

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Materiálové inženýrství a strojírenská metalurgie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**MATERIÁLOVÉ ASPEKTY PŘI VLEČNÉM OMÍLÁNÍ BŘITŮ OSOVÝCH
NÁSTROJŮ**

Autor: **Antonín Janoušek**

Vedoucí práce: **Dr. Doc. Ing. Antonín Kříž**

Akademický rok 2011/2012

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Janoušek	Jméno Antonín	
STUDIJNÍ OBOR	Materiálové inženýrství a strojírenská metalurgie		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Dr. Doc. Ing. Kříž	Jméno Antonín	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KMM		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Materiálové aspekty při vlečném omílání břitů osových nástrojů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KMM	ROK ODEVZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	61	TEXTOVÁ ČÁST	41	GRAFICKÁ ČÁST	20
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Práce se zabývá mikroúpravou břítu řezného osového nástroje. Nástroje byly vyrobeny ze tří druhů slinutých karbidů. Cílem práce je zmapovat parametry omílání ve vazbě na povrchový stav a mikrogeometrii břítu. Tyto poznatky budou dány do souvislosti s chováním nástroje při obrábění. Vedle základních sledovaných parametrů bylo zvoleno odlišné omílací medium, které se doposud v praxi neaplikuje. Výsledkem práce bude najít nové možnosti úpravy mikrogeometrie a rovněž detailně popsat vliv stávajícího procesu úpravy.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Slinutý, karbid, mikroskop, omílání, vlečné, ŘEM,

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Janoušek	Name Antonín	
FIELD OF STUDY	2301R016 „Materials Engineering and Engineering Metallurgy“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Dr. Doc. Ing Kříž	Name Antonín	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Materials Issues in Drag-Finishing of Working Parts of Axial Tools		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Material Science and Technology	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	61	TEXT PART	41	GRAPHICAL PART	20
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This work deals with adjustment microgeometry of cutting edge of axial instruments. Tools were made from three kinds of sintered carbides. The aim is to map the tumbling parameters in relation to the surface condition and edge microgeometry. These findings will be put into context with the behavior of the tool during machining. In addition to basic monitored parameters were chosen different tumbling medium, which has so far not applied in practice. The result of the work will be to find new treatment options microgeometry and also describe in detail the impact of the current treatment process.
KEY WORDS	Sintered, carbide, microscope, finishing, drag, scanning

Poděkování

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval všem, kteří mi pomáhali při psaní této bakalářské práce. Moje díky patří hlavně Dr. Doc. Ing. Antonínu Křížovi za cenné a praktické rady při tvorbě této práce, Ing. Palvu Kožmínovi Ph.D. za cenné rady při použití omílacího zařízení, Ing. Petrovi Šrachtovi za spolupráci při omílání a dokumentaci vzorků a Ing. Petru Benešovi Ph.D. za spolupráci při tvorbě fotografií na řádkovacím mikroskopu.

Tato práce vznikla na základě řešení dvou projektů na KMM:

1. Projekt VpK 2.3 CZ.1.07/2.3.00/20.0037 "Systém vzdělávání pro personální zabezpečení výzkumu a vývoje v oblasti moderního trendu povrchového inženýrství – integrity"
2. Projekt SGS 2012 – 044 "Aplikace progresivních vrstev na řezné nástroje s důrazem na integritu obrobeneho povrchu a řezné hrany"

Práce mohla rovněž vzniknout díky vstřícnosti vedení firmy HOFMEISTER s.r.o.

Obsah

1 Úvod.	9
2 Teoretický rozbor slinutých karbidů a možností úprav jejich povrchů	11
2.1 Analýza současného stavu slinutých karbidů z pohledu chemického složení, mikrostruktury, velikosti zrn a dalších charakteristických vlastností. Trendy vývoje SK	11
2.2 Analýza technologických možností zvyšování jakosti povrchů u slinutých karbidů	15
2.2.1 Broušení	16
2.2.2 Kartáčování	16
2.2.3 Magnetické dokončování	16
2.2.4 Suché a mokré tryskání	16
2.2.5 Omílání	17
2.2.6 Depozice vrstev	22
3 Volba technologie vlečného omílání a určení jejího vlivu na změnu povrchových vlastností u SK návrh postupu řešení a vyhodnocování	25
3.1 Použité zařízení a média	25
3.2 Použité materiály	27
3.3 Vzorek pro finální testy	28
3.4 Přípravná fáze testů	28
3.5 Finální fáze testů	28
4 Testování vzorků	29
4.1 Metalografické rozbory a zkoušky tvrdosti na použitých materiálech	29
4.1.1 Materiál TSM33	29
4.1.2 Materiál K40UF	31
4.1.4 Materiál K55SF	33
4.2 Výsledky z přípravné fáze testů	35
4.2.1 Rozdíly drsností	36
4.2.2 Výsledky měření zaoblení	38
4.3 Finální testy	40
4.3.1 Úvod	40
4.3.2 Značení vzorků a přiřazené parametry	42
4.3.3 Měření drsnosti, plošné drsnosti a zaoblení pro jednotlivé typy materiálů	42
4.3.4 Porovnávání snímků z řádkovacího mikroskopu s diferenční analýzou	45
4.3.5 Závěry k finálnímu testování	59

5 Závěr	60
Seznam použité literatury	61

Přehled použitých zkratk a symbolů

HV [-]: Tvrdost podle Vickerse

HRC [-]: Tvrdost podle Rockwella (kužel)

KIC [$\text{Mpa}\cdot\text{m}^{1/2}$]: Lomová houževnatost

Ra [μm]: Lineární drsnost

Sa [μm]: Plošná drsnost

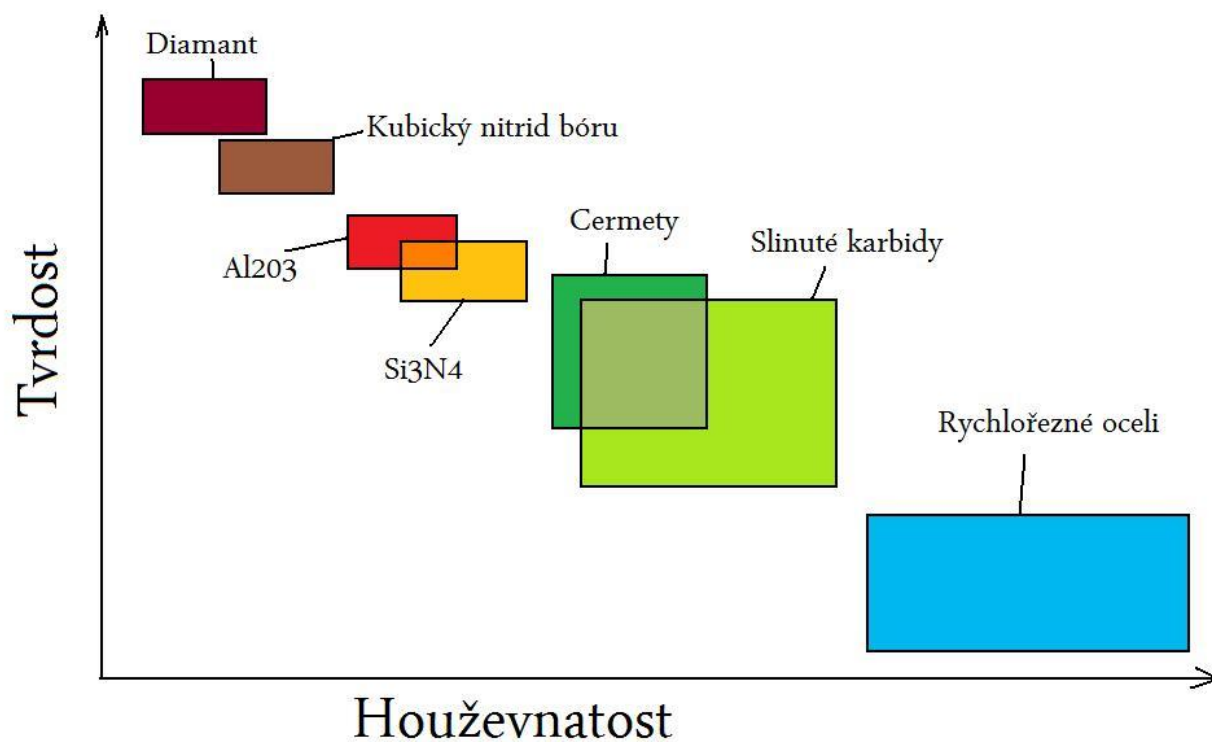
1 Úvod

Kvalitní řezný nástroj musí splňovat některé parametry, bez kterých se neuplatní na trhu. Mezi tyto parametry patří i mikrogeometrie břitu. Mikrogeometrie břitu má zásadní vliv na životnost nástroje, na způsob otěru a na řezné síly vznikající při obrábění. Proto je potřeba věnovat mikrogeometrii zvýšenou pozornost, při návrhu a výrobě nových řezných nástrojů. V dnešní době, kdy je potřeba dosahovat velkých řezných rychlostí, dlouhé životnosti a vysoké kvality obráběných ploch, se musí využívat nové metody úpravy ostří, nových materiálů, které mají vysokou tvrdost a tepelnou stálost. Proto se více aplikují následující materiály: slinuté karbidy, cermety nebo řezná keramika.

U těchto materiálů bývá často velmi složité a finančně nákladné dosáhnout kvalitní mikrogeometrie, zejména kvůli jejich struktuře a vlastnostem jako je například vysoká tvrdost a s ní spojená křehkost. U ocelí je vytvoření geometrie jednodušší, protože je to materiál s poměrně pravidelnou strukturou, je měkčí a snáze se obrábí. Při zatížení "klasického ocelového nástroje" se materiálové poruchy neprojeví tak rychle, protože se napětí rovnoměrně rozkládá a je prostor pro elastickou popř. i plastickou deformaci. Slinuté karbidy, kde jsou tvrdé částice slinuté do měkčího materiálu, jako do nosného prvku, se poruchy projeví daleko rychleji, protože se kvůli heterogenitě materiálu a jeho křehkosti nemají napětí kam rozdělit a materiál na zatížení reaguje rozvojem trhliny. Mikrogeometrií lze zamezit tvorbě těchto defektů, protože její úpravou se upraví působení řezných sil na materiál.

Je potřeba využít vlastností těchto materiálů a skloubit je s makro a mikrogeometrií, tak aby řezný nástroj byl co nejúčinnější a to nejen z hlediska trvanlivosti ostří, ale i jakosti obrobené plochy a efektivity obrábění.

Z grafu č.1 je vidět, že s rostoucí tvrdostí klesá houževnatost. Nejlepší materiál by byl v grafu umístěn vpravo nahoře bohužel takové materiály neexistují a proto se musí využívat co nejvíce kladných vlastností jednotlivých materiálů. Tato práce se zabývá vlastnostmi slinutých karbidů.



Graf č.1: Graf závislosti tvrdosti na houževnatosti pro řezné materiály [1]

2 Teoretický rozbor slinutých karbidů a možností úprav jejich povrchů

2.1 Analýza současného stavu slinutých karbidů z pohledu chemického složení, mikrostruktury, velikosti zrn a dalších charakteristických vlastností. Trendy vývoje SK

Slinuté karbidy byly vyrobeny náhodou. Mnoho vědců a vynálezců se snažilo vyrobit diamant, ať již kvůli jeho tvrdosti nebo pro jeho vysokou cenu a vzhled. Velkým pokrokem byl vynález elektrické obloukové pece, která umožňovala zpracování materiálu za daleko vyšších teplot. Při pokusech vyrobit diamant se podařilo vyrobit karbid wolframu. Zjistilo se, že materiál má vysokou tvrdost. Ke snaze využít karbidy vedlo také zjištění, že na tehdejší dobu vysokou řezivost rychlořezných ocelí umožňují tvrdé karbidické částice. Byl vyroben řezný nástroj jen z karbidu wolframu, ale ukázalo se, že je pro řezání až příliš křehký. Později se zjistilo, že smícháním karbidů wolframu s malým množstvím kovu a slisováním za vysoké teploty, lze získat materiál o vysoké tvrdosti a pevnosti a zároveň lepší houževnatosti. [1]

Základem každého slinutého karbidu je karbid wolframu. Jako pojivo se používá kobalt. Dále se přidávají karbidy titanu, niobu, tantalu a chromu. Podle přesnějšího složení se dále dělí do šesti skupin, podle normy ISO 513, K, P, M, N, S, H. S ohledem na zažitý způsob označení dle původního značení ISO 513 jsou v práci podrobně uvedeny skupiny K, P, M. [1] Tyto skupiny jsou ve vazbě k obráběnému materiálu a pro něj hodící se materiál slinutých karbidů. Toto označení využívá pouze málo firem, většinou jsou využívány vlastní specifická značení.

"K" – jednkarbidový - označuje slinutý karbid, který obsahuje pouze karbid wolframu od 87 – 92 %, jako pojivo kobalt a zbylých karbidů pouze stopové množství. Používá se především pro obrábění materiálů s krátkou drobivou třískou, kde se používají slabé řezné síly. Obrábí se tím materiály jako litiny, neželezné slitiny a nekovové materiály. Opotřebení je adhezní a abrazní. Tento karbid má za pokojové teploty vysokou tvrdost, ale se zvyšující teplotou tvrdost rychle klesá, proto jde o materiál nevhodný pro obrábění s dlouhou třískou. [1]

Za materiály typu "K" lze považovat:

Materiály od firmy CERATIZIT S.A.:

CTU08L, TSF22, TSF44 s velikostí zrna 0,2 – 0,5 μm

MG12, TSM20, MG15, TSM33, MG18, CTS18D s velikostí zrna 0,5 – 0,8 μm

CTF12A, H20X, HC20 s velikostí zrna 0,8 – 1,3 μm [2]

Materiály od firmy Arno Friedrichs Hartmetall GmbH & Co. KG:

AF K45 EF, AF K34 EF s velikostí zrna menší než 0,5 μm

AF K10 UF, AF K20 CF, AF K40 UF, AF K44 EF s velikostí zrna 0,5 – 0,7 μm [3]

Materiály od firmy HHT – Hartmetall GmbH & Co. KG:

K20F s velikostí zrna 0,6 – 0,8 μm

K40UF, K44UF s velikostí zrna 0,4 – 0,6 μm

K55SF s velikostí zrna 0,2 – 0,3 μm [4]

"P" – dvoukarbidový - označuje slinuté karbidy, které obsahují karbid wolframu v množství 30 – 82 % a karbid titanu v množství 8 – 64 %, jako pojivo kobalt a ostatních karbidů pouze zbytkové množství. Fáze karbidu titanu má vysokou tvrdost za vyšších teplot než karbid wolframu a nedifunduje do třísky, proto lze tento materiál použít i pro obrábění materiálu, kde se tvoří dlouhá tříska, ale oproti karbidu wolframu je křehčí a není tolik odolný vůči abrazi. Používají se i pro velké řezné síly. Karbidem typu "P" se obrábějí uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli. [1]

Za materiály typu "P" lze považovat:

Materiály od firmy CERATIZIT S.A.:

S4X7 s velikostí zrna 0,8 – 1,3 μm

S22T, S36T, S40T s velikostí zrna 1 – 3 μm [2]

Materiály od firmy BOEHLERIT GmbH & Co KG:

SB20, SB29, SB30, SB40, LW225 [1]

Materiály od firmy SECO TOOLS AB:

370, 375, 390, S2, S4, S6, S10M, S25M, S60M s velikostí zrna 1 – 4 μm [1]

"M" - vícekarbidové - označují se tak slinuté karbidy, které obsahují karbid wolframu v množství 79 – 82%, karbid titanu v množství 5 – 10%, karbidy niobu a tantalu v množství 4 – 7% a kobaltové pojivo. Tyto karbidy mají univerzální použití. Používají se na obrábění litých ocelí, austenitických korozivzdorných slitin a tvárné litiny. Mají vysokou houževnatost a dají se proto použít i pro velké řezné síly avšak dochází k vydrolování ostří. [1]

Za materiály typu "M" lze považovat:

Materiály od firmy BOEHLERIT GmbH & Co KG:

EB10, EB15, EB30, EB35 [1]

Materiály od firmy SECO TOOLS AB:

880, H15, H25 s velikostí zrna <1 μm [1]

Materiály od firmy TUNGALOY Co.:

TU10, TU20, TU40 s velikostí zrna 1 – 2 μm [1]

Přidání kovů (V, Nb, Ta, Ti, Hf) nebo karbidů VC, Cr₃C₂, NbC, TaC, Zr/HfC do práškové směsi působí kladně na velikost zrna, což způsobí vyšší tvrdost a pevnost materiálu avšak působí negativně na houževnatost materiálu.

Struktura

Karbidy titanu, wolframu, niobu a tantalu patří do skupiny intersticiálních karbidů, protože uhlík je v atomové mřížce rozmístěn mezi atomy kovu. Toto uspořádání atomů v mřížce umožňuje velikost atomu uhlíku, která je v porovnání s atomy kovu menší o více než 41%. Intersticiální karbidy si díky intersticiální poloze uhlíku zachovávají kovové vlastnosti.

Karbid wolframu

Má hexagonální krystalickou mřížku. Vyrábí se z prášku čistého wolframu smícháním s uhlíkem ve formě grafitu nebo sazí. Směs se zahřívá na teplotu mezi 1300 – 2400°C a čím menší je teplota tím menší je i zrnitost.

Karbid titanu

Vyrábí se za teplot nad 2000°C nauhličováním vysoce čistého rutilu sazelemi nebo grafitovým práškem v indukční peci.

Karbid tantalu a niobu

Vyrábí se redukcí a nauhličováním oxidů tantalu nebo niobu uhlíkem. Za ohřevu na 1400 – 1800°C v ochranné vodíkové atmosféře nebo ve vakuu. Tantalová ruda obsahuje vždy niob a jeho odstranění je velmi nákladné, proto se tyto karbidy používají společně.

V současné době se velikost zrna slinutých karbidů pohybuje v rozmezí 0,1 až 10 µm. Strukturu dále ovlivňuje množství kobaltu, nečistoty a různé defekty. Obecně platí, že čím menší je zrno tím vyšší je tvrdost a pevnost materiálu a čím více je pojiva tím nižší je pevnost a tvrdost, ale zlepšuje se houževnatost materiálu. V praxi nelze tvrdost a houževnatost zlepšit najednou jediným postupem. Křehkost ve slinutých karbidech způsobují hlavně velké tvrdé částice a segregovaný pojící kov. Tyto nežádoucí defekty jsou nejčastějším iniciátorem trhliny. Působí jako místa, kde začíná lom. Dále hraje roli pórovitost, jež může být způsobena nízkým obsahem uhlíku, nedostatečným rozmělněním směsi, nehomogenitou, zachycenými plyny a nečistotami.

Strukturu lze sledovat pomocí optického mikroskopu se zvětšením 1600 – 2000x. Na vybroušené a vyleptané ploše.

Vlastnosti karbidu typu "K"

Tvrdost – závisí na jemnosti zrna a na obsahu kobaltu. Platí, že čím je méně kobaltu a je jemnější zrno, tím je vyšší tvrdost. Tvrdost se pohybuje v rozmezí 780 – 1850 HV. Tvrdost s přibývajícím teplotou rychle klesá. Velmi jemnozrné struktury si zachovávají vysokou tvrdost i za teplot kolem 750°C.

Pevnost v ohybu – roste s rostoucím obsahem pojiva. Maximální hodnotu má materiál při konkrétní velikosti zrna, která ovšem nebývá ani největší ani nejmenší. Pohybuje se v rozsahu 1000 – 3000MPa.

Lomová houževnatost – se zvyšuje s rostoucím podílem pojiva a s rostoucí velikostí zrna.

Vlastnosti karbidu typu "P"

Tvrdost – je poměrně vyšší než u karbidu typu K. Tvrdost se zvyšuje se zvyšujícím se podílem TiC. Pohybuje se v rozmezí 1300 - 1900 HV. S rostoucí teplotou tvrdost klesá.

