

# 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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:048281>

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

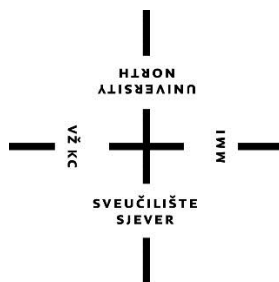
Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-01**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



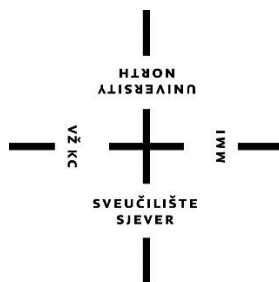


# Sveučilište Sjever

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 Đurdek, 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		
PREDAVAČ	Marino Đurđek	NAČELNIK ODJELA	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	VRHUNA	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

PROJ	181/PS/2016
OPIS	U radu je potrebno objasniti: 1. Klasifikaciju grešaka u zavarenim spojevima izvedenim taljenjem prema HRN EN 26520: 2007. 2. Detaljnije opisati pojedine greške sukladno HRN EN 26520: 2007. 3. Navesti uzroke nastajanja i mjere za sprječavanje nastajanja pojedinih grešaka. 4. Klase zavarenih spojeva sukladno HRN EN 5817: 2014. Pojasniti zahtjeve za razine kvalitete sukladno HRN EN 5817: 2014. 5. Zaključak

ZADATAK DODAN

14.09.2016.



PODPIS MENTORA

*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 zavara

***A*** – područje koje okružuje pore

***b*** – širina nadvišenja zavara

***d*** – promjer pore

***d<sub>A</sub>*** – promjer područja koje okružuje pore

***h*** – širina i visina pogreške

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

***l<sub>p</sub>*** – duljina proiciranog poprečnog presjeka

***s*** – nazivna debljina sučeonog zavara

***t*** – debljina ploče

***w<sub>p</sub>*** – širina zavara

***z*** – zadana veličina stranice kutnog zavara

***α*** – kut zavara

***β*** – kut odstupanja od zadanog pravca

***i*** – penetracija u kutnom zavaru

***r*** – radijus zavara



# 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.	VIŠESTRUKI 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 zavara, 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 zavara. 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 zavara.

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

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

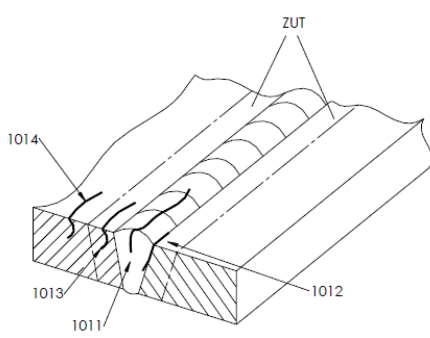
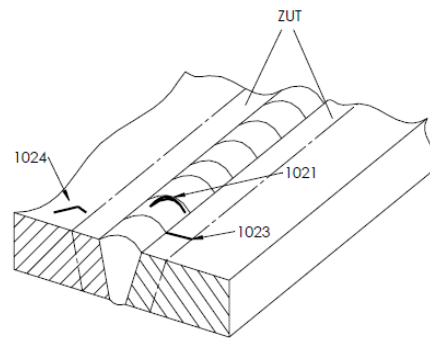
Ostale pogreške su svi ostali nedostaci koji se ne mogu svrstati u prije navedene grupe pogrešaka. To su mjestimična oštećenja površine osnovnog materijala uz rub zavara, nastala kao posljedica velikog njihanja elektrode, onečišćenje raspršenim kapljicama metala, razna površinska oštećenja osnovnog materijala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

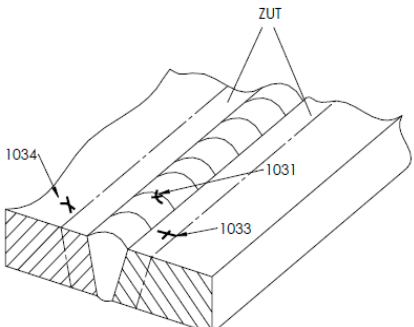
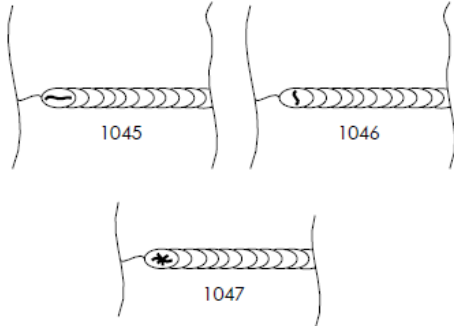
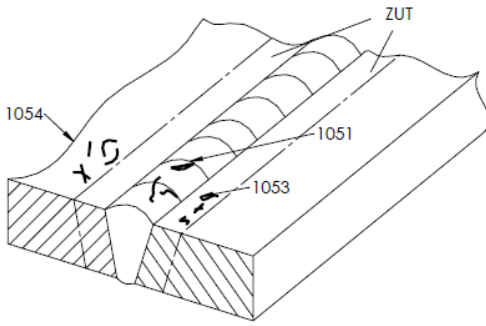
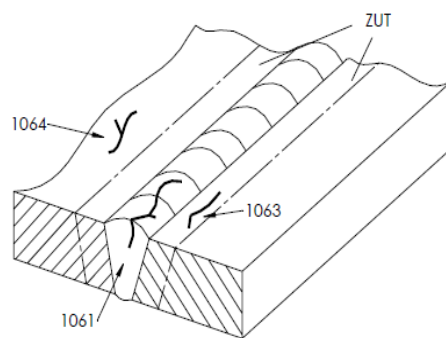
## 2. Greške u zavarivanju prema HRN 26520: 2007

### 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 1011 1012 1013 1014	Uzdužne pukotine 	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 1021 1023 1024	Poprečne pukotine 	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>

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

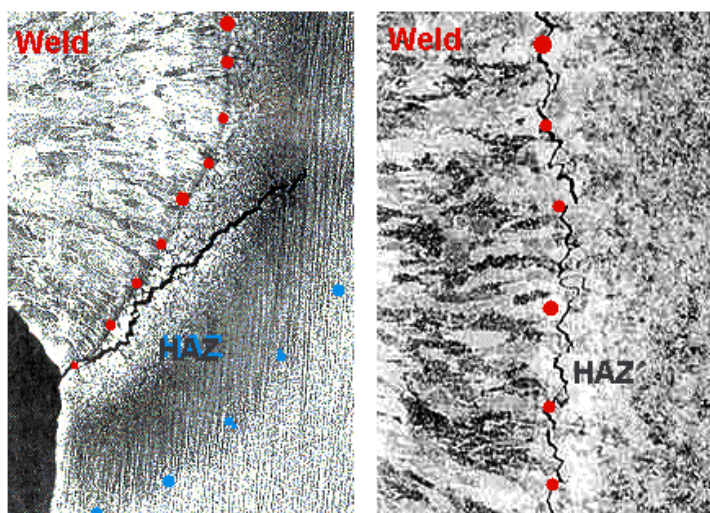
### 2.1.1. Hladne pukotine

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):

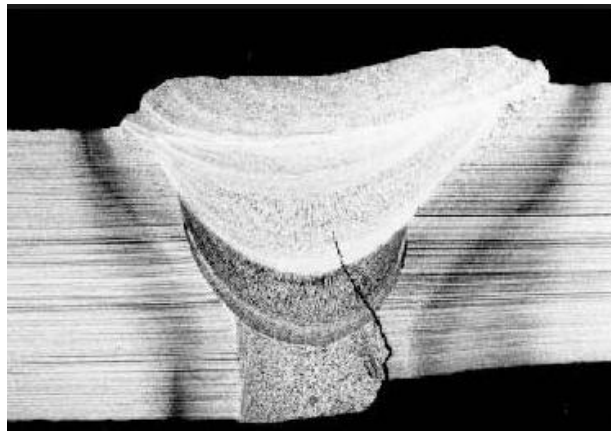
- količina difuzijskog vodika
- postojanje zaostalih napetosti
- sklonost materijala prema zakaljivanju

Mjere za sprječavanje nastajanja hladnih pukotina su:

- eliminiranje vodika iz zavara (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 zavara, također niže su vrijednosti zaostalih napreznja
- višeslojno zavarivanjem
- korištenje austenitnog dodatnog materijala
- smanjivanje krutosti konstrukcije [2],[5]



Slika 2.1 Hladne pukotine u ZUT-u [12]



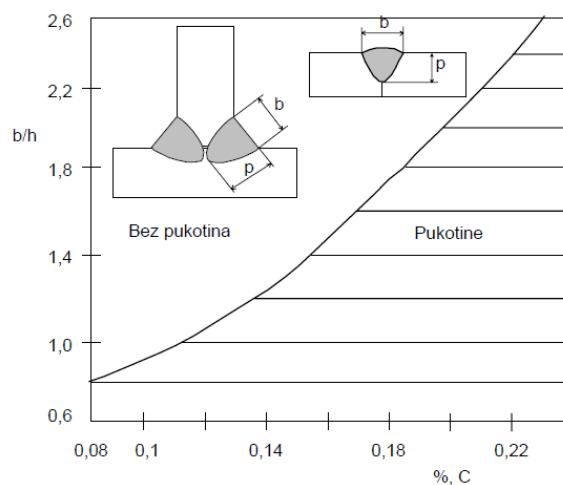
Slika 2.2 Hladna pukotina u ZT [13]

### 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 ostrim alatima
- provoditi redosljed zavarivanja koji osigurava najmanja zaostala naprezanja u zavarenom spoju [6], [7]



*Slika 2.4 Vruće pukotine [5]*

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

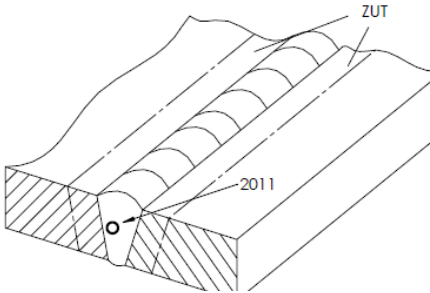
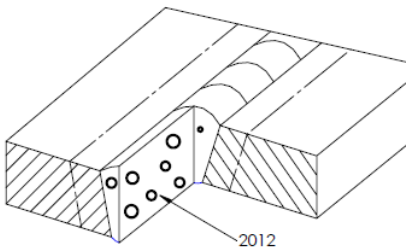
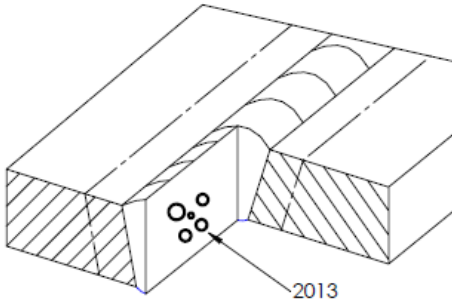
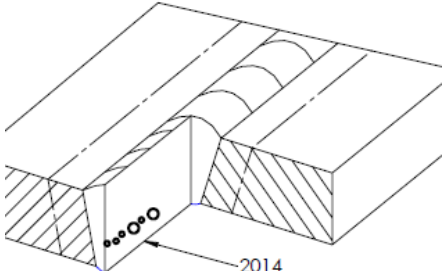
Poroznosti (Slika 2.5 i 2.6) su mjesta ispunjena stlačenim plinom koji se pojavljuju u zavaru i na površini zavara u obliku šupljina. Nastaju od zaostalog plina tijekom zavarivanja. Najčešće su to dušik i vodik jer imaju veću topivost u rastaljenom nego u čvrstom materijalu.

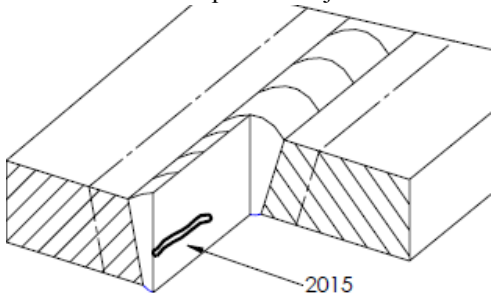
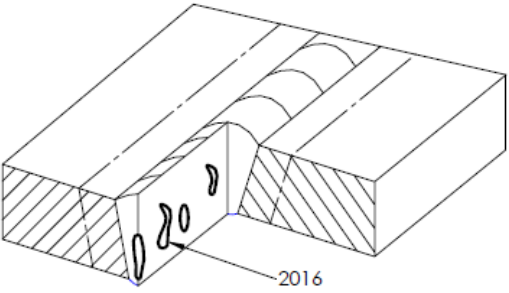
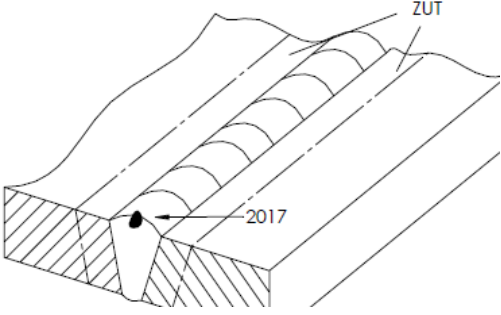
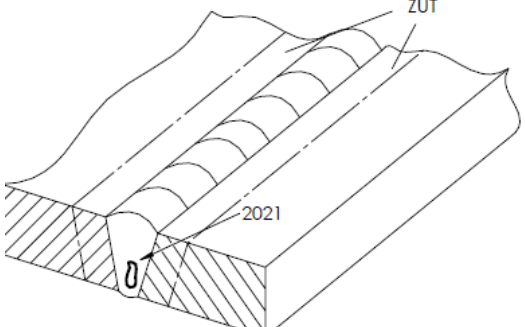
Metal zavara u rastaljenom stanju može upiti znatne količine plinova. Dok se kisik upija u spoju sa ugljikom (ugljični monoksid), dušik i vodik upijaju se izravno. Ohlađivanjem taline

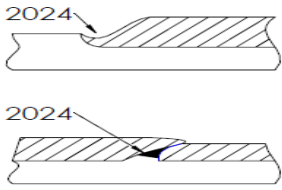
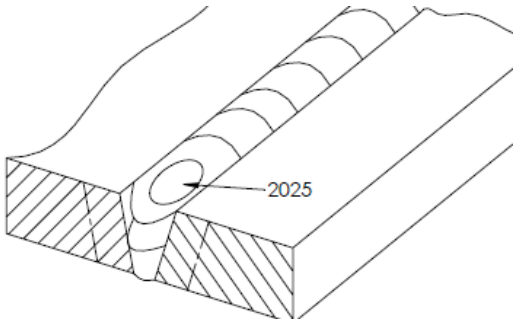
plinovi naglo izranjaju iz metala. Ako je brzina skrućivanja metala veća od brzine izlučivanja plinova, plinovi u obliku mjehurića ostaju zarobljeni u zavaru.

