

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Strojírenská technologie-technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zabezpečení kvality obrobeného povrchu úpravou mikrogeometrie
břitové destičky

Autor: **Bc. Blanka AUBRECHTOVÁ**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Jan ŘEHOŘ, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Blanka AUBRECHTOVÁ**
Osobní číslo: **S13N0060P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie - technologie obrábění**
Název tématu: **Zabezpečení kvality obrobeného povrchu úpravou mikrogeometrie břitové destičky**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod do problematiky a cíle řešení
2. Rozbor současných metod úpravy mikrogeometrie řezných břitů
3. Analýza a hodnocení současného stavu obrábění vybraného dílu ve firmě Burgmaier Precision
4. Návrh řešení problému, výběr vhodné metod(y) úpravy mikrogeometrie břítu za účelem zabezpečení kvality s respektováním produktivity
5. Návrh a realizace experimentu, vyhodnocení
6. Ověření, případná implementace nového řešení
7. Technicko-ekonomické hodnocení
8. Závěr

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 70 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Elektronické informační zdroje dostupné z www.knihovna.zcu.cz
- CIRP ANNALS-Manufacturing technology: (www.cirp.net/)
- MM průmyslové spektrum dostupné z www.mmspektrum.com
- SANDVIK coromant, Sandviken:Technická příručka obrábění dostupné z www.sandvik.coromant.com/cs-cz/

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.**

Katedra technologie obrábění

Konzultant diplomové práce: **Ing. Marek Bošiak**

Burgmaier Precision Slovakia, s.r.o.

Ostatní konzultanti: **Ing. Jaroslava Fulemová**

Katedra technologie obrábění

Datum zadání diplomové práce: **10. září 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **22. května 2015**

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 20. října 2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Autorská práva

Podle Zákona o právu autorském. č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat mému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Janu Řehořovi, Ph.D. a mé konzultantce Ing. Jaroslavě Fulemové, za poskytnuté rady, vedení a trpělivost, dále firmě Burgmaier Precision s.r.o., za příležitost vypracovávat diplomovou práci v jejich firmě, mému konzultantovi z firmy panu Janu Šlankovi a vedoucímu mé práce z firmy Ing. Marku Bošiakovi za spolupráci a poskytnuté informace.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení: Aubrechtová	Jméno: Blanka		
STUDIJNÍ OBOR	2303T004 „Strojírenská technologie-technologie obrábění“			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení: doc. Ing. Řehoř Ph.D.	Jméno: Jan		
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KTO			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Zabezpečení kvality obrobeného povrchu úpravou mikrogeometrie břitové destičky			

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZDÁNÍ	2015
----------------	---------	----------------	-----	----------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	124	TEXTOVÁ ČÁST	72	GRAFICKÁ ČÁST	52
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL, POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Diplomová práce obsahuje detailní popis obrábění části tlakové pumpy do automobilu, teoretický rozbor vlivů na řezný proces, alternativní řezné materiály, návrh změn mikrogeometrie VBD, následné testování. Cílem práce je úprava VBD tak, aby nedocházelo k výrobě neshodných výrobků.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA	<p>obrábění automatové oceli, úprava mikrogeometrie VBD, vlivy na proces obrábění, testování řezného procesu</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname: Aubrechtová	Name: Blanka	
FIELD OF STUDY	2303T004 „Manufacturing Processes-Technology of metal cutting“		
SUPERVISOR	Surname: doc.Ing. Řehoř Ph.D.	Name: Jan	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete hen not applicable
TITLE OF THE WORK	Quality of machined surface ensured by edge preparation of the insert		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and aq. A4)

TOTALY	124	TEXT PART	72	GRAPHICAL PART	52
---------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis contains a detailed description of the machining of the part pressure pump, the theoretical analysis of the effects of the cutting process, cutting alternative materials, design changes microgeometry of the inserts, subsequent testing. The aim is to finish the insert so as to prevent the production of non-conforming products.
KEY WORDS	machining cutting steel, finish microgeometry inserts, influences the machining process, testing the cutting process

Obsah

1	Úvod do problematiky a cíle řešení	12
1.1	Firma Burgmaier	13
1.1.1	Historie firmy Burgmaier	13
1.2	Vlivy na výslednou drsnost a kruhovitost	14
1.2.1	Drsnost.....	14
1.2.2	Kruhovitost.....	16
1.3	Možné změny stávajícího stavu za účelem zlepšení drsnosti a kruhovitosti.....	18
2	Rozbor současných metod úpravy mikrogeometrie řezných břitů.....	19
2.1	Vlečné omílání.....	19
2.2	Laser.....	20
2.3	Mikrotryskání.....	20
2.4	Kartáčování -leštěním	21
2.5	Přehled metod úpravy mikrogeometrie břítu.....	22
3	Analýza a hodnocení současného stavu obrábění vybraného dílu ve firmě Burgmaier Precision	23
3.1	Popis součásti.....	23
3.2	Obecně automatové oceli.....	24
3.2.1	Vliv procentuelního zastoupení jednotlivých prvků v oceli	25
3.2.2	Materiál 11SMnPb30+C.....	25
3.3	Přehled nástrojových materiálů.....	26
3.3.1	Řezná keramika.....	26
3.3.2	Cermet	27
3.3.3	Rychlořezná ocel	28
3.3.4	Slinuté karbidy	29
3.3.5	Kubický nitrid boru.....	29
3.3.6	Přehled doporučených řezných podmínek pro jednotlivé materiály při obrábění automatové oceli.....	30
3.3.7	Výběr vhodného řezného materiálu.....	30
3.4	Popis technologie.....	30
3.4.1	Stará technologie.....	30
3.4.2	Nová technologie	31
3.5	Popis operací na stroji HK-con	33

3.6	Detailní popis dráhy VBD DCGT 11T304-UM5015	34
3.7	Zjištění vzniklého opotřebení na destičce dodané firmou Burgmaier	35
3.8	Výstupní kontrola po obrábění na stroj HK-con	38
3.9	Obrobky dodané firmou Burgmaier kontrolované na KTO-ZČU	38
3.9.1	Měření drsnosti.....	38
3.9.2	Vyhodnocení průběhu drsností	41
3.9.3	Měření kruhovitosti	41
3.9.4	Sledování vzniklého opotřebení na VBD-VBmax.	44
4	Návrh řešení problému, výběr vhodné metod(y) úpravy mikrogeometrie břitu za účelem zabezpečení kvality s respektováním produktivity	46
4.1	Změna řezných podmínek.....	46
4.2	Změna poloměru zaoblení špičky břitu.....	46
4.3	Volba jiného řezného materiálu.....	46
4.4	Úprava VBD mikrogeometrie	47
4.5	Výroba VBD, s již změněnou mikrogeometrií	47
4.6	Úprava břitu ve firmě Burgmaier	47
5	Návrh a realizace experimentu, vyhodnocení	49
5.1	Zjednodušení dráhy VBD.....	50
5.2	Experiment -sledování závislosti ujeté dráhy destičky, drsnosti, opotřebení břitu a výsledné kruhovitosti	50
5.2.1	Dráha 44,1 mm odpovídající opotřebení břitu při obrábění 1 kusu	52
5.2.2	Výsledný povrch po obrobení 1.kusu.....	53
5.2.3	Opotřebení VBD po obrábění 1.kusu.....	55
5.2.4	Dráha 1102,5 mm odpovídající opotřebení břitu při obrábění 25 kusu	57
5.2.5	Výsledný povrch po obrobení 25.kusu	57
5.2.6	Opotřebení VBD po obrábění 25.kusu.....	59
5.3	Ukončení experimentu, vyhodnocení.....	62
6	Ověření, případná implementace nového řešení	65
6.1	Testování hodnot zjištěných během experimentu vůči zatížení hrubou chybou	65
7	Technicko-ekonomické hodnocení	67
7.1	Ceny použité pro výpočet	67
7.2	Vyjádření celkových nákladů na úpravu břitu jednotlivých variant.....	68
7.2.1	Vyhodnocení celkových nákladů jednotlivých variant z hlediska ekonomického	69
7.3	Vyjádření celkových nákladů na úpravu břitu jednotlivých variant vztažených na časové úseky	69

7.3.1	Vyhodnocení celkových nákladů rozpočítaných do jednotlivých kusů.....	71
8	Závěr	72
9	Bibliografie	74
	Seznam obrázků	77
	Seznam tabulek	79
	Seznam příloh.....	80

Seznam použitých zkratk

zkratka	popis
ZČU	Západočeská univerzita
KTO	katedra technologie obrábění
PKD	polykrystalický diamant
CBN	kubický nitrid boru
SK	slinuté karbidy
Al ₂ O ₃	oxid hlinitý
SiC	karbid křemíku
WC	karbid wolframu
ZrO ₂	oxid zirkoničitý
Si ₃ N ₄	silan
TiC	karbid titanu
TiN	nitrid titanu
TiCN	karbonitrid titanu
HRC	tvrdost podle Rockwella
HV	tvrdost podle Brinela
VBmax.	Opotřebení na břitu
HB	tvrdost podle Vickerse

1 Úvod do problematiky a cíle řešení

Předmětem diplomové práce je úprava mikrogeometrie cermetové výměnné břitové destičky kosodélníkového tvaru, úhlem mezi hlavním a vedlejším ostřím 55° , poloměrem špičky břitu 0,4 mm (označení DCGT 11T304-UM5015). Účelem úpravy mikrogeometrie je předejít výrobě neshodných výrobků a eventuálně se docílilo prodloužení životnosti VBD. Výměnná břitová destička se společně s dalšími výměnnými břitovými destičkami a jedním diamantovým hrotem podílí na výrobě součástky do tlakové pumpy automobilu ve firmě Burgmaier precision Slovakia s.r.o. Úprava geometrie je zaměřena na destičku DCGT 11T304-UM5015, protože koná dokončovací operace a rozhoduje o geometrické toleranci obrobku (kruhovitost 0,004) a hodnotě drsnosti povrchu (Rz 4-8). Destička v současné době vyrobí první dva kusy, které nesplňují toleranční charakteristiky (drsnost), následujících 68 kusů je vyhovujících. Po výrobě 70. kusu je sice splněn požadavek drsnosti (hodnoty jsou Rz 5,8-6), ale již není splněna tolerance kruhovitosti.

Cílem řešení je úprava mikrogeometrie VBD, aby každý výrobek splňoval požadavky dané výrobním výkresem. Tento cíl byl rozdělen na několik dílčích cílů. Prvním bodem cíle řešení je zjištění, zda v laboratoři KTO-ZČU je reálné dosahovat srovnatelných výsledků jako ve firmě Burgmaier. V dalších krocích následuje: zjištění požadovaného profilu cermetové destičky; aplikace navržených metod, jak tohoto výsledku dosáhnout a jejich ověření v praxi.



Obr. 1-1 obrobky ve firmě Burgmaier



Obr. 1-2 obrobek s destičkou (render NX.9)

1.1 Firma Burgmaier

Firma se zaměřuje na výrobu součástek do lodního i automobilového průmyslu s kladením důrazu na přesnost svých součástek. Aby byla firma schopna reagovat na změny trhu, úzce spolupracuje se svými zákazníky. [1]

1.1.1 Historie firmy Burgmaier

Hugo Burgmaier založil v roce 1931 elektrotechnický závod v Schmiechene, jenž do roku 1938 vyráběl bakelitové zásuvky a soustružené součástky. Francouzská okupační mocnost v roce 1945 znemožnila výrobu. Výrobu bylo možno obnovit až v roce 1947. K rozšíření firmy došlo v roce 1958 na Hauptstraße v Allmendingenu. V roce 1970 se výroba kompletně přesunula do nové výrobní haly do Allmendingenu. Díky modernizaci a zakoupení nových výrobních strojů se stala firma Burgmaier významnou v automobilovém průmyslu. [1]



Obr. 1-3 výrobní hala v Allmendingenu v roce 1970 [1]



Obr. 1-4 elektrotechnický závod v roce 1931 [1]

Po přesunutí výroby byla v původní hale v Schmiechene založena kalírna v roce 1977. Nadále došlo ke zdvojnásobení výroby v Allmendingenu, v roce 1986. Karl-Hugo Schick, vnuk zakladatele firmy, v roce 1995 oddělil kalírnu. Zahájil výstavbu sesterské společnosti Precisdec na území Francie v roce 1996.

V roce 2000 byla opět rozšířena výroba v Allmendingenu. Krátce na to byly založeny podniky Burgmaier HighTech v Laupheim v Německu a Burgmaier Precision Slovakia v Banské Bystrici na Slovensku v roce 2004. Dále byla opět rozšířena resp. zdvojnásobena výroba v Laupheim. [1]



Obr. 1-5 firma Burgmaier v Baňské Bystrici [1]

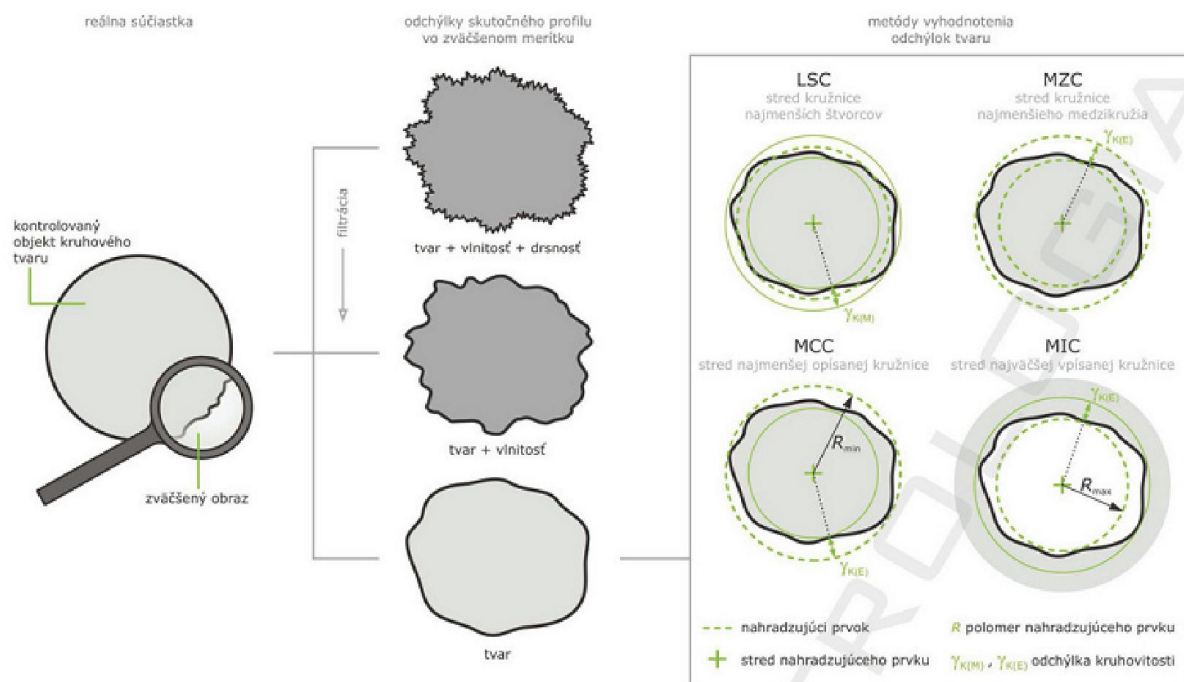


Obr. 1-6 sesterská společnost ve Francii [1]

1.2 Vlivy na výslednou drsnost a kruhovitost

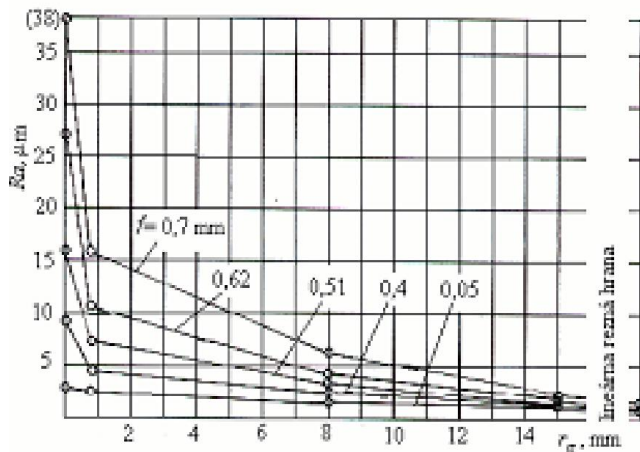
1.2.1 Drsnost

K ovlivnění výsledné kvality povrchu, drsnosti povrchu, dochází mnoha faktory. Mezi tyto faktory patří geometrie nástroje, hloubka řezu, posuv, řezná rychlost, dále vzájemné silové působení mezi obrobkem a břitem, vibrace způsobené stavem stroje (stav ložisek, vřetena) atd. Parametry ovlivňující drsnosti ovlivňují i výslednou kruhovitost. Dále kruhovitost ovlivňuje i odchylka tvaru a vlnitosti. (obr.1-7) [2] [3]



Obr. 1-7 metódy vyhodnocování odchylek kruhovitosti [3]

Z obecného vzorce pro výpočet drsnosti $R_z = \frac{f^2}{8 \cdot \Gamma \varepsilon}$, lze určit závislost posuvu a zaoblení špičky nástroje na výslednou kvalitu povrchu. Teoreticky se vzrůstajícím posuvem dochází ke zhoršení drsnosti, u zaoblení špičky je tomu naopak. Se zvyšujícím se zaoblením špičky dochází ke zlepšení drsnosti povrchu. Z obrázku 1-8 lze vyčíst, že k dosažení $R_z=0,005$ mm mohou být zvolené parametry $r_\varepsilon=1$ mm při $f=0,4$ mm/ot. nebo při parametrech $r_\varepsilon=10$ mm při $f=0,7$ mm/ot. [4]

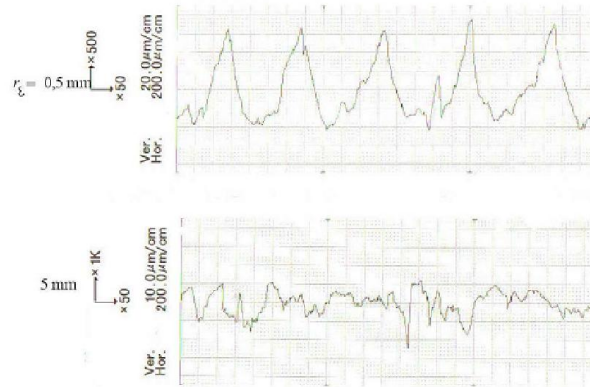
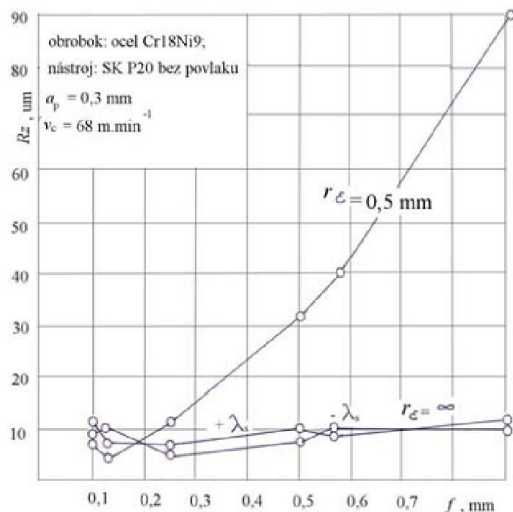


Obr. 1-8 Závislost R_z na f , určená ze vztahu $R_z = \frac{f^2}{8 \cdot r_\xi}$ [4]



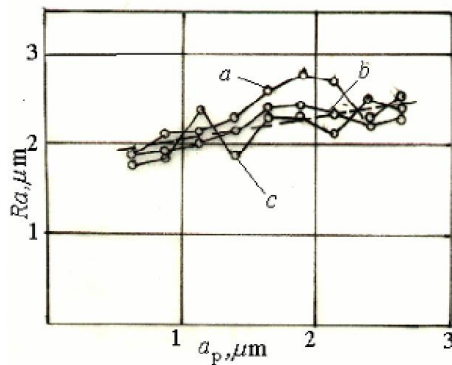
Obr. 1-9 nástroj s lineární řeznou hranou [4]

Dosáhnout zmenšení R_z snižováním posuvů je možné do určité hodnoty, při pokračujícím snižování posuvu dojde ke zhoršení povrchu. Další možností, jak docílit zmenšení drsnosti je zvětšování poloměru špičky zaoblení. Teoreticky lze zvýšit do nekonečna (obr.1-9), čím je dosaženo nástroje s lineární řeznou hranou. Při obrábění tímto nástrojem je dosahováno drsnosti $R_z = 0,01$, při zvýšení posuvu má drsnost mírně stoupající tendenci. Oproti nástroji s poloměrem zaoblení 0,5 mm dochází ke zhoršení drsnosti při posuvech větších než 0,25 mm/ot. (obr.1-10). Lze odvodit, že nástroj nemůže pracovat při nízkých posuvech. [4]

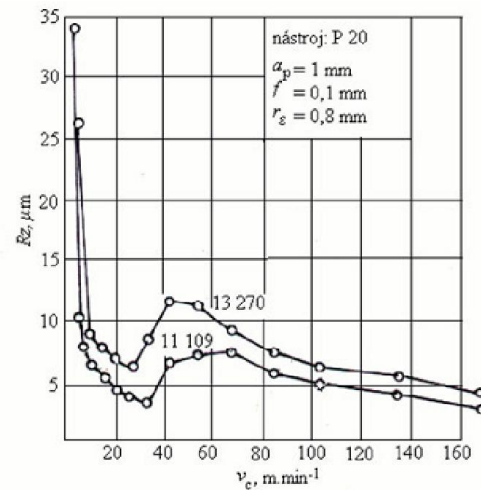


Obr. 1-10 závislost R_z na posuvu a poloměru zaoblení špičky [4] Obr. 1-11 profil povrchu obráběného nástroje s poloměrem zaoblení špičky 0,5mm a 5 mm [2]

Další parametr ovlivňující drsnost je hloubka řezu. Byl proveden experiment prof. Vasilkem na kuželovém polotovaru, aby bylo možné měnit hloubku řezu (obr.1-12). Se zvyšující se hloubkou řezu ap dochází ke zhoršení výsledného povrchu. Se zvyšující se řeznou rychlostí v_c dochází vesměs k poklesu drsnosti (obr.1-13). [2]



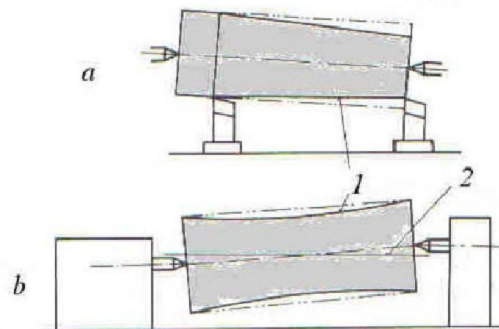
Obr. 1-12 experimentální závislost $R_z=F(a_p)$, získaná při obrábění nízkouhlíkové oceli a-12 050.1; b-11 523 c-12040 při $f=0,1$ mm a $v_c=100$ m/min



Obr. 1-13 závislost výšky nerovnosti profilu na v_c , při obrábění oceli 11 109 nástroje ze slinutého karbidu [2]

1.2.2 Kruhovitost

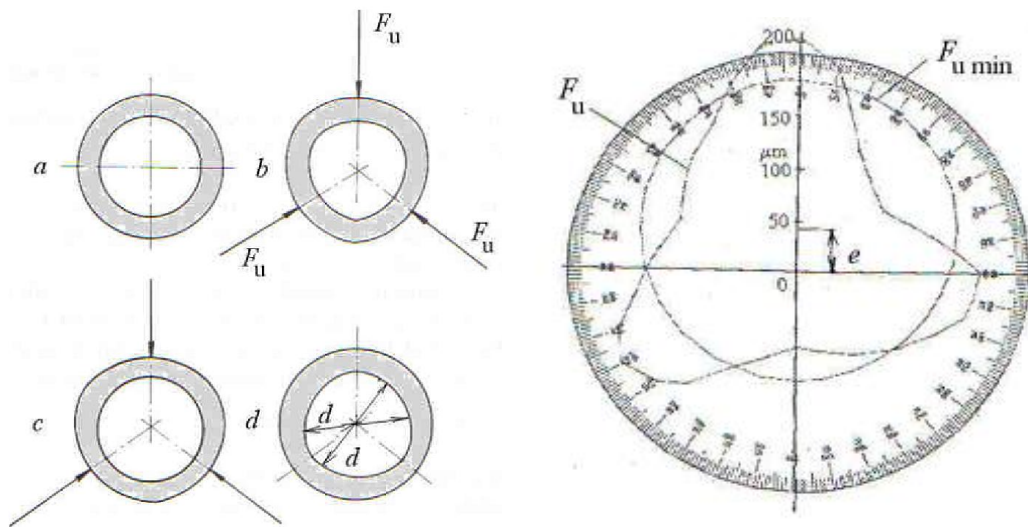
Je ovlivněna různorodými faktory zahrnujícími hloubku řezu, řeznou rychlost, otáčky, technický stav stroje, vznikající vibrace, tuhost sklíčidla, nepřesnost stroje, aj. Odchytky kruhovitosti mohou být způsobené nepřesností stroje. Nepřesnosti stroje lze sledovat v zatíženém a nezatíženém stavu (součtem všech nepřesností jednotlivých elementů). Další vliv představuje v případě upnutí nesouosost hrotů, mezi něž je obrobek upnut, pak obráběním vzniká kužel nebo hyperboloid (obr.1-14). [2]



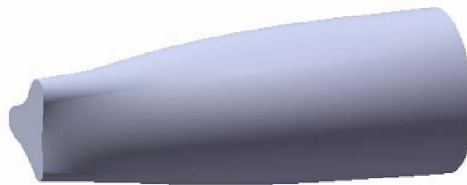
Obr. 1-14 Typické případy nepřesnosti stroje a jejich vliv na tvar obrobku a-nesouosost hrotů v základní rovině b- nesouosost hrotů v rovině kolmé na lůžko stroje.1-profil obrobku 2-dráha nože [2]

Při upnutí obrobků např. do tříčelistového sklíčidla, dojde působením sil k elastické deformaci. Následné obrábění vytvoří určitou hodnotu kruhovitosti, avšak po vyjmutí ze sklíčidla se obrobek vrátí do svého původního stavu a tím se změní jeho kruhovitosť, která vznikla při řezném procesu. Toto ovlivnění výsledné kruhovitosti je markantně znát v případě obrábění trubek (obr.1-15). [2]

Stejný princip platí i v případě upnutí mezi hroty, kdy krouticí moment přenáší unášecí srdce. Poté unášecí srdce, působící silou, elasticky deformuje obrobek v bodě dotyku. [2]

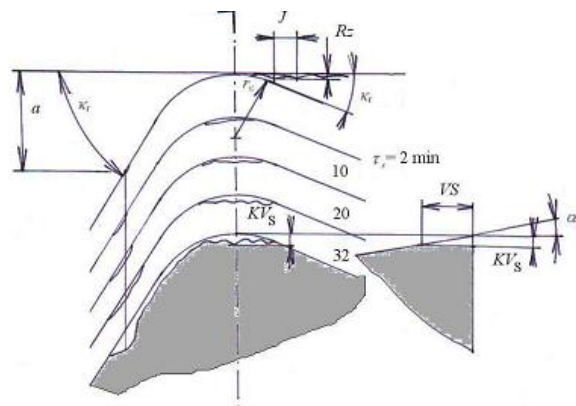


Obr. 1-15 Vliv pružné deformace tenkostěnného kroužku na geometrický tvar obrobené plochy [2]



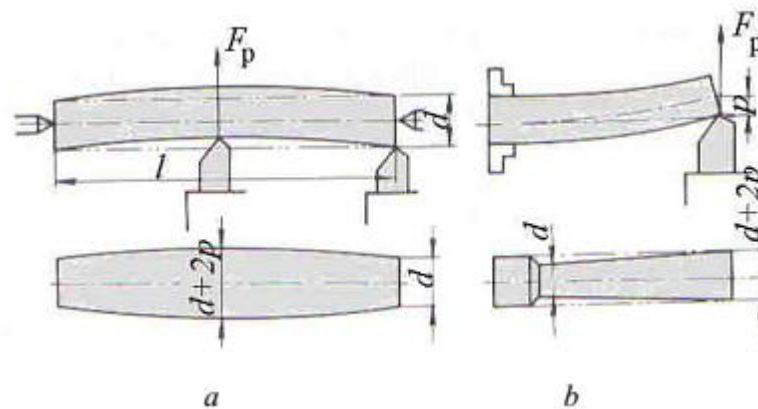
Obr. 1-16 výsledná tvar obrobku, soustruženého při upnutí ve sklíčidle [2]

V průběhu obrábění dochází k opotřebení nástroje, které svým zvyšujícím se opotřebením způsobuje zvlnění povrchu (obr.1-17). [2]

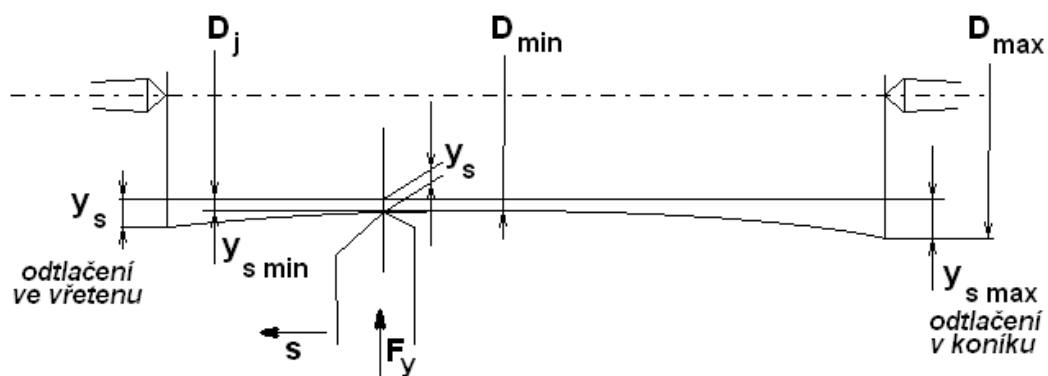


Obr. 1-17 vliv opotřebení nástroje na výslednou plochu obrobku [2]

Tuhost celkové soustavy i obrobku, resp. převrácená hodnota tuhosti-poddajnost, ovlivňuje výsledný tvar obrobku. Když má vřeteno a koník vyšší tuhost oproti obrobku, vzniká tendence vysoustružení soudku (obr.1-18). V opačném případě, kdy poddajnost vřetena a koníku je nízká má obrobek sklony k hyperboloidnímu tvaru (obr.1-19).



Obr. 1-18 nepřesnosti zapříčiněné poddajností obrobku a-obrobek upnutý mezi hroty b-obrobek upnutý ve sklíčidle [2]



Obr. 1-19 poddajnost vřetena a koníku [5]

1.3 Možné změny stávajícího stavu za účelem zlepšení drsnosti a kruhovitosti

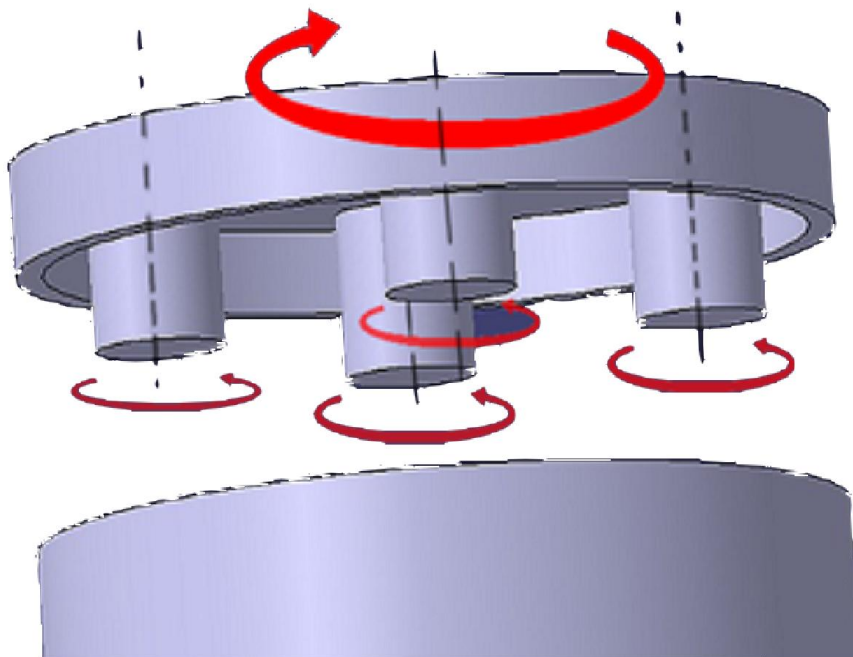
Ze vzorce $Rz = \frac{f^2}{8 \cdot r_c}$ vyplývá, že snížením posuvu lze dosáhnout nižších hodnot Rz. Rovněž je ze vzorce zřejmé, že stejného efektu je možnost dosáhnout zvětšením poloměru špičky břitu. Z obr.1.11. lze odvodit, že nižší drsnosti je možné dosáhnout i zvýšením řezné rychlosti. Další alternativu představuje snížení hloubky řezu. Tato změna parametrů přímo také ovlivňuje snížení odchylky kruhovitosti. Výslednou kruhovitost velmi ovlivňuje stav uložení vřetene. Proto by bylo vhodné ujistit se, že uložení vřetene je v pořádku. Současně by ke snížení odchylky kruhovitosti přispělo zajištění menší míry otupení na hřbetu břitu, protože stav hřbetu ovlivňuje vznikající povrch. Otopování hřbetu by již bylo sníženo zvýšenou řeznou rychlostí, která byla zvýšena kvůli snížení drsnosti.

2 Rozbor současných metod úpravy mikrogeometrie řezných břitů

Jednotlivými metodami k úpravě mikrogeometrie dochází celkově k odstranění otřepů, nerovností vzniklých výrobou (dosažení lepší integrity povrchu) a ostrých hran. Hrany představují při silovém zatížení možnou oblast tvorby vrubu. Tyto metody jsou většinou používány před deposicí tenkých vrstev na řezné nástroje.

2.1 Vlečné omílání

U obrobků, choulostivých na kontakt s jinými, se využívá vlečné omílání. Vlečným omíláním dochází k odstranění otřepů, hran a celkově neduhů z procesů obrábění a dále dochází k leštění. Obrobky se umístí do upínacích hlav, kde rotuje každý obrobek ve svém upínači kolem své osy a následně celý celek-držák rotuje kolem své osy. Držák se ponoří do omílacích tělísek, které mohou být kuličky oxidu zirkoničitého, písek, slupky od oříšků, keramická-tvarovaná tělíska, keramická brusná tělíska, tělíska z ušlechtilé oceli, plastová brusná/leštící tělíska atd. Tímto postupem dochází k zajištění rovnoměrnosti omílání. Nastavitelnou hloubkou ponoru držáku do omílacích tělísek a současně změny rychlosti otáček lze dosáhnout mnohokrát vyšší efektivity oproti běžnému omílání. Obecně lze konstatovat, že vlečné omílání má své využití nejen v klasickém strojním průmyslu, ale zároveň i ve zdravotnickém průmyslu, automobilovém, atd. [6]



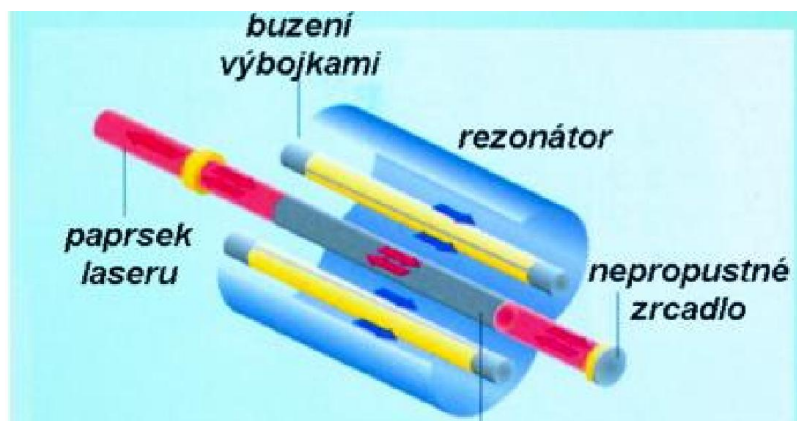
Obr. 2-1 znázornění vlečného omílání

2.2 Laser

Laser je ve strojírenství používán k řezání, svařování a popisování, aj. Jeho výhody představují vysoká koncentrace a hustota energie. Není zde zapotřebí nástroj, tudíž nedochází k možným deformacím na materiálu vlivem působení ostří. Jedná se o velice precizní metodu a tepelně ovlivněná oblast je velice malá.

Úzký paprsek monochromatického světla zahřívá částice materiálu na teplotu až 10 000°C. Nejprve dojde k natavení. Dále se oblast rozšiřuje a nakonec dochází k odpařování materiálu. Při působení laseru vznikají v místě tavení vysoké tlaky a paprsek po odpaření taveniny působí hlouběji do materiálu.

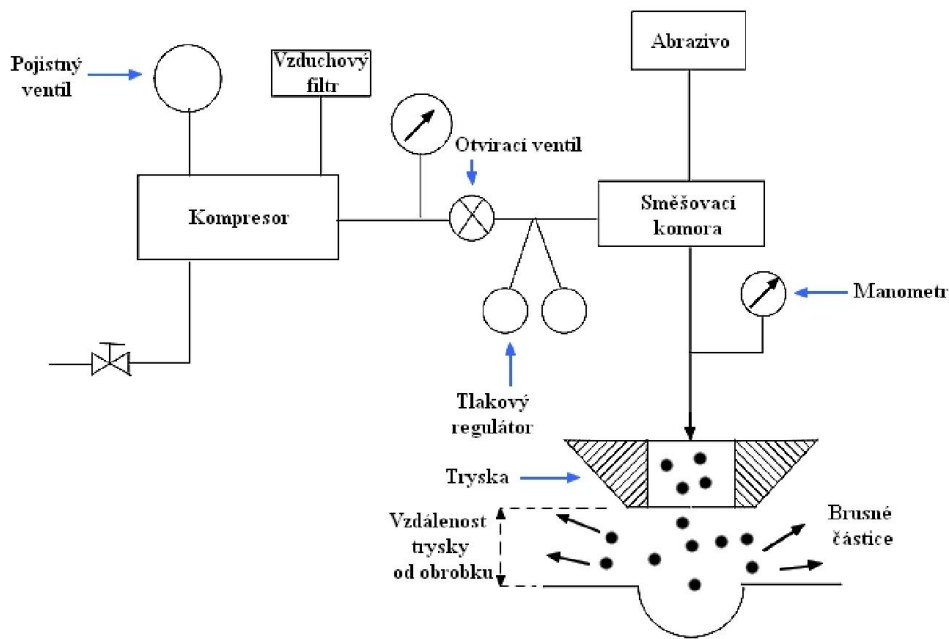
Úprava břitu laserem lze aplikovat na široké spektrum materiálů, pokud laser disponuje vlnovou délkou, kterou daný materiál pohltí. V současné době se upravuje mikrogeometrie břitu z PKD, CBN a SK (vysoká tvrdost materiálů nepředstavuje problém). Ve směs na všech dostupných strojích na trhu dochází k úpravě úhlu hřbetu a řezné hrany, celkové geometrie břitu. Pokud při obrábění není materiál odpařen, dochází k jeho ztuhnutí. Překrýváním se těchto oblastí vznikají různé drsnosti povrchu. Nevýhodou představuje nízká účinnost laserů a z toho vyplývající ztráty energie, precizností této metody dochází k prodloužení doby obrábění. [7] [8]



Obr. 2-2 princip laseru [9]

2.3 Mikrotryskání

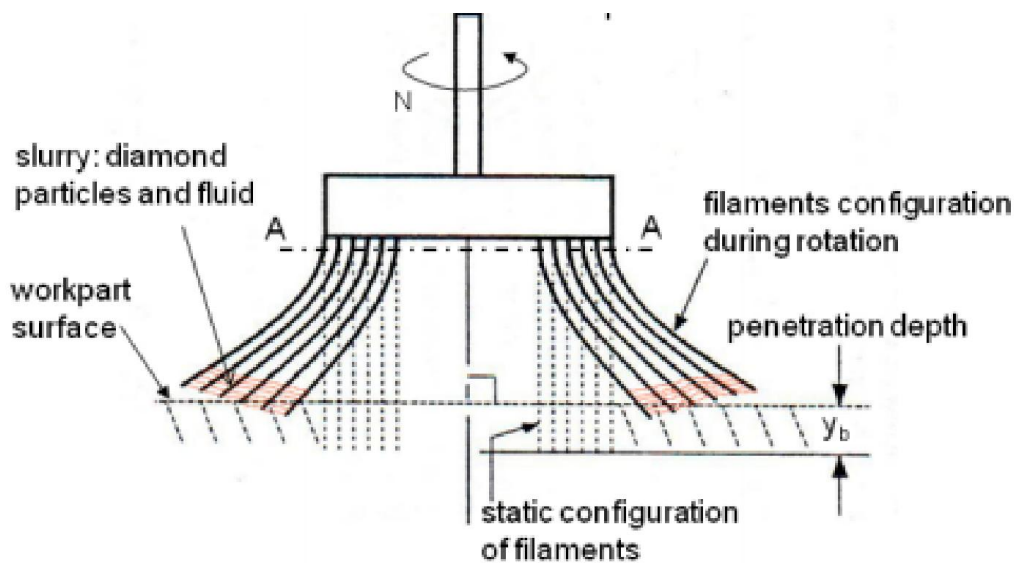
Při mikroabrazivním tryskání neboli mikropískování dochází k mechanickému odstraňování materiálu proudem abraziva s plynem, kde působení částic představuje podstatu tohoto obrábění. Abrazivo představují mikro-částice (Al_2O_3 a SiC) o průměru 10-50 μm , které jsou unášeny inertním plynem. Plyn s mikro-abrazivními částicemi proudí přes trysku (WC nebo safír) o průměru 0,4-1,2 mm, pod tlakem 6 barů (0,6 MPa), tento způsob je nazýván suché pískování. U mokrého pískování je nositelem abraziva kapalina. Proud je schopen dosáhnout rychlosti až 150-300 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Vliv na efektivnost obrábění představuje velikost mikro-částic, vzdálenost trysky od otryskávané plochy a tlak. V případě tvárných materiálů dochází k opotřebení díky plastické deformaci. U křehkých materiálů dochází ke křehkému lomu. [6]



Obr. 2-3 schéma mikrotryskání [6]

2.4 Kartáčování -leštění

K procesu se používá jemný kartáč s přírodními nebo polymerními vlákny. Dle očekávaného výsledku je zvolen vhodný kartáč. Na obrobek je umístěna diamantová pasta (s diamantovými částicemi o velikosti 5-8 μm nebo s granulátem). Ke kartáčování-leštění dochází mezi povrchem obrobku, brusnou pastou a kartáčem. Kartáč vykonává relativní pohyb a odvádí třísku. Tento proces lze nazvat zvláštním případem leštění. [6]

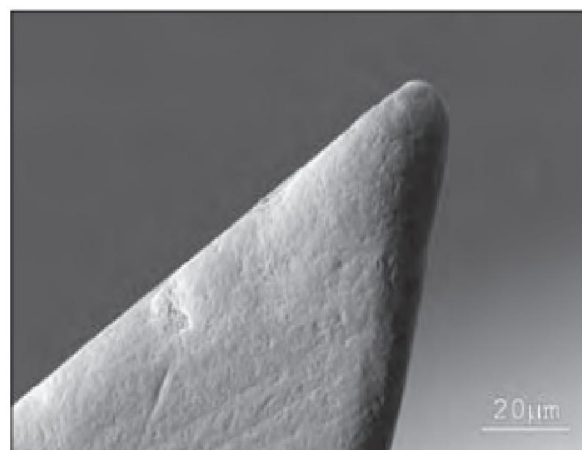
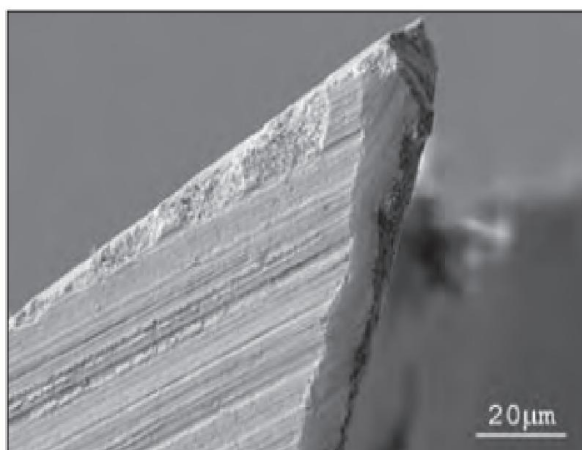


Obr. 2-4 naznačení kartáčování-leštění [6]

2.5 Přehled metod úpravy mikrogeometrie bříty

	Leštění v ruce	Kartáčování	Omílání	Mikropískování
Kvalita	nejlepší	střední	dobrá	střední
Reprodukovatelnost	závisí na pracovníkovi	dobrá	dobrá	střední
Flexibilita	velmi vysoká	střední	dobrá	nízká
Produktivita	nízká	střední	střední	dobrá
Cena	plat zaměstnanec	střední, standardní stroje jsou nabízeny	střední, standardní stroje jsou nabízeny	střední, standardní stroje jsou nabízeny
Jiné vlastnosti	běžné pro malé firmy	běžně nabízeno pro frézky	použitelné pro leštění šroubovic	použitelné pro leštění šroubovic, suché i mokré pískování

