



## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-17-0025**

**Výskum priameho spájania keramických a kovových materiálov pomocou aktívnych spájkovacích zliatin**

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Roman Koleňák, PhD.**

Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave -  
Materiálovotechnologická fakulta, Trnava**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Slovenská technická univerzita v Bratislave - Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v  
Trnave  
PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a.s. Bratislava

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

VSB - Technical University of Ostrava, FMT - Faculty of Materials Science and Technology,  
Department of Non-ferrous Metals, Refining and Recycling, Czech Republic

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

#### Patenty

AGJ01 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor. Active soft solder for ultrasonic soldering at higher application temperatures : patent number: WO2020115653 (A1) - 2020-06-11, application number: WO2019IB60395 20191203, priority numbers: SK20180000139 20181206, SK20180000222U 20181206. Mnichov, Germany: European Patent Office, 2020. 4 s. .

AGJ02 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor. Mäkká aktívna spájka na ultrazvukové spájkovanie nekovových a kovových alebo dvoch nekovových materiálov pri vyšších aplikačných teplotách : prihláška patentu č. 139-2018, dátum podania prihlášky: 06.12.2018, dátum zverejnenia prihlášky: 01.07.2020, Vestník ÚPV SR č. 07/2020, stav: platný, udelený patent č. 288840, dátum oznámenia o udelení patentu: 14.4.2021, Vestník ÚPVSR č. 07/2021. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2020. 5 s.

AGJ03 KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman - URMINSKÝ, Ján. Spájkovacia zliatina v aplikáciách kozmického priemyslu: prihláška patentu č.147-2018, dátum podania prihlášky: 14.12.2018, stav: udelený, platný patent č. 288785, dátum udelenia patentu: 09.09.2020, dátum nadobudnutia účinkov patentu: 02.10.2020, Vestník ÚPV SR č. 10/2020. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2020. 7 s.

AGJ04 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - URMINSKÝ, Ján. Spôsob spájkovania elektrónovým lúčom pre kombinácie materiálov keramika/kov a prípravok : prihláška patentu č. 29-2020, dátum podania prihlášky: 01.04.2020, stav: zverejnená patentová prihláška, dátum zverejnenia prihlášky: 01.07.2020, Vestník ÚPV SR č. 07/2020. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2020. 6 s.

AGJ05 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor. Mäkká aktívna spájka na báze Zn s prídavkom Mg a Sr pre vyššie aplikačné teploty a jej použitie : prihláška patentu č. 40-2020,

dátum podania prihlášky: 15.04.2020, stav: zverejnená patentová prihláška, dátum zverejnenia prihlášky: 03.08.2020, Vestník ÚPV SR č. 08/2020. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2020. 6 s.

AGJ06 KOLEŇÁK, Roman - ŠUGÁR, Peter - KOSTOLNÝ, Igor. Spôsob spájkovania keramického alebo ťažko zmáčateľného kovového materiálu s vyššou šmykovou pevnosťou a spájkované spoje keramika/keramika, keramika/kov a kov/kov so spájkou bez obsahu titánu : prihláška patentu č. 23-2020, dátum podania prihlášky: 25.3.2020, stav: zverejnená patentová prihláška, dátum zverejnenia prihlášky: 03.08.2020, Vestník ÚPV SR č. 08/2020. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2020. 6 s.

Úžitkové vzory:

AGJ07 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor. Mäkká aktívna spájka na ultrazvukové spájkovanie nekovových a kovových alebo dvoch nekovových materiálov : prihláška úžitkového vzoru č. 222-2018, dátum podania prihlášky: 06.12.2018, dátum zverejnenia: 06.05.2019, Vestník ÚPV SR č. 05/2019 , stav: platný, zapísaný úžitkový vzor č. 8575, dátum oznámenia o zápise úžitkového vzoru a nadobudnutia účinkov úžitkového vzoru : 02.10.2019, Vestník ÚPV SR č. 10/2019. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2019.

AGJ08 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - URMINSKÝ, Ján. Spôsob spájkovania kombinácie materiálov keramika/kov elektrónovým lúčom a prípravok na spájkovanie : prihláška úžitkového vzoru č. 45-2020, dátum podania prihlášky: 01.04.2020, dátum zverejnenia prihlášky: 02.10.2020, Vestník ÚPV SR č. 10/2020, stav: platný, zapísaný ÚV č. 9044, dátum oznámenia o zápise úžitkového vzoru: 10.2.2021, Vestník ÚPV SR č. 03/2021. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2020. 7 s.

AGJ09 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor. Mäkká aktívna bezolovnatá spájka na báze Zn pre vyššie aplikačné teploty a jej použitie : prihláška úžitkového vzoru č. 57-2020, dátum podania prihlášky: 15.4.2020, dátum zverejnenia prihlášky: 3.11.2020, Vestník ÚPV SR č. 11/2020, stav: platný, zapísaný úžitkový vzor č. 9070, dátum oznámenia o zápise úžitkového vzoru: 10.03.2021, Vestník ÚPV SR č. 05/2021. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2020. 6 s.

AGJ10 KOLEŇÁK, Roman - ŠUGÁR, Peter - KOSTOLNÝ, Igor. Spôsob spájkovania keramického alebo ťažko zmáčateľného kovového materiálu a spájkovaný spoj so spájkou bez obsahu titánu : prihláška úžitkového vzoru č. 40-2020, dátum podania prihlášky: 25.3.2020, dátum zverejnenia prihlášky: 27.01.2020, Vestník ÚPV SR č. 02/2020, stav: zapísaný platný úžitkový vzor č. 9172, dátum oznámenia o zápise úžitkového vzoru: 26.05.2021, Vestník ÚPV SR č. 10/2021. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2021. 7 s.

AGJ11 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor. Aktívna spájkovacia zliatina na báze Zn s prídavkom Ti / : prihláška úžitkového vzoru č. 50057-2021, dátum podania prihlášky: 30.06.2021, dátum zverejnenia prihlášky: 29.09.2021, Vestník ÚPV SR č. 18/2021, stav: platný, zapísaný úžitkový vzor č. 9430, dátum oznámenia o zápise ÚV: 26.1.2022, Vestník ÚPV SR č. 2/2022. Úrad priemyselného vlastníctva SR ; Banská Bystrica, 2021. 6 s.

AGJ12 KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman. Spájkovacia zliatina : prihláška úžitkového vzoru č. 236-2018, dátum podania prihlášky: 20.12.2018, dátum zverejnenia: 06.05.2019, Vestník ÚPV SR č. 05/2019 , stav: zapísaný, platný úžitkový vzor č. 8577, dátum nadobudnutia účinkov úžitkového vzoru: 02.10.2019, dátum oznámenia o zápise úžitkového vzoru: 02.10.2019, Vestník ÚPV SR č. 10/2019. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2019. 5 s.

AGJ13 KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman - URMINSKÝ, Ján. Spájkovacia zliatina v aplikáciách kozmického priemyslu : prihláška úžitkového vzoru č. 231-2018, dátum podania prihlášky: 14.12.2018, dátum zverejnenia prihlášky: 03.09.2019, Vestník ÚPV SR č. 09/2019, stav: platný, zapísaný úžitkový vzor č. 8674, dátum oznámenia o zápise úžitkového vzoru: 4.2.2020. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2019. 5 s.

### **Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače**

AAA Vedecké monografie vydané v zahraničných vydavateľstvách

AAA01 KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman. Solderability of aluminium metal-ceramic composite with metal or ceramic by a direct flux-free process. 1. vyd. Plzeň : Vydavatelství a

nakladatelství Aleš Čeněk, 2021. 100 s. ISBN 978-80-7380-837-2.

ADC Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch

ADC01 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - DRÁPALA, Jaromír - DRIENOVSKÝ, Marián - SAHUL, Martin. Research on joining metal-ceramics composite Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with Cu substrate using solder type Zn-In-Mg. In *Journal of Composite Materials*. Vol. 53, iss. 10 (2019), s. 1411-1422. ISSN 0021-9983 (2019: 1.972 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.553 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85062729562 ; DOI:

10.1177/0021998319835304 ; WOS: 000462777800012 ; CC: 000462777800012.

ADC02 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - DRÁPALA, Jaromír - KUSÝ, Martin - PAŠÁK, Matej. Research on soldering AlN ceramics with Cu substrate using Sn-Ag-Ti solder. In *Soldering and Surface Mount Technology*. Vol. 31, iss. 2 (2019), s. 93-101. ISSN 0954-0911 (2019: 2.164 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.585 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1108/SSMT-10-2018-0039 ; SCOPUS: 2-s2.0-85063809066 ; WOS:

000464744600003 ; CC: 000464744600003.

ADC03 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - DRÁPALA, Jaromír - ZACKOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - KURUC, Marcel. Direct ultrasonic soldering of AlN ceramics with copper substrate using Zn-Al-Mg solder. In *Metals*. Vol. 10, iss. 2 (2020), s. 1-18. ISSN 2075-4701 (2020: 2.351 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.570 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/met10020160 ; SCOPUS: 2-s2.0-85078537886 ; WOS: 000522450800005 ; CC: 000522450800005.

ADC04 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - DRÁPALA, Jaromír - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - PAŠÁK, Matej. Study of Zn<sub>6</sub>Al<sub>6</sub>Ag Alloy Application in Ultrasonic Soldering of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-(Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Joints. In *Metals*. Vol. 10, iss. 3 (2020), s. 1-17. ISSN 2075-4701 (2020: 2.351 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.570 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/met10030343 ; SCOPUS: 2-s2.0-85081256887 ; WOS: 000530137000047 ; CC: 000530137000047.

ADC05 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - DRÁPALA, Jaromír - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - SAHUL, Martin. Characterizing the Soldering Alloy Type Zn-Al-Cu and Study of Ultrasonic Soldering of Al<sub>7</sub>O<sub>7</sub>S<sub>5</sub>/Cu Combination. In *Metals*. Vol. 11, iss. 1 (2021), s. 1-17. ISSN 2075-4701 (2020: 2.351 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.570 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/met11010027 ; SCOPUS: 2-s2.0-85098773090 ; WOS: 000610504500001 ; CC: 000610504500001.

ADC06 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - DRÁPALA, Jaromír - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - GOGOLA, Peter. Characterization of Soldering Alloy Type Bi-Ag-Ti and the Study of Ultrasonic Soldering of Silicon and Copper. In *Metals*. Vol. 11, iss. 4 (2021), s. 1-21. ISSN 2075-4701 (2020: 2.351 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.570 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/met11040624 ; SCOPUS: 2-s2.0-85104028326 ; WOS: 000643281000001 ; CC: 000643281000001.

ADC07 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - DRÁPALA, Jaromír - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - PAŠÁK, Matej. Characterization of Sn-Sb-Ti Solder Alloy and the Study of Its Use for the Ultrasonic Soldering Process of SiC Ceramics with a Cu-SiC Metal-Ceramic Composite. In *Materials [elektronický zdroj]*. Vol. 14, iss. 21 (2021), s. 1-22. ISSN 1996-1944 (2020: 3.623 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.682 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/ma14216369 ; SCOPUS: 2-s2.0-85118264158 ; WOS: 000719083000001 ; CC: 000719083000001.

ADC08 KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - KUSÝ, Martin. Investigation of ultrasound-assisted soldering of SiC ceramics by using Zn-Al-In solder for high temperature applications. In *Soldering and Surface Mount Technology*. Vol. 34, iss. 5 (2022), s. 1-7. ISSN 0954-0911 (2020: 1.552 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.367 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1108/SSMT-02-2022-0012 ; SCOPUS: 2-s2.0-85129805337 ; WOS: 000788001000001.

ADE Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch

ADE01 HODÚLOVÁ, Erika - RAMOS, Ana S. - KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - ŠIMEKOVÁ, Beáta - KOVAŘÍKOVÁ, Ingrid [Sukubová, Indrig]. Characterization of ultrasonic soldering of Ti and Ni with Ni/Al reactive multilayer deposition. In *Welding Technology Review*. Vol. 91, iss. 9 (2019), s. 51-57. ISSN 0033-2364.

ADE02 KAPUSTOVÁ, Mária - SOBOTA, Róbert - KOLEŇÁK, Roman - BÍLIK, Jozef - ŠIMNA, Vladimír. The importance of FEM simulation in design of a forming tool for test sample preparation to measure solder wettability. In *Hutnik- Wiadomości Hutnicze*. Vol. 86,

iss. 8 (2019), s. 253-256. ISSN 1230-3534.

ADE03 KOSTOLNÝ, Igor - MELUŠ, Tomáš - KOLEŇÁK, Roman - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - ŠIMEK, Michal. Research on soldering of ceramic materials by hybrid laser/ultrasound technology. In International Journal of Scientific and Technical Research in Engineering. Vol. 6, iss. 6 (2021), s. 1-8. ISSN 2581-9941.

ADE04 KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman - PLUHÁR, Alexej - MELUŠ, Tomáš - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - PAŠÁK, Matej. Investigation of ultrasound assisted soldering of SiC ceramic by Zn-Al-Ga high-temperature solder. In International Journal of Scientific and Technical Research in Engineering. Vol. 7, iss. 3 (2022), s. 1-8. ISSN 2581-9941.

ADE05 ŠURYOVÁ, Daniela - KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman. Properties and application of Zn-based solders. In International Journal of Scientific and Technical Research in Engineering. Vol. 5, iss. 4 (2020), s.1-9. ISSN 2581-9941.

ADF Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

ADF01 ŠURYOVÁ, Daniela - KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman. Výskum ultrazvukového spájkovania kombinácie SiC/Cu použitím spájky na báze Bi-Ag-Ti. In Zvärač - profesionál. Roč. 17, č. 1 (2020), s. 8-11. ISSN 1336-5045.

ADM Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS

ADM01 KAPUSTOVÁ, Mária - KOLEŇÁK, Roman - SOBOTA, Róbert - BÍLIK, Jozef - ŠIMNA, Vladimír - RIDZOŇ, Martin - MIRON-BORZAN, C.S. Plastic flow verification in a tool cavity for production of test sample for wettability solders measurement. In Revista de Chimie. Vol. 71, iss. 1 (2020), s.107-112. ISSN 0034-7752 (2020). V databáze: DOI: 10.37358/RC.20.1.7820 ; SCOPUS: 2-s2.0-85079224053.

ADM02 KOLEŇÁK, Roman - PLUHÁR, Alexej - KOSTOLNÝ, Igor - DRÁPALA, Jaromír. Research of the new soldering alloys based on Sn-Sr and Sn-Ag-Sr. In International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). Vol. 69, iss. 10 (2021), s. 46-51. ISSN 2231-5381 (2020). V databáze: DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V69I10P207 ; SCOPUS: 2-s2.0-85117234748.

ADM03 KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman - HODÚLOVÁ, Erika - ZACKOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - KUSÝ, Martin. Investigation of ultrasound-assisted soldering of SiC ceramics by Zn-Al-In high-temperature solder. In Welding in the World. Vol. 63, iss. 5 (2019), s. 1449-1459. ISSN 0043-2288 (2019: 1.589 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.510 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1007/s40194-019-00758-5 ; SCOPUS: 2-s2.0-85067787828 ; WOS: 000482459300025.

ADM04 KOSTOLNÝ, Igor - MELUŠ, Tomáš - KOLEŇÁK, Roman - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - ŠIMEK, Michal. Study of Ti Effect in Solder Type In-Ag-Ti on Bond Formation with Ceramic Materials by Use of Hybrid Soldering Process - Laser/Ultrasound. In International Review of Mechanical Engineering. Vol. 15, iss. 6 (2021), s. 287-293. ISSN 1970-8734 (2020: 0.203 - SJR, Q4 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.15866/ireme.v15i6.21048 ; SCOPUS: 2-s2.0-85117272074.

ADM05 ŠURYOVÁ, Daniela - KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman. Fluxless ultrasonic soldering of SiC ceramics and Cu by Bi-Ag-Ti based solder. In AIMS Materials Science. Vol. 7, iss. 1 (2020), s. 24-32. ISSN 2372-0484 (2020: 0.367 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3934/matricsci.2020.1.24 ; SCOPUS: 2-s2.0-85078998366 ; WOS: 000521936000003.

AEC Vedecké práce v zahraničných recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách  
AEC01 KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - PRACH, Michal. New Bi based solders with the addition of lanthanides. In Advances in Materials Science Research. 1. vyd. New York : Nova Science Publishers, 2019, S. 137-184. ISSN 2159-1997. ISBN 978-1-53614-849-7.

AEC02 KOLEŇÁK, Roman - PROVAZNÍK, Martin - KOSTOLNÝ, Igor. Soldering by the Active Lead-Free Tin and Bismuth-Based Solders. In Lead Free Solders. 1. vyd : IntechOpen, 2019, S.1-21. ISBN 978-1-78985-460-2. V databáze: DOI: 10.5772/intechopen.81169.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

AFD01 MELUŠ, Tomáš - KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - ŠIMEK, Michal. Spájkovanie Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> keramiky spájkou InAg<sub>10</sub>Ti<sub>4</sub> hybridným spôsobom laser/ultrazvuk. In Technológia zvärania 2020 - Technológia rozvoja

priemyslu Európskej únie : vedecký seminár, 12.11.2020, Bratislava. 1. vyd. Trnava : AlumniPress, 2020, S. 1-7. ISBN 978-80-8096-275-3.

AFD02 MELUŠ, Tomáš - KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - ŠIMEK, Michal. Výskum spájkovania keramických materiálov hybridnou technológiou laser/ultrazvuk. In Technológia zvrárania 2021 : Technológia rozvoja priemyslu Európskej únie, 10.novembra 2021, Bratislava. 1. vyd. Trnava : AlumniPress, 2021, S. 1-11. ISBN 978-80-8096-287-6.

AFD03 PLUHÁR, Alexej - KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - DŘÍMAL, Daniel. Výskum spájkovania keramiky SiC a Ni elektrónovým lúčom. In Technológia zvrárania 2020 - Technológia rozvoja priemyslu Európskej únie : vedecký seminár, 12.11.2020, Bratislava. 1. vyd. Trnava : AlumniPress, 2020, S. 1-7. ISBN 978-80-8096-275-3.

AFD04 PLUHÁR, Alexej - KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína] - DŘÍMAL, Daniel. Výskum spájkovania kombinácie keramika/kov pri ohreve elektrónovým lúčom. In Technológia zvrárania 2021 : Technológia rozvoja priemyslu Európskej únie, 10.novembra 2021, Bratislava. 1. vyd. Trnava : AlumniPress, 2021, S. 1-6. ISBN 978-80-8096-287-6.

AFD05 ŠURYOVÁ, Daniela - KOSTOLNÝ, Igor - KOLEŇÁK, Roman - HODÚLOVÁ, Erika - KOVAŘÍKOVÁ, Ingrid [Sukubová, Indrig] - URMINSKÝ, Ján. Výskum bezolovnatej spájkovacej zliatiny na báze Bi. In Technológia zvrárania 2019 - Technológia rozvoja priemyslu Európskej únie. 1.vyd. Trnava : AlumniPress, 2019, S. 1-7. ISBN 978-80-8096-265-4.

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Najväčším prínosom projektu je experimentálny vývoj nových aktívnych spájkovacích zliatin na báze In-Ag-Ti a Sn-Sb-Ti na ktoré boli získané národné patenty. Spájka Sn-Sb-Ti je priamym konkurentom komerčných spájok spoločnosti S-Bond s globálnym odberateľským potenciálom, Z toho dôvodu bola na túto spájku podaná medzinárodná patentová prihláška. Nová spájkovacia zliatina je vyrábaná vo forme drôtu: 1,0 1,6 a 2,0 mm, vo forme tenkej fólie a v odlievanom stave. Spájkovacia zliatina je univerzálna. Je použiteľná na spájkovanie kovových, keramických aj kompozitných materiálov. Vyznačuje sa vyššou šmykovou pevnosťou ako konkurenčné spájky, je bezolovnatá a neobsahuje drahý kov ako je napr. striebro. Je použiteľná pre viacero progresívnych technológií spájkovania, ako je ultrazvuk, laser, elektrónový lúč a ich kombinácie. Dajú sa s ňou spájať všetky dostupné kovové materiály napr. Ni, Cu, Al vrátane ťažkospájkovateľných ako je napr. volfrám, molybdén, drahé kovy striebro, platina. Je vhodná aj na spájkovanie drahých kameňov: zafír, rubín alebo diamant. S výhodou možno priamo spájať aj polovodičové materiály Si, Ge a pod. Vysokou výhodou tejto spájky je možnosť spájať priamo, a tým vylúčiť potrebu povlakovania keramických povrchov spájkovateľným povlakom. Aktívny kov zabezpečuje zmáčavosť keramických materiálov pri vysokoteplotnej aktivácii vo vákuu alebo použitím ultrazvukových vibrácií na vzduchu. Je použiteľná bez taviva a neobsahuje olovo ani kadmium, čím zodpovedá požiadavkám všetkých iniciatív pre bezolovnaté spájkovanie (RoHS atď.) Spájka je v dôsledku vysokého komerčného potenciálu v procese komercializácie a prejavilo o ňu záujem viacero spoločností: S-Bond, Kuroda Electric a IPI Singapore a MBO (Métaux Blancs Ouvrés) s ktorou momentálne prebieha proces predaja licencie. Uplatnenie si nájde hlavne v oblasti výroby špičkových výkonových elektronických súčiastok pracujúcich pri vyšších prevádzkových teplotách.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

Projekt mal stanovené tri ciele. Možno konštatovať, že tieto ciele boli naplnené, pričom niektoré čiastkové úlohy boli vyriešené nad rámec pôvodných cieľov. Ciele boli nasledovné:

1. Výskum a experimentálna príprava nových aktívnych zliatin mäkkých spájok. Splnenie tohto cieľa potvrdzuje podanie patentových prihlášok a prihlášok úžitkových vzorov na nové spájkovacie zliatiny typu Sn-Sb-Ti, In-Ag-Ti, Sn-In-Au, Sn-Au-Ti ale aj Zn-Mg-Sr a Zn-Ag-Al-Ti, z ktorých najvýznamnejší je vývoj zliatiny Sn-Sb-Ti, na ktorú sa bola podaná medzinárodná patentová prihláška a v súčasnosti prebieha proces jej komercializácie. Výskum priameho beztavivového spájkovania s využitím lasera, elektrónového lúča a

výkonového ultrazvuku.

Boli vyhotovené diagramy spájkovateľnosti širokej škály kovových, keramických a kompozitných materiálov ako napr. Cu, Ni, Ag, Al, Ti, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, SiC, AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Si, Ge, Grafit, Cu-SiC a Ni-SiC.

3. Štúdium interakcií na rozhraní substrát/spájka a zisťovanie mechanických vlastností spájkovaných spojov.

Výsledky výskumu tretieho cieľa projektu boli publikované v ôsmich časopisoch v databáze Current Contents Conect a piatich časopisoch v databázach Web of Science alebo SCOPUS.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

Three aims were appointed for project solution. It can be concluded that these three aims were fulfilled, whereby some partial tasks have been solved beyond the framework of initial aims.

The aims were as follows:

1. Research and experimental preparation of the new active alloys of solders.

Meeting of this aim is approved by filing of patent application and the applications of utility models for the new soldering alloys type Sn-Sb-Ti, In-Ag-Ti, Sn-In-Au, Sn-Au-Ti but also Zn-Mg-Sr and Zn-Ag-Al-Ti, whereof the most essential was the development of Sn-Sb-Ti alloy, to which an international patent application was filed and at present the process of its commercialisation is in progress.

2. Research of a direct flux-free soldering with application of laser, electron beam and power ultrasound.

The solderability diagrams of a wide range of metallic, ceramic and composite materials as for example Cu, Ni, Ag, Al, Ti, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, SiC, AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Si, Ge, Graphite, Cu-SiC and Ni-SiC were plotted.

3. The study of interactions on the substrate/solder boundary and assessment of mechanical properties of soldered joints.

The research results of the third aim of project were published in eight journals in the Current Contents Connect database and in five journals of Web of Science and SCOPUS databases.