Pevnost v ohybu – s rostoucím obsahem kobaltu stoupá i pevnost v ohybu a s rostoucím obsahem TiC na úkor kobaltu klesá.

Lomová houževnatost – je nižší oproti typu "K", což je způsobeno vznikem trhlin zejména v karbidické fázi

Vlastnosti karbidu typu "M"

Tvrdost – je srovnatelná s předchozími typy.

Ohybová pevnost – je srovnatelná s předchozími typy, ale klesá s rostoucím obsahem TaC.

Trendy vývoje SK

Lze využít nízkého tření pro ložiska, ale materiál se kvůli vysoké tvrdosti jen velmi těžko brousí a opracovává. Pro rezné nástroje je potřeba vytvořit přesnou mikrogeometrii, aby nástroj splňoval požadavky na jakost povrchu obrobku, rychlost řezání, odvod třísky atd.. Následnými úpravami lze vlastnosti SK vylepšit, proto je potřeba těmto úpravám velkou pozornost.

Kromě toho jsou tu problémy s vysokou křehkostí. Trhliny se rychle šíří a bývají často způsobené jen velmi malými defekty. Je potřeba zvýšit houževnatost.

2.2 Analýza technologických možností zvyšování jakosti povrchu u SK

Slinuté karbidy jsou vlastně kompozitní materiál. V kobaltovém pojivu jsou uloženy částičky karbidů. Ať už karbidů wolframu, titanu nebo jiných prvků. Vzhledem k postupu výroby slinutých karbidů, není problém vyrobít složitější tvar. Problém nastává při úpravě povrchu na nízkou drsnost a při úpravě břítu nástroje. Pokud je potřeba vytvořit mikrogeometrii na nástroji, který je z rychlořezné oceli je to podstatně menší problém než při vytváření té samé mikrogeometrie na nástroji, který je ze slinutých karbidů. Při úpravě mikrogeometrie se nástroj brousí a leští, tím se odstraňuje slabá vrstvička z povrchu materiálu. Poté se na nástroj mohou nadeponovat vrstvy. U slinutých karbidů dochází k vybrušování pojiva více než k obrušování částic slinutých karbidů následkem se vydrolují, nebo jsou zrna vystouplá oproti pojivu vzniká tak nerovný povrch. Materiál je také náchylný ke vzniku trhlin. Již malá strukturní vada může způsobit trhlinu, která znehodnotí nástroj. Vysoká jakost povrchu a mikrogeometrie břítu nástroje mají zásadní vliv na povrch obrobku, životnost nástroje, řezné rychlosti a síly působící na nástroj. Proto je potřeba tyto vlastnosti upravovat různými technologickými metodami.

2.2.1 Broušení

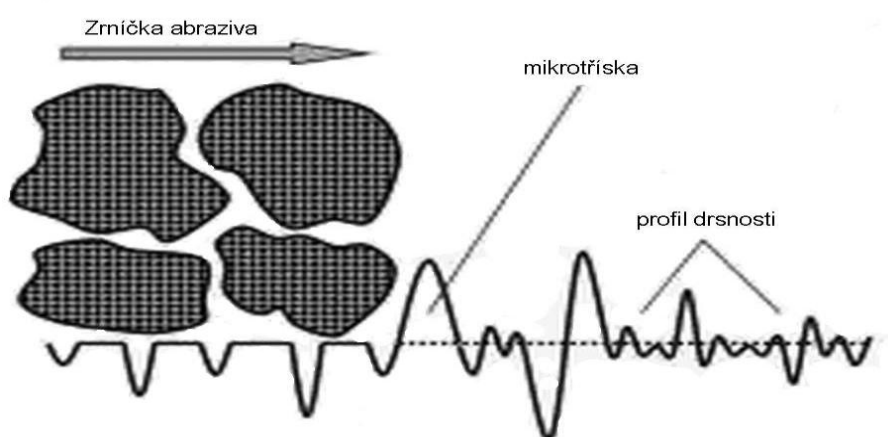
Broušení je metoda obrábění. Broušením lze opracovat tvrdé materiály, které nelze opracovávat jinými technologiemi. Je to většinou dokončovací metoda. Brousí se rovinné, válcové, vnější i vnitřní plochy. Broušením lze získat vysokou jakost povrchu. Nástroj nemusí mít definovanou geometrii břitu. K broušení se používají brusné kotouče, brusné papíry nebo brusné pasty a prášky nebo pilníky. Na brusných kotoučích je brusný materiál upevněn v pojivu. Slinuté karbidy se dají brousit pomocí brusných kotoučů z diamantu nebo pomocí SiC (karborundum).

2.2.2 Kartáčování

Na kartáčování se používá měkkých kartáčků, které jsou usazeny v podložce a jako abrazivní smácedlo se používá diamantová pasta nebo diamantový granulát. Jednotlivá vlákna kartáče bývají buď z oceli nebo z nylonu. Metoda vhodná pro různé obráběcí nástroje.

2.2.3 Magnetické dokončování

Velmi účinná metoda pro zpracování povrchu. Obrobek se umístí mezi dva magnety. Mezera mezi magnetem a obrobkem se vyplní směsí magnetických a abrazivních částic. Tyto částice při pohybu obrobku mezi magnety jemně brousí jeho povrch. Pomocí této metody lze dosáhnout silné redukce povrchové drsnosti.



Obr. č.1: Magnetické dokončování [5]

2.2.4 Suché a mokré tryskání

Jedná se o proces, při kterém je tlakem vzduchu nebo vody hnáno abrazivo na povrch obrobku. Pomocí této metody lze čistit, odjehlovat nebo odrezovat obrobky. Metoda je velmi šetrná k životnímu prostředí, protože se jako abrazivo používají nejčastěji křemičité písky. Velkou výhodou je, že při otryskávání nedochází k vylučování kobaltu, proto je to metoda velmi vhodná pro slinuté karbidy s kobaltovým pojivem.

2.2.5 Omílání

Je obecně známo, že tam kde voda teče rychlým proudem, tam se vytvářejí z ostrého kamení oblázky. Voda kameny omléla. Po obrábění mohou na povrchu obrobku zůstat podobné "ostré" útvary, které nejsou vhodné jako otřepy, znečištění, ostré hrany a nerovnosti. Odstranění lze provést několika způsoby např. broušením, leštěním nebo omíláním.

Omílání je metoda, kterou se pomocí omílacích tělísek vytváří lesklé povrchy, čistí součástky, nebo se odstraňuje koroze. Omílání je vhodné pro leštění povrchů dekoračních prvků jako klik dveří, úpravu povrchu kulových čepů kvůli snížení tření, ložisek ke snížení tření, povrchu ozubených kol nebo lopatek ke snížení odporu vzduchu. Omílací zařízení může nahradit zdlouhavou a náročnou práci při ručním broušení nebo leštění při stejné nebo i lepší kvalitě výsledné práce.

Omílání lze v zásadě rozdělit do tří základních typů omílání:

- vibrační
- odstředivé
- vlečné

Nejefektivnější metodou je vlečné omílání. Tato metoda je až 4x účinnější než odstředivé omílání a 40x účinnější než omílání vibrační. Kromě toho při vlečném omílání je omílaná součást uchycená, takže nemůže dojít ke styku jednotlivých součástí jako u metod vibračního a odstředivého omílání.

Vibrační omílání

Omílání probíhá v bubnu, do kterého jsou vloženy obrobky, abrazivo, voda a chemické činidlo tzv. compound. Omílá se od 5 minut až do několika hodin. Vibračně se doporučuje omílat výrobky, které budou procházet ještě další povrchovou úpravou jako je lakování, pokovování a leštění, protože stabilizuje povrchy výrobků, vyrovnává tvrdost, čistí a zaobluje ostré hrany.

Tvar omílacích tělísek, typ omílací kapaliny, frekvence vibrování a doba procesu se volí podle materiálu, tvaru a velikosti obrobku.

Touto metodou se omílají hlavně:

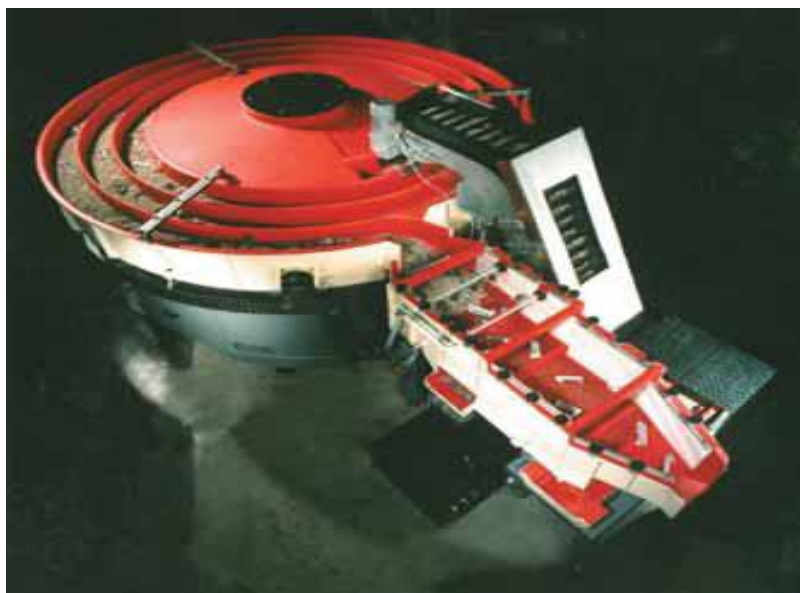
- součásti hydraulických a pneumatických zařízení
- počítačové komponenty
- součásti spojek a převodovek
- dřevěné dětské hračky
- chirurgické nástroje a kloubní náhrady
- vrtule a letecké komponenty
- mince

Rotační vibrátory

Rotační vibrátory jsou nejběžněji používané vibrační omílací zařízení. Jsou vhodné pro široké množství aplikací, protože nádoba je jednoduchá a může mít velké rozměry. Proces lze zcela zautomatizovat.

System Rotomatic

Tento systém používá pracovní kanál dlouhý 15-27 metrů. Součástky určené k omílání se postupně podávají do pracovního kanálu přes podávací pás. Metoda je vhodná pro omílání choulostivých součástek, kde by mohlo vzniknout při vzájemném styku součástí poškození. Systém je ve většině



Obr. č.2: Systém Rotomatic od firmy Rösler Oberflächentechnik GmbH [6]

případů automatický.

Long-Radius (dlouho-obloukové) vibrátory

Jsou určeny pro postupné nebo dávkové plnění součástmi. Dávkové plnění se používá, když jsou obrobky hodně velké. Kanál má spirálovité prstencové dno. Oddělovač omílacích tělísek je integrovaný. Toto omílací zařízení pracuje nejdéle 12 minut. Jde o rychlý proces. Používá se pro odstraňování otřepů, čištění, odhroťování nebo lehké zaoblování ostrých rohů v jediném cyklu.



Obr. č.3: Long Radius vibrátor od firmy Rösler Oberflächentechnik GmbH [6]

Vibrační žlab

Používá se pro omílání součástí velkých rozměrů nejčastěji válcovitého tvaru. Žlab může být až šest metrů dlouhý a až jeden a půl metru široký. Žlab může být rozdělen na jednotlivé komory přepážkami. Potom lze omílat i více velkých součástí najednou. Choulostivé části je možno ve žlabu upnout, aby se nepoškodily o stěny žlabu. Používají se např. při omílání litých kol.



Obr. č.4: Vibrační žlab od firmy Rösler Oberflächentechnik GmbH [6]

Odstředivé omílání

Ke zlepšení jakosti povrchu dochází v sudovité otevřené nádobě, která je z vrchu otevřena. Nádoba má dno oddělené spárou od válcové plochy nádoby. Na bocích nádoby jsou překážky, které usměrňují pohyby omílacího média a obrobků, aby se o sebe stále otíraly. V době, kdy je omílací zařízení vypnuté, leží obrobky a omílací tělíska na dně. Když se zařízení zapne, začne se dno otáčet. Vše, co je umístěné v nádobě, začne létat a tvořit uprostřed nádoby toroidní sloup. Odstředivé síly působící na obrobky a na omílací tělíska způsobují intenzivní opracování obrobku. Metoda je 20x účinnější než vibrační omílání. Dno zařízení se točí rychlostí 60 až 250 ot/min. Odstředivé omílání mokrou cestou se používá při odstraňování nečistot a koroze.

K odstředivému omílání se používají média z plastu, keramiky, porcelánu, taveniny většinou ve formě krvinek nebo kostek.

Tento systém umožňuje jako jediný použití omílacích tělísek s různými hustotami, protože u jiných typů omílacích zařízení se omílací tělíska s vyšší hustotou usazují na dně.

Tento systém je nejefektivnější, když se omílají ve velkém množství malé obrobky, které nejsou choulostivé na nárazy s jinými obrobky. Obrobky by měly být do velikosti pěsti a do půl kilogramu. Existují ale firmy vyrábějící zařízení na obrobky dlouhé 30 cm a vážící 2,5 kg.



Obr. č.5: Odstředivé omílací zařízení v chodu od firmy OTEC präzisionsfinish GmbH [7]



Obr. č.6: Zařízení pro mokré omílání s průměrem mísy 220 mm od firmy OTEC präzisionsfinish GmbH [7]

Vlečné omílání

Při vlečném omílání jsou obrobky ukotvené v upínacím zařízení a vlečeny nádobou naplněnou omílacím médiem, zatímco rotují kolem své vlastní osy. Planetový pohyb obrobku, zajišťuje jednotný kontakt všech míst nástroje s médiem. Při tomto procesu je zamezen styk obrobků a jejich omílání je nejintenzivnější ze všech typů omílacích procesů. Proto je tento typ omílání vhodný i pro těžko obrobitelné materiály a používá se i pro úpravu nástrojů ze slinutých karbidů. Je to také metoda, která se používá při úpravě povrchů v testovací fázi této bakalářské práce. Hlavní vliv na výsledný povrch a zaoblení hran mají tyto vlastnosti:

- doba omílání
- rychlost
- typ média
- hloubka ponoření
- dráha vlečení a rotace
- natočení držáku nástroje



Obr. č.7: Vlečné omílací zařízení od firmy OTEC präzisionsfinish GmbH [7]

2.2.6 Depozice vrstev [1]

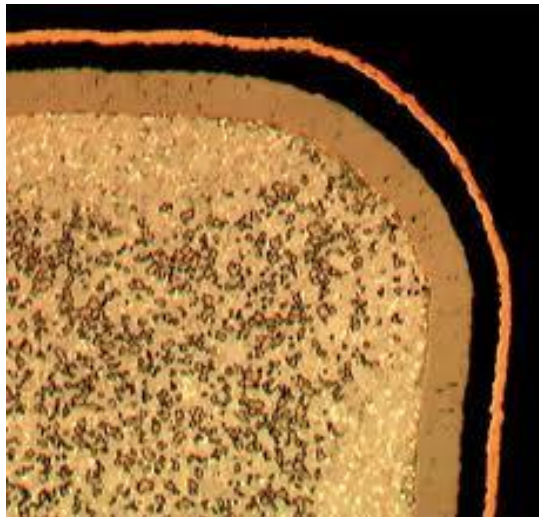
První nadeponované slinuté karbidy se na trhu objevily koncem 60 let minulého století, jako deponované břitové destičky od firmy Sandvik Coromant. Původně postačilo pouze několik typů jako konkurence pro jiné nástrojové materiály. Postupem času se vyvinulo mnoho systémů pro různé řezné aplikace. Přičemž typ systému závisí na chemickém složení vrstev, tloušťce vrstev, na deponovaných mezivrstvách a typu substrátu.

Vývoj depozice slinutých karbidů se obvykle dělí do tří generací:

1. Generace: První generaci tvořila vrstva z TiC, který se nanášel ve vrstvě široké 6 μm . V této generaci deponovaná vrstva příliš nedržela na základním substrátu, což bylo způsobeno špatnou technologií při nanášení vrstvy. Mezi substrátem a vrstvou vznikala křehký eta-karbid. To mělo za následek odlupování vrstvy a znehodnocení nástroje.
2. Generace: Druhou generaci tvoří jedna vrstva z TiC, TiN nebo TiCN. Byla vylepšena technologie nanášení a mezi vrstvou a substrátem není křehký eta-karbid. Tloušťka vrstvy se pohybuje mezi 7 – 10 μm .
3. Generace: Třetí generaci tvoří vícevrstvé systémy. Nejčastější jsou dvě nebo tři vrstvy někdy i více a hranice jsou od sebe ostře ohraničené. Vrstvy se řadí podle svých vlastností. Vrstvy, které mají dobrou přilnavost k povrchu substrátu, se nanášejí jako první. Jako poslední se deponují vrstvy, které nemají tak dobrou přilnavost k povrchu substrátu, ale dobře drží na vrstvě pod sebou, což vyplývá z procesu depozice. Poslední vrstva musí mít zároveň

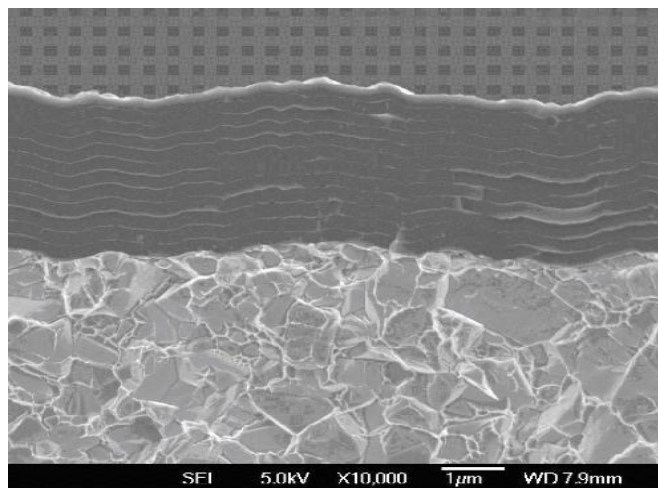
vysokou tvrdost, odolnost proti opotřebení a oxidaci za vyšších teplot. Vrstvy se nejčastěji nanášejí v tomto pořadí od substrátu k povrchu:

1. TiC, Al₂O₃
2. TiC, TiN
3. TiC, TiCN, TiN



Obr. č.8: Třívrstvý povlak [1]

4. TiC, Al₂O₃, TiN
4. Generace: Do této generace patří speciální vícevrstvé systémy. Tvoří je i více než deset vrstev s různě výraznými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Deponované vrstvy jsou ze stejných materiálů jako vrstvy v případě třetí generace. Ale nanášejí se pomocí cíleného řízení atmosféry v deponovacím zařízení u metody CVD a odpařováním různých typů targetů u metody PVD. Velkou výhodou je schopnost odklánět a zpomalovat šíření trhliny od povlaku do substrátu, nebo zpomalování šíření pomocí povlaků s vysokým zbytkovým tlakovým napětím. Do čtvrté generace lze dále zařadit nanokompozitní systémy, diamantové vrstvy a vrstvy z kubického nitridu boru.



Obr. č.9: Multivrstvý povlak [8]

Základní metody depozice vrstev

Na depozici se používají slinuté karbidy, které jsou pro depozici přímo určené, i když lze deponovat i slinuté karbidy určené k používání bez povlaků. Nanášená vrstva se liší od substrátu hlavně tím, že nemá žádné pojivo a má o jeden, nebo i více řádů menší velikost zrn než má substrát. Díky tomu je povlak vysoce tvrdý, má vysokou odolnost vůči opotřebení a tvoří bariéru proti difuznímu mechanismu opotřebení nástroje. Mezi základní metody depozice patří PVD a CVD.

Metoda CVD

Jedná se o chemické napařování z plynné fáze. Je založena na reakci plynných chemických sloučenin v plazmě, která se tvoří v bezprostřední blízkosti povrchu podkladu a následném uložení produktů heterogenní fáze na povrch substrátu. Je potřeba, aby plyn obsahoval stabilní prchavou sloučeninu, která se po dodání energie rozloží a její produkty se uloží na ohřátý povrch substrátu. Energie se dodává:

- ohřevem
- plazmovým obloukem
- laserem

Metoda PVD

Jedná se o metodu fyzikálního napařování za nízkých teplot kolem 500°C. To je možné díky nízkému tlaku 0,1 – 1 Pa. Za tohoto tlaku dochází ke kondenzaci částic, které jsou uvolňovány ze zdroje částic fyzikálními metodami. Vrstvu tvoří jednotlivé dopadající atomy. Atomy jsou zachyceny na povrchu procesy absorpce. To znamená, že se pohybují na povrchu substrátu a buď jsou zachyceny trvalou vazbou a nebo jsou zpětně uvolněny. Atomy se díky pohyblivosti po povrchu mohou spojit s jinými atomy. Vzniklé dohromady tvoří jádra, poté ostrůvky a nakonec souvislou plochu na povrchu substrátu. Výhodou metody je možnost deponovat ostré hrany s poloměrem zaoblení pod 20µm. Nevýhody jsou: potřeba vytvořit prakticky vakuum a neustále pohybovat deponovaným předmětem, protože jinak by se vrstva nanasla nerovnoměrně na strany předmětu. Metoda byla původně určena pro nástroje z rychlořezné oceli, protože při vyšších

teplotách by došlo k tepelnému ovlivnění nástroje. Provádí se:

- napařováním
- naprašováním
- iontovou implantací

3 Volba technologie vlečného omílání a určení jejího vlivu na změnu povrchových vlastností u SK návrh postupu řešení a vyhodnocování

3.1 Použité zařízení a použitá média

K omílání bude použito zařízení pro vlečné omílání, vyrobené německou firmou OTEC präzisionsfinish GmbH a vlastněné firmou HOFMEISTER s.r.o.. Jedná se o model DF 6 Tools.



Obr. č.10: Zařízení pro vlečné omílání od firmy OTEC präzisionsfinish GmbH [7]

Pro omílání budou použita tři různá média.

1. HSC 1/300

Jedná se o médium složené z drcených skořápek vlašských ořechů a ze zrn karbidu křemíku. Je určeno především pro zaoblování hran nástrojů ze slinutých karbidů.



Obr. č.11: Médium HSC 1/300 od firmy OTEC präzisionsfinish GmbH [7]

2. H4/400

Jedná se o médium složené z drcených skořápek vlašských ořechů a diamantového prášku. Toto médium je mnohem jemnější než médium HSC 1/300. Používá se hlavně k leštění ploch nástrojů ze slinutých karbidů.



Obr. č.12: Médium H4/400 od firmy OTEC präzisionsfinish GmbH [7]

3. Obilí

Toto médium se skládá z pšenice a ječmenu. Jedná se o experimentální médium. Toto médium bylo zvoleno, protože bylo snadno dostupné a protože zrna mají jiný tvar, velikost a tvrdost než doposud používaná média. Použití přírodního materiálu bylo motivováno skutečností, že i originální omílací médium od firmy OTEC präzisionsfinish GmbH je na bázi přírodních skořápek vlašských ořechů.



Obr. č.13: Obilí [9]

3.2 Použité materiály

3.2.1 Slinutý karbid s obchodním označením TSM33

Tento slinutý karbid vyrábí firma CERATIZIT S.A. TSM33 obsahuje karbid wolframu s 10% kobaltového pojiva. Zrna karbidu wolframu mají střední velikost 0,5 – 0,8 μ m.

Používá se pro výrobu pevných rotačních nástrojů. Materiál je vhodný pro obrábění nerezových ocelí, ocelí s odolností proti kyselinám a vysoké teplotě, chromem, niklem a kobaltem legovaných ocelí, titanových slitin, neželezných slitin a plastů. [2]

3.2.2 Slinutý karbid s obchodním označením K40UF

Tento slinutý karbid vyrábí firma Arno Friedrichs Hartmetall GmbH & Co. KG. K40UF obsahuje karbid wolframu a stopové množství karbidu chromu a vanadu. V materiálu je 10% pojiva a to kobaltu. Zrna karbidu wolframu mají střední velikost 0,6 μ m. Používá se na hrubovací a finišovací nástroje při soustružení, vrtání a frézování. Materiál má vysokou odolnost proti opotřebení břitů a vysokou houževnatost. Je vhodný pro velmi obtížné podmínky jako přerušované řezy a rázové zatížení. Je vhodný pro obrábění titanových slitin, žárovevých ocelí, šedé litiny, austenitických nerezových ocelí a plastů vyztužených skelnými vlákny. [3]

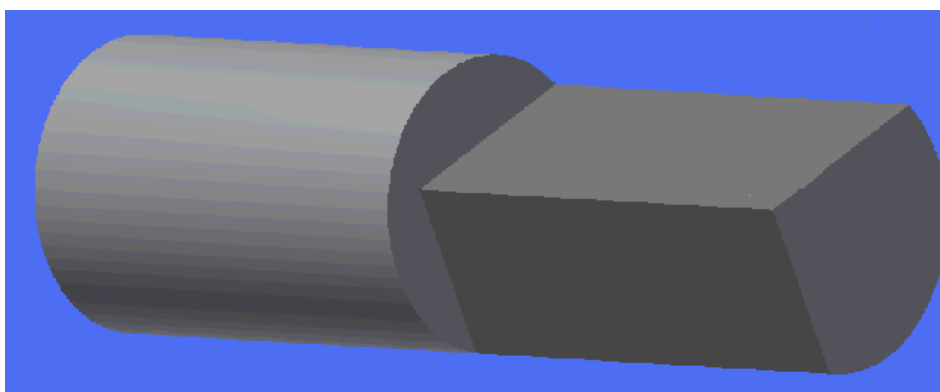
3.2.3 Slinutý karbid s obchodním označením K55SF

Tento slinutý karbid vyrábí firma HHT – Hartmetall GmbH & Co. KG. K55SF obsahuje karbid wolframu a stopové množství karbidu chromu a vanadu. V materiálu je 9% pojiva a to kobaltu. Zrna karbidu wolframu mají velikost mezi 0,2 – 0,4 μ m. Materiál vyniká vysokou pevností v ohybu a vysokou tvrdostí. Materiál je vhodný pro vrtání do desek pro plošné spoje a jiných skelnými vlákny zpevněných plastů, nebo pro frézování velmi obtížně obrobitelných materiálů jako např.

titano-uhlíkové sandwichové struktury, titanové slitiny, tvrzené oceli a nerezové oceli. [4]

3.3 Vzorek pro finální testy

Od každého materiálu se vyrobilo 6 vzorků, podle mého návrhu. U těchto vzorků je především kladem důraz na rychlou a nenákladnou výrobu a jednoduchou geometrii.



Obr. č.14: Vzorek pro finální testy

3.4 Přípravná fáze testů

Během přípravné fáze je potřeba nastavit omílací proces tak, aby docházelo k omílání nástrojů. Na zařízení pro vlečné omílání je potřeba vybrat vhodné parametry rotace hlavního rotoru a držáků nástrojů. Tyto parametry nejsou stejné pro různá média. Nastavení se bude provádět na médiích HSC 1/300 a obilí. Do média HSC 1/300 bylo použito pět vzorků a do obilí vzorky čtyři. U použitých vzorků pro přípravné testy je kladen důraz na podobnou geometrii, jako mají vzorky finální. Dokumentace se bude provádět na mikroskopu od firmy Alicona Imaging GmbH. Bude se měřit drsnost a zaoblení.

3.5 Finální fáze testů

Ve finální fázi se budou omílat vzorky ze tří různých druhů použitých materiálů. Od každého materiálu bude vyrobeno 6 vzorků, vždy dva vzorky do každého média. Omílat se bude podle parametrů nastavených během přípravné fáze testů ve dvou různých časech. Opět se bude na mikroskopu měřit drsnost a zaoblení a navíc se budou vzorky dokumentovat na rastrovacím elektronovém mikroskopu Tesla BS340.

4 Testování vzorků

4.1 Metalografický rozbor a zkoušky tvrdosti na použitých materiálech

Na každém použitém materiálu pro finální testy se prováděly zkoušky HV30 a HRC, tedy zkouška Vickers diamantovým jehlanem při tlaku 294N a zkouška Rockwell diamantovým kuželem při tlaku 1500N. Z délky trhlin po zkoušce dle Vickerse se poté dopočítávala hodnota lomové houževnatosti podle vzorce:

$$K_{Ic} = 6,2 \sqrt{\frac{HV}{\sum L}} \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

Vzorec č.1: Vztah pro výpočet lomové houževnatosti

Dále se na každém materiálu prováděl metalografický rozbor. Vzorky bylo nutné leštit diamantovými emulzemi s různými velikostmi zrn (9,6,3 μ m). Vyleštěné vzorky se poté leptaly leptadlem Murakami přibližně po dobu jedné minuty. Vzhledem k velikosti zrn použitých slinitých karbidů nebylo možné provést metalografický rozbor na světelném mikroskopu. Musel se použít elektronový mikroskop. Fotografie z REM zachycují povrch slinitých karbidů při 10000x zvětšení.

4.1.1 Materiál TSM33

Na použitém materiálu od firmy CERATIZIT S.A.. Byla naměřena nižší hodnota tvrdosti HV ovšem dopočtená hodnota lomové houževnatosti z trhlin vycházela o něco vyšší.

Parametry od výrobce:

HV30	HV10	HRA	KIC
1590	1610	91,9	9,4

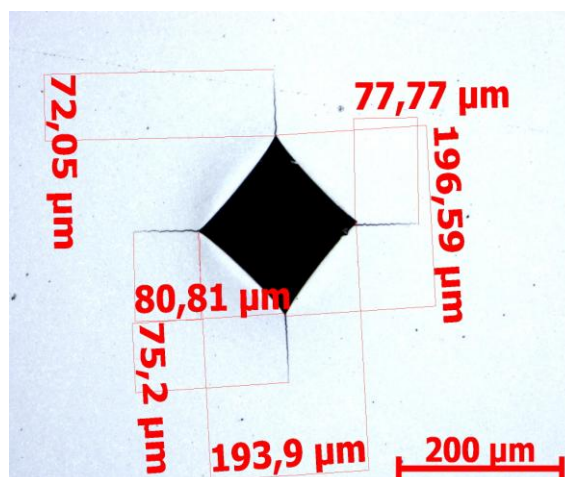
Tabulka č. 1: Parametry od výrobce materiál TSM33 [2]

Naměřené parametry:

TSM 33	1.úhlopříčka	2.úhlopříčka	PRŮMĚR	1.trhlina	2.trhlina	3.trhlina	4.trhlina	SOUČET	HV	KIC [MPa.m ^{1/2}]	HRC
1.vtisk	193,9	196,6	195	77	75	78	81	311	1463	13,4	77
2.vtisk	189	190	189,5	56	67	71	56	250	1557	15,5	81
3.vtisk	193	189	191	88	82	79	79	328	1525	13,4	79
PRŮMĚRNÁ HODNOTA:								296,4	1515	14,1	79,7
Směrodatná odchylka:								41,0	47,8	1,12	1,15

Tabulka č. 2: Naměřené parametry materiál TSM33

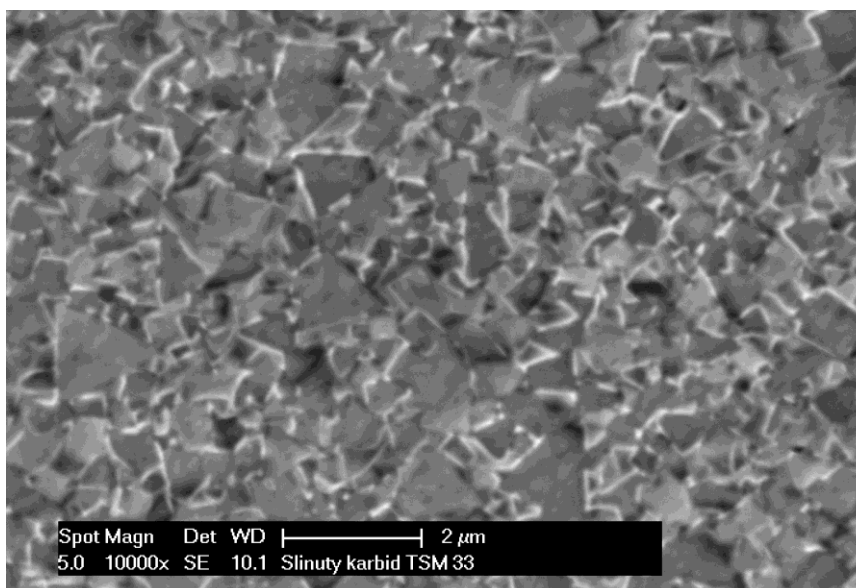
Vtisk ze zkoušky tvrdosti podle Vickerse:



Obr. č.15: TSM33 vtisk ze zkoušky tvrdosti podle Vickerse

Metalografický rozbor:

Střední velikost karbidů wolframu byla kolem 0,65 μ m největší zrna WC dosahovala 2,3 μ m.



Obr. č.16: TSM33 snímek z ŘEM 10000x zvětšený

4.1.2 Materiál K40UF .

Na použitém materiálu od firmy Arno Friedrichs Hartmetall GmbH & Co. KG. Byla naměřena nižší hodnota tvrdosti HV ovšem dopočtená hodnota lomové houževnatosti z trhlin vycházela o něco vyšší.

Parametry od výrobce:

HV	HRA	KIC
1610	-	10,5

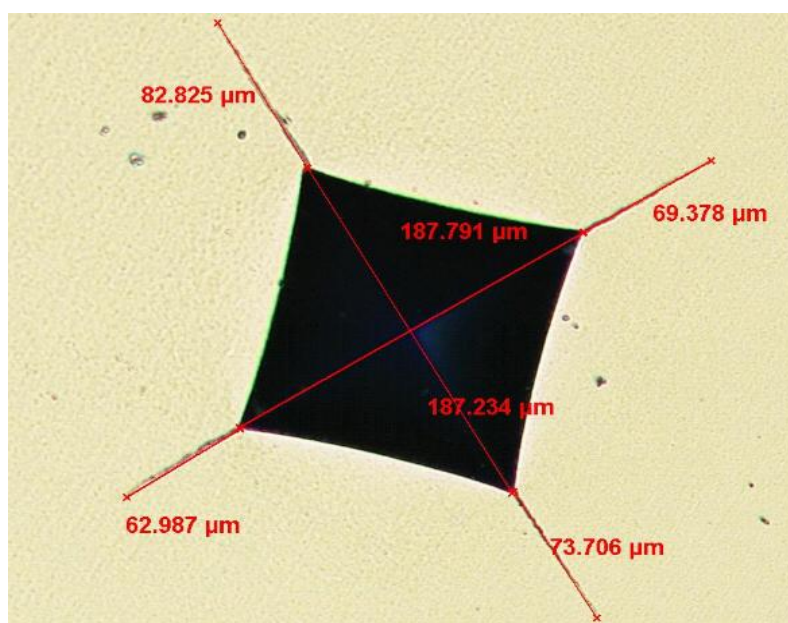
Tabulka č. 3: Parametry od výrobce materiál K40UF [3]

Naměřené parametry:

K40UF	1.úhlopříčka	2.úhlopříčka	1. trhlina	2. trhlina	3. trhlina	4. trhlina	SOUČET	HV	KIC [MPa.m ^{1/2}]	HRC	
1. vtisk	186,4	187,3	76,3	71,9	66,5	54	268,7	1579	15,03	80	
2. vtisk	189,8	187,9	72,8	75	75,6	73,7	297,1	1543	14,13	79	
3. vtisk	187,8	187,2	82,8	69,4	73,7	63	288,9	1557	14,39	82	
PRŮMĚRNÁ HODNOTA							284,9	1560	14,52	80	
Směrodatná odchylka							14,62	18,15	0,46	1,53	

Tabulka č. 4: Naměřené parametry materiál K40UF

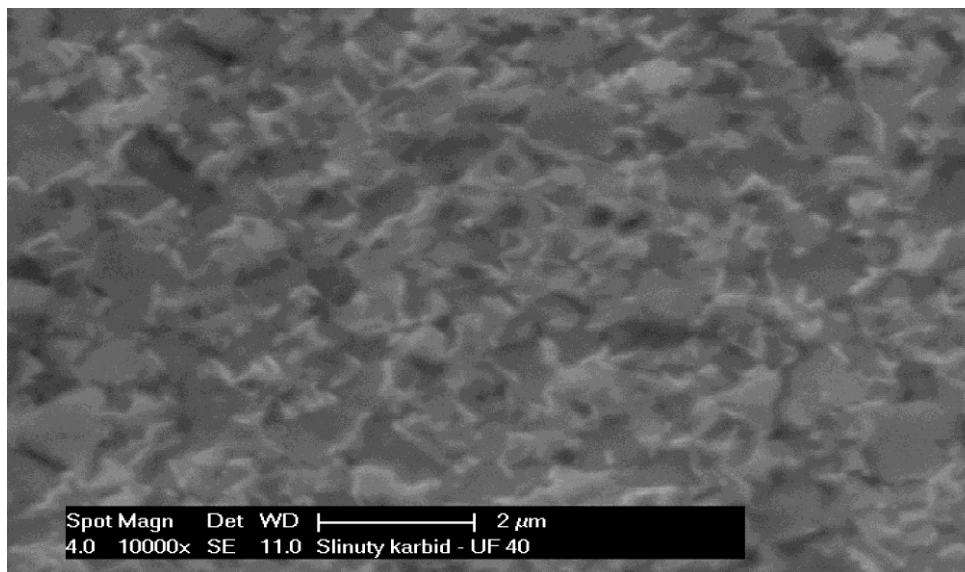
Vtisk ze zkoušky tvrdosti podle Vickerse:



Obr. č.17: K40UF vtisk ze zkoušky tvrdosti podle Vickerse

Metalografický rozbor:

Střední velikost karbidů wolframu byla kolem 0,5-0,6 μ m.



Obr. č.18: K40UF snímek z ŘEM 10000x zvětšení

4.1.3 Materiál K55SF

Na použitém materiálu od firmy HHT – Hartmetall GmbH & Co. KG. Byla naměřena nižší hodnota tvrdosti HV ovšem dopočtená hodnota lomové houževnatosti z trhlin vycházela o něco vyšší.

Jednalo se o nejtvrší použitý slinutý karbid, ale měl nejnižší lomovou houževnatost.

