



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Abrasivní dokončování povrchu, novinky technologií

Název projektu:

Věda pro život, život pro vědu

Registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/45.0029



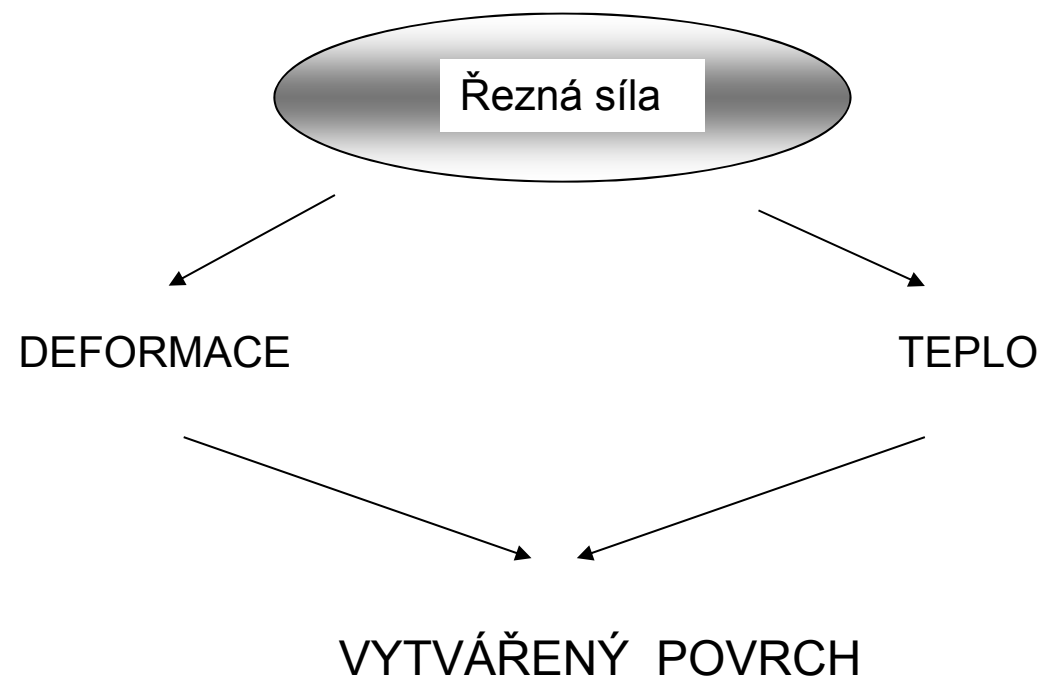
V Ústí n. L., duben 2014

Prof. Dr. Ing. František Holešovský

Abrázivní dokončování povrchu



PROCES ABRAZIVNÍHO OBRÁBĚNÍ

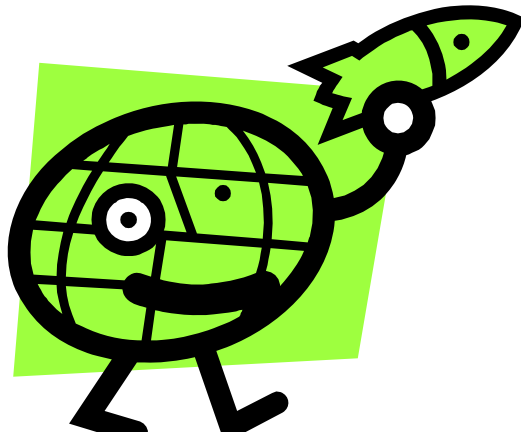


JAKÉ SLOŽKY TĚDY TVOŘÍ POVRCH ?

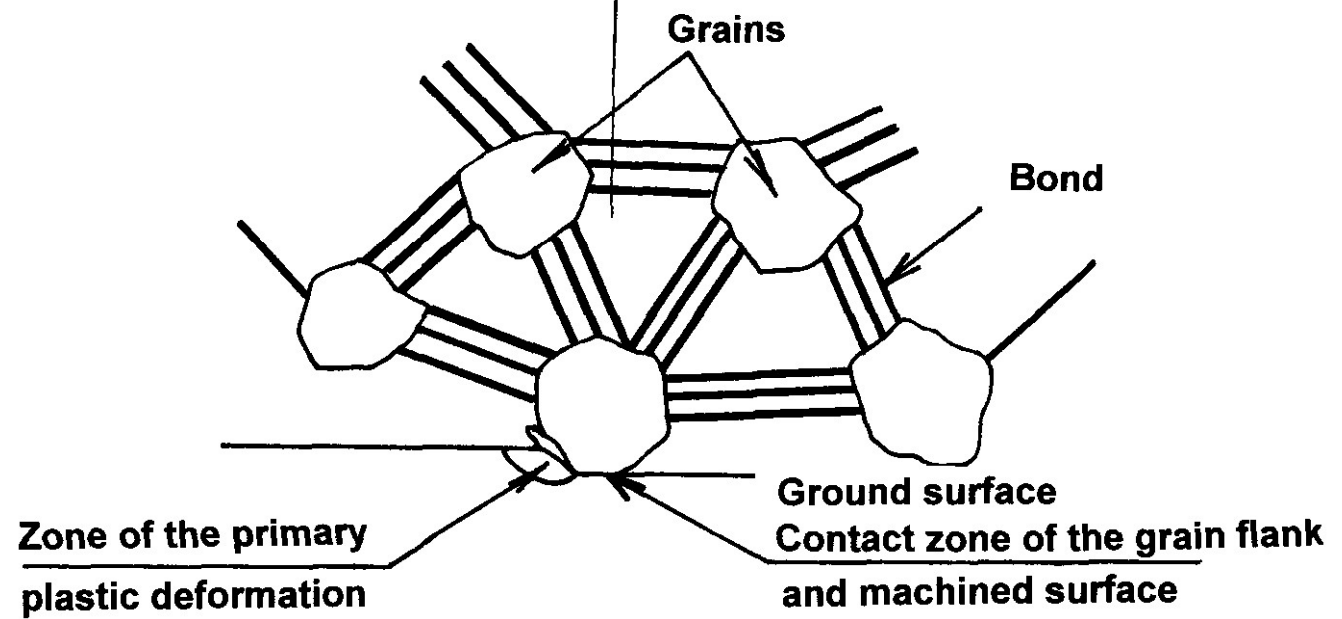
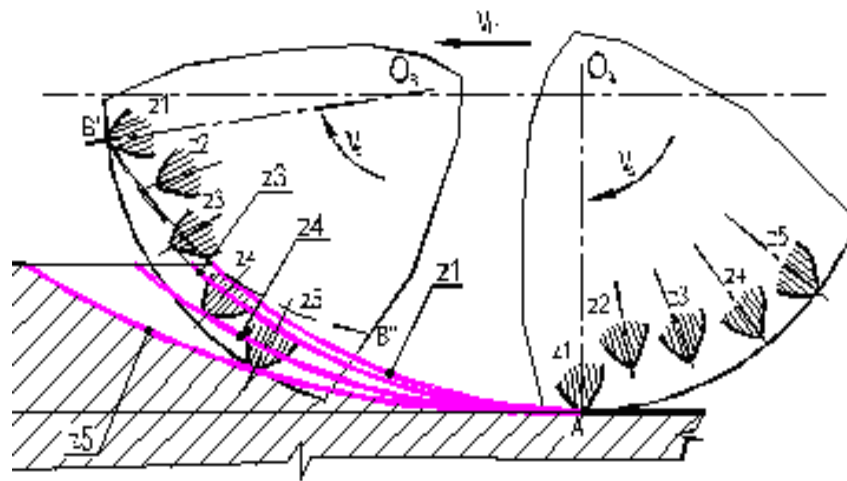


VYTVOŘENÝ POVRCH

- Geometrická přesnost
- Drsnost povrchu a jeho profil
- Zbytková napětí
- Změny tvrdosti v povrchové vrstvě
- Změny struktury
- Tepelné změny a trhliny
- Chemické změny



*JAK VZNIKÁ NOVÝ POVRCH
PŘI BROUŠENÍ?*



- Broušení probíhá při záběru vysokého množství zrn s nepravidelnou geometrií a některými rozdíly geometrie v porovnání s jedno nebo několikabřitými nástroji. Dochází k neustálému opotřebení zrn, jejich odlamování, lomu a uvolňování z vazby broušicího kotouče. Vzhledem k vysoké rychlosti řezání jsou tyto změny vysoce dynamické v porovnání s opotřebením např. soustružnického nože, frézy atd.
- Při broušení probíhá elastická a následně plastická deformace malého množství materiálu při záběru jednotlivého zrna, po překročení pevnosti v rovině smyku dochází k vytvoření třísky. Při broušení vysokou rychlostí $v_c > 150 \text{ m.s}^{-1}$ je předpoklad tvorby třísky bez znatelné plastické deformace a při vyšších rychlostech nestačí materiál reagovat na záběr zrna a dochází k usmýknutí částic materiálu ve tvaru velmi drobných třísek, případně je předpokladem tečení materiálu. To dokumentují třísky kulovitého charakteru, které jsou při těchto rychlostech pozorovány.
- Dalším mechanismem působícím při tvorbě broušeného povrchu je vznik rýh (škrábání) bez úběru třísky. Při tvorbě povrchu, zejména u plastických materiálů nesmíme opomenout také nalepování částic na broušený povrch.
- Důležitým faktorem působení zrna na broušený povrch je tření ploch zrna a tření zapříčiněné velkým radiusem ostří abrazivních zrn.

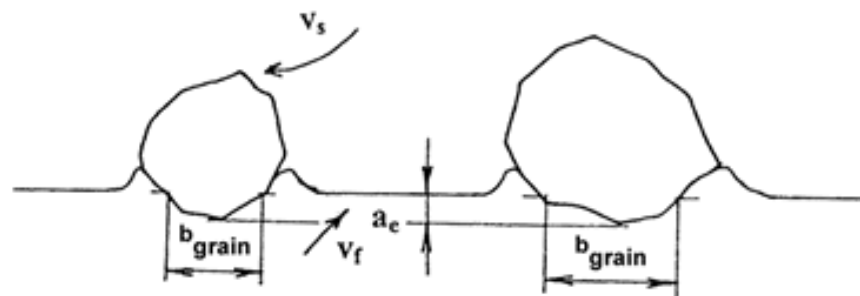
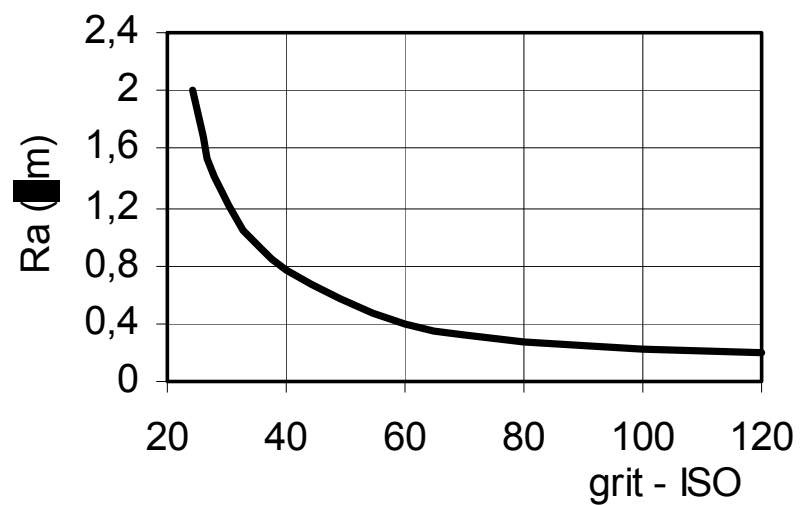
CO MAJÍ SPOLEČNÉHO KLASICKÉ TECHNOLOGIE A BROUŠENÍ ?

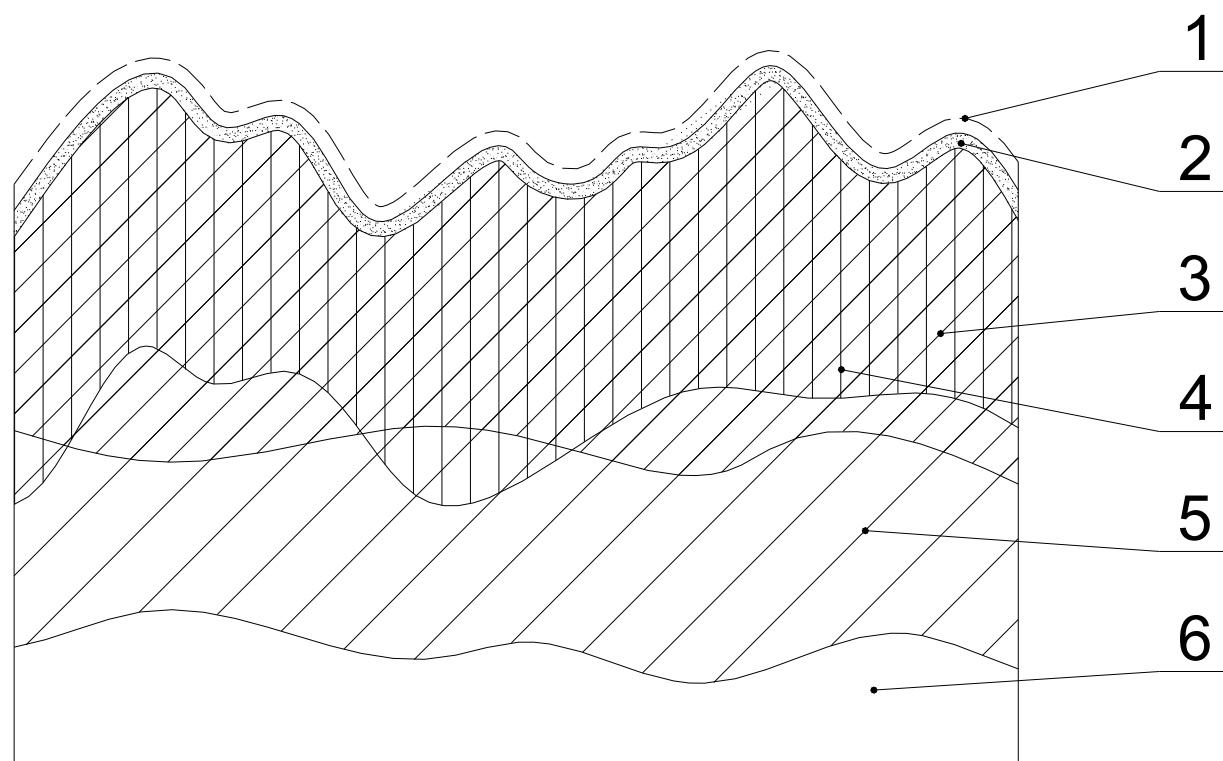
1. Odběr materiálu ve tvaru třísky po fázi elastické a plastické deformace
2. Vznik a působení tepla
3. Trojrozměrný tvar nástroje
4. Dynamika procesu
5. Vytváření stop po nástroji na obrobku
6. Vznik povrchu určité integrity
7. Opotřebení nástroje

