POSUDEK BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Laserové povrchové kalení litin s kuličkovým grafitem**
Jméno autora:	**Matěj Pečený**
Typ práce:	bakalářská.
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní, Ústav materiálového inženýrství.
Katedra/ústav:	
Oponent práce:	Doc. Ing. Antonín Mores, CScc
Pracoviště oponenta práce:	AGMA Praha a Ústav strojírenské technologie

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání Mimořádně náročné

Zadání bakalářské práce je jasné- prověřit možnosti laserového povrchového kalení u litinových odlitků- u litiny s kuličkovým grafitem (LKG). Tyto litiny vždy obsahují ferit v oblasti grafitových nodulí, z toho důvodu se přidávají perlitotvorné prvky, hlavně Cu, často v kombinaci s Ni. Struktura je pak téměř perlitická- úkolem této práce bylo proěřit povrchové tvrdosti těchto litin při použití laserového povrchového kalení

Splnění zadání splněno

Zadání student naprosto splnil, provedl nejen úvahy o povrchovém laserovém kalení, ale i velmi náročné laserové povrchové kalení vzorků. Laserové povrchové kalení má mnoho možností- proto provedl vyhodnocení celkem 5 průjezdů, které pak byly mikroskopicky vyhodnoceny. Tato část bakalářské práce , to je zjištění mikrotvrdostí pomocí vpichů v jednotlivých oblastech struktury byly nesmírně náročné. Recenzent se právem domnívá, že byly dosaženy vynikající výsledky.

Zvolený postup řešení vynikající

Student zvolil správný postup řešení. Nejdříve podrobně popsal různé druhy litin. K tomu lze poznamenat, že v posledních cca 10- 15 letech mnoho významných sléváren ČR přestalo temperovanou litinu vyrábět – MŽ Olomouc, UXA Brno, Fondejk Hlubočky,Žandov,atd. Zůstala pouze jedna slévárna, která temperovanou litinu v ČR vyrábí- BRANO Hradec nad Moravicí- viz dotaz na studenta v závěru posudku. Kalení litin bylo také velmi podrobně popsáno, používá se zřídka- odlitky často praskaly. Výstižně a správně jsou popsány principy povrchového kalení, včetně velkého množství literárních odkazů, praktické provedení povrchových kalení: plamenem, indukční a laserové povrchové kalení. V experimentální části student vyhodnotil mikrostrukturu povrchu, přechodové části a základního materiálu. Velmi pečlivě byly vyhotoveny grafy s průběhem mikrotvrdostí při různých laserových nastaveních.

Odborná úroveň **A výborně**

Po odborné stránce je možno tuto bakalářskou práci hodnotit mimořádně vysoko. Student přesně popsal experimenty, které byly zveřejněny v zahraničních pramenech. Zde našel podněty ke své experimentální práci . Jako základní materiál byla použita LKG s přísadou prvků Cu a Ni. Tato LKG není normovaná, často se ale dohodově používá- obsah Cu je obvykle 0,8%, Ni cca 1,0- 2,0 %. Pevnostně tato legování zajistí pevnost v tahu Rm =cca 700- 800 MPa. Litina je pak téměř perlitická- bez Cu by obsah feritu byl cca 20-60%.. Student v experimentální části přesně popsal „průjezdy“ , provedl mimořádně pracnou prověrku mikrotvrdostí a popsal spády hodnot směrem ke středu vzorků. Pro různé parametry laserového kalení bylo dosaženo vynikajích hodnot mikrotvrdostí HV0,1- do hloubky cca 0,5 mm byly tvrdosti 850- 1000HV0,1. Zajímavé jsou poměrně ostré hranice (přechody) mezi laserově povrchově zakalenými vrstvami a oblastmi neovlivněnými.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce **A výborně**

V předložené bakalářřské práci byla provedena velmi podrobná prověrka literatury (rešerže) o možnostech povrchového kalení se zaměřením na použití laseru. Je třeba ocenit, že některým základním lliterárním odkazům se student věnoval velmi podrobně- zjišťoval nejen základní údaje, ale prověřoval i strukturní snímky, jejich vyhodnocování, sledoval parametry laserového kalení atd.K tomu student pečlivě popsal základní informace o litinách s lupínkovým grafitem a litinách s kuličkovým grafitem.
V předložené práci jsou poznámky rovněž o povrchovém laserovám kalení litin s různým obsahem Cr. Je nutno poznamenat, že tyto tzv. chromové litiny se v poslední době stále více používají a byla pro ně vydána norma ČSN EN 12513. Tato norma uvádí chromové resp. Cr- Ni litiny v 5 typech, s obsahem Cr od 2% do 28%. Jistě bude dobré, když student se během svého dalšího studia bude např. v diplomové práci zabývat také laserovým povrchovým kalením těchto chromových litin.
Celá práce je po typografické a jazykové stránce na vysoké úrovni. Oponent této práce našel dvě chyby, které se jistě v budoucnu již nestanou – např. … Hodnoty se blížili...
Ještě upozornění pro příští práce studenta:
V textu u obrázků je psáno- Litina CuNi- to může být zavádějící, neboť slévači by se domnívali, že se jedná o litinu s lupínkovým grafitem s přísadou Cu a Ni. Lépe je napsat : Litina s kuličkovým grafitem s přísadou Cu a Ni (LKG + Cu a Ni)

Výběr zdrojů, korektnost citací **A výborně**

Student v předložené práci uvedl 38 literárních zdrojů, převážně z poslední doby. Některé články velmi pečlivě prověřil a popsal ve své předložené práci. Vždy poukázal na literární odkaz ,což je vždy v textu uvedeno. Citační etika byla plně dodržena, citace velmi podrobné a vždy řádně v textu označené

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Po podrobné literární rešerží, úvodních všeobecných kapitolách o litinách, obecně o kalení, student provedl velmi podrobnou prověrku citací o povrchovém laserovém kalení. Pak provedl 5 průjezdů s různými laserovými parametry. Každý průjezd pečlivě vyhodnotil z hlediska metalografického. Současně u každého průjezdu zjistil mikrotvrdosti HV0,1. Dostal velmi vysoké hodnoty těchto tvrdostí, cca 1000 HV0,1. Tvrdost neovlivněného materiálu je rovněž dosti vysoká- cca 400 HV0,1. To je asi způsobeno legováním vzorku LKG prvky Cu a Ni. Tuto bakalářskou práci hodnotím za jednu z nejlepších, které oponent ve své šedesátileté praxi hodnotil.

Dotazy na studenta:

- Proč se nejen v ČR, ale prakticky ve všech vyspělých státech, velmi snížila výroba odlitků z temperované litiny a byla nahrazena výrobou odlitků z litiny s kuličkovým grafitem ?
- Sdělte, zda se v běžné výrobě žíhají odlitky z litiny s lupínkovým a litiny s kuličkovým grafitem
- Jakým způsobem získáme litinu s kuličkovým grafitem, co je to modifikace při výrobě LKG, jaký tvar grafitu je nejvíce žádaný ?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**

Datum: 25.8.2023 Podpis: Antonín Mores