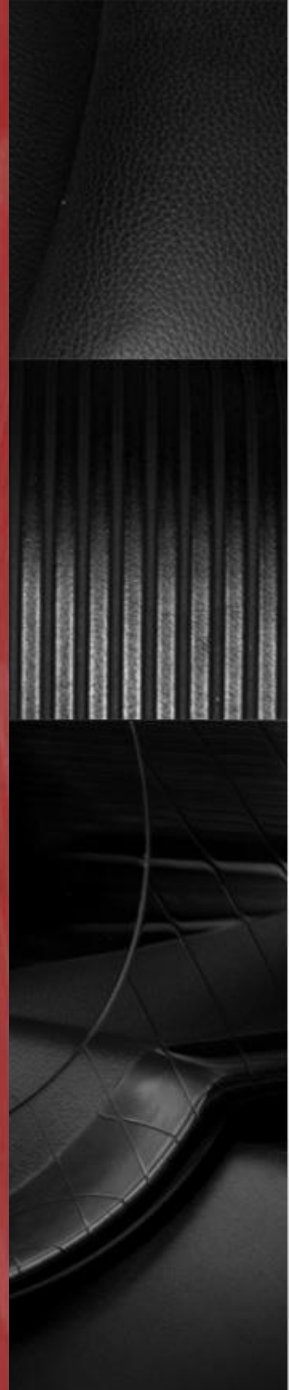


Ing. Jozef Čerňan

Katedra leteckej technickej prípravy

Letecká fakulta technickej univerzity v Košiciach

Použitie klzných vrstiev na báze TiCN pri skúmaní kontaktne-únavovej odolnosti práškových ocelí





Obsah

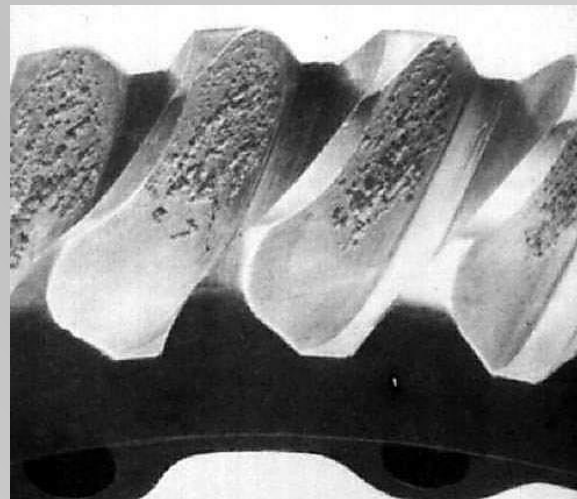
- Kontaktná únava
- Metodika skúšok
- Výsledky: Mikroštruktúry, Povlak TiCN, Lomová mechanika, Wöhlerove diagramy, Analýza pitingov a stôp
- Závery
- Otázky

Kontaktná únava

- Jeden z fenoménov únavového porušovania materiálov.

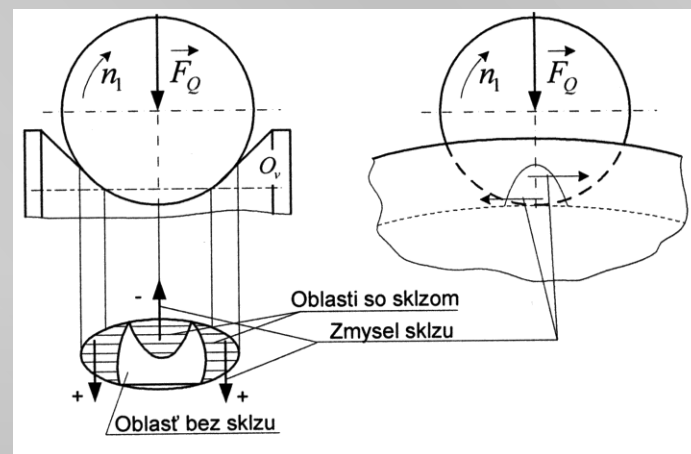
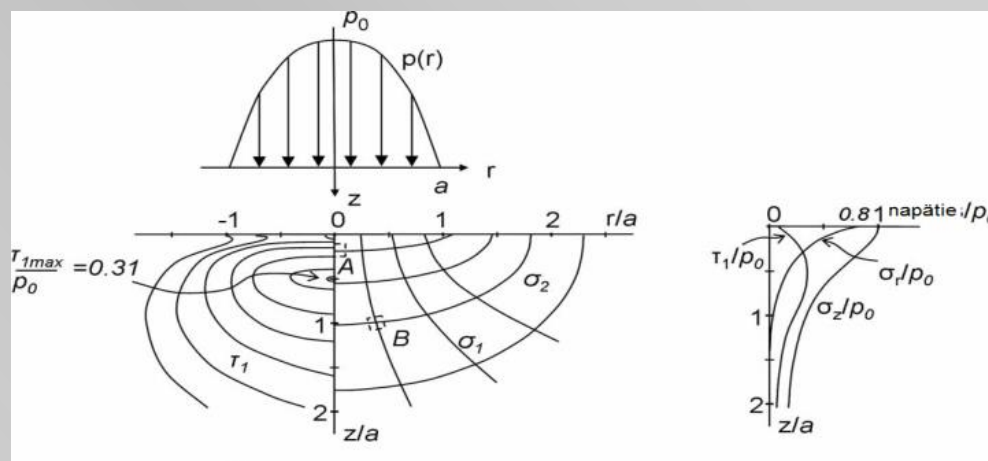
V praxi:

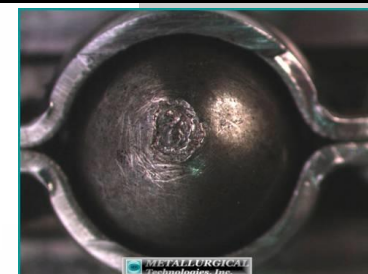
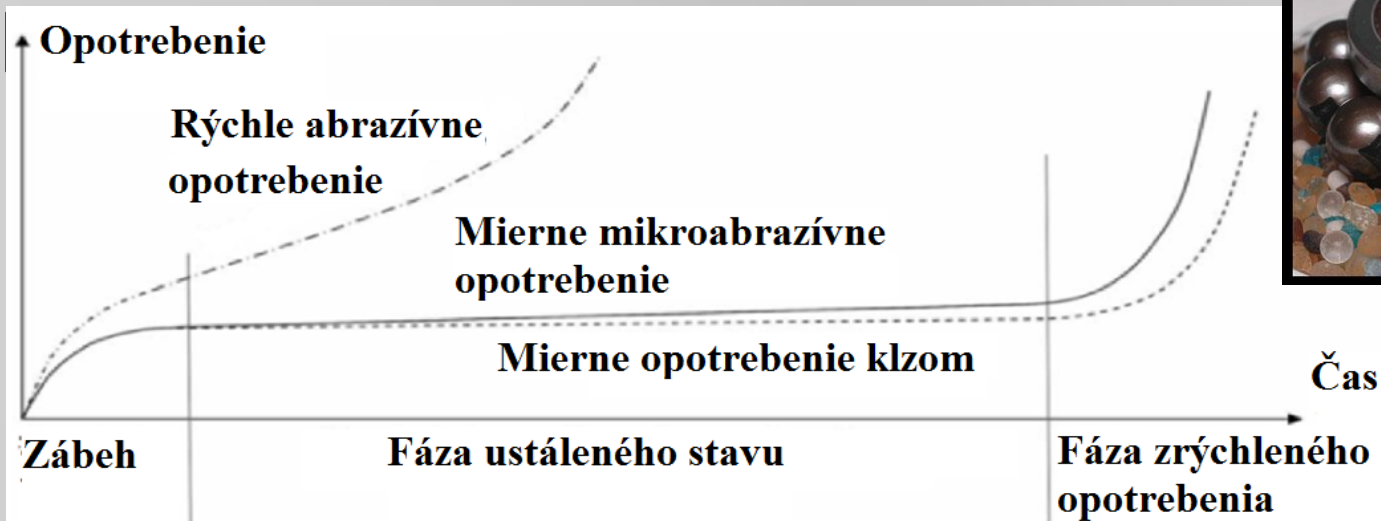
- Ozubené súkolia
- Valivé ložiská
- Koľajnice a kolesá železničných vozňov



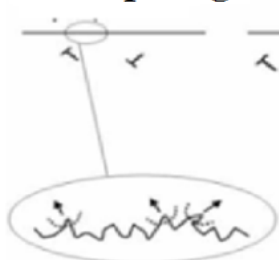
Kontaktná únava

- V miestach styku dvoch telies sa uplatňuje Hertzova kontaktná teória
- Epicentrum: $h=0,48 \cdot a$
- Max hodnota $\tau = 0,31 \cdot p_0$
- V stykovej ploche guľky a dráhy vznikajú nútené mikrosklzy a to v určitých oblastiach v smere valenia a v iných proti smeru valenia.





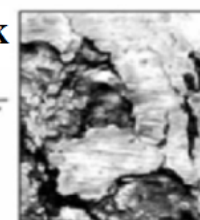
Mikropitting



Piting

Trhlina

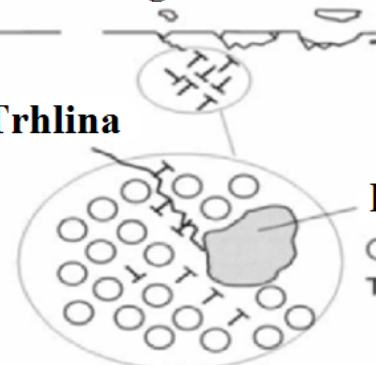
Úlomok



Inklúzia

○ = atóm Fe

τ = dislokácia



Metodika skúšok

Astaloy CrL (Fe-1,5%Cr-0,2%Mo) +0,3 a 0,7%C

Astaloy CrM (Fe-3%Cr-0,5%Mo) + 0,3%C

☉ Prášková metalurgia:

Lisovanie: 600MPa,

Spekanie: 1120°C/60 minút

Sústruženie a brúsenie

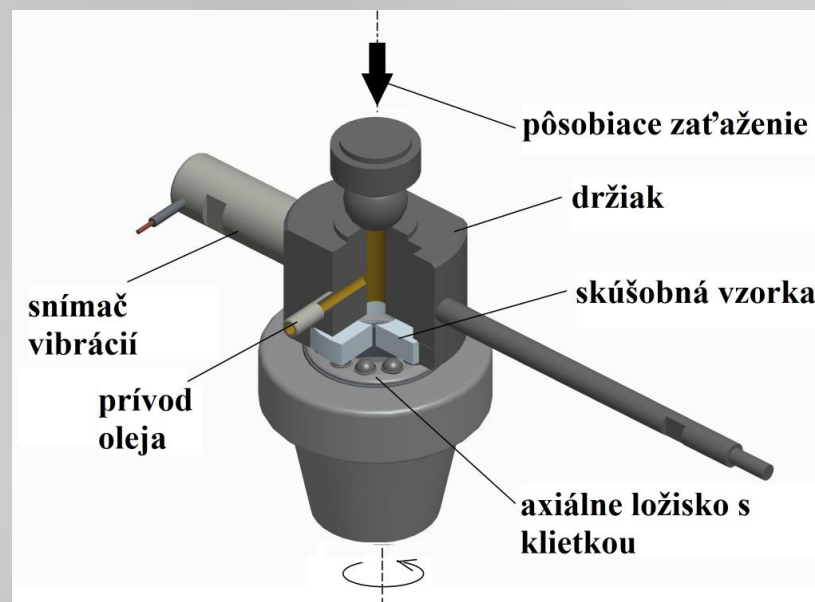
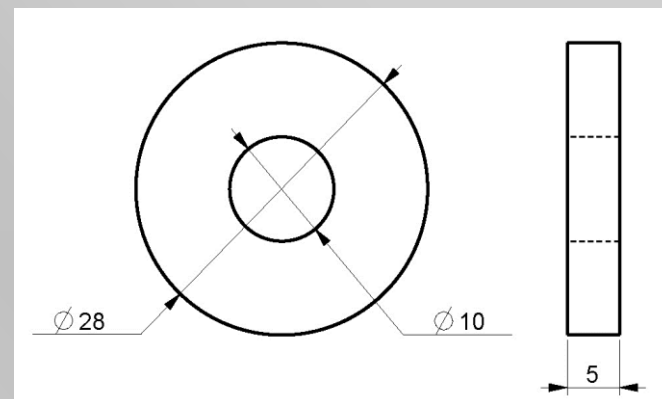
☉ Povlakovanie:

povlak TiCN metódou PVD,

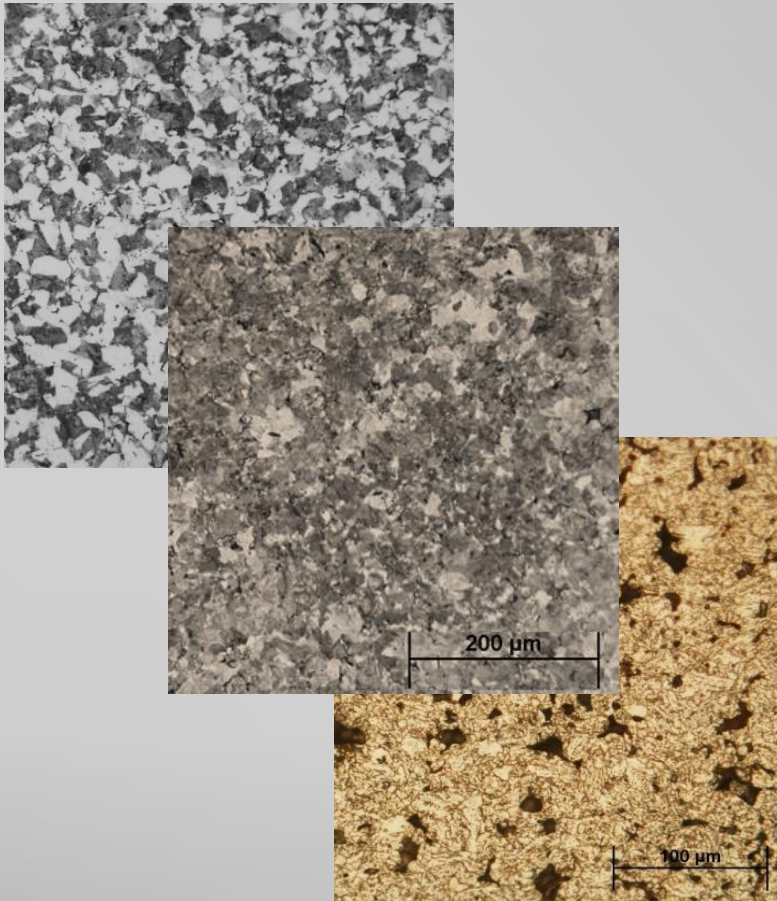
syntetizovaným vyparovaním

Ti (99.5%) v N₂/C₂H₂ plazme pri 250°C

☉ skúšky: AXMAT – 500 c /s, 12 guľičiek
Φ 3,969 mm v kletke



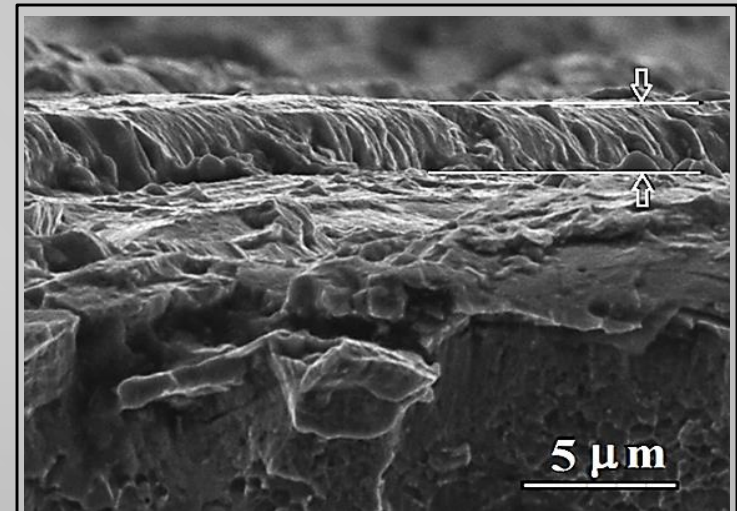
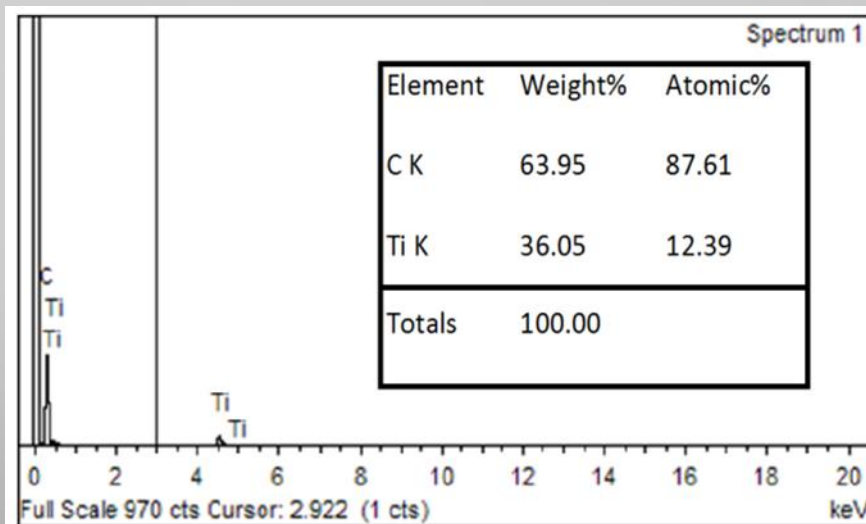
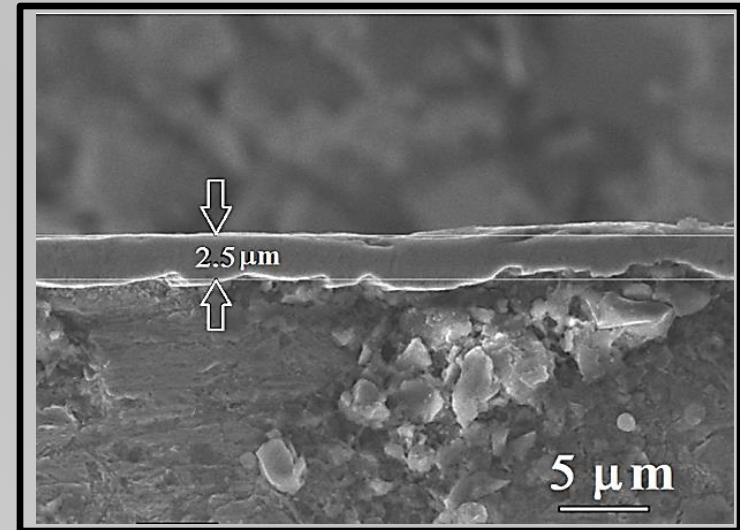
Mikroštruktúry materiálov