Parametr technologie	Technologie s definovanou geometrií břitu	Broušení
Počet pracovních břitů	jednotky	desítky
Velikost třísky	mm ²	μm ²
Řezná rychlost	m.min ⁻¹	m.s ⁻¹
Geometrie ostří	definovaná	nedefinovaná
Povrch obrobku	pravidelné stopy nástroje	nepravidelné stopy
Opotřebení břitu	otěr, plastická deformace, křehký lom	lom, vylomení zrn, otěr
Rychlost deformace	10 ⁻² s ⁻¹	10 ⁶ - 10 ⁹ s ⁻¹

Srovnání technologií s definovaným ostřím a broušení

Vliv velikosti zrna na drsnost povrchu a tvorbu třísky

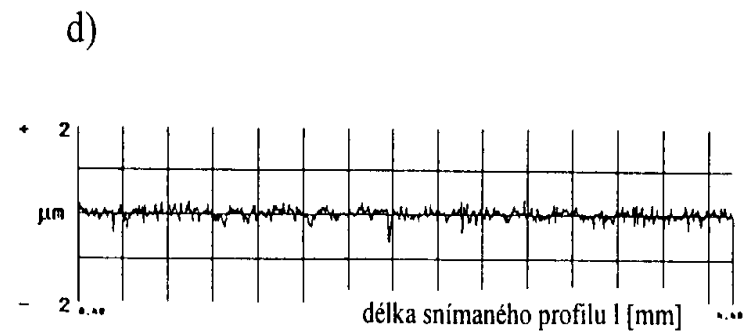
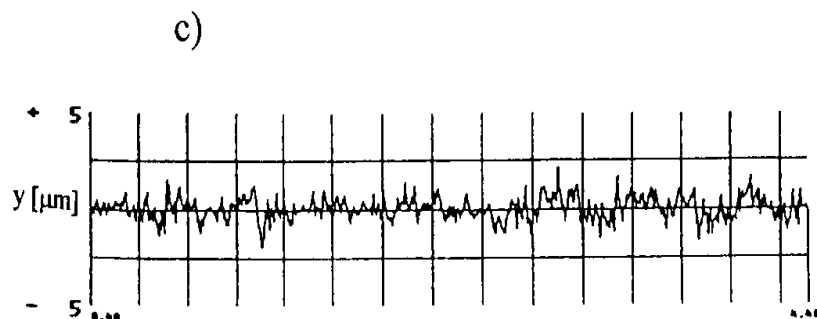
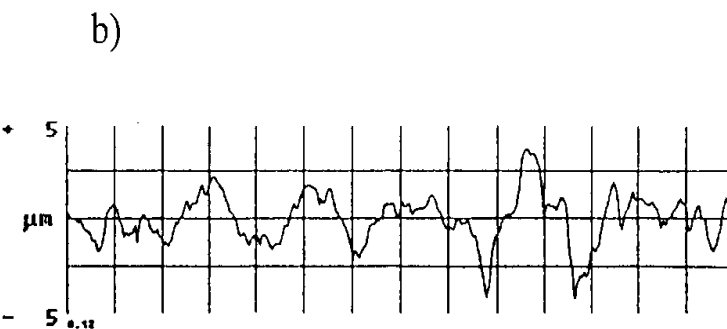
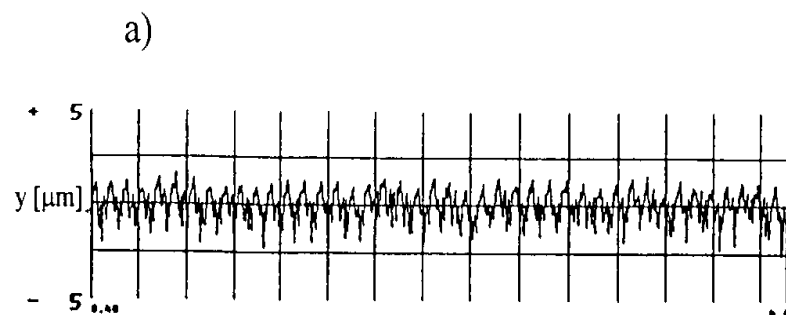


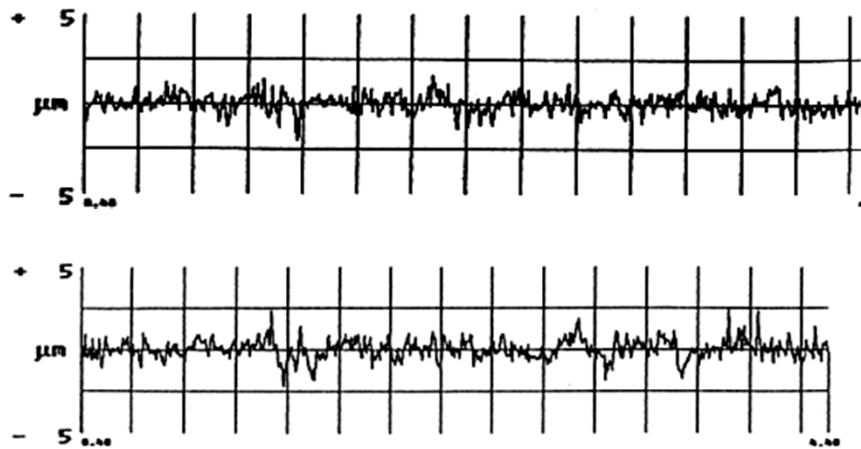


- 1 – adsorbovaná vrstva (až do $0.1\ \mu\text{m}$),
- 2 – oduhličená vrstva kovu, oxidy a nitridy (až do $0.1\ \mu\text{m}$),
- 3 – oblast plastické deformace (až do $500\ \mu\text{m}$),
- 4 – oblast elastické deformace (do $500\ \mu\text{m}$),
- 5 – tepelně ovlivněná oblast (do $200\ \mu\text{m}$),
- 6 – neovlivněný materiál

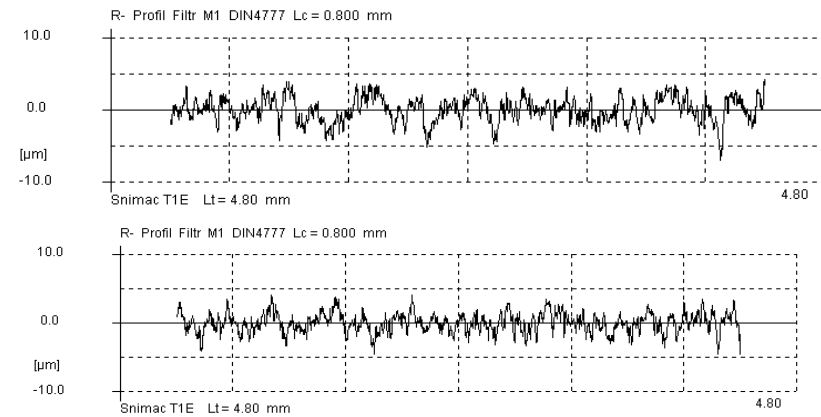
Skutečný profil povrchu obráběný:

- a) soustružením,
- b) frézováním válcovou frézou,
- c) broušením,
- d) superfinišováním



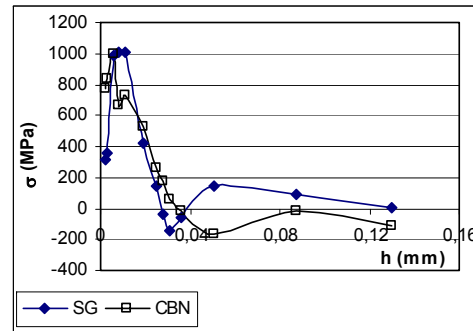


Profil povrchu na délce 4,8 mm
Materiál zrna a) bílý korund, b) SG

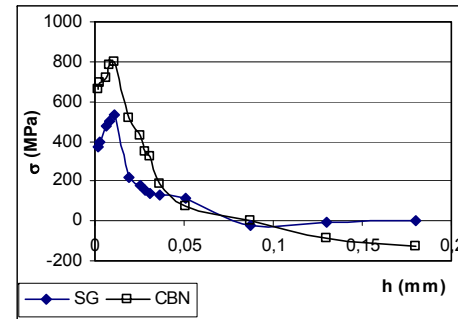


Profil povrchu, broušeno CBN,
Rychlost kotouče $v_s = 40 \text{ m.s}^{-1}$,
přísuv a) $v_{fr} = 0,17 \text{ mm.min}^{-1}$, b) $v_{fr} = 0,34 \text{ mm.min}^{-1}$

Zbytková napětí

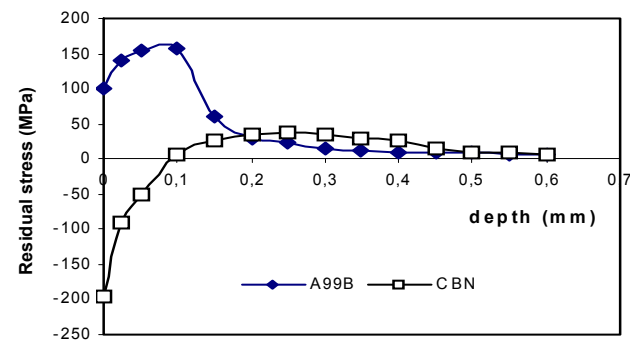


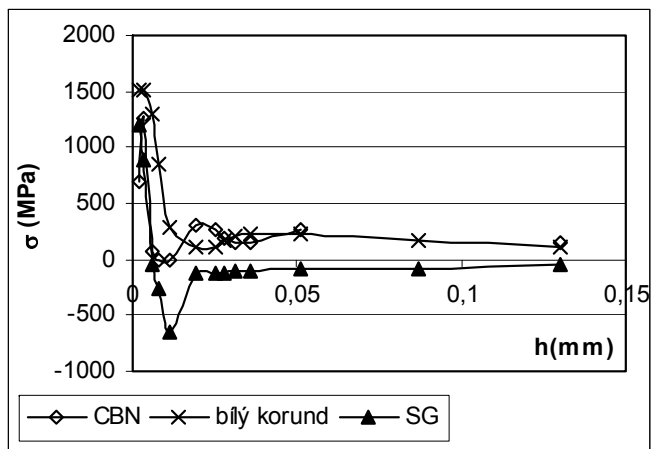
a)



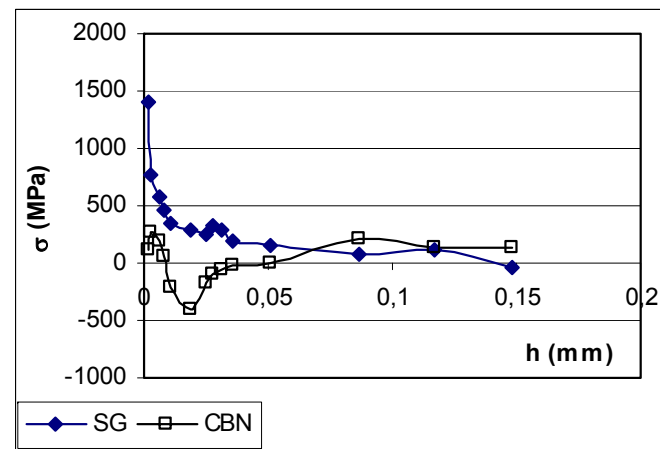
b)

Průběh zbytkových napětí po broušení nástrojové oceli a) 19 802.6, b) 19 824.6, rychlost brousícího kotouče $v_s=35 \text{ m.s}^{-1}$, $v_{fr}=0.26 \text{ mm.min}^{-1}$, procesní kapalina DIOL 5%





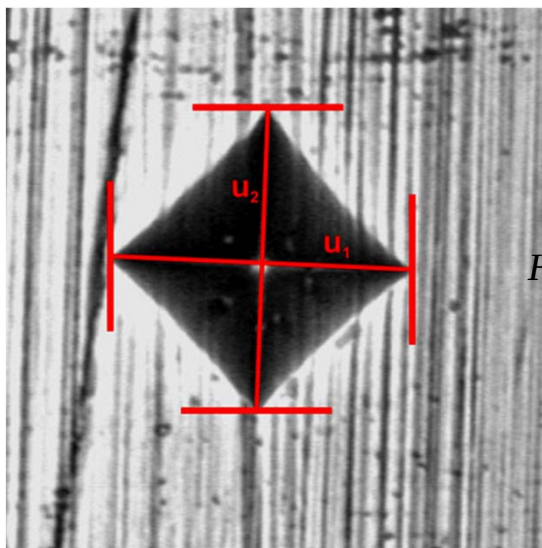
14 109.6



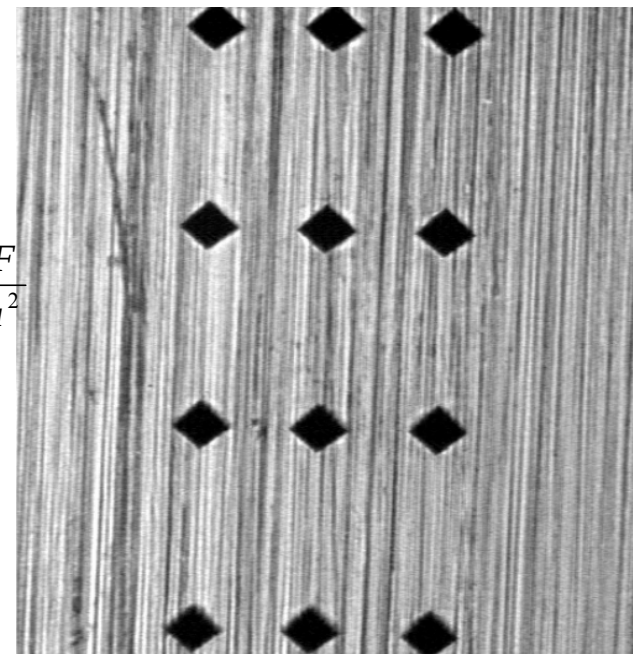
16 420.6

Průběh zbytkových napětí po broušení oceli

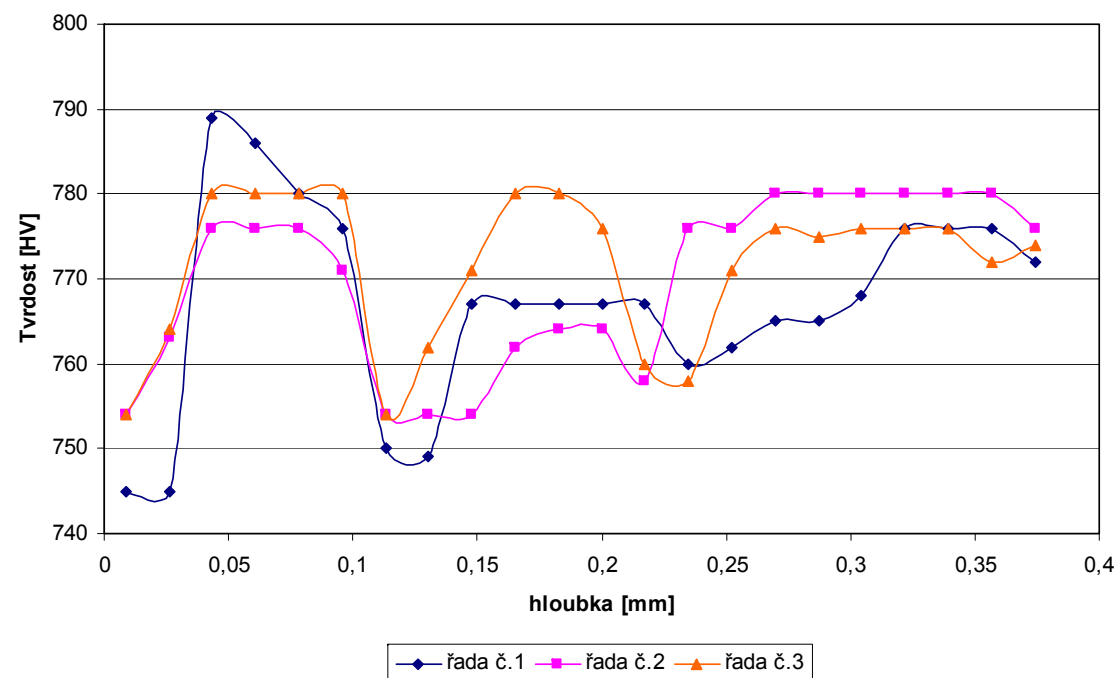
$v_s=35 \text{ m.s}^{-1}$, $v_{fr}=0.26 \text{ mm.min}^{-1}$,
procesní kapalina DIOL 5%



$$HV = \frac{1}{9,8066} \cdot \frac{2 \cdot F \cdot \sin \frac{136}{2}}{u^2} = 0,1891 \cdot \frac{F}{u^2}$$

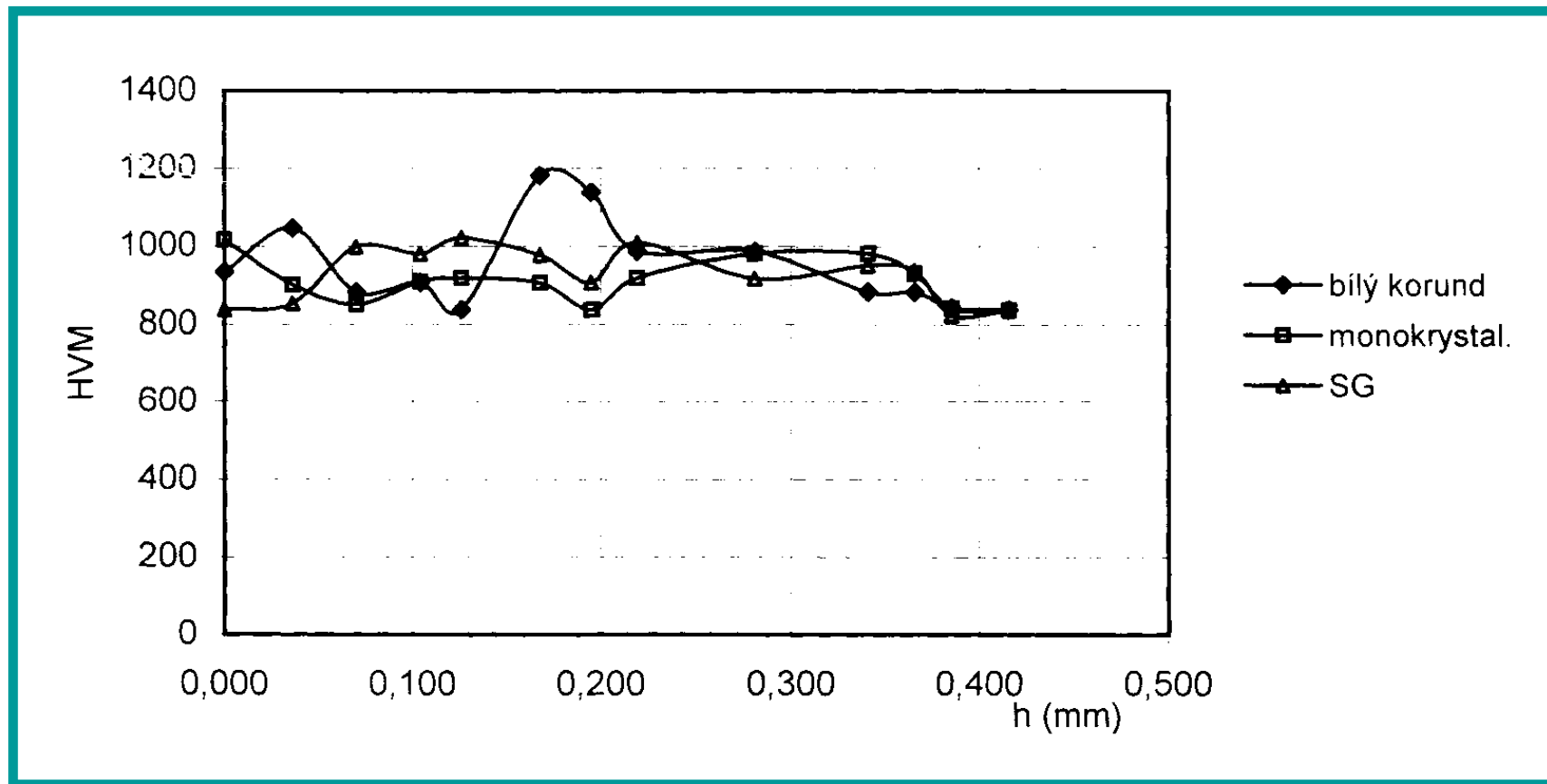


Průběh tvrdosti v povrchové vrstvě



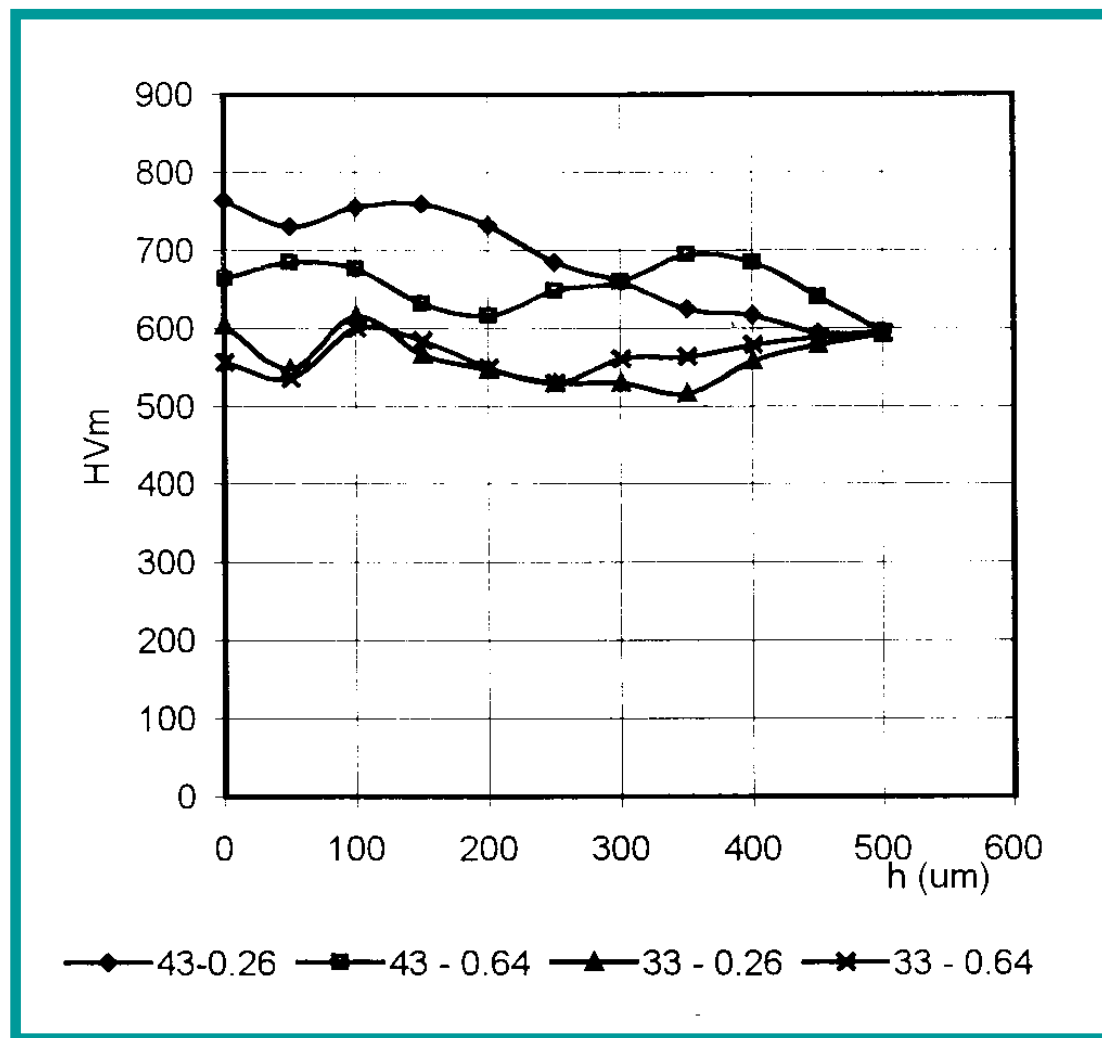
**Zpevnění
povrchové vrstvy**

Průběh tvrdosti povrchové vrstvy po broušení



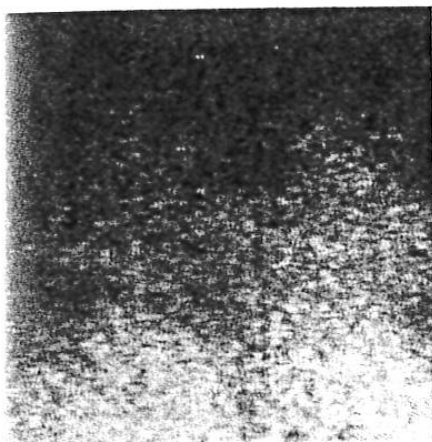
$v_s = 27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $v_{fr} = 0,26 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, chlazeno 3% Robol

Průběh tvrdosti v povrchové vrstvě, ocel 12 050.4, HRC 44

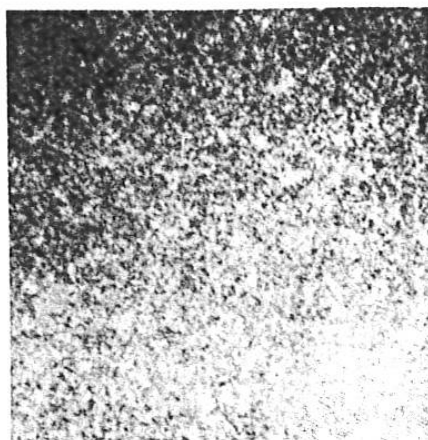


TRENDY VÝZKUMU A VÝVOJE TECHNOLOGIE

- REDUKCE PROCESNÍ KAPALINY
- NOVÉ MATERIÁLY A SYSTÉMY
- HSG – VYSOKÉ RYCHLOSTI BROUŠENÍ
- VYSOKÉ ÚBĚRY – HLOUBKOVÉ BROUŠENÍ
- BROUŠENÍ KERAMIKY
- GICS, EXPERTNÍ SYSTÉMY



60 lb/in.



80 lb/in.



100 lb/in.



120 lb/in.



140 lb/in.



160 lb/in.



180 lb/in.



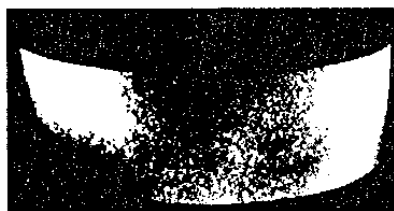
200 lb/in.



