



Oponentní posudek dizertační práce

Uchazeč: Ing. Josef SKÁCEL

Název dizertační práce: NOVÉ METODY PRO ŘÍZENÉ FORMOVÁNÍ STRUKTURY U PÁJECÍCH SLITIN

Oponent: prof. Ing. Alena PIETRIKOVÁ, CSc.

Pracoviště oponenta: Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach

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 nesplňuje 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 aktuální.

Komentář:

Dizertačná práce spadá do oblasti elektrotechnologií a materiálů so zameraním na riadené formovanie mikroštruktúry spájkovaných spojov.

V tomto smere predstavuje dizertačná práca Ing. Josefa SKÁCELA, ktorá je zameraná na zlepšenie vlastností spájkovaných spojov, významný príspevok, nakoľko navrhovaný spôsob riadeného formovania mikroštruktúry vplyvom elektrického prúdu, ktorý ňou preteká pri jej tvorbe ako aj formovanie spájkovaných spojov vplyvom elektrického prúdu a mechanických vibrácií na vytváranie spájkovaného spoja na rezistorovej prepojke, sú svojim spôsobom originálne. Takýto prístup, že formovanie mikroštruktúry v spájkovanom spoji vplyvom elektrického prúdu je možné riadiť a ovplyvňovať, nájde využitelnosť v praxi. V takejto podobe nebol takýto výskum zatiaľ široko publikovaný.

Výskum a vývoj v tejto oblasti prispieva nielen k zlepšeniu kvality a funkčnosti elektronických zariadení, ale aj k rozvoju nových vedeckých poznatkov v oblasti materiálových vied a procesov spracovania.

Vzhľadom na požiadavky trhu, kedy sa kladie dôraz na zvyšovanie kvality a spoľahlivosti elektronických zariadení, je teda vývoj riadeného formovania mikroštruktúrny spájkovaných spojov v elektronike vysoko aktuálnou témou, ktorá má potenciál výrazne ovplyvniť budúci vývoj v oblasti montážnych technológií a tiež cenovo dostupných riešení pri výrobe elektronických zariadení.

Dizertačná práca obsahuje pôvodné výsledky experimentov

Ad b) Splnění stanoveného cíle dizertační práce

Cíl dizertační práce byl splněn.

Komentář:

Dosiahnuté výsledky dizertačnej práce predstavujú významný príspevok do oblasti elektrotechnológií a materiálových vied.

Práca potvrdzuje a definuje možnosti ovplyvnenia spájkovacej zliatiny prechádzajúcim prúdom aj mechanickými vibráciami.

Na základe rozsiahlej experimentálnej časti je možno vyzdvihnúť niekoľko kľúčových poznatkov:

- Práca potvrdzuje a definuje možnosti ovplyvnenia spájkovacej zliatiny prechádzajúcim prúdom aj mechanickými vibráciami.
- Bol zistený vplyv elektrického prúdu na rýchlosť rastu intermetalickej vrstvy Cu_6Sn_5 a tiež na rýchlejší transport intermetalickej zlúčeniny od zápornej elektródy ku kladnej.
- Pri predĺžení času experimentu na 90 minút bolo zistené, že dochádza k značnému nárastu intermetalickej vrstvy Cu_3Sn aj s ohľadom na polaritu elektród.
- Pri štandardnom teplotnom profile sa však zistilo ovplyvnenie intermetalickej vrstvy na prechode spájkovacej zliatiny a spájkovacej plošky na doske plošných spojov, kedy došlo k zväčšeniu strednej hodnoty šírky intermetalickej vrstvy
- Ovplyvnenie štruktúry spájkovaného spoja priloženým elektrickým prúdom potvrdilo, že u takýchto štruktúr dochádza k rastu sily v strihu pri pôsobení prúdu po dobu 60 minút na spájkovaný spoj.
- Pri výkone mechanických vibrácií o veľkosti 10 W a frekvencii 661 Hz dochádza k zvýšeniu sily pri skúškach v strihu.

Práca celkovo demonštruje, že formovanie mikroštruktúry vplyvom elektrického prúdu je možné riadiť. Zároveň poukazuje na to, že formovanie spájkovaných spojov vplyvom elektrického prúdu a mechanických vibrácií predstavuje ďalší účinný spôsob ovplyvňovania mikroštruktúry spájkovaných spojov.

Optimalizované podmienky riadeného formovania mikroštruktúry prináša nové poznatky v oblasti materiálov pre spoje mikroelektronike, pričom sa preukazuje potenciál pre vylepšenie elektrických a mechanických vlastností.

Ekonomické výhody navrhovaného prístupu (napr. zníženie energetickej náročnosti) otvárajú cestu pre ďalší vývoj udržateľných technológií v oblasti elektroniky .

Celkovo práca nielenže systematicky zdokumentovala experimentálne výsledky a metodológiu, ale priniesla aj nové vedecké poznatky, ktoré majú potenciál zlepšiť výrobu spájkovaných spojov a prispieť k ďalšiemu rozvoju materiálových vied.

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

Postup řešení problému a výsledky disertační práce jsou nadprůměrné.

Komentář:

Dizertačná práca obsahuje 97 strán textu, 91 odkazov na literatúru, 5 tabuliek a 130 obrázkov. Predstavuje komplexný a interdisciplinárny prístup k riešeniu zvolenej problematiky. Celkový objem textu spolu s bohatým množstvom literatúry poukazujú na dôkladnú rešerš a syntézu existujúcich vedeckých poznatkov, čo je v súlade s odporúčanými postupmi pri príprave dizertačnej práce.

Doktorand postupoval metodicky a svoju prácu rozdelil do dvoch oblastí, pričom boli sledované podstatné vlastnosti mikroštruktúry spájkovaného spoja z pohľadu:

- ovplyvňovania vzniku IMC za pôsobenia prúdu, ovplyvňovania rastu zrn pri pôsobení prúdu a celkového vývinu mikroštruktúry spájkovaného spoja pri pôsobení elektrického prúdu,
- vplyvu elektrického prúdu a mechanických vibrácií na tvorbu spoja.

Diagnostické metódy boli zvolené vhodne.

Ad d) Význam pro praxi nebo rozvoj oboru

Význam pro praxi nebo rozvoj oboru je nadprůměrný.

Komentář:

Výsledky tejto práce možno využiť pre ďalší výskum a tiež pre zlepšenie kvality a spoľahlivosti spájkovaných spojov v oblasti montážnych technológií.

Ad e) Formální úprava dizertační práce a její jazyková úroveň

Formální úprava dizertační práce a její jazyková úroveň je vynikající.

Komentář:

Aj keď sa v texte sa vyskytujú drobné chyby, tie neovplyvňujú vedeckú hodnotu práce.

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:

Celkovo práca nielenže systematicky zdokumentovala experimentálne výsledky a metodológiu, ale priniesla aj nové vedecké poznatky do oblasti vzniku IMC a rozvoju mikroštruktúry u spájkovaných spojov, teda do oblasti elektrotechnológií a materiálov.

Celkové hodnotení:

Otázky oponenta:

1. Aký vplyv na kvalitu spoja má rýchlosť posunu hrotu behom testu strihom. Poukážte na súvislosť s tvorbou IMC.

2. Vysvetlite princíp tvorby Beilbyho vrstvy. Aký vplyv má táto vrstva na štruktúru kovu? Ako je možné potlačiť (nie odstrániť) tvorbu tejto vrstvy.
3. Poukážte na aspoň jeden priebeh teploty v závislosti od času pri experimente pri tvorbe ingotu vrátane profilu chladnutia. Ako dlho ste zaťažovali vzorky napr. prúdom (10, 20 a 30 A)? K akému lokálnemu navýšeniu teplôt došlo. Ako si vysvetľujete difúziu mosadznej (medenej) elektródy do spájky (elektromigrácia, termomigrácia), k čomu pri tom dochádza. Uveďte pri obhajobe detailnejšie obrázky, kde poukážete na rozdiely v štruktúre ingotu vytvoreného s prúdom a bez prúdu. Aký bol rozdiel medzi stredom a okrajom ingotu.
4. Vysvetlite rozdiel v hrúbke IMC pre vzorky s prúdom 25 A a 30 A (Obr. 51). Vysvetlite, čo je MSL, a ako ste ho určovali?

Dizertační práci k obhajobě

doporučuji

nedoporučuji.

Dne: 18.03.2025

Podpis:

