

Výzkum vlivu jakosti formy na jakost povrchu výrobku

Bc. Martin Ovsík

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin OVSÍK**

Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Téma práce: **Výzkum vlivu jakosti formy na jakost povrchu výrobku**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte teoretickou studii pro metody výroby a měření použité v praxi.
2. Proveďte výrobu zkušebních vzorků z daných materiálů vstříkáním.
3. Porovnejte strukturu povrchu tvarových vložek a zkušebních vzorků a vyhodnoťte přenos struktury povrchu.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. DILLINGER, J., a kol. **Moderní strojírenství pro školu i praxi**. 1. vydání. Praha : Europa-Sobotáles cz. s.r.o., 2007. 612 s. ISBN 978-80-86706-19-1.
2. KOCMAN, K., PROKOP, J. **Technologie obrábění**. Brno : Akademické nakladatelství cerm, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. BOBČÍK, L., a kol. **Formy pro zpracování plastů I.díl- Vstřikování termoplastů**, 2. vydání. Brno : UNIPLAST, 1999. 134 s.
4. BOBČÍK, L., a kol. **Formy pro zpracování plastů II.díl- Vstřikování termoplastů**, 2. vydání. Brno : UNIPLAST, 1999. 212 s.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Luboš Rokyta**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2010**

Ve Zlíně dne 22. ledna 2010


doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

Příjmení a jméno: Ovsík Martin

Obor: Výrobní inženýrství

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 12.5.2010

Martin Ovsík

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací;

²⁾ Vysoká škola nevyděláčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomová, bakalářská a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlášení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3;

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělení svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 nůstává nedatčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdětku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdětku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Úkolem mé práce bylo zpracovat teorii obrábění a dokončování tvarových vložek vstřikovací formy soustružením, frézováním, broušením a leštěním, dále popsat technologii vstřikování a na závěr zpracovat metody hodnocení jakosti povrchu. V praktické části se jednalo o výrobu tvarových vložek vstřikovací formy s povrchem vytvořeným soustružením, frézováním a broušením. Následně byly do takto vytvořených dutin vstřikovány zvolené polymerní materiály. U vzorků byla hodnocena jakost povrchu a porovnávána s jakostí povrchu tvarových dutin, čímž bylo ověřováno kopírování povrchu dutiny formy na povrch vzorku.

Klíčová slova: broušení, jakost povrchu, vstřikování

ABSTRACT

The task of my job was to process the theory of machining and finishing of cylinder shaped mold by turning, milling, grinding and polishing, as described injection molding process and concludes with methods for assessing the quality of the surface. The practical part was the production of shaped mold inserts with a surface formed by turning, milling and grinding. Subsequently, the cavities created by such selected polymeric materials injected. The samples were evaluated for surface quality and surface quality compared with the shaped cavity, which was verified by copying the surface of the cavity forms on the surface of the sample.

Keywords: grinding, surface quality, injection

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Luboši Rokytovi za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytoval při řešení diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Šálkovi za odbornou pomoc při broušení tvarových vložek formy a také panu Ing. Vladimíru Šumberovi za pomoc při vstřikování polymerních vzorků.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně, 12. 05. 2010

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 BROUŠENÍ	13
1.1 TVORBA TRÍSKY.....	13
1.2 BROUSICÍ NÁSTROJ	13
1.2.1 Brousicí zrna	14
1.2.2 Opatřebení brousicích zrn	14
1.2.3 Druhy brousicích zrn.....	15
1.2.4 Zrnitost.....	15
1.2.5 Pojivo brousicích zrn	15
1.2.6 Tvrdost brousicího nástroje.....	16
1.2.7 Struktura	16
1.2.8 Označení brousicího nástroje.....	17
1.3 METODY BROUŠENÍ.....	17
1.4 ROVINNÉ BROUŠENÍ	17
1.4.1 Rovinné čelní broušení.....	18
1.4.2 Rovinné obvodové broušení.....	18
1.5 BROUŠENÍ VNĚJŠÍCH ROTAČNÍCH PLOCH.....	19
1.5.1 Podélné broušení.....	19
1.5.2 Hlubkové broušení.....	19
1.5.3 Zapichovací broušení	20
1.5.4 Bezhruté broušení.....	20
1.6 BROUŠENÍ VNITŘNÍCH VÁLCOVÝCH PLOCH	21
1.6.1 Axiální broušení.....	21
1.6.2 Vnitřní bezhruté broušení.....	21
1.6.3 Planetové broušení.....	22
1.7 TVAROVÉ BROUŠENÍ	22
1.7.1 Profilové broušení.....	22
1.7.2 Tvarové broušení.....	23
1.8 BROUSÍCÍ STROJE.....	23
1.8.1 Rovinné brusky.....	23
1.8.2 Hrotové brusky.....	24
1.8.3 Bezhruté brusky.....	24
1.8.4 Brusky na díry	25
1.8.5 Speciální brusky.....	25
2 FRÉZOVÁNÍ	26
2.1 PARAMETRY FRÉZOVÁNÍ.....	26
2.2 NESOUSLEDNÉ A SOUSLEDNÉ FRÉZOVÁNÍ	26
2.3 FRÉZOVACÍ NÁSTROJE.....	27
2.3.1 Čelní válcové frézy.....	27

2.3.2	Kotoučové frézy a pily.....	27
2.3.3	Úhlové frézy.....	28
2.3.4	Tvarové frézy.....	28
2.4	FRÉZOVACÍ STROJE.....	29
3	SOUSTRUŽENÍ.....	30
3.1	POHYBY A VELIČINY PŘI SOUSTRUŽENÍ.....	30
3.2	GEOMETRIE BŘITU SOUSTRUŽNICKÉHO NÁSTROJE.....	30
3.3	DRUHY TRÍSEK.....	32
3.4	SOUSTRUŽNICKÉ NOŽE.....	32
3.5	OPERACE PŘI SOUSTRUŽENÍ.....	33
3.5.1	Soustružení válcových ploch.....	33
3.5.2	Soustružení rovinných ploch.....	34
3.5.3	Soustružení závitů.....	34
3.5.4	Zapichování, upichování.....	34
3.5.5	Soustružení profilů.....	35
3.5.6	Soustružení složitých rotačních ploch.....	35
3.6	SOUSTRUHY.....	35
4	LEŠTĚNÍ.....	37
4.1	MECHANICKÉ LEŠTĚNÍ.....	37
5	VSTŘIKOVÁNÍ.....	38
5.1	MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ.....	38
5.2	VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	38
5.3	VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	40
5.3.1	Vstřikovací jednotka.....	40
5.3.2	Uzavírací jednotka.....	41
6	HODNOCENÍ JAKOSTI POVRCHU.....	42
6.1	PARAMETRY POVRCHU.....	42
6.2	PROFILY POVRCHU.....	43
6.3	MĚŘENÍ JAKOSTI POVRCHU.....	45
6.3.1	Vzorkovnice jakosti povrchu.....	45
6.3.2	Přístroje pro měření jakosti povrchu.....	45
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	47
7	STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	48
8	TVAROVÁ VLOŽKA VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	49
8.1	MATERIÁL TVAROVÉ VLOŽKY.....	49
8.1.1	14109.4.....	49
8.1.2	19552.4.....	50
8.1.3	Mosaz.....	50
9	BRUSKA ROVINNÁ BRH 20.03 F.....	51

9.1	BROUSICÍ KOTOUČE	52
10	VSTŘIKOVACÍ STROJ ARBURG ALLROUNDER 420C ADVANCE.....	53
10.1	VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY.....	54
10.1.1	Polykarbonát (PC).....	54
10.1.2	Akrylonitril-butadien-styrén (ABS).....	55
10.2	PARAMETRY VSTŘIKOVÁNÍ.....	56
10.3	POLYMERNÍ VZOREK.....	56
11	DRSNOMĚR MITUTOYO SJ – 301	57
12	NAMĚŘENÁ DATA.....	58
12.1	VSTŘIKOVANÝ POLYMERNÍ MATERIÁL ABS.....	59
12.1.1	Broušená tvarová vložka z materiálu 19552.4	59
12.1.2	Broušená tvarová vložka z materiálu 14109.4	65
12.1.3	Broušená tvarová vložka z materiálu mosaz	70
12.1.4	Soustružená a leštěná tvarová vložka z materiálu 19552.4.....	75
12.2	VSTŘIKOVANÝ POLYMERNÍ MATERIÁL PC	77
12.2.1	Broušená tvarová vložka z materiálu 19552.4	77
12.2.2	Broušená tvarová vložka z materiálu 14109.4	82
12.2.3	Broušená tvarová vložka z materiálu mosaz	87
12.2.4	Soustružená a leštěná tvarová vložka z materiálu 19552.....	92
13	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	94
	ZÁVĚR.....	96
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	99
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	102
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	104
	SEZNAM TABULEK	106
	SEZNAM GRAFŮ	108
	SEZNAM PŘÍLOH.....	111

ÚVOD

V současné přetechnizované době jsou kladeny stále větší nároky na kvalitu dílů, ať už se týče rozměrů, materiálu, životnosti, kvality povrchu a dalších. Proto i technologie používané v těchto oblastech se musí neustále zlepšovat. Kvalita povrchové vrstvy výrobku je jedna z důležitých vlastností, která v podstatě prodává díl. Výsledný povrch je závislý na více faktorech. Jsou to vhodně zvolené nástroje, řezné podmínky, chladicí kapalina, materiál obrobku apod. Pro zajištění požadované kvality povrchu se používají různé druhy měřících zařízení, od těch nejjednodušších jako jsou měrky drsnosti po moderní bezdotykové přístroje.

Průmyslová výroba si žádá stále větší požadavky na vlastnosti svých výrobků, vyšší efektivitu práce a lepší ekonomické zhodnocení celého výrobního procesu. Pro uspokojení těchto nároků se hledají a vyvíjejí nové materiály. V posledních letech se stále více používají polymery. První plasty se začaly objevovat již v první polovině minulého století, avšak většího vývoje a zahájení výroby ve větším měřítku dosáhly až v 50. letech 20. století. Jejich rozšíření je zajištěno díky svým vlastnostem jako jsou odolnost proti korozi, nízká hmotnost, vysoká chemická odolnost, nízká měrná hmotnost při relativně příznivém mechanickém chování aj. Další výhodou je možnost realizace i tvarově velmi složitých výrobků, která by při využití tradičních materiálů nebyla možná. Tato skutečnost nás vede k tomu, abychom se zabývali jejich zkoumáním a možnostmi zpracování.

Plasty lze zpracovávat a vyrábět různými způsoby. Jedna z nejpoužívanějších metod zpracování je technologie vstřikování. Kdy se roztavený polymerní materiál vstříkuje do dutiny formy. Na tvarové části vstřikovací formy jsou kladeny vysoké nároky na rozměrovou přesnost, tvarovou přesnost a také na jakost povrchové vrstvy. Tato technologie našla uplatnění v řadě odvětví, jako například v automobilovém průmyslu (části interiéru automobilů), elektrotechnickém průmyslu (zástříky konektorů) nebo v potravinářském průmyslu (obaly potravin) a také u výrobků pro denní užití (kuchyňské potřeby, hračky, sportovní potřeby) atd.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 BROUŠENÍ

Broušení je dokončovací obrábění, umožňující opracování tvrdého materiálu s dosažením vysoké přesnosti rozměrů, tvaru a jakosti povrchu. Břity brousicího kotouče jsou rozmístěny nepravidelně po obvodě a mají různou geometrii. [2]

1.1 Tvorba třísky

Na proces tvoření třísky při broušení mají vliv topografie povrchu brousicího kotouče, změna velikosti a geometrie brousicích zrn, proměnlivá hloubka odřezávané vrstvy a ohřev obráběného materiálu v místě broušení. [10]

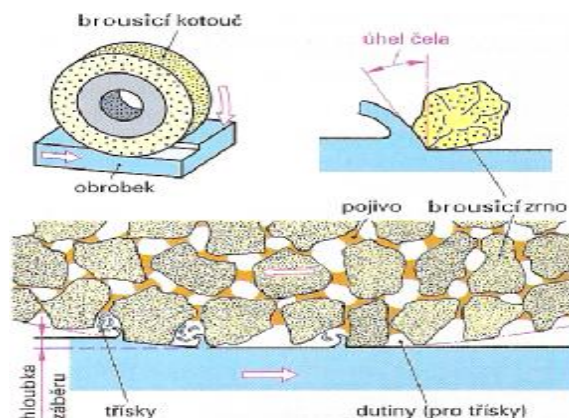
Každé zrno, které odřezává materiál při pohybu v kontaktní zóně, prochází třemi stádii: [10]

- pružná deformace povrchu,
- plastická deformace povrchu,
- oblast odebrání třísky.

V důsledku velkých plastických deformací a vnějšího i vnitřního tření se určitá část třísky ohřeje natolik, že se roztaví a vytvoří kapky kovu nebo shoří (jiskření). [2]

1.2 Brousicí nástroj

Brousicí nástroj je brousicí kotouč tvořený brousicími zrny a pojivem s póry. Rozmanitost tvaru a polohy brousicích zrn způsobuje geometrickou neurčitost jejich břitů s převážně záporným úhlem čela a velkými úhly hřbetu. [1]



Obr. 1 Geometrie brousicího zrna [1]

1.2.1 Broušící zrna

Broušící kotouč obsahuje většinou jako brusivo oxidy hliníku nazývané korundy (bílé, růžové) nebo karbidy křemíku (zelené, černé). Broušící zrna musí být tvrdá, houževnatá a tepelně odolná. S rostoucí tvrdostí klesá houževnatost materiálu brusiva. [1]

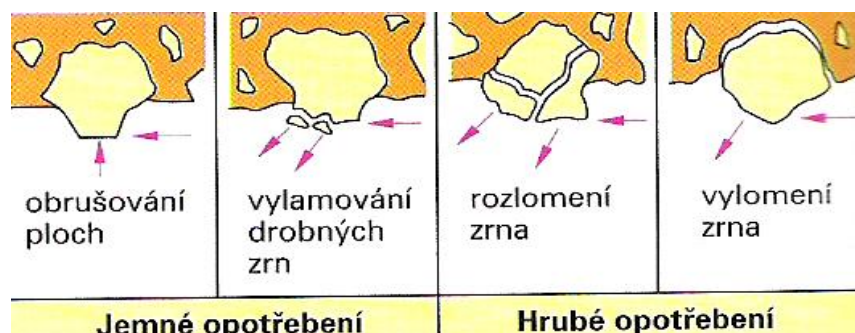
Tab. 1 Druhy broušících zrn [1]

Označení	Druh brusiva		HK* N/mm ²	Mezní teplota	Oblast použití
A	korund směsný	(Al ₂ O ₃)	16350	2000°C	středně houž. až tvrdé materiály do 60HRC (Rm <500N/mm ²) jako nekalená ocel a temperovaná litina
	korund legovaný		20800		
	čistý korund	(Al ₂ O ₃)	21000		
C	karbid křemíku	(SiC)	24800	1370°C	rovinné broušení SK, litiny, keramiky a neželezných kovů, rovnání broušících kotoučů
B	nitrid boru	(BN)	47000	1200°C	přesné broušení houž. tvrdých ocelí jako HSS ocelí a tepelně zušlechťených ocelí
D	diamant	(C)	70000	800°C	přesné broušení houževnatých tvrdých a křehkých materiálů, SK, litiny, skla, keramika a slitin niklu

* Hk zkouška tvrdosti podle Knoop se provádí vtačováním diamantového jehlanu s vrcholovým úhlem 172,5° a 130°

1.2.2 Opatření broušících zrn

Při velkých řezných silách převažuje rozlamování a vylamování zrn z kotouče. Při menších řezných silách stoupá s opotřebením řezné hrany otěrem její zatížení a dochází k vylamování drobných částic zrna. Vylamováním částí nebo celých zrn vznikají na kotouči nové aktivní břity. Tímto dochází k samovolnému ostření kotouče. [1]

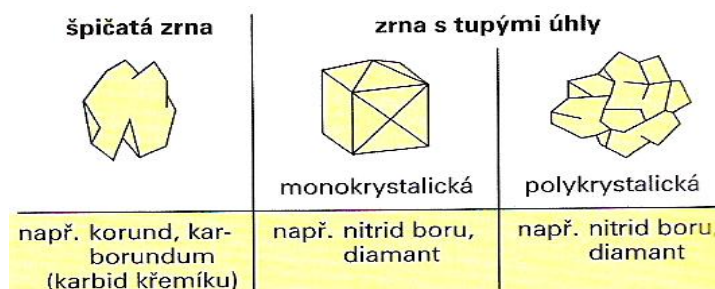


Obr. 2 Druhy opotřebení [1]

1.2.3 Druhy brousicích zrn

Zrna s ostrými úhly se hodí pro obrábění materiálů s dlouhou třískou.

Zrna s převážně tupými úhly břitu jsou trvanlivější pro broušení tvrdých křehkých materiálů. Monokrystalická zrna (tvořená jedním krystalem) mají velkou pevnost, používají se pro broušení nejtvrdějších materiálů, jako je sklo a keramika. Polykrystalická zrna tvoří při broušení svým rozlamováním mnoho nových řezných hran. Zrna jsou tak lépe využita při broušení tvrdých kovů. [1]



Obr. 3 Druhy brousicích zrn [1]

1.2.4 Zrnitost

Zrnitost charakterizuje velikost zrn brusiva. Zrnitost udává maximální počet ok síta na palec délky hrany síta, kterým bylo zrno proseto. Nejmenší zrna se oddělují plavením a sedimentací. Zrnitost brusiva má být tím jemnější, čím menší má být hloubka drsnosti broušeného povrchu. Zrnitost označená např. B150 označuje brusivo z nitridu boru s velikostí zrna 125 μm až 150 μm . [1]

1.2.5 Pojivo brousicích zrn

Úloha pojiva je držet pohromadě brousicí nástroj a zrna na povrchu kotouče. Pokud se zrna otupí, musí pojivo povolit, aby došlo k vylomení zrna. [1]

Kotouče s keramickým pojivem jsou porézní a dobře se orovňávají diamantovým orovnávacím nástrojem. Pojiva z umělých pryskyřic chrání svou pružností zrna brusiva před přetížením a umožňují dosáhnout větších řezných sil. [1]

Tab. 2 Pojiva brousicích nástrojů [1]

Označení	Druh pojiva	Oblasti použití
V	keramické pojivo	hrubování a hlazení ocelí korundem a karborundem
B BF	pojivo z umělé pryskyřice zesílené vláknem	hrubování a rozbrušování, vysokotlaké broušení se zirkoniovým korundem, profilové broušení s diamanty a nitridem boru
M	kovové pojivo	profilové broušení a broušení nástrojů diamantem nebo nitridem boru (mokré broušení)
G	galvanické spojení (v galvanické lázni)	vnitřní broušení SK a HSS, ruční broušení
R RF	pryžové pojivo zesílená vláknem	rozbrušování podávací kotouč brusky

1.2.6 Tvrdost brousicího nástroje

Tvrdost brousicího kotouče je myšleno jako jeho soudržnost, tj. mechanický odpor proti vylamování zrn. Příliš měkké kotouče se rychleji opotřebovávají a jejich použití přijde velmi drahé. Dochází k vylomení zrna dříve, než dojde k vybroušení plošky s velkým třecím odporem. [1]

Při broušení tvrdých materiálů může dojít k samoobrušování zrna jen při měkkém pojivu, který zabrání velkým rázovým silám vylamujícím celé zrno. Broušení měkkých materiálů vyžaduje velkou třísku, velkou řeznou sílu a tedy tvrdé kotouče. [1]

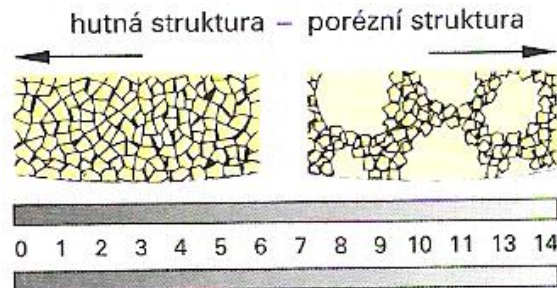
Tab. 3 Tvrdost brousicího nástroje [1]

Stupeň tvrdosti	Označení	Oblasti použití
A, B, C, D E, F, G	zvláště měkké velmi měkké	hloubkové a čelní broušení tvrdých materiálů
H, I, J, K L, M, N, O	měkké střední	běžné broušení kovů
P, Q, R, S T, U, V, W X, Y, Z	tvrdé velmi tvrdé zvláště tvrdé	broušení vnějších rotačních ploch (do kulata), broušení měkkých materiálů

1.2.7 Struktura

Struktura označuje poměr brusiva, pojiva a volného prostoru (pórů) v objemové struktuře brousicího kotouče. Póry tvoří prostory pro třísky a podporují chlazení při broušení. Jsou-li póry příliš malé, stoupá tlak a teplota při broušení. Pro odběr velkého množství třísek jsou potřeba velmi pórovité brousicí kotouče. [1]

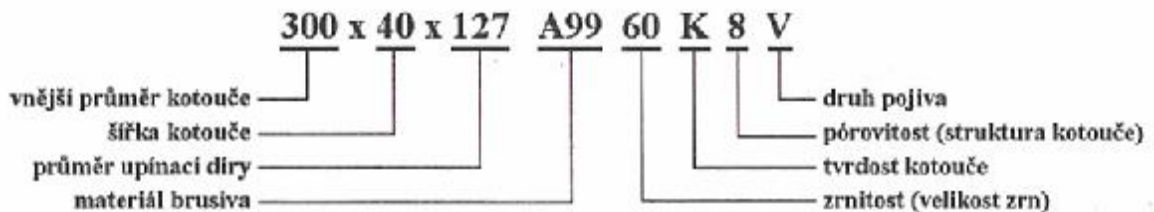
Struktura brousicího kotouče se udává čísly 1 až 14, kdy označení 1 udává velmi hrubou strukturu (hutné) a 14 je velmi jemná struktura (velmi pórovitě). [1]



Obr. 4 Struktura [1]

1.2.8 Označení brousicího nástroje

Brousicí kotouč se označuje podle ČSN ISO 525 (224503) z hlediska tvaru, rozměrů, specifikace složení a maximální obvodové rychlosti. [2]



Obr. 5 Označení brousicího nástroje [1]

1.3 Metody broušení

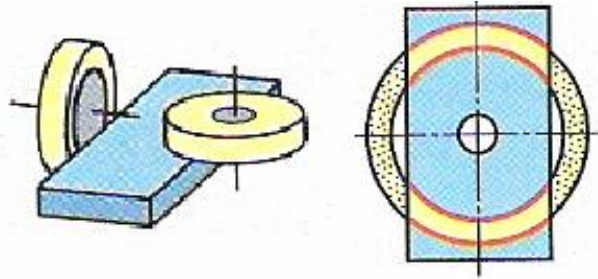
1.4 Rovinné broušení

Rovinné broušení se zpravidla používá jako broušení na čisto po předcházejícím frézování nebo hoblování nebo se také používá místo frézování při obrábění velmi tvrdých materiálů.

[2]

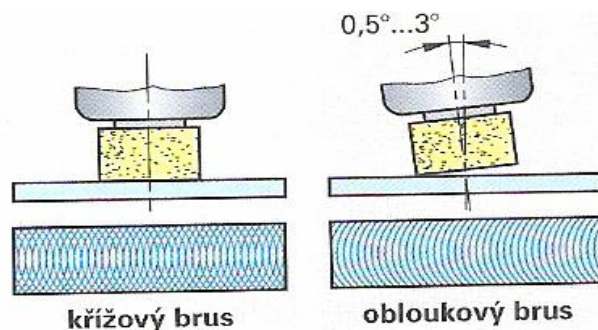
1.4.1 Rovinné čelní broušení

Při čelním broušení se brousí rovnou čelní plochou kotouče. Čelní broušení je mnohem výkonnější než obvodové. Pohyb obrobku může být podélný nebo kruhový (na otočném stole). Při čelním broušení je stále v záběru velká plocha kotouče, a proto je zanesen třískami. Důsledkem je velký tlak kotouče na obrobek, velký brousicí výkon, ale špatná kvalita broušeného povrchu. [1]



Obr. 6 Čelní broušení [1]

Při naklopení osy kotouče o $0,5^\circ$ až 3° od kolmice kotouče k broušené ploše se zmenší plocha záběru. Zlepší se tak řezné podmínky, ulehčuje se odstranění třísky a chlazení, ale obráběná plocha má horší rovinnost. [2]



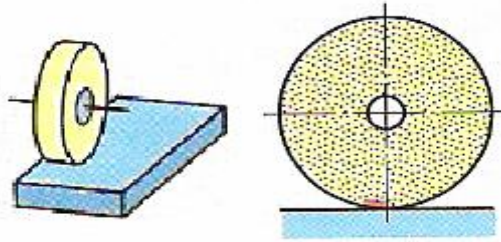
Obr. 7 Obraz brusu při čelním broušení [1]

1.4.2 Rovinné obvodové broušení

Obvodové broušení je nej přesnější způsob broušení. Při obvodovém broušení se brousí válcovou obvodovou plochou brousícího kotouče. Pohyb může být podélný nebo kruhový. Plocha záběru je malá a kotouč se nezanáší. [1]

Průměr a šířka kotouče by měla být co největší kvůli velkému brousicímu výkonu při větší ploše záběru. V ideálním případě je kotouč širší než broušená plocha. Příčný posuv by měl být až $4/5$ šířky kotouče. Malý přířuv ve spojení s velkým příčným posuvem využívá všech-

na brousící zrna na obvodu kotouče. Tím se zmenší opotřebení hran a lokální přehřívání kotouče. [1]



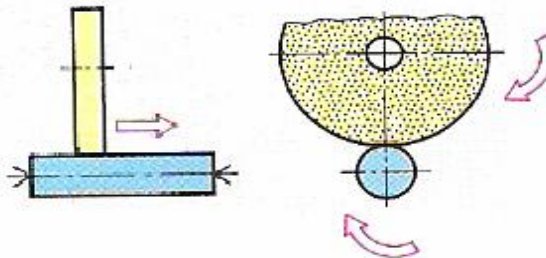
Obr. 8 Obvodové broušení [1]

1.5 Broušení vnějších rotačních ploch

Při broušení vnějších rotačních ploch je typická úzká plocha záběru. [1]

1.5.1 Podélné broušení

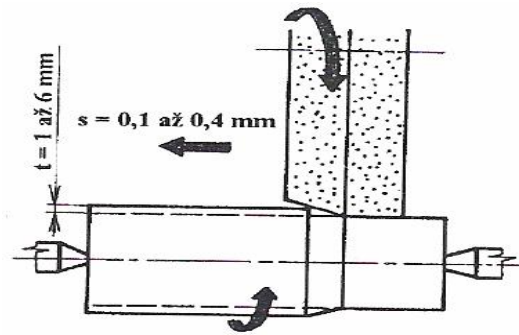
Při broušení s podélným posuvem koná pracovní stůl s obrobkem přímočarý vratný pohyb. Obrobek se většinou otáčí mezi hroty. Používá se většinou pro broušení dlouhých rotačních součástí. [2]



Obr. 9 Podélné broušení [1]

1.5.2 Hlubkové broušení

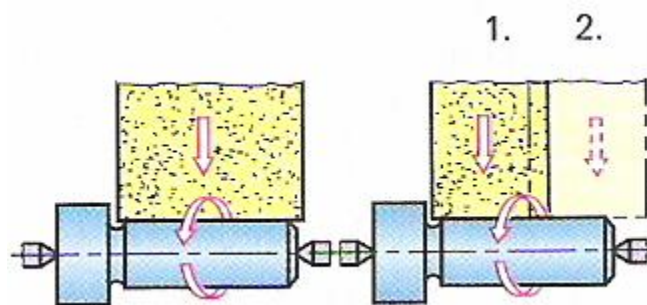
Při hlubkovém broušení se celý přídavek brousí na jeden podélný zdvih stolu s malou axiální rychlostí posuvu. Vzniká zde tenká tříška, opotřebení brousících zrn je malé a klesají náklady na orovnávání kotouče. Pro zlepšení podmínek se na brousící kotouč vytvoří kuželové zkosení. [2]



Obr. 10 Hlubkové broušení

1.5.3 Zapichovací broušení

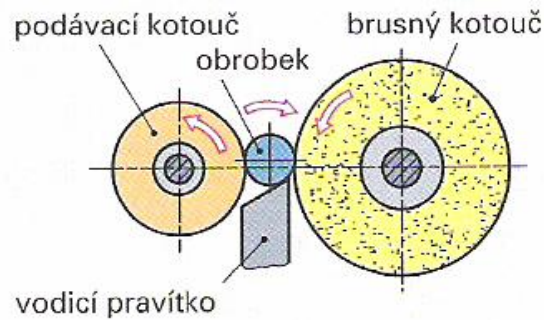
Při zapichovacím broušení je přísuv spojitý až do dosažení cílového rozměru broušené plochy. Broušící kotouč je širší než broušená plocha a podélný pohyb není zapotřebí. Delší díly je možné brousit několika zápichy a na závěr se provádí podélné projetí bez přísuvu oběma směry. [1]



Obr. 11 Zapichovací broušení [1]

1.5.4 Bezhraté broušení

Obrobek je veden volně mezi broušícím a podávacím kotoučem. Od pomalu se otáčejícího podávacího kotouče s měkkým (pryžovým) pojivem dostává obrobek podélný a rotační pohyb. Pro vytvoření podélného posuvu je podávací kotouč skloněn o 2° až 15° . Obrobek má přibližně stejnou obvodovou rychlost jako podávací kotouč. Bezhraté broušení se používá pro válcové výrobky bez důlků pro hroty. Krátké obrobky se brousí zapichovacím způsobem (např. vnější kroužky kuličkových ložisek). [1]



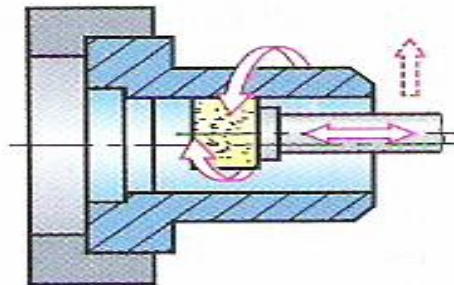
Obr. 12 Bezhraté broušení [1]

1.6 Broušení vnitřních válcových ploch

Je obtížnější a nákladnější než broušení vnějších ploch. Průměr kotouče je asi 0,7 až 0,9 průměru broušené díry. [1]

1.6.1 Axiální broušení

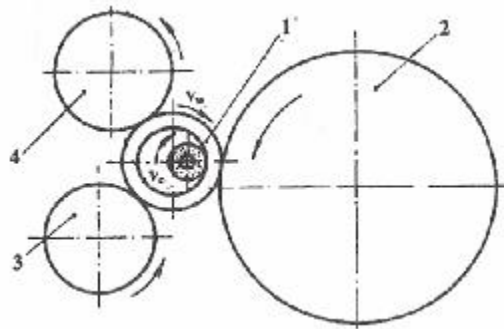
Brousicí kotouč se otáčí uvnitř otvoru a posouvá se ve směru osy otvoru. Kotouče malého průměru se rychleji opotřebovávají. [2]



Obr. 13 Axiální broušení [1]

1.6.2 Vnitřní bezhraté broušení

Součást se vkládá mezi kotouče 2, 3 a 4. Podávací kotouč zabezpečuje otáčení součásti. Opěrný kotouč určuje polohu součásti, upínací kotouč přitlačuje a tím upíná součást během broušení. Tento způsob broušení se může použít jen u součástí, které mají válcový vnější povrch souosý s broušeným vnitřním povrchem. [2]



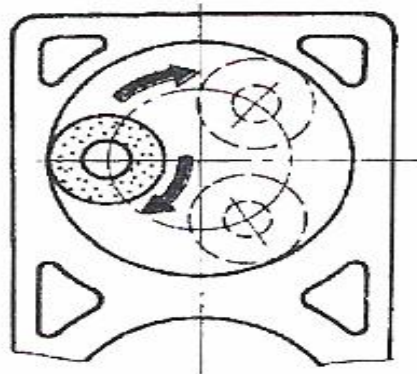
Obr. 14 Vnitřní bezhroté broušení [2]

1- obrobek, 2- podávací kotouč,

3- opěrný kotouč, 4- upínací kotouč

1.6.3 Planetové broušení

Používá se u součástí, které nejdou upnout na brusce na díry do sklíčidla nebo čelistí. Obrobek se upne pevně na stole brusky a vřeteno s broušícím kotoučem se otáčí kolem vlastní osy a obíhá kolem osy broušené díry a současně se pohybuje ve směru osy díry. [2]

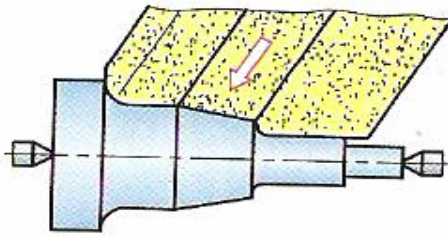


Obr. 15 Planetové broušení [2]

1.7 Tvarové broušení

1.7.1 Profilové broušení

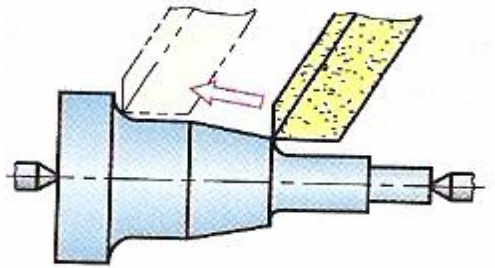
Profilové broušení se provádí pomocí tvarového broušícího kotouče, který vykonává zapichovací pohyb.