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

2024	Šupljine u završnom krateru 	Šupljine na mjestu nastavka zavara, a nastaju kod prekidanja el. luka i skrućivanjem taline.
2025	Šupljine u završnom krateru 	Otvoreni krater sa šupljinom koja smanjuje presjek zavara.
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 zavara 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 zavara
- jak vjetar
- krivi parametri zavarivanja

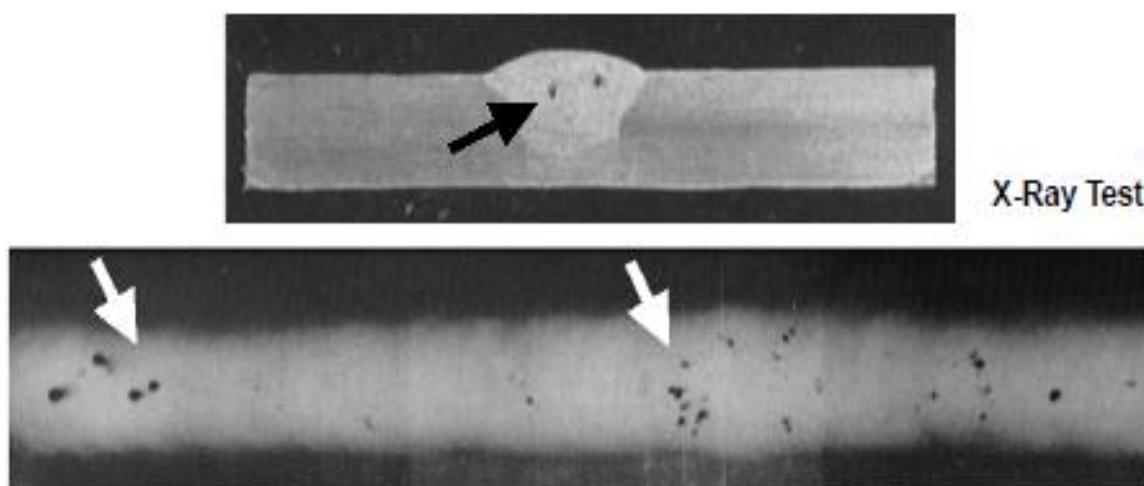
Neke od mjera za sprječavanje pojave poroznosti:

- 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 (pravilan nagib pištolja ili elektrode te pravilno održavanje visine električnog luka) [1], [2], [5]



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

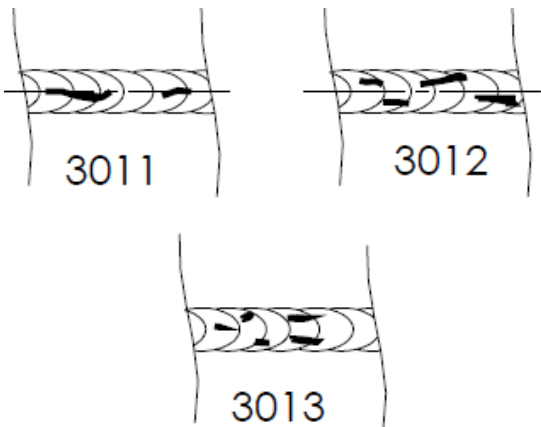


*Slika 2.6 Gnijezdo plinskih mjehurića (2013) [8]*

## 2.3. Čvrsti uključci (Tabela 2.3)

Čvrsti uključci su strana tijela u metalu zavara. Mogu biti metali (uključak volframa ili oksidna kožica u zavaru aluminija) 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 zavara
301 3011 3012 3013	Uključak troske 	Uključak od troske u metalu zavara. Može biti: - u nizu - izolirani - ostali
302 3021 3022 3023	Uključak praška (Vidi 3011, 3012, 3013)	Ostatak praška zarobljen u zavaru. Može biti: - u nizu - pojedinačni - ostali
303 3031 3032 3033	Uključak oksida (Vidi 3011, 3012, 3013)	Uključak nastao od metalnog oksida. Može biti: - u nizu - pojedinačni - ostali

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

Isto kao i šupljine, ćvrsti ukljućci negativno utjeću na ćvrstoću zavarenog spoja. Na mjestima ukljućaka povećavane su koncentracije naprezanja u zavaru. Kao i kod šupljina kolićina, oblik te velićina ukljućaka utjeće na ćvrstoću zavarenog spoja. Ukljućci stranog metala (Slika 2.9), pogotovo volframa, tipićni su kod TIG zavarivanja. Vrlo su opasni jer su po prirodi akutnog oblika i mogu uzrokovati pukotine. Glavni uzroci pojavljivanja ukljućaka su:

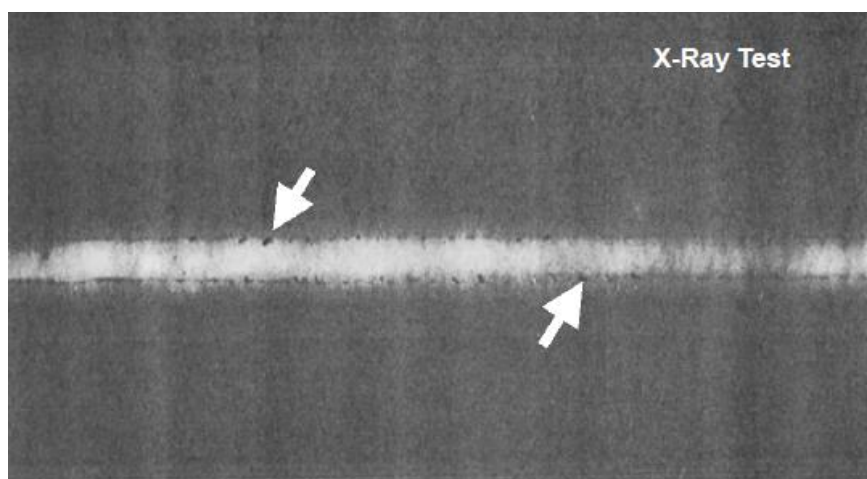
- neodgovarajući parametri zavarivanja (jakost struje, napon)
- neispravna tehnika rada
- slabo oćišćena troska u jednom od prijašnih prolaza

Neke od mjera za sprjećavanje ukljućaka:

- vrlo je važno paŹljivo i u potpunosti maknuti trosku sa zavarenog spoja kod višeslojnog zavarivanja
- ispravna tehnika rada (pravilan nagib pištolja i elektrode te pravilno odrŹavanje visine elektrićnog luka)
- kod TIG zavarivanja Al i Al-legura talina zavara ne smije dodirivati vrh volframove elektrode; oćistiti oksidnu koŹicu [2], [7]



*Slika 2.7 Uključak oksida (303)[5]*



*Slika 2.8 Uključak troske (301)[2]*



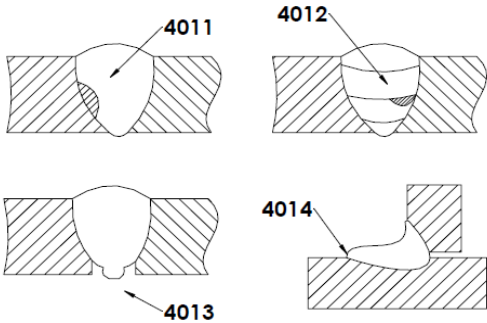
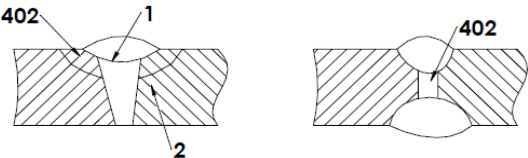
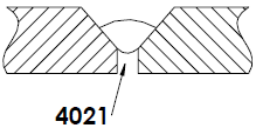
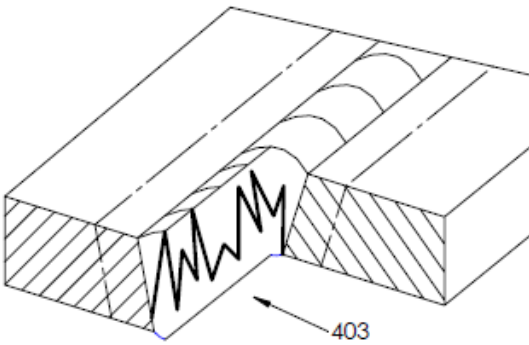
*Slika 2.9 Uključak stranog metala (304)[5]*



## 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 4011 4012 4013 4014	<p>Naljepljivanje</p> 	<p>Nepostojanje čvrste veze u zavarenom spoju. Može biti naljepljivanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- na stranice žlijeba</li> <li>- između slojeva zavora</li> <li>- u korijenu zavora</li> <li>- mikronaljepljivanje (eng. „cold laps“)</li> </ul>
402	<p>Nedovoljni provar</p> 	Razlika između stvarnog (1) i pravilnog (2) (normalnog) protaljivanja zavarenog spoja.
4021	<p>Neprovarivanje korijena zavora</p> 	Nedovoljno protaljivanje korijena zavora.
403	<p>Formiranje šiljaka</p> 	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 nedvoljnog provara su:

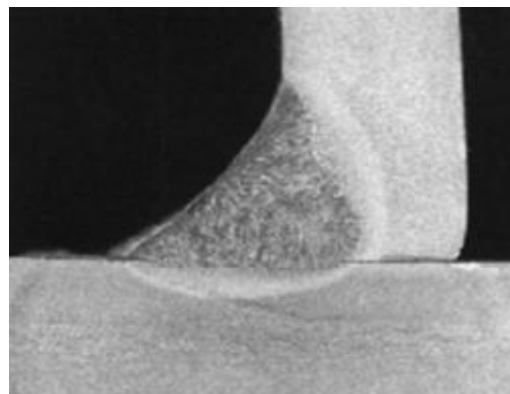
- premala jakost struje
- kriva tehnika rada (nepravilan nagib pištolja i elektrode)
- nepravilna priprema spoja
- prevelika brzina zavarivanja
- prisutnost nečistoća na površini materijala

Neke od mjera za izbjegavanje pogrešaka naljepljivanja:

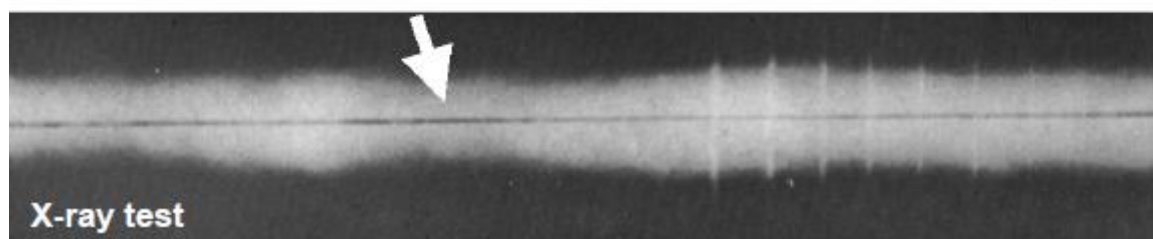
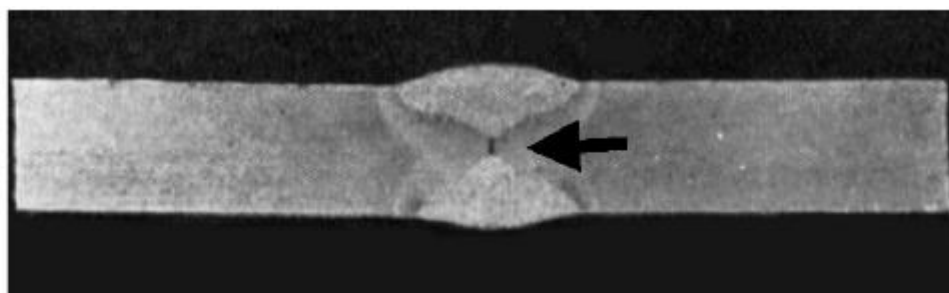
- koristiti pravilne parametre zavarivanja
- dobar izbor zaštitnog plina
- za zavarivanje debljih materijala najbolje rješenje je višeslojno zavarivanje, vezanim slojevima
- dobra obuka zavarivača za izvođenje korijena zavara [1], [2], [11]



*Slika 2.10 Naljepljivanje (401) [8]*



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

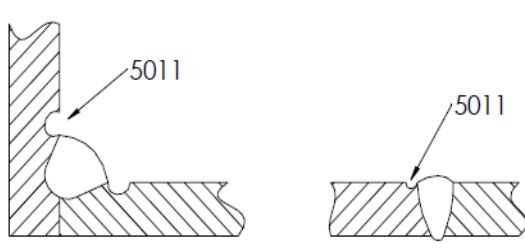


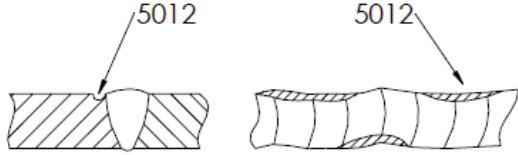
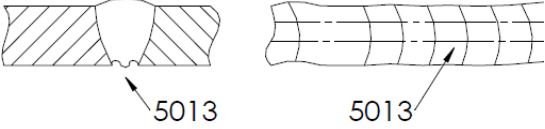
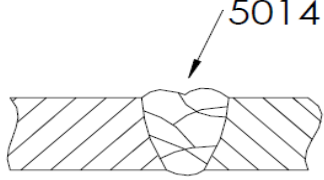
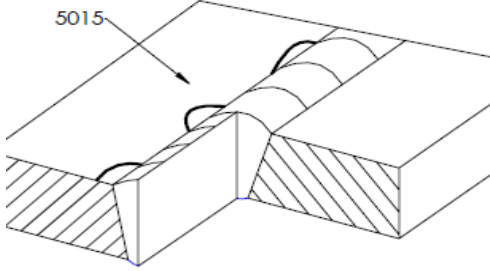
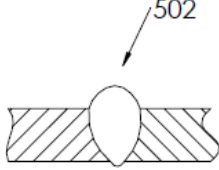
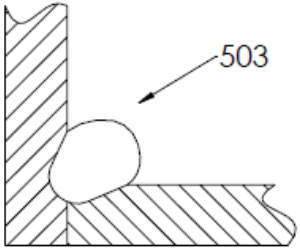
Slika 2.12 Nedovoljni provar (402) [8]

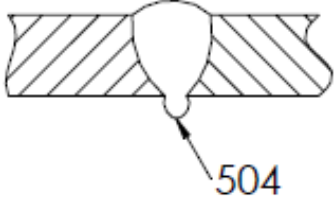
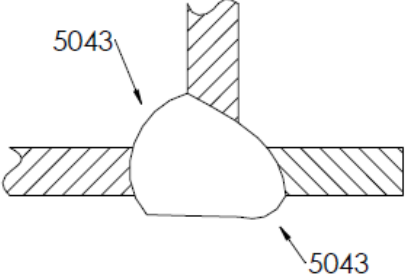
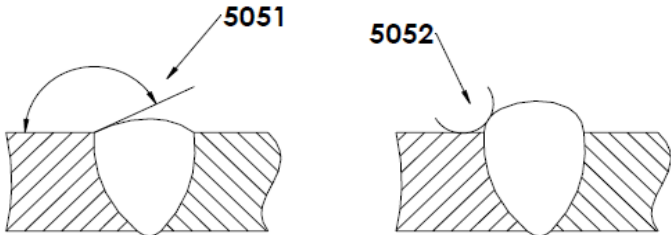
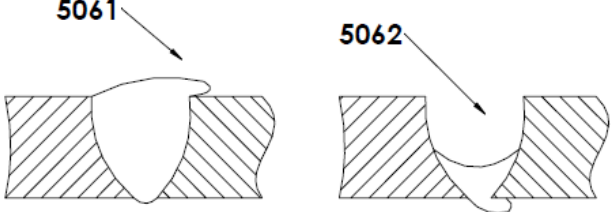
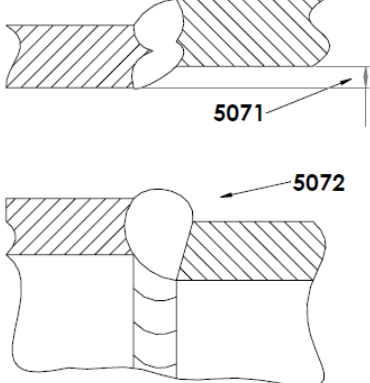
## 2.5. Pogreške oblika zavara (Tabela 2.5)

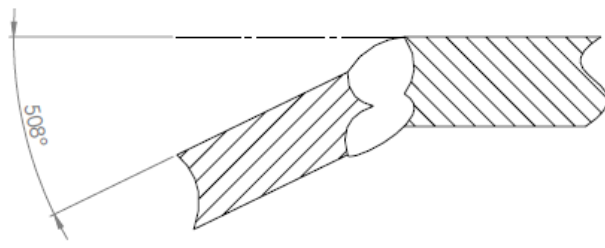
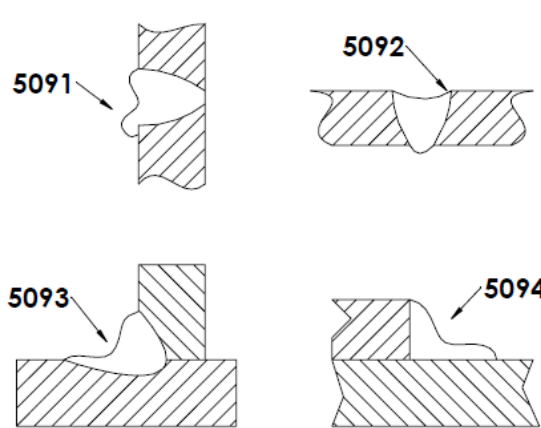
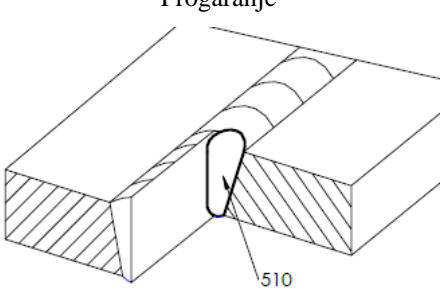
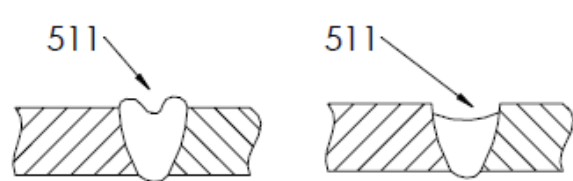
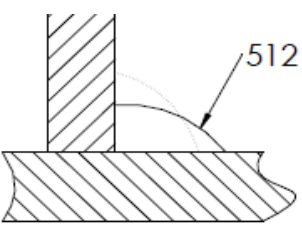
Pogreške oblika zavara su svako odstupanje od zadanog oblika površine zavara. Njihov utjecaj u smanjenju nosivosti zavarenog spoja je značajan, posebno kod dinamičkih opterećenja konstrukcija. Ove su pogreške dobro vidljive i mjerljive te je njihovo određivanje jednostavno. U pogreške oblika zavara spadaju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

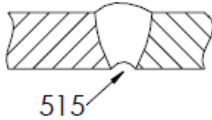
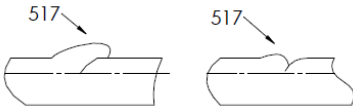
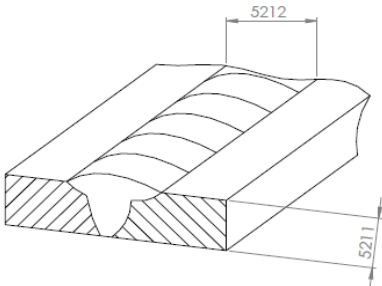
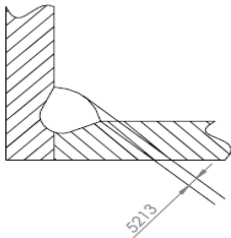
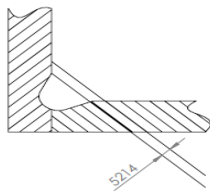
Tabela 2.5 Naljepljivanje i nedovoljan provar (HRN EN 26520: 2007) [3]

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

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

<p>504</p> <p>5041</p> <p>5042</p>	<p>Pretjerani provar</p> 	<p>Pretjerani provar koji uzrokuje višak metala u korjenu. Može biti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mjestimično kao prokapljina</li> <li>- na većim dužinama korjena zavara</li> </ul>
<p>5043</p>	<p>Potpuno pretaljivanje zavara</p> 	
<p>505</p> <p>5051</p> <p>5052</p>	<p>Greška prijelaz</p> 	<p>Može biti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Premali kut <math>\alpha</math> kod prijelaza površine zavara na osnovni materijal</li> <li>- Nepravilan radijus prijelaza</li> </ul>
<p>506</p> <p>5061</p> <p>5062</p>	<p>Preklop zavara</p> 	<p>Preklop materijala zavara na površinu osnovnog materijala, ali bez staljivanja s osnovnim materijalom. Može biti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- na licu zavara</li> <li>- na korijenu zavara</li> </ul>
<p>507</p> <p>5071</p> <p>5072</p>	<p>Posmaknutost u sučeljavanju</p> 	<p>Odstupanje od zadanog pravca kod dva ili više zavarenih elemenata. Može biti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- posmaknutost između ploča</li> <li>- posmaknutost između cijevi</li> </ul>

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

515	<p>Uvučen korijen zavora</p> 	Plitak korijen zavora.
516	Šupljikav korijen zavora	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	Pretjerano izobličenje	Dimenzijska odstupanja zbog skupljanja i izobličenja zavora.
521 5211 5212	<p>Pogrešne dimenzije zavora</p> 	<p>Odstupanja od propisanih dimenzija zavarenog spoja. 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

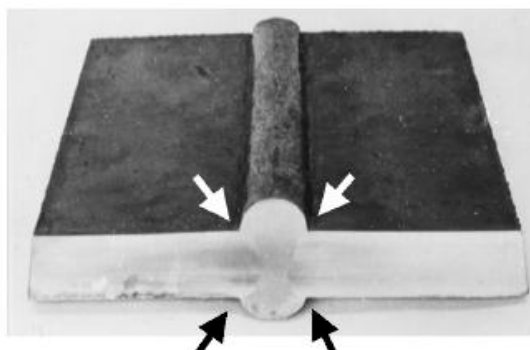
Oštećenja oblika oštih udubina (zareza) u osnovnom materijalu ili nekom od prijašnjih zavara kod višeslojnog zavarivanja. Ugorine mogu biti lokalne ili po cijeloj dužini zavara (Slika 2.13). Glavni uzroci nastanka ugorina su nepravilna tehnika rada, nepravilni parametri zavarivanja, te neočišćeni žljebovi 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 zavara (5011) [14]*

### 2.5.2. Preveliko nadvišenje zavara

Preveliko nadvišenje zavara (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]

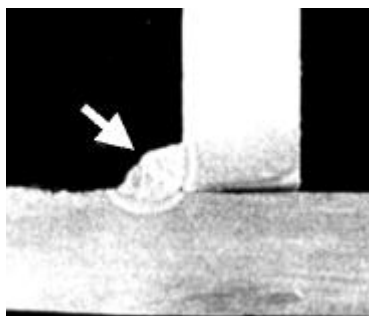


*Slika 2.14 Preveliko nadvišenje zavara (502) [2]*



### 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 najstroženi je postupak rada u zavarivanju. Korijen zavora se kod strogih zahtjeva preporuča izvoditi TIG postupkom. [1]



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

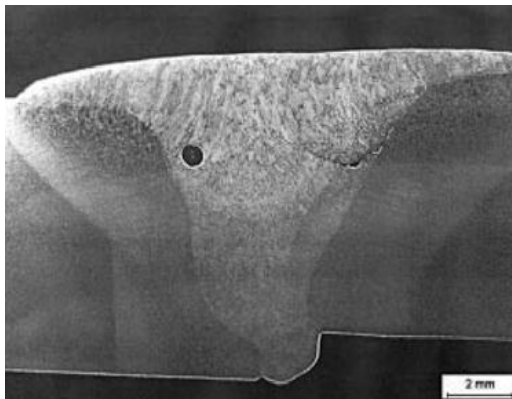
### 2.5.5. Greška prijelaza

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.

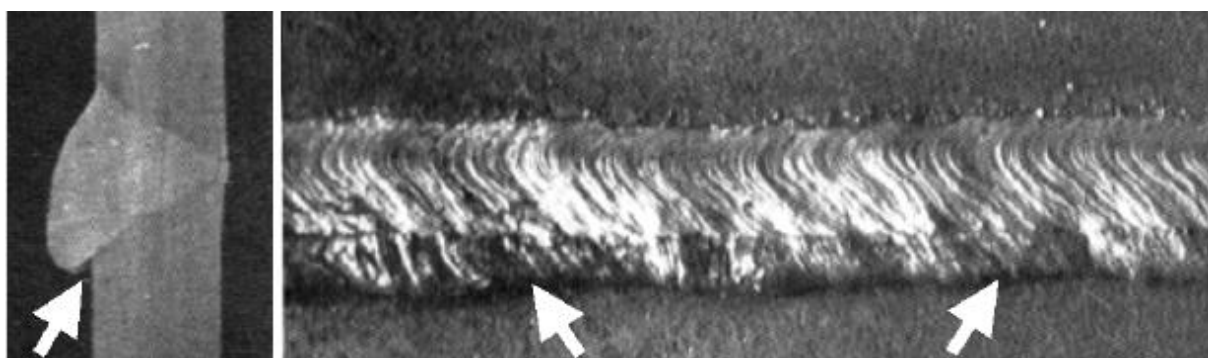
[1]



Slika 2.17 Posmaknutost u sučeljavanju (507) [13]

### 2.5.7. Utonulost zavora (Slika 2.18)

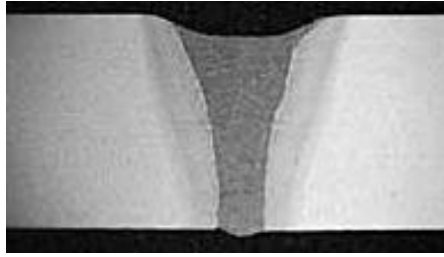
Slijeganje nanesenog dodatnog materijala zbog utjecaja sile teže na talinu. Najčešće nastaje kod zavarivanja u okomitom položaju gdje se prevelika količina taline javlja zbog prejake struje ili premale brzine zavarivanja. Talina zbog utjecaja sile teže sliježe na donju stranu zavora. [1]



Slika 2.18 Utonulost zavora (509) [2]

### 2.5.8. Nedovoljno popunjen zavar

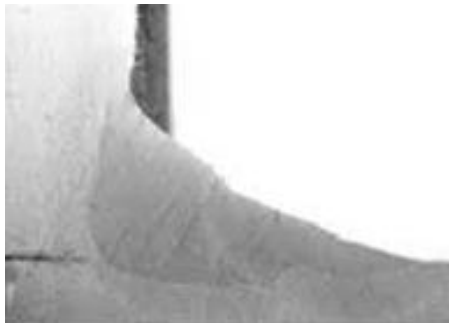
Popuna zavora preniska (Slika 2.1), mjestimično ili po cijeloj dužini, uglavnom se događa kod EPP zavarivanja zbog nepravilno ocijenjene visine pretposljednog sloja. Rješenje je zavar malo pobrusiti te zavariti još jedan sloj. [1]



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

### **2.5.9. Nesimetrični kut zavara**

Nesimetrični kut zavara (Slika 2.20) je oblik kutnog zavara izvan propisanog. Obično se pojavljuje kod zavarivanja kutnog zavara 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 zavara (512) [14]*

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

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

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

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



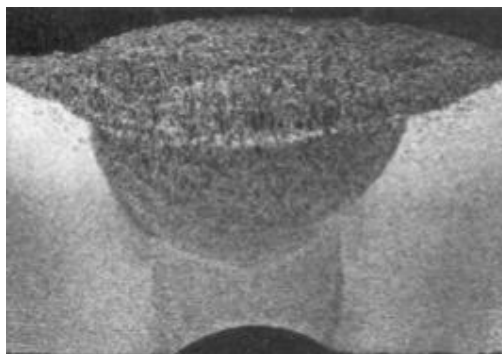
*Slika 2.21 Neravnomjerna širina zavora (513) [13]*



*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]

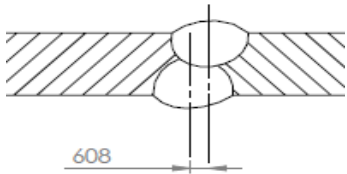
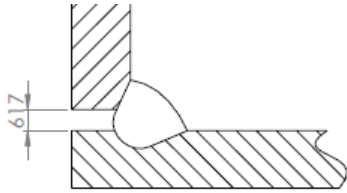
### 2.6. Ostale pogreške (Tabela 2.6)

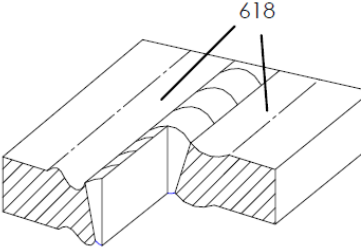
U ovu skupinu svrstavamo pogreške kod zavarivanja koje se ne mogu svrstati u nijednu drugu grupu. To su pogreške oštećenja površine materijala kod zavarivanja ili kod pripreme u zavarivanju. Dijele se na:

- 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]



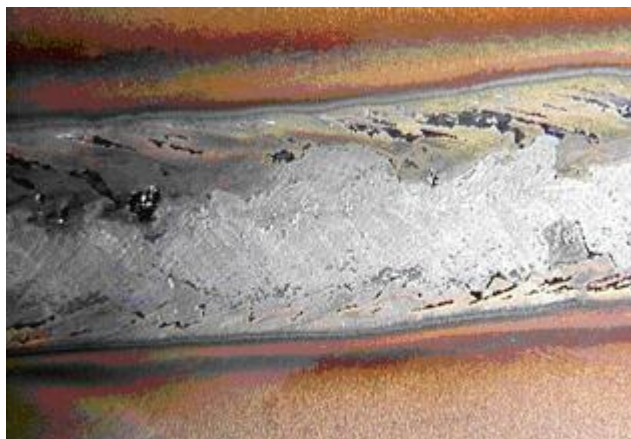
*Slika 2.25 Onečišćenje kapljicama metala (602)[5]*

### **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 redosljed zavarivanja</li> <li>* Neočišćene površine rubova</li> <li>* Ulaženje vodika u metal zavara</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 odogovarajućeg redosljeda zavarivanja</li> <li>* Predgrijavanje i kontrolirano odvođenje topline te dogrijavanje</li> <li>* Čišćenje površina rubova</li> <li>* Sprječavanje ulaska vodika u metal zavara</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 suhих elektroda</li> <li>* Predgrijavanje</li> </ul>
<b>Čvrste uključine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ostaci troske na površini prethodno položenog zavara, kao i na nastavku zavara</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 zavara, kao i nastavka zavara</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>

<p><b>Naljepljivanje i nedovoljan provar</b></p>	<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>
<p><b>Pogreške oblika zavara</b></p>	<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>
<p><b>Ostale pogreške</b></p>	<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 pripremanja 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.

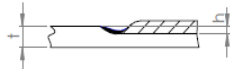

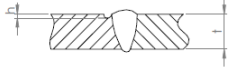
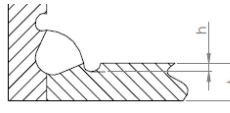
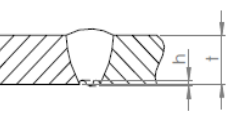
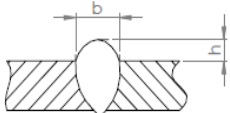
Razina kvalitete je opis kvalitete zavarenog spoja temeljem tipa, veličine i količine određenih grešaka u tom spoju. Postoje tri klase (ocjene) zavarenih spojeva:

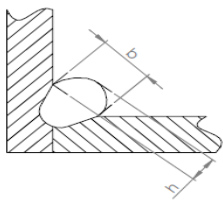
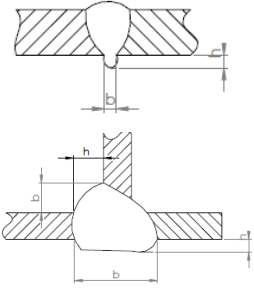
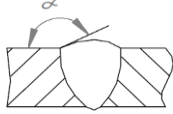
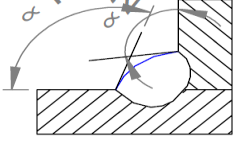
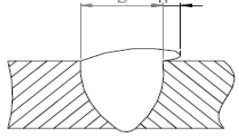
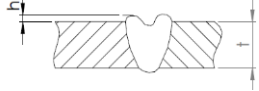
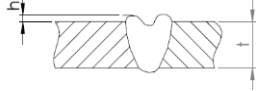
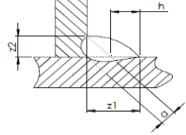
- B – visoka
- C – srednja
- D – niska.

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

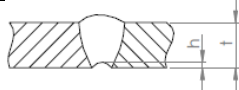
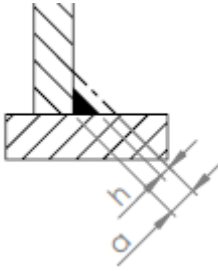
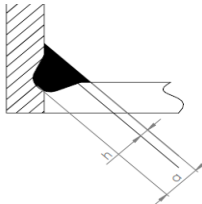
### 4.3. Površinske pogreške

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: - sučeoni spoj - kutni spoj	0,5 do 3	$d \leq 0,3 s$ $d \leq 0,3 a$	Nedopušteno	Nedopušteno
			Max. dimenzija za jednu poru za: - sučeoni spoj - kutni spoj	$> 3$	$d \leq 0,3 s$ , ali max. 3 mm $d \leq 0,3 a$ , ali max. 3 mm	$d \leq 0,2 s$ , ali max. 2 mm $d \leq 0,2 a$ , ali max. 2 mm	Nedopušteno
1.4	2025	Šupljina u završnom krateru		0,5 do 3 $> 3$	$h \leq 0,2 t$ $h \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm	Nedopušteno $h \leq 0,1 t$ , ali max. 1 mm	Nedopušteno Nedopušteno
1.5	401	Naljepplivanje		$\geq 0,5$	Nedopušteno		
	401	Mikronaljepplivanje	Vidljivo jedino pomoću mikroskopa.	$\geq 0,5$	Dopušteno	Dopušteno	Nedopušteno
1.6	4021	Neprovarivanje korijena zavara	Samo za jednostrani sučeoni spoj 	$\geq 0,5$	Kratke pogreške: $h \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm	Nedopušteno	Nedopušteno
1.7	5011	Nedostatak metala na značajnoj dužini	Blagi prijelaz se dopušta 	0,5 do 3	Kratke pogreške: $h \leq 0,2 t$	Kratke pogreške: $h \leq 0,1 t$	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 zavara	Blagi prijelaz se dopušta 	0,5 do 3	Kratke pogreške: $h \leq 0,2 mm + 0,1 t$	Kratke pogreške: $h \leq 0,1 t$	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 zavara	Blagi prijelaz se dopušta 	$\geq 0,5$	$h \leq 1 mm + 0,25 b$ , 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

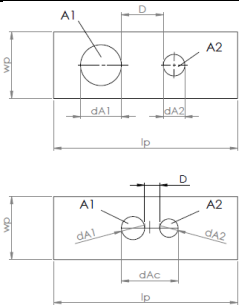
1.10	503	Pretjerana ispušćenost (kutni spoj)		$\geq 0,5$	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$ , ali max. 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$ , ali max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$ , ali max. 3 mm
1.11	504	Pretjerani provar		0,5 do 3  >3	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$  $h \leq 1 \text{ mm} + 1,0 b$ ,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



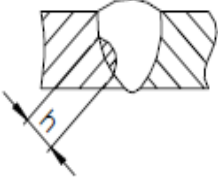
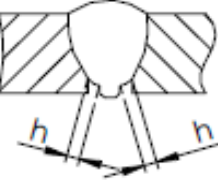
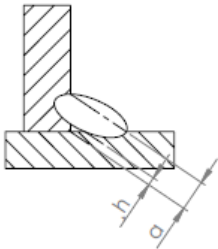
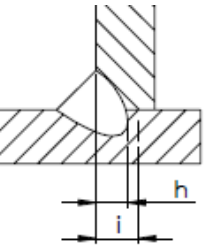
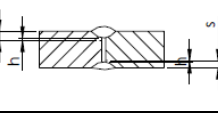
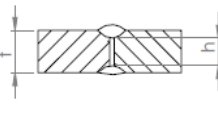
1.17	515	Uvučen korijen zavara		0,5 do 3  >3	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$  Kratke pogreške: $h \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm	Kratke pogreške: $h \leq 0,1 t$  Kratke pogreške: $h \leq 0,1 t$ , ali max. 1 mm	Nedopušteno  Kratke pogreške: $h \leq 0,05 t$ , ali max. 0,5 mm
1.18	516	Šupljikav korijen zavara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

## 4.4. Unutarnje pogreške

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

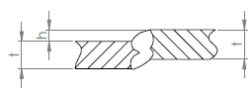
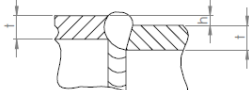
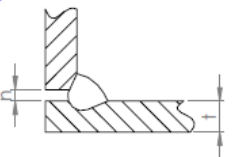
Re. br.	Oznaka po HRN EN 26520	Naziv nepravilnosti	Opaske	t mm	Granične vrijednosti nepravilnosti za skupine ocjena		
					D	C	B
2.1	100	Pukotine		$\geq 0,5$	Nedopušteno		
2.2	1001	Mikropukotina	Pukotina vidljiva jedino mikroskopom (50x).	$\geq 0,5$	Dopušteno	Prihvatljivost ovisi od vrsti osnovnog materijala i osjetljivosti na pukotine.	Prihvatljivost ovisi o vrsti osnovnog materijala i osjetljivosti na pukotine.
2.3	2011 2012	Pora Plinski mjehurići	Poroznost u promatranom području ovisi o debljini zavara. 1.) Maksimalni postotak grešaka na promatranom poprečnom presjeku. 2.) Maksimalna dimezija pojedinačne pore. - za sučeoni spoj - kutni spoj	$\geq 0,5$	$\leq 2,5 \%$	$\leq 1,5 \%$	$\leq 1 \%$
2.4	2013	Gnijezdo plinskih mjehurića	 <p>Preporučena dužina <math>l_p</math> je 100mm. 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>	$\geq 0,5$	$d_A \leq 25 \text{ mm}$ Ili $d_{A,max} \leq w_p$	$d_A \leq 20 \text{ mm}$ Ili $d_{A,max} \leq w_p$	$d_A \leq 15 \text{ mm}$ Ili $d_{A,max} \leq w_p/2$
2.5	2014	Plinski mjehurići u nizu	- sučeoni spoj	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$ , ali max. 4 mm $l \leq s$ , ali max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$ , ali max. 3 mm $l \leq s$ , ali max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$ , ali max. 2 mm $l \leq s$ , 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. 75 mm	$l \leq a$ , ali max. 50 mm	$l \leq a$ , ali max. 25 mm
			Slučaj 1 ( $D > d_2$ )				
			Slučaj 2 ( $D < d_2$ )				
2.6	2015 2016	Izduženi plinski uključak Cjevasti plinski uključak	- sučeonni spoj	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$ , ali max. 4 mm $l \leq s$ , ali max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$ , ali max. 3 mm $l \leq s$ , ali max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$ , ali max. 2 mm $l \leq s$ , ali max. 25 mm
			- kutni spoj	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$ , ali max. 4 mm $l \leq a$ , ali max. 75 mm	$h \leq 0,3 a$ , ali max. 3 mm $l \leq a$ , ali max. 50 mm	$h \leq 0,2 a$ , ali max. 2 mm $l \leq a$ , ali max. 25 mm
2.7	202	Šupljine		$\geq 0,5$	Kratke pogreške su dopuštene, ali - za sučeoone spojewe vrijedi $h \leq 0,4 s$ , ali max. 4 mm  - za kutne spojewe vrijedi $h \leq 0,4 a$ , ali max. 4 mm	Nedopušteno	Nedopušteno
2.8	2024	Šupljine u završnom krateru	Veća vrijednost h ili l bit će izmjerena.	0,5 do 3  >3	$h$ ili $l \leq 0,2 t$  $h$ ili $l \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm	Nedopušteno	Nedopušteno
2.9	300 301 302 303	Čvrsti uključci Uključak troske Uključak praška Uključak oksida	- sučeonni spoj	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$ , ali max. 4 mm $l \leq s$ , ali max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$ , ali max. 3 mm $l \leq s$ , ali max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$ , ali max. 2 mm $l \leq s$ , ali max. 25 mm
			- kutni spoj	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$ , ali max. 4 mm $l \leq a$ , ali max. 75 mm	$h \leq 0,3 a$ , ali max. 3 mm $l \leq a$ , ali max. 50 mm	$h \leq 0,2 a$ , ali max. 2 mm $l \leq a$ , ali max. 25 mm

2.10	304	Uključci stranog metala	- sučeoni 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: - kod sučeonog spoja $h \leq 0,4 s$ , ali max. 4 mm  - kod kutnog spoja $h \leq 0,4 a$ , ali max. 4 mm	Nedopušteno	Nedopušteno						
	4011	Naljepljivanje na stranice žljeba											
	4012	Naljepljivanje između slojeva zavara											
	4013	Naljepljivanje u korijenu zavara											
2.13	402	Nedovoljni provar	Kutni spoj		$\geq 0,5$	Kratke pogreške: $h \leq 0,2 a$ , ali max. 2 mm	Nedopušteno	Nedopušteno					
			Kutni spoj (djelomična penetracija)							$\geq 0,5$	Kratke pogreške: sučeoni spoj: $h \leq 0,2 s$ ili $i$ , ali max. 2 mm; kutni spoj $h \leq 0,2 a$ , ali max. 2 mm	Kratke pogreške: sučeoni spoj: $h \leq 0,1 s$ ili $i$ , ali max. 1,5 mm; kutni spoj $h \leq 0,1 a$ , ali max. 1,5 mm	Nedopušteno
			Sučeoni spoj (djelomična penetracija)										
		Sučeoni spoj (potpuna penetracija)		$\geq 0,5$	Kratke pogreške: $h \leq 0,2 t$ , ali max. 2 mm	Nedopušteno	Nedopušteno						

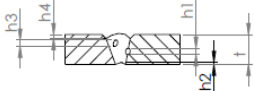
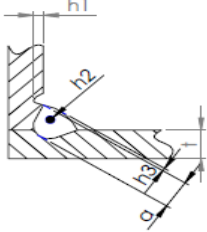
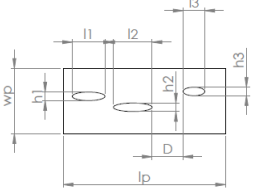
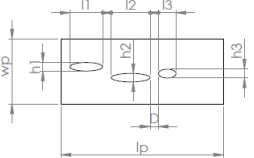
## 4.5. Pogreške u geometriji spoja

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  >3	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,25 t$  $h \leq 0,25t$ , ali max. 5 mm	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,15 t$  $h \leq 0,15t$ , ali max. 4 mm	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$  $h \leq 0,1 t$ , ali max. 3 mm
	5072	Posmaknutost između cijevi		$\geq 0,5$	$h \leq 0,5t$ , ali max. 4 mm	$h \leq 0,5t$ , ali max. 3 mm	$h \leq 0,5t$ , ali max. 2 mm
3.2	617	Netočni razmak za kutni spoj	Preveliki ili premali razmak između limova koji će se zavariti. 	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	 $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = \sum h$  $h_1 + h_2 + h_3 = \sum h$	0,5 do 3  >3	Nedopušteno  Maksimalna ukupna visina nepravilnosti: $\sum h \leq 0,4 t$ ili $\leq 0,25 a$	Nedopušteno  Maksimalna ukupna visina nepravilnosti: $\sum h \leq 0,3 t$ ili $\leq 0,2 a$	Nedopušteno  Maksimalna ukupna visina nepravilnosti: $\sum h \leq 0,2 t$ ili $\leq 0,15 a$
4.2	Nema	Projicirane ili presječne ravnine u uzdužnom smjeru	<p>Suma svih područja <math>\sum 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>\sum h \times l</math> koristimo formulu iz slučaja 2.</p> <p>Slučaj 1 (<math>D &gt; l_3</math>)</p>  $h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + h_3 \times l_3 = \sum h \times l$ <p>Slučaj 2 (<math>D &lt; l_3</math>)</p> 	$\geq 0,5$	$\sum h \times l \leq 16\%$	$\sum h \times l \leq 8\%$	$\sum h \times l \leq 4\%$

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

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 zavara za zavare kraće od 100 mm

- duge pogreške (nepravilnosti) su jedna ili više nepravilnosti čija je ukupna duljina veća od 25 mm za svakih 100 mm zavarenog spoja ili s najmanjom dužinom od 25% od ukupne dužine zavara za zavare 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 EVANGELIJU SPOJENIH KRALJEVA (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 EVANGELIJU SPOJENIH KRALJEVA (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 ispupčenost 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 Naljepljanje i nedovoljan provar (HRN EN 26520: 2007) [3].....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 2.5 Naljepljanje 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>