FOR INDUSTRY

9. mezinárodní veletrh strojírenských technologií

Pražský veletržní areál Letňany

30. 3. – 1. 4. 2010

Obrobený povrch a jeho vliv na užitné vlastnosti

Antonín Kříž

Seminář „Inovace řezných nástrojů a technologií obrábění“

Cech brusičů a výrobců nástrojů

HOFMEISTER s.r.o. - výrobce speciálního nářadí

ZČU Plzeň – FST - KMM

Tato prezentace je ke stažení na: **www.ateam.zcu.cz**

Základní informace

- zahájení podnikatelských aktivit 1990
- cca 80 zaměstnanců
- výrobní hala v Plzni v průmyslové zóně na Borských polích
- certifikát jakosti dle ISO 9001/2000

Oborové zaměření:

– vývoj, výroba speciálních řezných nástrojů pro třískové obrábění
– vývoj a výroba přípravků
– nákup a prodej standardních katalogových nástrojů (obchodně-technické zastoupení celé řady výrobců nářadí – HEULE, KEMR, AVANTEC, aj.)
– projektování, montáž a servis filtračních zařízení pro brousící a EDM stroje
- vývoj a výroba skříňových systémů

Spolupráce se školskými institucemi:

- odborná praxe učňů a studentů 3. a 4.ročníku - SPŠS v Plzni
- spolupráce na vývoji - ZČU Plzeň – Fakultou strojní

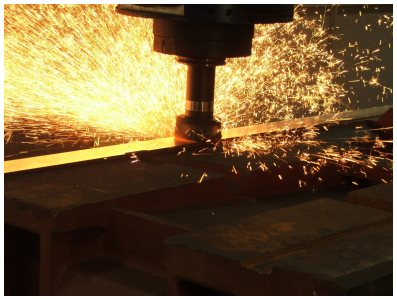
Spolupráce ZČU v Plzni s firmou HOFMEISTER s.r.o. – speciální fréza - hala H3, stánek 4B

Obrábění kalených materiálů řeznou keramikou

Jednou z cest při obrábění zápustek a forem v zušlechtěném stavu, kdy je dosahováno tvrdosti 43 až 70 HRC, je vysokorychlostní frézovaní. Při obrábění vysokými rychlostmi dochází k extrémnímu, mechanickému i tepelnému, namáhání břitu řezného nástroje.

Intenzivním vývojem v posledních letech se zlepšily některé vlastnosti řezné keramiky natolik, že jí výrobci doporučují i pro hrubovací operace s přerušovaným řezem.

Tvar VBD – RNGN 120400
Materiál VBD – LX11; FX105
Průměry nástrojů: od 32 do 262



FX105 – Si_3N_4
litina

LASSELSBERGER

Frézování uzavřeného vybrání a rovinné plochy

Materiál obrobku: (ČSN) 19 436 (Wr.Nr.1.2080) 61±1 HRC

TOS Čelákovice

Frézování rovinných ploch a sražení 5x45°; Obrobek: lože

Ma

TOS Varnsdorf

Frézování rovinných ploch; Obrobek: lože

Materiál obrobku: (ČSN)14 100 60±1 HRC; (ČSN) 42 2425 180 až 230 HB

Projektová spolupráce – ZČU – HOFMEISTER

MPO – Impuls

1) Vývoj a zavedení výroby nových řezných nástrojů s využitím progresivních nanovrstev a sendvičových tenkých vrstev pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů (2005-2007)

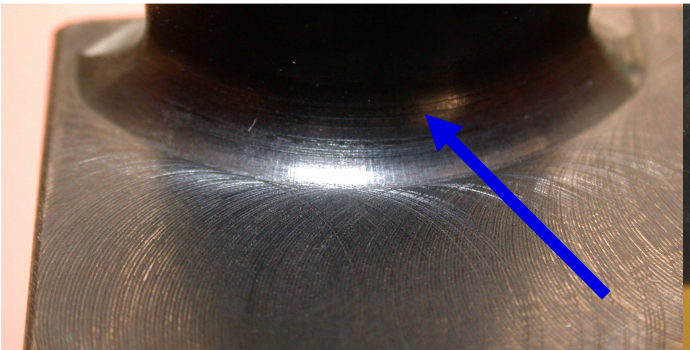
2) Vývoj produktivní technologie výroby cermetových řezných nástrojů (2006-2007)

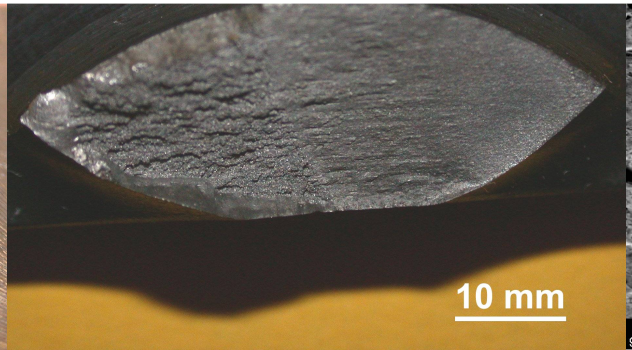
3) Vývoj vrtacích multifunkčních nástrojů pro vysoce produktivní a přesnou výrobu kruhových otvorů (2007-2010) – **INTEGRITA POVRCHU**

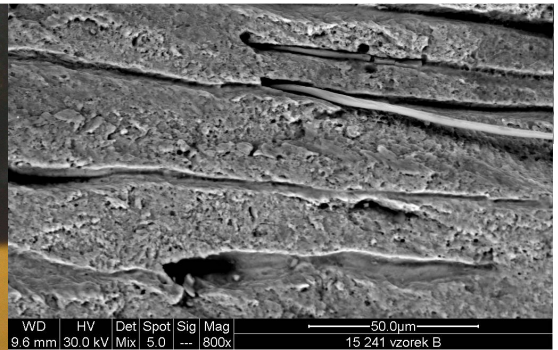
DŮLEŽITOST POVRCHU

Když povrchu rozumíme, tak lze odvodit celou řadu souvislostí a praktických dopadů.
Finální vlastnosti výrobků jsou významně ovlivňovány vlastnostmi povrchových a podpovrchových vrstev. Objem provozních lomů v současnosti tvoří více než z **90% únavových poškození**. Toto poškození má nejčastěji svoje iniciační místo na povrchu součásti.

Výjimkou bývají některé významné strukturní, metalografické i konstrukční chyby (vměstky, trhliny, povrchově překalená vrstva materiálu, zápichy aj.), které mohou přesunout iniciaci dále od povrchu.
Z tohoto důvodu je nutné vlastnostem povrchu věnovat značnou pozornost.







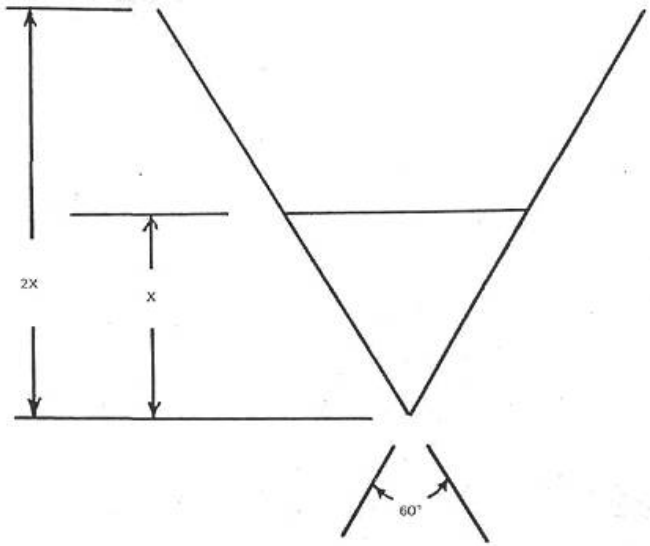
Pro komplexní posouzení povrchových stavů byla zavedena
INTEGRITA POVRCHU

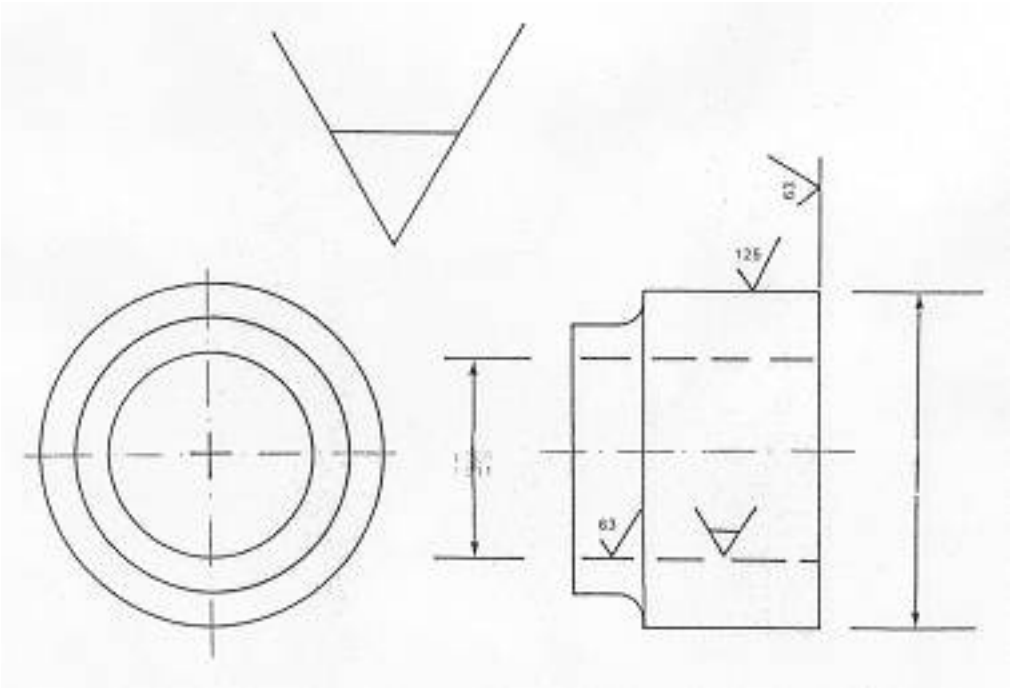
Jejím cílem bylo komplexně podchytit povrchový stav, neboť zde působí mnoho vlivů, které ovlivňují výsledné vlastnosti. Tyto vlivy působí společně a lze je rozdělit na **vnější** a **vnitřní**.