Parametry od výrobce:

HV	HRA	KIC
1920	93,9	9,3

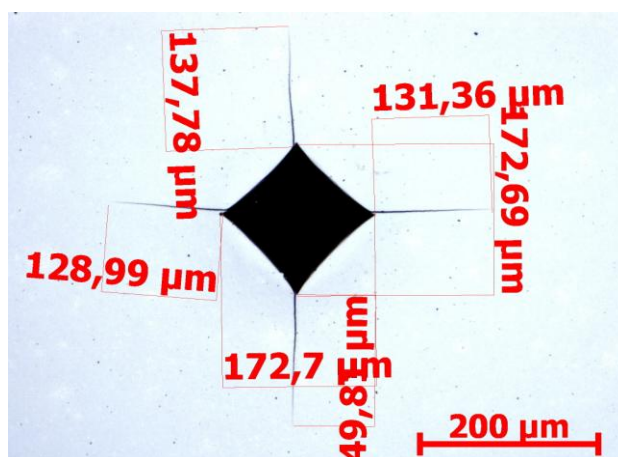
Tabulka č. 5: Parametry od výrobce materiál K55SF [4]

Naměřené parametry:

K55SF	1.úhlopříčka	2.úhlopříčka	PRŮMĚR	1.trhlina	2.trhlina	3.trhlina	4.trhlina	SOUČET	HV	KIC [MPa.m ^{1/2}]
1.vtisk	173	173	173	138	129	131	150	548	1859	11,4
2.vtisk	174	171	172,5	127	137	140	134	538	1867	11,5
3.vtisk	171	168	169,5	134	130	133	144	541	1925	11,7
PRŮMĚRNÁ HODNOTA:								542,4	1883,7	11,5
Směrodatná odchylka:								5.13	36	11.5

Tabulka č. 6: Naměřené parametry K55SF

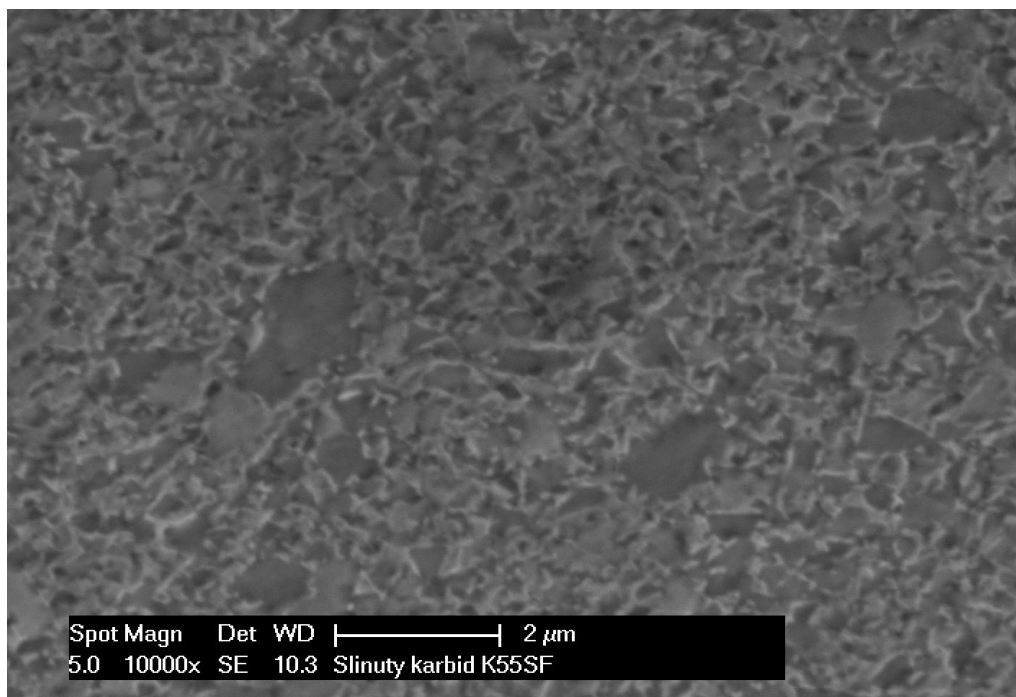
Vtisk ze zkoušky tvrdosti podle Vickerse



Obr. č.19: K55SF vtisk ze zkoušky tvrdosti podle Vickerse

Metalografický rozbor:

Střední velikost karbidů wolframu byla kolem $0,3\mu\text{m}$. Některé WC dosahovali velikosti až $2,4\mu\text{m}$.



Obr. č.20: K55SF snímek z ŘEM 10000x zvětšení

4.2 Výsledky z přípravné fáze testů

Z výsledků přípravných testů, je potřeba vyvodit závěry pro výsledné testy. Pro zkušební testy byly použity dvě média, protože třetí médium s diamantovým prachem bylo firmou HOFMEISTER s.r.o. dokoupeno až poté co se přípravné testy a přípravná měření provedly.

Do média složeného ze skořápek a SiC (HSC 1/300) bylo použito pět zkušebních vzorků a do obilí byly použity vzorky čtyři. Do obou těchto médií se dával omílat nejdříve jeden vzorek, který se natíral černým lihovým fixem, při různých parametrech nastavení otáček hlavního rotoru a otáček držáku nástroje v krátkých 2 až 5 minutových intervalech. Poté se vzorek vždy vyndal z omílacího zařízení a sledoval se úbytek barvy.

Při nejlépe omílajících parametrech se dávaly v případě HSC 1/300 omílat čtyři vzorky v různých časech. V 4, 8, 12 a 16 minutách. Do obilí zbyly tři vzorky, které se omílaly 6, 12 a 18 minut.

Testování v HSS 1/300 bylo prováděno při parametrech: rychlost hlavního rotoru 40 ot/min a rychlost držáku byla 5 ot/min.

Testování v obilí bylo prováděno při parametrech: rychlost hlavního rotoru 50 ot/min a rychlost držáku byla 5 ot/min.

Na mikroskopu od firmy Alicona Imaging GmbH se měřila drsnost a zaoblení vždy před a po omletí.

4.2.1 Rozdíly drsností

Naměřené hodnoty jsou v μm .

Drsnost sledovaného povrchu před omletím:

		Drsnost 1 [Ra]	Drsnost 2 [Ra]	Drsnost 3 [Ra]
testovací HSS 77 min	Vzorek 1	1,41	1,44	1,42
HSS 4 min	Vzorek 2	1,64	1,57	2
HSS 8 min	Vzorek 3	1,23	1,17	1,43
HSS 12 min	Vzorek 4	1,54	1,27	1,31
HSS 16 min	Vzorek 5	1,69	1,47	1,69
testovací ječmen 40 min	Vzorek 6	3,39	2,7	3,72
Ječmen 6 min	Vzorek 7	2,05	1,41	2,54
Ječmen 12 min	Vzorek 8	1,66	1,21	1,15
Ječmen 18 min	Vzorek 9	3,22	3,14	3,24

Tabulka č. 7: Hodnoty drsností před omíláním

Drsnost sledovaného povrchu po omletí:

		Drsnost 1 [Ra]	Drsnost 2 [Ra]	Drsnost 3 [Ra]
testovací HSS 77 min	Vzorek 1	1,11	0,98	1,25
HSS 4 min	Vzorek 2	1,47	1,58	1,75
HSS 8 min	Vzorek 3	1,58	1,52	1,41
HSS 12 min	Vzorek 4	1,18	1,33	1,04
HSS 16 min	Vzorek 5	1,33	1,44	1,26
testovací ječmen 40 min	Vzorek 6	1,63	1,82	2,69
Ječmen 6 min	Vzorek 7	1,93	1,57	1,39
Ječmen 12 min	Vzorek 8	0,96	1,18	0,72
Ječmen 18 min	Vzorek 9	2	1,49	1,94

Tabulka č. 8: Hodnoty drsností po omílání

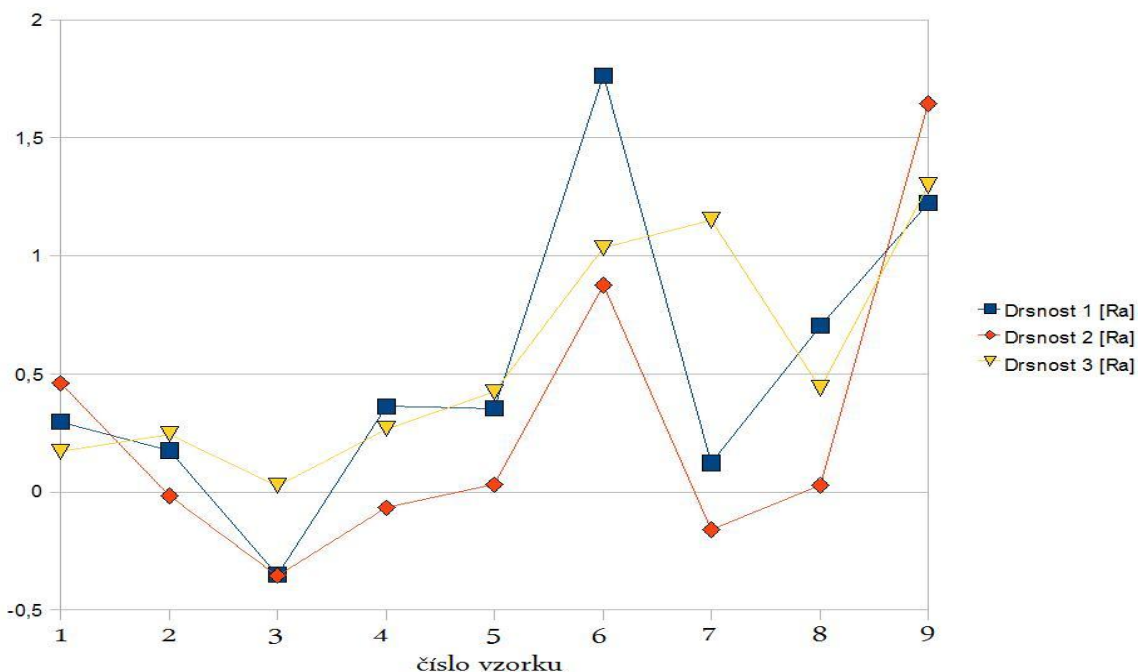
Rozdíl drsností

rozdíl hodnoty drsnosti před a po		Drsnost 1 [Ra]	Drsnost 2 [Ra]	Drsnost 3 [Ra]
testovací HSS 77 min	Vzorek 1	0,3	0,46	0,17
HSS 4 min	Vzorek 2	0,18	-0,02	0,24
HSS 8 min	Vzorek 3	-0,35	-0,35	0,03
HSS 12 min	Vzorek 4	0,36	-0,07	0,27
HSS 16 min	Vzorek 5	0,35	0,03	0,42
testovací ječmen 40 min	Vzorek 6	1,76	0,88	1,03
Ječmen 6 min	Vzorek 7	0,12	-0,16	1,15
Ječmen 12 min	Vzorek 8	0,7	0,03	0,44
Ječmen 18 min	Vzorek 9	1,22	1,65	1,3

Tabulka č. 9: Rozdíl hodnot drsností

Graf rozdílů drsností. Na každém vzorku byla drsnost změřena na třech místech. Čtverečky jsou pro první místo, kosočtverečky jsou pro druhé místo a trojúhelníky jsou pro třetí místo. Vzorky č. 1 a 6

nemají přesně stanovené parametry.



Graf č. 2: Graf rozdílů drsností

Diskuze výsledků.

Nejlépe vychází parametry nastavené pro 5. vzorek a to: omílací medium HSS, 40 ot/min rotor, 5 ot/min upínáky a 16 minut doba trvání omílání.

Závěr z měření drsnosti

Měření drsnosti Ra nebylo příliš přesné, protože se provádí umístěním úsečky na nasnímaný povrch, a pod touto úsečkou se vytváří profil povrchu. Jenže tuto úsečku prakticky nelze nikdy trefit na stejné místo před i po omílání. Navíc se drsnost měřila na velmi malé vzdálenosti. Proto je potřeba ve finálních testech tuto vzdálenost zvětšit, nebo přidat jinou metodu měření drsnosti povrchu.

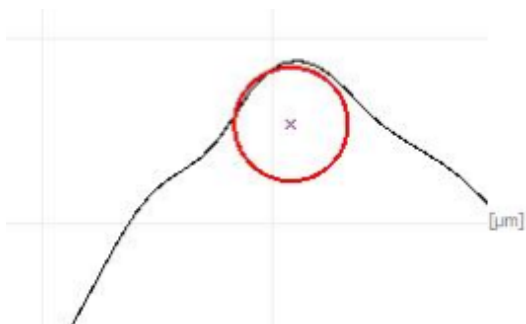
4.2.2 Výsledky měření zaoblení

Při omílání se počítá s tím, že se bude břit zaoblovat. Do určité hodnoty je to žádaný jev, protože pokud břit není trochu oblý, tak se na něm napětí nerozloží a pokud jsou na něm nerovnosti, jsou na něm některá místa namáhána více a břit se rychleji opotřebovává, nebo se může zcela znehodnotit. Pokud by hodnota zaoblení byla příliš vysoká, bylo by ostří tupé.

Ovšem při testech se zjistilo, že nevzniká vždy jen zaoblenější břit.

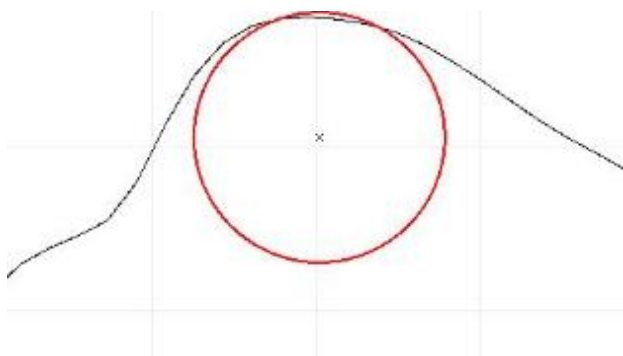
Nastaly dva různé případy.

- Na břitu se vyhladila nerovnost, nebo se vymlel žlábek a břit se tak zaostřil.



Obr. č.21: Zaoblení před omletím

- Kousek slinutého karbidu se vylomil a na břitu se tak vytvořila ostrá nerovnost.



Obr. č.23: Zaoblení před omletím



Obr. č.22: Zaoblení po omletí



Obr. č.24: Zaoblení po omletí

Tabulka výsledků:

		zaoblení před [μm]	zaoblení po v [μm]
Vzorek 1	testovací HSS 77 min	27,65	51,74
Vzorek 2	HSS 4 min	12,44	11,26
Vzorek 3	HSS 8 min	16,82	22,81
Vzorek 4	HSS 12 min	19,59	27,35
Vzorek 5	HSS 16 min	21,96	28,96
Vzorek 6	testovací ječmen 40 min	19,93	21,22
Vzorek 7	Ječmen 6 min	16,89	24,81
Vzorek 8	Ječmen 12 min	18,44	16,17
Vzorek 9	Ječmen 18 min	13,39	20,93

Tabulka č. 10: Zaoblení před a po omletí

Naměřené hodnoty zaoblení by měly být poměrně přesné, protože se vždy měřilo na 15 místech na břitu. Z toho se použily vždy ty sobě bližší hodnoty, které se následně zprůměrovaly.

	sichtbar	r [nm]	β [°]	a [μm]	b [μm]	K	S [nm]	γ [°]	α [°]
1:	<input checked="" type="checkbox"/>	21136	81.259	19.25	26.115	0.73714	10982	-14.848	23.589
2:	<input type="checkbox"/>	1581	74.257	8.5407	13.792	0.61925	759.96	-7.5042	23.247
3:	<input type="checkbox"/>	1494.9	81.535	2.3847	2.4376	0.97827	750.02	-14.884	23.349
4:	<input checked="" type="checkbox"/>	27404	82.999	28.902	40.366	0.71598	14276	-16.319	23.32
5:	<input checked="" type="checkbox"/>	21759	81.414	20.658	28.456	0.72594	11008	-14.967	23.553
6:	<input checked="" type="checkbox"/>	25325	80.994	29.5	36.895	0.79956	12779	-14.721	23.727
7:	<input type="checkbox"/>	993.29	81.748	3.9171	5.963	0.65689	499.6	-15.538	23.79
8:	<input type="checkbox"/>	1900.9	80.815	5.6362	6.4422	0.87488	937.85	-14.373	23.558
9:	<input checked="" type="checkbox"/>	14331	78.184	17.738	18.075	0.98132	7633	-11.793	23.608
10:	<input checked="" type="checkbox"/>	18188	77.849	17.768	26.524	0.66988	8811.2	-11.529	23.68
11:	<input type="checkbox"/>	1317.5	73.184	5.0831	5.5343	0.91847	618.9	-6.8706	23.686
12:	<input checked="" type="checkbox"/>	21950	79.574	25.501	33.193	0.76828	11593	-12.959	23.386
13:	<input checked="" type="checkbox"/>	16750	81.157	21.96	8.307	2.6435	7921.7	-14.586	23.429
14:	<input type="checkbox"/>	8800.4	79.046	11.436	12.79	0.89406	4669.4	-12.53	23.484
15:	<input checked="" type="checkbox"/>	19801	81.388	24.085	28.659	0.8404	10264	-15.01	23.622

Tabulka č. 11: Nezaškrtnuté hodnoty se nezapočítávají

Extrémní hodnoty se výpočtu nezapočítávaly. Jedná se extrémně malé hodnoty, které vznikly např. nečistotami na vzorcích.

4.3 Finální testy

4.3.1 Úvod

Finální vzorky byly omílány ve třech různých médiích. Pro první dvě média bylo použito nastavení z přípravných testů:

Testování v HSS 1/300 bylo prováděno při parametrech: rychlost hlavního rotoru 40 ot/min a rychlost držáku byla 5 ot/min.

Testování v obilí bylo prováděno při parametrech: rychlost hlavního rotoru 50 ot/min a rychlost držáku byla 5 ot/min.

Pro testování v médiu H4/400 bylo použito nastavení používané ve firmě HOFMEISTER s.r.o. na leštění. Rychlost hlavního rotoru byla 50 ot/min, rychlost držáku 6 ot/min a držák byl natočen o 15°.

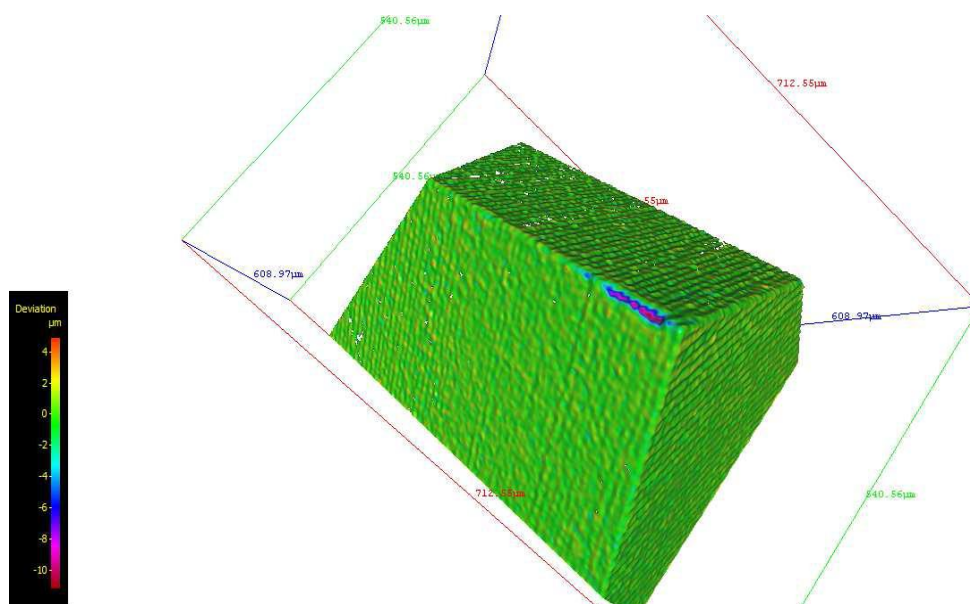
Vzorky byly omílány ve dvou různých časech 30 a 60 minut.

Vzorky se měřily před a po omílání na mikroskopu od firmy Alicona Imaging GmbH.

Měřené parametry:

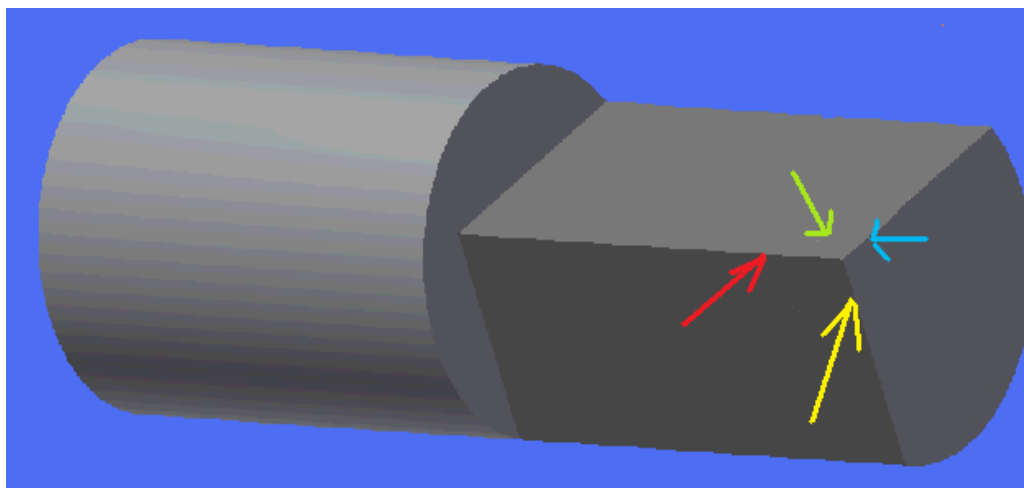
- Drsnost - Ra
- Plošná drsnost - Sa
- Zaoblení

Prováděla se dále diferenční analýza. Diferenční analýza spočívá v tom, že se nasnímá sledovaná hrana nástroje před a po omletí. Při snímání se vytvoří počítačový model. Model vzorku před omletím se poté porovnává s modelem vzorku po omletí.



Obr. č.25: Diferenční analýza

Vzorky byly zdokumentovány na ŘEM Tesla BS340. Dokumentování na ŘEMu se zaměřilo na sledování míst, kde se očekávalo největší opotřebení způsobené omílacím zařízením. Vzorky byly dokumentovány před a po omílání. Při focení hran a špičky bylo použito zvětšení 1000x a při focení plochy bylo použito zvětšení 100x a 1000x.



Obr. č.26: Místa snímaná na ŘEM

Červená, modrá a žlutá šipka ukazují na hrany, které byly zdokumentovány. Zelená šipka směřuje na dokumentovanou plochu. Dále byla dokumentována i špička nástroje, na které bylo očekáváno největší opotřebení.

4.3.2 Značení vzorků a přiřazené parametry

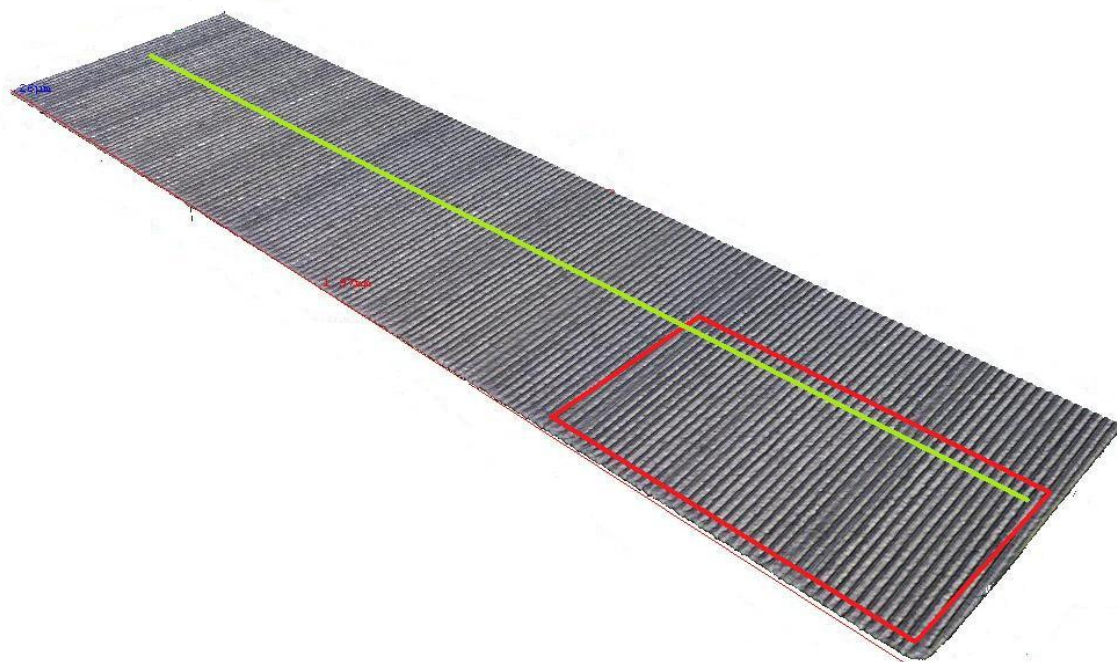
Od každého materiálu bylo vyrobeno šest vzorků. Vzorky byly označeny čísly od 1 do 6. Pro jednotlivá čísla vzorků byly použity následující omílací média a nastavené parametry omílacího zařízení:

Parametry pro jednotlivé vzorky					
číslo vzorku	použité omílací médium	nastavení omílacího zařízení			čas omílání
	-	otáčky hl. Rotoru	otáčky držáku	úhel držáku	-
1. vzorek	HSC 1/300	40 min ⁻¹	5 min ⁻¹	0°	60 minut
2. vzorek	HSC 1/300	40 min ⁻¹	5 min ⁻¹	0°	30 minut
3. vzorek	H4/400	50 min ⁻¹	6 min ⁻¹	15°	60 minut
4. vzorek	H4/400	50 min ⁻¹	6 min ⁻¹	15°	30 minut
5. vzorek	obilí	50 min ⁻¹	5 min ⁻¹	0°	60 minut
6. vzorek	obilí	50 min ⁻¹	5 min ⁻¹	0°	30 minut

Tabulka č. 12: Parametry použité pro omílání finálních vzorků

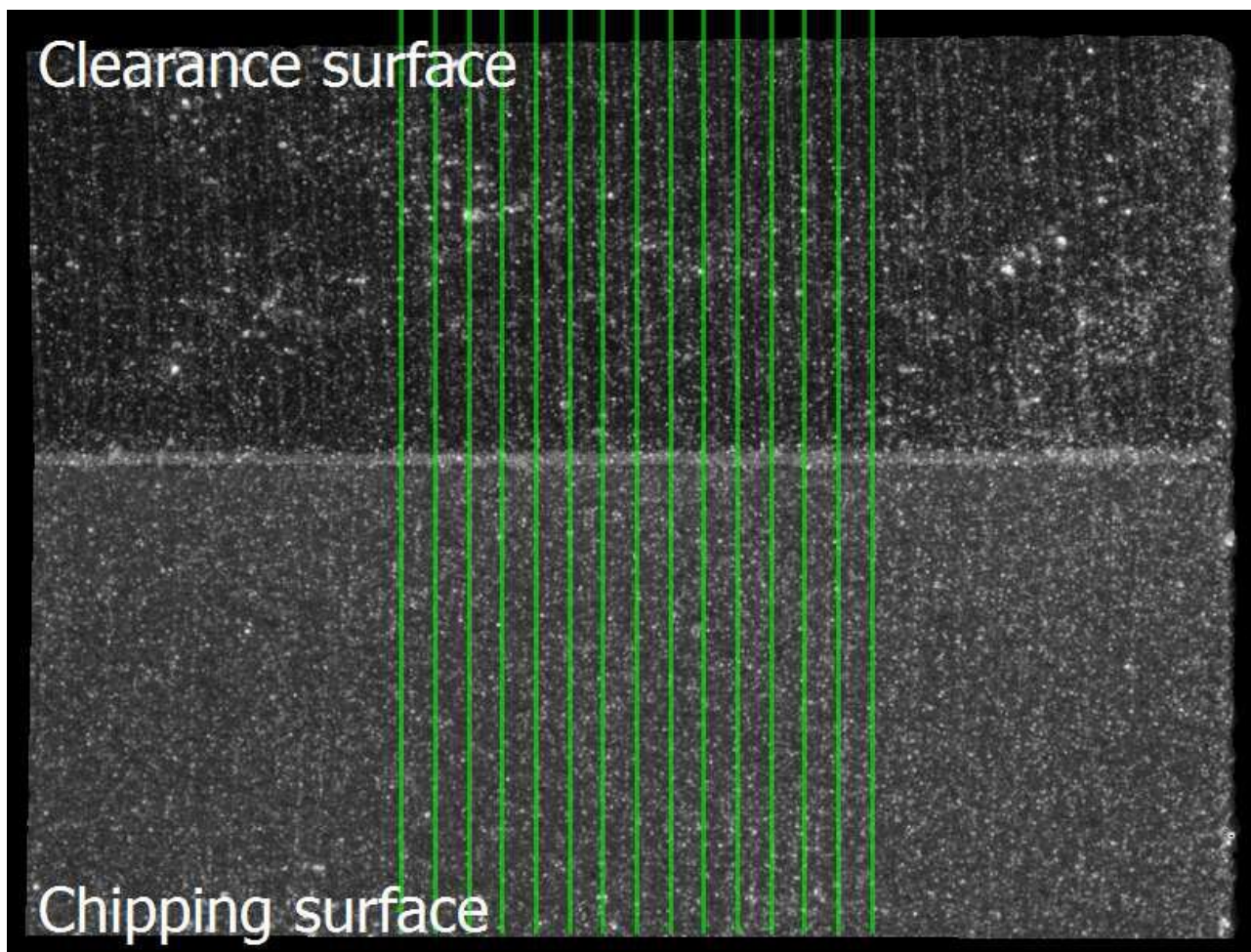
4.3.3 Měření drsnosti, plošné drsnosti a zaoblení pro jednotlivé typy materiálů:

Drsnost Ra a plošná drsnost SRa se měřily na počítačovém modelu nasnímané plochy. Červenou barvou vyznačený obdélník vyznačuje plochu pro měření plošné drsnosti. Obdélník měl délky stran 500 a 300 μ m. Z profilu pod zelenou úsečkou se vypočítala drsnost Ra. Délka úsečky byla 2mm.



Obr. č.27: Počítačový model snímané plochy

Měření zaoblení spočívalo ve vytvoření 15 řezů na hraně vzorku. Na řezech se měřilo zaoblení. Řezy jsou vyznačeny zelenými úsečkami.



Obr. č.28: Měření zaoblení

Výsledky:

TSM33									
	Drsnost Ra [μm]			Plošná drsnost Sa [μm]			Zaoblení [μm]		
	Před	Po	Rozdíl	Před	Po	Rozdíl	Před	Po	Rozdíl
1. vzorek	0,27	0,18	0,09	0,24	0,18	0,06	2,46	18,63	16,17
2. vzorek	0,25	0,37	-0,12	0,27	0,29	-0,02	2,3	12,5	10,2
3. vzorek	0,31	0,26	0,06	0,35	0,3	0,05	2,52	11,92	9,4
4. vzorek	0,29	0,44	-0,15	0,3	0,48	-0,19	2,29	5,63	3,34
5. vzorek	0,26	0,29	-0,03	0,27	0,27	-0,01	2,11	3,29	1,18
6. vzorek	0,33	0,39	-0,06	0,29	0,36	-0,07	2,08	4,05	1,97

Tabulka č. 13: Hodnoty drsností, plošných drsností a zaoblení na vzorcích z materiálu TSM33

K40UF									
	Drsnost Ra [μm]			Plošná drsnost Sa [μm]			Zaoblení [μm]		
	Před	Po	Rozdíl	Před	Po	Rozdíl	Před	Po	Rozdíl
1. vzorek	0,25	0,19	0,06	0,27	0,18	0,09	1,94	16,43	14,49
2. vzorek	0,36	0,32	0,04	0,34	0,26	0,08	1,95	12,89	10,94
3. vzorek	0,21	0,11	0,1	0,21	0,14	0,07	1,56	11,74	10,18
4. vzorek	0,21	0,16	0,05	0,21	0,16	0,06	3,07	4,77	1,7
5. vzorek	0,22	0,38	-0,16	0,23	0,34	-0,11	1,98	2,63	0,65
6. vzorek	0,33	0,24	0,08	0,29	0,22	0,08	1,48	3,58	2,1

Tabulka č. 14: Hodnoty drsností, plošných drsností a zaoblení na vzorcích z materiálu K40UF

K55SF									
	Drsnost Ra [μm]			Plošná drsnost Sa [μm]			Zaoblení [μm]		
	Před	Po	Rozdíl	Před	Po	Rozdíl	Před	Po	Rozdíl
1. vzorek	0,5	0,52	-0,02	0,48	0,48	0	1,85	14,67	12,82
2. vzorek	0,27	0,27	0	0,3	0,31	-0,01	2	11,79	9,79
3. vzorek	0,42	0,27	0,15	0,42	0,26	0,17	2,2	11,21	9,01
4. vzorek	0,37	0,27	0,1	0,4	0,31	0,1	2,52	8,96	6,44
5. vzorek	0,37	0,43	-0,06	0,36	0,38	-0,01	2,2	2,82	0,62
6. vzorek	0,33	0,41	-0,08	0,33	0,39	-0,06	2,12	2,57	0,45

Tabulka č. 15: Hodnoty drsností, plošných drsností a zaoblení na vzorcích z materiálu K55SF

Při omílání docházelo k vyhlazení i ke zdrsnění povrchu. Ať už se jednalo o měření drsnosti Ra nebo plošné drsnosti Sa. Hodnota zaoblení se ovšem vždy zvětšovala. Je však divné, že u vzorků omílaných v H4/400 se během první půl hodiny zaoblení zvětšilo o menší hodnotu, než při hodinovém omílání v tomtéž médiu. Přitom by se mělo zaoblení zvětšovat větší rychlostí, když je zaoblení malé, protože dochází k menšímu úbytku materiálu. Tento stav nenastal pouze u vzorků z materiálu K55SF. První dva materiály jsou měkčí a houževnatější oproti K55SF. Je možné, že se při obrábění povrch materiálů K55SF protváří a tepelně ovlivní méně než u materiálů TSM33 a K40UF. Tvrdší protvářená a tepelně ovlivněná vrstva na hranách a na povrchu může způsobovat, že déle trvá než se hrany a plochy omelou. Ovšem po omlení tvrdší vrstvy se omílací médium dostane k měkčímu, obráběním neprotvářenému a tepelně neovlivněnému materiálu a ten je médium H4/400 schopno omlít rychleji. Tento jev při omílání médiem HSC 1/300 nenastal.

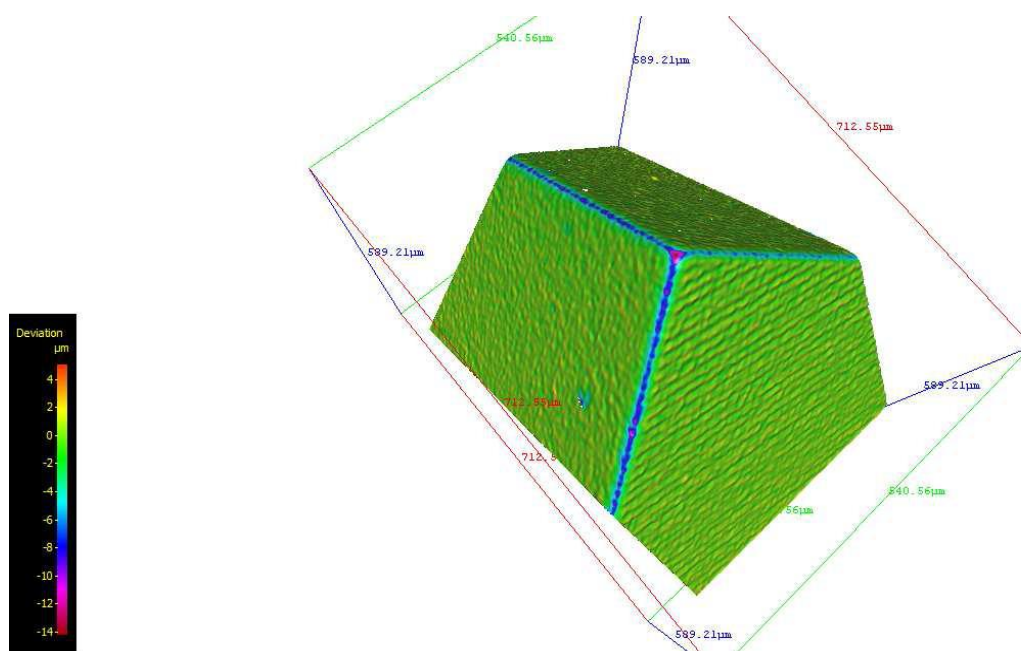
4.3.4 Porovnávání snímků z řádkovacího mikroskopu s diferenční analýzou dle typů médií a materiálů nástrojů.

Diferenční analýza byla používána při zkoumání fotografií z řádkovacího mikroskopu. Jasně totiž ukazuje místa s největším úbytkem materiálu dle použitého barevného spektra. Porovnávaly se vždy vzorky použité do jednotlivých médií a sledovaly se změny s ohledem na použitý materiál vzorků.

4.3.4.1 Vzorky omílané v HSC 1/300 po dobu 1 hodiny

1. Vzorek z materiálu TSM33 č.1

Diferenční analýza:

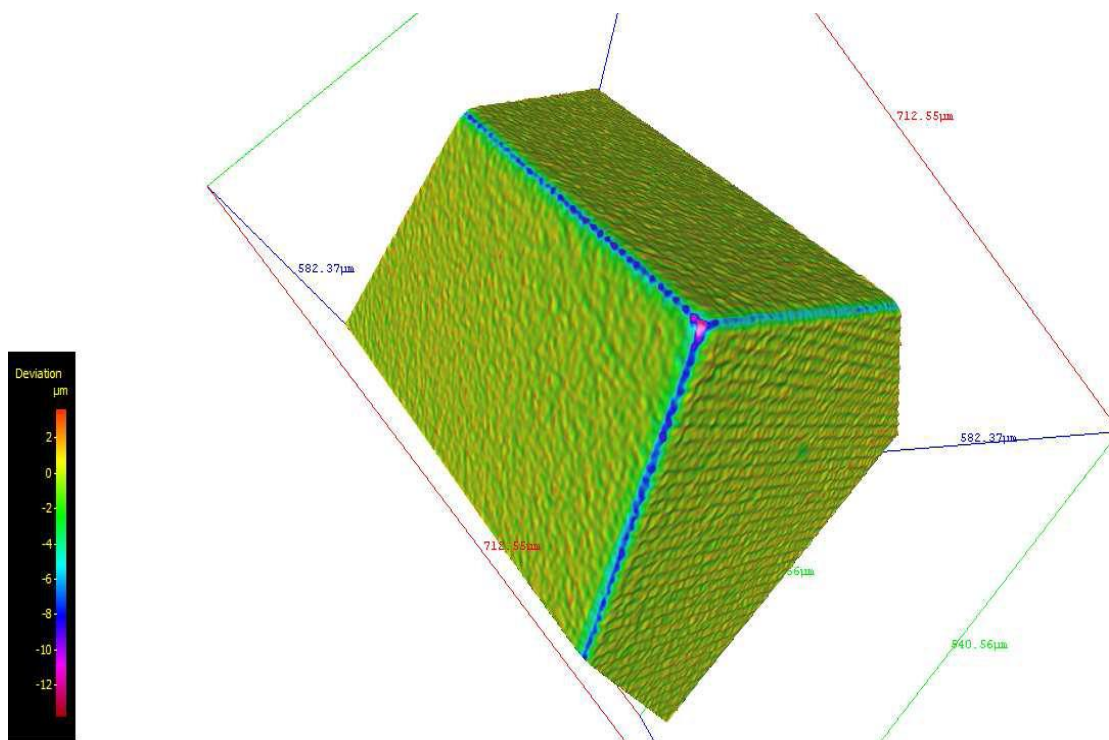


Obr. č.29: Diferenční analýza materiálu TSM33 vzorek č.1

Diferenční analýza ukazuje úbytek materiálu na všech hranách, nejvíce však na špičce.