- ◎ feriticko – perlitická štruktúra materiálu CrL + 0,3% C
- ◎ prevažne perlitická štruktúra materiálu CrL + 0,7% C
- ◎ bainitická štruktúra, tvorená horným bainitom s malým výskytom feritických zŕn u CrM + 0,3% C

Povlak TiCN

- ▶ Hrúbka určená z priečneho rezu vzorkou pomocou mikroskopu (SEM) – 2-3 μm
- ▶ Bezporovitá štruktúra s nerovnakou hrúbkou na každom mieste – brúsený povrch vzorky



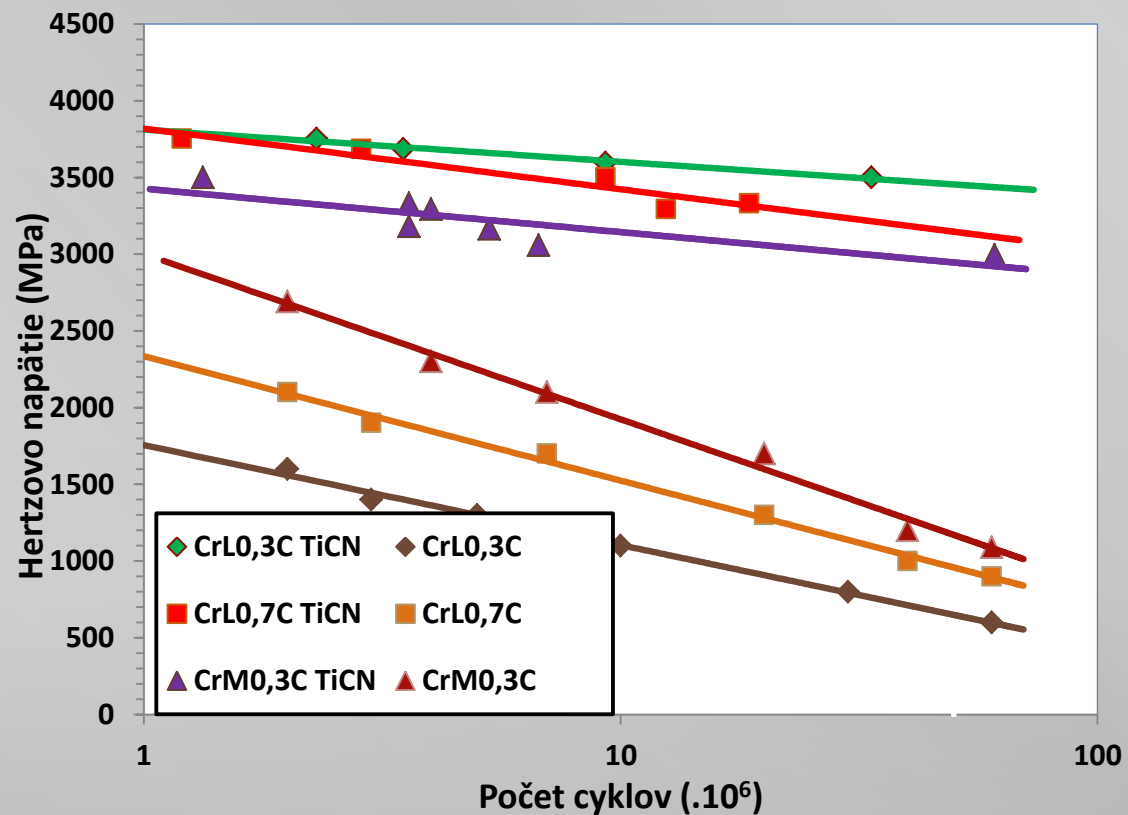
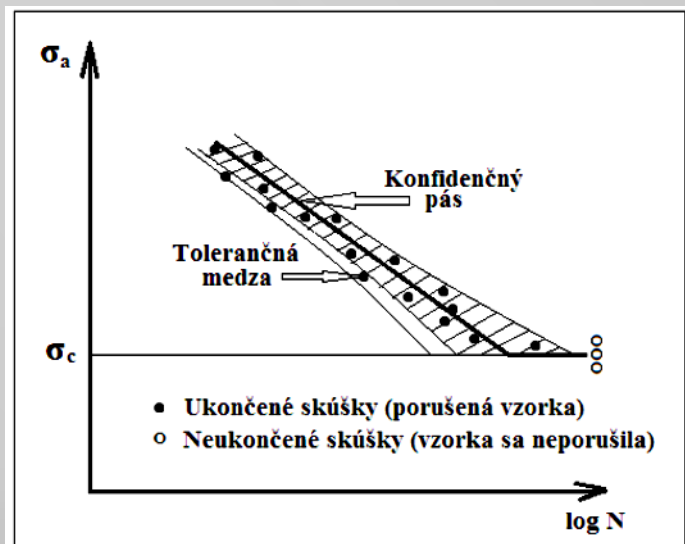
Vlastnosti materiálov

- Meranie tvrdosti podľa Vickersa, Brinella a určenie koeficientu trenia na povrchu povlaku
- Nanesenie povlaku, aj keď o malej hrúbke spôsobilo zvýšenie tvrdosti povrchu u každej sady vzoriek.

Tvrdosť	Spekané		Povlakované			
	HRB	HV10	HRB	HV10	Hĺbka vpichu (μm)	Koeficient trenia
1.CrL+0,3%C	38	80	83	195	45,46	0,21
2.CrL+0,7%C	44	139	80	238	41,09	0,21
3.CrM+0,3%C	55	193	94	269	38,79	0,2

Wöhlerove krivky - výsledky

- ☉ Únavové krivky – zariadenie AXMAT
- ☉ Charakteristický menej strmý priebeh u TiCN povlakovaných vzoriek a opačný charakter v porovnaní s neupravovanými vzorkami

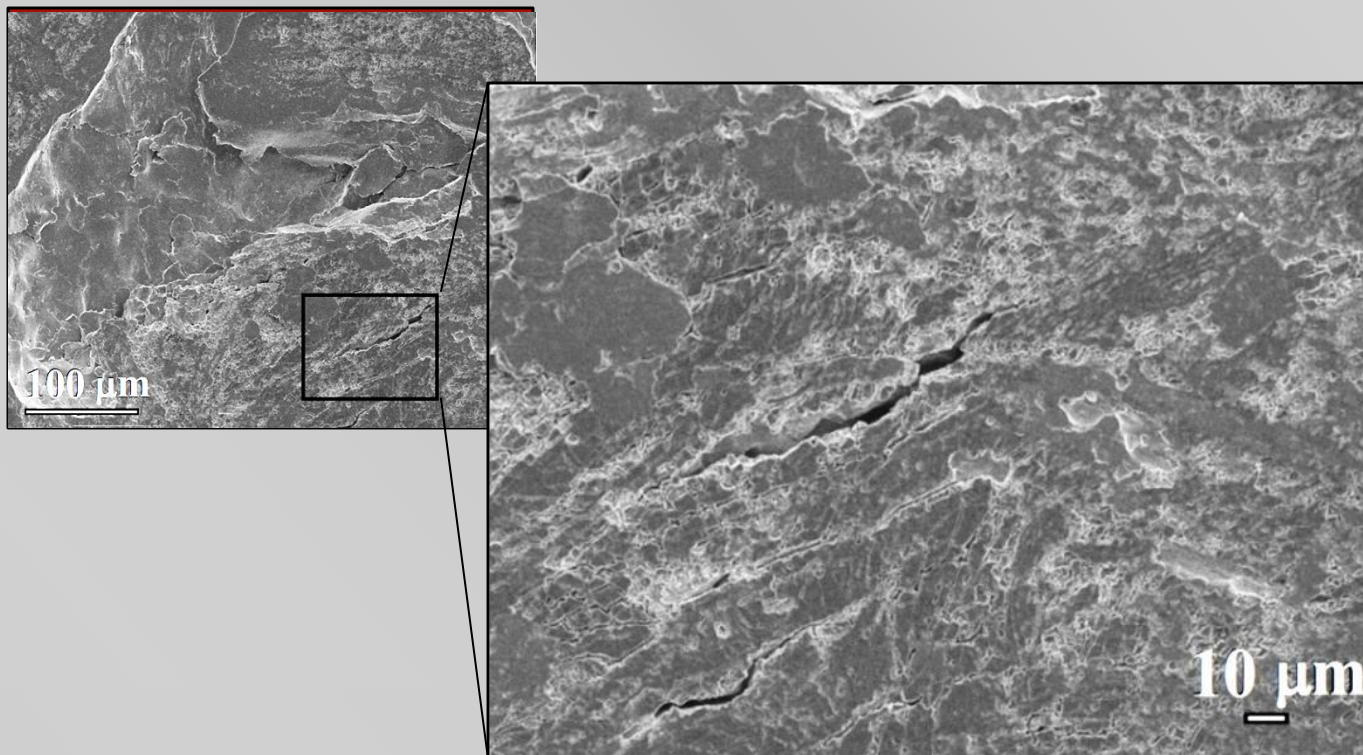


Výsledky testu – medza únavy

Materiál	$\sigma_c - \text{sp.}/50.10^6$ [MPa]	$\sigma_c - \text{TiCN}/50.10^6$ [MPa]	σ_c/σ_c [%]
CrL+0,3%C	660	3450	522
CrL+0,7%C	963	3180	330
CrM+0,3%C	1154	2900	251

