

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0276**

**Vývoj robotického zariadenia pre spevňovanie a nanokryštalizáciu povrchových vrstiev zvaraných spojov metódou ultrazvukového kontaktného spevňovania**

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Libor Trško, PhD.**

Príjemca **Žilinská univerzita v Žiline**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Výskumné centrum Žilinskej univerzity v Žiline

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

Ústav fyziky materiálov AV ČR, v. v. i. Česká Republika  
Department of Mechanical Engineering, Politecnico di Milano, Taliansko

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

V rámci riešenia projektu neboli podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory. Výsledkom projektu je okrem publikačných výstupov, prototyp zariadenia bez ochrany duševného vlastníctva samotného prototypu a jeho riešenia.

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

1. Trško, L. – Hadzima, B. – Fintová, S.: Influence of Nano-Grained Surface Layer on Fatigue Properties of Structural Materials. Harlow: Pearson, 2020.111s. ISBN 978-1-8396-1055-4 (monografia)
2. Lago, J. – Trško, L. – Jambor, M. – Nový, F. – Bokúvka, O. – Mičian, M. – Pastorek, F.: Fatigue life improvement of the high strength steel welded joints by ultrasonic impact peening In: Metals. - ISSN 2075-4701. - Roč. 9, č. 6 (2019), s. 1-15.
3. Mičian, M. – Harmaniak, D. – Nový, F. – Winczek, J. – Moravec, J. – Trško, L.: Effect of the t8/5 cooling time on the properties of S960MC steel in the HAZ of welded joints evaluated by thermal physical simulation In: Metals. - ISSN 2075-4701. - Roč. 10, č. 2 (2020), s. 1-18.
4. Šebestová, H. – Horník, P. – Mrňa, L. – Jambor, M. – Horník, V. – Pokorný, P. – Hutař, P. – Ambrož, O. – Doležal, P.: Fatigue properties of laser and hybrid laser - TIG welds of thermo-mechanically rolled steels In: Materials science and engineering A. - ISSN 0921-5093. - Vol. 772 (2020).
5. Mičian, M. - Winczek, J. - Gucwa, M. - Koňár, R. - Málek, M. - Postawa, P.: Investigation of welds and heat affected zones in weld surfacing steel plates taking into account the bead sequence In: Materials. - ISSN 1996-1944. - Roč. 13, č. 24 (2020), s. 1-17
6. Hadzima, B. - Pastorek, F. - Borko, K. - Fintová, S. - Kajánek, D. - Bagherifard, S. - Gholami-Kermanshahi, M. - Trško, L. - Pastorková, J. - Brezina, J.: Effect of phosphating time on protection properties of hurealite coating: Differences between ground and shot

peened HSLA steel surface In: Surface and coatings technology - ISSN 0257-8972. - č. 375 (2019), s. 608-620.

7. Neslušan, M. - Trško, L. - Minárik, P. - Čapek, J. - Bronček, J. - Pastorek, F. - Čížek, J. - Moravec, J.: Non-destructive evaluation of steel surfaces after severe plastic deformation via the barkhausen noise technique In Metals. ISSN: 20754701, 2018, vol. 8, no. 12.

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Prototyp zariadenia pre ultrazvukové spevňovanie povrchových vrstiev bude využívaný pre ďalšie experimentálne práce v oblasti zlepšovania vlastností progresívnych materiálov. Hlavnou výzvou je aplikácia povrchového spevňovania na materiály s hexagonálnou, tesne usporiadanou mriežkou ako napr. horčík a jeho zliatiny, ktoré patria medzi tzv. ultra-ľahké materiály. Hlavným problémom ich aplikácie je ich nízka pevnosť a korózna odolnosť. Cieľom je povrchovou úpravou zvýšiť mechanické vlastnosti materiálu a spevnená povrchová vrstva by bola výhodná pre aplikáciu keramických povlakov s vysokou koróznou odolnosťou a zabránila by ich delaminácii.

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

V rámci riešenia projektu bol zostrojený prototyp robotického zariadenia pre spevňovanie a nanokryštalizáciu povrchových vrstiev zvarovaných spojov metódou ultrazvukového kontaktného spevňovania. Zvarové spoje boli vyhotovené z troch vysokopevných ocelí a to S960 MC, S355 J2 a Strenx 700 MC optimalizovanými zvarovacími parametrami tak, aby nedošlo k výraznému zníženiu výsledných mechanických vlastností. Aplikáciou ultrazvukového kontaktného spevňovania boli v povrchovej vrstve materiálu akumulované tlakové zvyškové napätia s amplitúdami v rozmedzí -400 MPa až -600 MPa a taktiež došlo k zjemneniu povrchového zrna. Medza únavy zvarových spojov s takto upraveným povrchom sa zvýšila z 370 MPa na 410 MPa. Celkovo boli získané cenné teoretické, ale aj praktické znalosti o fyzikálnych mechanizmoch povrchového spevňovania a jeho vplyvu na únavovú životnosť.

Ciele projektu boli naplnené, nakoľko všetky naplánované kľúčové úlohy boli úspešne realizované t. j. zostrojenie prototypu robotického zariadenia pre ultrazvukové spevňovanie a zhotovenie vysokokvalitných zvarových spojov z vysokopevných ocelí, ktorých únavová životnosť bola následne zvýšená vďaka aplikácii ultrazvukového spevňovania. Vďaka výsledkom projektu bola publikovaná jedna zahraničná monografia, šesť karentových článkov (ktoré boli doteraz 4x citované), obhájená jedna dizertačná práca a zorganizovaná jedna konferencia.

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

In the scope of the project was developed a prototype of robotic device for strengthening and nanocrystallization of welded joints surface layers with ultrasonic surface attrition method. Welded joints were manufactured from three high-strength steels: S960 MC, S355 J2 and Strenx 700 MC with optimized welding parameters, so the final mechanical properties were not significantly decreased. By application of ultrasonic surface attrition, compressive residual stresses were accumulated, with amplitudes in range from -400 MPa up-to -600 MPa and also the grain size was refined. The fatigue limit of the welded joints with treated surface increased from 370 MPa to 410 MPa. In general, valuable theoretical and also applied knowledge was obtained about the physical mechanisms of the surface strengthening and its influence on the fatigue life.

The goals of the project were achieved, because all key tasks were successfully fulfilled, what include development of the prototype of a robotic device for ultrasonic strengthening of surface layers, manufacturing of high-quality welded joints from high-strength steels and improvement of the fatigue limit of these welds by ultrasonic surface attrition. Based on the results of the project was published one monograph, six articles indexed in current content connect database (which were cited 4 times till now), defended one doctoral thesis and organized one conference.