Obr. 16 Profilové broušení [1]

1.7.2 Tvarové broušení

Tvarové broušení provádí kotouč obvyklého tvaru, přičemž kopírovací pohyb vykonává brousící kotouč pomocí šablony. Tento způsob je realizovaný pomocí číslicového řízení (CNC brusky). [2]



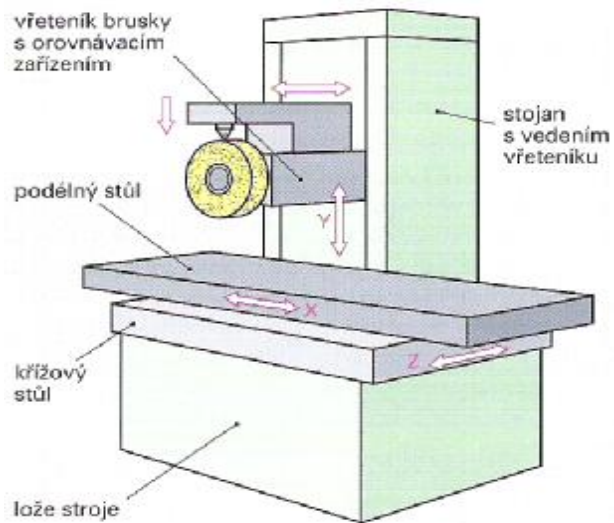
Obr. 17 Tvarové CNC broušení [1]

1.8 Broušící stroje

1.8.1 Rovinné brusky

Jsou určeny pro broušení rovinných ploch. Obrobek je většinou upnut na elektromagnetickou desku umístěnou na pracovním stole. Pracovní stůl vykonává přímočarý vratný nebo otáčivý pohyb. Vyrábějí se ve dvou hlavních koncepcích: [2]

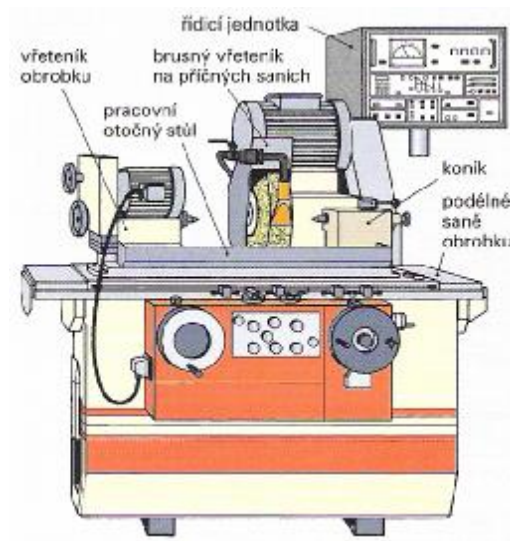
- vodorovné rovinné brusky,
- svislé rovinné brusky.



Obr. 18 Vodorovná rovinná bruska [1]

1.8.2 Hrotové brusky

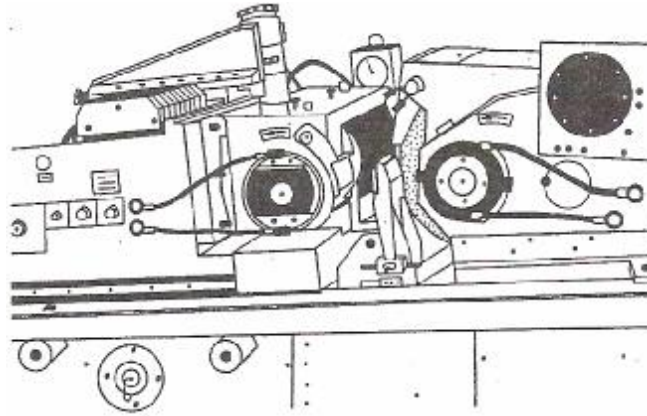
Používají se pro broušení rotačních ploch na obrocích upnutých mezi hroty. [2]



Obr. 19 Hrotová bruska [1]

1.8.3 Bezhraté brusky

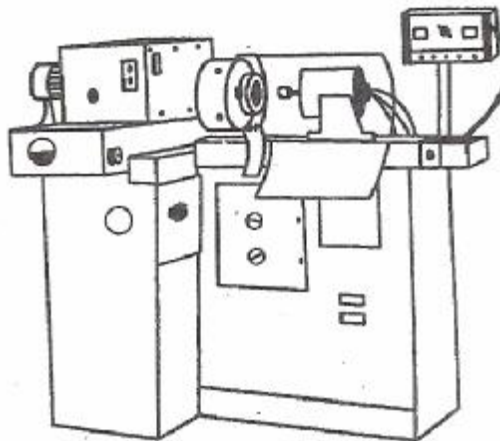
U bezhratých brusek odpadá upínání obrobku. Jsou konstruovány pro broušení vnějších ploch a také vnitřních rotačních ploch. Používají se většinou v sériové výrobě. [2]



Obr. 20 Bezhrotá bruska [2]

1.8.4 Brusky na díry

Jsou vyráběné jako sklíčidlové, planetové a bezhroté. [2]



Obr. 21 Bruska na díry [2]

1.8.5 Speciální brusky

Patří sem brusky na ostření nástrojů, brusky pro broušení závitů, brusky na ozubení, brusky na broušení vačkových hřídelů atd. [2]

2 FRÉZOVÁNÍ

Frézování je obráběcí metoda, při které se materiál obrobku odebrává břitou otáčejícího se nástroje (frézy). Posuv nejčastěji koná obráběná součást. [2]

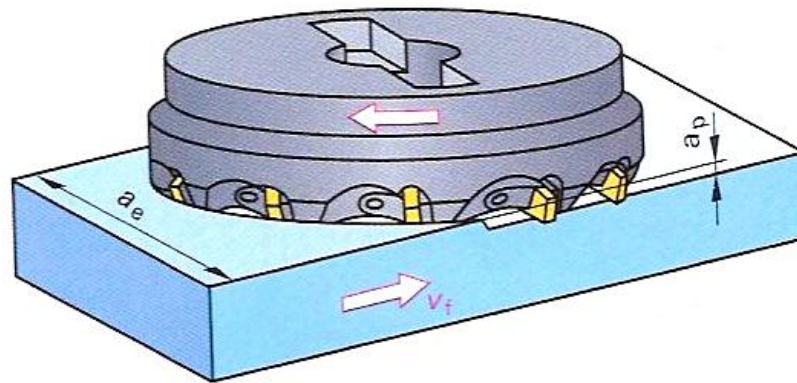
2.1 Parametry frézování

Řezná rychlost v_c se volí v závislosti na materiálu obrobku a na materiálu nástroje.

Posuv s je určující pro dosaženou kvalitu povrchu a zatížení břitu frézy.

Hloubka řezu a_p určuje tloušťku třísky.

Hloubka záběru a_e určuje velikost záběru.



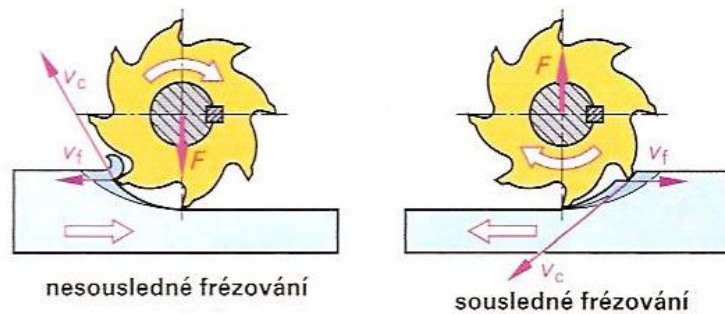
Obr. 22 Parametry frézování [1]

2.2 Nesousledné a sousledné frézování

Rozlišujeme podle toho, zda posuv materiálu směřuje při obvodovém frézování proti směru pohybu nebo ve směru pohybu břitu frézy. [1]

Nesousledné frézování - před vniknutím břitu do materiálu klouže břit po povrchu a opotřebovává se jeho hřbet. Po vniku břitu do materiálu se postupně zvětšuje tloušťka třísky a narůstá řezná síla, která má snahu obrobek zvednout. Obrábějí se tak odlitky i válcové polotovary bez nebezpečí vylamování břitů na tvrdém povrchu. [1]

Sousledné frézování - řez začíná nárazem břitu frézy do materiálu. Fréza je od obrobku odtlačována. Tloušťka třísky během záběru klesá, řezná síla také klesá a kvalita obráběného povrchu je lepší. Výhodou je delší trvanlivost nástroje, větší hloubka řezu a výkon. [1]



Obr. 23 Nesousledné a sousledné frézování [1]

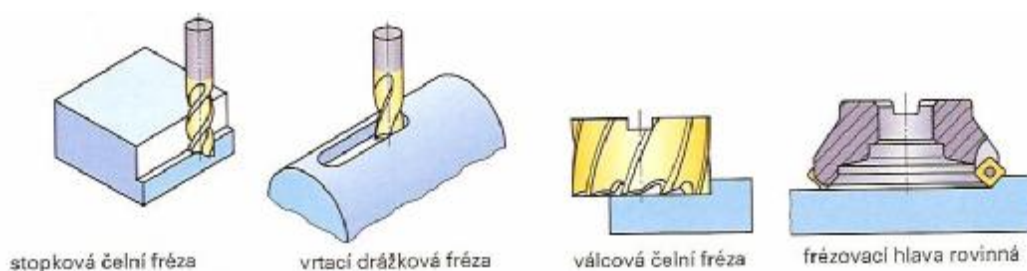
2.3 Frézovací nástroje

Frézovací nástroje se nazývají frézy, jejichž břity jsou uspořádané na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše. Frézy lze rozdělit do následujících skupin podle:

- druhu upnutí (nástrčné a stopkové),
- smyslu otáčení (pravořezné a levořezné),
- uspořádání a tvaru břitů (hrubovací nebo dokončovací),
- tvaru obráběných ploch (čelní, rohové, drážkové nebo kopírovací).

2.3.1 Čelní válcové frézy

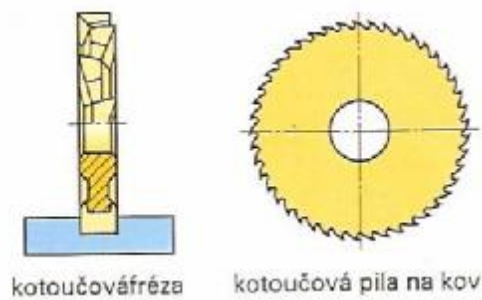
Čelní válcové frézy mají zuby na obvodě i na jedné čelní ploše, umožňují frézování rovinných ploch kolmých i rovnoběžných na osu nástroje. [1]



Obr. 24 Čelní válcové frézy [1]

2.3.2 Kotoučové frézy a pily

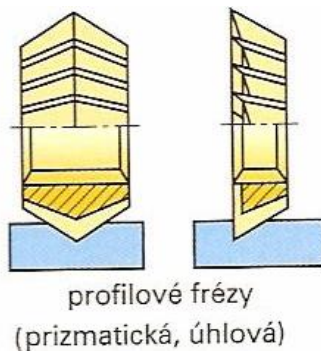
Kotoučové frézy a pily se používají převážně pro výrobu drážek, zářezů a vybrání. Zuby na obvodu frézy bývají obvykle střídavě v pravé a v levé šroubovici. [1]



Obr. 25 Kotoučové frézy a pily [1]

2.3.3 Úhlové frézy

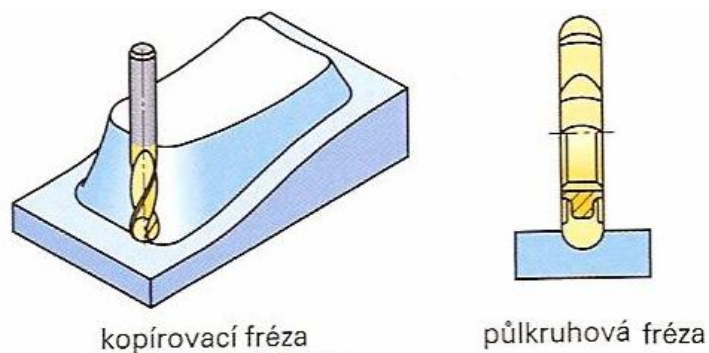
Úhlové frézy se používají pro frézování různých úhlových profilů (úkopy, sražení, rybinová vedení atd). [1]



Obr. 26 Úhlové frézy [1]

2.3.4 Tvarové frézy

Zachovávají si stálý tvar a úhel hřbetu i po mnohonásobném ostření (ostření se provádí pouze na čele). [1]



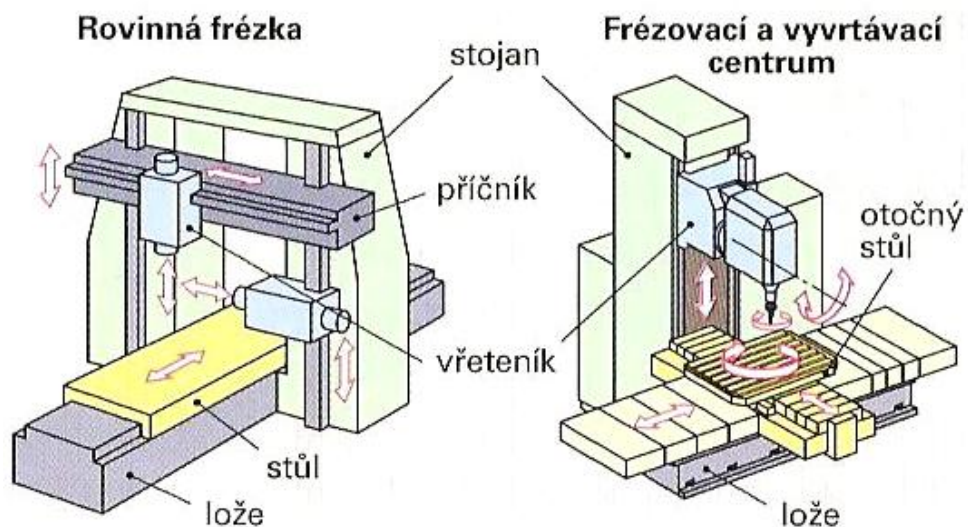
Obr. 27 Tvarové frézy [1]

2.4 Frézovací stroje

Stroje pro frézování se nazývají frézky. Frézky jsou vyráběny a dodávány ve velkém počtu modelů a velikostí. Velikost frézky určuje šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Další důležité parametry jsou maximální délky pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku, rozsah otáček vřetená a posuvů, výkon elektromotoru pro otáčení vřetene a kvalita obráběných ploch. [2]

Frézky se rozdělují do následujících skupin:

- konzolové (svislé, vodorovné),
- stolové,
- rovinné,
- speciální.



Obr. 28 Frézovací stroj [1]

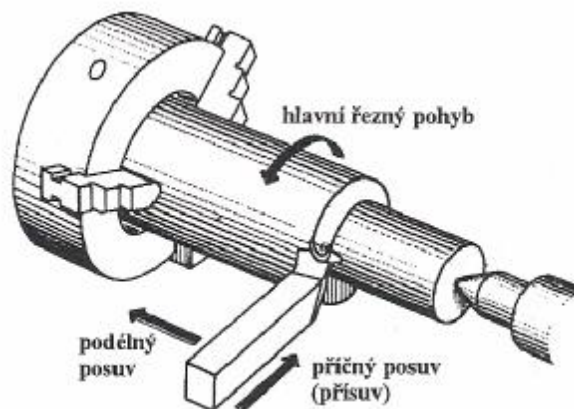
3 SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je třískové obrábění rotujícího obrobku posouvajícím se soustružnickým nožem. Soustružením se obrábějí vnější a vnitřní rotační plochy. [1]

3.1 Pohyby a veličiny při soustružení

Při soustružení vykonává hlavní řezný pohyb obráběný materiál a vedlejší řezný pohyb nástroj. Hlavní řezný pohyb je rotační a vedlejší řezný pohyb se skládá z podélného a příčného posuvu.

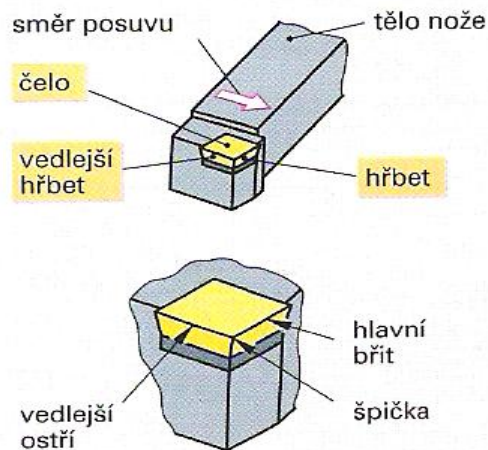
- Podélný posuv je rovnoběžný s osou rotace, stopa po noži je šroubovice.
- Příčný posuv je kolmý na osu rotace, slouží obvykle k nastavení hloubky řezu.



Obr. 29 Pohyby při soustružení

3.2 Geometrie břitu soustružnického nástroje

Řezný klín soustružnického nože je tvořen plochou čela a plochou hřbetu. Společná hrana těchto ploch tvoří hlavní břit, který leží kolmo ke směru posuvu a odebírá podstatnou část třísek. Hlavní břit přechází přes zaoblenou špičku do vedlejšího břitu. [1]



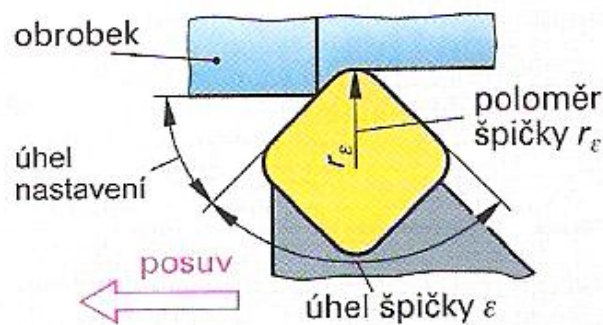
Obr. 30 Břit soustružnického nože [1]

Úhel špičky ϵ leží mezi hlavním a vedlejším břitem, měl by být co největší kvůli lepší pevnosti nože a lepšímu odvodu tepla. Špička je zaoblena, aby se nelámala. Poloměr zaoblení bývá od 0,4mm do 2,5mm. [1]

Poloměr zaoblení špičky r_ϵ je určující pro hloubku jakosti povrchu. [1]

Úhel sklonu ostří λ je úhel mezi hlavním ostřím a rovinou kolmou ke směru řezu. Ovlivňuje tvorbu třísky. Úhel sklonu ostří je kladný, stoupá-li hrana ostří proti směru řezu směrem ke špičce. Kladný úhel zlepšuje odchod třísky, záporný úhel zlepšuje trvanlivost břitu. [1]

Úhel nastavení χ je úhel mezi hlavním břitem a povrchovou přímkou obráběné válcové plochy. Ovlivňuje tvorbu a lámání třísek a poměr složek řezné síly. Úhel nastavení se volí podle tvaru nože a tvaru obráběné plochy. [1]



Obr. 31 Špička soustružnického nože [1]

3.3 Druhy třísek

Při vnikání řezného klínu do obráběného materiálu dochází k oddělování obráběného materiálu ve formě třísek. [1]

Drobivá tříška vzniká při soustružení křehkých materiálů, např. litiny, bronzu a tvrzené litiny. Malý úhel čela a malá řezná rychlost přispívá také k tvorbě drobné třísky. Při obrábění vzniká na obrobku horší jakost povrchu. [1]

Článková tříška vzniká při soustružení houževnatějších materiálů, např. ocelí středních pevností, při středním úhlu čela a menší řezné rychlosti. Třísky se spolu částečně svažují. Článkové třísky většinou vytváří krátké šroubovice. [1]

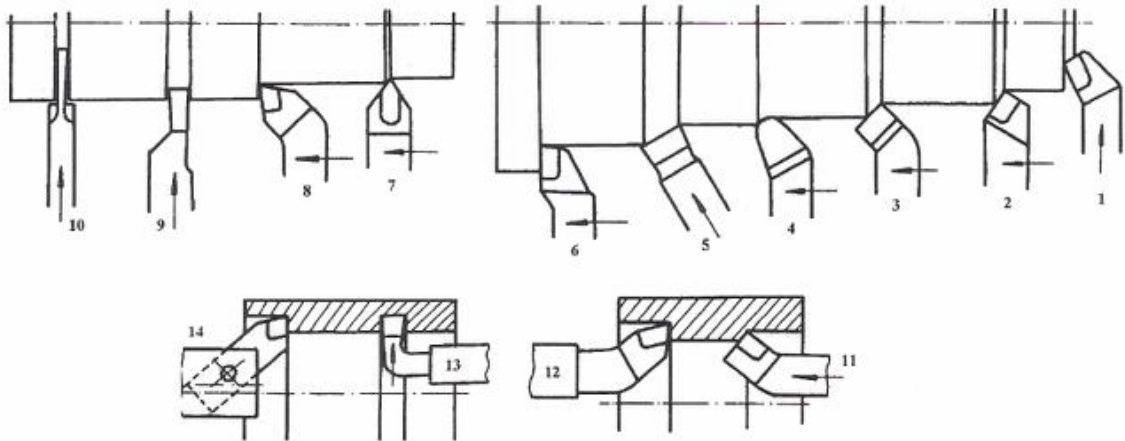
Plynulá tříška vzniká při soustružení houževnatých materiálů, a to hlavně při velkém úhlu čela a velké řezné rychlosti. Obráběný povrch je kvalitní. [1]



Obr. 32 Druhy třísek [1]

3.4 Soustružnické nože

Soustružení je metoda, kde se uplatňuje velký počet různých druhů nástrojů. Úhel hřbetu α se pohybuje v rozmezí 5° až 12° , úhel řezu δ od 65° do 100° , úhel λ pro měkké materiály $+5^\circ$, pro velmi tvrdé až -20° . Pro lepší utváření třísek se doplňuje čelní plocha nože žlábkem. [1]



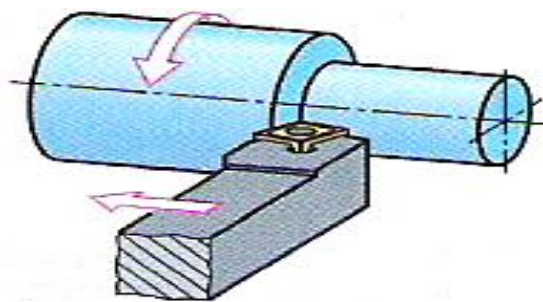
Obr. 33 Soustružnické nože

- 1- Uběrací nůž čelní pravý, 2- uběrací nůž přímý, 3- uběrací nůž ohnut pravý,
 4- rádiusový uběrací nůž, 5- naběrací nůž, 6- uběrací nůž stranový pravý,
 7- hladící nůž, 8- rohový nůž pravý, 9- zapichovací nůž, 10- upichovací nůž,
 11- vnitřní uběrací nůž, 12- vnitřní rohový nůž, 13- vnitřní zapichovací nůž,
 14- vyvrtávací nůž

3.5 Operace při soustružení

3.5.1 Soustružení válcových ploch

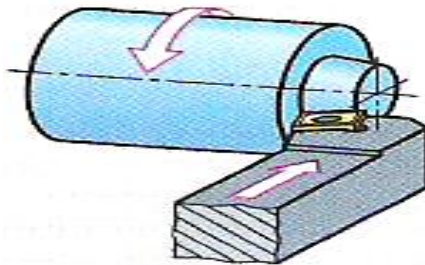
Válcová plocha může být vytvořena při podélném posuvu nebo i příčným posuvem bříty, rovnoběžného s osou rotace. [1]



Obr. 34 Soustružení válcové plochy [1]

3.5.2 Soustružení rovinných ploch

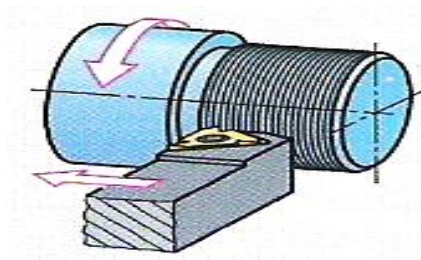
Rovinná plocha kolmá k ose rotace může být vytvořena při příčném posuvu nebo i podélným posuvem břitu kolmého k ose rotace. [1]



Obr. 35 Soustružení rovinných ploch [1]

3.5.3 Soustružení závitů

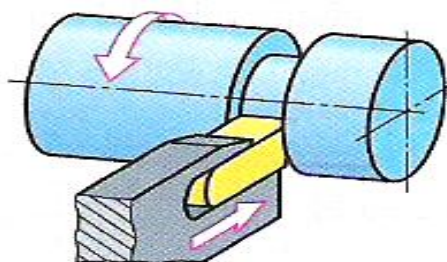
Závit se soustruží nožem tvaru profilu závitů při podélném posuvu odpovídajícím stoupání závitů. [1]



Obr. 36 Soustružení závitů [1]

3.5.4 Zapichování, upichování

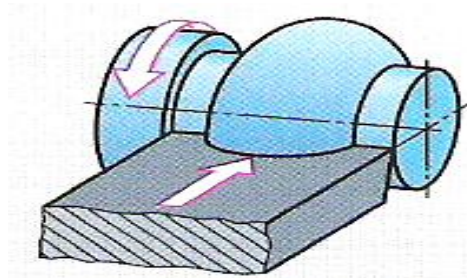
Zápich je drážka, vytvořená většinou jen příčným pohybem nože. Upíchnutí je oddělení materiálu nožem až k ose. [1]



Obr. 37 Zapichování, upichování [1]

3.5.5 Soustružení profilů

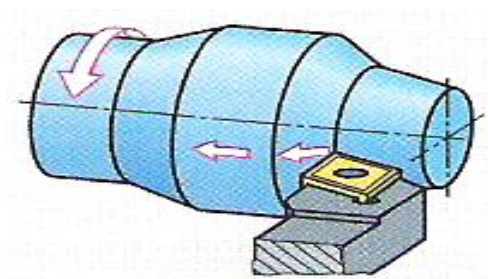
Profil tvarového nože může být přenesen do obrobku příčným nebo podélným pohybem. [1]



Obr. 38 Soustružení profilů [1]

3.5.6 Soustružení složitých rotačních ploch

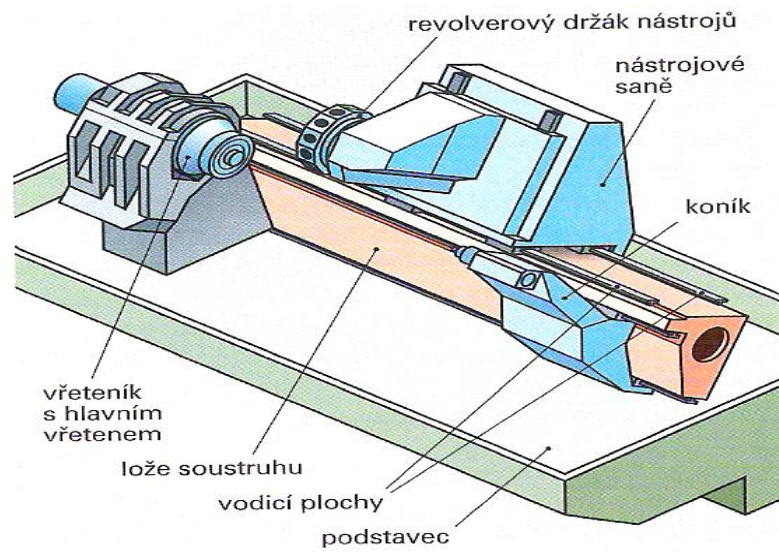
Při soustružení kuželových nebo složitě tvarových rotačních ploch na NC soustruhu jsou spřaženy posuvy v obou směrech. [1]



Obr. 39 Soustružení složitých rotačních ploch [1]

3.6 Soustruhy

Soustruhy mají ve většině případů modulární stavbu a jsou sestaveny podle potřeb uživatele. Na základním podstavci je lože soustruhu, která nese vřeteník, koník a suport. Suport s upínačem nástrojů je většinou veden na valivých nebo kluzných vedeních po vodících plochách lože. Lože musí být tuhá a odolná proti chvění, která by se mohla projevit na přesnost výrobku. Lože je většinou litinová a jeho dutiny jsou vyplněny polymerovým betonem, který má výborné tlumivé vlastnosti. [1]



Obr. 40 Hlavní části soustruhu [1]

4 LEŠTĚNÍ

Leštění je dokončovací operace povrchu, při které se odstraní drobné nerovnosti, docílí vysokého lesku a jakosti povrchu.

Volba vhodného způsobu leštění závisí na materiálu součásti, stavu povrchu před leštěním, tvaru, rozměrech a hmotnosti součásti, početnosti série, požadavků na kvalitu vyleštěného povrchu apod. Součásti leštíme pro zlepšení jakosti povrchu anebo před přípravou na další povrchovou úpravu. [12]

Způsoby leštění:

- mechanické leštění,
- chemické leštění,
- elektro-chemické leštění.

Nejčastěji používaným způsobem leštění je mechanické leštění.

4.1 Mechanické leštění

Podstatou leštění je mechanické působení leštícího nástroje na obráběný povrch. Leštit můžeme leštícími pastami, kotouči, pásy, speciálními leštícími nástroji, v bubnech, vibračních, dýzových a odstředivých zařízení apod. [12]

Nejrozšířenější způsob leštění je za působení leštícího kotouče. Leštící kotouč bývá z plsti, látky, kůže, gumy, dřeva, korku, papíru apod. Broušící zrna kotoučů jsou tvořeny práškem umělého korundu a karbidu křemíku. Rychlost kotouče bývá 30 až 35 m/s. [12]

Leštící pasty mají rozličné složení. Např. leštící pasta na leštění nerezavějících ocelí obsahuje elektrokorund, oxid hlinitý, kaolín, stearan, parafin, vazelínu, kyselinu olejnou apod.

Při vysokých nárocích na kvalitu povrchu leštíme dvojstupňově a to tak, že součásti nejprve předleštíme a potom doleštíme doleštěním. Mechanické leštění vlivem deformací jemné povrchové vrstvičky mění strukturu povrchu, zpevňuje ji, zvyšuje pevnost a tvrdost, deformuje krystalickou stavbu, zanechává zbytkové pnutí. [12]

5 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je periodický proces, při kterém se roztavený materiál vstřikuje vysokou rychlostí do dutiny formy.

5.1 Materiály pro vstřikování

Vstřikování polymerů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření. Polymery díky svým vlastnostem nahrazují v některých provedení kovové materiály. Materiály vhodné pro vstřikování se dělí do následujících skupin: [5]

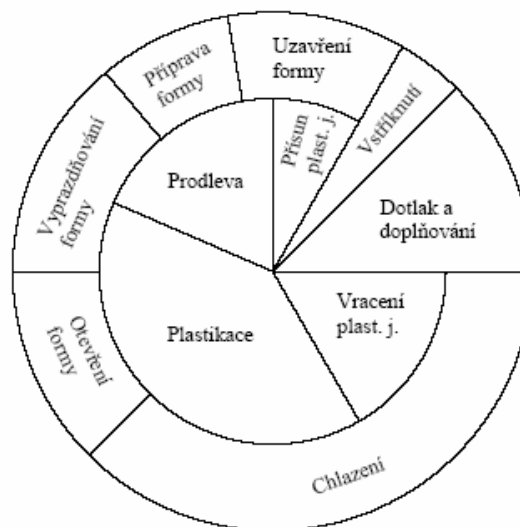
- **termoplasty**- mají řetězce přímé nebo řetězce s bočním větvením. Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto tvaru se může tvářet. Po ochlazení se dostane opět do původního pevného stavu,
- **reaktoplasty**- mají řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzení) plastu,
- **elastomery**- jsou amorfní polymery a mají náhodně uspořádané molekuly. Při tváření vlivem teploty dochází k vulkanizaci.

5.2 Vstřikovací cyklus

Délka vstřikovacího cyklu ovlivňuje dobu potřebnou pro vystříknutí výrobku. Vstřikovací cyklus je výsledkem všech časových průběhů. [5]

Vstřikovací cyklus termoplastu se skládá z následujících fází:

- uzavření formy,
- vstřík,
- dotlak,
- chlazení a plastikace,
- otevření formy,
- přestávka.

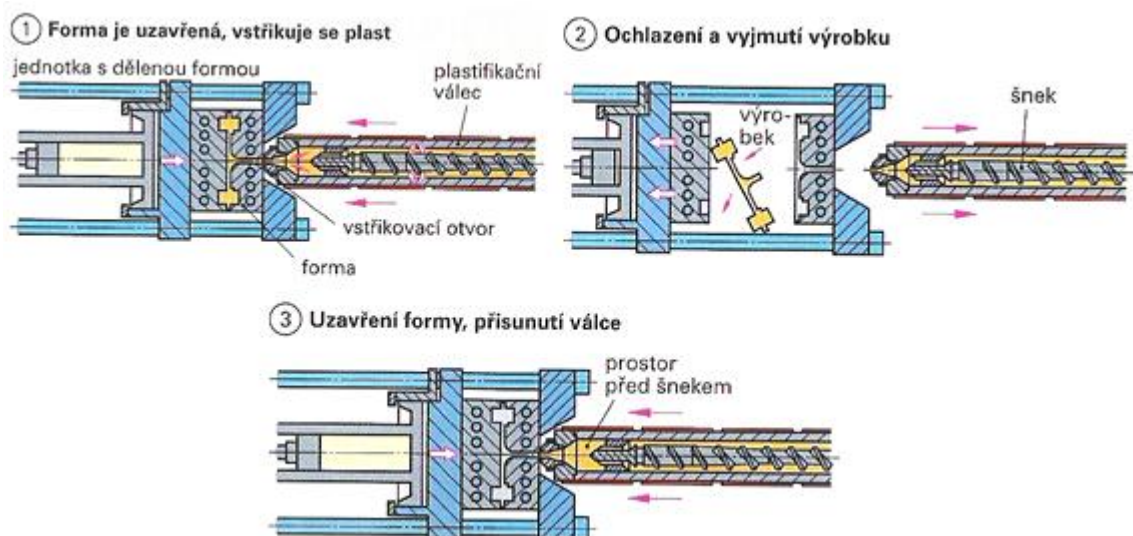


Obr. 41 Vstřikovací cyklus [7]

Po uzavření formy ve stroji je plastifikovaná hmota požadované teploty vstříknuta do formy nastaveným tlakem při určité rychlosti. Tavenina zůstává pod tlakem v uzavřené formě, dokud se nezačne ochlazovat. Hned potom nastoupí dotlak, který skončí při částečném ochlazení plastu ve formě, kdy dojde k zatuhnutí vtokového ústí.[5]

Po skončení dotlaku se vstřikovací jednotka od formy oddálí a začne v ní plastikace další dávky hmoty. Po dostatečném ochlazení výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí. [5]

Po očištění a přípravě formy pro další cyklus se forma uzavře, dojde k přijetí plastikační jednotky k formě a následuje další cyklus. [5]



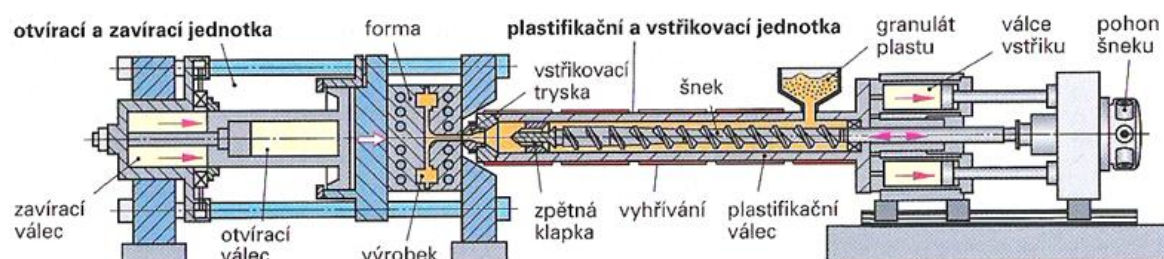
Obr. 42 Činnost vstřikovacího stroje [1]

5.3 Vstřikovací stroj

Od vstřikovacího stroje se vyžaduje zajištění výroby jakostních výstřiků. Existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. [5]

Konstrukce stroje je charakterizována podle: [5]

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje.



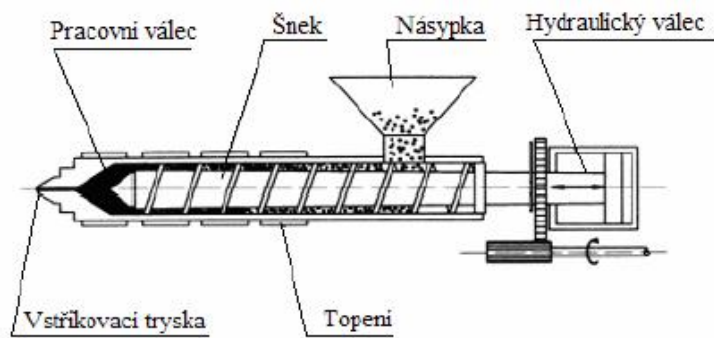
Obr. 43 Vstřikovací stroj [1]

5.3.1 Vstřikovací jednotka

Připravuje a dopravuje požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvíhu.. Max. vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80%. [5]

Plast je dopravován z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. [5]

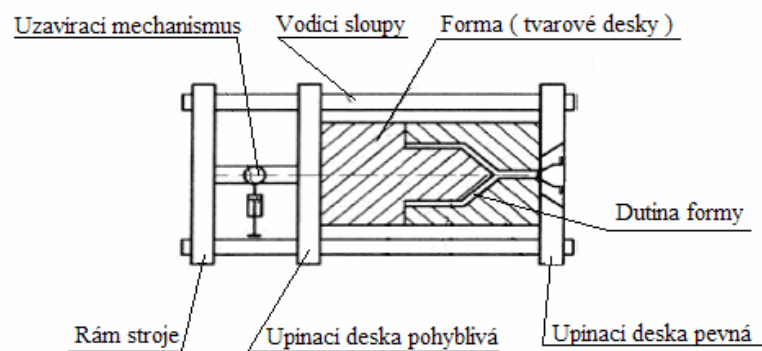
Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky. Menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky, jsou podmínkou správné funkce. [5]



Obr. 44 Vstřikovací jednotka [8]

5.3.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku, ploše dutiny a vtoku v dělicí rovině. [5]



Obr. 45 Uzavírací jednotka [8]



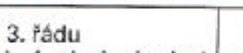

6 HODNOCENÍ JAKOSTI POVRCHU

Jakost povrchu se určuje podle druhu, vzhledu a hloubky stop, které na povrchu součásti zanechává nástroj po obrábění.

Skutečný povrch výrobku vykazuje oproti struktuře uvedené na výkrese odchyly, závislé na výrobním postupu. [1]

Sejmutý povrch (primární profil) je profil s nejmenšími detaily, sejmutý velmi přesně např. diamantovým hrotem nebo laserem. [1]

Měření se provádí na těch částech plochy, na kterých se předpokládá největší zvlnění a největší jakost povrchu. Sejmutý primární profil je výchozím pro určení nerovností různých řádů. [1]

Odchyly povrchu	Příklady	Příčiny
1. řádu 	nerovinnost nekruhovitost	deformace při upnutí
2. řádu 	zvlnění	chvění při obrábění
3. řádu 	drsnost	rýhy s roztečí posuvu na 1 otáčku
4. řádu 		velký posuv nebo nevhodný nástroj
		nevhodný nástroj, nebo řezná rychlost

Obr. 46 Odchyly povrchu [1]

6.1 Parametry povrchu

Parametr P- parametr vypočtený ze základního profilu. Parametr P je nejmenší vzdálenost mezi dvěma rovnoběžnými mezními přímkami z nefiltrovaného profilu povrchu uvnitř měřené délky l_n . [9]



Obr. 47 P- profil [1]

Parametr R- parametr vypočtený z profilu jakosti povrchu. Parametr R je svislá vzdálenost od nejvyšší špičky k nejhlubší rýze filtrovaného profilu povrchu uvnitř měřené délky l_n . [9]



Obr. 48 R- profil [1]

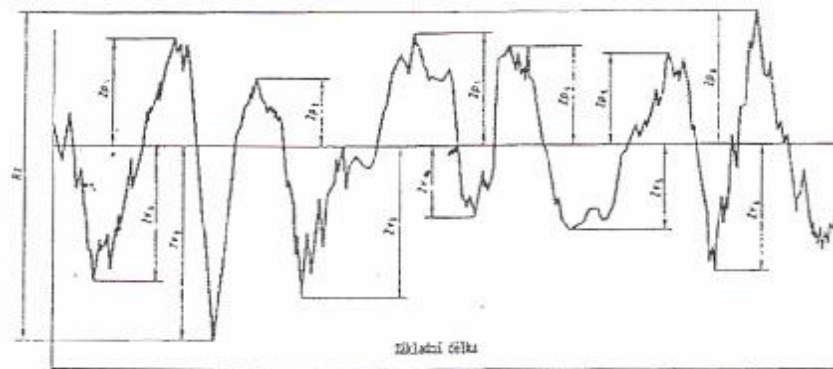
Parametr W- parametr vypočtený z profilu vlnitosti. Parametr W je nejvyšším a nejhlubším bodem vyrovnaného profilu vlnitosti uvnitř měřené délky l_n . [9]



Obr. 49 W- profil [1]

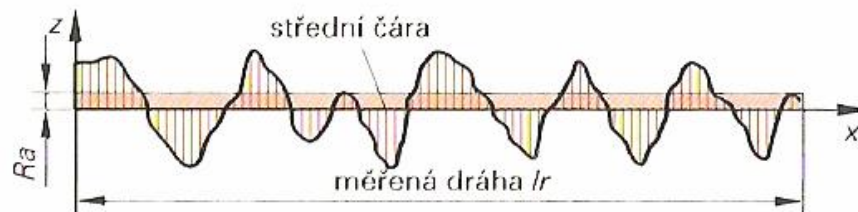
6.2 Profily povrchu

Největší výška profilu R_z je součet výšky Z největšího výstupku profilu a hloubky nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky.[9]



Obr. 50 Největší výška profilu [9]

Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu R_a je aritmetickým průměrem absolutních hodnot Z odchylek profilu od střední čáry v celém intervalu měření l_r . [9]



Obr. 51 Střední hodnota drsnosti R_a [1]

Největší výška výstupku profilu R_p je výška Z_p nejvyššího výstupku profilu v rozsahu základní délky. [9]

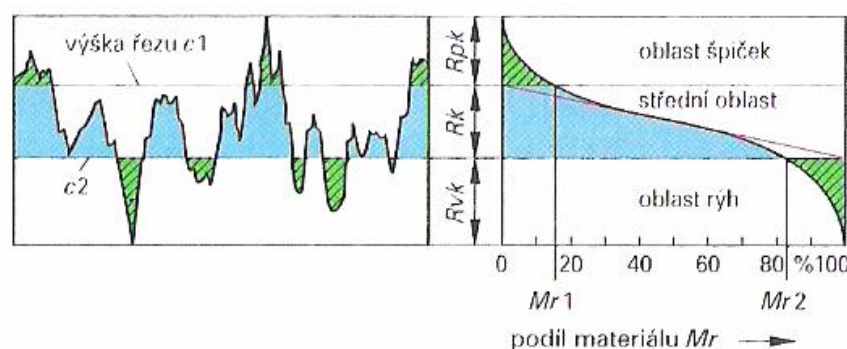
Největší hloubka prohlubně profilu R_v je hloubka Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky. [9]

Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu R_q je kvadratický průměr pořadnic Z v rozsahu základní délky. [9]

Šikmost posuzovaného profilu R_{sk} je podíl průměrné hodnoty třetích mocnin pořadnic Z a třetí mocniny hodnoty R_q v rozsahu základní délky. [9]

Špičatost posuzovaného profilu R_{ku} je podíl průměrné hodnoty čtvrtých mocnin pořadnic Z a čtvrté mocniny hodnoty R_q v rozsahu základní délky. [9]

Materiálový poměr profilu R_{mr} je procentní poměr materiálu ve zdrsňené vrstvě výšky c . Křivka podílu materiálu ve zdrsňené vrstvě v závislosti na její výšce. [1]



Obr. 52 Materiálový poměr profilu [1]

6.3 Měření jakosti povrchu

Jakost povrchu je třeba měřit na kritických místech povrchu s největší hodnotou jakosti povrchu. Při periodicky zdrsňeném povrchu v jednom směru, např. při soustružení nebo bočním frézování, musí být profil měřen kolmo na směr rýh. [1]

6.3.1 Vzorkovnice jakosti povrchu

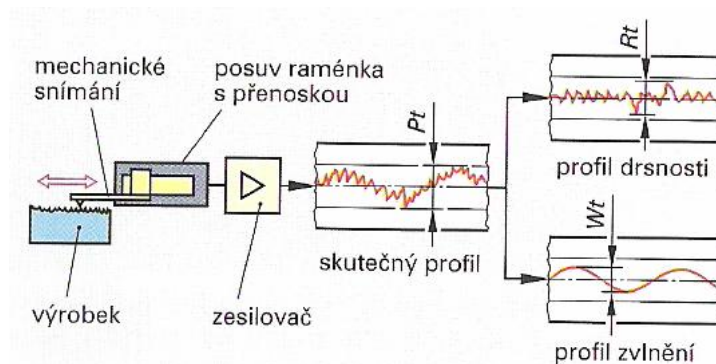
Používá se pro vizuální srovnání. Předpokladem pro srovnání je srovnatelný materiál i srovnatelná výrobní technologie. [1]

6.3.2 Přístroje pro měření jakosti povrchu

Měřicí přístroje pracují následujícími způsoby:

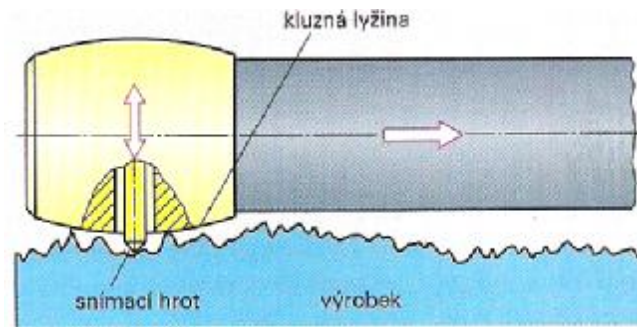
- dotykovým způsobem - např. dotykové přístroje s diamantovým hrotem,
- bezdotykovým způsobem - optické bezdotykové přístroje.

Pracují na principu změny pohybu snímacího diamantového hrotu na elektrický signál, z něhož jsou určeny parametry povrchu (hloubka P_t , hloubka vln W_t a hloubka jakosti povrchu R_t). K tomuto účelu slouží snímací přenoska. [1]



Obr. 53 Princip měření jakosti povrchu [1]

Ke snímání jakosti povrchu se používá diamantového hrotu. Nejvhodnějším tvarem snímacího hrotu je kužel s vrcholovým úhlem 60° nebo 90° se zaobleným hrotem. Při hloubce jakosti povrchu $R_z > 3 \mu\text{m}$ se volí poloměr zaoblení hrotu $r = 5 \mu\text{m}$, při hloubce jakosti povrchu $R_z > 50 \mu\text{m}$ se volí $r = 10 \mu\text{m}$. Při hloubce jakosti povrchu $R_z < 3 \mu\text{m}$ se doporučuje poloměr hrotu $2 \mu\text{m}$, protože ostřejší hrot může lépe snímat jemnější jakost povrchu. [1]



Obr. 54 Lyžinová hlavice [1]

Relativní snímání se používá u přenosných měřicích přístrojů. U tohoto typu snímání snímá testovací hrot výšku profilu povrchu relativně v dráze kluzné lyžinové hlavice. [1]

Absolutní snímání lineárně vedenou snímací hlavicí umožňuje získat primární profil vztažený k rovině pohybu měřicí hlavice. Sklon měřené plochy se nastaví tak, aby byla tečná rovina v přísmce pohybu sondy rovnoběžná se vztažnou rovinou pohybu sondy. Při měření profilu vzhledem ke vztažné rovině je možné stanovit všechny parametry jakosti povrchu. [1]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem praktické části bylo vyrobit tvarové vložky vstřikovací formy s povrchem vytvořeným soustružením, broušením a leštěním. Broušený povrch tvarové vložky byl broušen dvojicí brousicích kotoučů a to brousicím kotoučem, který má brousicí zrna tvořena elektrokorundem bílým (80) a kotoučem, který má brousicí zrna tvořena směsí z mikrokrystalického korundu a elektrokorundu bílého (85). U každého kotouče byla vložka broušena třemi posuvovými rychlostmi 7m/min, 14m/min a 23m/min a při každé rychlosti byla měněna hloubka řezu 0,005mm a 0,04mm. Tvarové vložky byly vytvořeny z konstrukční oceli chromové 14109.4, nástrojové oceli chrommolybdenové 19552.4 a mosazi. Následně byly do takto vytvořených dutin vstřikovány dva polymerní materiály, a to Akrylonitril-butadien-styrén (ABS) a polykarbonát (PC). U vzorků byla hodnocena jakost povrchu a porovnávána s jakostí povrchu tvarových vložek vstřikovací formy, čímž bylo ověřováno kopírování povrchu dutiny formy na povrch vzorku.

Hlavní cíle diplomové práce:

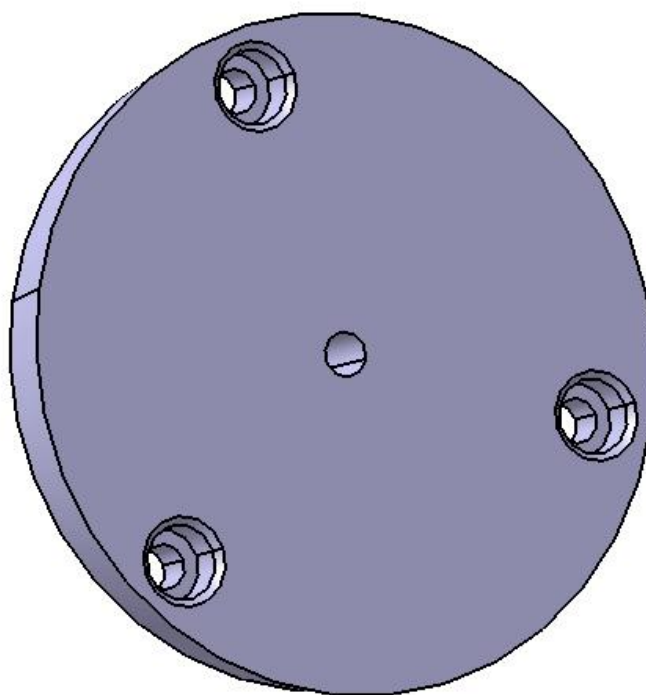
- vypracovat teoretickou studii pro metody výroby a měření použité v praxi,
- provést výrobu zkušebních vzorků z daných materiálů vstřikováním,
- porovnat strukturu povrchu tvarových vložek a zkušebních vzorků a vyhodnotit strukturu povrchu.

8 TVAROVÁ VLOŽKA VSTŘIKOVACÍ FORMY

Tvarová vložka vstřikovací formy má vnější rozměr o \varnothing 90 x 12mm. Tato vložka je přišroubována na levou stranu vstřikovací formy trojicí šroubů. Ve středu vložky je otvor určen pro přidržovač vtoku, který přidrží vystříknutý vzorek na levé straně formy. Vzorek je vyhozen pomocí stírací desky.

Tvarová vložka je vyrobena soustružením a její tvarová plocha, která se stýká s taveninou polymeru, je buď leštěna, soustružena nebo broušena při různých podmínkách.

Tvarová vložka je vyrobena ze tří různých materiálů, a to z konstrukční oceli chromové 14109.4, nástrojové oceli chrommolybdenové 19552.4 a mosazi.



Obr. 55 Tvarová vložka

8.1 Materiál tvarové vložky

8.1.1 14109.4

Chromová ocel vhodná k cementování, nitrocementování a objemovému tváření. Je dobře tvárná za tepla a po žhánání i za studena, dobře obrobitelná a má dobrou svařitelnost. Vyžaduje se u ní velká metalurgická čistota, má velkou tvrdost a odolnost proti opotřebení. Obsahuje 0,9 až 1,1% C, 0,8 až 1,6% Cr a asi 1% Mn. [11]

Způsoby tepelného zpracování: [11]

- žhání na měkko - 720 až 780°C,
- kalení - 820 až 840°C,
- cementování - 840 až 870°C,
- popouštění - 150 až 170°C (olej).

Mechanické vlastnosti: $R_m = 610$ až 725 MPa, $R_{emin} = 440$ MPa, tvrdost max. 225 HB. [11]

Používá se pro výrobu ložiskových kuliček do průměru 25mm, válečků a kuželíků do 18mm, kroužků valivých ložisek do tloušťky stěny 16mm. [11]

8.1.2 19552.4

Chrómmolybdenová ocel určená ke kalení. Hloubka zakalení je asi 150mm v celém průřezu při kalení na vzduchu nebo do oleje. Má dobrou tvárnost za tepla a obrobiteľnosť ve stavu žháném na měkko. [25]

Používá se pro nástroje k tváření a stříhání za tepla. Používá se na formy k tlakovému lití slitin hliníku a velké série odlitků slitin ze zinku a hořčíku, velmi namáhané nástroje pro průtlačné lisování neželezných kovů, nástroje pro stříhání za tepla, nože nůžek, prostřihovací trny, ostřihovací matrice atp. [25]

8.1.3 Mosaz

Na tvarovou vložku vstřikovací formy byla použita Mosaz 423223.

Mosaz je slitina mědi a zinku. Se stoupajícím obsahem zinku vzrůstá pevnost, klesá houževnatost a zpracovatelnost za studena. Obrobiteľnosť mosazi je dobrá a zlepšuje se přísadou asi 2% olova. Speciální mosazi, které mají větší pevnost, případně větší houževnatost a kujnost, obsahují malou přísadu například manganu, železa, niklu, hliníku. Hustota mosazi je 8400 až 8700 kg.m⁻³ a teplota tání je 850 až 920°C. [18]

Pevnost i tvrdost mosazi je závislá na obsahu Cu. Mosazi s obsahem Cu nad 58% jsou použitelné pro technickou praxi. Mosazi s obsahem mezi 75 a 85% Cu nejsou tvárné za tepla. Tažnost je největší při 70% Cu a nejlepší slévatelnost je při 60% Cu. [18]

9 BRUSKA ROVINNÁ BRH 20.03 F

K broušení tvarových vložek byla použita rovinná bruska BRH 20.03F. Jedná se o rovinnou brusku s horizontálním vřetenem a pravoúhlým stolem. Tato bruska je určena pro broušení rovinných a tvarových ploch součástek z ocelí, litin a ostatních kovových materiálů, u kterých se vyžaduje dosažení vysoké přesnosti a kvality zpracování. Broušení se provádí především obvodem broušícího kotouče. Broušené součástky podle svých rozměrů a tvaru mohou být upínané přímo na elektromagnetickou desku, případně prostřednictvím vhodných upínačů. [27]

Z hlediska koncepce se bruska BRH 20.03F vyznačuje tím, že stůl vykonává podélný pohyb po vedení na předním loži a příčný posuv vykonává brusný vřeteník spolu se stojanem, ve kterém je vedení pro jeho svislý posuv. Hydraulický agregát i skříň elektriky jsou samostatné celky umístěné mimo stroj. [27]

Bruska může pracovat s ruční obsluhou v uzavřeném nebo neuzavřeném automatickém cyklu. K řízení automatického cyklu je bruska vybavena číslicovou indikací NV 300E firmy FAGOR, která slouží k odměřování dráhy svislého a příčného posuvu při práci v ručním režimu a k řízení posuvu v automatickém pracovním cyklu. [27]



Obr. 56 Bruska BRH 20.03F

Tab. 4 Technické parametry brusky BRH 20.03F [27]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Pracovní plocha stolu	mm	200x630
Rozměry broušícího kotouče	mm	250x20 - 50x76
Rychlost stolu plynule regulovatelná	m.min ⁻¹	1-30
Otáčky broušícího vřetene	min ⁻¹	2550
Hmotnost stroje	kg	1860

9.1 Broušící kotouče

K broušení tvarových vložek bylo použito dvou broušících kotoučů s rozdílným brusivem s označením kotouče 80 a 85. Výrobce broušících kotoučů je firma Best Business.

a) Označení kotouče 80

Označení kotouče: EN 12413 250x20x76 A99 80 I 8 V 40ms⁻¹ 3055 rpm.

Tab. 5 Parametry broušícího kotouče 80

Parametry broušícího kotouče		
Parametr	Kotouče: 80	
	Označení	Název
Rozměry	-	250x20x76 [mm]
Brusivo	A99	Elektrokorund bílý
Zrnitost	80	Jemná
Tvrдость	I	Měkká
Struktura	8	Otevřená
Pojivo	V	Keramické
Rychlost	-	40m/s

b) Označení kotouče 85

Označení kotouče: EN 12413 250x20x76 AG92/99 80 I 8 V 40ms⁻¹ 3055 rpm.

Tab. 6 Parametry broušícího kotouče 85

Parametry broušícího kotouče		
Parametr	Kotouče: 85	
	Označení	Název
Rozměry	-	250x20x76 [mm]
Brusivo	AG92/99	Mikrokrytalický korund, Elektrokorund bílý
Zrnitost	80	Jemná
Tvrдость	I	Měkká
Struktura	8	Otevřená
Pojivo	V	Keramické
Rychlost	-	40m/s

10 VSTŘIKOVACÍ STROJ ARBURG ALLROUNDER 420C ADVANCE

Ke vstřikování byl použitý vstřikovací stroj od firmy ARBURG s prodejním názvem ALLROUNDER 420C Advance.

Tab. 7 Parametry uzavírací jednotky [27]

Uzavírací jednotka		
	Jednotka	Hodnota
Uzavírací síla	kN	1000
Max. rozměr formy	mm	420x420x500
Vzdálenost mezi sloupky	mm	420x420
Zdvih vyhazovačů	mm	175
Síla vyhazovačů	kN	40

Tab. 8 Parametry hydrauliky [27]

Hydraulika, pohon		
	Jednotka	Hodnota
Výkon čerpadla	kW	22

Tab. 9 Parametry vstřikovací jednotky [27]

Vstřikovací jednotka		
	Jednotka	Hodnota
Průměr šneku	mm	40
Poměr šneku	L/D	20
Max. vstřikovaný objem	cm ³	182
Vstřikovací tlak	MPa	200
Vstřikovací rychlost	cm ³ /s	170
Přítlačná síla trysky	kN	50



Obr. 57 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 420C [27]

10.1 Vstřikované materiály

Pro vstřikování polymerních vzorků byly vybrány konstrukční polymerní materiály polykarbonát (PC) a akrylonitril-butadien-styrén (ABS). Tyto materiály byly vybrány z důvodu jejich častého využití v technické praxi jako konstrukční materiály.

