



## Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

**APVV-0281-12**

**Výskum vlastností zvarových spojov vybraných kovových sústav zhotovených pevnolátkovým laserom**

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Pavol Švec, PhD.**

Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Ústav materiálov a technológií, Strojnícka fakulta STU v Bratislave
2. PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a. s.
- 3.
- 4.
- 5.

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

- 1.
- 2.
- 3.

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

- 1.
- 2.
- 3.

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

1. Švec, P. – Schrek, A. – Dománková, M.: Microstructure of fibre laser welded joint of dual phase steel with bake hardening steel. Kovové materiály 54, 2016, no 6, p. 407-416
2. Švec, P. – Schrek, A. – Csicsó, T.: Fibre laser welding of dual-phase and bake-hardened steels. Strength of Materials, vol. 48, 2016, no. 4, pp. 481-486
3. Schrek, A. – Švec, P. – Gajdošová, V.: Deformation properties of tailor-welded blank made of dual phase steels. Acta mechanica et automatica, vol. 10, 2016, no. 1, pp. 38-42
4. Dřímal, D. – Kolonič, F.: Laser Beam Welding of Borated Stainless Steel. Applied Mechanics and Materials, vol. 775, Jul. 2015, pp. 138-142

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Výsledky projektu z oblasti laserového zvárania a tvárnenia kombinovaných polotovarov zložených z vysokopevných ocelí nachádzajú využitie pri návrhu kombinovaných polotovarov, ktoré sa aplikujú pre nosné a deformačné prvky automobilovej karosérie. Sú využívané v pedagogického procesu na Strojníckej fakulte STU a na školeniach organizovaných v Strojárskom konzultačnom centre v spolupráci Strojníckej fakulty STU s firmou SOVA Digital a.s. Výsledky sú užitočné pre viacerých slovenských dodávateľoch komponentov pre automobilový priemysel, napr. Matador Automotive Vrábľa, Porsche Werkzeugbau Dubnica nad Váhom, Tower Automotive Malacky. Výsledky projektu z oblasti zvárania superduplexných a hyperduplexných nehrdzavejúcich ocelí nájdu uplatnenie v oblasti chemického a petrochemického priemyslu. Technológia zvárania laserovým lúčom umožňuje efektívne spájať materiály bez nevyhnutnosti náročnejšej prípravy zvarových plôch a ich úkosovania. Vyššia efektívnosť procesu laserového zvárania v porovnaní s oblúkovými, aj napriek potrebe vyšších tepelných príkonov, vedie k menším deformáciám po zváraní nehrdzavejúcich ocelí. Menšie deformácie zváraných konštrukcií umožňujú redukovať náklady na rovnanie a prípravky.

### **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

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

Pri výskume zvarových spojov ocelí určených pre operácie tvárnenia v automobilovom priemysle bol zistený vplyv parametrov zvárania vláknovým pevnolátkovým laserom na vlastnosti spojov vybraných vysokopevných ocelí s hrúbkou 1,2 a 1,5 mm. Optimálne parametre zvárania boli použité na zvarenie kombinovaných polotovarov pre experimenty hlbokého ťahania. Pri týchto experimentoch boli definované napäťovo-deformačné charakteristiky ocelí, ktoré boli použité na simulácie v programe Dynaform. Výsledky simulácií a experimentov hlbokého ťahania boli porovnané s dôrazom na veľkosť pretvorenia, stenčenia steny výťažkov, pohybu zvarovej línie a cípovitosti kombinovaných polotovarov. Skúmané boli polotvary s rozdielnou anizotropiou, rozdielnou hrúbkou plechov a s odlišnými napäťovo-deformačnými vlastnosťami pri nerovnomernej distribúcii pridržiacieho tlaku. Pri výskume zvárania superduplexných a hyperduplexných ocelí bolo overené optimálne množstvo vnesenej energie potrebnej pre úplné prevarenie a získanie požadovanej mikroštruktúry ocelí SAF 2507 s hrúbkou 5,0 mm a SAF 2707 HD s hrúbkou 3,4 mm. Boli odskúšané variantné riešenia účinného zvýšenia tepelného príkonu pomocou zníženia koncentrácie energie defokusáciou a osciláciou lúča. Neúmerné zvyšovanie defokusácie laserového lúča malo za následok stratu priedaru a nadmerné rozšírenie zvarového kúpeľa. Avšak v kombinácii s osciláciou lúča umožnilo efektívne regulovať množstvo vneseného tepla. Optimalizovaním technologických parametrov procesu boli dosiahnuté mechanické vlastnosti na úrovni základného materiálu a pripravené zvarové spoje s koróznou odolnosťou približujúcou sa odolnosti spojov vyhotovených klasickými oblúkovými technológiami.

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

The effect of fibre laser welding parameters on the joint properties was evaluated on joints of chosen high-strength steels with thickness of 1.2 and 1.5 mm utilised for forming operations in car industry. Optimal welding parameters were used for welding of tailor welded blanks for deep drawing experiments. Stress-strain characteristics of steels defined at these experiments were applied at simulations using Dynaform software. Results of simulations and experiments were compared with concentration on strains, wall thickness reductions of drawn parts, weld line movements and earings of tailor welded blanks. Blanks with different anisotropy, sheet thicknesses, and stress-strain properties were studied at non-uniform

distribution of blankholder pressure. Optimal amount of input energy necessary for full penetration and required microstructure was verified at studying of welding of superduplex and hyperduplex corrosion resistant steels SAF 2507 with thickness of 5.0 mm and SAF 2707 HD with thickness of 3.4 mm. The heat input of laser beam was increased by decreasing of energy concentration using defocused beam and oscillated beam. Excessive defocused beam caused decrease of penetration depth of laser beam and large spreading of the weld. However, it enabled to control the heat input by oscillated laser beam. Mechanical properties of base metal and corrosion resistance near classical arc processes were achieved by optimising of welding parameters.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

**Zodpovedný riešiteľ**

prof. Ing. Pavol Švec, PhD.

V Bratislave 20. 10. 2017

**Štatutárny zástupca príjemcu**

prof. Ing. Ľubomír Šooš, PhD

V Bratislave 20. 10. 2017

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu