

# Klasifikacija grešaka u zavarenim spojevima i klase kvalitete zavarenih spojeva

---

Đurđek, Martino

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:048281>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

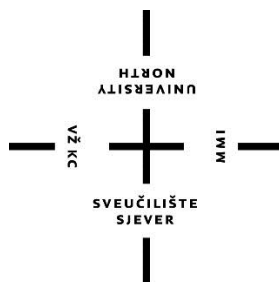
Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-12**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



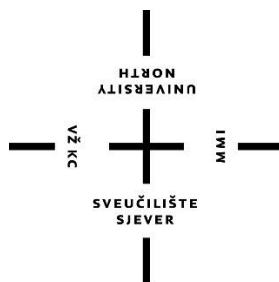


# **Sveučilište Sjever**

**Završni rad br. 191/PS/2016**

## **Klasifikacija grešaka u zavarenim spojevima i klase kvalitete zavarenih spojeva**

**Martino Đurdek, 5609/601**



# **Sveučilište Sjever**

**Odjel za strojarstvo**

**Završni rad br. 191/PS/2016**

## **Klasifikacija grešaka u zavarenim spojevima i klase kvalitete zavarenih spojeva**

**Student**

Martino Đurđek, 5609/601

**Mentor**

Ivan Samardžić, prof.dr.sc.

Varaždin, listopad 2016. godine

## **Predgovor**

*Zahvaljujem se svima koji su mi pomogli u izradi završnog rada, mentoru prof.dr.sc. Ivanu Samardžiću na svim savjetima i razumijevanju, te prof. Marku Horvatu, dipl.ing. na usmjeravanju prilikom izrade završnog rada. Posebno zahvaljujem svojoj obitelji, prijateljima i zaručnici Gordani na podršci i strpljenju tijekom studiranja.*

# Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

|             |                                                                                 |             |                 |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| ODJEL       | Odjel za strojarstvo                                                            |             |                 |
| PRESTUPNIK  | Martino Đurđek                                                                  | NATČIN BROJ | 5609/601        |
| DATA        | 20.09.2016.                                                                     | KOLIKO      | Tehnologija III |
| NASLOV RADA | Klasifikacija grešaka u zavarenim spojevima i klase kvalitete zavarenih spojeva |             |                 |

NASLOV RADA NA  
ENGL. JEZIKU Classification of imperfections in welded joints and quality levels of welded joints

|                      |                                     |        |                             |
|----------------------|-------------------------------------|--------|-----------------------------|
| MENTOR               | prof. dr. sc. Ivan Samardžić        | VRHNIK | redoviti profesor u TZ, IWE |
| ČLANOVI POVJERENSTVA | 1. izv. prof. dr. sc. Željko Kondić |        |                             |
|                      | 2. prof. dr. sc. Ivan Samardžić     |        |                             |
|                      | 3. Marko Horvat, dipl. ing.         |        |                             |
|                      | 4. _____                            |        |                             |
|                      | 5. _____                            |        |                             |

## Zadatak završnog rada

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BROJ | 181/PS/2016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| OPIS | U radu je potrebno objasniti:<br>1. Klasifikaciju grešaka u zavarenim spojevima izvedenim taljenjem prema HRN EN 25520: 2007.<br>2. Detaljnije opisati pojedine greške sukladno HRN EN 25520: 2007.<br>3. Navedi uzroke nastajanja i mjere za sprječavanje nastajanja pojedinih grešaka.<br>4. Klase zavarenih spojeva sukladno HRN EN 5817: 2014. Pojasni zahtjeve za razine kvalitete sukladno HRN EN 5817: 2014.<br>5. Zaključak |

ZADATAK PRIJEDEN

27.09.2016.



PODPIS MENTOR

I. Samardžić

## Sažetak

U ovom radu obrađena je detaljna klasifikacija grešaka u zavarenim spojevima prema HRN EN 26520:2007 te klase zavarenih spojeva i razine kvalitete sukladno EN ISO 5817: 2014. U prvom djelu definirane su greške i popraćene skicama. Također navedeni su uzroci nastajanja i mjere za sprječavanje pojedinih grešaka.

U sljedećem djelu rada definirane su klase kvalitete zavarenih spojeva koje vrijede za sve tipove čelika, nikla i titana te njihovih legura, ručno, mehaničko i automatsko zavarivanje te za sve tipove zavarenih spojeva. Također vrijede za materijale debljine  $\geq 0,5$  mm. U potpunosti su pokriveni provareni sučeoni i kutni zavareni spojevi.

**Ključne riječi:** zavarivanje, pogreške, HRN EN 26520:2007, klase zavarenih spojeva, EN ISO 5817: 2014

## **Abstract**

This work describe precise classification of imperfections in welded joints according to HRN EN 26520:2007, classes and quality levels of welded joints according to EN ISO 5817: 2014. The first part defines imperfections with explanations and illustrations. It also describes cause of imperfections and measures to prevent certain imperfections.

The following part of this work describes classes and quality levels of fusion-welded joints, which are valid of all type of steel, nickel, titanium and their alloys, manual, mechanized and automatic welding. It applies to material thickness  $\geq 0,5$  mm. It covers fully penetrated butt welds and all fillet welds.

**Key words:** welding, imperfections, HRN EN 26520:2007, quality levels of welded joints, EN ISO 5817: 2014

## Korišteni simboli i kratice

**ZUT** – zona utjecaja topline

**OM** – osnovni materijal

**ZT** – zona taljenja

**REL** – ručno elektrolučno zavarivanje

**MIG** – zavarivanje metala u zaštiti inertnog plina

**MAG** – zavarivanje metala u zaštiti aktivnog plina

**TIG** – elektrolučno zavarivanje volframovom elektrodom u zaštiti inertnog plina

**EPP** – elektrolučno zavarivanje pod praškom

**ISO** – Međunarodna organizacija za norme

**EN** – eng. European Standard – Europska norma

**$a$**  – zadana debljina (visina) kutnog zavora

**$A$**  – područje koje okružuje pore

**$b$**  – širina nadvišenja zavora

**$d$**  – promjer pore

**$d_A$**  – promjer područja koje okružuje pore

**$h$**  – širina i visina pogreške

**$l$**  – dužina pogreške u uzdužnom smjeru

**$l_p$**  – duljina proiciranog poprečnog presjeka

**$s$**  – nazivna debljina sučeonog zavora

**$t$**  – debljina ploče

**$w_p$**  – širina zavora

**$z$**  – zadana veličina stranice kutnog zavora

**$\alpha$**  – kut zavora

**$\beta$**  – kut odstupanja od zadanog pravca

**$i$**  – penetracija u kutnom zavoru

**$r$**  – radijus zavora

# Sadržaj:

|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. UVOD.....</b>                                                                     | <b>1</b>  |
| <b>2. GREŠKE U ZAVARIVANJU PREMA HRN 26520: 2007 .....</b>                              | <b>3</b>  |
| 2.1. PUKOTINE (TABELA 2.1) .....                                                        | 3         |
| 2.1.1. Hladne pukotine.....                                                             | 5         |
| 2.1.2. Vruće pukotine.....                                                              | 6         |
| 2.2. POROZNOSTI (TABELA 2.2).....                                                       | 7         |
| 2.3. ČVRSTI UKLJUČCI (TABELA 2.3) .....                                                 | 12        |
| 2.4. NALJEPLJIVANJE I NEDOVOLJAN PROVAR (TABELA 2.4).....                               | 15        |
| 2.5. POGREŠKE OBLIKA ZAVARA (TABELA 2.5).....                                           | 17        |
| 2.5.1. Ugorine u zavaru .....                                                           | 22        |
| 2.5.2. Preveliko nadvišenje zavara.....                                                 | 22        |
| 2.5.3. Pretjerana konveksnost (ispupčenost) zavara.....                                 | 23        |
| 2.5.4. Preveliki provar.....                                                            | 23        |
| 2.5.5. Greška prijelaza .....                                                           | 23        |
| 2.5.6. Posmaknutost u sučeljavanju i odstupanje od zadanog pravca .....                 | 24        |
| 2.5.7. Utonulost zavara (Slika 2.18).....                                               | 24        |
| 2.5.8. Nedovoljno popunjen zavar.....                                                   | 24        |
| 2.5.9. Nesimetrični kut zavara.....                                                     | 25        |
| 2.5.10. Neravnomjerna širina zavara (Slika 2.21).....                                   | 25        |
| 2.5.11. Neravnomjerna površina zavara (Slika 2.22).....                                 | 25        |
| 2.5.12. Uvučen korijen zavara .....                                                     | 26        |
| 2.5.13. Nepravilno izveden nastavak zavara .....                                        | 27        |
| 2.6. OSTALE POGREŠKE (TABELA 2.6) .....                                                 | 27        |
| 2.6.1. Oštećenja električnim lukom.....                                                 | 29        |
| 2.6.2. Onečišćenje kapljicama metala.....                                               | 29        |
| 2.6.3. Ostala mehanička oštećenja.....                                                  | 30        |
| 2.6.4. Pobojanost.....                                                                  | 30        |
| <b>3. UZROCI I MJERE ZA SPRJEČAVANJE POJEDINIH POGREŠAKA .....</b>                      | <b>31</b> |
| <b>4. ZAHTJEVI ZA RAZINE KVALITETE I KLASJE ZAVARENIH SPOJEVA SUKLADNO EN ISO 5817:</b> |           |
| <b>2014    33</b>                                                                       |           |
| 4.1. ZAHTJEVI ZA RAZINE KVALITETE .....                                                 | 33        |
| 4.1.1. Nadzor prije zavarivanja.....                                                    | 33        |
| 4.1.2. Nadzor tijekom zavarivanja.....                                                  | 34        |
| 4.1.3. Nadzor nakon zavarivanja .....                                                   | 34        |
| 4.1.4. Vizualna provjera .....                                                          | 34        |
| 4.1.5. Ispitivanja bez razaranja .....                                                  | 34        |
| 4.1.6. Ispitivanja zavarenih spojeva razaranjem .....                                   | 36        |

|           |                                  |           |
|-----------|----------------------------------|-----------|
| 4.2.      | EN ISO 5817: 2014 .....          | 36        |
| 4.3.      | POVRŠINSKE POGREŠKE .....        | 37        |
| 4.4.      | UNUTARNJE POGREŠKE .....         | 40        |
| 4.5.      | POGREŠKE U GEOMETRIJI SPOJA..... | 43        |
| 4.6.      | VIŠESTRUKNE NEPRAVILNOSTI.....   | 44        |
| <b>5.</b> | <b>ZAKLJUČAK.....</b>            | <b>46</b> |
| <b>6.</b> | <b>POPIS LITERATURE .....</b>    | <b>47</b> |

# 1. Uvod

Pogreške u zavarenim spojevima gotovo je nemoguće izbjeći. Da kvaliteta zavarenog spoja zadovoljava najstrože kriterije izbor materijala i zavarivača mora biti odličan, uvjeti izrade najpovoljniji, a kontrola potpuna. Prije izbora kvalitete zavarenog spoja mora se uzeti u obzir estetika zavarenog spoja, vrsta naprezanja, radni uvjeti te posljedica otkazivanja spoja. Ekonomski faktor također se mora uzeti u obzir.

Kvaliteta zavarenog spoja ocjenjuje se vrstom, veličinom i učestalošću pojave pogrešaka, čvrstoćom spoja, metalurškom strukturom i svojstvima metala u ZUT-u i zaostalim unutarnjim naprezanjima i deformacijama. I najmanja pogreška koja se pojavi u zavarenom spoju, izravno utječe na njegova mehanička i metalurška svojstva, uporabivost i funkcionalnost zavarene konstrukcije kao cjeline.

U praksi najčešće posljedice, koje utječu na pojavu pogrešaka su:

- loša zavarljivost osnovnog materijala
- neodgovarajući dodatni materijal
- neprikladna oprema za zavarivanje
- loše primijenjen postupak zavarivanja
- neizvježbanost zavarivača, itd.

Površinski nedostaci te nedostaci u unutrašnjosti zavarenog spoja otkrivaju se radiografskim i ultrazvučnim ispitivanjima, dok se vizualnim pregledom, magnetskim ispitivanjem, penetrantskim tekućinama pronalaze površinski nedostaci. Svi značajniji nedostaci moraju se redovito ukloniti.

Poreške u zavarenim spojevima izvedenim taljenjem sukladno normi HRN EN 26520:2007 možemo svrstati u šest osnovnih grupa (Tabela 1.1).

*Tabela 1.1 Pogreške u zavarenim spojevima [15]*

| Osnovna grupa | Oznaka grupe | Vrsta pogreške                     |
|---------------|--------------|------------------------------------|
| 1             | 100          | Pukotine                           |
| 2             | 200          | Poroznosti                         |
| 3             | 300          | Čvrste uključine                   |
| 4             | 400          | Naljepljivanje i nedovoljan provar |
| 5             | 500          | Pogreške oblika zavara             |
| 6             | 600          | Ostale pogreške                    |

Pukotine predstavljaju izuzetno opasnu i nepoželjnu vrstu pogreške, a nastaju kao posljedica prekida metalnog kontinuiteta, do kojeg može doći zbog stezanja metala zavora, upetosti zavarivih dijelova, povišenih unutarnjih naprezanja, i dr. Prema uzroku i vremenu nastajanja mogu biti hladne, tople, zbog naknadnog zagrijavanja te uslijed lamelarnog odvajanja.

Poroznost su mjesta ispunjena stlačenim plinom u metalu zavora. Nastaju od zasotalog plina tijekom zavarivanja, a mogu biti i posljedica nečistoća na površinama zavarivanog spoja, vlažnosti, lošeg izvođenja zavarivanja.

Razne uključine posljedica su zaostajanja nečistoća i drugih neistaljenih čestica u metalu šava, a mogu biti uključine troske, uključine praška, uključine oksida i dr. Najčešći uzrok nastajanja uključina je nedovoljno čišćenje troske među slojevima zavora.

Nedostaci u obliku nedovoljnog protaljivanja javljaju se, najčešće, između metala zavora i osnovnog metala, tj. između pojedinih zavora u šavu, a posljedica su loše tehnike rada zavarivača, premale jakosti struje zavarivanja, nečistoća zasostalih na mjestu spajanja.

Pogreške oblika zavora su svako odstupanje od zadanog oblika zavora, poput nepravilnosti oblika lica i naličja šava.

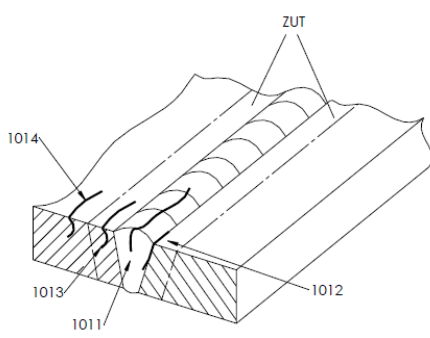
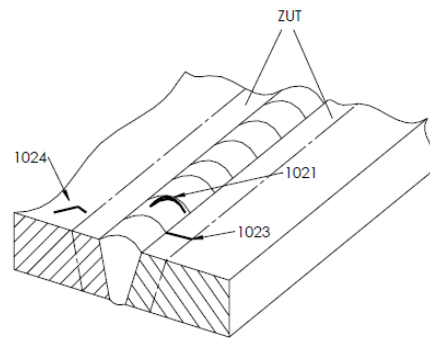
Ostale pogreške su svi ostali nedostaci koji se ne mogu svrstati u prije navedene grupe pogrešaka. To su mjestimična oštećenja površine osnovnog materijala uz rub zavora, nastala kao posljedica velikog njihanja elektrode, onečišćenje raspršenim kapljicama metala, razna površinska oštećenja osnovnog materijala ili metala zavora, smanjenje debljine zavarenog spoja nastalo brušenjem ili drugim doradama. [1],[6],[3],[4],[15]

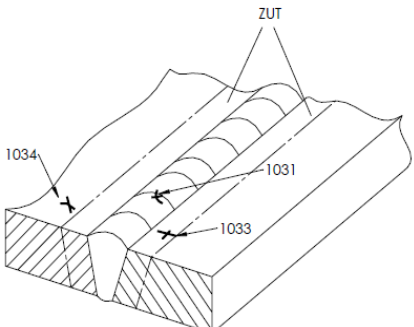
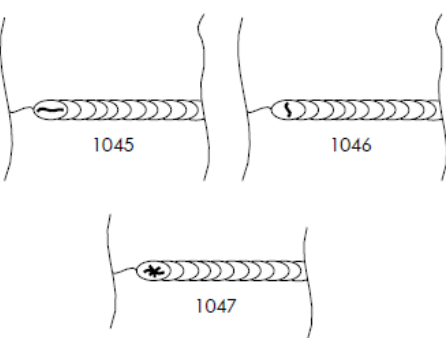
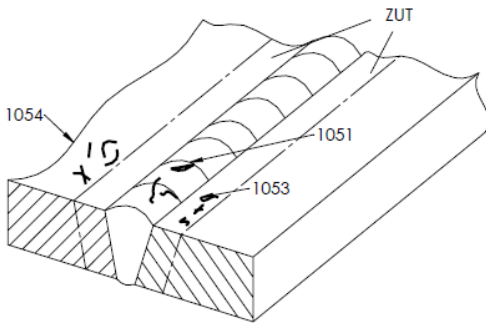
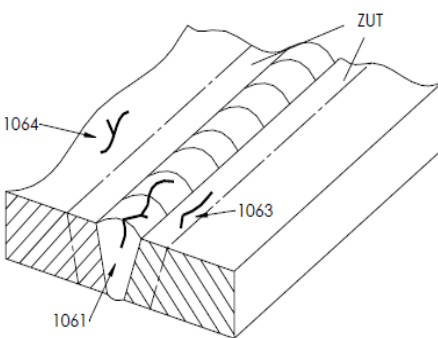
## 2. Greške u zavarivanju prema HRN 26520: 2007

### 2.1. Pukotine (Tabela 2.1)

Najopasnije greške u zavarenom spoju su pukotine jer smanjuju čvrstoću i presjek zavarenog spoja i zbog toga su samo uvijetno dopuštene. Nastaju pri hlađenju zavarenog spoja i djelovanja naprezanja zbog topline unešene zavarivanjem. Prema uzroku nastajanja pukotine se dijele na hladne i tople pukotine. Najčešće pukotine u praksi jesu hladne pukotine. [1],[2]

Tabela 2.1 Pukotine u zavarenom spoju (HRN EN 26520: 2007) [3]

| Oznaka                                      | Naziv i prikaz                                                                                                | Objašnjenje                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 100                                         | Pukotine                                                                                                      | Mehanički diskontinuitet koji nastaje kao rezultat loma u zavarenom spoju, a kao posljedica utjecaja zavarivanja.                                                                                                 |
| 1001                                        | Mikropukotine                                                                                                 | Pukotine vidljive samo pomoću mikroskopa.                                                                                                                                                                         |
| 101<br><br>1011<br>1012<br><br>1013<br>1014 | Uzdužne pukotine<br><br>  | Pukotine koje su uzdužne na zavar, a mogu biti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- U zavaru</li> <li>- Na granici pretaljivanja</li> <li>- U ZUT-u</li> <li>- Izvan ZUT-a, u osnovnom materijalu</li> </ul> |
| 102<br><br>1021<br>1023<br>1024             | Poprečne pukotine<br><br> | Pukotine koje su poprečne na zavar, a mogu biti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- U zavaru</li> <li>- U ZUT-u</li> <li>- Izvan ZUT-a, u osnovnom materijalu</li> </ul>                                    |

|                                 |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 103<br><br>1031<br>1033<br>1034 | Pukotine zvjezdastog oblika<br><br>      | Pukotine koje proizlaze iz istog mjesta i zrakasto se rasprostiru. Mogu se nalaziti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- U zavaru</li> <li>- U ZUT-u</li> <li>- Izvan ZUT-a u osnovom materijalu</li> </ul>                                             |
| 104<br><br>1041<br>1042<br>1043 | Pukotine u završnom krateru<br><br>      | Pukotine u završnom krateru šava; mogu biti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uzdužno na zavar</li> <li>- Poprečno na zavar</li> <li>- Zvjezdasta</li> </ul>                                                                                         |
| 105<br><br>1051<br>1053<br>1054 | Pukotine u odvojenim skupinama<br><br> | Pukotine u odvojenim skupinama sa različitom orijentacijom; mogu biti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- U zavaru</li> <li>- U ZUT-u</li> <li>- Izvan ZUT-a u osnovom materijalu</li> </ul>                                                           |
| 106<br><br>1061<br>1063<br>1064 | Razgranate pukotine<br><br>            | Pukotine koje su međusobno ovisne i polaze iz jedne zajedničke pukotine. Treba ih razlikovati od pukotina 103 i 105; mogu biti: <ul style="list-style-type: none"> <li>- U zavaru</li> <li>- U ZUT-u</li> <li>- Izvan ZUT-a u osnovnom materijalu</li> </ul> |

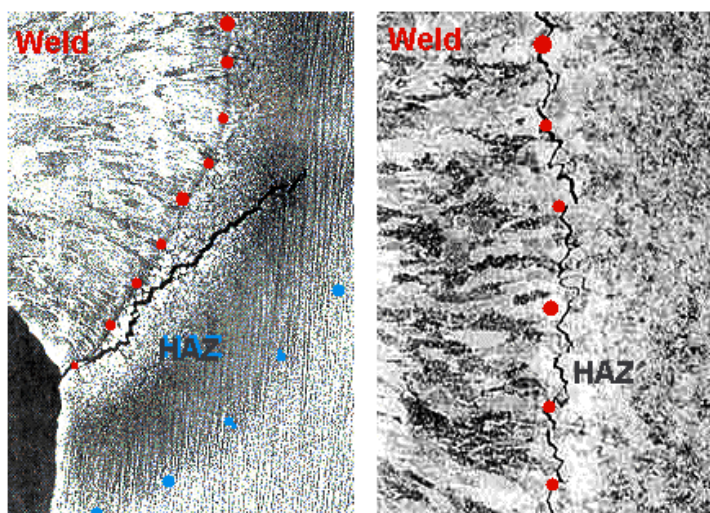
### 2.1.1. Hladne pukotine

Hladne pukotine (Slika 2.1 i Slika 2.2) nastaju pri hlađenju zavarenog spoja na temperaturi ispod 200 °C, a čak mogu nastati i nekoliko dana nakon zavarivanja. Podjednako nastaju u ZUT-u i u ZT, a pojavljuju se uglavnom kod zavarivanja čelika povišene i visoke čvrstoće. Mogu se pojaviti poprečno ili uzdužno na zavar i mogu biti vidljive ili nevidljive. Tri su osnovna uzroka nastajanja hladnih pukotina (potrebna su sva 3 čimbenika):

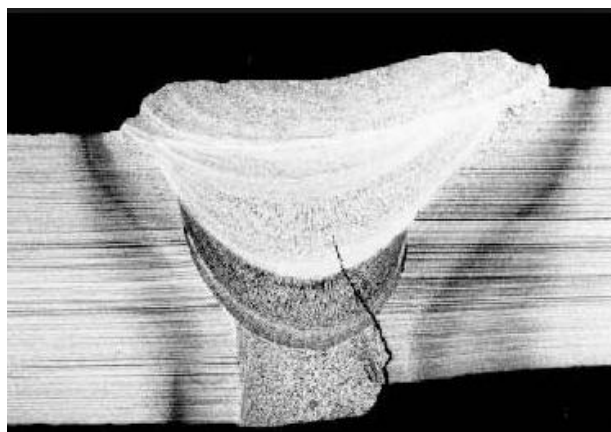
- količina difuzijskog vodika
- postojanje zaostalih napetosti
- sklonost materijala prema zakaljivanju

Mjere za sprječavanje nastajanja hladnih pukotina su:

- eliminiranje vodika iz zvara (kvalitetna zaštita el. luka, kvalitetno čišćenje žljeba za zavarivanje od masnoća, ispravno rukovanje dodatnim materijalom)
- predgrijavanje osnovnog materijala u toku zavarivanja i prije jer se predgrijavanjem smanjuje brzina hlađenja što za posljedicu ima manje zakaljivanje, dulje trajanje hlađenja i puno veću mogućnost izlaska vodika iz zvara, također niže su vrijednosti zaostalih naprezanja
- višeslojno zavarivanjem
- korištenje austenitnog dodatnog materijala
- smanjivanje krutosti konstrukcije [2],[5]



Slika 2.1 Hladne pukotine u ZUT-u [12]



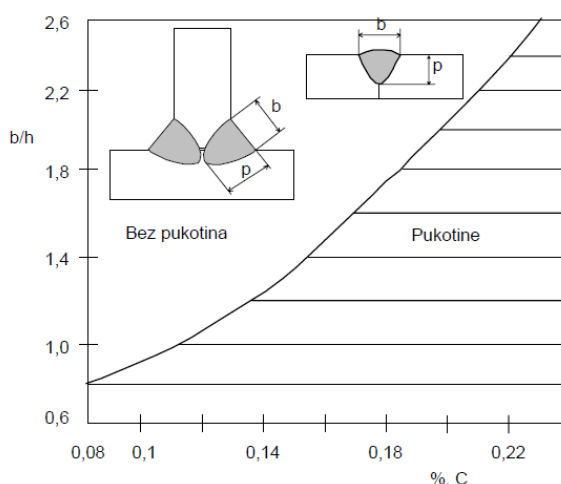
*Slika 2.2 Hladna pukotina u ZT [13]*

### 2.1.2. Vruće pukotine

Vruće pukotine (Slika 2.4) nastaju na temperaturi oko 800 °C kod skrućivanja čelika. Nastaju kad je zavar još u toplom stanju, a primjećuju se odmah nakon skidanja troske. Nastaju u posljednoj fazi skrućivanja metala zavara, a razlog je različita temperatura pojedinih dijelova zavara, što može dovesti do segregacije metala zavara. Ove pukotine nastaju u ZUT-u, ali i u zoni taljenja zavarenog spoja. Prijelomna površina, zbog oksidacije površine pukotine na visokim temperaturama, je tamna. Vruće pukotine dijelimo na kristalizacijske i podsolidusne.

Kristalizacijske vruće pukotine nastaju pri kristalizaciji u ZT. Do pukotine dolazi tijekom skupljanja zavara zbog djelovanja naprazanja. Podsolidusne pukotine su posljedica postojanja nečistoća koje su raspoređene po granicama zrna osnovnog materijala u ZUT-u.

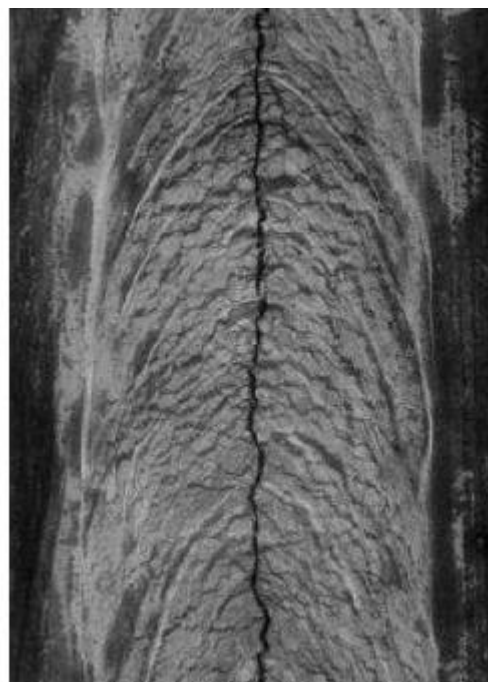
Pojavljivanje vrućih pukotina obzirom na odnos penetracije i širina zavara prema sadržaju ugljika u zavaru (Slika 2.3).



*Slika 2.3 Odnos b/p na pojavu kristalizacijskih pukotina [6]*

Mjere za sprječavanje vrućih pukotina:

- konstrukcijska rješenja zavarene konstrukcije izvoditi sa što manje ukrućenosti zavarenog sklopa
- izbor odgovarajućih dodatnih materijala za zavarivanje
- pravilan izbor postupaka i uvjeta zavarivanja
- sušenje elektroda i praška prije zavarivanja
- ograničiti unos topline tijekom zavarivanja
- čistoća u pripremi spoja za zavarivanje, što znači održavanje velike čistoće mjesta zavarivanja od vlage, masnoća i drugih nečistoća
- izvoditi pravilno početak i prekid zavarivanja, te pravilnu popunu završnog kratera
- izbjegavati oštećenja površine materijala električnim lukom i oštrim alatima
- provoditi redoslijed zavarivanja koji osigurava najmanja zaostala naprezanja u zavarenom spoju [6], [7]



*Slika 2.4 Vruće pukotine [5]*

## **2.2. Poroznosti (Tabela 2.2)**

Poroznosti (Slika 2.5 i 2.6) su mjesta ispunjena stlačenim plinom koji se pojavljuju u zavaru i na površini zavora u obliku šupljina. Nastaju od zaostalog plina tijekom zavarivanja. Najčešće su to dušik i vodik jer imaju veću topivost u rastaljenom nego u čvrstom materijalu.

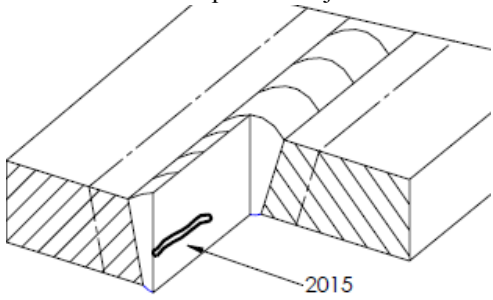
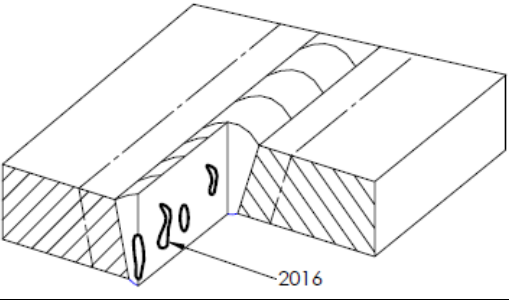
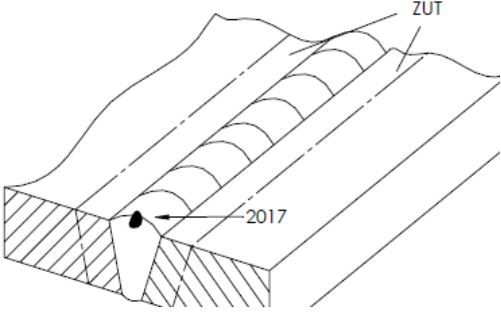
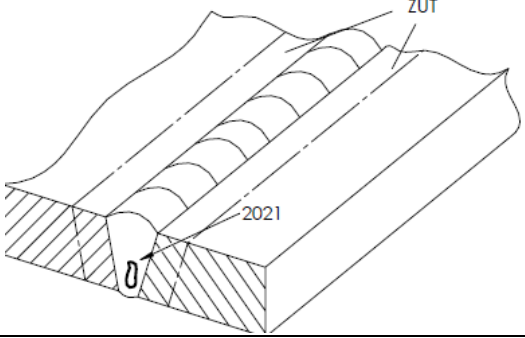
Metal zavora u rastaljenom stanju može upiti znatne količine plinova. Dok se kisik upija u spoju sa ugljikom (ugljični monoksid), dušik i vodik upijaju se izravno. Ohlađivanjem taline

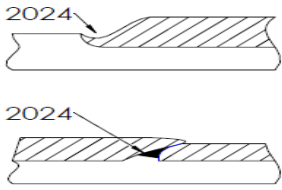
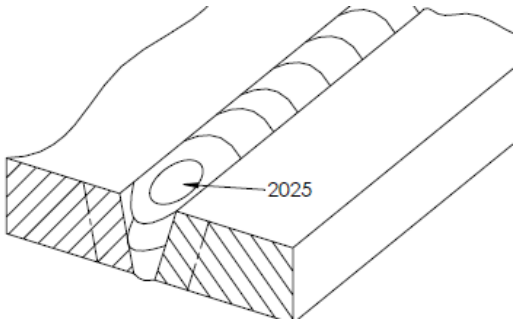
plinovi naglo izranjaju iz metala. Ako je brzina skrućivanja metala veća od brzine izlučivanja plinova, plinovi u obliku mjehurića ostaju zarobljeni u zavaru.

U ovu grupu pogrešaka spadaju razne vrste plinskih pora, kraterskih lijevaka, šupljina, usahlina uslijed stezanja i dr. [1], [8]

*Tabela 2.2 Poroznosti u zavarenom spoju (HRN EN 26520: 2007) [3]*

| Oznaka | Naziv i prikaz              | Objašnjenje                                                                   |
|--------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 200    | Šupljine                    | Šupljine bez plina.                                                           |
| 201    | Plinski uključci            | Plinom ispunjene šupljine.                                                    |
| 2011   | Plinski mjehurić-pora       | Pojedinačni plinski mjehur, uključak ili pora, loptastog oblika u zavaru.     |
| 2012   | Plinski mjehurići-poroznost | Više jednoliko raspoređenih plinskih mjehurića u metalu zavara.               |
| 2013   | Gnijezdo plinskih mjehurića | Mjestimična skupina plinskih mjehurića – pora u metalu zavara.                |
| 2014   | Plinski mjehurići u nizu    | Plinski mjehuri u nizu raspoređeni duž linije koja je paralelna s osi zavara. |

|      |                                                                                                                        |                                                                                                                           |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2015 | <p>Izduženi plinski uključak</p>     | <p>Veći plinski uključak izduženog oblika u metalu zavora, približno usporedan s osi zavora.</p>                          |
| 2016 | <p>Cjevasti plinski uključak</p>     | <p>Plinski uključak u obliku cjevastih šupljina koji se u metalu zavora prostire okomito ili razgranato na os zavora.</p> |
| 2017 | <p>Površinski otvoreni mjehuri</p>  | <p>Na površini zavora vidljivi otvor – pora.</p>                                                                          |
| 2018 | <p>Površinski otvoreni mjehuri</p>                                                                                     | <p>Pore vidljive na površini zavora.</p>                                                                                  |
| 202  | <p>Šupljine</p>                                                                                                        | <p>Šupljina u zavaru nastala skrućivanjem zavora.</p>                                                                     |
| 2021 | <p>Makrošupljina</p>               | <p>Šupljina izduženog oblika, stvara se u toku hlađenja, može biti ispunjena plinom i okmita je na lice zavora.</p>       |

|      |                                                                                                                   |                                                                                              |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2024 | Šupljine u završnom krateru<br>  | Šupljine na mjestu nastavka zavora, a nastaju kod prekidanja el. luka i skrućivanjem taline. |
| 2025 | Šupljine u završnom krateru<br> | Otvoreni krater sa šupljinom koja smanjuje presjek zavora.                                   |
| 203  | Mikrošupljina                                                                                                     | Šupljina u zavaru vidljiva samo mikroskopom.                                                 |
| 2031 | Interkristalna mikrošupljina                                                                                      | Međukristalna mikrošupljina u zavaru vidljiva samo mikroskopom.                              |
| 2032 | Transgranularna mikrošupljina                                                                                     | Transgranularna mikrošupljina koja nastaje tijekom skrućivanja. Vidljiva samo mikroskopom.   |

Šupljine različito utječu na čvrstoću zavarenog spoja. Otvorene pore na površini štetno djeluju u zavarenom spoju. Također, štetno djeluju kod oscilirajućih opterećenja konstrukcije jer s vremenom dolazi do pojava pukotina povezivanjem između pojedinih pora. Pojavi poroznosti obično su sklona mjesta završetka i početka zavarivanja. Glavni razlozi pojavljivanja pora u zavaru su:

- korozija, ulje, boja na mjestu zavora te vlaga koja je prisutna, pogotovo kod zavarivanja po hladnom vremenu
- vlaga u dodatnom materijalu (prašku, zaštitnom plinu te u oblozi elektrode)
- slaba zaštita procesa zavora
- jak vjetar
- krivi parametri zavarivanja

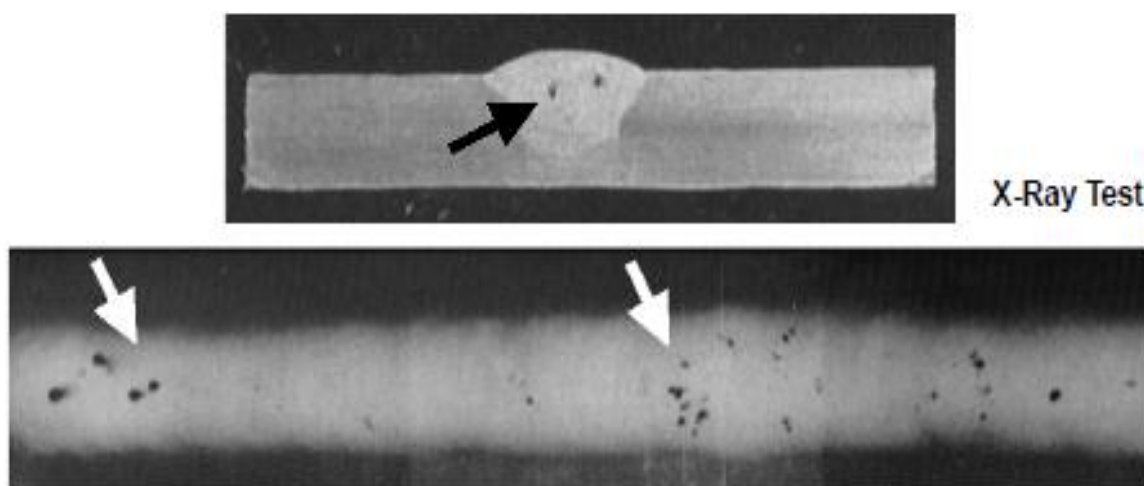
Neke od mjera za sprječavanje pojave poroznosti:

- očistiti mjesta zavarivanja
- osušiti prašak te elektrode prije zavarivanja

- koristiti dovoljnu količinu zaštitnog plina
- odgovarajući zaštitni plin
- pravilno uspostavljanje i prekidanje električnog luka
- odgovarajući parametri zavarivanja (jakost struje, napon)
- plinskim plamenikom osušiti spoj prije zavarivanja pri hladnijim vremenskim uvjetima
- ispravna tehnika rada (pravi nagib pištolja ili elektrode te pravilno održavanje visine električnog luka) [1], [2], [5]



*Slika 2.5 Šupljina u završnom krateru (2025) [8]*

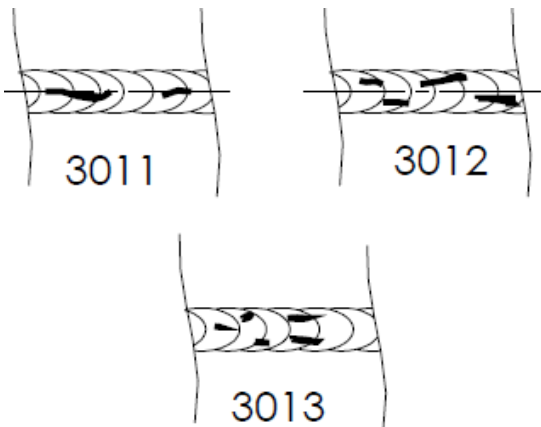


*Slika 2.6 Gnijezdo plinskih mjehurića (2013) [8]*

## 2.3. Čvrsti uključci (Tabela 2.3)

Čvrsti uključci su strana tijela u metalu zavora. Mogu biti metali (uključak volframa ili oksidna kožica u zavaru aluminijske legure) i nemetali (troska i prašak). Uključci se mogu pojavljivati kao pojedine čestice ili duže linije. Najčešći razlog postojanja troske u zavarenom spoju je slabo očišćena troska u jednom od prijašnjih prolaza. Također, uključci troske mogu nastati zbog nepravilnog rada (sporog zavarivanja) jer mala brzina zavarivanja stvara široki zavar i talina bježi ispred električnog luka i pokriva trosku. Uključci oksidne kožice javljaju se kod slabog čišćenja oksidne kožice na površini žljeba kod MIG i TIG zavarivanja Al i Al-legura. Uključci nisu uobičajeni u automatskom zavarivanju. Stvaranje čvrstih uključaka usko je povezano sa nastajanjem pukotina. U ovu grupu pogrešaka spadaju uključci troske (Slika 2.7), uključci praška, uključci oksida (Slika 2.8), uključci oksidne kožice te stranog metala.

Tabela 2.3 Čvrsti uključci u zavarenom spoju (HRN EN 26520: 2007) [3]

| Oznaka                      | Naziv i prikaz                                                                                          | Objašnjenje                                                                             |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 300                         | Čvrsti uključci                                                                                         | Čvrsti strani materijal zarobljen u materijalu zavora                                   |
| 301<br>3011<br>3012<br>3013 | Uključak troske<br> | Uključak od troske u metalu zavora. Može biti:<br>- u nizu<br>- izolirani<br>- ostali   |
| 302<br>3021<br>3022<br>3023 | Uključak praška<br>(Vidi 3011, 3012, 3013)                                                              | Ostatak praška zarobljen u zavaru. Može biti:<br>- u nizu<br>- pojedinačni<br>- ostali  |
| 303<br>3031<br>3032<br>3033 | Uključak oksida<br>(Vidi 3011, 3012, 3013)                                                              | Uključak nastao od metalnog oksida. Može biti:<br>- u nizu<br>- pojedinačni<br>- ostali |

|      |                                                    |                                                                                                       |
|------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3034 | Uključak oksidne kože<br>(Vidi 3011, 3012, 3013)   | U nekim slučajevima, pogotovo kod zavarivanja Al i Al-legura, može se pojaviti uključak oksidne kože. |
| 304  | Uključak stranog metala<br>(Vidi 3011, 3012, 3013) | Uključak stranog metala zarobljen u metalu zavora. Može biti:                                         |
| 3041 |                                                    | - volfram                                                                                             |
| 3042 |                                                    | - bakar                                                                                               |
| 3043 |                                                    | - ostali metali                                                                                       |

Isto kao i šupljine, čvrsti uključci negativno utječu na čvrstoću zavarenog spoja. Na mjestima uključaka povećavane su koncentracije naprezanja u zavoru. Kao i kod šupljina količina, oblik te veličina uključaka utječe na čvrstoću zavarenog spoja. Uključci stranog metala (Slika 2.9), pogotovo volframa, tipični su kod TIG zavarivanja. Vrlo su opasni jer su po prirodi akutnog oblika i mogu uzrokovati pukotine. Glavni uzroci pojavljivanja uključaka su:

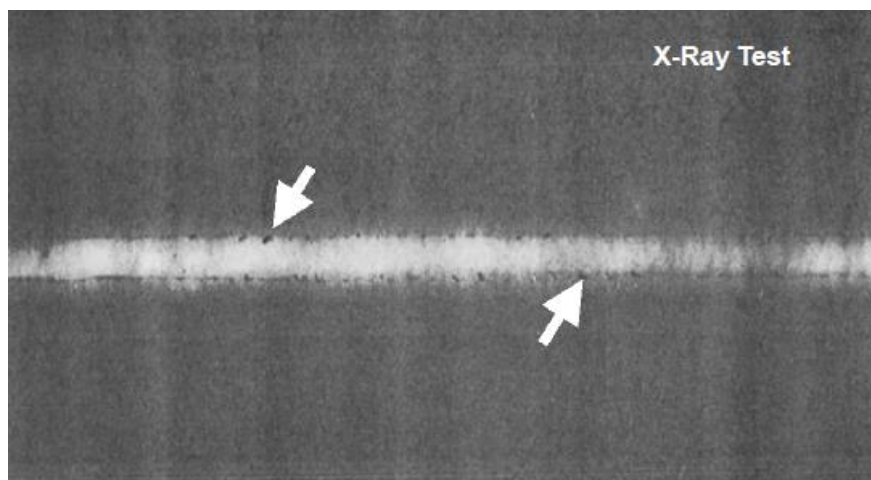
- neodgovarajući parametri zavarivanja (jakost struje, napon)
- neispravna tehnika rada
- slabo očišćena troska u jednom od prijašnjih prolaza

Neke od mjera za sprječavanje uključaka:

- vrlo je važno pažljivo i u potpunosti maknuti trosku sa zavarenog spoja kod višeslojnog zavarivanja
- ispravna tehnika rada (pravilan nagib pištolja i elektrode te pravilno održavanje visine električnog luka)
- kod TIG zavarivanja Al i Al-legura talina zavora ne smije dodirivati vrh volframove elektrode; očistiti oksidnu kožicu [2], [7]



*Slika 2.7 Uključak oksida (303)[5]*



*Slika 2.8 Uključak troske (301)[2]*

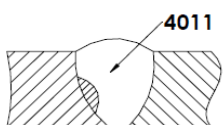
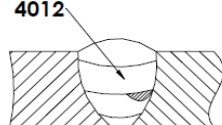
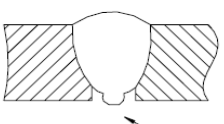
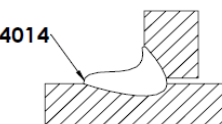
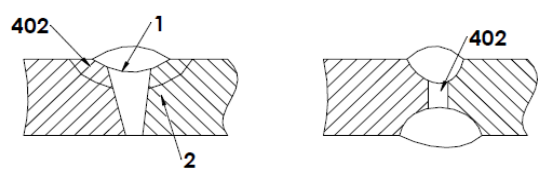
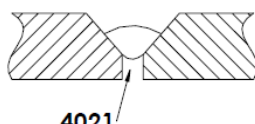
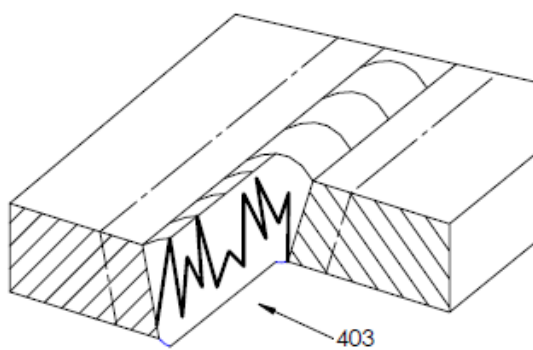


*Slika 2.9 Uključak stranog metala (304)[5]*

## 2.4. Naljepljivanje i nedovoljan provar (Tabela 2.4)

Naljepljivanje je pogreška nepostojanja čvrste strukturne veze u zavarenom spoju. Na tim mjestima izostaje čvrsta strukturna veza u zavarenom spoju. Nedovoljni provar je nedovoljno protaljivanje po cijelom presjeku zavarenog spoja, tj. neprovarivanje korijena zavora. [1], [5]

*Tabela 2.4 Naljepljivanje i nedovoljan provar (HRN EN 26520: 2007) [3]*

| Oznaka | Naziv i prikaz                                                                       | Objašnjenje                                                                                                                              |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 400    | Naljepljivanje i nedovoljan provar                                                   | Naljepljivanje i nedovoljan provar.                                                                                                      |
| 401    | Naljepljivanje                                                                       | Nepostojanje čvrste veze u zavarenom spoju. Može biti naljepljivanje:                                                                    |
| 4011   |     | - na stranice žlijeba                                                                                                                    |
| 4012   |    | - između slojeva zavora                                                                                                                  |
| 4013   |     | - u korijenu zavora                                                                                                                      |
| 4014   |    | - mikronaljepljivanje (eng. „cold laps“)                                                                                                 |
| 402    | Nedovoljni provar                                                                    | Razlika između stvarnog (1) i pravilnog (2) (normalnog) protaljivanja zavarenog spoja.                                                   |
|        |  |                                                                                                                                          |
| 4021   | Neprovarivanje korijena zavora                                                       | Nedovoljno protaljivanje korijena zavora.                                                                                                |
|        |   |                                                                                                                                          |
| 403    | Formiranje šiljaka                                                                   | Izrazito neravnomjerno protaljivanje koje izgleda pilasto, a javlja se kod zavarivanja elektronskim snopom te kod laserskog zavarivanja. |
|        |  |                                                                                                                                          |

Pogreške naljepljivanja (Slika 2.10 i 2.11 i 2.12) i nedovoljnog provara izuzetno su opasne na dinamički opterećenim konstrukcijama. Iako u zavarenom spoju nisu dopuštene mogu se dopustiti u slabije opterećenim konstrukcijama. Glavni uzroci pojavljivanja naljepljivanja i nedovoljnog provara su:

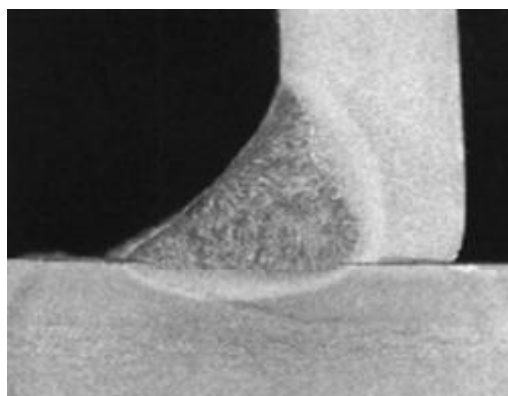
- premala jakost struje
- kriva tehnika rada (nepravilan nagib pištolja i elektrode)
- nepravilna priprema spoja
- prevelika brzina zavarivanja
- prisutnost nečistoća na površini materijala

Neke od mjera za izbjegavanje pogrešaka naljepljivanja:

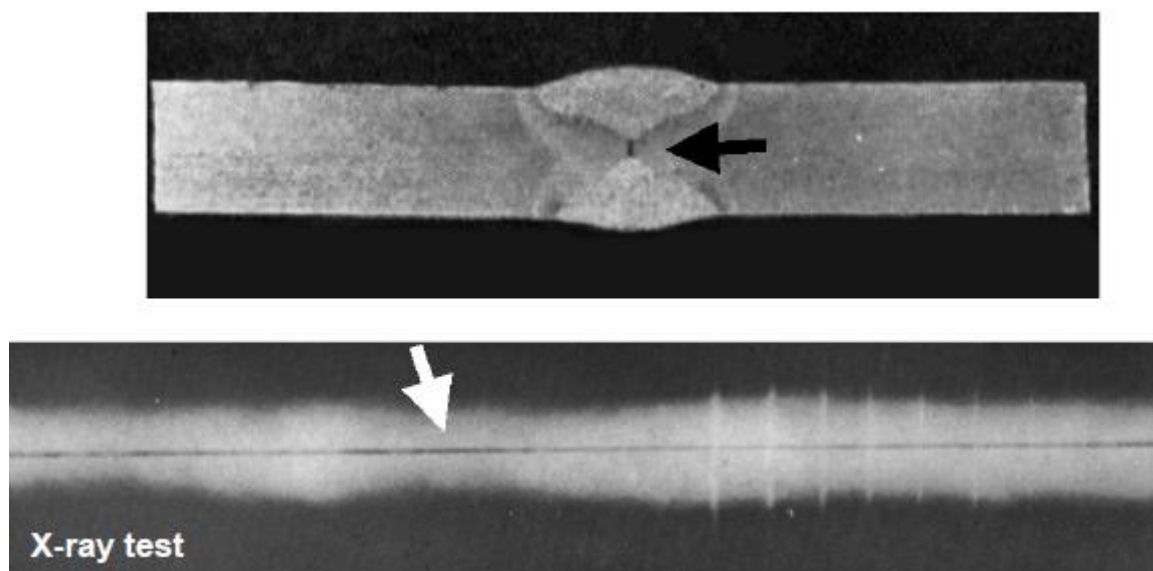
- koristiti pravilne parametre zavarivanja
- dobar izbor zaštitnog plina
- za zavarivanje debljih materijala najbolje rješenje je višeslojno zavarivanje, vezanim slojevima
- dobra obuka zavarivača za izvođenje korijena zavara [1], [2], [11]



*Slika 2.10 Naljepljivanje (401) [8]*



*Slika 2.11 Naljepljivanje u kutnom spoju (401) [2]*

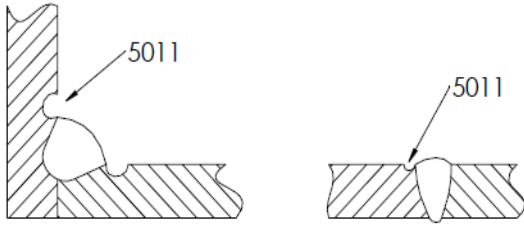


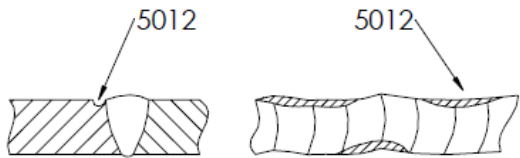
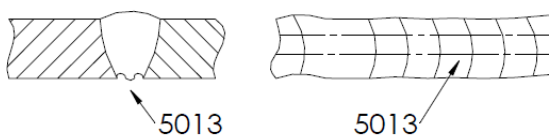
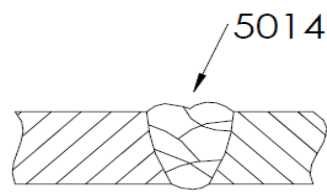
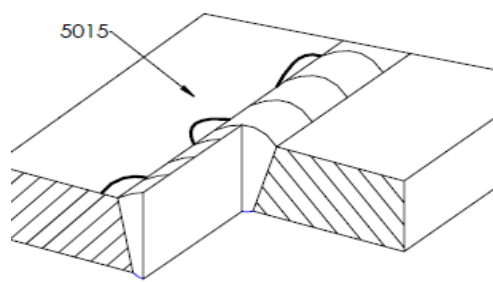
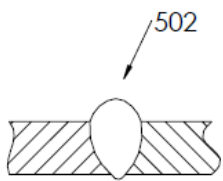
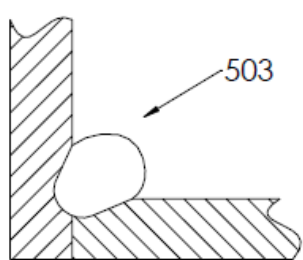
Slika 2.12 Nedovoljni provar (402) [8]

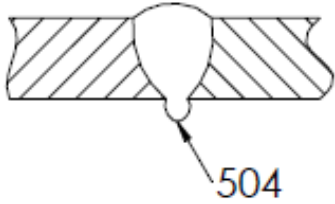
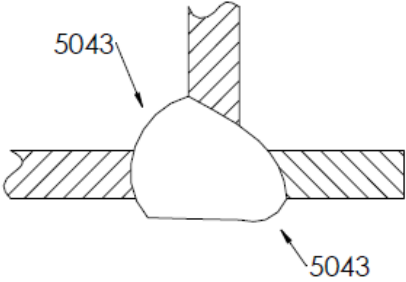
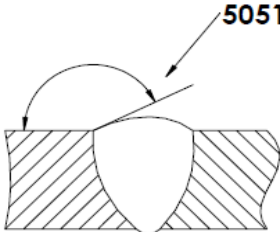
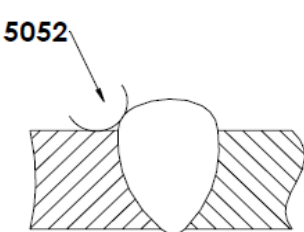
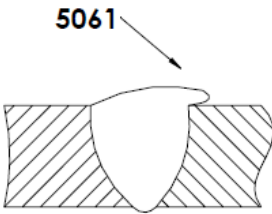
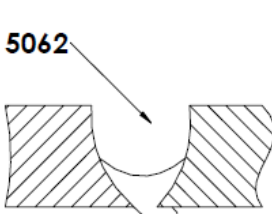
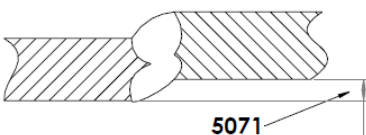
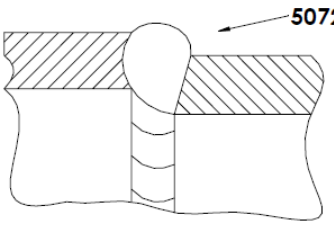
## 2.5. Pogreške oblika zavora (Tabela 2.5)

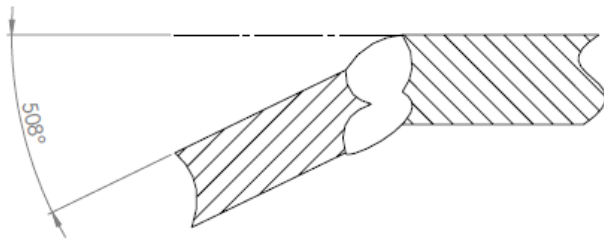
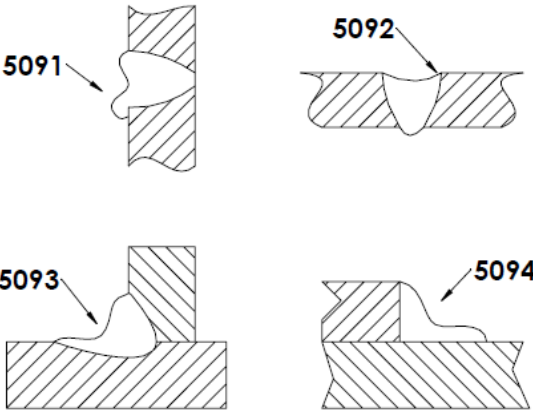
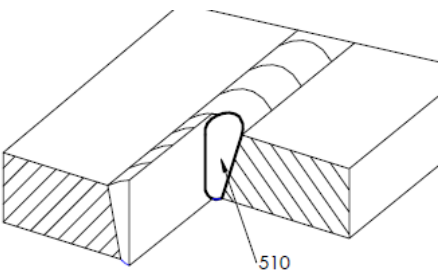
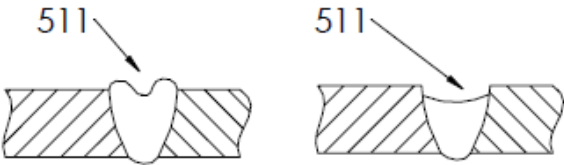
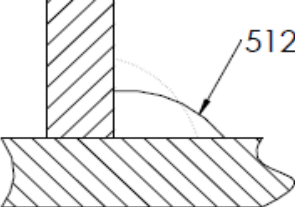
Pogreške oblika zavora su svako odstupanje od zadanog oblika površine zavora. Njihov utjecaj u smanjenju nosivosti zavarenog spoja je značajan, posebno kod dinamičkih opterećenja konstrukcija. Ove su pogreške dobro vidljive i mjerljive te je njihovo određivanje jednostavno. U pogreške oblika zavora spadaju ugorine u zavaru, preveliko nadvišenje zavora, prevelika ispupčenost, preveliki provar, itd. [1]

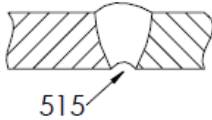
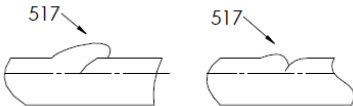
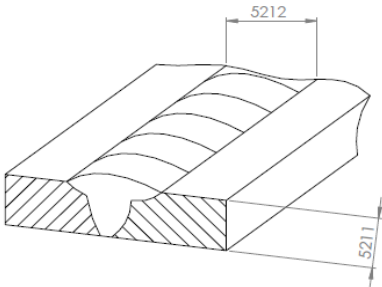
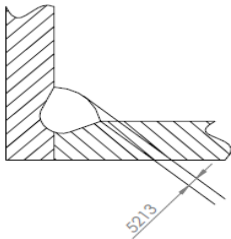
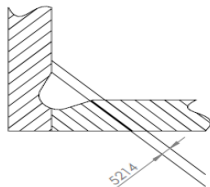
Tabela 2.5 Naljepljivanje i nedovoljan provar (HRN EN 26520: 2007) [3]

| Oznaka | Naziv i prikaz                                                                                                                | Objašnjenje                                                                                                      |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 500    | Pogreške oblika zavora                                                                                                        | Odstupanje od propisanog oblika površine zavora.                                                                 |
| 501    | Ugorine u zavaru                                                                                                              | Oštećenja oblika oštih udubina u osnovnom materijalu ili nekom od prijašnjih zavora kod višeslojnog zavarivanja. |
| 5011   | Nedostatak metala na značajnoj dužini<br> | Nedostatak metala na značajnoj dužini bez prekidanja.                                                            |

|      |                                                                                                                                                           |                                                                                        |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 5012 | <p>Mjestimični nedostatak metala</p>                                    | Mjestimični nedostatak metala na granicama zavora.                                     |
| 5013 | <p>Nedostatak metala na bočnim stranicama korjena zavora</p>            | Nedostatak metala na bočnim stranicama korijena zavora.                                |
| 5014 | <p>Nedostatak metala na površini zavora kod višeslojnog zavarivanja</p>  | Nedostatak metala na površini zavora kod višeslojnog zavarivanja.                      |
| 5015 | <p>Lokalne isprekidane ugorine</p>                                    | Nedostatak materijala, nepravilno raspoređen, na strani zavora ili na površini zavora. |
| 502  | <p>Preveliko nadvišenje zavora</p>                                     | Preveliko nadvišenje zavora na sučeljnom spoju.                                        |
| 503  | <p>Pretjerana konveksnost (ispupčenost)</p>                            | Pretjerana ispupčenost lica zavora na kutnom spoju.                                    |

|      |                                                                                      |                                                                                                        |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 504  | Pretjerani provar                                                                    | Pretjerani provar koji uzrokuje višak metala u korjenu. Može biti:                                     |
| 5041 |     | - mjestimično kao prokapljina                                                                          |
| 5042 |                                                                                      | - na većim dužinama korjena zavora                                                                     |
| 5043 | Potpuno pretaljivanje zavora                                                         |                                                                                                        |
|      |     |                                                                                                        |
| 505  | Greška prijelaz                                                                      | Može biti:                                                                                             |
| 5051 |    | - Premali kut $\alpha$ kod prijelaza površine zavora na osnovni materijal                              |
| 5052 |   | - Nepravilan radijus prijelaza                                                                         |
| 506  | Preklop zavora                                                                       | Preklop materijala zavora na površinu osnovnog materijala, ali bez staljivanja s osnovnim materijalom. |
| 5061 |   | Može biti:                                                                                             |
| 5062 |  | - na licu zavora                                                                                       |
|      |                                                                                      | - na korijenu zavora                                                                                   |
| 507  | Posmaknutost u sučeljavanju                                                          | Odstupanje od zadanog pravca kod dva ili više zavarenih elemenata.                                     |
| 5071 |   | Može biti:                                                                                             |
| 5072 |   | - posmaknutost između ploča                                                                            |
|      |                                                                                      | - posmaknutost između cijevi                                                                           |

|     |                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 508 | <p>Odstupanje od zadanog pravca</p>  | Odstupanje od pravca kod dva ili više elemenata.                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 509 | <p>Utonulost zavora</p>              | <p>Utonulost zavarenog metala zbog utjecaja sile teže. Može biti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utonulost zavora u vertikalnom položaju</li> <li>- utonulost zavora u horizontalnom položaju</li> <li>- utonulost u kutnom spoju</li> <li>- utonulost u preklopnom spoju</li> </ul> |
| 510 | <p>Progaranje</p>                   | Otvor u zavoru nastao progaranjem.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 511 | <p>Nedovoljno popunjen zavar</p>   | Popuna zavora preniska, mjestimično ili po cijeloj dužini.                                                                                                                                                                                                                                         |
| 512 | <p>Nesimetrični kutni zavar</p>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 513 | <p>Neravnomjerna širina</p>                                                                                            | Previše različitih širina zavora.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 514 | <p>Neravnomjerna površina</p>                                                                                          | Izuzetno narebrana površina zavora.                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                     |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 515                 | <p>Uvučen korijen zavora</p>                | Plitak korijen zavora.                                                                                                                                                                          |
| 516                 | <p>Šupljikav korijen zavora</p>                                                                                              | Stvaranje šupljikavog materijala u korjenu zavora zbog stvaranja mjehurića u trenutku učvršćivanja.                                                                                             |
| 517                 | <p>Neppravilno izveden nastavak zavora</p>  | Neravnomjernost površine na mjestu nastavka zavora.                                                                                                                                             |
| 520                 | <p>Pretjerano izobličenje</p>                                                                                                | Dimenzijska odstupanja zbog skupljanja i izobličenja zavora.                                                                                                                                    |
| 521<br>5211<br>5212 | <p>Pogrešne dimenzije zavora</p>           | <p>Odstupanja od propisanih dimenzija zavarenog spoja.</p> <p>Mogu biti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- prekomjerna dubina zavora</li> <li>- prekomjerna širina zavora</li> </ul> |
| 5213                | <p>Premala debljina kutnog spoja</p>      | Stvarna debljina kutnog spoja je premala.                                                                                                                                                       |
| 5214                | <p>Prevelika debljina kutnog spoja</p>    | Stvarna debljina kutnog spoja je prevelika.                                                                                                                                                     |

### 2.5.1. Ugorine u zavaru

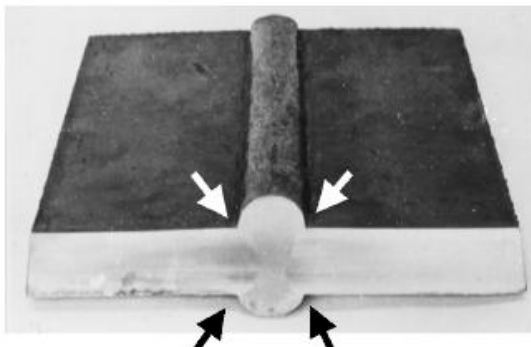
Oštećenja oblika oštih udubina (zareza) u osnovnom materijalu ili nekom od prijašnjih zavora kod višeslojnog zavarivanja. Ugorine mogu biti lokalne ili po cijeloj dužini zavora (Slika 2.13). Glavni uzroci nastanka ugorina su nepravilna tehnika rada, nepravilni parametri zavarivanja, te neočišćeni žljebovi prije zavarivanja. Zbog toga se zona uz zavar čisti do metalnog sjaja. Neočišćeni žljeb uzrokuje uključke troske, a kod dinamičkih opterećenih konstrukcija može uzrokovati pukotine pa i lom zavarenog spoja. Ukoliko su limovi debljina manjih od 3 mm ugorine nisu dopuštene. Ukoliko su limovi debljina većih od 3 mm ugorine su dopuštene samo ako su manje od 0.5 mm. [1]



*Slika 2.13 Ugorine po cijeloj dužini zavora (5011) [14]*

### 2.5.2. Preveliko nadvišenje zavora

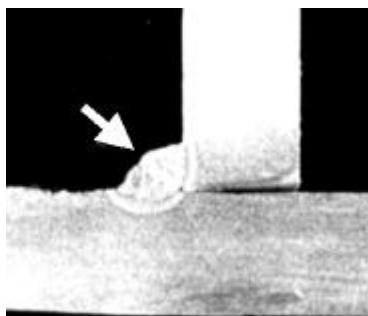
Preveliko nadvišenje zavora (Slika 2.14) rezultat je premale brzine zavarivanja ili previsokog nanosa pretposljednog sloja. Događa se često kod zavarivanja u okomitom položaju MIG/MAG i REL postupkom. [1]



*Slika 2.14 Preveliko nadvišenje zavora (502) [2]*

### 2.5.3. Pretjerana konveksnost (ispupčenost) zavora

Pretjerana ispupčenost lica zavora na kutnom spoju (Slika 2.15) rezultat je krive tehnike rada (nepravilno gibanje i držanje vrha elektrode ili pištolja, premala brzina zavarivanja). Kod MAG i EPP zavarivanja ispupčenost kutnog zavora pojavljuje se kod premale jakosti struje ili premalog napona luka. [1]



*Slika 2.15 Pretjerana ispupčenost lica zavora na kutnom spoju (503) [2]*

### 2.5.4. Preveliki provar

Pretjerani provar (Slika 2.16) koji uzrokuje višak metala u korijenu. Događa se kod prevelikog razmaka u žljebu, prejake struje zavarivanja ili premale brzine zavarivanja. Izvođenje korijena zavora najsloženiji je postupak rada u zavarivanju. Korijen zavora se kod strogih zahtjeva preporuča izvoditi TIG postupkom. [1]



*Slika 2.16 Preveliki provar (504) [13]*

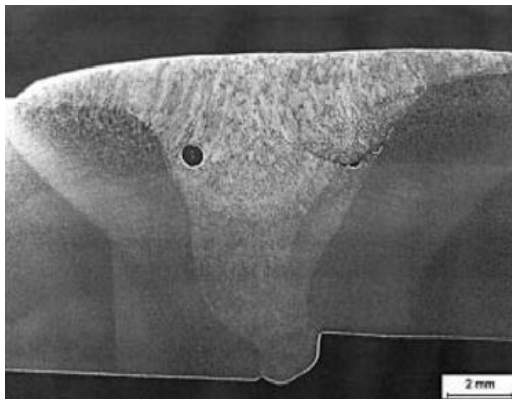
### 2.5.5. Greška prijelaza

Oštar prijelaz zavora je nadvišenje zavora s strmim prijelazom na osnovni materijal. Uzrok su neodgovarajući parametri zavarivanja (premala jakost struje ili premali napon električnog luka). Greška prijelaza smatra se opasnom jer kod dinamičkih opterećenja lako može izazvati pukotine. [6]

### 2.5.6. Posmaknutost u sučeljavanju i odstupanje od zadanog pravca

Odstupanje od osi u sučeljavanju dvaju elemenata istih debljina (Slika 2.17). Dolazi do smanjenje čvrstoće zavarenog spoja. Nastaje nemarnošću kod pripreme spoja za zavarivanje.

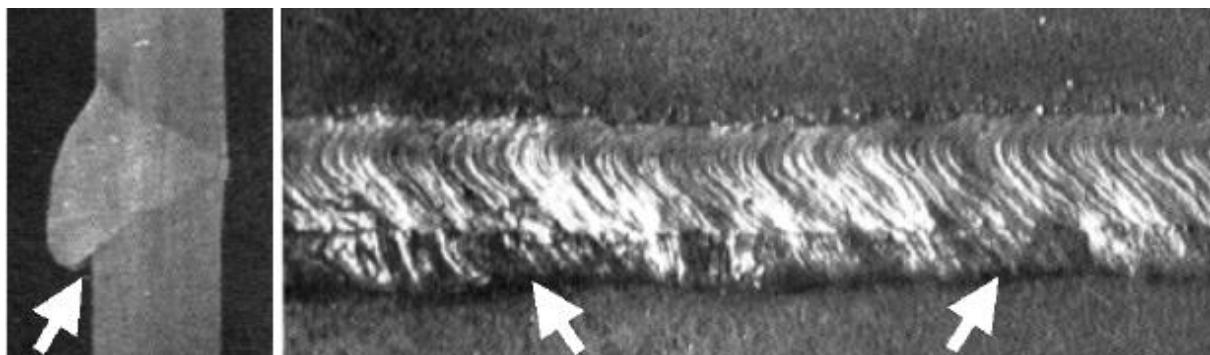
[1]



*Slika 2.17 Posmaknutost u sučeljavanju (507) [13]*

### 2.5.7. Utonulost zavora (Slika 2.18)

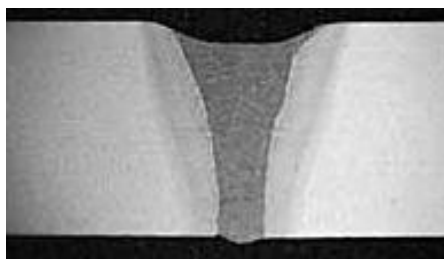
Slijeganje nanesenog dodatnog materijala zbog utjecaja sile teže na talinu. Najčešće nastaje kod zavarivanja u okomitom položaju gdje se prevelika količina taline javlja zbog prejake struje ili premale brzine zavarivanja. Talina zbog utjecaja sile teže sliježe na donju stranu zavora. [1]



*Slika 2.18 Utonulost zavora (509) [2]*

### 2.5.8. Nedovoljno popunjen zavar

Popuna zavora preniska (Slika 2.1), mjestimično ili po cijeloj dužini, uglavnom se događa kod EPP zavarivanja zbog nepravilno ocijenjene visine pretposljednog sloja. Rješenje je zavar malo pobrusiti te zavariti još jedan sloj. [1]



*Slika 2.19 Nedovoljno popunjen zavar (511) [13]*

#### **2.5.9. Nesimetrični kut zavora**

Nesimetrični kut zavora (Slika 2.20) je oblik kutnog zavora izvan propisanog. Obično se pojavljuje kod zavarivanja kutnog zavora neispravnim nagibom elektrode ili pištolja. Do pogreške dolazi željom da se zavar veće visine izvede u jednom sloju. Tada se velika količina taline razlijeva na dolju stranicu kutnog spoja. [1]



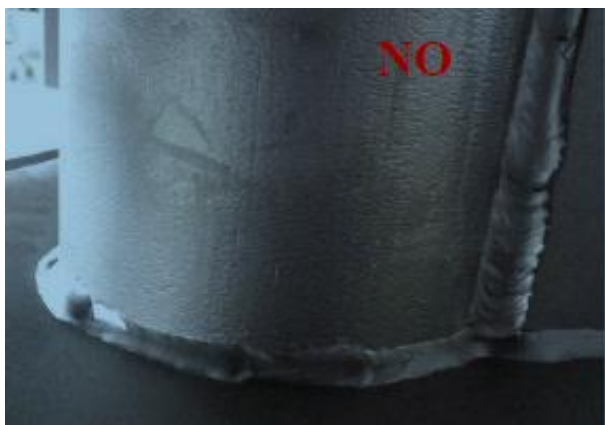
*Slika 2.20 Nesimetrični kut zavora (512) [14]*

#### **2.5.10. Neravnomjerna širina zavora (Slika 2.21)**

Na sučelnom spoju mjestimično šire pa uže lice zavora. Uzrok ove greške najčešće je nejednoliko poprečno gibanje električnog luka ili neravnomjerna brzina zavarivanja. [1]

#### **2.5.11. Neravnomjerna površina zavora (Slika 2.22)**

Izuzetno narebrena površina zavora koja nastaje zbog previsokog napona električnog luka ili prevelike jakosti struje uz prskanje kapljica metala oko zavora.



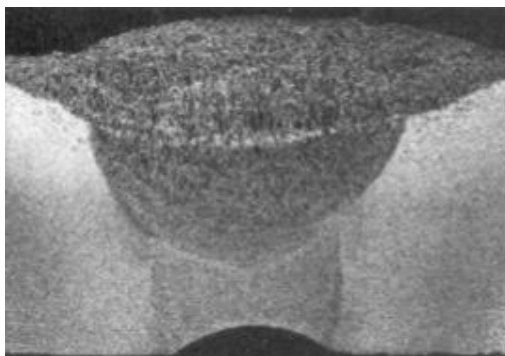
*Slika 2.21 Neravnomjerna širina zavora (513) [13]*



*Slika 2.22 Neravnomjerna površina zavora (514) [14]*

#### **2.5.12. Uvučen korijen zavora**

Pogreška nastaje stezanjem metala kod hlađenja ili uslijed djelovanja sile teže ili kod tlačenja podloge praška kod EPP zavarivanja. Uvučen korijen zavora (Slika 2.23) razlikuje se od neprovarenog korijena, također nije toliko opasna. Obično se javlja kod nadglavnog zavarivanja cijevi uslijed djelovanja sile teže na talinu zavora. [1]



*Slika 2.23 Uvučen korijen zavora (515) [13]*

### 2.5.13. Nepravilno izveden nastavak zavora

Neravnomjernost površine (Slika 2.24) na mjestu nastavka zavora u obliku udubljenja ili ispupčenja. Na mjestima nastavka zavor je najslabiji i ta su mjesta mogući počeci lomova. Nastaju zbog slabe uvježbanosti zavarivača u izvođenju nastavka zavora. U pravilu, slabo izvedene nastavke treba popravljati. [1]



*Slika 2.24 Nepravilno izveden nastavak zavora (517) [13]*

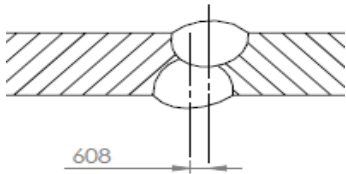
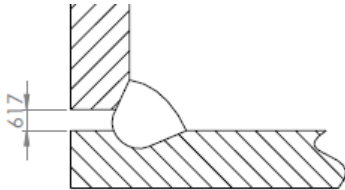
### 2.6. Ostale pogreške (Tabela 2.6)

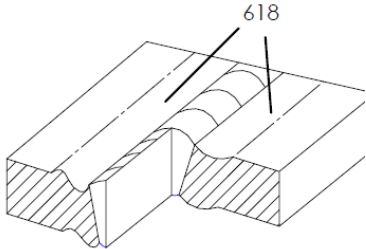
U ovu skupinu svrstavamo pogreške kod zavarivanja koje se ne mogu svrstati u nijednu drugu grupu. To su pogreške oštećenja površine materijala kod zavarivanja ili kod pripreme u zavarivanju. Dije se na:

- oštećenje električnim lukom
- onečišćenje kapljicama metala
- mehanička oštećenja površine osnovnog materijala ili zavora
- podbrušenje [6],[5]

*Tabela 2.6 Pukotine u zavarenom spoju (HRN EN 26520: 2007) [3]*

| Oznaka | Naziv i prikaz                | Objašnjenje                                                              |
|--------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 600    | Ostale pogreške               | Pogreške kod zavarivanja koje se ne mogu svrstati u nijednu drugu grupu. |
| 601    | Oštećenja električnim lukom   | Oštećenje zbog uspostavljanja el. luka po površini materijala.           |
| 602    | Onečišćenje kapljicama metala | Raspršene i priljepljene kapljice metala po zavaru.                      |

|      |                                                                                     |                                                                                                                        |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6021 | Onečišćenje volframom                                                               | Čestice volframa prenijete sa elektrode na površinu zavara.                                                            |
| 603  | Mehanička oštećenja površine                                                        | Oštećenje površine zbog uklanjanja pomoćnih zavarenih elemenata.                                                       |
| 604  | Oštećenja od brušenja                                                               | Mjestimično oštećenje zbog nepravilno izvedenog brušenja.                                                              |
| 605  | Oštećenja od sjekača                                                                | Mjestimično oštećenje zbog upotrebe sjekača.                                                                           |
| 606  | Podbrušenje                                                                         | Smanjenje debljine zavarenog spoja brušenjem.                                                                          |
| 607  | Greške kod točkastog zavarivanja                                                    | Neispravno izvedeno točkasto zavarivanje.                                                                              |
| 608  | Posmaknutost od nasuprotnog zavara                                                  | Razlika između središnjica dva zavara izvedenih sa suprotnih strana spoja.                                             |
|      |    |                                                                                                                        |
| 610  | Pobojanost                                                                          | Lagano oksidirana površina u zavarenom području. Npr. u nehrđajućem čeliku.                                            |
| 6101 | Promjena boje                                                                       | Vidljiva promjena boje u zavarenom spoju i ZUT-u uzrokovana toplinom zavara i/ili nedostatku zaštite. Npr. kod titana. |
| 613  | Umanjena površina                                                                   | Jako oksidirana površina u zavarenom području.                                                                         |
| 614  | Ostatak praška                                                                      | Ostatak praška nije uklonjen sa površine zavara.                                                                       |
| 615  | Ostatak troske                                                                      | Ostatak troske koji nije uklonjen sa površine zavara.                                                                  |
| 617  | Netočni razmak za kutni spoj                                                        | Preveliki ili premali razmak između limova koji će se zavariti.                                                        |
|      |  |                                                                                                                        |

|     |                                                                                                                               |                                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 618 | <p style="text-align: center;">Bubrenje</p>  | Unos topline zavarivanjem kod nekih legura uzrokuje bubrenje u ZUT-u. |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|

### 2.6.1. Oštećenja električnim lukom

Oštećenja površine događa se uspostavljanjem električnog luka po površini materijala. Često puta to čine neiskusni ili nedovoljno upućeni zavarivači, udarajući vrhom elektrode po površini materijala kako bi uspostavili električni luk. Ove greške nisu dopuštene jer su potencijalni počeci pukotina. U ovu skupinu spadaju i oštećenja od iskrenja nepravilno učvršćene mase. Takva mjesta popravljaju se brušenjem i poliranjem. [1]

### 2.6.2. Onečišćenje kapljicama metala

Zavarivačka pogreška (Slika 2.25.) koja je kod nelegiranih čelika samo estetska dok, na površini CrNi čelika kapljice metala mogu uzrokovati početne korozije i ozbiljna su tehnička pogreška. Uzroci povećanog rasprskavanja kapljica metala su:

- kod MAG zavarivanja prevelik napon luka u odnosu na jakost struje te prejaka struja zavarivanja

- kod REL zavarivanja pogrešan pol na elektrodi ili predugačak luk

Mjere sprječavanja povećanog rasprskavanja kapljica metala:

- upotreba mješavine plina ili punjenih žica
- koristiti pravilne parametre zavarivanja
- kod CrNi čelika oštećena mjesta treba očistiti struganjem (poliranjem) [6], [2]



*Slika 2.25 Onečišćenje kapljicama metala (602)[5]*

### **2.6.3. Ostala mehanička oštećenja**

Mehanička oštećenja površine zavara ili osnovnog materijala, npr. oštećenja od grubog brušenja, čišćenje čeličnom četkom površina CrNi čelika, smanjenje debljine zavarenog spoja podbrušenjem i itd., smatraju se nedopuštenim pogreškama. [1]

### **2.6.4. Pobojanost**

Lagano oksidirana površina u zavarenom području (Slika 2.26). Vrsta i debljina oksida ovisi o trajanju, visini zagrijavanja i vrsti atmosfere u kojoj se odvija zavarivanje. Uklanja se mehaničkim i kemijskim postupcima. [1], [5]



*Slika 2.26 Pobojanost (610)[5]*

### 3. Uzroci i mjere za sprječavanje pojedinih pogrešaka

Pojavu pogrešaka u zavarenim spojevima vrlo je teško u potpunosti otkloniti, ali se primjenom odgovarajućih mjera pogreške mogu znatno smanjiti. Nužno je djelovati sa ciljem, tj. za svaku vrstu pogreška odnosno nedostataka postoje prikladne mjere za njihovo sprječavanje. U tabeli 3.1 objedinjeno su dani različiti mogući uzroci nedostataka te pregled odgovarajućih mjera za njihovo sprječavanje. [15]

*Tabela 3.1 Pregled mogućih uzroka i mjera sprječavanja pojedinih nedostataka [15]*

| Pogreške                | Mogući uzroci                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Mjere sprječavanja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pukotine</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Teško zavarljiv OM odnosno zavarljiv samo pod određenim uvjetima koji nisu održavani za vrijeme zavarivanja.</li> <li>* Neodgovarajući dodatni materijal</li> <li>* Loše odabrani parametri zavarivanja</li> <li>* Prevelika zaostala naprezanja zbog ograničenog stezanja spoja</li> <li>* Loš redoslijed zavarivanja</li> <li>* Neočišćene površine rubova</li> <li>* Ulaženje vodika u metal zavora</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Odabir odgovarajućeg dodatnog materijala</li> <li>* Odabir i pridržavanje odgovarajuće procedure i parametara zavarivanja</li> <li>* Poštivanje odgovarajućeg redoslijeda zavarivanja</li> <li>* Predgrijavanje i kontrolirano odvođenje topline te dogrijavanje</li> <li>* Čišćenje površina rubova</li> <li>* Sprječavanje ulaska vodika u metal zavora</li> </ul> |
| <b>Poroznosti</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Loše odabrani parametri zavarivanja</li> <li>* Neočišćene površine rubova</li> <li>* Ostaci boje</li> <li>* Vlaga</li> <li>* Loša tehnika rada</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Odabir i pridržavanje odgovarajućih parametara zavarivanja</li> <li>* Čišćenje površina zavarivanih dijelova</li> <li>* Korištenje suhih elektroda</li> <li>* Predgrijavanje</li> </ul>                                                                                                                                                                              |
| <b>Čvrste uključine</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ostaci troske na površini prethodno položenog zavora, kao i na nastavku zavora</li> <li>* Loša tehnika rada</li> <li>* Premala jakost struje zavarivanja</li> <li>* Prevelik promjer ekektrode</li> </ul>                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Dobro čišćenje površine prethodno položenog zavora, kao i nastavka zavora</li> <li>* Korištenje elektroda odgovarajućeg promjera</li> <li>* Pridržavanje odgovarajućih parametara zavarivanja</li> <li>* Smanjenje njihanja vrha elektrode</li> <li>* Zadržavanje troske iza električnog luka</li> </ul>                                                             |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Naljepljivanje i nedovoljan provar</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Loša tehnika rada</li> <li>* Loše odabrani parametri zavarivanja</li> <li>* Pogrešno odabran promjer elektrode</li> <li>* Neodgovarajuća količina položenog metala</li> <li>* Loš položaj zavarivanja</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Sporije napredovanje električnog luka</li> <li>* Odabir i pridržavanje odgovarajućih parametara zavarivanja</li> <li>* Korištenje elektroda odgovarajućeg promjera, posebno za korijen zavara</li> <li>* Čišćenje površina rubova zavarivanih dijelova</li> </ul>     |
| <b>Pogreške oblika zavara</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Loša tehnika rada</li> <li>* Loše odabrani parametri zavarivanja</li> <li>* Pogrešno odabran promjer elektrode</li> <li>* Neodgovarajuća količina položenog metala</li> <li>* Loš položaj zavarivanja</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Odgovarajuća tehnika rada</li> <li>* Odabir i pridržavanje odgovarajućih parametara zavarivanja</li> <li>* Korištenje elektrode odgovarajućeg promjera</li> <li>* Odgovarajuća brzina napredovanja el. luka</li> <li>* Pozicioniranje zavarivanih dijelova</li> </ul> |
| <b>Ostale pogreške</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Nepažljiv rad</li> </ul>                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Povećati pažnju pri zavarivanju</li> <li>* Uvježbavanje i nadziranje zavarivača</li> </ul>                                                                                                                                                                            |

## **4. Zahtjevi za razine kvalitete i klase zavarenih spojeva sukladno EN ISO 5817: 2014**

### **4.1. Zahtjevi za razine kvalitete**

Kvaliteta je zadovoljstvo kupca. Svaki zavareni spoj kao i cijela konstrukcija mora zadovoljiti dogovrenim zahtjevima kvalitete. Zahtjevi su određeni raznim tehničkim propisima, ugovorom te normama poput norme EN ISO 5817: 2014.

Osiguranje kvalitete je složeni skup organizacijsko-tehničkih mjera i zahvata za postizanje i održavanje postignutog stupnja kvalitete. Kontrola zavarenog spoja trebala bi biti nezaobilazni i sastavni dio nastajanja zavarenog spoja. Zahtijevana se kvaliteta zavarenog spoja može ostvariti ukoliko postoji i odgovarajuća priprema, ako se koriste odgovarajući materijali, plan i redoslijed zavarivanja, izvor struje za zavarivanje te ako su zavarivači uvježbani i pripremljeni za rad.

Kvalitetu zavarenog spoja osiguravaju:

- zavarivači koji izvode zavarivanje
- kontrolori koji nadziru izvođenje zavarivanja
- nadzorni organi, inspekcijske službe, itd.

Nadziranje kvalitete zavarivanja može se podijeliti na nadzor prije zavarivanja, nadzor tijekom zavarivanja te nakon zavarivanja. [15], [4], [1]

#### **4.1.1. Nadzor prije zavarivanja**

Nadzor prije zavarivanja obuhvaća provjeravanje:

- osnovnog i dodatnog materijala
- uvježbanost i pripremljenost zavarivača
- osposobljenost pogona
- stanja izvora struje za zavarivanje
- stanja naprave i opreme za zavarivanje
- pripreme spojeva i oblike žljebova
- čistoće pripremljenih spojeva

Kontrolom dokumentacije (tehnološkičnost konstrukcije) spriječit će se mnogi kasniji nesporazumi. U slučaju važnijih proizvoda, često treba izvršiti reatestiranje dopunskim ispitivanjima. [4], [15]

#### **4.1.2. Nadzor tijekom zavarivanja**

Nadzor tijekom zavarivanja odnosi se na:

- izvođenje pripajanja i zavarivanje dijelova
- usklađenost parametara zavarivanja
- temperatura i unošenja topline

Tijekom zavarivanja treba obratiti pozornost na savjesno izvršavanje postupaka jer će o njima ovisiti kvaliteta izvršenog zavarivanja. Izostavljanje operacija kontrole često se vraća u obliku pogreške u zavarenom spoju. [6]

#### **4.1.3. Nadzor nakon zavarivanja**

Nadzor nakon zavarivanja predstavlja odgovarajuću vizualnu provjeru dimezija, oblik i izgled zavarenog spoja, a često se vrši i provjera pomoću pojedinih metoda ispitivanja bez razaranja. Pojava pogrešaka u zavarenom spoju na ovom stupnju ne ukazuje samo na propuste zavarivača, nego na preskočene ili zaboravljene dužnosti kontrole. [15], [1]

#### **4.1.4. Vizualna provjera**

Vizualna provjera provodi se prije, tijekom, i nakon zavarivanja, a najbitniji i najvažniji je čimbenik u nastajanju zavarenog spoja. To je metoda bez razaranja koja može uočiti, predvidjeti mjesto i uzrok nastajanja pogreške. Kod izvođenja vizualne kontrole koriste se razni pribori za mjerenje i kontrolu (povećala, endoskop, pomična mjerila, šablone,...). Vizualnu provjeru vrše i sami zavarivači tijekom izvođenja zavarivanja. [1], [15]

#### **4.1.5. Ispitivanja bez razaranja**

Ispitivanja bez razaranja ne utječu na svojstva zavarenog spoja, a obuhvaćaju:

- provjeru nepropusnosti

- radaiografsko snimanje
- provjeru ultrazvukom
- provjeru magnetskim metodama
- provjeru vrtložnim strujama
- provjeru pentrantima

Ova ispitivanja se prvenstveno koriste u otkrivanju podpovršinskih pogrešaka u zavarenom spoju. U tabeli 4.1 prikazana je mogućnost primjene korištenih metoda kontrole bez razaranja zavarenog spoja u odnosu na skupine grešaka prema normi HRN EN 26520: 2007. [1], [15]

*Tabela 4.1 Mogućnost primjene korištenih metoda kontrole bez razaranja [1]*

| Vrste pogrešaka   |                  | Ispitivanja bez razaranja |               |               |           |              |
|-------------------|------------------|---------------------------|---------------|---------------|-----------|--------------|
|                   |                  | Vizualna kontrola         | Prozračivanje | Prozvučivanje | Magnetska | Penetrantska |
| Pukotine          | manje površinske | (+)                       | -             | (+)           | +         | +            |
|                   | veće površinske  | +                         | (+)           | +             | +         | +            |
|                   | potpovršinske    | -                         | (+)           | +             | (+)       | -            |
| Poroznosti        | površinske       | +                         | +             | (-)           | +         | (+)          |
|                   | u zavaru         | -                         | +             | +             | -         | -            |
| Čvrsti uključci   |                  | -                         | +             | +             | -         | -            |
| Naljepljivanje    |                  | -                         | -             | +             | -         | -            |
| Nedovoljan provar | vanjski          | +                         | +             | (+)           | +         | +            |
|                   | u zavaru         | -                         | +             | +             | (-)       | -            |
| Pogreške oblika   |                  | +                         | (-)           | (-)           | -         | -            |
| Ostale pogreške   |                  | +                         | -             | -             | (-)       | (-)          |

Pojašnjenje simbola:

- + dobra mogućnost određivanja
- (+) uvjetovana mogućnost
- (-) ograničena i nelogična primjena
- neprimjenjivost metode

#### **4.1.6. Ispitivanja zavarenih spojeva razaranjem**

Provode se zbog provjere mehaničkih svojstava i metalurških značajki spojeva, a uobičajeno se koristi:

- vlačno ispitivanje
- ispitivanje savijanjem
- ispitivanje udarom
- ispitivanje tvrdoće
- ispitivanja dinamičke izdržljivosti
- metalografska ispitivanja makro i mikrostrukture, itd.

S obzirom na nadziranje kvalitete zavarivanja, zbog otkrivanja eventualnih metalurških nedostataka u zavarenom spoju, koriste se ispitivanja makro i mikrostrukture. Ispitivanjem makrostrukture utvrđuje se dubina šava i pojava grešaka, najčešće, u obliku pukotina, poroznosti ili uključaka, dok se ispitivanjem mikrostrukture utvrđuje oblik i veličina kristala u metalu zavara i u ZUT-u. [6]

#### **4.2. EN ISO 5817: 2014**

Današnje norme su sredstvo za očuvanje vlastite tehnologije. U razmjeni dobara mora se primjeniti i dogovorena norma, tj. kompromisi, oko minimalnih zahtjeva. Ova norma određuje klasu dopustivih pogrešaka u zavarenim spojevima nastalih taljenjem. Vrijedi za sve tipove čelika, nikla, titana te njihovih legura. Odnosi se na debljinu materijala  $\geq 0.5 \text{ mm}$ . Iako se normom određuju klase dopustivih pogrešaka, za posebne slučajeve ostavlja se sloboda dogovaranja između kupca i proizvođača o mjerilima. I tada se mora poštivati minimalni kriterij za određenu klasu proizvoda.

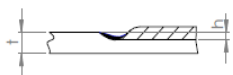
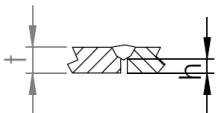
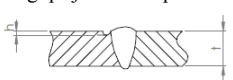
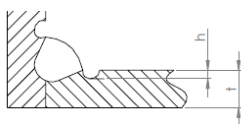
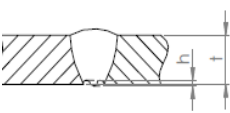
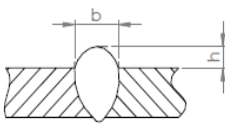
Razina kvalitete je opis kvalitete zavarenog spoja temeljem tipa, veličine i količine određenih grešaka u tom spoju. Postoje tri klase (ocjene) zavarenih spojeva:

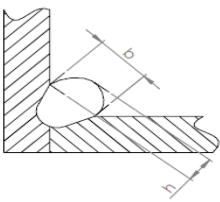
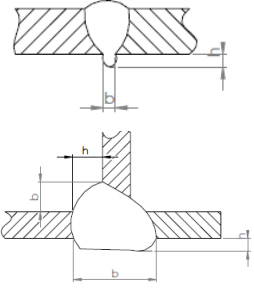
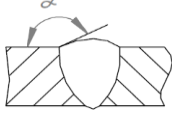
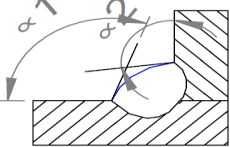
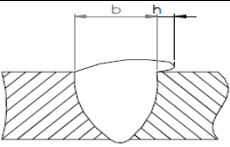
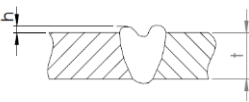
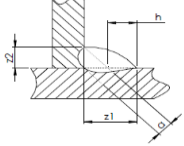
- B – visoka
- C – srednja
- D – niska.

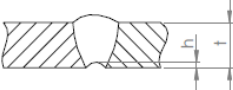
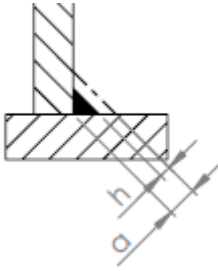
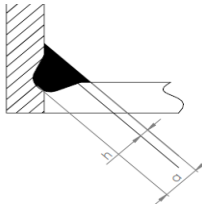
U tabeli 3.2 dan je prikaz mjerila za ocjenu prihvatljivosti pogrešaka u zavarenom spoju, obuhvaćenih normom EN ISO 5817: 2014. [4], [3]

### 4.3. Površinske pogreške

Tabela 4.2 Granične vrijednosti pogrešaka u zavarenom spoju (EN ISO 5817: 2014) [4]

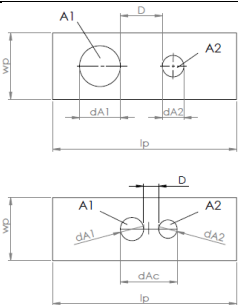
| Re. br. | Oznaka po HRN EN 26520 | Naziv nepravilnosti                                    | Opaske                                                                                                                   | t mm              | Granične vrijednosti nepravilnosti za skupine ocjena             |                                                                 |                                       |
|---------|------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|         |                        |                                                        |                                                                                                                          |                   | D                                                                | C                                                               | B                                     |
| 1.1     | 100                    | Pukotine                                               |                                                                                                                          | $\geq 0,5$        | Nedopušteno                                                      |                                                                 |                                       |
| 1.2     | 104                    | Kraterska pukotina                                     |                                                                                                                          | $\geq 0,5$        | Nedopušteno                                                      |                                                                 |                                       |
| 1.3     | 2017                   | Površinski otvoreni mjehur                             | Max. dimenzija za jednu poru za:<br>- sučeonni spoj<br>- kutni spoj                                                      | 0,5 do 3          | $d \leq 0,3 s$<br>$d \leq 0,3 a$                                 | Nedopušteno                                                     | Nedopušteno                           |
|         |                        |                                                        | Max. dimenzija za jednu poru za:<br>- sučeonni spoj<br>- kutni spoj                                                      | $> 3$             | $d \leq 0,3 s$ , ali max. 3 mm<br>$d \leq 0,3 a$ , ali max. 3 mm | $d \leq 0,2 s$ , ali max. 2 mm<br>$d \leq 0,2 a$ , ali max. 2mm | Nedopušteno                           |
| 1.4     | 2025                   | Šupljina u završnom krateru                            |                                         | 0,5 do 3<br>$> 3$ | $h \leq 0,2 t$<br>$h \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm                 | Nedopušteno<br>$h \leq 0,1 t$ , ali max. 1 mm                   | Nedopušteno<br>Nedopušteno            |
| 1.5     | 401                    | Naljepljivanje                                         |                                                                                                                          | $\geq 0,5$        | Nedopušteno                                                      |                                                                 |                                       |
|         | 401                    | Mikronaljepljivanje                                    | Vidljivo jedino pomoću mikroskopa.                                                                                       | $\geq 0,5$        | Dopušteno                                                        | Dopušteno                                                       | Nedopušteno                           |
| 1.6     | 4021                   | Neprovarivanje korijena zavora                         | Samo za jednostrani sučeonni spoj<br> | $\geq 0,5$        | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm               | Nedopušteno                                                     | Nedopušteno                           |
| 1.7     | 5011                   | Nedostatak metala na značajnoj dužini                  | Blagi prijelaz se dopušta<br>         | 0,5 do 3          | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,2 t$                               | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,1 t$                              | Nedopušteno                           |
|         | 5012                   | Mjestimični nedostatak metala                          |                                       | $> 3$             | $h \leq 0,2 t$ , ali max. 1 mm                                   | $h \leq 0,1 t$ , ali max. 0,5 mm                                | $h \leq 0,05 t$ , ali max. 0,5 mm     |
| 1.8     | 5013                   | Nedostatak metala na bočnim stranicama korijena zavora | Blagi prijelaz se dopušta<br>         | 0,5 do 3          | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,2 mm + 0,1 t$                      | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,1 t$                              | Nedopušteno                           |
|         |                        |                                                        |                                                                                                                          | $> 3$             | $h \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm                                   | $h \leq 0,1 t$ , ali max. 1 mm                                  | $h \leq 0,05 t$ , ali max. 0,5 mm     |
| 1.9     | 502                    | Preveliko nadvišenje zavora                            | Blagi prijelaz se dopušta<br>         | $\geq 0,5$        | $h \leq 1 mm + 0,25 b$ , ali max. 10 mm                          | $h \leq 1 mm + 0,15 b$ , ali max. 7 mm                          | $h \leq 1 mm + 0,1 b$ , ali max. 5 mm |

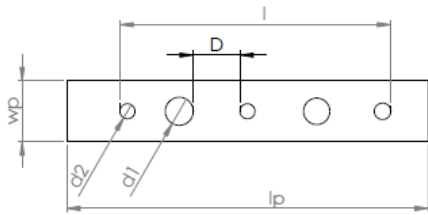
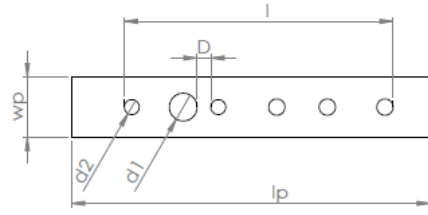
|      |                |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                              |                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                                    |
|------|----------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.10 | 503            | Pretjerana<br>ispupčenost<br>(kutni spoj)               |                                                                                                                                                                                   | $\geq 0,5$                   | $h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$ , ali max. 5 mm                                                    | $h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$ , ali max. 4 mm                                                     | $h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$ , ali max. 3 mm                                      |
| 1.11 | 504            | Pretjerani<br>provar                                    |                                                                                                                                                                                   | 0,5 do 3<br><br>$>3$         | $h \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$<br><br>$h \leq 1 \text{ mm} + 1,0 b$ , ali max. 5 mm                | $h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 b$<br><br>$h \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$ , ali max. 4 mm                 | $h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$<br><br>$h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 b$ , ali max. 3 mm |
| 1.12 | 505            | Greška prijelaza                                        | - sučeonni spoj<br><br><br>- kutni spoj<br><br>$\alpha_1 \geq \alpha$ i $\alpha_2 \geq \alpha$ | $\geq 0,5$<br><br>$\geq 0,5$ | $\alpha \geq 90^\circ$<br><br>$\alpha \geq 90^\circ$                                              | $\alpha \geq 110^\circ$<br><br>$\alpha \geq 100^\circ$                                             | $\alpha \geq 150^\circ$<br><br>$\alpha \geq 110^\circ$                             |
| 1.13 | 506            | Preklop zavara                                          |                                                                                                                                                                                 | $\geq 0,5$                   | $h \leq 0,2 b$                                                                                    | Nedopušteno                                                                                        | Nedopušteno                                                                        |
| 1.14 | 509<br><br>511 | Utonulost<br>zavara<br><br>Nedovoljno<br>popunjen zavar | Blagi prijelaz je dopušten<br><br>                                                                                                                                              | 0,5 do 3<br><br>$>3$         | Kratke<br>pogreške:<br>$h \leq 0,25 t$<br><br>Kratke<br>pogreške: $h \leq 0,25 t$ , ali max. 2 mm | Kratke<br>pogreške:<br>$h \leq 0,1 t$<br><br>Kratke<br>pogreške:<br>$h \leq 0,1 t$ , ali max. 1 mm | Nedopušteno<br><br>Kratke<br>pogreške:<br>$h \leq 0,05 t$ , ali max. 1 mm          |
| 1.15 | 510            | Progaranje                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                    | $\geq 0,5$                   | Nedopušteno                                                                                       | Nedopušteno                                                                                        | Nedopušteno                                                                        |
| 1.16 | 512            | Nesimetrični<br>kutni zavar                             | Simetričnost kutnog zavara<br>nije propisana.<br><br>                                                                                                                           | $\geq 0,5$                   | $h \leq 2 \text{ mm} + 0,2 a$                                                                     | $h \leq 2 \text{ mm} + 0,15 a$                                                                     | $h \leq 1,5 \text{ mm} + 0,15 a$                                                   |

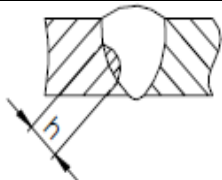
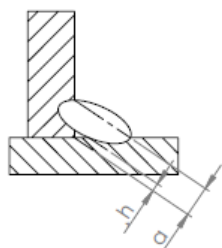
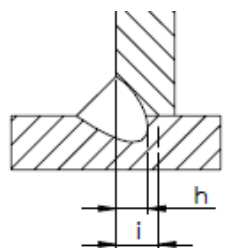
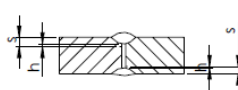
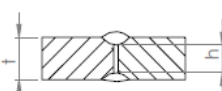
|      |      |                                 |                                                                                     |                     |                                                                                                                            |                                                                                                                        |                                                                          |
|------|------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1.17 | 515  | Uvučen korijen zavara           |    | 0,5 do 3<br><br>≥ 3 | $h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$<br><br>Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm                                  | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,1 t$<br><br>Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,1 t$ , ali max. 1 mm                           | Nedopušteno<br><br>Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,05 t$ , ali max. 0,5 mm |
| 1.18 | 516  | Šupljikav korijen zavara        |                                                                                     | ≥ 0,5               | Mjestimično dopušten                                                                                                       | Nedopušteno                                                                                                            | Nedopušteno                                                              |
| 1.19 | 517  | Nepravilno izveden nastavak     |                                                                                     | ≥ 0,5               | Dopušteno                                                                                                                  | Nedopušteno                                                                                                            | Nedopušteno                                                              |
| 1.20 | 5213 | Premala debljina kutnog spoja   |    | 0,5 do 3<br><br>≥ 3 | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 a$<br>Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ , ali max. 2 mm | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,2 \text{ mm}$<br><br>Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ , ali max. 1 mm | Nedopušteno<br><br>Nedopušteno                                           |
| 1.21 | 5214 | Prevelika debljina kutnog spoja |  | ≥ 0,5               | Dozvoljeno                                                                                                                 | $h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 a$ , ali max. 4 mm                                                                          | $h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 a$ , ali max. 3 mm                           |
| 1.22 | 601  | Oštećenja el. lukom             |                                                                                     | ≥ 0,5               | Dozvonjene, ako dijelovi osnovnog materijala nisu zahvaćeni.                                                               | Nedopušteno                                                                                                            | Nedopušteno                                                              |
| 1.23 | 602  | Oštećenja kapljicama metala     |                                                                                     | ≥ 0,5               | Prihvatanje ovisi o primjeni.                                                                                              |                                                                                                                        |                                                                          |
| 1.24 | 610  | Pobojanost                      |                                                                                     | ≥ 0,5               |                                                                                                                            |                                                                                                                        |                                                                          |

## 4.4. Unutarnje pogreške

Tabela 4.2 Granične vrijednosti pogrešaka u zavarenom spoju (EN ISO 5817: 2014) [4]

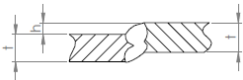
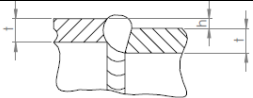
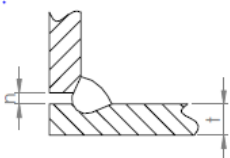
| Re. br. | Oznaka po HRN EN 26520 | Naziv nepravilnosti         | Opaske                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | t mm                         | Granične vrijednosti nepravilnosti za skupine ocjena                                  |                                                                                       |                                                                                     |
|---------|------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                        |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                              | D                                                                                     | C                                                                                     | B                                                                                   |
| 2.1     | 100                    | Pukotine                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $\geq 0,5$                   | Nedopušteno                                                                           |                                                                                       |                                                                                     |
| 2.2     | 1001                   | Mikropukotina               | Pukotina vidljiva jedino mikroskopom (50x).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $\geq 0,5$                   | Dopušteno                                                                             | Prihvatljivost ovisi od vrsti osnovnog materijala i osjetljivosti na pukotine.        | Prihvatljivost ovisi o vrsti osnovnog materijala i osjetljivosti na pukotine.       |
| 2.3     | 2011<br>2012           | Pora<br>Plinski mjehurići   | Poroznost u promatranom području ovisi o debljini zavora.<br>1.) Maksimalni postotak grešaka na promatranom poprečnom presjeku.<br>2.) Maksimalna dimezija pojedinačne pore.<br>- za sučeonni spoj<br>- kutni spoj                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $\geq 0,5$<br><br>$\geq 0,5$ | $\leq 2,5 \%$<br><br>$d \leq 0,4 s$ , ali max. 5 mm<br>$d \leq 0,4 a$ , ali max. 5 mm | $\leq 1,5 \%$<br><br>$d \leq 0,3 s$ , ali max. 4 mm<br>$d \leq 0,3 a$ , ali max. 4 mm | $\leq 1 \%$<br><br>$d \leq 0,2 s$ , ali max. 3 mm<br>$d \leq 0,2 a$ , ali max. 3 mm |
| 2.4     | 2013                   | Gnijezdo plinskih mjehurića |  <p>Preporučena dužina <math>l_p</math> je 100mm.</p> <p>Krug <math>d_{A1}</math> i <math>d_{A2}</math> predstavljaju gnijezdo plinskih mjehurića. Ako je <math>D</math> manji od <math>d_{A1}</math> ili <math>d_{A2}</math> bezobzira koji je manji onda gnijezdo plinskih mjehurića predstavlja krug <math>d_{AC}</math> za koji vrijedi <math>d_{AC} = d_{A1} + d_{A2} + D</math>. Također sistematično gnijezdo mjehurića nije dopušteno.</p> | $\geq 0,5$                   | $d_A \leq 25 \text{ mm}$<br>Ili<br>$d_{A,max} \leq w_p$                               | $d_A \leq 20 \text{ mm}$<br>Ili<br>$d_{A,max} \leq w_p$                               | $d_A \leq 15 \text{ mm}$<br>Ili<br>$d_{A,max} \leq w_p/2$                           |
| 2.5     | 2014                   | Plinski mjehurići u nizu    | - sučeonni spoj                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $\geq 0,5$                   | $h \leq 0,4 s$ , ali max. 4 mm<br>$l \leq s$ , ali max. 75 mm                         | $h \leq 0,3 s$ , ali max. 3 mm<br>$l \leq s$ , ali max. 50 mm                         | $h \leq 0,2 s$ , ali max. 2 mm<br>$l \leq s$ , ali max. 25 mm                       |
|         |                        |                             | - kutni spoj                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $\geq 0,5$                   | $h \leq 0,4 a$ , ali max. 4 mm                                                        | $h \leq 0,3 a$ , ali max. 3 mm                                                        | $h \leq 0,2 a$ , ali max. 2 mm                                                      |

|     |                          |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                           |            |                                                                                                                                                                                         |                                                                     |                                                                     |
|-----|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|     |                          |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                           |            | $l \leq a$ , ali max.<br>75 mm                                                                                                                                                          | $l \leq a$ , ali max.<br>50 mm                                      | $l \leq a$ , ali max.<br>25 mm                                      |
|     |                          |                                                                          | <p>Slučaj 1 (<math>D &gt; d_2</math>)</p>  <p>Slučaj 2 (<math>D &lt; d_2</math>)</p>  |            |                                                                                                                                                                                         |                                                                     |                                                                     |
| 2.6 | 2015<br><br>2016         | Izdruženi plinski<br>uključak<br><br>Cjevasti plinski<br>uključak        | - sučeonni spoj                                                                                                                                                                                                                                           | $\geq 0,5$ | $h \leq 0,4 s$ , ali<br>max. 4 mm<br>$l \leq s$ , ali max.<br>75 mm                                                                                                                     | $h \leq 0,3 s$ , ali<br>max. 3 mm<br>$l \leq s$ , ali max.<br>50 mm | $h \leq 0,2 s$ , ali<br>max. 2 mm<br>$l \leq s$ , ali max.<br>25 mm |
|     |                          |                                                                          | - kutni spoj                                                                                                                                                                                                                                              | $\geq 0,5$ | $h \leq 0,4 a$ , ali<br>max. 4 mm<br>$l \leq a$ , ali max.<br>75 mm                                                                                                                     | $h \leq 0,3 a$ , ali<br>max. 3 mm<br>$l \leq a$ , ali max.<br>50 mm | $h \leq 0,2 a$ , ali<br>max. 2 mm<br>$l \leq a$ , ali max.<br>25 mm |
| 2.7 | 202                      | Šupljine                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                           | $\geq 0,5$ | Kratke pogreške<br>su dopuštene,<br>ali - za sučeonne<br>spojeve vrijedi<br>$h \leq 0,4 s$ , ali<br>max. 4 mm<br><br>- za kutne<br>spojeve vrijedi<br>$h \leq 0,4 a$ , ali<br>max. 4 mm | Nedopušteno                                                         | Nedopušteno                                                         |
| 2.8 | 2024                     | Šupljine u<br>završnom<br>krateru                                        | Veća vrijednost h ili l bit će<br>izmjerena.                                                                                                                                                                                                              | 0,5 do 3   | $h$ ili $l \leq 0,2 t$                                                                                                                                                                  | Nedopušteno                                                         | Nedopušteno                                                         |
|     |                          |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                           | >3         | $h$ ili $l \leq 0,2 t$ ,<br>ali max. 2 mm                                                                                                                                               |                                                                     |                                                                     |
| 2.9 | 300<br>301<br>302<br>303 | Čvrsti uključci<br>Uključak troske<br>Uključak praška<br>Uključak oksida | - sučeonni spoj                                                                                                                                                                                                                                           | $\geq 0,5$ | $h \leq 0,4 s$ , ali<br>max. 4 mm<br>$l \leq s$ , ali max.<br>75 mm                                                                                                                     | $h \leq 0,3 s$ , ali<br>max. 3 mm<br>$l \leq s$ , ali max.<br>50 mm | $h \leq 0,2 s$ , ali<br>max. 2 mm<br>$l \leq s$ , ali max.<br>25 mm |
|     |                          |                                                                          | - kutni spoj                                                                                                                                                                                                                                              | $\geq 0,5$ | $h \leq 0,4 a$ , ali<br>max. 4 mm<br>$l \leq a$ , ali max.<br>75 mm                                                                                                                     | $h \leq 0,3 a$ , ali<br>max. 3 mm<br>$l \leq a$ , ali max.<br>50 mm | $h \leq 0,2 a$ , ali<br>max. 2 mm<br>$l \leq a$ , ali max.<br>25 mm |

|      |      |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                             |            |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                   |                                |
|------|------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 2.10 | 304  | Uključci stranog metala              | - sučeonni spoj                                                                                                                                                                                                                                             | $\geq 0,5$ | $h \leq 0,4 s$ , ali max. 4 mm                                                                                                                         | $h \leq 0,3 s$ , ali max. 3 mm                                                                                                    | $h \leq 0,2 s$ , ali max. 2 mm |
|      |      |                                      | - kutni spoj                                                                                                                                                                                                                                                | $\geq 0,5$ | $h \leq 0,4 a$ , ali max. 4 mm                                                                                                                         | $h \leq 0,3 a$ , ali max. 3 mm                                                                                                    | $h \leq 0,2 a$ , ali max. 2 mm |
| 2.11 | 3042 | Uključci bakra                       |                                                                                                                                                                                                                                                             | $\geq 0,5$ | Nedopušteno                                                                                                                                            | Nedopušteno                                                                                                                       | Nedopušteno                    |
| 2.12 | 401  | Naljepljivanje                       |                                                                                                                                                                            | $\geq 0,5$ | Kratke pogreške dozvoljene, ali:<br>- kod sučeonog spoja<br>$h \leq 0,4 s$ , ali max. 4 mm<br><br>- kod kutnog spoja<br>$h \leq 0,4 a$ , ali max. 4 mm | Nedopušteno                                                                                                                       | Nedopušteno                    |
|      | 4011 | Naljepljivanje na stranice žljeba    |                                                                                                                                                                                                                                                             |            |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                   |                                |
|      | 4012 | Naljepljivanje između slojeva zavora |                                                                                                                                                                                                                                                             |            |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                   |                                |
|      | 4013 | Naljepljivanje u koriјenu zavora     |                                                                                                                                                                                                                                                             |            |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                   |                                |
| 2.13 | 402  | Nedovoljni provar                    | Kutni spoj<br>                                                                                                                                                           | $\geq 0,5$ | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,2 a$ , ali max. 2 mm                                                                                                     | Nedopušteno                                                                                                                       | Nedopušteno                    |
|      |      |                                      | Kutni spoj (djelomična penetracija)<br><br>Sučeonni spoj (djelomična penetracija)<br> | $\geq 0,5$ | Kratke pogreške:<br>sučeonni spoj:<br>$h \leq 0,2 s$ ili $i$ , ali max. 2 mm;<br>kutni spoj<br>$h \leq 0,2 a$ , ali max. 2 mm                          | Kratke pogreške:<br>sučeonni spoj:<br>$h \leq 0,1 s$ ili $i$ , ali max. 1,5 mm;<br>kutni spoj<br>$h \leq 0,1 a$ , ali max. 1,5 mm | Nedopušteno                    |
|      |      |                                      | Sučeonni spoj (potpuna penetracija)<br>                                                                                                                                  | $\geq 0,5$ | Kratke pogreške:<br>$h \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm                                                                                                     | Nedopušteno                                                                                                                       | Nedopušteno                    |
|      |      |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                             |            |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                   |                                |

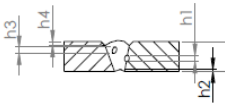
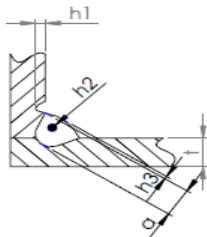
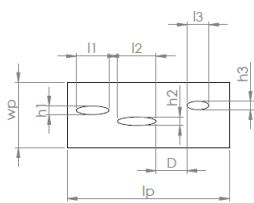
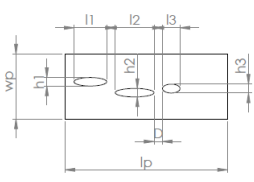
## 4.5. Pogreške u geometriji spoja

Tabela 4.2 Granične vrijednosti pogrešaka u zavarenom spoju (EN ISO 5817: 2014) [4]

| Re. br. | Oznaka po HRN EN 26520 | Naziv nepravilnosti          | Opaske                                                                                                                                                 | t mm               | Granične vrijednosti nepravilnosti za skupine ocjena                    |                                                                         |                                                                       |
|---------|------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|         |                        |                              |                                                                                                                                                        |                    | D                                                                       | C                                                                       | B                                                                     |
| 3.1     | 507                    | Posmaknutost u sučeljavanju  | Ograničenja se odnose na odstupanja od ispravnog položaja. Ako nije drukčije određeno, ispravni položaj je položaj gdje se središnjice podudaraju.     |                    |                                                                         |                                                                         |                                                                       |
|         | 5071                   | Posmaknutost između ploča    |                                                                       | 0,5 do 3<br><br>>3 | $h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,25 t$<br><br>$h \leq 0,25 t$ , ali max. 5 mm | $h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,15 t$<br><br>$h \leq 0,15 t$ , ali max. 4 mm | $h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$<br><br>$h \leq 0,1 t$ , ali max. 3 mm |
|         | 5072                   | Posmaknutost između cijevi   |                                                                      | $\geq 0,5$         | $h \leq 0,5 t$ , ali max. 4 mm                                          | $h \leq 0,5 t$ , ali max. 3 mm                                          | $h \leq 0,5 t$ , ali max. 2 mm                                        |
| 3.2     | 617                    | Netočni razmak za kutni spoj | Preveliki ili premali razmak između limova koji će se zavariti.<br> | 0,5 do 3           | $h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$                                         | $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$                                         | $h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 a$                                       |
|         |                        |                              |                                                                                                                                                        | >3                 | $h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 a$ , ali max. 4 mm                           | $h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,2 a$ , ali max. 3 mm                         | $h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$ , ali max. 2 mm                       |

## 4.6. Višestruke nepravilnosti

Tabela 4.2 Granične vrijednosti pogrešaka u zavarenom spoju (EN ISO 5817: 2014) [4]

| Re. br. | Oznaka po HRN EN 26520 | Naziv nepravilnosti                                 | Opaske                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | t mm               | Granične vrijednosti nepravilnosti za skupine ocjena                                                  |                                                                                                      |                                                                                                       |
|---------|------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                        |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    | D                                                                                                     | C                                                                                                    | B                                                                                                     |
| 4.1     | Nema                   | Višestruke nepravilnosti u presjeku                 |  $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = \Sigma h$  $h_1 + h_2 + h_3 = \Sigma h$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,5 do 3<br><br>>3 | Nedopušteno<br><br>Maksimalna ukupna visina nepravilnosti:<br>$\Sigma h \leq 0,4 t$ ili $\leq 0,25 a$ | Nedopušteno<br><br>Maksimalna ukupna visina nepravilnosti:<br>$\Sigma h \leq 0,3 t$ ili $\leq 0,2 a$ | Nedopušteno<br><br>Maksimalna ukupna visina nepravilnosti:<br>$\Sigma h \leq 0,2 t$ ili $\leq 0,15 a$ |
| 4.2     | Nema                   | Projicirane ili presječne ravnine u uzdužnom smjeru | <p>Suma svih područja <math>\Sigma h \times l</math> izračunava se kao postotak na području vrednovanja <math>l_p \times w_p</math> (slučaj 1). Ako je D manji nego najmanja dužina od susjednih pogrešaka, za izračun <math>\Sigma h \times l</math> koristimo formulu iz slučaja 2.</p> <p>Slučaj 1 (<math>D &gt; l_3</math>)</p>  $h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + h_3 \times l_3 = \Sigma h \times l$ <p>Slučaj 2 (<math>D &lt; l_3</math>)</p>  | $\geq 0,5$         | $\Sigma h \times l \leq 16\%$                                                                         | $\Sigma h \times l \leq 8\%$                                                                         | $\Sigma h \times l \leq 4\%$                                                                          |

|  |  |  |                                                                                               |  |  |  |  |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
|  |  |  | $h_1 x l_1 + h_2 x l_2$ $+ \left( \frac{h_2 + h_3}{2} \right) x D + h_3 x l_3$ $= \sum h x l$ |  |  |  |  |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|

Prema EN ISO 5817: 2014:

- kratke pogreške (nepravilnosti) su jedna ili više nepravilnosti čija je ukupna duljina manja od 25 mm na svakih 100 mm zavarenog spoja ili s najvećom dužinom 25% od ukupne dužine zavora za zavarne kraće od 100 mm

- duge pogreške (nepravilnosti) su jedna ili više nepravilnosti čija je ukupna duljina veća od 25 mm na svakih 100 mm zavarenog spoja ili s najmanjom dužinom od 25% od ukupne dužine zavora za zavarne kraće od 100 mm [1]

## 5. Zaključak

Prilikom zavarivanja često se zbog nepažnje, neodgovarajućih parametra, neispravne tehnike rada te neiskusnih zavarivača javljaju pogreške. Klasifikacijom pogrešaka dolazimo do normi. Takve norme su HRN EN 26520: 2007 i EN ISO 5817: 2014 i detaljnije su opisane u ovom radu.

Najveći problem kod zavarivanja predstavljaju vruće i češće prisutne hladne pukotine. Mogu biti na površini zavarenog spoja ili u zavarenom spoju pa se kao takve teško otkrivaju. Da ih izbjegnemo vrlo je važan izbor parametara i ostalih uvjeta zavarivanja.

Zavareni spojevi podvrgnuti su raznim opterećenjima te stoga moraju biti bez grešaka. Neke greške, prema EN ISO 5817: 2014, mogu se dopustiti sukladno prihvatljivosti i klasi (B,C,D) te dogovoru između kupca i proizvođača. Greška se klasificira u jednu od šest skupina (pukotine, poroznosti, čvrsti uključci, naljepljivanje i nedovoljan provar, pogreške oblika zavara ili ostale pogreške), a zatim se ocjenjuje njezina prihvatljivost.

Može se zaključiti da je propisna upotreba normi vrlo bitna za postizanje zahtijevanog stupanja kvalitete proizvoda.

U Varaždinu,

Martino Đurđek

---

SVEUČILIŠTE  
SIEVER

# IZJAVA O AUTORSTVU

## I

### SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARTINO ĐURĐEK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom KLASIFIKACIJA GOSPARA U EKVIVALENCIJAMA SPOJENIH KLASA KVALITETE ZAVRŠNIH RADOVA SVEUČILIŠTA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Martino Đurđek  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MARTINO ĐURĐEK (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom KLASIFIKACIJA GOSPARA U EKVIVALENCIJAMA SPOJENIH KLASA KVALITETE ZAVRŠNIH RADOVA SVEUČILIŠTA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Martino Đurđek  
(vlastoručni potpis)

## 6. Popis literature

- [1] Ivan Juraga, Kruno Ljubić, Milan Živić: Pogreške u zavarenim spojevima, Hrvatsko društvo za tehniku zavarivanja, Zagreb, 2007.
- [2] Klas Weman: Welding processes handbook, Woodhead Publishing Ltd and CRC press LLC, Cambridge 2003.
- [3] Norma DIN EN ISO 6520-1:2007, „Welding and allied processes – Classification of geometric imperfections in metallic materials“, 2007.
- [4] Norma EN ISO 5817: 2014, „Quality levels for imperfections“, 2014.
- [5] ASM-Metals-Handbook: 06 – Welding, Brazing, and Soldering, ASM international, 1993
- [6] Tehnologija III, predavanja, prof. Ivan Samardžić, UNIN
- [7] <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=140> (22.8.2016.)
- [8] Weld Imperfections and Preventive Measures: KOBE STEEL, LTD., 2015.
- [9] <http://www.olympus-ims.com/en/applications/nmi-analysis/> (29.8.2016.)
- [10] [www.weldersuniverse.com/weld\\_defects.pdf](http://www.weldersuniverse.com/weld_defects.pdf) (8.9.2016)
- [11] [https://app.aws.org/wj/supplement/WJ\\_1978\\_07\\_s189.pdf](https://app.aws.org/wj/supplement/WJ_1978_07_s189.pdf) (11.9.2016)
- [12] [www.tf.uni-kiel.de](http://www.tf.uni-kiel.de) (12.9.2016.)
- [13] [www.twi-global.com](http://www.twi-global.com) (12.9.2016)
- [14] <http://gowelding.com/> (13.9.2016)
- [15] Ante Pavelić, Gjorgjo Meden, Duško Pavletić: Osnove zavarivanja, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2000.

## Popis slika:

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Slika 2.1 Hladne pukotine u ZUT-u [12].....</i>                                | <i>5</i>  |
| <i>Slika 2.2 Hladna pukotina u ZT [13] .....</i>                                  | <i>6</i>  |
| <i>Slika 2.3 Odnos b/p na pojavu kristalizacijskih pukotina [6] .....</i>         | <i>6</i>  |
| <i>Slika 2.4 Vruće pukotine [5] .....</i>                                         | <i>7</i>  |
| <i>Slika 2.5 Šupljina u završnom krateru (2025) [8] .....</i>                     | <i>11</i> |
| <i>Slika 2.6 Gnijezdo plinskih mjehurića (2013)[8] .....</i>                      | <i>11</i> |
| <i>Slika 2.7 Uključak oksida (303)[5].....</i>                                    | <i>14</i> |
| <i>Slika 2.8 Uključak troske (301)[2] .....</i>                                   | <i>14</i> |
| <i>Slika 2.9 Uključak stranog metala (304)[5].....</i>                            | <i>14</i> |
| <i>Slika 2.10 Naljepljivanje (401)[8] .....</i>                                   | <i>16</i> |
| <i>Slika 2.11 Naljepljivanje u kutnom spoju (401)[2].....</i>                     | <i>16</i> |
| <i>Slika 2.12 Nedovoljni provar (402)[8] .....</i>                                | <i>17</i> |
| <i>Slika 2.13 Ugorine po cijeloj dužini zavara (5011)[14].....</i>                | <i>22</i> |
| <i>Slika 2.14 Preveliko nadvišenje zavara (502)[2] .....</i>                      | <i>22</i> |
| <i>Slika 2.15 Pretjerana ispučenost lica zavara na kutnom spoju (503)[2].....</i> | <i>23</i> |
| <i>Slika 2.16 Preveliki provar (504)[13].....</i>                                 | <i>23</i> |
| <i>Slika 2.17 Posmaknutost u sučeljavanju (507)[13].....</i>                      | <i>24</i> |
| <i>Slika 2.18 Utonulost zavara (509)[2] .....</i>                                 | <i>24</i> |
| <i>Slika 2.19 Nedovoljno popunjen zavar (511)[13].....</i>                        | <i>25</i> |
| <i>Slika 2.20 Nesimetrični kut zavara (512)[14].....</i>                          | <i>25</i> |
| <i>Slika 2.21 Neravnomjerna širina zavara (513)[13].....</i>                      | <i>26</i> |
| <i>Slika 2.22 Neravnomjerna površina zavara (514)[14].....</i>                    | <i>26</i> |
| <i>Slika 2.23 Uvučen korijen zavara (515)[13] .....</i>                           | <i>26</i> |
| <i>Slika 2.24 Nepravilno izveden nastavak zavara (517)[13].....</i>               | <i>27</i> |
| <i>Slika 2.25 Onečišćenje kapljicama metala (602)[5] .....</i>                    | <i>30</i> |
| <i>Slika 2.26 Pobojanost (610)[5].....</i>                                        | <i>30</i> |

## Popis tabela:

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tabela 1.1 Pogreške u zavarenim spojevima [15] .....</i>                                      | <i>1</i>  |
| <i>Tabela 2.1 Pukotine u zavarenom spoju (HRN EN 26520: 2007) [3] .....</i>                      | <i>3</i>  |
| <i>Tabela 2.2 Poroznosti u zavarenom spoju (HRN EN 26520: 2007) [3] .....</i>                    | <i>8</i>  |
| <i>Tabela 2.3 Čvrsti uključci u zavarenom spoju (HRN EN 26520: 2007) [3] .....</i>               | <i>12</i> |
| <i>Tabela 2.4 Naljepljivanje i nedovoljan provar (HRN EN 26520: 2007) [3] .....</i>              | <i>15</i> |
| <i>Tabela 2.5 Naljepljivanje i nedovoljan provar (HRN EN 26520: 2007) [3] .....</i>              | <i>17</i> |
| <i>Tabela 2.6 Pukotine u zavarenom spoju (HRN EN 26520: 2007) [3] .....</i>                      | <i>27</i> |
| <i>Tabela 3.1 Pregled mogućih uzroka i mjera sprječavanja pojedinih nedostataka [15] .....</i>   | <i>31</i> |
| <i>Tabela 4.1 Mogućnost primjene korištenih metoda kontrole bez razaranja [1] .....</i>          | <i>35</i> |
| <i>Tabela 4.2 Granične vrijednosti pogrešaka u zavarenom spoju (EN ISO 5817: 2014) [4] .....</i> | <i>37</i> |