10.1.1 Polykarbonát (PC)

Polykarbonáty jsou lineární estery kyseliny uhličitě s určitým krystalickým podílem. Patří do skupiny termoplastů a svými vlastnostmi znamenají pokrok termoplastů ve snaze přiblížit se svými mechanickými vlastnostmi barevným kovům. PC jsou transparentní s propustností světla až 85 %. Jsou dobře rozpustné v některých rozpouštědlech (ketonech, esterech a chlorovytých uhlovodících). Vynikají vysokou rázovou houževnatostí i za velmi nízkých teplot, dobrou rozměrovou stabilitou, dobrými elektroizolačními vlastnostmi, odolností proti UV-záření a malou nasákavostí. [19, 20]

Polykarbonát je pevná, nerozbitná hmota, odolná do 120 °C. Teplota splnutí je nad 500°C. Pro použití v medicíně je důležité, že jsou bez chuti, vůně a netoxické. Před zpracováním je nutné polykarbonáty sušit při teplotě 100°C po dobu 4 hodin. [19, 20]

Používá se na nerozbitné nádoby, kryty přístrojů a domácích strojků, kryty svítidel, injekční stříkačky, nehořlavé krabice pro filmy, kryty svorkovnic, pravítka na rýsování atd. Pro součásti více namáhané za vyšších teplot se plní skleněnými vlákny. Z polykarbonátu se vyrábějí také elektroizolační fólie pro použití za vyšší teploty. [18]

Tab. 10 Vlastnosti PC [20]

Polykarbonát (PC)		
Vlastnost	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg/m ³	1200- 1220
Tažnost	%	80- 120
Youngův modul	MPa	2200- 2430
Pevnost v tahu	MPa	55- 75
Tvrdoost Rockwell	HRC	118- 125
Teplota tání T _m	°C	267
Teplota skelného přechodu T _g	°C	170

10.1.2 Akrylonitril-butadien-styrén (ABS)

ABS je amorfní termoplastický kopolymer, který je odolný vůči mechanickému poškození. ABS je neprůhledný, tuhý, houževnatý, dle typu odolný proti nízkým i vysokým teplotám, málo nasákavý, zdravotně nezávadný. Je odolný vůči kyselinám, louhům, uhlovodíkům, olejům, tukům. Pro zvýšení pevnosti se plní skleněnými vlákny. Dá se galvanicky pochromovat na vysoký lesk. Snese teplotu 85°C. [18]

Používá se na skříňky radiopřijímačů, telefony, kryty vysavačů a kancelářských strojů, ochranné přilby, přístrojové desky a části karoserie aut, skořepiny člunů atd. [18]

Tab. 11 Vlastnosti ABS [20]

Akrylonitril-butadién-styrén (ABS)		
Vlastnost	Jednotka	Hodnota
Hustota	kg/m ³	1045
Tažnost	%	20- 25
Youngův modul	MPa	2060- 2350
Pevnost v tahu	MPa	31- 37
Tvrdoost Rockwell	HRC	110
Smrštění	%	0,3- 0,7

10.2 Parametry vstřikování

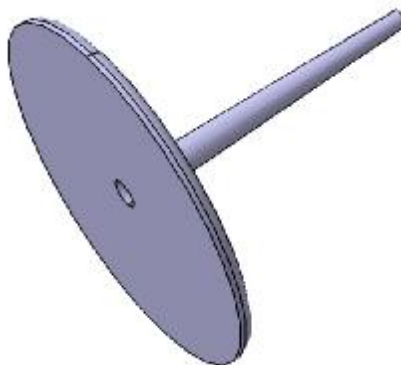
Podle druhu vstřikovaného materiálu byly nastaveny parametry vstřikování na vstřikovacím stroji ARBURG 420C Allrounder. Na polymerní vzorky byly použity dva materiály, a to ABS Resin 3453 a PC- HT.

Tab. 12 Parametry vstřikovacího stroje

Parametry stroje			
Materiál:	Jednotka:	ABS Resin 3453	PC- HT
Teploty:			
T1- tryska	°C	260	315
T2	°C	250	320
T3	°C	240	315
T4	°C	220	310
T5	°C	185	305
T6- násypka	°C	70	70
Dráha dávkování	mm	13	14
Vstřikovací rychlost	mm/s	60	60
Vstřikovací tlak	Mpa	60	60
Dotlak	MPa	30	30
Doba dotlaku	s	10	10
Doba chlazení	s	15	15
Váha:			
Vyrobek + vtok	g	10,3	11,66
Vyrobek	g	8,72	10,25

10.3 Polymerní vzorek

Polymerní vzorek byl vstřikován z materiálu ABS a PC. Hlavní rozměry vzorku jsou $\varnothing 62\text{mm} \times 3\text{mm}$.

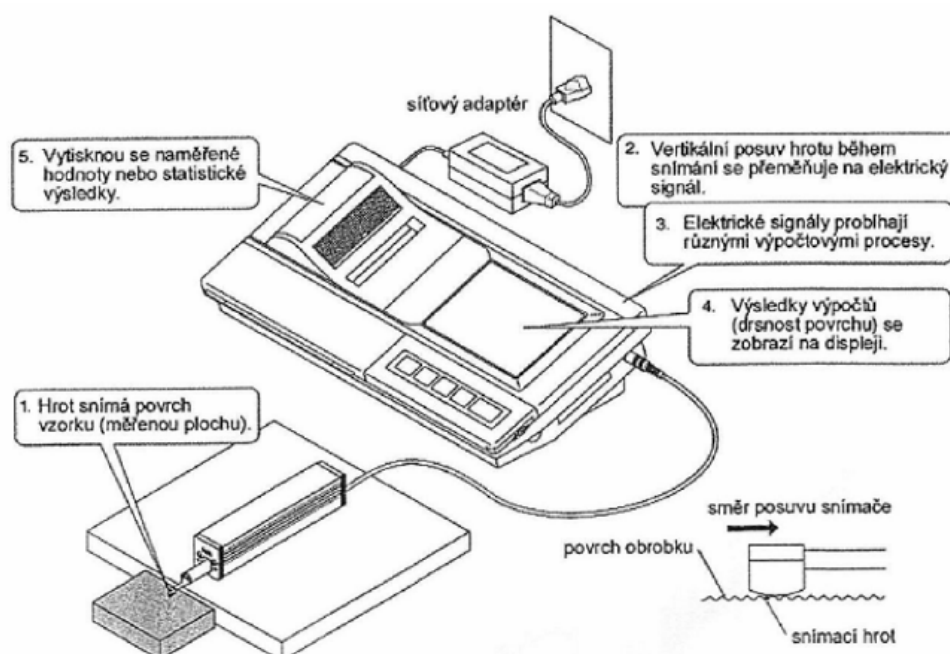


Obr. 58 Polymerní vzorek

11 DRSNOMĚR MITUTOYO SJ – 301

Tento přenosný měřicí přístroj je určený k měření povrchu především v dílenském prostředí. Snímacím hrotem o průměru 2 μm dokáže měřit jakost povrchu a charakterizovat ji za pomoci řady parametrů dle daných norem. Výsledky měření se digitálně a graficky zobrazují na ovládací, dotekové obrazovce. Přístroj má vestavěnou tiskárnu. [26]

Snímací hrot přístroje zaznamenává i nejjemnější nepravidelnosti povrchu vzorku. Jakost povrchu se vypočítá z vertikálního posuvu snímacího hrotu, ke kterému dochází, když snímací hrot přejíždí přes nepravidelnosti povrchu. Poloha snímacího hrotu vůči obrobku musí být zajištěna tak, aby posuv měření byl rovnoběžný s povrchem obrobku. [26]



Obr. 59 Schéma měřicího přístroje Mitutoyo SJ – 301 [26]

Tab. 13 Technické parametry přístroje Mitutoyo SJ – 301 [26]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Max. měřicí rozsah	μm	300 ± 150
Posuv v ose X	mm	12,5
Zdvih v ose Z	μm	350
Délka měření	mm	0,25; 0,8; 2,5; 8
Počet vzorových délek	-	1, 3, 5 a L

12 NAMĚŘENÁ DATA

Tvarová vložka vstříkovací formy je vyrobena ze tří různých materiálů, a to z konstrukční oceli chromové 14109.4, nástrojové oceli chrommolybdenové 19552.4 a mosazi. Tyto vložky byly broušeny na brusce BRH 20.03F pomocí dvou kotoučů s rozdílným brusivem, a to kotoučem s označením 80 a 85, zmíněno výše. Postupně se měnila posuvová rychlost 7m/min, 14m/min a 23m/min. Při každé rychlosti bylo broušeno při hloubce řezu 0,005mm a 0,04mm. Na takto vytvořených plochách byla změřena jakost povrchu Ra a Rz pomocí drsnoměru Mitutoyo SJ-301.

Tvarová vložka byla broušena přebroušením hloubky řezu vždy celou šířkou broušícího kotouče, který se posouval o hodnotu jeho šířky. Nedocházelo ke zpětnému broušení plochy (vyjiskření).

Takto vytvořené tvarové vložky byly připevněny pomocí šroubů na levou stranu vstříkovací formy a do každé vložky vstříknuto 10 polymerních vzorků. Bylo použito dvou polymerních materiálů, a to ABS a PC. Následně byly na polymerních vzorcích změřeny parametry jakosti povrchu Ra a Rz.

12.1 Vstříkovaný polymerní materiál ABS

12.1.1 Broušená tvarová vložka z materiálu 19552.4

a) Hloubka řezu 0,005mm

Tab. 14 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS

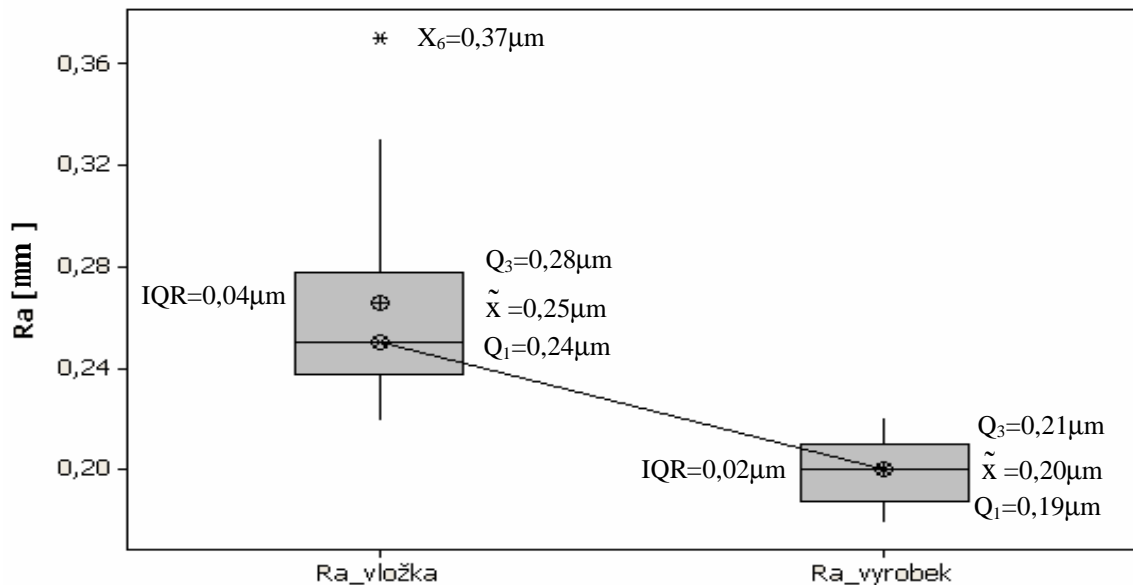
ABS, 19552.4, $a_p = 0,005\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,27	2,46	0,20	1,33	0,33	2,84	0,28	1,83
	S	0,04	0,27	0,01	0,11	0,03	0,20	0,03	0,20
	$\pm u_a$	0,01	0,09	0,003	0,03	0,01	0,06	0,01	0,06
14	\bar{x}	0,29	2,68	0,19	1,39	0,52	3,78	0,40	3,16
	S	0,04	0,34	0,02	0,15	0,04	0,42	0,03	0,38
	$\pm u_a$	0,01	0,11	0,01	0,05	0,01	0,13	0,01	0,12
23	\bar{x}	0,33	2,78	0,27	1,84	0,53	5,00	0,40	2,74
	S	0,03	0,33	0,02	0,15	0,07	0,64	0,04	0,31
	$\pm u_a$	0,01	0,10	0,01	0,05	0,02	0,20	0,01	0,10

Z naměřených hodnot jakosti povrchu byl určen podle následujících vztahů odhad středního aritmetického průměru, odhad směrodatné odchylky a nejistota měření typu A.

Odhad středního aritmetického průměru:
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

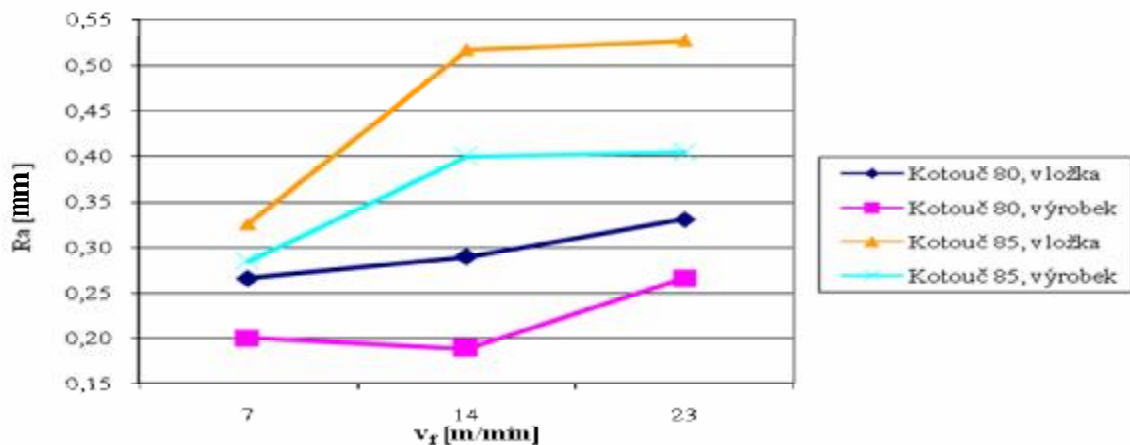
Odhad směrodatné odchylky:
$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Nejistota měření typu A:
$$\pm u_a = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3)$$



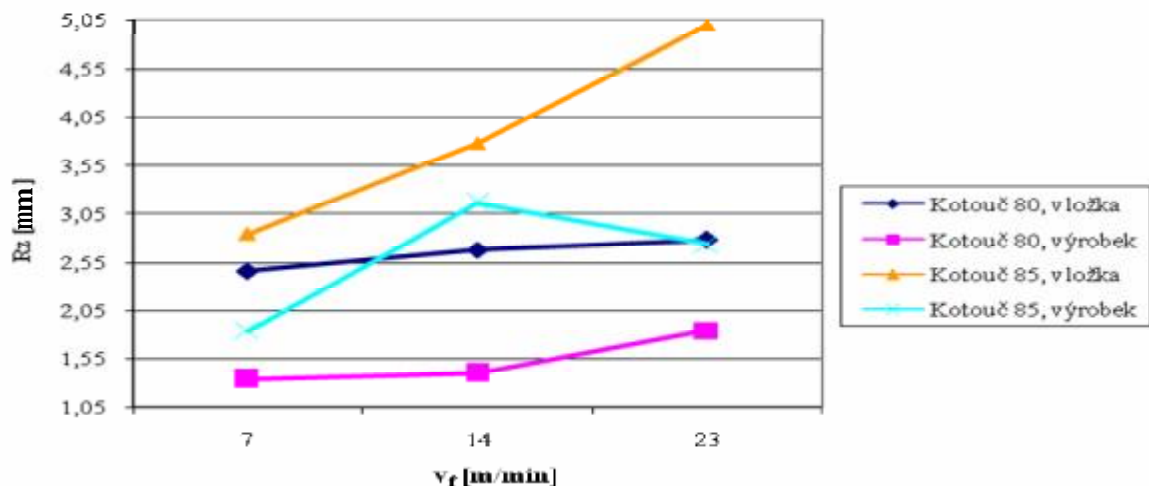
Graf 1 Krabicový diagram - 19552.4, $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,005\text{mm}$, kotouč 80, ABS

Krabicový graf 1 nám ukazuje, že vyhodnocovaná veličina Ra_vložka má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatně menší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U krabicového diagramu Ra_výrobek je rozptyl mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) a dále mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3) přibližně stejný. Toto je jednoznačně vidět na případě Ra_vložka, kde symbol odhadu aritmetického průměru (\bar{x}) a symbol odhadu mediánu (\tilde{x}) jsou odlehlé. Vychýlení odhadu aritmetického průměru (\bar{x}) u naměřených hodnot Ra_vložka je též způsobeno odlehlou hodnotou X_6 . Dále je vidět na diagramu Ra_vložka v porovnání s diagramem Ra_výrobek, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u Ra_výrobek podstatně menší přibližně o 100%. Naměřená data Ra_vložka vykazují vyšší medián (\tilde{x}) a vyšší rozptyl než diagram naměřených hodnot Ra_výrobek.



Graf 2 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS

Z grafu 2 je patrné, že s rostoucí posuvovou rychlostí roste hodnota jakosti povrchu Ra. Největší hodnota jakosti Ra je při rychlosti posuvu 23m/min. Při broušení broušicím kotoučem 85 je vyšší hodnota jakosti povrchu než při broušení kotoučem 80. Při porovnání jakosti povrchu vložky a vstříknutého vzorku je zřejmé, že jakost povrchové vrstvy vzorku má nižší hodnotu Ra než tvarová vložka. Nejnižší rozdíl mezi Ra vložky a Ra vzorku je při broušení vložky kotoučem 85 při posuvové rychlosti 7m/min, kde vzorek má 1,18x nižší hodnotu Ra než vložka a nejvyšší rozdíl mezi vložkou a vzorkem je u kotouče 80 u posuvové rychlosti 14m/min, kde vzorek má 1,53x nižší Ra. U ostatních rychlostí se jakost povrchu vložky kopíruje na vzorek asi s 1,3x nižší hodnotou.

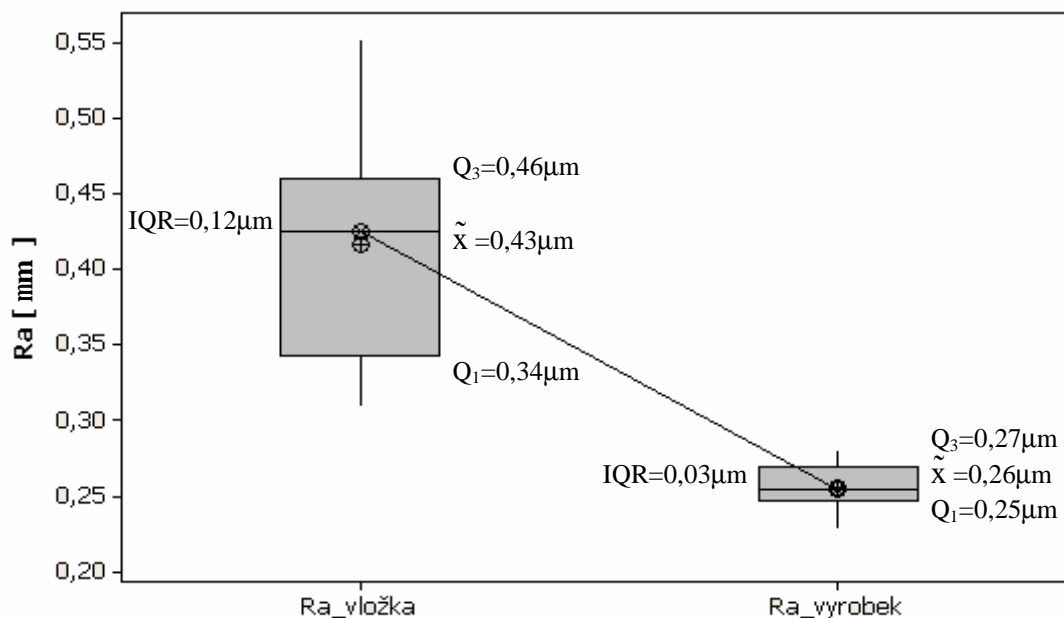


Graf 3 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS

b) Hloubka řezu 0,04mm

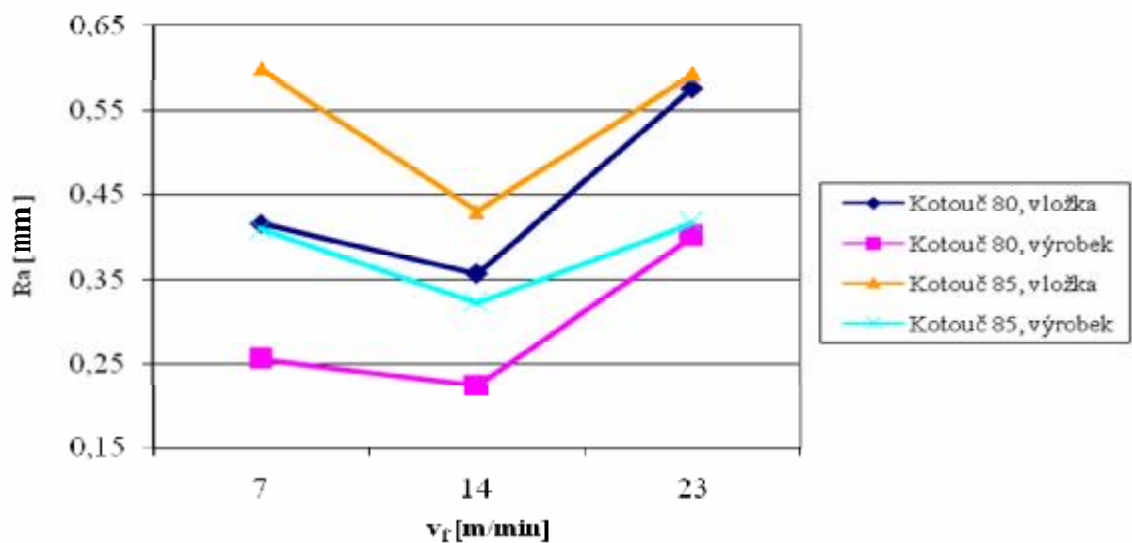
Tab. 15 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS

ABS, 19552.4, $a_p = 0,04\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,42	3,18	0,26	1,75	0,60	5,00	0,41	2,69
	S	0,07	0,33	0,01	0,19	0,06	0,45	0,02	0,27
	$\pm u_a$	0,02	0,10	0,003	0,06	0,02	0,14	0,01	0,09
14	\bar{x}	0,36	2,90	0,22	1,53	0,43	3,68	0,32	2,09
	S	0,06	0,29	0,01	0,08	0,07	0,35	0,02	0,19
	$\pm u_a$	0,02	0,09	0,003	0,03	0,02	0,11	0,01	0,06
23	\bar{x}	0,58	5,30	0,40	2,71	0,59	5,72	0,42	2,83
	S	0,03	0,46	0,02	0,22	0,04	0,36	0,03	0,29
	$\pm u_a$	0,01	0,15	0,01	0,07	0,01	0,11	0,01	0,09


 Graf 4 Krabicový diagram - 19552.4, $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, ABS

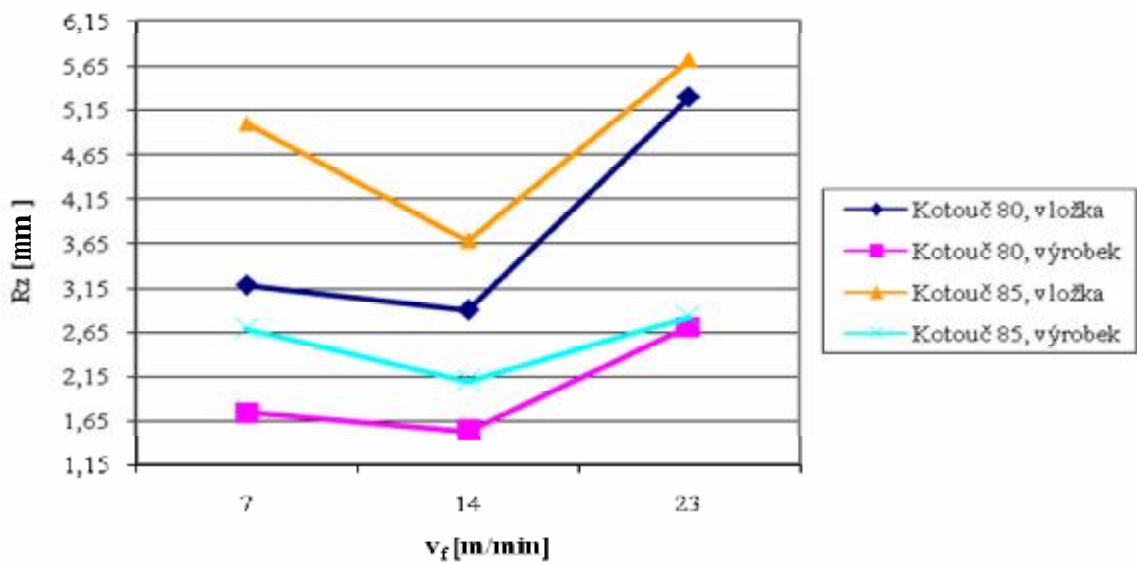
Z grafu 4 vidíme, že vyhodnocovaná veličina $R_a_{\text{vložka}}$ má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvartilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatě širší, než rozptyl naměřených hodnot

mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvartilem (Q_3). U krabicového diagramu Ra_výrobek je rozptyl mezi prvním kvartilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatně užší než rozptyl mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvartilem (Q_3). Toto je jednoznačně vidět na případě Ra_vložka, kde symbol aritmetického průměru (\bar{x}) a symbol mediánu (\tilde{x}) jsou odlehlé. Dále je vidět na diagramu Ra_vložka v porovnání s diagramem Ra_výrobek, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u Ra_vložka podstatně větší. Naměřená data Ra_vložka vykazují vyšší medián (\tilde{x}) a vyšší rozptyl než diagram naměřených hodnot Ra_výrobek.



Graf 5 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS

Z grafu 5 je zřejmé, že u kotouče 80 byla nejmenší Ra při rychlosti posuvu 14m/min a největší Ra při 23m/min. Při kopírování jakosti povrchu vzniká nejmenší rozdíl mezi tvarovou vložkou a polymerním vzorkem při posuvové rychlosti 23m/min, kde vložka má 1,45x nižší hodnotu, a největší rozdíl mezi jakostí povrchu vložky a vzorku je při rychlosti 14m/min, kde vzorek má 1,64x nižší jakost povrchu než má vložka. U kotouče 85 je nejmenší Ra při rychlosti posuvu 14m/min a při rychlosti 7m/min a 23m/min je Ra téměř stejná. Při kopírování jakosti povrchu z vložky na vzorek je jakost povrchu nejmenší při posuvové rychlosti 14m/min, kdy Ra vzorku je 1,34x nižší než vložky a nejvyšší rozdíl je při posuvové rychlosti 7m/min, kde hodnota jakosti povrchu je 1,5x nižší.



Graf 6 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS

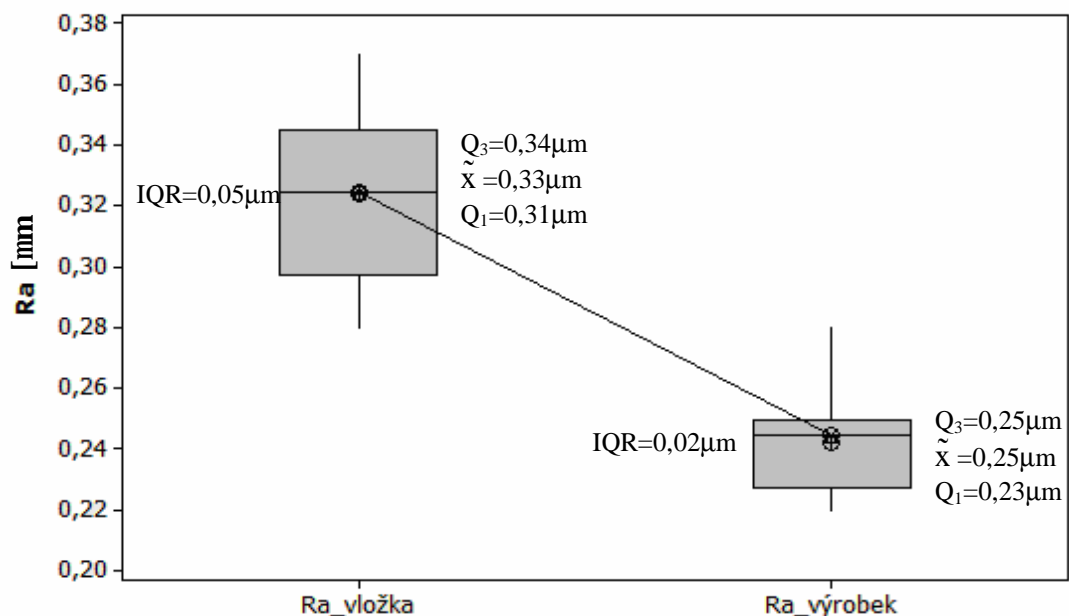
U materiálu 19552.4 byla broušena tvarová vložka kotoučem 80 a 85 rychlostí posuvu 7m/min, 14m/min a 23m/min při dvou hloubkách řezu 0,005mm a 0,04mm. U hloubky řezu 0,005mm vzrůstá hodnota jakosti povrchu s hodnotou rychlosti posuvu, zatímco u hloubky řezu 0,04mm je nejmenší hodnota R_a při rychlosti posuvu 14m/min. U materiálu 19552.4 se jakost povrchu vzorku okopírovala s hodnotou 1,18x – 1,64x nižší, než jakost povrchu tvarové vložky vstříkovací formy. Při použití brousícího kotouče 85 je jakost povrchu vyšší než u brousícího kotouče 80.

12.1.2 Broušená tvarová vložka z materiálu 14109.4

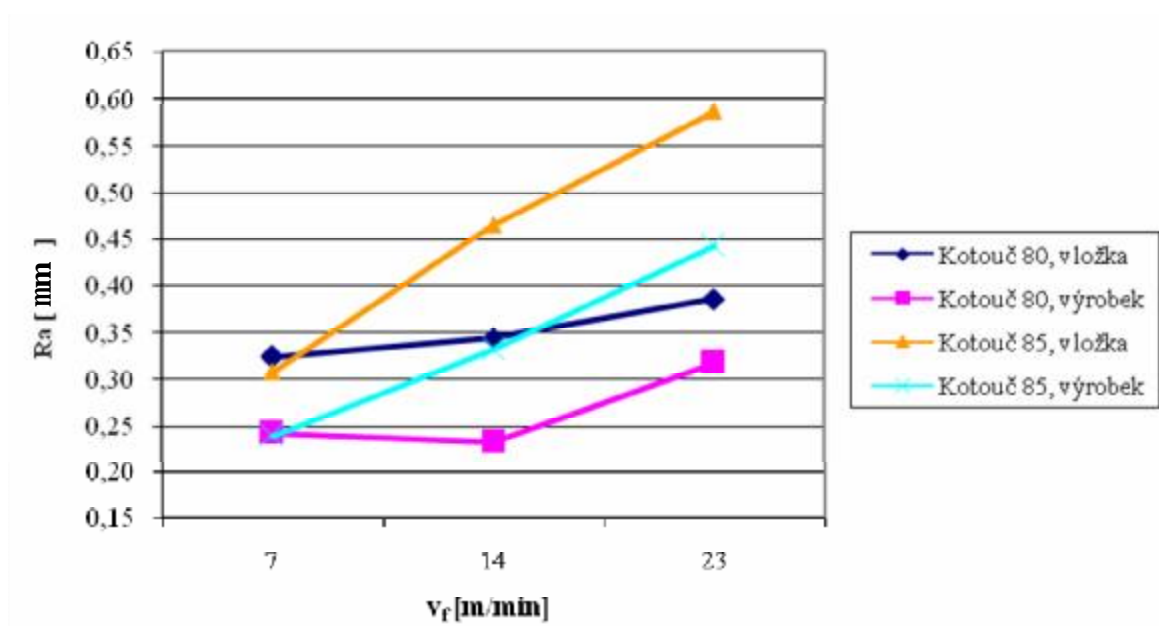
a) Hloubka řezu 0,005mm

Tab. 16 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS

ABS, 14109.4, $a_p = 0,005\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,32	3,46	0,24	1,73	0,31	2,52	0,24	1,69
	S	0,03	0,50	0,02	0,14	0,04	0,18	0,02	0,34
	$\pm u_a$	0,01	0,16	0,01	0,04	0,01	0,06	0,01	0,11
14	\bar{x}	0,34	3,52	0,23	1,57	0,47	3,82	0,33	2,46
	S	0,03	0,31	0,01	0,11	0,05	0,35	0,02	0,26
	$\pm u_a$	0,01	0,10	0,003	0,03	0,02	0,11	0,01	0,08
23	\bar{x}	0,39	4,24	0,32	2,25	0,59	4,82	0,44	3,10
	S	0,03	0,40	0,02	0,19	0,04	0,35	0,03	0,20
	$\pm u_a$	0,01	0,13	0,01	0,06	0,01	0,11	0,01	0,06

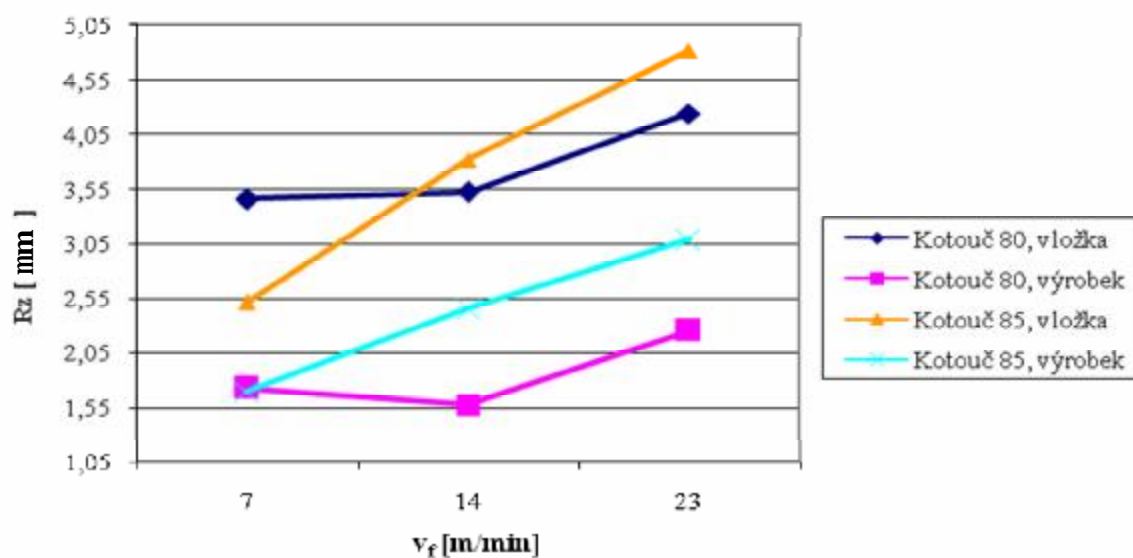

 Graf 7 Krabicový diagram - 14109.4, $v_f = 7\text{m/min}$, $a_p = 0,005\text{mm}$, kotouč 80, ABS

Z krabicového grafu 7 vyplývá, že vyhodnocovaná veličina $Ra_{\text{výrobek}}$ má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatě širší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U krabicového diagramu Ra_{vlozka} je rozptyl mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) a dále mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3) přibližně stejný. U vyhodnocované veličiny $Ra_{\text{výrobek}}$ jsou symbol aritmetického průměru (\bar{x}) a symbol mediánu (\tilde{x}) odlehle. Dále je viděno na diagramu Ra_{vlozka} v porovnání s diagramem $Ra_{\text{výrobek}}$, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u Ra_{vlozka} více než 2x větší. Naměřená data Ra_{vlozka} vykazují vyšší medián (\tilde{x}) a vyšší rozptyl než diagram naměřených hodnot $Ra_{\text{výrobek}}$.



Graf 8 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstřikovaný materiál ABS

Z grafu 8 vyplývá, že s rostoucí posuvovou rychlostí roste velikost jakosti povrchu Ra . Největší nárůst nastává při 23m/min. Jakost povrchové vrstvy se kopíruje z tvarové vložky na polymerní vzorek s určitým rozdílem při všech posuvových rychlostech. U kotouče 80 při rychlosti posuvu 23m/min se hodnota jakosti povrchu Ra vložky okopírovala na povrch vzorku s 1,22x nižší hodnotou a u rychlosti posuvu 14m/min má vložka 1,48x nižší hodnotu Ra . Při broušení kotoučem 85 se jakost povrchu vložky přenesla na povrch vzorku s hodnotou 1,29x nižší, než je hodnota vložky při posuvu 7m/min a nejvyšší rozdíl je při rychlosti posuvu 14m/min a je 1,42x.

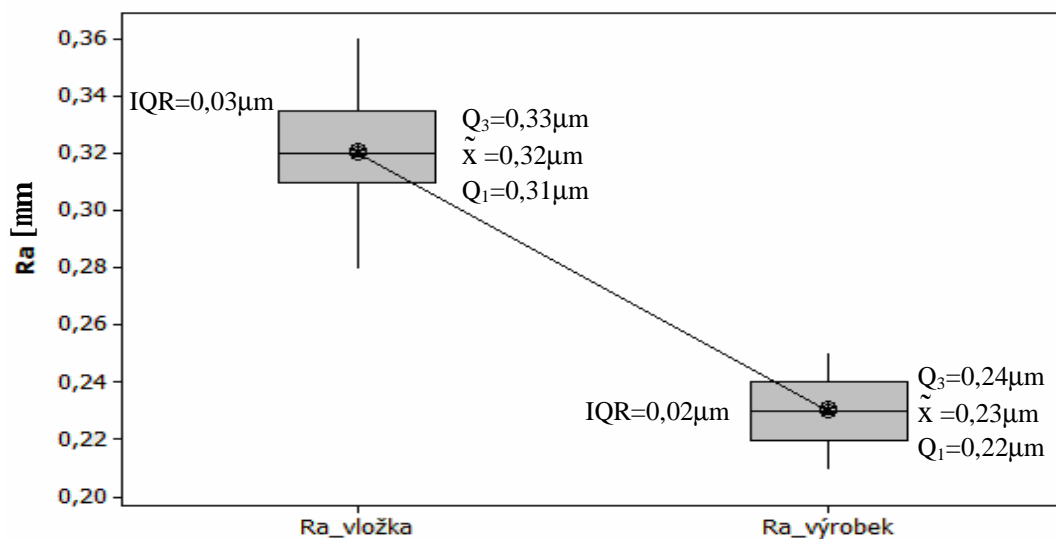


Graf 9 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS

b) Hloubka řezu 0,04mm

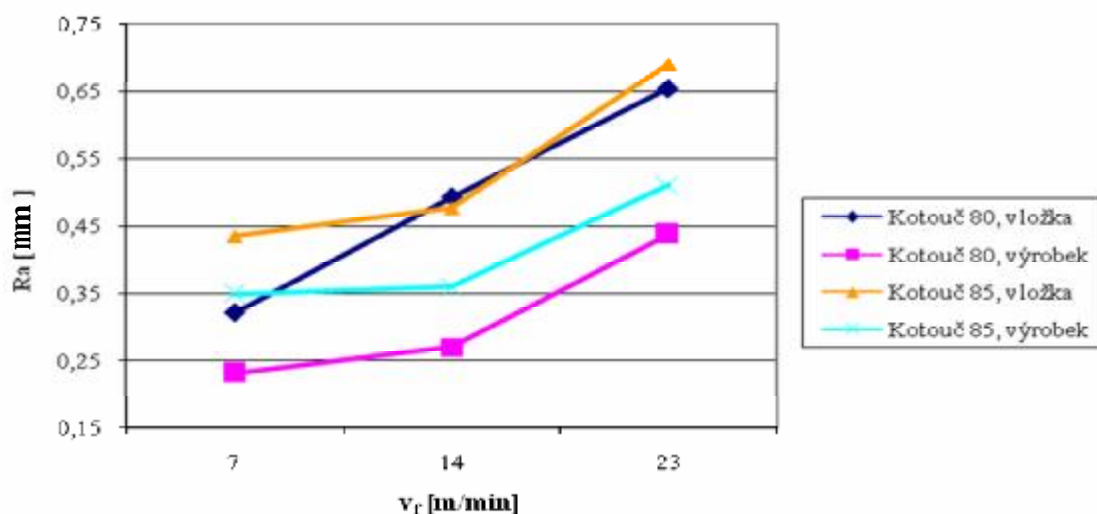
Tab. 17 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS

ABS, 14109.4, $a_p = 0,04\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,32	2,60	0,23	1,63	0,44	3,58	0,35	2,35
	S	0,02	0,22	0,01	0,19	0,02	0,32	0,03	0,19
	$\pm u_a$	0,01	0,07	0,003	0,06	0,01	0,10	0,01	0,06
14	\bar{x}	0,49	3,64	0,27	1,87	0,48	4,48	0,36	2,51
	S	0,08	0,36	0,01	0,17	0,03	0,49	0,02	0,22
	$\pm u_a$	0,03	0,11	0,003	0,05	0,01	0,15	0,01	0,07
23	\bar{x}	0,65	4,60	0,44	2,97	0,69	5,92	0,51	3,56
	S	0,07	0,64	0,03	0,26	0,05	0,34	0,03	0,21
	$\pm u_a$	0,02	0,20	0,01	0,08	0,02	0,11	0,01	0,07



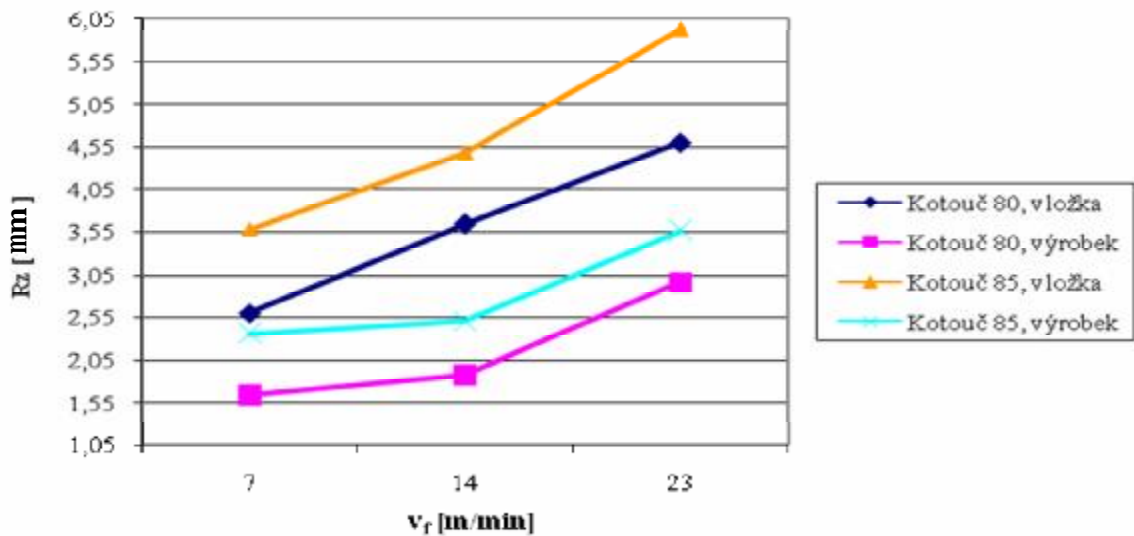
Graf 10 Krabicový diagram - 14109.4, $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, ABS

Z výše uvedeného krabicového grafu 10 vyplývá, že vyhodnocovaná veličina Ra_vložka má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) užší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U krabicového diagramu Ra_výrobek je rozptyl mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) a dále mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3) přibližně stejný. Dále je vidět na diagramu Ra_vložka v porovnání s diagramem Ra_výrobek, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u Ra_vložka podstatně větší přibližně o 50%. Naměřená data Ra_vložka vykazují vyšší medián (\tilde{x}) než diagram naměřených hodnot Ra_výrobek, rozptyl je zde přibližně stejný.



Graf 11 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS

Graf 11 nám ukazuje, že s rostoucí řeznou rychlostí roste velikost jakosti povrchu. U kotouče 80 je při posuvové rychlosti 7m/min R_a vložky $0,32\mu\text{m}$ a R_a vzorku $0,23\mu\text{m}$, zatímco u rychlosti posuvu 14m/min je R_a vložky $0,49\mu\text{m}$ a R_a vorku $0,27\mu\text{m}$. Zde je zřejmé, že jakost povrchové vrstvy tvarové vložky se kopíruje na povrch polymerního vzorku s nejvyšším rozdílem při posunové rychlosti 14m/min, kde vzorek má 1,81x nižší hodnotu než vložka a nejnižší rozdíl je při rychlosti 7m/min, kde tato hodnota činí 1,39. U kotouče 85 se jakost povrchu přeneše z vložky na vzorek s 1,3x nižší hodnotou.



Graf 12 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu $0,04\text{mm}$, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS

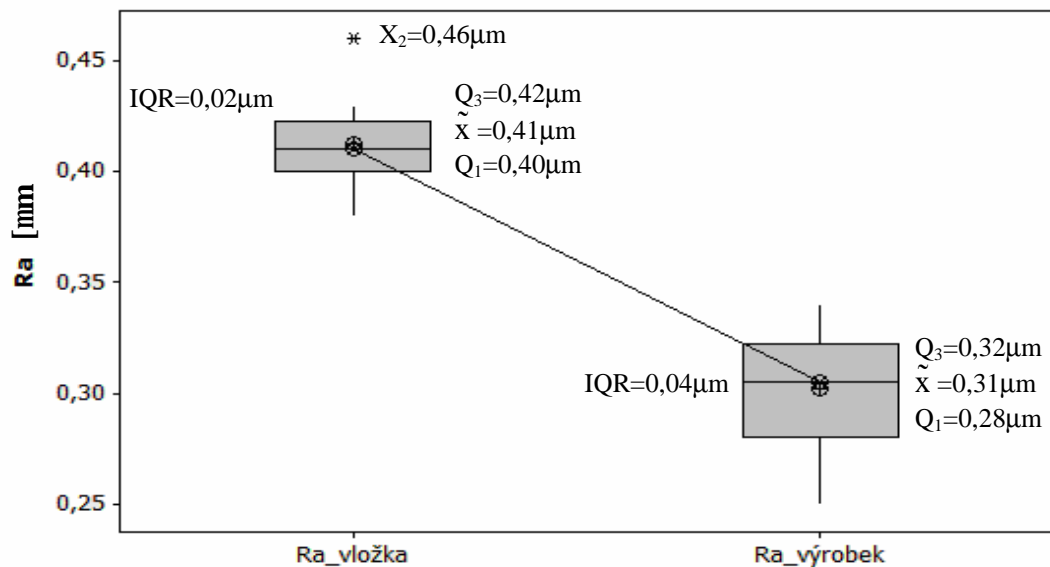
U materiálu 14109.4 byla broušena tvarová vložka rychlostí posuvu 7m/min, 14m/min a 23m/min při dvou hloubkách řezu $0,005\text{mm}$ a $0,04\text{mm}$. U obou hloubek řezu je nárůst jakosti povrchu mezi tvarovou vložkou a polymerním vzorkem u všech posuvových rychlostí v podstatě identický a pohybuje se v rozmezí 1,2x – 1,4x. Pouze u hloubky řezu $0,04\text{mm}$, kotouče 80 a posuvové rychlosti 14m/min se jakosti povrchu z tvarové vložky přeneše na povrch polymerního vzorku s hodnotou 1,81x nižší.

12.1.3 Broušená tvarová vložka z materiálu mosaz

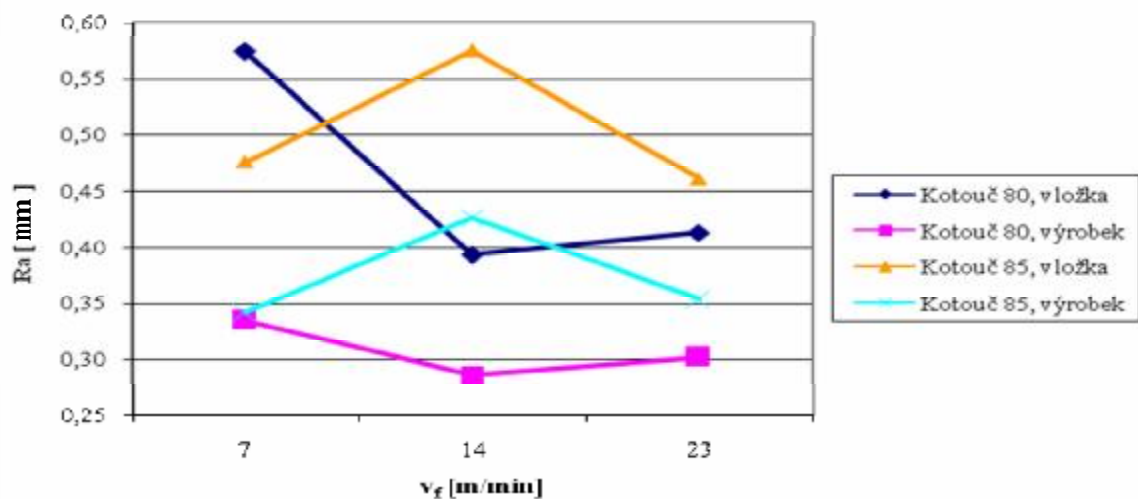
a) Hloubka řezu 0,005mm

Tab. 18 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS

ABS, Mosaz, $a_p = 0,005\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,57	4,72	0,34	2,22	0,48	3,46	0,34	2,22
	S	0,05	0,70	0,03	0,38	0,02	0,27	0,01	0,11
	$\pm u_a$	0,02	0,22	0,01	0,12	0,01	0,09	0,003	0,03
14	\bar{x}	0,39	3,64	0,29	1,96	0,58	5,20	0,43	2,80
	S	0,01	0,28	0,02	0,24	0,07	0,68	0,03	0,11
	$\pm u_a$	0,003	0,09	0,01	0,08	0,02	0,22	0,01	0,03
23	\bar{x}	0,41	4,10	0,30	1,97	0,46	4,00	0,35	2,22
	S	0,02	0,48	0,03	0,13	0,04	0,42	0,02	0,16
	$\pm u_a$	0,01	0,15	0,01	0,04	0,01	0,13	0,01	0,05

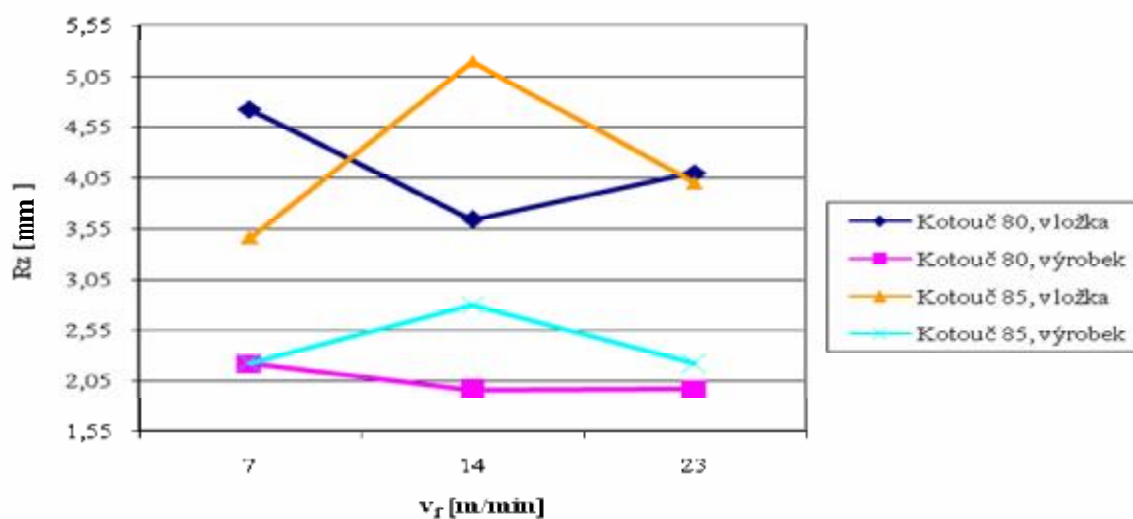

 Graf 13 Krabicový diagram - mosaz, $v_f=23\text{m/min}$, $a_p=0,005\text{mm}$, kotouč 80, ABS

Krabicový graf 13 nám ukazuje, že vyhodnocovaná veličina $Ra_{\text{výrobek}}$ má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) širší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U krabicového diagramu Ra_{vlozka} je rozptyl mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) a dále mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3) přibližně stejný. Na případě Ra_{vlozka} lze vidět odlehlá hodnota X_2 . Dále je vidět na diagramu Ra_{vlozka} v porovnání s diagramem $Ra_{\text{výrobek}}$, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u Ra_{vlozka} podstatně menší přibližně o 100%. Naměřená data Ra_{vlozka} vykazují vyšší medián (\tilde{x}) a nižší rozptyl než diagram naměřených hodnot $Ra_{\text{výrobek}}$.



Graf 14 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS

Z grafu 14 vyplývá, že u brousicího kotouče 80 je největší hodnota jakosti Ra povrchu tvarové vložky při posuvové rychlosti 7m/min. Při této rychlosti se povrch kopíruje z tvarové vložky na polymerní vzorek s 1,68x nižší hodnotou. Při dalších rychlostech je tento poměr obdobný. U brousicího kotouče 85 má jakost povrchové vrstvy vložky i vzorku největší hodnotu při posuvové rychlosti 14m/min, kdy Ra vložky má hodnotu 0,58 μ m. Při rychlostech 7m/min a 23m/min má Ra hodnotu kolem 0,46 μ m. Jakost povrchu se u všech posuvových rychlostí kopíruje z vložky na polymerní vzorek s 1,31x - 1,41x nižší hodnotou.

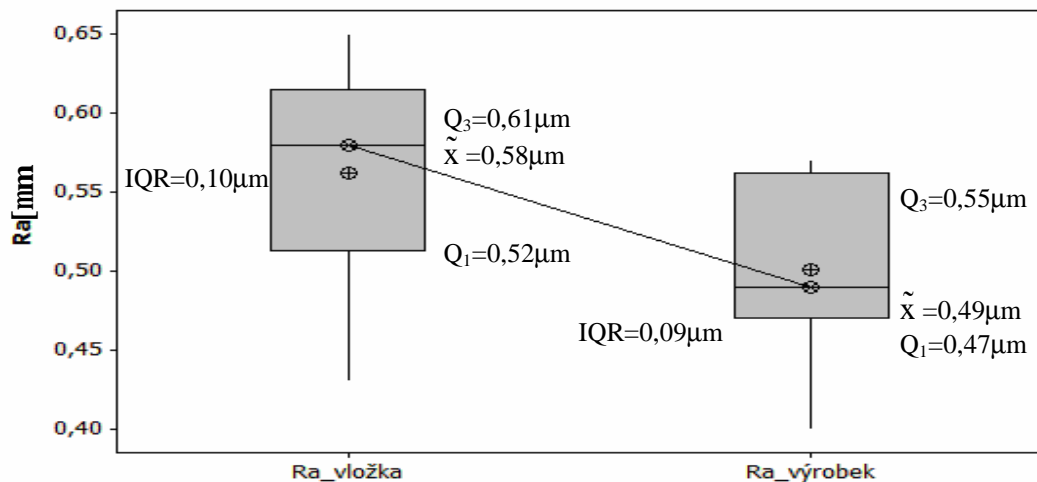


Graf 15 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS

b) Hloubka řezu 0,04mm

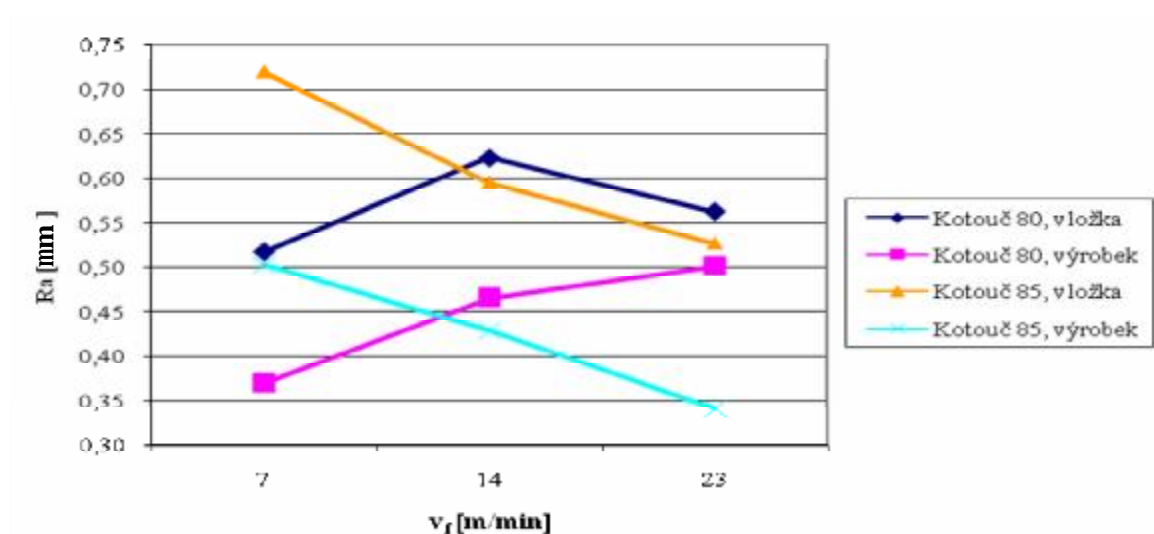
Tab. 19 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS

ABS, Mosaz, $a_p = 0,04\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,52	4,70	0,37	2,37	0,72	5,66	0,50	3,40
	S	0,06	0,27	0,02	0,16	0,07	0,75	0,03	0,29
	$\pm u_a$	0,02	0,09	0,01	0,05	0,02	0,24	0,01	0,09
14	\bar{x}	0,62	4,92	0,47	2,94	0,60	4,86	0,43	3,01
	S	0,03	0,94	0,05	0,30	0,04	0,68	0,03	0,20
	$\pm u_a$	0,01	0,30	0,02	0,09	0,01	0,22	0,01	0,06
23	\bar{x}	0,56	5,14	0,50	3,27	0,53	4,24	0,34	2,41
	S	0,06	0,47	0,05	0,34	0,06	0,45	0,04	0,48
	$\pm u_a$	0,02	0,15	0,02	0,11	0,02	0,14	0,01	0,15



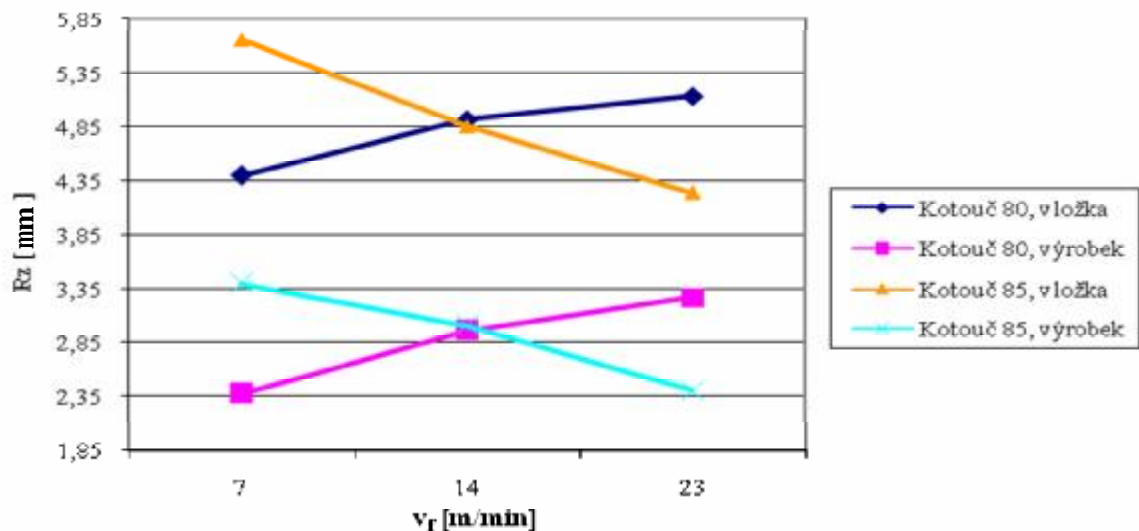
Graf 16 Krabicový diagram - mosaz, $v_f=23\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, ABS

Na základě krabicového grafu 16 můžeme říct, že vyhodnocovaná veličina Ra_vložka má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvartilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatně širší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvartilem (Q_3). U krabicového diagramu Ra_výrobek je rozptyl mezi prvním kvartilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatně užší než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvartilem (Q_3). U obou grafů lze vidět, že symbol odhadu aritmetického průměru (\bar{x}) a symbol odhadu mediánu (\tilde{x}) jsou odlehlé. U diagramu Ra_vložka i Ra_výrobek je mezikvartilové rozpětí (IQR) přibližně stejné. Naměřená data Ra_vložka vykazují vyšší medián (\tilde{x}) než diagram naměřených hodnot Ra_výrobek.



Graf 17 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS

Graf 17 nám ukazuje, že při broušení vložky kotoučem 80 je největší hodnota jakosti povrchu R_a při posuvové rychlosti 14m/min. Rozdíl mezi otiskem jakosti povrchové vrstvy vložky na vzorek je největší při rychlosti posuvu 7m/min, kde vzorek má 1,41x nižší hodnotu, při rychlosti 23m/min se povrch kopíruje s nejmenším rozdílem asi 1,12x. U broušícího kotouče 85 je největší hodnota jakosti povrchu při posuvové rychlosti 7m/min a téměř s lineární charakteristikou klesá s rostoucí řeznou rychlostí. Povrch tvarové vložky se přeneše na povrch polymerního vzorku s 1,56x nižší hodnotou při rychlosti 23m/min.



Graf 18 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS

U tvarové vložky z mosazi nastal největší rozdíl mezi hloubkou řezu 0,005mm a 0,04mm. Z grafu 11 a 13 je zřejmé, že s rostoucí posuvovou rychlostí neroste jakost povrchu R_a postupně. U hloubky řezu 0,005mm při použití broušícího kotouče 80 je největší hodnota R_a při rychlosti 7m/min a postupně klesá. U kotouče 85 má při 7m/min R_a nejmenší hodnotu a roste s rychlostí 14m/min, kdy nastává maximální hodnota. Otisk jakosti povrchu tvarové vložky na polymerní vzorek je udržován v podstatě se stejným rozdílem kolem 1,3x – 1,4x nižší hodnotou. U hloubky řezu 0,04mm při broušení kotoučem 80 a rychlosti 7m/min má R_a nejnižší hodnotu a se stoupající posuvovou rychlostí roste, zatímco u kotouče 85 při 7m/min má vložka jakost povrchu R_a maximální hodnotu a s rychlostí klesá. Jakost povrchu se kopíruje z vložky na polymerní vzorek u rychlosti posuvu 7m/min téměř identicky s hodnotou 1,12x nižší.

