

Výzkum technologie broušení nerezových ocelí

Richard Pinkava

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Richard PINKAVA**
Osobní číslo: **T09097**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Výzkum technologie broušení nerezových ocelí**

Zásady pro vypracování:

- 1.Hodnoťte teorii a technologii broušení**
- 2.Popište vlastnosti nerezových ocelí**
- 3.Uvedte metody hodnocení jakosti povrchu**
- 4.Stanovte technologické podmínky pro broušení ocelí**
- 5.Hodnoťte výstupní parametry procesu broušení**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Bumbálek, L. aj.: *Kontrola a měření*. Informatorium Praha, 2009. ISBN 978-80-7333-072-9
2. Lukovics, I.: *Progresivní metody dokončení funkčních ploch nástrojů*. VŠB-TU Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-2033-0
3. Maslov, J. N.: *Teorie broušení kovů*. ALFA Bratislava, 1983
4. Ptáček, L. aj.: *Nauka o materiálu I*. CERM Brno, 2004. ISBN 80-7204-193-2
5. Vasilko, K., Bokučava, G.: *Brúsenie kovových materiálov*. ALFA Bratislava, 1988, ISBN 063-143-88 BKM

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Imrich Lukovics, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2012

Ve Zlíně dne 8. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: PINKAVA RICHARD

TECHNOLOGICKÉ
Obor: ZAPÍZĚNÍ

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 25.5.2012



.....

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:

(1) Vysoká škola nevydělečně 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, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení 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.

²¹ 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).

³¹ 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 udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(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 výdělku 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 výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem použitého typu a zrnitosti brusiva na různé druhy nerezových ocelí. K měření bylo použito nerezových plechů materiálu 1.4301 (17240) válcovaného za studena a válcovaného za tepla, broušené pásovou bruskou. Dále vzorky hřídelí broušené na brusce do kulata předepsané drsnosti materiálu 1.4301, 1.4122 a 1.4462. V teoretické části je popsána problematika broušení, kde se popisuje teorii broušení, vlastnosti nerezových ocelí a hodnocení jakosti povrchu. V praktické části se vyhodnocovalo vlastní měření. Následně se hodnoty zpracovali do tabulek a grafů.

Klíčová slova: broušení, drsnost povrchu, nerezová ocel,

ABSTRACT

This Bachelor work examines the influence of the type used in the abrasive grain and various kinds of stainless steel. To measuring were used 1.4301(17240) stainless steel sheets cold-rolled and hot-rolled, which sharpened on belt sander. Also sample of shaft grinded prescribed by roughness 1.4301, 1.4122 and 1.4462. The theoretical part describes the problem grinding, sanding where I describe the theory, properties of stainless steels and evaluation of surface quality. In the practical part, I assess the own measurement. Subsequently I processed merits in programme to tables and diagrams.

Keywords: grinding, surface roughness, feed speed, stainless steel,

Děkuji tímto panu prof. Ing. Imrichu Lukovicsovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne 25.5.2012

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TEORIE BROUŠENÍ	11
1.1 TVORBA TRÍSKY	11
1.2 ŘEZNÉ PODMÍNKY	12
1.2.1 Řezné síly	13
1.3 BROUSÍCÍ NÁSTROJE	13
1.3.1 Brusivo	13
1.3.2 Pojivo	14
1.3.3 Zrnitost	14
1.3.4 Tvrdost brusiva.....	15
1.3.5 Struktura.....	15
1.3.6 Označování brusných kotoučů	16
1.4 ZÁKLADNÍ METODY BROUŠENÍ	17
1.4.1 Broušení do kulata vnějších ploch	18
1.4.2 Broušení do kulata vnitřních ploch	19
1.4.3 Rovinné broušení	20
1.4.4 Tvarové broušení.....	21
2 VLASTNOSTI NEREZOVÝCH OCELÍ	23
2.1 NEREZOVÉ OCELI	24
2.1.1 Martenzitická (kalitelná) nerezová ocel	24
2.1.2 Feritická nerezová ocel	25
2.1.3 Austenitická nerezová ocel	25
2.1.4 Austeniticko-feritická (duplexní) nerezová ocel	27
2.2 POVRCHOVÉ ÚPRAVY	27
2.2.1 Značení a popis povrchu	27
3 HODNOCENÍ JAKOSTI POVRCHU	29
3.1 DRSNOST POVRCHU	29
3.1.1 Vlnitost povrchu	30
3.1.2 Značení drsnosti	31
3.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY POVRCHU.....	31
3.2.1 Posuvové parametry	31
3.2.2 Geometrické parametry	31
3.2.3 Výškové parametry	32
3.2.4 Tvarové parametry	33
3.2.5 Délkové parametry	33
3.3 MĚŘENÍ DRSNOSTI.....	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
4 BROUŠENÉ VZORKY	36
4.1 MATERIÁLY VZORKŮ.....	37
4.1.1 Nerezová ocel 1.4301 (17240)	37
4.1.2 Nerezová ocel 1.4122 (17042)	37
4.1.3 Nerezová ocel 1.4462 (17352)	37

5	BROUŠENÍ VZORKŮ.....	39
5.1	PÁSOVÁ BRUSKA NA KOV PBM 20	39
5.2	UNIVERSÁLNÍ HROTOVÁ BRUSKA BUA 25	40
6	MĚŘENÍ DRSNOSTI	42
6.1	PŘÍSTROJ NA MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU MITUTOYO SJ-301	42
7	NAMĚŘENÁ DATA A PREZENTACE VÝSLEDKŮ.....	45
7.1	MĚŘENÍ.....	45
7.1.1	Nerezové válcované plechy 1.4301	45
7.1.2	Srovnání použitých materiálů, závislost drsnosti Ra, Rz , Rsm a Rmr při dané zrnitosti.....	48
7.1.3	Nerezové hřídele materiálu 1.4301,1.4122,1.4462	50
7.1.4	Srovnání použitých druhů materiálů, závislost drsnosti Ra, Rz , Rsm při dané zrnitosti.....	52
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

V dnešní době, kdy je třeba produkovat výrobky vysoké kvality, jsou kladeny stále větší nároky na kvalitu dílů, ať už se týče rozměrů, materiálu, životnosti, kvality povrchu a dalších. Pro dosažení tohoto cíle je nutné vyvíjet neustálý tlak kvalitu materiálu, způsoby jejich výroby a opracování. Kvalita a druh povrchové úpravy materiálu je jedna z důležitých vlastností, která ovlivňuje prodejnost výrobku. Technologie používané na dokončení povrchů součástí či nástrojů pro výrobu musí být vhodně zvoleny, protože každá část výrobního procesu je odpovědná za výsledek.

U nerezových ocelí je nejdůležitějším legujícím prvkem chrom obsahující minimálně 10,5 % a maximálně 1,2% uhlíku, přičemž jejich odolnosti vůči korozi má primární důležitost.

Broušení se řadí mezi historicky nejstarší metody obrábění. Patří mezi dokončovací metody obrábění, za účelem získání vysoké přesnosti a vysoké jakosti povrchu. U nástrojů pro broušení má každé zrno brusiva jiný geometrický tvar. Zrna jsou v brousícím nástroji umístěna náhodně a jsou spojena pojivem. Mezi zrny a pojivem se vyskytují volná místa – póry. Broušením jednak dosahujeme konečné přesnosti obrobků a upravujeme zároveň jejich povrch, jednak ostříme nástroje. Používáme k tomu brousících látek, a to buď prášků, nebo různých kotoučů a pásů.

Výsledný povrch je závislý na více faktorech. Jsou to vhodně zvolené nástroje, brusivu, chladicí kapalina, materiál obrobku apod. Dalším neméně důležitým faktorem je zrnitost brusiva. Pro různé druhy nerezových ocelí může být použito nevhodné brusivo. Pokud se použije příliš vysoká či příliš nízká zrnitost brusného materiálu je výsledná kvalita povrchu je nekvalitní. Z tohoto důvodu je třeba zvolit správné brusivo.

Různé druhy broušení a jejich dopad na výsledný povrch obrobku budou v této práci popsány a některé prakticky odzkoušeny za zvolených podmínek. Cílem práce je vyhodnotit vliv brusiva při daných technologických podmínkách a vliv materiálu na jakost obrobené plochy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TEORIE BROUŠENÍ

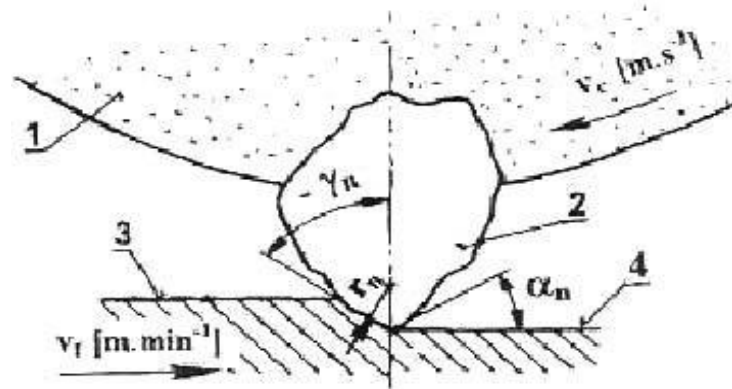
Významnou technologií dnešní doby je broušení. Broušení je dokončovací operace mnohobřitým nástrojem. Břity jsou vytvořeny zrný tvrdých materiálů navzájem spojených vhodným pojivem. Hlavní pohyb při broušení vykonává rotující brousicí kotouč, vedlejší pohyby vykonává nástroj nebo obrobek.

Broušení patří mezi abrazivní metody obrábění, které jsou charakterizovány použitím nástrojů s nedefinovanou geometrií břitu a představují nejvíce využívané aplikace při obrábění strojních součástí, u kterých jsou požadovány vysoké parametry přesnosti obrobených ploch. [1]

Brousicí proces má základní charakteristiky podobné jako jiné obráběcí procesy a zvláště blízký je frézování. Při broušení však dochází ke kvantitativním i kvalitativním odlišnostem, které souvisí zejména s vlastnosti brousicího kotouče a řeznými podmínkami. Broušení se od frézování odlišuje především různorodostí geometrického tvaru brusných zrn a jejich nepravidelným rozmístěním po ploše brousicího nástroje. Úhel čela zrn se mění a bývá vesměs záporná. Brousicí proces se uskutečňuje při vysokých řezných rychlostech ($30 \text{ až } 100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) a při malých průřezech třísky ($10^{-3} \text{ až } 10^{-5} \text{ mm}^2$). Od jiných způsobů obrábění se práce brousicího kotouče liší schopností tzv. samoostření. Tato vlastnost brousicího kotouče souvisí s poměrně málo pevným zakotvením brousicího zrna ve vazbě kotouče. V důsledku zvýšených řezných sil na otupených zrnech se tato vylomí a jejich funkci přebírají zrna neotupená. [1]

1.1 Tvorba třísky

Broušení je obráběcí metoda charakterizována specifickými podmínkami tvorby třísky a vzniku obrobeného povrchu. V důsledku plastických deformací vnějšího i vnitřního tření se určitá část třísky ohřívá natolik, že se roztaví a vytvoří kapky kovu nebo shoří (jiskření).



Obr. 1 Model záběru brousícího zrna [1]

Jednotlivá brousící zrna mají nepravidelný geometrický tvar, vysokou tvrdosti, odolnost proti teplotě, nepravidelné poloměry zaoblení ostří r_n řádu několika tisíc milimetrů.

Brousící zrna mají zpravidla negativní úhel čela γ_n a poměrně velký úhel hřbetu α_n . Za řeznou rychlost při broušení se považuje obvodová rychlost brousícího kotouče, která je vzhledem k ostatním metodám obrábění relativně vysoká. Rychlost posuvů obrobku nebo kotouče mají zanedbatelný vliv na rychlost řezného pohybu v . [1]

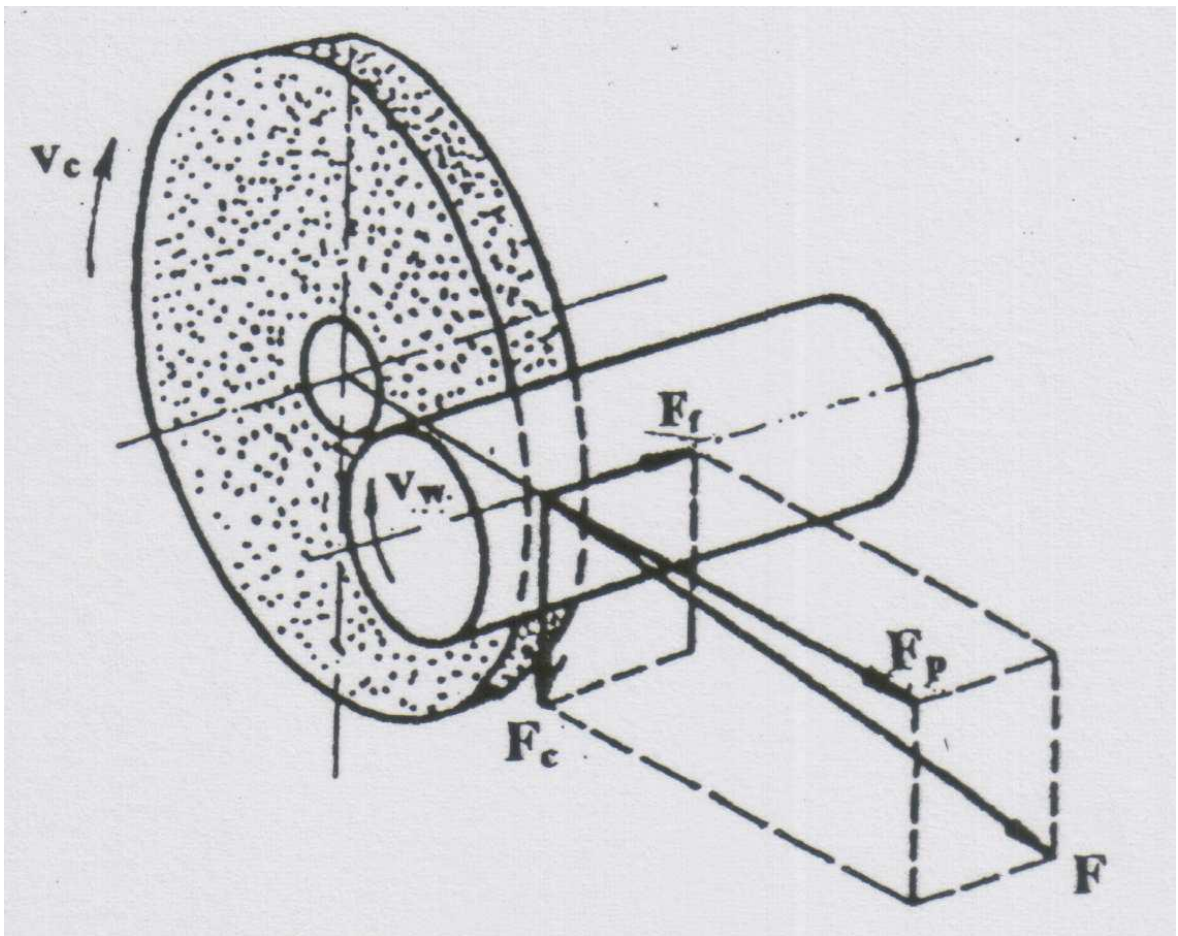
1.2 Řezné podmínky

Řezná rychlost (obvodová rychlost kotouče) se volí podle způsobu broušení a podle druhu pojiva. U běžného keramického pojiva se pro vnější broušení používá řezných rychlostí 30 až 35 m.s⁻¹, u moderních kotoučů do 100 m.s⁻¹. U řezacích kotoučů s pryskyřičným pojivem, vyztuženým skelnými vlákny, lze použít rychlosti i přes 100 m.s⁻¹. Pro rychlostní broušení se vyrábějí speciální kotouče s keramickou vazbou, umožňující brousit rychlostí až 120 m.s⁻¹. Podélný posuv obrobku při rotačním broušení se volí 0,3 až 0,5 šířky kotouče, při rovinném broušení až 0,7 šířky kotouče. Radiální přísuv kotouče do řezu se při hrubování volí 0,01 až 0,1 mm na zdvih, při broušení načisto do 0,01 mm. Pro zpřesnění rozměru broušené plochy se provede tzv. vyjiskřování, kdy se bez přísuvu ještě několikrát obrobek brousícím kotoučem přebrousí. Tím se vyrovnají pružné deformace soustavy stroj – nástroj – obrobek – upínač, způsobené řeznými silami a tepelnou roztažností. Obvodová rychlost obrobku se, v závislosti na materiálu obrobku a požadované jakosti povrchu, volí 20 až 40 m.min⁻¹. [2]

1.2.1 Řezné síly

Celková řezná síla F působící v obecném směru mezi broušícím kotoučem a obrobkem se rozkládá do tří vzájemně kolmých směrů. Ve směru řezné rychlosti leží řezná síla F_c , pasivní síla F_p je kolmá k broušené ploše a posuvová síla F_f působí ve směru podélného posuvu, tzn. kolmo na rovinu otáčení kotouče. [1]

Při broušení platí, že $F_p > F_c > F_f$ a $F_p/F_c = 1,2-3$.