Vnější vlivy:
- Mechanické (provozní napětí)
- Chemické (koroze)
- Fyzikální (záření, bludné proudy apod.)
- Kombinace více vlivů (koroze pod napětím, elektrochemická koroze, ale také technologické procesy např. obrábění, tepelné zpracování, tváření)

Vnitřní vlivy:
- Zbytková napětí
- Morfologie povrchu (drsnost)
- Materiálové a mechanické vlastnosti povrchu (tvrdost, zpevnění, strukturní stav, povrchová úprava např. vrstvy, povlaky)
- Přítomnost povrchových a podpovrchových vad a heterogenní struktura (uhlík v litině, vměstky, řediny)

Symbol integrity povrchu





Srovnání hloubek jednotlivých efektů integrity povrchu

DRUH ÚČINKU (Efektu)	Podmínky (obrábění)	Maximální dosažená hloubka efektu							
		soustružení nebo frézování	vrtání	broušení	chemické obrábění	elektro-chemické obrábění	elektro-chemické broušení	elektro-jiskrové obrábění	obrábění laserovým paprskem
Mechanické změny materiálu									
Plastická deformace	na čisto	0,043	0,020	0,008	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
	na hrubo	0,076	0,119	0,089	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Plasticky deform.částice	na čisto	xxx	xxx	0,013	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
	na hrubo	xxx	xxx	0,033	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Změny Tvrdosti **1)**	na čisto	0,013	0,025	0,038	0,025	0,036	0,018	0,025	-
	na hrubo	0,127	0,508	0,254	0,079	0,051	0,038	0,203	-
Mikro a makro trhliny	na čisto	0,013	0,013	0,013	xxx	0,008	0,000	0,013	0,015
	na hrubo	0,038	0,038	0,229	xxx	0,038	0,025	0,178	0,102
Zbytkové napětí **2)**	na čisto	0,152	-	0,013	0,025	0,000	0,000	0,051	0,005
	na hrubo	0,356	-	0,318	0,025	0,000	0,000	0,076	-
Metalurgické změny materiálu									
Rekrystalizace	na čisto	-	-	0,013	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
	na hrubo	-	-	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Interkryst. napadení	na čisto	xxx	xxx	xxx	0,008	0,008	0,000	xxx	xxx
	na hrubo	xxx	xxx	xxx	0,152	0,038	-	xxx	xxx
Selekt.leptání póry,výčnělky	na čisto	0,010	-	0,005	0,015	0,010	0,003	0,013	-
	na hrubo	0,025	0,076	0,010	0,038	0,064	0,013	0,041	-
Metalurgické transformace	na čisto	0,010	0,038	0,013	-	0,000	0,003	0,015	0,015
	na hrubo	0,076	0,508	0,152	-	0,005	0,008	0,127	0,038
Teplem ovliv. oblasti	na čisto	0,003	-	0,018	xxx	xxx	xxx	0,015	0,015
	na hrubo	0,025	0,076	0,318	xxx	xxx	xxx	0,127	0,038

Jiný pohled na integritu povrchu

Geometrická přesnost

Drsnost povrchu a jeho profil

Tvrdost

Změna struktury

Zbytková napětí

Chemicko-tepelné změny – opaly, oduhličení, nauhličení

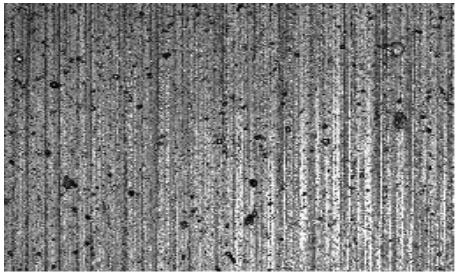
Trhliny – praskliny

Změny fyzikálních i chemických vlastností

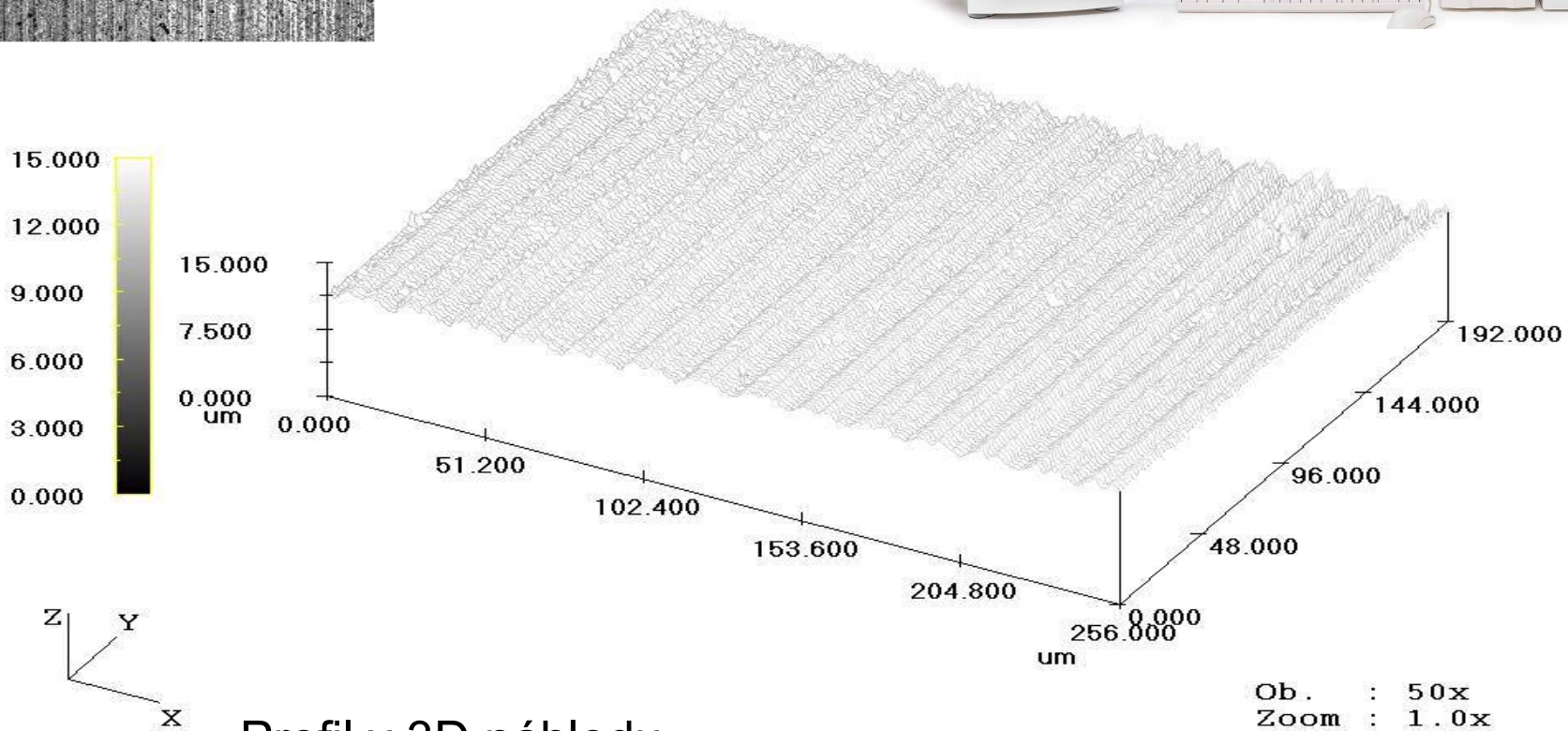
Pro porozumění řeči povrchu je nutné vnímat všechny výše uvedené faktory v požadovaných souvislostech.

Drsnost povrchu a jeho profil

Využití konfokálního mikroskopu Olympus LEXT 3000



Data name : 13_54_
Comment :



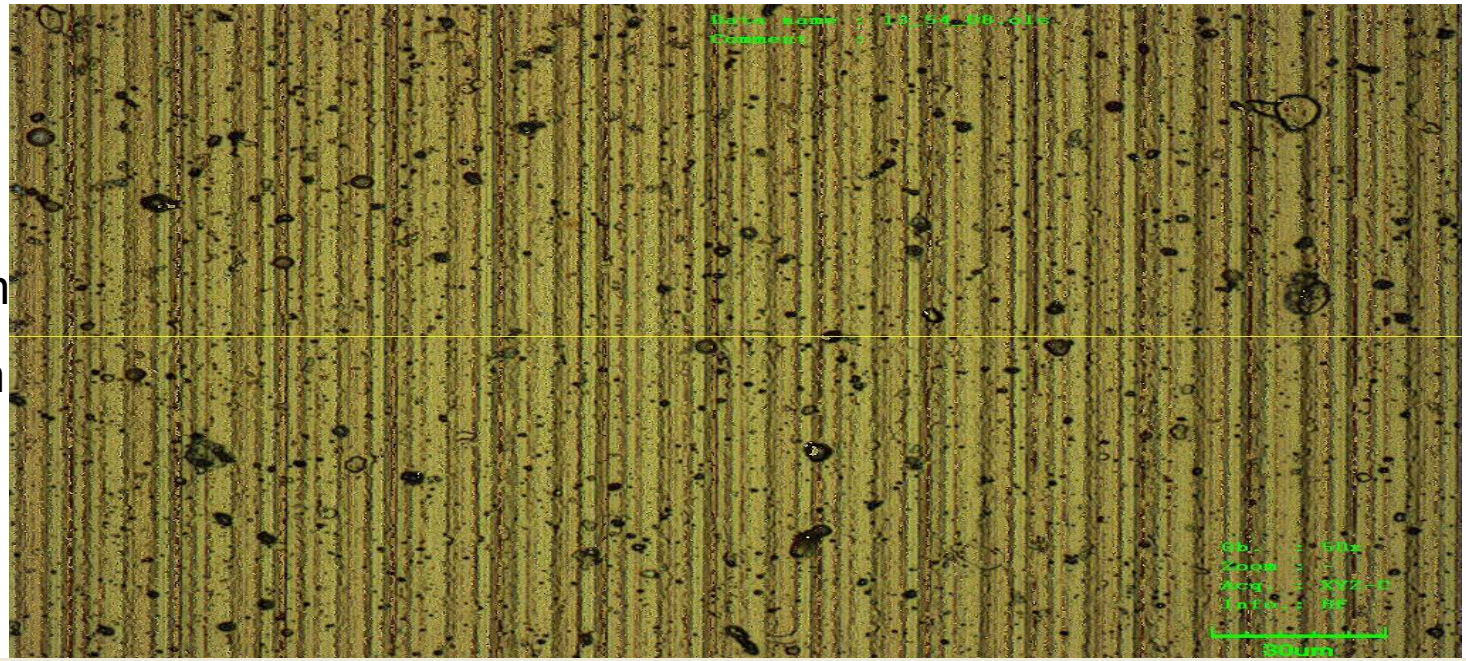
Profil v 3D náhledu

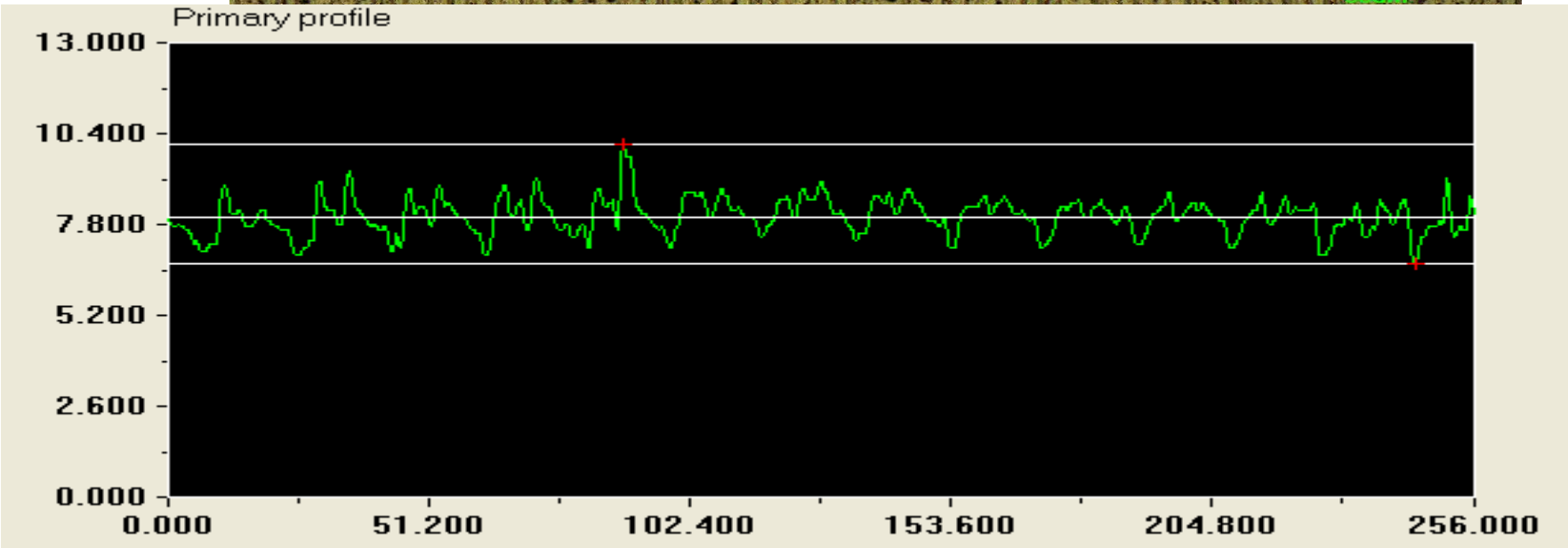
Ob. : 50x
Zoom : 1.0x
Acq. : XYZ-C
Info. : CF-H

Měření příčné drsnosti

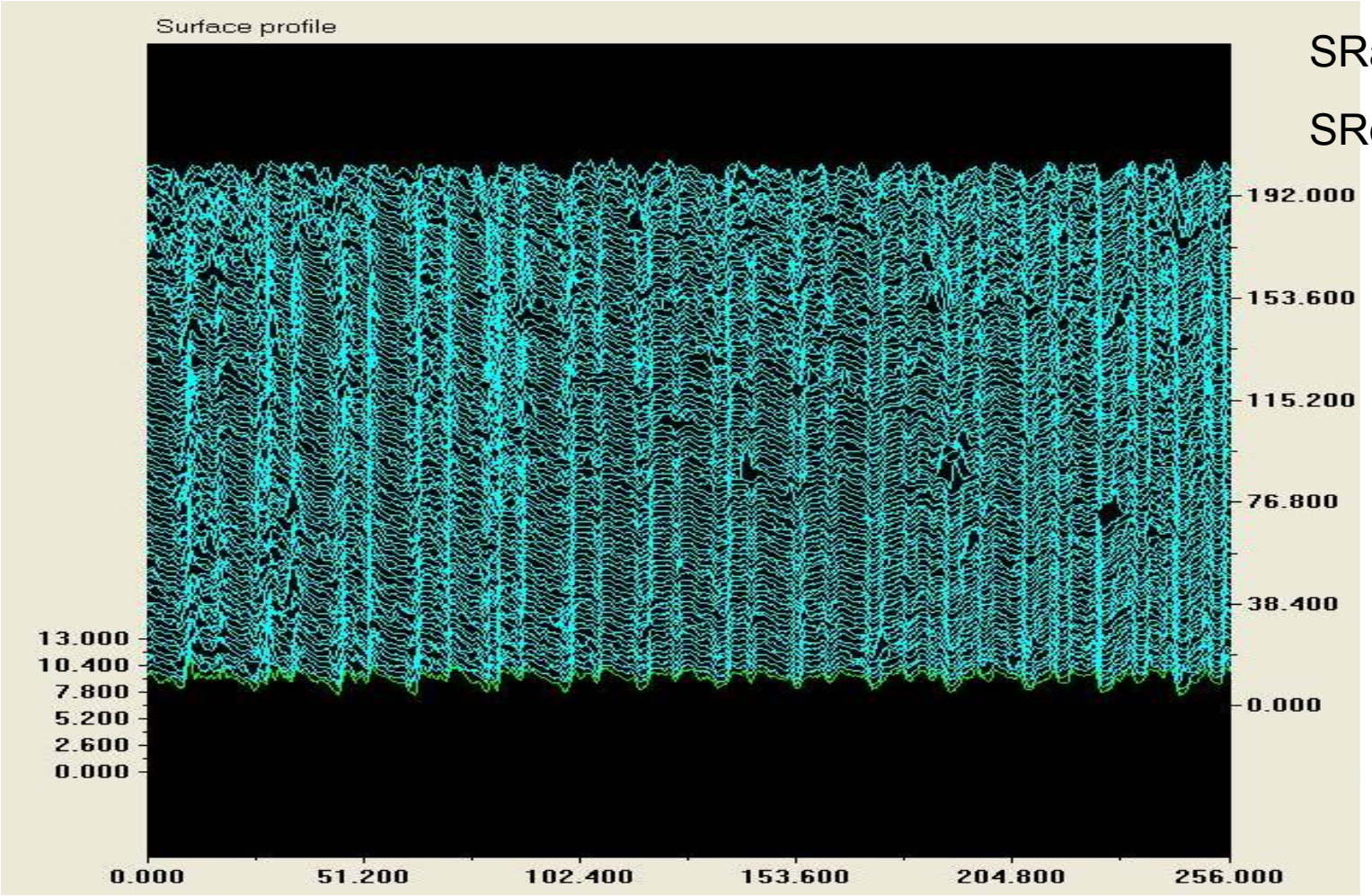
Ra - 0,4509 µm

Wt – 0,4676 µm





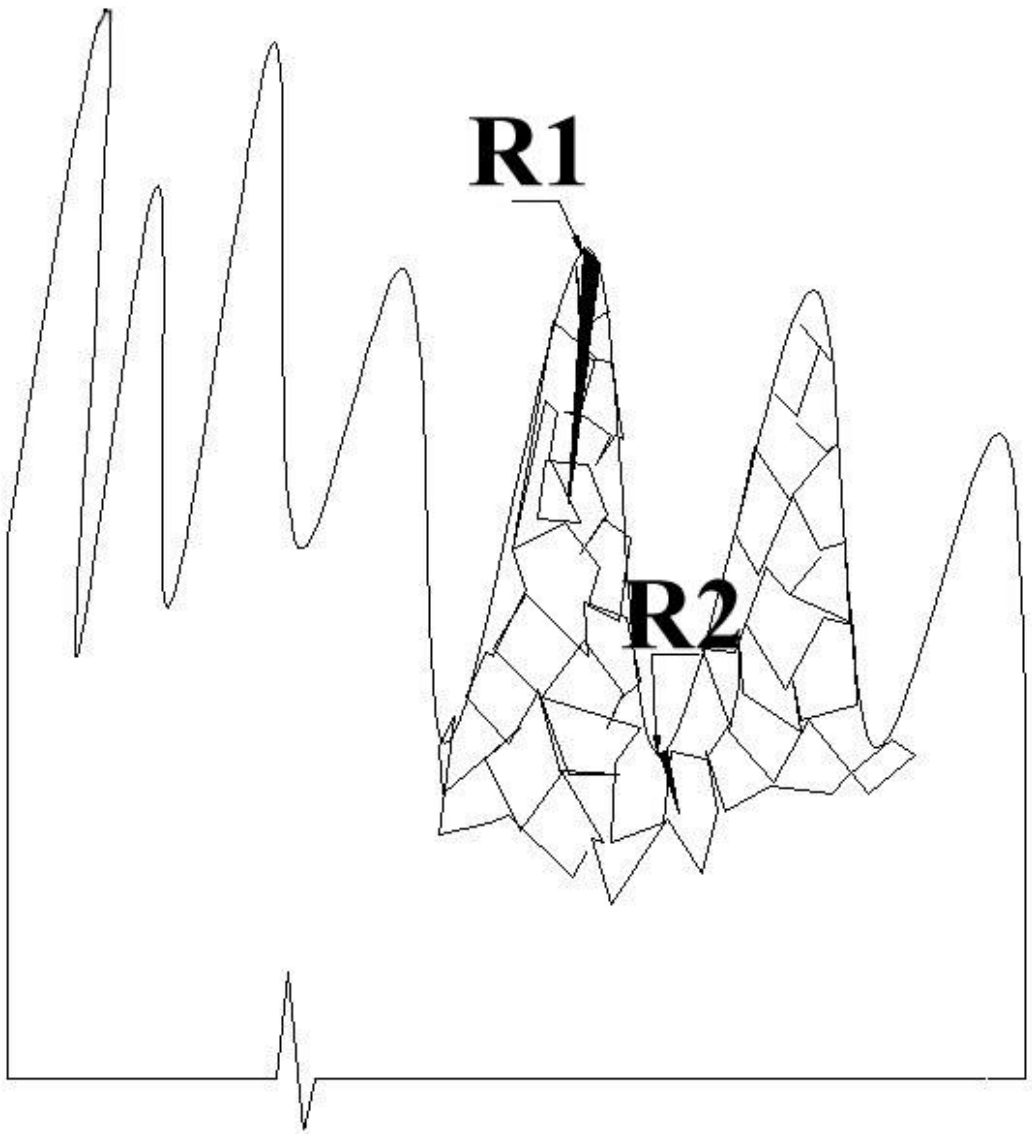
Měření plošné drsnosti



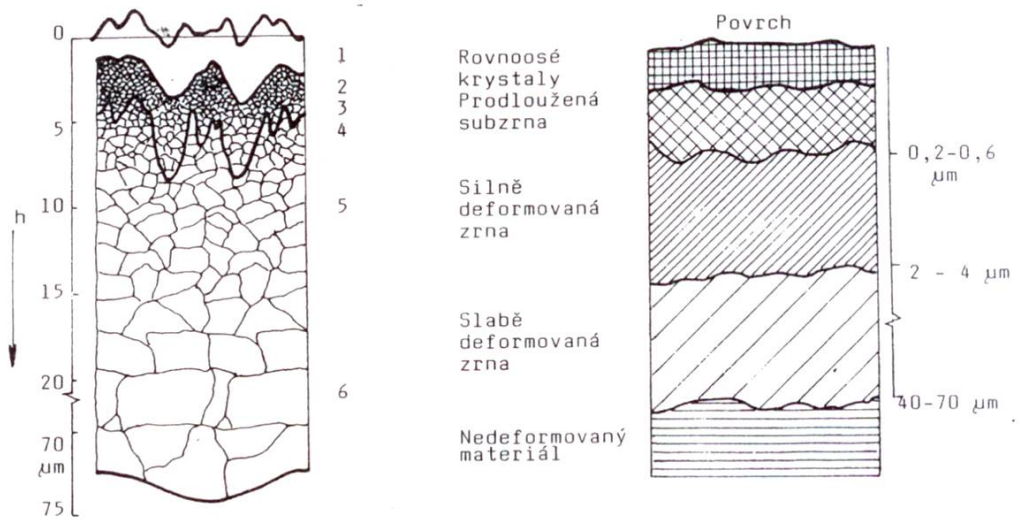
SRa - 0,3883µm

SRq - 0,4896µm

Profil povrchu



Změna struktury



Narušení povrchu dřeva řezem ☺

Narušení povrchové litinové vrstvy grafitem

Zbytková napětí

Měření zbytkových napětí je věnována celá řada publikací. Problém nastává nejen s volbou metody stanovující s určitou (ne)přesností, ale také s její interpretací a využitelností v samotné praxi.

