

Co vydrží tenké vrstvy

Týden vědy na Jaderce 2024

Julie Hořínková, Václav Kotyza

Obsah prezentace

- Teoretická část
 - Úvod do nanášení tenkých vrstev
- Praktická část
 - Analýza vzorků
 - Vyhodnocení výsledků
- Závěr

Co jsou to tenké vrstvy?

- Povrchová úprava tělesa
- Zlepšuje vlastnosti substrátu (podklad)
- Tloušťka: desítky nanometrů až mikrometry
- Dělení způsobů nanášení:
 - PVD – nanášení fyzikálními procesy
 - CVD – nanášení chemickými reakcemi
 - ...
- (naše vzorky vyhotoveny PVD metodami a galvanickým nanášením)

Analýza

- Calotest
 - Určení tloušťky vrstvy
 - Monovrstvy/multivrstvy
- Indentace
 - Určení tvrdosti
 - Určení Youngova modulu (pružnost)

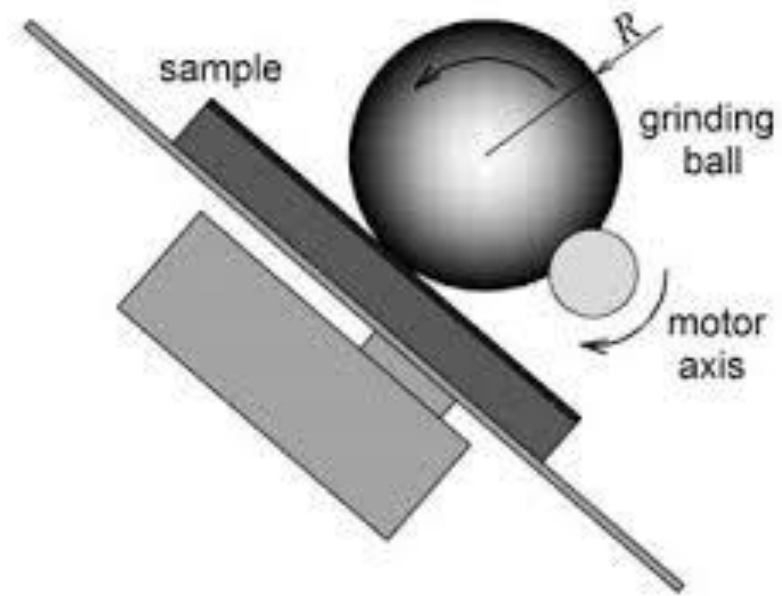
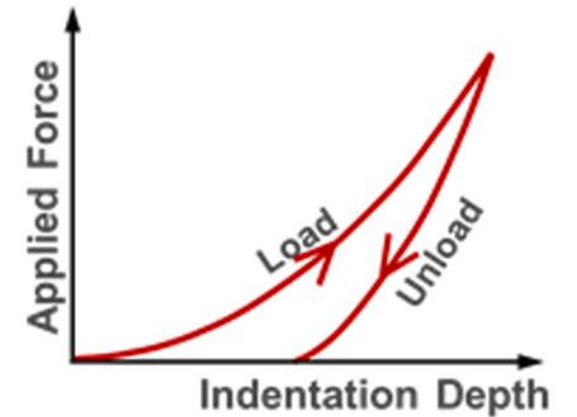


Schéma calotestu



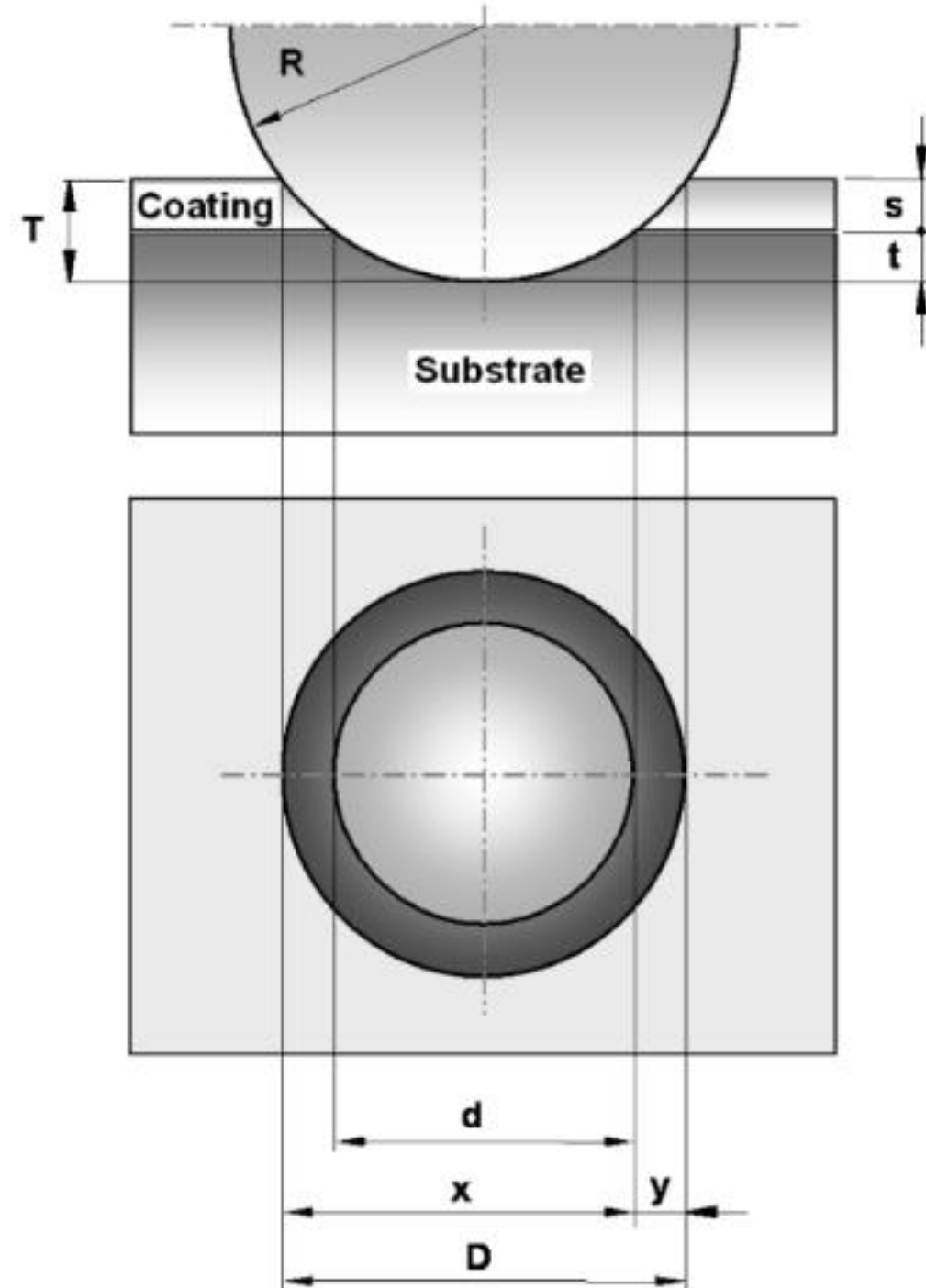
Schéma indentace

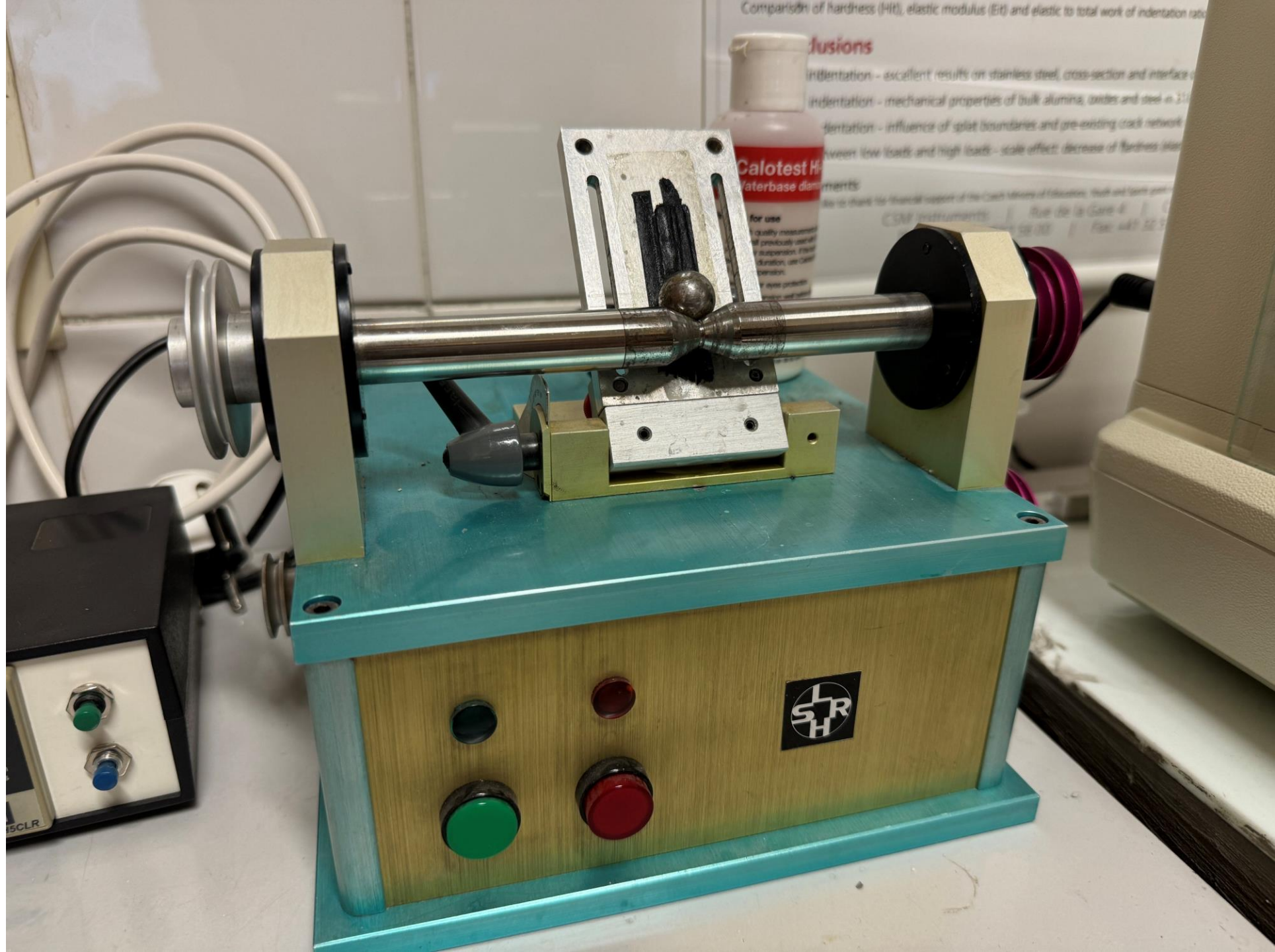


1) Calotest

- Postup:
 - vybroušení do vzorku kulový vrchlík (calot)
 - změření rozměrů
 - vypočítání tloušťky vrstvy

