

Recenzní posudek disertační práce

Monitorizace svařovacích parametrů při ultrazvukovém svařování polyamidu

Autor:

Ing. Dalibor Kopáč

Katedra strojírenské technologie – Oddělení tváření kovů a plastů, Fakulta strojní,
Technická univerzita v Liberci

Školitel:

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld

Katedra strojírenské technologie – Oddělení tváření kovů a plastů, Fakulta strojní,
Technická univerzita v Liberci

Recenzent:

doc. Ing. Dora Kroisová, Ph.D.

Katedra materiálu, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci

Předložená práce Ing. Dalibora Kopáče náleží k souboru disertačních prací zabývajících se moderní technologií spojování plastů, kterou je ultrazvukové svařování. Hlavním cílem práce je výzkum, monitorizace a následné vyhodnocení svařovacích parametrů na pevnost spoje pro silně polární semikrystalické polymer – polyamid 6.

Práce má 152 stran a je rozdělena do dvaceti kapitol. První čtyři kapitoly práce včetně úvodu se zabývají charakteristikou plastů, způsoby spojování plastových dílů a ultrazvukovým svařováním plastů. Kapitola pátá uvádí cíle předložené práce. Další kapitoly, šest až čtrnáct podávají veškeré informace spojené s výběrem materiálu pro výrobu zkušebních těles, vlastním procesem výroby těles včetně popisu strojního vybavení, popisují určení pevnosti svarového spoje, technologii sušení polárního materiálu před vlastní výrobou zkušebních vzorků ale i před jejich spojováním. Dále podrobně charakterizují provedení vlastních experimentů týkajících se monitorizace spouštěcí síly svařování, svařovací amplitudy, proměnné a konstantní svařovací rychlosti a podávají jejich porovnání včetně dílčích vyhodnocení výsledků výše jmenovaných parametrů. Kapitoly patnáct až osmnáct přináší diskusi výsledků disertační práce, doporučení pro další výzkum a závěr. Následuje seznam použité literatury, představení publikační činnosti autory a přílohy.

Disertační práce se zabývá aktuální problematikou spojování plastů moderní technologií ultrazvukového svařování, která bude následně použita v praxi. Cíle, které byly v práci vytčeny, byly splněny, postup řešení zadané problematiky lze považovat za vyhovující a vedoucí k praktickým výstupům. Výsledky experimentů jsou přehledně zpracovány a

vyhodnoceny. Řada výstupů vztahující se k dané problematice byla publikována na domácích i zahraničních konferencích.

Doktorand v předložené práci prokázal jak znalosti teoretické vztahující se k dané problematice, tak schopnost řešit zadaný problém tak, aby vedl k využitelným praktickým výstupům. Disertační práce má logickou stavbu a dobrou grafickou úroveň. Drobné stylistické nedostatky práce lze zanedbat.

K uvedené disertační práci mám následující dotazy:

- 1) Veškeré experimenty byly prováděny na polárním materiálu polyamid 6 s konkrétním označením ALTECH PA6 1000/209. Jedná se o vysoce navlhavý polymer, který je třeba sušit jako granulát před vlastní výrobou vzorků a opakovaně před vlastním svařováním vzorků, aby nedocházelo obecně ke vzniku nehomogenní struktury. Sušení granulátu je relativně dlouhé, ale není možné jej vynechat. Bylo by možné najít postup nahrazující opakované sušení vzorků, kterým by bylo možné zajistit jejich minimální požadovanou vlhkost před svařováním?
- 2) Na obr. 60 jsou snímky plochy svaru s vyznačenou šířkou. Je tím myšlen pohled shora poté, co došlo k odtržení horní části vzorku od spodní při zkoušce tahem?
- 3) K hodnocení kvality svaru byla použita zkouška tahem. Jakými dalšími způsoby by bylo možné hodnotit homogenitu svaru?
- 4) Je možné výsledky disertační práce zevšeobecnit na další typy polymerů analogických polymeru, který byl v práci použit?

Předložená práce vyhovuje požadavkům kladeným na disertační práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů a podle studijního a zkušebního řádu Technické univerzity v Liberci ze dne 23. září 2009.

Disertační práci pana Ing. Dalibora Kopáče doporučuji k obhajobě.

V Liberci, 30. 9. 2012


doc. Ing. Dora Kroisová, Ph.D.

Recenzní posudek doktorské disertační práce

Název práce : **Monitorizace svařovacích parametrů při ultrazvukovém svařování polyamidu**

Doktorand : Ing. Dalibor KOPÁČ

Školitel: Prof. Dr. Ing. Petr LENFELD

Recenzent: Doc. Ing. Pavel RUMÍŠEK, CSc.

Předkládaná disertační práce obsahuje na 134 stranách textu a 10 listech příloh kapitoly, týkající se teoretické, experimentální a tabulkové části, doplněné anotací s prohlášením, přehledem použitých symbolů a zkratk, seznamem literatury, příloh a rozsáhlým výčtem 17 publikací autora k zaměření disertační práce.

Úvodem hodnocení musím konstatovat, že práce, jejímž hlavním cílem byla monitorizace svařovacích parametrů ultrazvukového svařování plastů, je zpracována pečlivě, logicky správně a je patrná i dobrá orientace doktoranda v celé oblasti, týkající se této problematiky.

Řešením doktorand prokázal, že ovládá nejen odbornou problematiku, týkající se daného oboru, ale jsou mu blízké i vědecké metody a jejich uplatnění, vedoucí cíleně k hodnotným závěrům, přinášejícím nové poznatky v oboru.

Práce je v současné době velmi aktuální, neboť právě technologie ultrazvukového svařování plastů je z důvodů svých, v práci popsanych výhod, velmi efektivní a frekventovaná.

Lze konstatovat, že disertační práce doplňuje nejen některé známé poznatky v dané oblasti, ale představuje i další hodnotnou kapitolu výzkumu a hodnocení technologie svařování plastů a to především v oblasti svařování polyamidů.

Teoretická část práce v úvodu popisuje nejdůležitější typy plastů s jejich charakteristikami a způsoby nerozebíratelných typů spojování plastových dílů. Další kapitoly teoretické části práce se zabývají ultrazvukem a principem technologie ultrazvukového svařování včetně definování procesu a využití této svařovací technologie v různých průmyslových aplikacích.

Velmi hodnotná, a pro další výzkumné práce plně využitelná, je zde především oddíl, popisující vliv materiálů na ultrazvukové svařování včetně popisu jejich nadmolekulárních struktur, svařitelnosti a dalších faktorů, ovlivňujících jejich využití v dané technologii.

Ve vztahu k hlavní náplni disertační práce je zcela vyčerpávajícím a názorným způsobem proveden popis ultrazvukové svařovací techniky včetně zařízení a systému s porovnáním pneumatického a servo-řízeného ultrazvukového svařování.

Vhodně je zhodnocen též přenos energie a proveden popis všech souvisejících svařovacích parametrů (frekvence, amplituda, svařovací čas, rychlost a tlak a taktéž spouštěcí svařovací síla, velikost a doba přidržovacího tlaku) a dalších důležitých požadavků, souvisejících se svařovací plochou a zajištěním požadovaných vlastností svarů.

V závěru je teoretická část práce doplněna i zajímavým a dostatečně přehledným popisem ostatních ultrazvukových spojovacích technologií, využívaných v průmyslu.

Celá poměrně obsáhlá teoretická část práce je zpracována velmi pečlivě, a mimo drobných formálních nedostatků a překlepů je obsahově i věcně správná a bez připomínek.

Formální nepřesnosti a drobné překlepy (např. str.14 a 18 – správně „zapotřebí“ a „může“, str. 38 – lépe „umožní svařovat“, str. 42 – upřesnit co je katanoidní křivka, str.51 – V případě

b) se sice nachází..., str.52 místo „zastupuje“ vhodněji „ukazuje“, str.56 místo „důležitý“ uvést „důležité“, str. 61 – „torzní tuhost spoje“ – domnívám se, že nejenom torzní, ale obecně celková tuhost spoje, str.64 – správně „krátké době cyklu“ atd.) však nesnižují odbornou úroveň práce. Jako drobnou připomínku zde pouze uvádím, že podle platné směrnice, závazné pro zpracování disertačních prací a jejich obsahového členění, by v této kapitole měla být krátce rozvedena samostatně i část, pojednávající o současném stavu řešené problematiky.

V úvodu **experimentální části** jsou definovány především cíle práce, které jsou stanoveny přehledně a jasně a udávají zcela logický a správný postup řešení.

Hlavní cíle spočívají jednak v návrhu tvaru svařovaných těles a konstrukční úpravě vstřikovací formy pro jejich výrobu, včetně návrhu a výroby svařovacího přípravku, a ve vlastní monitorizaci a parametrizaci vybraných svařovacích parametrů s vyhodnocením jejich vlivu na pevnost svaru. Dalšími cíli práce je pak následná verifikace optimálních svařovacích parametrů a získaných výsledků.

Popis materiálu (kap.6.1) a geometrie zkušebních těles (kap.6.2) včetně usměrňovače energie (kap.6.3) zcela dostačujícím způsobem vysvětluje důvody a tvarové provedení těles i úpravu vstřikovací formy. Následující kap.7 popisuje návrh, popis a zhotovení upínacího přípravku a kap. 8 se zabývá popisem ultrazvukového zařízení Dukane, model 43S220 a jeho částí, spolu s popisem zařízení ovládaných servo-systémem, kontrolou řízení procesu a přeprogramováním svařovacích parametrů.

Velmi hodnotný je i popis hodnocení tahových vlastností materiálu PA6 včetně měření a hodnocení pevnosti svarového spoje, které je dokumentováno přehledně v kapitole 9. Popis experimentu a provedených měření je pak následně uveden v kapitole 10 a úprava vzorků před svařováním je obsahem kap.11

V nejrozsáhlejší části práce (kap.12) je prezentováno vlastní měření a monitorizace tří základních svařovacích parametrů – spouštěcí síly, amplitudy a svařovací rychlosti (konstantní i proměnné během cyklu), s tím, že zde nechybí ani vysvětlení vlivu uvedených faktorů na výsledné vlastnosti a charakteristiky svarových spojů.

V následující části je provedeno a graficky i tabelárně zobrazeno porovnání rychlosti s rychlostním profilem, porovnání pevnosti a taktéž porovnání odlišných způsobů řízení svařovacího nástroje (kap.13).

Popisy u všech uvedených částí jsou detailní, výsledky jsou přesně dokladovány a spolu se závěry umožňují nejen obecné posouzení rozsahu experimentu, ale pro další výzkum dovolují též případnou opakovatelnost měření u všech jeho částí.

Díličí vyhodnocení výsledků monitorizace svařovacích parametrů, uvedené v kapitole 14 dokladuje, jakým způsobem je možno ovlivňovat jednotlivé fáze svařovacího procesu.

Velmi zajímavé a vědecky podložené jsou i stanovené závěry k hodnotě spouštěcí síly, svařovací amplitudě i svařovací rychlosti. Bylo prokázáno, že čím vyšší je hodnota spouštěcí síly, tím vyšší je i pevnost spoje. Na základě předchozích měření je možno taktéž souhlasit s vysloveným závěrem, že se snižující se hodnotou svařovací amplitudy klesá téměř lineárně i pevnost svarového spoje. Výsledky měření pevnosti potvrdily i teoretické předpoklady, související s rychlostí a dobou svařování. Byly potvrzeny předpoklady, které naznačovaly výrazný nárůst pevnosti spoje vhodně naprogramovaným rychlostním profilem svařování (při experimentu bylo naprogramováno celkem 18 různých rychlostních profilů).

Výsledky jednotlivých částí experimentu jsou velmi přehledně, věcně a odborně rozebrány a zhodnoceny v diskuzi k disertační práci, která je obsahem kap.15. Se všemi závěry a konstatováním, uvedeném v díličím hodnocení je možno bez připomínek a výhrad souhlasit a výsledky je možno jednoznačně považovat za experimentálně prokázané.

Lze konstatovat, že jak uvedený rozbor a shrnutí, tak i závěry, vyslovené v kap. 14 a 15 svědčí nejen o dostatečných odborných znalostech doktoranda, ale i o dobrém odborném a metodickém vedení ze strany školitele.

Přínosy disertační práce pro oblast vědy, výzkumu a pro praxi jsou následně v závěru práce charakterizovány v 7 bodech (věda a výzkum) a v 6 bodech (praxe) a obsahovou správnost přínosů je možno jak v části ucelení a rozšíření vědeckých poznatků, tak i v části praktické aplikovatelnosti výsledků jednoznačně potvrdit.

Velmi hodnotné a logické je v závěru práce i doporučení pro další výzkum, uvedené jako samostatná kapitola 17. Obsah doporučení uvádí možnosti dalšího směřování výzkumných a vývojových prací v oblasti této moderní technologie svařování.

V závěru hodnocení chci opakovaně poukázat na to, že předložená práce je zpracována logicky, věcně i obsahově správně, navržená metodika zkoušek využívá moderních metod a dosažené výsledky jsou vyhodnoceny se statistickou průkazností.

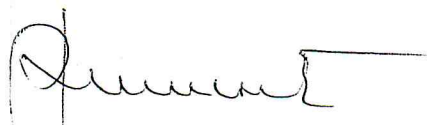
Téma práce je aktuální a práce splnila ve všech směrech stanovené cíle. Rovněž grafická úprava je na vysoké úrovni a k práci nemám mimo již uvedených formálních a drobných připomínek žádné další výhrady.

Obsahovou náplní, volbou cílů a metodiky, jakož i celkovou kompozicí a dokumentováním výsledků experimentů, byl dostatečně prokázán též vlastní vědecký přínos doktoranda a jeho schopnost orientovat se v dané problematice na základě dostačujících teoretických znalostí, což svědčí rovněž o jeho schopnosti samostatně vědecky pracovat.

Provedenými experimenty byl prokázán velký podíl práce na rozšíření poznatků, důležitých nejen pro rozvoj vědního oboru, ale lze předpokládat i jejich následné využití v praxi.

Velmi kladně hodnotím rovněž související autoreferát disertační práce, obsahující všechny nezbytné informace a taktéž stručný přehled výsledků experimentů včetně příslušného závěru a definovaných přínosů pro vědu a praxi.

Na základě uvedených závěrů doporučuji předloženou práci k obhajobě, a následně doporučuji, aby doktorandovi byla udělena vědecko – akademická hodnost a titul PhD.



Doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

V Brně dne 26.9. 2012

Vec: Recenzia dizertačnej práce

Dizertant: Ing.Dalibor Kopáč

Názov dizertačnej práce: Monitorizace svařovacích parametrů při ultrazvukovém svařování polyamidů.

Predmetná dizertačná práca je jednou z prác ktoré riešia aktuálnu problematiku ultrazvukového zvarovania polymérnych materiálov a nadväzuje na priemyselné aplikácie s uplatnením najnovších zariadení fy DUKANE pre uvedenú technológiu.

Práca bola usmernená na riešenie problematiky ultrazvukového zvarovania semikryštalických silne polárnych termoplastov typu PA.

Autor svoju kompetentosť v danej oblasti preukazuje pomerne rozsiahlou publikačnou činnosťou, spojenou s témou riešenej dizertačnej práce v rozsahu 17-tich odkazov.

Dizertačná práca ako celok je ucelená a precízne spracovaná a pozitívne hodnotím odbornosť autora, ktorú preukázal i v časti 15, diskusia výsledkov dizertačnej práce.

Je však úvodom potrebné poukázať na skutočnosť, že v práci na úrovni dizertačnej práce, nie je žiaduce voľne narábať s pojmami resp.s názvoslovím. Konkrétne na str.14 uvádza autor v cieľoch ad1) pojem "svařované těleso"(obdobne cieľ č.4), ale v cieľi č.3 na tej istej strane sa objavuje pojem „skúšební těleso“. Ten istý pojem sa objavuje na str.7, kap.6.

Ďalej dizertant by mal v diskusii pri obhajobe doplniť obsah pojmu uvedeného v cieľi č.1 dizertačnej práce na str.14 „Výskum konstrukce a návrh tvaru svařovaných těles____“, aký je konkrétny príspevok autora dizertačnej práce v tomto smere.

V súvislosti s deklarovanými cieľmi dizertačnej práce č.2 a č.4-(str14) mám na dizertanta otázku , či autor dizertačnej práce je aj autorom (resp.spoluautorom) konštrukčnej časti deklarovaných cieľov.

V práci nie je dostatočne akcentované, ako autor dizertačnej práce zabezpečil homogenitu akosti vystreknutých skúšobných telies v závislosti na stabilite vstrekovacieho režimu, a ako bolo postupované pri výbere reprezentatívneho počtu vystreknutých skúšobných telies, použitých v experimentálnej časti práce.

S ohľadom na to, že závery dizertačnej práce sú v korelácii s akosťou a stabilitou rozhodujúcich parametrov skúšobných telies vstupujúcich do procesu ultrazvukového zvarovania, je táto problematika významná.

Napriek týmto pripomienkam je možné so závermi práce, vrátane prínosov pre vedu a prax v zásade súhlasiť. Dizertant by však mal v diskusii upresniť vyhodnotenie cieľov práce uvedené na str.14, menovite cieľ č.1, s výsledkami a prínosmi uvedenými v záverečných častiach dizertačnej práce.

Týmto potvrdzujem a pozitívne hodnotím aktuálnosť zvolenej témy a splnenie cieľov práce, vedecký prístup k spracovaniu výsledkov, vrátane významnosti a novosti výsledkov pre daný vedný odbor.

Konštatujem, že autor DP preukázal, že ovláda v danom vednom odbore vedecké metódy práce, má príslušné hlboké teoretické aj praktické vedomosti a priniesol nové poznatky z daného vedného odboru.

Záverom doporučujem prijať horeuvedenú DP k obhajobe pred príslušnou skúšobnou komisiou.

V Nových Zámkoch dňa 28.9.2012


Doc. Ing. Jozef Horváth, CSc.