

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Indukční a laserové povrchové kalení izotermicky zpracovaných litin
Jméno autora:	Veronika Mazáčová
Typ práce:	Diplomová práce
Fakulta/ústav:	Strojní
Katedra/ústav:	Ústav materiálového inženýrství
Oponent práce:	Antonín Mores, doc., Ing., CSc
Pracoviště oponenta práce:	Ústav materiálového inženýrství

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	Zvolte položku.
	<b>Mimořádně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání je z hlediska náročnosti mimořádně rozsáhlé. Výroba odlitků z litiny s kuličkovým grafitem s izotermickým kalením (ADI) se ve světě stále zvyšuje, v současnosti v Evropě dosahuje asi 5%- 10% z výroby odlitků z litiny s kuličkovým grafitem (LKG). Rovněž v ČR nastává růst výroby odlitků z litiny izotermicky tepelně zpracovaných -ADI a dosahuje asi 300 t/rok. Materiál odlitků z izotermicky kalené litiny s kuličkovým grafitem ADI se nyní podle ČSN EN 1564 nazývá- Ausferitická litina s kuličkovým grafitem, kde se navyskytuje slovo "bainit, nebo martenzit".	
Zadání řeší možnosti pomocí povrchového kalení získat vysoké povrchové tvrdosti a tím i odolnost proti opotřebení, při zachování pevnostních hodnot celého odlitku včetně tažnosti a hodnot nárazové práce.	
Povrchové kalení u odlitků z litiny s lupínkovým grafitem (LLG) po izotermickém kalení je podle našeho názoru unikátní	

Splnění zadání	Splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Svým zadáním je práce velmi rozsáhlá a vyžaduje důkladné znalosti oboru výroby odlitků z LKG a z LLG a oblast tepelného zpracování a povrchového kalení indukčního a laserového. Teoretické zpracování odpovídá zadání včetně statě o tepelném zpracování.	
K tomu poznámka: Tepelné zpracování běžných druhů z LKG se již téměř neprovádí. U odlitků z LLG se provádí výslovně na přání zákazníka- žíhání na snížení vnitřního pnutí. Nikdy ale není jeho iniciátorem slévárna. (ta často při tomto žíhání vnitřní pnutí dokonce zvýší- v ČKD zjistil kolem roku 1985 prof. Drápal)	

Zvolený postup řešení	Zvolte položku.
	<b>Vynikající</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
V diplomové práci byla věnována hlavní pozornost indukčnímu povrchovému kalení a laserovému povrchovému kalení. V první části práce byly vzorky LKG s výchozí strukturou převážně feritickou. Tyto vzorky byly izotermicky kaleny na teploty 240, 310 a 400°C. U těchto vzorků bylo provedeno povrchové laserové kkalení a získány průběhy tvrdostí, vypracovány grafy a struktury v oblasti povrchu a ze vzdálenějších oblastí ke středu vzorků. Nejvyšší povrchová tvrdost se dosáhla u vzorků ADI s teplotou izotermického kalení 310°C. Je velmi těžké prověřeni a vyhodnocení struktury, přesto bylo dosaženo výborných výsledků.	
Další část práce se věnovala srovnání výsledků povrchového kalení vzorků z LKG dle ČSN EN 16124- nízkolegovaná feritická litina s kuličkovým grafitem pro použití za zvýšených teplot- Tytto litiny běžně nazýváme litiny "SiMo." U těchto vzorků bylo rovněž provedeno izotermické tepelné zpracování na ADI SiMo a dosaženo zvlášť vysoké povrchové tvrdosti u mat. EN – GJS-SiMo40-6 do hloubky 0,5 mm.	

Odborná úroveň	Zvolte položku.
	<b>Výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	

Odborně je tato práce na vysoké úrovni a mimořádně náročná z hlediska prověrky vzorků a získání výsledků. Diplomantka provedla veliký (až obrovský) rozbor struktur po povrchovém indukčním kalení, množství místních zjištění povrchové tvrdosti a v jádře vzorků. Nutno zdůraznit, že v oblasti izotermicky kalených LKG nejsou s povrchovým kalením odlitků zatím zkušenosti. K vypracování této práce bylo nutno prostudovat množství odborné literatury. Vyhodnocení výsledků bylo odborně provedeno, velmi přínosné bylo zjištění skutečných průběhů tvrdostí po laserovém kalení u vzorků z materiálů, které jsou v současnosti předmětem zvýšené pozornosti konstruktérů.

#### Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

Zvolte položku.

Dobře

*Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.*

Formální zpracování odpovídá zásadám psaní odborných prací, diplomová práce obsahuje velký počet dobře vysvětlených obrázků a grafů. Za přínosné lze považovat vysoký počet (až moc) obrázků struktur z povrchově kalených vzorků. **Jazyková úroveň je dobrá, je nutno si uvědomit, že u některých materiálů nemáme zatím obecně přijatý název.** Např. označení AGI GJL250- znamená litina s lupínkovým grafitem izotermicky tepelně zpracovaná- na tento materiál není v ČR norma, ani norma EN. Názvy materiálů mají být podle ČSN EN, někdy to není dodrženo

#### Výběr zdrojů, korektnost citací

Zvolte položku.

Výborně

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

**Diplomantka prostudovala velké množství literárních podkladů, zvláště z oblasti povrchového laserového kalení. Přípravu vzorků, metalografické vzorky, snímky struktur a vyhodnocení, jsou v souladu s normami, zvyklostmi a citační etikou.**

**Bibliografické citace jsou v souladu s citačními zvyklostmi. Nutno poznamenat, že v oblasti povrchového indukčního a laserového kalení se jedná o jednu z prvních prací.**

#### 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

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

Zpracování této diplomové práce přesáhlo původně zadaný úkol. Izotermicky kalené litiny jsou oborem, který se hlavně v USA využívá v oblasti různých ozubení u vysoce namáhaných kol a rovněž v automobilovém průmyslu. Izotermicky kalená litina s kuličkovým grafitem ADI EN- GJS-SiMo nemá zatím normou dané označení. Lze tedy zatím psát, že např. bylo provedeno izotermické kalení materiálu EN- GJS- SiMo35-5. Změnou na ADI nastává i změna pevnostních vlastností. Cíle práce byly pečlivě stanoveny, to je podrobně uvedení teoretických zásad platných pro indukční a laserové povrchové kalení. Diplomantka správně vysvětlila tyto zásady a uplatnila v praktické části práce. ADI zatím v ČR platí za ne úplně běžné materiály. V praktické části bylo proěřeno velké množství vzorků. Zvláště záslužné je vyhodnocení průběhů tvrdostí a prověření mikrostruktury pomocí SEM. Velmi obtížné se jevílo získání chemického složení materiálů pro izotermické kalení, speciálně to platí pro skupiny SiMo. Tento materiál zatím v ČR vyrábějí 2 slévárny a získat chemické složení je téměř nemožné. Musejí ale dodržet chemické složení dle normy ČSN N 16124, což je u legovaných litin dostačující. Zkoušky povrchového indukčního a laserového kalení u izotermicky kalené litiny s lupínkovým grafitem jsou velmi zajímavé a lze říci i průkopnické.

Dotazy k diplomantce:

1. Vysvětlíte výhody a nevýhody indukčního a laserového povrchového kalení u odlitků z litiny s kuličkovým grafitem.

2. Vysvětlíte doporučený provozní způsob opracování odlitků z izotermicky kalených litin s kuličkovým grafitem.
3. Jaké druhy běžných LKG doporučujete pro indukční a povrchové izotermické kalení?
4. Jaká tepelná zpracování se případně používají u odlitků z litiny s kuličkovým grafitem ?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **Výborně**

Datum: 13.8.2020

Podpis: Antonín Mores

