



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0224

Výskum hybridného zvarovania v kombinácii laser-TIG v režime synchronizácie pulzov zvaracích zdrojov

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. František Uherek, PhD.**

Príjemca **Centrum vedecko-technických informácií SR**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Centrum vedecko-technických informácií SR

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

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

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

Jaroslav Bruncko, Miroslav Michalka, Michal Simek, Beata Simekova, Rastislav Ormandy, Tomas Szewczyk, Michal Hros

Hybrid welding of duplex steels for chemical vessels

Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly, Volume 153, pages 1119–1128 (2022)

<https://doi.org/10.1007/s00706-022-02911-1>

Uplatnenie výsledkov projektu

Počas riešenia projektu bolo navrhnuté, zostavené a experimentálne odskúšané pracovisko pre hybridné zvarovanie v kombinácii laser – TIG schopné pracovať v režime synchronizácie pulzov zvaracích zdrojov. Na základe dosiahnutých výsledkov a získaných skúseností je na riešiteľských pracoviskách možné jeho ďalšie praktické využitie pre zvarovanie zvarčiek z duplexných ocelí a príbuzných materiálov. Získané výsledky poskytujú overenú databázu vhodných parametrov pre okamžité použitie v priemyselnej praxi.

Súčasťou výskumných prác bolo aj rozpracovanie a experimentálne overenie analytických metodík pre výskum zvaracích procesov na základe vizualizácie pomocou vysokorýchlostnej kamery. Tieto analytické metodiky je možné použiť pri výskume príbuzných zvaracích technológií a materiálov.

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

Projekt bol zameraný na výskum procesov hybridného zvarovania v kombinácii laser – TIG v pulzných režimoch zvaracích zdrojov. Hlavným cieľom predkladaného projektu bolo získanie nových poznatkov o fyzike hybridizácie zvarového procesu na základe sledovania efektov synchronizácie pulzov na správanie sa hybridného zvaracieho procesu v závislosti od rôznych módov ich synchronizácie.

Počas úvodných etáp riešenia projektu bola zostavená aparátúra pre hybridné zvarovanie pozostávajúca z priemyselného lasera (diskový laser TruDisk 5001, max. výkon 5 kW, vlnová dĺžka 1,03 μm , optické vlákno priemer 0,2 mm, ohnisková vzdialenosť fokusačnej optiky 200 mm) a oblúkového zdroja (ESAB Origo TIG 3000i AC/DC s horákom ABITIG 300W MT 4M). Ich spolupráca bola zabezpečená špeciálne vyvinutou riadiacou synchronizačnou jednotkou, pomocou ktorej bolo možné nastavovať parametre pulzného režimu obidvoch zdrojov a riadiť fázový posun (off-set) ich vzájomného štartu.

Experimentálna aparátúra bola zostavená na pracovisku spoluriešiteľskej organizácie (Prvá zvaračská, a.s.) a možno konštatovať, že vďaka riešenému projektu predstavuje technologickú aparátúru pre hybridné zvarovanie v pulznom režime zdrojov pripravenú pre ďalšie experimentálne a výrobné použitie.

Výsledky projektu poukázali na významné špecifiká a potenciál hybridného zvarovania v pulznom režime zdrojov. Experimenty vedené na duplexných oceľiach (EN 1.4416 a EN 1.4410) s rôznymi hrúbkami viedli k príprave zvarov a vyváženým pomerom feritu a austenitu vo zvarovom kove a pevnosti takto pripravených zvarových spojov boli na úrovni pevnosti základného materiálu. Pri podrobnej analýze procesov hybridného zvarovania (pomocou vysokorýchlostnej kamery) boli pozorované efekty asymetrickej interakcie medzi laserovou a oblúkovou plazmou v závislosti od ich poradia ako vstupujú do procesu (V prípade, že laser štartoval ako prvý a TIG sa k nemu pripájal, tak výsledkom bol stabilnejšie správanie spoločnej plazmy a zvarového kúpeľa. V situácii, keď sa do už horiaceho oblúka pripojil laser dochádzalo k jeho destabilizácii.) Z hľadiska pulzných parametrov zdrojov a ich synchronizácie bolo výhodnejšie ich vzájomné dopĺňanie (počas minimálneho výkonu jedného zo zdrojov bol v maxime ten druhý) ako ich spolupráca v maximálnych fázach výkonov.

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

The project was focused on the research of hybrid welding processes in combination laser - TIG both working in pulsed welding source modes. The main objective of the project was to gain new knowledge about the physics of hybridization of the welding process by observing the effects of pulse synchronization on the behaviour of the hybrid welding process depending on the different modes of their synchronization.

During the initial stages of the project, a hybrid welding apparatus was assembled consisting of an industrial laser (TruDisk 5001 disk laser, max. power 5 kW, wavelength 1.03 μm , optical fibre diameter 0.2 mm, focal length of the focusing optics 200 mm) and an arc source (ESAB Origo TIG 3000i AC/DC with ABITIG 300W MT 4M torch). Their cooperation was ensured by a specially developed synchronization control unit, by means of which it was possible to adjust the parameters of the pulse mode of both sources and to control the phase shift (off-set) of their mutual start. The experimental apparatus was assembled at the workplace of the co-investigator organization (First Welding Company, Inc.) and it can be stated that thanks to the solved project it represents a technological apparatus for hybrid welding in pulse mode of sources ready for further experimental and production use.

The results of the project showed significant specificities and potential of hybrid welding in pulsed source mode. Experiments conducted on duplex steels (EN 1.4416 and EN 1.4410) with different thicknesses led to the preparation of welds and balanced ratios of ferrite and austenite in the weld metal, and the strengths of the welded joints prepared in this way were at the level of the strength of the base material. In a detailed analysis of the hybrid welding processes (using a high-speed camera), the effects of asymmetric interaction between the laser and arc plasmas were observed depending on their order as they enter the process (In the case where the laser started first and the TIG joined it, the result was a more stable behaviour of the joint plasma and weld bath. In the situation where the laser joined the already burning arc, destabilization occurred.) From the point of view of the pulse parameters of the sources and their synchronization, it was more advantageous for them to complement each other (during the minimum power of one of the sources the other one was

at its maximum) than for them to work together during the maximum power phases.