

## Formulár ZK - Záverečná karta projektu

<b>Riešiteľ:</b> doc. Ing. Roman Koleňák, PhD.	<b>Evidenčné číslo projektu:</b> APVT 20-010804
<b>Názov projektu:</b> Vývoj bezolovnatej mäkkej aktívnej spájky a výskum materiálovej spájkovateľnosti kovových a keramických materiálov pri využití ultrazvukovej aktivácie	
<b>Na ktorých pracoviskách bol projekt riešený:</b>	ÚVTE – Katedra zvárania, MTF STU Trnava
	ÚMAT – Katedra materiálového inžinierstva, MTF STU Trnava
	ÚACHTM– Oddelenie keramiky, skla a cementu, FCHPT STU Bratislava
	ÚMMS SAV Bratislava
	FÚ SAV Bratislava
	Prvá zvaračská, a. s. Bratislava
<b>Ktoré zahraničné pracoviská spolupracovali pri riešení (názov, štát):</b>	Strojnícka fakulta, Univerzita v Ljubljani, Slovinsko
	Bay-logi inštitút, Miskolc, Maďarsko
<b>Udelené patenty alebo podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory vychádzajúce z výsledkov projektu:</b>	Predpokladá sa patentovanie chemického zloženia vývojovej spájky a technológie spájkovania niektorých kombinovaných materiálov.
<b>Publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu (uveďte i publikácie prijaté do tlače alebo pripravované):</b>  <i>Uvádzajte maximálne päť najvýznamnejších publikácií.</i>	Koleňák, Roman: Spájkovateľnosť kovových a keramických materiálov aktívnymi spájkami. - 1. vyd. - Trnava : AlumniPress, 2007. - 164 s. - (Vedecké monografie; 10/2007). - ISBN 978-80-8096-025-4
	Koleňák, Roman - Turňa, Milan: Spájkovanie mäkkými bezolovnatými spájkami. - 1. vyd. - Bratislava : STU v Bratislave, 2006. - 150 s. (vedecká monografia) - ISBN 80-227-2390-8
	Koleňák, Roman - Žúbor, Peter: Soldering of Ceramic Materials Using Ultrasonic Energy. In: Welding in the World. Vol. 49, IIW/IIS 2005, s. 546-553, ISSN 0043-2288.
	Koleňák, Roman - Ruža, Viliam: Spájkovanie materiálov. - 1. vyd. - Bratislava : STU v Bratislave, 2007. - 151 s. – vydané v elektronickej forme. - ISBN 978-80-227-2705-1.
	Koleňák, Roman: Výskum spájkovateľnosti vysokočistého hliníka spájkami na báze cínu. Solderability research of high purity aluminium by tin based solders. In: Vedecké práce MTF STU v Bratislave so sídlom v Trnave. - ISSN 1336-1589. - č. 22 (2007), s. 73-78.
<b>V čom vidíte uplatnenie výsledkov tohto projektu:</b>	Výsledkom vývojovej časti projektu je nové zloženie univerzálnej mäkkej aktívnej spájky SnInAgTi vhodnej na spájkovanie širokej škály kovových, nekovových a keramických materiálov. Uplatnenie vývojovej spájky vidíme najmä pre spájkovanie v elektronike a elektrotechnike, pri výrobe elektrozariadení, kde je potrebné spájkovať rôzne druhy materiálov a kombinované spoje. Výsledky výskumu materiálovej spájkovateľnosti stanovili druhy materiálov, ktoré možno spájkovať vývojovou spájkou.

**Podpisom záverečnej karty riešiteľ vyjadruje svoj súhlas ku zverejneniu údajov v nej uvedených.**

**Podpis riešiteľa:** .....

**Dátum:** 25. 01. 2008

# Charakteristika výsledkov

Evidenčné číslo: APVT 20-010804

## Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu (max. 20 riadkov) - slovensky:

Výsledkom riešenia projektu je vývoj mäkkej aktívnej spájky a stanovená spájkovateľnosť širokej škály materiálov. Výsledky výskumu potvrdili, že vývojová spájka SnInAgTi je univerzálna spájka umožňujúca spájkovanie kovových, nekovových a keramických materiálov spĺňajúca zákonné podmienky z environmentálneho hľadiska pre aplikáciu v elektrozariadeniach, pretože neobsahuje zakázané látky. Spájka je určená na spájkovanie bez taviva na vzduchu s použitím mechanickej aktivácie (zaškrabávaním, vibráciami, trením, ultrazvukom).

Výsledky výskumu materiálovej spájkovateľnosti preukázali, že vývojová spájka SnInAgTi je vhodná na spájkovanie:

- kovových materiálov - (čisté kovy: titán, vanád, chróm, mangán, kobalt, nikel, meď, zinok, hliník, horčík, zirkón, niób, molybdén, paládium, hafnium, tantal, volfrám, olovo, zliatiny: oceľ konštrukčná (11 373), nehrdzavejúca (17 274), mosadz, zliatina hliníka AlSi5, kov vo forme povlaku: striebro, zinok, nikel,
- nekovových materiálov- kremík, germánium, uhlík (vo forme grafitu),
- keramických materiálov - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, ITO (keramický materiál tvorený zmesou oxidov india a cínu), TiO<sub>2</sub>, zafír, rubín a rôzne typy bežných skiel.

Na týchto materiáloch aj pri ich akýchkoľvek vzájomných kombináciách zaručujeme materiálovú spájkovateľnosť za predpokladu, že na spájkovanie sa použije ultrazvuková aktivácia. Zlato sa neodporúča spájkovať vývojovou spájkou vzhľadom na jeho vysokú rozpustnosť (stratu) pri spájkovaní.

Interval tavenia spájky sa pohybuje od 116 do 156 °C a teplota spájkovania sa odporúča od 150 do 160 °C. Spájka nemusí byť vysoko tekutá, nemusí sa roztekať pretože spájkovanie má charakter nánosového spájkovania.

Zistilo sa, že spájka má heterogénny charakter aj po výrobe metódou rýchleho ochladzovania a obsahuje veľké množstvo fáz, napr. Ti<sub>3</sub>Sn, Ti<sub>5</sub>Sn<sub>3</sub>, Ti<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, Ti<sub>3</sub>In<sub>4</sub>, Ag<sub>3</sub>Sn, Ag<sub>4</sub>Sn, AgTi<sub>3</sub>, Ag<sub>3</sub>In, AgIn<sub>2</sub>, In<sub>3</sub>Sn, InSn<sub>4</sub>.

Pevnosť v šmyku spájky sa pohybuje od 8 do 18 MPa v závislosti od druhu spájkovaného základného materiálu. Pre konkrétnu kombináciu spájkovaných materiálov a konkrétnu spájkovanú konštrukciu je potrebné overiť pevnosť spoja.

Z hľadiska mechanizmu vzniku spoja medzi spájkou SnInAgTi a keramickým materiálom sa zistilo, že najdôležitejšiu úlohu pri vzniku spoja má indium (podporené UZ aktiváciu pri spájkovaní na vzduchu). Indium sa v procese spájkovania kombinuje s kyslíkom zo vzduchu za vzniku komplexných oxidov india, ktoré následne vstupujú do reakcie s povrchom podkladu keramického alebo nekovového materiálu. Takže proces spájkovania vývojovou spájkou sa realizuje na základe likvidovo-solidovej reakcie prebiehajúcej medzi samotnými oxidmi.

## Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu (max. 20 riadkov) - anglicky:

The project resulted in development of an active solder, while solderability of a wide assortment of materials has been determined. The results of soldering metallic, non-metallic and ceramic materials meet the legal requirements set for application in electronic equipment, from the ecological and environmental viewpoint, since it does not produce any harmful substances. The solder is destined for fluxless soldering in the air with application of mechanical activation (by scraping, vibrations or ultrasound).

The results of study of material solderability have shown that the developed SnInAgTi solder is suitable for soldering of the following materials:

- metallic materials - (pure metals: titanium, vanadium, chromium, manganese, cobalt, nickel, copper, zinc, aluminium, magnesium, zirconium, niobium, molybdenum, palladium, hafnium, tantalum, tungsten, lead and the following alloys: structural steel (11 373), stainless steel (17 274), brass, aluminium alloy AlSi5, metals in form of coating: silver, zinc, nickel.
- non-metallic materials - silicon, germanium, carbon (in form of graphite),
- ceramic materials - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, ITO (ceramic material formed of a mixture of indium and tin oxides), TiO<sub>2</sub>, sapphire, ruby and different types of commercial glasses..

We guarantee the material solderability with these materials and at their arbitrary combinations, supposed that ultrasonic activation will be used prior to soldering. The developed solder is not advisable for soldering the gold, owing to its high solubility (loss) during soldering.

Melting interval of this solder varies from 116 to 156 °C and the recommended soldering temperature is from 150 to 160 °C. The solder need not be highly liquid and need not show a good spreading, since this soldering process shows the character of deposition soldering.

It was found out that this solder has a heterogeneous character even after manufacture by the method of rapid cooling down and it contains a great number of phases, for example: Ti<sub>3</sub>Sn, Ti<sub>5</sub>Sn<sub>3</sub>, Ti<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, Ti<sub>3</sub>In<sub>4</sub>, Ag<sub>3</sub>Sn, Ag<sub>4</sub>Sn, AgTi<sub>3</sub>, Ag<sub>3</sub>In, AgIn<sub>2</sub>, In<sub>3</sub>Sn, InSn<sub>4</sub>.

The shear strength of solder varies from 8 to 18 MPa, in dependence on the type of soldered material. However, it is first necessary to approve the joint strength for an actual combination of soldered materials and for an actual soldered structure.

Regarding the mechanism of joint formation between the SnInAgTi solder and a ceramic material, it was revealed that the most essential role in joint formation is played by indium (supported by ultrasonic activation during soldering in the air). In the soldering process, indium is combined with the oxygen in the air, accompanied by formation of complex indium oxides, which subsequently enter into reaction with substrate surface of the ceramic and/or non-metallic material. Thus, the process of soldering with the developed solder is realised on the basis of a liquidus-solidus reaction taking place among the oxides proper.

Podpis riešiteľa: .....