



Hodnocení diplomové práce oponentem

Název práce:	Termomechanická měření v technologii laserového vrtání otvorů		
Student:	Bc. Jiří NAVRÁTIL	Std. číslo:	E12N0024P
Oponent:	Michal Švantner		

Kritéria hodnocení práce oponentem	Max. body	Přidělené body
Splnění zadání práce (posuzuje se i stupeň kvality splnění)	25	25
Odborná úroveň práce	50	50
Interpretace výsledků a jejich diskuze, příp. aplikace	15	13
Formální zpracování práce, dodržování norem	10	8

Hodnocení obsahu a kvality práce, připomínky:

Diplomant se měl ve své práci seznámit s problematikou laserového vrtání a s metodami měření teplotních a deformačních polí. Dále měl provést experiment laserového vrtání s různými parametry, měření teplotního pole a deformací v okolí otvoru v průběhu vrtání, měření tvaru otvoru pomocí 3D digitálního mikroskopu a vyhodnocení výsledků.

V části Úvod jsou stručně uvedeny základní informace o laseru, laserovém vrtání a odvrtačací metodě měření zbytkových napětí. Bylo by možná vhodné přidat více informací k odvrtačací metodě, rozhodně bych očekával objasnění důvodů výzkumu vlivu laserového odvrtačací metody a termovizní měření. Upozornil bych pouze na menší nepřesnost týkající se tenzometru – povrch pro nalepení tenzometru se nevyhlazuje, ale „připravuje“ (podle potřeby se může zbrusit nebo naopak zdrsnit, v případě měření zbytkových napětí se využívá výhradně ruční broušení) na drsnost předepsanou pro dané lepidlo.

V následných kapitolách 1. až 3. se autor věnuje tématům, se kterými se měl za úkol seznámit v rámci diplomové práce. Uvádí technologie odvrtačací metody s podrobnějším popisem laserového odvrtačací metody, metody zjišťování zbytkových napětí s podrobnějším popisem odvrtačací metody a termovizní měření. Upozornil bych pouze na menší nepřesnost týkající se tenzometru – povrch pro nalepení tenzometru se nevyhlazuje, ale „připravuje“ (podle potřeby se může zbrusit nebo naopak zdrsnit, v případě měření zbytkových napětí se využívá výhradně ruční broušení) na drsnost předepsanou pro dané lepidlo.

V části 4 jsou uvedeny prostředky a zařízení, které diplomant využíval ke splnění své práce. Popis zařízení je většinou dostatečný, pouze u kapitol 4.2 a 4.4 mi popis přijde až příliš stručný, doplnění některých informací je ovšem v následující části 5 (Experimenty - popis experimentů a výsledků). U popisu materiálů by měly být uvedeny jejich teplotní a mechanické vlastnosti – tato informace je zřejmě dost podstatná a v práci chybí. Celkově jsou ale části 1 až 4 zpracovány srozumitelně a dostatečně obsáhle – autor plně prokázal, že se v souladu se zadáním seznámil s řešenou problematikou včetně praktických experimentů s množstvím měřících systémů a postupů.

V části 5 diplomant uvádí postupy a výsledky vlastních měření. Vše je doplněno obrazovou dokumentací, která by ale z mého pohledu v některých případech mohla být spíše v části 4. Je provedena analýza a optimalizace laserového odvrtačací metody pro ocel, křemík a mosaz, dále jsou provedeny a vyhodnoceny měření teplot a deformací v průběhu odvrtačací metody a mikroskopická analýza otvorů. Pokud to z provedených experimentů je možné, bylo by velmi zajímavé zobecnění uvedených výsledků laserového odvrtačací metody, tedy proč se jeden materiál pomocí laseru odvrtačací lépe a jiný hůře a která materiálová vlastnost je pro to zásadní. Vyhodnocení měření deformací je provedeno detailně, pouze popis uvolněných deformací mi přijde dost stručný a grafy 12 a 13 ani nejsou zmíněny v textu. Další výsledky (zbytková napětí, teploty, analýza otvoru) jsou kvalitně zpracované, velmi zajímavé (a užitečné) jsou pak zejména analýzy tvaru otvorů a tepelného ovlivnění materiálu.

Z celkového pohledu autor velmi úspěšně navazuje na již provedené experimenty v oblasti laserového vrtání. Především tenzometrická měření nesporně ukázala, že laserové odvrtačací metody ovlivňuje materiál a vnáší do něj přídavná zbytková napětí podstatně více než standardní vysokorychlostní odvrtačací metody. Tyto závěry byly potvrzeny měřeními teplot a i analýza otvorů ukázala, že vysokorychlostní odvrtačací metody je pro účely měření zbytkového napětí vhodnější než laserové odvrtačací metody. Výsledky laserového odvrtačací metody jsou nicméně mnohem lepší než v předchozích experimentech. Z pohledu dalšího vývoje a výzkumu laserového odvrtačací metody (nejen pro aplikaci měření zbytkových napětí) jsou tedy výsledky práce velmi slibné.


Práce obsahuje všechny formální náležitosti (abstrakt, obsah, seznam zkratk, poděkování apod.). Práce má poměrně specifickou strukturu (úvod bez čísla, kapitoly 1-3 tvoří popis problematiky, kapitola 4 popis použitého experimentálního zařízení a kapitola 5 popis experimentů spolu s výsledky), což obecně nepovažuji za chybu. Nicméně se zdá, že se v kapitole 2 trochu míchá obecný popis problematiky s praktickými postupy využitými při řešení práce (viz. např. "Lepení bylo provedeno podle návodu ..." apod.). Některé informace je pak nutné hledat až na třech místech – např. popis tenzometrických vůlců a jejich zapojení je v kapitole 2.1.1, následně 4.4. a konkrétní zapojení v kapitole 5.2.1. To podle mne snižuje přehlednost práce jako celku. Z formálního hlediska bych ještě vytkl to, že na několika místech se vyskytuje obrázek, který není zmíněn a diskutován v textu (kromě grafů 12 a 13 také obr. 35 a 36). Velmi vysoko hodnotím odborné přínosy práce. Rozsah experimentů a jejich vyhodnocení a zpracování výsledků je na velmi dobré úrovni. Práce je tak nejen pokračováním již provedených a publikovaných experimentů, ale i kvalitním podkladem pro další vývoj a výzkum v této oblasti. Lze konstatovat, že z pohledu provedených experimentů bylo zadání splněno v plném rozsahu a na dobré odborné úrovni a práci proto doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnotit stupněm "výborně".

Dotazy oponenta k práci:

1. Co je hlavním požadavkem na odvrtačací metody pro odvrtačací metody měření zbytkových napětí a jaké výhody a nevýhody by mělo v případě odvrtačací metody měření zbytkových napětí laserové odvrtačací metody, pokud by se podařilo vyvrtat otvor stejné kvality jako pomocí HSD technologie?
2. V první části práce autor popisuje více možností laserového odvrtačací metody. Mohl by upřesnit, jaký konkrétní postup byl využit v této práci?
3. Který materiálový parametr má největší vliv na rychlost laserového odvrtačací metody (co způsobuje poměrně velké rozdíly v rychlosti mezi ocelí, křemíkem a mosazí?)

Diplomovou práci hodnotím klasifikací **výborně** (podle klasifikační stupnice dané směrnici děkana FEL)

Dne: 23.5.2014


.....
podpis oponenta práce