Pro zjištění zbytkových napětí se používají metody přímého a nepřímého zjištění:

- mechanické (odleptávání, odvrtávání) založené zejména na měření deformací po odstranění části vzorku

- optické

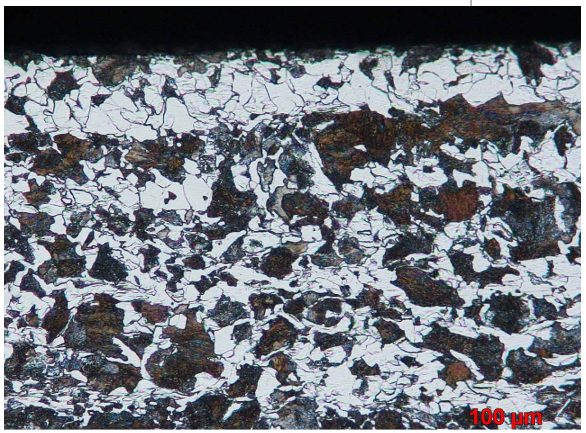
- magnetické (pomocí Barkhausenova šumu)

- ultrazvukové (princip: vztah mezi napětím a rychlostí ultrazvukových vln v materiálu

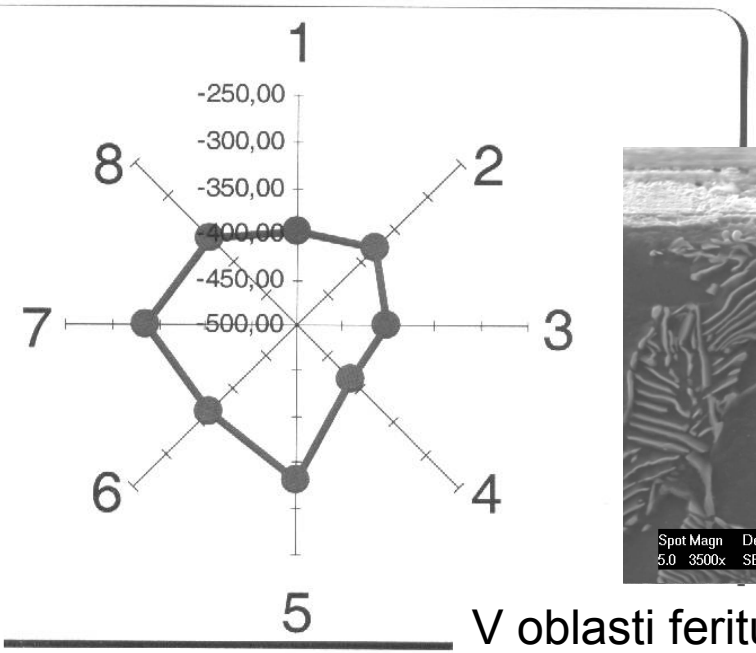
-difrakce (využívající rozptyl buď rentgenového záření, nebo toku neutronů)

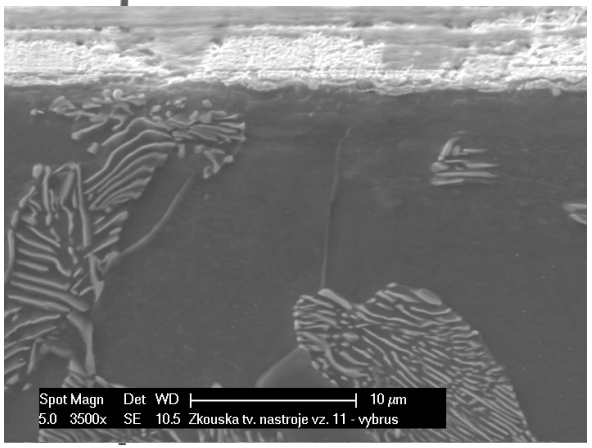
Měření zbytkových napětí RTG difrakční analýzou u otvorů z oceli C45

Vzorek 1_ Strana B



Struktura je heterogenní





V oblasti feritu je větší deformace

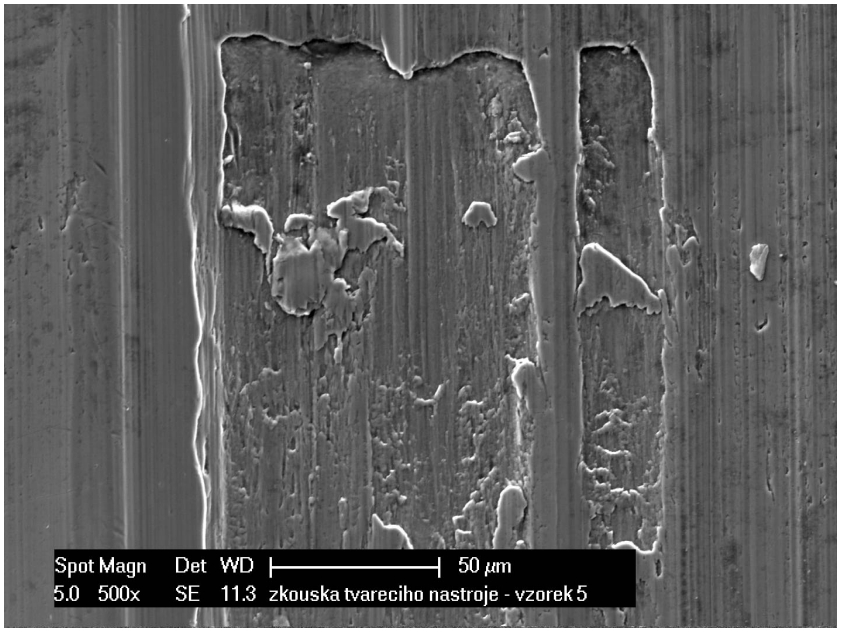
bod	1	2	3	4	5	6	7	8
σ(AK), MPa	-398	-382	-403	-415	-333	-368	-338	-367
lin W, deg	1,67	1,68	1,71	1,66	1,65	1,65	1,60	1,63

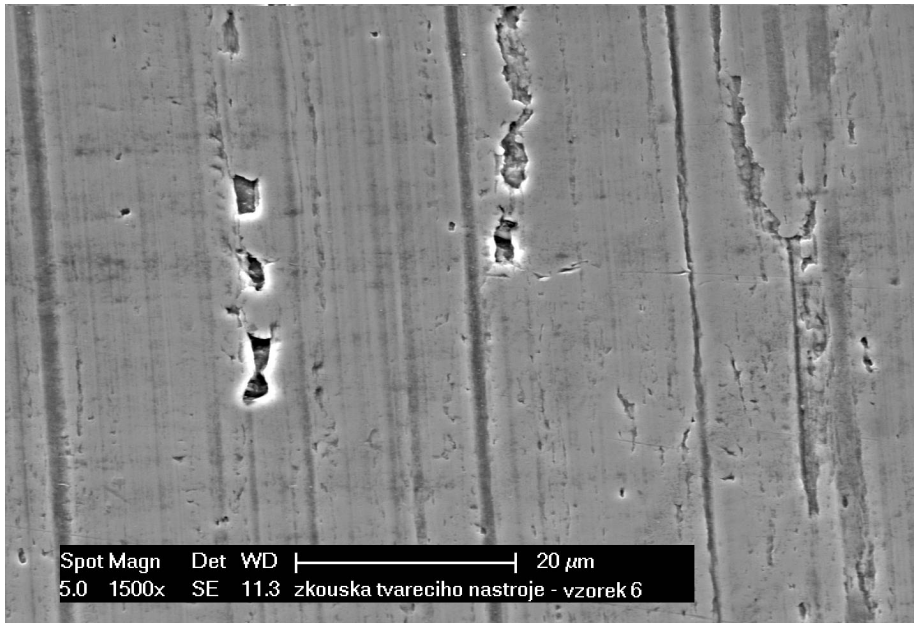
Rozložení tlakových zbytkových napětí po obvodě vyvrtaného otvoru

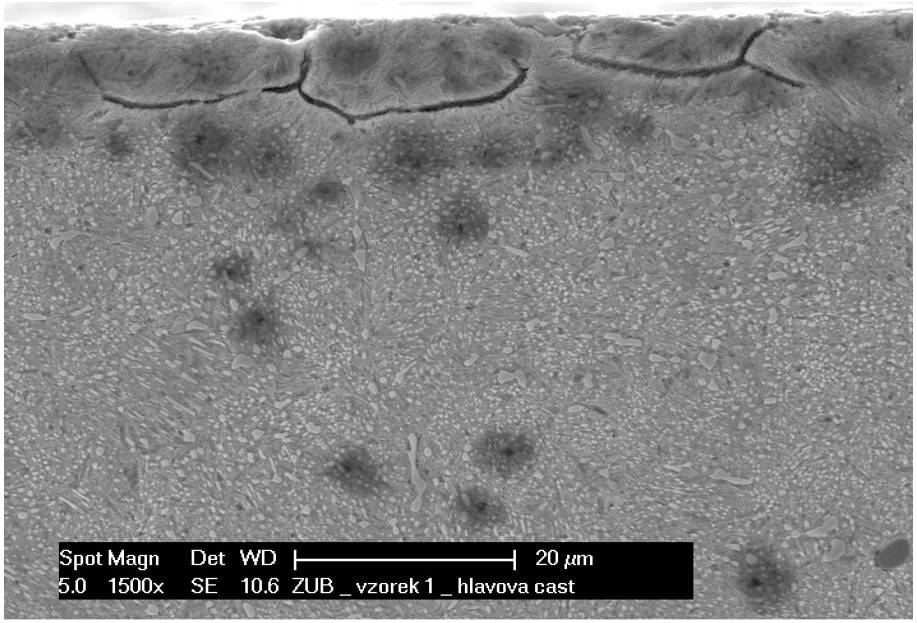
	Vzorek 1		Vzorek 2		Vzorek 3		Vzorek 4		Vzorek 5	
bod	1A	1B	1A	1B	1A	1B	1A	1B	1A	1B
σ(AK),MPa	-279	-398	-375	-366	-303	-300	-314	-485	-252	-331
lin W, deg	1,67	1,67	1,70	1,67	1,65	1,77	1,71	1,69	1,74	1,71

Rozložení zbytkových napětí u odlišně zhotovených otvorů – soustružení, vrtání

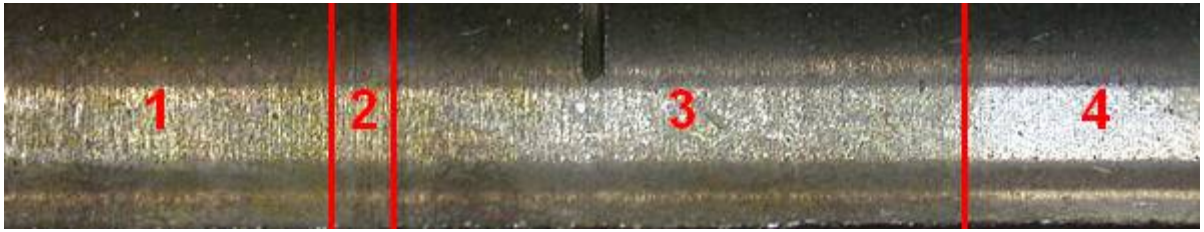
Trhliny - praskliny



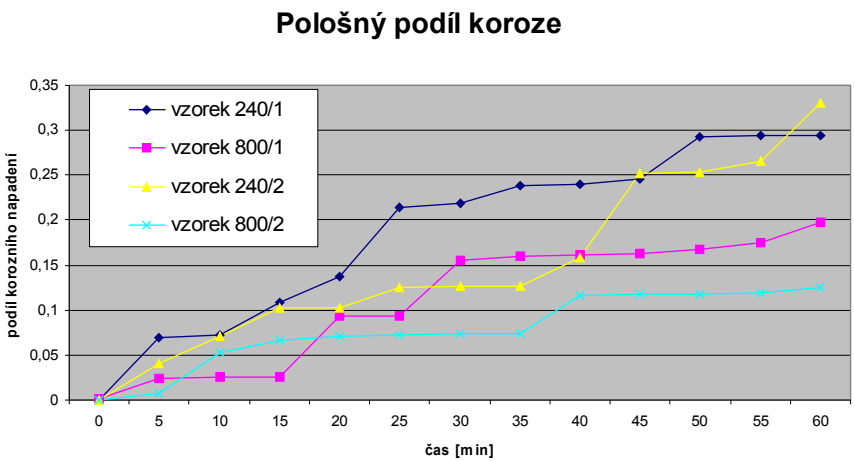




Změny fyzikálních i chemických vlastností



Povrch vyvrtané litiny ČSN 422420 - oblast 1– pouze vrtáno; oblast 2 – přechodová oblast do tvářeného povrchu; oblast 3 tvářený povrch; 4 – zahlazený povrch.

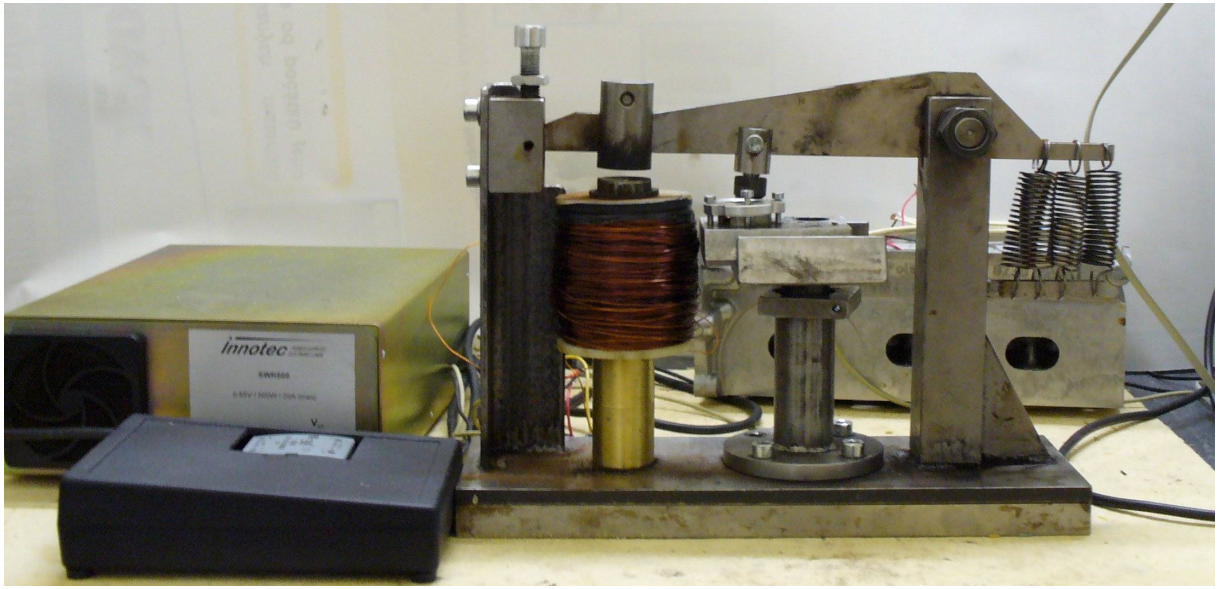


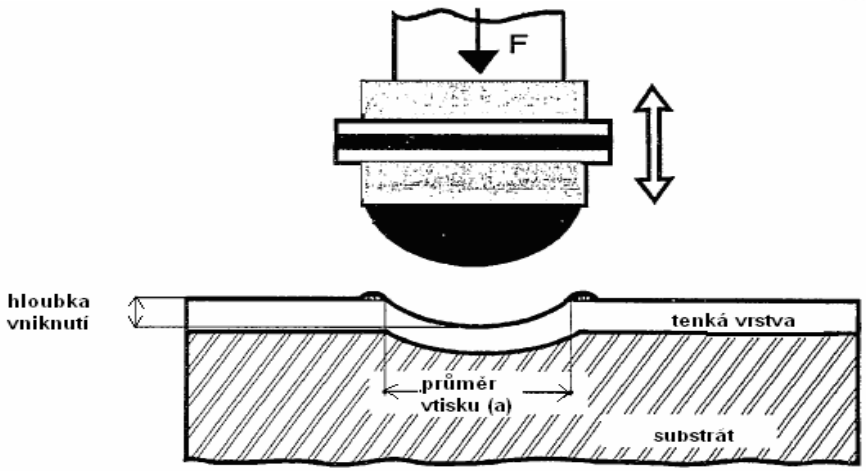
Koroze u vzorku broušeného

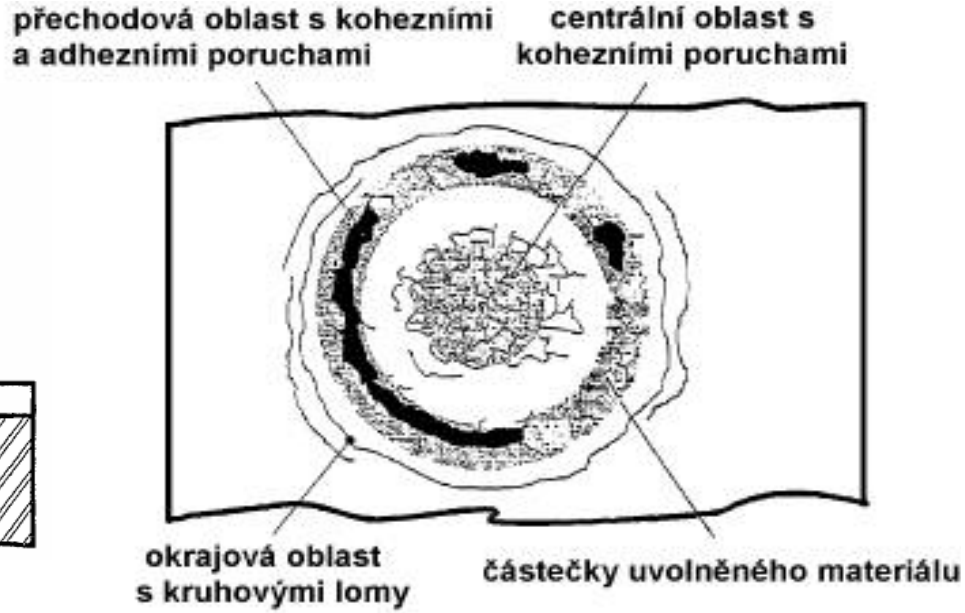
„papírem 240“ „papírem 800“

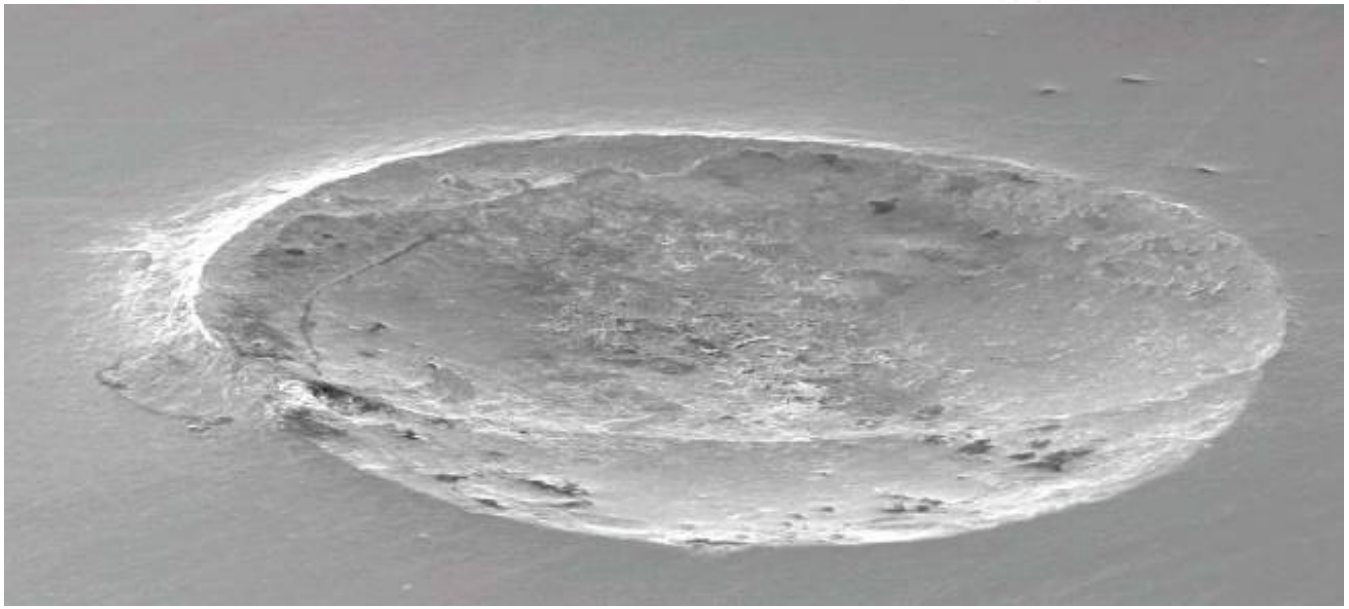
Dalším úskalím je po správném vyhodnocení stavu povrchu vyřazení nevhodných výrobků na základě predikování jejich chování v provozu. Ačkoliv je již publikována celá řada literárních pramenů pojednávající o integritě povrchu, přesto se ještě nedostaly tyto poznatky do povědomí strojírenských firem, aby je bylo možné zařadit do kritéria posuzující kvalitu výrobku.
Je nutné hledat souvislosti mezi laboratorně naměřenými výsledky popisující povrchový stav a reálnými vlastnostmi, nebo další možností je použít ověřenou metodu, která poskytuje přímé vazby na užitné vlastnosti.

Jedním z těchto měření je metoda IMPACT TESTU.







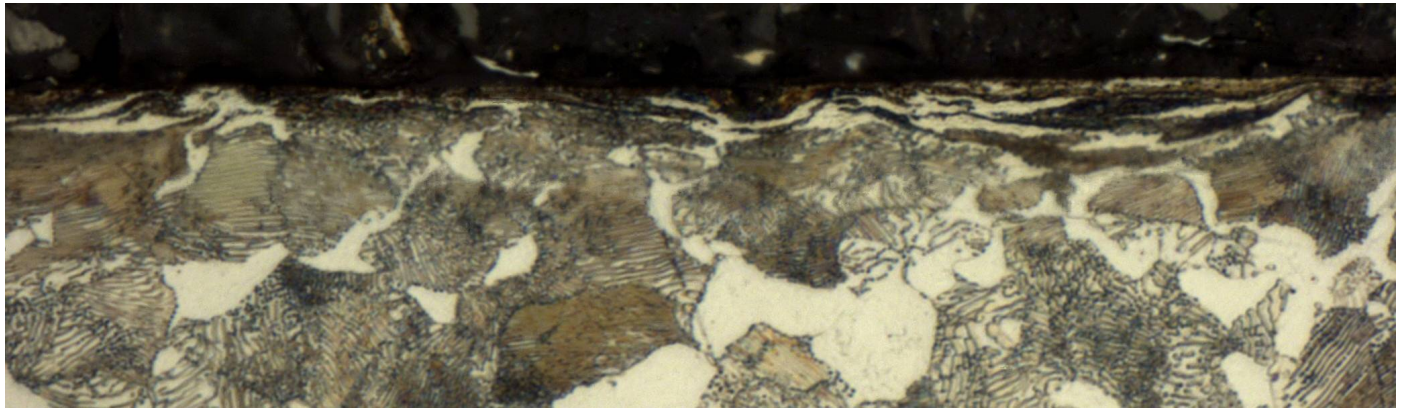


Impact kráter – snímek ŘEM

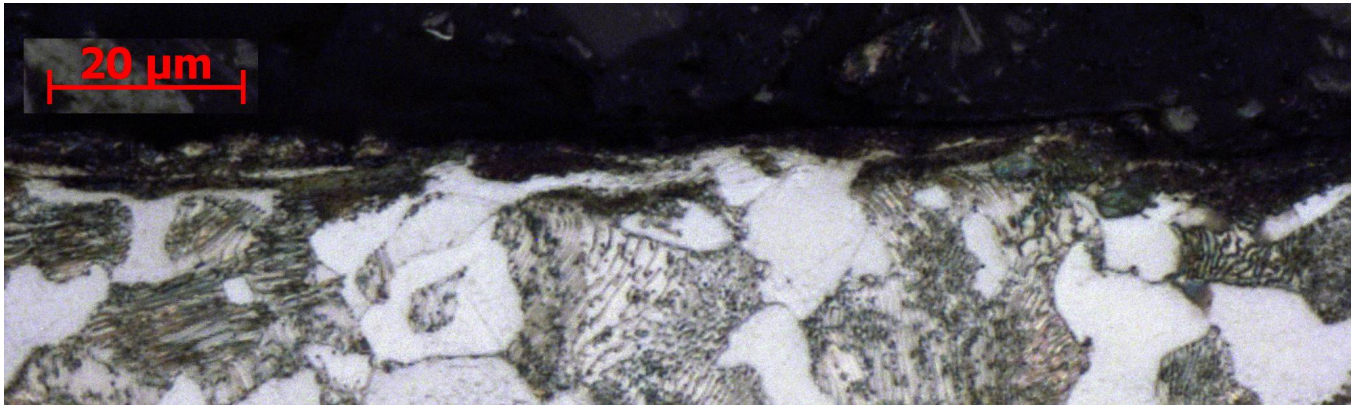
Praktická ukázka stavu povrchu

Testovaný vzorek

Stav obrobeného povrchu – ocel C45



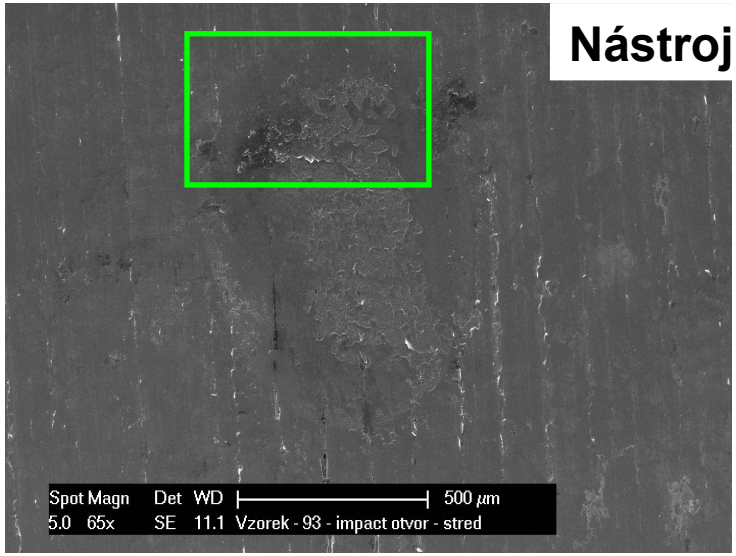
Povrch – otvor vyvrtán nástrojem Hofmeister – č. 91.
V povrchové vrstvě je tvrdost øHV0,005 = 445

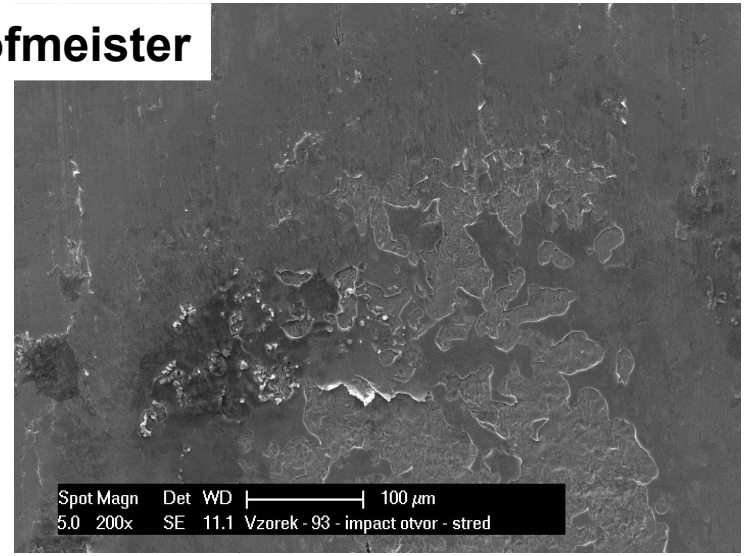


Povrch – otvor vyvrtán nástrojem konkurence
– nenastala plastická deformace

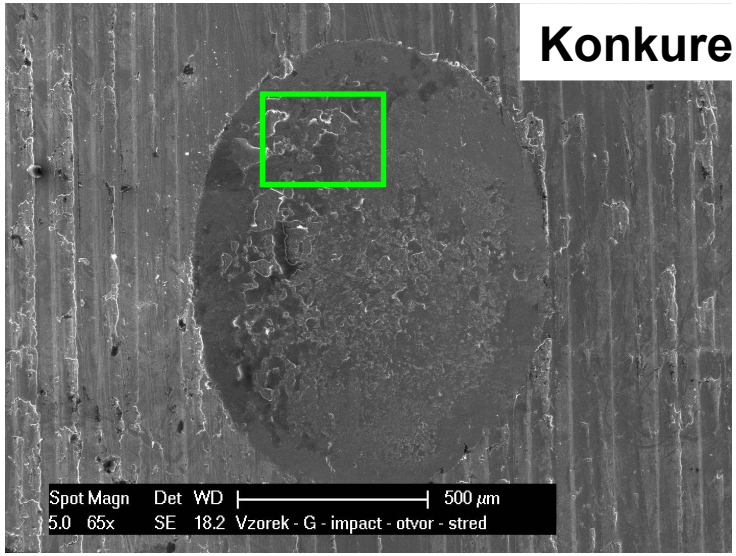
Impact kráter ve vzorku oceli C45 ve střední části otvoru

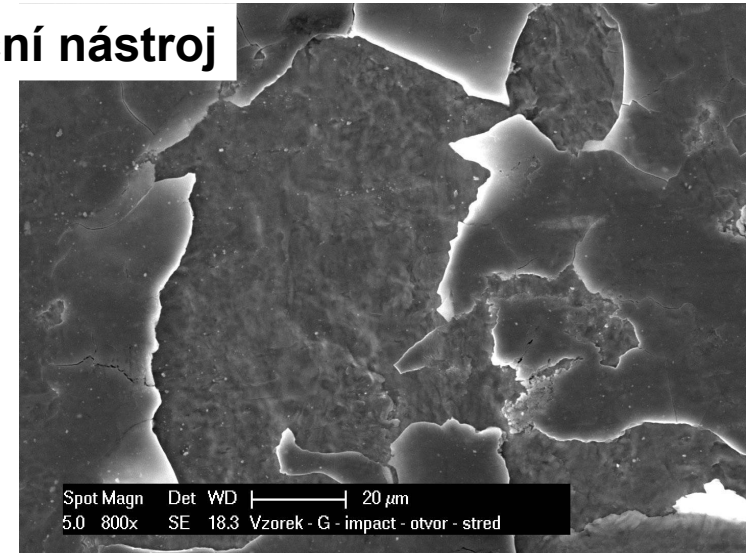
Nástroj Hofmeister



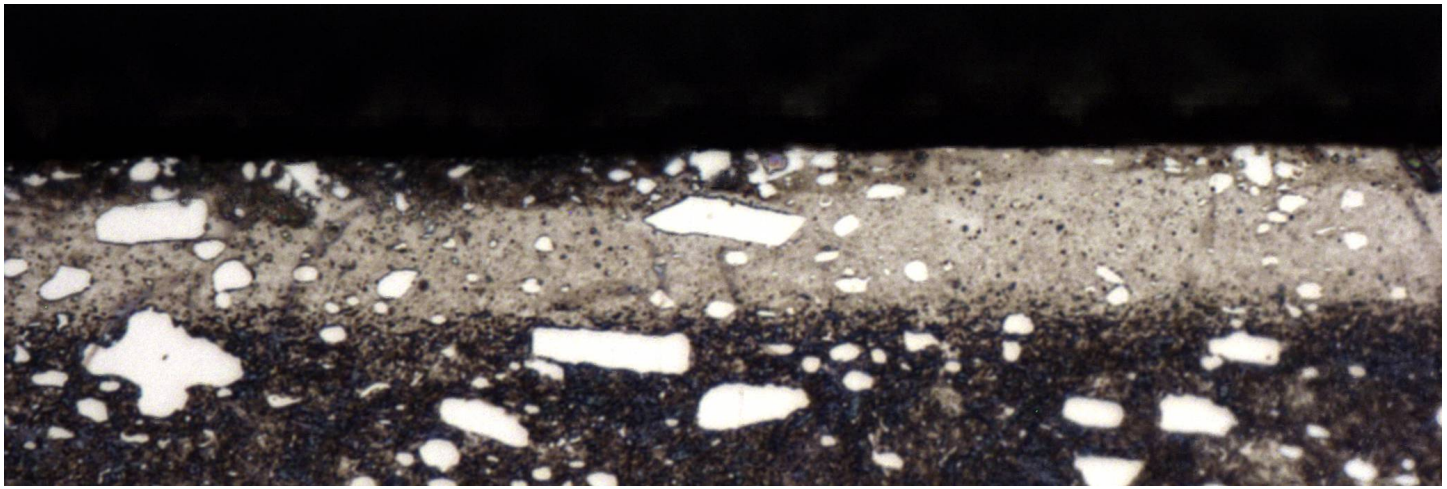


Konkurenční nástroj

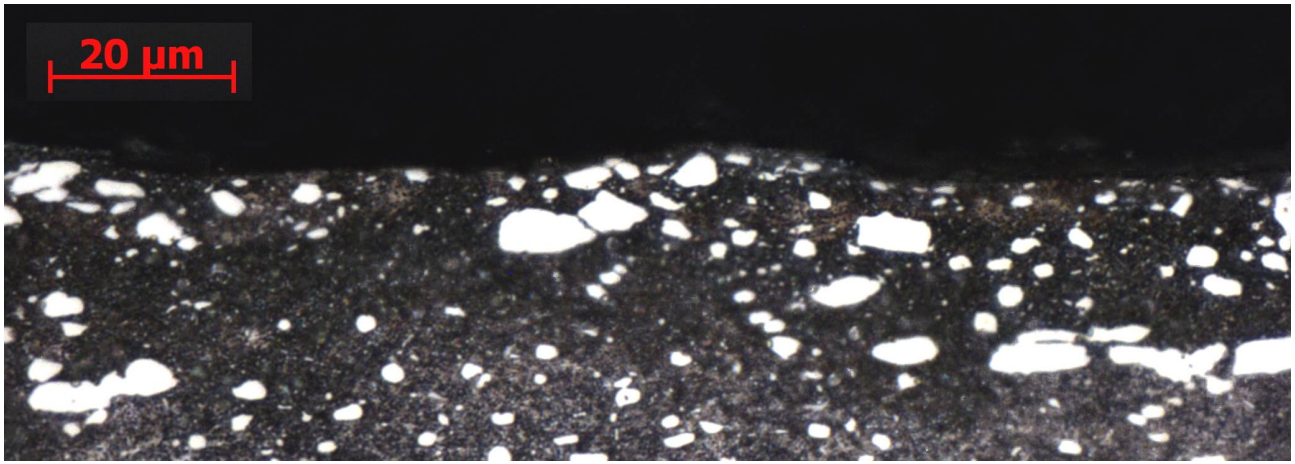




Stav obrobeného povrchu – ocel AISI D3

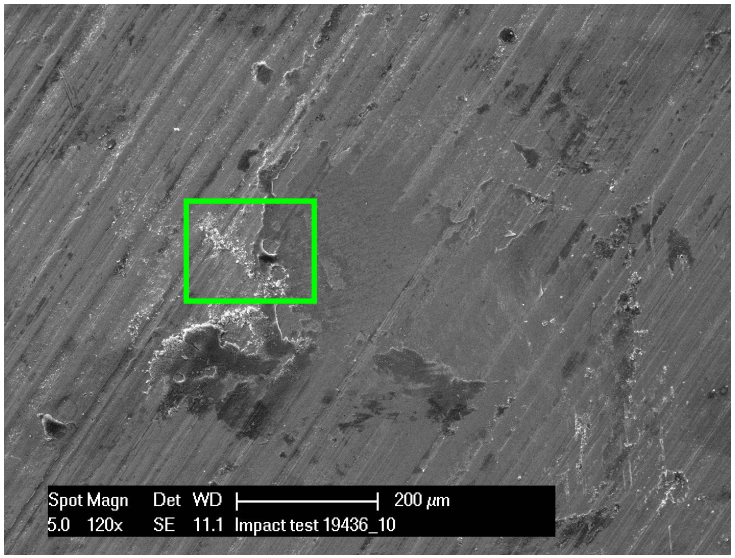


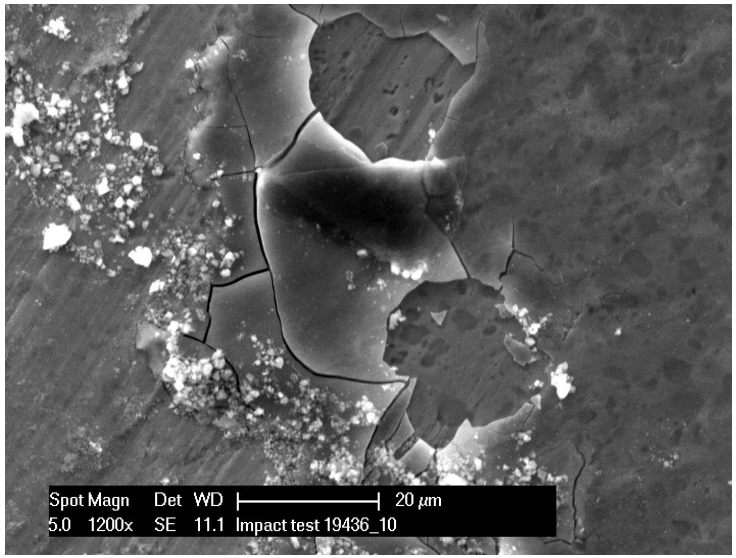
Zakalený povrch– øHV0,01 =1 107.



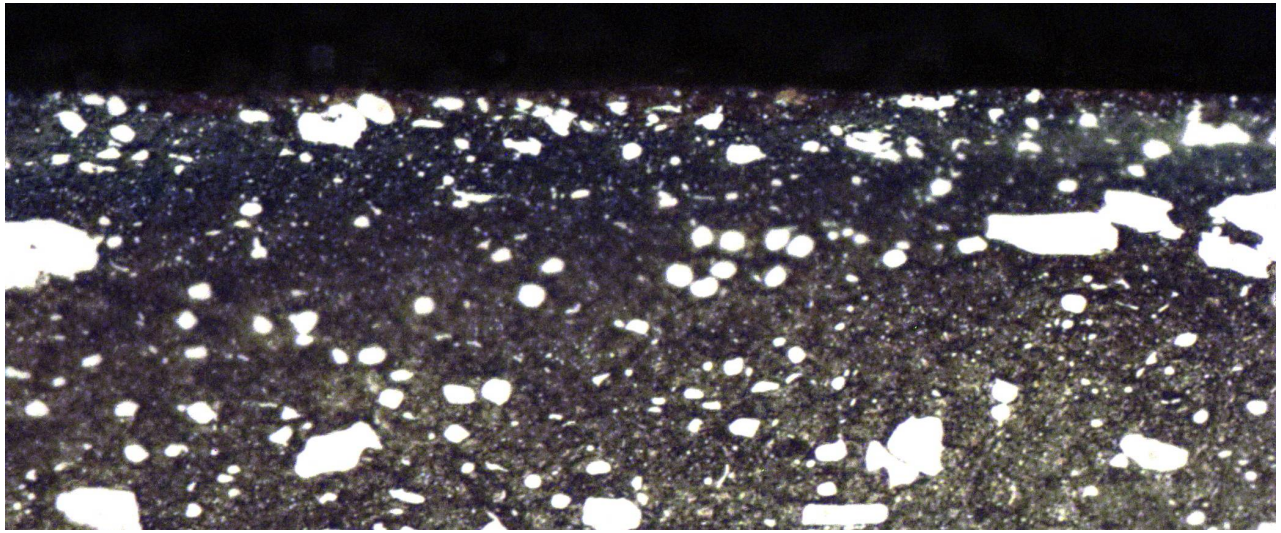
Povrch s nižší tvrdostí – øHV0,01 =828.

Impact kráter ve vzorku oceli D3 – nástroj Hofmeister



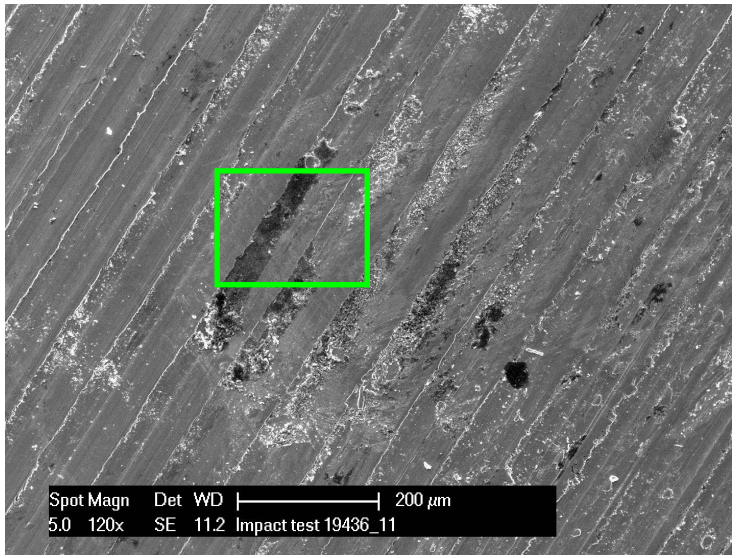


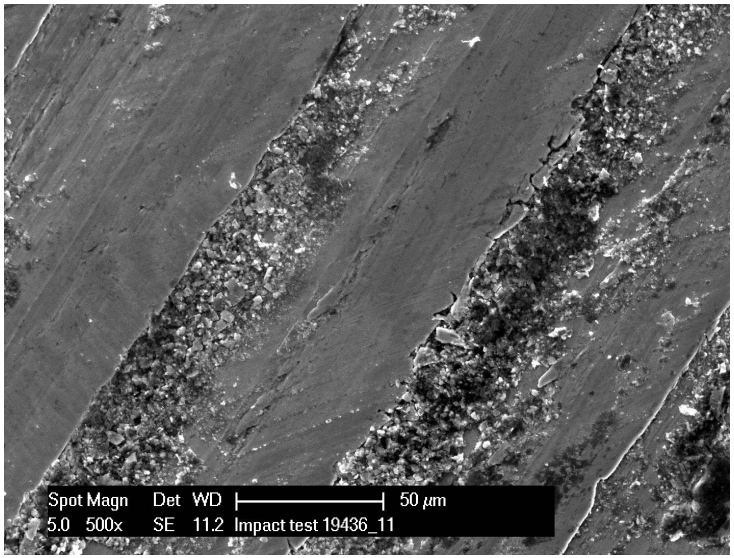
Dokumentace kráteru na popuštěné vrstvě popuštěná tmavá oblast



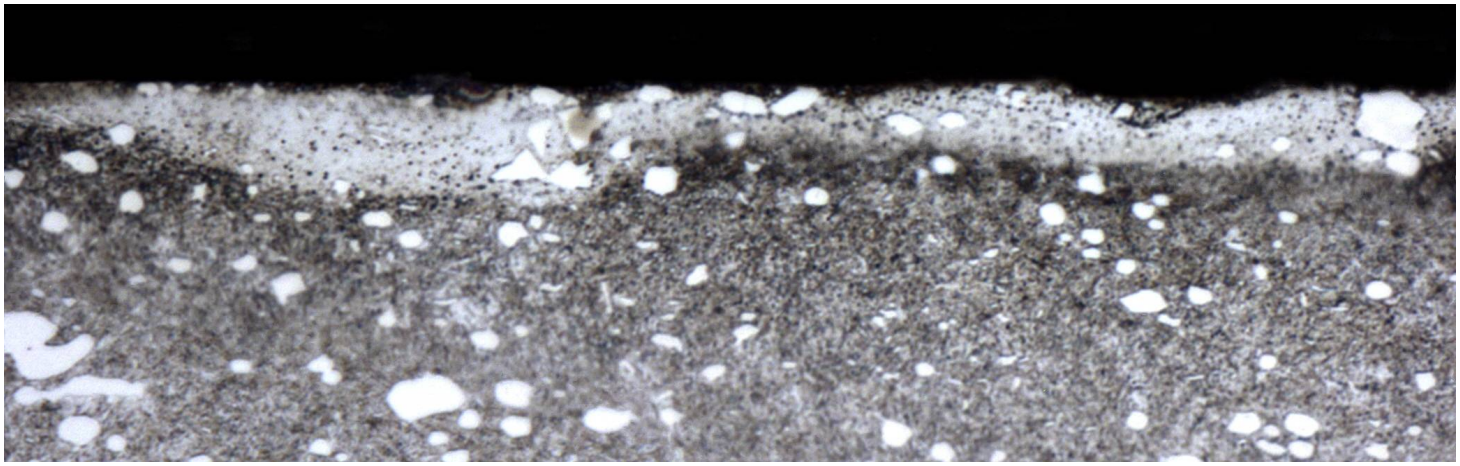
HV0,01 = 567

HV0,2 = 712





Dokumentace kráteru ve znovuzakalené vrstvě (bílá oblast)

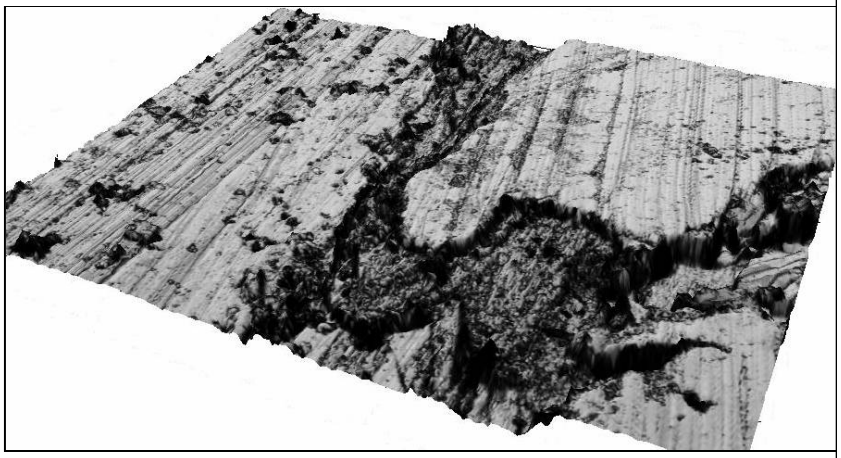


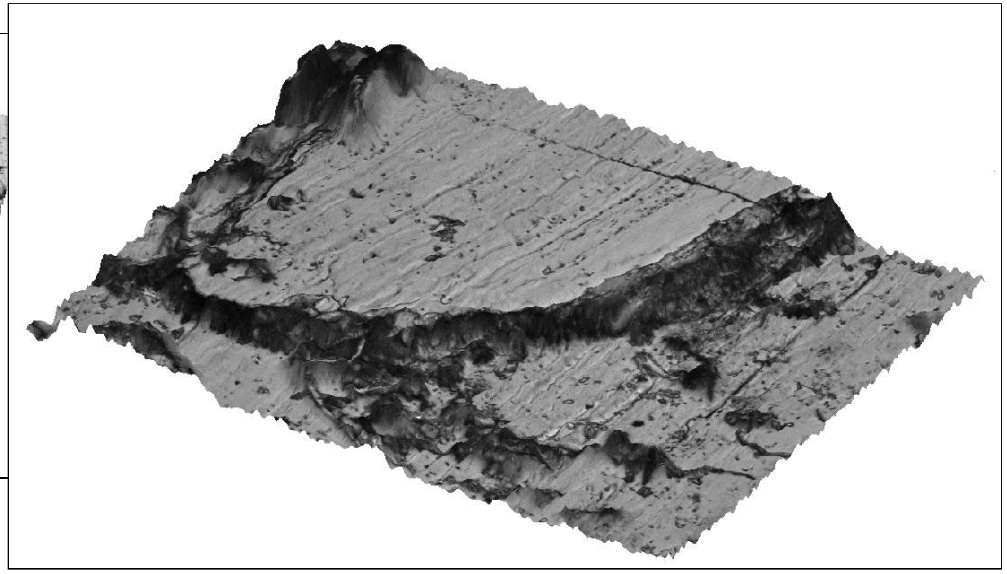
HV0,01 = 1082

HV0,2 = 712

Co se může na povrchu přihodit?!

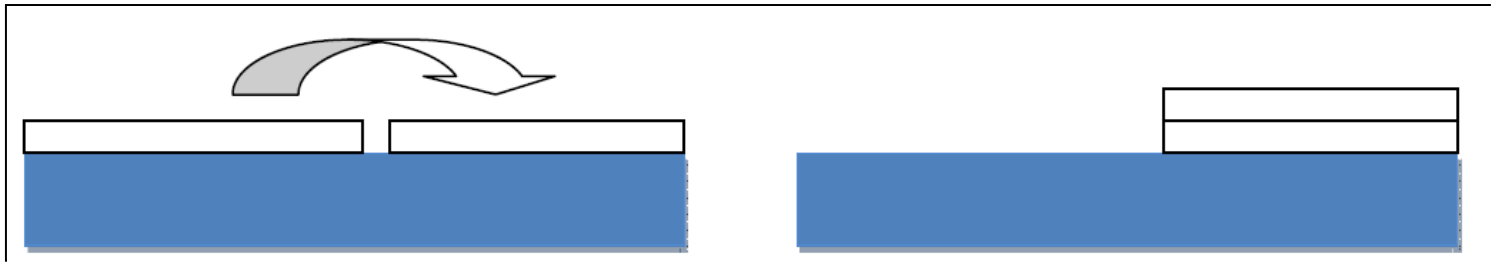
Místy na obrobeném povrchu (především v případech konkurenčních nástrojů) jsou patrné objekty s odlišnou orientací stop po vrtacím nástroji. Jedná se o vytrhaný a překlopený materiál.





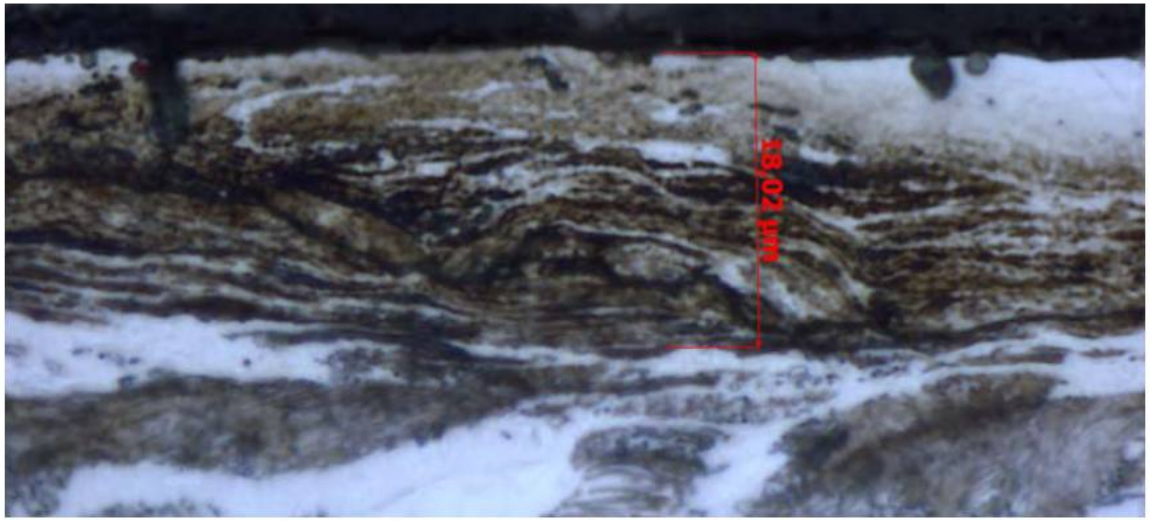
Mechanismus odtrhávání

Nejdříve dochází k popraskání povrchové vrstvy. Část této vrstvy se odtrhne a dojde k jejímu překlopení o 180° a opětnému zalisování



Konkurenční nástroje

Nástroj 1



Je viditelné praskání a odlupování zpevněné povrchové vrstvy.
Průměrná tloušťka zpevněné vrstvy je 12,0 ± 4,3 µm.
Tloušťka zpevněné vrstvy je u tohoto vrtáku nejvyšší (až 18 µm).

Nástroj 2

Tenčí zpevněná vrstva má po celé délce konstantní tloušťku.
Vytrhávání zpevněné vrstvy je pouze lokálního charakteru.
Průměrná tloušťka zpevněné vrstvy je 7,9 ± 1,4 µm.

Závěr

Prosazení integrity povrchu do praxe je velkým problémem nejen z důvodů přenositelnosti metodiky, ale také z hlediska zjištěných hodnot a jejich dopadu na kvalitu výrobku. Pozornost je stále věnována pouze rozměrovým charakteristikám, sledování stavu drsnosti.

Vyřešení problémů s integritou povrchu bude dávat výrobcům, kteří se budou touto problematikou zabývat, nezanedbatelnou konkurenční výhodu. Jako velmi progresivní metoda se ukazuje Impact test. Jestliže bude tato metoda doplněna výsledky dalších analýz (měření tvrdosti, metalografický rozbor, RTG difrakční analýza), pak nabídne ucelené vlastnosti, které korespondují s výsledky praktického chování.

Tento příspěvek vznikl na základě dlouhodobé spolupráce s průmyslovou společností HOFMEISTER s.r.o. a řešení průmyslového projektu FI-IM4/226, který je hrazen z rozpočtu MPO i spolufinancován z prostředků firmy.

Prezentaci přednášky je možné stáhnout na internetové adrese:

www.ateam.zcu.cz

Adresa:
HOFMEISTER s.r.o.
Mezi Ploty 12
326 00 Plzeň
Česká republika

Obchodní oddělení:
telefon: +420 377 242 058, +420 377 242 062
fax: +420 377 243 161
e-mail: obchod@hofmeister.cz
web: www.hofmeister.cz