Obr. 2 Rozložení řezných sil při obvodovém axiálním broušení do kulata [1]

1.3 Broušící nástroje

1.3.1 Brusivo

Brusivo je krystalická látka nebo hmota zrnitého, někdy mikrokrystalického složení, jejíž zrna jsou tak tvrdá, houževnatá a ostrohranná, že jimi lze obrušovat jiné hmoty. Brusivo

musí být při vysoké teplotě broušení chemicky inertní vůči obráběnému materiálu. Nejčastěji používaný materiál brusiva:

- přírodní – granát (označení G), diamant (D), křemičitý písek, pískovec,
- umělý – umělý korund Al_2O_3 (99A, 98A, 96A, 85A), karbid křemíku SiC (49C, 48C), karbid boru B₄C (B), kubický nitrid boru N₂B₃ (BN), diamant (D). [2]

1.3.2 Pojivo

Tvoří můstky mezi brousicími zrny a jeho vlastnosti významně ovlivňují tzv. „samoostření“ nástroje. Brousicí nástroje s keramickým pojivem jsou křehké a citlivé vůči nárazům a bočním tlakům. Řezné kapaliny jim neškodí a při dobrém skladování se jejich vlastnosti nemění. [1]

Kotouče z magnezitového pojiva jsou křehké, používají se pro jemný výbrus bez tepelného ovlivnění součásti. Pevnost se skladováním snižuje, škodí mu vlhko a kyselé prostředí.

Nástroje s pojivem z umělé pryskyřice jsou méně citlivé vůči nárazům a bočním tlakům, zvláště kotouče se sklo - textilní výztuží. Slouží k hrubování, broušení vnějších i vnitřních válcových ploch, rovinných ploch, řezání kovů, kamene a keramiky. [1]

Kotouče s pryžovým pojivem se používají na jemné ostření nástrojů, broušení a leštění.

Nástroje s polyuretanovým pojivem se používají pro jemné broušení a leštění.

Označení pojiv dle ČSN 224010:

Keramické	V	Umělá pryskyřice	B
Silikátové	S	Galvanické	G
Magnezitové.....	O	Metalické.....	M
Šlak.....	E	Magnezitové.....	Mg
Pryž	R		

1.3.3 Zrnitost

Zrnitost volíme dle požadované drsnosti broušeného povrchu součásti a materiálu, ze kterého je vyrobena. Čím vyšší jsou požadované drsnosti povrchu, tím jemnější je zrnitost. Pro větší úběr při broušení měkkých a houževnatých materiálu (mědi, mosazi, hliníku) volíme hrubší zrnitost. Označení zrnitosti podle ČSN ISO 525 (22 4503) koresponduje se světlostí ok třídících sít (v přepočtu ok na jeden anglický palec se rovná 25,4mm). Čím

vyšší je údaj zrnitosti, tím je kontrolní síto i zrno jemnější. To je podstatná změna značení proti ČSN 22 4501, kde byla zrnitost vyjádřena rozměrem brusných zrn (číslo zrnitosti $\times 10 =$ rozměr zrna v μm) [1].

Tab. 1 Značení zrnitosti

	Označení	
	ČSN 22 4501	ČSN ISO 525 (22 4502)
Velmi hrubá	250, 200, 160	Není
Hrubá	125, 100, 80, 63	4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 22, 24
Střední	50, 40, 32, 25	30, 36, 40, 46, 54, 60
Jemná	20, 16, 12, 10	70, 80, 90, 100, 120, 150, 180
Velmi jemná	8, 6	220, 240, 280, 320, 260, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200
Zvlášť jemná	4, 3, M32, M22, M15	Není

1.3.4 Tvrdost brusiva

Tvrdost brousícího kotouče je dána silou v brousícím kotouči jednotlivých zrn. Do jisté míry je závislá na podílu pojiva v brousícím kotouči a na velikosti lisovacího tlaku, kterým se brousící nástroj vytváří. Tvrdost se značí velkými písmeny abecedy. Čím je velké písmeno dále od začátku abecedy, tím je brousící nástroj tvrdší. [3]

Tab. 2 Značení tvrdosti

Velmi měkký	G, H	Není
Měkký	I, J, K	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K
Střední	L, M, N, O	L, M, N, O, P, Q
Tvrký	P, Q, R, S	R, S, T, U, V, W, X, Y
Velmi tvrdý	T, U	Není
Zvlášť tvrdý	V, W, Z	Není

1.3.5 Struktura

Čím méně pórů zbude v brusném nástroji, tím hutnější bude nástroj. Hutné kotouče brousí jemněji. Pórovité kotouče mají mezi zrny větší prostor na třísky, brousí „chladněji“. Nezašneží se třískami, roste výkon, hodí se také k broušení vnitřních ploch děr a k broušení na plocho, kde je velký styk kotouče s povrchem.

Podle normy ČSN 224011 struktura brusných nástrojů:

Označuje se čísly od 1- 15

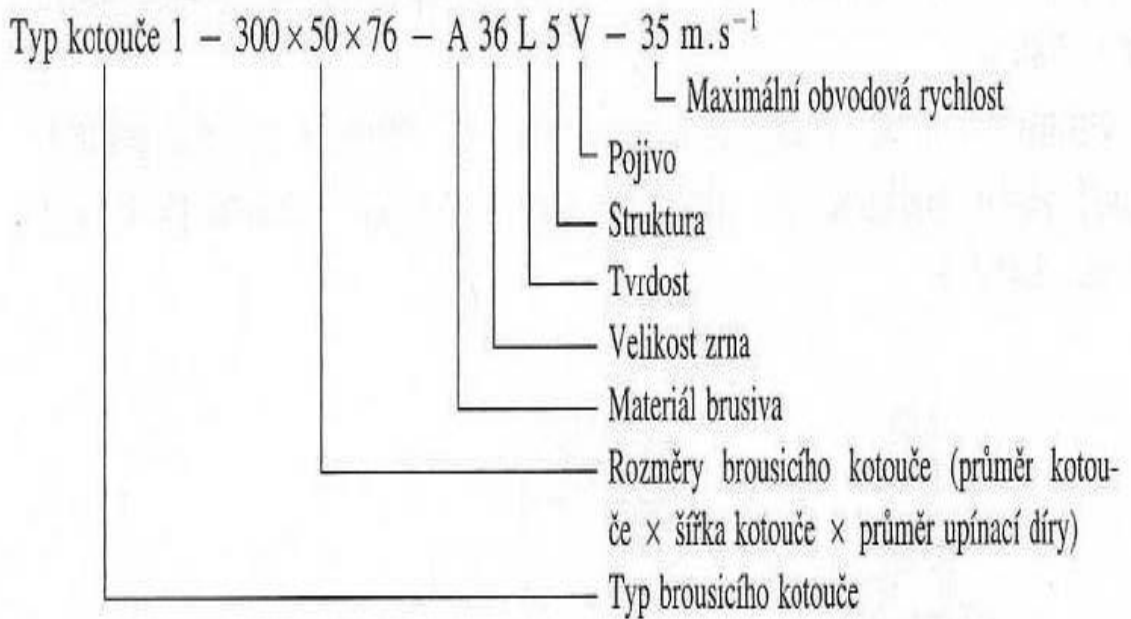
Velmi hutný	1,2
Hutný	3,4
Polohutný	5,6
Pórovitý.....	7,8
Velmi pórovitý.....	9,10
Zvláště pórovitý	11, 12, 13, 14,15

1.3.6 Označování brusných kotoučů

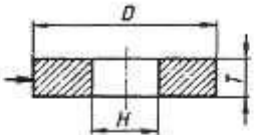
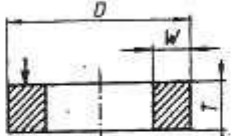
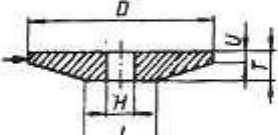
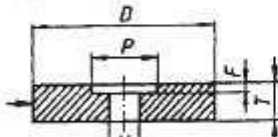
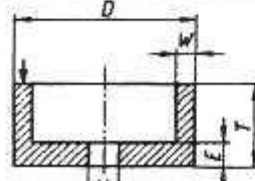
Brousicí kotouče se označují podle ČSN ISO 0525 z hlediska tvaru, rozměru, specifikace složení a maximální obvodové rychlosti. Označení tvaru brousicích kotoučů je dáno typem kotouče, doplněným u plochých kotoučů dle potřeby také označením profilu obvodu.

[1]

Příklad označení brousicího kotouče:



Tab. 3 Označování tvarů a rozměrů brousících kotoučů

Typ	Vyobrazení	Označení - charakteristika
1		Kotouče ploché Typ 1 – profil – D x T x H
2		Kotouče prstencové Typ 2 – D x T x W
3		Kotouče jednostranně zkosené Typ 3 – D/J... x T/U... x
5		Kotouče s jednostranným vybráním Typ 5 – D x T x H – P..., F
6		Kotouče hrncovité Typ 6 – D x T x H – W..., E

1.4 Základní metody broušení

Ve strojírenské výrobě se používá řada metod broušení. Z hlediska tvaru broušených ploch a způsobu práce můžeme broušení dělit:

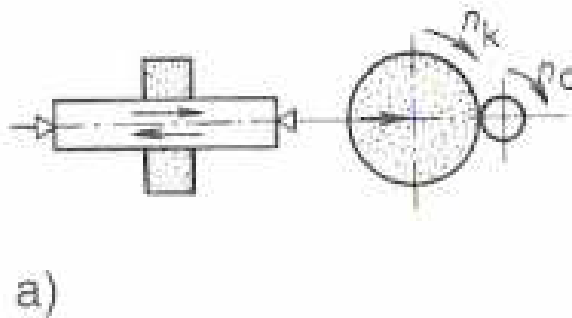
- Broušení do kulata vnějších ploch
 - broušení axiální
 - broušení hloubkové
 - broušení bezhroté
- Broušení do kulata vnitřních ploch
 - broušení axiální
 - bezhroté broušení
 - bezhroté broušení v tuhých opěrkách
 - planetové broušení

- Broušení rovinné
 - obvodem kotouče
 - čelem kotouče
- Broušení tvarové
 - tvarovými kotouči
 - kopírovacím způsobem
 - na NC a CNC brousících strojích

1.4.1 Broušení do kulata vnějších ploch

Axiální broušení

Používá se zejména při broušení dlouhých součástek. Obrobek se otáčí mezi hroty a koná současně posuvový rovnoběžný pohyb s osou obrobku, případně obrobek koná jen otáčivý pohyb a nástroj posuvový podél osy.

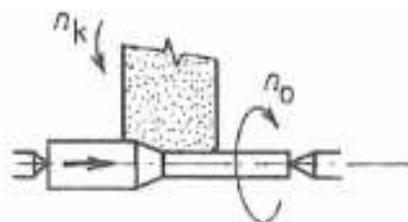


a)

Obr. 3 axiální broušení [2]

Broušení hloubkové

Je metoda broušení kotoučem nastaveným na rozměr, kdy se celý přídavek obrousí za jeden podélný zdvih stolu s malou axiální rychlostí posuvu. Výhodou broušení je, že větší část odebíraného materiálu odřeže malé množství brousících zrn. Tato metoda patří mezi nejproduktivnější.

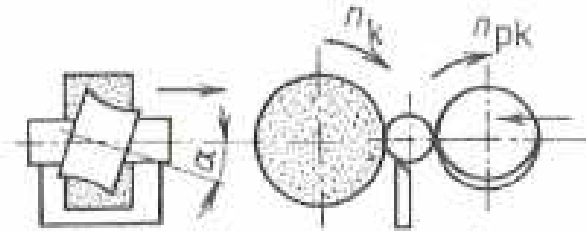


b)

Obr. 4 axiální hloubkové [2]

Bezhraté broušení

Používá se při broušení válcových nebo tvarových ploch. Je velmi produktivní a používá se zejména v sériové výrobě. Dílec není upnut, ale je vložen mezi brousící a podávací kotouč a je opřen opěrkou. Podávací kotouč se pomalu otáčí tak, aby obvodová rychlost obrobku byla 20-40m.min. [2]

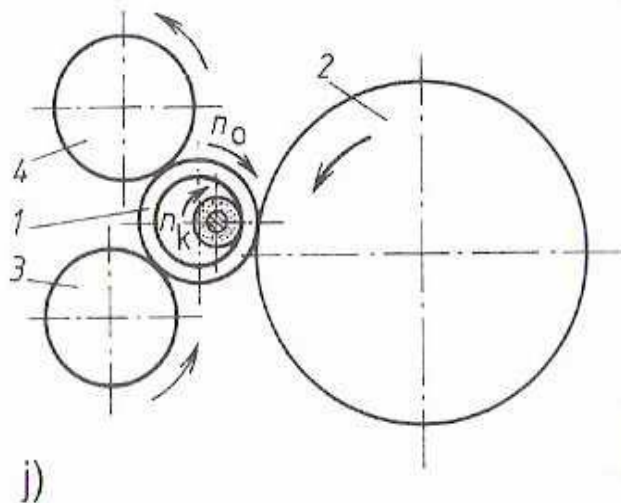


e)

Obr. 5 bezhraté axiální [2]

1.4.2 Broušení do kulata vnitřních plochBezhraté broušení

Součást se vkládá mezi kotouče 2,3 a 4 (obr. 6). Podávací kotouč 2 zabezpečuje polohu součásti, upínací kotouč se 4 přitlačuje a tím upíná součást během broušení. Takový způsob broušení se může použít jen u broušení součástí, které mají válcový vnější povrch souosý s broušeným vnitřním povrchem. Geometrické úchytky vnějšího povrchu součásti (hranatost, oválnost) vyvolá nepřesnosti při otáčení, protože se součást ustavuje podle vnějšího povrchu. Bezhraté vnitřní broušení zabezpečuje větší přesnost v porovnání s běžným vnitřním broušením, protože při tomto způsobu broušení řezné síly nedeformují broušenou část. [2]

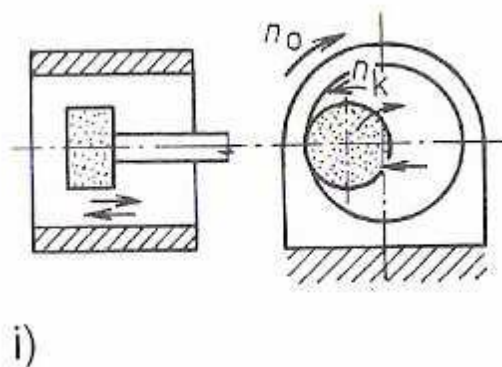


Obr. 6 vnitřní bezhroté [2]

1 – obrobek, 2, 3, 4 – podávací kladky

Planetové broušení

Při broušení děr v součástech, které nelze upnout na brusce na díry do sklíčidla nebo čelistí, se používá planetové broušení na planetových bruskách. Obrobek se upne pevně na stůl brusky a vřeteno s brousícím kotoučem se otáčí kolem vlastní osy obvodovou rychlostí a obíhá kolem osy broušené díry rychlostí a současně se pohybuje ve směru osy díry axiální rychlostí. Přesnost planetového broušení je menší, protože vřeteno má delší vyložení a je proto méně tuhé. [2]

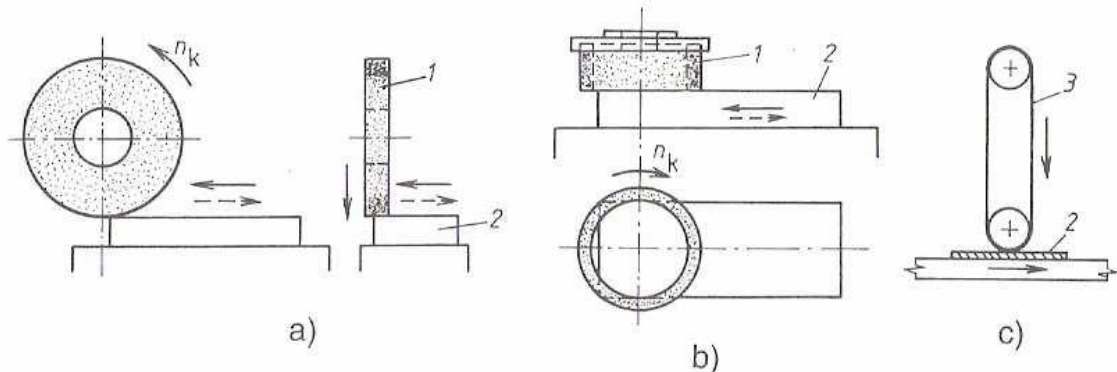


Obr. 7 planetové broušení [2]

1.4.3 Rovinné broušení

Je zakresleno na (obr. 8. a) Obrobek koná vratný přímočarý pohyb, jestliže je širší než brousící kotouč, posouvá se v úvrati ve směru osy kotouče. Zdali je obrobek užší, lze brou-

sit zápichovým způsobem. Při odbrušování větších přídavek na velkých plochách se rovinné plochy brousí čelem kotouče. Vřeteno brusky má svislou osu (obr. 8. b). [2]



Obr. 8 Rovinné broušení [2]

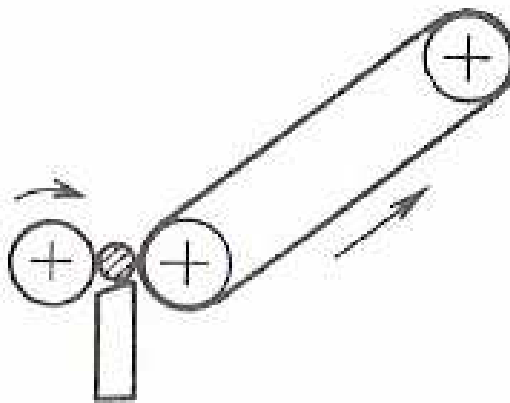
a) obvodem kotouče b) čelem kotouče c) brousícím pásem

1 – brousící kotouč, 2 – obrobek, 3 – brousící pás, n_k – otáčky brousícího kotouče

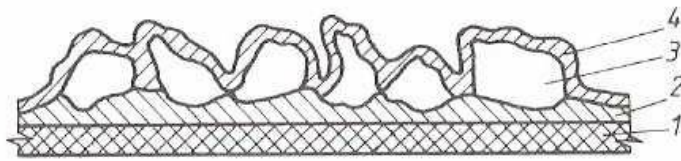
1.4.4 Tvarové broušení

Tvarové plochy se zápichovým způsobem brousí tvarovými brousícími kotouči, nebo se musí kotouči udělit pohyb, odpovídající broušenému tvaru buď kopírovacím způsobem, nebo numerickým řízením brusky.

Broušení brusnými pásy je poměrně nová metoda (obr. 9). Tato metoda umožňuje dosáhnout vysokou produktivitu práce a velmi dobrou jakost obrobeného povrchu. Uplatňuje se při broušení běžných materiálů i součástí z těžkoobrobitelných, vysoce legovaných ocelí a titanových slitin. Struktura pásu je zřejmá u (obr. 10). [2]



Obr. 9 Broušení brous. pásem [2]



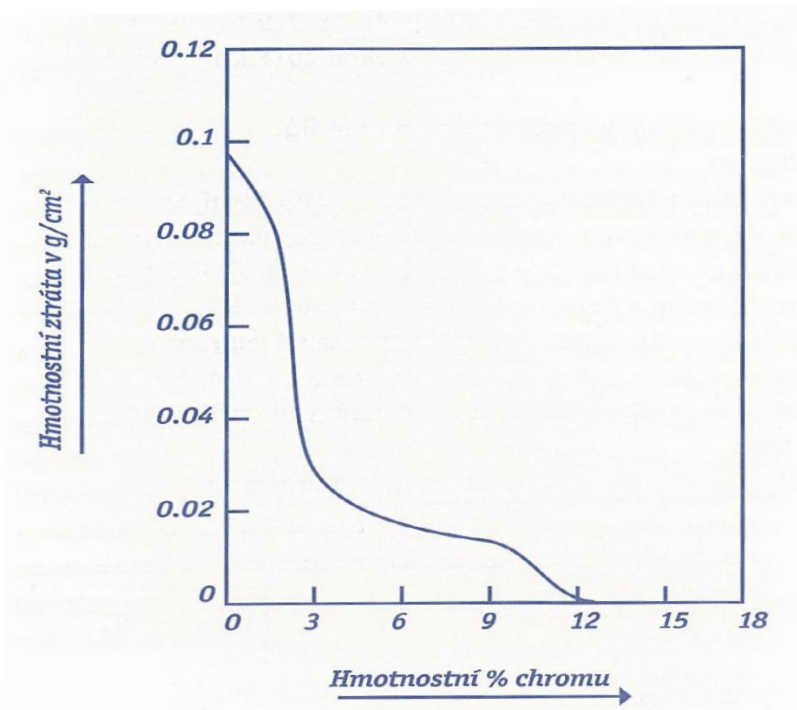
Obr. 10 Brousící pás [2]

1 – nosný pás, 2 – pojivo 3 – zrno brusiva,
4 - přetěr

Jako nosný pás se používá papír nebo textil. Brousící pás se vyrábí buď nasypáním brusiva na pás politý pojivem, nebo se brusivo nanáší v elektrostatickém poli. V druhém případě jsou zrna orientována delší osou kolmo k pásu a řezivost se tím zvýší. Pokud se při broušení používá chladicí kapalina, je pojivo i přetěr z umělé pryskyřice. Při pásovém broušení se používá v zásadě stejných řezných rychlostí jako u brousících kotoučů. [2]

2 VLASTNOSTI NEREZOVÝCH OCELÍ

Nerezové oceli jsou chromové slitiny se železem obsahující minimálně 10,5 % a maximálně 1,2% uhlíku, přičemž jejich odolnosti vůči korozi má primární důležitost.



Obr. 11 Koroze chromové oceli v průmyslovém prostředí podle Bindera a Browna [4]

Významné legující prvky pro nerezovou ocel jsou:

Chrom je nejdůležitějším legujícím prvkem nerezové oceli. Při podílu chromu více než 10,5% získáváme ocel odolnosti vůči korozi.

Molybden zlepšuje odolnost nerezové oceli vůči korozi. Zlepšuje rovněž odolnost nerezové oceli vůči důlkové korozi působením iontů chloru.

Titan se přidává do nerezových ocelí k vázání uhlíku a dusíku, čím se zlepšuje odolnost vůči mezikrystalické korozi.

Nikl při vysokém procentním obsahu niklu je austenitická ocel stabilní i při pokojové teplotě. Zlepšuje odolnost vůči korozi a je vedle chromu nejdůležitější legujícím prvkem pro austenitické oceli.

Uhlík jde o velmi silný austenitotvorný prvek, který se v oceli vyskytuje vždycky. Z důvodu možné koroze se procentní podíl uhlíku v nerezové oceli co nejvíce omezuje.

Dusík v austenitických jakostech oceli zvyšuje dusík pevnost, aniž by došlo k průběžnému snížení jejich tvářitelnost. Dusík má pozitivní vliv na odolnost vůči důlkové korozi.

Síra zlepšuje ve spojení manganem obrobiteľnost, ale přidáním síry snižuje odolnost vůči korozi, tvářitelnosti i svařitelnosti.

Jak je známo, u železa jsou rozlišeny dvě rozdílné struktury:

Při pokojové teplotě obsahuje nelegované železo ferit a tato struktura se při 910°C mění na austenit. Z tohoto důvodu se rozdělují na prvky stabilizující feritickou strukturu a prvky stabilizující austenitickou strukturu.

Nerezové oceli jsou v některých prostředích náchylné k místním druhům koroze (bodová, štěrbinová, mezikrystalická nebo korozní praskání). Ty však mohou být vyloučeny vhodným výběrem oceli pro dané podmínky.

Jestliže chrom, nikl, mangan a další slitinové prvky jsou v nerezových ocelích v poměrně větším množství, je základní prvek stále železo a jeho slitina s uhlíkem tzn. ocel.

Podle chemického složení a struktury rozdělujeme nerezové oceli do základních skupin:

- MARTENZITICKÉ
- FERITICKÉ
- AUSTENITICKÉ
- AUSTENITICKO – FERITICKÉ (duplexní)

2.1 Nerezové oceli

2.1.1 Martenzitická (kalitelná) nerezová ocel

Ke zlepšení korozní odolnosti lze použít legující prvek molybden. Vedle chromu (13%-18%) je nejdůležitějším legujícím prvkem uhlík.

Znakem této skupiny, která patří k nejdůležitějším je feriticko-austenitická přeměna ohřevu, která je způsobena přidáním austenitotvorných prvků jako např. uhlík. Na základě toho vzniká možnost tvrzení, případně zušlechťování. Aby se dosáhla úplná přeměna je nutná přítomnost při 13% chromu přítomnost minimálně 0,15% uhlíku a při 17% chromu je nutná minimálně 0,30% uhlíku.

Martenzitické nerezové oceli s procentním podílem uhlíku přibližně do 0,4% se dodávají a používají převážně v zušlechťeném stavu. Jakosti s vyšším obsahem uhlíku se převážně dodávají ve stavu žíhaném na měkko a po tváření se vytvrzují. Tepelné zpracování se pro-

vádí v austenitizaci, zakalení a popouštění. Austenitizační teplota je závislá na procentním podílu uhlíku, kde leží mezi 980-1100°C. Kalení se provádí v oleji nebo ve vzduchu. (případně při vysokém tlaku dusíkem ve vakuové peci). Při popouštění při nízkých teplotách se teplota pohybuje mezi 180-240°C, při vysokých teplotách mezi >600°C. Jestliže je složení stejné, vyšší žíhací teplota má negativní vliv na odolnost proti korozi.

Korozní odolnost martenzitických nerezových jakosti oceli poněkud nižší než u feritických ocelí. Ke zlepšení korozní odolnosti může být po tepelném zpracování nezbytné u výrobků provést moření a pasivaci, aby se u nich docílil kovově lesklý povrch. [4]

2.1.2 Feritická nerezová ocel

Nejdůležitějším legujícím prvkem pro feritické nerezové jakosti oceli je chrom (10,5-30%) jako legující přísadu nepoužít i molybden, titan nebo síru. Procentní podíl uhlíku je obecně < 0,08. Feritické nerezové oceli mají díky tomuto složení od momentu tuhnutí až po pokojovou teplotu převážně feritickou strukturu. Tím, že nedochází k austeniticko-feritické přeměně, nejsou feritické nerezové jakosti oceli termicky kalitelné. Zvýšit pevnost je tedy možné pouze tvářením za studena.

Feritické jakosti oceli lze vynikajícím způsobem leštit. Leštění na vysoký lesk je rozhodně možné. Výjimkou jsou titanem stabilizované typy. Přidaná titan vytváří společně s přítomným uhlíkem tvrdé karbidy titanu, které se během leštění odlamují z povrchu, způsobují vrypy. Dlouhodobé používání feritických nerezových ocelí v teplotní oblasti od 400°C do 850°C nedoporučujeme. Důvody jsou takové, že slitiny železa/ chromu >13% chromu jsou citlivé na křehkost při 475°C. Citlivost se vyznačuje snížením tažnosti a vrubové houževnatosti, ke kterému dochází používáním materiálu v teplotní oblasti od 400°C do 550°C.

