

# OPONENTNÍ POSUDEK

## diplomové práce

### „Studium spojů keramika - kov pro vakuovou techniku Katedra obecné a anorganické chemie”

Bc. Miroslav Malý

Diplomová práce se zabývá specifickou problematikou vakuovětěsného spoje keramika-kov pro elektronické účely. Je rozdělena do šesti ucelených částí. Úvod přibližuje možné aplikace, typ materiálu a vlastnosti, které byly prakticky provedeny ve firmě LappInsulators Alumina s.r.o. V teoretické části je popsáno spojování různých typů keramiky s výraznějším zaměřením na korundovou keramiku, která byla pro praktické účely využita. Důraz je kladen též na pokovovací pastu, niklové povlaky včetně galvanických a chemických lázní, typy pájek a kovů. Experimentální část je zaměřena na použité materiály, korundovou hmotu NM 9620F, použitou molybdenovou pastu od firmy Ferro (USA). Dále popisuje přípravu vzorků pomocí lisování, přezahový a sintrovací výpal na teplotu 1540 °C s výdrží 1 hodiny. Zmiňuje použití červeného penetrantu MR 313 k detekci vad keramiky, nejčastěji trhlin a děr. Očistný výpal připravených vzorků proběhl v tunelové peci při teplotě 1280 °C. Poté seznamuje s provedením pokovení vzorků pomocí sítotiskového automatického zařízení ATMA AT - 45 PAB včetně hlavní technologické operace výpalu pokovení ve zvonové peci při teplotách 1100 °C, 1200 °C, 1300 °C a 1400 °C v řízené atmosféře 50 % H<sub>2</sub> a 50 % N<sub>2</sub> se záznamem výpalových křivek při těchto teplotách. Tloušťka vypálené molybdenové vrstvy byla měřena pomocí rentgenové fluorescence na přístroji XRay Compact Eco (BRD). Byly připraveny také vzorky s dvojnásobnou vrstvou pokovení. Na vypálené pokovení byla nanášena vrstva niklu pomocí metody chemického niklování. Ke spájení vzorků byly použity poniklované keramické díly, kovové díly z materiálu Kovar a folie eutektické pájky. Následně došlo ke spájení v elektrické tunelové peci Aichelin v redukční atmosféře s 5% H<sub>2</sub> a 95 % N<sub>2</sub>. Pokovené, vypálené a poniklované keramické díly byly zality pomocí epoxidové pryskyřice a došlo tak k přípravě metalografických výbrusů, které byly broušeny a leštěny. Měření těsnosti spoje bylo provedeno na héliovém hledači netěsností, pevnost spojů v tahu byla testována na destrukčním zařízení. Rentgenová difrakční analýza byla vyhodnocena pomocí rentgenového difraktometru D8 Advance. Ve výsledkové části je pozornost zaměřena mimo jiné i na rentgenovou difrakční analýzu molybdenových past, mikrostrukturu vzorků spojů keramika-kov, studium korundové mezivrstvy. Závěr pojednává o možnosti využití připravených vzorků i pro praktické účely. Použitá literatura je nedílnou součástí této diplomové práce.

Práce je napsána v češtině. Její rozsah je 79 stran. Vyznačuje se přehledností, je dobře vizuálně, obsahově i graficky zpracovaná. Práce přináší podrobnější hloubkovou analýzu problému, který je v běžné praxi opomíjen.

K technické stránce práce mám následující připomínky:

Tab. 21 bych graficky a typem písma provedla obdobně jako Tab. 22 a Tab. 23.

K popisu obrázků a grafů bych použila tučné písmo, které je rovněž použito k popisu tabulek.

Dále mám několik dotazů:

Str. 6-10: Bylo by spojování nitridové či karbidové keramiky s kovem jednodušší nebo složitější a proč?

Str. 27: Proč byla jako keramická hmota vybrána právě hmota NM 9620 F a ne jiný typ?

Str. 30: V rozmezí jakých pokojových teplot lze nanést pomocí sítotisku Ferro pastu?

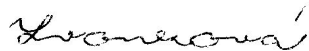
Str. 37-39: Jaké parametry ovlivňují neoptimálnější tloušťku niklové vrstvy?

Str. 40: Lze k uskutečnění spoje keramika-kov použít kromě kovaru a mědi ještě nějaký další typ kovu?

Diplomová práce byla napsána dost výstižně a je originální prací v oboru vakuové elektotechniky. Neshledávám sebemenší nedostatky. Přiděluji ji po stránce teoretické i praktické hodnocení

**výborně.**

V Pardubicích, 23.5.2016



vypracoval: Ing. Marcela Zvonková  
R@D Engineer a vedoucí kvality  
Lapp Insulators Alumina s.r.o.  
Hradec Králové