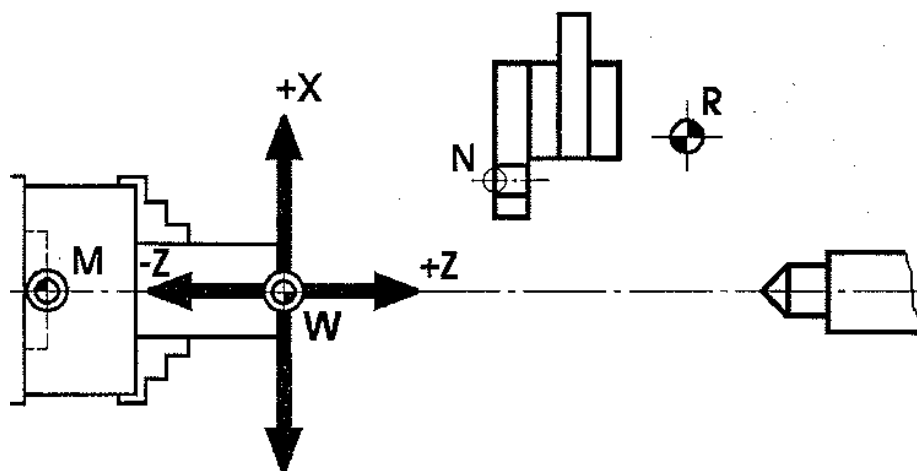
(obr. 3.8) Určuje a programuje ho technolog-programátor a může jej kdykoliv během NC programu měnit. Při programování a obrábění je základním (výchozím) bodem souřadnicového osového systému. ²

N = NULOVÝ BOD NÁSTROJE

Slouží jako počátek pro určování délek nástrojů (délkových korekcí nástrojů). „N“ leží na vhodném místě systému upínače nástrojů a je určen výrobcem stroje. ²

Referenční bod (R) a nulový bod stroje (M) udávají velikost pracovního prostoru stroje, jsou koncovými body tělesové úhlopříčky. ²

Pro program jsem ustavil nulové body obrobku souřadnic z a x na čelo a do osy obrobku, viz obrázek (obr. 3.8).



Obr. 3.8 Nulový bod obrobku ²

3.5. Volba materiálu

Pro výrobu součásti (vzorek) byl zvolen takový materiál, aby splňoval podmínky, které na něho klademe. U tohoto vzorku byla preferována dobrá obrobiteľnosť a vlastnosť pro docílení jakostního povrchu z pohledu hladkosti či lesku.

Zvolený materiál: hliník

Hliník je lesklý kov stříbřité barvy, který díky své měrné hmotnosti 2699 kg.m^3 řadíme mezi tzv. lehké kovy. Tento lehký kov je velmi dobře obrobiteľný. Hliník krystaluje v kubické soustavě s plošně středěnou mřížkou, což předurčuje vynikající tvářitelnost za studena. Teplota tavení čistého hliníku je asi $660 \text{ }^\circ\text{C}$, pevnost asi 70 MPa . Hliník se také vyznačuje dobrou tepelnou a elektrickou vodivostí. ¹⁵

Některé vlastnosti hliníku, zejména vlastnosti mechanické, lze ovlivňovat přidáváním různých legujících prvků do čistého hliníku. Vznikají tak hliníkové slitiny, což jsou obvykle tuhé roztoky s omezenou rozpustností. Hliníkové slitiny lze rozdělovat dle různých hledisek. V praxi se slitiny dělí podle zpracování na slitiny tvářené a slévárenské. ¹⁵

Zvolený hliník: ČSN 42 4400 (424400) Slitina hliníku tvářená 42 4400 AlMgSi1Mn ⁷

Tento materiál byl zvolen kvůli dobré obrobiteľnosti, dobré chemické stálosti a dobrému mechanickému namáhání. Nejčastěji se používá v jemné mechanice, u letecké dopravy, pro mlékárenský a potravní průmysl. Jeho technické vlastnosti jsou dobrá svařitelnost plamenem i obloukem, dobrá tvárnost, odolnost proti korozi, velmi dobrá leštitelnost. Tento parametr je velmi důležitý pro volbu druhu hliníku.