Tabulka 1 souhrn metod k úpravě mikrogeometrie [10]

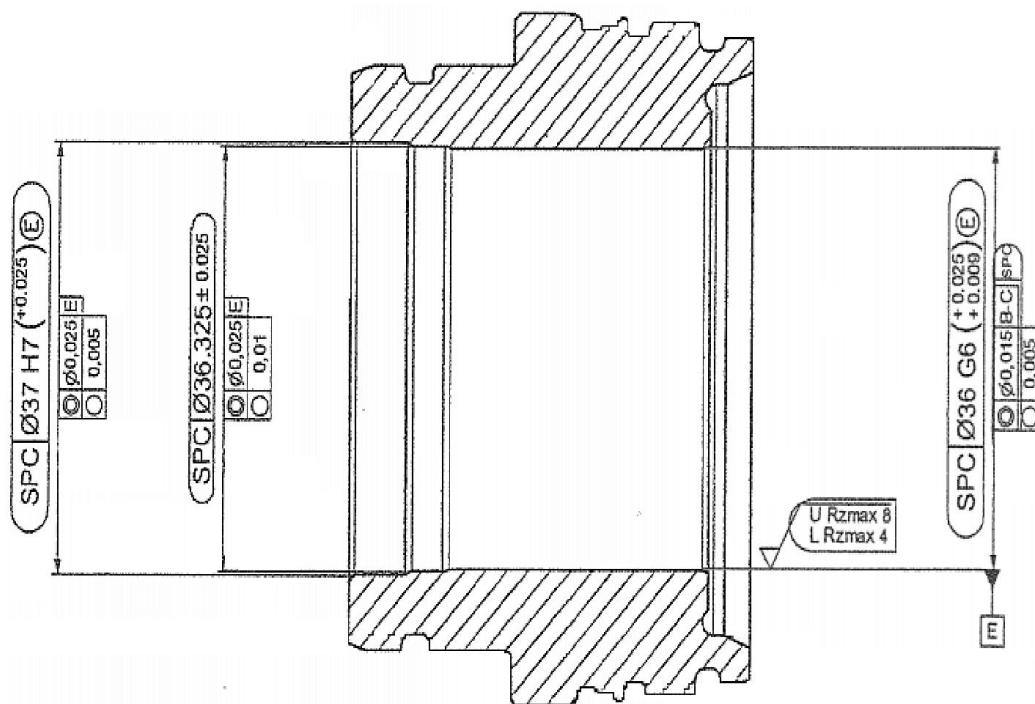


Obr. 2-5 výsledný efekt aplikace metod na úpravu mikrogeometrie [10]

3 Analýza a hodnocení současného stavu obrábění vybraného dílu ve firmě Burgmaier Precision

3.1 Popis součásti

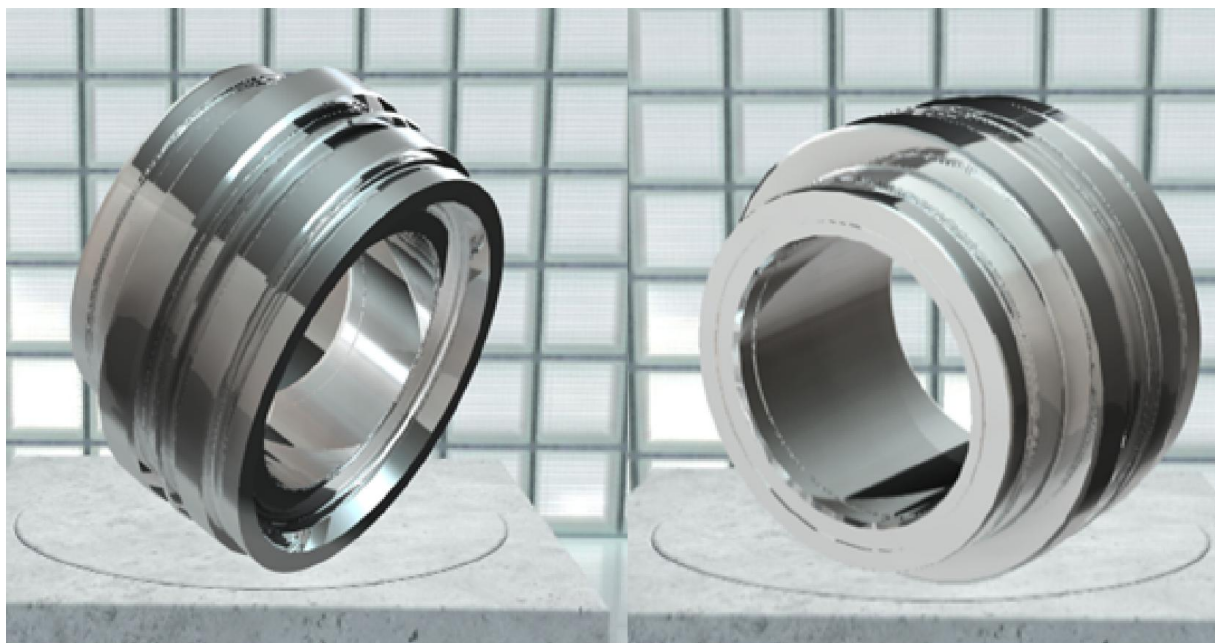
Jedná se o rotační součást o délce 42,7 mm a max. průměru 59,0605 mm s vnitřním otvorem. Součást má daná specifická vybrání (bližší popis-příloha). Důležitou informací představují hodnoty drsnosti Rz 4-8 a kruhovitost 0,005 na vnitřním průměru (obr.3.1.). Vnitřní podnikovou normou byla stanovena na kruhovitost na 0,004mm, z důvodu následného vrtání. Jako polotovár figuruje tyč o průměru 60 mm. Nejdříve dochází k hrubování na stroji Doosan Puma, čímž vznikne polotovár pro stroj HK-con. [11]



Obr. 3-1 detail z výrobního výkresu (viz.příloha14) [11]



Obr. 3-2 výsledný produkt



Obr. 3-3 render součásti (SW NX 9)

3.2 Obecně automatové oceli

Automatové oceli spadají dle ČSN do ocelí třídy 11. V této třídě se vyskytují oceli, které mají na rozdíl od ocelí třídy 10 zaručený obsah síry a fosforu. Dále mají zaručenou pevnost v tahu, mez kluzu a tažnost. Jedná se o významný konstrukční materiál s širokým portfoliem využití, u kterého následně dochází k normalizačnímu žíhání eventuelně k dalšímu tepelnému zpracování. Obsah uhlíku u těchto ocelí se pohybuje do cca 0,65%. Podle procentuelního zastoupení uhlíku se určují vlastnosti těchto ocelí. S pevností těchto materiálů roste i tvrdost a odolnost proti opotřebení, ale současně dochází k poklesu tažnosti, vrubové houževnatosti a tvárnosti. Oceli je možno následně zušlechťovat. [12] [13]

Obecně pro ocel je definován jako etalon materiál ocel ČSN ISO 412050.1 s třídou obrobiteľnosti 14b. V porovnání s etalonem má např. ocel 11 500, 11 600, 11 700, 11 800 horší obrobiteľnost, ale ocel 11 108, 11 110, 11 373 má obrobiteľnost lepší (tabulka 2) . [14] [15]

Ocel ČSN	11 108	11 110	11 373	11 500	11 600	11 700	11 800
Třída obrobiteľnosti	16 b	16 b	15b	13b	12b	12b	11b

Tabulka 2 vybrané oceli z řady automatových ocelí a jejich index obrobiteľnosti [14] [15]

3.2.1 Vliv procentuelního zastoupení jednotlivých prvků v oceli

Uhlík- do obsahu 0,15% je ocel houževnatá a špatně obrobitelná

Mangan- při procentuelním zastoupení vyšším než 1% je obrobitelnost špatná

Křemík- způsobuje ve formě SiO₂ horší obrobitelnost oceli

Fosfor- do 0,1% zlepšuje obrobitelnost

Síra- ve formě sulfidu manganu/železa dodává oceli svoji křehkost a zlepšuje obrobitelnost

Olovo- do 0,5% zlepšuje výsledný obrobený povrch [5]

3.2.2 Materiál 11SMnPb30+C

Značení materiálu je uvedeno v DIN, doplňkové písmeno +C značí válcování za studena. Tento materiál je možno kategorizovat podle českého značení ocelí jakožto ocel třídy 11 bez přesného ekvivalentu (nejbližší jsou ČSN 11 109 a ČSN 11 110), dle W.Nr. 1.0718, dle americké normy AISI 12L14. Ocel je složena z max. 0,14% uhlíku, max. 0,05% křemíku, 0,9-1,3% manganu, max. 0,11% fosforu, 0,27-0,33% síry a 0,2-0,35% olova. Kde olovo zajišťuje vyšší obrobitelnost, současně s přihlédnutím k toxicitě olova je možnou alternativou bismut, protože je chemicky i po fyzikální stránce velmi podobný olovu. [16]

Obrobitelnost je důležitou vlastností. Struktura i chemické složení materiálu jsou přizpůsobeny, aby docházelo ke vzniku lámavé a krátké třísky. Povrch obrobené plochy je hladký a vznikají tvarově přesné plochy. Při relativně vyšší řezné rychlosti by nemělo docházet k nadměrnému opotřebení nástrojů. [13]

Pro zlepšení obrobitelnosti je zvýšen obsah síry. Síra a mangan se společně navážou a vzniknou sulfidy manganu, které se ukládají po hranicích zrn, dochází ke vzniku lupínek a zlepšení obrobitelnosti. [15] [17]

Teplota tání dosahuje hodnot 1500-1540°C. Mez pevnosti pro průměr 40-63 mm se pohybuje v rozmezí hodnot 400-650 MPa a tvrdost 119-200 HB (200HB=57 HRA=200HV, HRC nelze uvést, protože min. hodnota je 220 HB). Hodnota tažnosti činí 9%. [15]

Chemical composition						
C%	Si%	Mn%	P%	S%	Pb%	
max	max		max			
0,14	0,05	0,90-1,30	0,11	0,27-0,33	0,20-0,35	Product deviations are allowed
± 0,02	+ 0,01	± 0,04	+ 0,02	± 0,03	+0,03 -0,02	

Obr. 3-4 chemické složení 11CMnPb30+C z materiálového listu [15]

Cold-drawn +C EN 10277-3: 2008					
Values valid also for +C+SL					
size		Testing at room temperature (longitudinal)			
mm		R ^{a)}	R _p 0.2 ^{a)}	A%	HB
from	to	N/mm ²	N/mm ² min	min	for inform.
5 ^{b)}	10	510-810	440	6	154-243
10	16	490-760	410	7	149-226
16	40	460-710	375	8	139-218
40	63	400-650	305	9	119-200
63	100	360-630	245	9	104-192

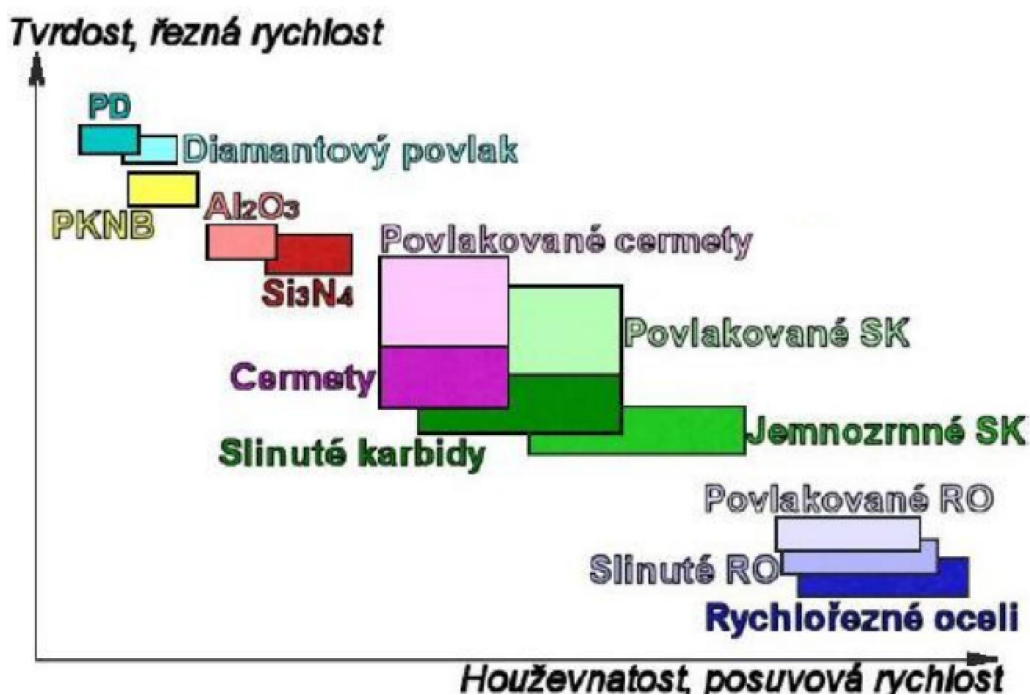
Obr. 3-5 vlastnosti 11CMnPb30+C z materiálového listu (příloha1) [15]

3.3 Přehled nástrojových materiálů

Ve firmě Burgmaier, již bylo testováno 35 druhů VBD, které byly převážně z cermetu, povlakovaného cermetu, řezné keramiky a slinutý karbid. Nejvíce se osvědčil jako nástrojový materiál cermet (tab.2). Následuje stručná charakteristika testovaných materiálů a jejich popis chování v řezném procesu.

Testovaný materiál	Výsledek
Slinutý karbid	10 ks, následně hodnota Rz nebyla splněna
Cermet	Nejlepší výsledky
Cermet s povlakem	materiál se lepil na nástroj
Řezná keramika	došlo k destrukci nástroje

Tabulka 3 přehled výsledků různých materiálů VBD



Obr. 3-6 přehled řezných materiálů [17]

3.3.1 Řezná keramika

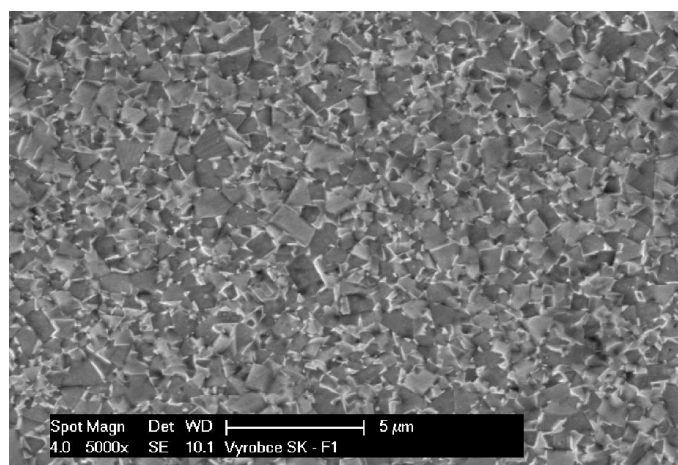
Řezná keramika disponuje vysokou tvrdostí, odolností proti mechanickému namáhání, odolností proti působení vysokých teplot, odolnosti proti opotřebení, je chemicky stálá a neohroží ji koroze. Typický pro řeznou keramiku je nekovový základ v podobě Al₂O₃, Zr O₂, Si₃N₄. Oxidická keramika se vyznačuje vysokou tvrdostí za tepla a vysokou termochemickou stabilitou, proto se u ní doporučuje vysoká řezná rychlost a nízká posuvová rychlost. Nitridická keramika oproti oxidické disponuje vyšší houževnatostí, díky které zvládá vyšší posuvové rychlosti, ale současně není doporučena k obrábění ocelí a tvárné litiny, z důvodu rychlého opotřebení. Obecně je doporučena pro obrábění skupiny S, K a H. Pro řeznou keramiku se volí vysoké řezné rychlosti, které ovšem nevyhovují vlastnostem automatových ocelí. [19]



Obr. 3-7 Ilustrativní znázornění řezné keramiky [19]

3.3.2 Cermet

Cermet (**ceramic+metal**) vyjadřuje snahu docílit tvrdosti řezné keramiky a houževnatosti kovu. Bohužel nebylo dosaženo získání těchto mechanických vlastností u výsledného materiálu, ale název materiálu zůstal. Na rozdíl od slinutých karbidů, kde tvrdou fází představuje WC, zde u cermetů se jako tvrdá fáze využívá TIC, TIN nebo TICN. Od řezné keramiky se liší možností vyšší posuvové rychlosti, ale kvůli své nízké houževnatosti je lze použít jen při malých hloubkách řezu. Při příliš vysokých posuvech u nich může docházet k akumulaci tepla na špičce nástroje a následným ulomením špičky. Celkově cermety mají poměrně široké spektrum svého využití (významně u korozivzdorných ocelí), ovšem s přihlédnutím ke změně řezných podmínek pro cermety (obr.3.6.). Obecně jsou vhodné pro obrábění materiálů skupin P, M, K. Cermety představují vhodný materiál pro obrábění automatové oceli, současně je i ve firmě aplikován. [19] [21]



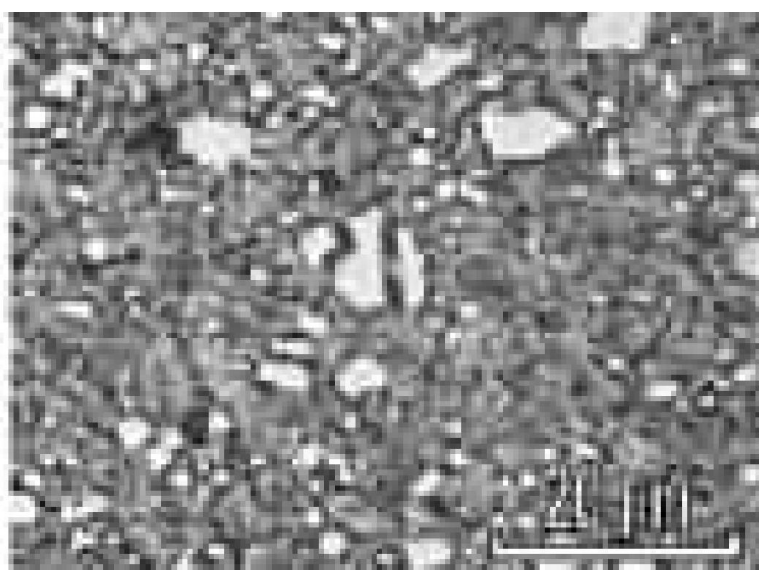
Obr. 3-8 znázornění struktury cermetu [19]

Nástrojový materiál	Aplikace	Analýza
PD	Obrábění slitin hliníku vysokými řeznými rychlostmi. Neželezné kovy a nekovové materiály.	Lze použít cermety, ale při nižších řezných rychlostech; náklady na jeden břit jsou při jejich použití výrazně nižší.
PKNB	Tvrdé obrobky a obrábění šedých litin vysokými řeznými rychlostmi.	Nelze obrábět pomocí cermetů při stejných rychlostech; náklady na jeden břit jsou u cermetů výrazně nižší.
Řezná keramika lisovaná za studena	Vysokorychlostní soustružení a zapichování ocelí a litin.	Cermety jsou univerzálnější a levnější, ale nemohou pracovat při vysokých řezných rychlostech.
Řezná keramika lisovaná za tepla	Soustružení a zapichování tvrdých obrobků, vysokorychlostní dokončovací obrábění ocelí a litin.	Tvrdé obrobky nelze obrábět pomocí cermetů; oceli a litiny nelze obrábět při stejných rychlostech; cermety jsou univerzálnější a levnější.
Řezná keramika Si_3N_4	Hrubovací a polohrubovací soustružení a frézování šedých litin vysokými řeznými rychlostmi za nepříznivých podmínek.	Pomocí cermetů nelze obrábět šedé litiny při stejných řezných rychlostech, ale při středních rychlostech mohou být levnější.
Povlakované SK	Obecné použití pro obrábění ocelí (včetně korozivzdorných), šedých litin, atd.	Cermety mohou pracovat při vyšších řezných rychlostech, mají vyšší trvanlivost a jsou levnější při pohrubovacích a dokončovacích operacích.
Slinuté karbidy	Houževnaté nástrojové materiály pro nižší řezné rychlosti a různé obráběné materiály.	Cermety mohou pracovat při vyšších rychlostech, zaručují lepší obrobenu plochu.

Obr. 3-9 přehled širokého využití cermetů (jaké materiály mohou být nahrazeny cermetem) [21]

3.3.3 Rychlořezná ocel

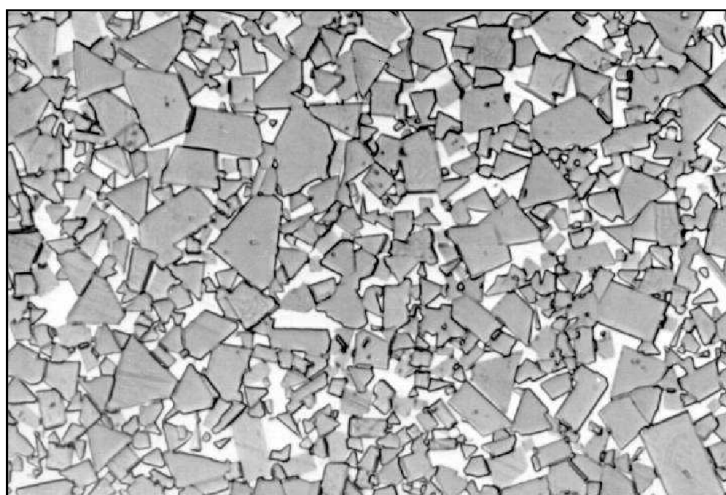
Významnou vlastností rychlořezných ocelí je velmi vysoká houževnatost. Se stoupajícím obsahem uhlíku stoupá tvrdost do meze rozpustnosti, dále se vytváří cementit, který zvyšuje odolnost proti opotřebení. Při vysokých teplotách už tak nízká tvrdost klesá. Řezné rychlosti při použití rychlořezné oceli jsou nízké. Na druhou stranu u nich je možné použít velké hloubky řezu. V minulosti docházelo k vývoji rychlořezných ocelí, přidáváním legujících prvků, se zlepšovaly jejich vlastnosti. Disponují širokým spektrem materiálů, které mohou obrábět. Další výhodou je nízká pořizovací cena. Avšak jiné moderní řezné nástroje dosahují vyšších přesností. [19] [21]



Obr. 3-10 znázornění struktury rychlořezné oceli [22]

3.3.4 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou v základu tvořeny WC a jako pojící element zde figuruje CO nebo Ni. Charakteristické pro slinuté karbidy je jejich vysoká tvrdost, díky této vlastnosti lze aplikovat vysoké posuvové rychlosti a velké hloubky řezu. Avšak pro svoji malou termochemickou stabilitu nelze používat vysoké řezné rychlosti. Pro obrábění konkrétně automatové oceli (obecně uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné) jsou voleny SK typu P. Sice při obrábění automatové oceli, která vyžaduje nižší rychlosti, nebude dosaženo optimálních doporučených podmínek pro SK, ale i přes to je to možná alternativa. [21] [19]



Obr. 3-11 znázornění slinutých karbidů [19]

3.3.5 Kubický nitrid boru

Důležitou vlastností polykrystalického kubického nitridu boru je vysoká tvrdost za tepla, dobrá houževnatost, odolnost proti tepelným rázům. Lze jej aplikovat při vysokých řezných rychlostech. VBD z CBN jsou děleny do různých tříd, dle obsahu CBN. První skupinou jsou keramické kompozity (40-65% CBN), kde keramická složka zajišťuje vyšší odolnost proti opotřebení. Ve druhé skupině obsah kubického nitridu boru je 85-100%, kde pojivo z kovového materiálu zajišťuje houževnatost. [22] [23]

Základ VBD vytváří slinutý karbid, na který je připájen plátek z CBN. Tento materiál se doporučuje k dokončovací operacím tvrzených ocelí-obecně skupina H, K (HRC > 45 HRC), při menších tvrdostech dochází ke ztrátě odolnosti proti otěru. Z důvodu podmínky min. tvrdosti obráběného materiálu, kterou nesplňuje automatová ocel, nepřipadá v úvahu. [22]

3.3.6 Přehled doporučených řezných podmínek pro jednotlivé materiály při obrábění automatové oceli

materiál	vhodné na automatové oceli	představitel	řezný materiál testován firmou	řezné podmínky*		
				ap [mm]	f[mm/ot.]	vc[m/min]
slinuté karbidy	ANO	DCGT11T304-UM1515	ANO	1,3 (0,5-3)	0,15 (0,1-0,25)	250 (160-295)
cermety	ANO	DCGT11T304-UM5015	ANO	1,3 (0,5-2,00)	0,15 (0,08-0,25)	350 (295-425)
cermety-povlak	ANO	DCMT11T304-UM1525	ANO	1,3 (0,5-3)	0,2 (0,08-0,3)	255 (215-340)
řezná keramika	NE	-	ANO	-	-	-
CBN	NE	-	NE	-	-	-
Rychlořezná ocel	ANO	-	NE	0,5-3	0,04-0,09	68-85

* před závorkou jsou uvedeny optimální hodnoty, v závorce pak rozptyl min. a max. hodnot

Tabulka 4 doporučené řezné podmínky, vhodnost použití k obrábění automatových ocelí, zda byl materiál testován firmou Burgmaier

3.3.7 Výběr vhodného řezného materiálu

Důležité je brát v potaz informaci, že ačkoliv mají dané typy své doporučené řezné podmínky od výrobců, tak tyto podmínky musely být upraveny, aby bylo možno dosáhnout předurčených přesností drsnosti a kruhovitosti. Z toho vyplývá, že testovaný materiál nepracoval ve svých ideálních podmínkách a nechoval se podle svých známých pravidel. Z toho důvodu nelze vyvodit odpověď na otázku, který materiál je nejvhodnější a je nutné tyto všechny alternativy řezných materiálů otestovat v praxi.

3.4 Popis technologie

Na obrábění tohoto obrobku již byly aplikovány 2 technologie. Ke změně technologie docházelo kvůli kapacitám na strojích a z podezření vnitřní pnutí materiálu. Možnou alternativou bylo žihání na snížení pnutí, avšak tato varianta se ukázala jako neefektivní a nákladná. Touto změnou došlo ke zlepšení o 20%. Nyní následuje popsání těchto technologií.

3.4.1 Stará technologie

Tyč automatové oceli 11SMnPb30+C byla nejdříve nařezána na pile. Následně docházelo k obrobení na stroji HK-con (viz. výkresová dokumentace).

Jako první krok bylo soustružení na daný tvar a poté byla vyvrtána díra. Avšak vzhledem k vlastnostem obráběného materiálu, automatové oceli, docházelo k velkým deformacím. Dalším krokem bylo vyvrtání otvorů na stroji Chiron.

3.4.1.1 Řešení problému s neshodností výrobků

Na stroji HK-con dochází postupně k obrábění různými VBD.

Co se týká výsledku obrábění, tak největší vliv na výslednou kvalitu obrobeného povrchu má cermetová destička na druhém úseku obrábění (detailní popis obrábění na HK-con bude popsán v následující kapitole). Bylo zjištěno, že cermetová destička má vyhovující geometrii po obrobení 20. kusů. Reakce na toto zjištění bylo zavedení zabíhacího programu. Výsledkem tohoto programu byly obrobky, které se vizuálně lišily od ostatních obrobků. Při řezném procesu těchto dílů se cermetová destička opotřebila na optimální tvar. Následující obrábění splňovalo toleranční požadavky až do 150. kusu.

3.4.2 Nová technologie

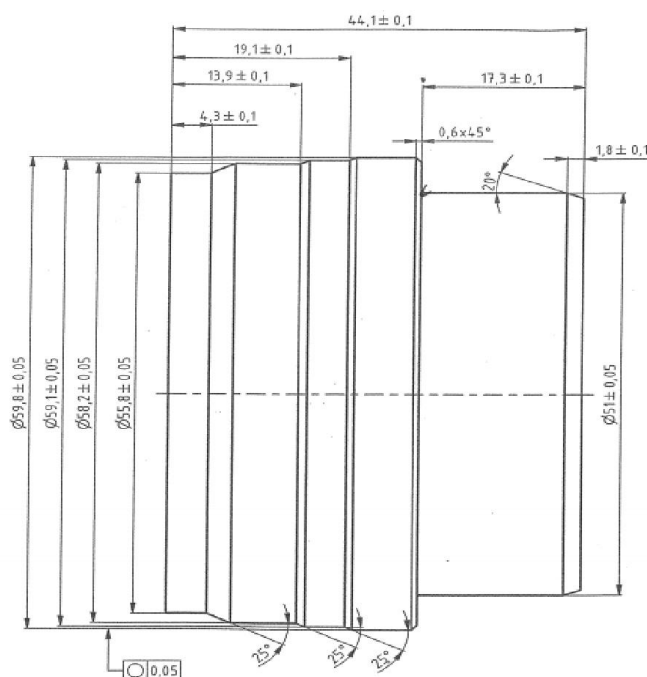
V současné době dochází k hrubování na stroji Doosan Puma. Jedná se o dvou vřetenový soustruh s řídicím systémem Fanuc. Následuje obrábění na stroji HK-con s řídicím systémem Sinumerik 840D. Dále dochází k vyvrtání děr na přístroji Mikron.

3.4.2.1 Řešení problému s neshodností výrobků

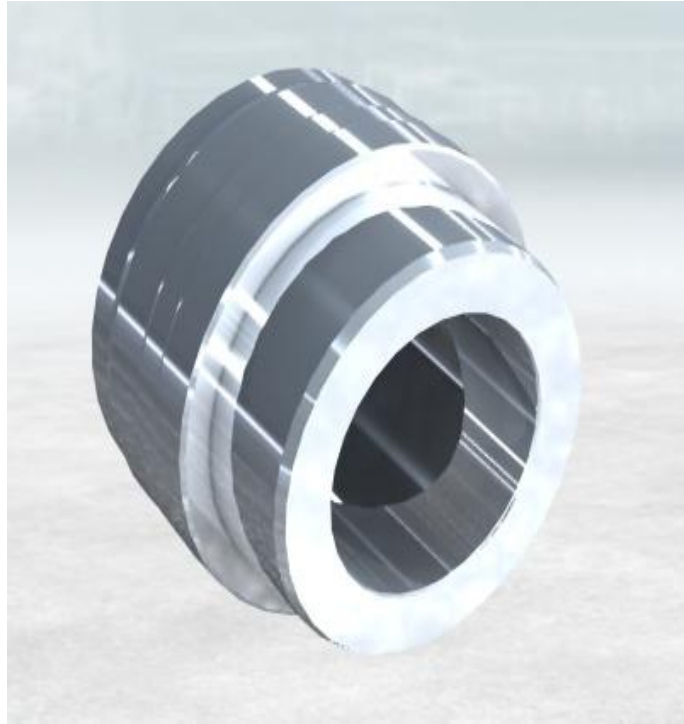
Jako u předchozí metody nejvíce výsledný povrch ovlivňuje cermetová VBD. Bylo zjištěno, že první 2 kusy vyrobeny na HK-con nesplňují toleranční požadavky. První dva kusy jsou tudíž vyřazeny. Dále bylo experimentálně zjištěno, že po obrobení 70. kusu dochází k takovému opotřebení destičky, že by následující vyrobené kusy nemusely splňovat požadavky na kruhovitost. Z toho důvodu je program navržen takovým způsobem, že po 70. vyrobeném kusu se zastaví a čeká na výměnu cermetové VBD.

3.4.2.2 Obrábění na stroji Doosan Puma

Vstupní polotovar představuje tyč o průměru 60mm z materiálu 11SMnPb30+C. První operaci představuje sražení vnitřní i vnější hrany, dále následuje předvrtání na průměr 34 mm a soustružení vnitřního průměru a přední hrany na čisto. Následně na dolním vřetenu dochází k hrubování čela, dokončení předního čela a vnějšího tvaru a upíchnutí. Hotový obrobek představuje polotovar pro následující obrábění na stroji HK-con.



Obr. 3-12 detail z výrobního výkresu (viz. příloha 15) [11]



Obr. 3-13 výsledný obrobek po obrábění na doosan puma (render v sw NX.9)

3.4.2.3 Obrábění na stroji HK-con

3.4.2.3.1 Popis stroje HK-con

Jedná se o dvou vřetenový soustruh, rozdělený na dva úseky. Po obrobení první části dochází k přeupnutí do protivřetena a následuje obrábění v druhém úseku.

Parametry stroje:

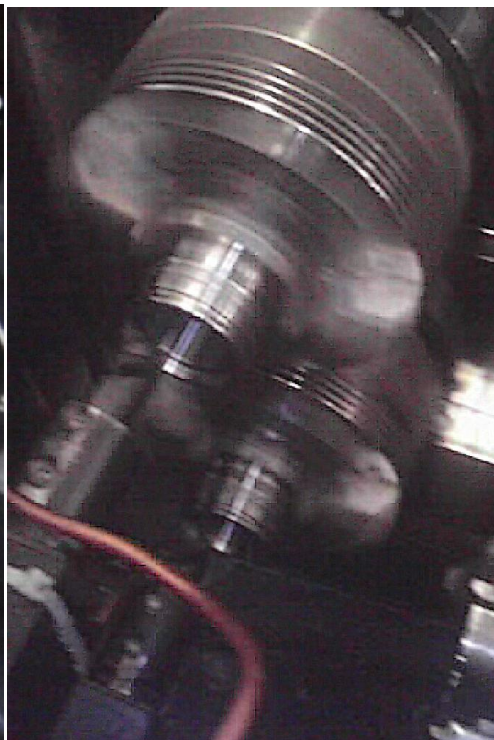
- Název: HK-con
- Výkon: 27,7 kW
- Otáčky vřetene: 6000 ot./min.
- Rozsah pracovních posunů: x-1280mm z-180 mm
- Upínání: Capto 4
- Poloha vřetene: horizontální
- Poloha nástroje: statický

Chladicí kapalina:

- Název: AVILUB METACOOOL CPS
- Tlak: 45-80 bar
- Chladicí medium: emulze
- Ph: 6,2-7,7
- Koncentrace: 9 %



Obr. 3-14 Dvouvřeteno na HK-con

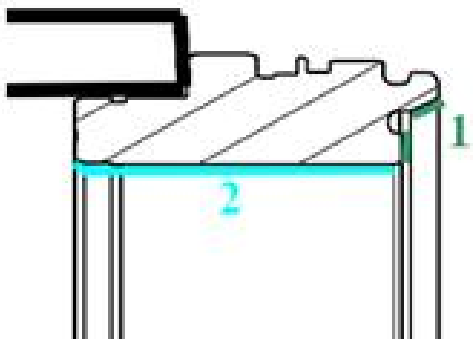


Obr. 3-15 obrábění cermetovou destičkou

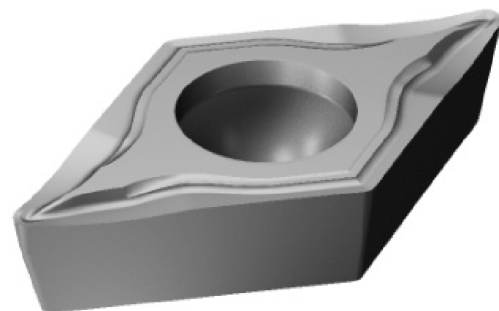
3.5 Popis operací na stroji HK-con

V celém řezném procesu dochází k obrábění ve dvou vřetenech šesti různými druhy destiček a jedním diamantovým hrotem. Nyní následuje popis operace, kterou vykonává zkoumaná destička. Proces probíhá ve dvou pracovních prostorech. Celkový popis operací je uveden v příloze 4.

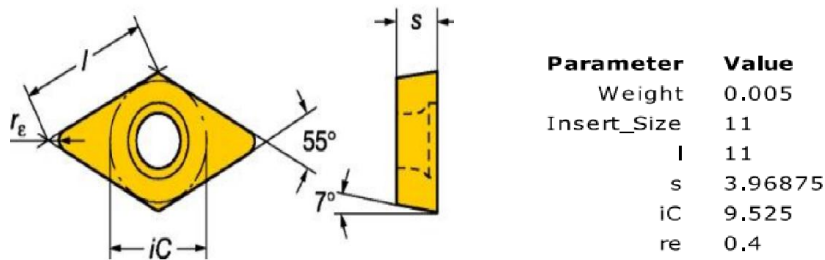
Jedná se o dokončovací destičku na vnitřní průměr. Nejdříve dochází začištění čela a sražení (1), následně obrobení vnitřního průměru (2) na čisto (obr.3-16).



Obr. 3-16 dráha DCGT T304-UM5015 v pořadí 3.destička



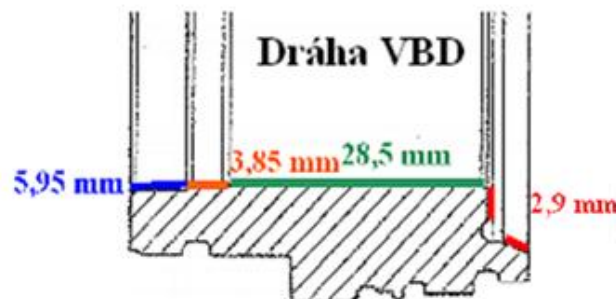
Obr. 3-17 DCGT T304-UM5015 [24]



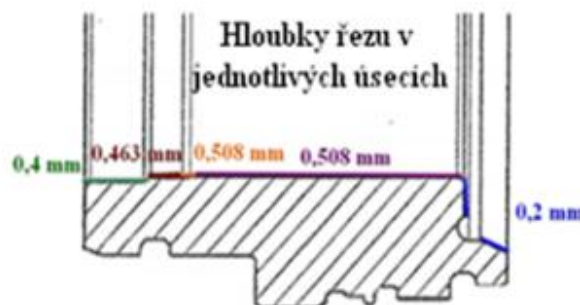
Obr. 3-18 geometrie VBD DCGT 11T304-UM5015 [24]

3.6 Detailní popis dráhy VBD DCGT 11T304-UM5015

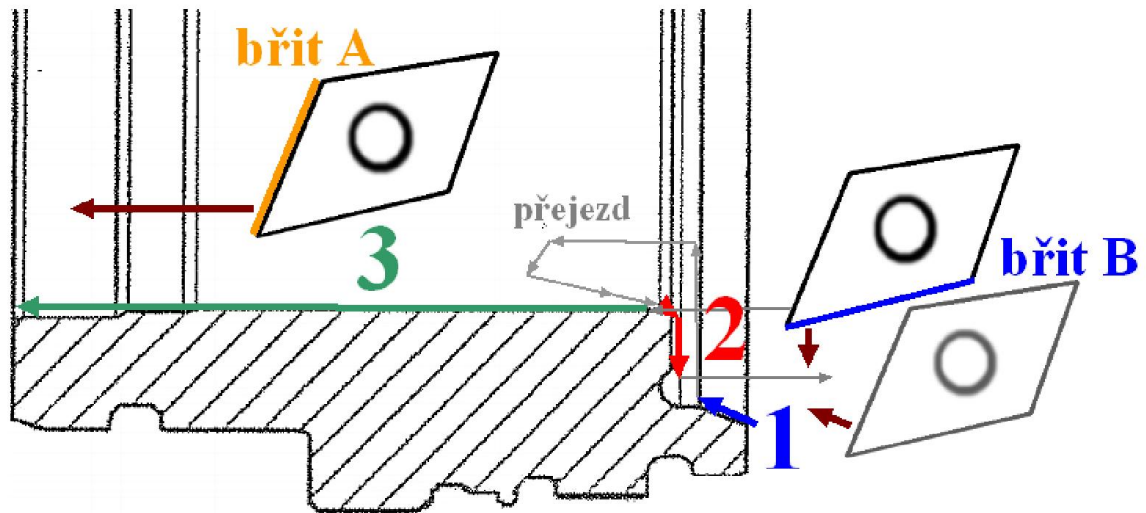
První pohyb (1) VBD představuje sražení čela, přičemž je namáhán břit A, při tomto pohybu ujede deštička dráhu 2,9 mm při hloubce řezu 0,2 mm, posuvu 0,06mm/ot. Následuje zarovnání čela (2) o stejných řezných podmínkách, ale dochází k namáhání břitu B. Dalším pohybem (3), při namáhání břitu A, hloubce řezu 0,508 mm a posuvu 0,12 mm, je obrábění vnitřní díry $\text{Ø}36\text{G}6$, kde ovšem po ujetí dráhy 28,5 mm dojde ke změně hloubky řezu na 0,463mm a posuv 0,02 mm/ot. na dráhu 3,85 mm. Další změna řezných podmínek pro deštičku následuje na posledním úseku 5,95 mm, při hloubce řezu 0,4 mm a posuvu 0,05 mm/ot.(Obr.3-19, Obr.3-20, Obr. 3-21).



Obr. 3-19 znázornění dráhy v průběhu řezného procesu



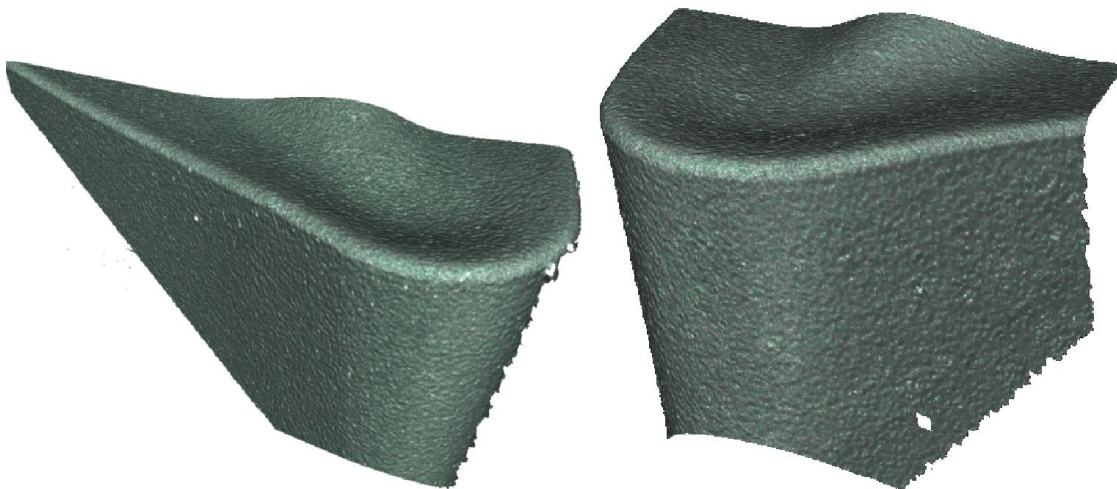
Obr. 3-20 znázornění hloubky řezu v průběhu obrábění



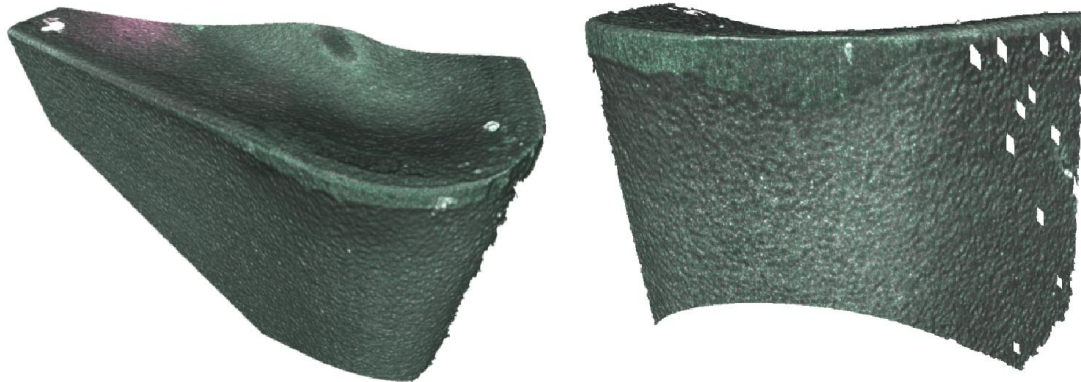
Obr. 3-21 pohyb destičky, naznačení namáhání břitu

3.7 Zjištění vzniklého opotřebení na destičce dodané firmou Burgmaier

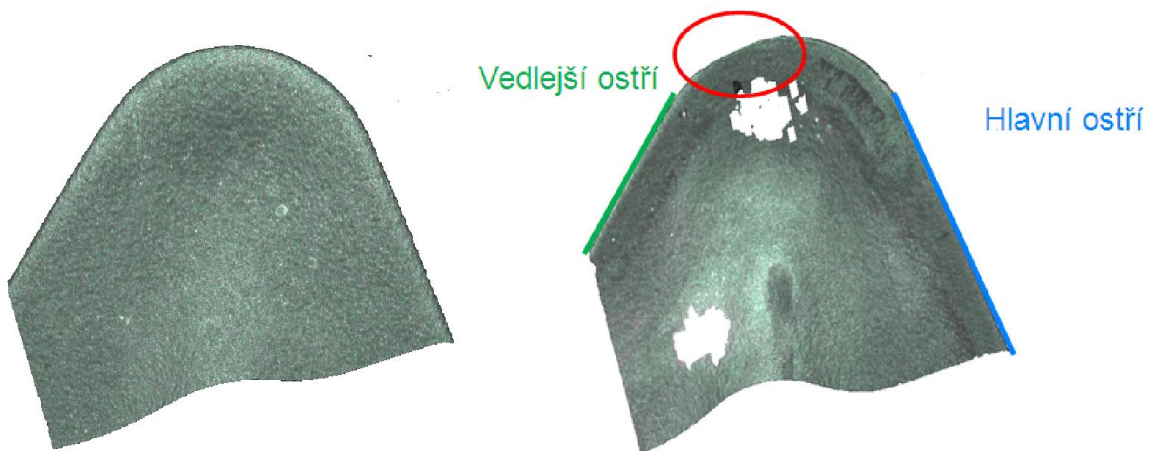
Z analýzy cermetové VBD, s opotřebením vzniklém po obrobení 20. kusů, dodané firmou Burgmaier, bylo zjištěno, že na vedlejším ostří se vytváří ploška i dochází ke zmenšení poloměru zaoblění.



