

***Oponent: Prof. Ing. Františka Pešlová, Ph.D,***

**Oponentský posudek disertační práce Ing. Martina Chvojky,**

**„Plasmová elektrolytická oxidace hliníkových slitin“**

**Studijní program: Strojní inženýrství, oboru: Strojírenská technologie**

***Fakulty strojní ČVUT v Praze, ČR***

Předložená dizertační práce řeší problematiku povrchové úpravy hliníkových slitin. Jedná se o nově vytvořené povrchy plasmovou elektrolytickou oxidací, která může být uplatněna na různé součásti v automobilovém, leteckém i kosmickém průmyslu. U použité technologie lze vyzvednout ekologičnost, energetickou nenáročnost a eliminaci chemických látek v procesu povrchové úpravy. Autor disertační práce (DP), vychází z teoretických i praktických poznatků, které aplikoval v uvedené technologii povrchových úprav. Experiment zaměřil na povrchovou změnu základního materiálu tak, aby byla možná aplikace na konkrétní konstrukční prvek s ověřením v praxi. Náročnost DP lze vidět ve zkoumání nově vytvořené heterogenní vrstvy, která zpětně zobrazuje kvalitu použité technologie. Z toho důvodu je možné velice kladně hodnotit mikroskopické zpracování detailních záběrů z povrchu a oblastí pod povrchem, z kterých disertant interpretoval děje, které probíhají v malých objemech materiálu. Řešení této problematiky vycházelo ze známých skutečností odezvy základního materiálu (hliníkové slitiny) na vnější působení tepla a anodické oxidace.

### **Teoretická část**

Disertační práce Ing. Martina Chvojky, obsahuje 88 stran textu, 35 stran příloh, popisující obrazovou dokumentaci povrchů a jejich analýzu. Dizertační práce je rozčleněna podle postupného řešení dílčích cílů DP do 14 kapitol, s citovanými literárními prameny domácích a zahraničních autorů, doplněnými vlastními publikacemi.

V teoretické části DP je popsán současný stav a zdůvodnění, proč je třeba zaměřit experiment na návrh a vytvoření vlastního pracoviště, které by se zabývalo plasmovou elektrolytickou oxidací (PEO) hliníku. Autor se podrobněji věnoval porovnání materiálových vlastností PEO s jinými povrchovými úpravami, s odvoláním na vybrané publikace. Zdůraznil nedostatek těchto pracovišť v ČR a

tím pádem i malé využití povrchových úprav PEO. Škoda, že popis problematiky je krácený s odvoláním na uvedené literární odkazy (dokonce i na konkrétní stranu, kde se daný odkaz nachází) což působí neuceleně zjednodušeně v daném textu.

V teoretické části Ing. Martin Chvojka popsal všechny chemické, elektrické a mechanické aspekty, které jsou potřebné pro volbu a aplikaci PEO. *Snad mohla být v teoretické části více porovnaná možnost uplatnění této povrchové úpravy s jinými lehkými slitinami (např. Mg, Ti).*

### **Cíl dizertační práce (DP)**

Cílem DP je: „Vytvoření a ověření vlastní varianty technologie PEO“, „Návrh a vytvoření vlastního jedinečného laboratorního pracoviště“, „Vytvoření souboru mechanických vlastností konverzních vrstev vytvořených vlastní variantou PEO a její porovnání s běžnou anodickou oxidací (AO)“, „Vytvoření souboru tribologických vlastností konverzních vrstev vytvořených vlastní variantou PEO a jejich porovnání s běžnou anodickou oxidací“, „Ověření technologie PEO a výroba prvotních vzorků“. Na základě takto postavených cílů DP byl navrhnutý experiment, který byl následně stručně popsán s doplněním fotografické dokumentace. Na základě uvedených cílů a jejich plnění lze kladně hodnotit samostatnost dizertanta, který dokázal postavit laboratorní zařízení s výstupem a ověřením na konkrétní součást, která je v provozu nadměrně mechanicky zatížena, čímž docházelo k velkému povrchovému opotřebení.

### **Experimentální část**

Vzhledem k tomu, že zaměření experimentu vede k praktické aplikaci, musel disertant ve své práci uplatnit vědomosti nejen ze strojírenských, chemických, ale i elektrických oborů. Disertant svou odbornou práci soustředil na pracovišti ČVUT, kde vytvořil funkční model pro PEO tak, že mohly být vytvořené povrchové úpravy hliníkových slitin pro další zkoumání. *Škoda, že v práci prezentované velmi zajímavé fotografie detailních záběrů vrstev nejsou nebo jsou velmi málo interpretované v textu. Chybí například číselný popis obrázků s odvoláním na konkrétní záběry nebo tabulky.*

Je na škodu kvality DP, že fotografická dokumentace nebyla v takové kvalitě, jakou by si prezentované vrstvy zasloužily. I když to byly záběry z elektronového mikroskopu, mohly být více prokreslené a s větší rozlišitelností. Nebyla vidět konkrétní mikrostruktura základního materiálu, (hliníkové slitiny), která by ukázala na adhezi povrchové vrstvy v mikroobjemech. Toto se projevilo právě

v případě nanesení povrchové vrstvy z PTEE (polytetrafluorethylenu) na povrchu upravené PEO.

Kladně hodnotím to, že disertant vybral takové zkoušky, které mohly potvrdit změnu povrchu po působení PEO. Jednalo se o adhezi, nanotvrdost povrchu, součinitel tření, opotřebení a drsnosti. Mikroskopické hodnocení může detailně poukázat na kvalitu uvedené povrchové úpravy. Lze vyzvednout v této práci výborné uplatnění skenovací elektronové mikroskopie, která (např. v přílohách) při velkém zvětšení (pokud obraz není rozmazaný) může poukázat na heterogennitu v oblasti vrstvy a těsně pod ní. Dále je zde patrna i odezva základního materiálu na PEO.

V konečné fázi DP, Ing. Martin Chvojka představil použití PEO, aplikované na konkrétní součást ze strojního zařízení ve firmě společnosti Rieter s. r. o. I když nebyly prezentované všechny poznatky (v rámci utajení) bylo jasné, že tato metoda prodloužila životnost součásti, která se stávala v konstrukčním celku jako kritická (slabým místem konstrukce).

Velmi kladně hodnotím sestavení vlastního zařízení pro metodu povrchové úpravy PEO a testování procesu na připravených vzorcích hliníkové slitiny. Na tomto zařízení mohl disertant otestovat i elektrolyt a vliv jeho úpravy na kvalitu PEO. Prokázal samostatnost i v návrhu a použití mikroprocesoru, který mu umožnil zvýšení výkonu výměnou vstupního zdroje vysokého napětí. V závěru DP zdůraznil ekologičnost celého procesu PEO, vzhledem k tomu, že nebyly použity toxické chemické látky. Z energetického hlediska vyzvedl přístrojovou nenáročnost a možnost nastavení procesní parametry pulsů elektrického proudu, které jsou generovány jedním nebo celou soustavou tranzistorových relé s vysokou životností, dobrou odezvou a dlouhou životností. Dané zařízení může sloužit na pracovišti ČVUT v Praze v budoucnu k dalším výzkumům.

Disertační práce je napsaná velmi stručně, s využitím odkazů na literární prameny, je doplněna poměrně velkým počtem obrazového materiálu z metalograficky připravených materiálů jak na světelné, tak na elektronové mikroskopii. Bylo využito měření tvrdosti, odolnosti proti opotřebení, adhezi a drsnosti upraveného povrchu. Z předložené práce je patrné, že byla provedena praktická aplikace a analýza PEO na konkrétním konstrukčním prvku.

## Vyjádření k disertační práci

1. Dosažení stanoveného cíle DP: Cíle uvedené v DP byly beze zbytku naplněny.
2. Úroveň rozboru současného stavu: Odpovídá požadavkům na DP. Možná by si toto téma zasloužilo i další komunikaci s Univerzitami v Ostravě a Žilině, kde byla metoda PEO použita i na jiné materiály (např. na hořčíkové slitiny).
3. Teoretický přínos: Vytvořené pracoviště a navržené zařízení, dává předpoklad dalšího výzkumu. Lze předpokládat, že výsledky z DP mohou sloužit jako podkladový materiál pro další zkoumání.
4. Praktický přínos DP: Návrh, sestavení a ověření vlastního zařízení pro PEO ukazuje na výborný praktický přínos DP.
5. Vhodnost použitých metod: V DP byly vybrány podstatné experimentální metody pro hodnocení vrstev vytvořených PEO s aplikací na konkrétní součást z průmyslové praxe.
6. Prokázání odpovídající znalosti v oboru: Autor DP prokázal schopnost samostatně navrhnout a vyrobit zařízení na PEO, kde předvedl technickou způsobilost a samostatnost řešit konkrétní technický problém.
7. Formální úroveň: Formální úroveň DP částečně snižuje kvalitu předložené DP. V textu chyběl nebo nebyl správný popis obrázků a tabulek. Kvalita fotografií byla nižší (některé fotografie byly moc světlé a nebyly ostré).

Na základě předložených autorových publikací lze konstatovat, že získané poznatky byly opublikované v ČR s možností využití v technické praxi. Chyběly publikace v zahraničních karentovaných časopisech s IF.

Úroveň řešené problematiky týkající se PEO odpovídá úrovni profesního odborníka, proto lze konstatovat, že Ing. Martin Chvojka bude k takovým odborníkům v průmyslové praxi patřit. Umí využít i nad oborové znalosti a dovede se zorientovat a pracovat s počítačovou podporou.

Pro odbornou diskuzi uvádím následující dotazy:

*Jak velké součásti lze povrchově modifikovat pomocí PEO ve vašem zařízení.*

*Jaká bude následná kontrola kvality povrchu po PEO (když nebude možné odebrat vzorek na elektronový mikroskop) na konkrétních součástech.*

*Co bude určující pro volbu povrchové úpravy pomocí PEO a následné nanesení další ochranné vrstvy.*

*Proč se používá na povrchově upravené součásti PEO, nanášení polymerových vrstev. Proč byla použita další vrstva PTEE.*

*Jak maximálně tlusté mohou být nové povrchové vrstvy a na čem bude záležet jejich velikost.*

*Z formálního hlediska se disertant dopustil velkého počtu nepřesností v popisování obrázků a tabulek, jako je např. uvedeno odvolání na Tab.8, ale měla to být Tab.3. a tak podobně. Z uvedených reportů stačilo vypsát základní parametry (případně je dát do tabulky) a nepoužívat anglické popisy tabulek v DP psané v českém jazyku.*

Na základě, prostudování předložené „Disertační práce“ a „Teze disertační práce“, mohu pana Ing. Martina Chvojku doporučit k obhajobě.

Po obhájení disertační práce a zodpovězení otázek v diskusi, doporučuji udělit titul (dle zákona č.111/1998Sb.).

**„Ph.D.“**

V Praze 5.6.2024

Prof.Ing.Františka Pešlová, Ph.D