Polotovar volím: KR 40ČSN 427610.02-42 4400(H18) - ČSN 421419.11 ⁷

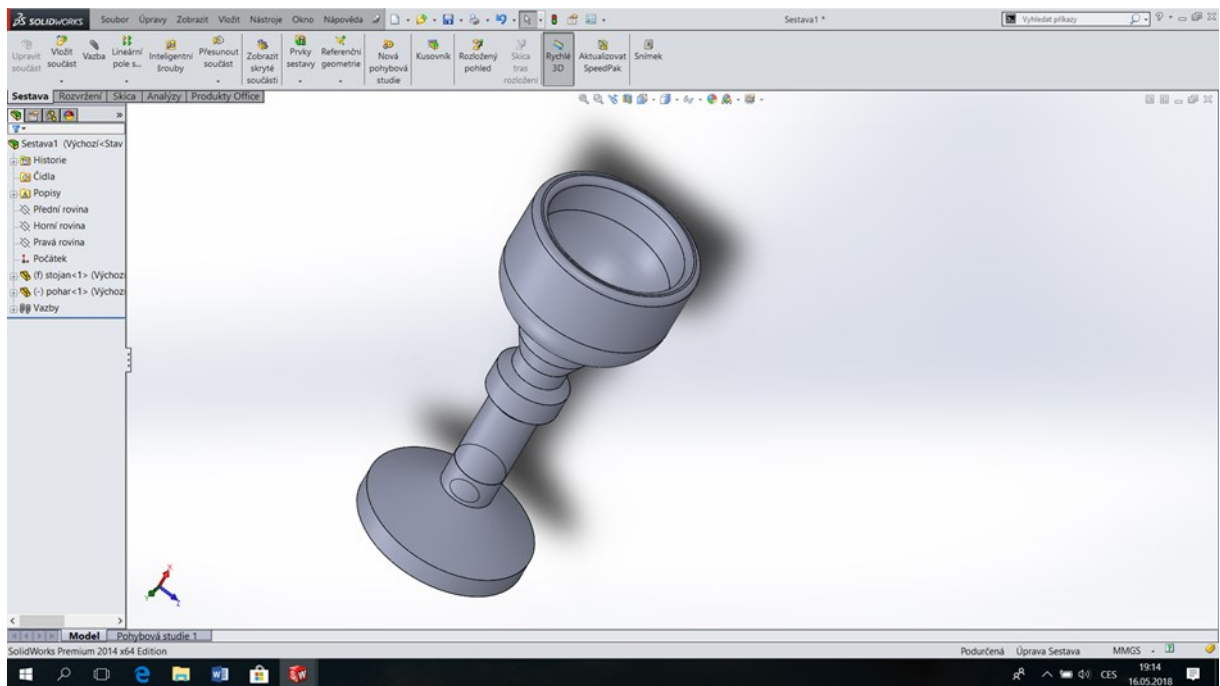
Polotovar pro součást 1(vzorek) byl zvolen o průměru 40 mm , aby byl co nejmenší odpad, a délka 100 mm , z důvodu snadnějšího upínání do sklíčidla.

3.6. Postup výroby vzorku

Tvorba:

- modelu součásti v programu Solidworks. (obr. 3.9),
- výkresové dokumentace (příloha č. 1,2),
- programu součásti (příloha č. 3,4),

Výroba součásti na CNC soustruhu dle přiloženého programu (obr. 3.12).



Obr. 3.9 Model

Na prototypu součásti byl odladěn program a ověřen návrh tvarů a zaoblení pro lepší vyniknutí leštěných ploch.

Vzhledem k zaměření bakalářské práce je jakost povrchu nejdůležitějším parametrem součásti. Navržený tvar součásti má umožnit vyniknout hladkému, leštěnému povrchu s optickým chromovým efektem.

3.6.1. Technologie výroby součásti „Vzorek - Tělo“

Stroj: CNC soustruh EMCoturn120

Materiál: AlMgSi1Mn

Výkresová dokumentace: příloha č. 1

Nástroje:

- přímý ubírací nůž, vnitřní rohový nůž, středící vrták Ø 2, šroubovitý vrták Ø 10, závitový nůž pro vnější závity, kopírovací nůž

Volba nulového bodu: osa Z na čele obrobku, osa X v ose obrobku;

Program CNC: Příloha č. 3

Postup práce:

- zarovnání čela přímým ubíracím nožem,
- hrubování na Ø 39,5 mm,
- dokončení na Ø 39 mm,
- zhotovení radiusu R2 pomocí funkce G 03,
- navrtání středícím vrtákem Ø 2 mm,
- vrtání díry o Ø 10 mm (max. volitelný rozměr vzhledem k upínači nástroje), do hloubky 23 mm, využití cyklu G 83 – vrtání s výplachem,
- soustružení vnitřním rohovým nožem na Ø 35 mm, zhotovení vnitřního tvaru se zaoblením R11.