12.1.4 Soustružená a leštěná tvarová vložka z materiálu 19552.4

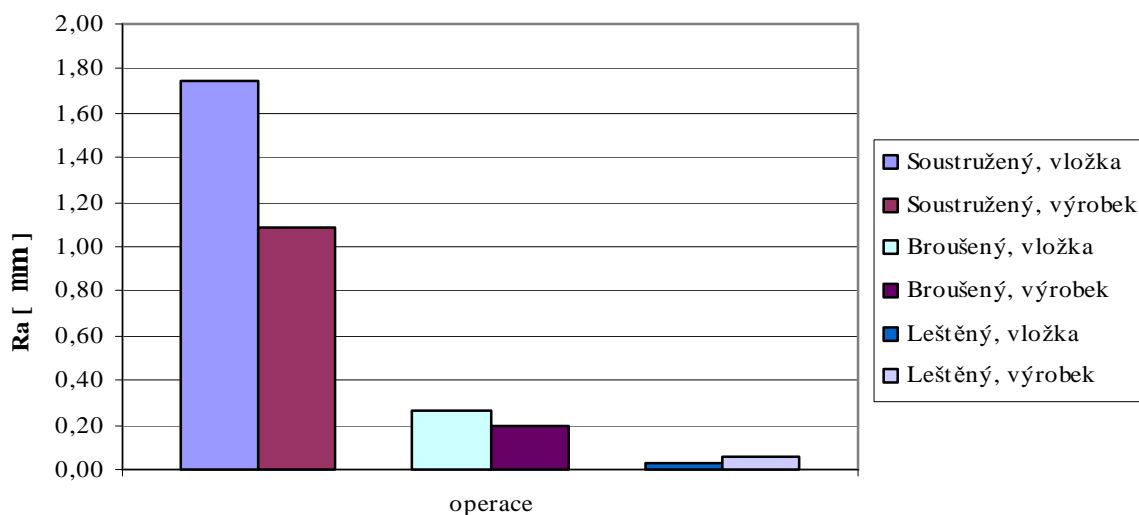
Porovnání jakosti povrchu Ra a Rz u broušené, soustružené a leštěné tvarové vložky z materiálu 19552.4.

Soustružená tvarová vložka je soustružena otáčkami vřetene 250ot/min a posuvem 0,15mm/ot.

Broušená vložka byla broušena broušicím kotoučem 80 při posuvové rychlosti 7m/min a hloubce řezu 0,005mm.

Tab. 20 Naměřené hodnoty, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS

ABS, 19552.4												
	Soustružení				Broušení				Leštění			
	Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]
\bar{x}	1,75	7,94	1,09	4,14	0,27	2,46	0,20	1,33	0,03	0,40	0,06	0,46
S	0,03	0,24	0,03	0,16	0,04	0,27	0,01	0,11	0,01	0,13	0,02	0,09
$\pm u_a$	0,01	0,08	0,01	0,05	0,01	0,09	0,003	0,03	0,00	0,04	0,01	0,03

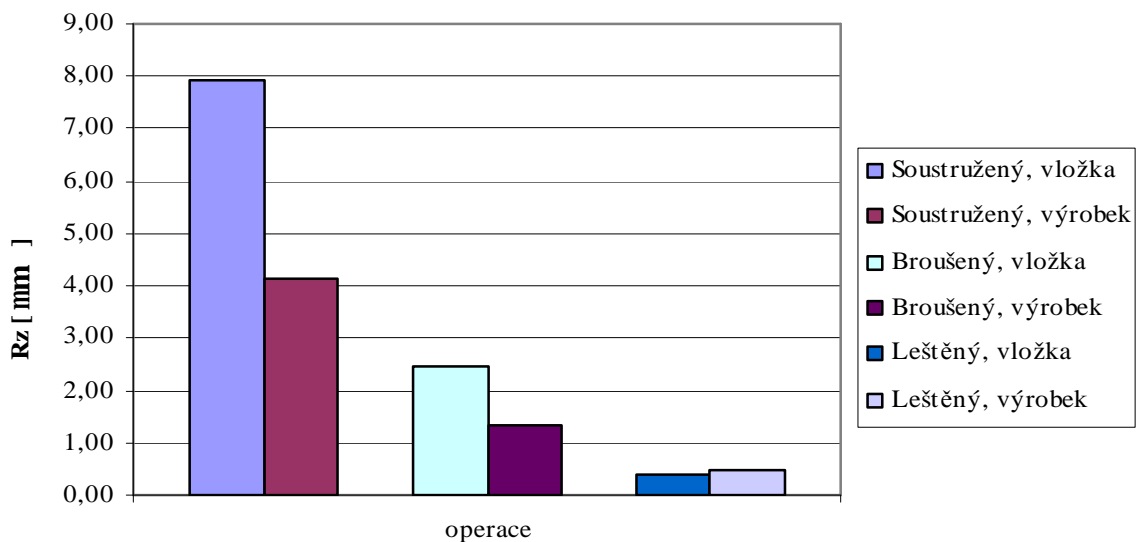


Graf 19 Závislost jakosti Ra na druhu obrábění, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS

Z grafu 19 je zřejmé, že největší hodnota jakosti povrchu Ra je u tvarové vložky, která je soustružená. Zde nastává největší rozdíl mezi hodnotou jakosti povrchu Ra tvarové vložky a

polymerního vzorku. Hodnota jakosti povrchu vzorku je 1,6x menší než hodnota jakosti vložky. U broušené vložky je hodnota poměrně nižší a jakost povrchu se kopíruje s poměrně nižším rozdílem. U leštěné vložky nastává změna. Zde se kopíruje hodnota jakosti povrchové vrstvy z tvarové vložky na polymerní vzorek s vyšší hodnotou. Z toho vyplývá, že u leštěné vložky je hodnota R_a menší než hodnota R_a vzorku.

U leštěné vložky je měření ovlivněno diamantovým hrotem drsnoměru Mitutoyo SJ-301, který není schopen registrovat tak nízké hodnoty jakosti povrchu, které vznikají při leštění. Diamantový hrot díky svým rozměrům není schopen kopírovat nerovnosti povrchu a tudíž hodnoty jsou zkreslené.



Graf 20 Závislost jakosti R_z na druhu obrábění, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS

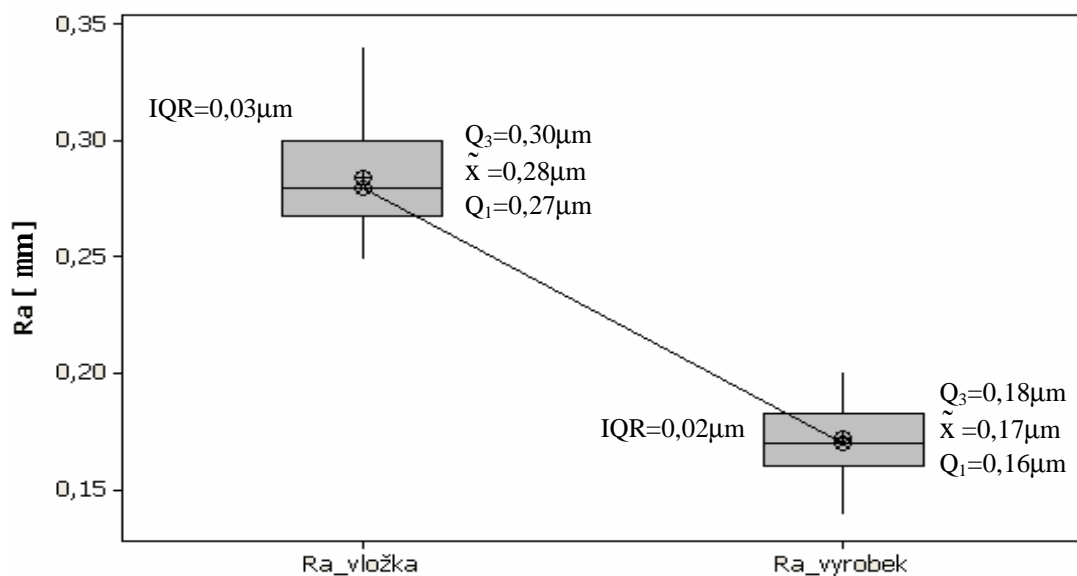
12.2 Vstříkovaný polymerní materiál PC

12.2.1 Broušená tvarová vložka z materiálu 19552.4

a) Hloubka řezu 0,005mm

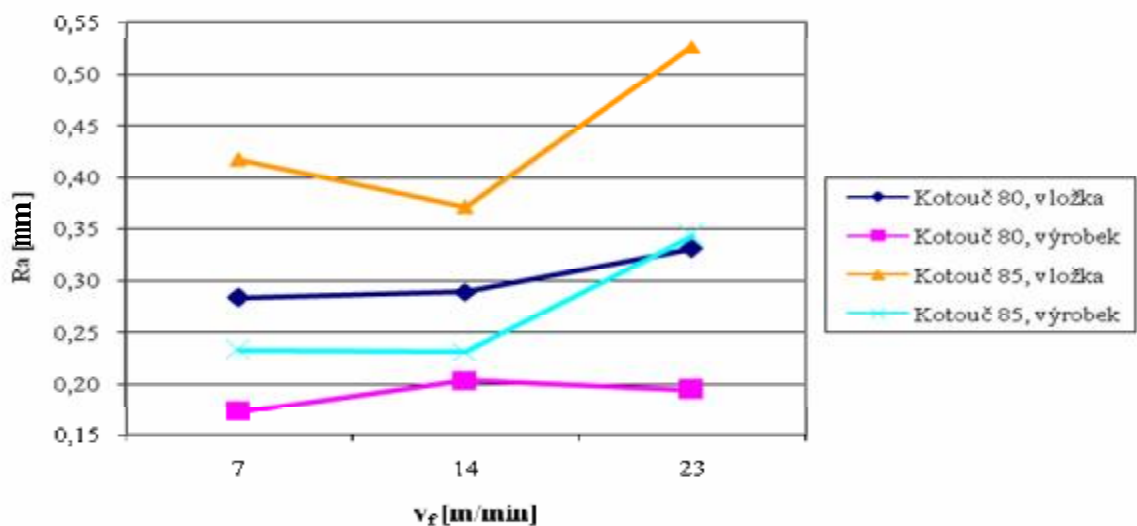
Tab. 21 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC

PC, 19552.4, $a_p = 0,005\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,28	2,86	0,17	1,14	0,42	3,60	0,23	1,36
	S	0,02	0,47	0,02	0,12	0,05	0,36	0,02	0,16
	$\pm u_a$	0,01	0,15	0,01	0,04	0,02	0,11	0,01	0,05
14	\bar{x}	0,29	2,68	0,20	1,25	0,37	3,50	0,23	1,43
	S	0,04	0,34	0,04	0,24	0,02	0,27	0,02	0,12
	$\pm u_a$	0,01	0,11	0,01	0,08	0,01	0,09	0,01	0,04
23	\bar{x}	0,33	2,78	0,19	1,19	0,53	5,00	0,34	2,01
	S	0,03	0,33	0,01	0,12	0,07	0,64	0,03	0,21
	$\pm u_a$	0,01	0,10	0,00	0,04	0,02	0,20	0,01	0,07



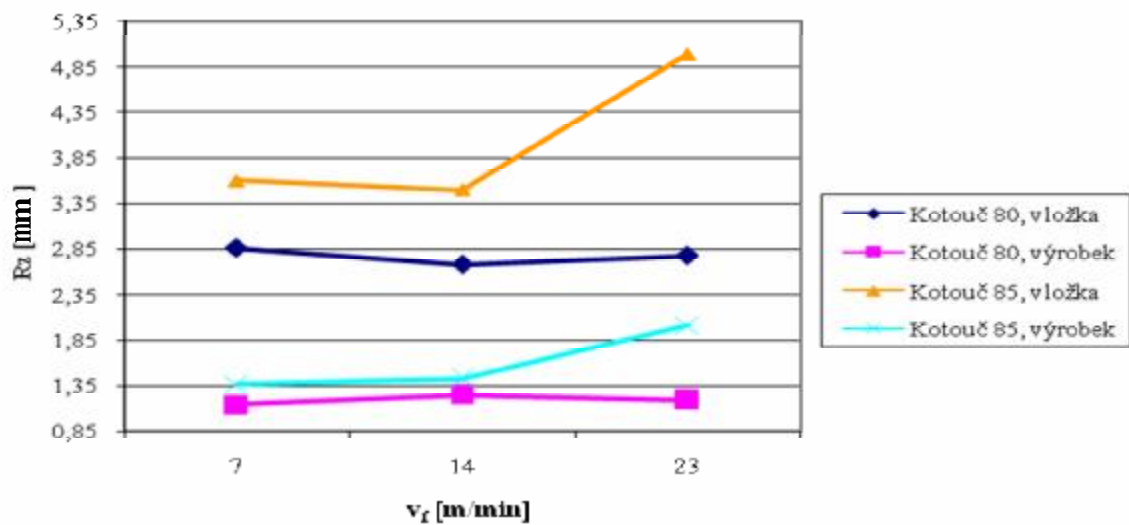
Graf 21 Krabicový diagram - $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,005\text{mm}$, kotouč 80, PC

Krabicový graf 21 nám ukazuje, že vyhodnocovaná veličina $Ra_{\text{vložka}}$ má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatě menší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U krabicového diagramu $Ra_{\text{výrobek}}$ je rozptyl mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) a dále mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3) přibližně stejný. Toto je jednoznačně vidět na případě $Ra_{\text{vložka}}$, kde symbol odhadu aritmetického průměru (\bar{x}) a symbol odhadu mediánu (\tilde{x}) jsou odlehlé. Dále je vidět na diagramu $Ra_{\text{vložka}}$ v porovnání s diagramem $Ra_{\text{výrobek}}$, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u $Ra_{\text{výrobek}}$ podstatně menší přibližně o 50%. Naměřená data $Ra_{\text{vložka}}$ vykazují vyšší medián (\tilde{x}) a vyšší rozptyl než diagram naměřených hodnot $Ra_{\text{výrobek}}$.



Graf 22 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC

Z grafu 22 je patrné, že při broušení kotoučem 80 postupně roste s posuvovou rychlostí hodnota Ra tvarové vložky. Při vstříknutí polymerního vzorku se jakost povrchu přenesla na jeho povrch s nejnižším rozdílem 1,45 při rychlosti posuvu 14m/min. Při ostatních rychlostech má vzorek 1,7x nižší hodnotu Ra než vložka. Při broušení kotoučem 85 má jakost povrchu vyšší hodnotu. Zde neroste hodnota Ra s posuvovou rychlostí lineárně. Nejnižší hodnota Ra vznikla při broušení posuvovou rychlostí 14m/min a nejvyšší při 23m/min. Hodnota Ra se kopíruje z tvarové vložky na polymerní vzorek s 1,83x nižší hodnotou, než má vložka při rychlosti posuvu 7m/min.

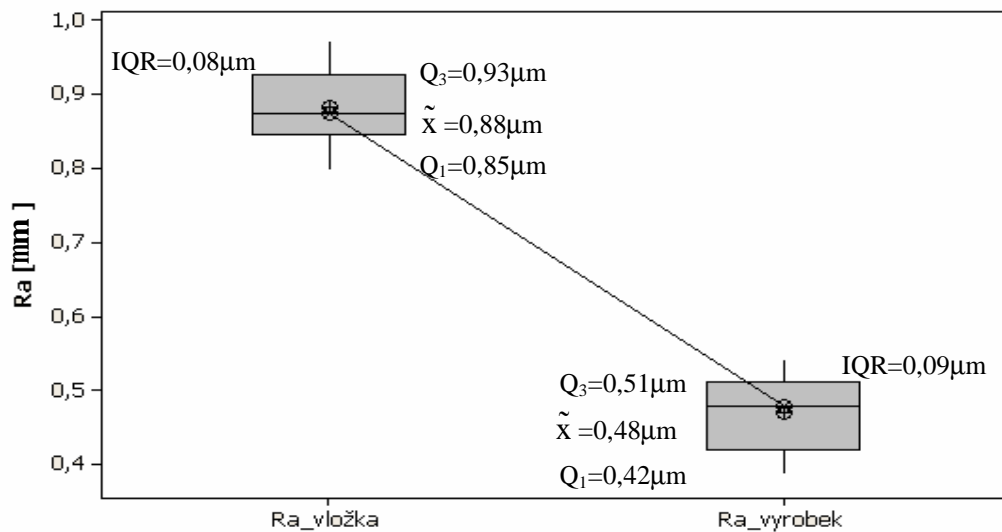


Graf 23 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC

b) Hloubka řezu 0,04mm

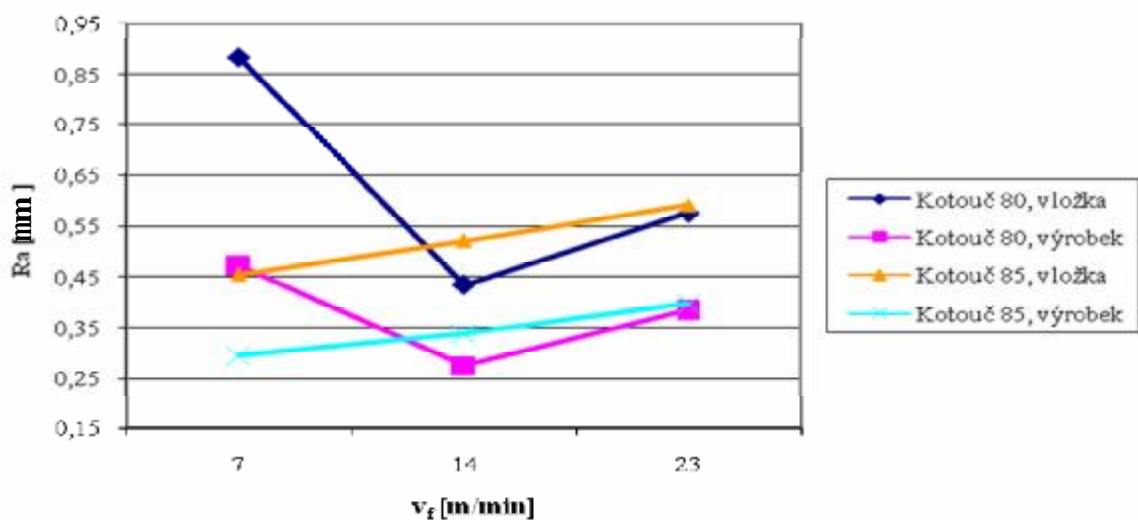
Tab. 22 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC

PC, 19552.4, $a_p = 0,04\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,88	7,88	0,47	2,67	0,46	4,36	0,30	1,72
	S	0,05	0,37	0,05	0,20	0,04	0,95	0,04	0,22
	$\pm u_a$	0,02	0,12	0,02	0,06	0,01	0,30	0,01	0,07
14	\bar{x}	0,43	3,98	0,28	1,71	0,52	5,30	0,34	1,94
	S	0,04	0,39	0,02	0,23	0,03	0,37	0,03	0,19
	$\pm u_a$	0,01	0,12	0,01	0,07	0,01	0,12	0,01	0,06
23	\bar{x}	0,58	5,30	0,38	2,17	0,59	5,72	0,40	2,37
	S	0,03	0,46	0,03	0,23	0,04	0,36	0,03	0,25
	$\pm u_a$	0,01	0,15	0,01	0,07	0,01	0,11	0,01	0,08



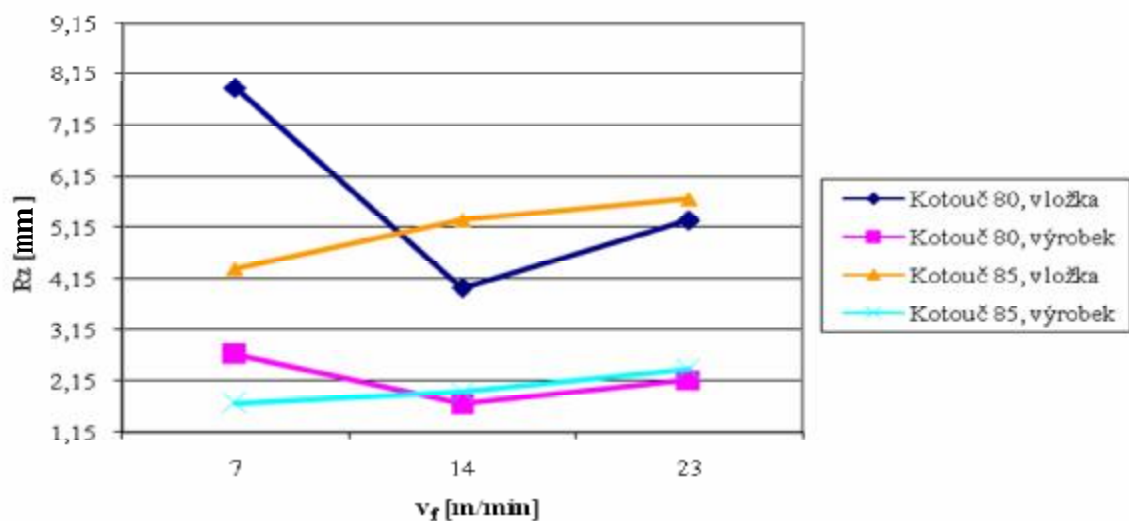
Graf 24 Krabicový diagram - $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, PC

Z výše uvedeného krabicového grafu 24 vyplývá, že vyhodnocovaná veličina $R_a_{\text{vložka}}$ má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvartilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatě užší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvartilem (Q_3). U krabicového diagramu $R_a_{\text{výrobek}}$ je rozptyl mezi prvním kvartilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) širší než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvartilem (Q_3). Dále je vidět, že u diagramu $R_a_{\text{vložka}}$ i diagramu $R_a_{\text{výrobek}}$ je mezikvartilové rozpětí (IQR) přibližně stejné. Naměřená data $R_a_{\text{vložka}}$ vykazují vyšší medián (\tilde{x}) než diagram naměřených hodnot $R_a_{\text{výrobek}}$, rozptyl je zde přibližně stejný.



Graf 25 Závislost jakosti povrchu R_a na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC

Z grafu 25 vyplývá, že u kotouče 80 byla při rychlosti posuvu 7m/min nejvyšší hodnota Ra 0,88 μ m a při rychlosti 14m/min nejnižší hodnota Ra 0,43 μ m. Zde je zřejmý velký rozdíl mezi jakostí povrchu při posuvové rychlosti 7m/min a 14m/min. Při kopírování jakosti povrchu z tvarové vložky na polymerní vzorek nastal největší rozdíl při 7m/min, kde vzorek má 1,83x nižší hodnotu Ra a nejnižší rozdíl je 1,54 při 14m/min. U kotouče 85 roste hodnota jakosti povrchu Ra postupně s rostoucí posuvovou rychlostí. Zde se u všech rychlostí jakost povrchu vložky okopírovala na povrch vzorku s 1,5x nižší hodnotou Ra.



Graf 26 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC

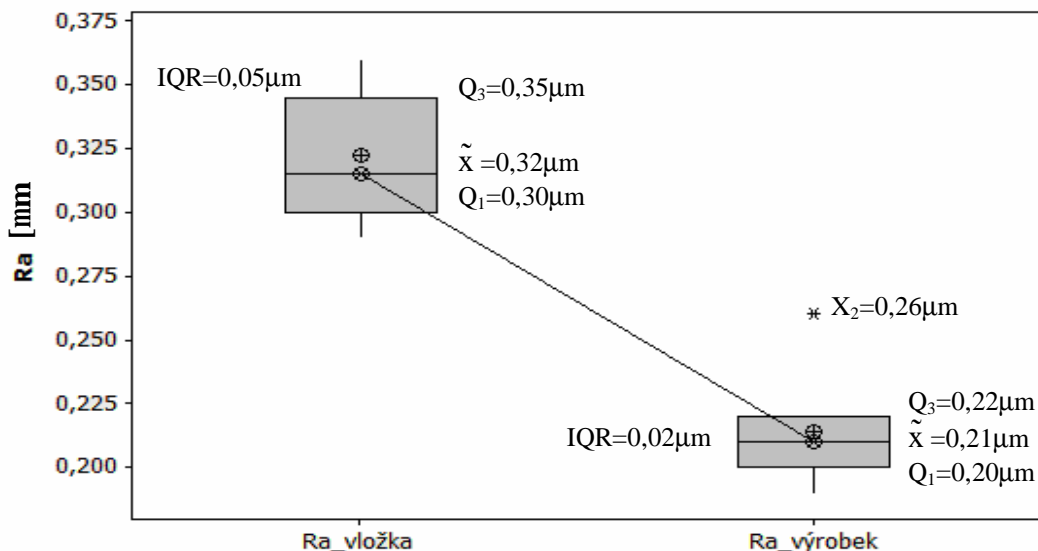
U materiálu 19552.4 byla broušena tvarová vložka rychlostí posuvu 7m/min, 14m/min a 23m/min při dvou hloubkách řezu 0,005mm a 0,04mm. U hloubky řezu 0,04mm je hodnota jakosti povrchu nejvyšší při rychlosti 7m/min a při 14m/min je hodnota Ra nejnižší, zatímco u hloubky řezu 0,005mm vzrůstá hodnota jakosti povrchu s hodnotou rychlosti posuvu. U rychlosti 7m/min se Ra přenesla na vzorek s hodnotou 1,87x nižší než je jakost povrchu vložky. U ostatních rychlostí se tato hodnota pohybuje v rozmezí 1,5 - 1,7.

12.2.2 Broušená tvarová vložka z materiálu 14109.4

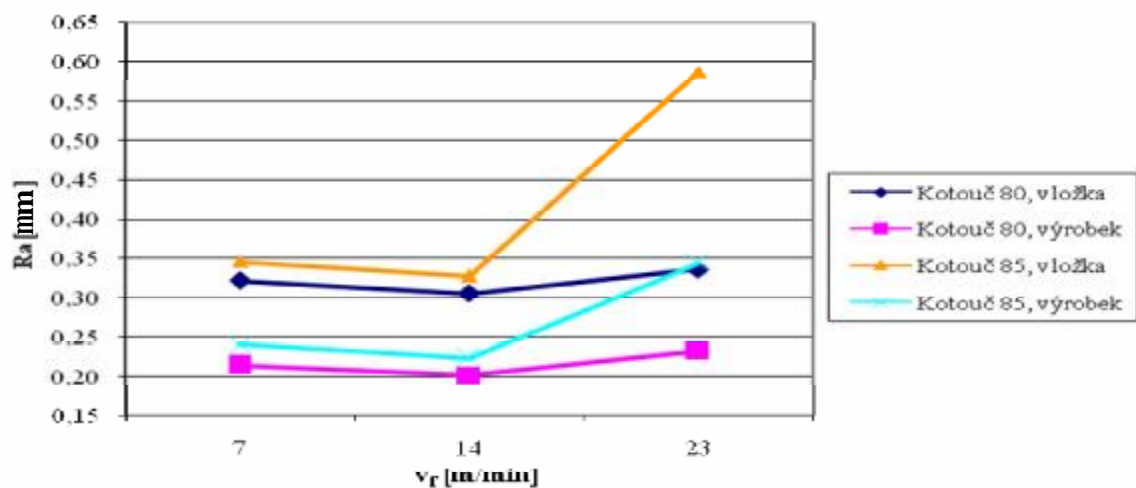
a) Hloubka řezu 0,005mm

Tab. 23 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC

PC, 14109.4, $a_p = 0,005\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,32	3,24	0,21	1,39	0,35	3,82	0,24	1,49
	S	0,02	0,31	0,02	0,14	0,03	0,39	0,03	0,23
	$\pm u_a$	0,01	0,10	0,01	0,04	0,01	0,12	0,01	0,07
14	\bar{x}	0,31	3,22	0,20	1,27	0,33	2,66	0,22	1,35
	S	0,01	0,42	0,02	0,20	0,03	0,30	0,04	0,24
	$\pm u_a$	0,003	0,13	0,01	0,06	0,01	0,09	0,01	0,08
23	\bar{x}	0,34	3,60	0,23	1,42	0,59	4,82	0,34	2,07
	S	0,01	0,28	0,03	0,23	0,04	0,35	0,04	0,33
	$\pm u_a$	0,003	0,09	0,01	0,07	0,01	0,11	0,01	0,10

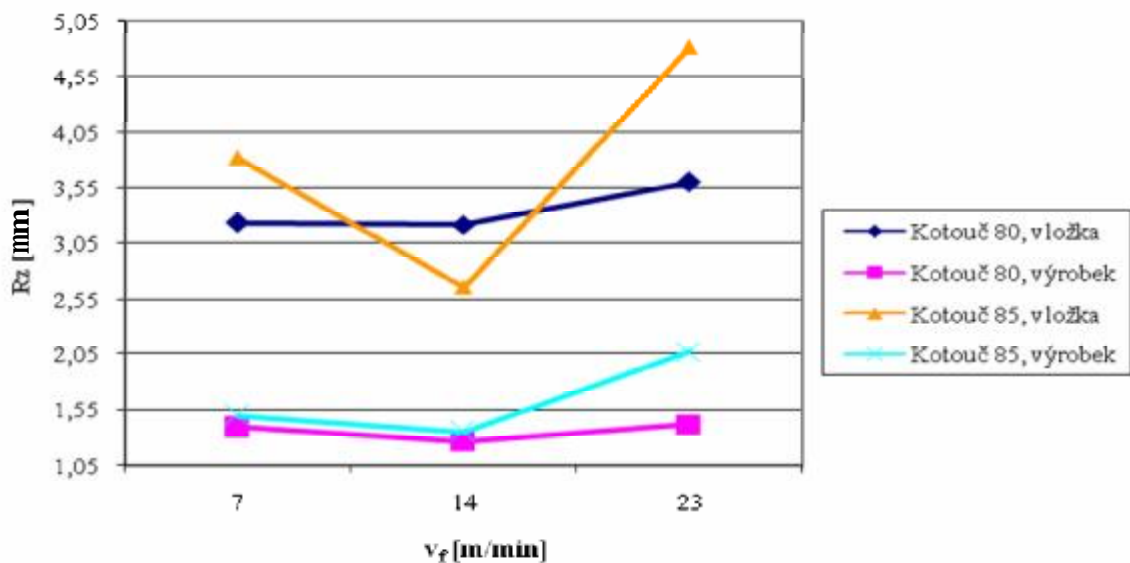

 Graf 27 Krabicový diagram - 14109.4, $v_f = 7\text{m/min}$, $a_p = 0,005\text{mm}$, kotouč 80, PC

Z krabicového grafu 27 lze vidět, že vyhodnocovaná veličina Ra_{vlozka} má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatě menší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U krabicového diagramu $Ra_{\text{výrobek}}$ je rozptyl mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) a dále mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3) přibližně stejný. Toto je jednoznačně vidět na obou grafech, kde symboly odhadu aritmetického průměru (\bar{x}) a symboly odhadu mediánu (\tilde{x}) jsou odlehlé. Vychýlení odhadu aritmetického průměru (\bar{x}) u naměřených hodnot $Ra_{\text{výrobek}}$ je způsobeno odlehlou hodnotou X_2 . Dále je vidět na diagramu Ra_{vlozka} v porovnání s diagramem $Ra_{\text{výrobek}}$, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u $Ra_{\text{výrobek}}$ podstatně menší přibližně o 150%. Naměřená data Ra_{vlozka} vykazují vyšší medián (\tilde{x}) a vyšší rozptyl než diagram naměřených hodnot $Ra_{\text{výrobek}}$.



