

## Oponentský posudek na doktorskou disertační práci

### „Studium reálné struktury laserových návarů ocelí“

**Autor: Ing. Karel Trojan, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Katedra inženýrství pevných látek**

Předložená doktorská disertace Ing. Karla Trojana se věnuje zejména experimentálním studiím reálné struktury a vlastností laserově navařované nástrojové oceli H13, která má značný aplikační potenciál. Téma disertace a vyčtené úkoly jsou bezesporu v současné době aktuální.

Vlastní obsah disertace je rozdělen do 7 kapitol, plus odkazy na články mající vztah k řešené problematice. Na překlepy, anglickou gramatiku, případně drobné omyly jsem se nezaměřoval. Dovolím si ale uvést některé kritické připomínky. Myslím, že 2. kapitola „Teorie“, není šťastně členěna, protože podkapitoly 2.1 až 2.3 jsou popisného charakteru a teoretické formule se objevují prakticky až v kapitole 2.4. Další podkapitoly se mi líbily až na část 2.4.2.1 – „Neutronová tensometrie“, ve které metodiku měření a vyhodnocení autor popisuje stejným způsobem, jako v případě rtg. difrakce. Jistě, že takovou metodiku lze ve výjimečných případech použít, ale v drtivé většině se používá jiná metoda založená na měření úhlových posuvů difrakčních profilů, které jsou způsobeny přítomností lokální elastické deformace v polykrystalickém materiálu. Vzhledem k tomu, že výsledky měření a studia zbytkových napětí v laserových návarech patří ke klíčovým výsledkům disertace, uvítal bych jasné schématické obrázky měřících metod rtg. a neutronové difrakce, které by studijně výrazně pomohly k pochopení dané věci. Samotné fotografie měřících zařízení to nenahradí.

Získané výsledky disertační práce jsou prezentovány v závěrečných kapitolách 5 a 6. Nejdříve pro jeden laserový („housenkový“) návar a pak v případě více vrstev. Experimentální studium bylo poměrně komplexní. Pro studium vlastností návarů disertant použil několik experimentálních metod: práškovou metodu pro studium mikrostruktury, měření zbytkových napětí rtg. a neutronovou difrakcí, zkoušky tvrdosti, otěruvzdornost, vliv temperování na některé vlastnosti, tažné zkoušky, světelnou a elektronovou mikroskopii. Dá se říct, že spektrum experimentálních metod, které si doktorand osvojil, je obdivuhodně široký. Na druhé straně si myslím, že to ve svém důsledku v mnoha případech velice stěžovalo nebo dokonce znemožnilo výsledky jednotlivých metod vzájemně korelovat. Ukázalo se, že mikrostruktura návarů je docela rozmanitá a snad i nehomogenní. Uspokojivé shrnutí výsledků pro jeden

laserový návar a pro více vrstev je provedeno na konci příslušných kapitol. Budoucí výzkumný plán je nastíněn v kapitole 7.

Výsledky disertace evokují několik dotazů na disertanta:

- V disertaci se často mluví o mikrodeformaci. Jak byla mikrodeformace měřena (určená)? Jedná se o „mikrostrainy“ nebo „makrostrainy“?
- K poznámce uvedené v textu, mohl by disertant vysvětlit použitou neutrono-difrakční metodu měření (určování) zbytkových napětí?
- V případě obrázků např. 30, 34, 37 a 39 lze do jednotlivých obrázků nebo jejich popisů podrobněji popsat, co znamenají jednotlivé barvy (podobně jako u obr. 18, 49, 54) a také by mne zajímalo, zdali sousedící snímky byly dělány vždy ze stejného místa, aby bylo nějaké srovnání např. před a po žihání.
- V závěrečné kapitole uvádí: „*Surface residual stresses reached mainly compressive values in the L direction; only at the edges were there areas with tensile stresses. However, unfavourable, bulk tensile stresses were determined using neutron diffraction in the clad in the L-direction*“. Jaké má disertant k tomu vysvětlení?
- Na str. 68 je uvedeno, že průměr zrn prášku oceli je přibližně 50-65  $\mu\text{m}$ . Při mikrostrukturních studiích bylo rozlišení řádově mikrometry. Nemohly se výsledky lišit, tak řečeno, od zrna k zrnu?
- V kapitole 5 je popsáno studium návaru na S355 substrátu a v kapitole 6 na substrátu H11. Jaký vliv na vlastnosti návaru může mít tato změna? Na str. 76 je právě upozorněno např. na značný vliv velikosti příměsi chrómu.
- Na str. 79, obr. 35 je průměrná (z obou směrů) závislost FWHM. Jaký to má účel? Hodnoty FWHM jsou velké. Jak se měřily?
- Na str. 80, obr. 37: Jedná se o stejný vzorek, který byl žihán a pak byly snímky pořízené ze stejného místa s tak vysokou přesností?
- Na str. 122 jsou uvedeny následující získané hodnoty: Rozměr krystalitu 20-30 nm (s chybou 1.2 nm), mikrodeformace  $35-45 \times 10^{-4}$  a hustota dislokací  $10^{15} \text{ m}^{-2}$ . Prosim upřesnit, jak byly hodnoty získány.

Pozitivně hodnotím, že disertant má hodně publikací a spoluprací (7 článků v recenzovaných zahraničních časopisech s IF a 16 publikací evidovaných v databázi Scopus), což zřejmě svědčí o jeho vědecké erudici. V předložené práci mi ale chybí, na bázi kterých publikací je doktorská disertační práce postavená, aby bylo možné posoudit osobní vklad.

**Závěr:**

Na základě předložených výsledků lze konstatovat, že disertant pronikl do základů oboru a zvládl po stránce metodické i interpretační experimentální metody, zejména měření zbytkových napětí. Odvedl velké množství experimentální práce a prokázal schopnost samostatné vědecké práce, které se věnuje zejména na rtg. difraktometru. Předložená práce jako celek je logicky a formálně poměrně dobře uspořádaná, po stránce obsahové správná a splňuje požadavky kladené na doktorskou disertaci. Obsahuje publikované a vědecky přínosné výsledky. Proto doporučuji předloženou disertační práci Ing. K. Trojana přijmout k obhajobě a po úspěšné obhajobě také udělení titulu Ph.D.

V Řeži dne 10. 8. 2022



RNDr. Pavol Mikula, DrSc.

Ústav jaderné fyziky v. v. i., AV ČR, 250 68 Řež