E: 40.5 kN/mm² $e_{0.1}$: 44 J/mm³



E: 40.5 kN/mm² $e_{0.1}$: 50 J/mm³



E: 48.1 kN/mm² $e_{0.1}$: 48 J/mm³

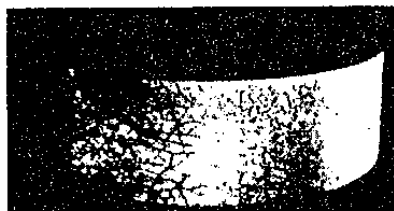


E: 45.0 kN/mm² $e_{0.1}$: 38 J/mm³

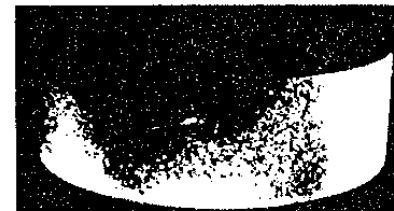
I



E: 49.9 kN/mm² $e_{0.1}$: 58 J/mm³

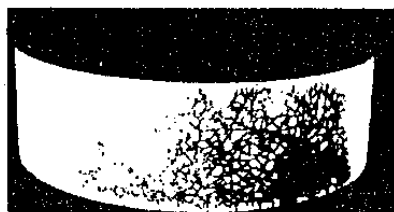


E: 52.4 kN/mm² $e_{0.1}$: 54 J/mm³



E: 49.7 kN/mm² $e_{0.1}$: 46 J/mm³

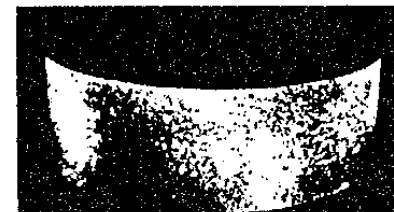
J



E: 56.3 kN/mm² $e_{0.1}$: 62 J/mm³



E: 55.7 kN/mm² $e_{0.1}$: 56 J/mm³



E: 52.0 kN/mm² $e_{0.1}$: 48 J/mm³

K



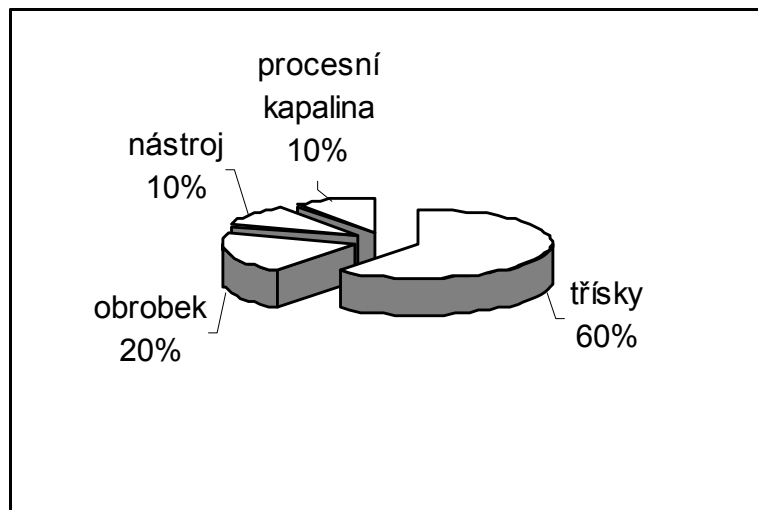
E: 64.0 kN/mm² $e_{0.1}$: 59 J/mm³



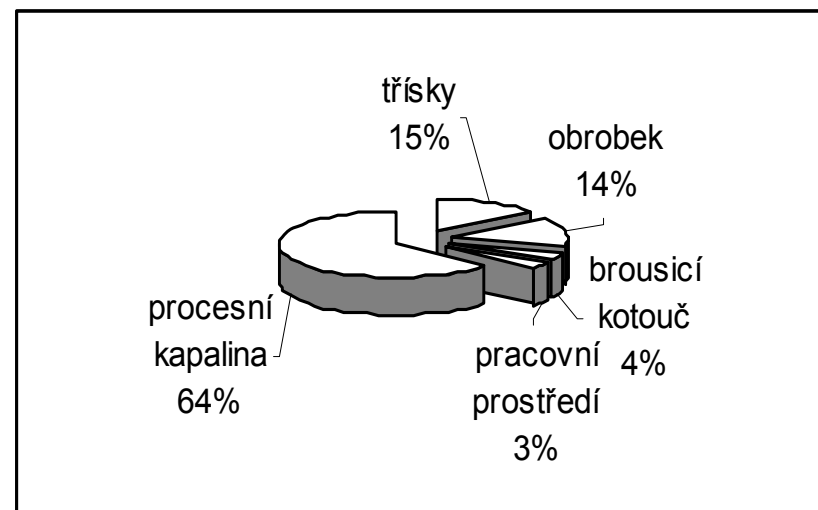
E: 59.3 kN/mm² $e_{0.1}$: 55 J/mm³

L

REDUKCE PROCESNÍ KAPALINY



a)

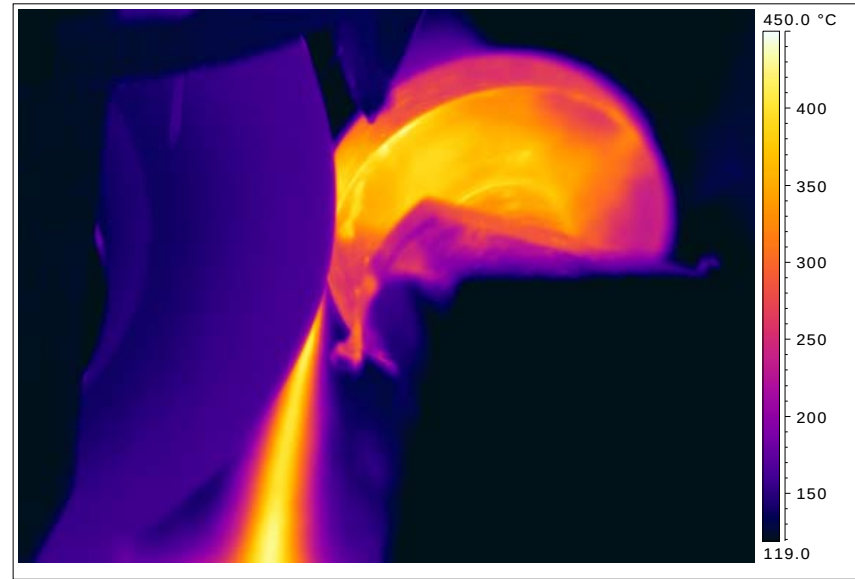


b)

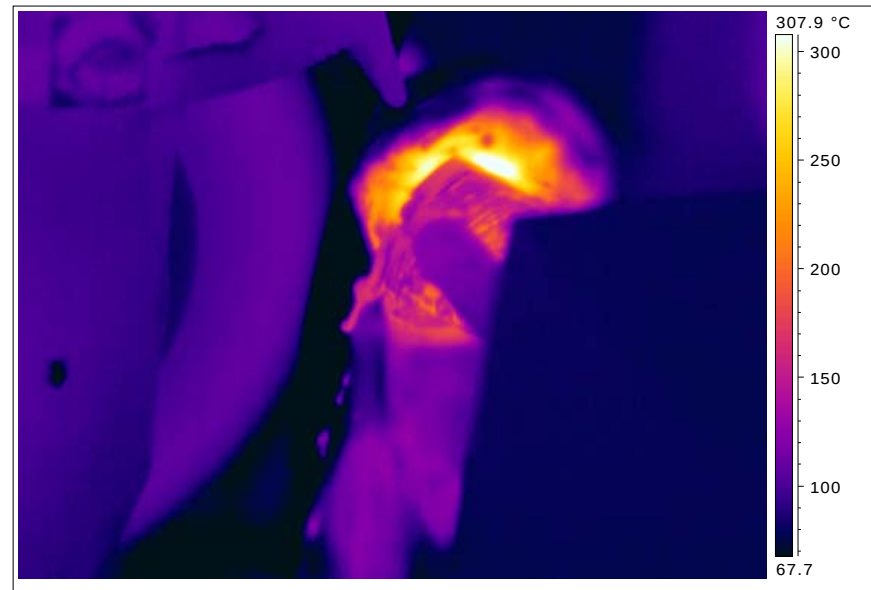
Tepelná bilance a) běžné obrábění, b) broušení

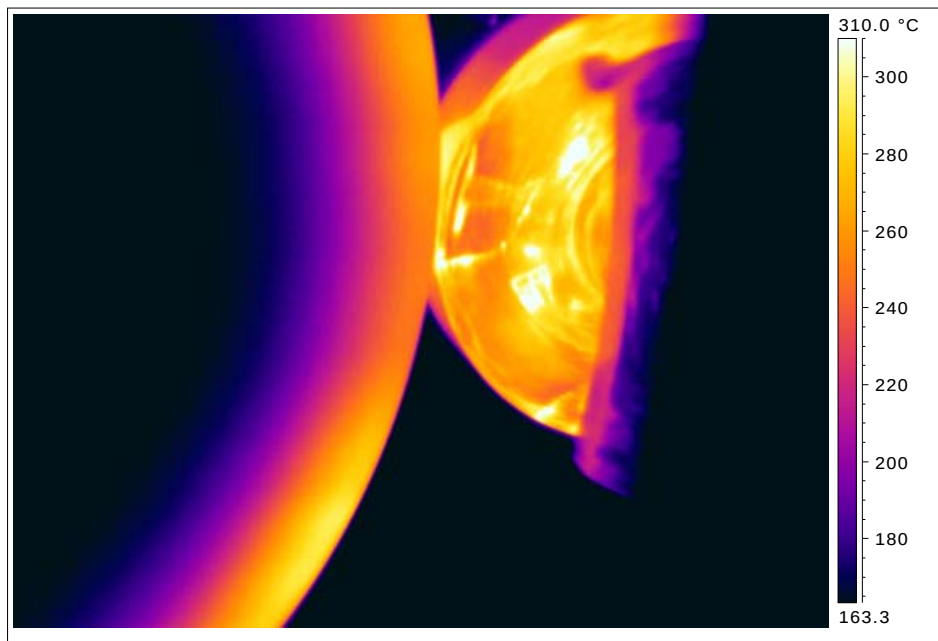
Teplotní pole při broušení

kotouč SG, $v_c = 37 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$; $v_p = 0,26 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, bez kapaliny

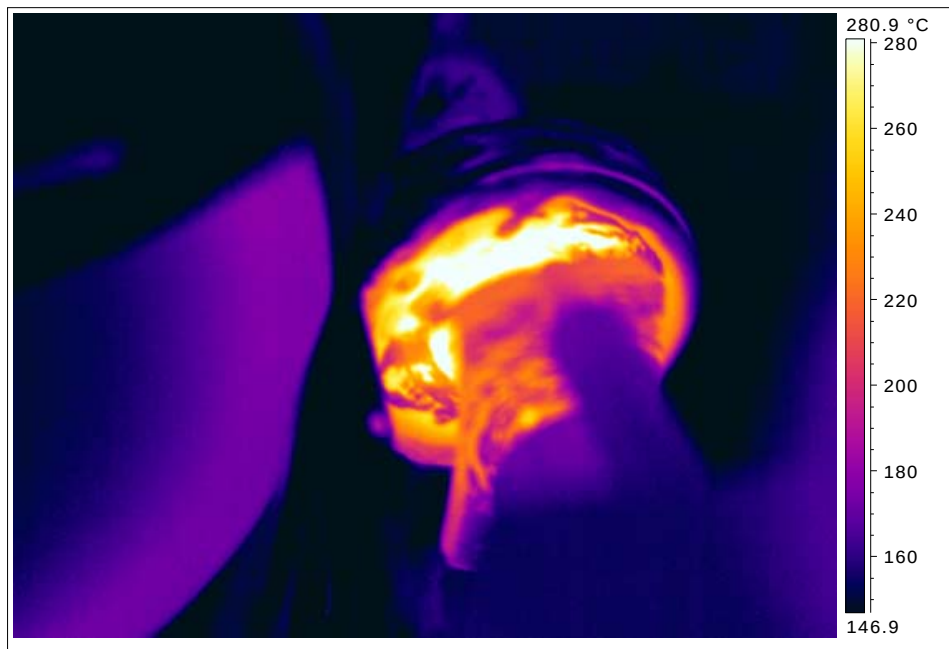


kotouč SG, $v_c = 37 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$; $v_p = 0,26 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, *procesní kapalina Diol*

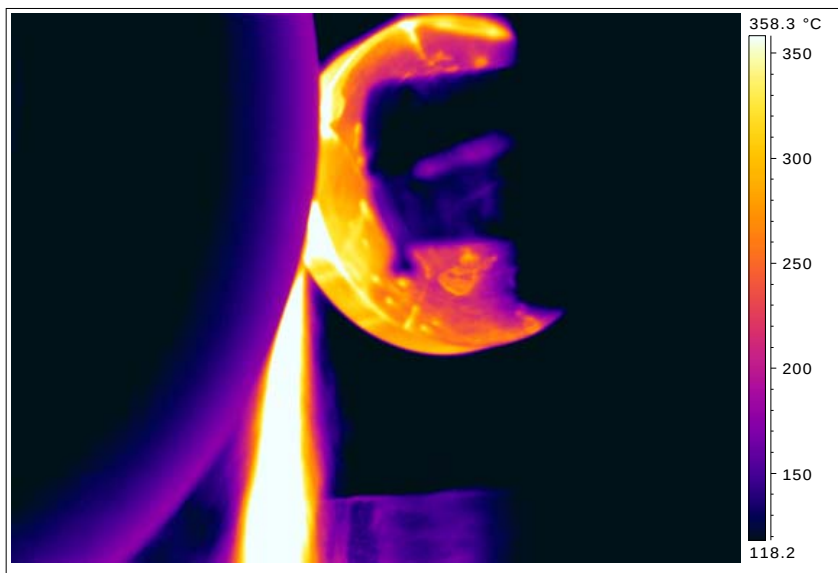




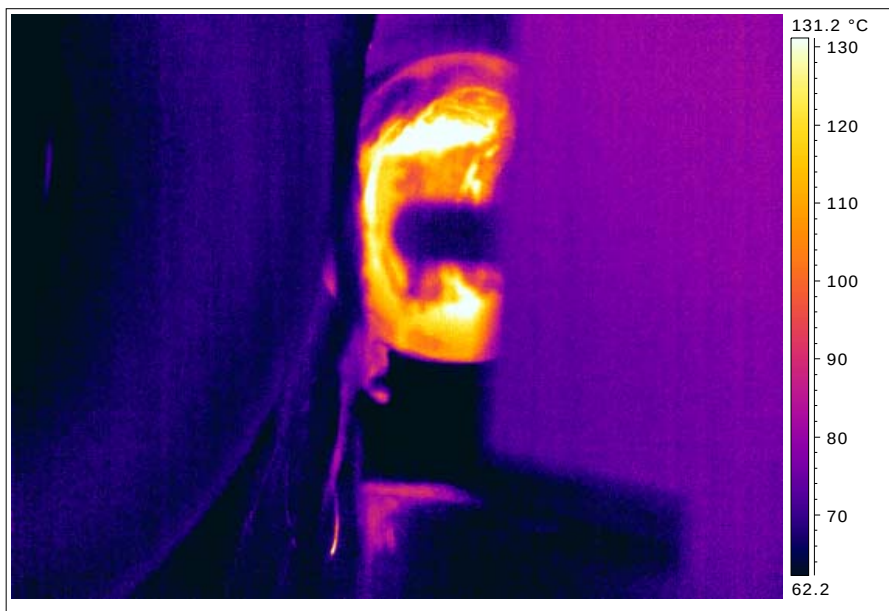
**kotouč CBN, $v_c = 37 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$;
 $v_p = 0,26 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, **bez**
kapaliny**



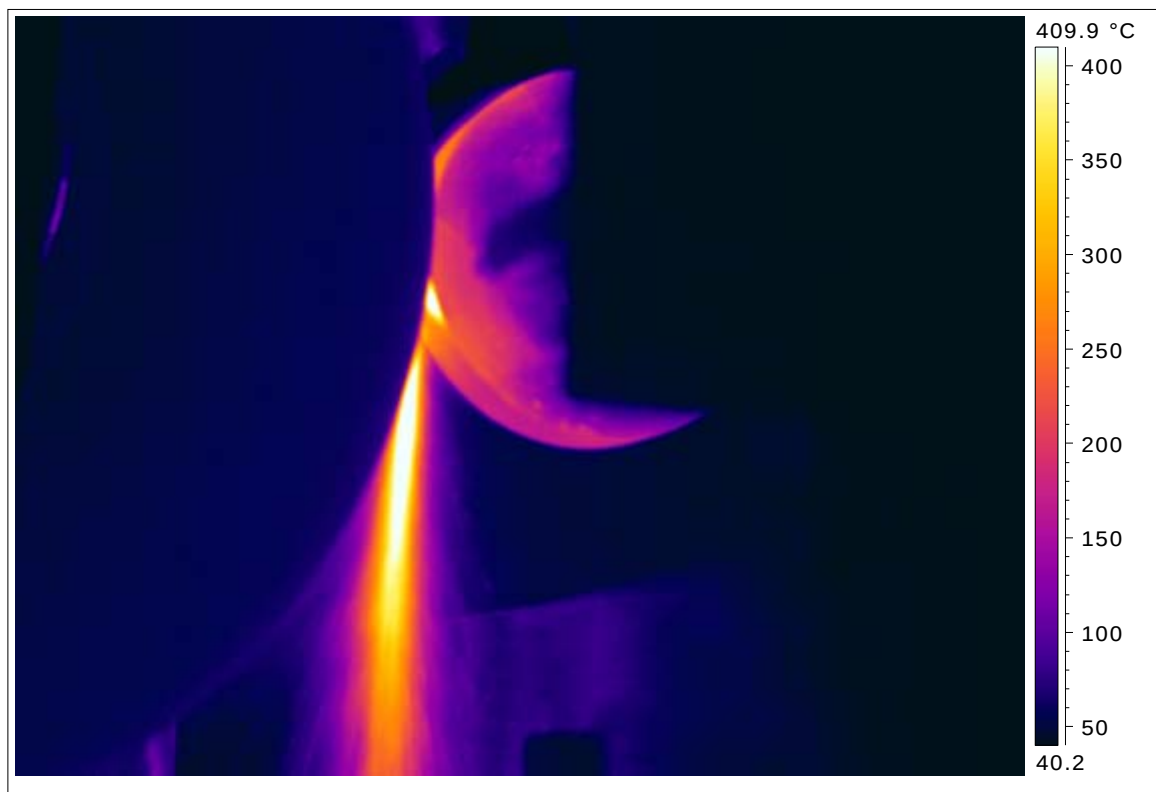
**kotouč CBN, $v_c = 37 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$; $v_p = 0,26$
 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$, procesní kapalina Diol**



**kotouč bílý korund, $v_c = 37 \text{ m.sec}^{-1}$;
 $v_p = 0,26 \text{ mm.min}^{-1}$, *bez kapaliny***



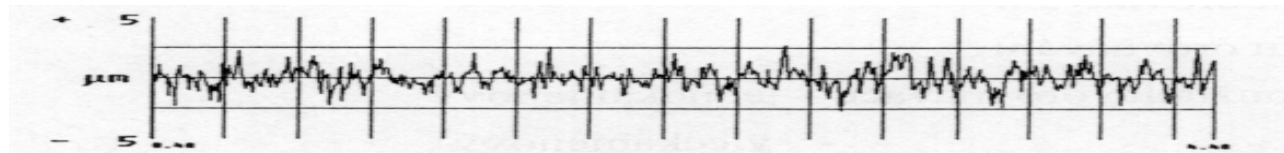
**kotouč bílý korund, $v_c = 37 \text{ m.sec}^{-1}$;
 $v_p = 0,26 \text{ mm.min}^{-1}$, *procesní kapalina*
*Diol***



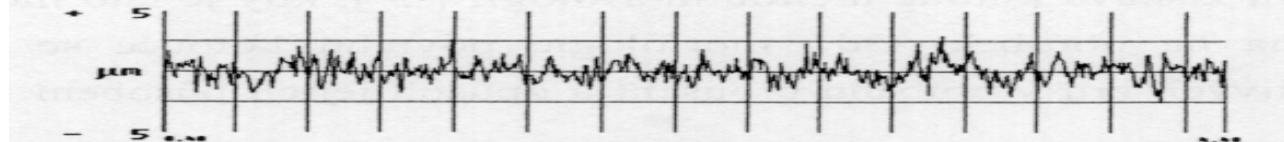
**kotouč Abrasol, $v_c = 37 \text{ m.sec}^{-1}$;
 $v_f = 0,26 \text{ mm.min}^{-1}$, *bez kapaliny***

REDUKCE PROCESNÍ KAPALINY

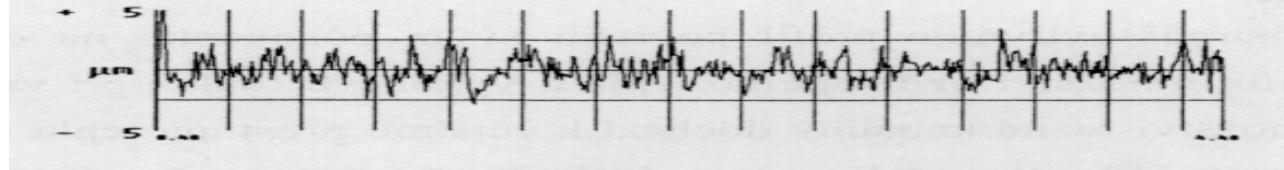
a)



b)



c)



Profil povrchu při použití: a) plného množství procesní kapaliny,
b) polovičního množství, c) bez procesní kapaliny

REDUKCE PROCESNÍ KAPALINY

Brousicí zrno	Drsnost	$Q_{f1}=8l.min^{-1}$	$Q_{f2}=4l.min^{-1}$	$Q_{f3}=2l.min^{-1}$	$Q_{f4}=0l.min^{-1}$
Bílý korund A99	$R_a (\mu m)$	0,60	0,60	0,61	0,67
	$R_z ISO (\mu m)$	4,59	4,62	4,59	4,77
	$R_y (\mu m)$	5,72	5,76	5,72	6,34
Růžový korund A98	$R_a (\mu m)$	0,41	0,39	0,61	0,62
	$R_z ISO (\mu m)$	3,31	2,65	4,31	4,48
	$R_y (\mu m)$	3,98	3,04	4,77	4,92
Monokrystalický korund	$R_a (\mu m)$	0,57	0,75	0,8	0,89
	$R_z ISO (\mu m)$	4,14	4,87	5,42	6,61
	$R_y (\mu m)$	5,26	6,39	7,08	8,56
Mikrokrystalický SG	$R_a (\mu m)$	0,32	0,35	0,35	0,38
	$R_z ISO (\mu m)$	2,46	2,49	2,50	2,72
	$R_y (\mu m)$	3,12	3,14	3,16	3,78

Dosažené hodnoty drsnosti povrchu při eliminaci procesní kapaliny,
 $v_s=27m.s^{-1}$, $v_{fr}=0.26mm.min^{-1}$

Nové brousicí materiály a systémy

Druhy abrasivních materiálů a jejich specifika

- klasické abrazivní materiály
- vysoce tvrdé materiály
- inovované materiály (nové)
- broušicí systémy – Altos, Aulos, Centuria, Columbia

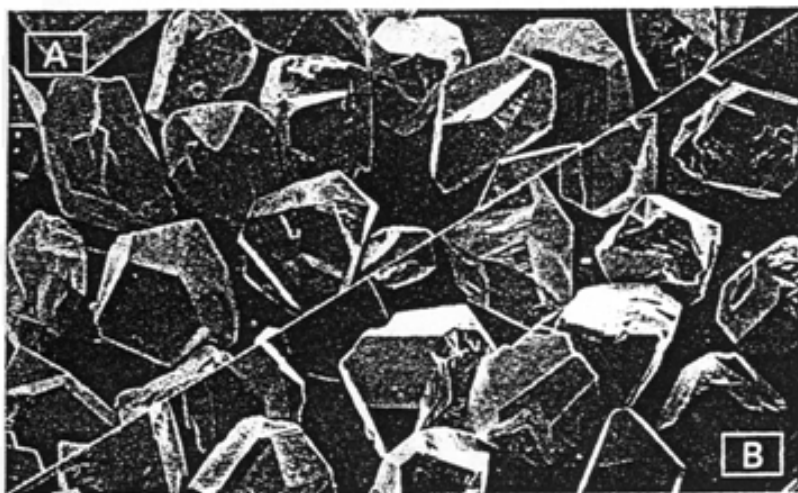
NOVÉ ABRASIVNÍ MATERIÁLY

- Skupinu klasických brousicích materiálů tvoří umělý korund, např. pro broušení ocelí, tvrdých bronzů, temperované litiny. Umělý korund se používá v modifikacích: bílý 99A, růžový 98A, speciální 97A, hnědý 96A.
- Dalším materiálem je karborundum (SiC – karbid křemíku) pro broušení např. litiny, austenitických a feritických ocelí, slinutých karbidů a neželezných kovů. Karbid křemíku je používán ve dvou modifikacích: zelený 49C a šedý 48C.
- Klasické brousicí materiály se používají převážně pro obvodové rychlosti brousicího kotouče $20 - 50 \text{ m.s}^{-1}$. V modifikaci klasických materiálů se používá také monokrystalický korund Al_2O_3 . Materiál je pevnější a tvrdší než běžný korund, vykazuje nižší opotřebení a je vhodný pro vyšší úběry. Jeho přednosti však vyniknou pouze u tvrdých povrchů, například kalených, nelze naopak doporučit pro materiály měkké a materiály s výraznou zpevňovací schopností (např. neosvědčil se při broušení austenitické oceli).

NOVÉ ABRASIVNÍ MATERIÁLY

Skupinu velmi tvrdých abrazivních materiálů tvoří umělý diamant a kubický nitrid boru (CBN). Oba uvedené materiály vynikají vysokou tvrdostí, ostrotí hran a relativně vysokou pravidelností zrn. Materiály se používají k broušení tvrdých a velmi tvrdých materiálů, k broušení superslitin, feritů, keramických materiálů (SiC , Si_3N_4 a pod.) a dalších. Jejich použití je v celé šíři obvodových rychlostí brousicího kotouče, ale vzhledem k dosažení vysoké produktivity a jejich prodejní ceně se používají při vyšších rychlostech.

NOVÉ ABRASIVNÍ MATERIÁLY



Zrna kubického nitridu boru A) CBN 500, B) CBN 510, C) zrna diamantu

NOVÉ ABRASIVNÍ MATERIÁLY

Třetí skupina materiálů pro broušení je tvořena materiály inovovanými. Tyto materiály jsou založeny na původní bázi Al_2O_3 . Skupinu tvoří v současné době tři materiály – SG, TG a DG. V porovnání s bílým korundem při broušení tvrdých povrchů dochází :

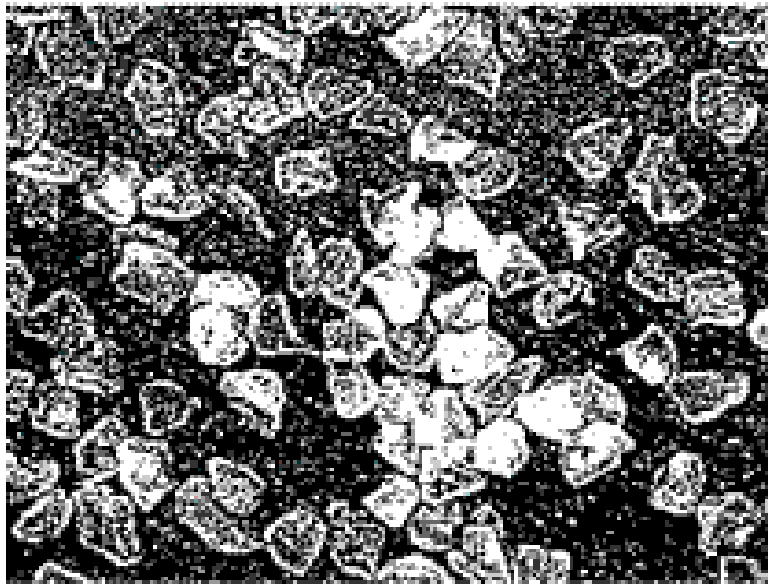
- ke zvýšení poměrného objemového obrusu G
- ve většině případů ke zlepšení drsnosti povrchu
- ke snížení měrné energie broušení

SG, TG, DG

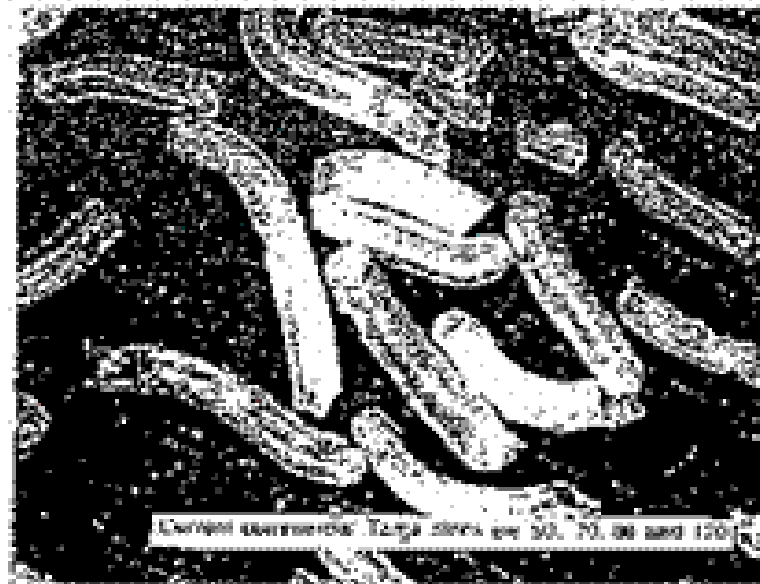
- Tyto materiály jsou založeny na původní bázi Al_2O_3 , rozdíl je v jejich výrobě a odlišných fyzikálních vlastnostech. Inovované materiály jsou vyráběny technologií založené na řízené krystalizaci z roztoku, tzv. technologie Sol-Gel (jedná se o tvorbu tří dimensionální sítě anorganických látek z koloidního nebo molekulárního roztoku).
- Skupinu tvoří v současné době tři materiály – SG, TG a DG]. Uvedené materiály mají relativně pravidelný tvar, delší trvanlivost řezných hran v porovnání s klasickým Al_2O_3 .

SG, TG, DG

a)



b)

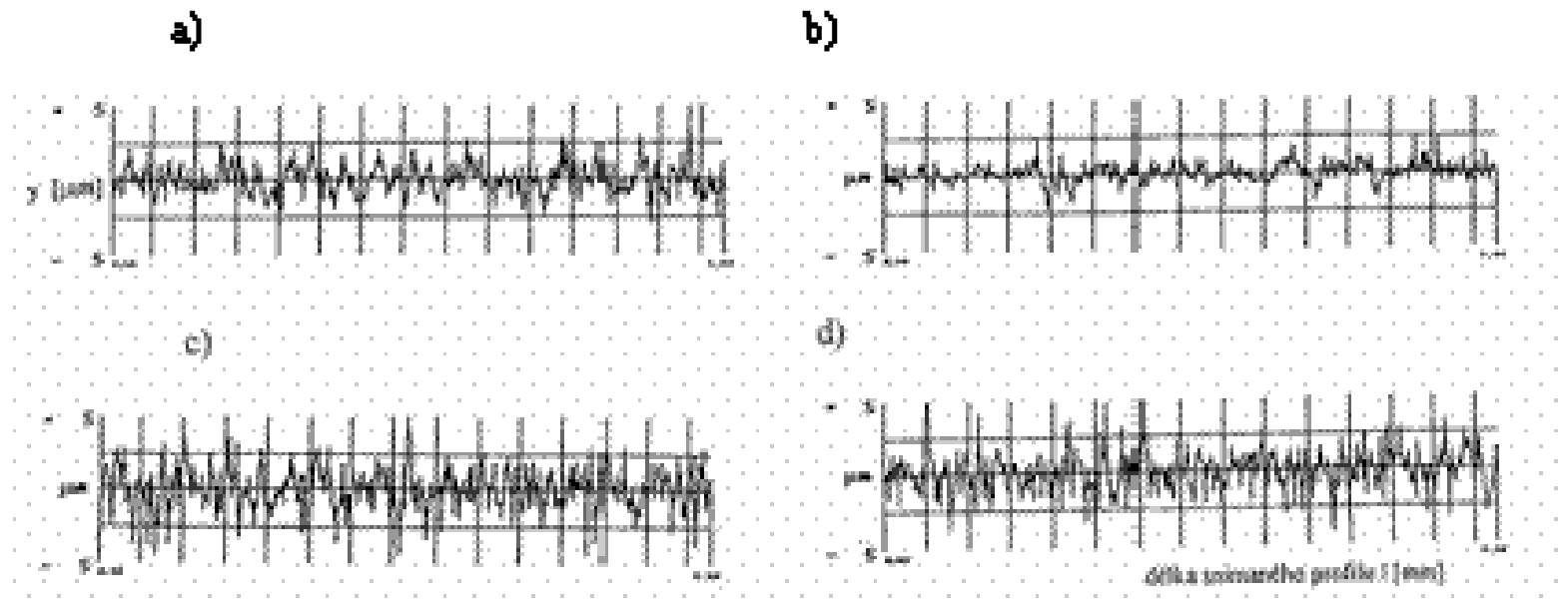


Zrna materiálu : a) SG, b) TG

SG, TG, DG

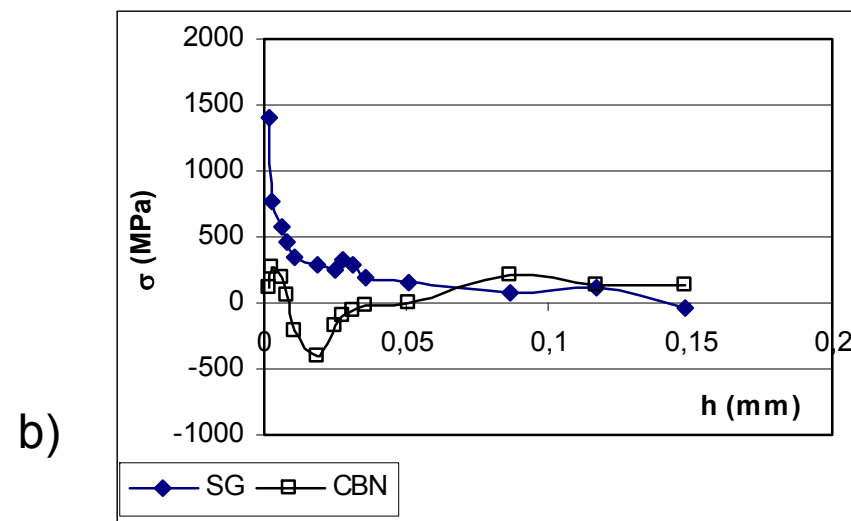
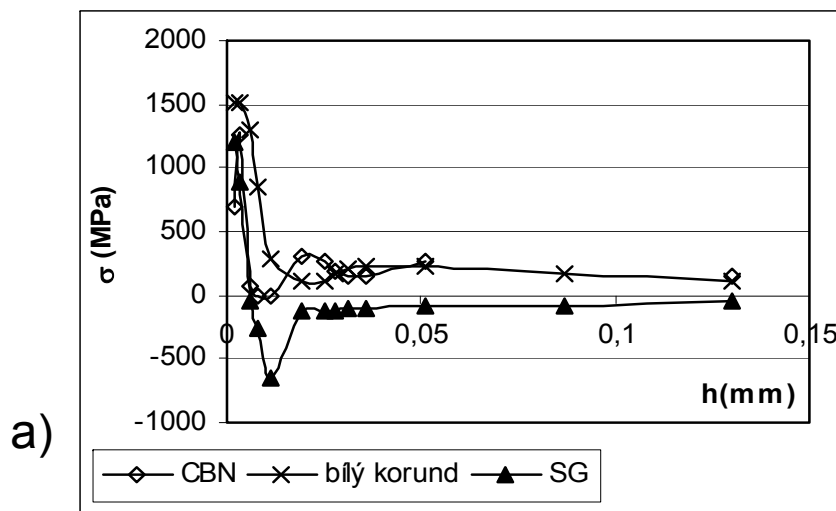
- Na základě vlastních zkušeností a informací ze zahraničních pramenů [1] lze konstatovat, že u typu SG se jedná o materiál význačných vlastností ve skupině abraziv. Zrno je pravidelné s řadou krátkých břitů. V porovnání s bílým korundem při broušení tvrdých materiálů dochází:
 - ke zvýšení poměrného objemového obrusu,
 - ve většině případů ke zlepšení drsnosti povrchu,
 - ke snížení měrné energie broušení.
- Abrazivní materiál TG je tvořen hranolovitými protáhlými zrny a doporučen pro úzké použití (např. ložiskové oceli). Jeho vlastnosti se pohybují v průměru na úrovni zrna SG, u ložiskových ocelí však vzrůstá únosnost zrna a tím i poměrný objemový obrus.
- Abrazivní materiál DG je materiál obdobné výrobní technologie. Při zatížení zrn však dochází k jejich lasturovitému lomu a tím ke zvýšení počtu a ostrosti řezných hran, schopnosti samoostření a zvýšení celkové řezivosti kotouče, současně lze zvýšit hodnotu úběru materiálu.

Nové broušící materiály



Profil povrchu při broušení oceli 14 109: a) bílým korundem, b) SG a oceli 17 246 c) bílým korundem, d) SG

Nové brousicí materiály



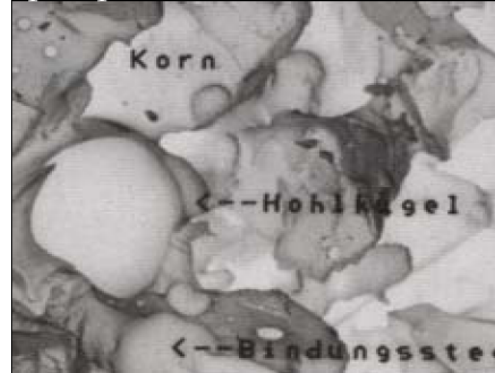
Průběh zbytkových napětí po broušení oceli a) 14 109.6, b) 16 420.6; rychlost brousicího kotouče $v_s=35 \text{ m.s}^{-1}$, $v_{fr}=0.26 \text{ mm.min}^{-1}$, procesní kapalina DIOL 5%

BROUSICÍ SYSTÉMY

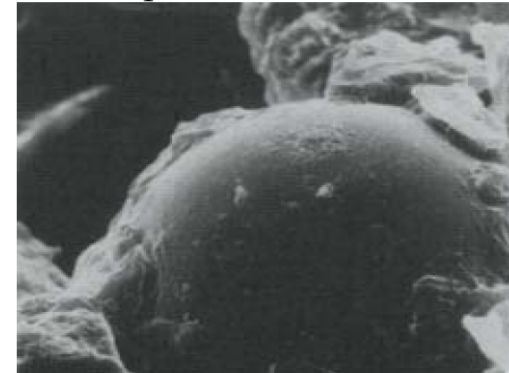
- CENTURIA
- COLUMBIA
- ALTOS
- AULOS
-

CENTURIA

open pore



closed pore



- Boční broušení
- Vyšší řezná schopnost
- Nižší řezné síly
- Nižší pevnost
- Citlivost na stárnutí
- Nestabilita při použití kapaliny

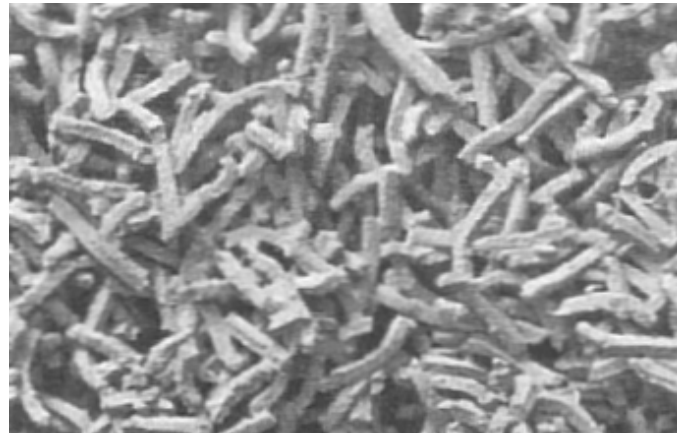
COLUMBIA

- Brousicí systém pro broušení obvodem rovinných ploch a děr
- Ložiskový a vojenský průmysl
- O 30% efektivnější oproti bílému korundu
- Řízená pórovitost, tzv.studený řez

ALTOS

- Vysoké úběry při vzniku menšího množství tepla
- Otevřená pórovitost, větší kontakt
- Založeno na TG zrně
- Bezpojivový systém
- Vysoké úběry, delší životnost kotouče, nižší tendence poškození povrchu
- Použití pro slitiny Ni

Zrna s vysokým poměrem délky k příčnému průřezu (8:1). Altos vytváří vysoce pórovitý a propustný brousicí nástroj, což umožňuje vysoký úběr materiálu.

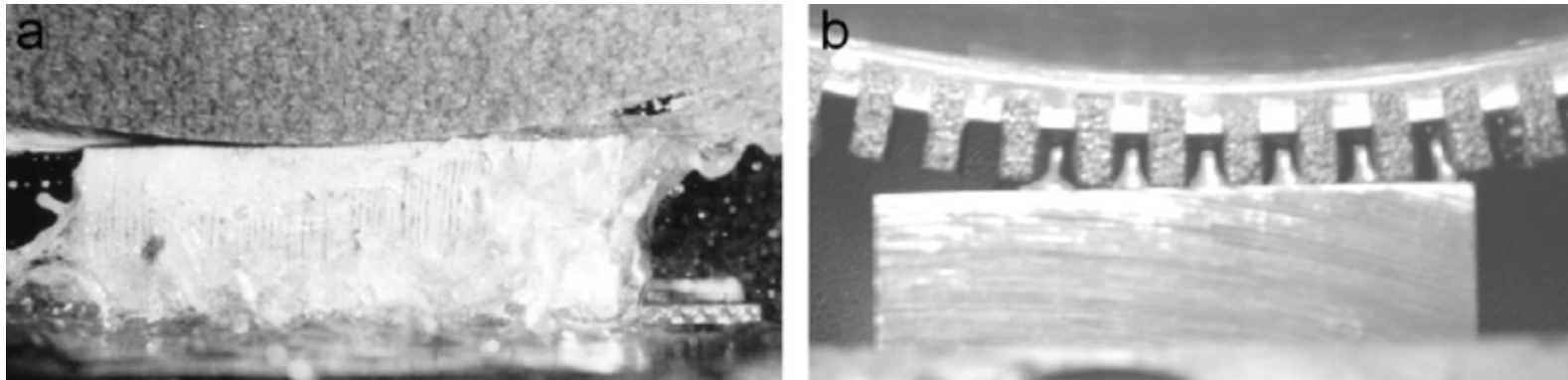


AULOS

- Pryskyřičné pojivo
- Užití pro rychlořezné nástroj. oceli
- Vysoké výkony, rychlosti až 100 m.s^{-1}
- Snadné profilování
- Delší životnost

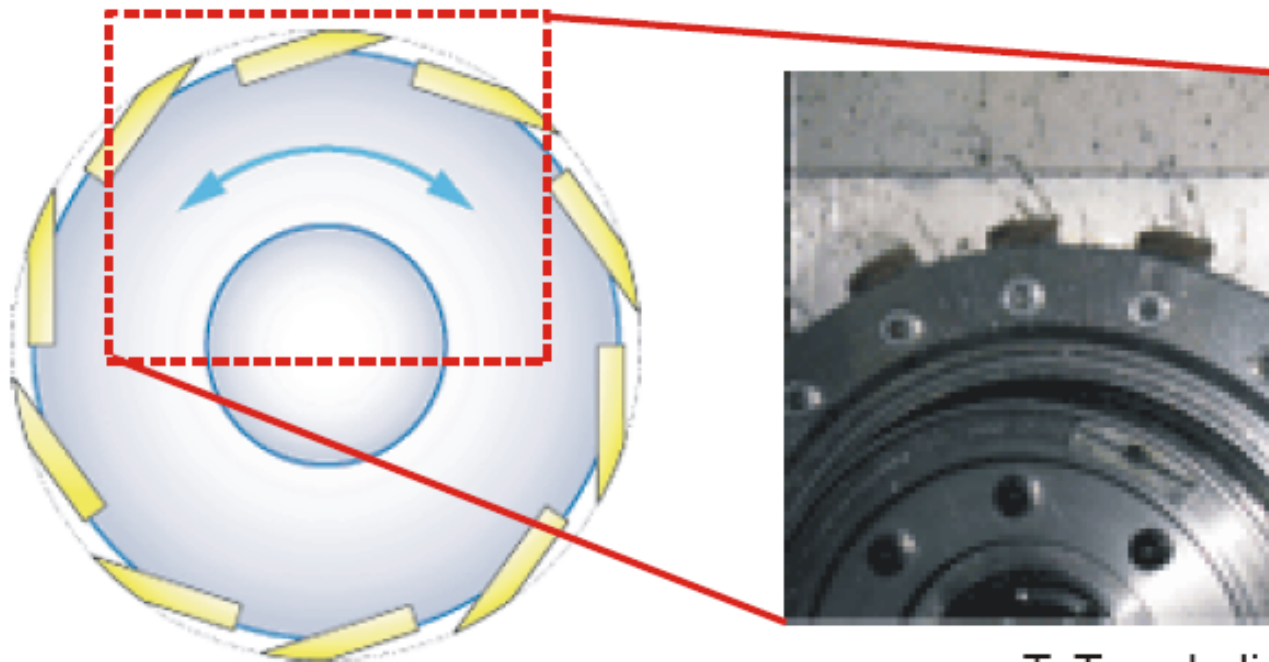
Keramické abrazivum uložené v pryskyřičném pojivu, což umožňuje použití vyšších řezných rychlostí oproti kotoučům se zrnem CBN. Při použití těchto inovovaných keramických abraziv a bez handicapu použití tenké abrazivní vrstvy, jako mají CBN kotouče, lze obrobit jedním brousicím kotoučem průměru 200mm několik tisíc obrobků.

