

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	Měření závislosti emisivity na polotovarech za vysokých teplot
<b>Jméno autora:</b>	Martin Crkal
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav strojírenské technologie
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Jiří Svoboda
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	“TMV SS“ s.r.o., Studánková 395, 149 00 Praha 4 Újezd u Průhonice

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem práce byl úvod do problematiky bezkontaktních měření vysokých teplot v oblasti strojírenské technologie se záměrem vyhodnotit emisivity povrchů měřených zkušebních vzorků z ploché oceli, kdy dva vzorky byly svařeny do písmene L a tyto vzorky byly osazeny několika termočládky. Vzorky byly zahřívány v plynové peci na teplotu vyšší jak 1000 °C (teplota průběžně kontrolována pomocí termočládků) a po jejich vyjmutí z pece byly provedeny soubory měření s dvěma typy termografických systémů – byly tedy porovnávány výsledky kontaktně měřených teplot s výsledky získaných z termografických kamer při chladnutí zahřátých zkušebních vzorků.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<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>	
V oponované BP v části 3.4 Bezkontaktní teploměry resp. Koeficient emisivity je uveden doporučený postup (viz např. také ČSN ISO 18434-1 Monitorování stavu a diagnostika strojů – Termografie - Část 1: Všeobecné postupy) pro vyhodnocování koeficientů emisivity, tento postup byl při vyhodnocování emisivit dodržen.	
Problematika bezkontaktních měření teplot pomocí infračervených termografických systémů, v tomto případě při chladnutí zkušebních vzorků, byla uspokojivě popsána např. v části 4.4.1, kde je také uvedena informace o tvorbě okujů s jejich popisem, protože při bezkontaktních měření je v podstatě měřena teplota na povrchu okujů. Problematika změn povrchu resp. vlastností okujů při různých teplotách a s tím související případné změny koeficientů emisivit, by přesáhla zadání této bakalářské práce	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup při jednotlivých experimentech byl správný včetně vyhodnocování získaných dat. Pouze při nižších teplotách měřených vzorků nebyly (pravděpodobně) do výpočtů zahrnuty údaje/hodnoty odražených zdánlivých teplot, které ovlivňují hodnoty teplot a tím hodnoty emisivity vyhodnocené v tomto případě termografickými systémy. Vliv odražených zdánlivých teplot na vyhodnocené hodnoty teplot/emisivit by se neprojevil s největší pravděpodobností při teplotách měřených vzorků, které by byly vyšší než 150 – 200 °C.	
Při hodnocení výsledků uvedených v BP část 6 Závěr jsou uvedeny vyhodnocené emisivity při různých teplotách chladnoucích vzorků, které byly získány z měření dvěma typy termografických kamer. Velmi zajímavé výsledky jsou při teplotách 950 °C (cca 5 – 10 s) po vyjmutí vzorků z pece a při chladnutí na teploty 450 °C a potom na nižší teploty než 450 °C. Při teplotě 950 °C jsou rozdílné hodnoty vyhodnocených emisivit, ale potom změny vyhodnocených emisivit při nižších teplotách mají stejný trend a přibližně stejné hodnoty. Při teplotách nižších než 450 °C jsou vyhodnocené hodnoty emisivit již rozdílné, pravděpodobně to bude způsobeno tzv. spektrálními emisivitami. V BP je správně uvedeno, že hlavní vliv na vyhodnocené hodnoty emisivit, mají vliv především změny povrchových vlastností okujů.	



**Odborná úroveň**

**C - dobře**

*Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.*

Nejprve se nabízí otázka, jak a zda se měří průmyslově teplota obdobných polotovarů, určených pro další zpracování. V případě, že se měří teplota bezkontaktním způsobem, potom mimo termografických systémů přichází v úvahu bezkontaktní teploměry (BT). Mimo daného typu (úhrrný, monochromatický, pásmový, poměrový,...) při praktickém použití je nutné respektovat také zorné pole BT. Jedním z rozdílů mezi zobrazovacími termografickými systémy (ZTS) a (BT) je to, že (BT) vyhodnocuje teplotu v celém jeho zorném poli, bez možnosti zda a jaké je případné rozdělení jednotlivých povrchových teplot, na které je optika BT zaměřena. V případě, že v zorném poli BT je povrch s různými hodnotami emisivity, je potom velmi obtížné zvláště úhrrného typu BT určit/zadat správnou hodnotu emisivity. (Dalším problémem může být nevhodné zorné pole BT).