2. Vzorek z materiálu K40UF č.1

Diferenční analýza:

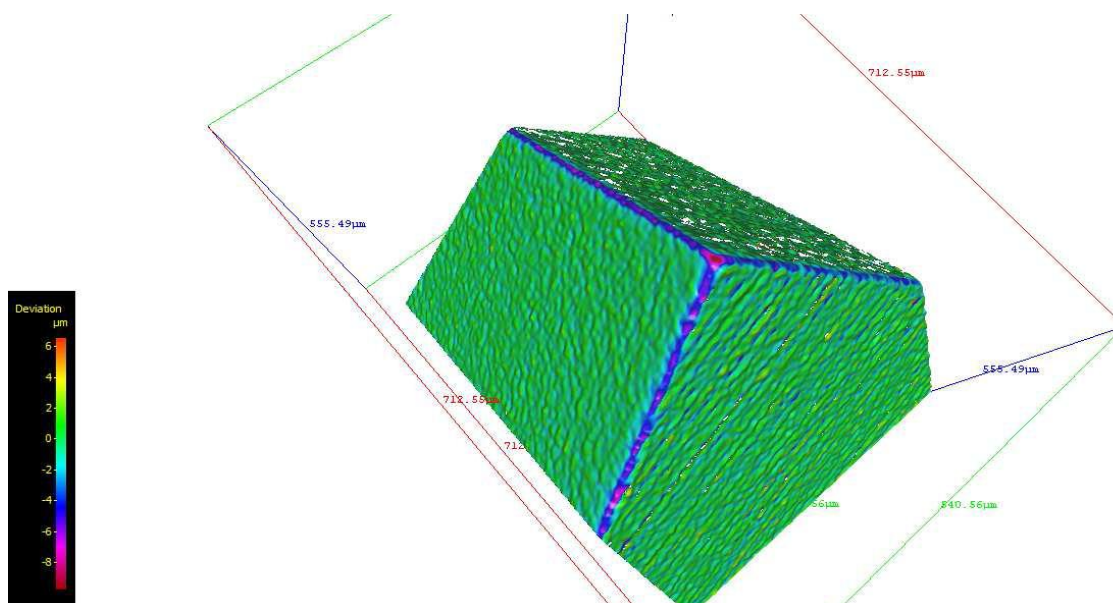


Obr. č.30: Diferenční analýza materiálu K40UF vzorek č.1

Analýza opět ukazuje největší úbytek na špičce a rovnoměrné úbytky na hranách.

3. Vzorek z materiálu K55SF č.1

Diferenční analýza:



Obr. č.31: Diferenční analýza materiálu K55SF vzorek č.1

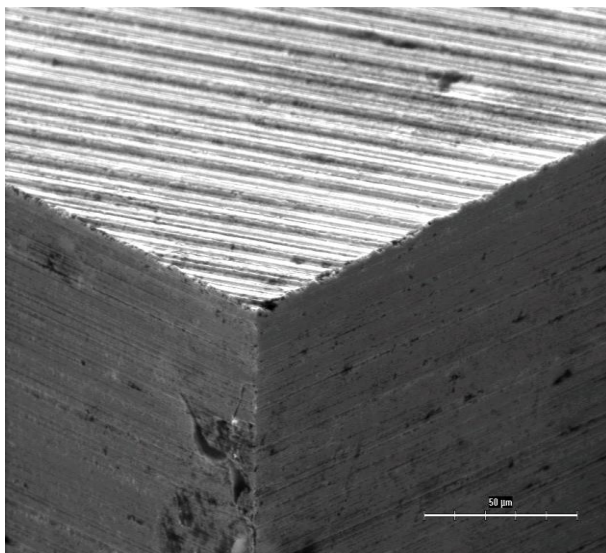
Analýza ukazuje největší úbytek na špičce, ale úbytek na hranách už není tak rovnoměrný.

Parametry použité pro vzorky omílané v HSC 1/300.

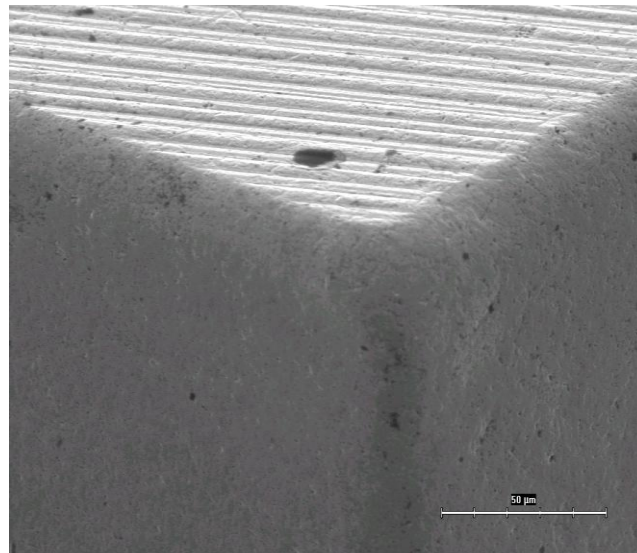
Parametry pro jednotlivé vzorky					
číslo vzorku	použité omílací médium	nastavení omílacího zařízení			čas omílání
	-	otáčky hl. Rotoru	otáčky držáku	úhel držáku	-
1. vzorek	HSC 1/300	40 min ⁻¹	5 min ⁻¹	0°	60 minut
2. vzorek	HSC 1/300	40 min ⁻¹	5 min ⁻¹	0°	30 minut

Tabulka č. 16: Parametry pro vzorky omílané v médiu HSC 1/300

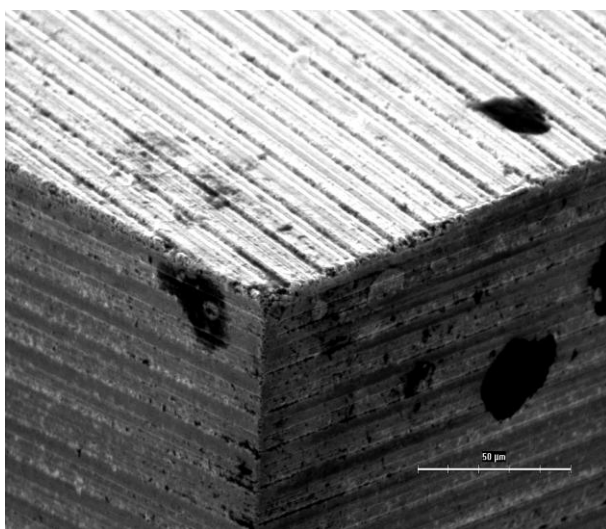
Porovnání snímků špičky a snímané plochy z ŘEM před a po omílání:



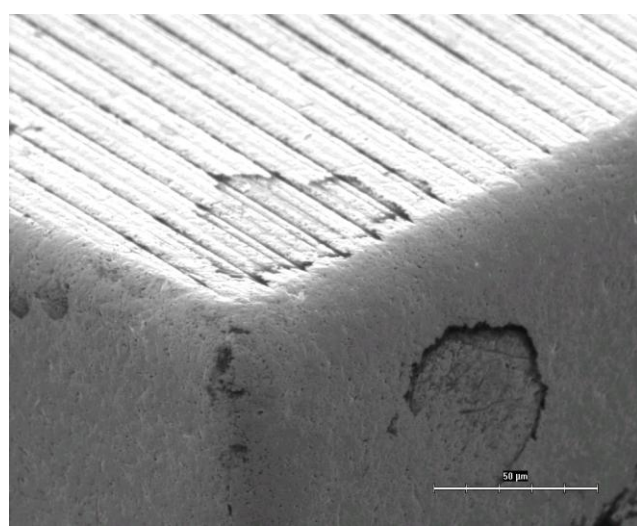
Obr. č.32: TSM33-1 špička před



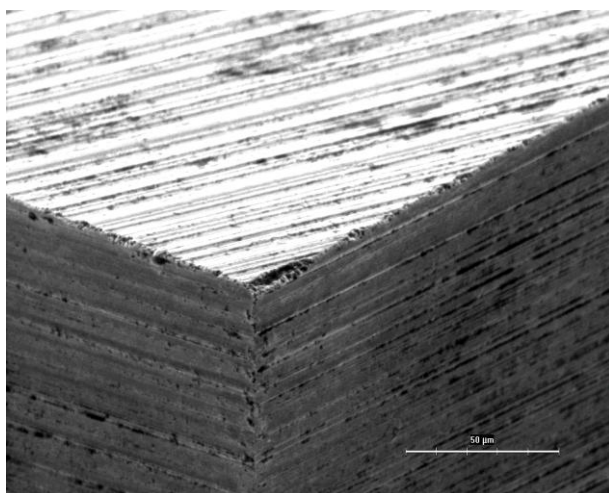
Obr. č.33: TSM33-1 špička po



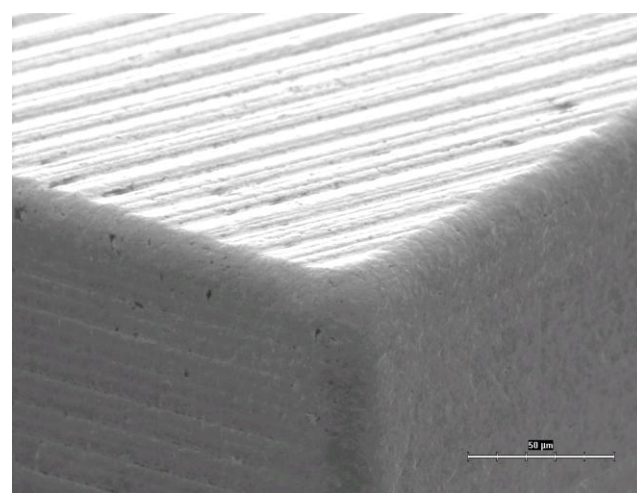
Obr. č.34: K40UF-1 špička před



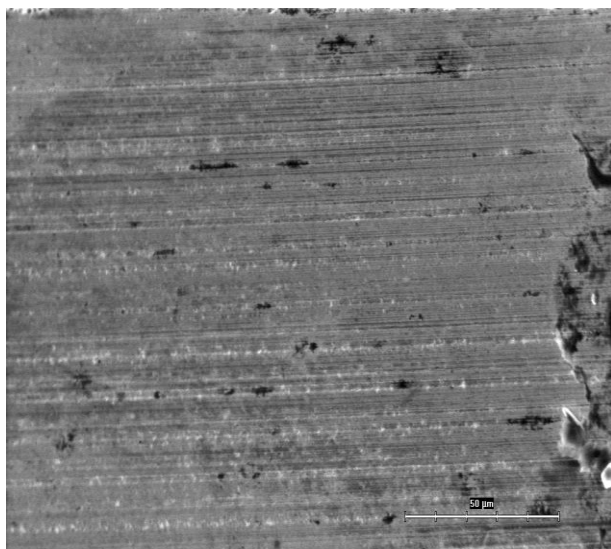
Obr. č.35: K40UF-1 špička po



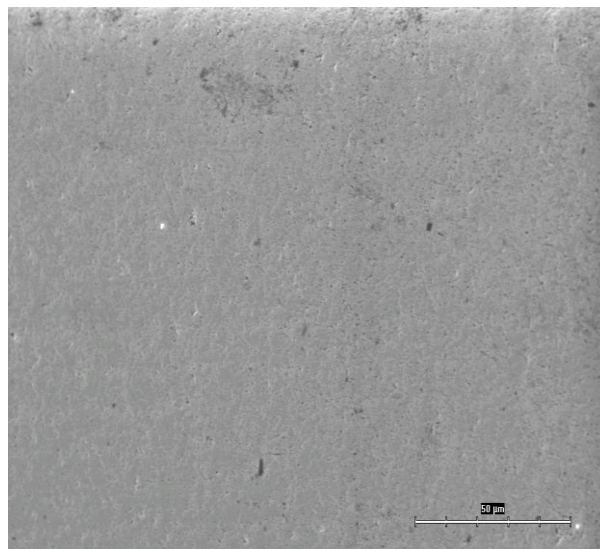
Obr. č.36: K55SF-1 špička před



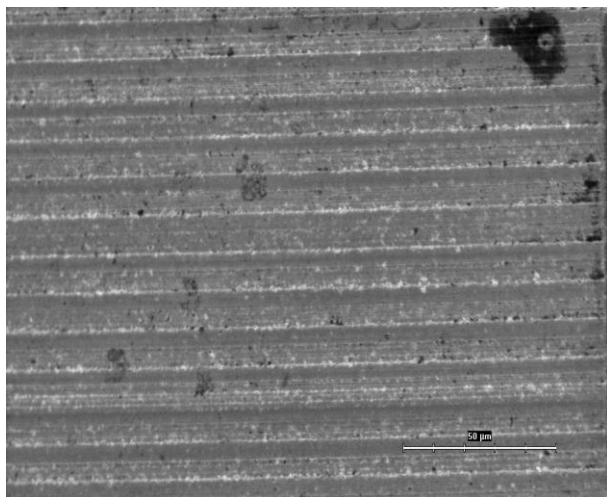
Obr. č.37: K55SF-1 špička po



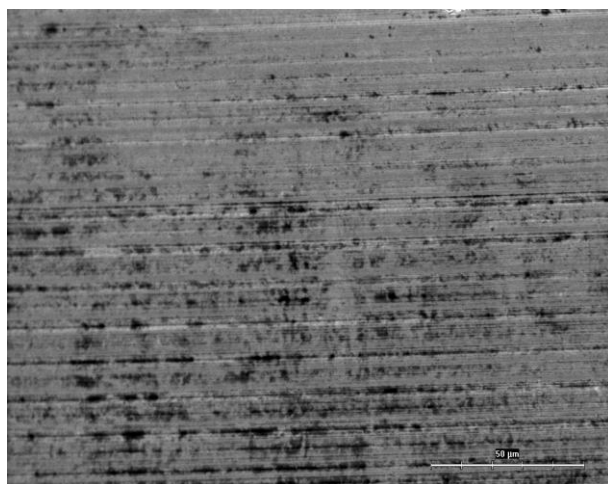
Obr. č.38: TSM33-1 sledovaná plocha před



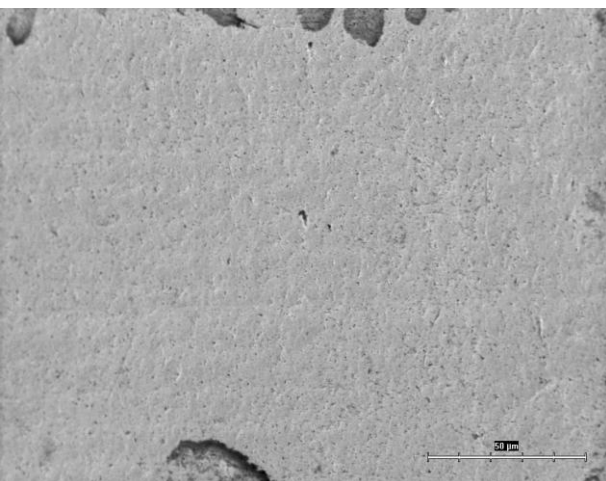
Obr. č.39: TSM33-1 sledovaná plocha po



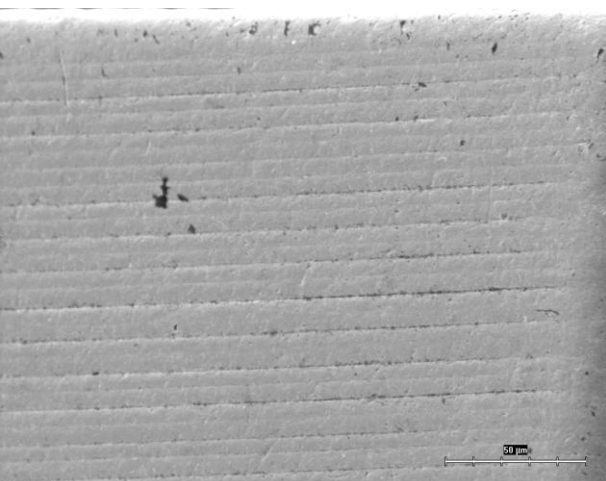
Obr. č.40: K40UF-1 sledovaná plocha před



Obr. č.42: K55SF-1 sledovaná plocha před



Obr. č.41: K40UF-1 sledovaná plocha po



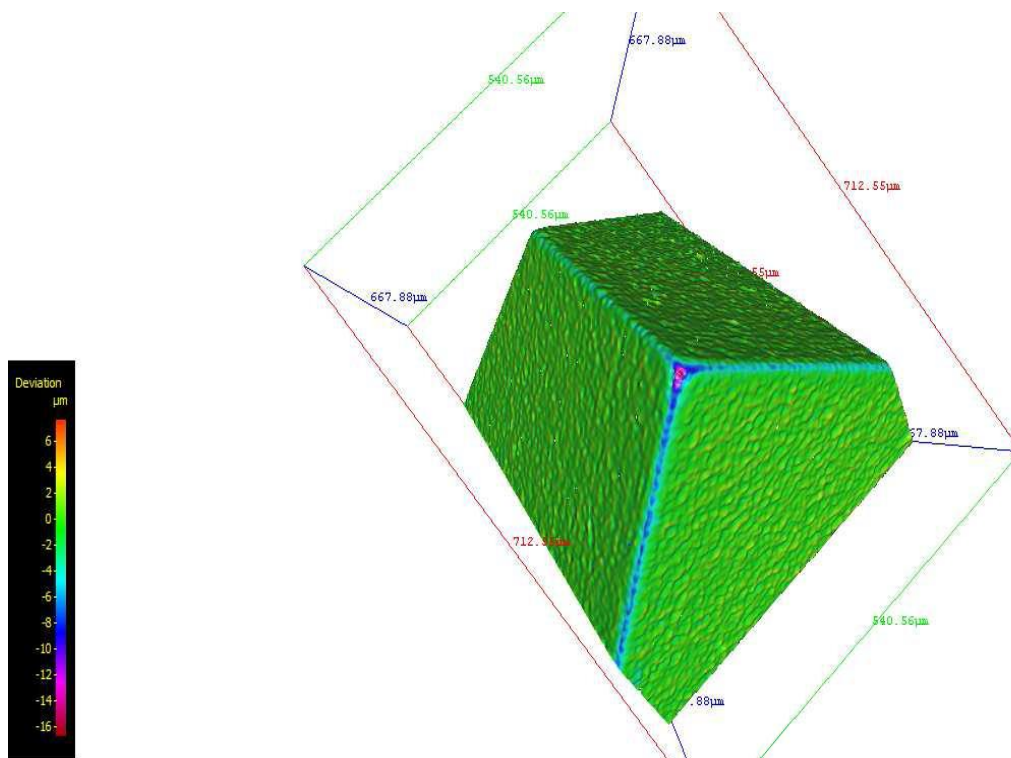
Obr. č.43: K55SF-1 sledovaná plocha po

HSC 1/300 omílá skvěle hrany použitých vzorků. Nejméně omílá nejtvrďší materiál K55SF, kde jsou stále patrné drážky po obráběcím nástroji.

4.3.4.2 Vzorky omílané v H4/400 po dobu 1 hodiny

1. Vzorek z materiálu TSM33 č.3

Diferenční analýza:

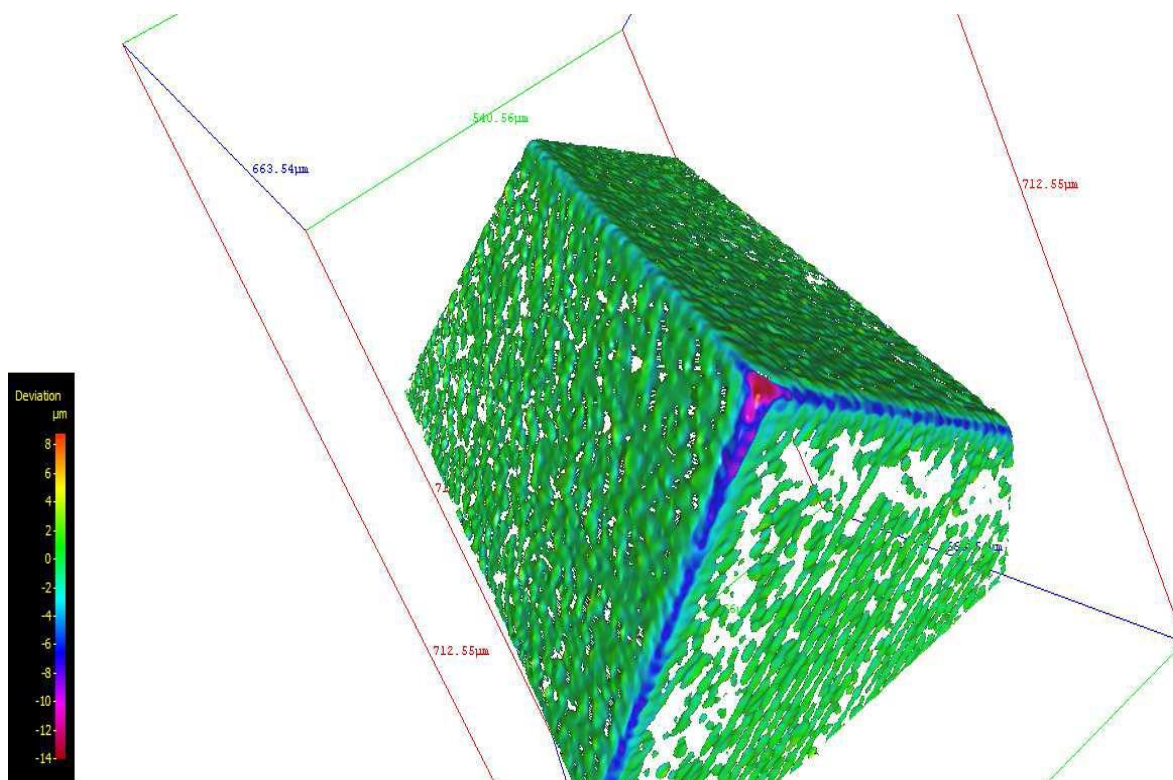


Obr. č.44: Diferenční analýza materiálu TSM33 vzorek č.3

Analýza ukazuje výrazné omletí špičky. Hrany jsou oproti HSC 1/300 omlety méně.

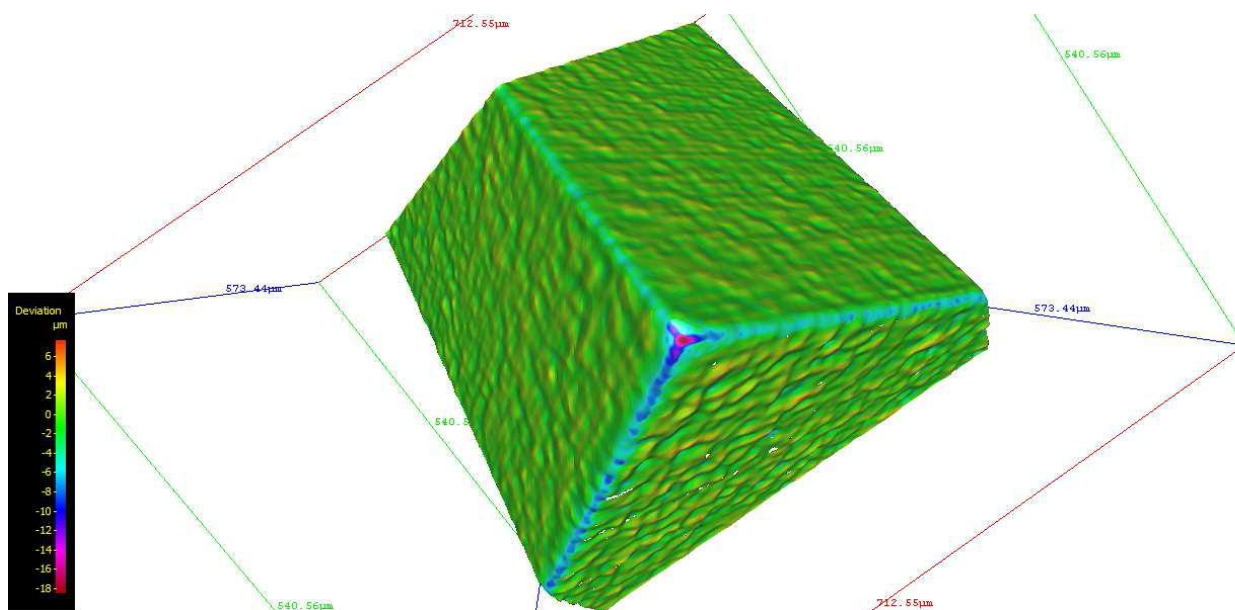
2. Vzorek z materiálu K40UF č.3

Diferenční analýza:



Obr. č.45: Diferenční analýza materiálu K40UF vzorek č.3
Bílá místa na modelu jsou vyleštěna do zrcadlového lesku.

3. Vzorek z materiálu K55SF č.3



Obr. č.46: Diferenční analýza materiálu K55SF vzorek č.3

Diferenční analýza

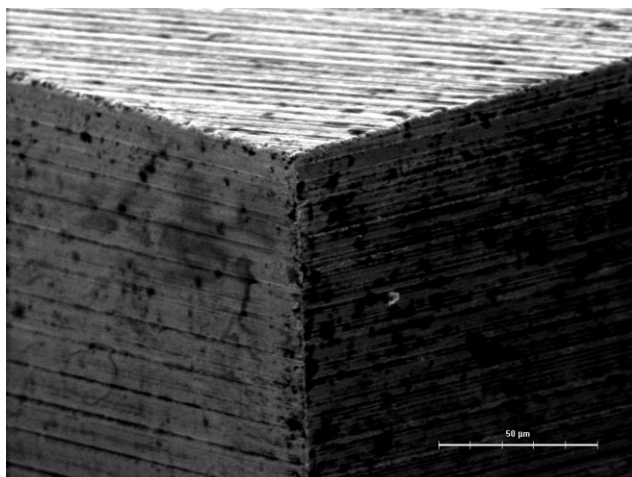
Vzorek K55SF je dle diferenční analýzy omlet méně než předchozí dva materiály

Parametry použité pro vzorky omílané v H4/400

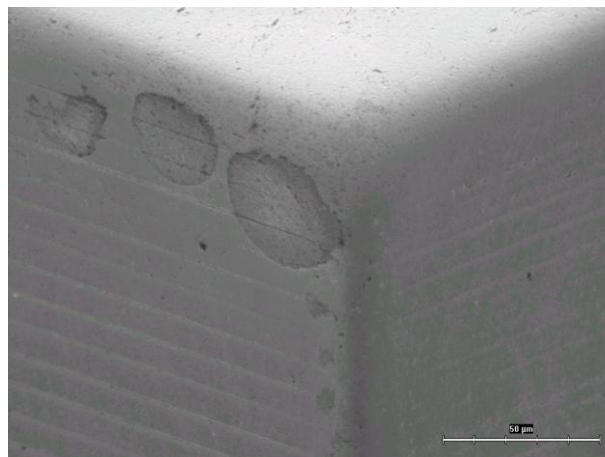
Parametry pro jednotlivé vzorky					
číslo vzorku	použité omílací médium	nastavení omílacího zařízení			čas omílání
		otáčky hl. Rotoru	otáčky držáku	úhel držáku	
3. vzorek	H4/400	50 min ⁻¹	6 min ⁻¹	15°	60 minut
4. vzorek	H4/400	50 min ⁻¹	6 min ⁻¹	15°	30 minut

Tabulka č. 17: Parametry pro vzorky omílané v médiu H4/400

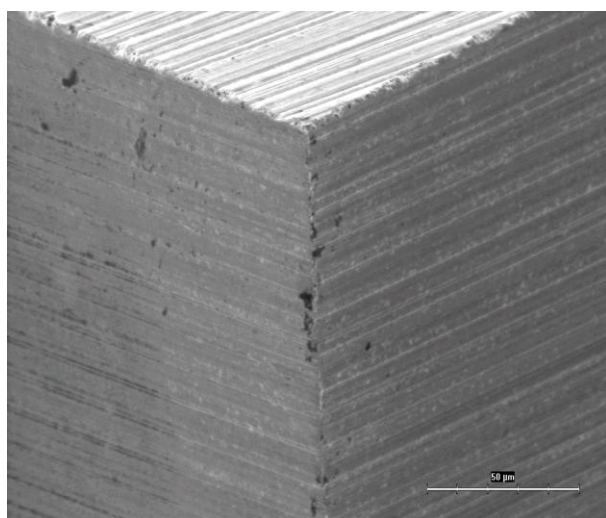
Porovnání snímků špičky a snímané plochy z ŘEM před a po omílání:



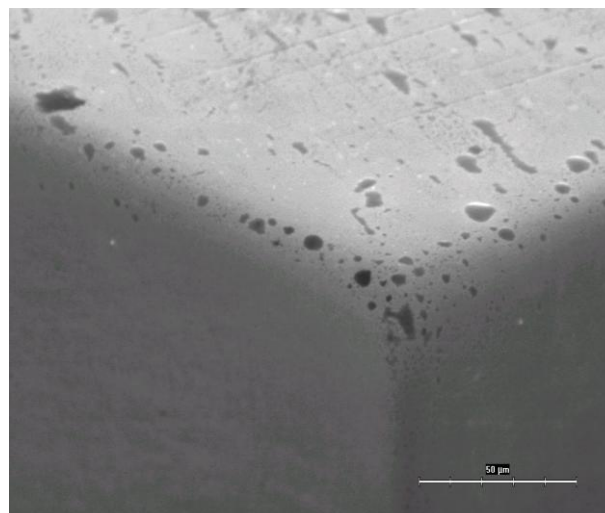
Obr. č.47: TSM33-3 špička před



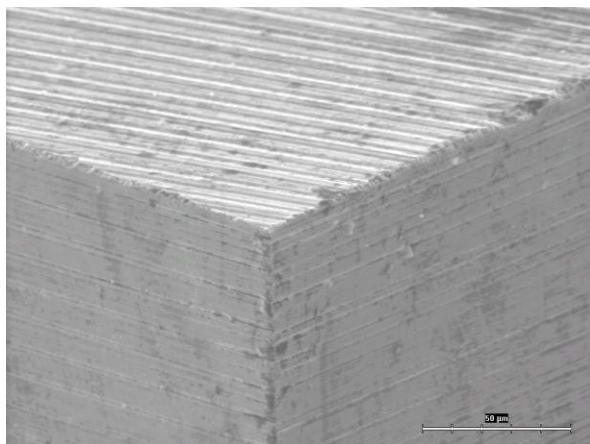
Obr. č.48: TSM33-3 špička po



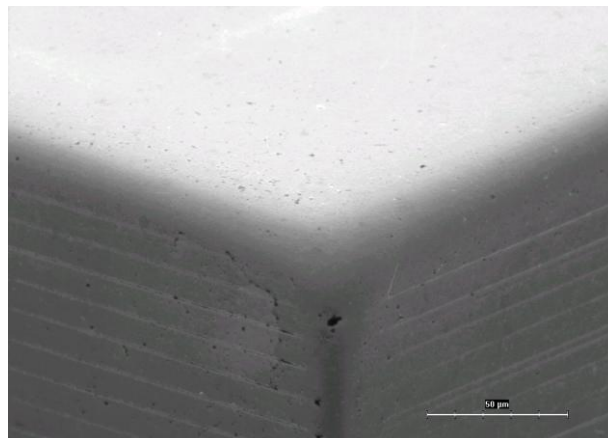
Obr. č.49: K40UF-3 špička před



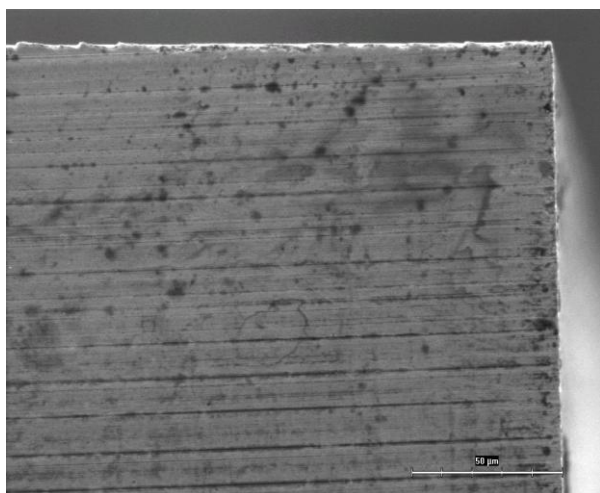
Obr. č.50: K40UF-3 špička po



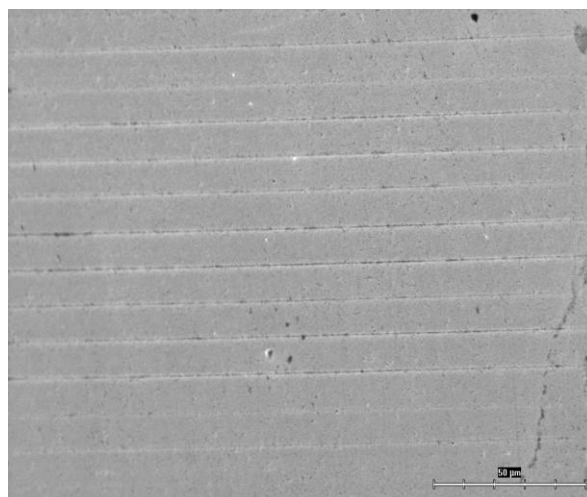
Obr. č.51: K55SF-3 špička před



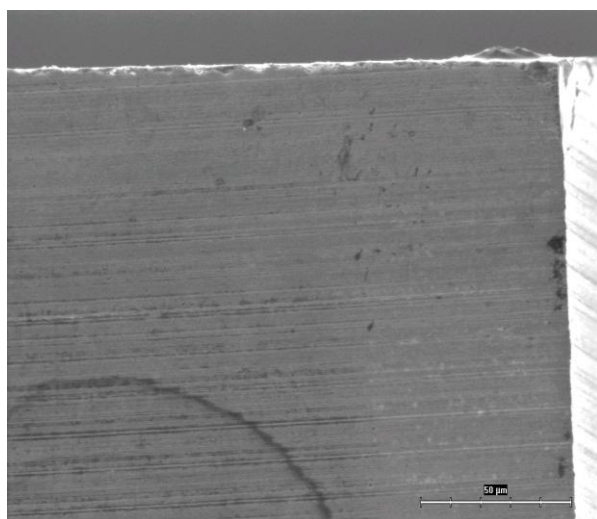
Obr. č.52: K55SF-3 špička po



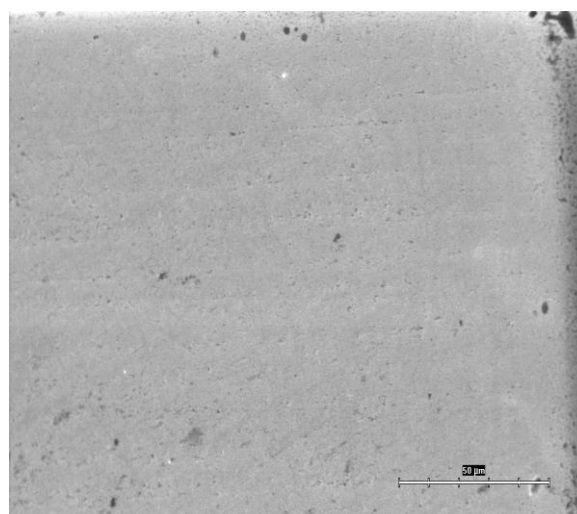
Obr. č.53: TSM33-3 sledovaná plocha před



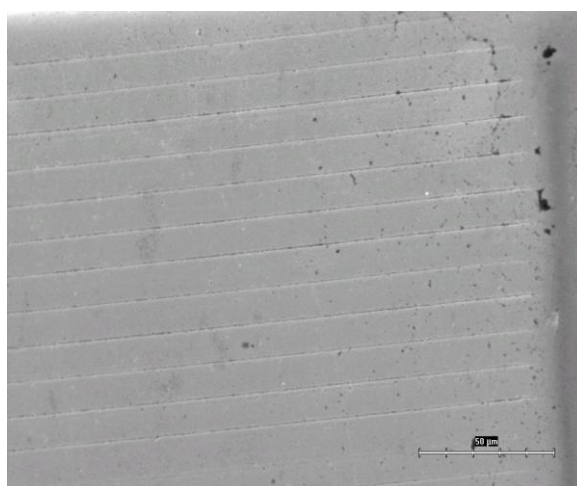
Obr. č.54: TSM33-3 sledovaná plocha po



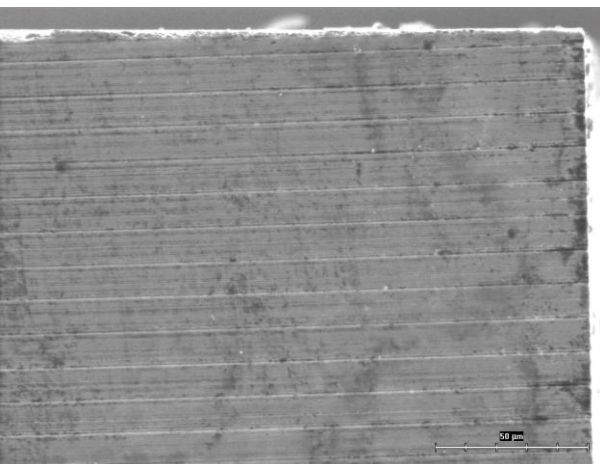
Obr. č.55: K40UF-3 sledovaná plocha před



Obr. č.56: K40UF-3 sledovaná plocha po



Obr. č.58: K55SF-3 sledovaná plocha po



Obr. č.57: K55Sf-3 sledovaná plocha před

Z obrázků je patrné, že nejvíce je omílána vrchní plocha vzorků. To je způsobeno natočením držáků na omílacím zařízení o 15° . Hrany a plochy jsou oproti HSC 1/300 omleté výrazně jemněji, což je způsobeno jemnější brusnou složkou v médiu.

4.3.4.3 Vzorky omílané v médiu obilí

K vzorkům omílaným v obilí se přistupovalo trochu jinak. Zatímco u předchozích dvou médií se porovnávání zaměřilo na vzorky omílané hodinu, u vzorků omílaných v médiu z obilí se porovnávání zaměřilo na poškození omílaných hran vzorků. K těmto poškozením docházelo jak u vzorků omílaných půl hodiny tak hodinu. Zde jsou zobrazeny ty nejvíce patrná poškození.

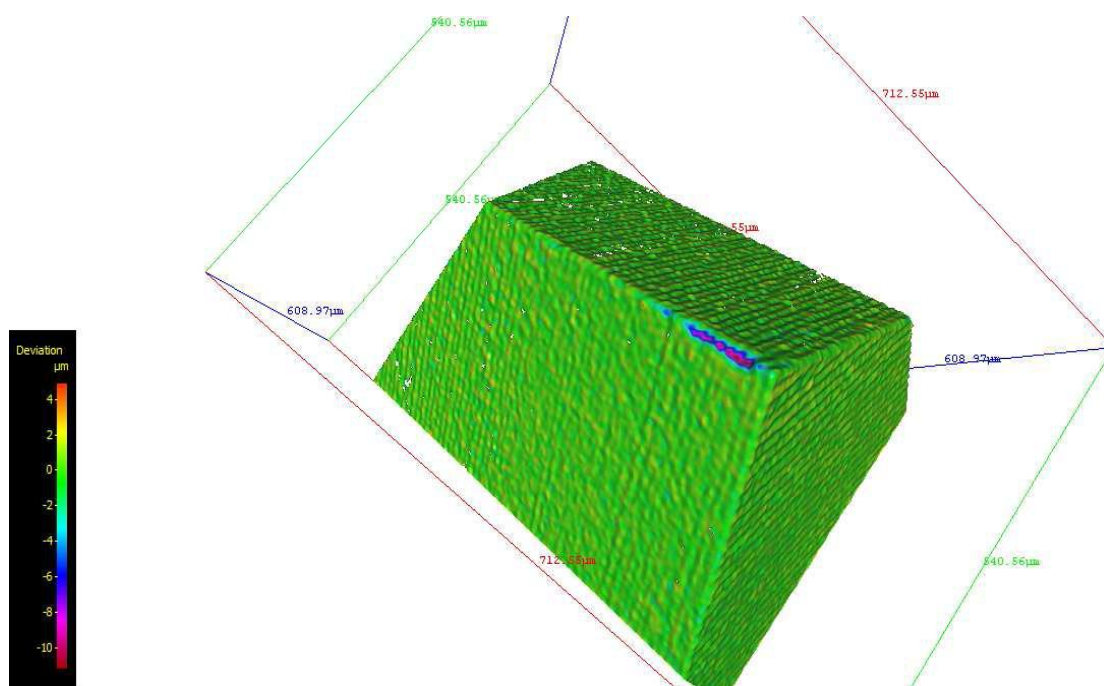
Parametry použité pro vzorky omílané v médiu obilí

Parametry pro jednotlivé vzorky					
číslo vzorku	použité omílací médium	nastavení omílacího zařízení			čas omílání
-	-	otáčky hl. Rotoru	otáčky držáku	úhel držáku	-
5. vzorek	obilí	50 min^{-1}	5 min^{-1}	0°	60 minut
6. vzorek	obilí	50 min^{-1}	5 min^{-1}	0°	30 minut

Tabulka č. 18: Parametry pro vzorky omílané v médiu obilí

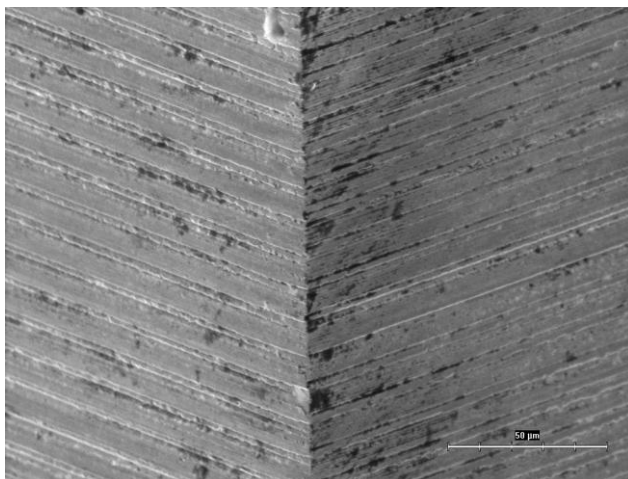
1. Vzorek z materiálu TSM33 č.6

Diferenční analýza:

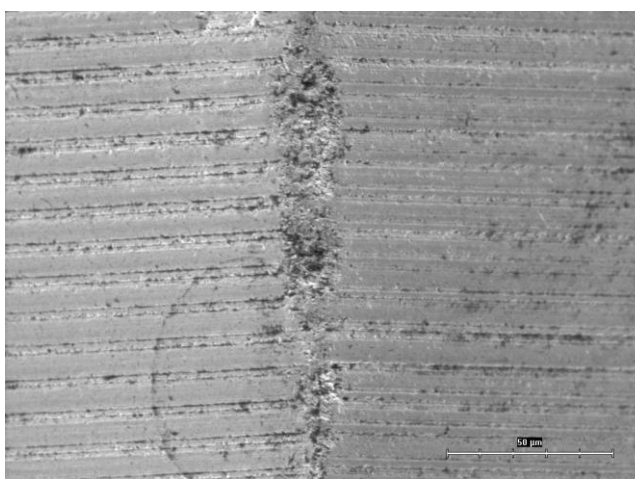


Obr. č.59: Diferenční analýza materiálu TSM33 vzorek č.6

Fotografie z ŘEM poškozeného místa před a po omletí:

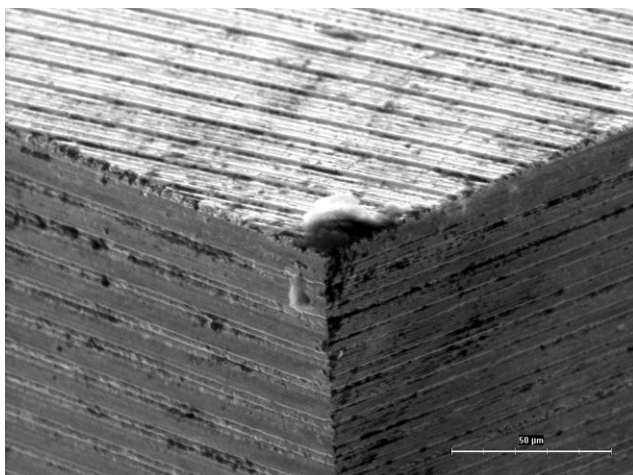


Obr. č.60: TSM33-6 poškozené místo před

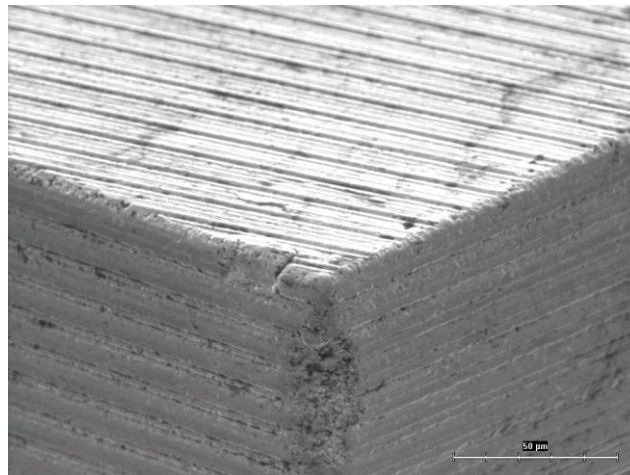


Obr. č.61: TSM33-6 poškozené místo po

Na těchto fotografiích jsou patrné malé změny zaoblení na hranách:



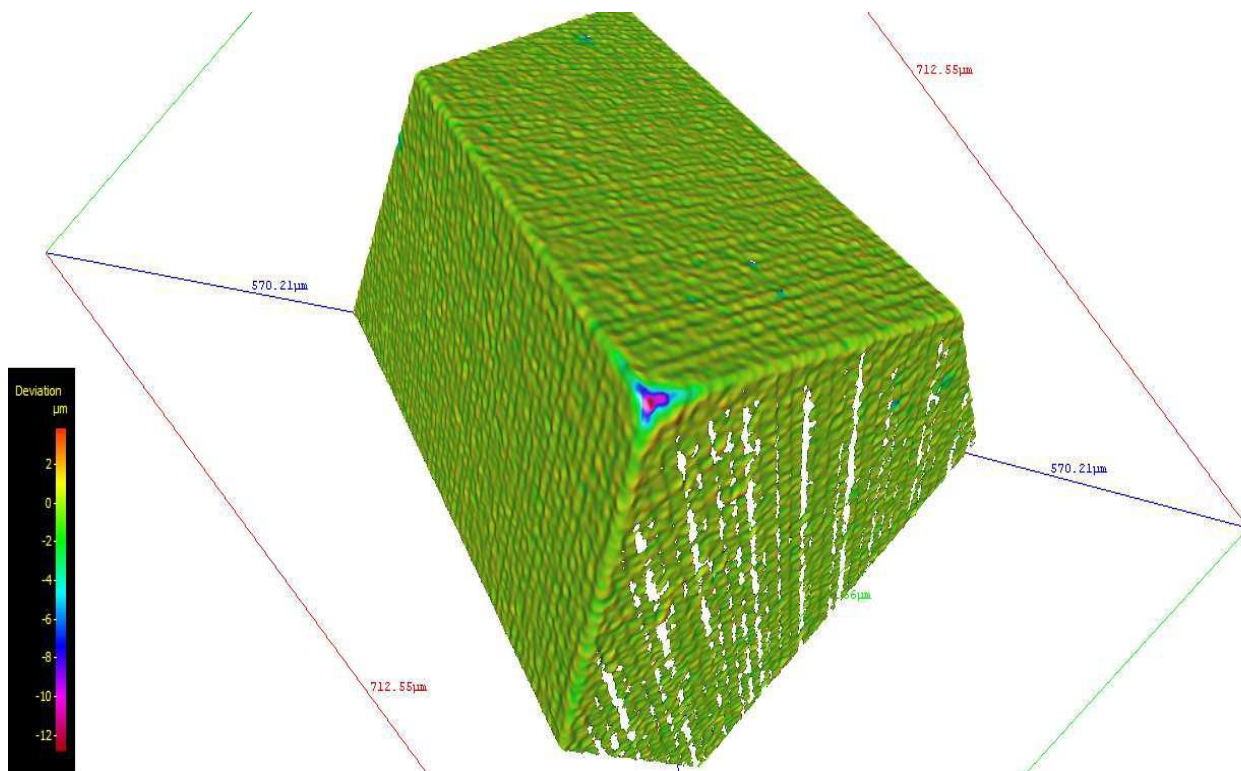
Obr. č.62: TSM33-6 špička před



Obr. č.63: TSM33-6 špička po

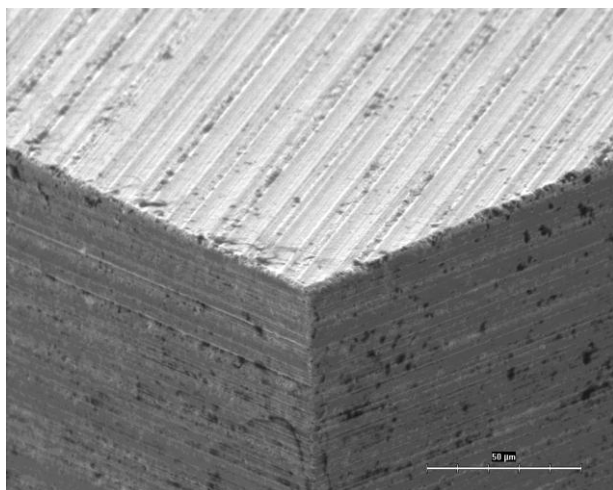
2. Vzorek z materiálu K40UF č.5

Diferenční analýza:

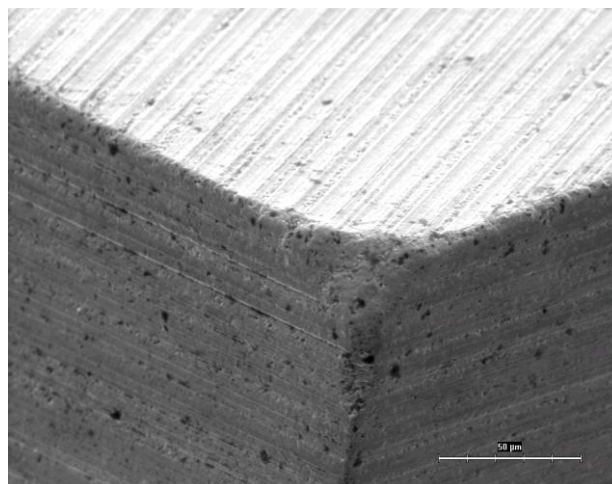


Obr. č.64: Diferenční analýza materiálu K40UF vzorek č.5

Fotografie uražené špičky z ŘEM před a po omletí:



Obr. č.65: K40UF-5 špička před

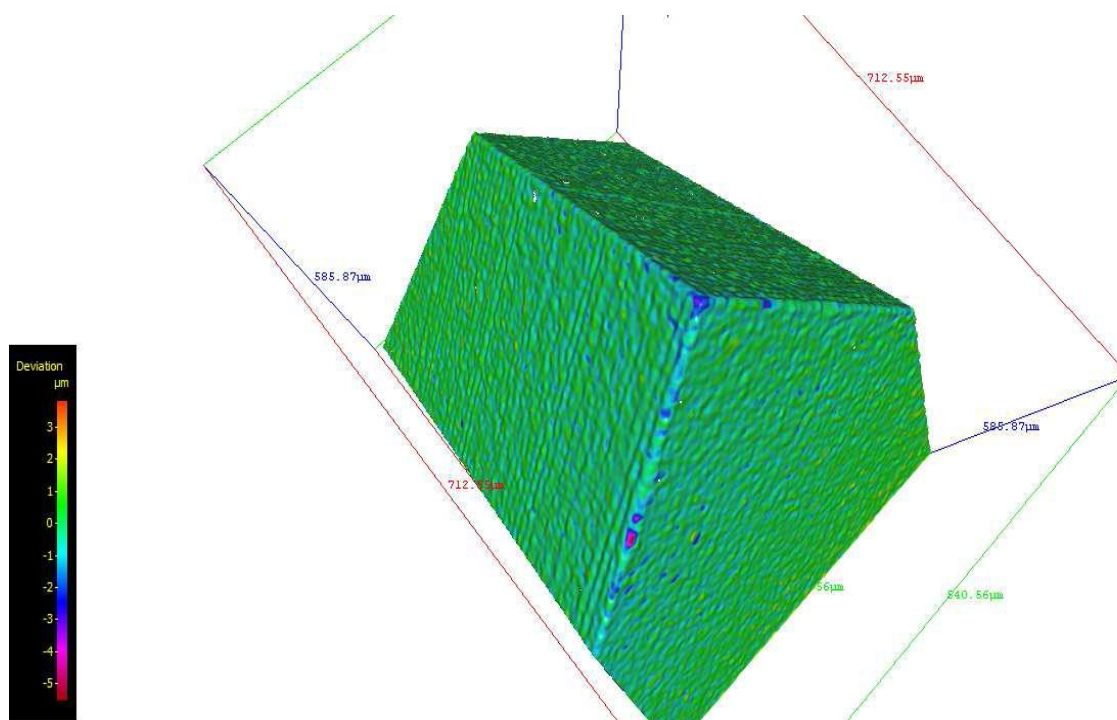


Obr. č.66: K40UF-5 špička po

Na vzorku došlo vlivem omílání k uražení špičky. Hrany byly jemně omleté.

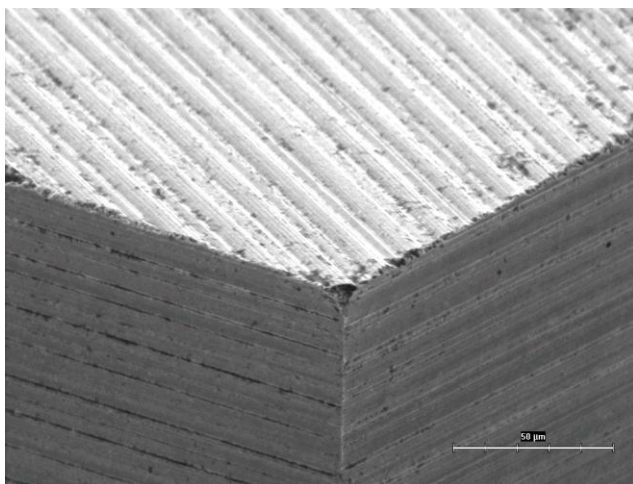
3. Vzorek z materiálu K55SF č.5

Diferenční analýza:

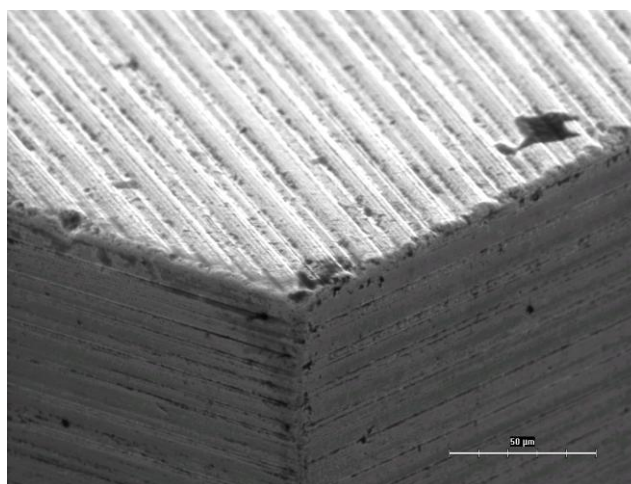


Obr. č.67: Diferenční analýza materiálu K55SF vzorek č.5

Fotografie špičky z ŘEM:



Obr. č.68: K55SF-5 špička před



Obr. č.69: K55SF-5 špička po

Hrany jsou od zrn obilí mírně olámané. Na materiál K55SF mělo obilí nejmenší vliv, z hlediska posuzovaného poškození. Došlo také k jemnému zaoblení hran.

4.3.5 Závěry k finálnímu testování

Měření na elektronovém rastrovacím mikroskopu (ŘEM) výrazně pozvedly možnosti hodnocení jednotlivých nástrojů. Diferenční analýza značně zjednodušovala práci při zkoumání fotografií z ŘEM. Měření drsnosti SRa a měření plošné drsnosti ukázala velmi podobné výsledky. Z toho plyne, že měření drsnosti Ra nebude tak nepřesné, jak napovídaly výsledky první fáze testů. Zřejmě skutečně dochází v některých případech, při omílání, k zdrsnění povrchu. Výsledky z analýz s využitím ŘEM ukázaly, že typ materiálu ovlivňuje vliv obrábění a omílání na výslednou mikrogeometrii břitu. Například materiál K55SF, který je přibližně o 300 HV tvrdší a má nižší houževnatost než zbylé dva materiály měl často olámané hrany již předtím, než se začal omílat v médiu obilí.

Obilí ač vzhledem k tvrdosti použitých nástrojů velmi měkký materiál, dokázalo ulamovat kousky slinutých karbidů. To bylo nejspíše způsobeno velikostí těchto zrn. Kdyby zrna obilí byly menší, tak by takové poškození způsobovat nemohly. Sledovaná plocha, zobrazená u prvních dvou médií, není u obilí v práci uvedena, neboť nedošlo k žádným patrným změnám.

5 Závěr

Cílem této práce bylo určení vlivu vlečného omílání na změnu povrchových vlastností břitů nástrojů ze slinutých karbidů. Při omílání dochází na povrchu materiálů ke změnám, které mohou být pozitivní i negativní. Za pozitivní změny lze považovat snižování hodnot drsnosti a zaoblování řezné hrany. Za negativní změny lze považovat vylamování materiálu na povrchu nástrojů. U médií HSC 1/300 a H4/400 dochází ve většině případů k pozitivním změnám. Hodnoty drsnosti se snižovaly a hodnoty zaoblení se zvyšovaly. U experimentálního obilného média docházelo také ke snižování zaoblení, ale hodnoty drsnosti se ve většině případů zvyšovaly. Navíc docházelo k vylamování slinutého karbidu. To neznamená, že je nutné toto médium zahrnout. Nadrcením zrn obilí a přidáním jemného abraziva by toto médium mohlo dosáhnout vlastností vhodných pro omílání nástrojů ze slinutých karbidů. Všechny zmíněné změny jsou detailně zdokumentovány.

Díky tomu, že se provedla přípravná testovací fáze, se mohla lépe připravit finální fáze. Ve firmě HOFMEISTER s.r.o. došlo k výraznému zlepšení v dokumentování mezi přípravnou a finální fází provedených testů. Přibyla diferenční analýza a metody měření zaoblování a drsnosti se dostaly na vyšší úroveň. Bylo tak možno lépe dokumentovat sledované povrchy. Navíc přibýlo ještě jedno omílací médium. Ve finální fázi se podařilo velmi dobře zdokumentovat povrchy použitých slinutých karbidů. Bylo nafoceno přes 200 snímků na řádkovacím mikroskopu. Byly tak jasně patrné změny mezi neomletými a omletými vzorky.

Seznam použité literatury

[1] HUMÁR A.: Materiály pro řezné nástroje, 2008.

[2] CERATIZIT S.A.: Katalog Hartmetall für Präzisionswerkzeuge

http://www.ceratizit.com/4170B_DEA_HTML.php?lc=7&entryId=1000313767_BS&expandId=1000484823

[3] Arno Friedrichs Hartmetall GmbH & Co. KG.: Katalog

<http://www.afcarbide.de/images/stories/flags/english.pdf>

[4] HHT – Hartmetall GmbH & Co. KG.: přehled produktů

http://www.hht-hartmetall.com/hartmetall_sortenuebersicht2009.pdf

[5] MUSIL.M.: Bakalářská práce: Příprava řezného nástroje před povlakováním, 2010.VUT

www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id...

[6] Rösler Oberflächentechnik GmbH

<http://www.rosler.com/produkte/gleitschlifftechnik/>

[7] OTEC präzisionsfinish GmbH

http://www.otec.de/fileadmin/user_upload/mediapool/pdf/prospekt_df/Prospekt_DF_D.pdf

[8] Swiss industrial company

http://www.enterprise-europe-network.ec.europa.eu/src/matching/templates/completerec.cfm?bbs_id=163250

[9]hodnocení výživné hodnoty krmiv

http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/cvicebnice/krmivo.php?krmivo=12