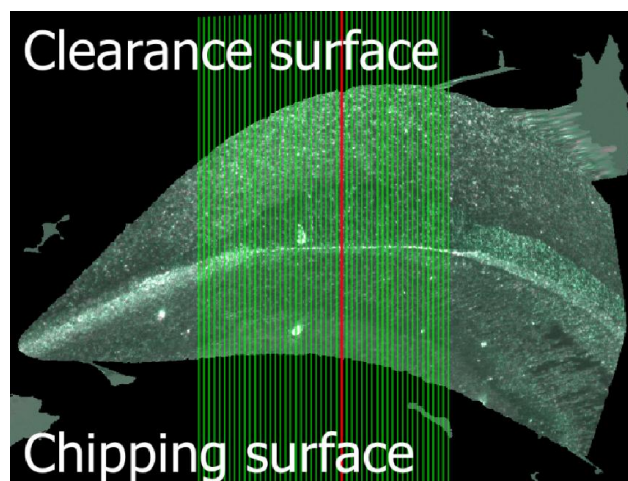
Obr. 3-22 Scan nové VBD na stoji Alicona



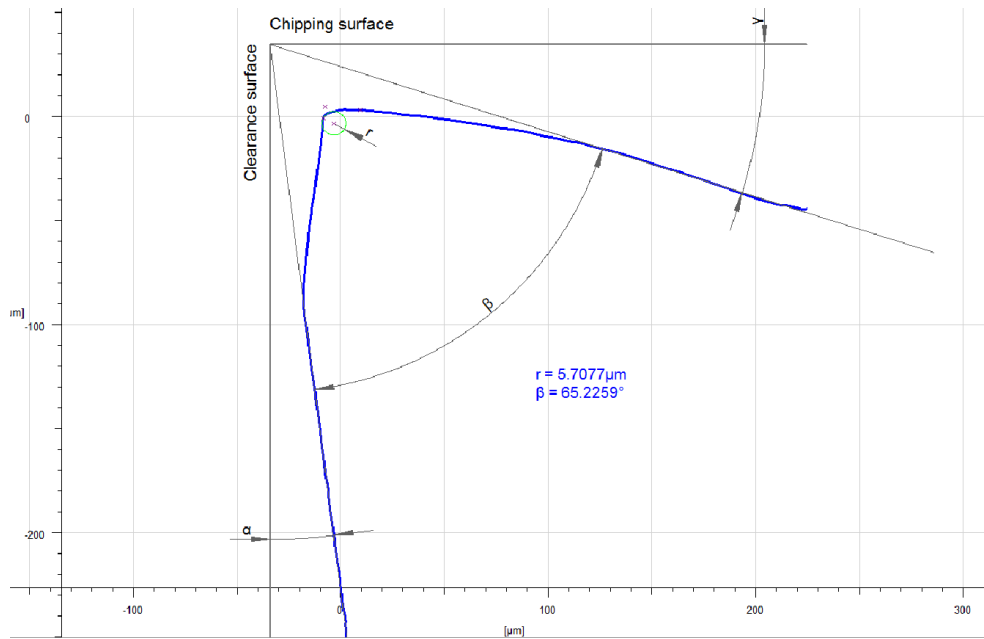
Obr. 3-23 scan VBD po obrobení 20.kusů



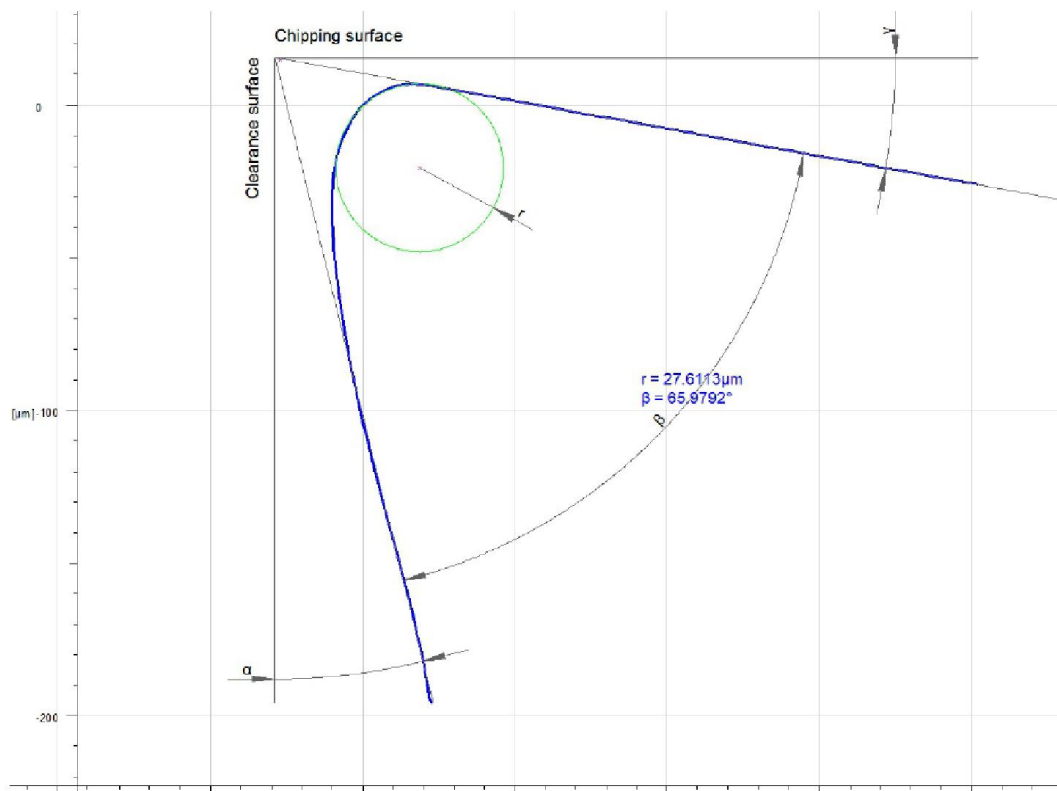
Obr. 3-24 porovnání nové a opotřebené VBD



Obr. 3-25 znázornění řezu destičkou (řez obr.3-26 a 3-27)



Obr. 3-26 analýza řezu VBD po 20.kusech (znázorněno na obr.3-25)



Obr. 3-27 analýza řezu nové VBD (znázorněno na obr.3-25)

3.8 Výstupní kontrola po obrábění na stroj HK-con

Ve firmě Burgmaier je každý kus testován ručně na pasometru z hlediska kruhovitosti (malá kontrola). Kontrola drsnosti probíhá na stroji Mitotuyo na každém 20.-30. kusu, z čehož vyplývá, že se kontroluje 1., 20., 40., 60. kus. Průběžná kontrola probíhá na stroji Zeiss Prismo. Na tomto stroji se kontroluje celková kruhovitost. Tato kontrola probíhá každý 30.-40. kus (1., 30., 60. kus) (jedná se o velkou kontrolu). Když se tento problém začínal řešit, představoval u prvních dvou vyrobených kusů problém nesplnění požadované drsnosti. Pro měření drsnosti jsou využívány parametry: Gaussův standardní filtr, cut-off filtr 0,8 a poloměr snímacího hrotu 2 μm . U vyrobených kusů, které by byly vyrobeny po 70. kuse, by nebyla splněna kruhovitost. Z toho důvodu dochází po obrobení 70. kusu k výměně břitové destičky.


3.9 Obrobky dodané firmou Burgmaier kontrolované na KTO-ZČU

Pro ověření hodnot výsledků měření byly 2 vyrobené kusy (25. a 70.) z firmy Burgmaier kontrolovány v metrologické laboratoři KTO-ZČU.

3.9.1 Měření drsnosti

Během kontroly drsnosti bylo postupováno dle normy ISO 4288:1998 a ISO 3274:1998. Rovněž byly hodnoty měřeny dle nastavení, které je používáno ve firmě Burgmaier.

Při měření drsnosti dle normy je v prvním kroku zjištěna hodnota RSM (střední vzdálenost rýh), aby bylo následně dle této hodnoty zvoleno λ_c (l_c) (obr.3-28). Po nastavení cut off filtru (hodnota l_c), lze přistoupit k procesu měření (obr. 3-29).

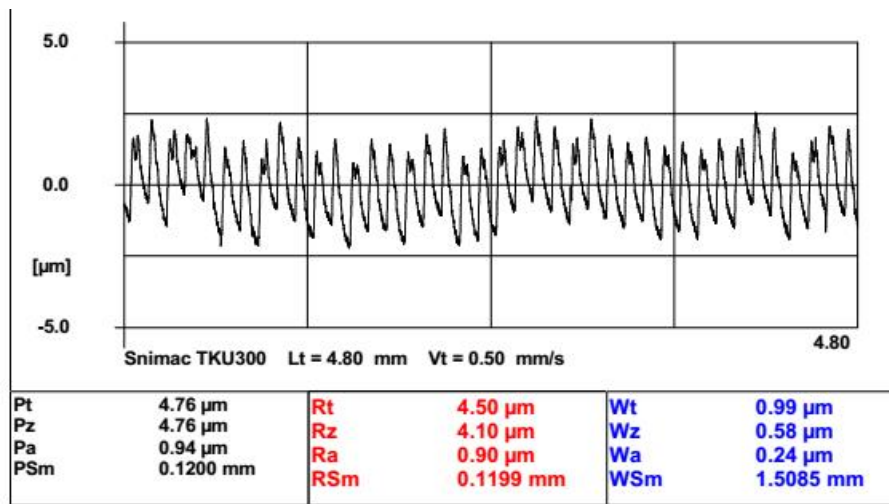
Periodické profily např. soustružení, frézování		Měřicí podmínky Podle DIN EN ISO 4288:1998 a DIN EN ISO 3274:1998				
		Mezní vlnová délka		λ_c (l_c)		
		Základní délka		l_r		
Střední vzdálenost rýh elementů drsnosti		Měřená délka		l_n		
RSm (mm)		Celková délka		l_t		
> 0,013 ... 0,04	→	$\lambda_c = l_r$ (mm)	l_n (mm)	l_t (mm)	r_{tip} (μm)	λ_s (μm)
> 0,04 ... 0,13	→	0,08	0,40	0,48	2	2,5
> 0,13 ... 0,4	→	0,25	1,25	1,5	2	2,5
> 0,4 ... 1,3	→	0,8	4,00	4,80	2 nebo 5*	2,5
> 1,3 ... 4,0	→	2,5	12,5	15,00	5	8
> 1,3 ... 4,0	→	8,0	40,00	48,00	10	25

Obr. 3-28 postup při měření drsnosti dle normy ISO 4288:1998 A ISO 3274:1998 (viz. příloha13) [25]

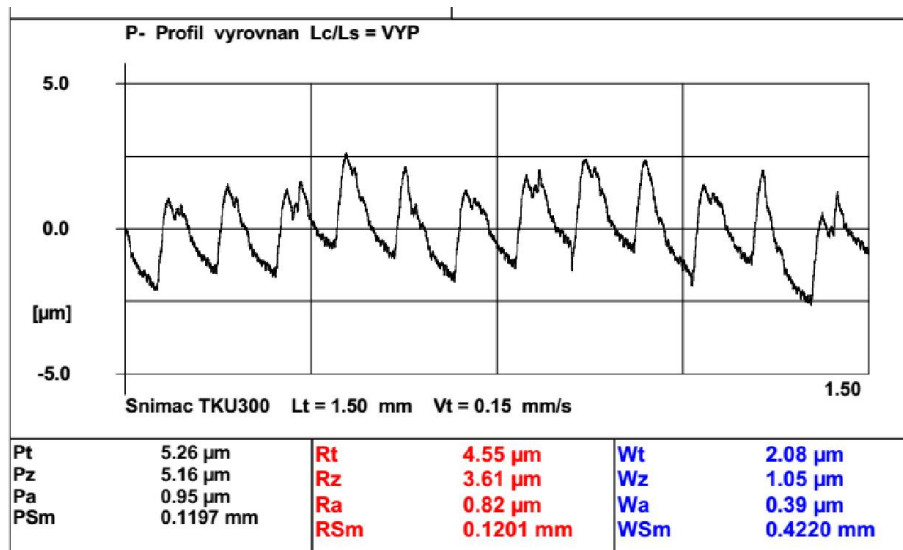
3.9.1.1 Měření drsnosti povrchu na 25. vyrobeném kuse ve firmě Burgmaier

Drsnost obrobků, dodaných firmou, byla kontrolována dle nastavení používaného standardně ve firmě, v případě 25. kusu byla zjištěna drsnost Rz 4,1 μm (obr.3-29), při opakování 4,66 μm , průměrná hodnota 4,38 μm .

Podle nastavení stanoveného normou byla zjištěna hodnota 3,61 μm (obr. 3-30), při opakování měření 4,07 μm , průměrná hodnota 3,84 μm . Rozdíl mezi jednotlivými způsoby vyjádření drsnosti (Rz , Rt , RSM , atd.) je uveden v příloze 13.



Obr. 3-29 výřez z výsledků měření z drsnoměru Hommel-etamic, 25.vyroběného kusu dodaného firmou Burgmaier, měření dle nastavení firmy Burgmaier (celkový protokol k nahlédnutí v příloze 5)

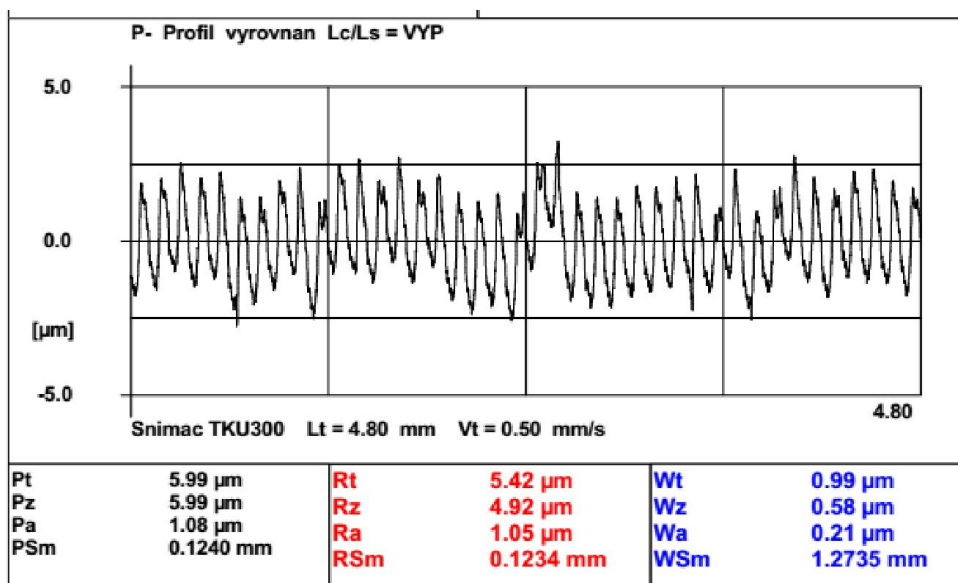


Obr. 3-30 výřez z výsledků měření z drsnoměru Hommel-etamic, 25.vyroběného kusu dodaného firmou Burgmaier, měření dle normy (celkový protokol k nahlédnutí v příloze 5)

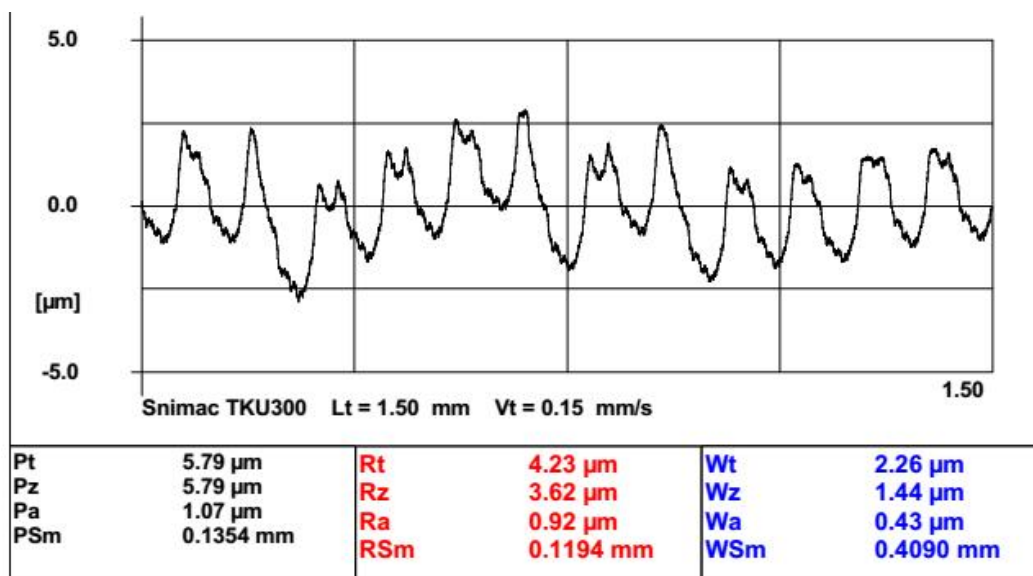
3.9.1.2 Měření drsnosti povrchu na 70. vyrobeném kuse ve firmě Burgmaier

V případě kontroly drsnosti 70. kusu, dle nastavení používaného ve firmě, byla zjištěna drsnost R_z 4,92 μm (obr.3-31), při opakování 4,88 μm , průměrná hodnota činí 4,9 μm .

Podle nastavení stanoveného normou byla zjištěna hodnota 3,62 μm (obr.3-32), při opakování měření 3,81 μm , průměrná hodnota $R_z=3,715 \mu\text{m}$.



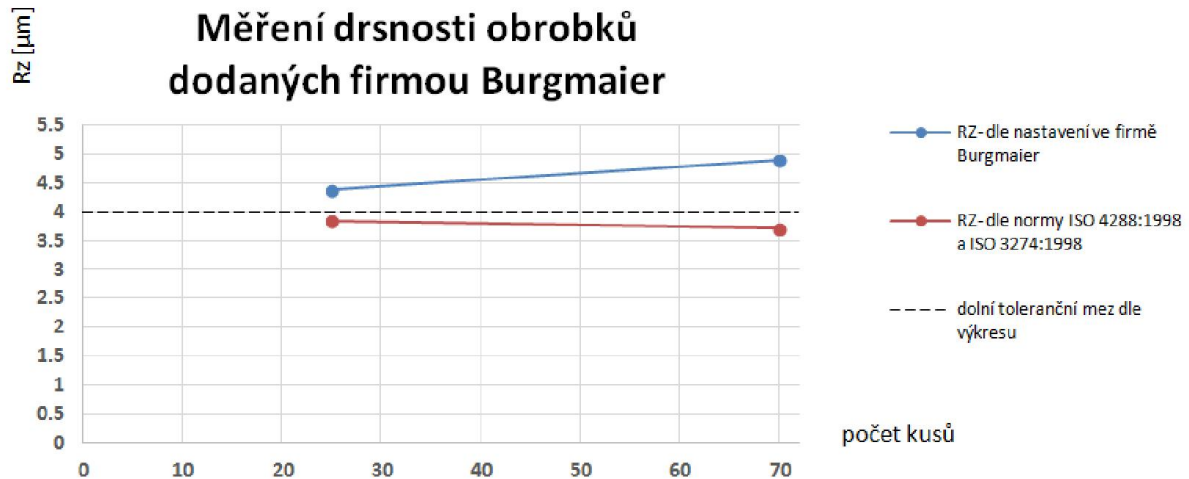
Obr. 3-31 výřez z výsledků měření z drsnoměru Hommel-etamic, 25.vyroběného kusu dodaného firmou Burgmaier, měření dle nastavení firmy Burgmaier (celkový protokol k nahlédnutí v příloze 7)



Obr. 3-32 výřez z výsledků měření z drsnoměru Hommel-etamic, 25.vyroběného kusu dodaného firmou Burgmaier, měření dle normy (celkový protokol k nahlédnutí v příloze7)

3.9.2 Vyhodnocení průběhu drsností

Drsnosti byly měřené podle nastavení ve firmě Burgmaier i podle norem ISO 4288:1998 a ISO 3274:1998, avšak výsledky se odlišují (obr. 3-33). Pro následné porovnání výsledků řezného procesu ve firmě Burgmaier a v laboratoři KTO-ZČU budou použity výsledky měření dle normy.

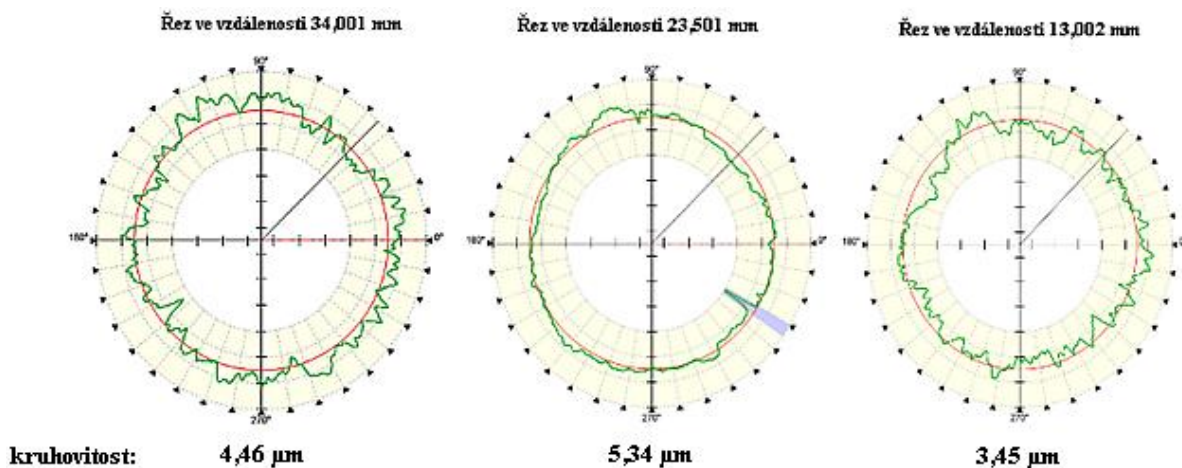


Obr. 3-33 porovnání naměřených hodnot drsností, měřených podle nastavení ve firmě Burgmaier a podle normy

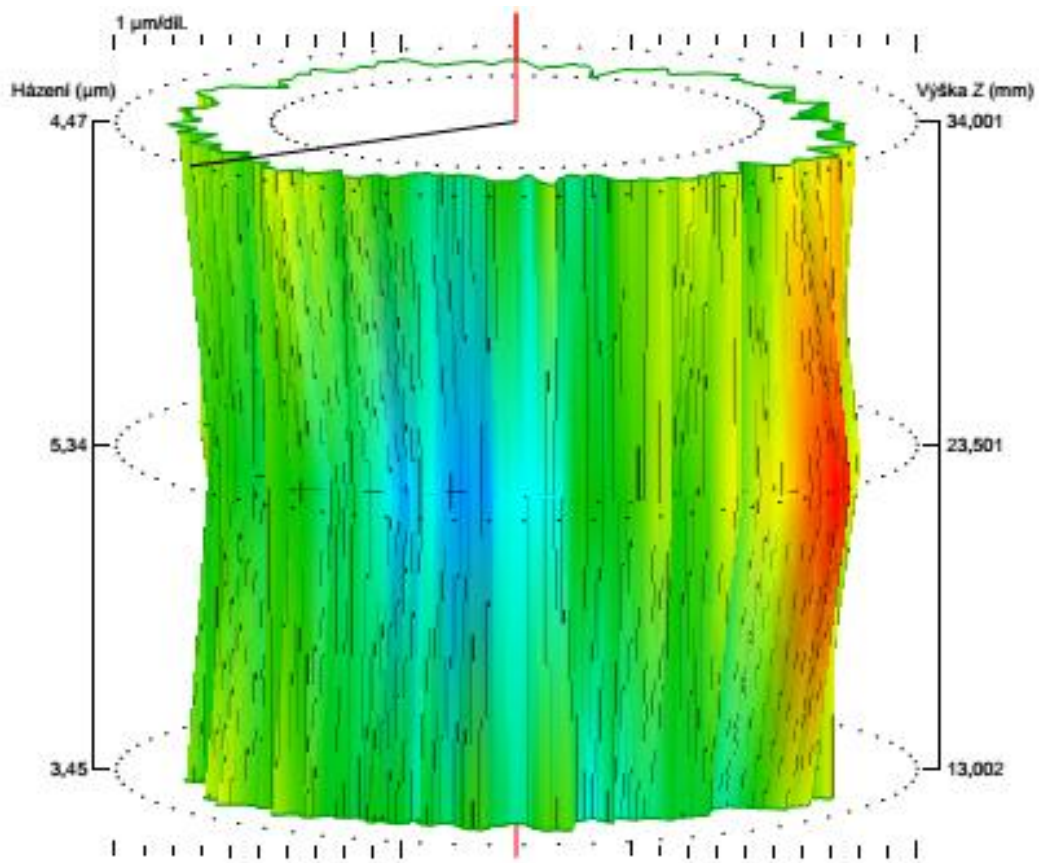
3.9.3 Měření kruhovitosti

3.9.3.1 Měření kruhovitosti na 25. kuse vyrobeném firmou Burgmaier

Kruhovitost byla měřena v řezech o vzdálenosti 34,001 mm, 23,501 mm a 13,002 mm na rozměru 36G6. Při výsledných hodnotách kruhovitosti 4,46 μm , 5,34 μm a 3,45 μm (obr.3-34), průměrná kruhovitost činí 4,42 μm .



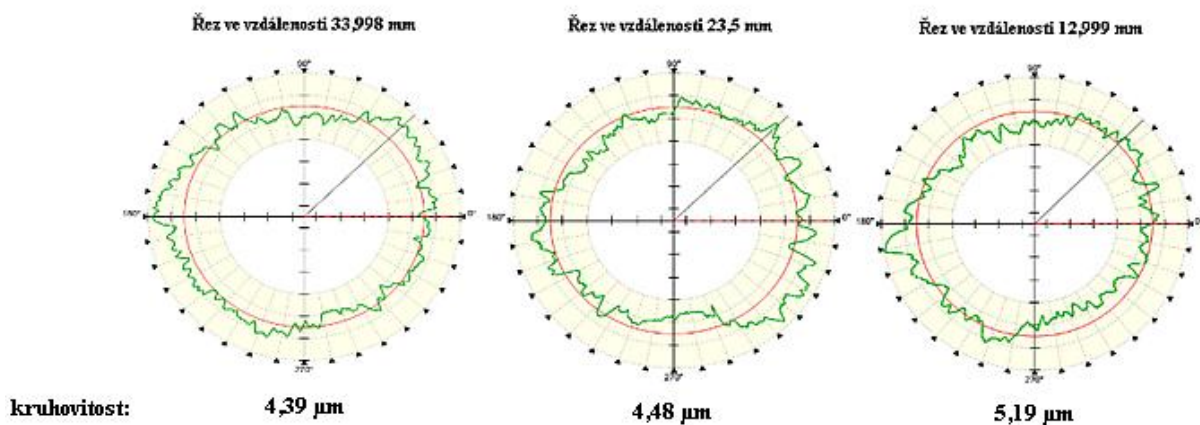
Obr. 3-34 měření kruhovitosti 25.kus(řezy jsou naznačené v obr. 3-35)



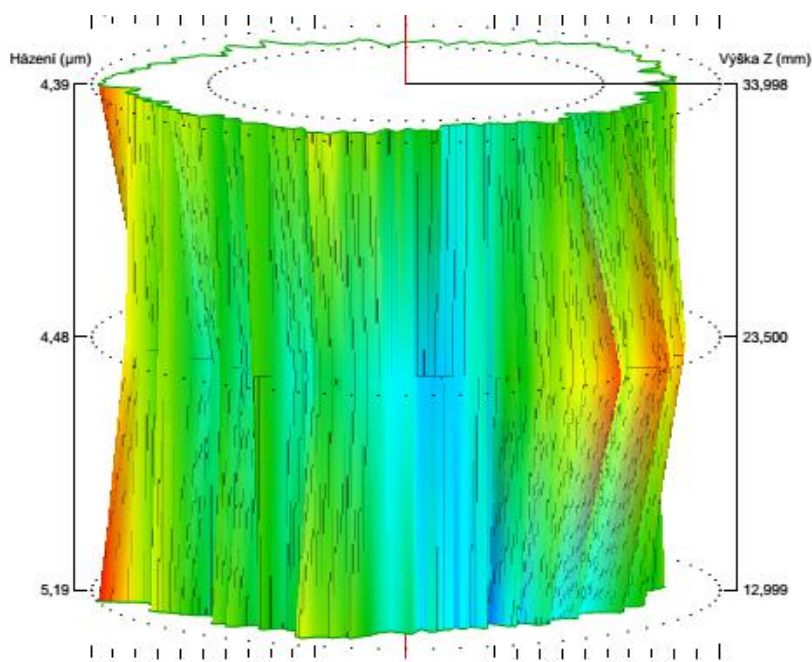
Obr. 3-35 kontrola válcovitosti na přístroji Taylor Hobson, 25.kus (detailní protokol viz. příloha6)

3.9.3.2 Měření kruhovitosti na 70. kuse vyrobeném firmou Burgmaier

Kruhovitost byla měřena v řezech o vzdálenosti 33,998 mm, 23,500 mm a 12,999 mm. Při výsledných hodnotách kruhovitosti 4,39 μm , 4,48 μm a 5,19 μm (obr. 3-36), průměrná hodnota činí 4,687 μm .



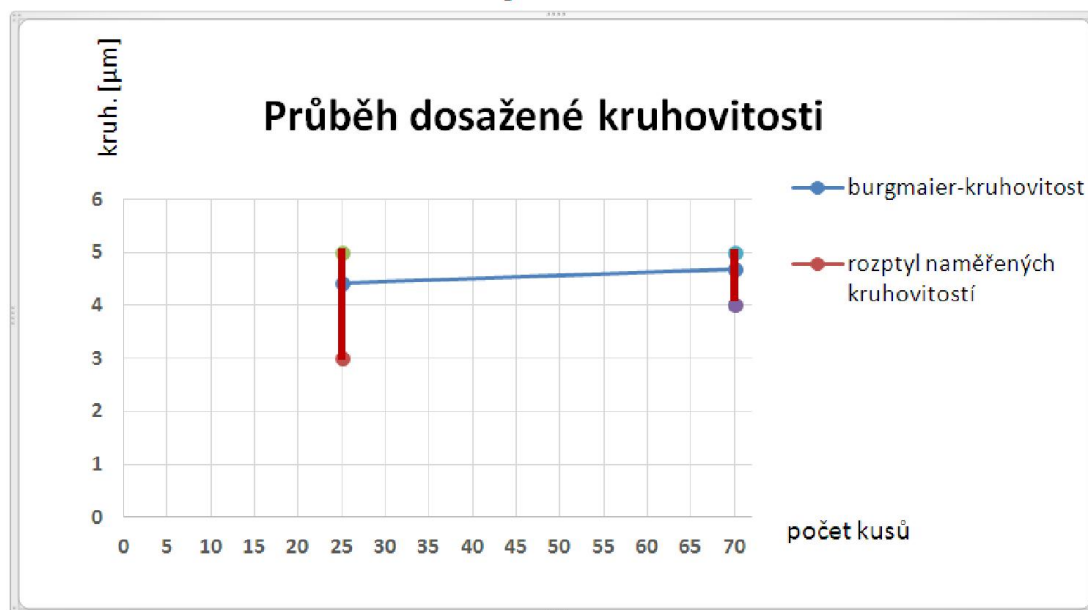
Obr. 3-36 měření kruhovitosti 70.kus (řezy jsou naznačené v obr. 3-37)



Obr. 3-37 kontrola válcovitosti na přístroji Taylor Hobson, 70.kus (detailní protokol viz. příloha 8)

3.9.3.3 Vyhodnocení průběhu kruhovitosti

Hodnoty naměřené laboratoří KTO-ZČU jsou v některých případech v menším rozporu s tvrzením, které stanovila na začátku firma Burgmaier o svých výrobcích (kruhovitost do 4-5 μ m). Vzniklé odchylky vznikají nejen odlišnými stroji pro kontrolu kruhovitosti, ale způsobem měření. Konkrétně pro přístroj Zeiss Prismo, dokoupila firma Burgmaier opci, pro měření kruhovitosti. Zeiss Prismo vyhodnotí hodnotu z kruhovitosti z méně naměřených bodů oproti stroji Taylor-Hobson, kterým disponuje metrologická laboratoř KTO-ZČU.

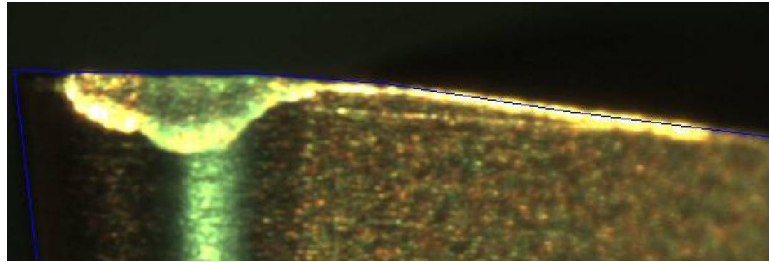


Obr. 3-38 kruhovitosť na výrobcích dodaných firmou Burgmaier

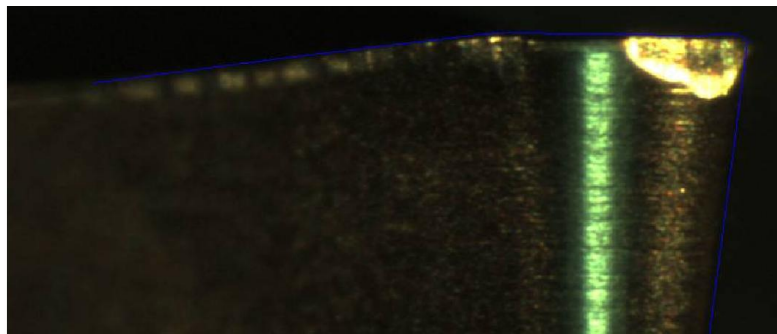
3.9.4 Sledování vzniklého opotřebení na VBD-VBmax.

3.9.4.1 Opotřebení na břitu po obrobení 25.kusů

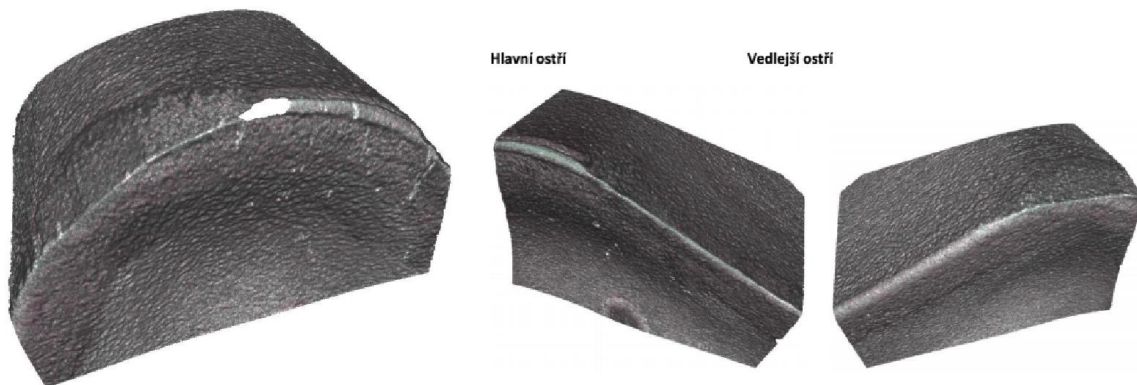
V porovnávání řezného procesu (probíhajícího ve firmě Burgmaier a v laboratoři KTO-ZČU), jsou nejen porovnávány dosažené parametry obrobeného povrchu, ale i opotřebení VBD. Při měření VB max. na břitu, měřeno na mikroskopu Multicheck, docházelo k opakování měření (tabulka 5). Na vedlejších ostřích vzniklo největší naměřené opotřebení VB max.=0,158 mm a na hlavním ostří VB max.= 0,167 mm.



Obr. 3-39 VBD po 25.řezu, vzniklé opotřebení na vedlejších ostřích (mikroskop Multicheck)



Obr. 3-40 VBD po 25.řezu, vzniklé opotřebení na hlavním ostří (mikroskop Multicheck)



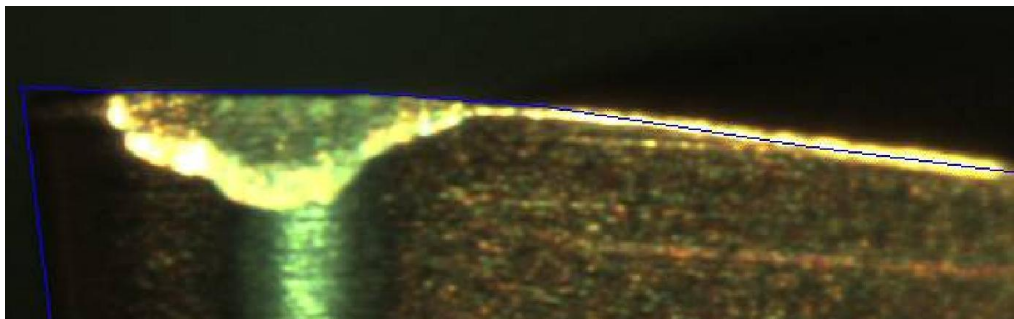
Obr. 3-41 scan VBD po 25.kusech na přístroji Alicona

ostří	VBmax.Burgmaier- 25.kus					
	vedlejší			hlavní		
měření	1	2	3	1	2	3
VBmax. [mm]	0,156	0,158	0,156	0,167	0,167	0,167

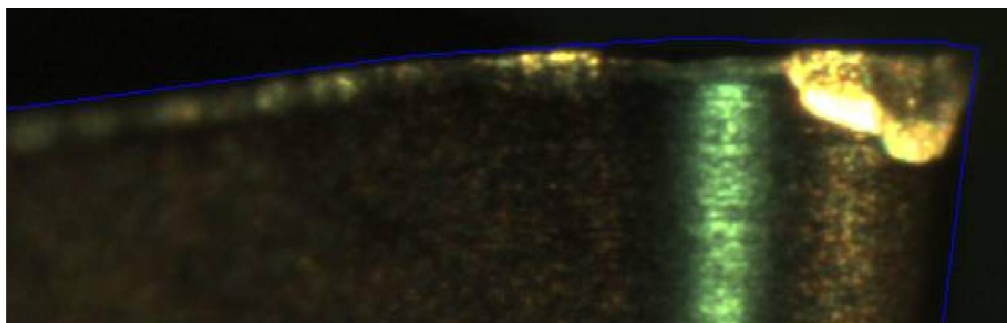
Tabulka 5 opotřebení VBmax.-Burgmaier-25.kus

3.9.4.2 Opotřebení na břitu po obrobení 70.kusů

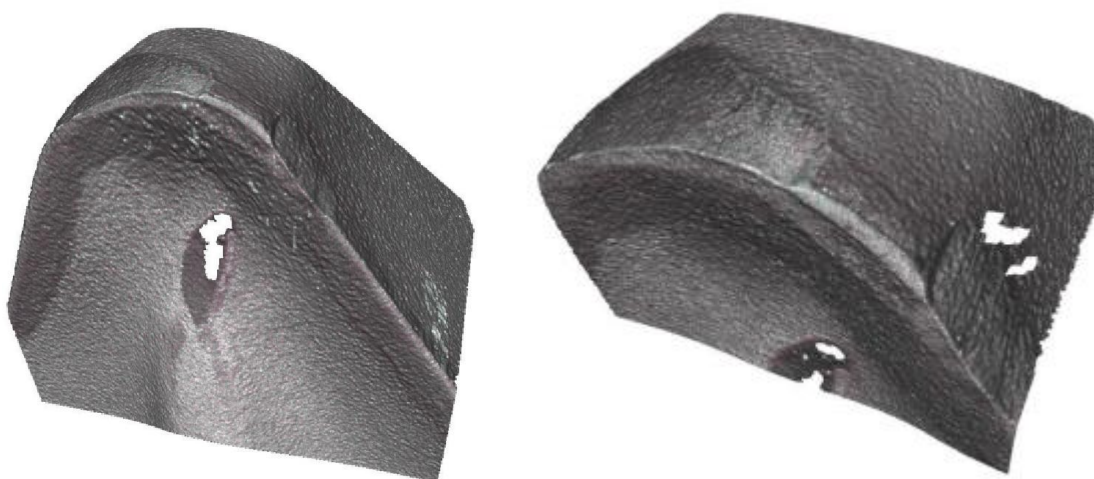
Na vedlejším ostří vzniklo největší naměřené opotřebení VB max.= 0,165 mm a na hlavním ostří VB max.= 0,182mm (tabulka6).



Obr. 3-42 opotřebení na vedlejším ostří , 70.kus (mikroskop Multicheck)



Obr. 3-43 opotřebení na hlavním ostří, 70.kus (mikroskop Multicheck)



Obr. 3-44 scan VBD po 70.kusech na přístroji Alicona

ostří	VBmax.-Burgmaier-70.kus					
	vedlejší			hlavní		
měření	1	2	2	1	2	3
Vbmax. [mm]	0,165	0,16	0,16	0,182	0,175	0,175

Tabulka 6 opotřebení VBmax.-Burgmaier-70.kus

4 Návrh řešení problému, výběr vhodné metod(y) úpravy mikrogeometrie břitu za účelem zabezpečení kvality s respektováním produktivity

4.1 Změna řezných podmínek

Z kapitoly 1.2. je zřejmé, že nižších hodnot drsnosti Rz lze dosáhnout snížením posuvu f . Další možností je zvýšení řezné rychlosti v_c . Avšak v tomto případě se jedná o teoretické řešení problému, které by muselo být otestováno přímo ve firmě Burgmaier, aby bylo možné celkově zhodnotit tuto variantu.

4.2 Změna poloměru zaoblení špičky břitu

Tato varianta opět vychází z kapitoly 1.2.. Rovněž u ní platí, že by musela být otestována přímo ve firmě Burgmaier v řezném procesu.

4.3 Volba jiného řezného materiálu

Vezme-li se v potaz celkové množství materiálů (diamant byl vyřazen z důvodu afinity železa k uhlíku), je alternativou řešení cermet, rychlořezná ocel a slinuté karbidy (dle výrobce). Ovšem ani jeden z těchto materiálů nepracuje v optimálních řezných podmínkách, doporučených výrobcem. Tyto podmínky musí být pozměněny, aby při obrábění docházelo k požadované kvalitě povrchu, současně se musí brát ohled na technické možnosti stroje. Proto je nutné tyto materiály otestovat v řezném procesu, přímo na stroji HK-con.

Ve firmě Burgmaier byly testovány materiály cermet, cermet s povlakem, slinuté karbidy a řezná keramika (i přesto, že není doporučena k obrábění automatových ocelí). Nejlepší hodnocení měl cermet (tabulka 7). Proto je toto zjištění firmy akceptováno.

	vhodné pro obrábění	vhodné pro automat. oceli	řezné podmínky:		
			ap [mm]	f [mm/ot.]	vc[m/min]
řezná keramika	S,K,H	ne	-	-	-
cermet	P,M,K	ano	1,3 (0,5-2,00)	0,15 (0,08-0,25)	350 (295-425)
rychlořezná ocel	široké spektrum	ano	0,5-3	0,04-0,09	68-85
slinuté karbidy	P,M,K,N,S ,H	ano	1,3 (0,5-3)	0,15 (0,1-0,25)	250 (160-295)
CBN	H,K	ne	-	-	-

Tabulka 7 porovnání materiálu a přehled řezných podmínek [24]

4.4 Úprava VBD mikrogeometrie

K úpravě mikrogeometrie lze použít vlečné omílání, laser, mikrotryskání, kartáčování-leštění nebo ruční honování. Vzhledem k tomu, že firma Burgmaier nedisponuje ani jednou z těchto metod, lze vyvodit, že nejvýhodnější by byla varianta ruční honování. Ovšem vzhledem k tomu, že se nejedná o strojní úpravu, je opakovatelnost stejné míry opotřebení téměř nemožná.

4.5 Výroba VBD, s již změněnou mikrogeometrií

Tento problém byl přímo konzultován s výrobcem této výměnné břitové destičky, firmou Sandvik. Jelikož se ve firmě Burgmaier jedná o velkosériovou výrobu, je výrobce ochoten vyrábět cermetovou destičku s již upravenou geometrií, kterou získá destička po obrobení 2. kusů.

4.6 Úprava břitu ve firmě Burgmaier

V současné době se tento daný problém ve své podstatě neřeší. Dochází ke standardní výrobě. První dva kusy, vyhodnocené jako neshodné, jsou vyjmuty z dávky a následně zlikvidovány. Při aktuálním řešení dochází celkově ke ztrátám 2 polotovarů, času obrábění 386 sekund a opotřebení 8 výměnných břitových destiček a diamantového hrotu, jejichž výsledek obrábění je zlikvidován s neshodným výrobkem.

Za předpokladu, že by program na stroji hk-con byl upraven tak, aby na polotovaru docházelo pouze k obrábění dráhy odpovídající 2 kusům poslední cermetovou destičkou. Docházelo by k celkové úspoře: času 272 s (4,5 min), dále 1 polotovaru, 8 výměnných břitových destiček i diamantový hrot by nebyly opotřebovávány, také by docházelo k úspoře energie. (obr.4-1., tabulka 8)

	stávající stav	po změně	úspora
Materiálové hledisko	2 polotovary	1 polotovar	1 polotovar
Čas obrábění [s]	193	57	136
Časové obrábění 2 kusy [s]	386	114	272 (4,5 min)

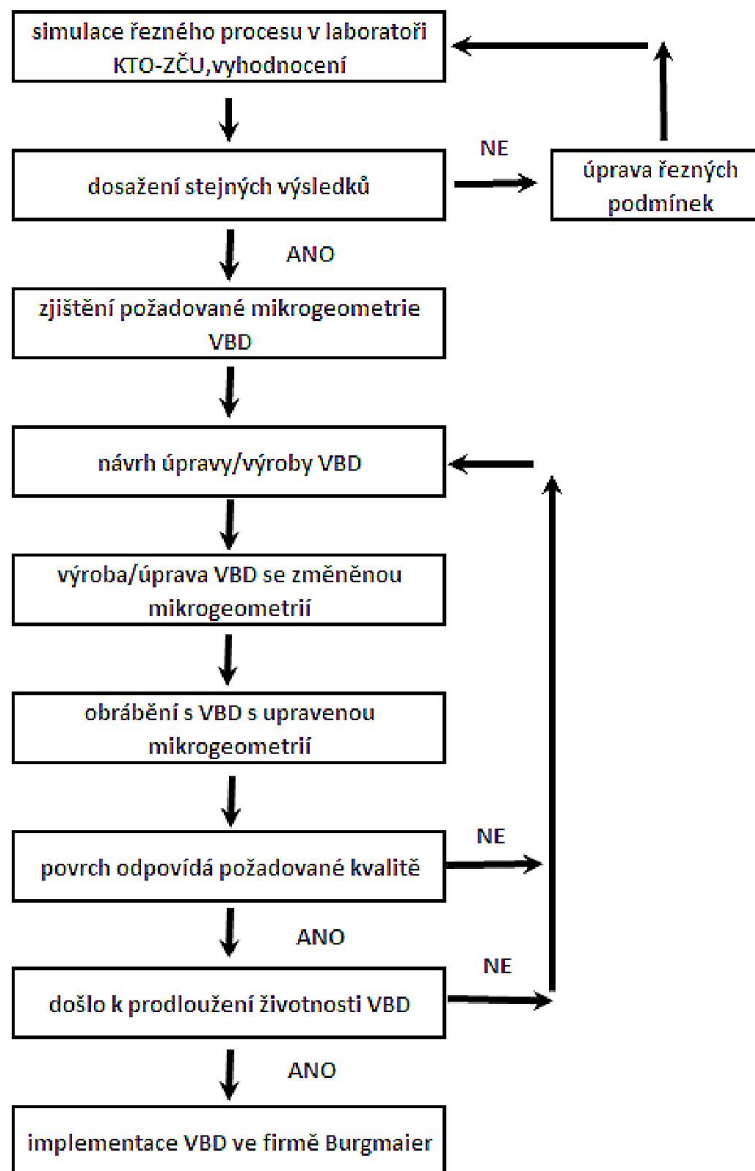
Tabulka 8 přehled vzniklé úspory

12,5 s		✗		
33 s		✗		
4 s		✗		
8 s		✗		
10,5 s		✗		
12 s		✗		
		✗		14 s
		✗		32 s
				54 s
		✗		10 s

ÚSPORA 136 s

Obr. 4-1 znázornění časové úspory úpravou obráběcího programu

5 Návrh a realizace experimentu, vyhodnocení

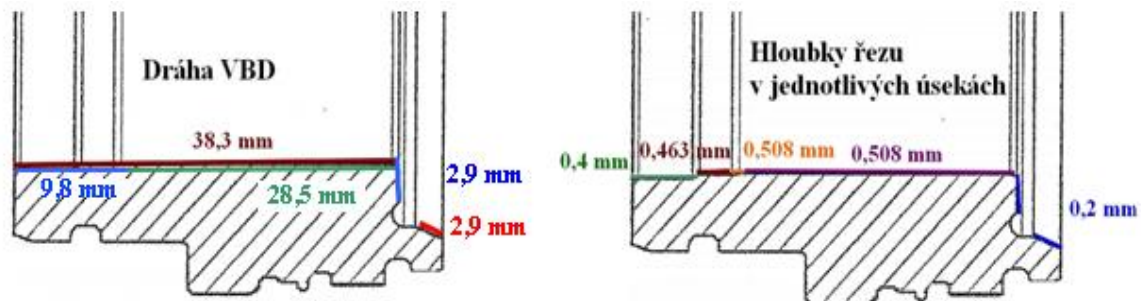


Obr. 5-1 vývojový diagram experimentální části

První bod experimentu představuje simulace řezného procesu v laboratoři KTO-ZČU. Tento bod je klíčový k celé problematice. Dojde k obrábění polotovaru za mírně modifikovaných řezných podmínek, používaných ve firmě Burgmaier. Poté bude následovat vyhodnocení řezného procesu v podobě zjištění opotřebení VBD, drsnosti obrobeného povrchu a kruhovitosti. Tyto hodnoty budou porovnány s daty z firmy Burgmaier. V dalším kroku dojde k obrábění dráhy odpovídající 2 kusům, protože tato mikrogeometrie by měla splňovat dané požadavky na integritu povrchu. Ve chvíli, kdy je známa tato mikrogeometrie, bude následovat výroba VBD s touto geometrií nebo úprava stávající VBD DCGT 11T304-UM5015 jednou z navržených úprav mikrogeometrie (kap.2). Následně dojde k testování VBD s upravenou mikrogeometrií v řezném procesu, jako bylo v prvním bodě experimentu. Dle dosažovaných výsledků integrity obrobeného povrchu a životnosti VBD bude poskytnuta firmě Burgmaier, aby mohlo následovat její otestování v praxi. V případě, že nebudou výsledky odpovídající dojde opět k návrhu úpravy/výroba VBD.

5.1 Zjednodušení dráhy VBD

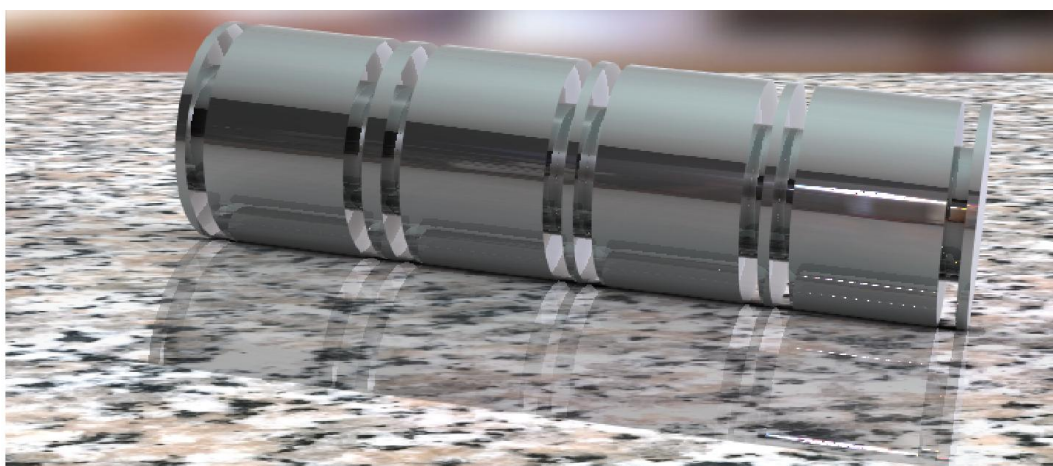
K získání požadovaného profilu dojde tím způsobem, že VBD DCGT T304-UM5015 obrobí stejnou dráhu, kterou obrobí reálně v řezném procesu. Ačkoliv známe řezné podmínky a dráhy destičky (kap.3.6.), dojde ke zjednodušení (tabulka 10).



Obr. 5-2 dráhy a hloubky řezu v průběhu řezného procesu

5.2 Experiment -sledování závislosti ujeté dráhy destičky, drsnosti, opotřebení břitu a výsledné kruhovitosti

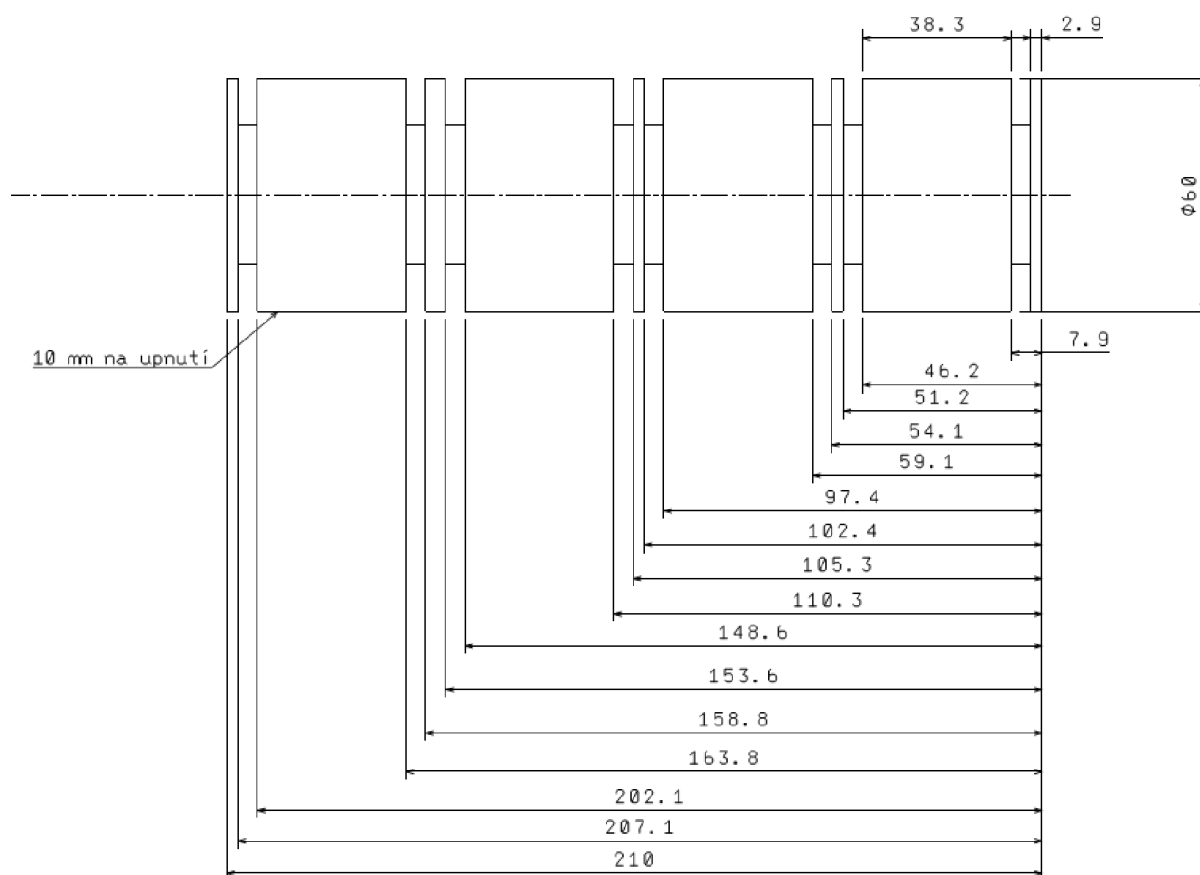
Výchozí materiál představuje tyč o délce 210 mm a průměru 60 mm (dodaný firmou Burgmaier). Polotovár je rozdělen na 3 stejné části zápichy, o hloubce i šířce 5mm, aby se zamezilo výjezdu VBD z plného materiálu. Každá část je dále rozdělena na dva úseky s ohledem na jednotlivé ujeté dráhy VBD při obrábění jednoho kusu. Zápichy se nacházejí ve vzdálenostech: 38,5 mm, 46,2 mm (1.část); 89,5 mm, 97,4 mm (2.část); 140,7 mm a 148,6 mm (3.část) (obr.5-4). Při obrábění je zapotřebí dbát bezpečného průměru 36 mm, protože při 2 000 ot/min.dochází k vibracím na stroji. Proto bylo celkem 72 kusů rozděleno do 8 skupin (tabulka9), tak aby nebyl překročen bezpečností limit průměru a současně VBD měla odpovídající reálné opotřebení stavu před obráběním měřeného kusu. Na materiálu bude zjišťována závislost vzniklého opotřebení břitu, výsledné drsnosti a kruhovitosti na délce odjeté dráhy. Výsledná drsnost a opotřebení VBD bude zkoumáno u 1., 25., 50., 70., a 72. kusu. Kruhovitost bude zjišťována u 1., 25., 70. a 72.kusu.



Obr. 5-3 polotovár (render SW NX 9)





skupina č.	dráha odpovídající x.kusu	celková ujetá dráha [mm]
1	1.	44,1
2	2.-24.	1058,4
3	25.	1102,5
4	26.-49.	2160,9
5	50.	2205
6	51.-69.	3042,9
7	70.	3087
8	72.	3175,2

Tabulka 9 přehled skupin během experimentu a ujetá dráha VBD



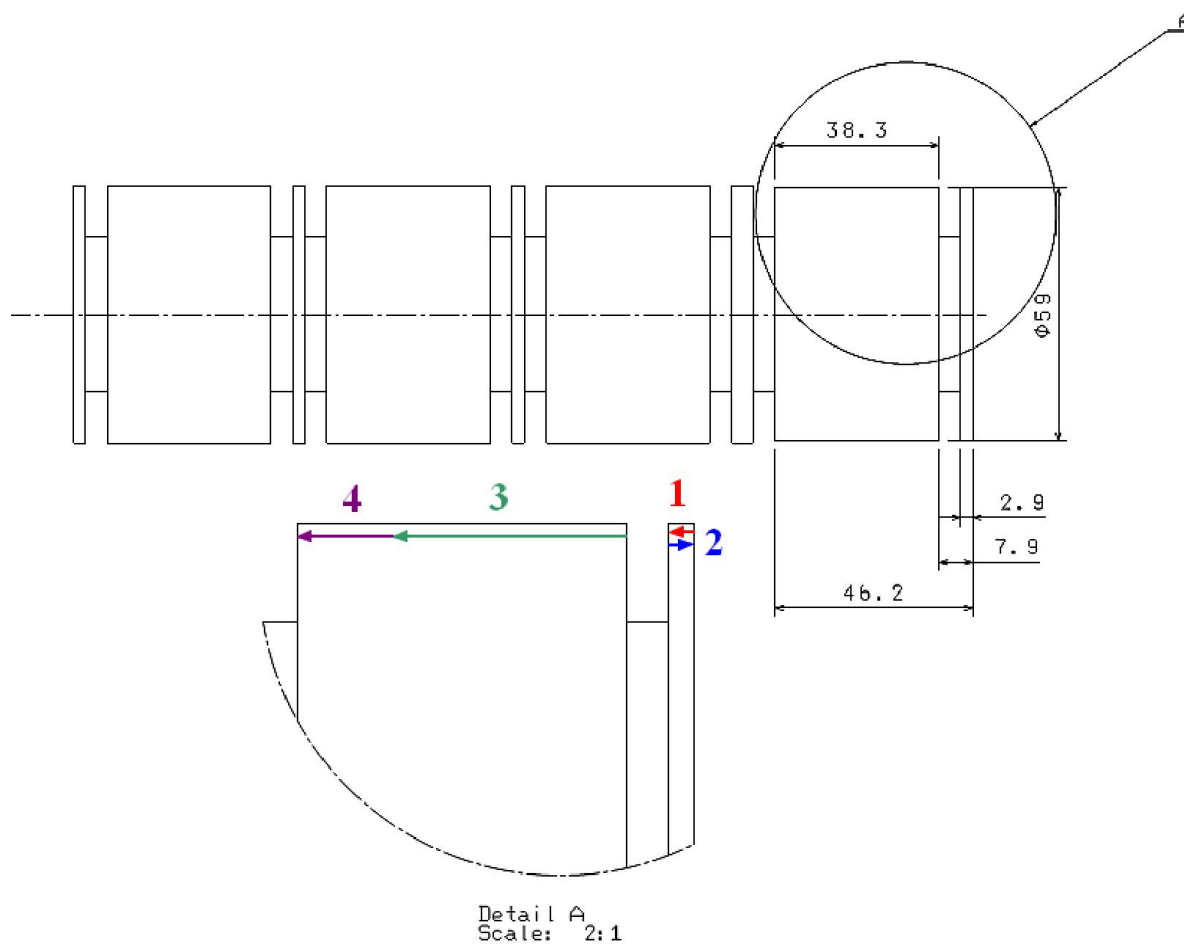
Obr. 5-4 polotovary

Nyní dojde k obrábění, které odpovídá obrobení jednoho kusu v reálném řezném procesu, VBD při obrábění jednoho kusu ujede dráhu 44,1 mm (obr.5-5., tabulka 10). I hned po obrobení bude následovat měření opotřebení destičky a kruhovitosti. Tyto dráhy VBD se budou opakovat, až do obrobení 72.kusu (celková dráha 3175,2 mm). Testování probíhá na univerzálním hrotovém soustruhu MASTURN 50 C/800.

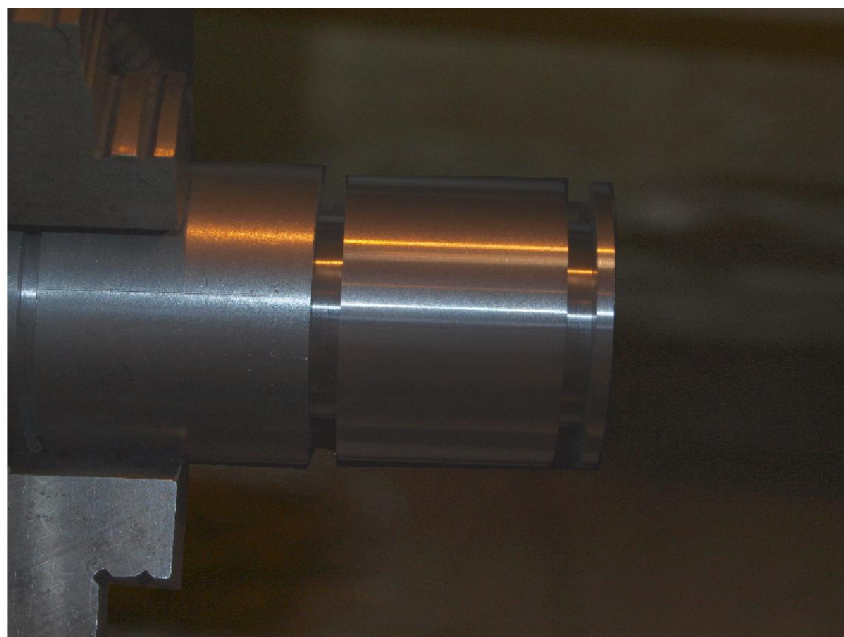
číslo dráhy	namáhání břitu	směr obrábění	Dráha [mm]	hloubka řezu [mm]	Posuv [mm/ot.]
1	A		2,9	0,25	0,06
2	B		2,9	0,25	0,06
3	A		28,5	0,5	0,12
4	A		9,8	0,5	0,04

Tabulka 10 popis dráhy destičky při obrábění jednoho kusu, při experimentu

5.2.1 Dráha 44,1 mm odpovídající opotřebení břitu při obrábění 1 kusu



Obr. 5-5 znázornění dráhy břitu při obrábění dráhy odpovídající jednomu kusu

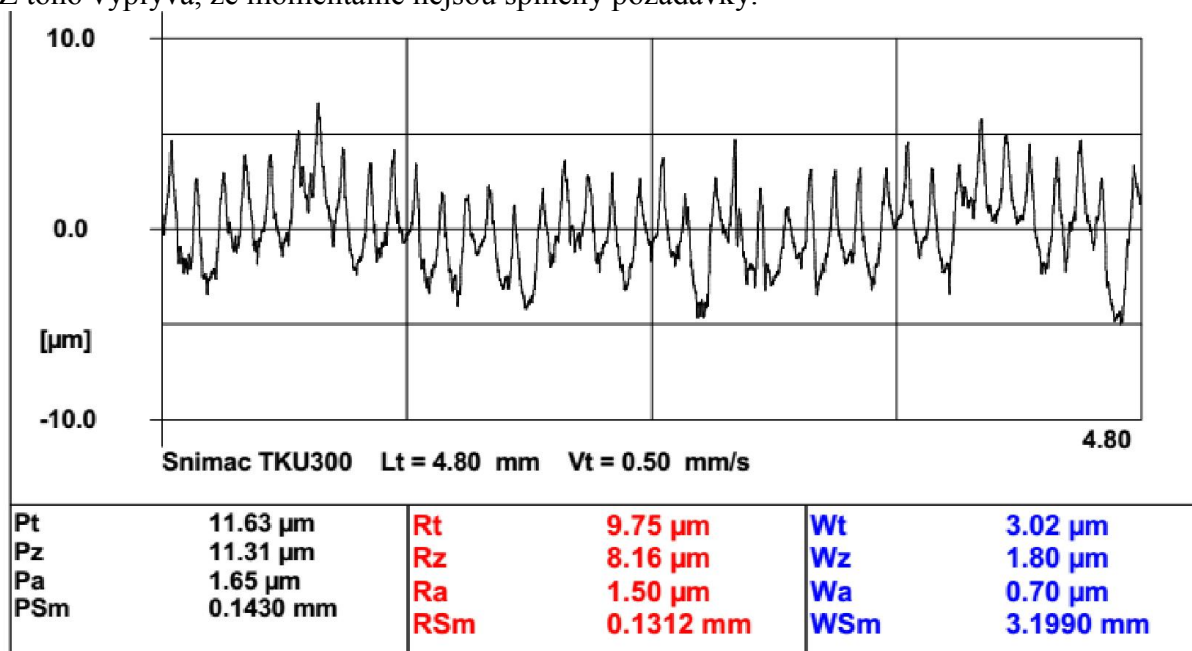


Obr. 5-6 snímek z experimentu 1.kus

5.2.2 Výsledný povrch po obrobení 1.kusu

5.2.2.1 Drsnost

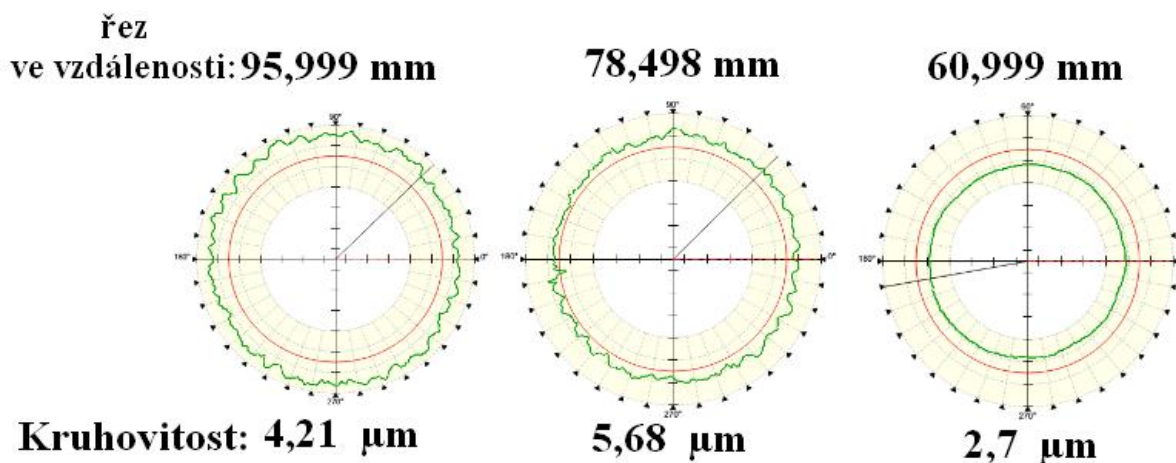
Drsnost byla měřena na přístroji Hommel-etamic. Výsledná drsnost při nastavení cut off filtru dle normy ISO 4288:1998 a ISO 3274:1998 má hodnotu $8,16 \mu\text{m}$, při opakování $9,18 \mu\text{m}$, průměrná drsnost činí $8,67 \mu\text{m}$. Dle výrobního výkresu je žádaná drsnost Rz 4-8 μm . Z toho vyplývá, že momentálně nejsou splněny požadavky.



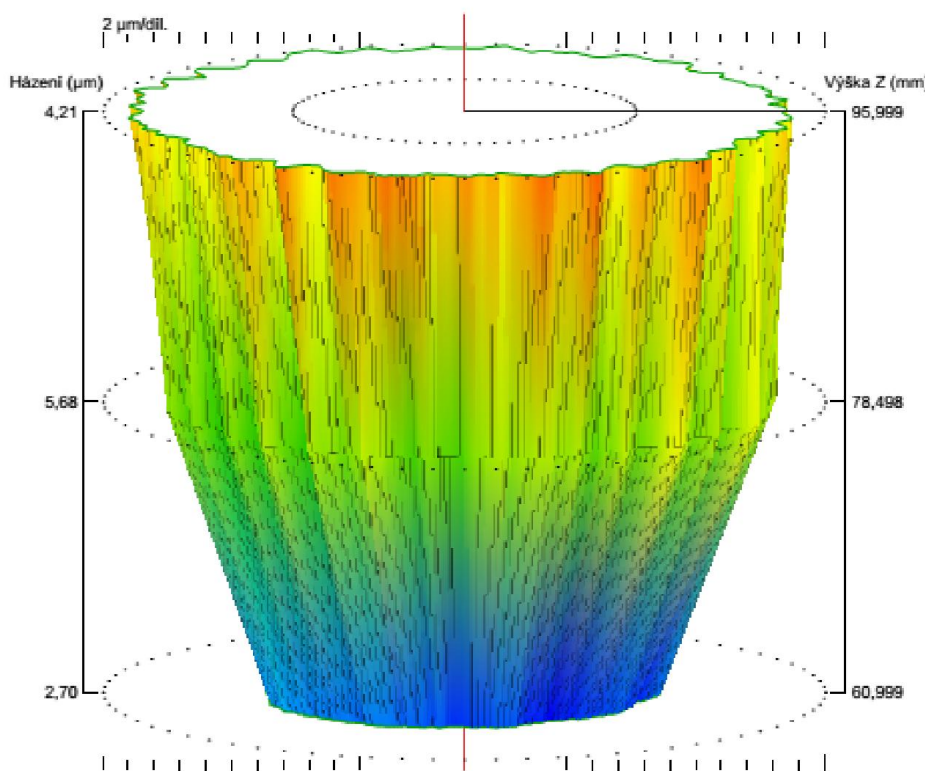
Obr.5-7 výřez z protokolu měření drsnosti, nastavení dle normy (detailní protokol příložen v příloze 9)

5.2.2 Kruhovitost

Kontrola kruhovitosti probíhala na přístroji Taylor-hobson. Bylo standardně provedeno měření ve třech řezech jako v předchozích případech (obr.5-8). Výsledné hodnoty v 1. a 3.řezu o hodnotě 4,21 μm a 2,7 μm při zaokrouhlování splňují požadavky na kruhovitost 4 μm . Avšak v případě 2. řezu jsou hodnoty více odlišné od požadavků. Výsledky při opakování byly naprosto shodné.



Obr. 5-8 kruhovitost v 1., 2., 3. řezu



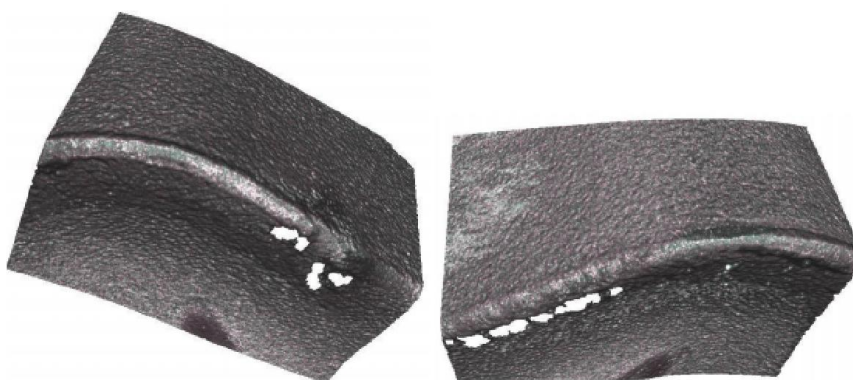
Obr. 5-9 válcovitost u 1. kusu (příloha 10)

5.2.3 Opatření VBD po obrábění 1.kusu

Měření opotřebení VBD probíhalo na mikroskopu Multicheck (obr.5-11) a na přístroji Alicona (obr.5-10). Na mikroskopu bylo opotřebení měřitelné pouze na vedlejším ostří. Měření VBmax bylo 2x opakováno. Naměřené hodnoty VBmax. dosahovaly hodnot 0,012 mm; 0 mm; 0,014 mm (tabulka 11). V případě měření na přístroji Alicona, není v místě řezu viditelné opotřebení. (obr.5-13).

	1.kus KTO-ZČU-vedlejší ostří		
měření	1	2	3
VBmax. [mm]	0,012	0	0,014

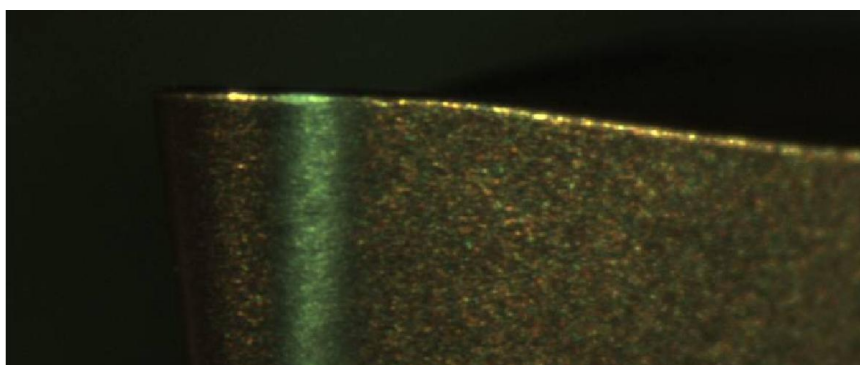
Tabulka 11 opotřebení VBmax, měření na mikroskopu multicheck



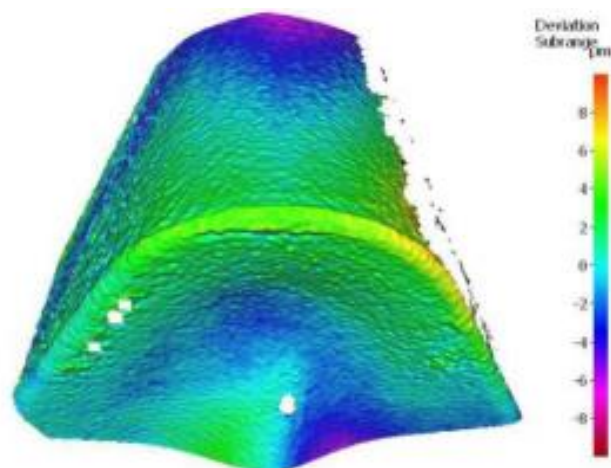
Hlavní ostří + vedlejší ostří



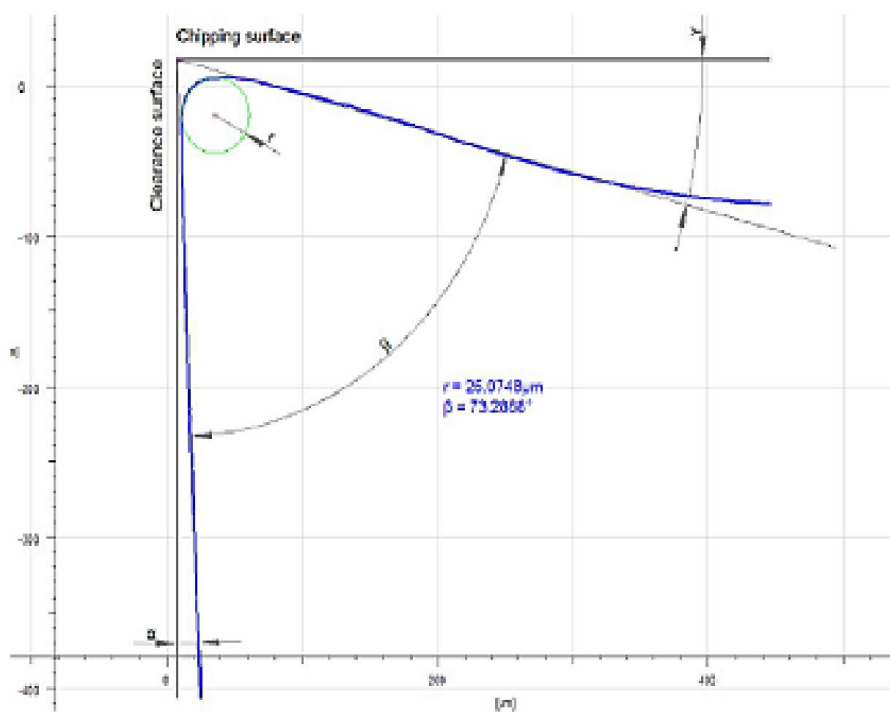
Obr. 5-10 scan na přístroji Alicona, VBD po 1.kusu



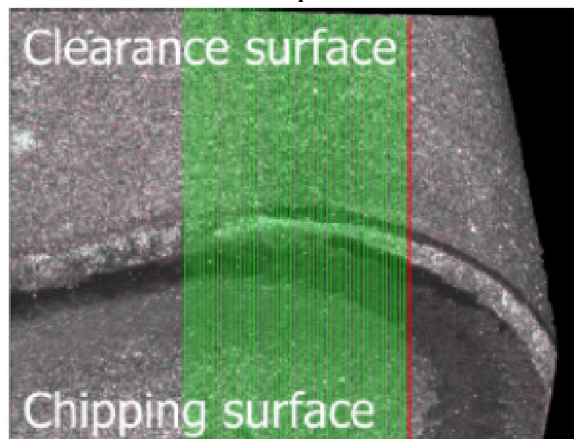
Obr. 5-11 snímek VBD po 1.kusu-vedlejší ostří (mikroskop Multicheck)



Obr. 5-12 diferenční analýza, porovnání VBD po 1. řezu s VBD novou



Obr. 5-13 řez VBD po obrobení 1 kusu



Obr. 5-14 řez VBD po obrobení 1.kusu, znázornění místa řezu

5.2.4 Dráha 1102,5 mm odpovídající opotřebení břitu při obrábění 25 kusu

Řezný proces, který je popsán tabulkou 10 (odpovídající dráze VBD při obrábění 1 kusu), je 25x opakován.

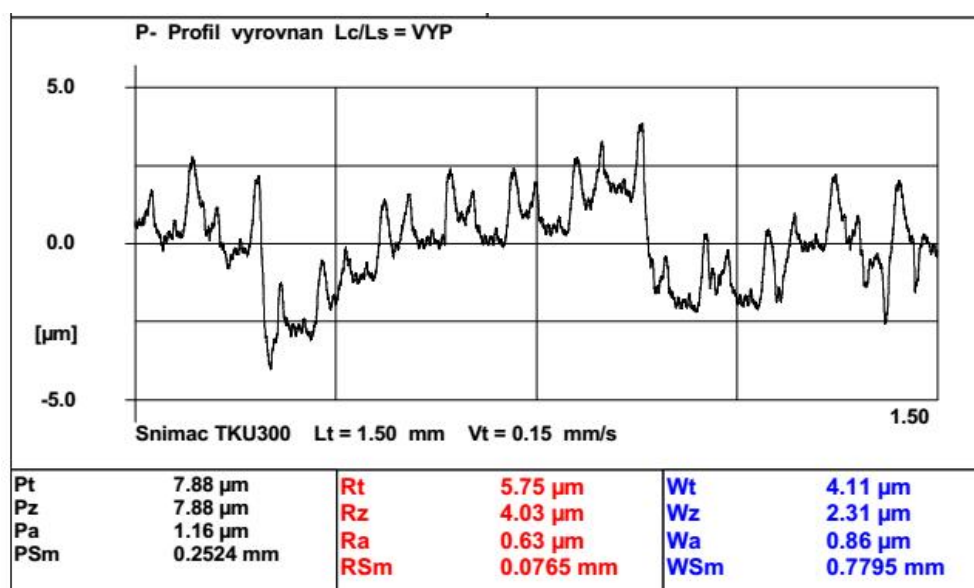


Obr. 5-15 snímek z experimentu- 25.kus

5.2.5 Výsledný povrch po obrobení 25.kusu

5.2.5.1 Drsnost

Výsledná drsnost při nastavení cut off filtru dle normy ISO 4288:1998 a ISO 3274:1998 má hodnotu 4,03 μm (obr.5-16) při opakování 3,68 μm , průměrná drsnost činí 3,855 μm . Naměřená hodnota při opakování i celková průměrná hodnota drsnosti, již neodpovídá toleranci dané výkresem. Menší hodnota drsnosti je nepřipustná.



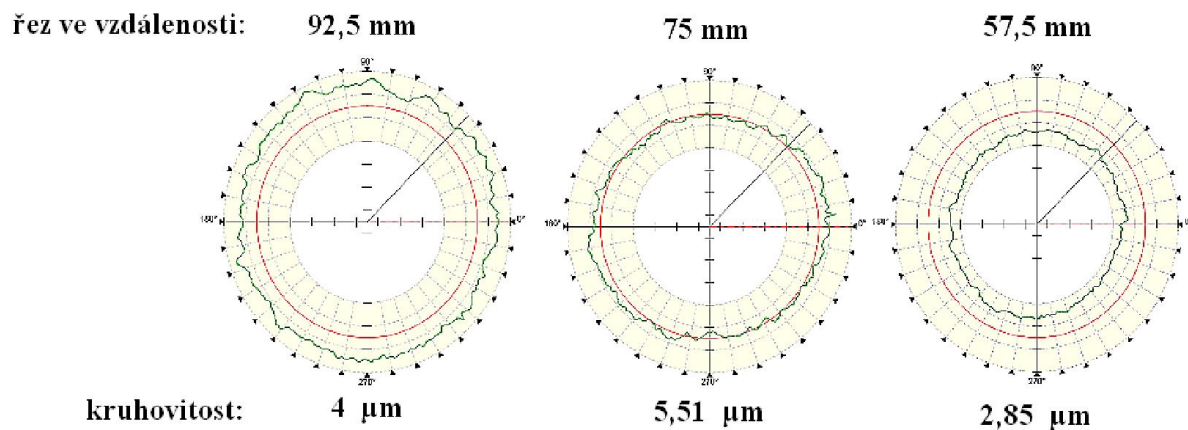
Obr. 5-16 výřez z protokolu měření 25. vyrobeného kusu(Příloha 11)

5.2.5.2 Kruhovitost

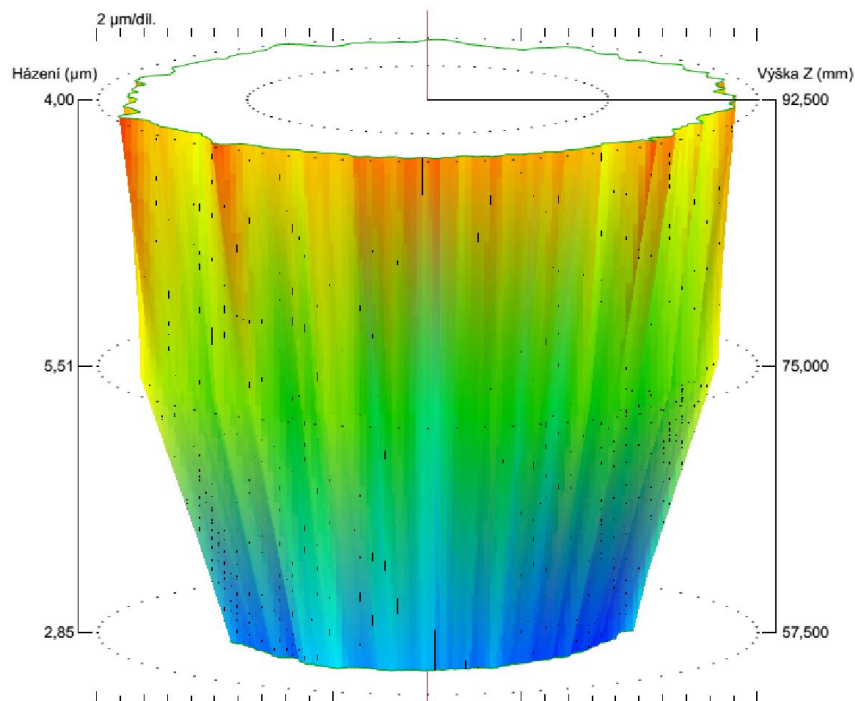
Bylo standardně provedeno měření ve třech řezech jako v předchozích případech. Výsledné hodnoty v 1. a 3.řezu splňují požadavky na kruhovitost 4 μm . Avšak v případě 2. řezu jsou hodnoty více odlišné od požadavků. Měření v každém řezu bylo 2x opakováno (tabulka12).

	1.řez				2.řez				3.řez			
měření	1	2	3	průměr	1	2	3	průměr	1	2	3	průměr
kruhovitost [μm]	4	3,94	3,98	3,973	5,51	5,06	4,9	5,15	2,85	2,84	2,79	2,826

Tabulka 12 kruhovitost 25.kus



Obr. 5-17 výřez z protokolu kruhovitosti (celkový protokol-příloha)



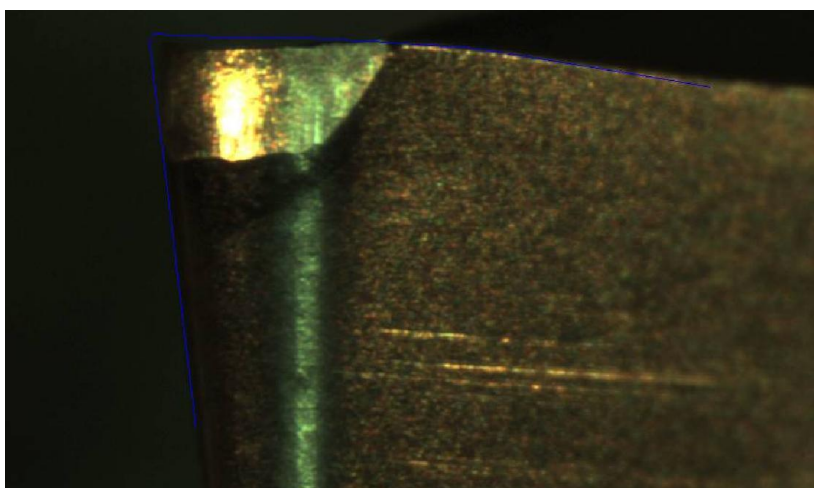
Obr. 5-18 válcovitost u 25.kusu (příloha 12)

5.2.6 Opotřebení VBD po obrábění 25.kusu

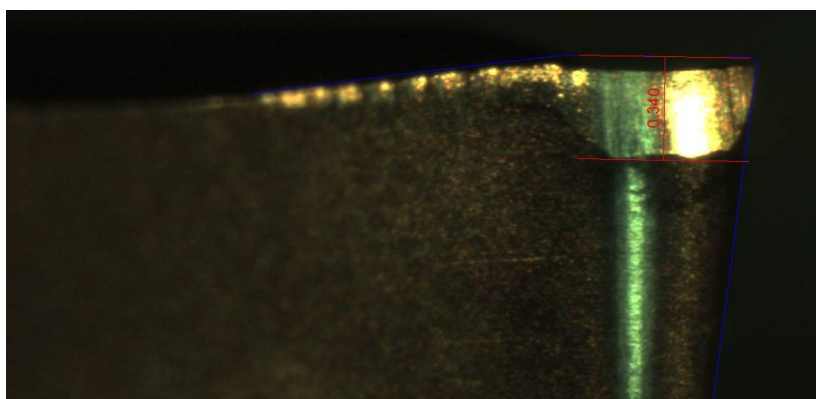
Na mikroskopu bylo opotřebení měřené na hlavním i vedlejších ostřích, pro kontrolu měření docházelo 2x k opakování (tabulka13). Největší naměřená hodnota VBmax. na vedlejších ostřích je 0,333 mm a na hlavním ostří 0,34 mm. V případě měření na přístroji Alicona, v místě řezu bylo odečteno VB_c 324 μm (obr.5-25) S velkou pravděpodobností by při pokračování obrábění došlo ke zvětšování vrubu a poté k destrukci nástroje (obr.5-21).

25.kus	VBmax.KTO-ZČU					
ostří	vedlejší			hlavní		
měření	1	2	3	1	2	3
VBmax. [mm]	0,318	0,325	0,333	0,337	0,342	0,34

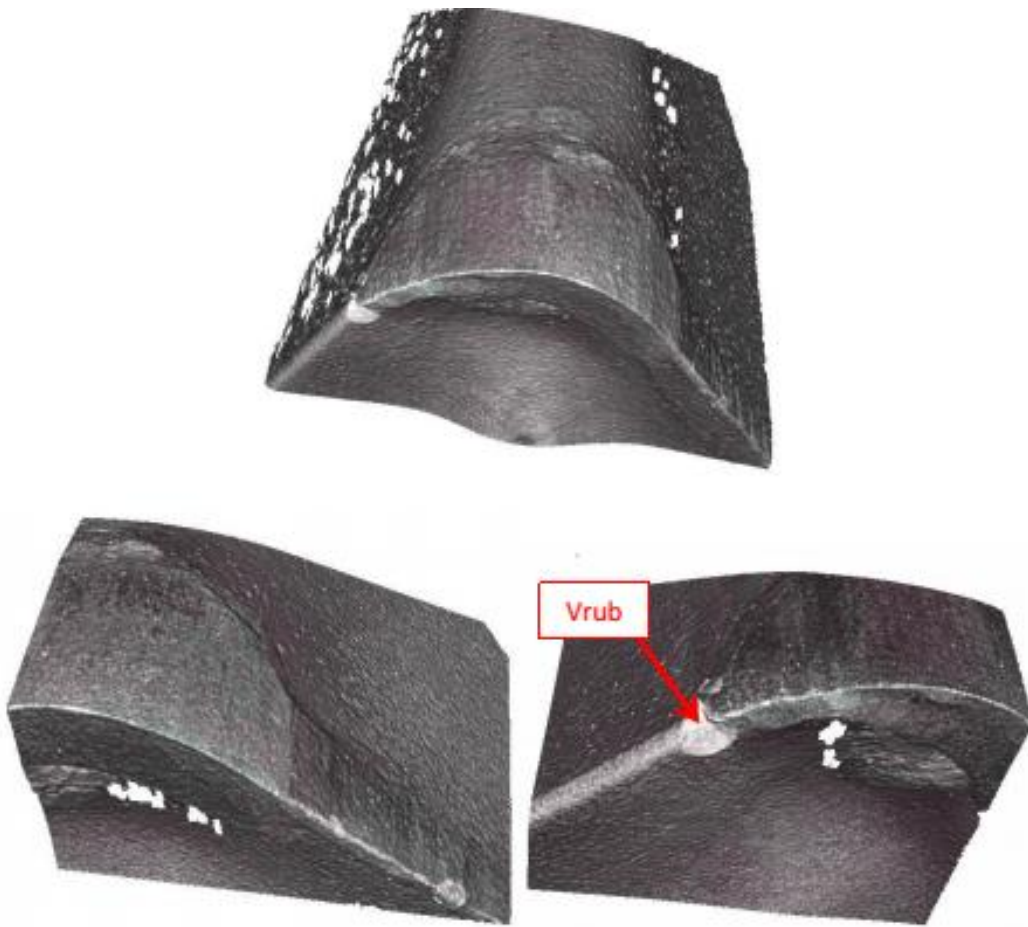
Tabulka 13 opotřebení VBmax. na hlavním a vedlejších ostřích po obrobení 25 kusu, mikroskop Multicheck



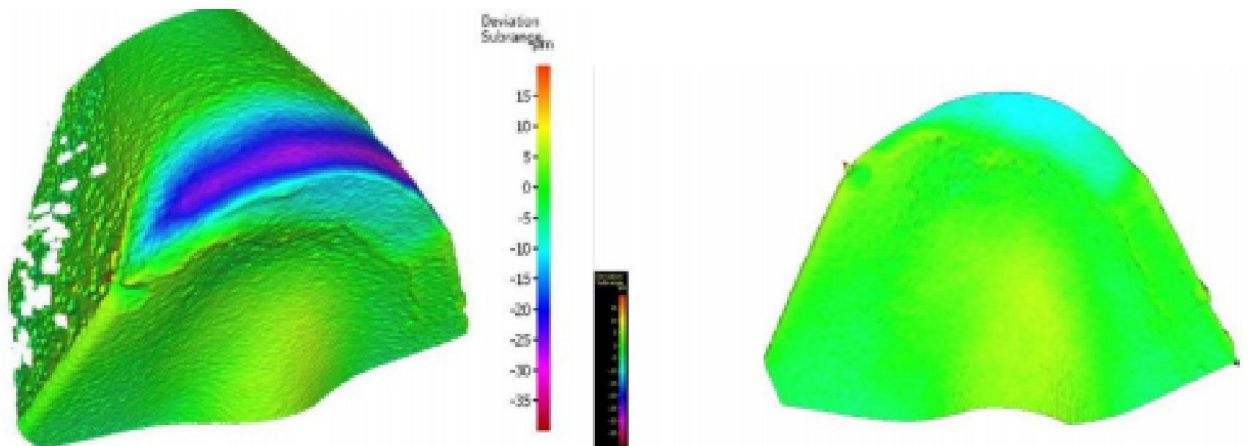
Obr. 5-19 opotřebení VBD po obrobení 25 kusu-vedlejší ostří, mikroskop Multicheck



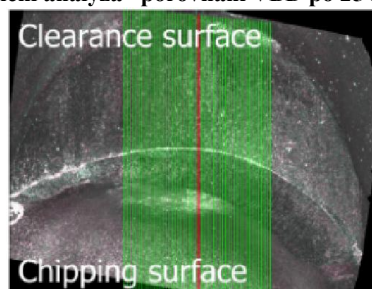
Obr. 5-20 opotřebení VBD po obrobení 25 kusu-hlavní ostří, mikroskop Multicheck



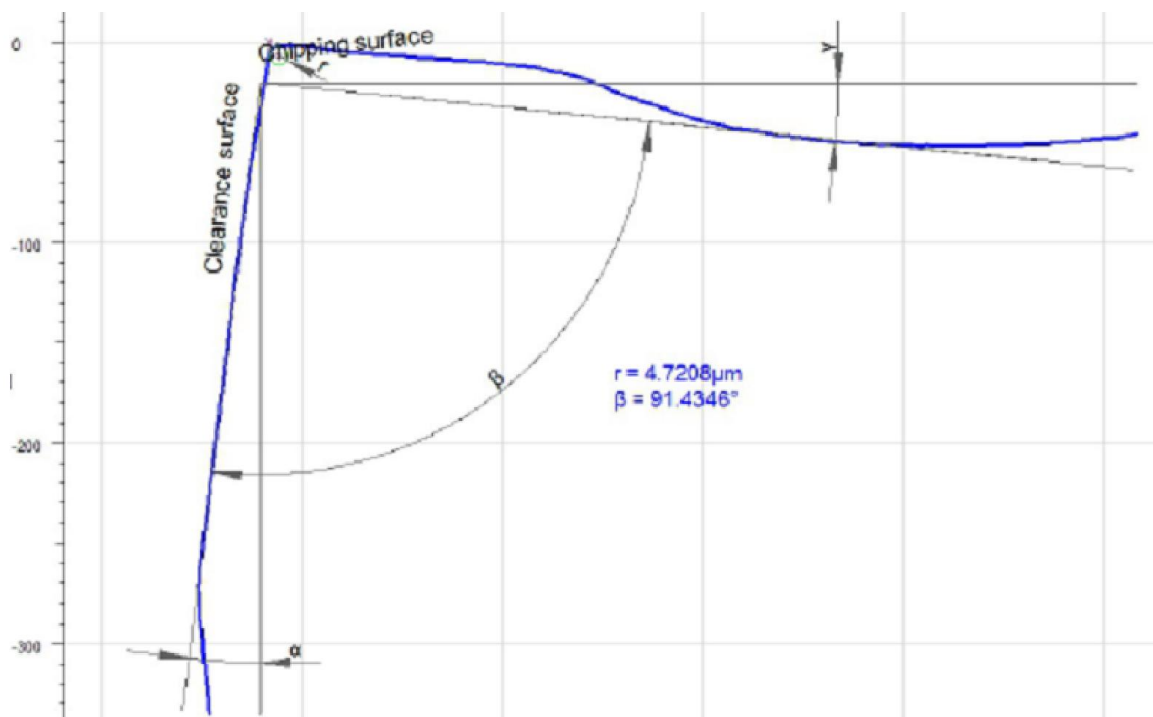
Obr. 5-21 scan VBD po 25 vyrobeném kusech, na přístroji Alicona



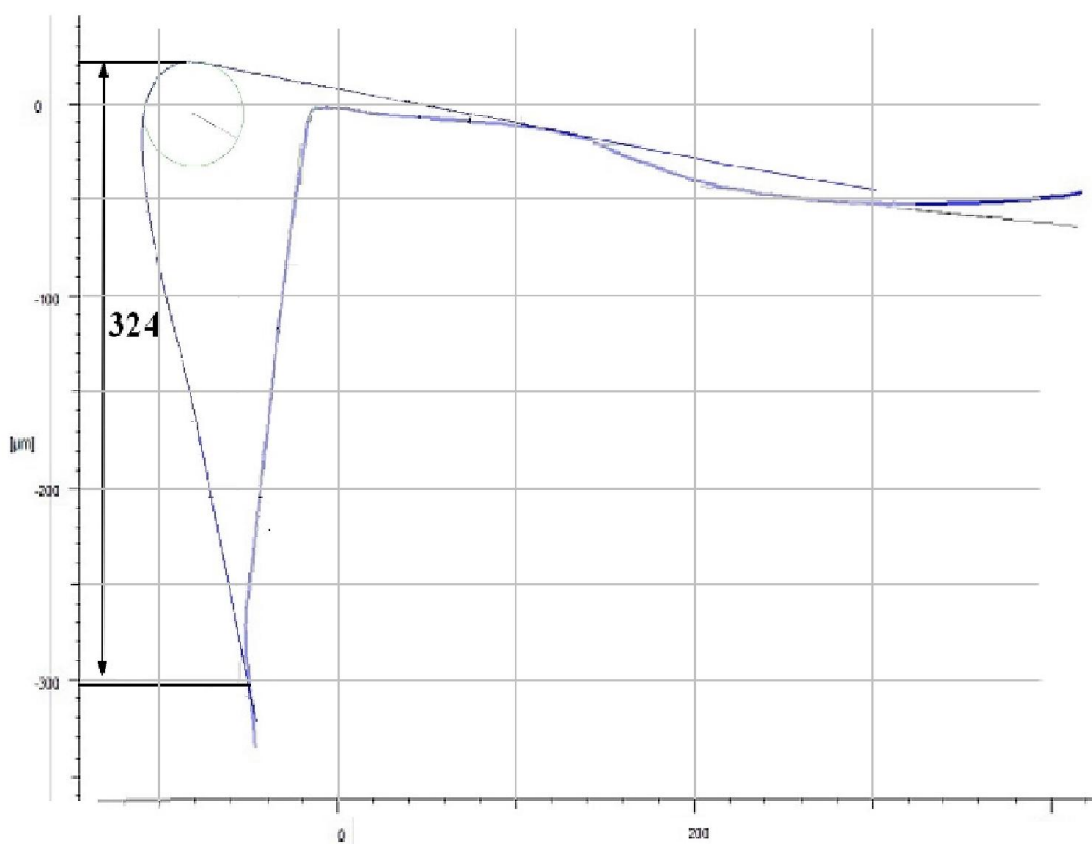
Obr. 5-22 diferenční analýza –porovnání VBD po 25 kusu s novou VBD



Obr. 5-23 znázornění umístění řezu VBD po 25 kusu



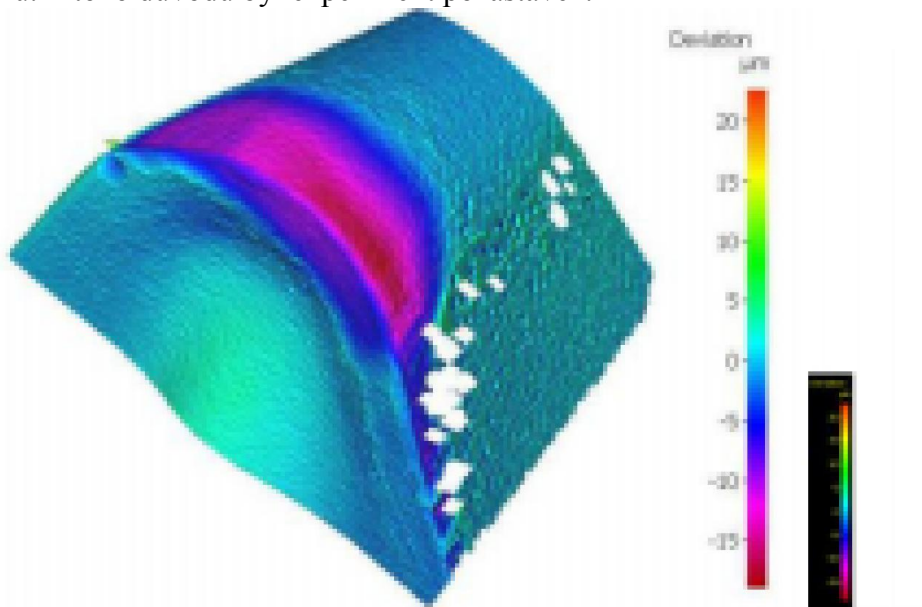
Obr. 5-24 řez VBD po 25 kusech, na přístroji Alicona



Obr. 5-25 porovnání řezu VBD po 25 kusech s novou VBD, odečtení VB

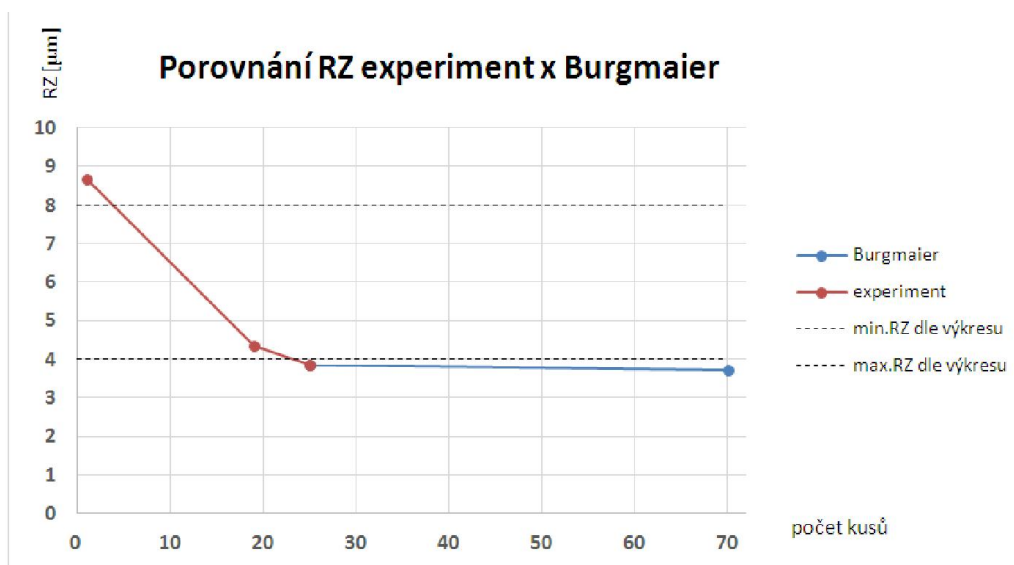
5.3 Ukončení experimentu, vyhodnocení

V průběhu experimentu byly porovnávány parametry výsledného povrchu a opotřebení destičky z řezného procesu ve firmě Burgmaier a laboratoři KTO-ZČU. Opotřebení VBD bylo odlišné. Při porovnání VBD po 25 kusu z firmy Burgmaier a VBD po 25 kusu z laboratoře KTO-ZČU, dochází k intenzivnějšímu opotřebení (obr.5-26). Rozdílné opotřebení VBD dokazují, že není možné v laboratoři KTO-ZČU nasimulovat řezný proces procesu v Burgmaieru. Z toho důvodu byl experiment pozastaven.



Obr. 5-26 diferenční analýza VBD po 25 kusu (Burgmaier x KTO-ZČU)

Při porovnání drsnosti u 25. kusu (KTO-ZČU a Burgmaier) dochází k téměř totožným výsledkům (tabulka 14). Výsledné drsnosti obrobků v obou případech mají klesající tendenci (obr.5-27). Dále při opotřebení VBD na 25.kusu (obr.5-24), lze zpozorovat pomalu vznikající wiper efekt.

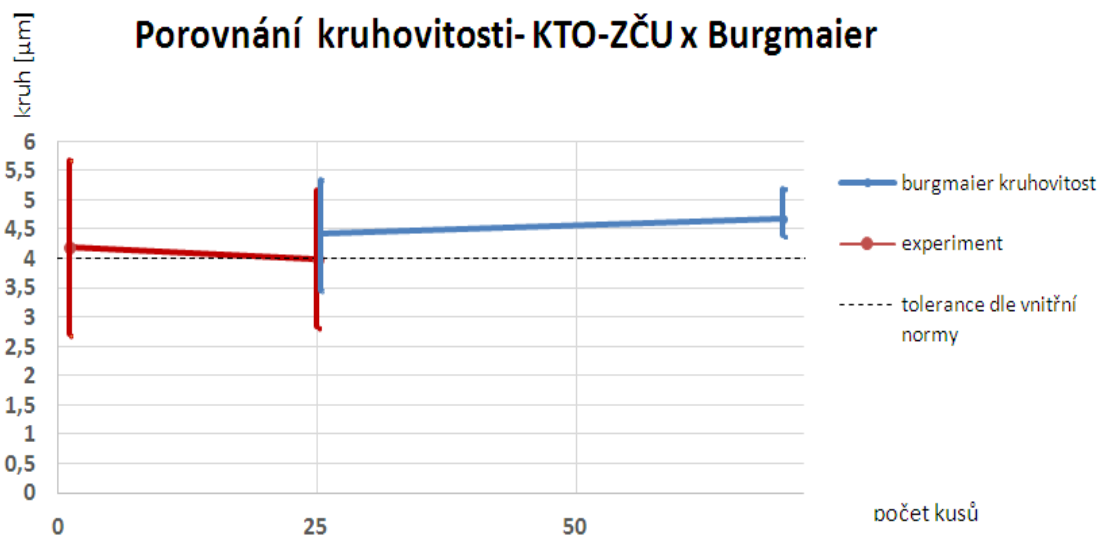


Obr. 5-27 porovnání výsledné drsnosti povrchu v laboratoři KTO-ZČU a firmě Burgmaier

Drsnost RZ [μm]		
kus	Burgmaier	KTO-ZČU
1.	x	8,67
19.	x	4,339
25.	3,84	3,855
70.	3,715	x

Tabulka 14 dosažené drsnosti

Při porovnávání dosažené kruhovitosti v laboratoři KTO-ZČU dochází k odlišnějším výsledkům. Dále lze pozorovat, že na rozdíl od firmy Burgmaier dochází v laboratoři KTO-ZČU ke klesající kruhovitosti s počtem obroběných kusů (obr.5-28).



Obr. 5-28 průběh výsledné kruhovitosti KTO-ZČU x Burgmaier

kruhovitost [μm]		
počet kusu	Burgmaier	KTO-ZČU
1.	x	4,19
25.	4,42	3,983
70.	4,687	x

Tabulka 15 dosažená kruhovitost

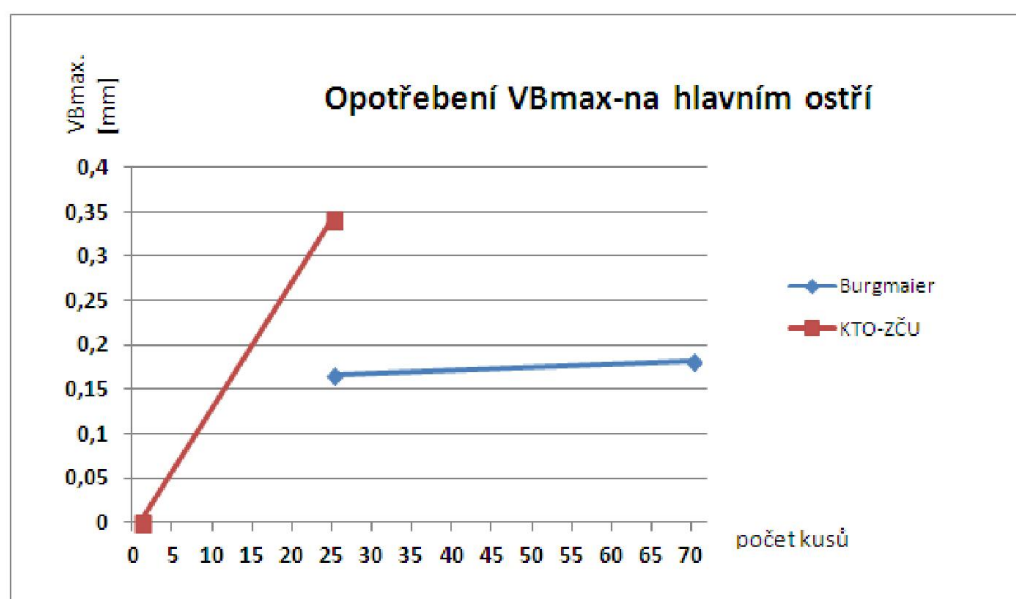
Při porovnávání opotřebení VBmax., na břitech z řezných procesů (Burgmaier x KTO-ZČU), lze vidět, že ve zkoumaném intervalu je v případě KTO-ZČU strmější nárůst opotřebení na hlavním i vedlejších ostřích (obr. 5-29, obr.5-30).

VBmax. [mm]- vedlejší ostří		
	Burgmaier	ZČU
1	x	0,014
25	0,158	0,333
70	0,165	x

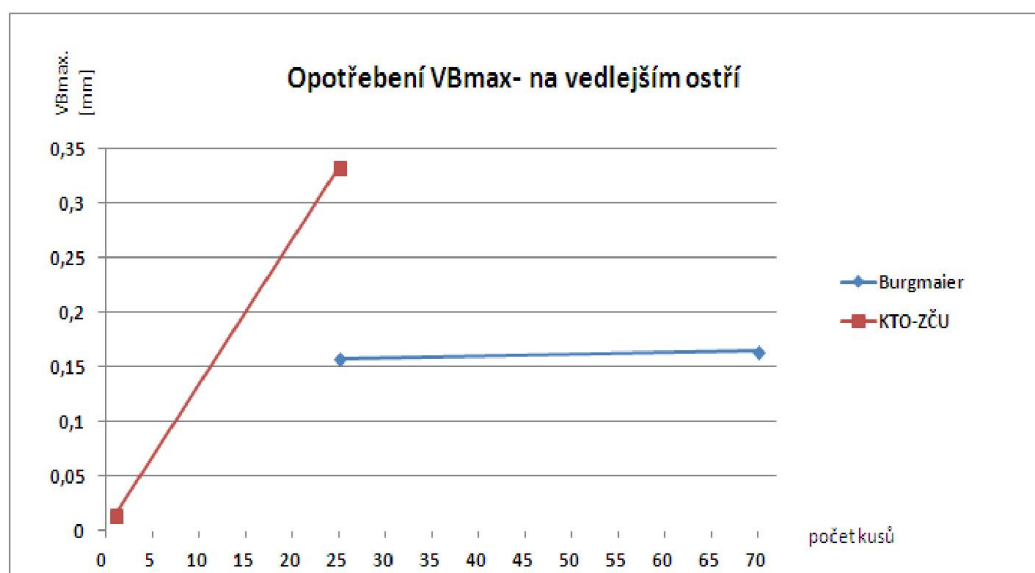
VB max. [mm]- hlavní ostří		
	Burgmaier	ZČU
1	x	0
25	0,167	0,342
70	0,182	x

*pro porovnání VBmax. byly použity největší naměřené hodnoty

Tabulka 16 naměřené hodnoty VBmax.



Obr. 5-29 průběh VBmax na hlavním ostří



Obr. 5-30 průběh VBmax. na vedlejším ostří

6 Ověření, případná implementace nového řešení

Z důvodu přerušení experimentu a vyhodnocení řezného procesu v laboratořích KTO-ZČU jako neshodného s řezným procesem ve firmě Burgmaier, již nedocházelo k opakování experimentu.

Rovněž nebyla získána VBD s upravenou mikrogeometrií, ani nebyla testována v laboratořích KTO-ZČU ani ve firmě Burgmaier.

6.1 Testování hodnot zjištěných během experimentu vůči zatížení hrubou chybou

Tímto Grubbsovo testováním jsou zjištěny naměřené hodnoty, u kterých došlo ke špatnému odečtení hodnot, měřidlo nebylo kalibrováno, atd. Posléze jsou vynechány hodnoty, které jsou zatíženy hrubou chybou.

Testování je aplikováno na hodnoty, které byly v průběhu práce měřeny s opakováním. Měření VBmax. na hlavním ostří, na 25. vyrobeném kusu ve společnosti Burgmaier, není testováno, protože naměřené hodnoty byly totožné.

$$T_{k \max} = \frac{|y_{i \max} - \bar{y}_i|}{s_i}$$

$$T_{k \min} = \frac{|y_{i \min} - \bar{y}_i|}{s_i}$$

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{m-1} * \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}$$

kde:

$y_{i \max./\min.}$ - max./min. naměřená hodnota

m - počet měření

s_i - směrodatná odchylka

\bar{y} - průměrná hodnota naměřených dat

testované hodnoty	popis měření	y min	y	y _{max.}	\bar{y}
VB _{max.}	1.kus-KTO-vedlejší o.	0	0,012	0,014	0,0087
	25.kus-KTO-vedlejš o.	0,318	0,325	0,333	0,3253
	25.kus-KTO-hlavní o.	0,377	0,34	0,342	0,3397
	25.kus-Burgmaier-vedlejší o.	0,156	0,156	0,158	0,1567
	70.kus-Burgmaier-vedlejší o.	0,165	0,16	0,16	0,1617
	70.kus-Burgmaier-hlavní o.	0,175	0,175	0,182	1,773
kruh.	25.kus-KTO-1.řez	3,94	3,98	4	3,9733
	25.kus-KTO-2.řez	4,9	5,06	5,51	5,15667
	25.kus-KTO-3.řez	2,79	2,84	2,85	2,88667

testované hodnoty	popis měření	y _{max} - \bar{y}	y _i min- \bar{y}	si	tk min	tk _{max}
VB _{max.}	1.kus-KTO-vedlejší o.	0,0053	-0,0087	0,00757	1,1446	0,7043
	25.kus-KTO-vedlejš o.	0,0077	-0,0073	0,00751	0,977	1,0215
	25.kus-KTO-hlavní o.	0,0023	-0,0027	0,00252	1,0597	0,9272
	25.kus-Burgmaier-vedlejší o.	0,0013	-0,00067	0,00116	0,5774	1,1547
	70.kus-Burgmaier-vedlejší o.	-0,0017	0,0033	0,00289	1,1547	0,5773
	70.kus-Burgmaier-hlavní o.	0,0047	-0,0023	0,004	0,57735	1,1547
kruh.	25.kus-KTO-1.řez	0,02667	-0,3333	0,0306	1,0911	0,8729
	25.kus-KTO-2.řez	0,3533	-0,25667	0,31628	0,8115	1,1172
	25.kus-KTO-3.řez	-0,03667	0,08333	0,07234	1,1519	0,5069

Obr. 6-1 kontrola opakovaných měření dle Grubbsova testování

Obě vypočítané hodnoty musí být nižší než hodnota $T_p = 1,412$, aby bylo možno konstatovat tvrzení, že s 95% pravděpodobností změřené hodnoty nejsou ovlivněny hrubou chybou. [27]

Všechny vypočítané $T_{k_{min}}$, $T_{k_{max}}$ (obr.6-1) jsou menší než hodnota 1,412. Lze tedy říci, že s 95% pravděpodobností nejsou hodnoty zatíženy hrubou chybou.

7 Technicko-ekonomické hodnocení

Celkem bylo navrženo 6 možných řešení problému. Ovšem u variant změna řezných podmínek a změna poloměru špičky zaoblení r_c se jedná o teoretická řešení, které by musela být otestována ve firmě Burgmaier, i přesto by bylo obtížné vyčíslit ekonomickou hodnotu. Následující varianta, která se zabývá změnou řezného materiálu, již byla technicky vyhodnocena přímo ve firmě Burgmaier. Opotřebení diamantovým pilníkem bylo vyhodnoceno jakožto neefektivní. Zbylé možné řešení daného problému budou porovnána se stávajícím stavem z hlediska financí. Vzhledem k tomu, že firma Burgmaier uvedla, že jednotlivé ceny jsou firemním tajemstvím, byly pro výpočet použity orientační ceny v eurech.

Návrh řešení	technicko-ekonomického
změna řezných podmínek	✗
změna poloměru zaoblení špičky bříty	✗
volba jiného řezného materiálu	✗
úprava VBD mikrogeometrie	✗
výroba VBD, s upravenou mikrogeometrií	✓
úprava bříty ve firmě Burgmaier	✓

Obr. 7-1 přehled variant řešení problému, pro které je řešeno technicko-ekonomické hodnocení

7.1 Ceny použité pro výpočet

-materiál 11SMnPb30+C	2,78 €/kg
tyč o Ø 60 mm a délce 5m	305,8 €
1 kus	2,83 €
-cermetová výměnná břitová destička	
VBD (2 břity)	13 €
1 břit	7,5 €
-hodinová sazba stroje (zahrnující plat i OVN)	40 €
-vyrobená VBD s upravenou geometrií	hodnota nevyčíslitelná
při odběru ve velkém množství (cca 800 ks/rok)	20 €
1 břit	10 €

7.2 Vyjádření celkových nákladů na úpravu břitu jednotlivých variant

Nyní následuje vyčíslení nákladů jednotlivých variant k získání požadovaného profilu, odpovídající profilu vzniklého po obrobení dráhy 88,2 mm, která odpovídá obrobení 2 kusů. Dále je předpokládáno, že režijní náklady a plat zaměstnance jsou zahrnuty v sazbě stroje. U stávající varianty A dochází ke spotřebě 2 kusů materiálu, času obrábění 0,107 h. ,také musí být zahrnuta pořizovací cena cermetové destičky. V případě varianty B, kdy dochází k vynechání obráběcího procesu ostatních destiček, podílejících se na výsledném produktu, dochází ke spotřebě 1 kusu materiálu, času obrábění 0,0317 h. a ceny VBD. U varianty C, která zahrnuje přímo vyrobení VBD s upravenou geometrií, představují náklady pořizovací cenu této destičky. Vzhledem k tomu, že varianta C by musela být otestována před zařazením do výroby je důležitá její pořizovací cena. Výrobní cena jakožto speciálu na zakázku by v sobě obsahovala tvorbu formy, výzkum atd. Pořizovací náklady varianty C se dostávají v poměru s ostatními na hodnotu diametrálně odlišnou, nevyčíslitelnou.

označení	varianta	A-stávající stav	B-úprava na stroji HK-con	C-výroba VBD
Pma	Materiál [€]	2,83 x 2 kusy	2,83	-
VBD*	VBD [€]	13/2	13/2	-
SHS	hodinová cena stroje [€/hod.]	40	40	-
t	doba obrábění [hod.]	0,107	0,0317	-
VBDx*	vyrobená VBD [€]	-	-	nevyčíslitelná

*cena VBD byla rozdělena z důvodu dvou břitů

Tabulka 17 přehled hodnot pro výpočty

Varianta A-stávající stav

$$CN1 = VN1$$

$$VN1 = Pma + VBD + SHS * t$$

$$VN1 = 2 * 2,83 + 4 + 40 * 0,107$$

$$VN1 = 13,94 \sim 14 \text{ €}$$

Varianta B-úprava břitu na stroji HK-con

$$CN2 = VN2$$

$$VN2 = Pma + VBD + SHS * t$$

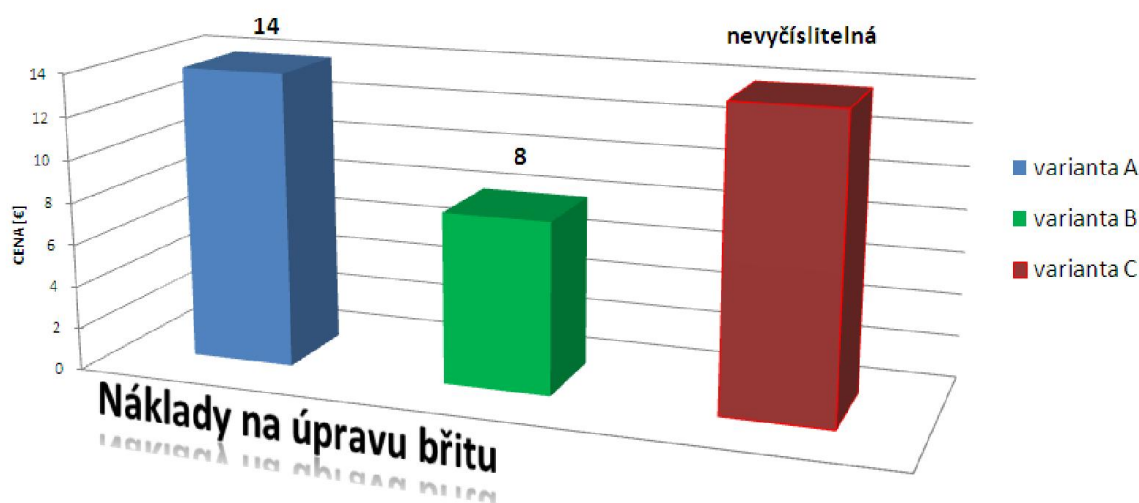
$$VN2 = 2,83 + 4 + 40 * 0,0317$$

$$VN2 = 8,098 \sim 8 \text{ €}$$

Varianta C-výroba VBD s již upravenou geometrií

$$CN3 = VN3$$

$$VN3 = \text{nevyčíslitelná}$$



Obr. 7-1 náklady na úpravu bříty

7.2.1 Vyhodnocení celkových nákladů jednotlivých variant z hlediska ekonomického

Při porovnání varianty A (stávající stav) a varianty B z hlediska nákladů k získání požadované mikrogeometrie, dochází k rozdílu 6 € ve prospěch varianty B. Varianta C nemohla být zahrnuta do porovnání vzhledem k jejím nevyčísitelným nákladům.

7.3 Vyjádření celkových nákladů na úpravu bříty jednotlivých variant vztahených na časové úseky

Jednotlivé celkové náklady na úpravu mikrogeometrie bříty byly vyhodnoceny jako fixní náklady (viz. kap. 7.2.). Ačkoliv variabilní náklady představují ve všech variantách konstanty, protože celkový obráběcí proces je totožný, podílí se na celkových výrobních nákladech. Jedna výrobní dávka představuje 68 vyrobených shodných kusů. Při předpokládané výrobě 10 000ks/měsíc, lze vyjádřit 10 000 kusů jako 147 dávek. Základem pro porovnání představují výrobní náklady na jednu dávku vyjádřená v časovém období.

Varianta A-stávající stav

$$VN1 = FN1 + PVN * q$$

$$VN1 = 13,94 + (SHS * t + Pma) * q$$

$$VN1 = 13,94 + (40 * 0,107 + 2,83) * q$$

$$VN1(68) = 497,42€ (cena 1 dávky)$$

$$VN1 (147 dávek) = 73 120,74 €/měsíc$$

$$VN1 = (12 * 147 dávek) = 877 448,88 €/rok$$

Varianta B-úprava břitu na stroji HK-con

$$VN2 = FN2 + (SHS * t + Pma) * q$$

$$VN2 = 8,098 + (40 * 0,107 + 2,83) * q$$

$$VN2(1) = 15,2€$$

$$VN2 (68) = 491,578 € (cena 1 dávky)$$

$$VN2(147 dávek) = 491,578 * 147$$

$$VN2(147 dávek) = 72 261,966 €/měsíc$$

$$VN2(147 * 12 dávek) = 867 143,592 €/rok$$

Varianta C-výroba VBD s již upravenou geometrií

V tomto výpočtu je předpokládáno, že v případě firmy Burgmaier se jedná o odběr ve velkém množství a náklady na VBD s pozměněnou geometrií odpovídají 20 €, tzn. 10 € na břit.

$$VN3 = FN3 + PVN * q$$

$$VN3 = FN3 + (Pma + SHS * t) * q$$

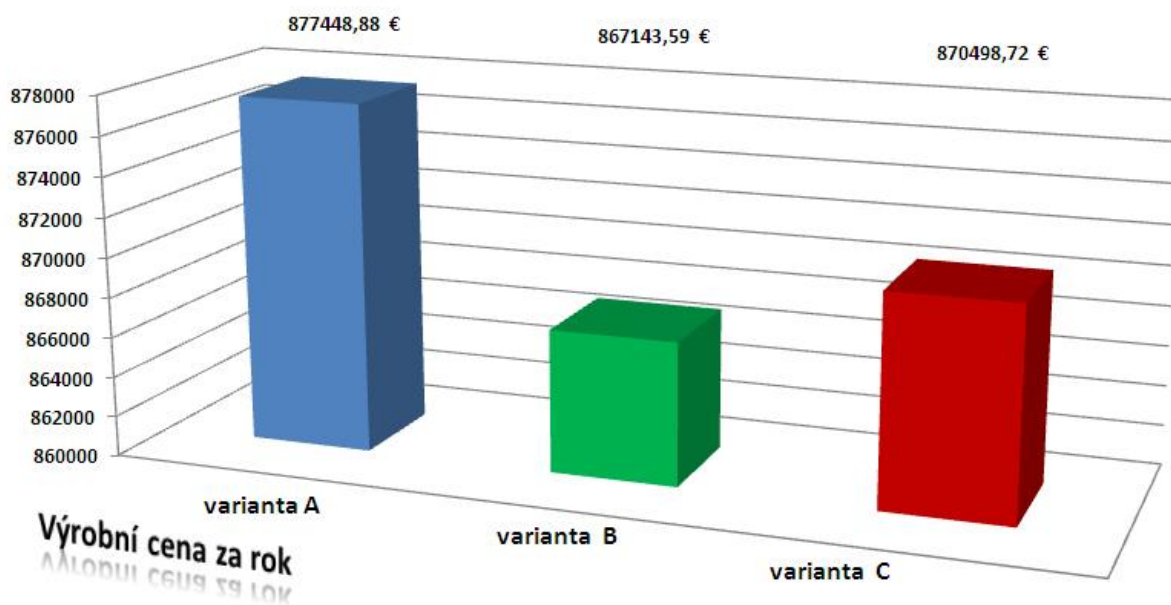
$$VN3 = 10 + (2,83 + 40 * 0,107) * q$$

$$VN3(68) = 493,48 € (cena 1 dávky)$$

$$VN3 (147 dávek) = 474,66 * 147$$

$$VN3(147 dávek) = 72 541,56 €/měsíc$$

$$VN3(147 * 12 dávek) = 870 498,72 €/rok$$



Obr. 7-2 výrobní cena za 1 rok při výrobě 10 000/měsíc

7.3.1 Vyhodnocení celkových nákladů rozpočítaných do jednotlivých kusů

V celkovém porovnání výrobních nákladů na 120 000 ks/rok, dojde nahrazením varianty A variantou B k úspoře 10 305 €.

Varianta		
A	B	C
877448,88 €/rok	867143,592 €/rok	870498,72 €/rok

Tabulka 18 přehled nákladů na roční výrobu pro jednotlivé varianty

8 Závěr

Diplomová práce vznikla na základě spolupráce s firmou Burgmaier Precision Slovakia s.r.o. Ve firmě probíhá řezný proces-obrábění cermetovou destičkou DCGT 11 T3 04-UM5015, přičemž parametry kvality povrchu na obrobku pokaždé nesplňují předpoklady dané výrobním výkresem (první 2 neshodné kusy).

Cílem bylo dosáhnout, aby každý výrobek splňoval požadavky a současně prodloužit trvanlivost nástroje. Tento problém byl rozdělen na několik dílčích cílů. Prvním bodem cíle řešení bylo zjištění, zda v laboratoři KTO-ZČU je reálné dosahovat stejného řezného procesu jako ve firmě Burgmaier. V dalších krocích by následovalo: zjištění požadovaného profilu cermetové destičky; aplikace navržených metod, jak tohoto výsledku dosáhnout a jejich ověření v praxi.

Práce je rozdělena na teoretický rozbor a praktickou část. Teoretický rozbor zkoumá řezný proces a výslednou kvalitu obrobeného povrchu ve firmě Burgmaier. Dále je řešeno: jaké parametry mají vliv na kvalitu obrobeného povrchu a jak jejich korekcí lze ovlivnit výsledný povrch; rozbor metod úpravy mikrogeometrie řezných břitů; vlastnosti obráběného materiálu; vlastnosti řezných materiálů, jimiž by bylo možné nahradit stávající destičku. Teoretický rozbor je zakončen návrhem možných úprav, jak dosáhnout žádaného výsledku.

Z celkových šesti návrhů, jak dosáhnout výsledku bylo vyhodnoceno, že metody: změna řezných podmínek, změna poloměru zaoblení špičky břitu a volba jiného řezného materiálu; úprava břitu ve firmě Burgmaier by musely být testovány přímo ve firmě Burgmaier. Následujícím variantám výroba VBD s již pozměněnou geometrií a úprava VBD mikrogeometrie předchází dílčí cíl práce, zjištění požadovaného profilu. Aby bylo možno následně realizovat tyto metody.

Při porovnání varianty „úprava břitu ve firmě Burgmaier“, se stávajícím stavem, z technicko-ekonomického hlediska, bylo zjištěno, že touto změnou by došlo k roční finanční úspoře 10 305 €.

Ačkoliv může být oponováno, že požadovaný profil VBD lze získat z řezného procesu ve firmě Burgmaier a dle něho navrhnout úpravu mikrogeometrie VBD nebo výrobu VBD s upravenou mikrogeometrií, tak tento postup nebyl možný. Protože z technických důvodů v podobě výměny ložisek a problémy s vřetenem, potažmo nový návrh vřetene a jeho výměna za úplně odlišné, docházelo v průběhu řešení této problematiky ke změně řezného procesu, integrity povrchu i by docházelo ke změně požadovaného profilu VBD. Tento technický problém komplikoval i vyhodnocení experimentu v laboratořích KTO-ZČU.

V praktické části bylo prvním cílem zjištění opakovatelnosti řezného procesu z firmy Burgmaier. V rámci této experimentální části byl zjištěn podobný průběh výsledné drsnosti, ale oproti stoupající kruhovitosti ve firmě Burgmaier se v laboratořích KTO-ZČU projevila klesající tendence. Dále docházelo k téměř dvojnásobnému opotřebení břitu. Na základě zvýšení opotřebení břitu a odlišném průběhu kruhovitostí bylo rozhodnuto o odlišném řezném procesu a ukončení experimentu.

Kdyby řešení této problematiky v budoucnu pokračovalo, za předpokladu vyřešení technických problémů a rovněž ustálení řezného procesu ve firmě Burgmaier, bylo by vhodné otestovat změnu mikrogeometrie v podobě ostřejšího břitu a současně s úhlem hřbetu přibližujícím se nulové hodnotě. Návrh těchto změn byl vyhodnocen z experimentu v laboratoři KTO-ZČU.

Naměřené hodnoty drsnosti a kruhovitosti (měřené KTO-ZČU) se rozcházejí s tvrzením firmy na počátku řešení této problematiky. Z toho důvodu by bylo vhodné detailní prozkoumání výsledných naměřených hodnot integrity povrchu obrobků a zhodnocení nastavení měřících přístrojů ve firmě Burgmaier.

9 Bibliografie

1. **Burgmaier.** Historie. [Online] 2013. [Citace: 10. 9 2014.] <http://burgmaier.com/index.php?id=3&L=3>.
2. **VASILKO, K.** Teoria a prax trieskoveho obrabania. *Karol Vasilko*. [Online] 2009. [Citace: 15.. 3. 2015.]
3. Metrológia v strojárstve.Laboratórne úlohy-teoretické minimum-úloha č.9. *tuke.sk*. [Online] [Citace: 15. 3 2015.] <http://web.tuke.sk/smetrologia/navody/uloha09.pdf>.
4. **VASILKO, K.** *Možnosti zvýšenia produktivity základných metód obrábania (sústruženie, frézovanie)*. Prešov : Fakulta výrobných technológií TU v Košiciach.
5. Podklady k předmětu teorie obrábění.
6. **Rodriguez, Carlos Julio Cortéz.** Cutting edge preparation of precision cutting tools by applying micro-abrasive jet machining and brushing. *Kassel university press*. [Online] [Citace: 15. 9 2014.] <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-712-8.volltext.frei.pdf>.
7. **HUMÁR, A.** Technologie 1-technologie obrábění-3.část. *Ústav strojírenské technologie*. [Online] 2005. [Citace: 13. 3 2015.] http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonveneni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf.
8. **ČERMÁK, A.** Diplomová práce. *Možnosti úpravy břitu řezného nástroje pomocí laseru*. [Online] [Citace: 25. 3 2015.] https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/10249/DP_LASER_Cermak.pdf?sequence=1.
9. MM Průmyslové Spektrum. *Lasery, laserové technologie a stroje s laserem*. [Online] [Citace: 3.. 4. 2015.] <http://www.mmspektrum.com/clanek/lasery-laserove-technologie-a-stroje-s-laserem.html>.
10. **ŠÍMA M., JANKŮ R.** *Mechanická úprava monolitních nástrojů před Pvd Povlaky*. místo neznámé : MM Průmyslové spektrum, 2007.
11. **Burgmaier.** Podklady z firmy.
12. **SKÁLOVÁ J., KOUTSKÝ J., MOTYČKA V.** *Nauka o materiálech*. Plzeň : Západočeská univerzita, 2010. ISBN-978-80-7043-244-0.
13. **Bolzano, Bohdan.** Oceli automatové podle normy ČSN EN 10087:2000-technické dodací podmínky. *Výrobky válcované za teplot nelegovaných konstrukčních ocelí podle normy technických dodací předpisů (TDP) ČSN EN 10025*. [Online] http://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN%2010087/MOP_TDP_EN_10087_1.pdf.
14. **VÁVRA P., LEINVEBER J.** *Strojnické tabulky*. místo neznámé : Albra, 2005. ISBN 80-7361-011-6.
15. **ČERNOCH, S.** *Strojně technická příručka II*. Praha : autor neznámý, 1977.

16. **Lucefin**. Technical card 11SMnPb30. [Online] Lucefin group. [Citace: 22. 12 2014.] http://www.lucefin.com/wp-content/files_mf/0311smnpb3022.pdf.
17. **KLAPSIA, J.** *Vývoj v automatových ocelích, zvyšování obrobitelnosti bismutem, olovem v TŽ, a.s.* [Online] Třinecké železářny, a.s., Czech Republic. [Citace: 22. 12 2014.] http://www.metal2014.com/files/proceedings/metal_06/papers/215.pdf.
18. *poklady k předmětu Speciální technologie.*
19. **HUMÁR, A.** Materiály pro řezné nástroje-Interaktivní multimedialní text pro všechny studijní programy FSI. *Ústav strojírenské technologie.* [Online] 2006. [Citace: 27. 12 2014.] http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v2.pdf.
20. [Online] [Citace: 25. 9 2014.] [<http://www.sst3.estranky.cz/clanky/rezne-materialy.html>].
21. **HUMÁR, A.** Technologie 1-technologie obrábění-1.část. *Ústav strojírenské technologie.* [Online] 2003. [Citace: 13. 3 2015.] http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf.
22. **KSK-tools**. [Online] [Citace: 25. 9 2014.] www.ksktools.cz.
23. **Sandvik**. Polykrystalický kubický nitrid boru. [Online] [Citace: 19. 3 2015.] http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/polycrystalline_cubic_boron_nitride/pages/default.aspx.
24. **Lucefin**. area-tecnica. [Online] [Citace: 18. 3 2015.] <http://www.lucefin.com/en/siderurgia/area-tecnica/durezza/>.
25. **Sandvik**. Soustružnické nástroje-všeobecné soustružení. [Online] 2012. [Citace: 18. 3 2015.] <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/downloads/pages/search.aspx?q=Catalogues&rootsite=^cscz%24&applications=^%22turning+tools%22%24>.
26. **Hommel-etamic**. *plakát drsnosti*. [Online] [Citace: 3.. 5. 2015.] http://www.hommel-etamic.cz/files/094_14-hommel-plakat-drsnost-1000x700mm.pdf.
27. Podklady k předmětu Experimentální metody obrábění. [Online]
28. **JIMI-Brusivo**. *Omílací tělíska*. [Online] [Citace: 19. 9 2014.] <http://www.brusivojimi.com/brusne-seg-kameny-orovnavace-/omilaci-teliska>.
29. **GmbH, OTEC Präzisionsfinish**. Spherical zirconia. [Online] [Citace: 19. 9 2014.] <http://www.otec-online.cz/it/materiali-di-finitura/sfere-in-ossido-di-zirconio.html>.
30. **GmbH, OTEC Präzisionsfinish**. Ceramic abrasives. [Online] [Citace: 19. 9 2014.] <http://www.otec-online.cz/it/materiali-di-finitura/ceramici.html>.
31. **GmbH, OTEC Präzisionsfinish**. Stainless steel media. [Online] [Citace: 19. 9 2014.] <http://www.otec-online.cz/it/materiali-di-finitura/abrasivi-in-acciaio-inossidabile.html>.

32. **GmbH, OTEC Präzisionsfinish.** Plastic chips. [Online] [Citace: 19. 9 2014.]
<http://www.otec-online.cz/it/materiali-di-finitura/plastici.html>.
33. **STANĚK J., NĚMEJC J.** *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací.* Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2005. ISBN 80-7043-363-9.
34. **Pramet.** Katalog soustružení. [Online] [Citace: 15. 3 2015.]
<http://www.pramet.com/cz/ke-stazeni.html>.
35. *Podklady k předmětu Strojírenské materiály.*
36. **H., SWOBODA.** *Moderní statistika.* Praha : Nakladatelství Svoboda, 1974.
37. **VASILKO, K.** Analytická teória trieskového obrábania. *Karol Vasilko.* [Online] 2007.
[Citace: 15.. 3. 2015.]
<http://www.karolvasilko.com/download/Analyticka%20teoria%20trieskoveho%20obrabania%202007.pdf>.

Seznam obrázků

Obr. 1-1 obrobky ve firmě Burgmaier	12
Obr. 1-2 obrobek s destičkou (render NX.9)	12
Obr. 1-3 výrobní hala v Allmendigenu v roce 1970 [1]	Obr. 1-4 elektrotechnický závod v roce 1931 [1] 13
Obr. 1-5 firma Burgmaier v Baňské Bystrici [1]	Obr. 1-6 sesterská společnost ve Francii [1].... 13
Obr. 1-7 metody vyhodnocování odchylek kruhovitosti [3]	14
Obr. 1-8 Závislost Rz na f, určená ze vztahu $Rz = f28 * r\epsilon$ [4]	Obr. 1-9 nástroj s lineární řeznou hranou [4]
	15
Obr. 1-10 závislost Rz na posuvu a poloměru zaoblení špičky [4]	Obr. 1-11 profil povrchu obráběného nástroje s poloměrem zaoblení špičky 0,5mm a 5 mm [2]
	15
Obr. 1-12 experimentální závislost $Rz=F(ap)$, získaná vc, při	Obr. 1-13 závislost výšky nerovnosti profilu na 16
Obr. 1-14 Typické případy nepřesnosti stroje a jejich vliv na tvar obrobku a-nesouosost hrotů v základní rovině b-nesouosost hrotů v rovině kolmé na lůžko stroje.1-profil obrobku 2-dráha nože [2].....	16
Obr. 1-15 Vliv pružné deformace tenkostěnného kroužku na geometrický tvar obrobek plochy [2].....	17
Obr. 1-16 výsledná tvar obrobku, soustruženého při upnutí ve sklíčidle [2]	17
Obr. 1-17 vliv opotřebení nástroje na výslednou plochu obrobku [2]	17
Obr. 1-18 nepřesnosti zapříčiněné poddajností obrobku a-obrobek upnutý mezi hroty b-obrobek upnutý ve sklíčidle [2]	18
Obr. 1-19 poddajnost vřetena a koníku [5].....	18
Obr. 2-1 znázornění vlečného omílání	19
Obr. 2-2 princip laseru [9]	20
Obr. 2-3 schéma mikrotřiskání [6]	21
Obr. 2-4 naznačení kartáčování-leštění [6]	21
Obr. 2-5 výsledný efekt aplikace metod na úpravu mikrogeometrie [10]	22
Obr. 3-1 detail z výrobního výkresu (viz.příloha14) [11]	23
Obr. 3-2 výsledný produkt.....	23
Obr. 3-3 render součásti (SW NX 9)	24
Obr. 3-4 chemické složení 11CMnPb30+C z materiálového listu [15].....	25
Obr. 3-5 vlastnosti 11CMnPb30+C z materiálového listu (příloha1) [15].....	25
Obr. 3-6 přehled řezných materiálů [17]	26
Obr. 3-7 Ilustrativní znázornění řezné keramiky [19].....	27
Obr. 3-8 znázornění struktury cermetu [19]	27
Obr. 3-9 přehled širokého využití cermetů (jaké materiály mohou být nahrazeny cermetem) [21]	28
Obr. 3-10 znázornění struktury rychlořezné oceli [22].....	28
Obr. 3-11 znázornění slinutých karbidů [19].....	29
Obr. 3-12 detail z výrobního výkresu (viz. příloha 15) [11]	31
Obr. 3-13 výsledný obrobek po obrábění na doosan puma (render v sw NX.9)	32
Obr. 3-14 Dvouvřeteno na HK-con	Obr. 3-15 obrábění cermetovou destičkou
	33
Obr. 3-16 dráha DCGT T304-UM5015 v pořadí 3.destička	Obr. 3-17 DCGT T304-UM5015 [24]
	33
Obr. 3-18 geometrie VBD DCGT 11T304-UM5015 [24].....	34
Obr. 3-19 znázornění dráhy v průběhu řezného procesu	34
Obr. 3-20 znázornění hloubky řezu v průběhu obrábění.....	34
Obr. 3-21 pohyb destičky, naznačení namáhání břítu.....	35
Obr. 3-22 Scan nové VBD na stoju Alicona.....	35
Obr. 3-23 scan VBD po obrobení 20.kusů	36
Obr. 3-24 porovnání nové a opotřebené VBD.....	36
Obr. 3-25 znázornění řezu destičkou (řez obr.3-26 a 3-27).....	36
Obr. 3-26 analýza řezu VBD po 20.kusech (znázorněno na obr.3-25)	37
Obr. 3-27 analýza řezu nové VBD (znázorněno na obr.3-25)	37
Obr. 3-28 postup při měření drsnosti dle normy ISO 4288:1998 A ISO 3274:1998 (viz. příloha13) [25]	38
Obr. 3-29 výřez z výsledků měření z drsnoměru Hommel-etamic, 25.vyrobeného kusu dodaného firmou Burgmaier, měření dle nastavení firmy Burgmaier (celkový protokol k nahlédnutí v příloze 5).....	39

Obr. 3-30 výřez z výsledků měření z drsnoměru Hommel-etamic, 25.vyrobeného kusu dodaného firmou Burgmaier, měření dle normy (celkový protokol k nahlédnutí v příloze5)	39
Obr. 3-31 výřez z výsledků měření z drsnoměru Hommel-etamic, 25.vyrobeného kusu dodaného firmou Burgmaier, měření dle nastavení firmy Burgmaier (celkový protokol k nahlédnutí v příloze 7).....	40
Obr. 3-32 výřez z výsledků měření z drsnoměru Hommel-etamic, 25.vyrobeného kusu dodaného firmou Burgmaier, měření dle normy (celkový protokol k nahlédnutí v příloze7)	40
Obr. 3-33 porovnání naměřených hodnot drsností, měřených podle nastavení ve firmě Burgmaier a podle normy	41
Obr. 3-34 měření kruhovitosti 25.kus(řezy jsou naznačené v obr. 3-35)	41
Obr. 3-35 kontrola válcovitosti na přístroji Taylor Hobson, 25.kus (detailní protokol viz. příloha6).....	42
Obr. 3-36 měření kruhovitosti 70.kus (řezy jsou naznačené v obr. 3-37)	42
Obr. 3-37 kontrola válcovitosti na přístroji Taylor Hobson, 70.kus (detailní protokol viz. příloha 8).....	43
Obr. 3-38 kruhovitost na výrobcích dodaných firmou Burgmaier	43
3-39 VBD po 25.řezu, vzniklé opotřebení na vedlejším ostří (mikroskop Multicheck).....	44
Obr. 3-40 VBD po 25.řezu, vzniklé opotřebení na hlavním ostří (mikroskop Multicheck)	44
Obr. 3-41 scan VBD po 25.kusech na přístroji Alicona	44
Obr. 3-42 opotřebení na vedlejším ostří , 70.kus (mikroskop Multicheck).....	45
Obr. 3-43 opotřebení na hlavním ostří, 70.kus (mikroskop Multicheck)	45
Obr. 3-44 scan VBD po 70.kusech na přístroji Alicona	45
Obr. 4-1 znázornění časové úspory úpravou obráběcího programu.....	48
Obr. 5-1 vývojový diagram experimentální části	49
Obr. 5-2 dráhy a hloubky řezu v průběhu řezného procesu	50
Obr. 5-3 polotovary (render SW NX 9).....	50
Obr. 5-4 polotovary.....	51
Obr. 5-5 znázornění dráhy břitu při obrábění dráhy odpovídající jednomu kusu	52
Obr. 5-6 snímek z experimentu 1.kus	53
Obr.5-7 výřez z protokolu měření drsnosti, nastavení dle normy (detailní protokol přiložen v příloze 9)	53
Obr. 5-8 kruhovitost v 1., 2., 3. řezu	54
Obr. 5-9 válcovitost u 1. kusu (příloha 10).....	54
Obr. 5-10 scan na přístroji Alicona,VBD po 1.kusu.....	55
Obr. 5-11 snímek VBD po 1.kusu-vedlejší ostří (mikroskop Multicheck).....	55
Obr. 5-12 diferenční analýza, porovnání VBD po 1. řezu s VBD novou	56
Obr. 5-13 řez VBD po obrobení 1 kusu.....	56
Obr. 5-14 řez VBD po obrobení 1.kusu, znázornění místa řezu	56
Obr. 5-15 snímek z experimentu- 25.kus	57
Obr. 5-16 výřez z protokolu měření 25. vyrobeného kusu(Příloha 11)	57
Obr. 5-17 výřez z protokolu kruhovitosti (celkový protokol-příloha)	58
Obr. 5-18 válcovitost u 25.kusu (příloha 12).....	58
Obr. 5-19 opotřebení VBD po obrobení 25 kusu-vedlejší ostří, mikroskop Multicheck	59
Obr. 5-20 opotřebení VBD po obrobení 25 kusu-hlavní ostří, mikroskop Multicheck	59
Obr. 5-21 scan VBD po 25 vyrobeným kusech, na přístroji Alicona	60
Obr. 5-22 diferenční analýza –porovnání VBD po 25 kusu s novou VBD	60
Obr. 5-23 znázornění umístění řezu VBD po 25 kusu	60
Obr. 5-24 řez VBD po 25 kusech, na přístroji Alicona	61
Obr. 5-25 porovnání řezu VBD po 25 kusech s novou VBD, odečtení VB.....	61
Obr. 5-26 diferenční analýza VBD po 25 kusu (Burgmaier x KTO-ZČU)	62
Obr. 5-27 porovnání výsledné drsnosti povrchu v laboratoři KTO-ZČU a firmě Burgmaier.....	62
Obr. 5-28 průběh výsledné kruhovitosti KTO-ZČU x Burgmaier	63
Obr. 5-29 průběh VBmax na hlavním ostří.....	64
Obr. 5-30 průběh VBmax. na vedlejším ostří	64
Obr. 6-1 kontrola opakovaných měření dle Grubbsova testování.....	66
Obr. 7-1 přehled variant řešení problému, pro které je řešeno technicko-ekonomické hodnocení	67
Obr. 7-2 výrobní cena za 1 rok při výrobě 10 000/měsíc.....	71

Seznam tabulek

Tabulka 1 souhrn metod k úpravě mikrogeometrie [10]	22
Tabulka 2 vybrané oceli z řady automatových ocelí a jejich index obrábitelnosti [14] [15]	24
Tabulka 3 přehled výsledků různých materiálů VBD	26
Tabulka 4 doporučené řezné podmínky, vhodnost použití k obrábění automatových ocelí, zda byl materiál testován firmou Burgmaier	30
Tabulka 5 opotřebení VBmax.-Burgmaier-25.kus	44
Tabulka 6 opotřebení VBmax.-Burgmaier-70.kus	45
Tabulka 7 porovnání materiálu a přehled řezných podmínek [24].....	46
Tabulka 8 přehled vzniklé úspory	47
Tabulka 9 přehled skupin během experimentu a ujetá dráha VBD	51
Tabulka 10 popis dráhy destičky při obrábění jednoho kusu, při experimentu	52
Tabulka 11 opotřebení VBmax, měření na mikroskopu multichack.....	55
Tabulka 12 kruhovitost 25.kus	58
Tabulka 13 opotřebení VBmax. na hlavním a vedlejším ostří po obrobení 25 kusu, mikroskop Multichack ...	59
Tabulka 14 dosažené drsnosti	63
Tabulka 15 dosažená kruhovitost	63
Tabulka 16 naměřené hodnoty VBmax.....	64
Tabulka 17 přehled hodnot pro výpočty.....	68
Tabulka 18 přehled nákladů na roční výrobu pro jednotlivé varianty	71

Seznam příloh

1. Materiálový list oceli 11SMnPb30+C [16]
2. Přehled brusných tělísek [28]
3. Obrábění na stroji Doosan Puma
4. Obrábění na stroji HK-con
5. měřicí protokol drsnosti, 25.kusu dodaného firmou Burgmaier
6. měřicí protokol kruhovitosti, 25.kusu vyrobeného firmou Burgmaier
7. měřicí protokol drsnosti, 70.kusu vyrobeného firmou Burgmaier
8. měřicí protokol kruhovitosti, 70.kusu vyrobeného firmou Burgmaier
9. měřicí protokol drsnosti, 1.kusu vyrobeného laboratoří KTO-ZČU
10. protokol kontroly kruhovitosti na 1.kusu, vyrobeného laboratoří KTO-ZČU
11. měřicí protokol drsnosti, 25.kusu vyrobeného laboratoří KTO-ZČU
12. protokol kontroly kruhovitosti na 25.kusu, vyrobeného laboratoří KTO-ZČU
13. přehled typů drsností [26]
14. výrobní výkres obrobku po obrábění na stroji HK-con
15. výrobní výkres obrobku po obrábění na stroji Doosan Puma

Příloha 1

-materiálový list 11SMnPb30+C

Quality	11SMnPb30	<i>Technical card</i>
According to standards	EN 10087: 2000	<i>Lucifin Group</i>
Number	1.0718	

Chemical composition					
C%	Si%	Mn%	P%	S%	Pb%
max	max		max		
0,14	0,05	0,90-1,30	0,11	0,27-0,33	0,20-0,35
± 0.02	+ 0.01	± 0.04	+ 0.02	± 0.03	+0.03 -0.02

Product deviations are allowed

Temperature °C					
Hot-forming	Natural state	Soft annealing	Carburizing	Hardening on carburized surface	Stress-relieving
1250-950	(HB 180 max)	680 cooling 20 °C/h to 300 after air (HB 135 max)	(880-950)	(770-810)	(180-200)
Normalizing	Direct hardening	Direct hardening	Stress-relieving	Pre-heating welding	Stress-relieving after welding
900 air	880 water	890 oil or polymer	150-200 furnace cooling		not recommended

Mechanical properties			
Hot-rolled natural forming condition EN 10087: 2000			
Testing at room temperature (longitudinal)			
size mm	R	HB	
from to	N/mm ²	for information	
5 10	380-570	112-169	
10 16	380-570	112-169	
16 40	380-570	112-169	
40 63	370-570	109-169	
63 100	360-520	107-154	

Cold-drawn +C EN 10277-3: 2008				Hot-rolled Peeled-Reeled +SH				
Values valid also for +C+SL				Values valid also for +SH+SL				
Testing at room temperature (longitudinal)				Testing at room temperature (longitudinal)				
size mm	R ^{a)}	Rp 0.2 ^{a)}	A%	HB	R	Rp 0.2	A%	HB
from to	N/mm ²	N/mm ² min	min	for inform.	N/mm ²	N/mm ² min	min	
5 ^{b)} 10	510-810	440	6	154-243				
10 16	490-760	410	7	149-226				
16 40	460-710	375	8	139-218	380-570			112-169
40 63	400-650	305	9	119-200	370-570			112-169
63 100	360-630	245	9	104-192	360-520			107-154

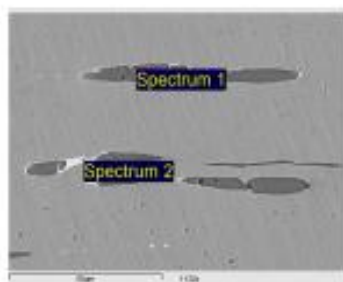
^{a)} for flats and special sections, yield point can be - 10% and tensile strength can be ± 10%

^{b)} for thickness < 5 mm, mechanical properties should be agreed before order placement

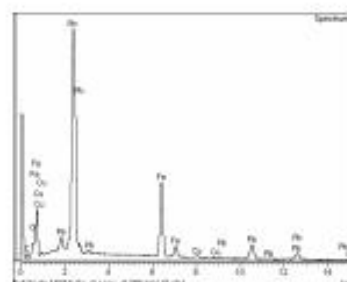
Modulus of elasticity	Specific heat capacity	Density	Melting temperature
GPa	J/(Kg·K)	Kg/dm ³	°C
200	440	7.85	1500-1540

EUROPE EN	ITALY UNI	CHINA GB	GERMANY DIN	FRANCE AFNOR	U.K. B.S.	RUSSIA GOST	USA AISI/SAE
11SMnPb30	CF 9SMnPb28	Y15Pb	9SMnPb28	S250Pb		(AS14)	12L14

Lead steel



Sulphide inclusions
x1120



Spectrum 2
qualitative
microanalysis

Annealing is carried out to obtain 2,5 A/cm: 700 °C x 2 h cooling at 50 °C/h at up to 300 °C or 720 °C feed 15 m (Trafitec furnace)

Příloha 2

-Brusná tělíska pro vlečné omílání

Keramická-tvarovaná tělíska

Keramická tělíska jsou různých tvarů pro určité omílání. K výrobě dochází tažením brusných zrn s keramickým pojivem. Následně dochází k výpalu. Jsou využívány pro hrubování, jemné omílání. Jako brusná zrna se používá korund. Druh použitého korundu určuje zaměření daného brusného tělíska. [28]

Kuličky oxidu zirkoničitého

Kuličky oxidu zirkoničitého vynikají svoji tvrdostí, trvanlivostí a leštícím účinkem. Jejich použití se vyskytuje v průmyslové výrobě šperků. [27]



kuličky oxidu zirkoničitého [27]



keramická brusná tělíska [28]

Keramická brusná tělíska

Keramická brusná tělíska mají tvar trojúhelníku, elipsy, válce nebo trojzubce. Dle zvoleného tvaru a rozměrů dochází k leštění, broušení (středně brousící, silně brousící). [28]

Tělíska z ušlechtilé oceli

Tělíska z ušlechtilé oceli mají tvar kuličky, satelitu, nebo kolíčků. Rozměry těchto brusných tělísek se pohybují v milimetrech. Materiálem k výrobě je 1.4301 = AISI 304, AISI 420. Brusné kolíčky jsou zaoblené, mají dobrý leštící účinek při magnetickém leštění. [29]



tělíska z ušlechtilé oceli [29]



plastová brusná tělíska [30]

Plastová brusná tělíska

Plastová brusná tělíska mají tvar pyramidy nebo kuželky. Jejich vlastností je vysoký úběr materiálu i výsledná jemná struktura povrchu. Jejich využití je taktéž ve šperkařském průmyslu, kde určité vybrané typy plastových brusných tělísek jsou vhodné pro broušení ze zirkonia.

Plastová leštící tělíska

Plastová leštící tělíska se vyrábí ve tvaru válce se šikmým řezem nebo v podobě čočky. Díky tvaru, ve kterém jsou vyráběny, se předchází vzniku prachu. Vhodné k výrobě karabin. [30]



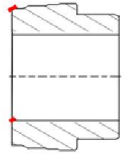
plastová leštící tělíska [30]

Příloha 3

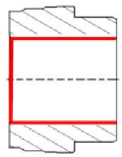
-Popis operací na stroji Doosan Puma

Účelem obrábění na stroji Doosan puma je přiblížit se blíže výslednému tvaru po obrábění na stroji HK-con. Vstupním polotovarem je tyč o průměru 60 mm.

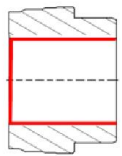
Horní vřeteno



sražení zadní vnitřní i vnější hrany



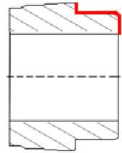
předvrtání na průměr 34 mm



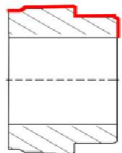
*soustružení vnitřního průměru
a přední hrany na čisto*

obrábění na Doosan Puma-horní vřeteno

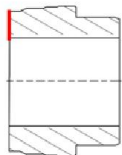
Dolní vřeteno



hrubování čela na průměr 50,9 mm



dokončení předního čela a vnějšího tvaru



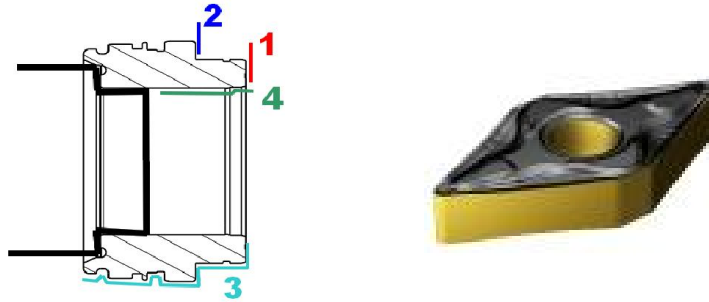
upichování

obrábění na Doosan Puma-dolní vřeteno

Příloha 4

- Popis operací na stroji HK-con

- 1) Dochází k zarovnání čela (1) ve vzdálenosti 42,7 mm a také zarovnání čela (2) na vzdálenosti 17,3 mm. Následuje operace, která hrubuje vnější konturu (3) a zakončením této destičky je hrubování vnitřního průměru 36,325 a průměru 37,025 mm. V této operaci se soustruží destičkou DNMG 110408-PM4235 od výrobce Sandvik.

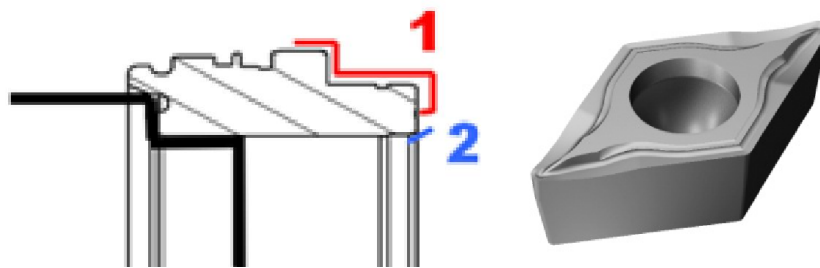


znázornění dráhy a VBD DNMG 110408-PM4235

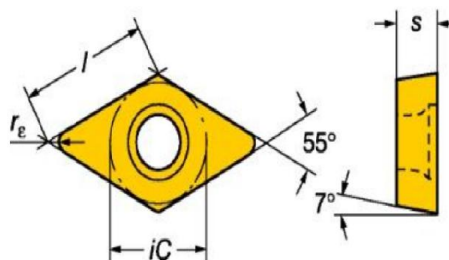
Obr. 3.12 znázornění dráhy Obr. 3.13. destička DNMG 110408-PM4235

- 2) V první řadě dochází k obrobení vybrání na přední straně, toto vybrání zde figuruje jako podpis firmy Burgmaier Precision, posléze se destička, DCGT 11T304-UM5015 od výrobce Sandvik, přesune na obrobení 1/2 vnější kontury (1). Po obrobení vnější kontury se destička vrátí k čelu a obrobí vnitřní sražení na přední části součásti (2). Operace této destičky představuje finální povrch v této oblasti obrobku.

Ačkoliv tato destička má stejné označení a je i od stejného výrobce jako VBD, která je předmětem této diplomové práce, tak ale předmětem zkoumání je VBD umístěná v druhém obráběcím úseku.



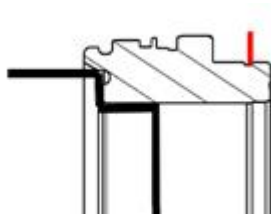
znázornění dráhy a VBD DCGT 11T304-UM5015



geometrie VBD DCGT 11T304-UM5015

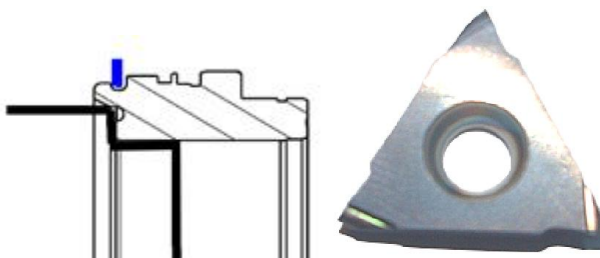
Parameter	Value
Weight	0.005
Insert_Size	11
l	11
s	3.96875
iC	9.525
re	0.4

- 3) Dochází k obrobení drážky o průměru 47,1 mm. K této obráběcí operaci je použita speciální destička B002226 ZWT-TiAlN od výrobce ZWT.



znázornění dráhy a VBD B002226 ZWT-TiAlN

- 4) Nyní dochází rovněž k obrobení drážky speciální deštičkou B002231 ZWT-TiAlN rovněž od výrobce ZWT.



znázornění dráhy a VBD B002231 ZWT-TiAlN

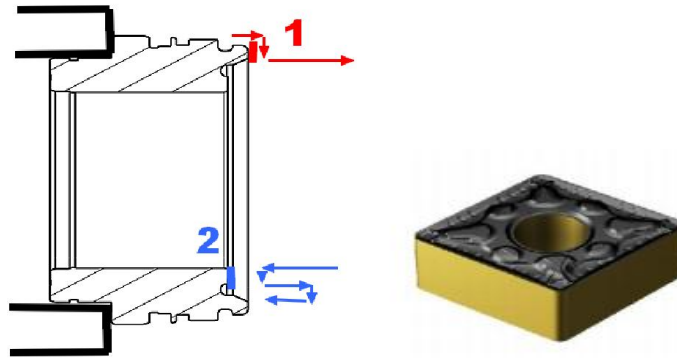
- 5) Dochází k obrobení prostřední drážky. Tuto drážku obrábí speciální destička B002243 ZWT-TiAlN od výrobce ZWT.



znázornění dráhy a B002243 ZWT-TiAlN

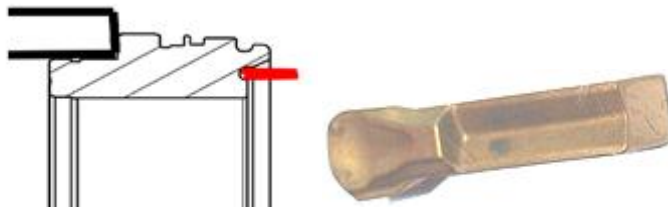
V této chvíli nastává přeupnutí do protivřetene, do měkkých čelistí. Nyní bude následovat druhá část úseku v druhém pracovním prostoru stroje.

- 1) K hrubování vnějšího (1) čela a vnitřního čela (2) dochází VBD CNMG 090308-PM 4325 od výrobce Sandvik.



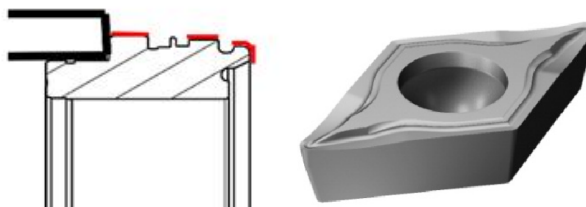
znázornění dráhy a VBD CNMG 090308-PM 4325

- 2) K vnitřnímu půlkruhovitému vybrání dochází speciální destičkou s označením RZ-BMR-IR-15-11 od výrobce RZ.



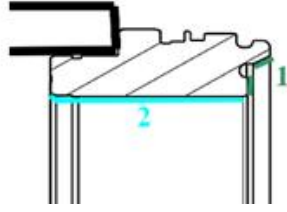
dráha a VBD RZ-BMR-IR-15-11

- 3) Dochází k obrábění cermetovou destičkou s označením DCGT T304-UM5015. První pohyb cermetové destičky představuje obrobení vnější kontury, již na čisto.



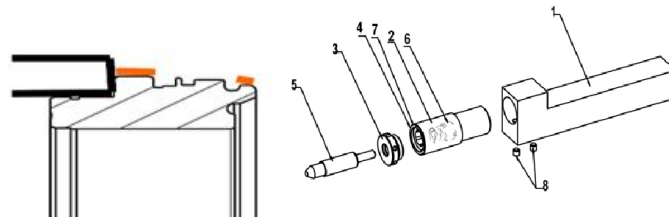
dráha v druhém úseku a VBD DCGT T304-UM5015

- 4) Nyní přichází do řezu taktéž cermetová destička DCGT T304-UM5015. Jedná se v pořadí již o 3. VBD od počátku řezného procesu, tato VBD je předmětem diplomové práce. začištění čela a sražení (1), následně obrobení vnitřního průměru (2) taktéž na čisto.



dráha DCGT T304-UM5015 v pořadí 3. destička

- 5) Finální operaci představuje leštění diamantovým hrotem, s označením B.88-05-C-R200-D33-W60 od výrobce Baublies, průměru 59,0605 mm a průměru 57,5 mm.



dráha diamantového hrotu a znázornění diamantového hrotu

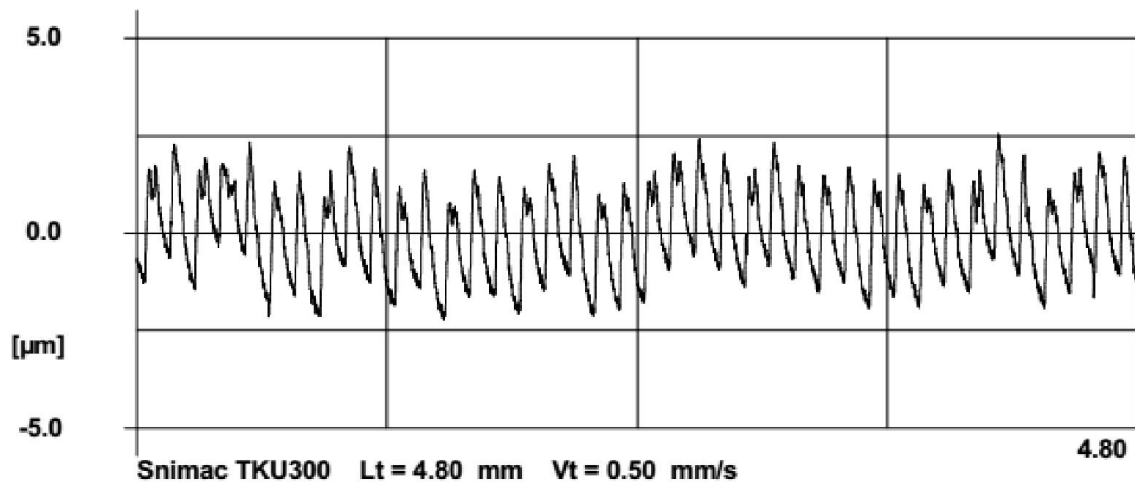
Příloha 5

-měřicí protokol drsnosti, 25.kusu vyrobeného firmou Burgmaier

Měřicí protokol

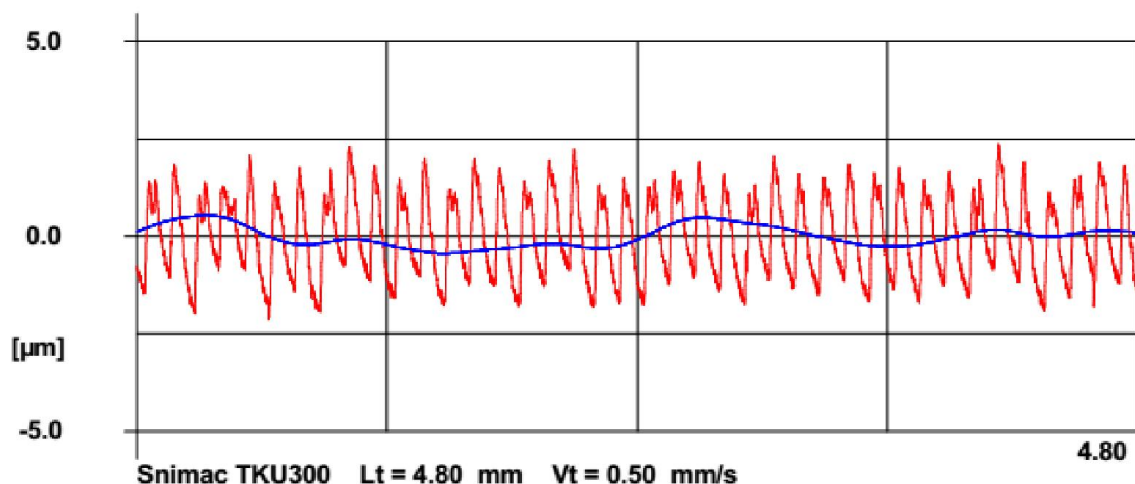
HOMMEL-ETAMIC TURBO WAVE V7.45 Merici podmínky Snimac: TKU300 Mer.rozsah: 400 µm Linearni pos. pristroj: waveline 120 Merici draha (Lt) : 4.80 mm Posuvova rychlost (Vt): 0.50 mm/s Mer.hodnoty: 9600	Zakaznik: Díl: 25, no OK
---	---------------------------------

P- Profil vyrovnan Lc/Ls = VYP



Pt	4.76 µm	Rt	4.50 µm	Wt	0.99 µm
Pz	4.76 µm	Rz	4.10 µm	Wz	0.58 µm
Pa	0.94 µm	Ra	0.90 µm	Wa	0.24 µm
PSm	0.1200 mm	RSm	0.1199 mm	WSm	1.5085 mm

R- W- Profil vyrovnan Filtr ISO 16610-22 Lc = 0.800 mm



výsledky drsnosti měřené podle nastavení ve firmě Burgmaier

Měřicí protokol

HOMMEL-ETAMIC
TURBO WAVE V7.45

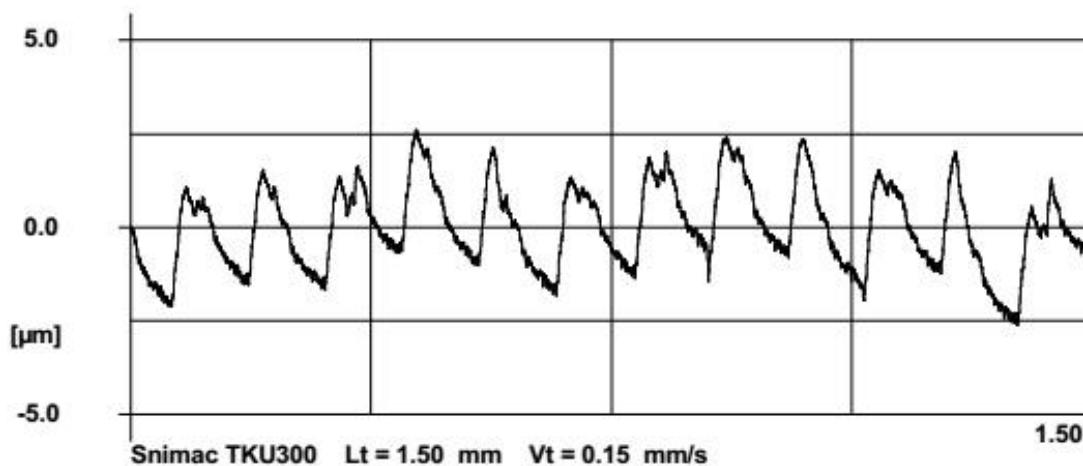
Merici podmínky

Snimac: TKU300
Mer.rozsah: 400 μm
Linearni pos. pristroj: waveline 120
Merici draha (Lt): 1.50 mm
Posuvova rychlost (Vt): 0.15 mm/s
Mer.hodnoty: 9375

Zakaznik:

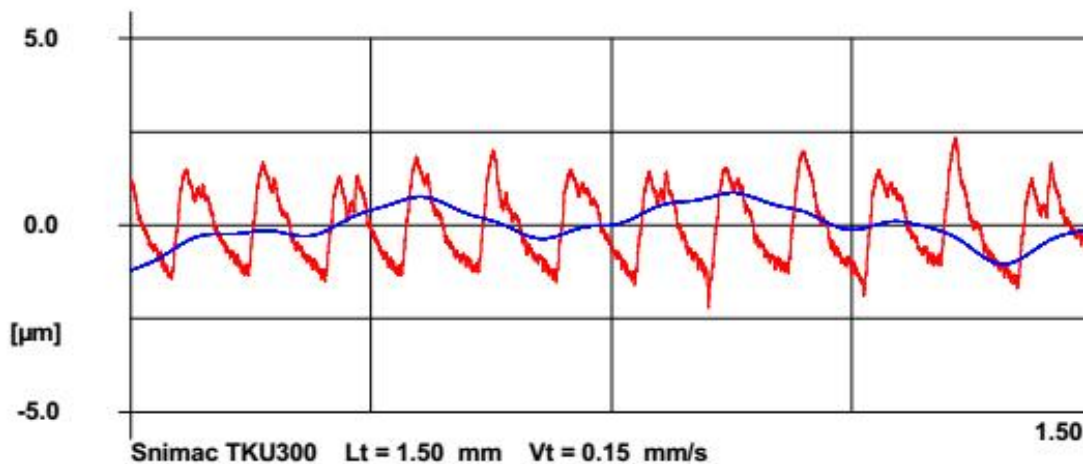
Díl: 25, no OK

P- Profil vyrovnan Lc/Ls = VYP



Pt	5.26 μm	Rt	4.55 μm	Wt	2.08 μm
Pz	5.16 μm	Rz	3.61 μm	Wz	1.05 μm
Pa	0.95 μm	Ra	0.82 μm	Wa	0.39 μm
PSm	0.1197 mm	RSm	0.1201 mm	WSm	0.4220 mm

R- W- Profil vyrovnan Filtr ISO 16610-22 Lc = 0.250 mm



výsledky drsnosti měřené dle nastavení normy ISO 4288:1998 a ISO 3274:1998

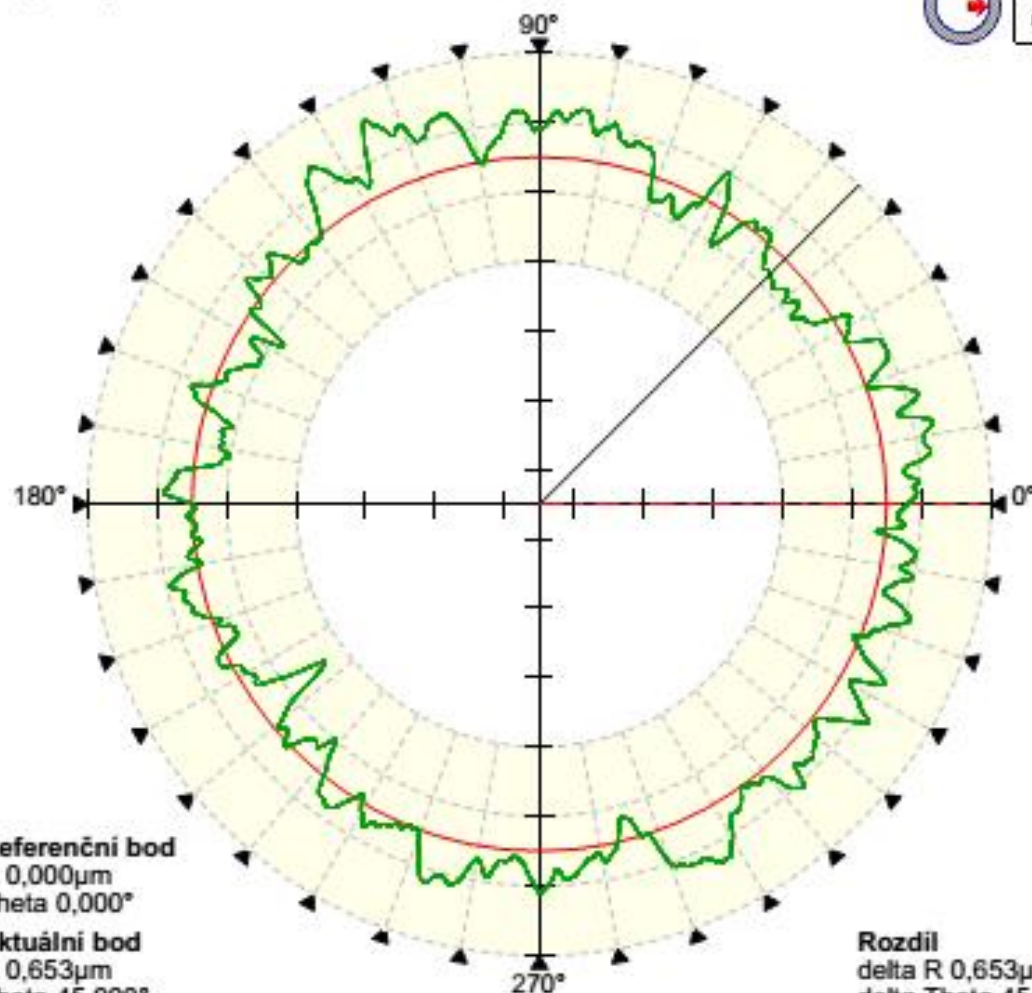
Příloha 6

- protokol kontroly kruhovitosti na 25.kusu, vyrobeného firmou Burgmaier

5.24.1.275



Stupnice 2µm/díl.



Referenční bod
R 0,000µm
Theta 0,000°

Aktuální bod
R 0,653µm
Theta 45,000°

Rozdíl
delta R 0,653µm
delta Theta 45,000°

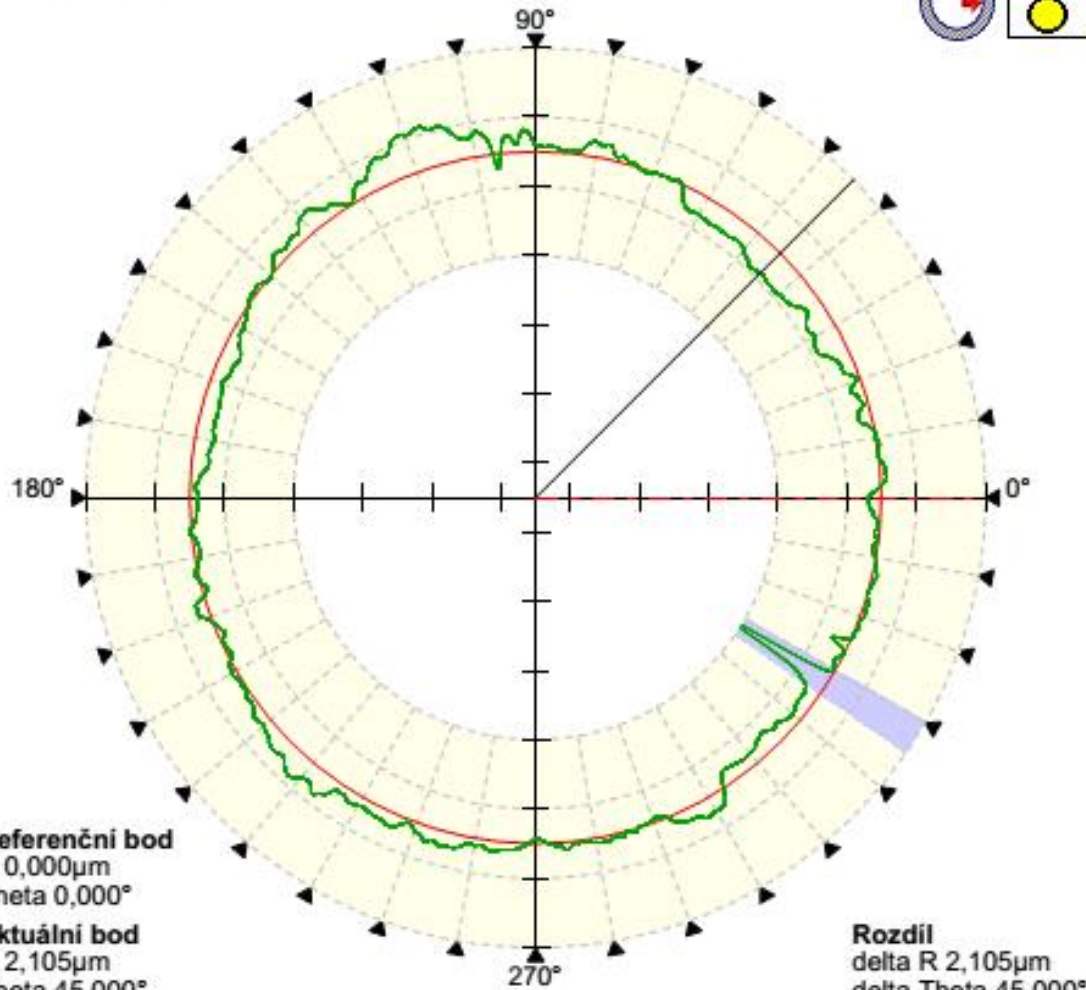


Rez válec		
Díl 25 noOK-03		
RON/LS válec/Gauss/1 • 150 w/o		
29.4.2015 15:08:20		
Díl 25 noOK-03		
360°/Admin/585		
29.4.2015 15:07:51		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 • 150 w/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost • výstupek)	2,33	µm
poloha RONp	216,3	°
RONv (kruhovitost • prohlubeň)	2,13	µm
poloha RONv	114,5	°
RONt (kruhovitost)	4,46	µm
Házení	4,46	µm
Podmínky		
Poloha Z	34,001	mm
Poloha R	32,561	mm
Poloha snímače		Vertikální
Směr kontaktu		R +
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

5.24.1.275



Stupnice 5µm/díl.



Referenční bod
R 0,000µm
Theta 0,000°
Aktuální bod
R 2,105µm
Theta 45,000°

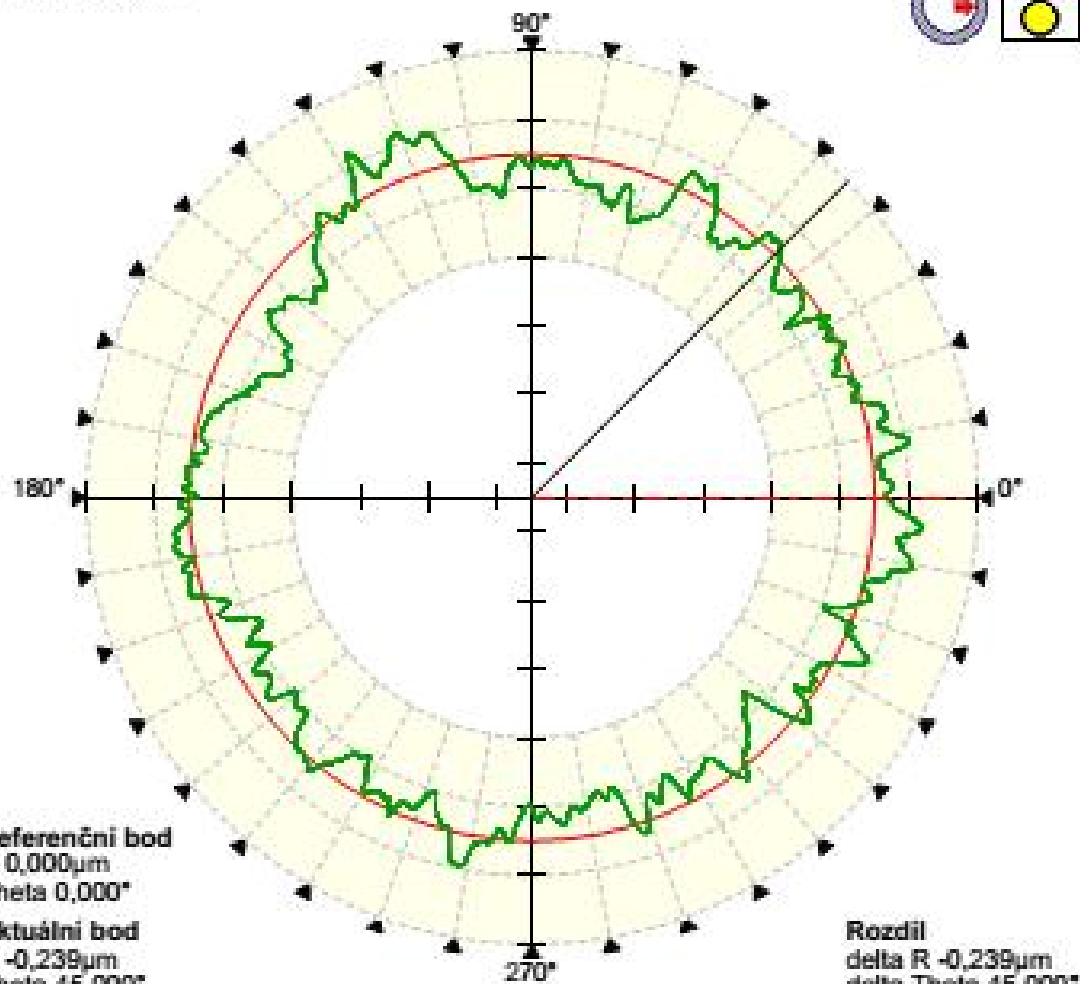
Rozdíl
delta R 2,105µm
delta Theta 45,000°

Rez válce		
Díl 25 noOK-02		
RON/LS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 15:09:31		
Díl 25 noOK-02		
360°/Admin/585		
29.4.2015 15:07:22		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	2,26	µm
poloha RONp	47,1	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	3,09	µm
poloha RONv	107,6	°
RONt (kruhovitost)	5,34	µm
Házení	5,34	µm
Podminky		
Poloha Z	23,501	mm
Poloha R	32,561	mm
Poloha snímače	Vertikální	
Směr kontaktu	R +	
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

5.24.1.275

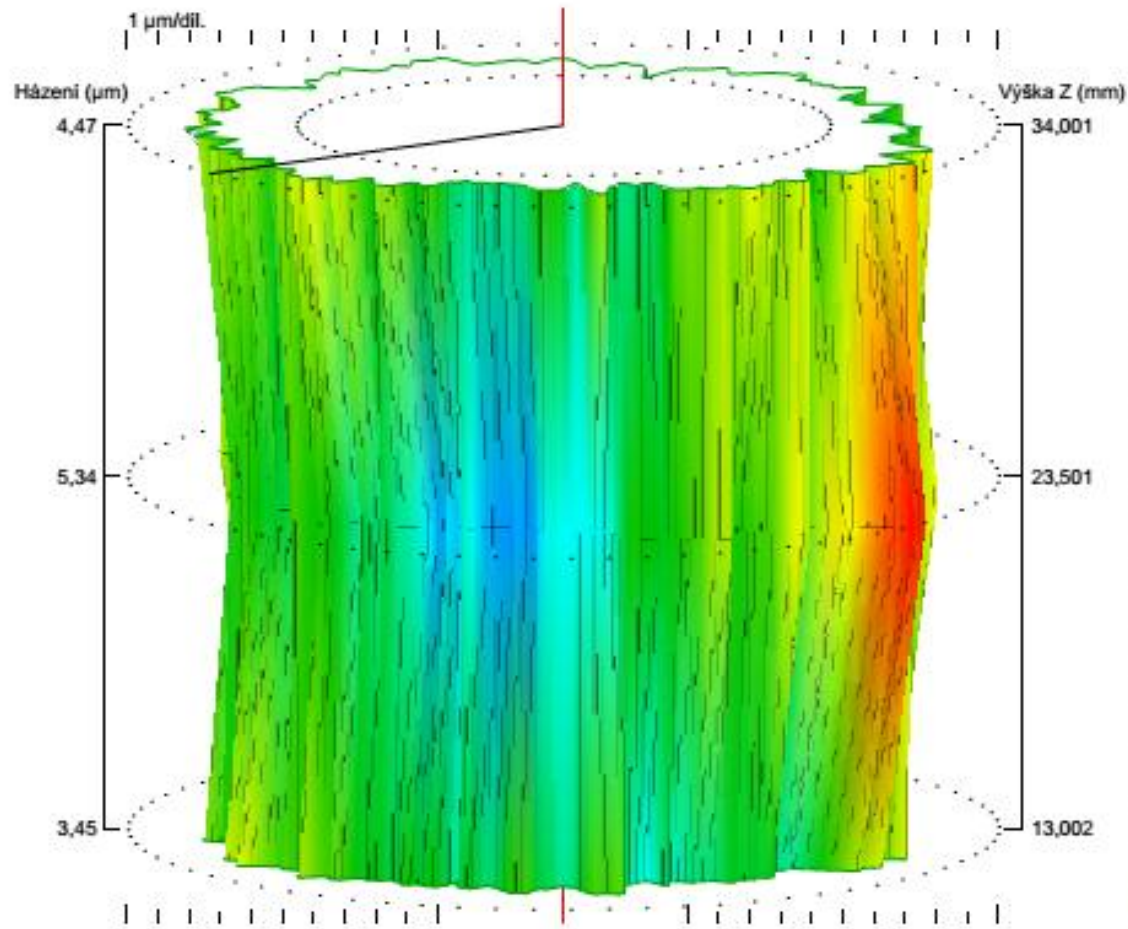


Stupnice 2µm/díl.



Rozměry		
Díl 25_noOK-01		
RONLS váleček/Gauss/1 - 150 w6		
29.4.2015 15:09:31		
Díl 25_noOK-01		
360°Admin/585		
29.4.2015 15:06:53		
Specifikace		
Typ reference	LS váleček	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 w6	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	2,02	µm
poloha RONp	151,8	µm
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	1,42	µm
poloha RONv	355,5	µm
RONI (kruhovitost)	3,45	µm
Házení	3,45	µm
Podmínky		
Poloha Z	13,002	mm
Poloha R	32,561	mm
Poloha snímače	Vertikální	
Směr kontaktu	R +	
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

5.24.1.275



Válcovitost		
Díl 25 noOK-01 - 1		
CYL/LS válec/Gauss/T - 150 vto		
29.4.2015 15:09:31		
Buzonář no OK		
29.4.2015 15:07:51		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
T - 150 vto		
Základna	Vlastní	
Počet řezů	3	
Parametry		
CYLp (válcovitost - výstupek)	2,34	µm
poloha CYP	216,3	
CYLv (válcovitost - prohlubeň)	3,09	µm
poloha CYLv	107,8	
CYLt (válcovitost)	5,42	µm
Podmínky		
Poloha snímače		Vertikální
Směr kontaktu		R +



Příloha 7

-měřicí protokol drsnosti, 70.kusu vyrobeného firmou Burgmaier

Měřicí protokol

HOMMEL-ETAMIC
TURBO WAVE V7.45

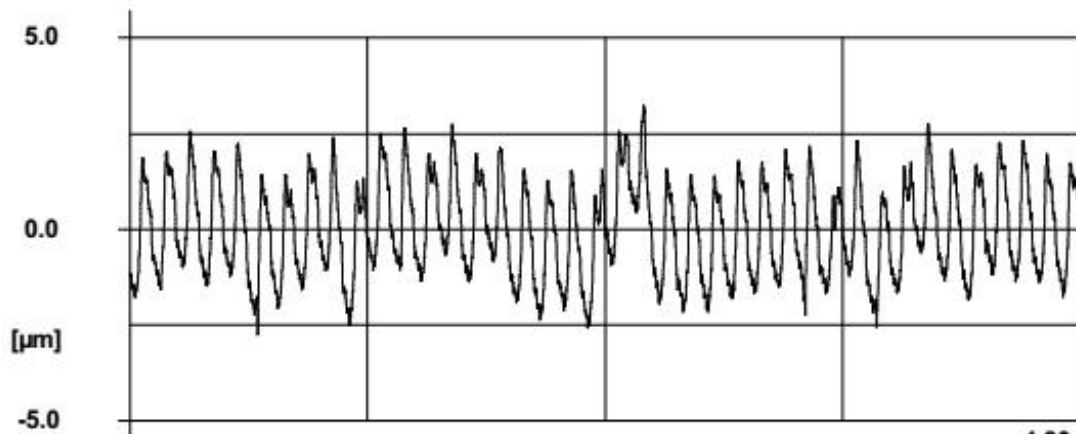
Merici podmínky

Snimac: TKU300
Mer.rozsah: 400 μm
Linearni pos. pristroj: waveline 120
Merici draha (Lt): 4.80 mm
Posuvova rychlost (Vt): 0.50 mm/s
Mer.hodnoty: 9600

Zakaznik:

Díl: 70, no OK

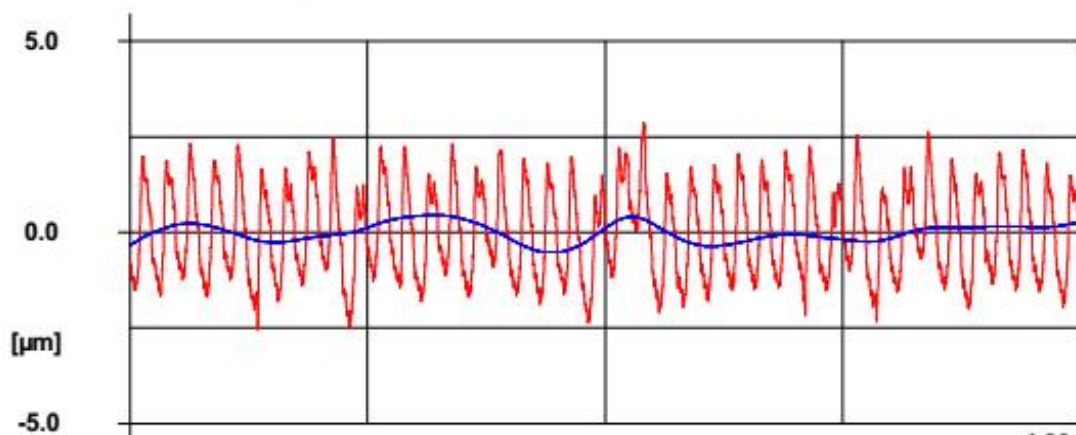
P- Profil vyrovnan Lc/Ls = VYP



Snimac TKU300 Lt = 4.80 mm Vt = 0.50 mm/s

Pt	5.99 μm	Rt	5.42 μm	Wt	0.99 μm
Pz	5.99 μm	Rz	4.92 μm	Wz	0.58 μm
Pa	1.08 μm	Ra	1.05 μm	Wa	0.21 μm
PSm	0.1240 mm	RSm	0.1234 mm	WSm	1.2735 mm

R- W- Profil vyrovnan Filtr ISO 16610-22 Lc = 0.800 mm



Snimac TKU300 Lt = 4.80 mm Vt = 0.50 mm/s

výsledky drsnosti měřené podle nastavení ve firmě Burgmaier

Měřicí protokol

**HOMMEL-ETAMIC
TURBO WAVE V7.45**

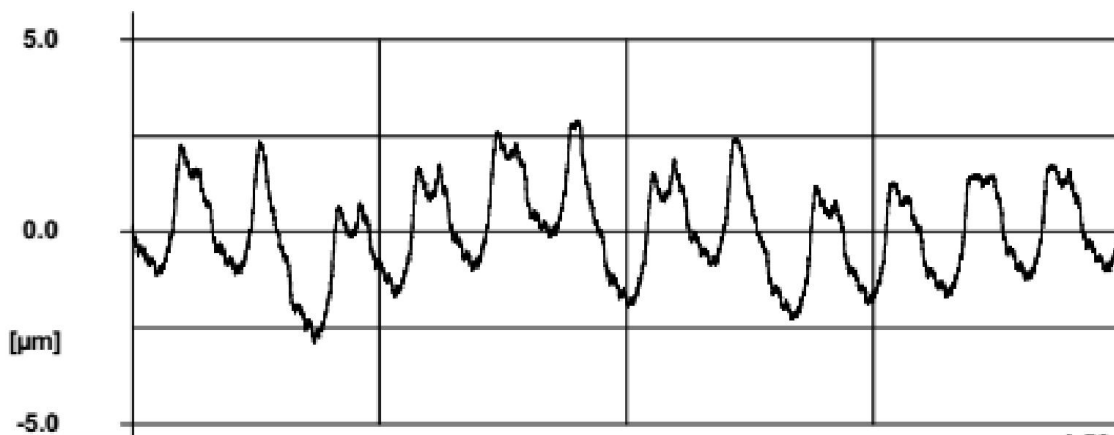
Merici podmínky

Snimac: **TKU300**
 Mer.rozsah: **400 µm**
 Linearni pos. pristroj: **waveline 120**
 Merici draha (Lt) : **1.50 mm**
 Posuvova rychlost (Vt): **0.15 mm/s**
 Mer.hodnoty: **9375**

Zakaznik:

Dil: 70, no OK

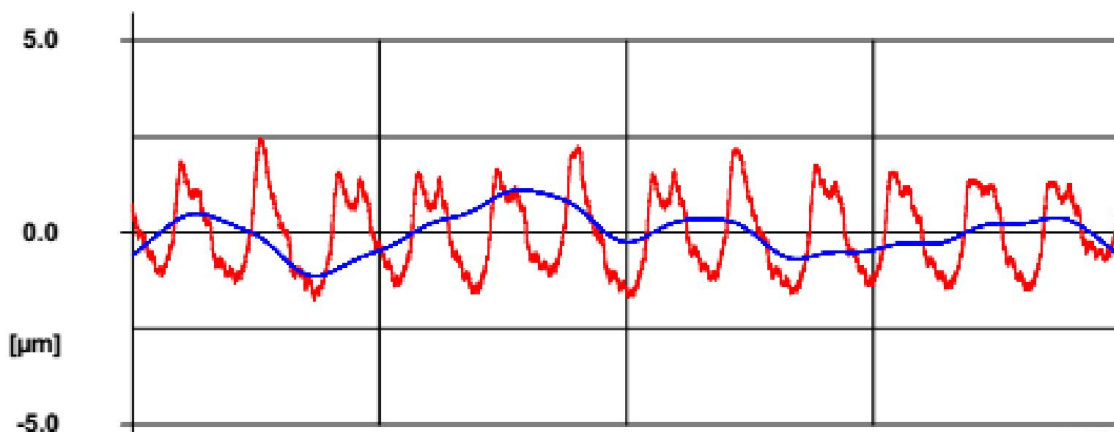
P- Profil vyrovnan Lc/Ls = VYP



Snimac TKU300 Lt = 1.50 mm Vt = 0.15 mm/s

Pt	5.79 µm	Rt	4.23 µm	Wt	2.26 µm
Pz	5.79 µm	Rz	3.62 µm	Wz	1.44 µm
Pa	1.07 µm	Ra	0.92 µm	Wa	0.43 µm
PSm	0.1354 mm	RSm	0.1194 mm	WSm	0.4090 mm

R- W- Profil vyrovnan Filtr ISO 16610-22 Lc = 0.250 mm



Snimac TKU300 Lt = 1.50 mm Vt = 0.15 mm/s

výsledky drsnosti měřené dle nastavení normy ISO 4288:1998 a ISO 3274:1998

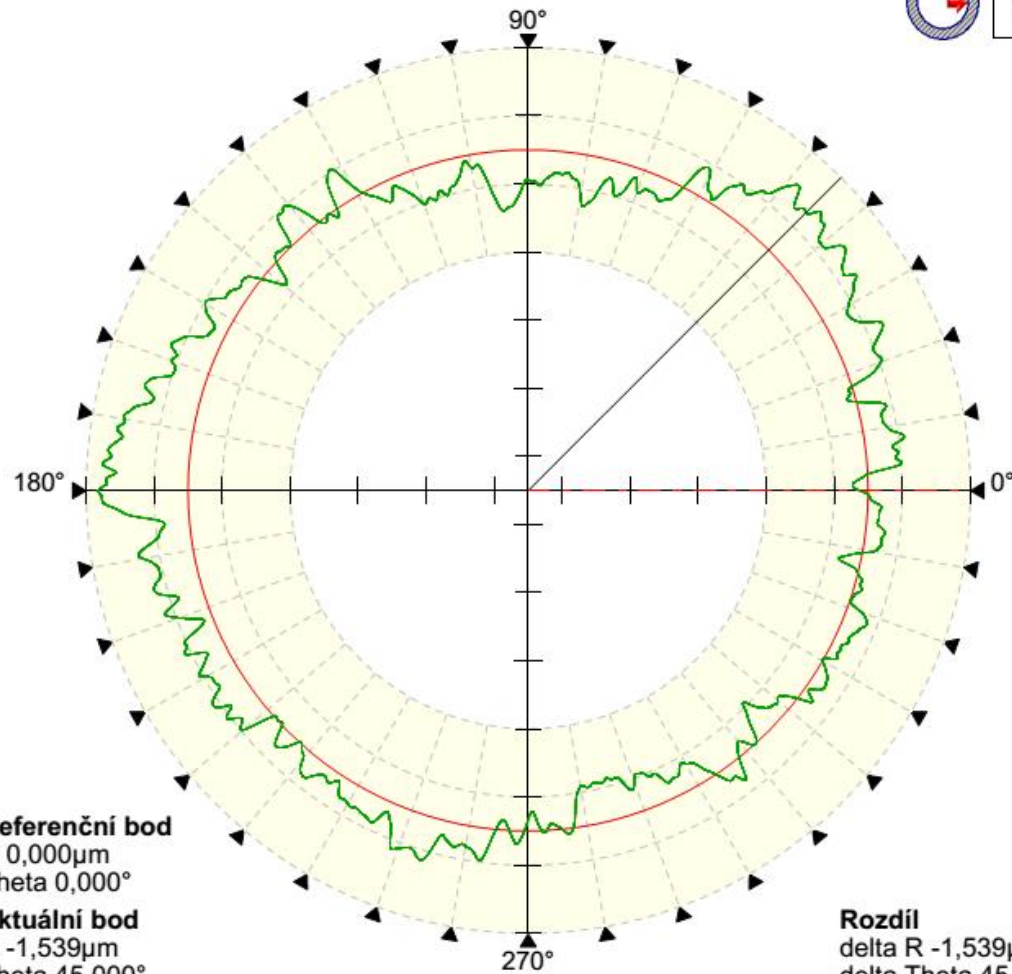
Příloha 8

- protokol kontroly kruhovitosti na 70.kusu, vyrobeného firmou Burgmaier

5.24.1.275



Stupnice 2µm/díl.



Referenční bod
R 0,000µm
Theta 0,000°
Aktuální bod
R -1,539µm
Theta 45,000°

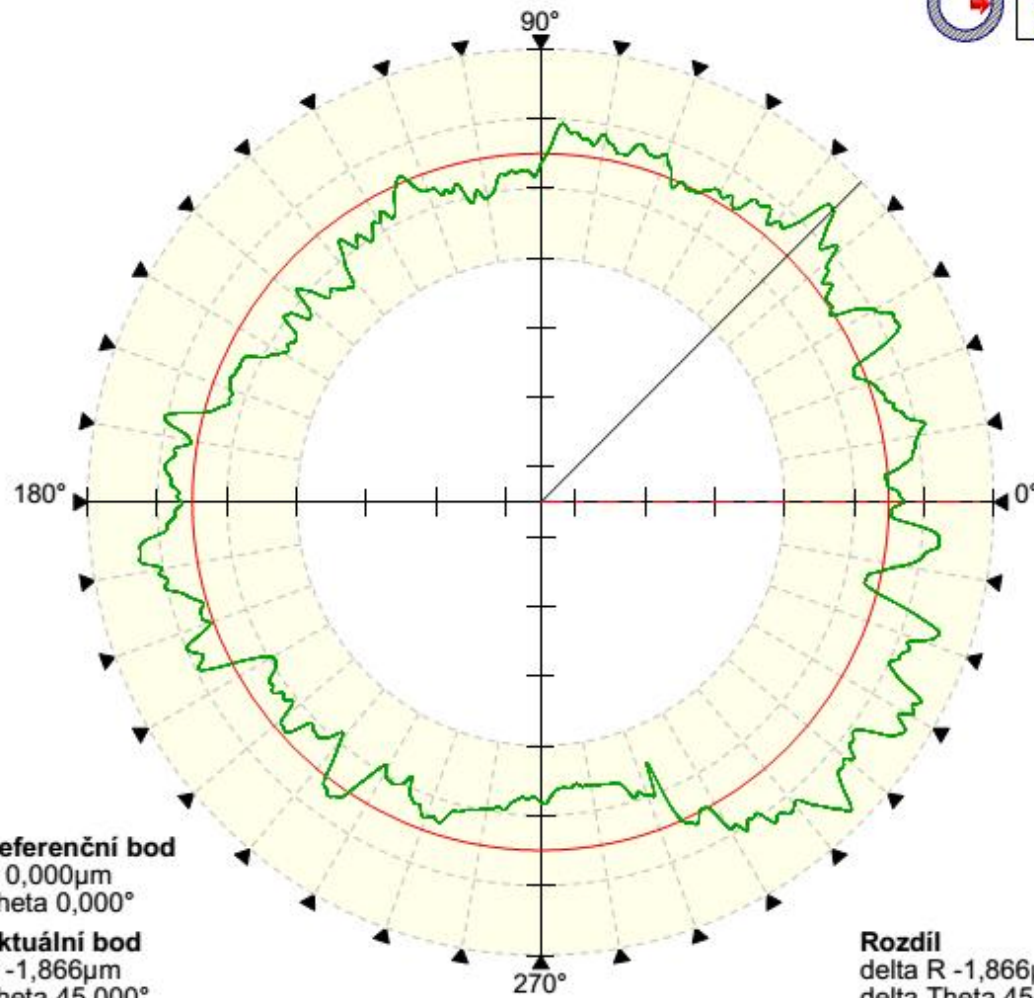
Rozdíl
delta R -1,539µm
delta Theta 45,000°



Řez válce		
Díl 70 noOK-03		
RON/LS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 15:16:11		
Díl 70 noOK-03		
360°/Admin/585		
29.4.2015 15:15:42		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	1,75	µm
poloha RONp	95,0	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	2,63	µm
poloha RONv	180,1	°
RONt (kruhovitost)	4,39	µm
Házení	4,39	µm
Podmínky		
Poloha Z	33,998	mm
Poloha R	32,546	mm
Poloha snímače	Vertikální	
Směr kontaktu	R +	
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

5.24.1.275

Stupnice 2µm/díl.



Referenční bod
R 0,000µm
Theta 0,000°

Aktuální bod
R -1,866µm
Theta 45,000°

Rozdíl
delta R -1,866µm
delta Theta 45,000°

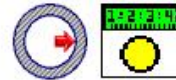
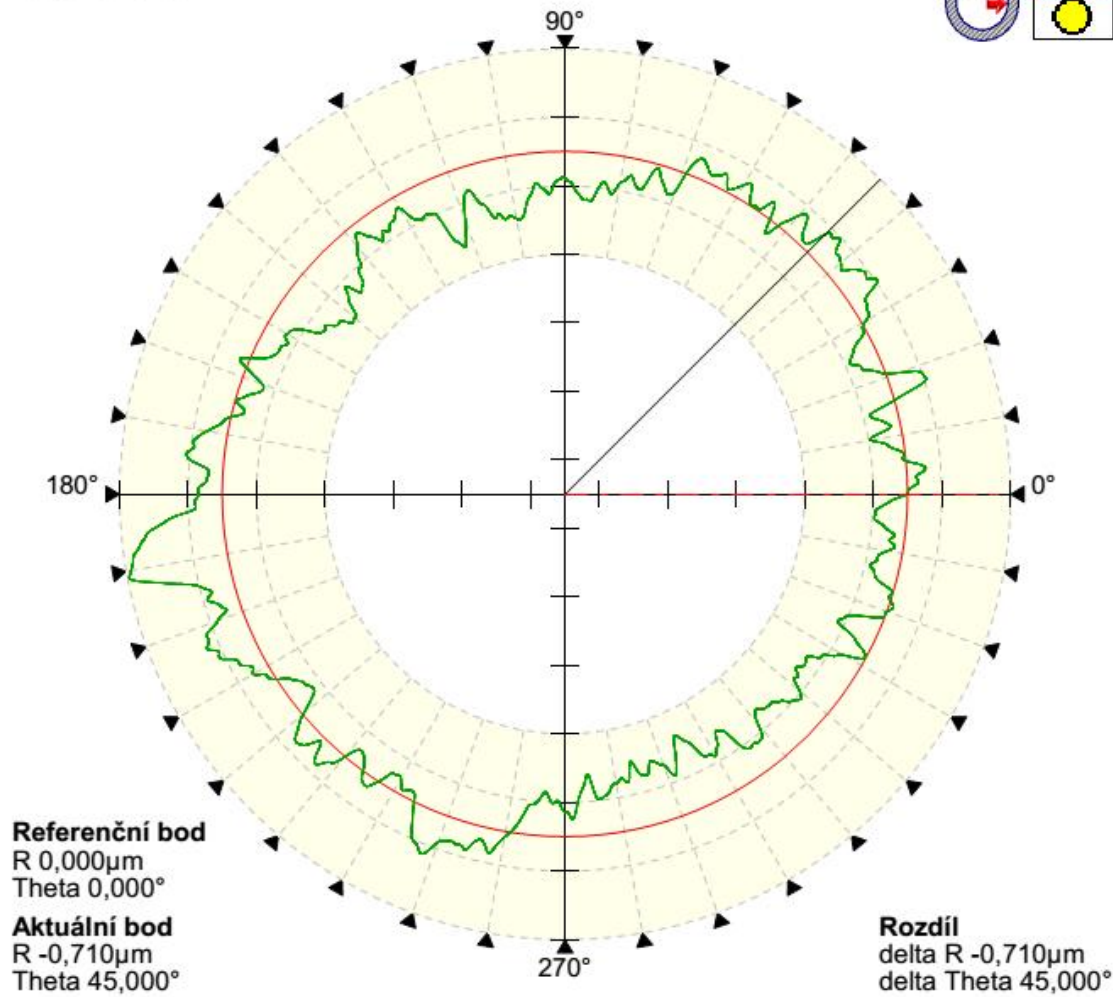


Rez válce		
Díl 70_noOK-02		
RON/LS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 15:16:10		
Díl 70_noOK-02		
360°/Admin/585		
29.4.2015 15:15:13		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	1,93	µm
poloha RONp	292,2	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	2,55	µm
poloha RONv	315,2	°
RONt (kruhovitost)	4,48	µm
Házení	4,48	µm
Podmínky		
Poloha Z	23,500	mm
Poloha R	32,546	mm
Poloha snímače	Vertikální	
Směr kontaktu	R +	
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

5.24.1.275



Stupnice 2µm/díl.



Rez válce		
Díl 70_noOK-01		
RON/LS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 15:16:10		
Díl 70_noOK-01		
360°/Admin/585		
29.4.2015 15:14:44		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	2,26	µm
poloha RONp	294,4	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	2,93	µm
poloha RONv	190,8	°
RONt (kruhovitost)	5,19	µm
Házení	5,19	µm
Podmínky		
Poloha Z	12,999	mm
Poloha R	32,546	mm
Poloha snímače	Vertikální	
Směr kontaktu	R +	
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

Příloha 9

- měřící protokol drsnosti, 1.kusu vyrobeného laboratoří KTO-ZČU

Měřicí protokol

HOMMEL-ETAMIC
TURBO WAVE V7.45

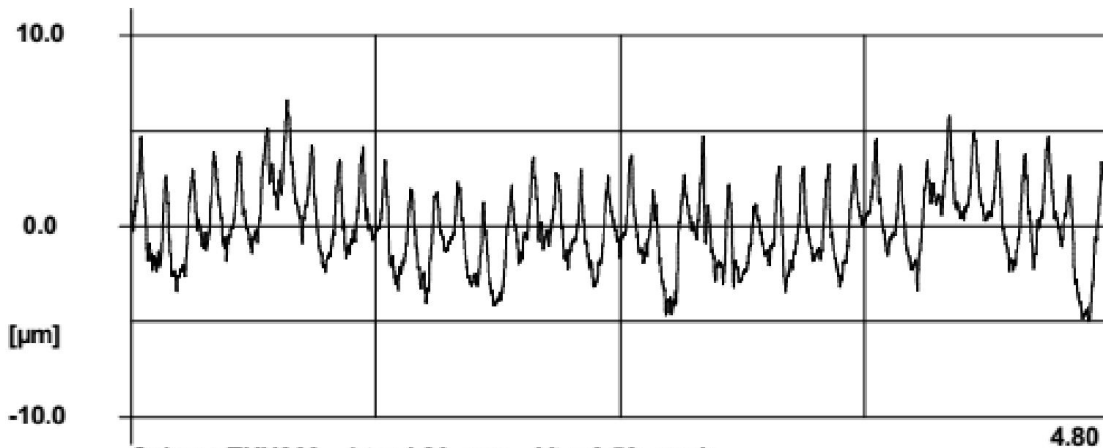
Merici podmínky

Snimac: TKU300
Mer.rozsah: 400 μm
Linearní pos. přístroj: waveline 120
Merici dráha (Lt): 4.80 mm
Posuvová rychlost (Vt): 0.50 mm/s
Mer.hodnoty: 9600

Zakaznik:

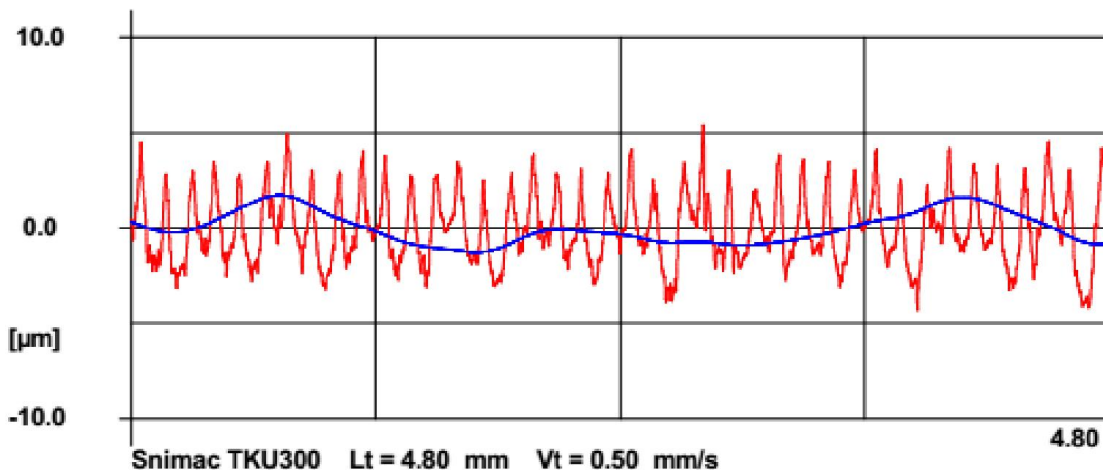
Díl: 1

P- Profil vyrovnan Lc/Ls = VYP



Pt	11.63 μm	Rt	9.75 μm	Wt	3.02 μm
Pz	11.31 μm	Rz	8.16 μm	Wz	1.80 μm
Pa	1.65 μm	Ra	1.50 μm	Wa	0.70 μm
PSm	0.1430 mm	RSm	0.1312 mm	WSm	3.1990 mm

R- W- Profil vyrovnan Filtr ISO 16610-22 Lc = 0.800 mm



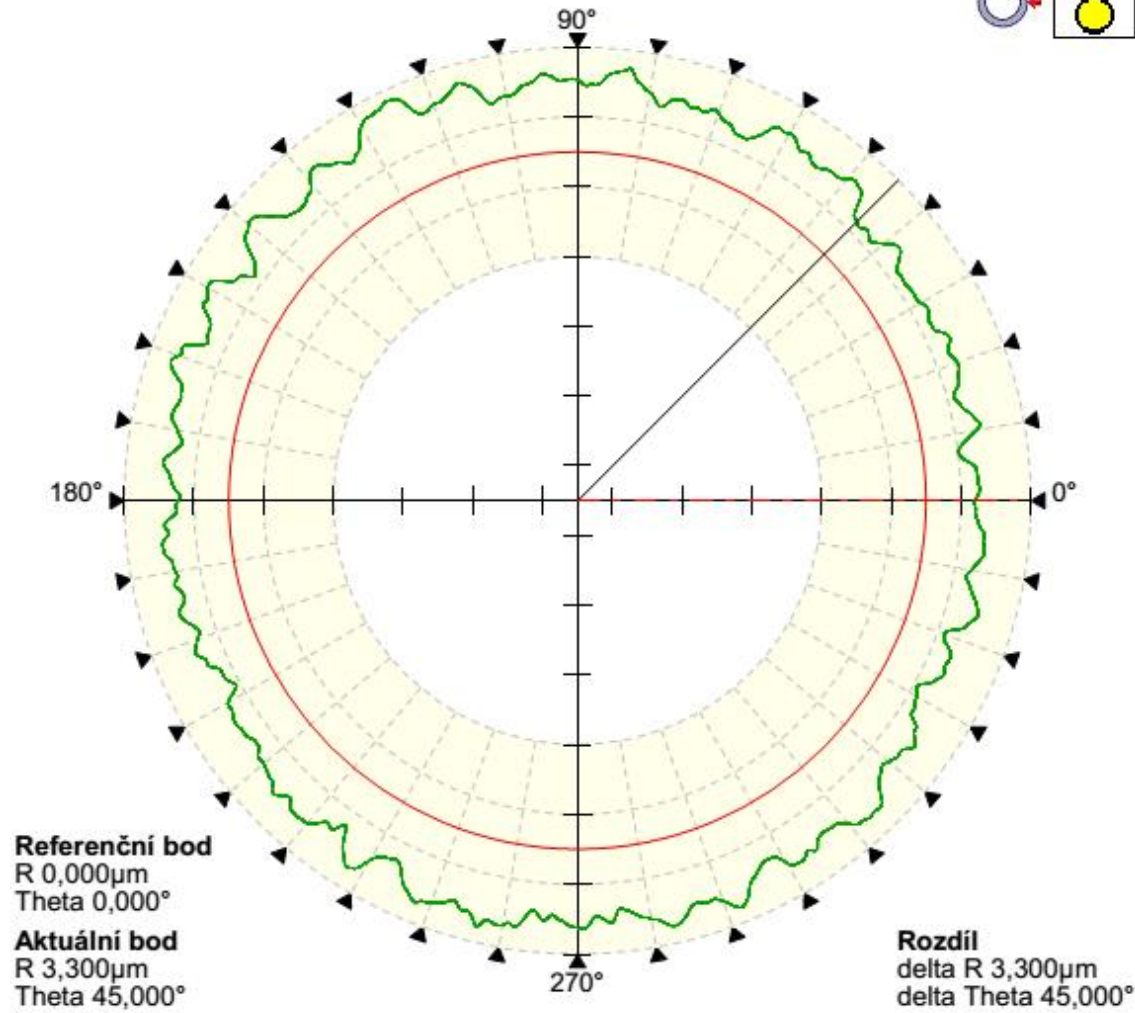
Příloha 10

**- protokol kontroly kruhovitosti na 1.kusu, vyrobeného
laboratoří KTO-ZČU**

5.24.1.275



Stupnice 5μm/díl.

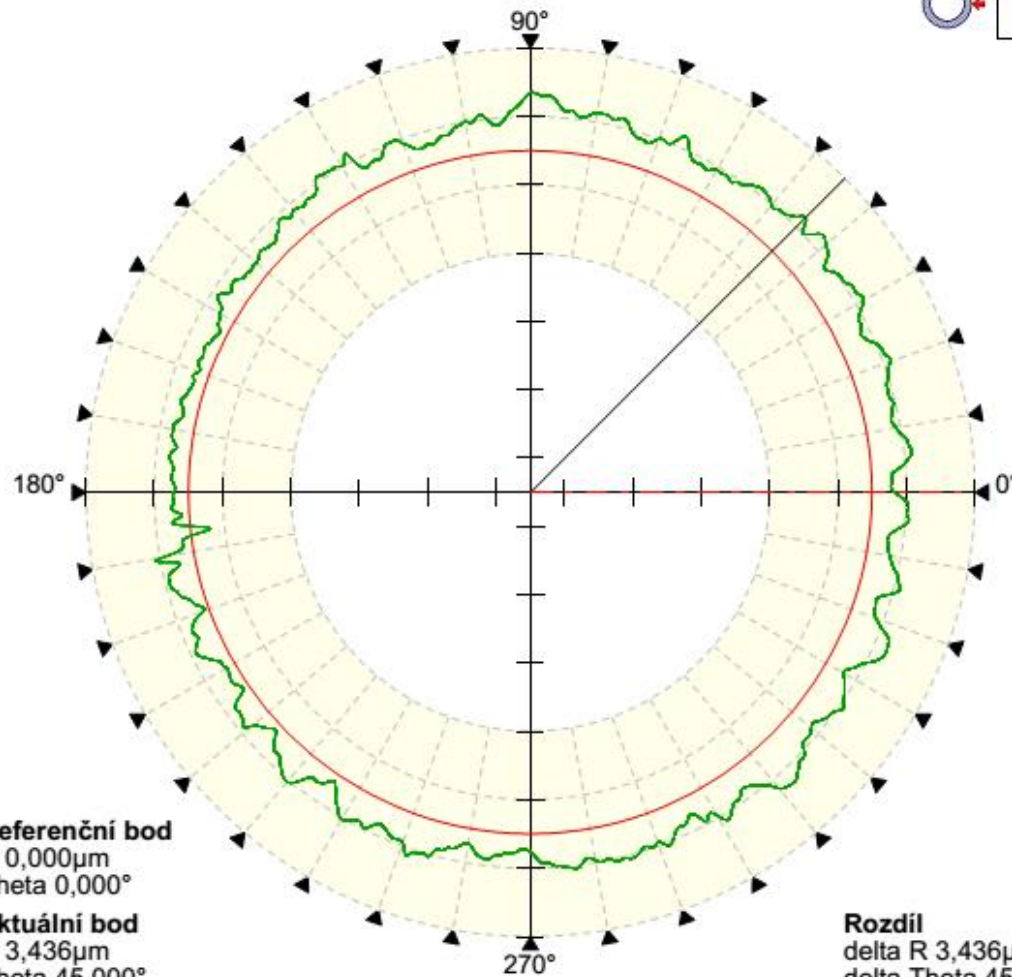


Rez válce		
Díl 1-03		
RON/LS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 11:30:01		
Díl 1-03		
360°/Admin/585		
29.4.2015 11:29:33		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	6,74	μm
poloha RONp	115,7	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	-2,53	μm
poloha RONv	7,2	°
RONt (kruhovitost)	4,21	μm
Házení	4,21	μm
Podmínky		
Poloha Z	95,999	mm
Poloha R	55,461	mm
Poloha snímače	Vertikální	
Směr kontaktu	R -	
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

5.24.1.275



Stupnice 5µm/díl.