Otočení součásti, upnutí za vnitřní průměr pomocí čelistí sklíčidla,

- zarovnání součásti na rozměr 82 mm přímým ubíracím nožem,
- soustružení na Ø 17 do délky 54 mm s využitím funkce G64,
- zhotovení vnějšího zaoblení R11 a napojení na Ø 39 mm, funkcí G63,
- soustružení na Ø 12 mm do délky 30 mm, funkcí G64,
- soustružit na Ø 10 mm do délky 10 mm, sražení hrany 1 x 45°,
- řezání závitu M10 závitovým nožem,
- zhotovení zápichu 5 x 2,5 mm zapichovacím nožem, funkcí G66,
- dokončení tvaru zápichu kopírovacím nožem,
- dokončení povrchu leštěním sisálovým kotoučem,
- stanovení geometrické struktury povrchu vizuálně, porovnáním se vzorky drsností dle ČSN.

3.6.2. Technologie výroby součásti „Vzorek - Podstavec“

Stroj: CNC soustruh EMCoturn120

Materiál: AlMgSi1Mn

Výkresová dokumentace: příloha č. 2

Nástroje:

- přímý ubírací nůž, středící vrták Ø 2, šroubovité vrták Ø 8,5, závitová kruhová čelist M10

Program CNC: Příloha č. 4

Volba nulového bodu: osa Z na čele obrobku, osa X v ose obrobku;

Postup práce:

- zarovnání čela přímým ubíracím nožem,
 - soustružení na Ø 39mm do délky 10 mm.
- Otočení součásti a upnutí za Ø 39 mm,
- zarovnání součásti na délku 20 mm,
 - soustružit na Ø12 mm do délky 5 mm využitím funkce G64,
 - soustružení kuželové plochy do délky 5 mm a napojení na Ø 39 mm,
 - navrtání středícím vrtákem o Ø 2 mm,
 - vyvrtání díry pod závit o Ø 8.5 mm,
 - sražení hrany 0.5 x45.

Upnutí součásti do svěráku s měkkými čelisti,

- řezání závitu M 10 pomocí závitové kruhové čelisti upnuté v ručním vratidle,
- dokončení metodou leštění – sisálovým kotoučem.

4. Leštící nástroje

Leštící nástroje pro uchycení do držáku volíme z originálního příslušenství pro mikrobrusku, s hřídelí Ø 3mm.

4.1. PRODUKTY PRO LEŠTĚNÍ

jsou rozděleny do několika skupin, vždy dle účelu a způsobu použití.

4.1.1. Bavlněné leštící kotouče

Jsou určeny pro I. a II. stupeň leštění většiny kovů a galvanických povlaků, ať už ručně či strojově. Také je možné tyto kotouče (obr. 4.1) použít pro leštění laků a vybraných leštících plastických hmot.



Obr. 4.1 Bavlněné leštící kotouče

4.1.2. Sisalové leštící kotouče

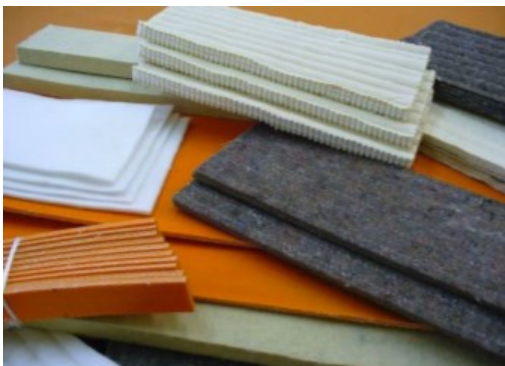
Kotouče (obr. 4.2) jsou vhodné pro kartáčování a jemné předlešťování. Kartáčování rotačními kotouči z přírodních vláken namazaných brusnými pastami je operace, kterou se upravují součásti určené pro galvanické pokování a předlešťování. Kartáčováním se především sjednotí povrch součástí složitých tvarů a odstraní se kysličníky vzniklé při broušení a oxidaci povrchu.



Obr. 4.2 Sisalové leštící kotouče

4.1.3. Bavlněné, vlněné a plastové stěrky

(obr. 4.3) Lze používat především k odstraňování emulzí a zbytkových nečistot při válcování plechů a různých hutních profilů. Dále lze používat při výrobě galvanicky pokovené a nepokovené pásové oceli válcované za studena, případně její povrchové úpravy - kartáčování – leštění.



Obr. 4.3 Bavlněné, vlněné a plastové stěrky

4.1.4. Řasené a skládané lešticí kotouče

Konstrukce těchto kotoučů (obr. 4.4) umožňuje účinně regulovat vlastní chlazení kotouče. Díky této vlastnosti jsou lešticí kotouče řasené a skládané určeny pro leštění teplocitlivých povrchů, jako jsou umělé hmoty, pryskyřičné laky a termoplasty.



Obr. 4.4 Řasené a skládané lešticí kotouče

4.1.5. Lamelové kotouče smirkové

Jsou vyráběny z lamel brusných smirkových pláten (obr. 4.5), přičemž vyšší číslo značí jemnější zrno. Tyto brusné kotouče jsou určeny především pro poloautomatické brousící stroje, ale také na běžné brusky při broušení z volné ruky. Velice dobře odstraňují zkorodovaný materiál a případné nerovnosti před leštěním.



Obr. 4.5 Lamelové kotouče smirkové

4.1.6. Lamelové kotouče z brusného rouna

Jsou vyráběny z lamel brusných smirkových pláten (obr. 4.6), vyšší číslo značí jemnější zrno. Dobře odstraňují zkorodovaný materiál a případné nerovnosti před leštěním.



Obr. 4.6 Lamelové kotouče z brusného rouna

4.1.7. Kotouče z netkané textilie

Materiál brusného stopkového nástroje je tvořen slisovanou netkanou textilií (obr. 4.7) a syntetické pryskyřice s brusnými zrny.



Obr. 4.7 Kotouče z netkané textilie

4.1.8. Lešticí pasty

Jsou směsí různých abrasiv rozptýlených v tuhém tukovém základu (obr. 4.8). Jsou netoxické a prakticky nedráždivé. Nezpracované zbytky past a obaly od nich není nutno likvidovat jako nebezpečný odpad.



Obr. 4.8 Lešticí pasty

4.1.9. Postup při leštění

Při leštění hliníku a mosazi je nutné dodržovat správný postup. Proces leštění má většinou čtyři hlavní fáze. Při každé z nich je potřeba na hliník, mosaz použít jiný druh brusných a leštících kotoučů.

Broušení

K zarovnání výstupků a nerovností povrchu se používá **smirkové plátno nebo brusné roundo** a brusná pasta. Pro hliník a mosaz se doporučuje hrubost 240-320.

Kartáčování povrchu

Pro vyhlazení veškerých drobných nerovností je vhodné použít **sisalové kotoučky** s brusnou

pastou. **Sisal je univerzální materiál pro leštění hliníku, mosazi i oceli.**

Předleštění

Na leštění hliníku jsou vhodné látkové leštící kotouče v kombinaci s polomastnými leštícími pastami. Struktura řasených a skládaných látkových kotoučů zaručí zároveň **chlazení leštěného povrchu.**

Doleštění

Pro dosažení vysokého lesku se používají **jemné leštící kotouče a pasty**, nejčastěji mastné nebo suché.

Při leštění plastu se nejprve odstraní hrubé nerovnosti ručně nebo mechanicky smirkovým papírem pod vodou.

Pro rozleštění je vhodné použít pastu, kterou nanášíme za pomoci bavlněného kotouče.

Povrch dokončíme pastou a kotoučem určeným pro vysoký lesk.

Při experimentálním dokončování povrchu leštěním byly použity u vzorku brousící kotouče a leštící bavlněné kotouče, jemné leštící pasty.

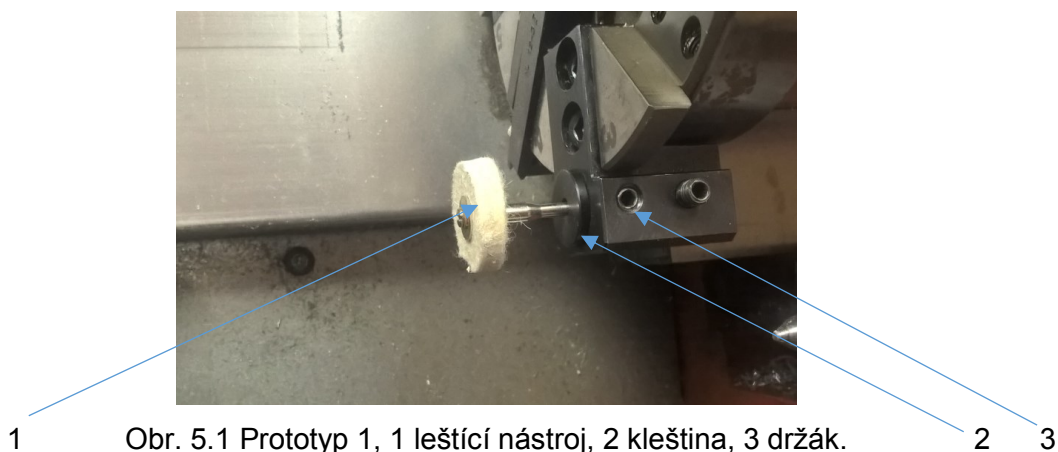
Finální povrch se doporučuje neodmašťovat - nepoužívat ředidla, pouze setřít přebytek pasty bavlněnou látkou. Nejvhodnější je provádět leštění dokud je povrch ještě teplý.

5. Výroba držáků nástroje

5.1. Prototypy držáků nástroje

5.1.1. Prototyp č. 1

Prototyp nástroje č. 1 vychází z originálního držáku pro stroj EMKO 120 na nástroje (obr. 5.1). Pro leštění je používána kleština pro průměr nástroje 3mm (obr. 5.3). Prototyp držáku neumožňuje rotační pohyb leštícího nástroje, takže vzniká problém s krátkou výdrží leštícího materiálu (asi 2-5s doby leštění). V tomto případě šlo o sisalový leštící kotouč, na kterém vznikalo otláčením negativním tvaru leštícího obrobku na leštící nástroj (obr. 5.2). Tato negativní vlastnost byla vyřešena u prototypu č. 2.

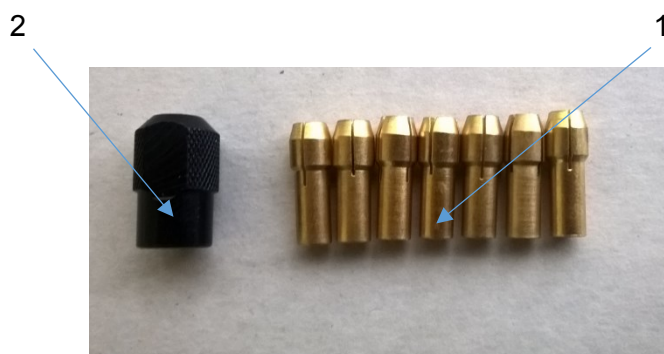


5.1.2. Prototyp č. 2

Svařenec s kluzným, volným uložením hřídele (obr. 5.4). Prototyp č. 2 vychází z poznatků prototypu č.1. Prototyp č. 2 držáku umožňuje rotační pohyb leštícího nástroje. Pro upínání leštícího nástroje je použita originální upínací kleština a upínací matice z mikrobrusky. Tyto umožňují použít veškeré originální leštící i brousící nástroje do mikrobrusky, a to s upínací stopkou 1 – 1,5 – 2 – 2,4 – 3 – 3,2 a 3,4 mm (obr.5.3). Nevýhodou je malá účinnost nástroje způsobená odvalováním nástroje po povrchu obrobku stejnou rychlostí otáček. Účinnost tohoto nástroje jde zvýšit kolísáním otáček CNC soustruhu, ale nejedná se o markantní rozdíl v účinnosti leštění.

Polotovar pro prototyp držák č. 2 byla použita ocel 4HR 12 h11-ČSN 42 6520.12-12050 do délka materiálu 100mm. Ložisko bylo vyrobeno z materiálu $\varnothing 20$ ČSN 42 8611.03 – 42 3016 – ČSN 42 1319.00. Polotovar Hřídel pro hřídel byla vyrobena z oceli KR 8h11 ČSN 426510.12 – 12 050.1.Hřídel viz obrázek (obr. 5.4 pozice 1) se osvětčila a použila pro další prototyp.

Výroba prototypu č.2 byla zadána externí firmě.



Obr. 5.3 Upínání 1.upínací kleština 2.upínací matice



Obr. 5.4 Prototyp s kluzným ložiskem

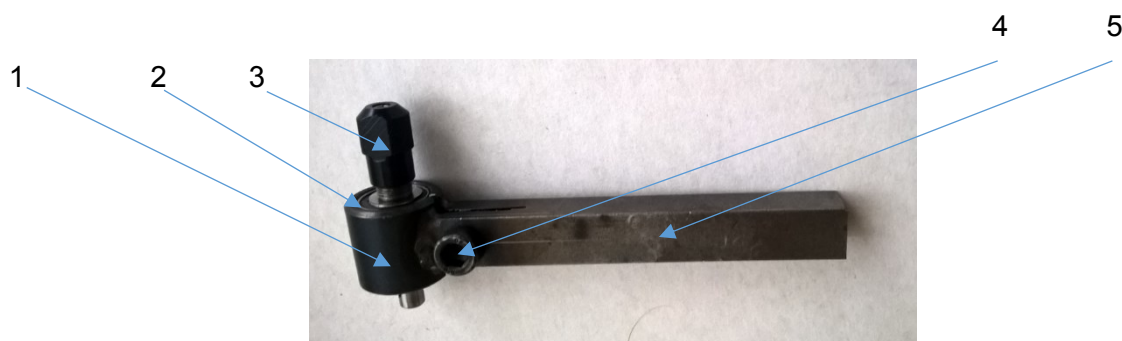
1. hřídel s kleštinou a upínací maticí
2. mosazné ložisko
3. držák

5.1.3. Prototyp č. 3

Svařenec s valivým ložiskem (obr. 5.5). Hřídel je uložena ve valivém kuličkovém ložisku s přesahem. Prototyp č. 3 vychází z obou předchozích prototypů. Využívá rotační pohyb obrobku pro roztočení vlastního leštícího kotouče. Držák prototypu je vybaven šroubem pro regulaci otáček leštícího nástroje. Funkčnost regulace pracuje na principu kleštiny, která klade tlak na valivé ložisko, a tím se zdvihá odpor. Regulace nám umožní změnit otáčky leštícího nástroje vzhledem otáčkám obrobku. Tento způsob úpravy držáku způsobil razantní zvýšení účinnosti leštícího nástroje. Zvýšení účinnosti můžeme ještě navýšit různými brusnými pastami. Nevýhoda tohoto leštícího nástroje je jeho velikost, která nám neumožňuje obrábět složité kontury.

Držák, hřídel s upínací kleštinou a upínací maticí, zůstává shodná jako u prototypu č. 2. Mění se jenom držák ložiska a ložiska. Držák ložiska je vyroben z oceli KR 22h11 ČSN 426510.12 – 12 050.1. Ložiska mají označení 688 - 2RS.

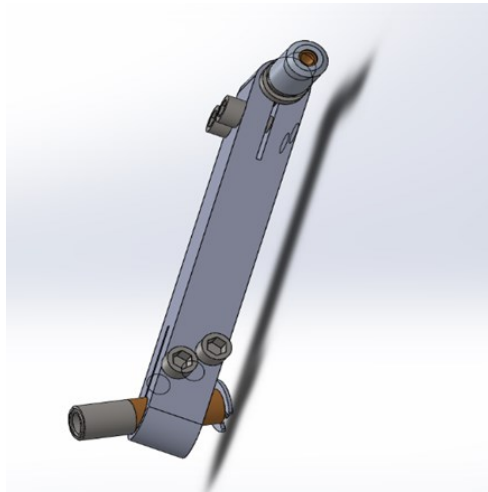
Výroba prototypu č. 3 byla zadána externí firmě.



Obr. 5.5 Prototyp s kuličkovým ložiskem se sevřením

1. držák pro ložisko
2. kuličkové ložisko
3. hřídel s kleštinou a upínací maticí
4. šroub na regulaci
5. držák

5.2. Multifunkční držák č. 1



Obr. 5.5 Model sestavy multifunkčního nástroje



Obr. 5.6 Sestava multifunkčního nástroje

Multifunkční držák vychází z poznatků prototypů (obr. 5.6 a 5.5). Tento držák je určený přímo do nožové hlavy soustruhu EMCoturn120. Držák je vybaven dvěma hřídeli, které umožňují leštit různé druhy ploch. Nástroj, uložený v hřídeli kolmo k jeho ose, je vhodný pro leštění rovinných ploch. Nástroj, uložený v držáku pod úhlem 30°, je vhodnější pro leštění tvarových ploch. Uchycení leštícího nástroje zajišťuje upínací kleština s upínací maticí, viz obrázek (obr. 5.3). Pro regulaci otáček byl použit způsob již ověřený na prototypu č. 3.

Zhotovený multifunkční držák splňoval požadavky, ale manipulace s držákem byla obtížná. Pro lepší práci byl multifunkční nástroj rozřezán na polovinu. Vznikly dva držáky viz obrázek (obr. 5.7).



Obr. 5.7 Rozřezání multifunkčního držáku

Další problém vznikl tím, že upínání nebylo dostatečně pevné, viz obrázek (obr. 5.8). Řešení spočívalo ve výměně šroubů s vnitřním šestihranem za šrouby se zapuštěnou hlavou, následně byl upraven i držák. Výsledkem bylo zvětšení upínací plochy, a tím zlepšení celkové pevnosti držáku viz obrázek (obr. 5.9).



Obr 5.8 Úprava multifunkčního držáku



obr. 5.9 Multifunkční nástroj se zapuštěnými regulačními šroub

5.2.1. Držák

Polotovar: hranol 12 x 12 – 100mm

Výkresová dokumentace: příloha č. 5

Materiál: C50E (12 051)

Stroj: - vyvrtávací stroj SIPO

- obrábění drátem (elektrojiskrové řezání)

Pro výrobu byly použity nástroje: stopková válcová čelní Ø 12mm, středící vrták Ø 2mm, vrták Ø 7,8mm; výstružník Ø8H7, vrták Ø 3,3mm; vrták Ø 4, sadové závitníky M4.

