

## OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Název: **Influence of Laser Shock Peening on corrosion resistance and stress corrosion cracking**  
**Vliv laserového vyklepávání na korozní odolnost a korozní praskání**

Doktorand: Ing. Jan Kaufman  
Pracoviště: Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Katedra fyzikální elektroniky  
ČVUT v Praze

Školitel: doc. Ing. Ladislav Pína, DrSc.  
Školitel specialista: Profesor Seetha Ramaiah Mannava

Disertační práce se zabývá studiem vlivu technologie laserového vyklepávání LSP a LPwC na mezikristalickou korozi, mezikristalické korozní praskání a korozní únavu u zcitlivěné hliníkové slitiny AA 5083-H116. V úvodu práce autor detailně představuje problematiku a mechanismy korozní únavy u hliníkových slitin a motivaci práce s ohledem na aplikaci potenciálních výsledků práce v praxi. Vysvětluje zde i podstatu zcitlivění hliníkových slitin s obsahem Mg vyšším než 3,5% a její dopady v oblasti námořní dopravy a dalších hliníkových struktur. Stejně tak v úvodu disertant popisuje současný stav výzkumu v rámci opatření, kterými lze koroznímu praskání pod napětím čelit.

Oblastí, na kterou se student ve své práci zaměřil, je technologie dokončování povrchu z ohledem na modifikaci zbytkové napjatosti a zavedení tlakových zbytkových pnutí v rámci povrchové vrstvy. Jednou z progresivních technologií v této oblasti, s potenciálem využití jak ve fázi výroby, tak ve fázi oprav, je právě technologie LSP. Ač počátky této technologie sahají již více jak 50 let do minulosti, dynamický vývoj laserových zdrojů v poslední dekádě skýtá nové příležitosti k produktivnímu a ekonomickému nasazení této technologie v průmyslu.

V další části své práce disertant přehledně zpracovává současný stav poznání v oblasti procesu LSP, kde začíná od fyzikální podstaty interakce laseru s materiálem a končí popisem dosavadních poznatků vlivu vybraných procesních parametrů LSP na integritu povrchu. Tato část je kvalitním základem pro definování cílů práce. Cíle práce, ač nejsou jasně zformulovány, je možné charakterizovat na základě struktury práce, jako vývoj procesních parametrů technologie LSP a LPwC s aplikací ve vodním prostředí a jejich optimalizace pro demonstraci jejich pozitivního

vlivu na mechanické vlastnosti zvoleného materiálu AA 5083-H116. Dále posouzení vlivu LSP a LPwC na korozní odolnost této slitiny, zejména proti mezikrystalové korozi a dále též vliv na korozní únavu.

K dosažení těchto cílů následně student zvolil adekvátní experimentální a analytické metody, které podrobně popisuje v kapitole 3. Technologie LSP byla aplikována s využitím 2 zcela odlišných laserových zdrojů, jeden komerčně dostupný Nd:YAG pulsní laser Powerlite Plus a druhý naopak zcela unikátní laserový systém Bivoj, jehož část s energií 10J byla v rámci experimentů využita. Následně byly experimentální vzorky analyzovány z pohledu elektrochemické analýzy, rentgenové difrakce, mikro a nano-tvrdomosti, mechanických zkoušek včetně zkoušky ohybem a únavy a celého spektra mikroskopických technik počínaje konfokální mikroskopií a konče rentgenovou fotoelektronovou spektroskopií. Za zmínku stojí i vývoj vlastní modifikace metody zkoušení úbytku hmotnosti vzorku kyselinou dusičnou, kdy disertant modifikoval normalizovanou zkoušku (NAMLT), aby lépe charakterizovala vliv technologie LSP na stupeň zcitlivění materiálu pro konkrétní zpracovaný povrch, neboť normalizovaná metodika, toto není schopna postihnout. V práci jako takové, je vzhledem k rozsahu opravdu minimální množství překlepů a po jazykové stránce sporných formulací (sectioned using EDM, naked peening).

Téma práce je nanejvýš aktuální, neboť předkládá potenciálně nové řešení problematiky mezikrystalického korozního praskání u hliníkových slitin s vysokým obsahem hořčíku, využívaných v námořních aplikacích a to jak mechanismem zpevnění povrchové vrstvy jejím mechanickým přetvořením (plastickou deformací), tak současným vytvořením tenké přetavené povrchové vrstvy bez přítomnosti  $\beta$  fáze, to je dle mého uvážení, zcela nový přínos této vědecké práce. Zvolené metody zpracování odpovídají současnému stavu vědy a výzkumu a v oblastech LSP a LPwC, představují díky unikátním technologiím, které měl disertant k dispozici díky zázemí HiLase, světovou špičku s potenciálem významného rozvoje v budoucnosti.

Práce je kvalitou zpracování na velmi dobré úrovni a díky svému značnému rozsahu poskytuje jak dobrý náhled do současného stavu technologie dokončování povrchů LSP, tak tuto problematiku nepochybně dále posouvá i se zřetelem na potenciální aplikaci výsledků v praxi.

K práci samotné bych měl následující dotazy. V rámci Vašeho porovnání technologií Laser Peening a Shot peening v rámci obrázku 1.21 jsou demonstrovány zejména výhody této

technologie, náklady jakožto nevýhoda jsou zmíněny v textu. Můžete prosím uvést nákladový model pro technologii LSP, či jiné cenové srovnání s technologií kuličkování, případně UIP?

Při použití modifikované metody NAMLT konstatujete pozitivní přínos z pohledu snížení stupně zcitlivění materiálu (DOS) při použití LSP IR a LPwC IR, zatímco LPwC SHG nevykazuje významnou změnu. Z obrázku 4.2 je patrné, že tato změna je na úrovni 5%. Na jakém počtu vzorků od každé modifikace povrchu byla modifikovaná metoda NAMLT realizována? Zkoušel jste nějak kvantifikovat nejistotu vaší modifikované zkušební metody? Jak byste postupoval, kdybyste chtěl variabilitu vaší metody kvantifikovat?

Po posouzení předložené disertační práce s názvem „**Influence of Laser Shock Peening on corrosion resistance and stress corrosion cracking**“

**- d o p o r u č u j i -**

práci k obhajobě a žádám o zodpovězení vznesených dotazů.

Současně s tímto doporučením a v souladu s ustanovením §47, odst. 5) zákona č. 111/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů zákona 137/2016 Sb., doporučuji komisi pro obhajobu disertační práce Ing. Jana Kaufmana udělení titulu „doktor“ ve zkratce „Ph.D.“

V Praze dne 09. 08. 2022

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ

Ústav technické obrábění,  
projektování a metrologie  
Mýsovského 4  
Technická 4

Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
vedoucí ústavu