Graf 28 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC

Graf 28 nám ukazuje, že při broušení vložky brousicím kotoučem 80 je jakost povrchu vložky téměř lineární při všech posuvových rychlostech. Rozdíl mezi přenosem jakosti povrchu z tvarové vložky na polymerní výrobek je u všech rychlostí udržována ve stejné hodnotě kolem 1,5. U tvarové vložky broušené brousicím kotoučem 85 nastal velký nárůst hodnoty Ra u posuvové rychlosti 23m/min. Zde byla jakost povrchu kopírována z vložky na výrobek s hodnotou 1,74x nižší a u ostatních rychlostí má výrobek 1,5x nižší hodnotu Ra .

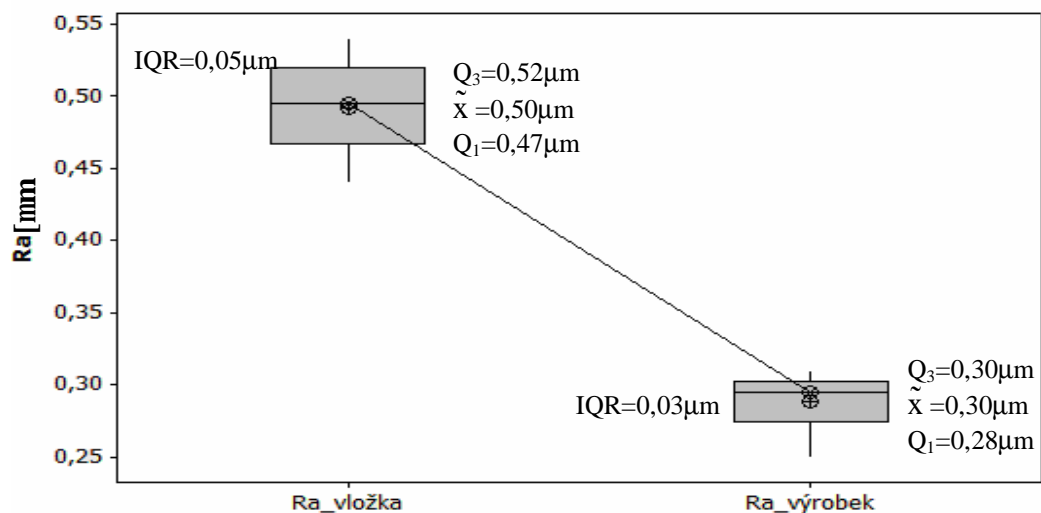


Graf 29 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC

b) Hloubka řezu 0,04mm

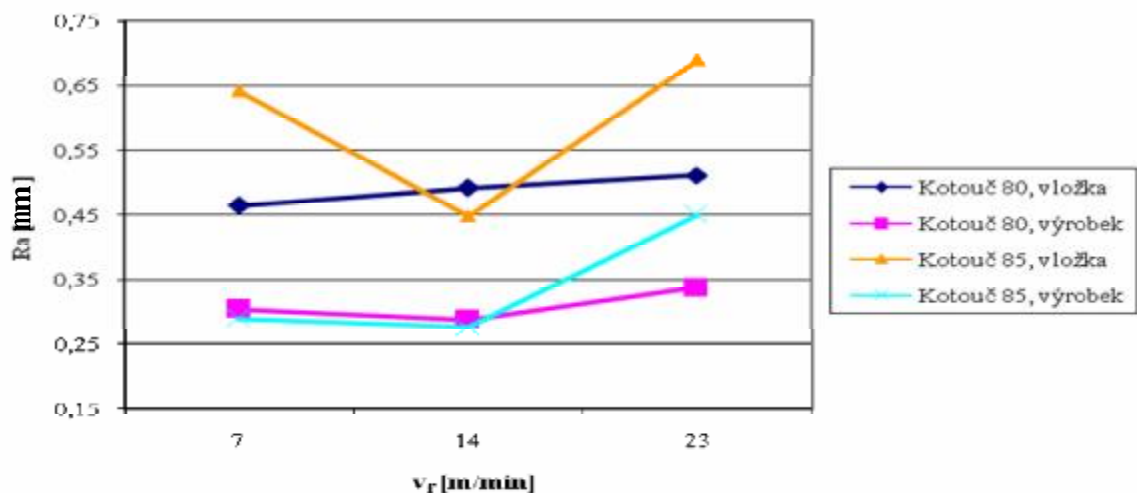
Tab. 24 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC

PC, 14109.4, $a_p = 0,04\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,47	4,12	0,30	1,49	0,64	3,70	0,29	1,95
	S	0,07	0,22	0,04	0,34	0,09	0,43	0,02	0,21
	$\pm u_a$	0,02	0,07	0,01	0,11	0,03	0,14	0,01	0,07
14	\bar{x}	0,49	4,74	0,29	1,76	0,45	4,18	0,28	1,80
	S	0,03	0,41	0,02	0,15	0,04	0,47	0,02	0,23
	$\pm u_a$	0,01	0,13	0,01	0,05	0,01	0,15	0,01	0,07
23	\bar{x}	0,51	4,36	0,34	1,98	0,69	5,92	0,45	2,37
	S	0,05	0,33	0,05	0,31	0,05	0,34	0,04	0,35
	$\pm u_a$	0,02	0,10	0,02	0,10	0,02	0,11	0,01	0,11



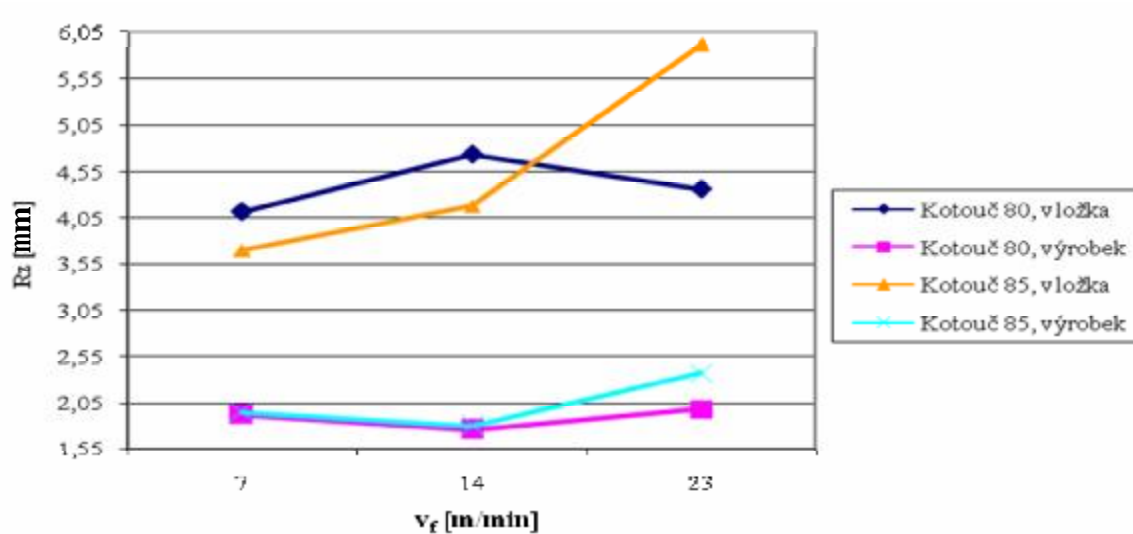
Graf 30 Krabicový diagram - 14109.4, $v_f=14\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, PC

Z grafu 30 můžeme vidět, že vyhodnocovaná veličina Ra_výrobek má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatě větší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U krabicového diagramu Ra_vložka je rozptyl mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) a dále mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3) přibližně stejný. U grafu Ra_výrobek lze vidět, že symboly mediánu (\tilde{x}) a symboly aritmetického průměru (\bar{x}) jsou odlehlé. Dále je vidět na diagramu Ra_vložka v porovnání s diagramem Ra_výrobek, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u Ra_výrobek podstatně menší přibližně o 100%. Naměřená data Ra_vložka vykazují vyšší medián (\tilde{x}) a vyšší rozptyl než diagram naměřených hodnot Ra_výrobek.



Graf 31 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC

Z grafu 31 vyplývá, že při broušení tvarové vložky brousicím kotoučem 80 roste hodnota jakosti povrchu s rostoucí posuvovou rychlostí. Jakost povrchu se kopíruje z vložky na vzorek s 1,5x – 1,7x nižší hodnotou. U broušené vložky kotoučem 85 nevzrůstá hodnota R_a s rychlostí. Nejnížší hodnota R_a vložky je při posuvové rychlosti 14m/min a nejvyšší hodnota R_a je při posuvové rychlosti 23m/min. Nejhůře se kopíruje povrch vložky při posuvové rychlosti 7m/min, kde R_a vzorku má 2,21x nižší hodnotu než R_a vložky. Hodnota R_a vložky je 0,64 μ m a R_a výrobku je 0,29 μ m. U ostatních rychlostí se jakost povrchu přenesl z vložky na vzorek s 1,6x nižší hodnotou..



Graf 32 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC

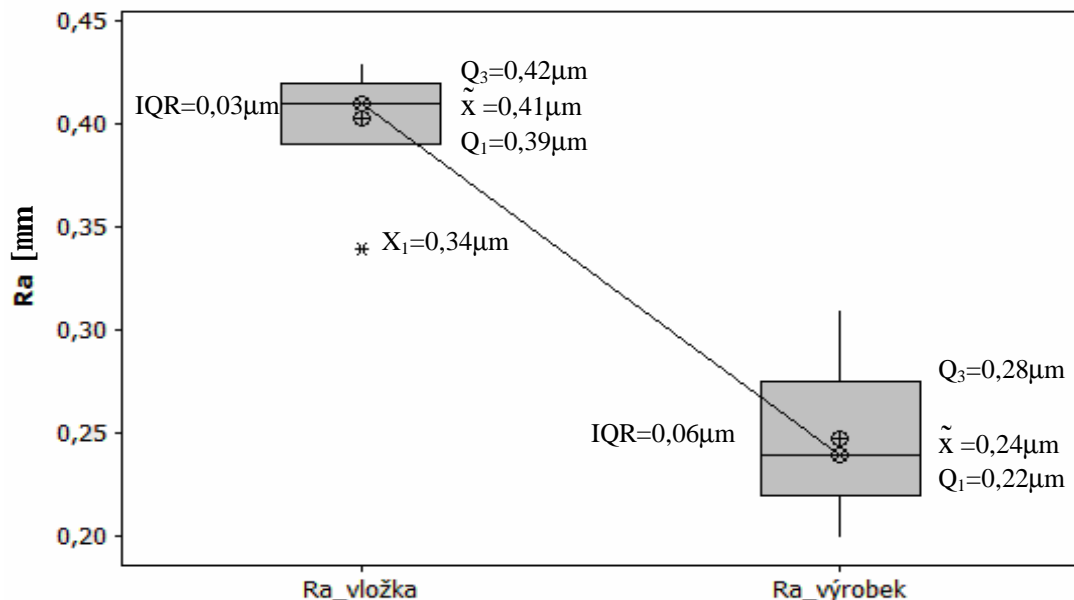
U materiálu 14109.4 byla broušena tvarová vložka kotoučem 80 a 85 rychlostí posuvu 7m/min, 14m/min a 23m/min při dvou hloubkách řezu 0,005mm a 0,04mm. U vložek broušených brousicím kotoučem 80 roste hodnota jakosti povrchu R_a postupně se zvětšující se posuvovou rychlostí. Povrch se zde kopíruje z vložky na výrobek s 1,5x – 1,7x nižší hodnotou jakosti povrchu u obou hloubek řezu při všech rychlostech. U kotouče 85 hodnota jakosti povrchu vložky neroste s posuvovou rychlostí. Nejvyšší hodnota R_a je u posuvové rychlosti 23m/min. Jakost povrchu se s největším rozdílem okopíruje na povrchu vzorku, a to s 2,21x nižší hodnotou.

12.2.3 Broušená tvarová vložka z materiálu mosaz

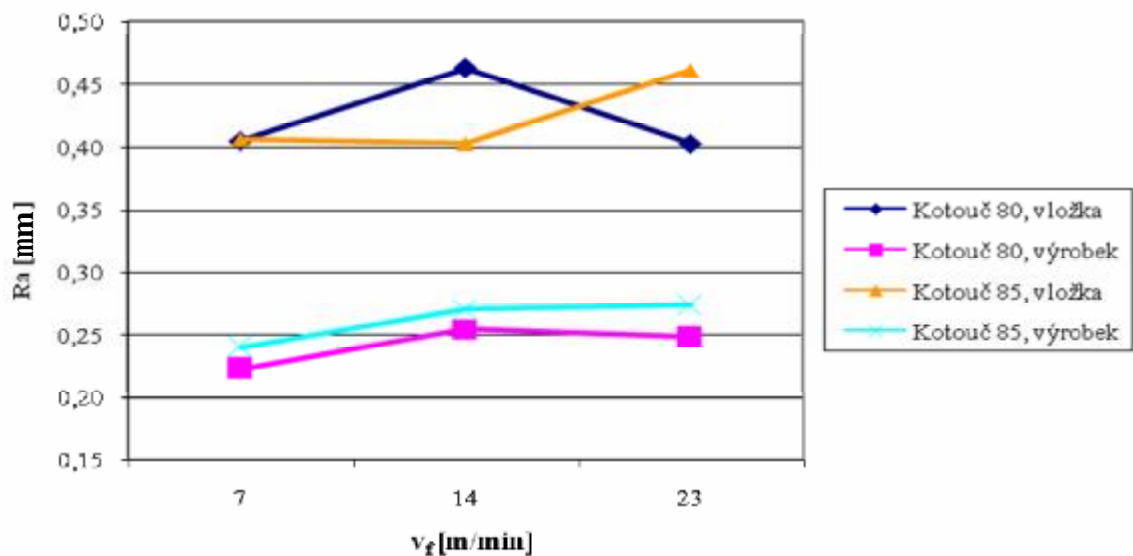
a) Hloubka řezu 0,005mm

Tab. 25 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC

PC, Mosaz, $a_p = 0,005\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,41	3,90	0,22	1,29	0,41	3,90	0,24	1,37
	S	0,04	0,48	0,02	0,10	0,03	0,57	0,02	0,15
	$\pm u_a$	0,01	0,15	0,01	0,03	0,01	0,18	0,01	0,05
14	\bar{x}	0,46	4,24	0,26	1,49	0,40	3,02	0,27	1,57
	S	0,03	0,40	0,02	0,17	0,04	0,36	0,01	0,08
	$\pm u_a$	0,01	0,13	0,01	0,05	0,01	0,11	0,00	0,03
23	\bar{x}	0,40	3,90	0,25	1,53	0,46	4,00	0,27	1,54
	S	0,02	0,41	0,03	0,37	0,04	0,42	0,02	0,15
	$\pm u_a$	0,01	0,13	0,01	0,12	0,01	0,13	0,01	0,05

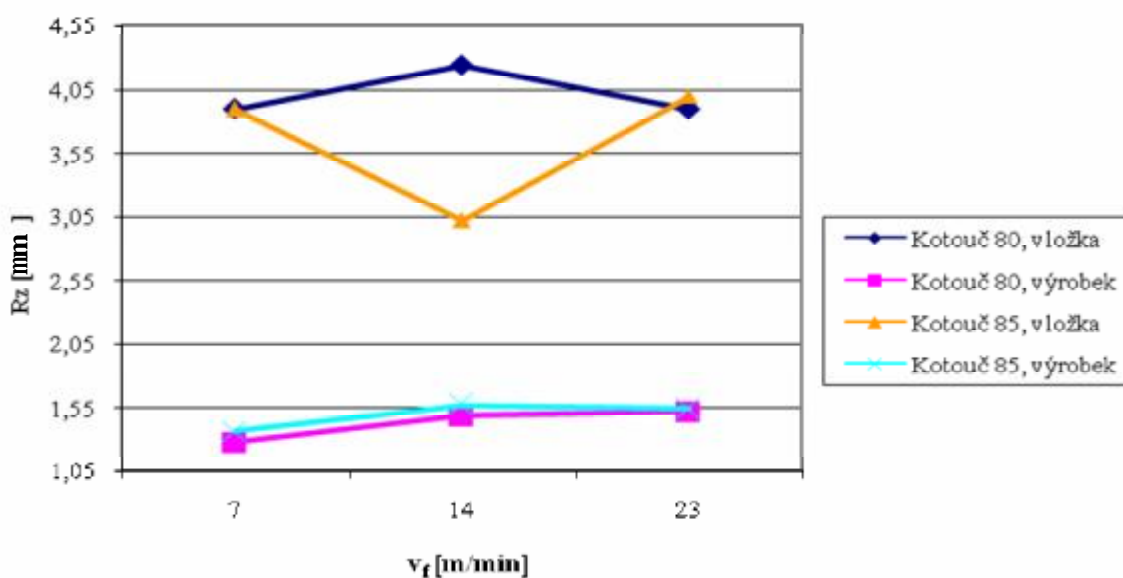

 Graf 33 Krabicový diagram - mosaz, $v_f = 23\text{m/min}$, $a_p = 0,005\text{mm}$, kotouč 80, PC

Krabicový graf 33 nám ukazuje, že vyhodnocovaná veličina $Ra_{\text{vložka}}$ má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) větší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U krabicového diagramu $Ra_{\text{výrobek}}$ je rozptyl mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatně menší než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U obou grafů jsou symboly odhadu aritmetického průměru (\bar{x}) a symboly odhadu mediánu (\tilde{x}) odlehlé. Vychýlení odhadu aritmetického průměru (\bar{x}) u naměřených hodnot $Ra_{\text{vložka}}$ je způsobeno odlehlou hodnotou X_1 . Dále je vidět na diagramu $Ra_{\text{vložka}}$ v porovnání s diagramem $Ra_{\text{výrobek}}$, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u $Ra_{\text{vložka}}$ podstatně menší přibližně o 100%. Naměřená data $Ra_{\text{vložka}}$ vykazují vyšší medián (\tilde{x}), ale menší rozptyl než diagram naměřených hodnot $Ra_{\text{výrobek}}$.



Graf 34 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu $0,005\text{mm}$, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC

Z grafu 34 vyplývá, že jakost povrchu tvarové vložky broušené brousicími kotouči 80 i 85 se pohybuje v rozmezí $0,41\mu\text{m}$ až $0,46\mu\text{m}$, avšak u hodnoty jakosti povrchu Ra polymerních vzorků se pohybují v rozmezí $0,22\mu\text{m}$ až $0,27\mu\text{m}$. Je zde zřejmé, že jakost povrchu tvarové vložky se kopíruje na povrch polymerního vzorku asi s $1,6x - 1,8x$ nižší hodnotou.

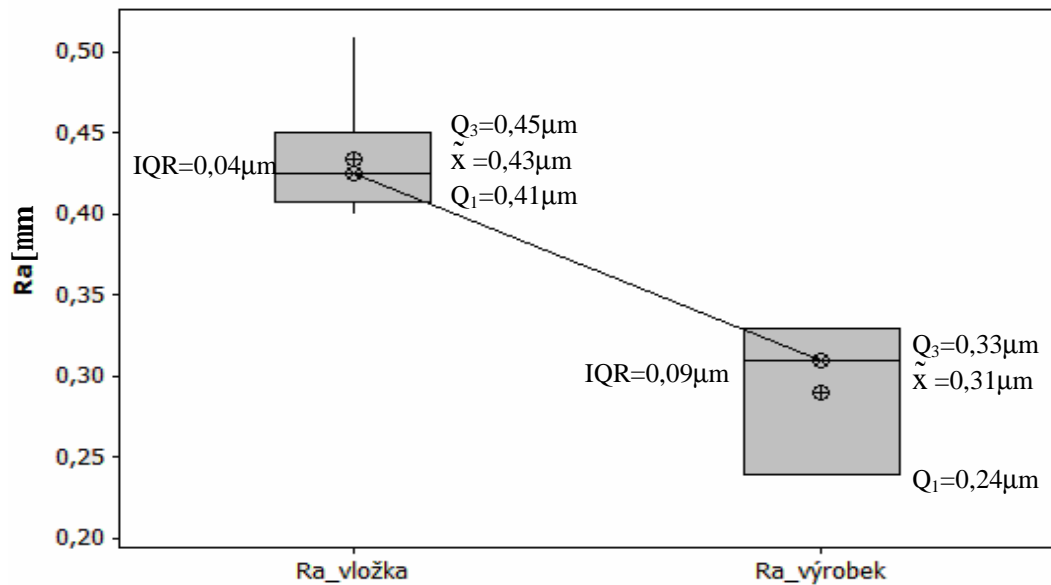


Graf 35 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC

b) Hloubka řezu 0,04mm

Tab. 26 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC

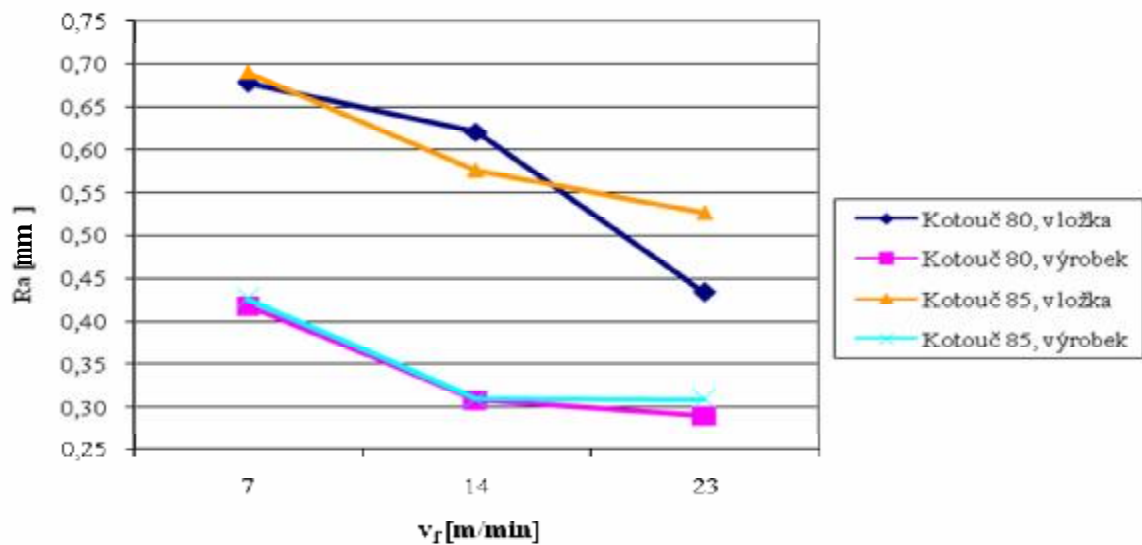
PC, Mosaz, $a_p = 0,04\text{mm}$									
v_f [m/min]		Kotouč 80				Kotouč 85			
		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
		Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]	Ra[μm]	Rz[μm]
7	\bar{x}	0,68	5,58	0,42	2,47	0,69	5,80	0,43	2,49
	S	0,06	0,49	0,04	0,34	0,07	0,83	0,07	0,30
	$\pm u_a$	0,02	0,15	0,01	0,11	0,02	0,26	0,02	0,09
14	\bar{x}	0,62	4,88	0,31	1,78	0,58	4,66	0,31	1,85
	S	0,05	0,66	0,03	0,17	0,06	0,51	0,03	0,16
	$\pm u_a$	0,02	0,21	0,01	0,05	0,02	0,16	0,01	0,05
23	\bar{x}	0,43	4,12	0,29	1,75	0,53	4,24	0,31	1,74
	S	0,03	0,26	0,04	0,31	0,06	0,45	0,03	0,19
	$\pm u_a$	0,01	0,08	0,01	0,10	0,02	0,14	0,01	0,06



Graf 36 Krabicový diagram - mosaz, $v_f=23\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, PC

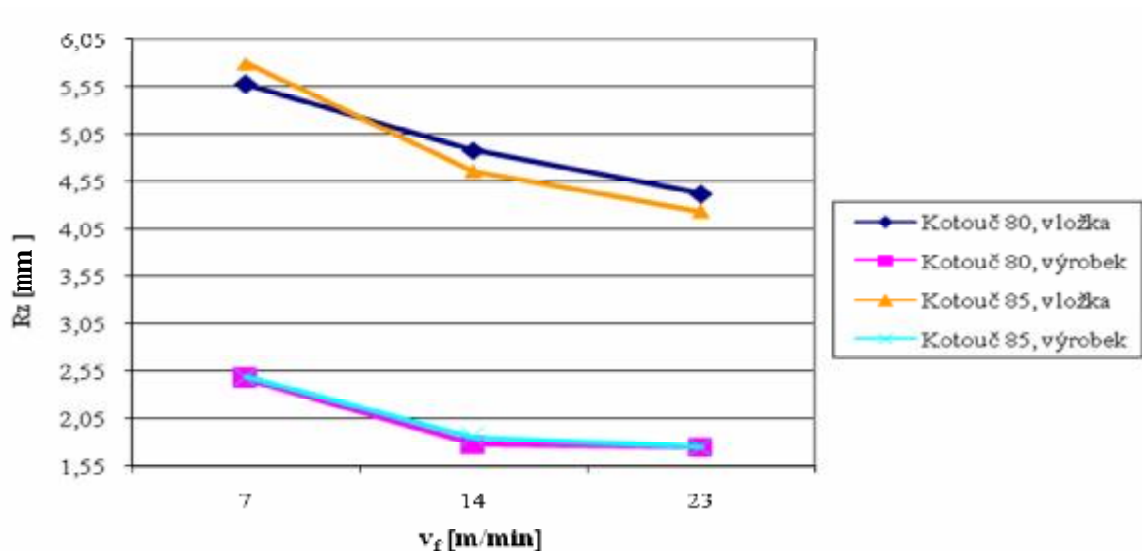
Krabicový graf 36 nám ukazuje, že vyhodnocovaná veličina Ra_vložka má rozptyl naměřených hodnot mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) menší, než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U krabicového diagramu Ra_výrobek je rozptyl mezi prvním kvantilem (Q_1) a mediánem (\tilde{x}) podstatně větší než rozptyl naměřených hodnot mezi mediánem (\tilde{x}) a třetím kvantilem (Q_3). U obou grafů jsou symboly odhadu aritmetického průměru (\bar{x}) a symboly odhadu mediánu (\tilde{x}) odlehlé. Dále je vidět na diagramu Ra_vložka v porovnání s diagramem Ra_výrobek, že mezikvartilové rozpětí (IQR) je u Ra_vložka podstatně menší přibližně o 100%. Naměřená data Ra_vložka vykazují vyšší medián (\tilde{x}), ale menší rozptyl než diagram naměřených hodnot Ra_výrobek.

Ostatní krabicové grafy jsou uvedeny v příloze.



Graf 37 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC

Graf 37 nám ukazuje, že jakost povrchu tvarové vložky broušené brousicím kotoučem 80 i 85 se pohybuje ve stejných hodnotách. Nejvyšší hodnota Ra tvarové vložky je při posuvové rychlosti 7m/min a klesá postupně se zvyšující se posuvovou rychlostí. Při broušení rychlostí posuvu 14m/min se povrch kopíruje z povrchu tvarové vložky na polymerní vzorek s 2x nižší hodnotou, u ostatní rychlostí je Ra 1,5x – 1,7x nižší.



Graf 38 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC

U vložky z mosazi se hodnoty jakosti povrchu tvarové vložky broušené brousicím kotoučem 80 i 85 pohybují ve stejných hodnotách. Jakost povrchu z vložky na polymerní vzorek se kopíruje téměř stejně při všech posuvových rychlostech, avšak hodnoty jsou asi 1,6x až 1,9x nižší. U hloubky řezu 0,04mm hodnoty Ra klesají s rostoucí posuvovou rychlostí.

12.2.4 Soustružená a leštěná tvarová vložka z materiálu 19552

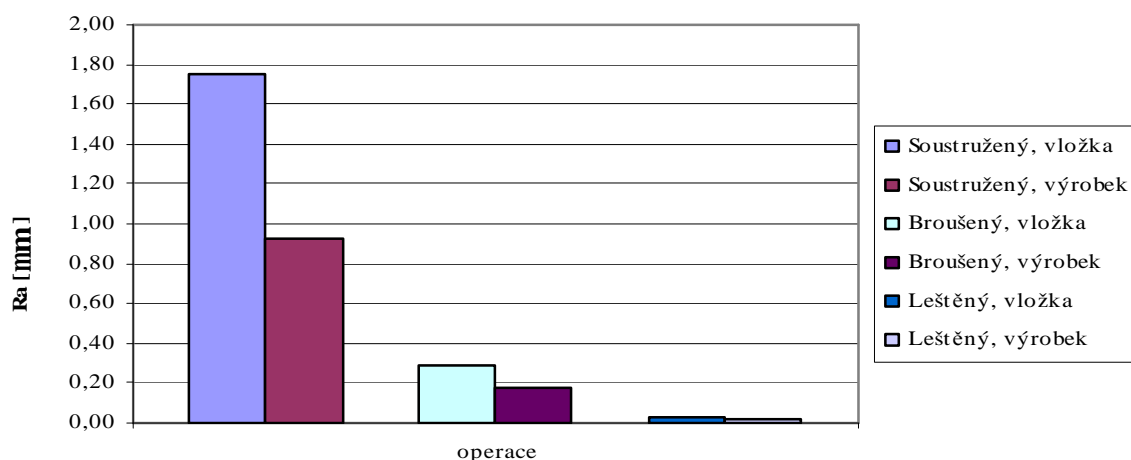
Porovnání jakosti povrchu Ra a Rz u broušené, soustružené a leštěné tvarové vložky z materiálu 19552.

Soustružená tvarová vložka je soustružena při otáčkách včetně 250ot/min a posuvu 0,15mm/ot.

Broušená vložka byla broušena brousicím kotoučem 80 při posuvové rychlosti 7m/min a hloubce řezu 0,005mm.

