



Oponentní posudek dizertační práce

Uchazeč: Ing. Milan Hurban

Název dizertační práce: výzkum a optimalizace proudění tepla v konvekční peci pro pájení přetavením

Oponent: doc. Ing. Pavel Mach, CSc.

Pracoviště opONENTA: ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektrotechnologie, Technická 2,
166 27 Praha 6

Oponent se v posudku vyjádří dle Studijního a zkušebního řádu VUT zejména:

- a) k aktuálnosti tématu dizertační práce,*
 - b) zda dizertační práce splnila stanovený cíl,*
 - c) k postupu řešení problému a k výsledkům dizertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda,*
 - d) k významu pro praxi nebo rozvoj oboru,*
 - e) k formální úpravě dizertační práce a její jazykové úrovni,*
 - f) zda dizertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona,*
 - g) zda student prokázal nebo neprokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nespĺňuje požadavky standardně kladené na dizertační práce v daném oboru. Bez tohoto závěru je posudek neplatný.*
- Ke každému z níže uvedených bodů je nutno doplnit stručný komentář.*

Ad a) Aktuálnost tématu dizertační práce

Téma dizertační práce je velmi aktuální.

Komentář: Práce je zaměřená na optimalizaci konstrukce konvekčních průtahových pecí pro pájení přetavením. Důležitým parametrem, který ovlivňuje kvalitu pájení při pájení přetavením je homogenita tepelného pole. Analýza příčin nehomogenity a návrh takového uspořádání konstrukčních průtokových pecí, kde nehomogenita tepelného pole bude minimální, může významně přispět ke zvýšení kvality pájených spojů a tím ke zvýšení spolehlivosti a životnosti pájené desky plošných spojů. V práci je řešena problematika, která je v současnosti zajímavá pro většinu firem zabývajících se elektronickou montáží. Proto je téma práce možné považovat za vysoce aktuální.

Ad b) Splnění stanoveného cíle dizertační práce

Cíl dizertační práce byl splněn.

Komentář: Cíle práce mají logickou návaznost, jsou stanoveny dobře a mají dizertabilní jádro. Na cílech práce oceňuji, že nejsou zaměřeny pouze teoretické oblasti, ale že doktoranda vedou také k tomu, aby doktorská práce měla praktický výstup.

Ad c) Postup řešení problému a výsledky disertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda

Postup řešení problému a výsledky disertační práce jsou vynikající.

Komentář:

Úvodní část práce popisuje současný stav v dané oblasti. Dále jsou definovány cíle práce. V následující části se doktorand zabývá teoretickým popisem konvekce a prouděním v konvekční peci. Je sledován zejména vliv rychlosti proudění, vliv rozdílové teploty a příspěvek spodního topení k dosažení požadované teploty při pájení. V další kapitole jsou prezentovány metody měření a metody výpočtu koeficientu přestupu tepla. Tato část práce je rešeršní a tvoří teoretické pozadí pro následující část, která se zabývá návrhem a realizací měřicího pracoviště.

Pro měření teploty proudícího média bylo použito senzoru FS7.4W. S tímto senzorem byla realizována měřicí deska, která dále ještě obsahovala termočlánek, elektroniku potřebnou pro převedení měřeného signálu z analogové do digitální formy a napájení. Celá měřicí výbava byla umístěna do tepelně izolované krabice. Touto soupravou byly měřeny průběhy teploty a rychlosti proudění u dvou pecí podobné konstrukce a jedné pece odlišné konstrukce. Při proudění ohřívacího plynu v peci je třeba hlídat i to, aby součástky nebyly proudem tohoto plynu „odfukovány“ ze svých pozic. Všechny tři sledované pece byly porovnány z hlediska proudění plynu, nastavení teplotního profilu a řešení trysek.

V další části práce bylo proudění simulováno. Pro simulaci proudění byla použita technika CFD. K simulaci bylo použito softwarového nástroje OpenFoam, výpočetní síť byla realizována programem Salome. Vypočtená síť byla nestrukturovaná, což znamená, že jednotlivé prvky byly různých velikostí. Takováto síť umožňuje získání přesnějších výsledků za cenu vyšší výpočetní náročnosti. Byla simulována 10 zónová pec s teplotami zón 20° C, protože pro výpočet takovéto pece s reálnými teplotami jednotlivých zón by bylo potřeba příliš výpočetního času. Protože proudění v peci ovlivňuje součástky také mechanicky, bylo simulováno také silové působení proudění na součástku.

Nová metoda měření tepelných polí v průtahových pecích, popsaná v této práci, umožní optimalizaci návrhu rozložení topných zón a tvaru trysek. Bylo prokázáno, že takovéto měření je možné a poskytuje i dostatečně přesné výsledky.

Ad d) Význam pro praxi nebo rozvoj oboru

Význam pro praxi nebo rozvoj oboru je vynikající.

Komentář: Práce je zaměřena na měření proudění ohřívacího média a rozložení teploty v konvekčních průtahových pecích pro pájení přetavením. Sledování uvedených parametrů umožňuje optimalizaci konstrukce pece s ohledem na rovnoměrnost ohřevu pájené desky, což je jedna ze základních podmínek pro dobrou kvalitu vytvářených pájených spojů. Vyvinutá měřicí metoda takového sledování umožňuje.

Ad e) Formální úprava dizertační práce a její jazyková úroveň

Formální úprava dizertační práce a její jazyková úroveň je nadprůměrné.

Komentář: Práce je psána čtivě, dobrým jazykem, je přehledná a logicky dobře stavěná. Má velmi dobrou grafickou úpravu, minimum chyb vzniklých přepisem a přiměřenou citaci relevantní literatury.

Ad f) Dizertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona

Dizertační práce podmínky uvedené v § 47 odst. 4*) zákona č. 111/1998 sb. o vysokých školách splňuje.

*(*4) Studium se řádně ukončuje státní doktorskou zkouškou a obhajobou dizertační práce, kterými se prokazuje schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu nebo vývoje nebo k samostatné teoretické a tvůrčí umělecké činnosti. Dizertační práce musí obsahovat původní a uveřejněné výsledky nebo výsledky přijaté k uveřejnění.*

Ad g) Prokázání tvůrčí schopnosti studenta v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na dizertační práce v daném oboru.

Doktorand prokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a práce splňuje požadavky standardně kladené na dizertační práce v daném oboru.

Komentář:

Je třeba zdůraznit, že doktorand musel zvládnout problematiku na takové úrovni, aby mohl, v průběhu zpracování práce, řešit a vyřešit řadu problémů jak v oblasti simulace, tak v oblasti experimentální a

diagnostické. Značný objem vykonané práce je důkazem schopností i aktivity doktoranda, i kvality jeho školitele. Doktorand také, v dostatečném objemu, publikoval výsledky své práce. Prokázal, že je schopen na vysoké úrovni řešit jak teoretické, tak odborné, technické problémy a o jejich řešení informovat odbornou veřejnost jak na mezinárodních konferencích, tak v časopisech.

Celkové hodnocení:

Otázky oponenta:

- 1) Kalibrace a linearizace měřicího systému byla prováděna porovnáním s kalibrovaným systémem používajícím měřicí vrtulku při teplotě 100 °C. Je možné, že by se měřicí systém choval při teplotě o 150 °C vyšší jinak?
- 2) Je možné realizovat optimální procesního nastavení pouhým měřením teploty? Jakou roli zde hraje tepelná kapacita desky plošného spoje se součástkami?
- 3) Při praktickém měření proudění a teploty v peci jste zjistil, že určitá nerovnoměrnost rychlosti proudění se nijak výrazně neprojevuje na měřeném teplotním profilu (str. 59). Vysvětlete.
- 4) Porovnejte výhody a nevýhody Vašeho měřicího systému a měřicího systému založeného a mikrotlakových čidlech použitého k měření rychlosti proudění na Budapeštské univerzitě.

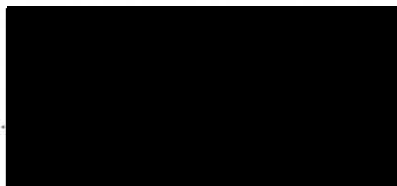
Dizertační práci k obhajobě

doporučuji

nedoporučuji.

Dne: 17.04.2025

Podpis: ...



.....