Postup výroby spočíval ve vrtání přesných děr, zhotovení drážek a řezání závitů dle výkresové dokumentace (příloha č. 3)

Postup:

- zhotovení zaoblení R 6 stopkovou válcovou frézou Ø 20mm,
- navrtání středícím vrtákem Ø 2 mm,
- vrtání díry Ø 7,8mm a děr Ø 3,3mm (2x), sražení hran,
- dokončení přesné díry výstružníkem Ø 8H7.

Otočení součásti o 90°,

- zhotovení zaoblení R 6 stopkovou válcovou frézou Ø 20mm,
- navrtání středícím vrtákem Ø 2 mm,
- vrtání díry Ø 7,8mm pod úhlem 30°,
- dokončení přesné díry výstružníkem Ø 8H7 pod úhlem 30°,
- řezání závitů závitníky M4.

Zhotovení drážek pomocí elektrojiskrového řezání.



Obr. 5.10 Držák

5.2.2. Pouzdro (kluzné ložisko) 1,2

Polotovar Ø10 – 12mm

Materiál: 90 Cu 10 Zn (42 3201)

Výkresová dokumentace: příloha č. 6,7

Stroj: - soustruh SV 18

- bruska BK, BO

Použité nástroje: středící vrták Ø 2mm, vrták Ø 5,7mm; výstružník Ø 6H7, soustružnický nůž stranový ubírací, přímý ubírací nůž, brousící kotouč.

V osoustružené součásti je zhotovena přesná díra, povrch dokončen na přesný rozměr broušením.

Postup práce:

- zarovnání čela součásti přímým ubíracím nožem,
- soustružení Ø 8mm + 0,2mm přídavek na broušení
- navrtání středícím vrtákem Ø2 mm,
- vrtání díry Ø 5,7mm, sražení hrany,
- dokončení přesné díry výstružníkem Ø 6 H7.

Otočení součásti,

- soustružení Ø 8mm + 0,2mm přídavek na broušení
- zarovnat na délku 20 (12) mm.

Broušením dokončit vnější Ø 8 h7.



Obr. 5.11 Kluzné ložiska

5.2.3. Hřídele 1,2

Polotovar: Ø8 – 40 (2 ks)

Materiál: 12 050.1

Výkresová dokumentace: příloha č. 8,9

Použité nástroje:

- ohnutý ubírací nůž, stranový ubírací nůž, zapichovací nůž, středící vrták Ø 1,5mm; vrták Ø 5mm, Ø 3mm, závitový nůž

Stroj: - soustruh SV 18

- bruska BK

Součásti jsou soustruženy na klasickém konvenčním stroji stranovým ubíracím nožem s přídávkem na broušení a pro zajištění proti axiálnímu pohybu jsou zhotoveny na koncích zápichy. Povrch byl dokončen na brusce BK. Díra byla provedena na vrtačce. Z druhé strany hřídelí je vyřezán závit pro našroubování „Upínací matice“.

Postup práce:

- zarovnání čela součásti ohnutým ubíracím nožem,
- soustružení Ø 6,3 (0,3mm přídavek na broušení) do délky 21 (29)mm stranovým ubíracím nožem,
- zhotovení zápichu 0,85 x 0,5mm zapichovacím nožem,
- sražení hrany.

Otočení součásti,

- zarovnání na délku 35, (43) mm ohnutým ubíracím nožem,
- soustružení Ø 8 do délky 14 mm stranovým ubíracím nožem, sražení hrany,
- navrtání středícím vrtákem Ø 1,5 mm
- vrtání díry Ø 5 mm do délky 10 mm, sražení hrany,
- řezání závitů M 8x 0,75 mm.

Zhotovení díry Ø 3 mm na stolní vrtačce.

Dokončení vnějšího Ø 6 h7 broušením.



Obr. 5.12 Hřídel 1,2

5.2.4. Upínací matice, upínací kleština

Část Upínací hlavice a Upínací kleština (obr. 5.3) byly nakoupeny jako příslušenství mikrobrusky.

5.2.5. Montáž

Jako poslední operace byla provedena montáž (obr. 5.12) jednotlivých dílů (pouzder do držáku (obr. 5.10), hřídelí (obr. 5.12) do pouzder (obr. 5.11)) s následným zajištěním hřídelí proti axiálnímu pohybu pojistným kroužkem KROUŽEK 6 ČSN 02 2929.00, k vymezení axiální vůle se použily vymešovací podložky. Na konec montáže se ukončí nasazením upínací kleštiny a zajištěním upínací maticí (obr. 5.3).

Výkresová dokumentace: příloha č. 10

Uložení hřídelí v pouzdrech je s vůlí (shodné $\varnothing 6H7/h7$), uložení pouzder v držáku je stejné, shodné ($\varnothing 8H7/h7$).



Obr 5.13 Multifunkční držák leštícího nástroje

Kontrola funkčnosti držáku byla provedena přímo na stroji, kontrola jakosti povrchu proběhla vizuálně dle vzorků drsností daných pro leštění Ra 0.4 μm , Ra 0.2 μm viz obrázek (obr. 5.14)



Obr. 5.14 Ukázka kontroly drsnosti povrchu

6. Závěr

Zadání bakalářské práce spočívalo v návrhu a ověření nástroje na leštění pro CNC soustruh EMCO T120. Na uvedeném stroji byl vyroben tvarové součásti (vzorky) z materiálu hliník, na kterých bylo provedeno ověření nástroje.

Jednotlivé komponenty držáku nástroje byly zhotoveny na konvenčních strojích, montáž byla provedena na zámečnickém pracovišti.

Prototyp držáku č. 1 neumožňoval otáčet leštícím nástrojem, a proto se na leštícím nástroji vytvářel negativní tvar obrobku. U prototypu č. 2, u kterého se otáčel leštící nástroj, docházelo k odvalování nástroje po povrchu součásti stejnou rychlostí otáček, což způsobilo nefunkčnost nástroje. U třetího prototypu bylo využití pouze u rovinných ploch. Příčinou byly velké rozměry volené vzhledem k ložisku.

Podmínky použití splňoval „Držák s kleštinou“. Držák se upíná na CNC soustruhu EMCO 120 v nástrojové hlavě. V průběhu leštění dochází k pootáčení nástroje v držáku vlivem tření o obrobek. Pootáčení umožňuje kluzné uložení hřídelí s nástavcem. Regulace otáček nástroje se ovlivňuje přes šrouby, zvýšením odporu. Při experimentu byla zjištěna nedostatečná tuhost upnutí, což bylo odstraněno rozpúlením držáku. Funkčnost držáku zůstala zachovaná.

Do kleštiny držáku byly upnuty normalizované leštící nástavce pro mikrobrusku. Pro volený materiál hliník je nejvhodnější leštící bavlněný kotouč, včetně leštících past, pomocí kterých můžeme dosáhnout vysokého lesku.

V současné technologii neexistuje nástroj, který by plně splňoval podmínky, které na něho klademe, a to je otázkou dalšího vývoje.

7. Použitá literatura

[1] KŘÍŤ, Rudolf. Strojírenská příručka 8. svazek: V-Tváření, W- Výrobky se slinovaných prášků, X- Výrobky z plastů, Z- Svařování součástí, Z- Protikorozní ochrana materiálu. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998, 255 s. ISBN 80-718-3054-2

[2] ADAMEC, Jaromír a Šárka TICHÁ. Programování CNC systému EMCOTRONIC TM02 - Soustružení. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 100 s. ISBN 978-80-248-1915-0.

[3] ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-7300-207-8

[4] MÁDL, J.; KAFKA, J.; VRABEC, M.; DVOŘÁK R. Technologie obrábění – 3. díl. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000. 81 s. ISBN 80-01-02091-6

[5] BÁTORA, Bohumil. Obrobené povrchy: technologická dedičnost, funkčnost. Trenčín: Trenčianska univerzita, 2000, 183 s. ISBN 80-88914-19-1.

[6] MRKVICA, Ivan. Návody ke cvičení z obráběcích nástrojů. 1. vyd. Ostrava: VŠBTechnická univerzita, 1999, 142 s. ISBN 80-7078-624-8.

[7] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361051-7.

Elektronické zdroje

[9] Dokončovací metoda. [Http://www.sps-ko.cz](http://www.sps-ko.cz) [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://www.spsko.cz/documents/STT_obeslova/Dokončovaci%20metody%20obrabeni.pdf

[10] Programování. Dílenské programování ISO. [online]. 11.4.2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.uh.cz/szesgsm/files/sblizovani/pdf/iso-soustruh.pdf>

[11] Mikroprog. Základy programování MIKROPROG. [online]. 11.4.2015 [cit. 2015-0411]. Dostupné z: http://home.tiscali.cz/novyl/mikroprog_frezka.htm

- [14] Vyměnitelná břitová destička [online]. 2015 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=5591706&fnum=868&mapp=IS&app=0&GFSTYP=M>
- [15] Hliníkové materiály. Wwww.svarbazar.cz [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.svarbazar.cz/phprs/storage/hlinik.pdf>

8. Seznam příloh

Příloha č. 1 Výkres (vzorek tělo)

Příloha č. 2 program (vzorek tělo)

Příloha č. 3 program (vzorek podstavec)

Příloha č. 4 Výkres (držáku)

Příloha č. 5 Výkres (pouzdra č.1)

Příloha č. 6 výkres (pouzdra č.2)

Příloha č. 7 výkres (hřídel č. 1)

Příloha č. 8 výkres (hřídel č. 2)