



Friction Stir Welding European Qualifications

CU03 – FSW Proces zvarania FSW Špecialista a inžinier



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

3. Dohľad nad procesom zvárania

- 3.1. Navigačné pomocné zariadenie
- 3.2. Hybridné pomocné zariadenie
- 3.3. Problémy objavujúce sa pri FSW

Dohľad nad procesom zvarania

- ✓ Pre dosiahnutie kvalitného zvarového spoja je potrebný dohľad počas celej doby zvaracieho procesu
- ✓ Jednou z možností ako sa vyhnúť defektom, je použiť počas procesu zvarania takzvané prídavné/pomocné zariadenia
- ✓ Pomocné zariadenia môžeme rozdeliť do dvoch základných skupín: navigačné a hybridné

3.1 Navigačné pomocné zariadenie

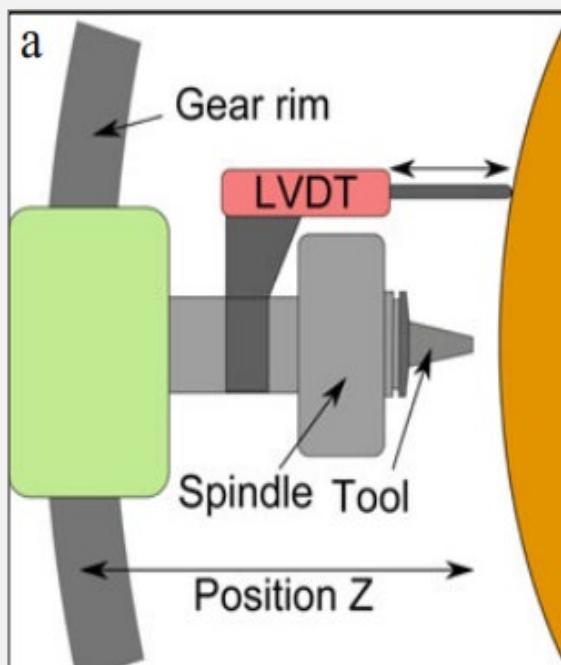
Pomocou navigačného zariadenia je možné kontrolovať:

- správnu polohu/hĺbku ponorenia zvaracieho nástroja
- **Teplotu** počas procesu zvarania

3.1.1 Kontrola hĺbky ponorenia (zváracieho nástroja)

- Hĺbkový snímač využíva axiálnu silu na manipuláciu s hĺbkou ponorenia zváracieho nástroja
- Laserové senzory sa používajú ako signály spätnej väzby pre ovládače
- Experimentálne výsledky preukázali, že pri použití pomocných zariadení (senzory, sondy) a správnom nastavení hĺbky ponorenia zváracieho nástroja sa výskyt defektov, ako je nedostatok koreňovej fúzie a nadmerný blesk, drasticky znížil.

3.1.1. Kontrola hĺbky ponorenia (zváracieho nástroja)



Konfigurácia hĺbkového senzora



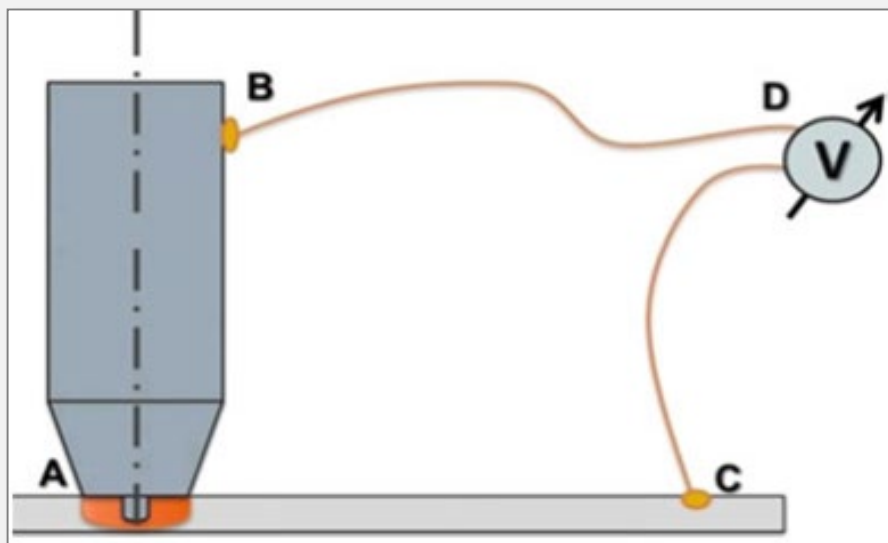
2 lineárne diferenciálne transformátory

3.1.2 Kontrola teploty pri zváraní procesom FSW

- Teplota sa meria pomocou termoelektrického signálu medzi zváraným nástrojom a materiálom.
- Metóda TWT ponúka presné meranie teploty pod osadením nástroja a v blízkosti okrajov nástroja.

3.1.2 Kontrola teploty pri zváraní procesom FSW

Nastavenie na kalibráciu metódy merania teploty

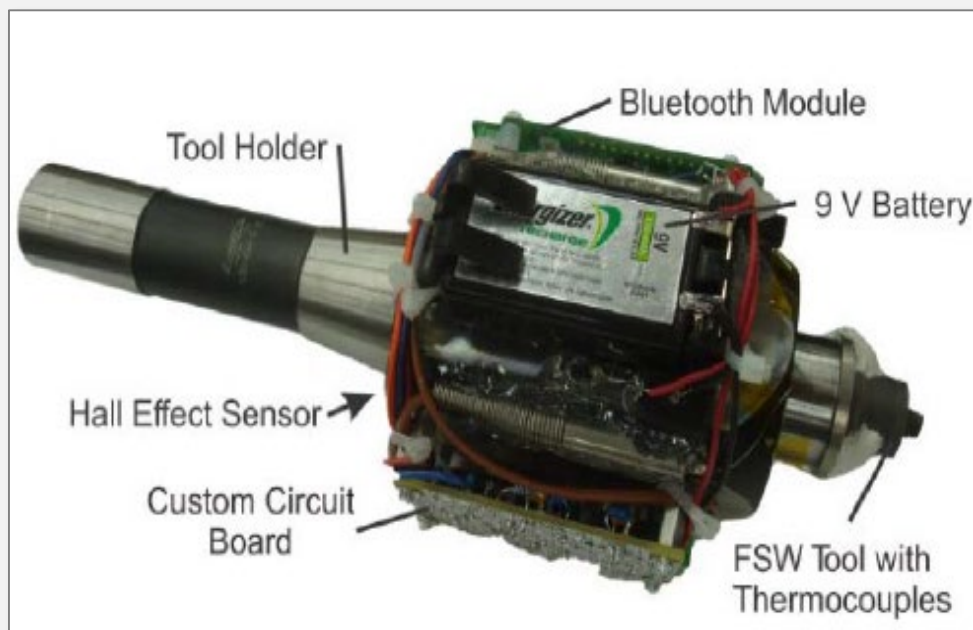


- (A) Tepelná hranica medzi zváracím nástrojom vyrobeným z ocele a zváranými materiálmi z Al zliatiny
- (B, C) Termoelektrické potenciály medzi nástrojom a zváraným materiálom
- (D) Zaznamenaný rozdiel napätia

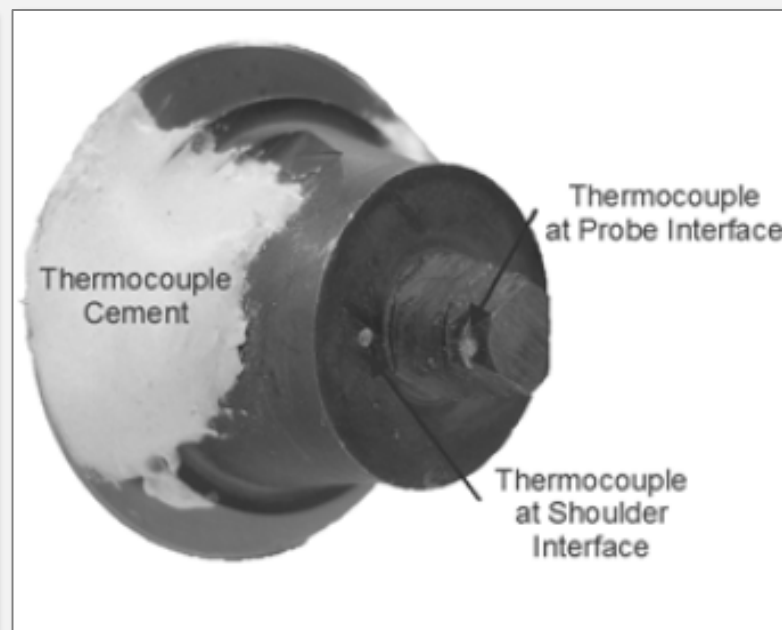
3.1.2 Kontrola teploty pri zváraní procesom FSW

- Další spôsob zlepšenia výroby kvalitných zvarov spočíva v meraní teploty pomocou bezdrôtového prenosu dát.
- Termočlánky sa vkladajú do zváracieho nástroja spolu s bezdrôtovým systémom na prenos údajov.
- Termočlánky by mali byť umiestnené tak, aby boli čo najbližšie k hranici medzi zváraným materiálom a zváracím nástrojom.

3.1.2. Kontrola teploty pri zváraní procesom FSW



Držiak náradia pre proces FSW a distribúciu termočlánkov

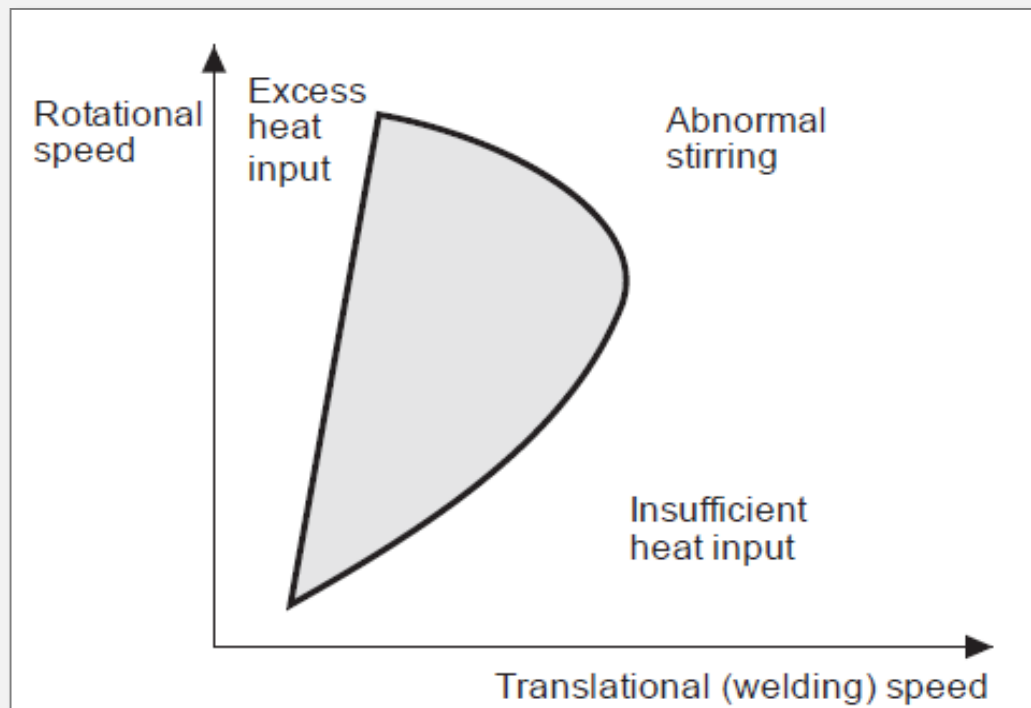


Podrobné rozdelenie termočlánkov

3.2 Problémy objavujúce sa pri FSW

- Medzi hlavné parametre procesu FSW patrí rýchlosť zvarania a otáčky zvaracieho nástroja.
- Tieto hlavné parametre zvarania spôsobia buď dostatočné alebo nedostatočné zásobovanie teplom potrebné na plastifikáciu zvaraného materiálu.
- Problémy, ktoré sa vyskytnú počas procesu zvarania úzko súvisia s výberom vhodných parametrov zvarania.

3.2 Problémy objavujúce sa pri FSW



Rozsah vhodných parametrov zvarovania pre proces
FSW

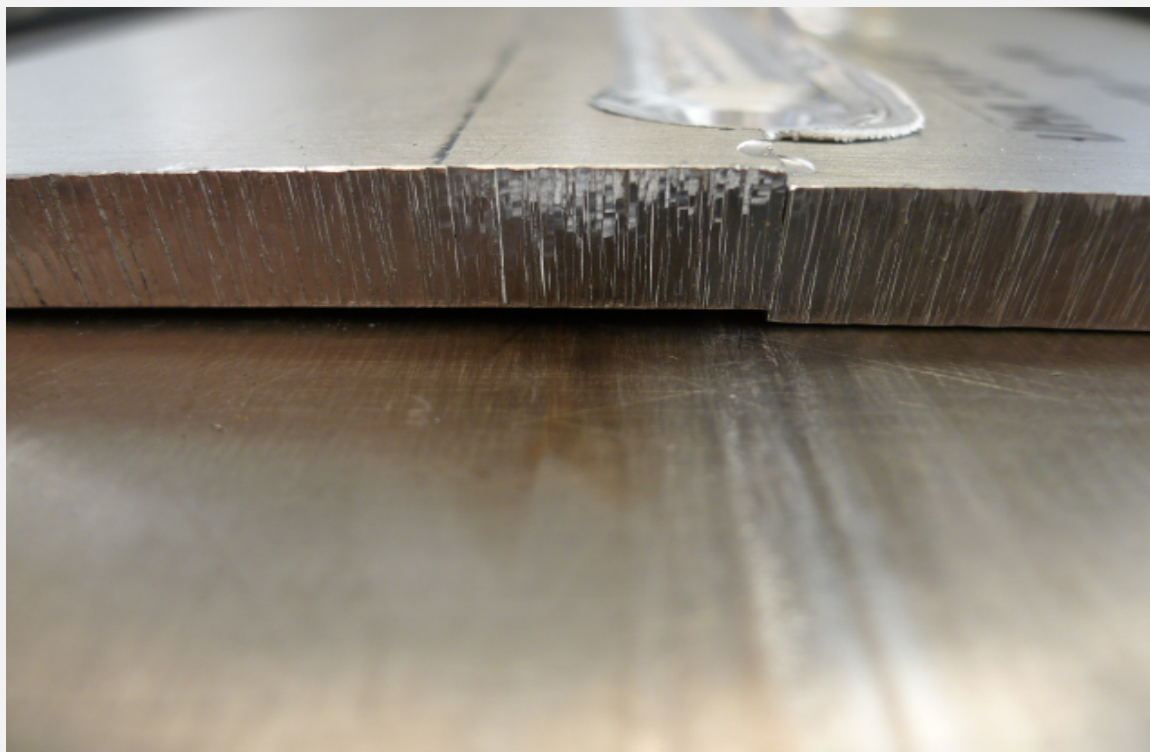
3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

- Chyby vzniknuté pri zvaraní sa klasifikujú na: povrchové alebo vnútorné chyby
- Povrchové chyby, ktoré možno pozorovať voľným okom, zahŕňajú:
 - Nadmerné množstvo materiálu
 - Povrchová drážka pozdĺž zvarovej čiary
 - Opotrebovaný / poškodený zvarací nástroj.
- Vnútorné chyby, ktoré nie je možné pozorovať voľným okom (počas procesu zvarania), ako sú zle premiešané väzby na koreňové väzby, podpovrchové dutiny a praskliny, môžu byť odstránené deštruktívnymi technikami po ukončení zvarania.

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

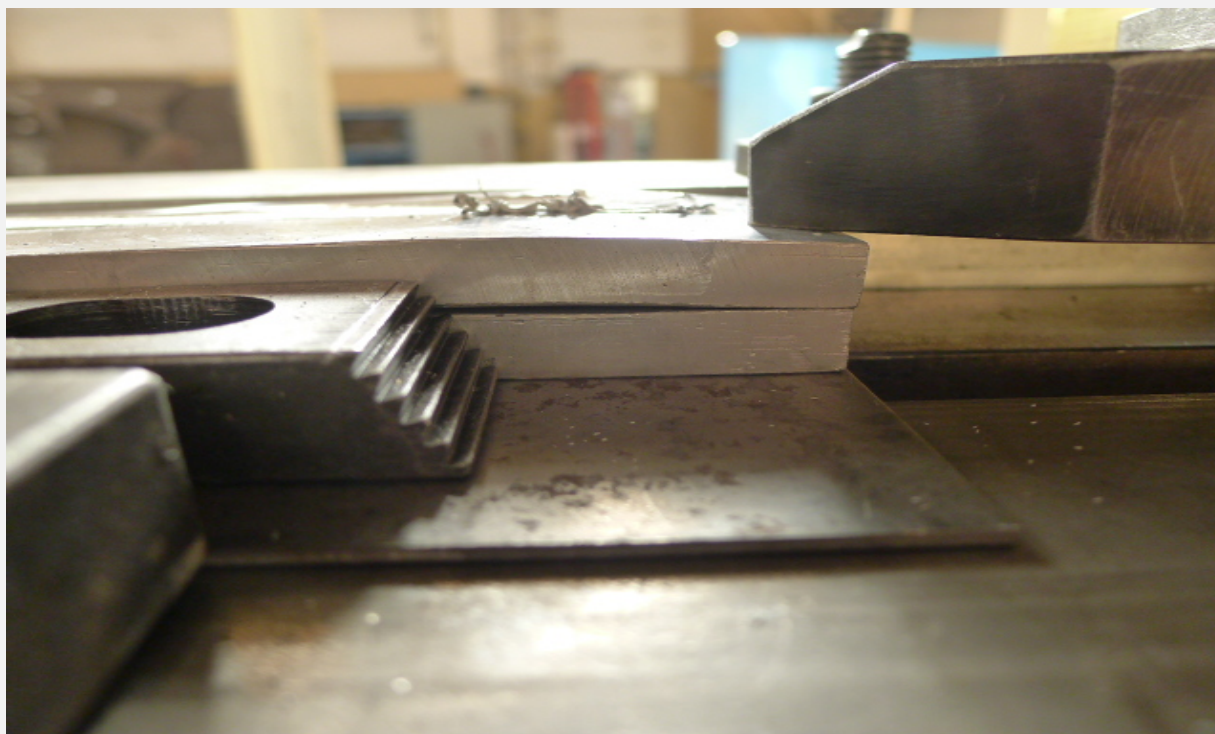
- Pri počiatocnom prieniku zvaracieho nástroja do zvaraného materiálu môže dôjsť k **vytlačeniu zvarených dosiek** z upínacieho mechanizmu, čo vedie k nežiadúcej medzere, ktorá spôsobuje ich nerovnomerné premiešanie.
- **Nesprávne upnutie** zvaraných dosiek môže spôsobiť narušenie zvaraného materiálu.
- V prípade výskytu takého problému je potrebné upraviť hĺbku ponorenia zvaracieho nástroja a / alebo rýchlosť ponorenia zvaracieho nástroja.
- Vo väčšine prípadov stačí utiahnuť uvoľnené zvieracie svorníky, ktoré slúžia na pripevnenie zvaraného materiálu na zvaráciu podperu (stôl).

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie



Zdvíhanie zvaraného materiálu z dôvodu nedostatočnej zvieracej sily pôsobiacej na materiál - tupý spoj

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

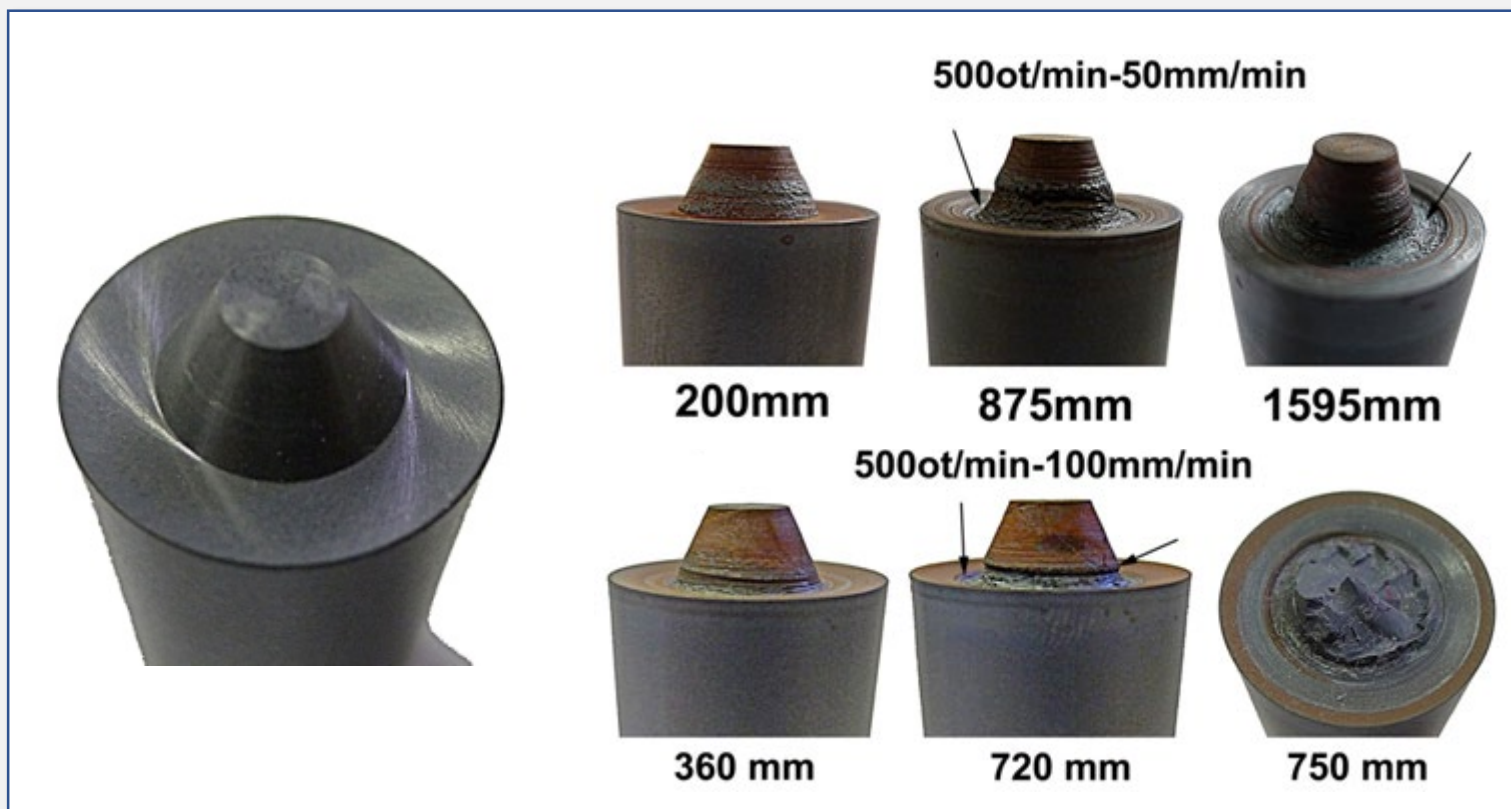


Zdvíhanie zváraného materiálu z dôvodu nedostatočnej zvieracej sily pôsobiacej na materiál - prekrývaný spoj

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

- Opatrebenie zvaracieho nástroja môže byť ovplyvnené hĺbkou ponorenia zvaracieho nástroja, rýchlosťou zvarania a otáčkami zvaracieho nástroja.
- Pri nedostatočnej rýchlosti zvarania a otáčkach zvaracieho nástroja je zvarový materiál prilepený na zvaracom nástroji, čo vedie k nedostatočne premiešanému zvaranému materiálu.
- Jediným spôsobom, ako sa vyhnúť opotrebeniu zvaracieho nástroja, je optimalizácia parametrov zvarania, ako je rýchlosť zvarania, otáčky a geometria zvaracieho nástroja.

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie



Opotrebenie zváracieho nástroja vyrobeného z Si₃N₄

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

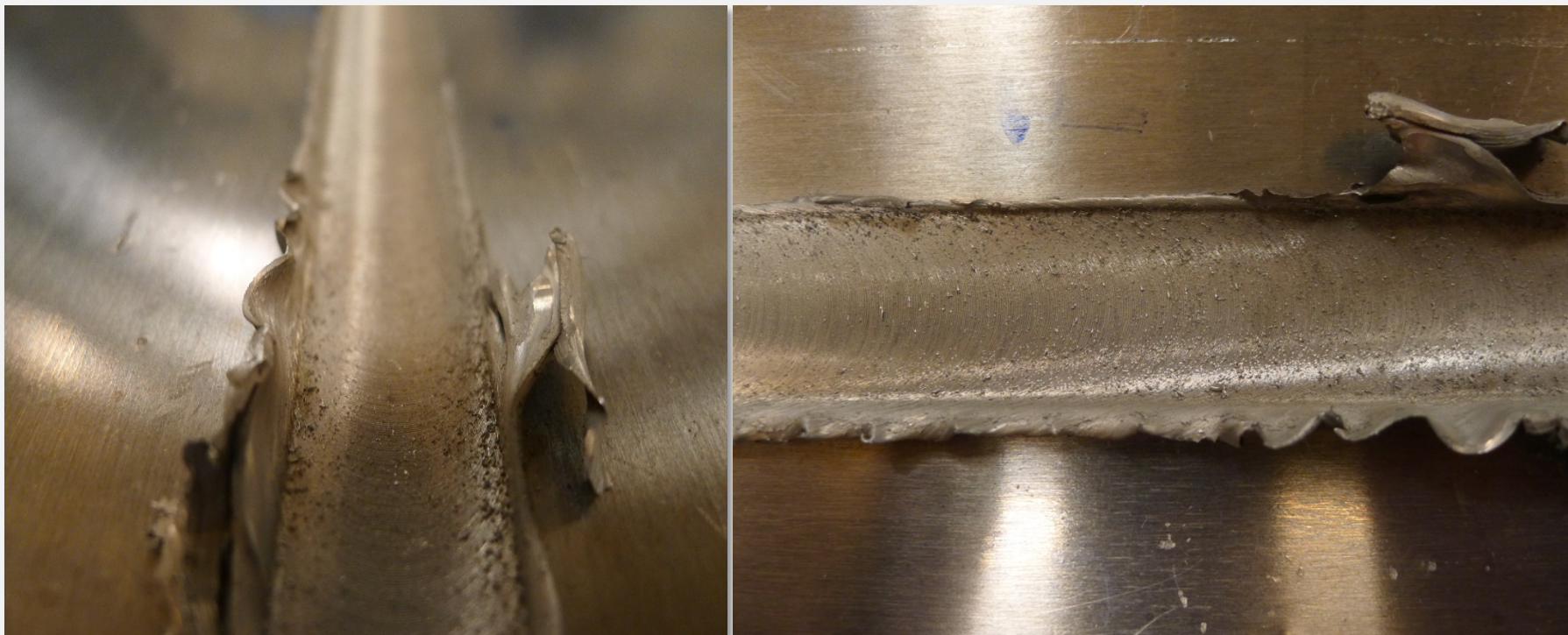


Opotrebené zvaracie nástroje vyrobené z ocele typu 19554 (H13)

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

- Častá nezhoda (chyba) vyskytujúca sa počas procesu zvárania spočíva v tom, že zvärací nástroj vytlačuje nadbytočné množstvo zváraného materiálu na povrch, čo spôsobuje jeho určité vyčerpanie.
- Táto chyba je označená ako nadmerný záblesk.
- Hlavnou príčinou nadmerného vytvárania zábleskov je nadmerné ponorenie (zanorenie) zväracieho nástroja v smere hrúbky zváraného materiálu.
- V prípade, že je na povrchu pozorované vytlačenie zo zváraného materiálu, stačí zvärací nástroj posunúť axiálne smerom nahor.
- Zvarový spoj s nadmerným prečistením má neprijateľný vzhľad, aj keď pevnostné vlastnosti zváraného spoja môžu byť v niektorých prípadoch prijateľné.

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

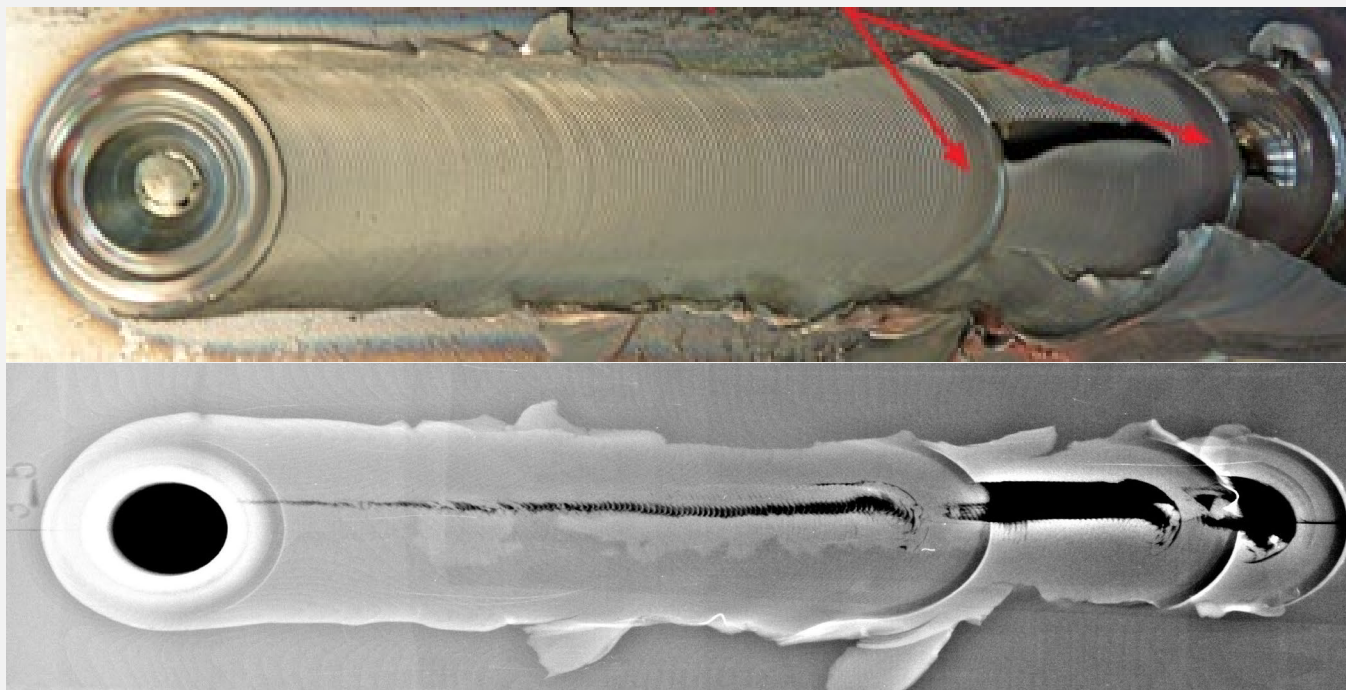


Zváraný spoj s nadmerným zábleskom

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

- Pri príliš vysokom nastavení rýchlosti zvarania nastáva problém s nedostatočným premiešaním zvaraného materiálu.
- Pri výskyte takéhoto problému je na povrchu zvaraného materiálu vytvorený pozdĺžny súvislý drážkový kanál.
- V takom prípade je potrebné upraviť parametre zvarania, najmä rýchlosť zvarania a použiť vhodnú geometriu zvaracieho nástroja.

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie



Pozdĺžny súvislý drážkový kanál

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

- Ďalším problémom je to, že na konci procesu zvarania zostáva na zvaranom materiáli odtlačok zvaracieho nástroja.
- Tento problém sa rieši pridaním spojovacej platne - ďalšieho materiálu, na ktorý zvarací nástroj prejde počas zvarania z privareného materiálu.

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie



Výbeh zvaracieho nástroja bez spojovacej dosky

3.2.1 Najbežnejšie základné problémy a aktivity na ich odstránenie

- Pri zváraní ocelí sa vyskytujú vysoké teploty, ktoré môžu spôsobiť prilepenie zváraného materiálu na zváracu podperu (stôl).
- Aby sa predišlo takémuto problému, na zváracu podporu sa ukladá súvislá vrstva prášku (napríklad prášok PCBN), ktorá zabraňuje prilepeniu.

Záver

- ✓ Rovnako ako v prípade všetkých technológií zvarovania, aj v prípade procesu FSW sa nesmie zabúdať na opatrenia týkajúce sa bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP).
- ✓ V prípade porušenia bezpečnostných opatrení týkajúcich sa FSW môžu hroziť nasledujúce riziká: rezanie, pálenie kože, poškodenie očí a tváre.
- ✓ Výroba zvukovo zvaraného spoja, buď s použitím pomocného zariadenia alebo bez a predtým uvedeným problémom, je možná iba optimalizáciou parametrov zvarovania.