Konstrukce nástrojů



Přívod procesní kapaliny do zóny broušení při použití: a) klasického kotouče, b) segmentovaného kotouče

K broušení těžkoobrobitelných materiálů byly vyvinuty segmentované brousící kotouče s perforovanými zářezy na přivedení kapaliny do kontaktní zóny kotouče a obrobku. Tento systém by mohl vyvolat snížení specifické energie přibližně o 36%.



source: T. Tawakoli

„T-nástroj“, který kombinuje účinky frézy a broušícího kotouče.

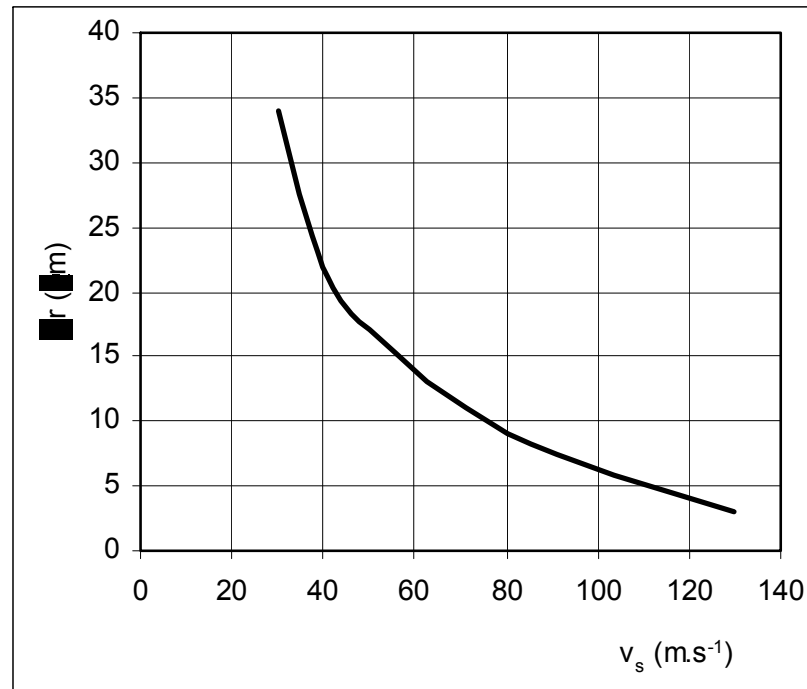
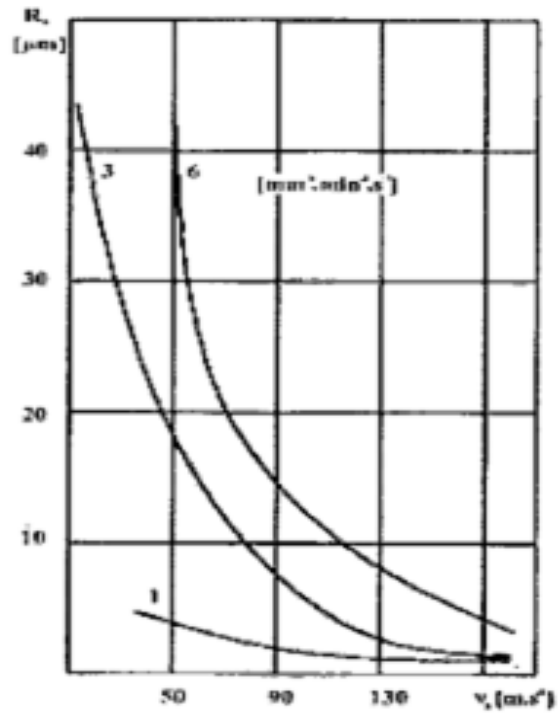
T-nástroj může být vyroben jako pevné přerušované těleso elektrolyticky povlakované superabrazivem nebo sestavené s vyměnitelnými superabrazivními segmenty se sklovitým, živičným nebo kovovým pojivem.

HSG – VYSOKÉ RYCHLOSTI

HSG – vysoké rychlosti

- Současné brusky do rychlosti 60 m/s
- HSG počítá rychlost nad 100 m/s

HSG – vysoké rychlosti



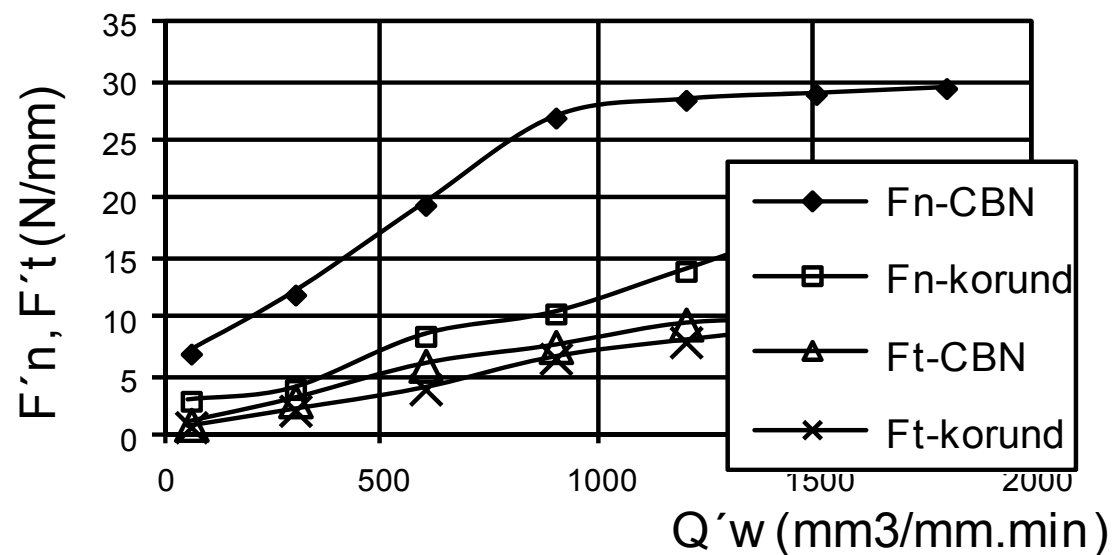
Závislost drsnosti povrchu a opotřebení
brousicího kotouče na řezné rychlosti

VYSOKÉ ÚBĚRY – HLOUBKOVÉ BROUŠENÍ

HLOUBKOVÉ BROUŠENÍ

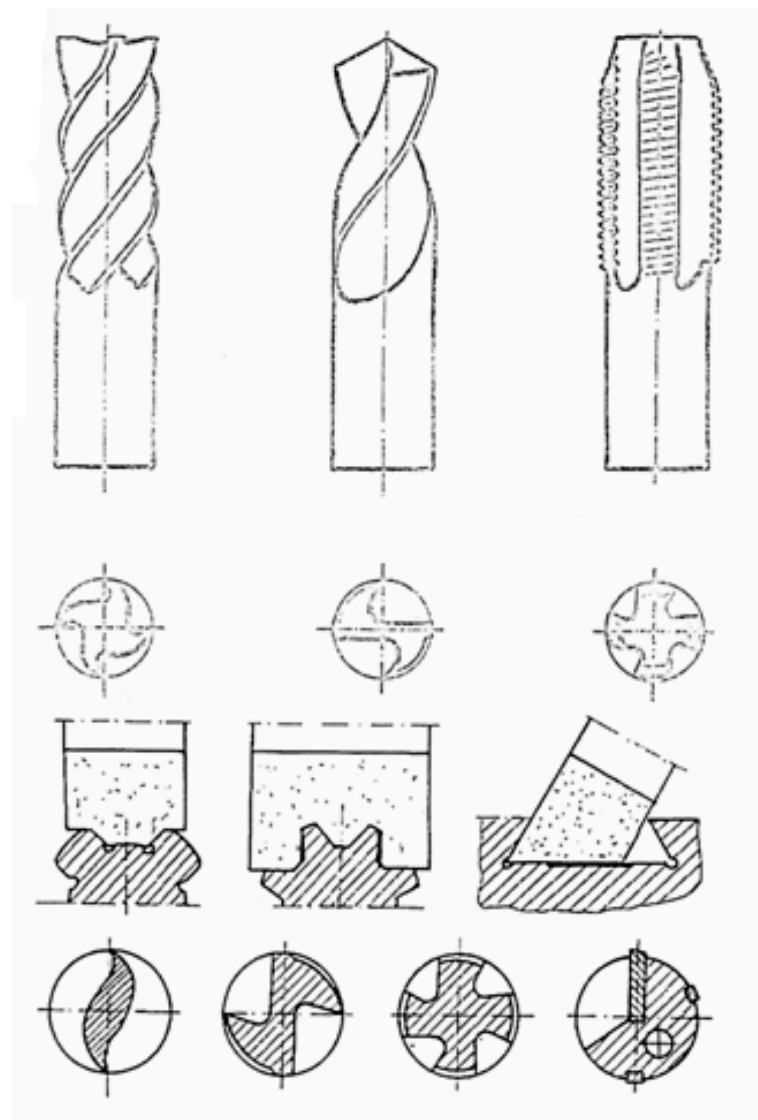
- Celkový přídavek na broušení je odebrán při jednom pracovním záběru
- Při klasickém broušení je přídavek rozdělen a hloubka řezu je v hodnotách 10^{-2} mm, při hloubkovém broušení tvoří několik mm
- Drsnost povrchu je stejná nebo lepší v porovnání s běžným broušením
- Zatížení 1 zrna je nižší a tím vzrůstá i trvanlivost nástroje
- Zvyšuje výrazně produktivitu obrábění
- Limitujícím faktorem jsou brusky – vysoký příkon elektromotoru a vysoká tuhost

HLOUBKOVÉ BROUŠENÍ



Závislost velikosti složek řezné síly a hodnoty úběru materiálu při broušení oceli 14 109.4 zrnem bílého korundu a CBN

HLOUBKOVÉ BROUŠENÍ



BROUŠENÍ KERAMIKY

BROUŠENÍ KERAMIKY



BROUŠENÍ KERAMIKY

Fyzikální a mechanické vlastnosti		SSiC	SiSiC	Si ₃ N ₄
<i>Hustota</i>	<i>[g.cm⁻³]</i>	3,15	3,07	3,2
<i>Tepelná vodivost při 20-100°C</i>	<i>[W.m⁻¹.K¹]</i>	115	120	15
<i>Maximální hodnota použití na vzduchu</i>	<i>[°C]</i>	1500	1350	1200
<i>Pevnost v ohybu</i>	<i>[MPa]</i>	410	340	590
<i>Pevnost v tlaku</i>	<i>[MPa]</i>	3500	>3500	3820
<i>Modul pružnosti</i>	<i>[GPa]</i>	430	380	300
<i>Poissonovo číslo</i>	<i>[-]</i>	0,17	0,17	0,24

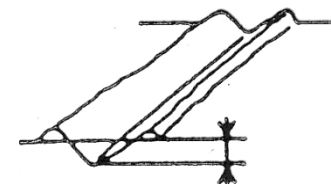
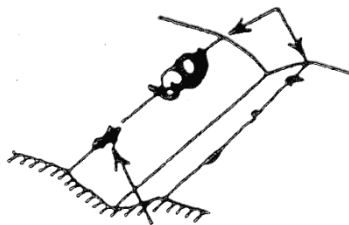
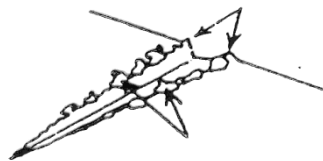
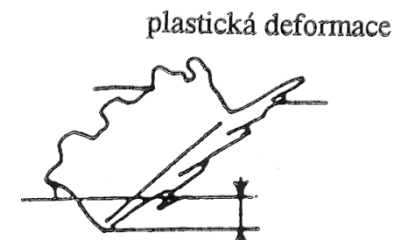
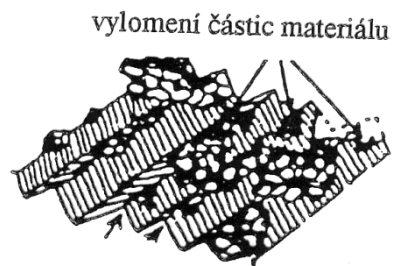
BROUŠENÍ KERAMIKY

CHOVÁNÍ KERAMICKÝCH MATERIÁLŮ PŘI BROUŠENÍ OVLIŇUJE:

- **Vysoká tvrdost materiálů**
- **Křehkost materiálů**
- **Nízké plastické vlastnosti a schopnost zpevňování**