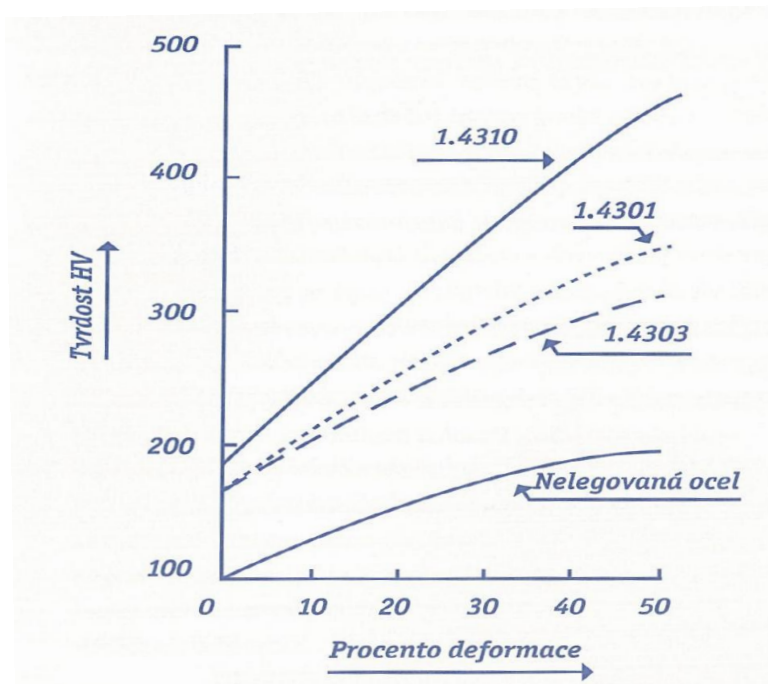
Vzhledem k průměrné odolnosti vůči korozi jsou feritické jakosti oceli používány v ne příliš agresivním prostředí (spotřebiče pro domácnost, dílech strojů apod.). Pro zlepšení korozní odolnosti můžeme přidat molybden. [4]

2.1.3 Austenitická nerezová ocel

Jsou nejpoužívanější nerezové oceli (stavebnictví, potravinářském, chemické průmyslu). V austenitické nerezové oceli je kromě chromu nejdůležitějším legujícím prvkem nikl. Nikl stabilizuje austenit vytvořený při vysoké teplotě, který zůstává zachován i při nižších teplotách. Ve slitině s 18% chromu postačuje 8% niklu k tomu, aby se zachovala austenitická struktura až po pokojovou teplotu. Austenitická struktura není feromagnetická, takže

pomocí magnetu lze okamžitě zjistit rozdíl mezi feritickou, martenzitickou a duplexní jakostí oceli na straně jedné a austenitické jakosti, žíhané nad teplotou hranice přeměn na straně druhé. [4]

Mají ze všech základních tříd nejvyšší korozní odolnost, kterou lze zvyšovat přidáním molybdenu a mědi. Významnou vlastností je tažnost a houževnatost.



Obr. 12 Chování některých typů nerezové oceli při zpevňování tvářením za studena ve srovnání s nelegovanou ocelí [4]

Za účelem získání různých vlastností se základní složení upravuje přidáním dalších prvků s cílem zvýšení:

- celkové korozní odolnosti (chróm, molybden, měď, křemík, nikl)
- mechanických vlastností (dusík)
- obrobiteľnosti (síra, selen, fosfor, olovo, měď)
- odolnosti proti praskavosti svarů (mangan)
- odolnosti proti bodové a štěrbinové korozi (molybden, křemík, dusík)
- odolnosti proti koroznímu praskání (omezení obsahu fosforu, arzenu, antimonu)
- pevnosti při tečení (molybden, titan, niob, bór)
- žáruvzdornosti (chróm, hliník, křemík, nikl)

2.1.4 Austeniticko-feritická (duplexní) nerezová ocel

Jsou nerezové jakosti ocelí se strukturou, která se po rozpouštěcím žíhání a vytvrzení se skládá 50% austenitu a 50% feritu. Hodnoty složení jsou:

chrom 18,5-28%

nikl 3,5-8%

uhlík < 0,10%

Do většiny typů duplexní nerezové oceli se přidávají prvky molybdenu (1,5-4,5%) a dusík (do 0,35%). Duplexní nerezové jakosti oceli v sobě spojují některé vlastnosti feritických a austenitických jakostí:

- vysoká mez v tahu
- nízký koeficient roztažnosti
- přechod z houževnatého na křehké lomové chování při nižší teplotě než u feritických jakostí

Z důvodů lepší odolnosti, lze duplexní nerezovou ocel mnohostranně uplatnit jako náhradu austenitických nerezových ocelí. Díky vyšší pevnosti lze duplexní ocel konstruovat s menší hmotností, což vede k úspoře hmotnosti. Maximální provozní teplota je omezena na 280°C.

Díky dobré odolnosti se v současné době duplexní nerezové jakosti oceli uplatňují zejména v chemickém průmyslu, při použití v pobřežních vodách, těžbě ropy plynu a do součástí zařízení na odsiřování spalin. [4]

2.2 Povrchové úpravy

Ke zlepšení odolnosti vůči korozi je třeba odstranit oxidovou vrstvu, aby mohla vzniknout správná chromoxidová vrstva. Odstranění oxidové vrstvy dosáhneme dvěma metody a to:

1. Mechanické metody - broušení, leštění, kartáčování, omílání
2. Chemické metody - elektrolytické leštění, elektrolytické moření, moření a pasivování

2.2.1 Značení a popis povrchu

Úprava povrchu je důležitou částí v tom zda se objeví nebo neobjeví koroze. Před každou úpravou musí být povrch čistý a opatřen chromoxidovou vrstvou. Při použití nerezových ocelí jsou kladeny speciální požadavky na povrchovou úpravu. Můžeme jmenovat např. v architektuře a umění nebo funkční požadavky v potravinářském průmyslu, za účelem

dezinfekce a jednoduchosti čištění. Nerezová ocel se dodává ve velkém množství povrchových úprav.

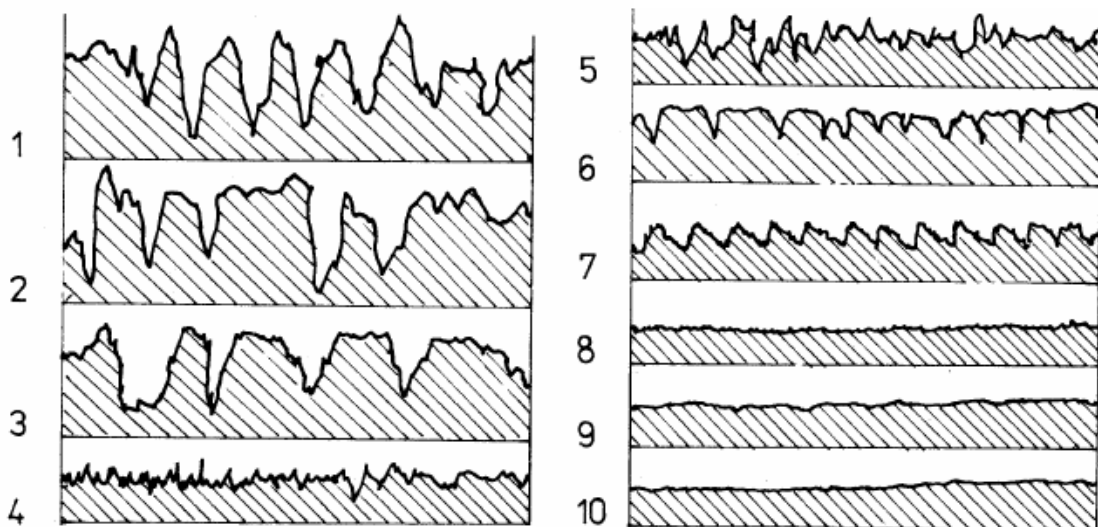
Tab. 4 Plechy – značení a popis povrchu [5]

PLECHY – ZNAČENÍ A POPIS POVRCHU			
DIN	ASTM	ČSN	VZHLED, VÝROBA
II a	1	XX XXX . 2	Povrch kovově šedý, válcovaný za tepla, mechanicky nebo chemicky odkujený
III c	2B	XX XXX . 4	Povrch hladký, matně lesklý po doválcování za studena, mechanicky nebo chemicky odkujený, válcovaný za studena, tepelně zpracovaný, mořený a lehce za studena doválcovaný, možno nalepit PVC
III d	BA	XX XXX . 5	Povrch oboustranně zrcadlově lesklý, mechanicky nebo chemicky odkujený, válcovaný za studena, leskle žíhaný a lehce za studena převálcovaný, jednostranně nebo oboustranně pokryto PVC – fólií
IV, K240, K400	4 – 6		Povrch jednostranně nebo oboustranně broušený – jemnost brusů se vyjadřuje velikostí zrna brusného papíru K 36 – K 400 – nejčastěji K 240 /standard/, K 400 /jemný brus/, mořený, lehce za studena převálcovaný, kartáčovaný, jednostranně nebo oboustranně

3 HODNOCENÍ JAKOSTI POVRCHU

Drsnost povrchu definovanou na výkrese, můžeme považovat za limitní hodnotu, která se má v technologickém procesu obrábění dosáhnout. Jednoduchý geometrický přístup k identifikaci makrogeometrie obrobeného povrchu vychází z kopírování tvaru řezného klínu na obrobený povrch.

Při obrábění nástroji, které mají více řezných klínů, je výsledná drsnost povrchu určena dalšími vlivy jako je házení frézy a přesazení jednotlivých zubů při frézování, velikost a poloha jednotlivých zrn na brousícím kotouči. U některých druhů obrábění např. při zapichovacím soustružení tvarovými noži, je výsledná drsnost daná kopírováním nerovností řezné hrany nástroje. [6]



Obr. 13 Profil obrobeného povrchu při různých metodách obrábění

1 – soustružení, 2 – vrtání, 3 – frézování, 4 – broušení, 5 – vystružování, 6 – protahování, 7 – soustružení diamantem, 8 – honování, 9 – lapování, 10 – superfinašování

Při posuzování jakosti povrchu součásti rozlišujeme:

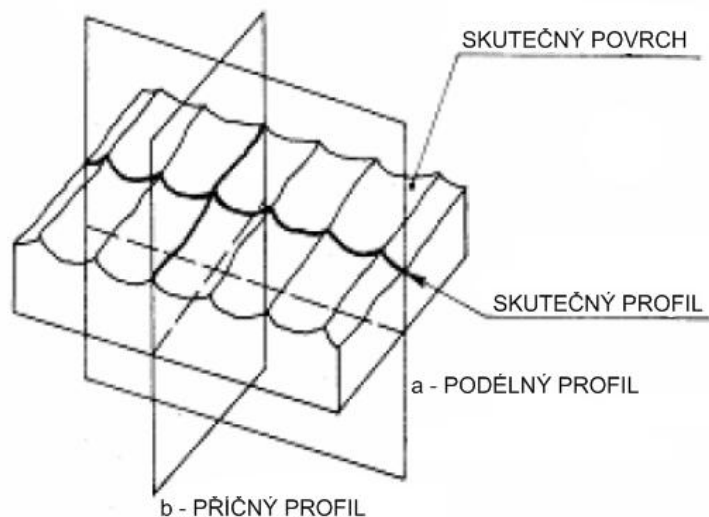
- drsnost povrchu
- vlnitost (rovinnost) povrchu
- druh povrchu

3.1 Drsnost povrchu

Drsnost je souhrn nerovností povrchu s relativně malou vzdáleností, které nevyhnutelně vznikají při výrobě nebo jejím vlivem. Do drsnosti se nepočítají vady povrchu, tj. náhodné

nepravidelné nerovnosti, které se vyskytují jen ojediněle (rysky, trhlinky, důlky apod.) a které vznikají vadami materiálu, poškozením. [7]

Podle převládajícího směru nerovností se drsnost posuzuje v příčném nebo podélném směru. Parametry drsností se vyhodnocují na skutečných profilech, které se získávají jako průsečnice kolmé popř. šikmé roviny se skutečným povrchem. [7]



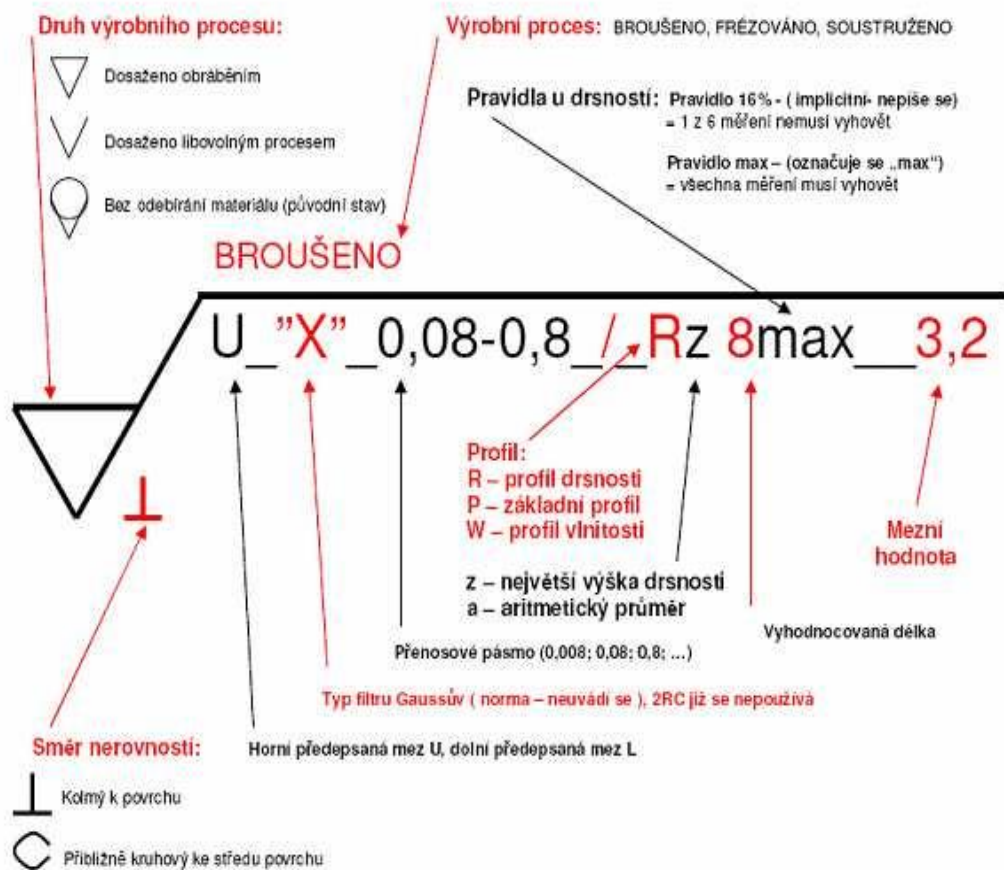
Obr. 14 Příčná podélná drsnost profilu

Stupeň drsnosti plochy se určuje porovnáním nebo změřením profilu, který vznikne vhodně vedeným rovinným řezem přístroji založenými na mechanických, optických nebo elektromechanických principech. Při určování stupně drsnosti porovnáváním, srovnáme obrobek s plochou, jejíž stupeň drsnosti známe nebo se speciálními vzorky, uspořádanými do vzorkovnice. Porovnává se buď přímo okem a hmatem nebo se použije mikroskopu.

3.1.1 Vlnitost povrchu

Vlnitost povrchu je rozlehlejší periodická nerovnost povrchu. Nejčastěji je způsobena společným působením soustavy stroj – nástroj – obrobek. Posuzujeme ji podle toho, jak byl dodržen předepsaný geometrický tvar plochy v celém jejím rozsahu. Mnohem snadněji se dosahuje u obrobků povrchu o vysokém stupni hladkosti než vlnitosti (stejnóměrnosti).

3.1.2 Značení drsnosti



Obr. 15 Kompletní značení drsnosti povrchu podle ČSN EN ISO 1302

3.2 Základní parametry povrchu

Norma ČSN EN ISO 4287 definuje následující parametry:

3.2.1 Posuvové parametry

Základní délka l_p , l_r , l_w – délka ve směru osy X použitá pro rozpoznání nerovností charakterizujících vyhodnocovaný profil.

· Vyhodnocovaná délka l_n – délka ve směru osy X použitá pro posouzení vyhodnocovaného profilu. Může obsahovat jednu nebo více základních délek. [8]

3.2.2 Geometrické parametry

P-parametr parametr vypočítaný ze základního profilu.

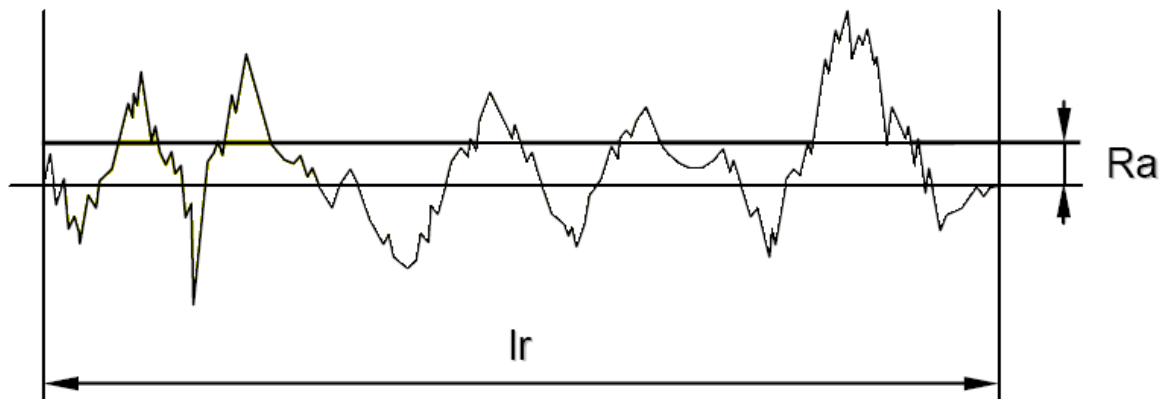
R-parametr parametr vypočítaný z profilu drsnosti.

· W-parametr parametr vypočítaný z profilu vlnitosti.

3.2.3 Výškové parametry

Průměrná aritmetická úchylka profilu P_a , R_a , W_a – aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky:

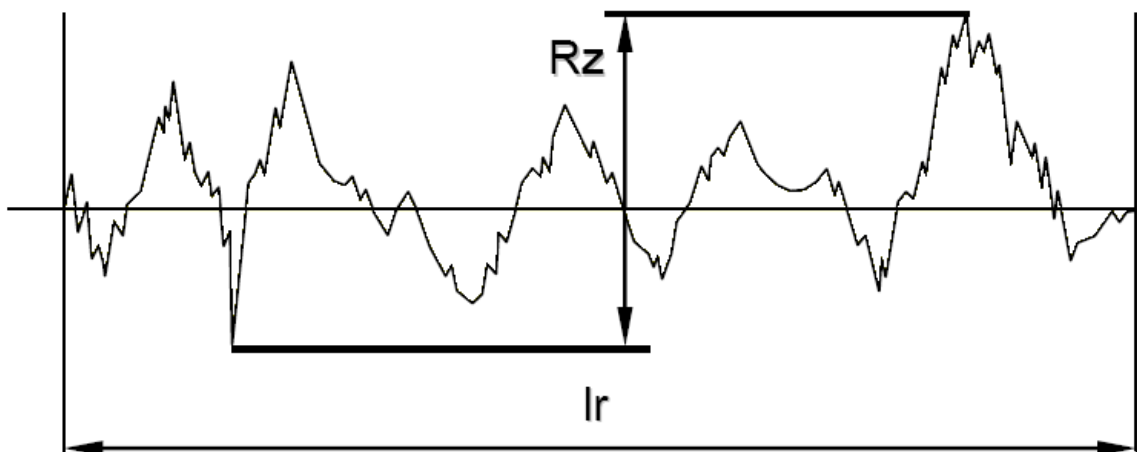
$$P_a, R_a, W_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad [8]$$



Obr. 16 Průměrná aritmetická úchylka profilu [8]

Největší výška profilu P_z , R_z , W_z – součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky

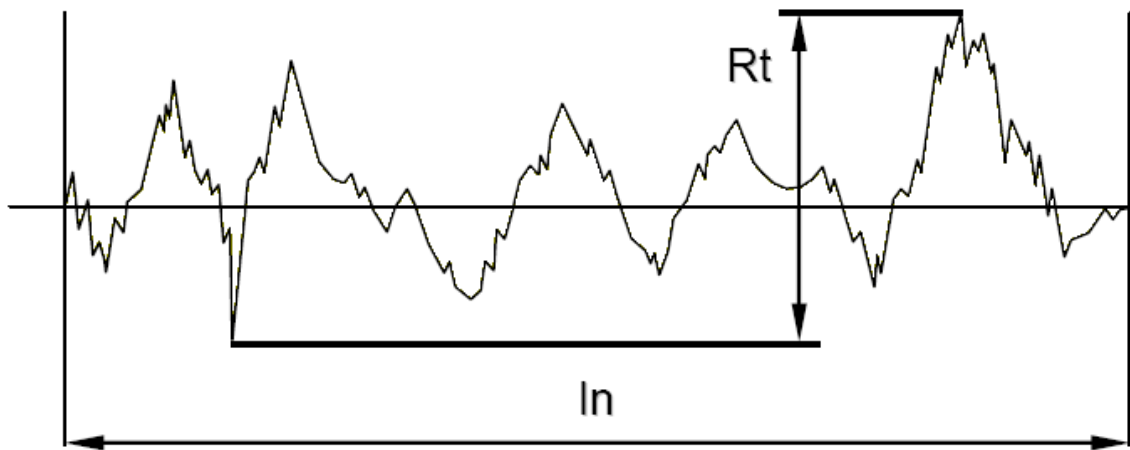
$$P_z, R_z, W_z = Z_p + Z_v \quad [8]$$



Obr. 17 Největší výška profilu [8]

Celková výška profilu P_t , R_t , W_t – součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky:

$$P_t, R_t, W_t = Z_p + Z_v \quad [8]$$



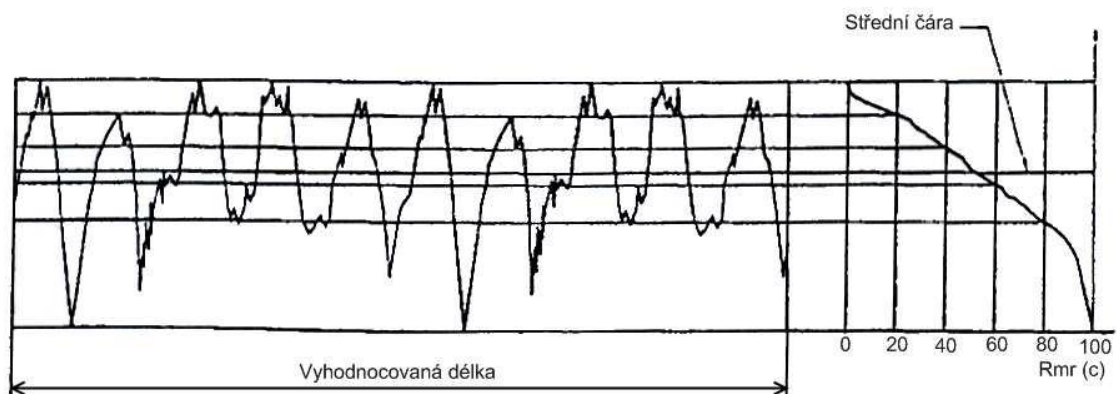
Obr. 18 Celková výška profilu [8]

3.2.4 Tvarové parametry

Materiálový poměr profilu (nosný podíl) $Pmr(c)$, $Rmr(c)$, $Wmr(c)$, – poměr délky materiálu elementů profilu $Ml(c)$ na dané úrovni c , k vyhodnocované délce:

$$Pmr(c), Rmr(c), Wmr(c) = \frac{Ml(c)}{ln} \quad [8]$$

Křivka materiálového poměru profilu (nosná křivka) – křivka představující materiálový poměr profilu v závislosti na výšce úrovně. [8]



Obr. 19 Křivka materiálového poměru [8]

3.2.5 Délkové parametry

Průměrná šířka prvků profilu Psm , Rsm , Wsm – aritmetický průměr šířek Xs prvků profilu v rozsahu základní délky:

$$Psm, Rsm, Wsm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Xs_i \quad [8]$$

3.3 Měření drsnosti

Pro praktické zjišťování hodnot drsnosti povrchu existuje řada metod, z nichž je nejpoužívanější dotyková metoda. Tato metoda využívá ostrého hrotu, který se v daném směru posouvá po povrchu, a tím získáme, o jaký profil povrchu se jedná obr. 20. Pohyb hrotu se přemění na elektrický signál a měřicí přístroj získává úchyly ve formě profilu povrchu, který je schopen zaznamenat a také vypočítat parametry struktury povrchu.

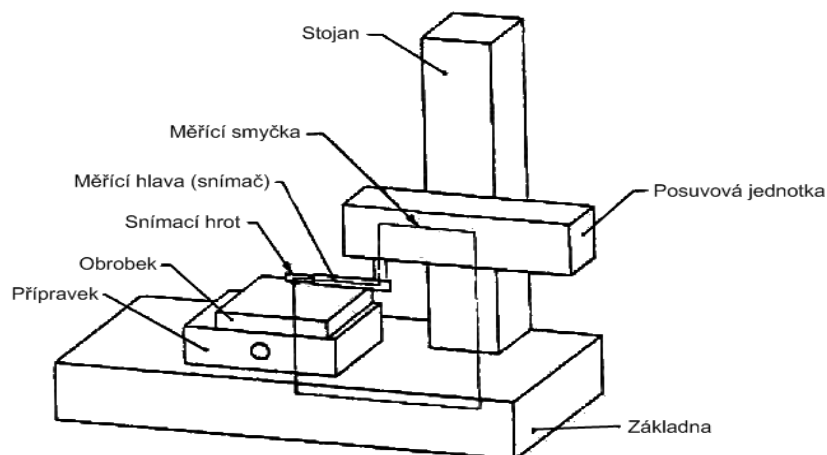
Metodou lze zjišťovat číselné hodnoty a normalizovaných i nenormalizovaných charakteristik drsnosti povrchu.

Snímání profilu měřeného povrchu může být:

- Absolutní – měřená základna je velmi přesná dráha snímače (do měřené hodnoty se promítá drsnost, vlnitost i úchyly přímosti).
- Relativní – měřená základna je dráha generovaná kluznou patkou klouzající po měřeném povrchu.

Měřicí přístroje dělíme podle principu, které pracují:

- Mechanické – profiloměry, profilometry, profilografy.
- Elektricko-mechanické – piezoelektrické, induktivní.
- Optické – interferenční, světelné řezy.



Obr. 20 Schéma měřicí smyčky

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 BROUŠENÉ VZORKY

Pro broušení bylo použito nerezových vzorků materiálu 1.4301(17240) ve tvaru obdélníku o rozměrech 200x50x6 válcovaného za studena, 200x50x10 válcovaného za tepla, které byly připevněny k pracovnímu stolu pásové brusce PBM20. Použité typy brusiva:

Brusné plátno SAITEX 3AX 150x520 P50, P80 a P120.

Po broušení bylo provedeno měření drsnosti povrchu, u každého vzorku vždy na 10-ti místech.



Obr. 21 Vzorek nerezky válcované za studena



Obr. 22 Vzorek nerezky válcovaný za tepla

Dále vzorky hřídele z materiálu 1.4301; 1.4122; 1.4462 o drsnosti, které se brousily univerzální hrotovou brusku BUA 25 upevněné mezi hroty.

Brousící kotouč:

400x50x127 A99B 80 K 9V materiál 1.4301

400x50x127 A99B 80 K 9V materiál 1.4122

400x50x127 A99B 60 K 9V materiál 1.4462

Typ broušení s vyjiskřováním těsně před vyjiskřováním proběhlo orovnění brusného kotouče. Po broušení bylo provedeno měření drsnosti povrchu, u každého vzorku vždy na 8 různých místech.



Obr. 23 1.4301



Obr. 24 1.4462



Obr. 25 1.4122

4.1 Materiály vzorků

Materiály vzorků jsou oceli, jejich označení je uváděno dle normy EN 10027-2

4.1.1 Nerezová ocel 1.4301 (17240)

Charakteristika: Dobře tvářitelná, dobře lešitelná, dobrá odolnost vůči korozi, dobré houževnaté vlastnosti. Také svým nízkým procentem uhlíku není dále tato jakost náchylná k mezikrystalické korozi.

Mechanické vlastnosti: $R_m = 550-770 \text{ Mpa}$; $R_{p\ 0,2} = 250$; $A[50\%] = 18$ [4]

Použití: v potravinářském průmyslu (masný, mlékárenský, pivovarnický), v chemickém průmyslu (prostředí oxidační povahy), ve zdravotnictví, v architektuře (ozdobné prvky, zábradlí, fontány apod.)

Nevýhody: malá až špatná obrobiteľnosť, spôsobená veľkou houževnatostí, špatná tepelná vodivost a vysoká míra zpevnění

4.1.2 Nerezová ocel 1.4122 (17042)

Charakteristika: v zušlechťeném stavu odolná proti popouštění do 660°C a tím je vhodná na části strojů a náradí, které musí fungovat při zvýšených teplotách.

Mechanické vlastnosti: $R_m = 900 \text{ Mpa}$; $R_{p\ 0,2} = 550$; $A[50\%] = 18$ [4]

Použití: hřídele, vřetena, plunžrové písty,

Nevýhody: svaření této jakosti se nedoporučuje, zejména ve spojitosti s rizikem.

4.1.3 Nerezová ocel 1.4462 (17352)

Charakteristika: vynikající odolnost vůči lokálním zasažením, jako důlkové a štěrbinové korozi. Lze dobře obrábět, podíl feritu ve struktuře však zapříčiňuje větší opotřebení břitů,

čímž používané rychlosti řezu jsou v podstatě ve stejném řádu jako u austenitických kvalit. Dobře svařitelná do tloušťky 15mm. Garantovaná mez pružnosti 450N/mm^2

Mechanické vlastnosti: $R_m = 680-880\text{ Mpa}$; $R_{p\ 0,2} = 450$; $A[50\%] = 25$ [4]

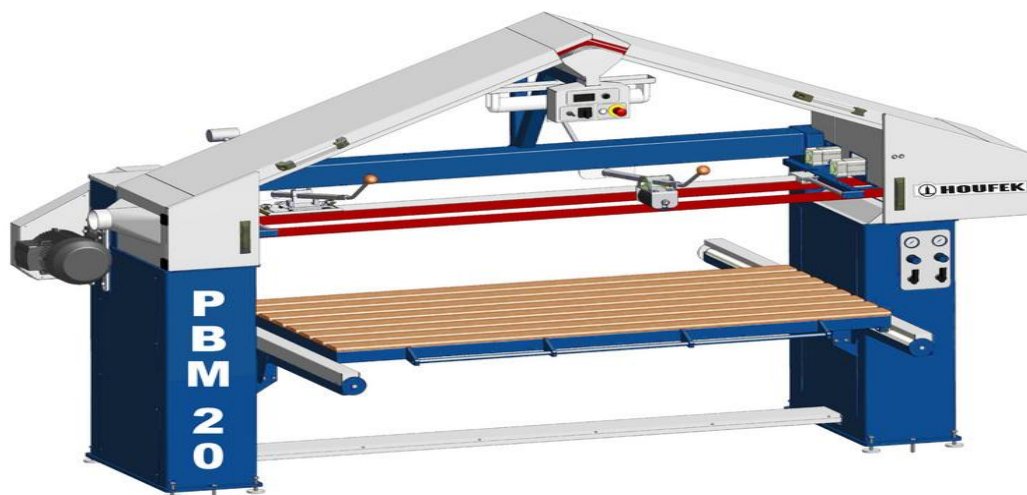
Použití: zařízení průmyslu chemického, textilního, farmaceutického a papírenského, vhodná pro neoxidační prostředí obsahující silné organické kyseliny při středních až vyšších koncentracích a vyšších teplotách.

Nevýhody: vzhledem k austenitické oceli je tvářitelnost menší. Při ohybovém opracování je třeba počítat s větším zpětným odpružením, vyšší silou procesu a vyšším opotřebením nástrojů.

5 BROUŠENÍ VZORKŮ

5.1 Pásová bruska na kov PBM 20

Pásová bruska se používá pro broušení na hrubo, na jemné broušení, případně leštění plechů a svařovaných konstrukce z oceli a nerezové oceli. Pás se automaticky napíná pneumatickými válci. Brousící pásy jsou napnuty mezi třemi napínacími a vodícími bubny a díky jejich zvětšené délce se lépe chladí. Díky tomuto uspořádání je také umožněn lepší výhled do pracovního prostoru a z toho plynoucí zvýšena bezpečnost obsluhy. Stroj je možné doplnit o rotační upínací přípravek usnadňující manipulaci s tvarově komplikovanějšími a objemnějšími obrobky mezi jednotlivými brousícími operacemi. [9]



Obr. 26 Bruska pásová PBM 20 [9]

Tab. 5 Parametry pásové brusky PBM20 [9]

Délka brousícího pásu	7200 mm
Šířka brousícího pásu	max.150 mm
Rychlost brousícího pásu	8-30 m/s
Rozměry pracovního stolu	1000 x 2000 mm
Otáčky	1400 ot./min
Výkon	4kW
Rozměry (d x š x v)	3900 x 4200 x 2100 mm
Hmotnost	1750 kg

5.2 Universální hrotová bruska BUA 25

Universální hrotová bruska BUA 25 s elektronicky řízeným přísuvem je určena pro broušení válcových a kuželových ploch. Umožňuje i broušení čel obrobku buď stranou brousícího kotouče nebo jeho obvodem při upnutí součásti letmo a natočení unášecího vřeteníku o 90°.

Brousící vřeteník je oboustranně natáčivý. Umožňuje brousit šikmým zapichovacím způsobem ve směru natočení. Obrobky se upínají mezi neotočné hroty unášecího vřeteníku a koníku, v případě potřeby letmou tří-čelistního sklíčidla nebo na magnetickou upínací desku. V tělesu koníku je výstředně uložena pinola, kterou lze v malém rozsahu vyosít a tím přesně nastavit válcovitost součástí. Na vrchní ploše tělesa koníku je upevněn orovnač brousícího kotouče. [10]



Obr. 27 Universální hrotová bruska BUA25

Tab. 6 Parametry universální hrotové brusky [10]

Parametry	Jednotky	Hodnota
Rozměr	mm	3000x2300x1600
Hmotnost	kg	3000
Brousící kotouč	mm	400x40x203
Maximální broušená plocha	mm	630
Maximální broušený průměr	mm	250
Oběžný průměr	mm	280
Vzdálenost hrotů	mm	630
Rychlost stolu plynule říditelná	m/min-1	0,05-6,5
Otáčky brousícího vřetena	min-1	2036

6 MĚŘENÍ DRSNOSTI

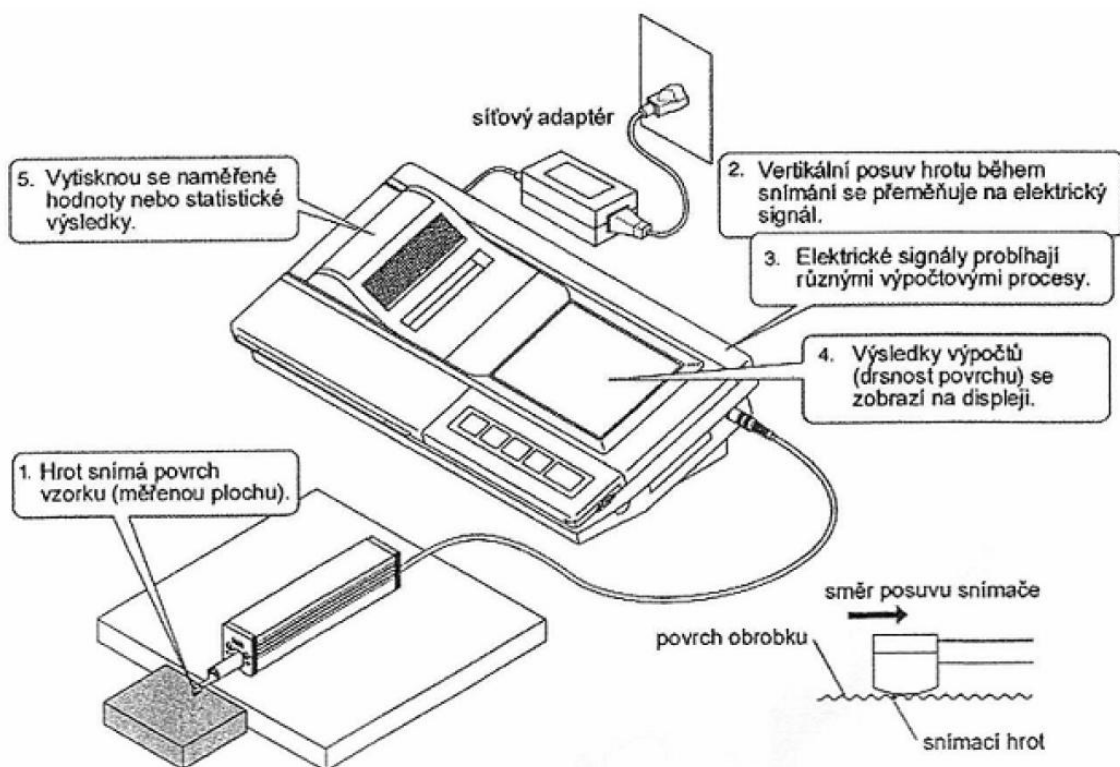
U každé broušené plochy zkušebního vzorku bylo provedeno deset měření drsnosti povrchu na různých místech plochy vzorku. Měřené parametry drsnosti povrchu byly R_a , R_z , R_{sm} , R_{mr} .

Hodnota $\lambda_c = 0,25$ mm byla nastavena na drsnoměru jako hodnota konstantní pro všechna daná měření.

6.1 Přístroj na měření drsnosti povrchu Mitutoyo SJ-301

Tento přenosný měřicí přístroj je určený k měření povrchu především v dílenském prostředí. Snímacím hrotem o průměru $2 \mu\text{m}$ dokáže měřit drsnost 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.

Snímací hrot tohoto přístroje zaznamenává i nejjemnější nepravidelnosti povrchu vzorku. Drsnost 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. [11]

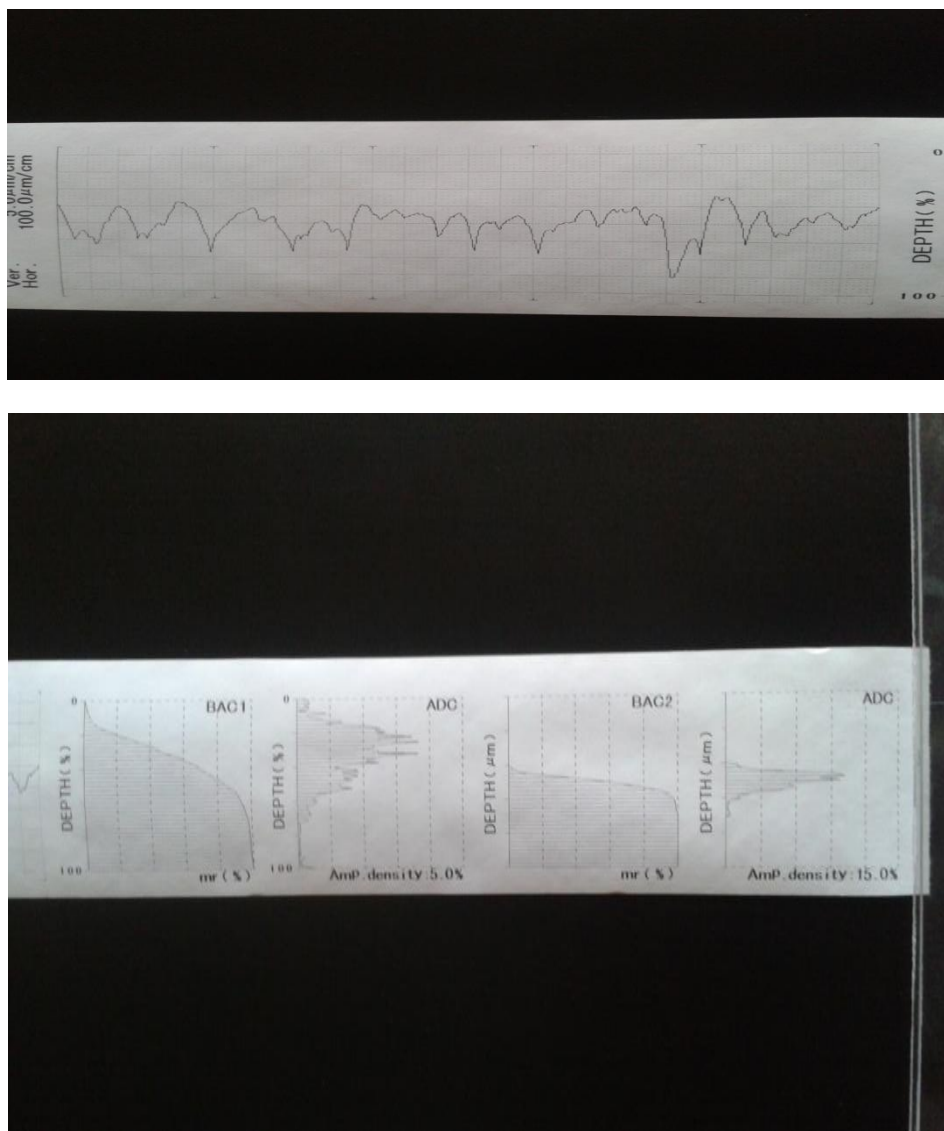


Obr. 28 Schéma měřicího přístroje Mitutoyo SJ-301 [11]



Obr. 29 Detailní záběr při měření drsnosti daného vzorku

Mitutoyo	SurfaceScanner S301
DATE	2012/04/13
TIME	13:44:03
STANDARD	ISO1997
PROFILE	R
FILTER	GAUSS
λ_c	0.25mm
N	5
RANGE	AUTO
SPEED	ESC
PRE/POST	ON
PARAMETER	
R_{mr}	PEAK
REF	50%
C.LEVEL	5%
R_{Pc}	
R_{Sm}	
C.LEVEL	
R-PROFILE	
λ_c	0.25mm
N	5
R_a	1.47 μ m
R_z	7.51 μ m
$RS_m(5\%)$	100 μ m
$R_{mr}(P.50\%)$	85%
R-PROFILE	
$\lambda_c=0.25mm \times 5$	
	$\rightarrow \times 2K$
	$\times 100$



Obr. 30 Průběh měření drsnosti na drsnoměru Mitutoyo SJ-301

7 NAMĚŘENÁ DATA A PREZENTACE VÝSLEDKŮ

7.1 Měření

Drsnost povrchu se měřila tak, že byla pomocí dotykového přístroje Mitutoyo změřena průměrná aritmetická úchylna profilu Ra, největší výška profilu Rz, průměrná šířka prvků profilu drsnosti Rsm. a materiálový podíl Rmr. Hodnoty byly měřeny u každé broušené plochy vždy desetkrát a to v příčném směru, tedy ve směru kolmém na řezný pohyb. Pokud by měřená drsnost byla v podélném směru, ve směru řezného pohybu, byly by její hodnoty velmi nízké, protože hrot měřicího přístroje by měřil „v drážkách“ po řezném nástroji. Pro praxi jsou důležité větší naměřené hodnoty v příčném směru.

7.1.1 Nerezové válcované plechy 1.4301

- u každého plechu bylo zkoumáno brusné vlastnosti při konstantní posuvné rychlosti a různé zrnitosti

Tab. 7 Naměřené hodnoty o zrnitosti P50 válcované za tepla

Počet měření	Ra (v μm)	Rz (v μm)	Rsm (v μm)	Rmr (v %)
1	1,47	7,51	100	85
2	2,2	10,06	105	76
3	1,6	8,41	88	90
4	1,93	11,09	77	90
5	1,36	6,79	116	64
6	2,46	15,28	103	97
7	1,26	6,55	81	84
8	1,66	7,74	95	68
9	1,93	8,34	99	75
10	2,17	10,08	130	68
Aritmetický $\bar{\varnothing}$	1,80	9,19	99,40	79,70

Tab. 8 Naměřené hodnoty o zrnitosti P50 válcované za studena

Počet měření	Ra (v μm)	Rz (v μm)	Rsm (v μm)	Rmr (v %)
1	2,18	11,17	137	78
2	2,74	13,04	132	85
3	3,01	13,42	120	88
4	1,91	10,91	80	88
5	1,71	7,84	70	60
6	2,13	10,13	92	93
7	1,61	9,7	88	91
8	1,7	8,93	119	88
9	1,55	7,89	84	73
10	3,01	15,02	124	81
Aritmetický $\bar{\phi}$	2,16	10,81	104,60	82,50

Tab. 9 Naměřené hodnoty o zrnitosti P80 válcované za tepla

Počet měření	Ra (v μm)	Rz (v μm)	Rsm (v μm)	Rmr (v %)
1	1,43	7,97	74	80
2	1,19	6,34	88	85
3	1,36	6,96	79	88
4	1,33	7,71	82	94
5	1,57	8,46	86	87
6	1,24	6,67	64	81
7	1,18	6,37	93	78
8	1,72	8,93	82	79
9	1,34	7,51	79	96
10	1,31	6,31	95	67
Aritmetický $\bar{\phi}$	1,37	7,32	82,20	83,50

Tab. 10 Naměřené hodnoty o zrnitosti P80 válcované za studena

Počet měření	Ra (v μm)	Rz (v μm)	Rsm (v μm)	Rmr (v %)
1	1,63	8,41	64	79
2	1,66	8,36	60	92
3	1,45	7,33	130	92
4	1,19	7,2	74	73
5	1,72	9,35	99	84
6	1,97	10,9	99	90
7	2,14	10,47	95	76
8	1,55	8,29	98	82
9	1,99	10,32	89	89
10	2,29	11,8	101	89
Aritmetický $\bar{\phi}$	1,76	9,24	90,90	84,60

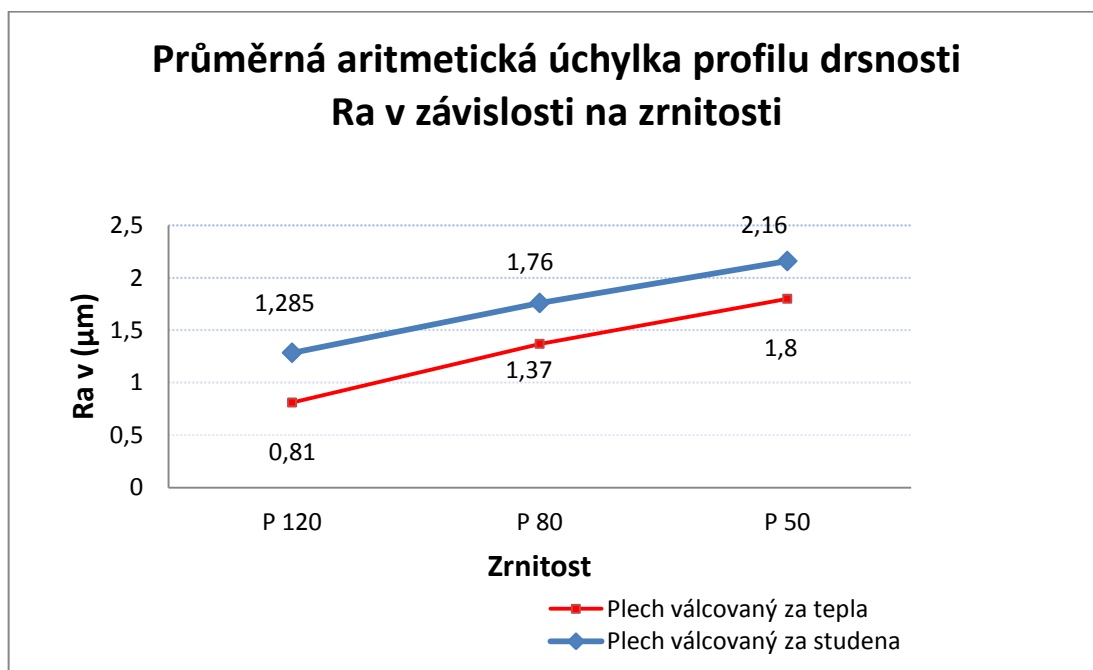
Tab. 11 Naměřené hodnoty o zrnitosti P120 válcované za tepla

Počet měření	Ra (v μm)	Rz (v μm)	Rsm (v μm)	Rmr (v %)
1	0,77	4,88	77	92
2	0,78	4,26	87	77
3	0,89	4,35	83	83
4	0,72	4,04	90	80
5	0,85	4,47	85	61
6	0,77	4,03	66	72
7	0,82	4,88	98	89
8	0,74	4,29	94	82
9	0,94	4,77	90	83
10	0,82	4,53	96	79
Aritmetický $\bar{\phi}$	0,81	4,45	86,6	79,8

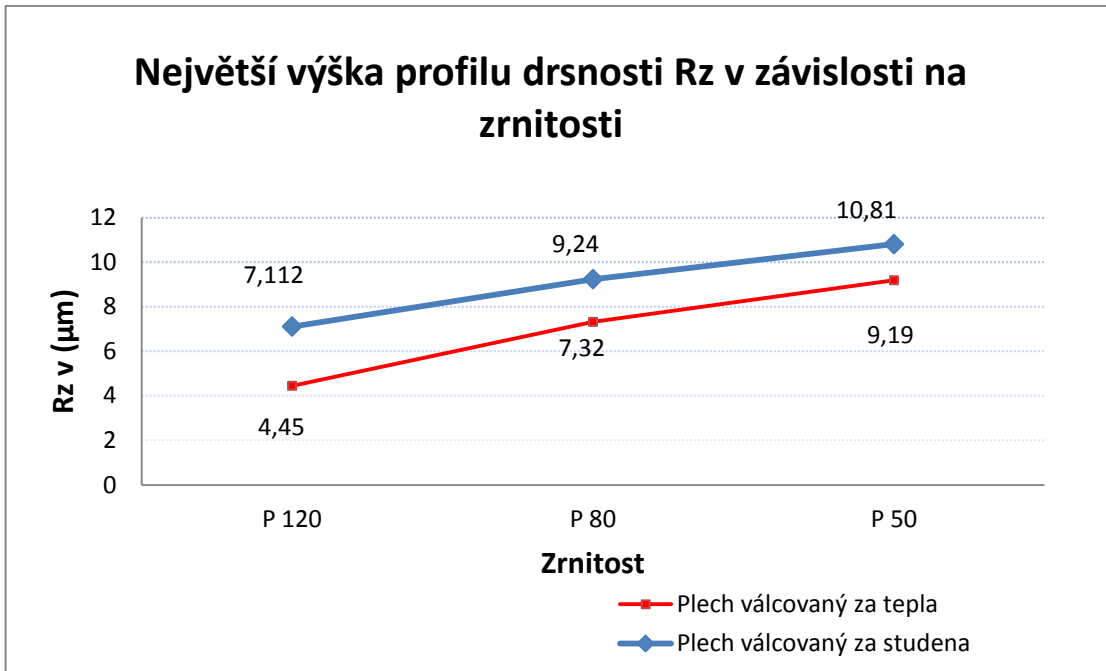
Tab. 12 Naměřené hodnoty o zrnitosti P120 válcované za studena

Počet měření	Ra (v μm)	Rz (v μm)	Rsm (v μm)	Rmr (v %)
1	1,79	9,12	84	83
2	1,39	7,82	86	86
3	1,31	6,44	106	81
4	1,41	9,44	136	96
5	1,49	6,97	133	75
6	1,15	5,65	93	76
7	1,18	7,4	79	95
8	1,18	6,79	95	83
9	0,96	5,9	1,7	68
10	0,99	5,59	70	78
Aritmetický \bar{x}	1,285	7,112	88,37	82,1

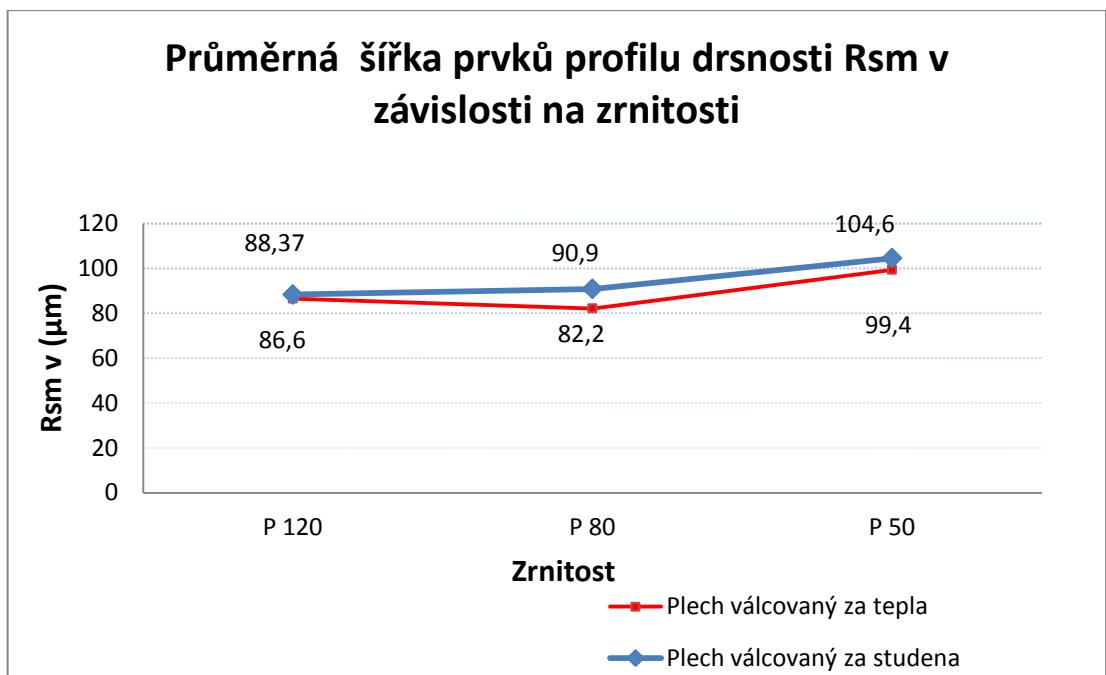
7.1.2 Srovnání použitých materiálů, závislost drsnosti Ra, Rz, Rsm a Rmr při dané zrnitosti



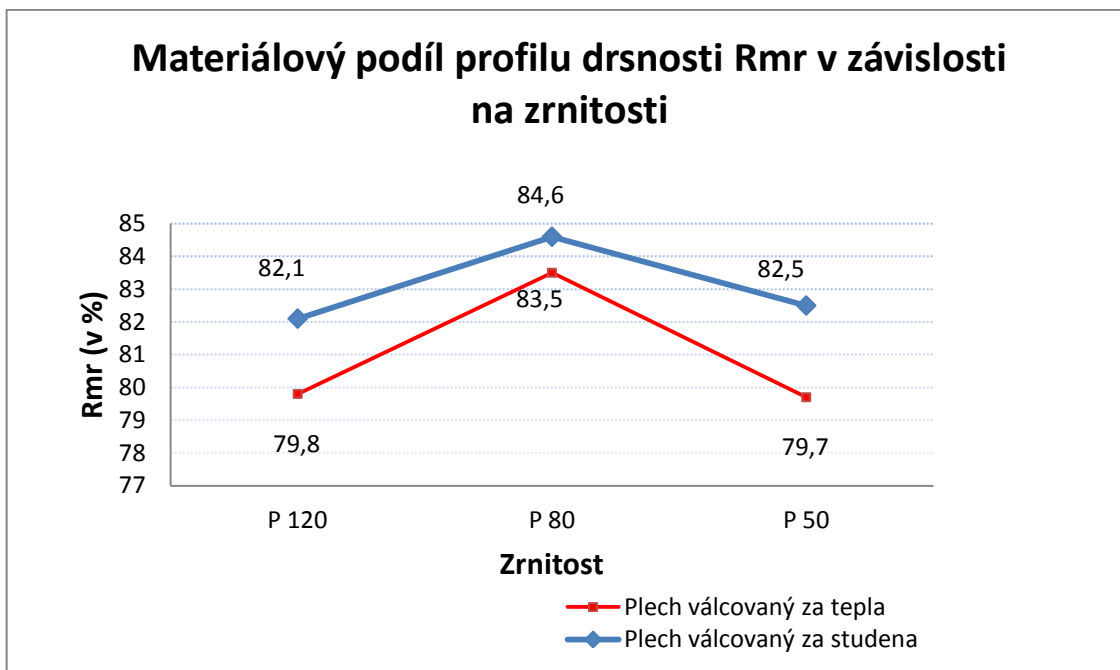
Obr. 31 Průměrná aritmetická úchylka profilu drsnosti Ra v závislosti na zrnitost



Obr. 32 Největší výška profilu drsnosti Rz v závislosti na zrnitosti



Obr. 313 Průměrná šířka prvků profilu drsnosti Rsm v závislosti na zrnitosti



Obr. 324 Materiálový podíl profilu drsnosti Rmr v závislosti na zrnitosti

7.1.3 Nerezové hřídele materiálu 1.4301,1.4122,1.4462

- u každé hřídele zkoumáme vliv materiálu na jakost povrchu

Hřídel materiálu 1.4301

Tab. 13 Naměřené hodnoty brusiva A99B 80 K 9V

Počet měření	Ra (v μm)	Rz (v μm)	Rsm (v μm)
1	0,34	2,02	37
2	0,27	1,84	26
3	0,29	1,75	26
4	0,32	1,8	38
5	0,37	2,32	29
6	0,34	2,15	27
7	0,34	2,18	34
8	0,33	2,06	28
Aritmetický $\bar{\varnothing}$	0,33	2,02	30,63

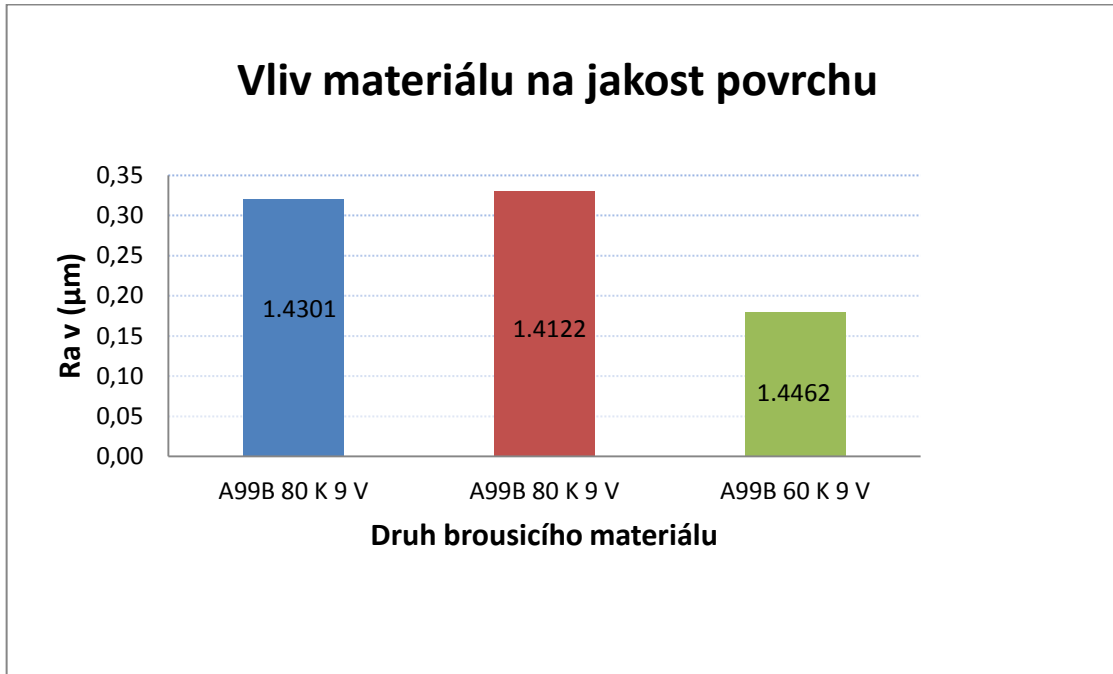
Hřidel materiálu 1.4122*Tab. 14 Naměřené hodnoty brusiva A99B 80 K 9V*

Počet měření	Ra (v μm)	Rz (v μm)	Rsm (v μm)
1	0,31	1,97	37
2	0,31	1,89	33
3	0,32	2,11	33
4	0,34	2,11	44
5	0,32	2,1	46
6	0,35	2,25	39
7	0,36	2,31	35
8	0,33	1,99	42
Aritmetický $\bar{\varnothing}$	0,33	2,09	38,63

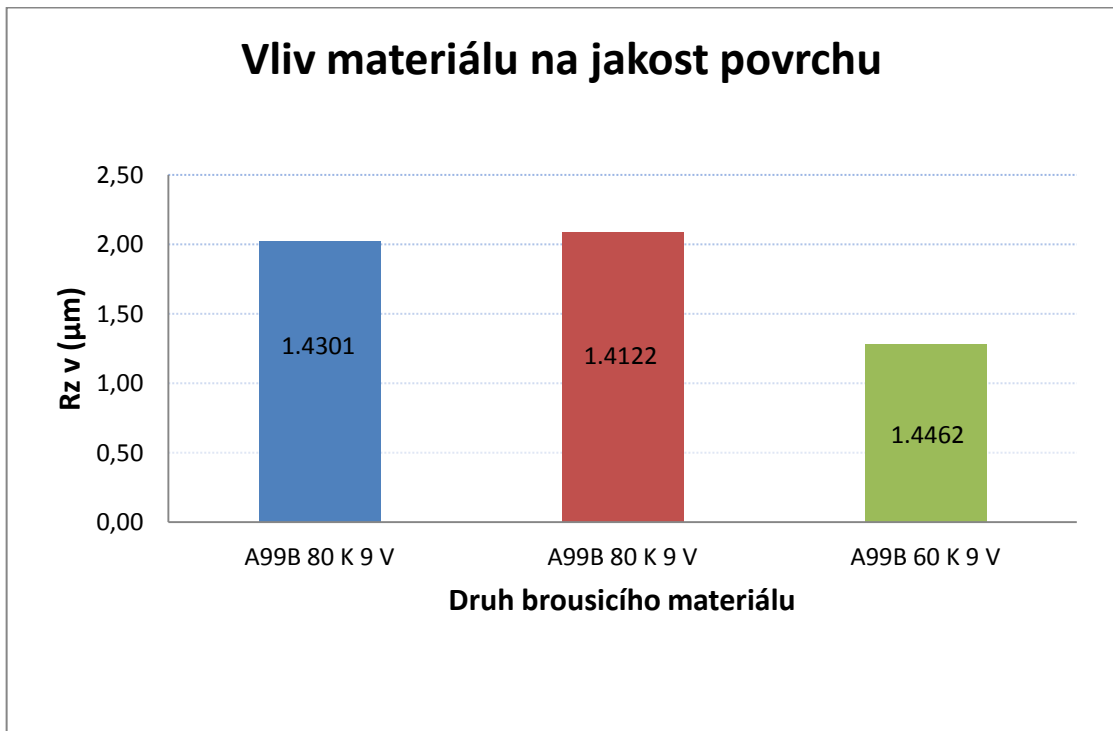
Hřidel materiálu 1.4462*Tab. 15 Naměřené hodnoty brusiva A99B 60 K 9V*

Počet měření	Ra (v μm)	Rz (v μm)	Rsm (v μm)
1	0,2	1,33	23
2	0,21	1,45	25
3	0,16	1,25	19
4	0,19	1,24	21
5	0,18	1,26	23
6	0,18	1,37	23
7	0,18	1,2	20
8	0,17	1,15	22
Aritmetický $\bar{\varnothing}$	0,18	1,28	22,00

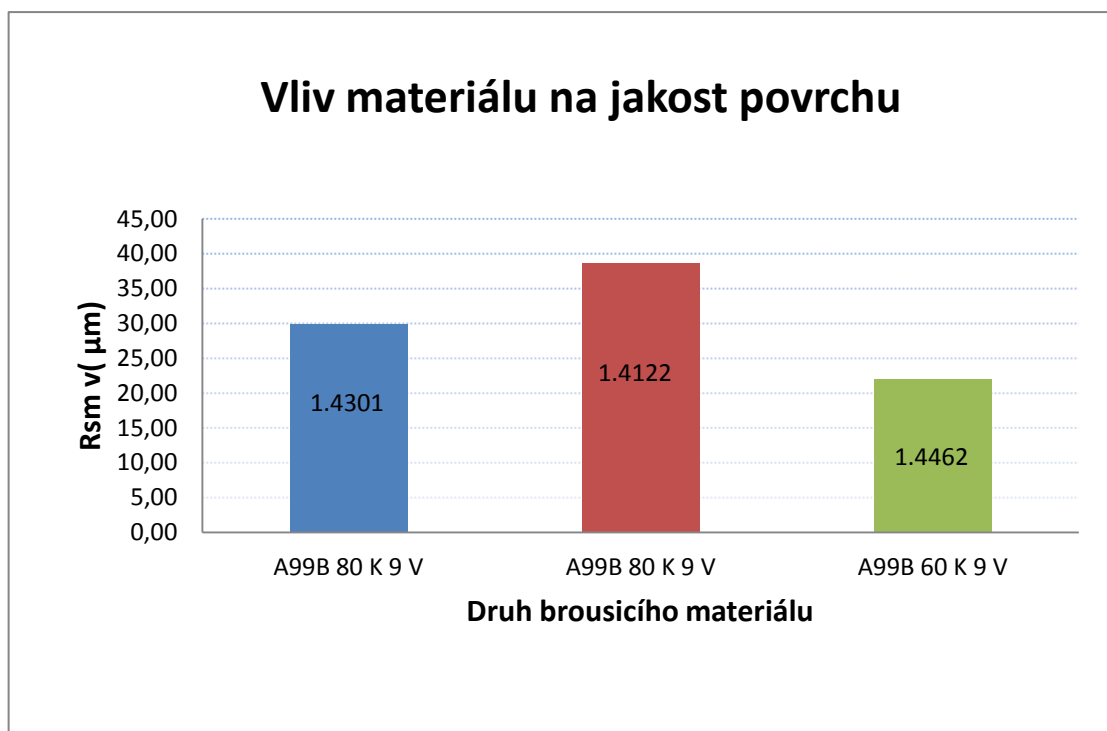
7.1.4 Srovnání použitých druhů materiálů, závislost drsnosti Ra, Rz , Rsm při dané zrnitosti



Obr. 335 Vliv materiálu na jakost povrchu Ra



Obr. 346 Vliv materiálu na jakost povrchu Rz



Obr. 357 Vliv materiálu na jakost povrchu Rsm

ZÁVĚR

Při broušení dosahujeme konečné přesnosti obrobků a jejich povrchu. Brousící stroje jsou určeny jak k obrábění tak i ostření nástrojů.

Cíl mé bakalářské práce bylo hodnotit výstupní parametry při procesu broušení nerezových plechů válcovaných za tepla, válcovaných za studena a vliv broušení hřídelí na materiálu.

Výsledky měření prokázaly poznatky, že drsnost povrchu broušených plechů je přímo úměrná zrnitosti brusiva jak u povrchu plechu válcovaného za tepla tak i válcovaného za studena materiálu 1.4301(17240)

Drsnost povrchu broušených plechů je lepší u plechu válcovaného za tepla než u válcovaného za studena.

Drsnost povrchu broušených hřídelek je závislá na druhu materiálu – nejlepší drsnost byla dosažena u duplexní nerezové oceli materiálu 1.4462 i přesto, že byl broušen kotoučem s hrubší zrnitostí A99B 60 K 9V

Pro praxi je využitelný hlavně poznatek, kdy v případě plechových dílců oboustranně broušených je lepší použít jako výchozí materiál plech s povrchem válcovaným za tepla. Jeho použití má vliv i na snížení nákladů vzhledem k nižší ceně oproti plechu válcovaného za studena (úspora cca 5Kč/kg). Toto zjištění je překvapivé vzhledem k tomu, že drsnost povrchu plechu válcovaného za tepla je před broušením výrazně horší než u plechu válcovaného za studena.

Poznatek je i u drsnosti povrchu materiálu hřídelí z materiálu 1.4462 byla lepší než u zakaleného materiálu 1.4122. V praxi se ale u hřídelí materiál volí s ohledem na mechanické vlastnosti, výsledná drsnost povrchu je až druhořadá. Navíc je materiál 1.4462 výrazně dražší než ostatní zkoumané materiály 1.4122 a 1.4301. Proto je tento poznatek v praxi obtížně využitelný.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] K. Kocman a J. Prokop, „Technologie obrábění,“ v *Technologie obrábění 2nd ed. Brno*, Akademické nakladatelství Cerm s.r.o., 2005.
- [2] J. Řasa a V. Gabriel, „Strojírenské technologie 3 - díl 1. 2 vyd.,“ Praha, Scientea, 2005.
- [3] *Bach Brusivo [online] [cit-2009-12-01] Dostupný z www: <http://www.bach-brusivo.cz/index51.htm>*
- [4] *MCB Czech Republic s.r.o. [online] <http://www.mcb.nl/smallcms/index.php?id=898>*
- [5] <http://www.zamecnictvi-strnadel.cz/products/nerezove-oceli-mechanicke-vlastnosti>
- [6] prof. Ing. Imrich Lukovics, CSc. „Drsnost povrchu“.
- [7] Doc. Anna Kotlanová, „Drsnost povrchu“.
- [8] ČSN EN ISO 4287, *Geometrické požadavky na výrobku (GPS) - struktura povrchu. Profilová metoda - termíny, definice a parametry struktury povrchu.*, Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [9] PBM 20, *Pásová bruska, Návod k použití.*
- [10] BUA-25, *Universální hrotová bruska, Návod k použití.*
- [11] Mitutoyo SJ-301, *Přístroj na měření drsnosti, Návod k použití.*

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	tažnost	[50%]
F	celková řezná síla	[N]
F _c	řezná síla	[N]
F _p	pasivní síla	[N]
F _f	posuvová síla	[N]
l _p , l _r , l _w	základní délka	[mm]
l _n	vyhodnocená délka	[mm]
M _{l(c)}	poměr délky materiálu elementů profilu	[μm]
P _a , R _a , W _a	průměrná aritmetická úchylka profilu	[μm]
P _{mr(c)} , R _{mr(c)} , W _{mr(c)} ,,	materiálový poměr profilu	[%]
P _{sm} , R _{sm} , W _{sm}	průměrná šířka prvků profilu	[μm]
P _t , R _t , W _t	celková výška profilu	[μm]
P _z , R _z , W _z	největší výška profilu	[μm]
R _m	mez pevnosti	[MPa]
R _{p0,2}	mez kluzu	[MPa]
v _c	řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
v _f	posuvová rychlost	[mm.min ⁻¹]
α _n	normální úhel břitu	[rad]
γ _n	normální úhel čela	[rad]
λ _c	Filtr profilu	[rad]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Model záběru brousícího zrna [1]</i>	12
<i>Obr. 2 Rozložení řezných sil při obvodovém axiálním broušení do kulata [1]</i>	13
<i>Obr. 3 axiální broušení</i>	18
<i>Obr. 4 axiální hloubkové</i>	18
<i>Obr. 5 bezhroté axiální</i>	19
<i>Obr. 6 vnitřní bezhroté</i>	20
<i>Obr. 7 planetové broušení</i>	20
<i>Obr. 8 Rovinné broušení</i>	21
<i>Obr. 9 Broušení brous. pásem</i>	21
<i>Obr. 10 Brousící pás</i>	22
<i>Obr. 11 Koroze chromové oceli v průmyslovém prostředí podle Bindera a Browna</i>	23
<i>Obr. 12 Chování některých typů nerezové oceli při zpevňování tvářením za studena ve srovnání s nelegovanou ocelí</i>	26
<i>Obr. 13 Profil obrobeného povrchu při různých metodách obrábění</i>	29
<i>Obr. 14 Příčná podélná drsnost profilu</i>	30
<i>Obr. 15 Kompletní značení drsnosti povrchu podle ČSN EN ISO 1302</i>	31
<i>Obr. 16 Průměrná aritmetická úchylka profilu</i>	32
<i>Obr. 17 Největší výška profilu</i>	32
<i>Obr. 18 Celková výška profilu</i>	33
<i>Obr. 19 Křivka materiálového poměru</i>	33
<i>Obr. 20 Schéma měřicí smyčky</i>	34
<i>Obr. 21 Vzorek nerezy válcované za studena</i>	36
<i>Obr. 22 Vzorek nerezy válcovaný za tepla</i>	36
<i>Obr. 23 1.4301 Obr. 24 1.4462 Obr. 25 1.4122</i>	37
<i>Obr. 26 Bruska pásová PBM 20</i>	39
<i>Obr. 27 Universální hrotová bruska BUA25</i>	40
<i>Obr. 28 Schéma měřícího přístroje Mitutoyo SJ-301</i>	42
<i>Obr. 29 Detailní záběr při měření drsnosti daného vzorku</i>	43
<i>Obr. 30 Průběh měření drsnosti na drsnoměru Mitutoyo SJ-301</i>	44
<i>Obr. 33 Průměrná šířka prvků profilu drsnosti R_{sm} v závislosti na zrnitosti</i>	49
<i>Obr. 34 Materiálový podíl profilu drsnosti R_{mr} v závislosti na zrnitosti</i>	50
<i>Obr. 35 Vliv materiálu na jakost povrchu R_a</i>	52

Obr. 36 Vliv materiálu na jakost povrchu Rz 52
Obr. 37 Vliv materiálu na jakost povrchu Rsm 53

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Značení zrnitosti</i>	15
<i>Tab. 2 Značení tvrdosti</i>	15
<i>Tab. 3 Označování tvarů a rozměrů brousících kotoučů [1]</i>	17
<i>Tab. 4 Plechy – značení a popis povrchu [5].....</i>	28
<i>Tab. 5 Parametry pásové brusky PBM20</i>	39
<i>Tab. 6 Parametry universální hrotové brusky</i>	41
<i>Tab. 7 Naměřené hodnoty o zrnitosti P50 válcované za tepla.....</i>	45
<i>Tab. 8 Naměřené hodnoty o zrnitosti P50 válcované za studena</i>	46
<i>Tab. 9 Naměřené hodnoty o zrnitosti P80 válcované za tepla.....</i>	46
<i>Tab. 10 Naměřené hodnoty o zrnitosti P80 válcované za studena</i>	47
<i>Tab. 11 Naměřené hodnoty o zrnitosti P120 válcované za tepla.....</i>	47
<i>Tab. 12 Naměřené hodnoty o zrnitosti P120 válcované za studena</i>	48
<i>Tab. 13 Naměřené hodnoty brusiva A99B 80 K 9V.....</i>	50
<i>Tab. 14 Naměřené hodnoty brusiva A99B 80 K 9V.....</i>	51
<i>Tab. 15 Naměřené hodnoty brusiva A99B 60 K 9V.....</i>	51

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY