



Friction Stir Welding European Qualifications

CU12 – Prípady z praxe

FSW inžinier



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

12. Prípady z praxe (CS)

12.1 CS1: Autoklávové prípravky

12.2 CS2: Vibračné skúšobné stoly

12.3 CS3: Opravy trhlín

12.4 CS4: Vozidlá metra

12.5 CS5: Solárne panely

12.6 CS6: Panely v lodiarstve

12.1 – CS1: Autoklávové prípravky

Firma APCO Technologies vyrobila veľký autoklávový stôl pre spracovanie súčastí satelitov z kompozitov.

Tento stôl bol vyrobený s použitím viacerých platní a FSW metódy. Finálny povrch platne stola meral 6,1m krát 4,3m a jeho hrúbka bola 20mm a bol vyhotovený zo štyroch platní z hliníkovo-horčíkovej zliatiny typu AA5083.

Keďže sa zváralo z oboch strán došlo k minimálnym deformáciám výsledného zvarku.

K dodatočným postupom patrí dodatočné žíhanie na uvoľnenie napätí a strojné opracovanie povrchu platní. Zvary potom nebolo prakticky možné rozlíšiť od okolitého materiálu a boli v rámci predpísaných tolerancií.

12.2 – CS2: Vibračné skúšobné stoly

Existujú tri spôsoby vyhotovenia tuhých konštrukcií:

- Subtraktívna (odčítacia) metóda – začína s jedným blokom tuhého materiálu, pričom časti materiálu sa postupne odstraňujú pokiaľ sa nedosiahne požadovaný tvar obrobku. Nevýhoda: vzniká pritom hodne odpadového materiálu. Je to najdrahšia metóda výroby skúšobného stola.
- Odlievanie – poskytuje kompaktnejšie prepojenie materiálu ako zváraná konštrukcia a odliatok je aj pružnejší ako zváraná konštrukcia.
- Zváraná konštrukcia – má nižšiu vnútornú pevnosť, koreňové trhliny a povrchové dutiny

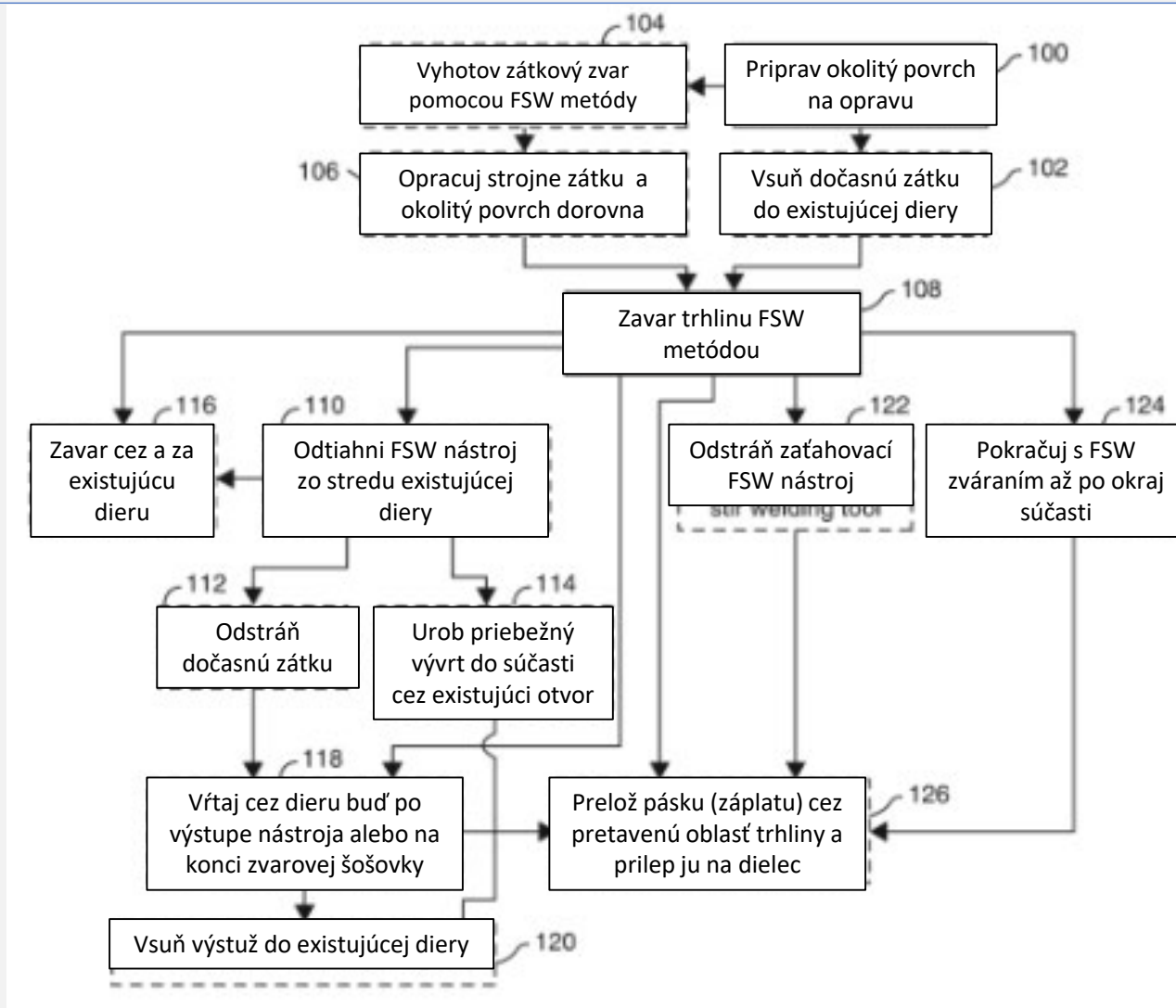
Alternatíva: Trecie zváranie s premiešaním!

- ✓ Jeho výhodou je že rozbíja hrubé kremíkové častice a zahladzuje všetky póry v dôsledku mechanického spracovania (pretvorenia) hliníkových zliatin. Spôsobuje tiež menšie deformácie, nižší tepelný príkon a menšie zmažtenie.

12.3 – CS3: Opravy trhlín

Metóda:

1. Príprava okolitého povrchu trhliny na opravu
2. Zváranie z jednej strany súčasti na prvom úseku trhliny
3. Zavarenie z druhej strany súčasti na druhom úseku trhliny, čím dôjde k úplnému staveniu materiálu v oblasti trhliny.



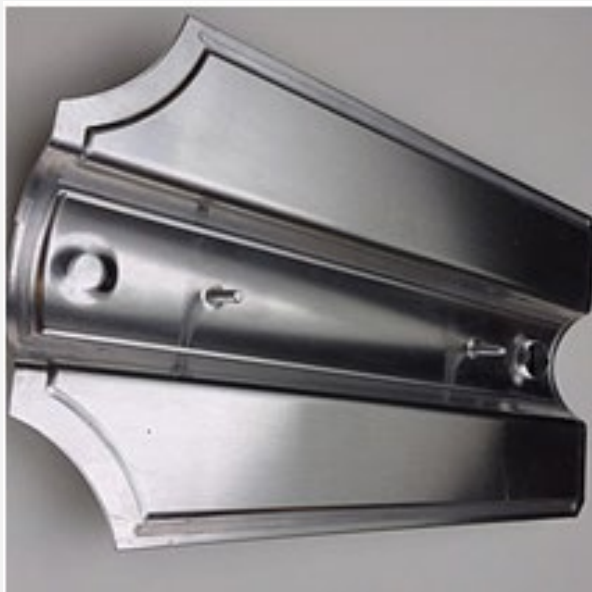
12.4 – CS4: Vozidlá metra

Firma Bombardier použila FSW metódu na spájanie tuhých pozdĺžnych pretlačaných polovýrobovkov, ktoré tvoria bočné steny vagónov. Tieto vozidlá boli potom použité pri obnove Victoria Lane, čo je jedna z liniek londýnskeho metra.



12.5 – CS5: Solárne panely

Tenké súčasti možno spájať s minimálnymi deformáciami. FSW metóda znižuje riziko netesnosti, pretože zvary sú bez chýb ako je pórovitosť a horúce trhliny.



Strešný solárny kolektor
pred náterom



Strecha urobená zo strešných
solárnych kolektorov

12.5 – CS5: Solárne panely

Firma Walmate používa FSW metódu na spájanie chladičov s vysokou hustotou rebier.

K ich montážnym aplikáciám patrí oblasť výroby energie veternými a solárnymi systémami.



Chladič vyrobený zvaraním trením s
premiešaním

12.6 – CS 6: Panely v lodiarstve

- Dostupné pretláčané polovýrobky možno spájať použitím FSW metódy.
- K hlavným výhodám pri porovnaní s tavným zváraním patrí nízky tepelný príkon, malé deformácie a znížené tepelné napätia.



Luxusná dopravná loď Ogasaware

Voľba materiálu nástroja zahŕňa:

- Vlastnosti zvarového kovu
- Požadovanú kvalitu spoja
- Pevnosť materiálu obrobku, ktorá určuje napätia pôsobiace na nástroj
- Vlastnosti materiálu nástroja súvisiace s tvorbou tepla
- Vlastnosti materiálu nástroja súvisiace s tepelnou rozťažnosťou a tepelnými napätiami vytváranými FSW metódou
- Voľba materiálu nástroja sa môže zakladať aj na tvrdosti, ťažnosti a reaktivite s materiálmi obrobku

Nástroje a zváracie postupy

- Špecifikácia postupu vyhotovenia FSW zvaru (WPS) a Požiadavky na záznam o kvalifikácii zvárača (Welder Performance Qualification Record Requirements - WPQR) sa majú vypracovať a overiť pred výrobným zváraním.
- Nástroj je charakterizovaný:
 - Materiálom nástroja a hrotu
 - Geometriou/návrhom nástroja a hrotu, napr. priemer ramena, priemer hrotu, dĺžka hrotu, tvar hrotu (kužeľovitý, valcovitý a pod.)
 - Závitom alebo bez
 - Počtom plošiek (ak je to relevantné)
 - ID číslom nástroja
 - ID číslom hrotu (ak sa jedná o dvojdielny nástroj) a konštrukčným návrhom ramena
 - Výrobným procesom (t. j. fixný, s vretenom, s odtiahnutím)

Tolerancie prípravy a zostavenia zvaru

- ✓ Pri tomto postupe je tolerovateľná medzera do 10% hrúbky materiálu bez zhoršenia kvality výsledného zvaru.
- ✓ Dodatočné požiadavky možno nájsť v normách FSW.

Tepelné spracovanie po zváraní, NDT a kontrola kvality

Dodatočné tepelné spracovanie po zváraní (PWHT) možno úspešne použiť pri hliníkových zliatinách, najmä typu 2xxx a 7xxx. Účinok tepelného spracovania závisí na type tepelného spracovania a môže zahŕňať:

- ✓ Rovnomerné rozloženie tvrdosti
- ✓ Zlepšené alebo znížené ťahové vlastnosti spoja
- ✓ Zlepšené únavové vlastnosti

K všeobecným prístupom patrí:

- Ponechanie materiálu v stave po zvarení
- Použitie nízkoteplotného stabilizačného tepelného spracovania (napr. počas 25 hodín pri teplote cca 100°C)
- Použitie rozpúšťacieho tepelného spracovania materiálu po zvarení a potom starnutie na požadovanú tvrdosť
- Použitie dodatočného starnutia materiálu po zvarení, pôvodne pri teplote bodu T6 alebo nižšej, na dosiahnutie požadovanej finálnej tvrdosti
- Použitie lokálneho dodatočného tepelného spracovania po zvarení

Praktika vizuálnej kontroly

V maximálne možnej miere sa musí skontrolovať vršok a spodok každého trecieho zvaru s premiešaním, aby sa overilo nasledovné:

- ✓ Rovnomernosť výstupnej diery
- ✓ Otrepy
- ✓ Chevronové otlčky
- ✓ Rozmerové rozdiely hrúbky
- ✓ Presadenie
- ✓ Trhliny
- ✓ Pórovitosť
- ✓ Nedostatočný priepar

Literatúra

Slide:

[1] <https://www.twi-global.com/media-and-events/insights/defect-free-low-distortion-welding-for-autoclave-fabrication-362>

[2] www.phase-trans.msm.cam.ac.uk/2003/FSW/aaa.html

[2] https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-102610-103816/unrestricted/Final_Presentation-BuckleyChiang.pdf

[3, 12] <http://imv-global.com/news/wp-content/uploads/2017/05/Slip-table%E3%80%80TVH0321.pdf>

[3] M.-K. Besharati-Givi, P. Asadi, *Advances in Friction-Stir Welding and Processing* (Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining Technologies), Woodhead Publishing, 2014

[10] <https://www.grenzebach.com/insights/friction-stir-welding-for-energy-revolution/>

[8] <https://www.twi-global.com/media-and-events/insights/friction-stir-welding-on-the-london-underground-383>

[11] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Super_Liner_Ogasawara-1.JPG

[13, 14, 16] <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20090015054.pdf>

[13, 16] Mel Schwartz, *Innovations in Materials Manufacturing, Fabrication, and Environmental Safety*, CRC Press, 2010

Literatúra

Slide:

[13, 16] Chiteka, Kudzanayi. "Friction stir welding/processing tool materials and selection." International Journal of Inžiniering Research & Technology 2.11 (2013).

[13, 16] Chiteka, Kudzanayi. "Friction stir welding/processing tool materials and selection." International Journal of Inžiniering Research & Technology 2.11 (2013).

[13, 16] https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/survey_and_inspection/186_frictweldalum/fsw_guide_e.pdf

[16] http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/8523/9/09_chapter%202.pdf

[16] Rajiv Mishra, Murray Mahoney, Yutaka Sato, Friction Stir Welding and Processing VII, Springer, 2016