



Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-17-0381**
Zvyšovanie efektívnosti lisovania a spájania dielov hybridných karosérií

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Emil Spišák, CSc.**
Príjemca **Technická univerzita v Košiciach - Strojnícka fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra technológií, materiálov a počítačovej podpory výroby
2. Slovenská akadémia vied, Ústav materiálového výskumu

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Politechnika Rzeszow, Poľsko
2. Politechnika Lublin, Poľsko

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

Z výsledkov riešenia projektu zatiaľ nebola podaná patentová prihláška. Podanie dvoch patentových prihlášok riešiteľský kolektív pripravuje.

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

1. SPIŠÁK, Emil - KAŠČÁK, Ľuboš - MAJERNÍKOVÁ, Janka: Production Technologies - Casting, Welding and Joining. 1. vyd., Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2019, 153 s. ISBN 978-80-553-3416-5 (vysokoškolská učebnica)
2. KAŠČÁK, Ľuboš - SPIŠÁK, Emil: Clinching – progresívna metóda spájania plechov. 1. vyd., Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2020, 150 s. ISBN 978-80-553-3074-7 (vedecká monografia)
3. MULIDRÁN, Peter - SPIŠÁK, Emil - TOMÁŠ, Miroslav - SLOTA, Ján - MAJERNÍKOVÁ, Janka: Numerical Prediction and Reduction of Hat-Shaped Part Springback Made of Dual-Phase AHSS Steel. In: Metals, Roč. 10, č. 9 (2020), s. 1-18. ISSN 2075-4701 (článok v databáze CC)
4. KUBIT, Andrzej - TRZEPIECINSKI, Tomasz - KRASOWSKI, Bogdan - SLOTA, Ján - SPIŠÁK, Emil: Strength Analysis of a Rib-Stiffened GLARE-Based Thin-Walled Structure. In: Materials, Roč. 13, č. 13 (2020), s. 1-23. ISSN 1996-1944 (článok v databáze CC)
5. KUBIT, Andrzej - DRABCZYK, Mateusz - TRZEPIECINSKI, Tomasz - BOCHNOWSKI, Wojciech - KAŠČÁK, Ľuboš - SLOTA, Ján: Fatigue Life Assessment of Refill Friction Stir Spot Welded Alclad 7075-T6 Aluminium Alloy Joints. In: Metals, Roč. 10, č. 5 (2020), s. 1-18. ISSN 2075-4701 (článok v databáze CC)
6. KUBIT, A.; TRZEPIECIŃSKI, T.; GADALIŃSKA, E.; SLOTA, J.; BOCHNOWSKI, W.: Investigation into the Effect of RFSSW Parameters on Tensile Shear Fracture Load of 7075-T6 Alclad Aluminium Alloy Joints. Materials, Roč. 14 (2021), s. 1-28. ISSN 1996-1944 (článok v databáze CC)