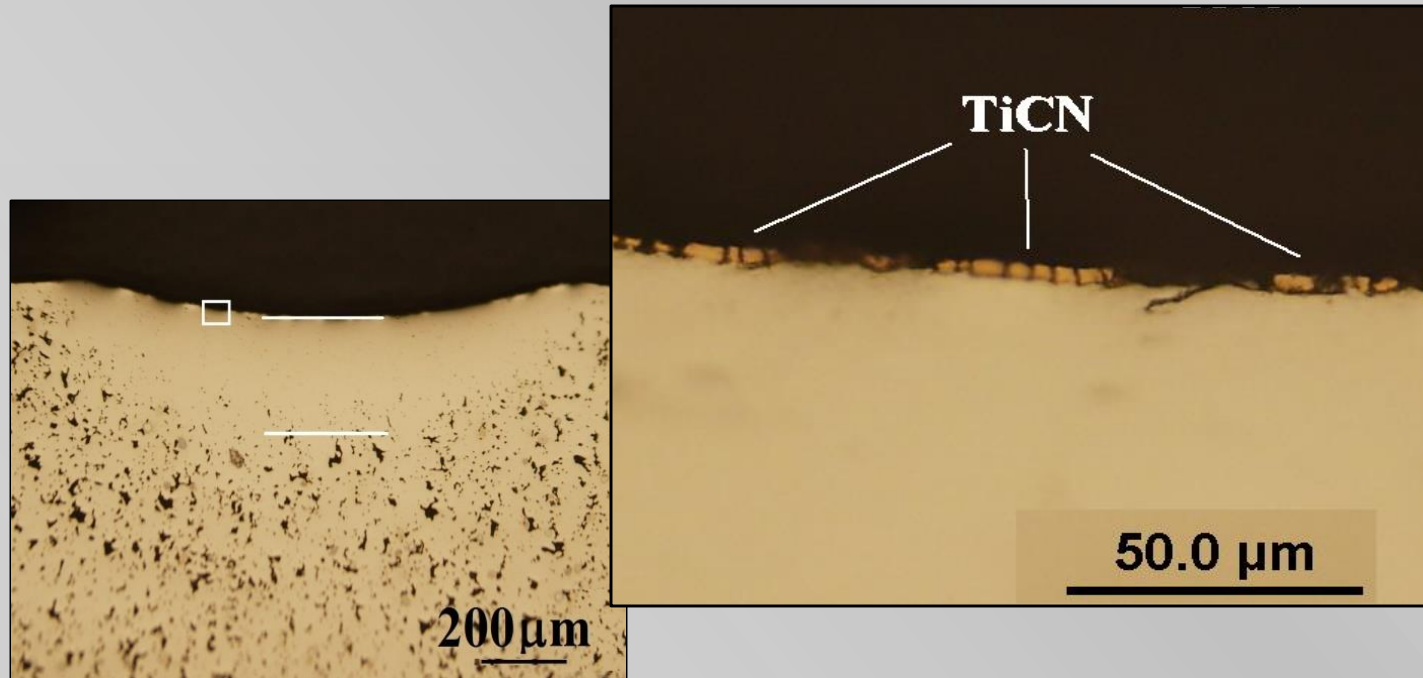
- ⊙ Najväčší nárast: CrL+0,3%C - 3450 MPa oproti rovnakej nepovlakovanej vzorke o hodnotu viac než 500 %.
- ⊙ Menej výrazné zvýšenie kontaktne-únavovej odolnosti - CrL+0,7%C, kde dosiahlo hodnotu takmer 330 %.
- ⊙ Vzorka CrM+0,3C mala najnižší nárast únavovej odolnosti – 251%.

Povrch dna stopy



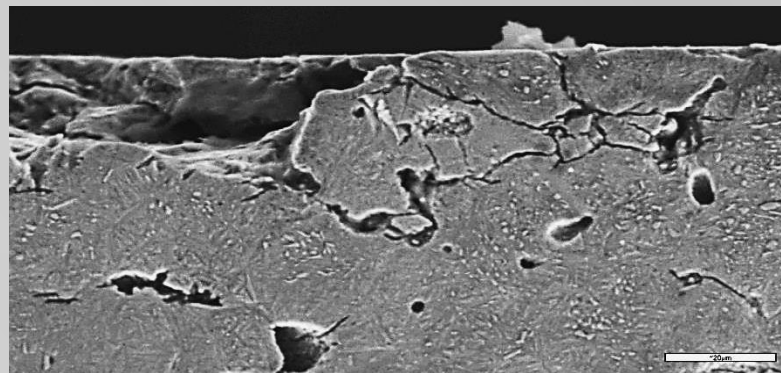
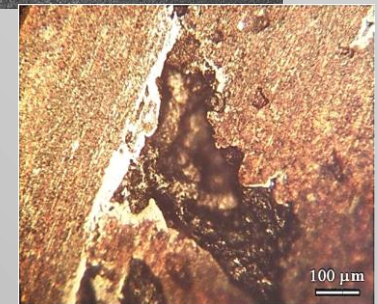
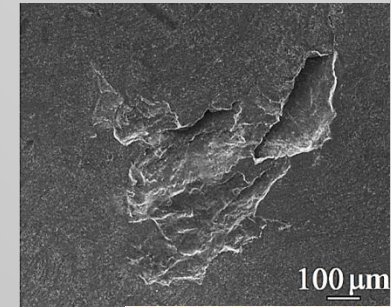
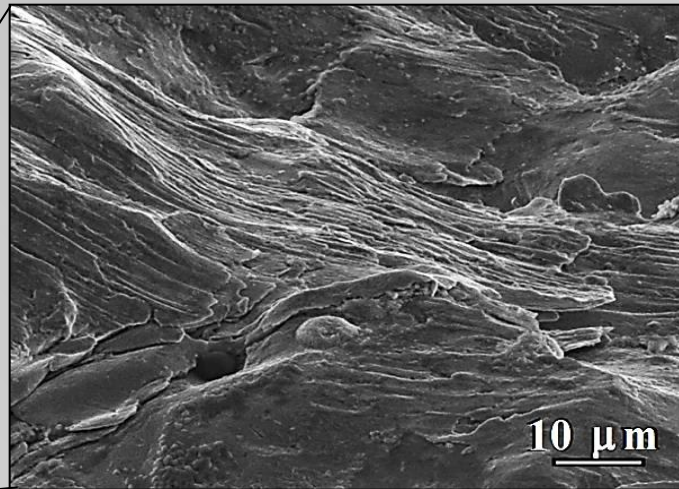
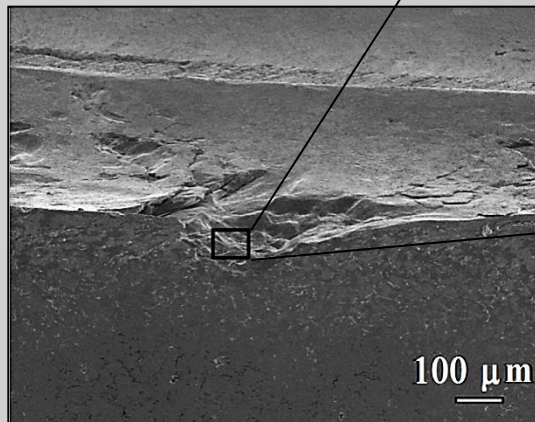
- ◎ TiCN – tvrdý a krehký
- ◎ Vyššie napätia vyvolávajú praskanie TiCN vrstvy v závislosti od tvrdosti podkladu.
- ◎ Toto praskanie platí v rovnakej miere u všetkých materiálových variant.

Deformácia pod stopou



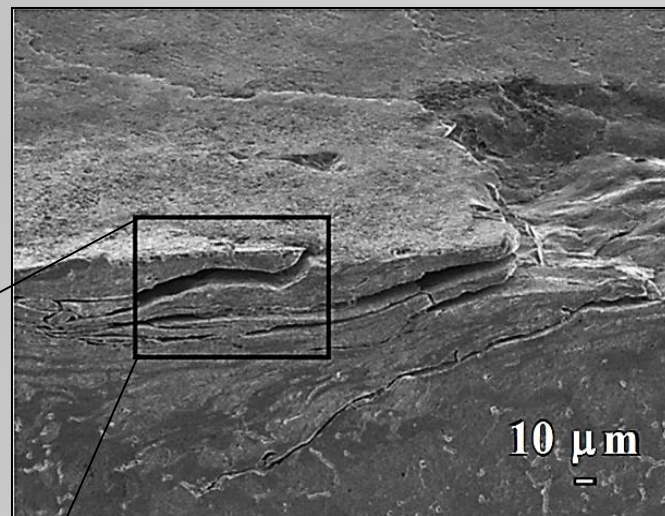
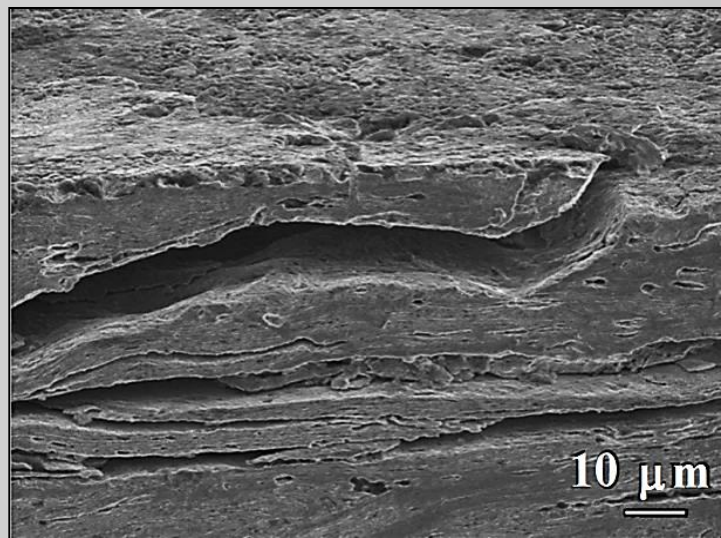
- ◎ zhutňovanie základného materiálu v mieste stopy - odstránenie pórovitosti
- ◎ značná časť povlaku TiCN zostáva na povrchu až do ukončenia skúšky

Piting – charakter



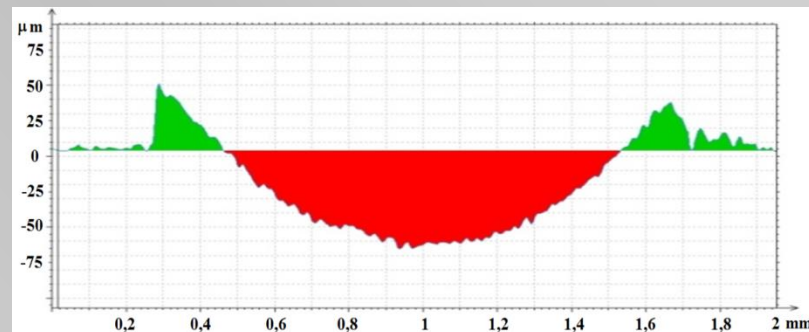
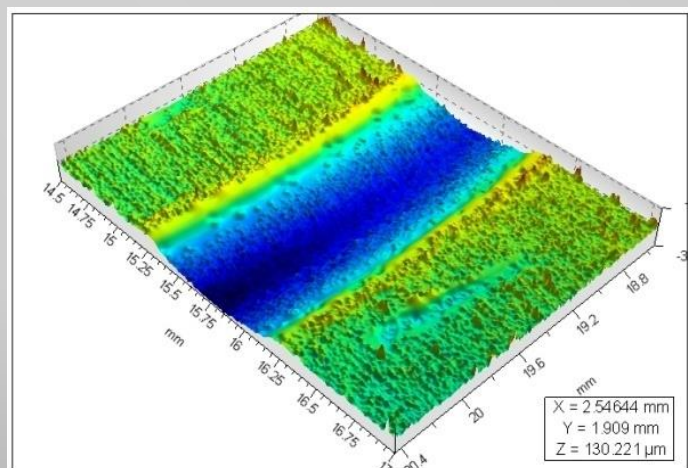
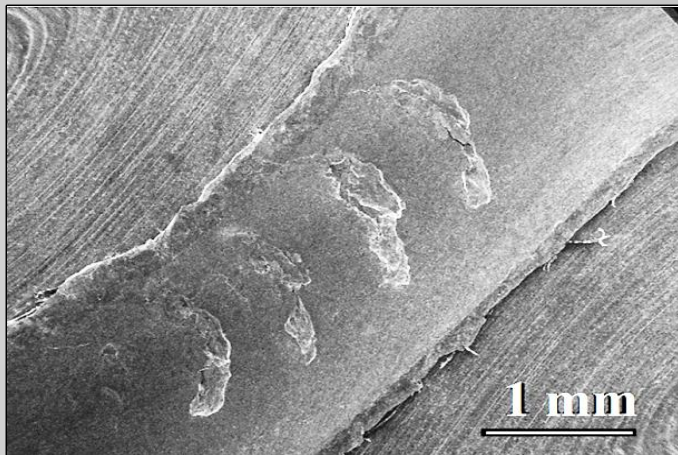
- povrch pitingu v priblížení je pokrytý striaciami, čo je neklamný znak únavového šírenia trhliny po vrstevniciach daných rozmiestnením stupňa deformácie

Piting – šírenie trhlín



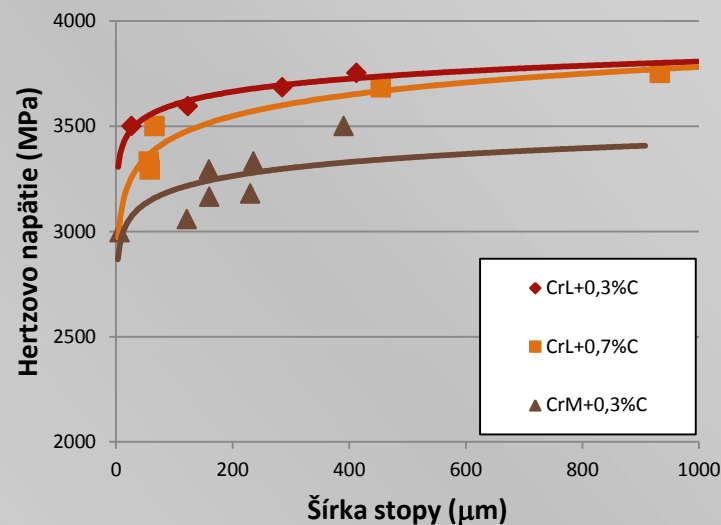
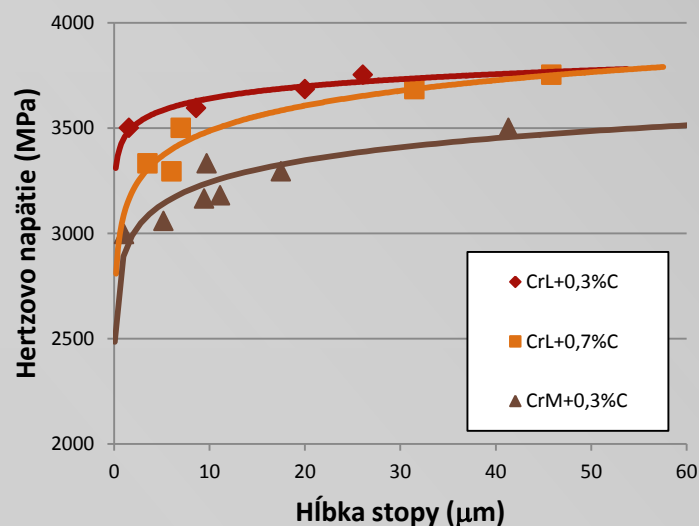
- pôsobením Hertzového napätia a jeho opakovanými cyklami, dochádza ku vzniku trhlín, ktoré pôsobením cyklického namáhania sa šíria z vnútra materiálu pod uhlom 15-30°

Stopa - deformácia



- Využitie konfokálneho mikroskopu Sensofar P Lu neox 3D optical profiler
- pohyb guľčiek spôsobil plastickú deformáciu - tvorba stopy a vytlačení časti materiálu na obidve strany mimo stopy - profilograf

Geometria stôp v závislosti na pôsobiacom napätí



- ⦿ Ako ukazuje grafická závislosť hĺbka stopy rastie exponenciálne s napätím.
- ⦿ Exponenciálny nárast u všetkých variant nastáva až po prekročení 3000 MPa – vplyv povlaku TiCN



Závery

1. Ukázal sa vysoko pozitívny vplyv vrstvy TiCN na kontaktne-únavové vlastnosti. Zvýšenie medze kontaktnej únavy v rozmedzí 200 – 500 %.
2. Zlepšenie vyplýva z vlastností povlaku TiCN - vysokej tvrdosti a oteruvzdornosti, ktorú reprezentuje nízky koeficient trenia.
3. Rýchly nástup kontaktnej únavy sa prejavil až pri napätiach vyšších ako 3000 MPa.
4. Odolnosť klesala s rastúcou tvrdosťou základného materiálu.
5. Trhliny vznikali hlavne na povrchu v dôsledku porušovania vrstvy TiCN a šírili sa miestami deformačných vrstevníc.



Ďakujem za pozornosť