Referenční bod
R 0,000µm
Theta 0,000°
Aktuální bod
R 3,436µm
Theta 45,000°

Rozdíl
delta R 3,436µm
delta Theta 45,000°

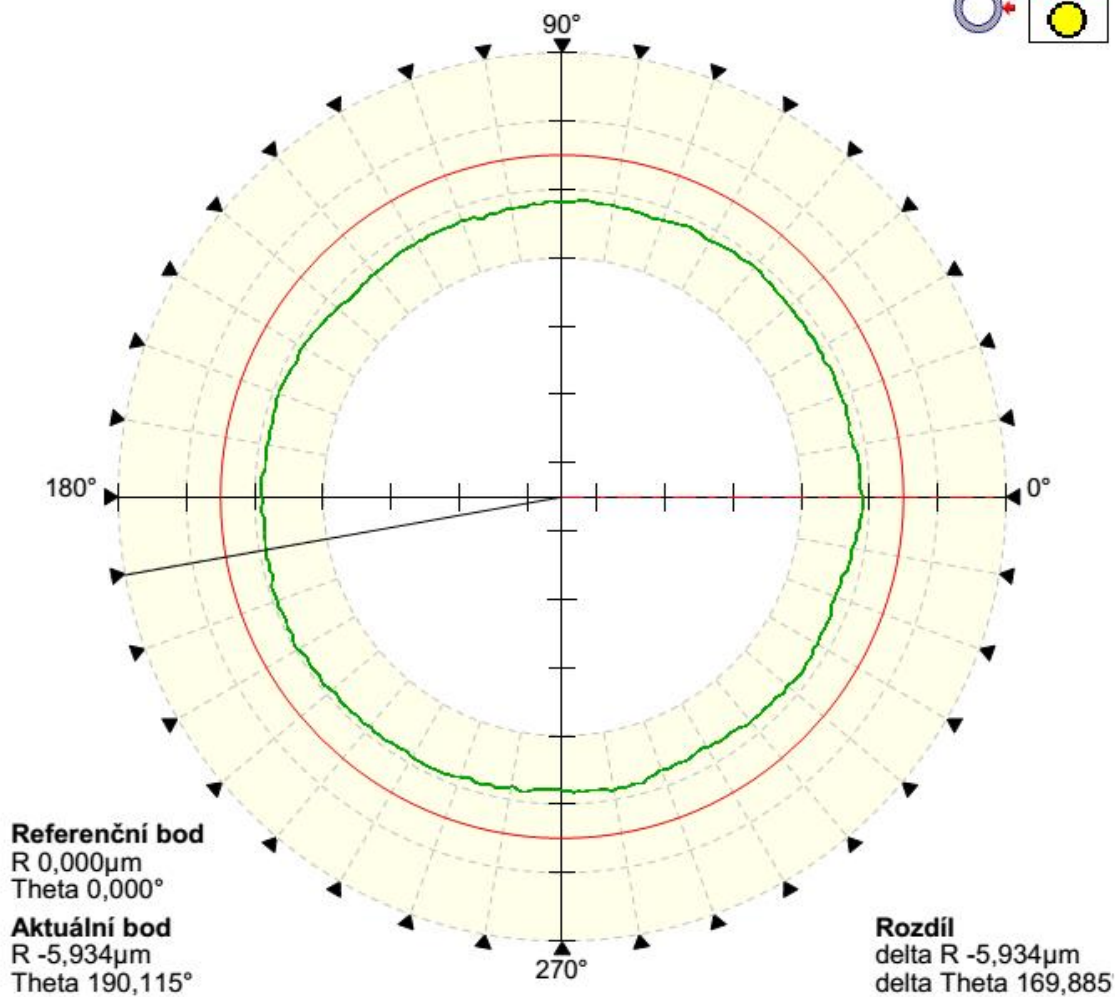


Rez válce		
Díl 1-02		
RONLS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 11:30:01		
Díl 1-02		
360°/Admin/585		
29.4.2015 11:29:03		
Specifikace		
Typ reference		LS válec
Typ filtru		Gauss
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna		Vlastní
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	4,26	µm
poloha RONp	89,7	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	1,42	µm
poloha RONv	186,5	°
RONt (kruhovitost)	5,68	µm
Házení	5,68	µm
Podmínky		
Poloha Z	78,498	mm
Poloha R	55,461	mm
Poloha snímače		Vertikální
Směr kontaktu		R -
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

5.24.1.275



Stupnice 10µm/díl.



Řez válce		
Díl	1-01	
RON/LS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 11:30:01		
Díl	1-01	
360°/Admin/585		
29.4.2015 11:28:34		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	-5,21	µm
poloha RONp	209,0	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	7,92	µm
poloha RONv	299,2	°
RONt (kruhovitost)	2,70	µm
Házení	2,70	µm
Podminky		
Poloha Z	60,999	mm
Poloha R	55,461	mm
Poloha snímače		Vertikální
Směr kontaktu		R -
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

Příloha 11

- měřicí protokol drsnosti, 25.kusu vyrobeného laboratoří KTO-ZČU

Měřicí protokol

HOMMEL-ETAMIC
TURBO WAVE V7.45

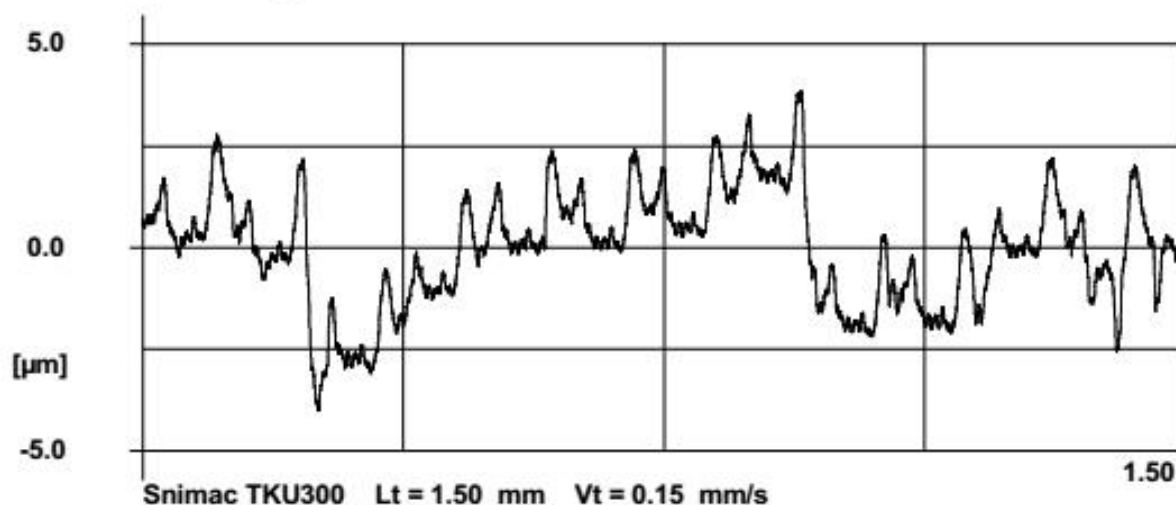
Merici podmínky

Snimac: TKU300
Mer.rozsah: 400 μm
Linearni pos. pristroj: waveline 120
Merici draha (Lt): 1.50 mm
Posuvova rychlost (Vt): 0.15 mm/s
Mer.hodnoty: 9375

Zakaznik:

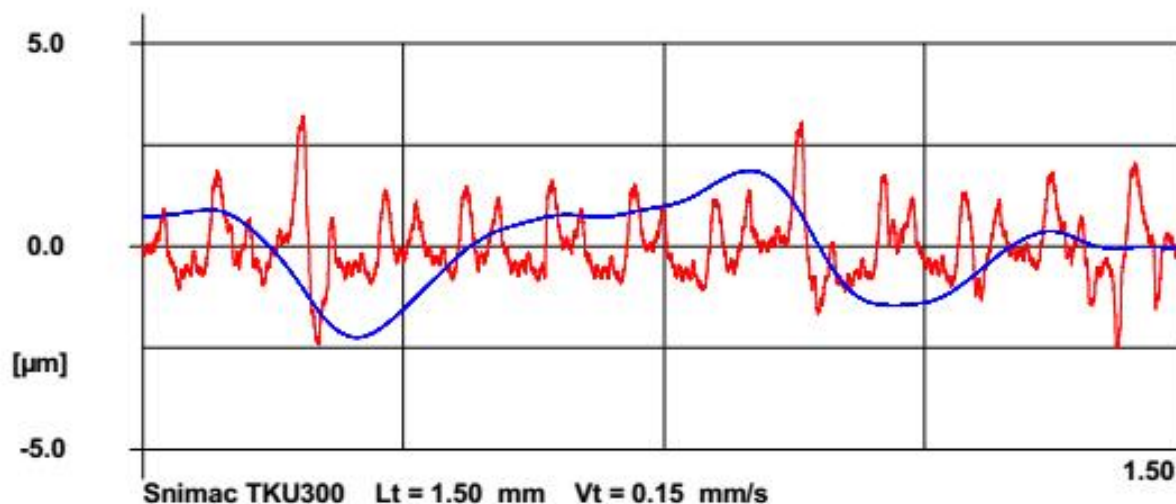
Díl: 2

P- Profil vyrovnan Lc/Ls = VYP



Pt	7.88 μm	Rt	5.75 μm	Wt	4.11 μm
Pz	7.88 μm	Rz	4.03 μm	Wz	2.31 μm
Pa	1.16 μm	Ra	0.63 μm	Wa	0.86 μm
PSm	0.2524 mm	RSm	0.0765 mm	WSm	0.7795 mm

R- W- Profil vyrovnan Filtr ISO 16610-22 Lc = 0.250 mm



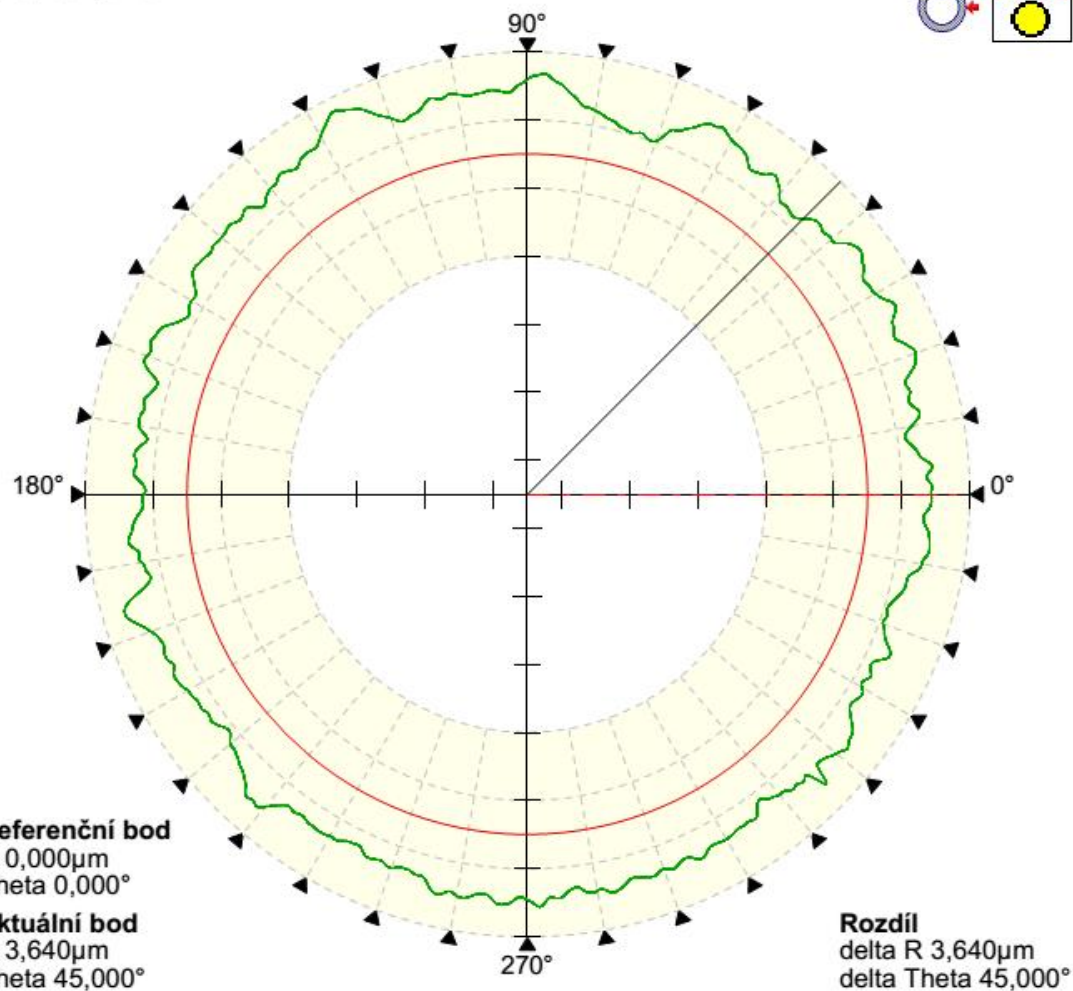
Příloha 12

**- protokol kontroly kruhovitosti na 25.kusu, vyrobeného
laboratoří KTO-ZČU**

5.24.1.275



Stupnice 5 μ m/díl.

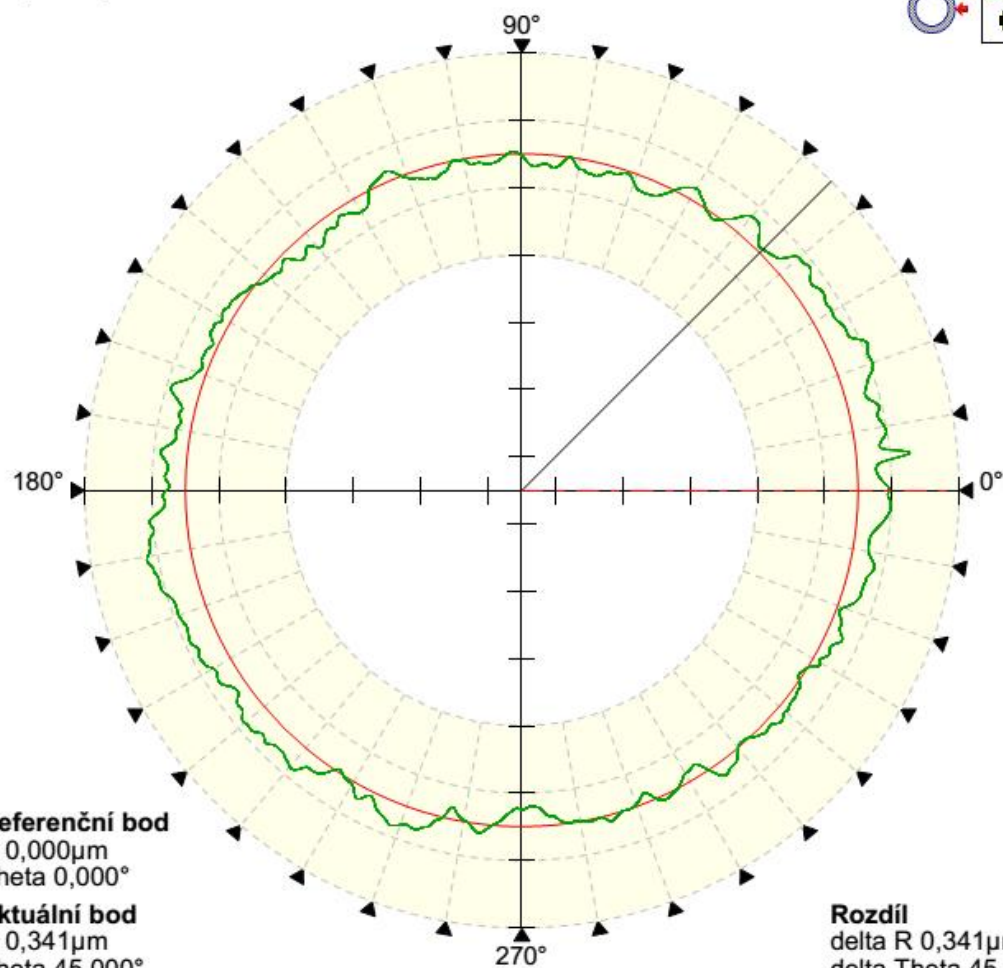


Řez válce		
Díl 2-03		
RON/LS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 9:43:39		
Díl 2-03		
360°/Admin/585		
29.4.2015 9:43:10		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	6,51	μ m
poloha RONp	116,8	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	-2,50	μ m
poloha RONv	70,7	°
RONt (kruhovitost)	4,00	μ m
Házení	4,00	μ m
Podmínky		
Poloha Z	92,500	mm
Poloha R	55,210	mm
Poloha snímače		Vertikální
Směr kontaktu		R -
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

5.24.1.275



Stupnice 5 μ m/díl.



Referenční bod
R 0,000 μ m
Theta 0,000°

Aktuální bod
R 0,341 μ m
Theta 45,000°

Rozdíl
delta R 0,341 μ m
delta Theta 45,000°

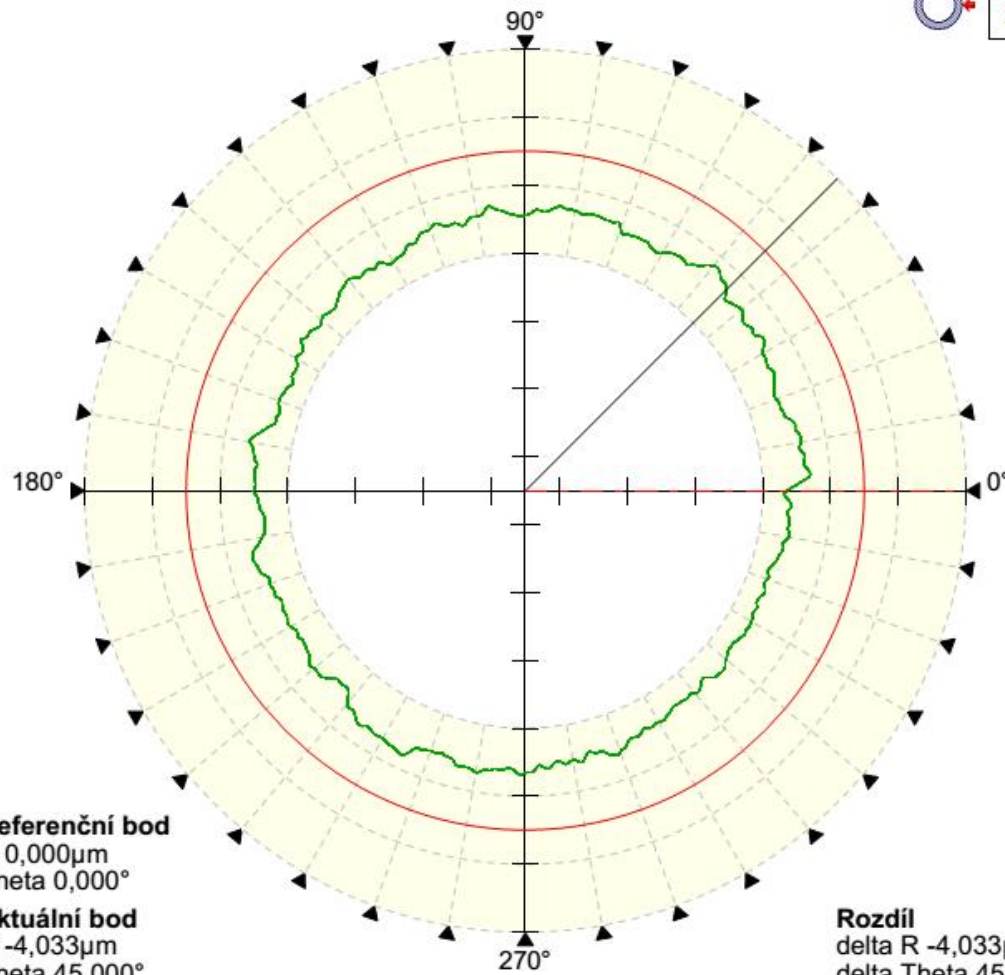


Rez válce		
Díl 2-02		
RON/LS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 9:43:39		
Díl 2-02		
360°/Admin/585		
29.4.2015 9:42:40		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	3,96	μ m
poloha RONp	5,6	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	1,56	μ m
poloha RONv	129,3	°
RONt (kruhovitost)	5,51	μ m
Házení	5,51	μ m
Podmínky		
Poloha Z	75,000	mm
Poloha R	55,210	mm
Poloha snímače	Vertikální	
Směr kontaktu	R -	
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

5.24.1.275



Stupnice 5 μ m/díl.



Referenční bod

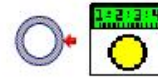
R 0,000 μ m
Theta 0,000°

Aktuální bod

R -4,033 μ m
Theta 45,000°

Rozdíl

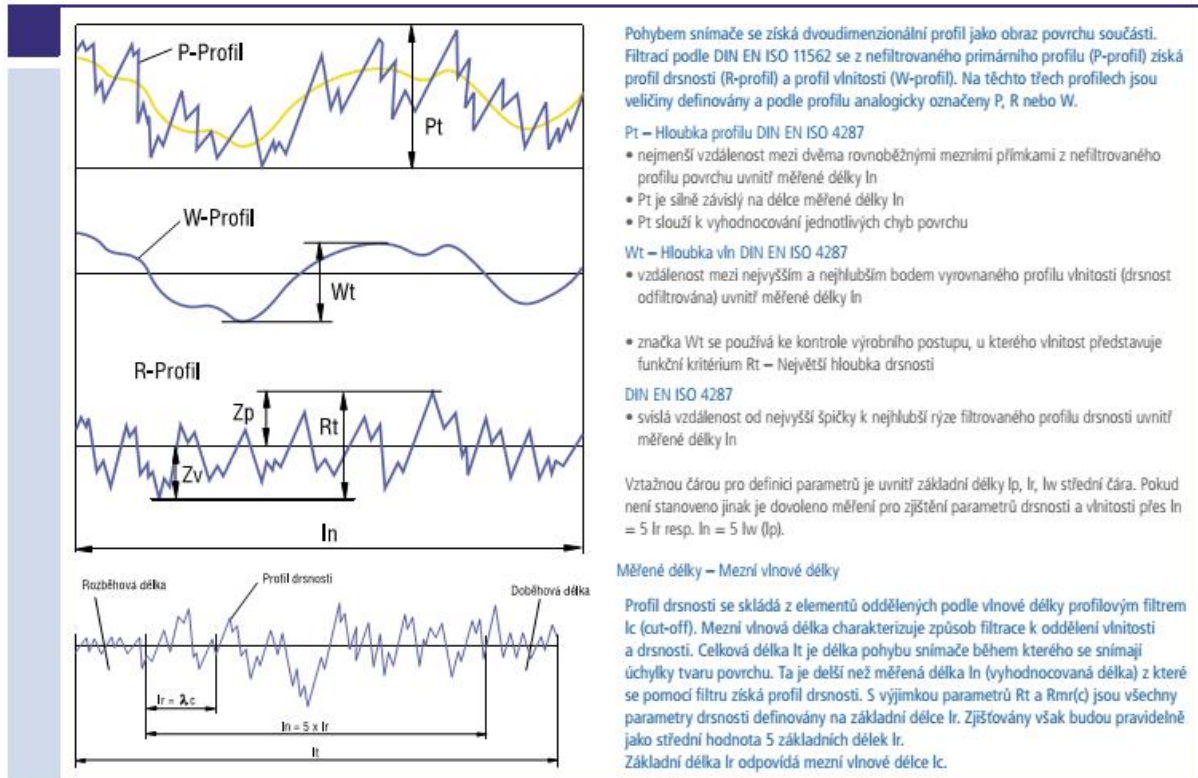
delta R -4,033 μ m
delta Theta 45,000°



Rez válce		
Díl	2-01	
RON/LS válec/Gauss/1 - 150 v/o		
29.4.2015 9:43:39		
Díl	2-01	
360°/Admin/585		
29.4.2015 9:42:09		
Specifikace		
Typ reference	LS válec	
Typ filtru	Gauss	
Rozsah filtru	1 - 150 v/o	
Základna	Vlastní	
Parametry		
RONp (kruhovitost - výstupek)	-3,32	μ m
poloha RONp	49,4	°
RONv (kruhovitost - prohlubeň)	6,17	μ m
poloha RONv	342,0	°
RONt (kruhovitost)	2,85	μ m
Házení	2,85	μ m
Podmínky		
Poloha Z	57,500	mm
Poloha R	55,210	mm
Poloha snímače		Vertikální
Směr kontaktu		R -
Kontaktní rychlost	2,5	mm/s

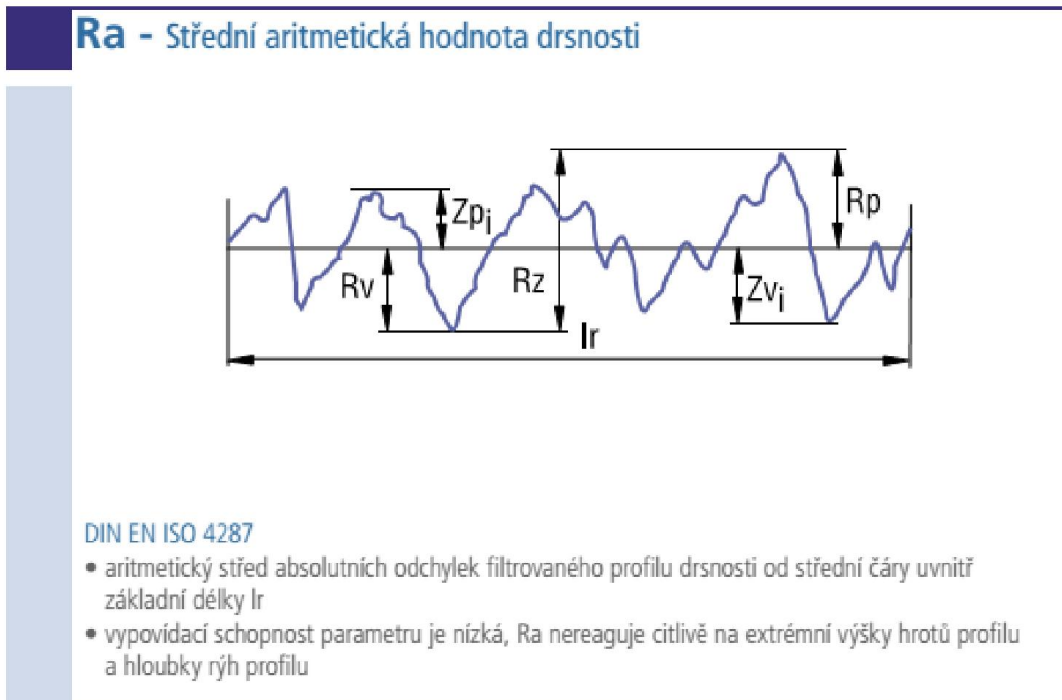
Příloha 13
- přehled typů drsností

Profil povrchu-celková výška profilu



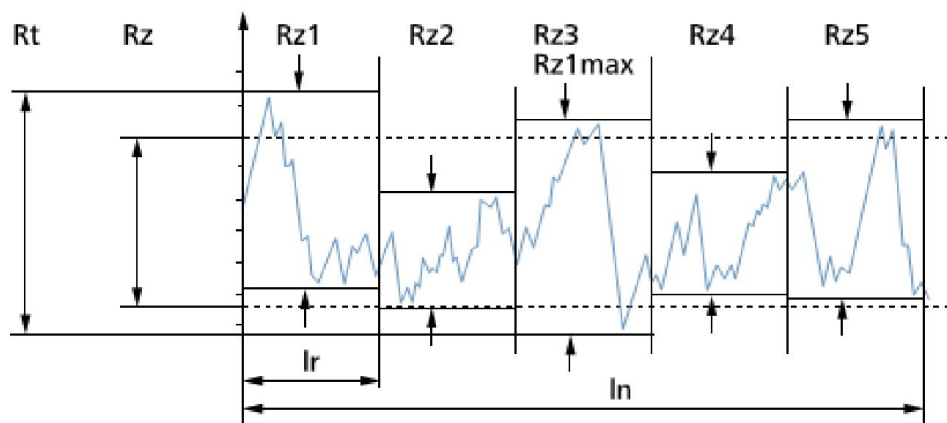
popis P,W,R-profilu [31]

Parametry drsnosti podle DIN EN ISO 4287, ČSN EN ISO 4287, DIN EN 10049



popis Ra [31]

Rz, Rz1max, Rt - parametry podle DIN EN ISO 4287

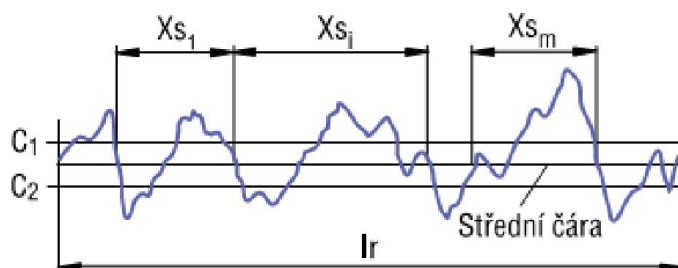


- R_z - střední hloubka drsnosti: střední hodnota pěti R_z -hodnot z pěti základních délek l_r .
- R_{z1max} - maximální hloubka drsnosti: největší hodnota R_z z pěti základních délek l_r .
- R_t - celková výška profilu drsnosti: R_t je vertikální vzdálenost mezi nejvyšším a nejnižším bodem profilu na měřené délce l_n .

popis Rz [31]

RSm - Střední vzdálenost rýh

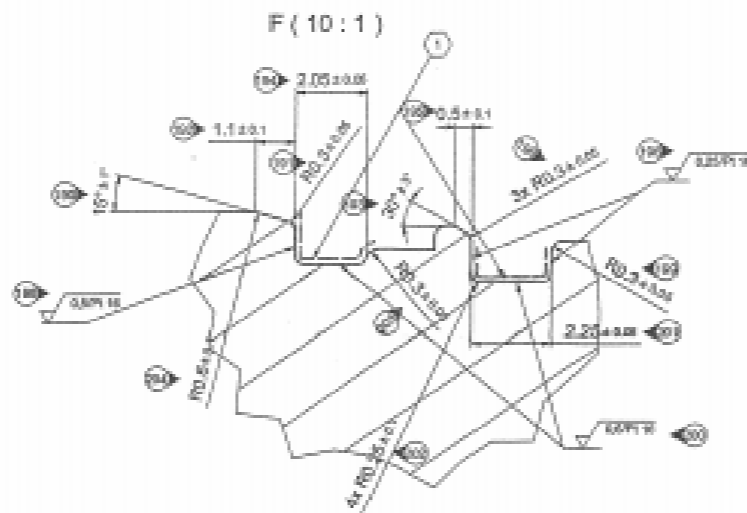
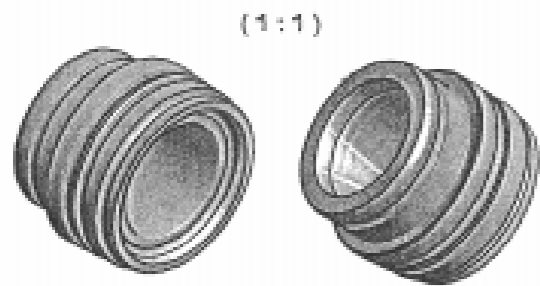
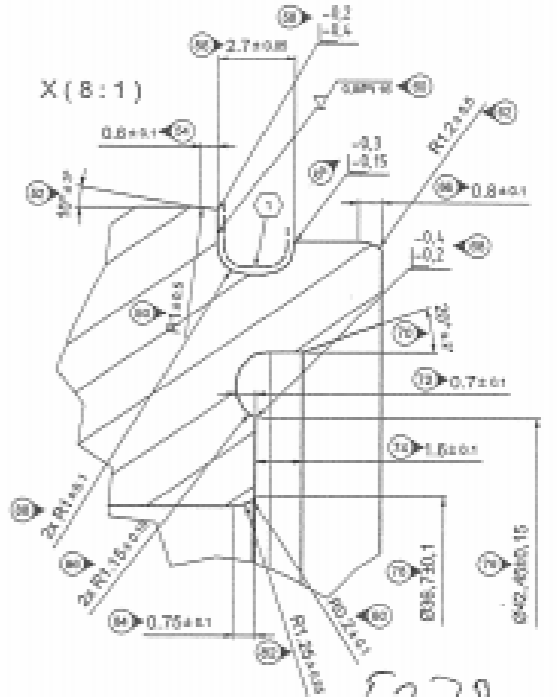
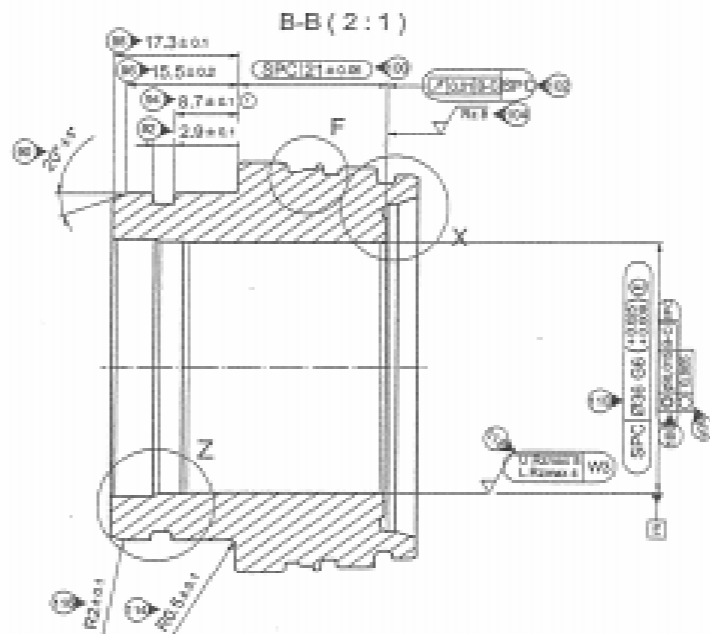
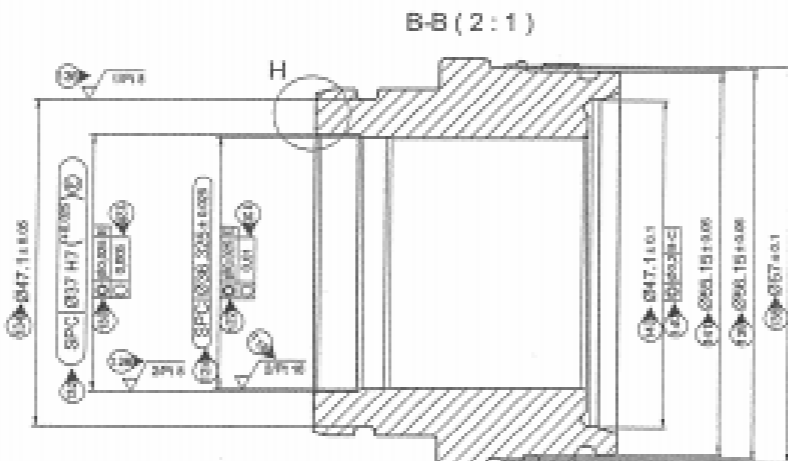
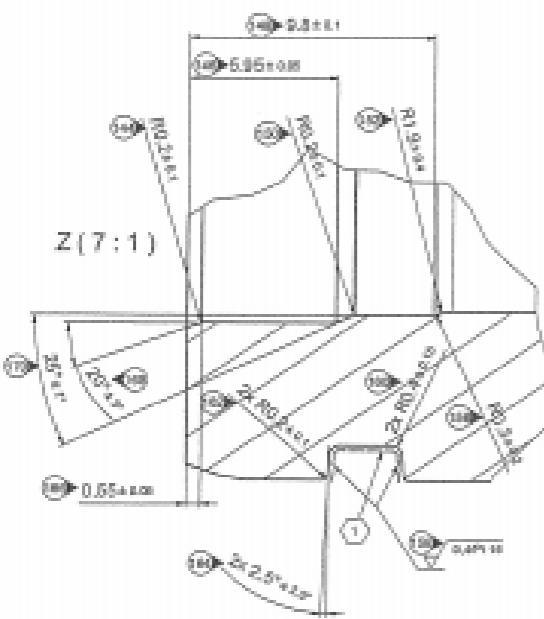
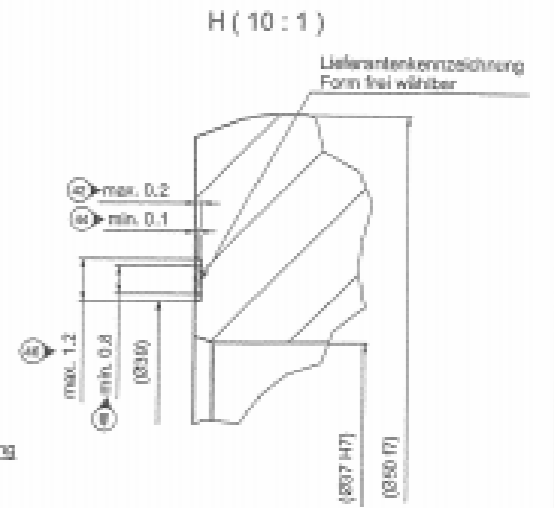
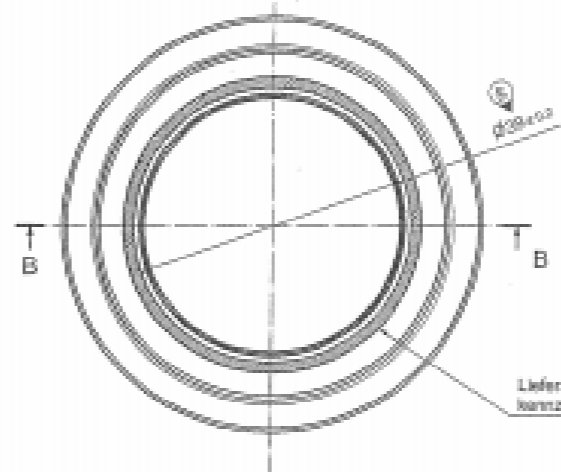
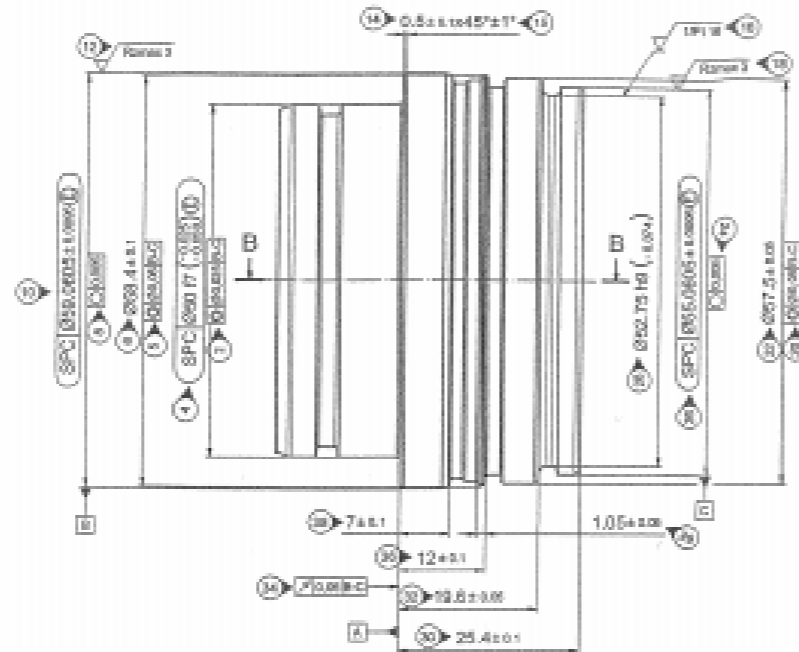
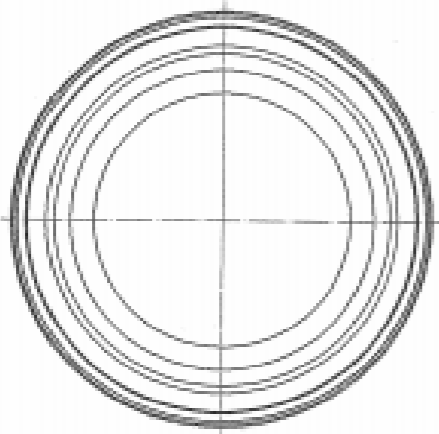
$$RSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{s_i}$$



DIN EN ISO 4287

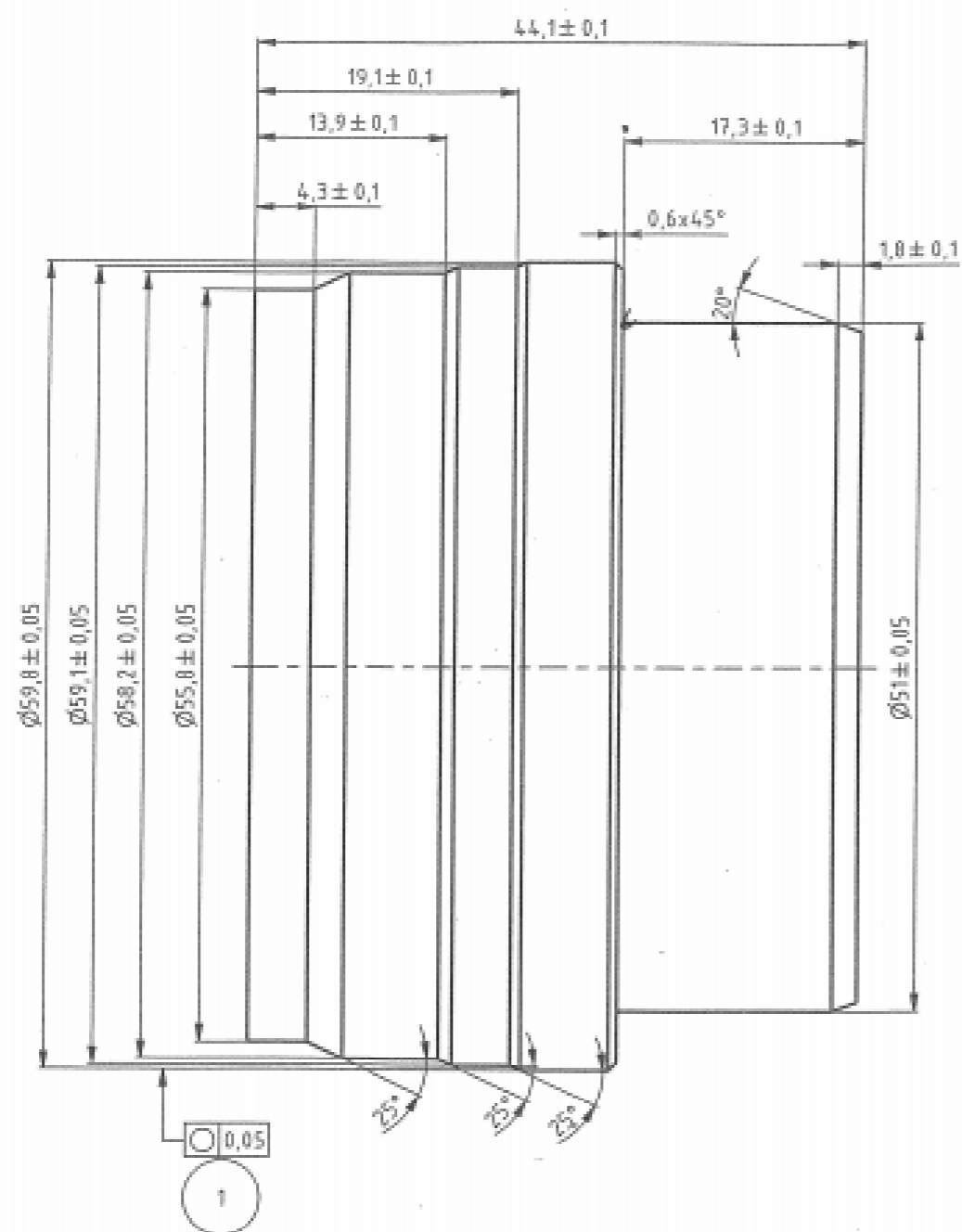
- střední hodnota roztečí nerovností profilu v rozsahu vyhodnocované délky l_r (analogicky P_{sm} , W_{sm})
- vyhodnocení veličiny požaduje zadání hladiny řezu C_1 , C_2

popis RSm [31]

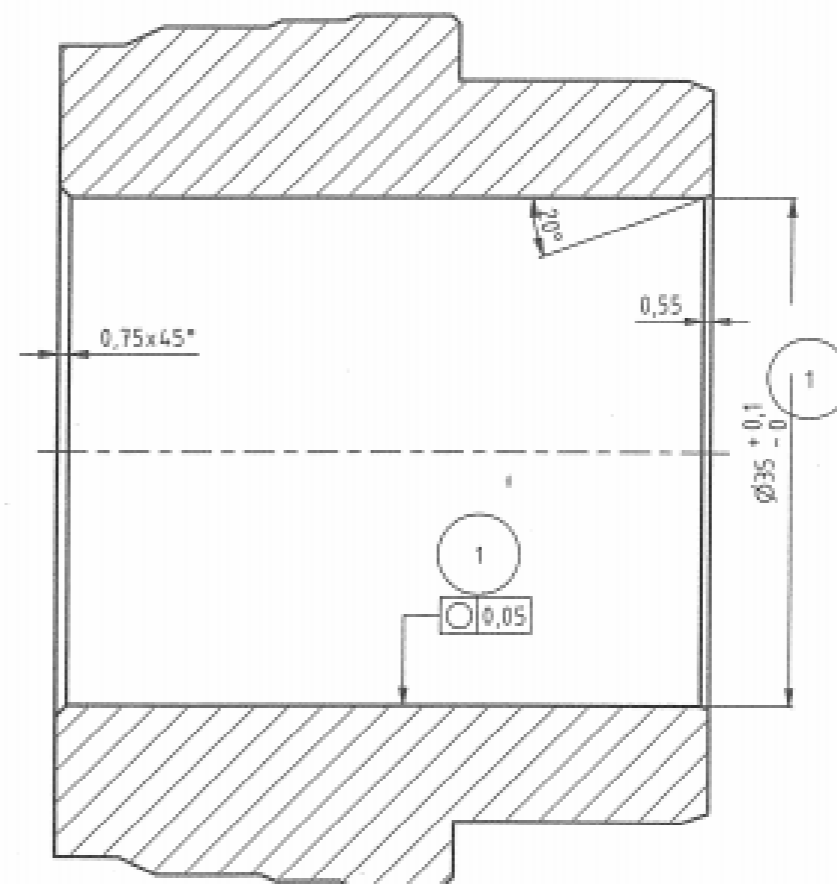


5278
Nur gültig für FA
Platný pre túto zákazku
15.11.2014

1 = Dichtflächen - Beschädigungen nicht zulässig
Beschädigungen abweichend von DIN EN ISO 4288 müssen nach
DIN EN ISO 8765 bei der Oberflächenmessung berücksichtigt werden
Cpk=1.67; Cmk=2.0
WS = Messergebnisse eingeben, jedoch nicht auswerten!



A-A (2:1)



5278
 Nur gültig für FA
 Platný pre túto zákazku
 6.11.2014 *TL*

				Zakaznícky Index zmeny	Všeobecná tolerancia
				AC/10.7.2013	DIN ISO 2768-MS
				Datum	Jméno
				Metrostav 24. 4. 2014	Petar Turak
				Technická	
				Norma	
1	3x zmena	12.11.2014	PT		
Str.	Zařiz.	Datum	Jméno		