$$S = \frac{xy}{2R}$$





Conclusions

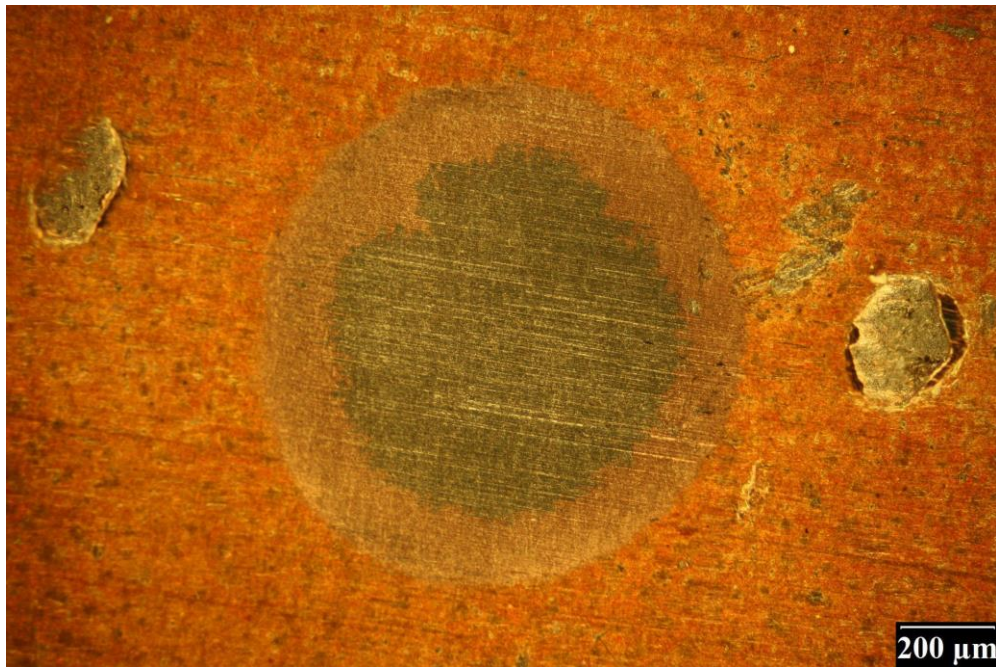
Indentation - excellent results on stainless steel, cross-section and interface
Indentation - mechanical properties of bulk alumina, oxides and steel in 2.1
Indentation - influence of grain boundaries and pre-existing crack network
between low loads and high loads - scale effect: decrease of hardness

Calotest H
waterbase diamonds
for use
quality measurement
previously used
suspension. Please
duration, use Calotest
one problem
and

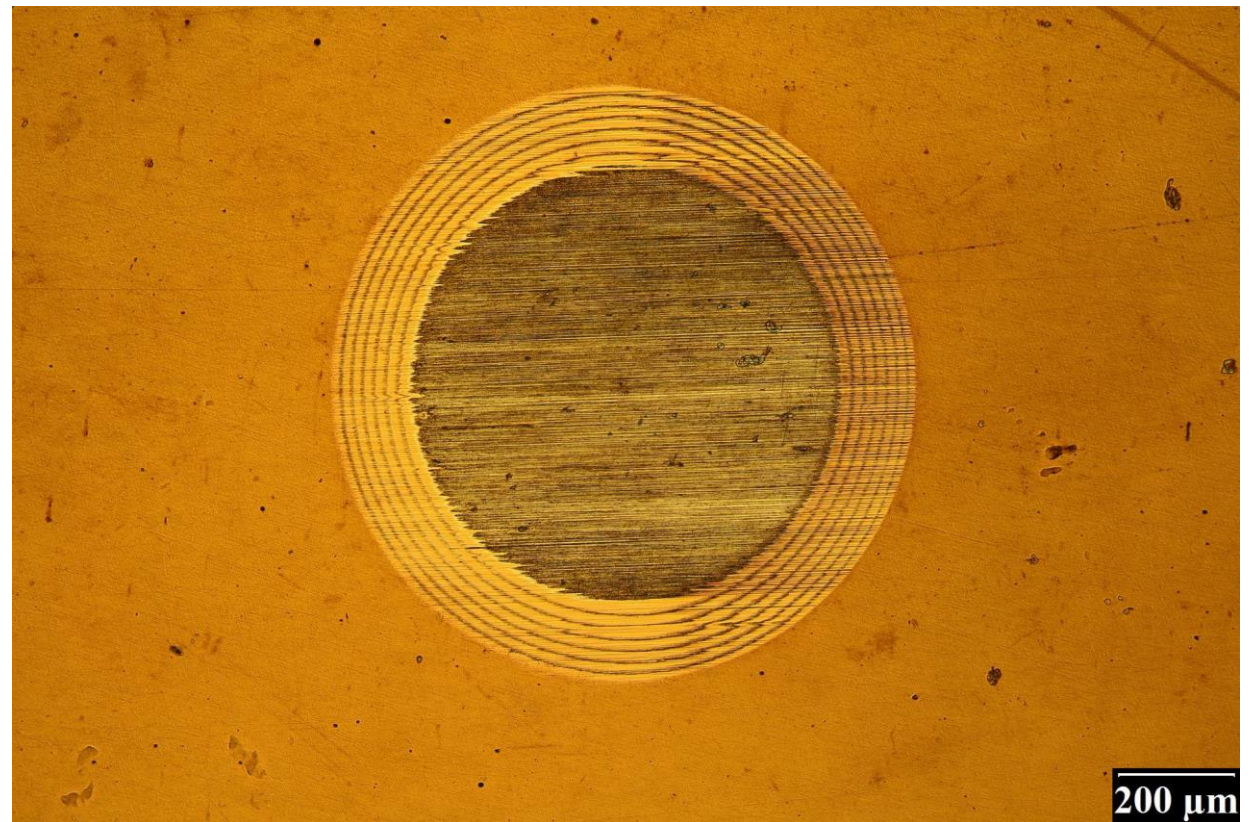
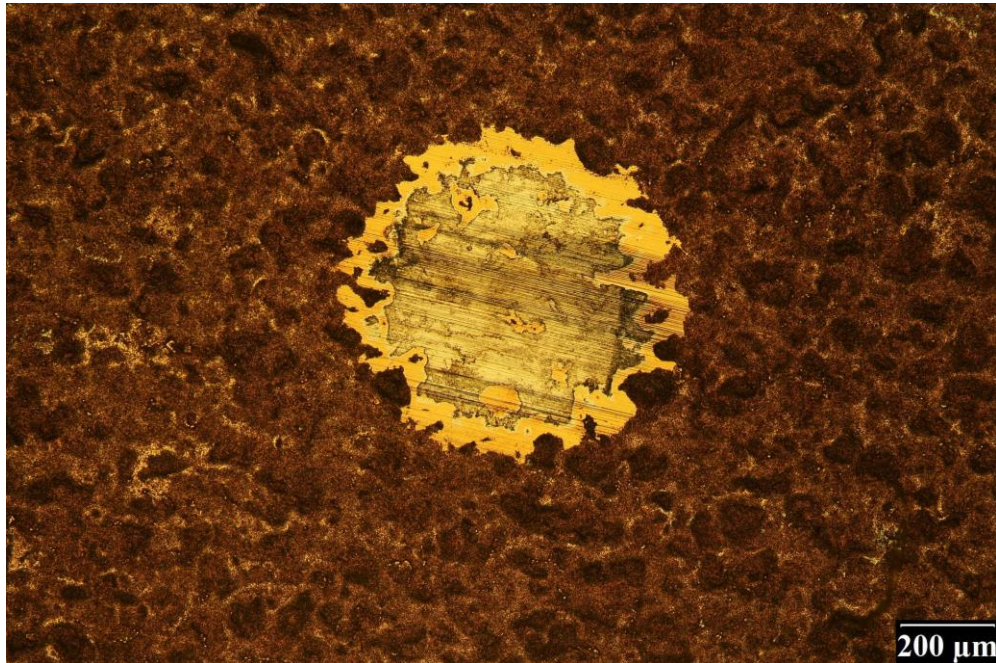
CSM Instruments Rue de la Gare 4
1200 Lausanne, Switzerland
Tel: +41 21 311 11 11 Fax: +41 21 311 11 12



55CLR

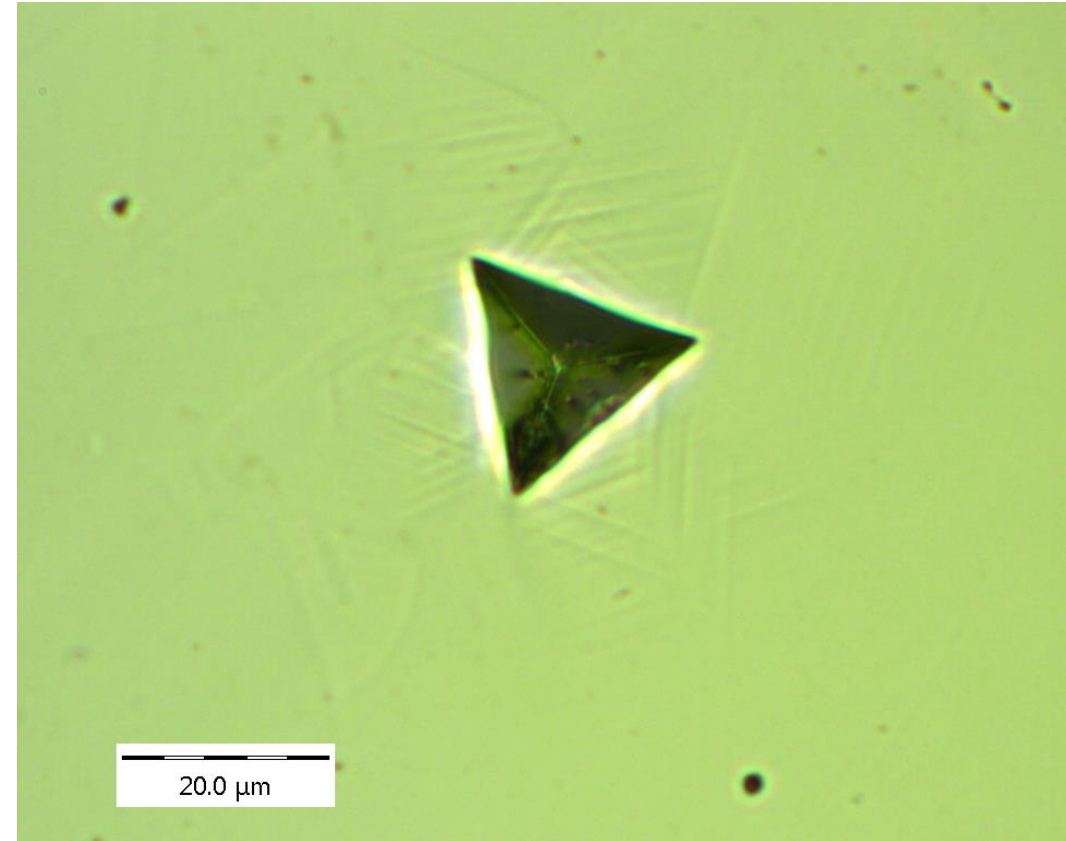


Vrstva	Tloušťka (μm)
Cu	4,0 ± 0,4
TiN	4,2 ± 1,0
TiNTi	4,1 ± 0,2
Nejspodnější vrstva TiNTi	0,6 ± 0,1

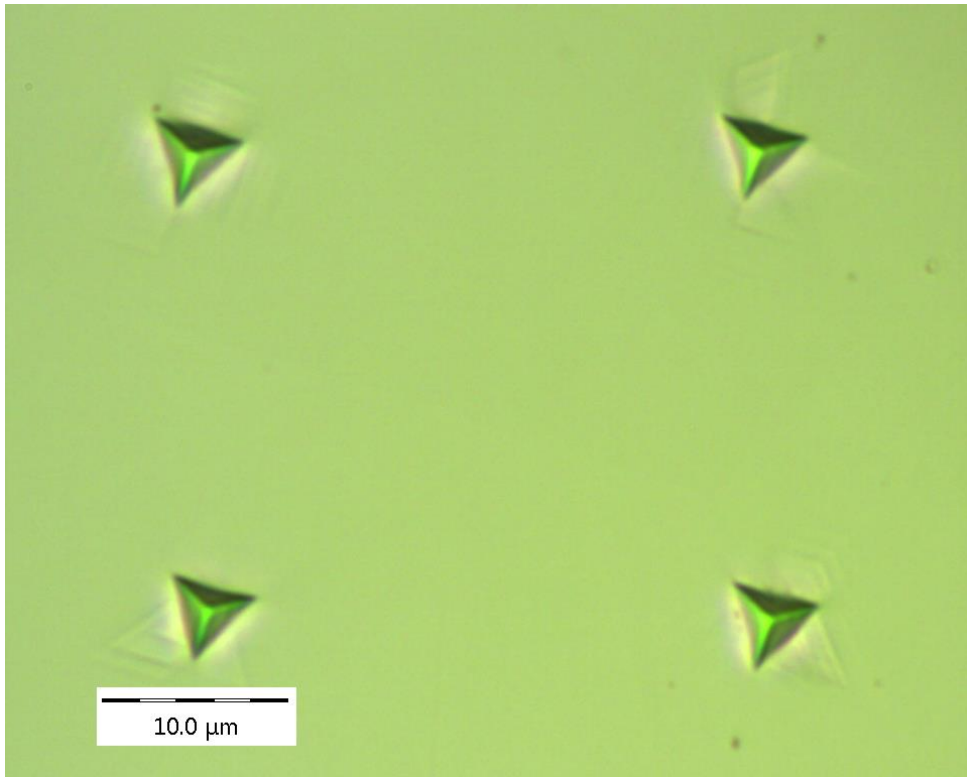


2) Nanoindentace

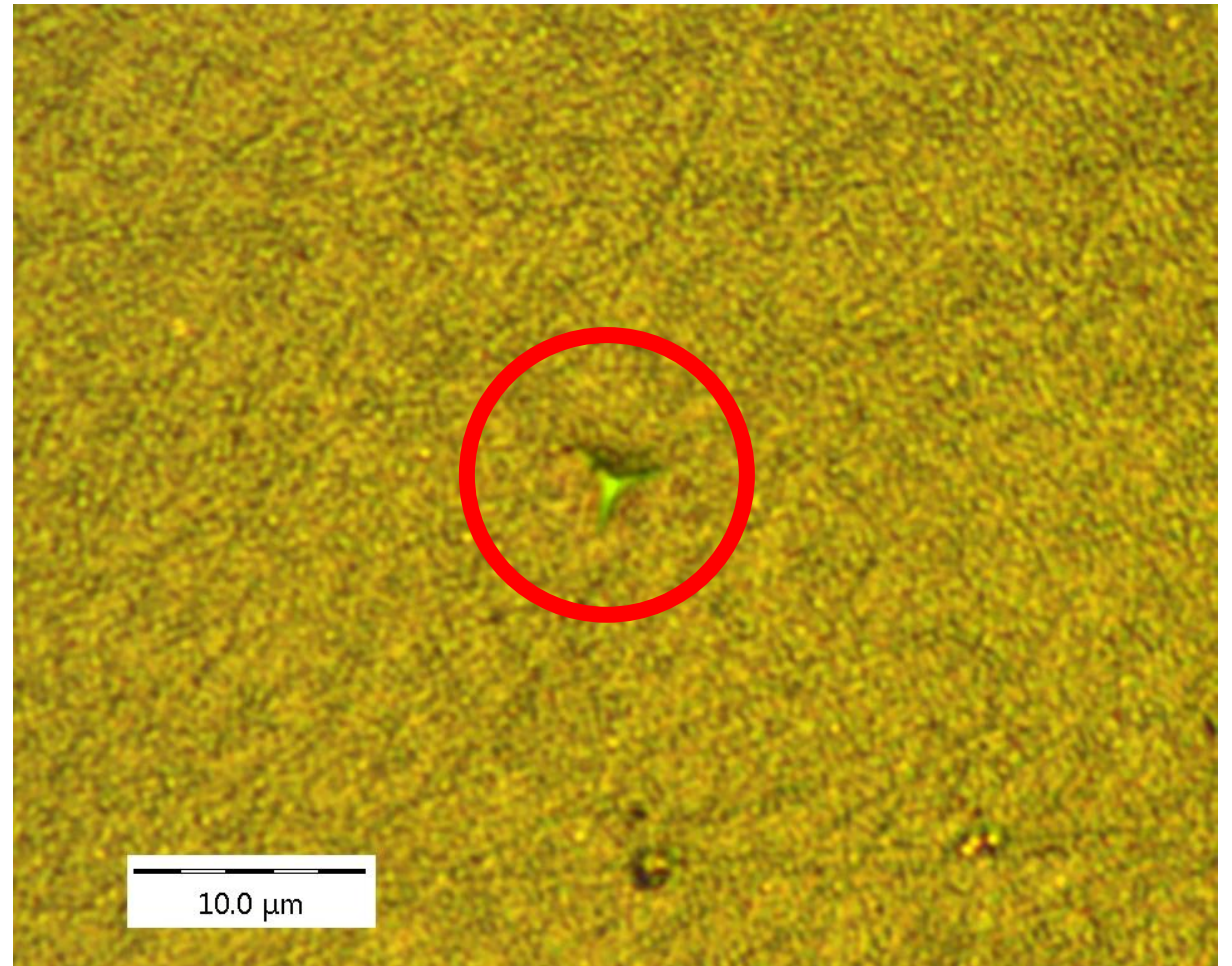
- Silové působení diamantového hrotu na těleso
- Různé tvary hrotu (koule, jehlan, kužel)
- Výpočet redukovaného Youngova modulu
- Berkovičův vtisk – jehlan



Vtisk Berkovičova hrotu (okolo skluzové pásy)