BROUŠENÍ KERAMIKY

CHARAKTERISTIKA POVRCHU PO PRŮCHODU BROUSICÍCH ZRN



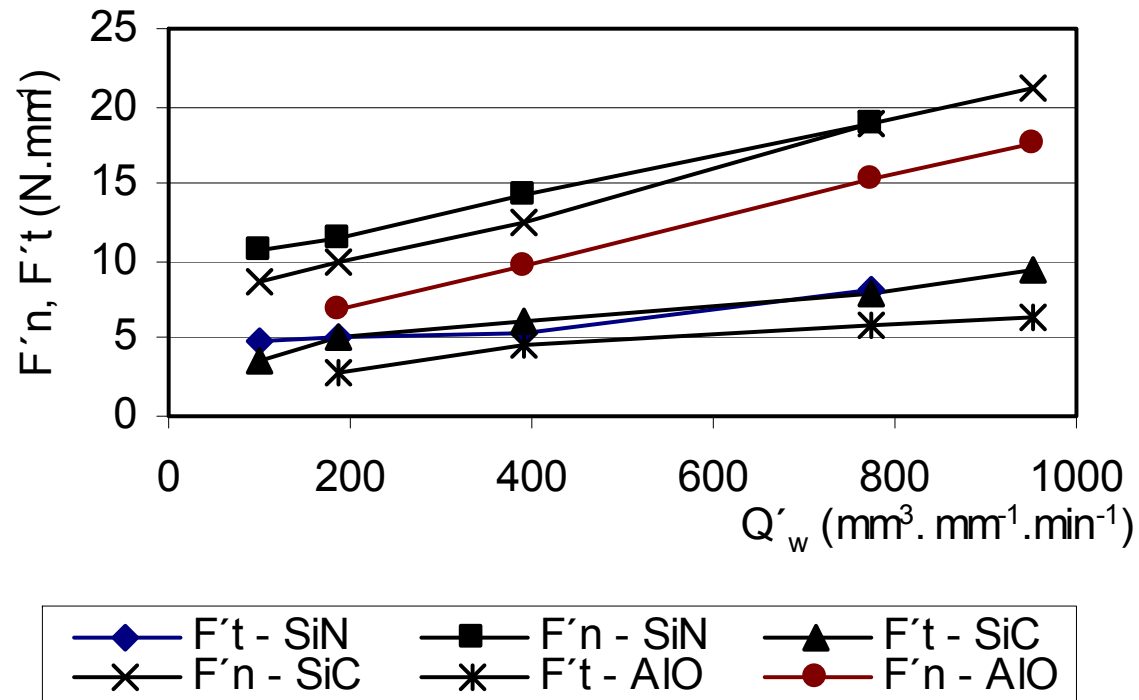
Si_3N_4

SiC

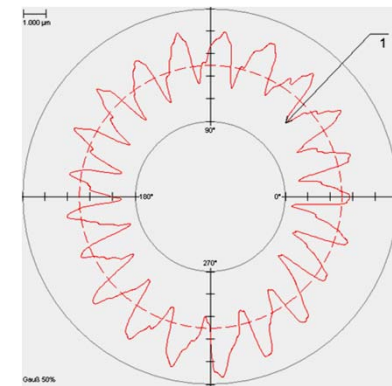
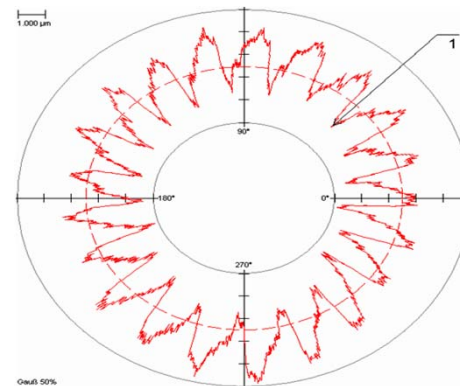
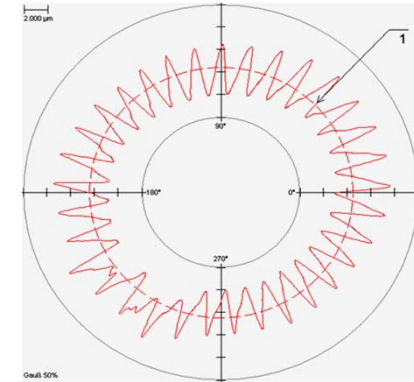
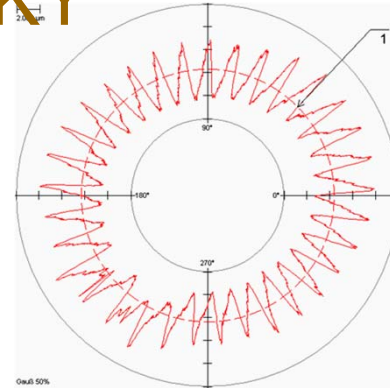
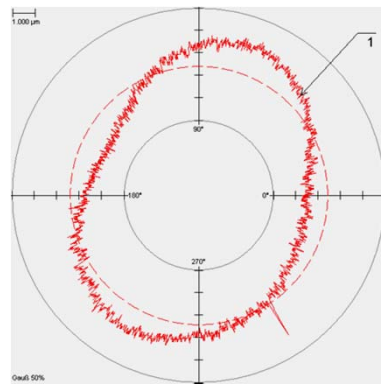
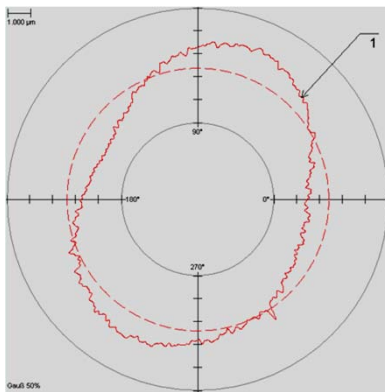
Al_2O_3

BROUŠENÍ KERAMIKY

Vliv velikosti úběru materiálu na složky řezné síly při broušení



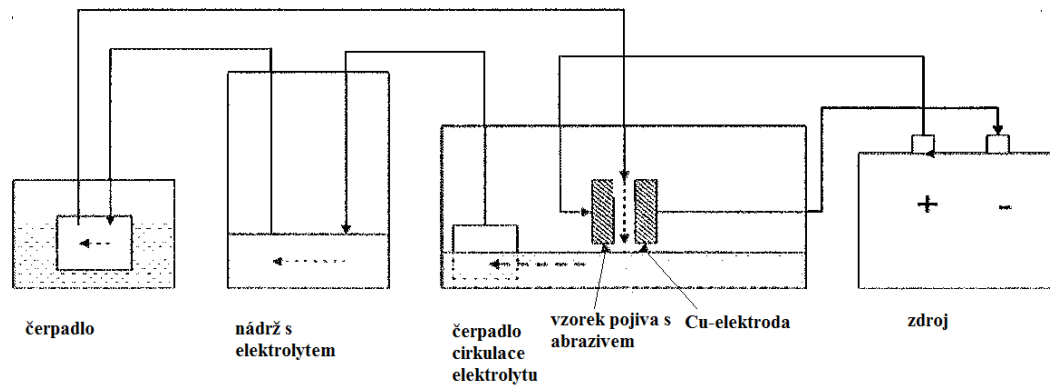
BROUŠENÍ KERAMIKY



- $v_s=37 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{fr}=0,17 \text{ mm.min}^{-1}$; filtr 0-150
- $v_s=37 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{fr}=0,17 \text{ mm.min}^{-1}$; bez filtru
- $v_s=43 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{fr}=0,26 \text{ mm.min}^{-1}$; bez filtru
- $v_s=43 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{fr}=0,26 \text{ mm.min}^{-1}$; filtr 0-150
- $v_s=27 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{fr}=0,26 \text{ mm.min}^{-1}$; bez filtru
- $v_s=27 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{fr}=0,26 \text{ mm.min}^{-1}$; filtr 0-150

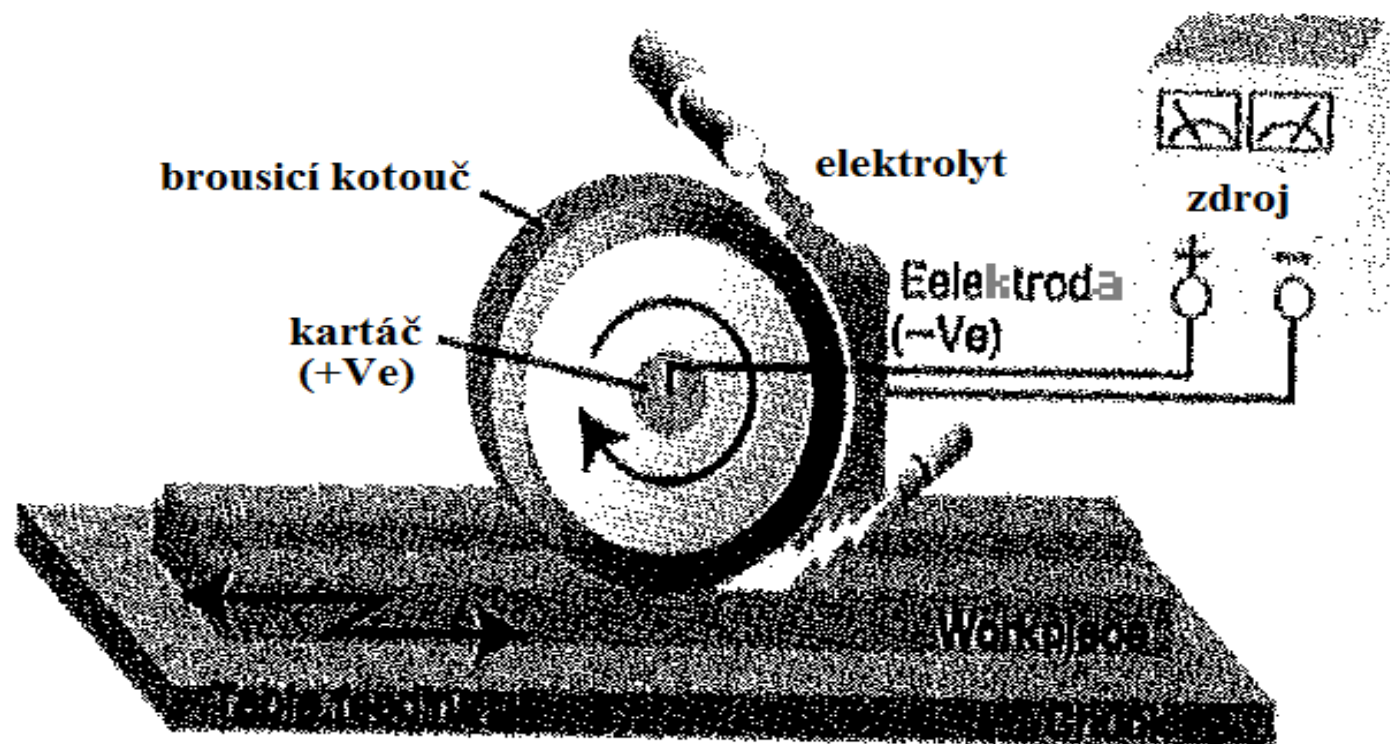
Příčná geometrická nepřesnost při broušení Si_3N_4

ELID



Jedná se o použití superabrazivního zrna (CBN) nebo diamantu v kovovém pojivu působícím současně s elektrochemickým orovnávacím procesem probíhajícím mezi katodou – Cu elektroda a anodou – pojivo brousicího kotouče.

ELID



GICS, EXPERTNÍ SYSTÉMY

EXPERTNÍ SYSTÉMY

ES pracují na základě expertní předpovědi. Z banky dat, případně znalostí, jsou vybírány informace o již proběhlých dějích s konkrétními výstupy. Na základě těchto výstupů se určuje průběh a výstupní hodnoty připravovaného brousicího cyklu.

EXPERTNÍ SYSTÉMY

- I. znalostní databáze popis systému obrobek
 prostředí
 brousicí kotouč
 výsledky zpracování
 technické a ekonomické údaje
- výběr cíle co chceme dosáhnout jako konečný efekt
- II. výběr mezí druhy proměnlivých a pevných
 parametrů, meze výstupních veličin
- III. matematizace vytvoření závislostí na základě znalostní
• problému databáze, publikací, výsledků výzkumu
 atd.
- IV. hlášení nebo nastavení proměnlivých parametrů

ADAPTIVNÍ SYSTÉMY

AS přizpůsobují práci stroje automaticky změně některých pracovních podmínek, případně pracují s některými vstupními hodnotami procesu (vlastnosti materiálu obrobku, charakteristika brousicího kotouče atd.). Jedná se např. o reakci na úbytek brousicího kotouče, reakci na zvýšení řezné síly.

GICS

GICS vycházejí z ES, jejich podstatou je čerpání informací z banky dat, případně ukládání nových dat do této banky. Na základě údajů již proběhlých cyklů a na základě znalostí vybraných matematických závislostí dochází k řízení vlastního procesu. Systémy vyžadují plynulou změnu otáček broušicího kotouče i obrobku, plynulou změnu posuvů se zpětno-vazební informací.

MONITOROVÁNÍ PROCESU

PREPROCESNÍ VELIČINY

NÁSTROJ – šířka B_s

průměr d_s

technická charakteristika

otáčky n_s

orovnění

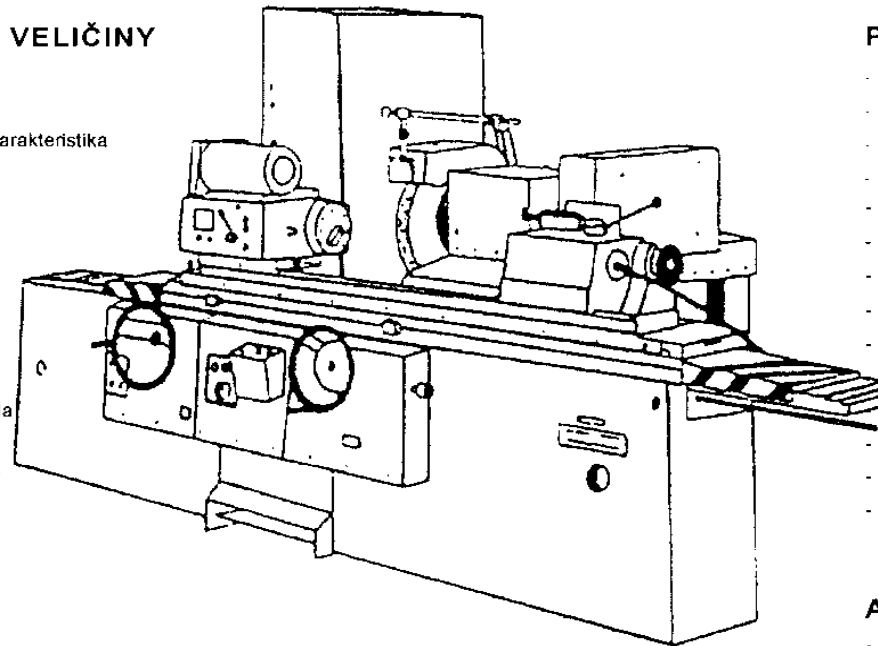
OBROBEK – materiál

otáčky n_w

průměr d_w

PŘÍPRAVEK – upínací síla

STROJ – tuhost soustavy



POSTPROCESNÍ VELIČINY

- stav brousícího kotouče
- drsnost povrchu R_a , R_z , R_t
- geometrický tvar obrobku
- skutečná tloušťka odebrané vrstvy
- integrita povrchové vrstvy

PROCESNÍ VELIČINY

- obvodová rychlost brousícího kotouče v_s
- opotřebení brousícího kotouče Δr_s
- axiální a radiální rychlost vedlejšího pohybu V_f
- teplotní pole brousícího kotouče Θ_s
- teplotní pole obrobku Θ_w
- řezná kapalina (ρ_f , O_f , složení)
- tloušťka odebrané vrstvy materiálu a
- hloubka záběru a_e
- kinematická délka stykového oblouku l_k
- obvodová rychlost obrobku v_w
- ekvivalentní průměr d_{eq}
- řezná síla F , složky F_n , F_t , F_a
- časový průběh řezných sil
- dynamická tuhost soustavy

ANALYTICKÉ VELIČINY

- rychlost opotřebení brousícího kotouče Q_s
- objemové opotřebení brousícího kotouče V_s
- měrná energie broušení e_c
- poměrný objemový obrus G
- ekvivalentní tloušťka třísky h_{eq}
- objemový výkon Q_w
- množství odebraného materiálu V_w
- součinitel řezivosti nástroje k_r
- koeficient broušení μ

MONITOROVÁNÍ PROCESU

- Sledování velikosti sil
- Sledování časového průběhu sil
- Sledování teploty
- Určení množství a tlaku kapaliny
- Sledování řezných podmínek
- Sledování stavu brousicího kotouče
- Sledování stavu povrchu



A TO JE PRO DNEŠEK VŠE