7. EVIN, E., DANESHJO, N., MAREŠ, A., TOMÁŠ, M., PETROVČIKOVÁ, K.: Experimental Assessment of Friction Coefficient in Deep Drawing and Its Verification by Numerical Simulation. Applied Sciences, Roč. 11, č. 6 (2021). ISSN 2076-3417 (článok v databáze CC)
8. MUCHA, J., KAŠČÁK, Ľ., WITKOWSKI, W.: Research on the Influence of the AW 5754 Aluminum Alloy State Condition and Sheet Arrangements with AW 6082 Aluminum Alloy on the Forming Process and Strength of the ClinchRivet Joints. Materials, Roč. 14, č. 11 (2021), s. 1-25. ISSN 1996-1944 (článok v databáze CC)
9. SZPUNAR, M., OSTROWSKI, R., TRZEPIECINSKI, T., KAŠČÁK, Ľ.: Central Composite Design Optimisation in Single Point Incremental Forming of Truncated Cones from Commercially Pure Titanium Grade 2 Sheet Metals. Materials, Roč. 14, č. 3 (2021), s. 1-20. ISSN 1996-1944 (článok v databáze CC)
10. SPIŠÁK, Emil – MAJERNÍKOVÁ, Janka – SLOTA, Ján - KAŠČÁK Ľuboš: Numerical and experimental study of strain distribution of trip steel sheet using hydraulic bulge test. In: International Deep Drawing Research Group, 38th Annual Conference: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: 3. - 7.6.2019: Twente, pp. 1-8: IOP Publishing, 2019 (článok v databáze WoS)
11. SPIŠÁK, Emil - MAJERNÍKOVÁ, Janka - KAŠČÁK, Ľuboš - MULIDRÁN, Peter: The impact of shear gap size on the quality of the sheared surface in electrical steel sheet. In: Acta Metallurgica Slovaca, Roč. 26, č. 2 (2020), s. 49-53. ISSN 1335-1532 (časopis v databáze WoS)
12. KAŠČÁK, Ľuboš - SPIŠÁK, Emil - SLOTA, Ján - MAJERNÍKOVÁ, Janka - JEZŇÝ, Tomáš: Mechanical joining of aluminium alloy sheets. In: MM Science Journal, Roč. 2020, s. 4179-4182. ISSN 1803-1269 (časopis v databáze WoS)
13. MULIDRÁN, P., SPIŠÁK, E., TOMÁŠ, M., MAJERNÍKOVÁ, J., VARGA, J.: The effect of material models in the FEM simulation on the springback prediction of the TRIP steel. Acta Metallurgica Slovaca, Roč. 27, č. 3 (2021), s. 103-108. ISSN 1335-1532 (časopis v databáze WoS)
14. SPIŠÁK, E., MAJERNÍKOVÁ, J., KAŠČÁK, Ľ., SLOTA, J.: Influence of plastic deformation inhomogeneity on corrosion resistance of tin plates. Metalurgija, Roč. 60, č. 1-2 (2021), s. 67-70]. ISSN 0543-5846 (časopis v databáze WoS)
15. MULIDRÁN, P., SPIŠÁK, E., MAJERNÍKOVÁ, J., MITAL', G., JEZŇÝ, T.: Optimization of the forming process of gutter end cap using the finite element method. MM Science Journal, Roč. 2021, č. October (2021), s. 4824-4829. ISSN 1803-1269 (časopis v databáze WoS)
16. KAŠČÁK, Ľ., CMOREJ, D., SPIŠÁK, E., SLOTA, J.: Joining the High-Strength Steel Sheets Used in Car Body Production. Advances in Science and Technology Research Journal, Roč. 15, č. 1 (2021), s. 184-196. ISSN 2080-4075 (časopis v databáze WoS)
17. EVIN, Emil - TOMÁŠ, Miroslav: Verification of Friction Models Implemented in the Simulation Software. In: Novel Trends in Production Devices and Systems VI., Zürich (Švajčiarsko), Trans Tech Publications s. 223-231. ISBN 978-3-0357-1726-6 (zborník v databáze SCOPUS)

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu budú využité najmä u spracovateľov tenkých hliníkových a ocelových plechov ťahaním a mechanickým spájaním. Optimalizácia podmienok lisovania by mala viesť k zvýšeniu trvanlivosti a životnosti lisovacích nástrojov znížením trecích pomerov medzi spracovanými plechmi zo zliatin hliníka a funkčnými časťami lisovacieho nástroja vhodnou úpravou povrchu lisovacích nástrojov. Výsledky získané pri skúmaní optimalizácie procesov spájania materiálov zo železných a neželezných materiálov (hliníkových a ocelových plechov) umožnia zvýšiť únosnosť takýchto spojov. Výsledky môžu byť využité najmä pri optimalizácii procesov lisovania a spájania s dôrazom najmä na výrobu dielcov hybridných karosérií automobilov.

Výsledky budú taktiež využité u žiadateľa pri výchove odborníkov v II. a III. stupni vysokoškolského vzdelávania a formou neformálneho vzdelávania odborníkov z praxe. Odberateľom výsledkov riešenia môžu byť všetci výrobcovia komponentov pre automobilový priemysel na Slovensku, prípadne aj podniky zamerané na výrobu komponentov a výrobkov najmä pre spotrebný priemysel, pri ktorých sa spracovávajú ťahaním a následne spájajú materiály na báze hliníka a hliníkové a ocelové komponenty.

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

Cieľom projektu bola optimalizácia podmienok lisovania a spájania plechov z hliníkových zliatin a ocelových plechov rôznych akostí pre výrobu dielov hybridných karosérií. Ďalší z cieľov riešenia projektu bol zameraný na optimalizáciu metód spájania výliskov z hliníkových zliatin a kombinácie hliníkových zliatin a ocelových plechov po rôznych stupňoch deformácie a rôznych napätovo – deformačných stavoch. Stanovené ciele boli splnené v celom rozsahu a podrobne sú získané výsledky popísané v ročných správach riešeného projektu.

Originálny prístup k riešeniu projektu spočíval v plánovaných experimentoch, ktorými bol zabezpečený dostatok informácií o procese lisovania a spájania plechov z hliníkových zliatin a ocelových plechov. Tieto poznatky umožnia zvýšiť efektívnosť lisovania a spájania plechov hybridných karosérií automobilov. Boli použité FEM analýzy pre určenie napätovo-deformačných stavov reálnych častí výliskov spájaných rôznymi technológiami (clinching, clinch-riveting,...). Adekvátnosť použitých výpočtových a simulačných metód bola potvrdená a u reálnych výliskov optimalizovaná podľa výsledkov komplexnej materiálnej analýzy týchto výliskov (mechanické skúšky, svetelná a elektrónová mikroskopia a RDX difrakcie, tribologické skúšky na simulátore trenia a iné). Na základe výsledkov oboch prístupov k analýze napätovo-deformačných stavov reálnych častí výliskov bola navrhnutá

zodpovedajúca technológia pre experimentálnu prípravu testovacích vzoriek s analogickými napätovo-deformačnými stavmi. Takto pripravený experimentálny materiál s požadovaným napätovo-deformačným stavom bol experimentálne lisovaný a spájaný s cieľom zefektívniť proces lisovania a spájania a zvýšenia únosnosti spojov. Na zvýšenie trvanlivosti nástrojov boli použité rôzne druhy PVD povlakov (samomazné) a PVD povlaky na báze uhlíka.

Originálnosť projektu ďalej spočívala v lokálnej úprave topografie parametrov mikrogeometrie povrchu plechov z hliníkových zliatin s cieľom obmedziť (potlačiť) nalepovanie (galling) hliníka na povrch nástroja pre spájanie. Účelom týchto úprav bolo zmenšenie kontaktnej plochy medzi nástrojom a spájaným plechom a zároveň zabezpečenie kontinuálneho mazania počas spájania (zníženie koeficientu trenia).

Výsledky riešenia projektu spočívajú v inovatívnych prístupoch k mechanickému spájaniu dielov hybridných karosérií.

Optimalizácia podmienok ťahania bude viesť k zvýšeniu trvanlivosti a životnosti tvárniacich nástrojov znížením trecích pomerov medzi spracovaným hliníkovým plechom a funkčnými časťami tvárniaceho nástroja vhodnou úpravou povrchu tvárniacich nástrojov. Výsledky získané pri skúmaní optimalizácie procesov spájania materiálov zo železných a neželezných materiálov (hliníkových a ocelových plechov) umožnia zvýšiť pevnosť takýchto spojov. Výsledky môžu byť využité najmä pri znižovaní hmotnosti výrobkov s dôrazom najmä na výrobu automobilových karosérií a komponentov.

Ekonomický prínos je hlavne v znížení energetických nákladov na výrobu spojov, približne o 10%, a pri mechanických spojoch aj značné zlepšenie ekologickej procesov spájania oproti procesom zvarovania (zvarovania odporového, zvarovania elektrickým oblúkom a zvarovania laserom).

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

The aim of the project was to optimize the conditions for pressing and joining sheets of aluminium alloys and steel sheets of various grades for the production of hybrid body parts. Another goal of the project was focused on optimizing the methods of joining stamped parts of aluminium alloys and combinations of aluminium alloys and steel sheets after different degrees of deformation and different stress - strain states. The set goals were met in full, and the results are described in detail in the annual reports of the project.

The original approach to the solution of the project consisted in the planned experiments, which provided sufficient information about the process of pressing and joining sheets of aluminum alloys and steel sheets. This knowledge will increase the efficiency of stamping and joining sheets of hybrid car bodies. FEM analyses were used to determine the stress-strain states of real stamped parts joined by various technologies (clinching, clinch-riveting, ...). The adequacy of the used numerical and simulation methods was confirmed and optimized for real stamped parts according to the results of complex material analysis of these stamped parts (mechanical tests, light and electron microscopy and RDX diffraction, tribological tests on a friction simulator and others). Based on the results of both approaches

to the analysis of stress-strain states of real stamped parts, a suitable technology was proposed for experimental preparation of test specimens with analogous stress-strain states. The prepared material with the required stress-strain state was experimentally pressed and joined in order to increase efficiency the pressing and joining process and increase the load-bearing capacity of the joints. Various types of PVD coatings (self-lubricating) and carbon-based PVD coatings have been used to increase tool life. The originality of the project also consisted in the local adjustment of the topography of the microgeometry parameters of the surface of aluminium alloy sheets in order to reduce (suppress) the sticking (galling) of aluminium to the surface of the joining tool. The purpose of these adjustments was to reduce contact area between the tool and the joined sheet and at the same time ensure continuous lubrication during joining (reduction of the coefficient of friction).

The results of the project solution lie in innovative approaches to the mechanical joining of hybrid body parts.

Optimization of the forming conditions will lead to an increase in the durability and service life of the forming tools by reducing the friction ratios between the processed aluminium sheet and the functional parts of the forming tool by suitable surface treatment of the forming tools. The results obtained in the study of the optimization of joining processes of materials made of ferrous and non-ferrous materials (aluminium and steel sheets) will increase the strength of these joints. The results can be utilized especially in reducing the weight of products with an emphasis on the production of car bodies and components. The economic benefit is mainly in the reduction of energy costs for the production of joints, by about 10%, and in the case of mechanical joints also a significant improvement in the environmental friendliness of joining processes compared to welding processes (resistance welding, electric arc welding and laser welding).