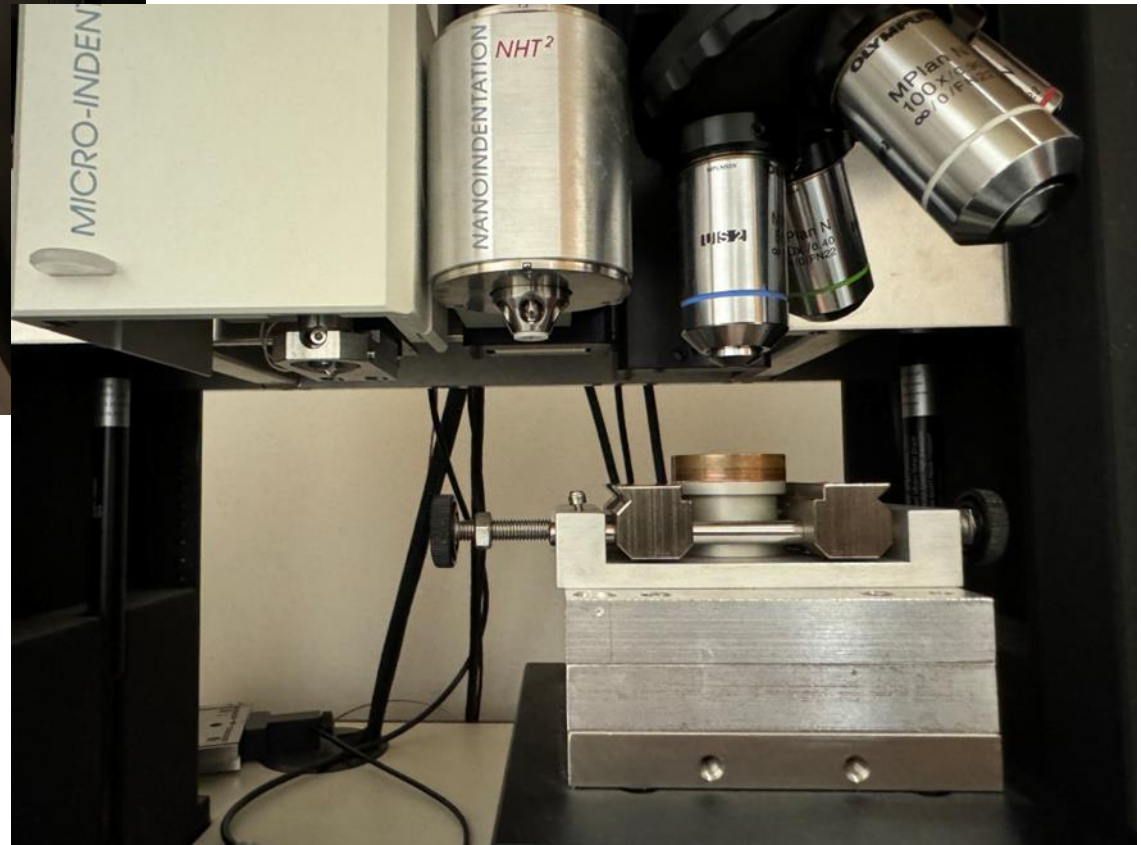
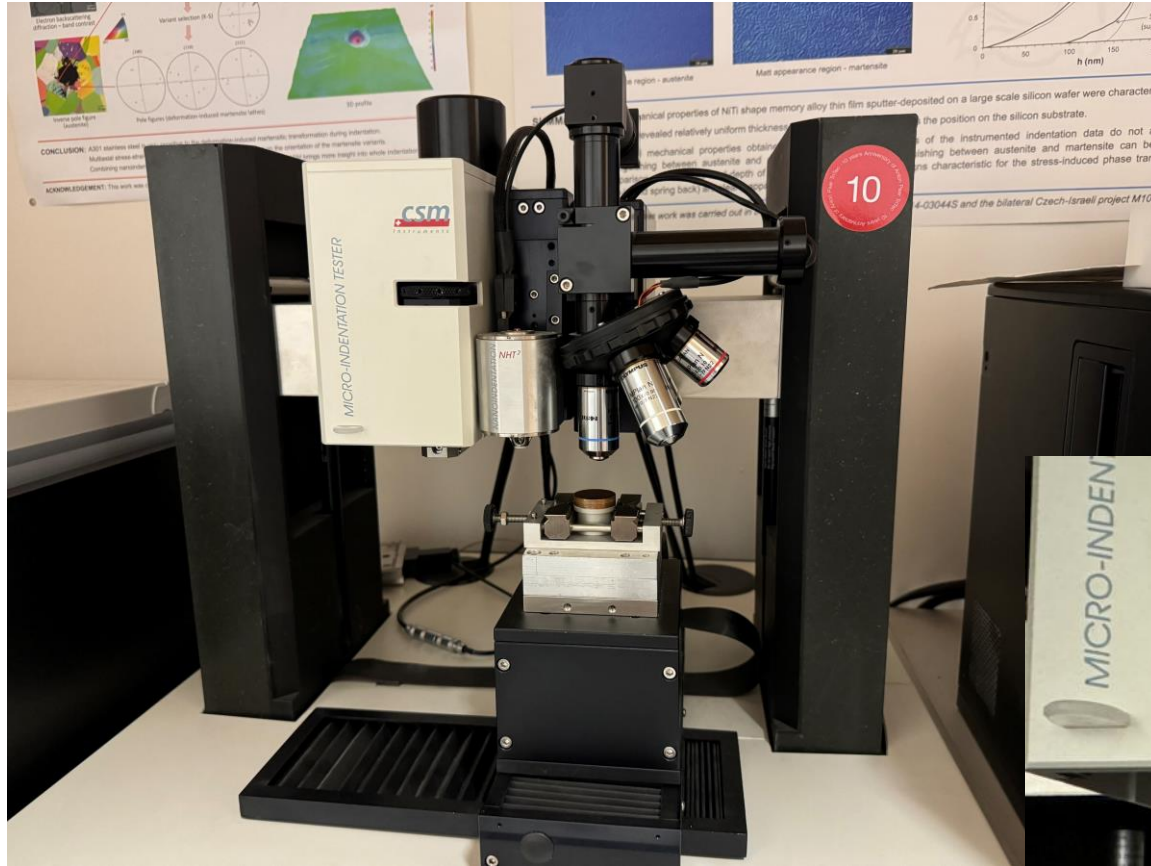


Vtisky v oceli



Vtisky jsou extrémně malé!
CrNCr: 2,1 μm (hloubka – 300 μm)
Ocel: 4,5 μm

Indentor



Indentor je zkalibrován s mikroskopy
Ovládá se pomocí počítače

	TiNTi	CrNCr	Ocelový substrát
H [MPa]	15021.6 ± 1754.3	17912.4 ± 2065.3	3184.1 ± 103.9
Er [GPa]	237.4 ± 16.9	259.5 ± 18.4	200.6 ± 10.9

- **Výpočet tvrdosti (H):**

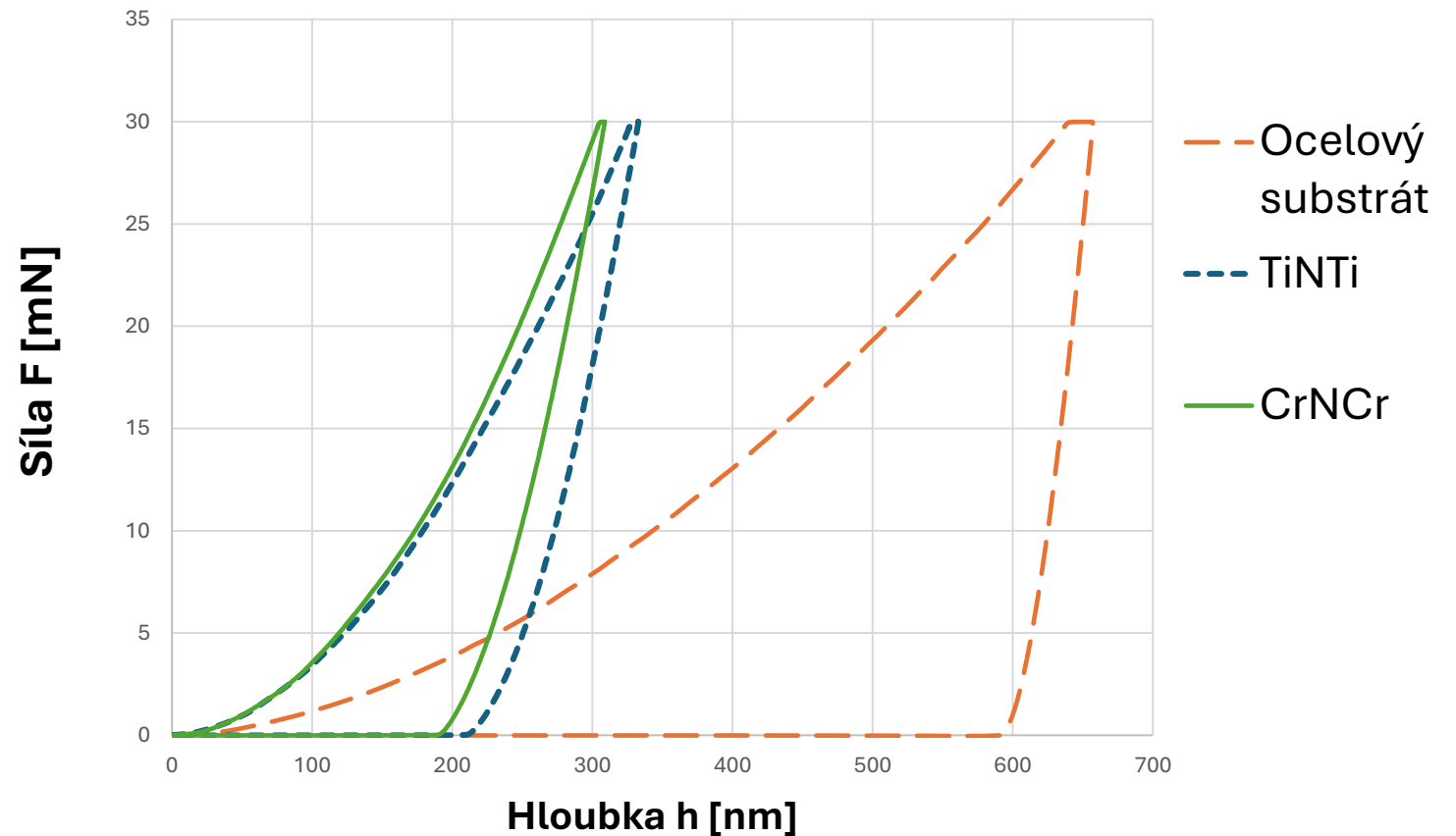
$$H = \frac{F_{max}}{A}$$

H – tvrdost, A – kontaktní plocha

- **Výpočet redukovaného Youngova modulu (E_r):**

$$E_r = \frac{\sqrt{\pi} S}{2\beta \sqrt{A}}$$

S – kontaktní tuhost, β - korekční parametr tvaru hrotu (1.034)



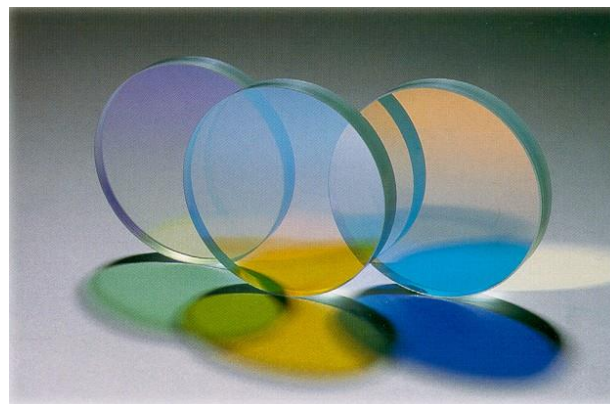
Zhodnocení výsledků indentace

- Tenká vrstva je 5x tvrdší, než substrát
- Také o $\frac{1}{4}$ až $\frac{1}{5}$ větší hodnota redukováného Youngova modulu (E)

- E : konstanta úměrnosti mezi napětím a elastickou deformací
- Čím větší E » větší působící síla k dosažení stejné deformace

Závěr

- Užití tenkých vrstev v praxi je velmi důležité
- Tenké vrstvy výrazně zlepšují vlastnosti materiálů
- Úspora materiálu
- Využití:
 - Nanotechnologie, lékařství, řezný průmysl, stavebnictví, optika, elektronika, úsporné dekorování, lasery, energetika, atd...



Děkujeme za pozornost

Dotazy???