



Friction Stir Welding European Qualifications

CU09 – Návrh dielcov

FSW Inžinier



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

9. Definícia spoja

9.1 Typy trecích zvarov

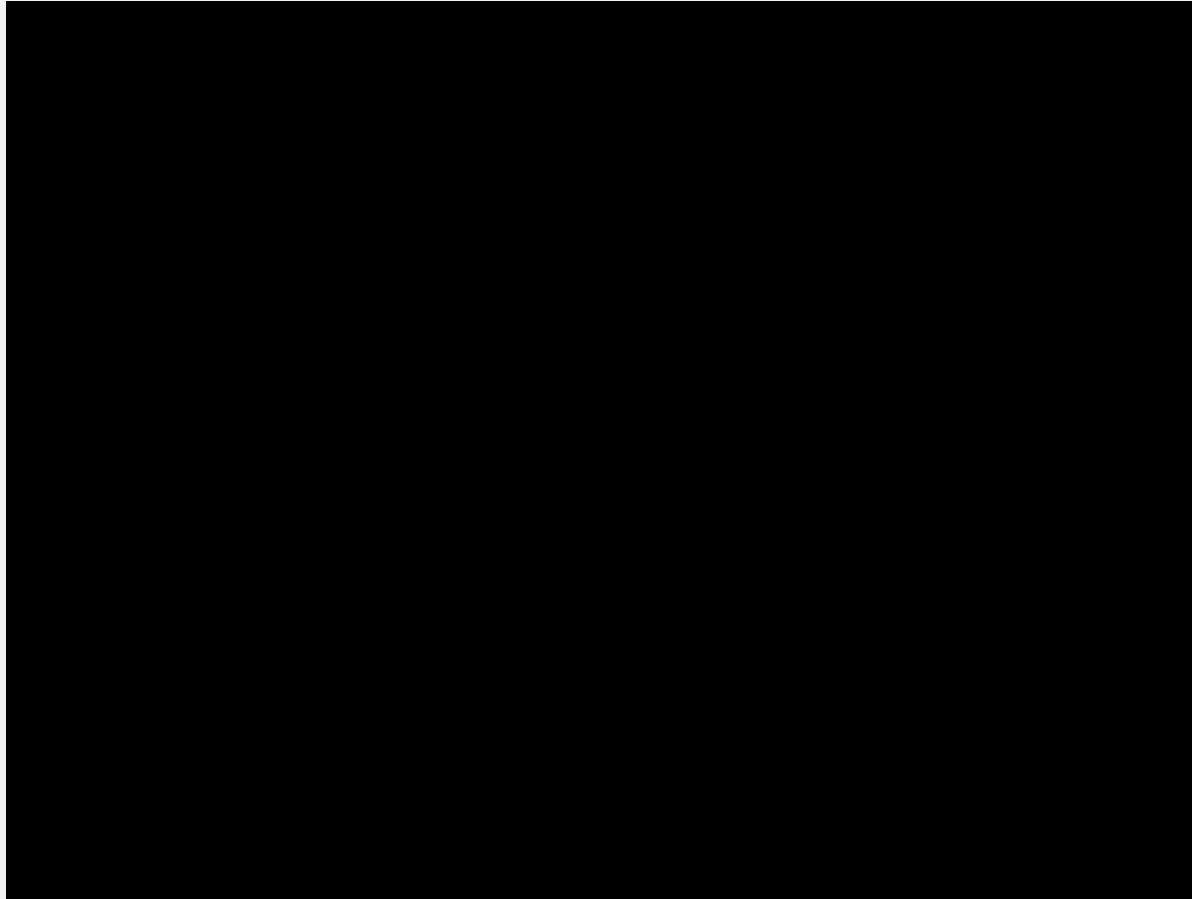
9.2 Technické špecifikácie pre finálne produkty

9.3 Poradenstvo pre navrhovanie pri FSW metóde

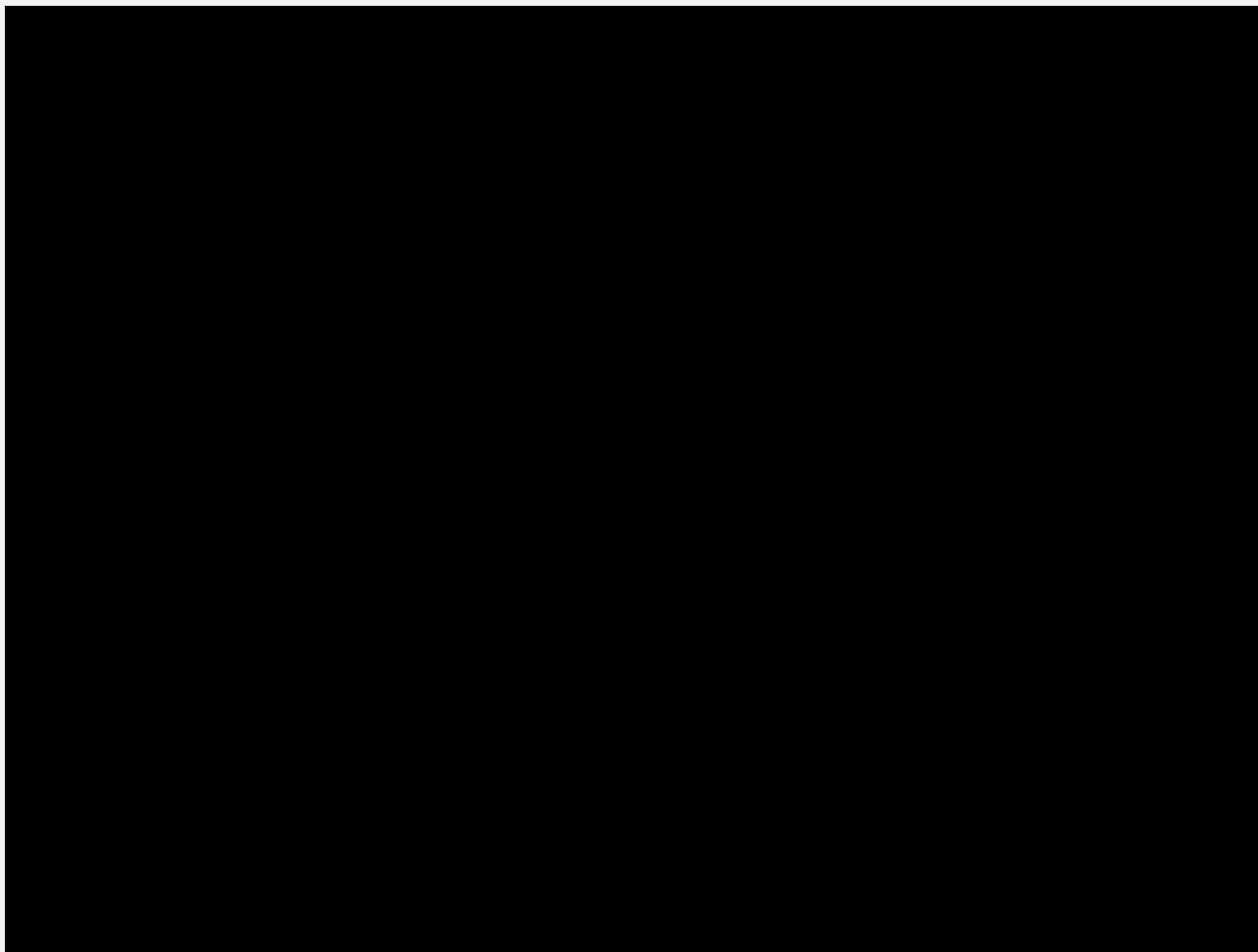
9.4 Literatúra

9.1 Typy trecích zvarov

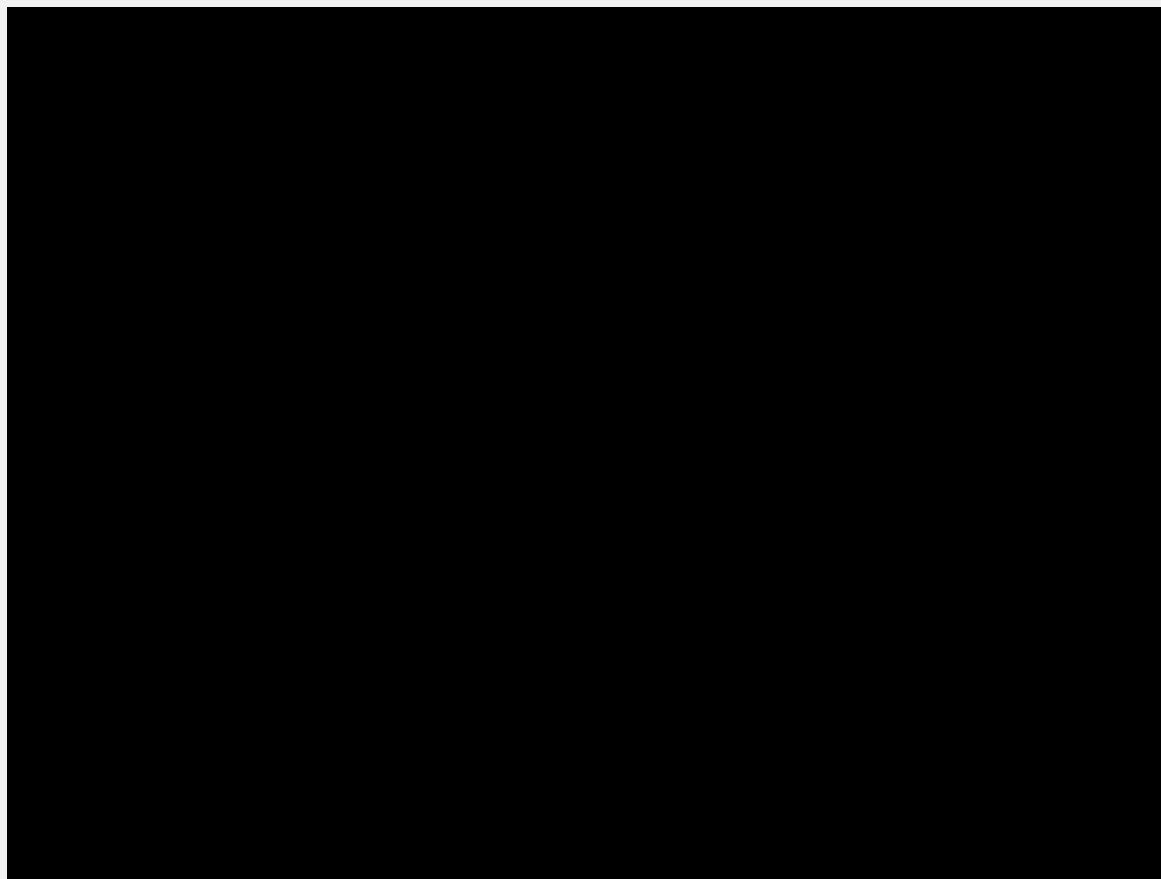
- Existuje viacero metód zvárania trením:
- [Rotačné trecie zváranie](#) — najpopulárnejší typ zvárania trením, ktorý sa používa pre dielce z ktorých aspoň jeden je rotačne symetrický, ako sú napríklad rúry alebo tyče.
- [Lineárne trecie zváranie](#) — používané pre diely prúdových motorov, takmer čisté tvary a iné, kde sú použiteľné dielce limitované len hmotnosťou pohyblivej súčasti a nie geometriou rozhrania spoja.
- [Trecie zváranie s premiešaním - FSW](#) — často sa používa najmä na zváranie hliníkových platní, pretláčaných výrobkov a plechov, na ktorých sa vyhotovujú švy alebo tupé zvary bez obmedzenia z hľadiska dĺžky súčastí.



Rotačné trecie zváranie



Lineárne trecie zváranie titánu s pomalým pohybom v TWI



Trecie zváranie s premiešaním

9.1 Typy trecích zvarov

Výhody

Rotačné trecie zváranie	Lineárne trecie zváranie	Trecie zváranie s premiešaním
<p>100% spoj na styčnej ploche Možnosť spájať nerovnorodé materiály Vyžaduje minimálnu prípravu spoja Rýchly cyklus zvárania umožňujúci zvariť viac dielcov za kratší čas Vyžaduje menej zásob na vytváranie párov dielcov Ekologické, pretože sa nepoužívajú prídavné materiály Prispôsobiteľné pre každú veľkosť zvaru</p>	<p>Rýchla, opakovateľná a flexibilná metóda Možnosť spájať takmer neobmedzené tvary aj pri zložitej geometrii súčastí Možnosť spájať nerovnorodé kovy Požadovaná minimálna príprava spoja vedie k vyššej produktivite Ekologické, pretože sa nepoužívajú prídavné materiály Prispôsobiteľné pre každú veľkosť zvaru</p>	<p>Umožňuje nové aplikácie pre ťažko zhotoviteľné výzvy od pretláčaných dielcov po plechy a pod. Prakticky bezchybné spájanie Použiteľné pre dielce až do dĺžky 17 metrov Možnosť spájať nerovnorodé zliatiny Možnosť použiť duálne hlavy na rýchle zváranie panelov Minimálne deformácie zváraných dielcov pri extrémne pevných zvaroch Ekologické, pretože sa nepoužívajú prídavné materiály</p>

9.1 Typy trecích zvarov

Hlavné aplikácie

Rotačné trecie zváranie	Lineárne trecie zváranie	Trecie zváranie s premiešaním
Letectvo Poľnohospodárstvo Automobilky Stavebníctvo Spotrebiteľské produkty Ropa a plynárenstvo Vojenstvo	Letectvo Automobilky Vojenstvo Ropa a plynárenstvo	Letectvo Elektronika Námorníctvo Vojenstvo Doprava

Typy FSW zvarania

- Bodové trecie zvaranie s premiešanim - Friction Stir Spot Welding
 - https://www.youtube.com/watch?v=2fldX_Hcaeg
- Obojstranné trecie zvaranie s premiešanim - Double Sided Friction Stir Welding
 - https://www.youtube.com/watch?v=BVhLlv2_cnc
- FSW zvaranie so stacionárnym ramenom
 - https://www.youtube.com/watch?v=e_6YS03yulY
 - <https://www.youtube.com/watch?v=q0oWjfeVXo8>

9.1.1 Bodové trecie zváranie s premiešaním

- Bodové trecie zváranie s premiešaním (FSSW) je metóda zvárania v tuhom stave vhodná na preplátované zváranie plechov s podobnými návrhmi spoja ako pri odporovom bodovom zváraní. Namiesto súvislých zvarov vytvára jednotlivé body.
- Táto metóda sa využíva najmä v automobilovom priemysle, výrobe železničných vozidiel a v letectve. Napríklad zadné dvere automobilu Mazda RX8 a veko batožinového priestoru automobilu Toyota Prius sa zvárajú touto metódou vo veľkosériovej výrobe.



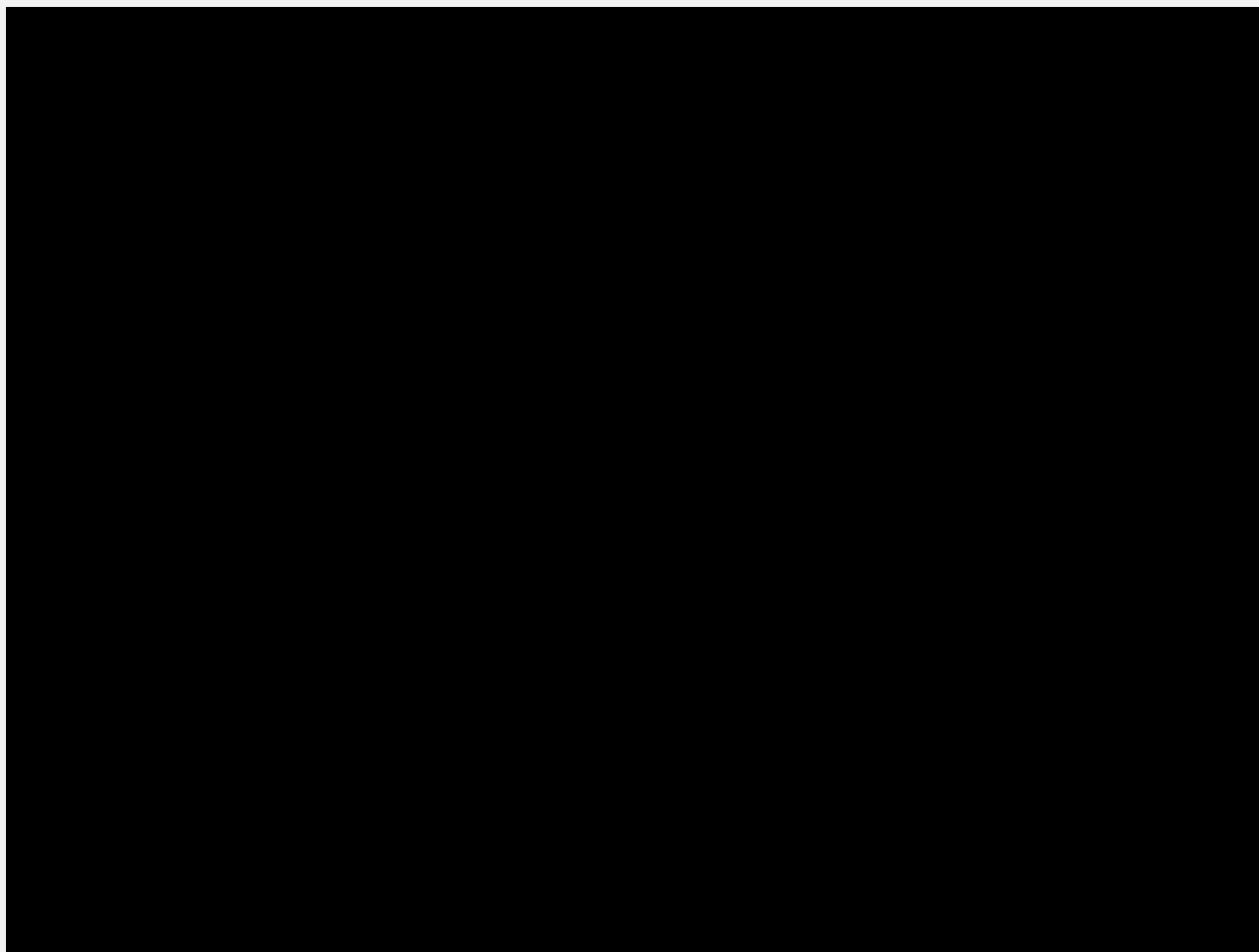
Stroj na bodové trecie zváranie s premiešaním

9.1.1 Bodové trecie zváranie s premiešaním

Materiál	Zváraná hrúbka	Konštrukcia	Oblasť priem. použitia
Všetky série AL-zliatín	0,5~1 mm	Samostatná	Kozmický, letecký a automobilový
Mg zliatiny a pod.	0,5~4 mm	Samostatná	Elektronika Obvodové dosky a pod.

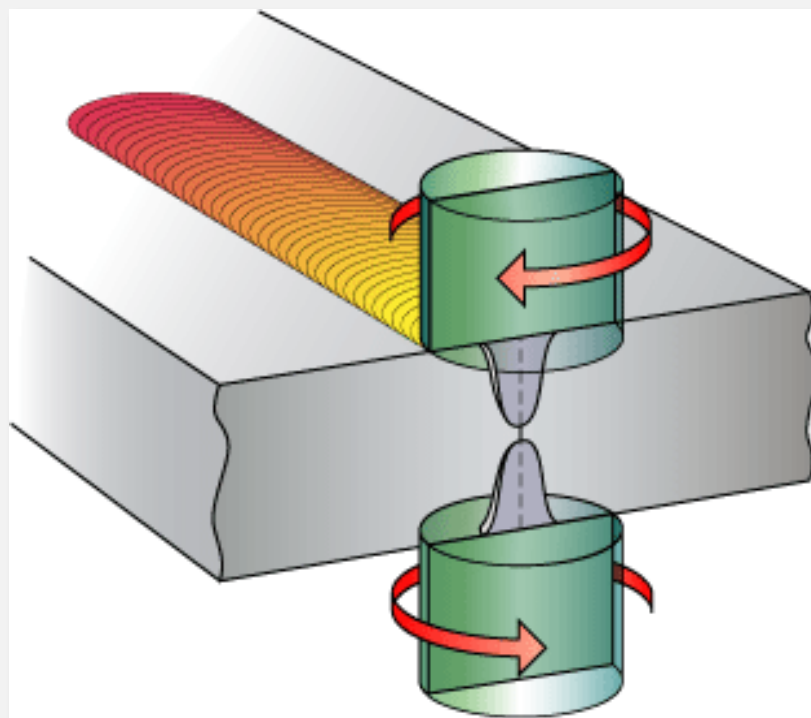


a) Nástroj na bodové FSW; (b) Vzhľad bodového FSW spoja; (c) Bodový FSW produkt pre letectvo

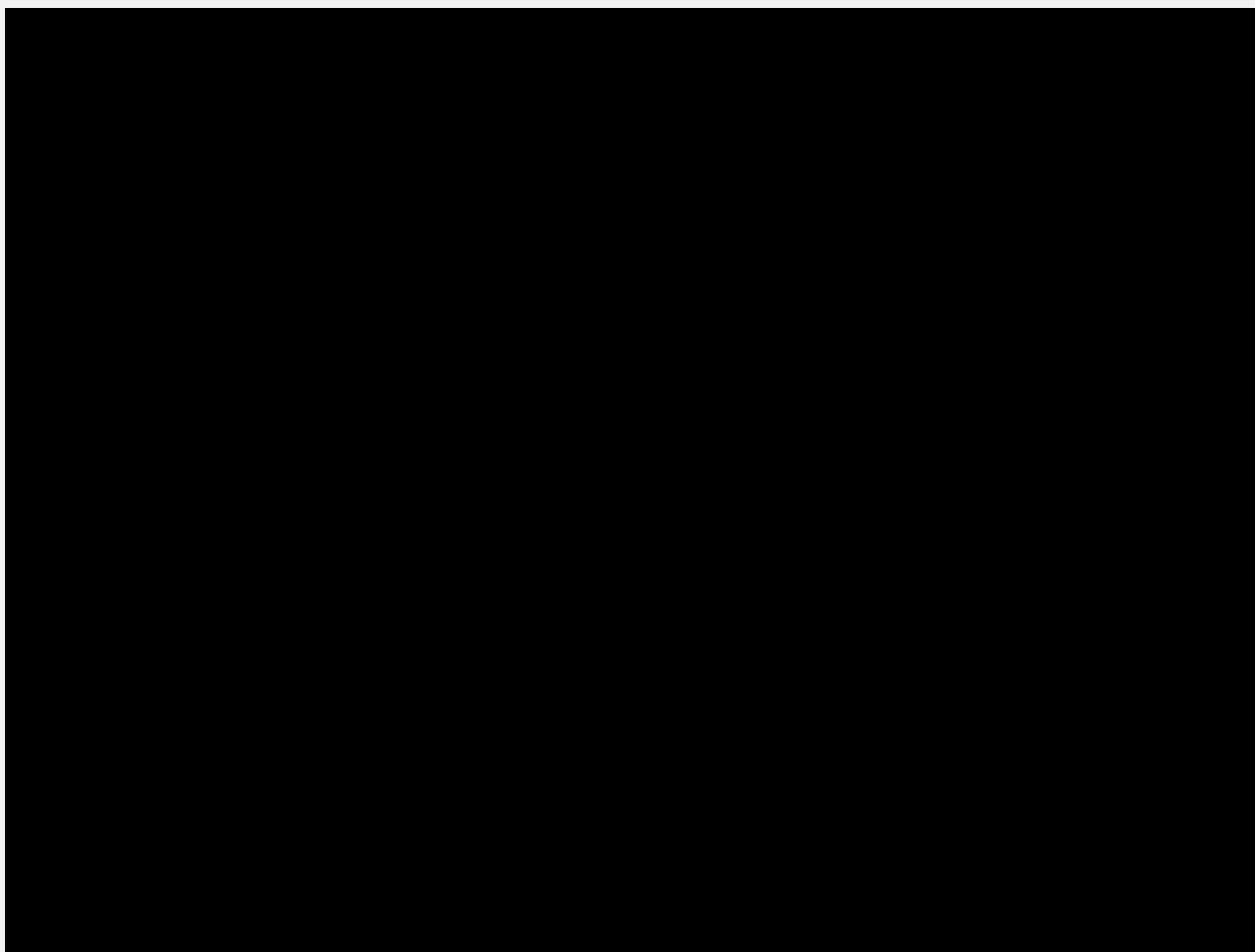


Bodové trecie zvaranie s premiešaním – v [TWI s. r. o.](#)

9.1.2 Obojstranné trecie zváranie s premiešaním



Obojstranné trecie zváranie s premiešaním

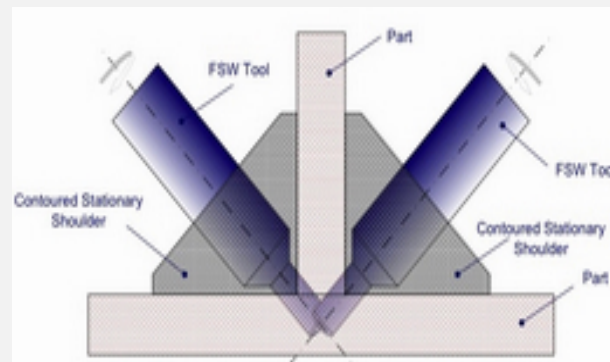


Obojstranné trecie zváranie s premiešaním

9.1.2 Trecie zváranie s premiešaním so stacionárnym ramenom

Stacionárne rameno nedodáva žiadne teplo na povrch, takže všetko teplo sa vytvára len hrotom a zvar sa zhotovuje s prakticky lineárnym profilom tepelného príkonu. Podstata zvárania spočíva v rotujúcom hrote, ktorý prechádza cez nerotujúci dielec ramena, ktoré sa počas zvárania kľže po materiáli. Povrch zvaru je veľmi hladký, takmer leštený so žiadnym alebo len minimálnym zmenšením prierezu.

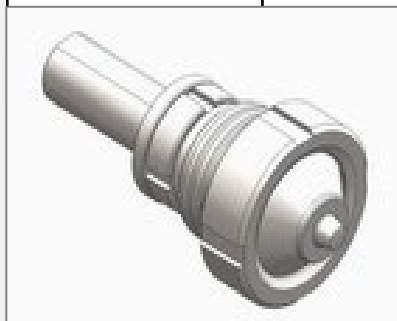
Použitie robota pri SSFSW metóde rieši problémy spojené s riadením hĺbky ponorenia hrotu počas zvárania. Konštrukcia robota je ale náchylná k priehybu, keďže drží [FSW](#) nástroj na zvarovej línii materiálu, čoho dôsledkom je, že zmeny v tvrdosti materiálu a následný odpor môžu meniť hĺbku ponorenia zvaracieho nástroja, čo vedie k výskytu kazov a chýb.



Kútový SSFSW spoj

9.1.2 Trecie zváranie s premiešaním so stacionárnym ramenom

Materiál	Zváraná hrúbka	Konštrukcia	Oblasť. priem. použitia
Všetky série Al-zliatín Mg-zliatiny a pod.	8~15mm	Samostatná	Letecký, kozmický a automobilový
	15,1~30 mm	Samostatná	Železničná doprava Letecký priemysel
	30,1~45 mm	Samostatná	Elektronický priemysel a pod.



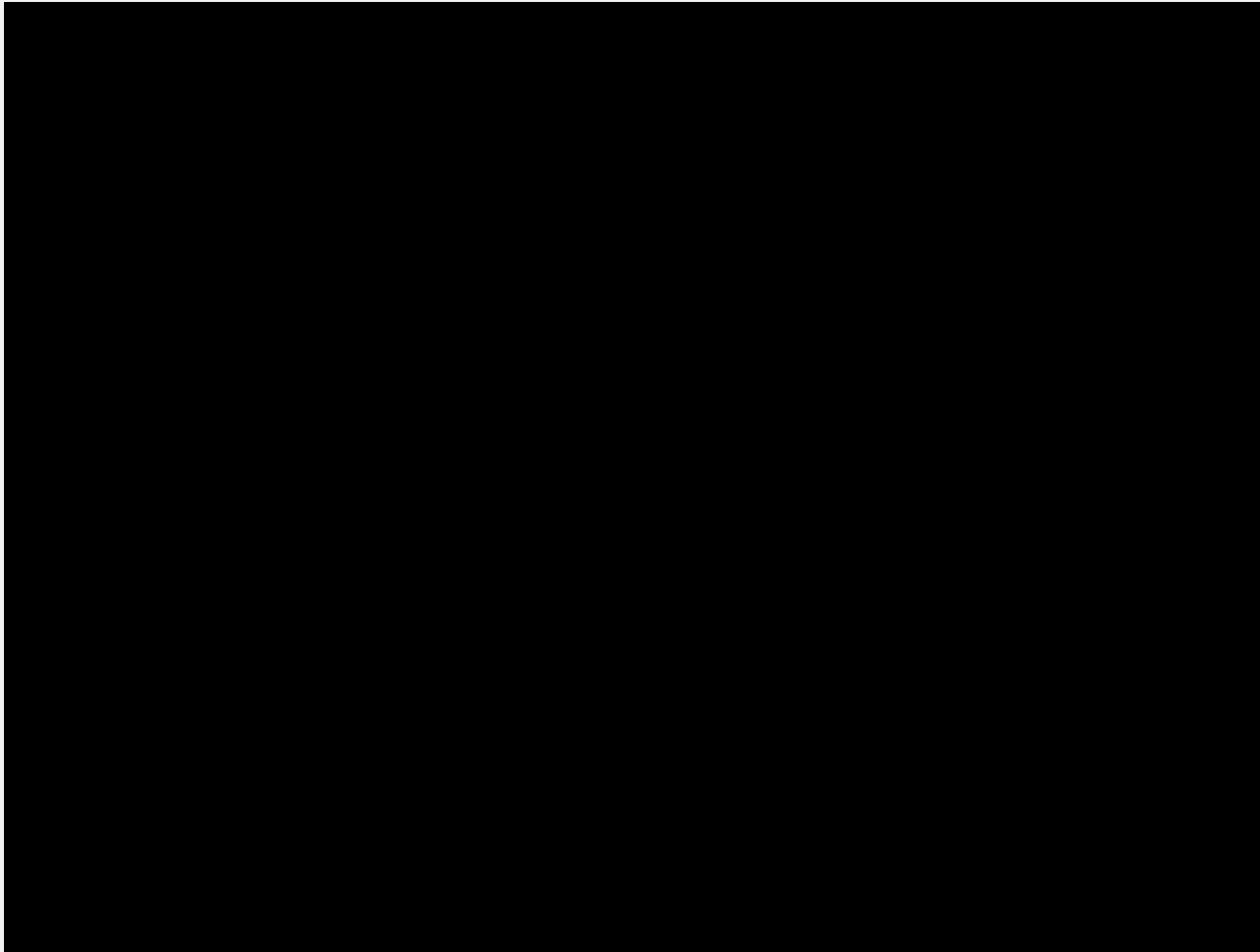
Modelový FSW nástroj
so stacionárnym
ramenom



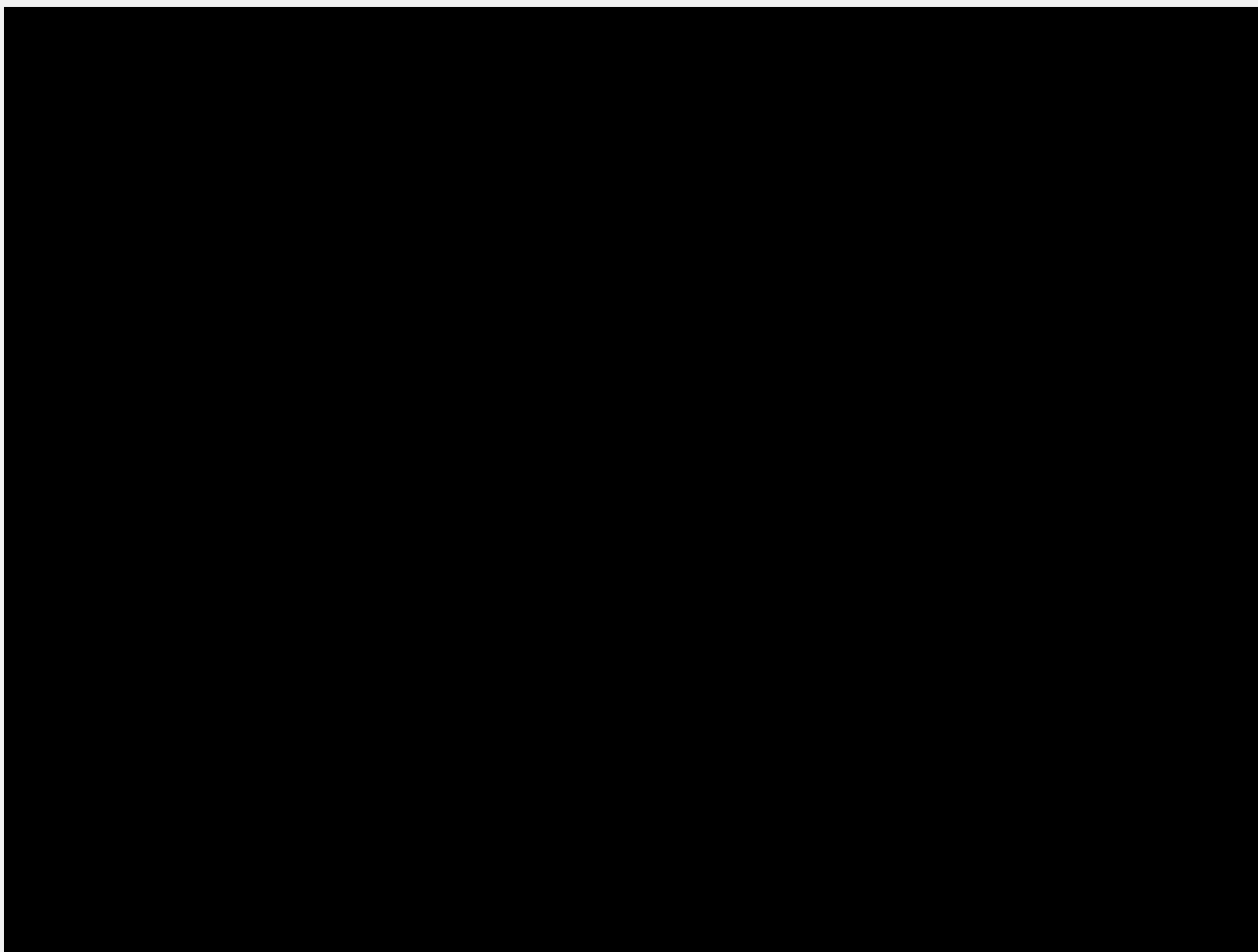
8 mm hrubá vzorka šva
zvárená FSW procesom so
stacionárnym ramenom



Použitie FSW metódy so
stacionárnym ramenom v
lodiarstve



Trecie zvaranie s premiesanim so stacionarnym ramenom



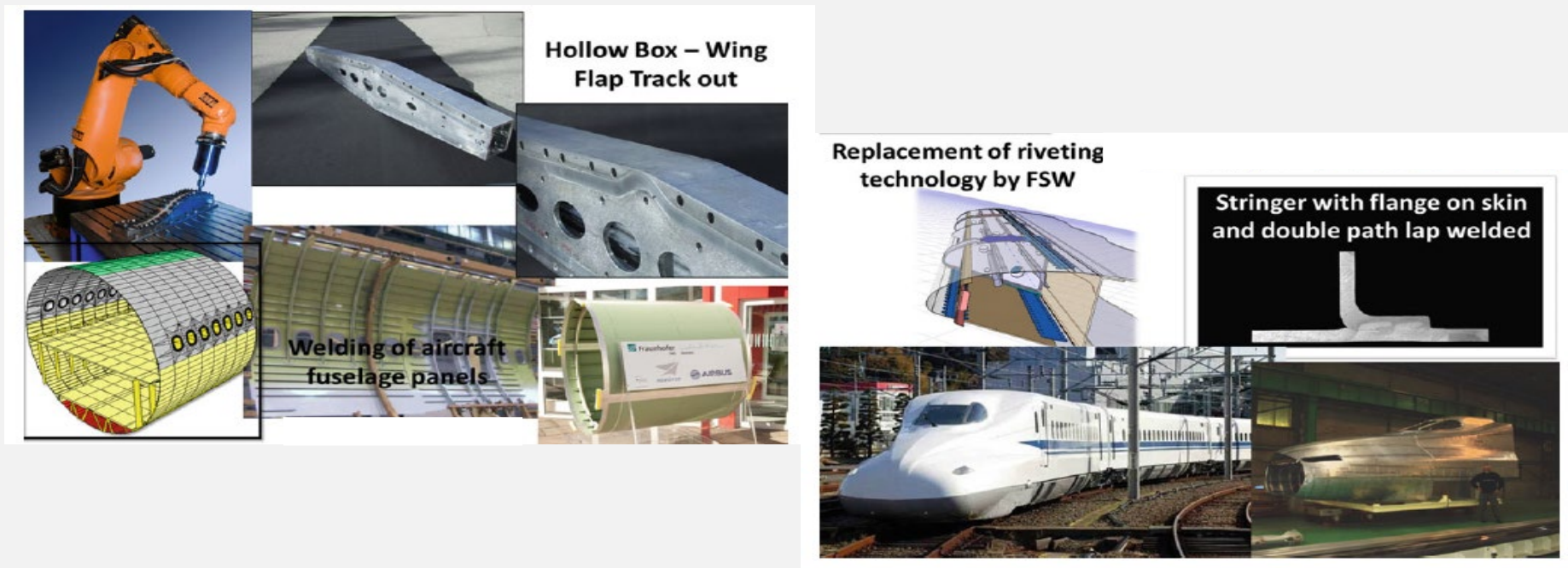
Ukážka z FlexiFab: Robotické FSW so stacionár. ramenom

9.2 Technické špecifikácie pre finálne produkty

- Technické špecifikácie finálnych produktov stanovujú užívatelia. Súčasti, ktoré sa majú zvärať laboratórne alebo priemyselne sú obvykle opatrené špecifikáciami, ktoré sa musia dodržať.
- Špecifikácie vypracúva konštruktér v súlade s príslušnými normami (ISO, AWS, ABS a pod.) pretože konštruktér ovláda zaťaženia a ich rozloženie v súčastiach. Každá súčasť sa musí po zvarení odskúšať v súlade s dodanými špecifikáciami.

9.2 Technické špecifikácie pre finálne produkty

Súčasti lietadiel a vlakov



A few illustrative examples of implementation of friction stir welding (all aircraft related photographs courtesy Airbus Group, Ottobrunn, Germany and Shinkansen photographs courtesy Mr. Gilbert Sylva)

9.3 Odporúčania pre navrhovanie pri FSW metóde

- Trecie zváranie s premiešaním možno použiť na hliníkové a titánové zliatiny ako aj na nerovnorodé materiály a táto metóda sa používa najmä v leteckom a kozmickom priemysle.
- Najnovší výskum umožňuje zvärať titán FSW metódou v hrúbkach od 3mm do 8mm (HZG- Hamburg). Výborné výsledky sa dosiahli aj pri zváraní exotických hliníkových zliatin v hrúbkach od 2mm do 35mm pri celej rade náročných konfigurácií.

Stôl pre FSW metódu



Pohyblivý stôl



FSW stroj



Tvary nástroja

Hrot (nástroj) dokáže vyvinúť deformačný a trecí ohrev. V ideálnom prípade je navrhnutý tak, aby spojil dva povrchy zváraných dielcov rozvalcovaním a premiešaním pred hrotom a premiestnením materiálu za hrot.

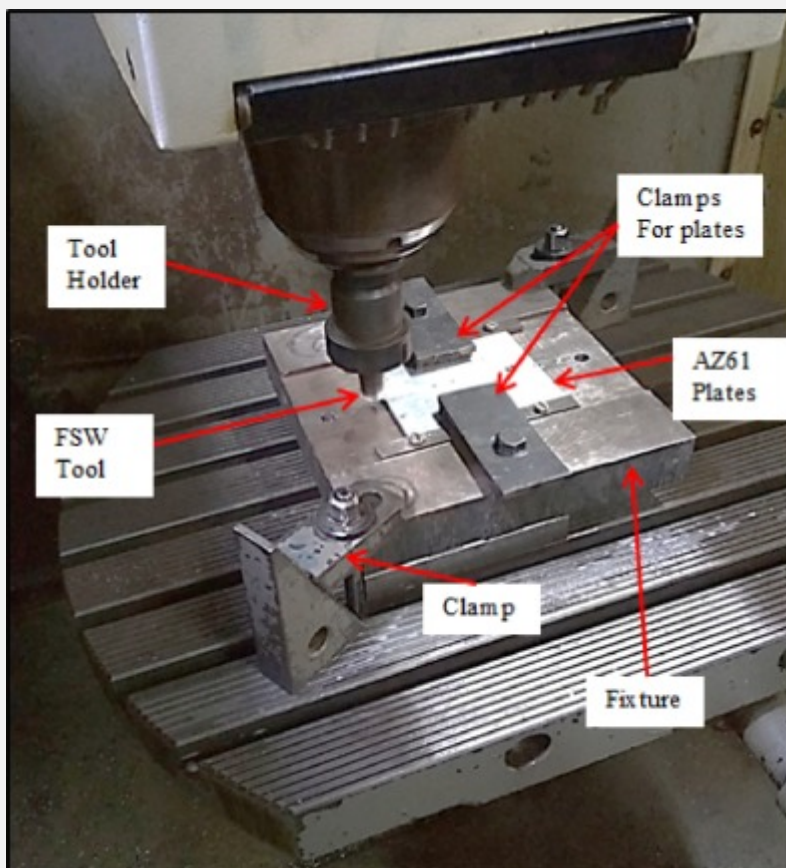
Hĺbka deformácie a rýchlosť posuvu je obvykle závislá na type hrotu. Tvar špičky hrotu môže byť buď rovný alebo vyklenutý. Najbežnejšie používaný je plochý tvar špičky hrotu kvôli jednoduchosti jeho vyhotovenia.

Hlavnou nevýhodou plochého hrotu je potreba značných síl pri ponáraní nástroja. Na druhej strane zaoblený alebo vyklenutý hrot umožňuje znížiť prítlak a opotrebenie nástroja pri ponáraní a tým pádom zvýšiť jeho životnosť eliminovaním koncentrácie lokálnych napätí ako aj zlepšiť kvalitu koreňa zvaru priamo na spodnej strane hrotu.

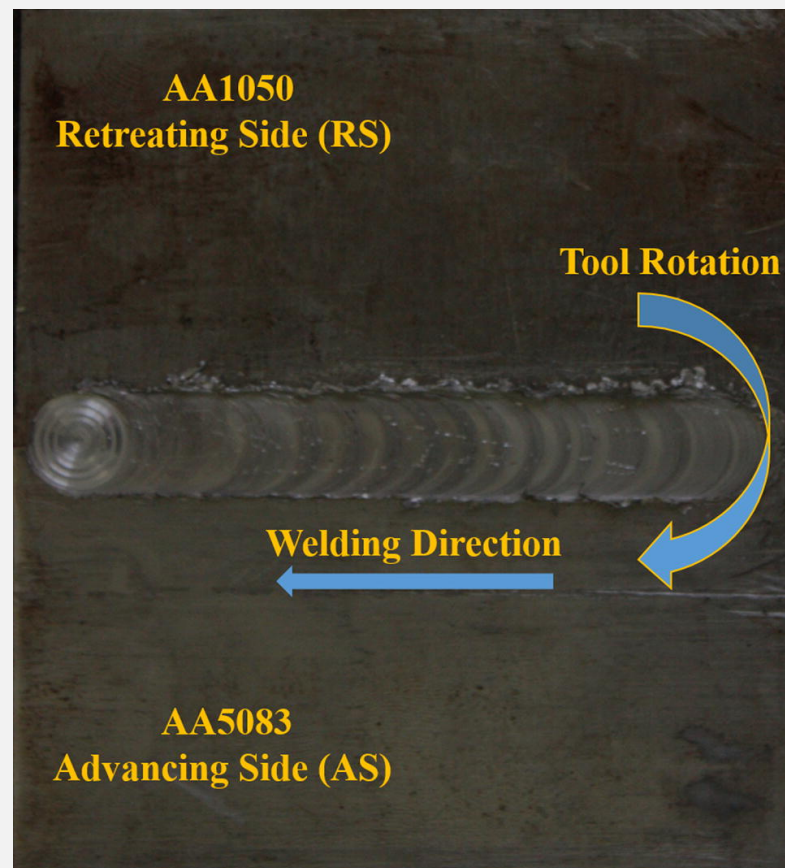
Návrh konfigurácie spoja

- Dielce, ktoré je nutné zvärať v tuhom stave nevyžadujú žiadnu špeciálnu prípravu
- Obvykle sa jedná o tupé zvary a povrch dielcov sa len zafixuje upínacím systémom
- Avšak, je žiadúce vykonať menší počet prípravných operácií pred a po zváraní.

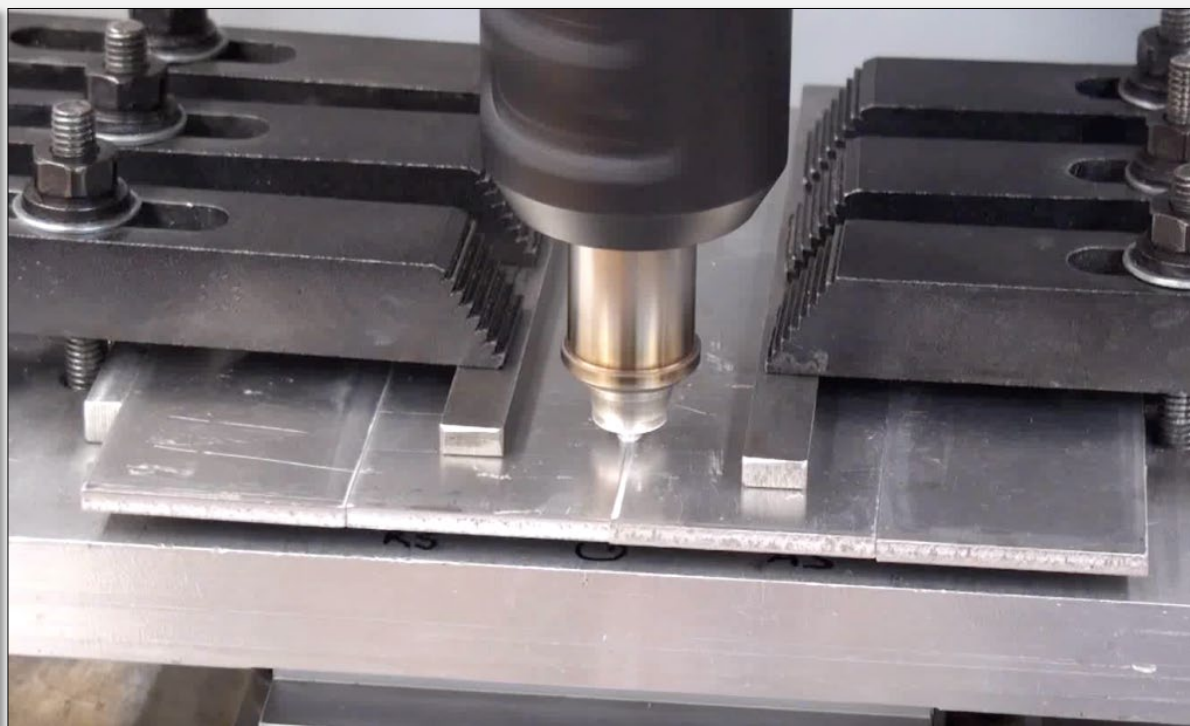




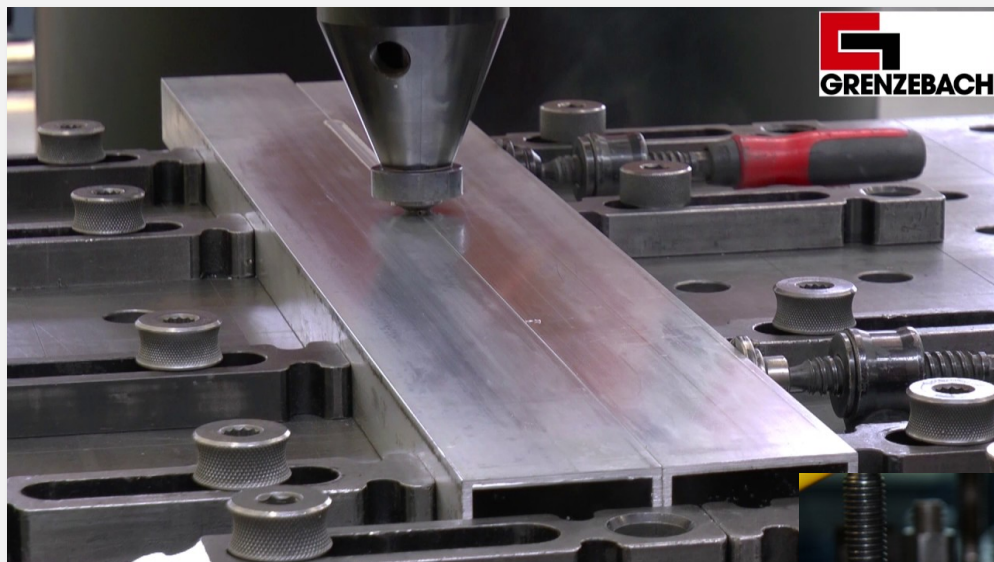
FSW stroj s upínacím systémom



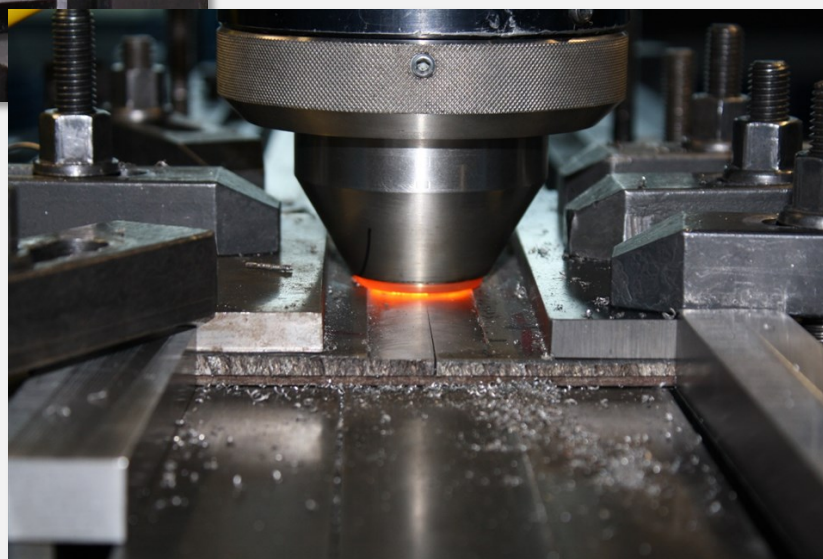
Podrobnosti týkajúce sa rotácie nástroja a smeru zvarovania



FSW zvar – bez úpravy hrán



FSW zvar – bez úpravy hrán



Literatúra

- [1] L. Blaga, S.T. Amancio-Filho, J.F. dos Santos, R. Bancila: Friction Riveting (FricRiveting) as a new joining technique in GFRP lightweight bridge construction
- [2] L. Blaga, S.T. Amancio-Filho, Jorge F. dos Santos, R. Bancila: Fricriveting of civil engineering composite laminates for bridge construction
- [3] Goncalo Pina Cipriano, Lucian A. Blaga, Jorge F. dos Santos, Pedro Vilaca, Sergio T. Amancio-Filho: Fundamentals of Force-Controlled Friction Riveting: Part I – Joint Formation and Heat Development
- [4] Goncalo Pina Cipriano, Lucian A. Blaga, Jorge F. dos Santos, Pedro Vilaca, Sergio T. Amancio-Filho: Fundamentals of Force-Controlled Friction Riveting: Part II – Joint Global Mechanical Performance and Energy Efficiency
- [5] C. Atanasiu, TR. Canta, A. Caracostea, I. Crudu și alții: Încercarea Materialelor, Editura Tehnică, București 1982
- [6] Ș. Panaitescu, Editura Sudura "Sudare prin frecare cu element activ rotitor"
- [7] A. Feier, Timisoara 2018, Raport proiect Disapora - PN-III- P11.1-MCT-2018-0032
- [8] https://www.grenzebach.com/products-markets/friction-stir-welding/?gclid=CjwKCAjwwZrmBRA7EiwA4iMzBKGG6YHJA46kOvr_SqUqvO-pr7gRLA6HMLD2NQkx_J_SkWTI94mtWBoCRmsQAvD_BwE
- [9] <https://www.ramtech.jp/en/equipment/>
- [10] <https://pdfs.semanticscholar.org/3b5d/ff7a85a28d27942956a04223c7f27fd8366d.pdf>



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



Friction Stir Welding European Qualifications

Vďaka za Vašu pozornosť!