

Předmět Povrchové Inženýrství (WPI)
Autoři cvičení Ing. Lukáš Řehořek, Ph.D., Ing. Petr Havlík, Ph.D., Ing. Roman Štěpánek, Ph.D.

ÚLOHY K ŘEŠENÍ - NANOINDENTACE



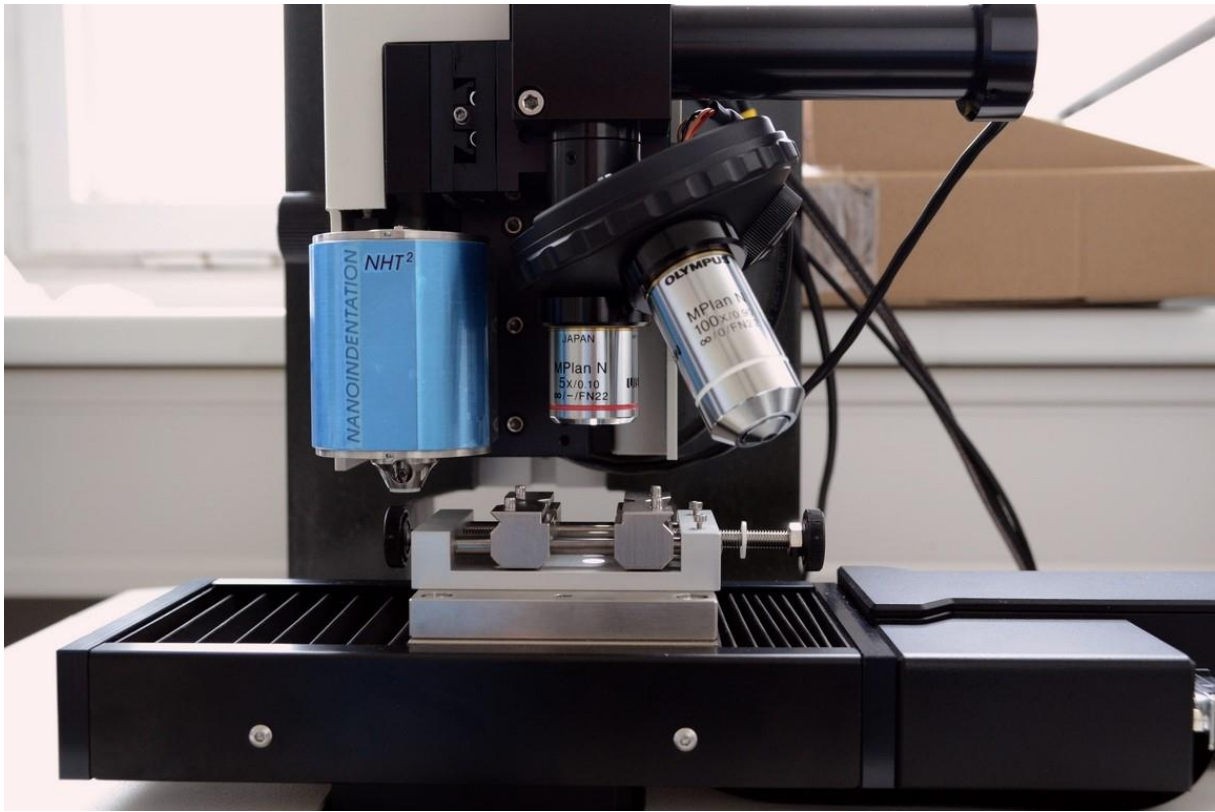
Studenti budou seznámeni s metodou instrumentovaného testování nanoindentací (systém *Nanoindentation Tester NHT2* švýcarské společnosti *CSM Instruments*). Toto seznámení proběhne formou provedení tří praktických experimentálních úloh o stupňující se obtížnosti: provedení základních indentací pro určení optimální maximální zátěžné síly, kalkulace instrumentované tvrdosti a charakterizace zátěžových křivek obdržených ze série jednotlivých vpichů a stanovení elastických modulů pružnosti materiálu statistickou metodou Oliver-Pharr pomocí řady automatizovaných vtisků. Provedením těchto úloh studenti získají přehled o principech fungování, aplikačních možnostech a výhodách této metody a postupech stanovení některých základních materiálových charakteristik testovaných materiálů.

Zadání:

Po upnutí vzorku proveďte kalibraci vzdálenosti Berkovichova indentoru od testovaného povrchu ("Adjust depth offset"). Uskutečňte navržená měření za použití jednotného nastavení přístroje:

Indentor: Berkovich B-P 13

Dosahová vzdálenost: 2000 nm
Doba výdrže: 15 s
Frekvence vzorkování dat: 10 Hz
Zátěžná/odtěžovací rychlost: [dvojnásobek max. síly] mN/min



1. Pomocí metody nanoindentace proveďte sérii tří měření ke stanovení optimální zatěžovací síly vzhledem k tvrdosti dodaného materiálu. Pro měření zvolte vhodnou a reprezentativní část dodaného vzorku a vyhodnoťte získané zátěžné křivky $F-d$ (působící síla–hloubka vtisku). Případná neplatná měření vyřadte a v protokolu diskutujte možné příčiny vzniku těchto neplatných indentací.
2. Použitím metody jednotlivých vpichů do dodaných vzorků materiálu při optimálně zvolené zátěžné síle stanovte průměrnou hodnotu instrumentované tvrdosti H_{IT} a proveďte její schematický zápis dle manuálu. Diskutuje příčiny vzniku odchylek ve vztahu k možným faktorům ovlivňujícím vlastní měření i charakteristikám dodaného materiálu.
3. Použitím metody automatické indentace proveďte sérii 6ti vpichů s minimálním rozestupem voleným dle geometrických rozměrů jednotlivých vpichů. Proveďte analýzu získaných zátěžných křivek a označte v softwaru správně provedená měření jako relevantní. Za použití analytické metody Oliver-Pharr (nastavení 95–40%) na těchto relevantních měřeních stanovte průměrnou hodnotu indentačního (E_{IT}) a redukovaného (E_R) modulu pružnosti a modulu pružnosti v rovinné deformaci (E^*). S použitím manuálu k software diskutujte rozdíly mezi těmito hodnotami a jejich vztah k hodnotě modulu pružnosti zjišťovaného pomocí zkoušky tahem.