Tab. 27 Naměřené hodnoty, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC

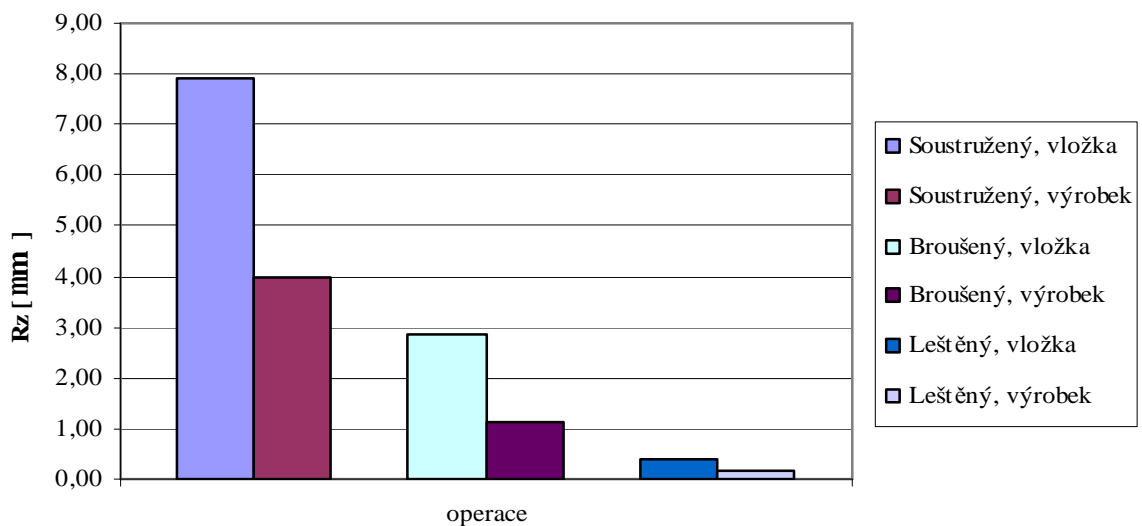
PC, 19552.4												
	Soustružení				Broušení				Leštění			
	Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek		Vložka		Výrobek	
	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]	Ra [μm]	Rz [μm]
\bar{x}	1,75	7,94	0,92	3,96	0,28	2,86	0,17	1,14	0,03	0,40	0,02	0,18
S	0,03	0,24	0,03	0,13	0,02	0,47	0,02	0,12	0,01	0,13	0,01	0,05
$\pm u_a$	0,01	0,08	0,01	0,04	0,01	0,15	0,01	0,04	0,00	0,04	0,00	0,02



Graf 39 Závislost jakosti Ra na druhu obrábění, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC

Z grafu 39 je zřejmé, že největší hodnota jakosti povrchu Ra je u tvarové vložky, která je soustružená. Hodnota jakosti povrchu vzorku je 1,9x nižší než hodnota jakosti vložky. U broušené vložky je hodnota poměrně nižší a jakost povrchu se kopíruje s poměrně nižší rozdílem. U leštěné tvarové vložky je hodnota jakosti povrchu Ra $0,03\mu\text{m}$ a kopíruje se na polymerní vzorek téměř identicky. Hodnota Ra vzorku je $0,02\mu\text{m}$.

U leštěné vložky je měření ovlivněno diamantovým hrotem drsnoměru Mitutoyo SJ-301, který není schopen registrovat tak nízké hodnoty jakosti povrchu, které vznikají při leštění. Diamantový hrot díky svým rozměrům není schopen zajíždět do užších nerovností, a tedy hodnoty jsou zkreslené.



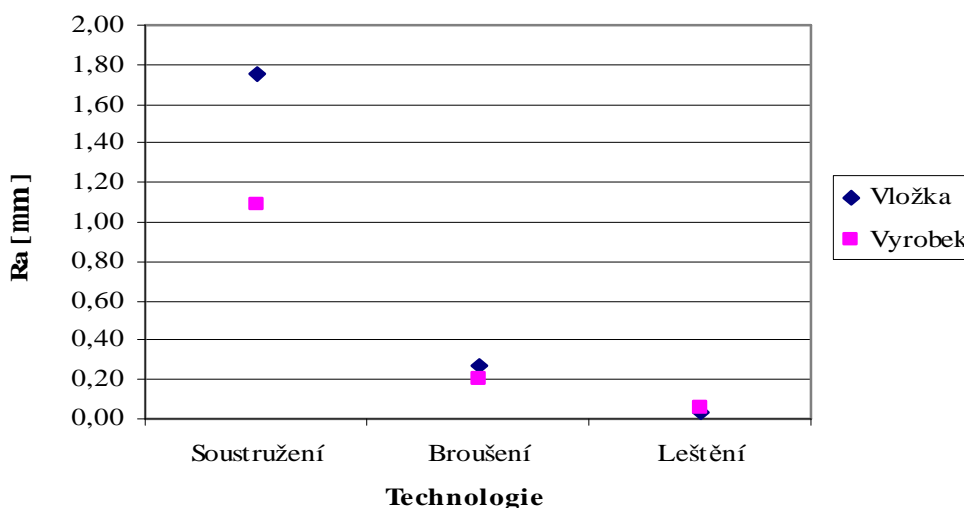
Graf 40 Závislost jakosti Rz na druhu obrábění, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC

13 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

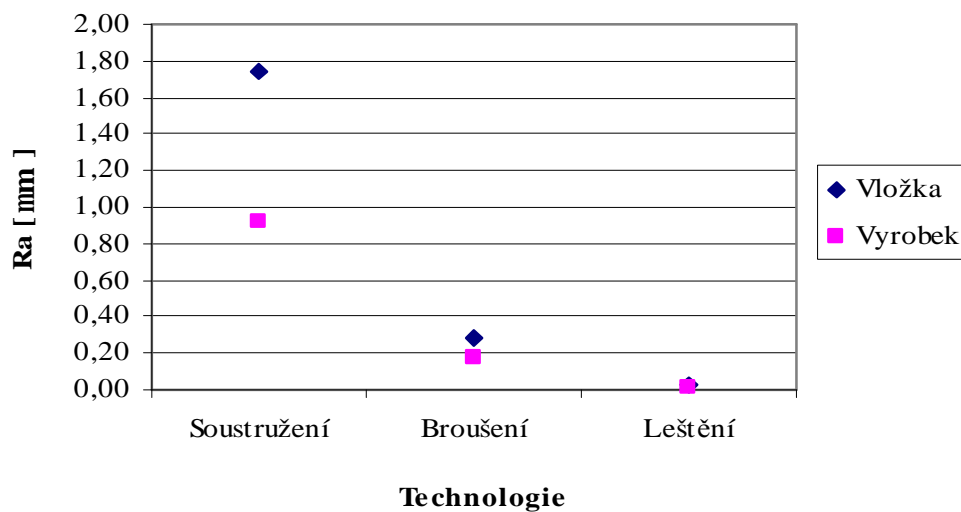
Tab. 28 Zhodnocení výsledků

	Materiál	Broušení			Soustružení	Leštění
		19552.4	14109.4	Mosaz	19552.4	19552.4
$Ra_{\text{vložka}}$	ABS	1,4	1,4	1,4	1,6	0,5
$Ra_{\text{výrobek}}$	PC	1,6	1,6	1,7	1,9	1,0

V tabulce 28 jsou uvedeny jednotlivé technologie výroby tvarových ploch vložky vstřikovací formy. Pro každou technologii byl určen poměr jakosti povrchu vložky a vzorku, který ukazuje, s jakým rozdílem se přenesou jakost povrchu z tvarové vložky na polymerní vzorek. Z tabulky je zřejmé, že u broušené vložky se jakost povrchu Ra kopíruje na povrch výrobku z ABS asi s 1,4x nižší hodnotou než má vložka. U PC se jakost povrchu Ra kopíruje s 1,6x nižší hodnotou. U soustružené vložky se jakost povrchu přenesou s vyšším rozdílem. Na vzorek z ABS se povrch okopíruje s 1,6x nižší hodnotou a u vzorku z PC se povrch přenesou s 1,9x nižší hodnotou. U leštěné tvarové vložky se povrch kopíruje na vzorek z ABS s 2x vyšší hodnotou než má vložka. U vzorku z PC se povrch kopíruje téměř identicky.



Graf 41 Závislost Ra na technologii obrábění pro materiál ABS



Graf 42 Závislost Ra na technologii obrábění pro materiál PC

Graf 41 i graf 42 nám ukazuje jednotlivé rozdíly v jakostech povrchu Ra u tří různých tvarových vložek vyrobených z materiálu 19552.4, kde jejich tvarové plochy byly vyrobeny soustružením, broušením a leštěním. U soustružené vložky při daných parametrech broušení je střední hodnota parametru Ra $1,8\mu\text{m}$, u broušené vložky se jakost povrchu pohybuje kolem $0,3\mu\text{m}$ a u leštěné vložky je parametr jakosti povrchu Ra $0,03\mu\text{m}$. Z grafů je taktéž vidět, jaký je rozdíl mezi Ra vložky a Ra polymerního vzorku. Největší rozdíl je u vložky soustružené a s klesajícím Ra vložky se tento rozdíl snižuje. U leštěné vložky jde vidět, že jakost povrchu vložky a vzorku je téměř identická.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl výzkum vlivu jakosti vstříkovací formy na jakost povrchu polymerního výrobku.

V teoretické části byly popsány metody výroby vstříkovací formy, jako je soustružení, frézování a broušení. U těchto metod byl popsán princip metody, veličiny, nástroje použité u jednotlivých metod a také stroje. Dále v teoretické části byla přiblížena problematika metody vstříkování, materiály používané při vstříkování, vstříkovací cyklus, vstříkovací forma a také vstříkovací stroj. Na závěr teoretické části byly vysvětleny metody hodnocení jakosti povrchu, popsány jednotlivé veličiny a přiblíženy přístroje používané k měření jakosti povrchu.

Cílem praktické části bylo vyrobit tvarové vložky vstříkovací formy s povrchem vytvořeným soustružením, broušením a leštěním. Broušený povrch tvarové vložky byl broušen brousicím kotoučem 80 a 85, zmíněno výše. U každého kotouče byla vložka broušena třemi posuvovými rychlostmi 7m/min, 14m/min a 23m/min a při každé rychlosti byla měněna hloubka řezu 0,005mm a 0,04mm. Tvarové vložky byly vytvořeny z konstrukční oceli chromové 14109.4, nástrojové oceli chrommolybdenové 19552.4 a mosazi. Následně byly do takto vytvořených dutin vstříkovány dva polymerní materiály, a to ABS a PC. U vzorků byla hodnocena jakost povrchu a porovnávána s jakostí povrchu tvarových vložek vstříkovací formy.

Při broušení tvarové vložky brousicím kotoučem 80, který má brousicí zrna tvořené elektrokorundem bílým, vzniká nižší hodnota jakosti povrchu, než při broušení tvarové vložky brousicím kotoučem 85, který má brousicí zrna tvořené směsí mikrokrystalického korundu a elektrokorundu bílého za předpokladu stejných podmínek.

U tvarové vložky z materiálu 19552.4 a hloubky řezu 0,005mm vzrůstá hodnota jakosti povrchu se stoupající posuvovou rychlostí, zatímco u hloubky řezu 0,04mm je nejnižší hodnota jakosti povrchu při 14m/min a nejvyšší hodnota je při 7m/min a 23m/min. Jakost povrchu tvarové vložky se kopíruje na povrch vzorku v závislosti na použitém materiálu. Z tvarové vložky se jakost povrchu kopíruje na vzorek z polymerního materiálu ABS asi s 1,4x nižší hodnotou jakosti povrchu, zatímco u vzorku z PC je hodnota jakosti povrchu asi 1,6x nižší než u tvarové vložky.

Z naměřených hodnot je zřejmé, že u tvarové vložky z materiálu 14109.4 je jakost povrchu obdobná s jakostí povrchu vložky z materiálu 19552.4. Zde hodnota jakosti povrchu stoupá se zvětšující se posuvovou rychlostí. Jakost povrchu se kopíruje na polymerní vzorek při všech posuvových rychlostech s menší hodnotou jakosti povrchu než má vložka. U vzorku z materiálu ABS je hodnota Ra nižší než u vzorku z PC, kde se jakost povrchu kopíruje z tvarové vložky na vzorek s 1,6x nižší hodnotou Ra.

U tvarové vložky z mosazi broušené broušícími kotouči 80 i 85 je jakost povrchu vložky u obou kotoučů téměř stejná. U vložky z mosazi je hodnota jakosti povrchu nejvyšší při posuvové rychlosti 7m/min a se zvětšující posuvovou rychlostí se hodnota jakosti povrchu vložky snižuje. Na vzorek z ABS se hodnota jakosti povrchu okopíruje z mosazné tvarové vložky s 1,4x nižší hodnotou Ra. U vzorku z PC se jakost povrchu přenesla z vložky s 1,7x nižší hodnotou.

U tvarové vložky, která je soustružená, se jakost povrchu kopíruje na vzorek z ABS s větší přesností než na vzorek z PC. U vzorku z ABS je jakost povrchu 1,6x nižší než jakost tvarové vložky a u vzorku z PC je jakost povrchu Ra 1,9x nižší než u vložky. U leštěné vložky z materiálu 19552.4 se jakost povrchové vrstvy přenesla na povrch výrobku z polymerního materiálu ABS s horší jakostí povrchu, asi 2x horší. U vzorku z PC se jakost povrchu okopíruje téměř identicky s vložkou. Zde může být přesnost měření ovlivněna velikostí diamantového hrotu drsnoměru Mitutoyo SJ-301.

Po zhodnocení všech naměřených dat lze říci, že při broušení kotoučem 80 lze zhotovit vyšší jakost povrchu než kotoučem 85, což je způsobeno druhem broušících zrn. U vložky z materiálu 19552.4 a 14109.4 je jakost povrchu obdobná. Se zvětšující se posuvovou rychlostí roste hodnota jakosti povrchu. U tvarové vložky z mosazi je hodnota jakosti povrchu nejvyšší u posuvové rychlosti 7m/min a s rostoucí posuvovou rychlostí klesá hodnota jakosti povrchu. Jakost povrchu tvarové vložky se kopíruje na povrch polymerního vzorku s nižší hodnotou. U vzorku z ABS se jakost povrchové vrstvy vložky kopíruje na vzorek asi s 1,4x nižší hodnotou, zatímco u vzorku z PC je hodnota jakosti výrobku 1,7x nižší než hodnota jakosti povrchu vložky. Je zde zřejmé, že oba polymerní materiály nemají takovou zatékavost, aby zcela identicky kopírovaly jakost povrchu vložky. Materiál ABS má však vyšší zatékavost než materiál PC, neboť u ABS se povrch kopíroval s větší přesností.

V grafech popisujících závislost jakosti povrchu na rychlosti posuvu, není propojení mezi jednotlivými body chápáno jako lineární závislost, jedná se pouze o grafické znázornění rozdílů mezi jednotlivými body.

Naměřené hodnoty a zjištěné výsledky platí pro zvolené nastavení vstříkovacího stroje. Bylo by vhodné v práci pokračovat rozšířením práce o větší počet nastavení vstříkování (teploty, tlaky atd.).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DILLINGER, J., a kol. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. 1. vydání. Praha : Europa-Sobotáles cz. s.r.o., 2007. 612 s. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [2] KOČMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství cerm, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [3] KOČMAN, K. *Speciální technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství cerm, 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8.
- [4] DOBROVOLNÝ, B. *Přehled mechanické technologie*. 6. vydání. Praha : Roh- práce, 1954. 564 s.
- [5] BOBČÍK, L., a kol. *Formy pro zpracování plastů I.díl- Vstřikování termoplastů*, 2. vydání. Brno : UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [6] BOBČÍK, L., a kol. *Formy pro zpracování plastů II.díl- Vstřikování termoplastů*, 2. vydání. Brno : UNIPLAST, 1999. 212 s.
- [7] TOMIS, F. *Základy gumárenské a plastikářské technologie*. 1. vydání. Praha : SNTL, 1975. 278 s. ISBN 414-33543.
- [8] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2. vydání. Praha : SNTL, 1985. 374 s. ISBN 414-33580.
- [9] ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha : Český normalizační institut, 1999.
- [10] VASILKO, K., BOKUČAVA, G. *Brúsenie kovových materiálov*. 1. vydání. Bratislava : Alfa, 1988. 235 s. ISBN 063-143-88 BKM.
- [11] LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. vydání. Praha 6 : Pedagogické nakladatelství Scientia, 2000. 985 s. ISBN 80-7183-165-6.
- [12] GAŠPÁREK, J. *Dokončovacie spôsoby obrábania*. 1. vydání. Bratislava : Alfa, 1980.
- [13] BUDA, J., SOUČEK, J., VASILKO, K. *Teória obrábani*. 2. vydání. Bratislava : Alfa, 1988. 391 s.

- [14] PERNIKÁŘ, J., TYKAL, M., VAČKÁŘ, J. *Jakost a metrologie, část: Metrologie*. Brno : Cerm, 2001.
- [15] BUMBÁLEK, B., ODVODY, V., OŠŤÁDAL, B. *Drsnost povrchu*. 1. vydání. Praha : SNTL, 1989. 338 s.
- [16] ČERNÝ, F., TRMAL, J., MARŠÁLEK, J. *Brusky a broušení*. 1. vydání. Praha : SNTL, 1970. 263 s.
- [17] JURKO, J., LUKOWICS, I. *Obrábitelnost' materiálův*. 1. vydání. Zlín : UTB, 2008. 142 s. ISBN 978-80-7318-736-1.
- [18] HLUCHÝ, M., KOLOUCH, J. *Strojírenská technologie I*. 4. vydání. Praha : nakladatelství Scientia, 2007. 266 s. ISBN 978-80-86960-26-5.
- [19] KOVAČIČ, L., BÍNA, J. *Plasty*. 1. vydání. Bratislava : ALFA, 1974. 339 s. ISBN 63-058-74.
- [20] ZÁMORSKÝ, Z. *Nauka o polymerech II*. 1. vydání. Brno : Ediční středisko VUT, 1980. 235 s. ISBN 55-610-80.
- [21] *Měření drsnosti povrchu* [online]. 2009 [cit. 2009-05-11]. Dostupný z WWW: <http://www.mitutoyo-czech.cz/cz/pdf/poster_drsnosti_ra_cze_a3.pdf>
- [22] *Drsnost povrchu* [online]. 2009 [cit. 2009-01-12]. Dostupný z WWW: <http://wood.mendelu.cz/cz/sections/FEM/CFD/public/files/Pomocne/drsnost_povrchu.pdf>
- [23] *Drsnost povrchu* [online]. 2009 [cit. 2009-01-12]. Dostupný z WWW: <<http://zcu.yc.cz/TD/DRSNOST.doc>>
- [24] *Drsnost povrchu* [online]. 2009 [cit. 2009-01-12]. Dostupný z WWW: <<http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/N%C3%A1vody%20k%20laboratorn%C3%A1m%20C3%BAloh%C3%A1m%20-%20mikroskopie.pdf>>
- [25] *Materiálové normy* [online]. 2010 [cit. 2010-03-18]. Dostupný z WWW: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php>
- [26] *Mitutoyo SJ – 30I*, Přístroj k měření drsnosti povrchu. Návod k použití.
- [27] *BRH 20.03F*, Rovinná bruska. Návod k použití.

- [28] ARBURG [online]. 2010 [cit. 2010-03-31]. Dostupný z WWW:
<<http://www.arburg.com>.>
- [29] *Jakost a metrologie*. [online]. 2010 [cit. 2010-04-19]. Dostupný z WWW:
<<http://www.ft.utb.cz/czech/uvi/czech/staff/shejbalova/JM/1.pdf>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Akrylonitril-butadien-styrén
a_e	Hloubka záběru
a_p	Hloubka řezu
Al_2O_3	Oxid hlinitý
C	Uhlík
Cr	Chrom
Cu	Měď
ČSN	Česká technická norma
HB	Zkouška tvrdosti podle Brinella
Hk	Zkouška tvrdosti podle Knoop
HRC	Zkouška tvrdosti podle Rockwella
IQR	Interkvartilové rozpětí
ln	Měřená délka
lr	Interval měření
Mn	Mangan
n	Počet měření
Pc	Polykarbonát
Q_1	První kvartil
Q_3	Třetí kvartil
r	Poloměr zaoblení hrotu
r_ε	Poloměr zaoblení špičky
R	Variační rozpětí
Ra	Průměrná aritmetická úchylka povrchu měřeného profilu
Rku	Špičatost posuzovaného profilu

R_{mr}	Materiálový poměr profilu
R_p	Největší výška výstupku profilu
R_{sk}	Šikmost posuzovaného profilu
R_q	Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu
R_v	Největší hloubka prohlubně profilu
R_z	Největší výška profilu
s	Posuv
S	Směrodatná odchylka
T_m	Teplota tání
T_g	Teplota skelného přechodu
u_a	Nejistota měření typu A
v_f	Posuvová rychlost
v_c	Řezná rychlost
x_i	Proměnná hodnota
\bar{x}	Střední aritmetický průměr
\tilde{x}	Medián
x_{\min}	Minimální hodnota
x_{\max}	Maximální hodnota
δ	Úhel řezu
ε	Úhel špičky
κ	Úhel nastavení hlavního ostří
λ	Úhel sklonu ostří

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Geometrie brousicího zrna [1]</i>	13
<i>Obr. 2 Druhy opotřebení [1]</i>	14
<i>Obr. 3 Druhy brousicích zrn [1]</i>	15
<i>Obr. 4 Struktura [1]</i>	17
<i>Obr. 5 Označení brousicího nástroje [1]</i>	17
<i>Obr. 6 Čelní broušení [1]</i>	18
<i>Obr. 7 Obraz brusu při čelním broušení [1]</i>	18
<i>Obr. 8 Obvodové broušení [1]</i>	19
<i>Obr. 9 Podélné broušení [1]</i>	19
<i>Obr. 10 Hloubkové broušení</i>	20
<i>Obr. 11 Zapichovací broušení [1]</i>	20
<i>Obr. 12 Bezhroté broušení [1]</i>	21
<i>Obr. 13 Axiální broušení [1]</i>	21
<i>Obr. 14 Vnitřní bezhroté broušení [2]</i>	22
<i>Obr. 15 Planetové broušení [2]</i>	22
<i>Obr. 16 Profilové broušení [1]</i>	23
<i>Obr. 17 Tvarové CNC broušení [1]</i>	23
<i>Obr. 18 Vodorovná rovinná bruska [1]</i>	24
<i>Obr. 19 Hrotová bruska [1]</i>	24
<i>Obr. 20 Bezhrotá bruska [2]</i>	25
<i>Obr. 21 Bruska na díry [2]</i>	25
<i>Obr. 22 Parametry frézování [1]</i>	26
<i>Obr. 23 Nesousledné a sousledné frézování [1]</i>	27
<i>Obr. 24 Čelní válcové frézy [1]</i>	27
<i>Obr. 25 Kotoučové frézy a pily [1]</i>	28
<i>Obr. 26 Úhlové frézy [1]</i>	28
<i>Obr. 27 Tvarové frézy [1]</i>	28
<i>Obr. 28 Frézovací stroj [1]</i>	29
<i>Obr. 29 Pohyby při soustružení</i>	30
<i>Obr. 30 Břit soustružnického nože [1]</i>	31
<i>Obr. 31 Špička soustružnického nože [1]</i>	31

<i>Obr. 32 Druhy třísek [1].....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 33 Soustružnické nože</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 34 Soustružení válcové plochy [1]</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 35 Soustružení rovinných ploch [1]</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 36 Soustružení závitů [1]</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 37 Zapichování, upichování [1].....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 38 Soustružení profilů [1].....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 39 Soustružení složitých rotačních ploch [1]</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 40 Hlavní části soustruhu [1]</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 41 Vstřikovací cyklus [7]</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 42 Činnost vstřikovacího stroje [1].....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 43 Vstřikovací stroj [1].....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 44 Vstřikovací jednotka [8]</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 45 Uzavírací jednotka [8].....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 46 Odchylky povrchu [1]</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 47 P- profil [1].....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 48 R- profil [1].....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 49 W- profil [1]</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 50 Největší výška profilu [9].....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 51 Střední hodnota drsnosti Ra [1].....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 52 Materiálový poměr profilu [1].....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 53 Princip měření jakosti povrchu [1]</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 54 Lyžinová hlavice [1]</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 55 Tvarová vložka.....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 56 Bruska BRH 20.03F</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 57 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 420C [27].....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 58 Polymerní vzorek.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 59 Schéma měřicího přístroje Mitutoyo SJ – 30I [26]</i>	<i>57</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Druhy brousicích zrn [1]</i>	14
<i>Tab. 2 Pojiva brousicích nástrojů [1]</i>	16
<i>Tab. 3 Tvrdost brousicího nástroje [1]</i>	16
<i>Tab. 4 Technické parametry brusky BRH 20.03F [27]</i>	51
<i>Tab. 5 Parametry brousicího kotouče 80</i>	52
<i>Tab. 6 Parametry brousicího kotouče 85</i>	52
<i>Tab. 7 Parametry uzavírací jednotky [27].....</i>	53
<i>Tab. 8 Parametry hydrauliky [27]</i>	53
<i>Tab. 9 Parametry vstřikovací jednotky [27]</i>	53
<i>Tab. 10 Vlastnosti PC [20]</i>	55
<i>Tab. 11 Vlastnosti ABS [20]</i>	55
<i>Tab. 12 Parametry vstřikovacího stroje</i>	56
<i>Tab. 13 Technické parametry přístroje Mitutoyo SJ – 301 [26]</i>	57
<i>Tab. 14 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstřikovaný materiál ABS</i>	59
<i>Tab. 15 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstřikovaný materiál ABS</i>	62
<i>Tab. 16 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstřikovaný materiál ABS</i>	65
<i>Tab. 17 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstřikovaný materiál ABS</i>	67
<i>Tab. 18 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstřikovaný materiál ABS</i>	70
<i>Tab. 19 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstřikovaný materiál ABS</i>	72
<i>Tab. 20 Naměřené hodnoty, materiál vložky 19552.4, vstřikovaný materiál ABS</i>	75
<i>Tab. 21 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstřikovaný materiál PC</i>	77
<i>Tab. 22 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstřikovaný materiál PC</i>	79

<i>Tab. 23 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC</i>	<i>82</i>
<i>Tab. 24 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC</i>	<i>84</i>
<i>Tab. 25 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC</i>	<i>87</i>
<i>Tab. 26 Naměřené hodnoty, hloubka řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC</i>	<i>89</i>
<i>Tab. 27 Naměřené hodnoty, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC</i>	<i>92</i>
<i>Tab. 28 Zhodnocení výsledků</i>	<i>94</i>

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Krabicový diagram - 19552.4, $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,005\text{mm}$, kotouč 80, ABS</i>	60
<i>Graf 2 Závislost jakosti povrchu R_a na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS</i>	61
<i>Graf 3 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS</i>	61
<i>Graf 4 Krabicový diagram - 19552.4, $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, ABS</i>	62
<i>Graf 5 Závislost jakosti povrchu R_a na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS</i>	63
<i>Graf 6 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS</i>	64
<i>Graf 7 Krabicový diagram - 14109.4, $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,005\text{mm}$, kotouč 80, ABS</i>	65
<i>Graf 8 Závislost jakosti povrchu R_a na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS</i>	66
<i>Graf 9 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS</i>	67
<i>Graf 10 Krabicový diagram - 14109.4, $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, ABS</i>	68
<i>Graf 11 Závislost jakosti povrchu R_a na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS</i>	68
<i>Graf 12 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS</i>	69
<i>Graf 13 Krabicový diagram - mosaz, $v_f=23\text{m/min}$, $a_p=0,005\text{mm}$, kotouč 80, ABS</i>	70
<i>Graf 14 Závislost jakosti povrchu R_a na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS</i>	71
<i>Graf 15 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS</i>	72
<i>Graf 16 Krabicový diagram - mosaz, $v_f=23\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, ABS</i>	73
<i>Graf 17 Závislost jakosti povrchu R_a na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS</i>	73
<i>Graf 18 Závislost jakosti povrchu R_z na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS</i>	74

<i>Graf 19 Závislost jakosti Ra na druhu obrábění, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS</i>	<i>75</i>
<i>Graf 20 Závislost jakosti Rz na druhu obrábění, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS.....</i>	<i>76</i>
<i>Graf 21 Krabicový diagram - $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,005\text{mm}$, kotouč 80, PC.....</i>	<i>77</i>
<i>Graf 22 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>78</i>
<i>Graf 23 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>79</i>
<i>Graf 24 Krabicový diagram - $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, PC.....</i>	<i>80</i>
<i>Graf 25 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>80</i>
<i>Graf 26 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>81</i>
<i>Graf 27 Krabicový diagram - 14109.4, $v_f=7\text{m/min}$, $a_p=0,005\text{mm}$, kotouč 80, PC.....</i>	<i>82</i>
<i>Graf 28 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>83</i>
<i>Graf 29 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>84</i>
<i>Graf 30 Krabicový diagram - 14109.4, $v_f=14\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, PC.....</i>	<i>85</i>
<i>Graf 31 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>85</i>
<i>Graf 32 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>86</i>
<i>Graf 33 Krabicový diagram - mosaz, $v_f=23\text{m/min}$, $a_p=0,005\text{mm}$, kotouč 80, PC.....</i>	<i>87</i>
<i>Graf 34 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>88</i>
<i>Graf 35 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,005mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>89</i>
<i>Graf 36 Krabicový diagram - mosaz, $v_f=23\text{m/min}$, $a_p=0,04\text{mm}$, kotouč 80, PC.....</i>	<i>90</i>
<i>Graf 37 Závislost jakosti povrchu Ra na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>91</i>

<i>Graf 38 Závislost jakosti povrchu Rz na rychlosti posuvu při hloubce řezu 0,04mm, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>91</i>
<i>Graf 39 Závislost jakosti Ra na druhu obrábění, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>92</i>
<i>Graf 40 Závislost jakosti Rz na druhu obrábění, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC.....</i>	<i>93</i>
<i>Graf 41 Závislost Ra na technologii obrábění pro materiál ABS</i>	<i>94</i>
<i>Graf 42 Závislost Ra na technologii obrábění pro materiál PC</i>	<i>95</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- PI Naměřená data - soustružená vložka, vstříkovaný materiál ABS
- PII Naměřená data - leštěná vložka, vstříkovaný materiál ABS
- PIII Naměřená data – broušená vložka, kotouč 80, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS
- PIV Naměřená data – broušená vložka, kotouč 80, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS
- PV Naměřená data – broušená vložka, kotouč 80, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS
- PVI Naměřená data – broušená vložka, kotouč 85, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál ABS
- PVII Naměřená data – broušená vložka, kotouč 85, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál ABS
- PVIII Naměřená data – broušená vložka, kotouč 85, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS
- PIX Naměřená data - soustružená vložka, vstříkovaný materiál PC
- PX Naměřená data - leštěná vložka, vstříkovaný materiál PC
- PXI Naměřená data – broušená vložka, kotouč 80, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC
- PXII Naměřená data – broušená vložka, kotouč 80, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC
- PXIII Naměřená data – broušená vložka, kotouč 80, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál PC
- PXIV Naměřená data – broušená vložka, kotouč 85, materiál vložky 19552.4, vstříkovaný materiál PC
- PXV Naměřená data – broušená vložka, kotouč 85, materiál vložky 14109.4, vstříkovaný materiál PC

PXVI Naměřená data – broušená vložka, kotouč 85, materiál vložky mosaz, vstříkovaný materiál ABS