Je určitým nedostatkem této BP, že zde není také uvedeno, zda a jak se měří průmyslově teplota obdobných polotovarů, i když to nebylo uvedeno v jejím zadání.

Výběr odborné literatury byl dostatečný, autor BP byl také dostatečně obeznámen s funkcí jednotlivých typů termografických systémů, jejich provozem a použitím i s funkcemi vyhodnocovacích software.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**D - uspokojivě**

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

BP je členěna formálně správně. V práci jsou jednotlivé malé nepřesnosti např. na straně 14 se něž termín termočlánekový snímač více používá termín termočláneková baterie, na str. 3.4.1 Principy IR detektorů má být místo ...připojeném k jedné větvi ..., uvedeno ... vloženém do jedné větve ..., na téže stránce míso Bolometrické má být Bolometrické, na str. 18 by mělo být doplněno za  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  (teplota kapalného dusíku), na str. 31 ve větě Bod, ze kterého byla.... By byla lepší formulace Bod, ve kterém byla ... . Jsou to ale malé formální nedostatky, které nemají vliv na formální a jazykovou úroveň práce, jejíž rozsah je dostačný.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**B - velmi dobře**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, 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.*

Výběr zdrojů byl dostatečný; lze vyzdvihnout samostatné vyhledání dizertační práce Jozefa Hrabovského, „Kvantifikace mechanismů hydraulického odstranění okují“, zpracované na VUT Brno, ze které byl použita informace o okujích obecně. V případě, že byla v BP uvedena citace z použité literatury, byl v textu BP uveden odkaz na daný materiál.

**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.*

Jak již bylo dříve uvedeno, hlavní část zadání BP - Měření závislosti emisivity na polotovarech za vysokých teplot, se nepodařilo beze zbytku splnit. Zde je ale nutné ještě jednou zkonstatovat, že bez dostatečných znalostí nejen povrchových vlastností okují, jejich kontaktu s povrchem měřených vzorků, případně dalších vlivů, které by mohly ovlivnit, případně ovlivňovaly velmi obtížně vyhodnotitelným způsobem, vyhodnotit/stanovit hodnoty emisivity při různých teplotách polotovarů.

Praktický výstup z provedených experimentů není možné jednoznačně zhodnotit. Základním problémem při bezkontaktních měření teplot při použití termografických systémů, obecně při použití bezkontaktních systémů měření teplot, je nutná dostatečná znalost tzv. parametrů objektu, kde jedním ze základních parametrů je emisivita; vliv odražené zdánlivé teploty při vyšších teplotách měřených objektů/vzorků je možné zanedbat.

V BP je tento problém blíže přiblížen i s jeho hodnocením a uvedením, jak je nutné výsledky posuzovat a případně používat. Co se termografické techniky týče, zdá se, že pro případné použití termografického systému pro měření teplot na povrchu objektu/polotovaru při jeho vyšších teplotách, by byl vhodnější systém s nechlazeným bolometrickým detektorem, jak je ostatně uvedeno v části 5 BP Ekonomické zhodnocení.



### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

V jednotlivých částech hodnocení BP jsou uvedeny mj. připomínky a komentáře k jednotlivým částem BP. Hodnocený se uspokojivě dostatečně vypořádal se zadáním BT; nicméně bližší poznání problematiky měření teplot při vyšších teplotách objektů/polotovarů v průmyslové praxi by jistě mohlo pomoci pro získání širšího rozhledu v této oblasti.

Při obhajobě BP bych doporučil se soustředit na obecné měřicí schéma bezkontaktního měření teplot s uvedením všech vlivů, které mají vliv na výsledný vyhodnocený údaj. Hodnocený/autor BP by měl umět vysvětlit, který z tzv. parametrů objektů má největší vliv na vyhodnocený údaj teploty/teplot.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 14.1.2019

Podpis:

