

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

**Oponentský posudek disertační práce Ing. Jaroslava Petra – Soini,
„Vliv metalurgických faktorů na kvalitu svarového spoje u vysokopevných
ocelových plechů s povlakem na bázi Al-Si“**

**Studijní program: Strojní inženýrství, studijní program: Materiálové
inženýrství**

z Fakulty strojní ČVUT v Praze, ČR

Progresivní technologie vychází z poznatků klasických technologických pochodů s tím, že zároveň uplatňuje nové metody, které nahrazují v technice to, co v minulosti nebylo možné. Zásadní změny v technické praxi vychází z požadavků na materiál a jeho materiálové vlastnosti, které souvisí s návrhem nových náročných konstrukčních prvků například s jejich využití v automobilovém průmyslu.

Předložená disertační práce (DP) Ing. Jaroslava Petra-Sioni, se zabývá materiálovou problematikou, pro zabezpečení funkčnosti namáhaných konstrukčních prvků automobilů. V daném případě se jedná o povlakované plechy, sloužící jako polotovary, z nichž se vyrábí namáhané části kostry automobilů. Vzhledem k tomu, že je kladený velký důraz na pevnostní a korozní požadavky hotového výrobku, budou podstatné výchozí polotovary, které mohou ovlivnit konečné vlastnosti hotového výrobku. Disertant ve své práci vycházel jak z teoretických, tak praktických poznatků od výrobce na příklad, že u tvářených plechů za tepla může docházet k zoxidování nebo oduhličení povrchů. Z toho důvodu svůj výzkum zaměřil na povrchovou ochranu plechů s jejími dalšími důsledky na následující technologie, v daném případě, bodové odporové svařování.

V teoretické části se Ing. Jaroslav Petr-Sioni soustředil na rozbor chemického složení základního materiálu-oceli, s povlakem na bázi Al-Si. Kladně hodnotím to, že z fyzikálně metalurgického hlediska vychází ze soustavy ternárních diagramů Al-Fe-Si, které ukazují na charakter a morfologii vznikajících chemických fází při různých teplotách a koncentracích daných prvků. Z uvedeného přístupu disertanta, lze předpokládat, že vznik difúzní vrstvy (při svařování) automobilových plechů bude brát komplexně.

Experimentální část DP je postavena na zkoumání všech souvislostí, které podle disertanta, mohou ovlivnit kvalitu celkového technologického postupu, s dopadem na konstrukční prvek. Autor ve své disertační práci vychází z vysokých požadavků výrobní firmy na vybrané materiály, které se ještě následně svařují nebo lepí. Na základě toho si Ing. Jaroslav Petr stanovil konkrétní cíle pro jeden druh materiálu (22MnB5), využívaný v automobilovém průmyslu, pro který hledal souvislosti mezi strukturními změnami (ne strukturálními) povlaku a jejími vlivy na svařitelnost. V dalším úkolu si doktorand zvolil návrh nedestruktivní metody jako kontroly pro termomechanicky zpracované plechy, která by odhalila obtížnou svařitelnost ještě před samotným procesem svařování. V závěru svých experimentů si doktorand ještě stanovil za cíl tvorbu 2D simulaci bodového odporového svařování. V řešení tak náročného úkolu se ukázal velký počet proměnných, které na sebe navazují, prolínají se nebo navzájem se více nebo méně ovlivňují.

Dovolím si připomenout všechny „proměnné“, které byly v práci zohledněné a které mohou více, či méně ovlivnit celý proces výroby a zároveň evokují otázky a zamyšlení se nad daným problémem:

Chemické složení oceli jako podkladu pro povlakování. *Který z uvedených prvků je nejvíc aktivní při vzniku difúzní vrstvy?*

Chemické složení povlaku (tvořeného na bázi Al, Si, Zn). *Při jakých teplotách může docházet k substituci Al za Si?*

Tloušťka povlaku tvořeného Al-Si. *Jak byla navrhnutá a odzkoušena optimální velikost tloušťky?*

Tloušťka difúzní vrstvy. *Na základě kterých kritérií byla určena vyhovující tloušťka pro kvalitní bodové svařování a jak je velká pro tyto vybrané plechy?*

Velikost a rozložení rozstříků z bodového svařování. *Lze je eliminovat samotným svařovacím postupem příp. nastavením svařovacích parametrů?*

Velikost přitlaku plechů při svařování. *K jak velké plastické deformaci povrchových vrstev může dojít tak, aby nedocházelo k poškozování a degradaci povrchů?*

Velikost svarové čočky. *Difúzní vrstva, podle výzkumu disertanta, ovlivňuje velikost a kvalitu svarové čočky, je možné predikovat charakter svarové čočky i na základě jiných parametrů u těchto povlakovaných plechů?*

Tepelně ovlivněná zóna po svaření. *Jak se může projevit tepelně ovlivněná zóna na změně povlakové vrstvy a do jaké hloubky?*

Svařovací parametry. *Pro nastavení a regulaci svařovacích parametrů bude firma vycházet z výsledků DP?*

Pozice dílů při svařování. *Lze tyto pozice průběžně měnit?*

Kvalita bodových svarů. *Čím lze zlepšit kvalitu bodových svarů u povlakovaných plechů v porovnání s nepovlakovanými stejného chemického složení?*

Tvrdost v příčném směru bodového svaru. *Je určena optimální tvrdost, vyhovující daným konstrukčním automobilovým prvkům?*

Rychlost deformace při válcování plechů za tepla. *Při válcování plechů z materiálu 22MnB5 byl brán zřetel na povlak ve složení Al-Si. Je tato rychlost různá pro experiment a ve výrobní praxi?*

Charakter a rozložení chemických prvků v povlaku a v difúzní vrstvě. *Jak moc může ovlivnit chemické rozložení prvků teplota tepelného zpracování a případná homogenizace povlaku? Náhrada Al křemíkem a vzájemné % zastoupení Al (Si) i ve svaru?*

Přetavení povlaku-homogenizace. *Podle nastavení parametrů laseru může docházet i k ovlivnění základního materiálu, což mění výchozí podmínky pro svařování (změnu rozložení prvků, větší difúzi a změnu mikrostruktury případně tvrdost v dané lokalitě).*

Vznik nevodivé vrstvy, související s předcházejícím bodem. *Vodivost a nevodivost povrchové vrstvy před bodovým odporovým svařováním je velmi důležitý parametr pro změnu svařitelnosti. Byla tomu to věnovaná pozornost ze strany výrobce?*

Charakter mikrostruktury. *Tato se v teplotních rozmezí může měnit. Jak lze zabezpečit průběžnou kontrolu mikrostruktury ve výrobním procesu?*

Výška teploty austenitizace.

Čas prodlevy při různých teplotách austenitizace.

Nedestruktivní metody a jejich volba. *Je možné charakterizovat změny v ovlivněných mikrostrukturách pomocí pohltivosti ultrazvuku?*

Vodivost a nevodivost povrchů bude ovlivňovat volbu kontroly svařovaných konstrukčních prvků. *Nebude ovlivňovat geometrie jednotlivých prvků přesnost a manipulaci při nedestruktivním měření (pomocí vířivých proudů)?*

2D simulace bodového odporového svařování povlakovaných plechů. *Jaké vstupní parametry budou důležité při návrhu a simulaci tohoto procesu?*

Velmi kladně hodnotím přístup disertanta k řešení tak náročného úkolu, kde je patrné, že musel brát v úvahu velký počet proměnných pro optimální návrh technologického postupu výroby kvalitního automobilového prvku. Lze vyzvednout i možnost zevšeobecnění výsledků z DP v technické praxi pro jiné náročné konstrukční prvky.

Celkový přínos doktoranda lze kvalifikovat jako využití teoreticko - experimentálních poznatků k tomu, aby byly v technické praxi uplatněny nové návrhy v technologii výroby pro konkrétní automobilové plechy. Specifické zaměření na následné technologie úpravy povrchů respektuje zachováním kvality základního materiálu. Disertant věnoval velkou pozornost mikrostrukturnímu zkoumání a hodnocení Al-Si vrstvy vrs. základní materiál s interpretací na kvalitu bodového svařování pro konkrétní součásti. Na základě interpretace probíhajících reakcí v mikrostrukturách při různé teplotě může predikovat svařitelnost zkoumaných materiálů (povlakovaných plechů).

Ing. Jaroslav Petr-Sioni ve své práci představuje komplexnost jednotlivých problémů, kde se zabývá převážně charakterem vzniklých fází v mikrostrukturách, které ovlivňují svařitelnost. Velmi správně uvádí, že povlak a základní materiál dávají, při různých teplotách, možnost vzniku tlusté difúzní vrstvy negativně ovlivňující svařitelnost. Vznik nových fází v difúzní vrstvě bude závislý na procentuálním zastoupení a rozložení jednotlivých prvků (jak v základním materiálu, tak povlaku) a jejich redistribuci v tomto objemu.

Disertant představuje ve své vědecké práci maximální využití přístrojového zabezpečení pro hlubší zkoumání náročných oblastí vrstva, oblast propojení, ovlivněný základní materiál vrs. odporové bodové svařování.

Disertační práce je napsaná stručně, přehledným způsobem s doplněním obrazového materiálu, který může přispět při dalším rozhodování v praxi. Je nutné upozornit na to, co se děje v mikrostrukturních oblastech materiálu, byť se jedná o heterogennitu představených oblastí. Oceňuji logické návaznosti při popisu jak materiálů samotných, tak i jejich přípravy nebo odezvy mikrostruktur na dané technologické postupy.

Z předložené práce je patrné, že byla věnovaná větší pozornost vždy slabým článkům ze souboru technologií, které mohou ovlivnit budoucí aplikaci v praxi, pokud jsou tyto povlakované a svařované povrchy vybraných materiálů vystavené kombinovanému zatížení.

Autor disertační práce poukázal na podstatných parametrech (chemické složení vrstvy, její tloušťka a rozložení chemických prvků, velikost jednotlivých částic tvořící povlak, mechanické vlastnosti a morfologii povlakované oceli, homogenizaci povlaku, teploty a časy austenitizace, přítlak při svařování, parametry svařování atd.) markantní změny, které mohou být příčinou nekvalitní výroby konkrétních automobilových součástí.

Na základě předložených publikací lze konstatovat, že získané poznatky byly adekvátně opublikované a lze je využít i v technické praxi.

Úroveň řešených problémů bezprostředně souvisí s úrovní profesního odborníka, vybavenosti laboratoří a výběru takového experimentu, který bude charakterizovat (modelovat) zatížení, kterému jsou povlakované součásti vystaveny.

Pro odbornou diskuzi je zakomponovaných několik dotazů přímo při rekapitulaci proměnných, které disertant bral v úvahu při řešení své DP a které mohou být námětem pro další výzkumné práce.

Na základě, prostudování předložené disertační práce a z publikační činnosti, mohu pana Ing. Jaroslava Petra-Sioni doporučit k obhajobě.

Po obhájení disertační práce a zodpovězení otázek v diskusi, doporučuji udělit titul:

„Ph.D.“

V Praze dne 19.5.2022

Prof.Ing.Františka Pešlová, Ph.D

