



## ZAVARIVANJE Cr-Ni ČELIKA, KOROZIJSKA POSTOJANOST, RUKOVANJE

**Prof.dr.sc. Ivan Juraga, Vinko Šimunović, dipl. ing., Ivan Stojanović, dipl. ing.**  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje, 10 000 Zagreb, I. Lučića 5**

**Tel: 01/ 61 68 343**

**Fax: 01/ 61 68 343,**

**E-mail: [ivan.juraga@fsb.hr](mailto:ivan.juraga@fsb.hr), [vinko.simunovic@fsb.hr](mailto:vinko.simunovic@fsb.hr), [ivan.stojanovic@fsb.hr](mailto:ivan.stojanovic@fsb.hr)**

### **Sažetak:**

*Visokolegirani korozijski postojani Cr-Ni čelici nalaze svoju sve širu primjenu u brojnim industrijskim područjima, arhitekturi i građevinarstvu, medicini i dr., a jedno od značajnijih područja njihove primjene je i izrada različitih zavarenih konstrukcija izloženih morskom okolišu npr. u brodogradnji, off shore tehnicima i sl..*

*Iako se ovi materijali zavaruju bez značajnijih poteškoća ukoliko se uvažavaju njihove specifičnosti poput npr. izražene sklonosti deformacijama, kao posljedica unosa topline tijekom zavarivanja može doći do znatnog smanjenja svojstava korozijske otpornosti što u okolišu kakav je more i morska atmosfera može dovesti do intenzivnih lokalnih korozijskih oštećenja u područjima zavarenih spojeva – zonama strukturnih i površinskih nehomogenosti.*

*U radu su prikazana osnovna svojstva pojedinih skupina Cr-Ni čelika, posebno kada je u pitanju njihovo zavarivanje te su dani primjeri korozijskih oštećenja u područjima zavarenih spojeva uz prikaz mogućnosti njihovog izbjegavanja.*

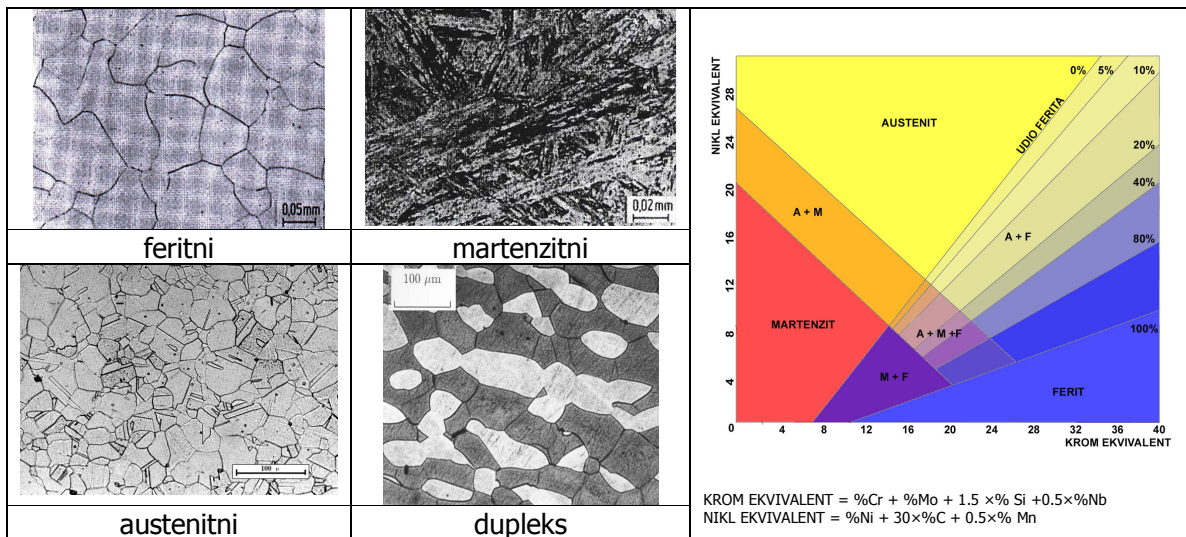
### **Ključne riječi:**

Cr-Ni čelici, svojstva, zavarivanje, korozijska oštećenja

## 1. UVOD

Nehrđajući čelik (eng. stainless steel) naziv je koji se koristi još od najranijih faza razvoja ovih čelika (početak XX. stoljeća). S početka prihvaćen kao generičko ime, danas označava široki raspon različitih vrsta i kvaliteta čelika otpornih na koroziju. Obilježava ih minimalni udio kroma od 10,5 % kao i dodatak ostalih legirajućih elemenata poput nikla, molibdena, titana, dušika, kojima se bilo modificira njihova struktura, ili postižu svojstva veće korozijske postojanosti, poboljšava obradivost, čvrstoća ili pak žilavost na sniženim (kriogenim) temperaturama.

U osnovi, danas, poznajemo četiri osnovne grupe – vrste nehrđajućih čelika, pri čemu je podjela izvršena na osnovi njihovih mikrostrukturnih obilježja. Tako postoje martenzitni, feritni, austenitni i dupleks (austenitno – feritni) nehrđajući čelici (slika 1). Dodatno, navedena podjela može se proširiti ako se uzme u obzir i mogućnost očvršćavanja, pa tako postoji i peta skupina nehrđajućih čelika - tzv. precipitacijski očvrstivi čelici.



**Slika 1:** Karakteristične mikrostrukture pojedinih grupa nehrđajućih čelika i Schaefflerov dijagram koji prikazuje kako struktura nehrđajućih čelika ovisi o omjerima krom i nikl-ekvivalentnih legiranih elemenata

### **Feritni nehrđajući čelici**

Legure iz ove skupine sadrže uobičajeno 11 -17 %Cr, uz dodatak nekih drugih legiranih elemenata (npr. Mo, Si, Al, Ti ili Nb). Sumpor i selen mogu se dodati kako bi se poboljšala strojna obradivost, a udio austenitizirajućih elemenata (C, N i Ni) vrlo je mali. Feritni nehrđajući čelici su feromagnetni i ne mogu očvrstnuti postupcima toplinske obrade jer nemaju faznu pretvorbu. Njihove granice razvlačenja kreću se od 275-350 N/mm<sup>2</sup>, vlačna čvrstoća 415-585 N/mm<sup>2</sup>, a duktilnost 20-35%. Slaba čvrstoća i osjetljivost na senzibilizaciju ograničavaju njihovu obradljivost i upotrebu. Čvrstoća na povišenim temperaturama slabija je nego kod austenitnih čelika. Prednost ove skupine čelika je otpornost na koroziju i oksidaciju uz relativno nisku cijenu, pa se tako koriste npr. u uvjetima izloženosti dušičnoj kiselini, u obradi voda, preradi hrane i arhitekturi. Ugrađuju se u postrojenja u kojima je otvorena opasnost od pojave napetostne korozije, gdje ne mogu zadovoljiti austenitni čelici.

### ***Martenzitni nehrđajući čelici***

Martenzitni nehrđajući čelici sadrže 11-13% Cr te do 1,2% ugljika, feromagnetični su i mogu očvrnuti postupcima toplinske obrade. Male količine nikla dodaju se za poboljšanje korozijske otpornosti, a sumpor i selen za obradivost. Najveći nedostatak martenzitnih čelika je osjetljivost prema vodikovoj krhkosti posebno u sulfidnim okolišima. Također imaju lošu otpornost na udarni lom kod sniženih temperatura.

No, zbog otpornosti na koroziju te visokog sadržaja ugljika koji osigurava otpornost na trošenje koriste se za izradu kotrljajućih elemenata kugličnih ležajeva, oštrica noževa, kirurškog i zubarskog alata, turbinskih lopatica i dijelova za rad na visokim temperaturama (npr. cijevi generatora pare).

### ***Austenitni nehrđajući čelici***

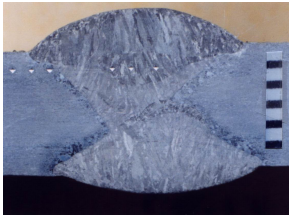

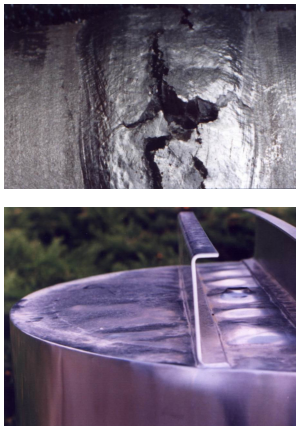
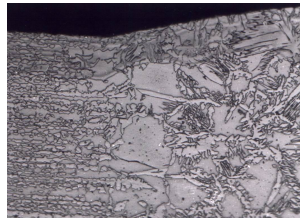
Austenitni čelici zbog svoje dobre korozijske postojanosti, dobre obradljivosti, izvrsne zavarljivosti, mehaničkih svojstava te estetskih karakteristika najčešće su korištena vrsta nehrđajućih čelika. Upotrebljavaju se u svim granama industrije, građevinarstvu, za izradu različitih upotrebni i ukrasni predmeta. Osnovni austenitni nehrđajući čelik je UNS S30400 (AISI 304) ili 18-8. To je legura na osnovi željeza koja sadrži nominalno 18% kroma i 8.5% nikla, uključujući manje količine ugljika, dušika, mangana i silicija. Od osnovnog 18-8 austenitnog čelika razvijeno je desetak novih legura, a bazira se na dodavanju npr. molibdena i dušika radi bolje otpornosti na koroziju. Njihovu upotrebu donekle otežava mogućnost pojave senzibilizacije prilikom postupka zavarivanja što može imati za posljedicu pojavu interkristalne korozije, fenomena koji se na zavarenim konstrukcijama javljao često u početnom razdoblju korištenja ovih materijala i ograničavao njegovu širu primjenu. Senzibilizacija se može izbjeći odabirom stabiliziranih čelika niskog sadržaja ugljika. Jednako tako, ovi materijali nerijetko su podložni i ostalim lokalnim korozijskim fenomenima (rupičasta, napetosna, korozija u procjepu), te odabir pojedine vrste – tj. kvalitete austenitnog nehrđajućeg čelika treba pažljivo izvršiti.

### ***Dupleks nehrđajući čelici***

Dupleks nehrđajući čelici počinju se primjenjivati od 1930. g. iako tek 1970-ih ulaze u masovnu upotrebu zbog povećane upotrebe AOD postupka kojim je omogućena proizvodnja legura sa izuzetno niskim udjelom ugljika te precizan nadzor nad sastavom legure tokom cijelog procesa proizvodnje. Struktura im je dvofazna i sastoji se od otprilike 50% ferita i 50% austenita. Ovi čelici pokazali su povećanu otpornost prema napetosnoj koroziji i utjecaju klorida te imaju bolju otpornost na opću i rupičastu koroziju u odnosu na austenitne nehrđajuće čelike. Čvrstoća ovih čelika je također veća u odnosu na čvrstoću austenitnih čelika. Duplex nehrđajuće čelike moguće je podijeliti u tri generacije. Glavna razlika između prve i druge generacije je u tome da druga generacija sadrži namjerno dodan dušik, između 0,1 i 0,25%. Dok je obilježje treće generacije  $PREN > 40$ . Pritom,  $PREN$ , tj. djelotvorna suma koja se često uzima u obzir kada se procjenjuje otpornost rupičastoj koroziji računa se prema izrazu:  $PREN = \%Cr + 3,3x(\%Mo) + 30x(\%N)$ . Danas se najčešće oznaka duplex upotrebljava za čelike koji sadrže 22% Cr, a superduplex za čelike sa sadržajem kroma 25%.

Osnovna svojstva zavarljivosti i problemi koji se mogu pojaviti prilikom izrade zavarenih konstrukcija od pojedinih vrsta nehrđajućih čelika dani su u tablici 1.

**Tablica 1.** Svojstva zavarljivosti i osnovni problemi koji se mogu pojaviti kao posljedica zavarivanja na različitim vrstama nehrđajućih čelika.

VRSTA NEHRĐAJUĆEG ČELIKA	ZAVARLJIVOST	PRIKAZ KARAKTERISTIČNIH PROBLEMA
<b>FERITNI</b>	<p>Zavarljivost feritnih nehrđajućih čelika je ograničena zbog izrazite sklonosti prema pogrubljenju strukture, što dodatno može dovesti do ubrzanijeg izlučivanja krhkih intermetalnih faza (npr. sigma faza) u području visokotemperaturnog dijela zone utjecaja topline. Nešto bolja zavarljivost kao i poboljšana korozijska postojanost dobiveni su kod tzv. superferitnih čelika. Superferitni čelici osim povišenog udjela kroma (19 – 30%) te dodatnog legiranja molibdenom, imaju vrlo niski udjel ugljika i dušika (<math>C + N &lt; 0,01-0,02\%</math>).</p>	
<b>MARTENZITNI</b>	<p>Zavarivanje ovih legura zahtjeva toplinske postupke prije (predgrijavanje 200-300°C), i poslije postupka zavarivanja (popuštanje 700-750°C) zbog svojstva zakaljivosti na zraku.</p> <p>Za zavarivanje se koriste dodatni materijali isti ili slični osnovnom materijalu ili se koriste austenitni dodatni materijali. Za izradu zavarenih konstrukcija rabe se čelici s manje od 0,15% C.</p>	
<b>AUSTENITNI</b>	<p>Austenitni čelici dobro su zavarljivi ( uz iznimku čelika koji sadrže sumpor ili selen-čelici za strojnu obradu). Ne treba ih predgrijavati prije zavarivanja.</p> <p>Najveći problem predstavlja mogućnost senzibilizacije tj. precipitacije kromovih karbida u temperaturnom rasponu od 425-850°C što može dovesti do pojave interkristalne korozije.</p> <p>Zavarljivost ovih konstrukcijskih materijala traži odgovarajuću tehnološku razinu i disciplinu, a treba voditi računa i o povećanoj sklonosti deformacijama. Naime, visoki koeficijent toplinske istezljivosti, te sniženi koeficijent toplinske vodljivosti, rezultiraju povećanom sklonošću ka deformacijama kao posljedica zavarivanja. Skloni su pojavi toplih pukotina u metalu zavara, što se javlja s jedne strane kao posljedica nečistoća u materijalu, te uslijed izražene sklonosti deformacijama odnosno zaostalim naprezanjima. Problem je danas uglavnom riješen pravilnim odabirom dodatnih materijala (4-12% delta ferita) te samom tehnikom kao i ostalim uvjetima zavarivanja.</p>	
<b>DUPLEKS</b>	<p>Za zadržavanje dovoljnog udjela austenitne strukture u području zavarenog spoja koriste se dodatni materijali predviđeni za zavarivanje čelika dupleks, a koji su "prelegirani" s nekoliko postotaka nikla u odnosu na dodatni materijal. U posljednje vrijeme mnogi rezultati su postignuti u izučavanju utjecaja zaštitnih plinova kod zavarivanja čelika dupleks. Pouzdano je utvrđen pozitivan utjecaj na stvaranje austenitne strukture, ukoliko se u zaštitni plin dodaje dušik. Feritizacija koja je posljedica zavarivanja, u svakom slučaju djeluje štetno, jer povećani udjel feritne strukture (i do 80 i više posto) neminovno dovodi do olakšanog stvaranja krhkih struktura u tom pojasu, do smanjenja korozijske postojanosti i dr. Feritizirani dio strukture je najkritičnije područje zavarenog spoja od čelika dupleks. Zavarivanje je nužno izvoditi kontroliranim uvjetima u smislu unosa topline-parametara zavarivanja.</p>	

## 2. KOROZIJSKA POSTOJANOST NEHRĐAJUĆIH ČELIKA

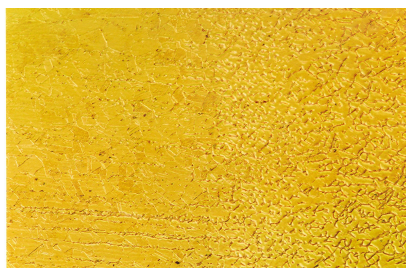
Nehrđajući čelici svoja svojstva visoke korozijske postojanosti duguju prisutnosti pasivnog oksidnog filma bogatog kromom na njihovoj površini koji nastaje spontano, prirodnim procesima oksidacije u sredinama – medijima koji sadrže dovoljno kisika. Iako izuzetno tanak, približno 1-5 nanometara ( $1 - 5 \times 10^{-9}$  m) i oku nevidljiv, ovaj zaštitni film čvrsto pranja i kemijski je stabilan u uvjetima koji osiguravaju dovoljnu količinu kisika na površini. Dodatno, obzirom na prirodu i spontano formiranje, zaštitni oksidni film, ima i važno svojstvo samoobnavljanja – čak i kada se, npr. u postupcima mehaničke strojne obrade, ukloni s površine, u sredinama s dovoljno kisika, gotovo trenutno, sam će se obnoviti (slika 2).



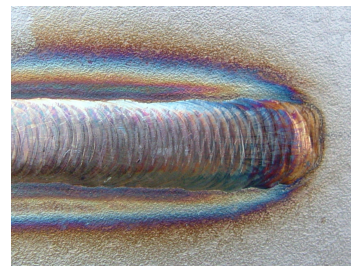
**Slika 2:** Prikaz mehanizma samoobnavljanja pasivnog filma kromovih oksida na površini.

Ipak, nehrđajući čelici ne mogu se smatrati „neuništivima“. Pasivno stanje koje jamči korozijsku otpornost, može se, pod određenim uvjetima, razoriti, što ima za posljedicu pojavu korozijskih procesa, najčešće u obliku usko lokaliziranih korozijskih fenomena.

Posebno je važno naglasiti da zavareni spojevi od nehrđajućih čelika mogu na konstrukciji predstavljati vrlo ozbiljnu opasnost zbog mogućih korozijskih oštećenja izazvanih najčešće rupičastom korozijom, ali i ostalim lokalnim korozijskim fenomenima poput korozije u procjepu, napetosne korozije, mikrobiološke korozije, interkristalne korozije, itd. Postoje mnogobrojni uzroci koji mogu dovesti do pokretanja navedenih mehanizama korozijskog razaranja, a osim, kako je ranije navedeno, pravilnog i pažljivog odabira odgovarajuće vrste nehrđajućeg čelika za pojedinu specifičnu namjenu, tj. sredinu i eksploatacijske uvjete kojima će konstrukcija biti izložena, vrlo je važno korektno i tehnološki ispravno provođenje tehnologije zavarivanja (postupak, parametri, dodatni materijali, tehnološka disciplina itd.). Naime, zavareni spojevi na konstrukcijama od nehrđajućih čelika, lokaliteti su izraženih strukturnih i površinskih nehomogenosti i kao takvi predstavljaju „idealno“ mjesto za pokretanje korozijskih procesa, slika 3.



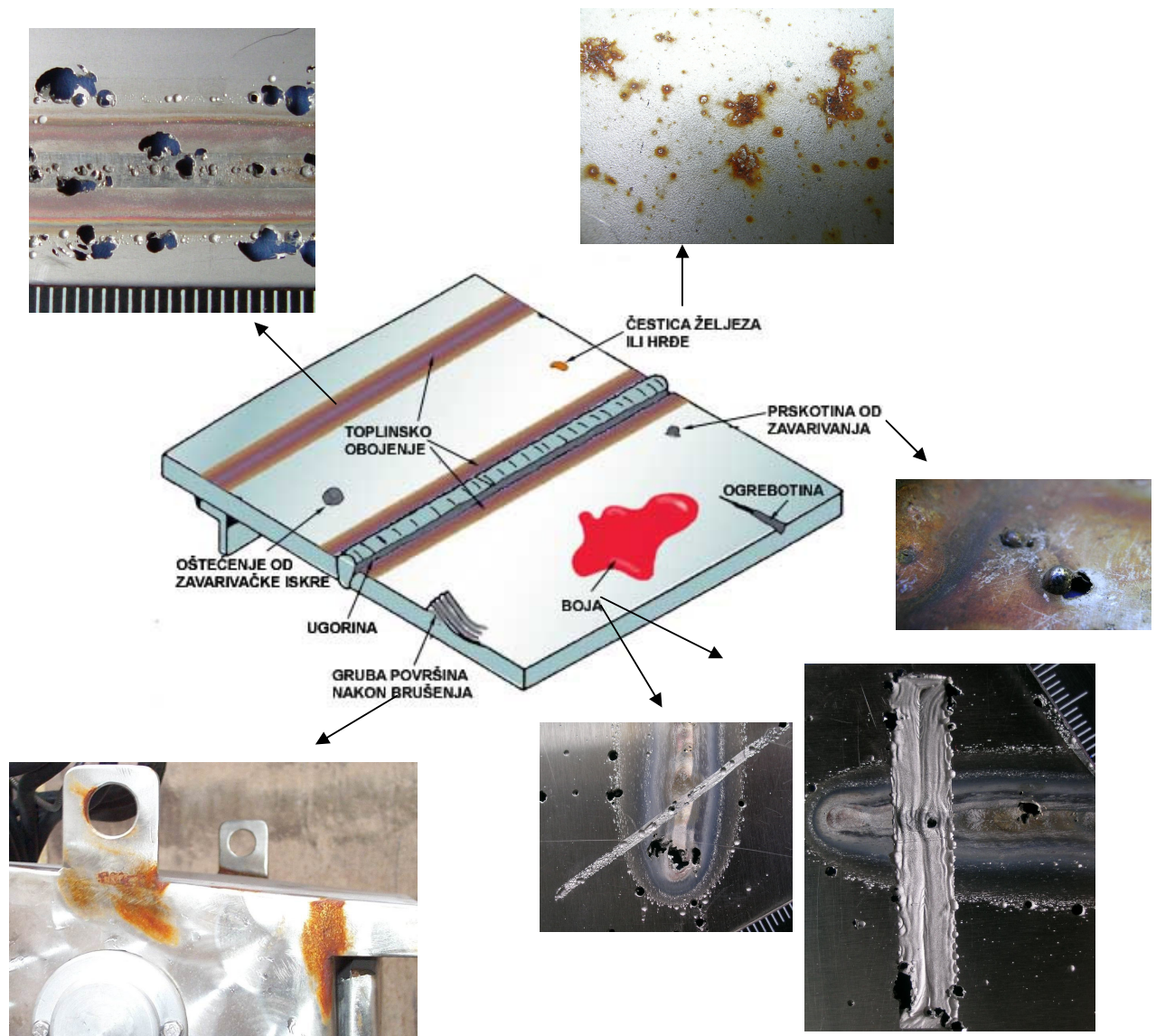
a) Razlike u strukturi: lijevo – osnovni metal  
 desno – metal zavara



b) Obojenja površine nastala unosom topline zavarivanjem

**Slika 3:** Prikaz osnovnih strukturnih i površinskih nehomogenosti.

Dodatno, različiti drugi površinski poremećaji, nastali naprimjer prilikom rukovanja, izrade, montaže ili korištenja konstrukcija izrađenih od nehrđajućih čelika, mogu jednako tako nepovoljno djelovati na sposobnost postizanja i održavanja pasivnog stanja. Slikom 4 prikazane su glavne karakteristične posljedice – korozijska oštećenja, nastala uslijed različitih nehomogenosti površine, bilo da se radi o neuklonjenim obojenjima izazvanim unosom topline tijekom zavarivanja, kontaminacijom česticama željeza, naštrcanim metalnim kapljicama ili neprimjereno gruboj mehaničkoj obradi ili neuklonjenim organskim bojama, markerima ili samoljepljivim folijama.



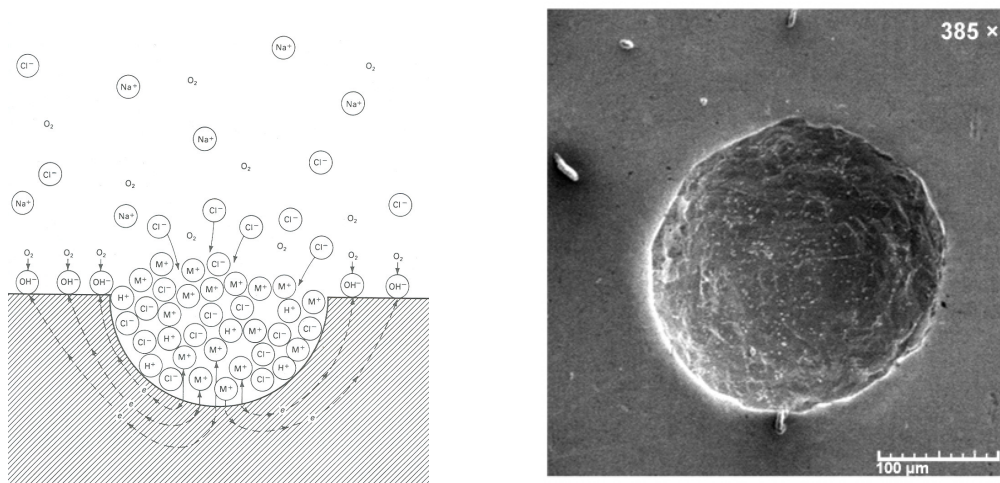
**Slika 4:** Prikaz posljedica prisutnosti pojedinih karakterističnih nehomogenosti površine.

## 2.1. Rupičasta korozija

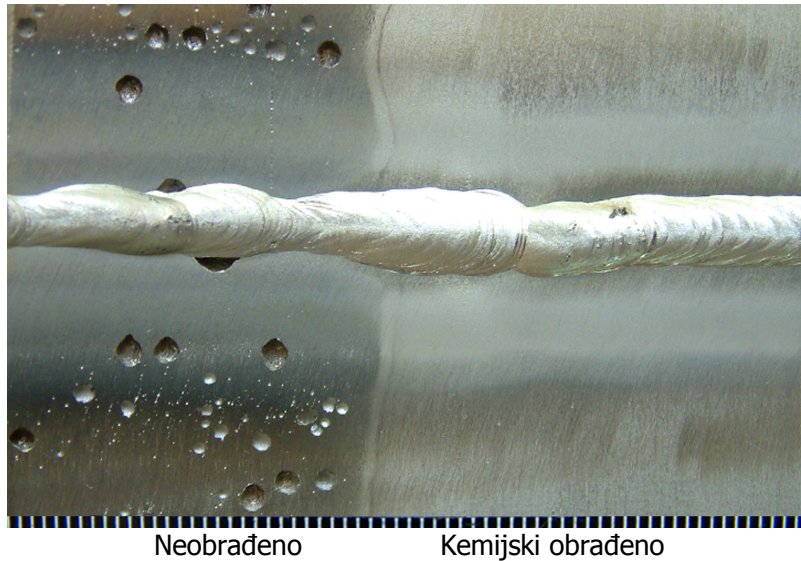
Rupičasta (pitting) korozija je prema mnogim autorima najčešći oblik elektrokemijskog razaranja uzrokovanog lokalnom depasivacijom metala koji su uobičajeno u pasivnom stanju poput nehrđajućih čelika. Kloridni ioni u vodenim otopinama specifičan su agresivni čimbenik koji često uzrokuje pitting koroziju na takvim materijalima, a slično negativno djelovanje imaju i ostali halogenidni ioni ( $\text{Br}^-$ ,  $\text{F}^-$ ) koji dovode do razaranja pasivnog filma. Kloridi, koje mnogi autori navode kao najvažnijeg uzročnika lokalnih procesa razaranja su anioni jake kiseline, a mnogi metalni kationi posjeduju znatnu topivost u kloridnim otopinama. Dodatno, kloridi su relativno mali anioni s velikom moći difuzije što ometa pasivaciju. Rupičasta korozija smatra se autokatalitičkim procesom – jednom kada pit nastane i pokrene se korozijski proces usko lokaliziran u području pita, dolazi do znatnih promjena u mediju unutar pita koji postaje osiromašen katodnim reaktantima (npr. otopljenim kisikom), obogaćen metalnim kationima i kloridima. Dodatno, unutar pita znatno se snižuje pH vrijednost. Tako nastali kloridni medij vrlo je agresivan, sprečava repasivaciju i potiče daljnju propagaciju pita, slika 5. Početni procesi u kojima nastupa depasivacija – uništenje pasivnog oksidnog filma i nastanak inicijalnih oštećenja predmet su mnogobrojnih istraživanja i do danas nisu u potpunosti razjašnjeni.

Vrlo često, pojava ovog oblika korozije nehrđajućih čelika izazvana je s nastankom područja obojenosti, oksida različitog kemijskog sastava i debljine – tzv. zona toplinskih nijansi (engl. «heat tints zone»). S obzirom na prirodu (mehanizam) korozijske postojanosti ovih materijala, koji se zasniva na spontano formiranom pasivnom filmu kromovih oksida, ovakva područja obojenosti, značajno, negativano utječu na korozijsku otpornost zavarenog spoja.

Nužno je navesti u tom smislu da je obrada površine nakon zavarivanja, koja može biti neka od tehnologija mehaničke, kemijske ili elektrokemijske obrade, bitan utjecajni čimbenik koji djeluje na korozijsku postojanost zavarenog spoja, a time i konstrukcije u cjelini, slika 6.

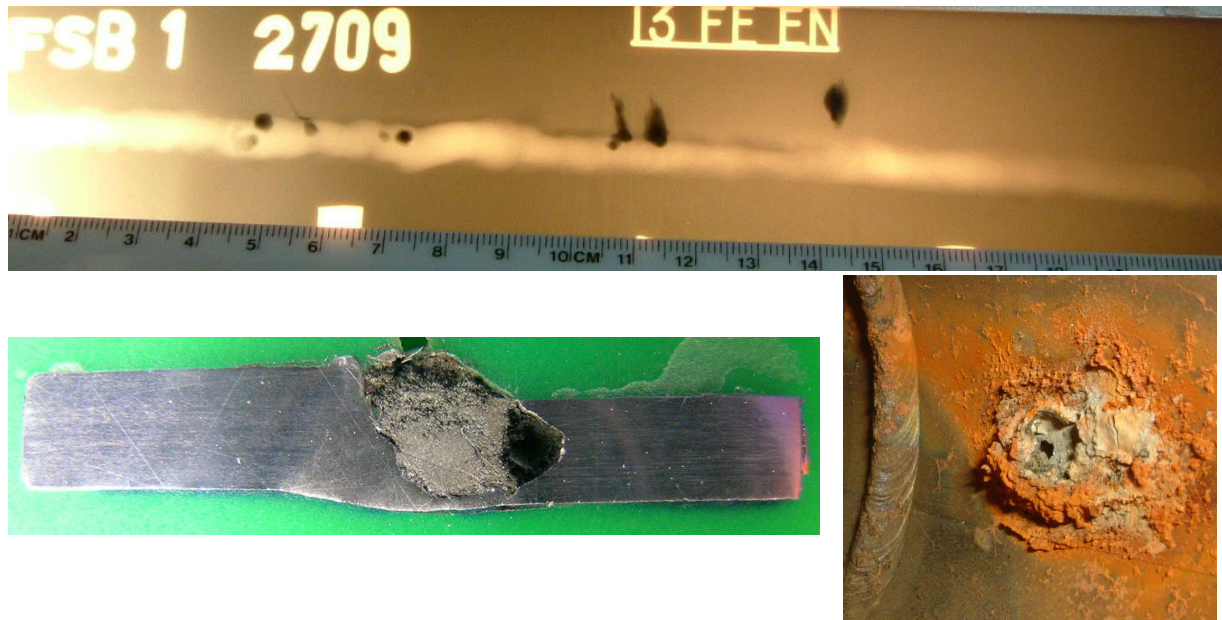


**Slika 5:** Prikaz autokatalitičkog karaktera rupičaste korozije (lijevo) i SEM prikaz rupičastog oštećenja na čeliku AISI 304L (desno).



**Slika 6:** Prikaz rezultata laboratorijskog korozijskog ispitivanja otpornosti na rupičastu koroziju, AISI 304L.

Neki od korozijskih fenomena, poput npr. mikrobiološki poticane korozije, tj. korozije koja se javlja kao posljedica međusobne (negativne) interakcije životnih procesa različitih bakterija, medija i metalne površine nehrđajućeg čelika, također mogu poprimiti izgled oštećenja karakterističnih za rupičastu koroziju, slika 7.

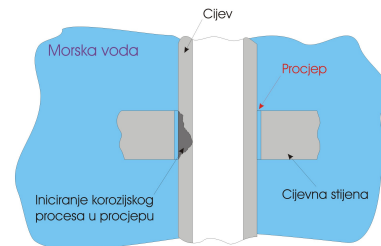


**Slika 7:** Radiografski snimak zavarenog spoja oštećenog mikrobiološkom korozijom (slika gore) kod koje je oblik – tip razaranja najčešće rupičasta korozija (slika dolje lijevo) ispod bioloških nakupina (slika dolje desno), čelik AISI 316 Ti, bunarska voda, nekoliko mjeseci, TIG postupkom zavareni montažni spoj cijevi.

## 2.2. Korozija u procjepu

Konstruktivna rješenja koja imaju za posljedicu nastanak procjeka između pojedinih dijelova konstrukcije izrađene od nehrđajućih čelika mogu dovesti do pojave iniciranja korozijskih procesa isključivo u tom području uslijed nastanka lokalnih članaka diferencijalne aeracije kao i nagomilavanja agresivnih čimbenika iz medija unutar procjeka. Kod nehrđajućih čelika brojni međusobno povezani čimbenici (metalurški, geometrijski) kao i značajke medija utječu na iniciranje i propagiranje korozije u procjepu. Prilikom korozije, otpušteni metalni ioni (prvenstveno kroma) dovode unutar procjeka do povećanja kiselosti uslijed niza reakcija hidrolize koje dovode do migracije i nagomilavanja kloridnih iona u mediju unutar procjeka.

Kako je za nastanak, održavanje i obnavljanje pasivnog filma koji štiti SS od korozije nužno neometano prisustvo kisika, svaka nehomogenost (procjep nastao konstrukcijskim rješenjem, pregrubo obrađena površina koja ima za posljedicu nastanak riseva, neuklonjene metalne kapljice nastale zavarivanjem, organska onečišćenja i sl.) mogu dovesti do lokalne depasivacije nehrđajućeg čelika unutar tako stvorenih procjeka te, dodatno, uslijed nepovoljnog omjera anodnih (unutar procjeka) i katodnih ploština (ostatak konstrukcije – izvan procjeka) do vrlo velikih brzina razaranja, slika 8. Pojedini autori ovaj vid korozije nazivaju i ekstremnom formom pitinga. Koroziju u procjepu vrlo je često moguće izbjeći odgovarajućim projektnim rješenjima i tehnološkom disciplinom, bez da se mora pribjeći promjeni konstrukcijskog materijala otpornijim. Slično kao i kad je u pitanju rupičasta korozija, čelici s većim udjelima kroma i molibdena značajno su otporniji na pojavu korozije u procjepu.

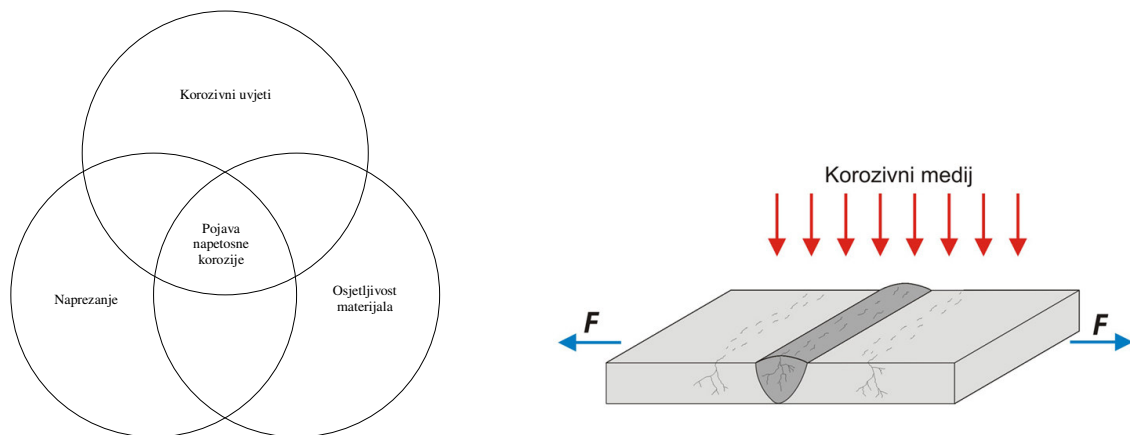


**Slika 8:** Makrostrukturni snimak u potpunosti razorenog područja zavarenog spoja izazvanog korozijom u procjepu, čelik AISI 316L, morska voda, nekoliko mjeseci, šavni zavareni spoj na cijevi (lijevo), prikaz mehanizma oštećivanja (desno).

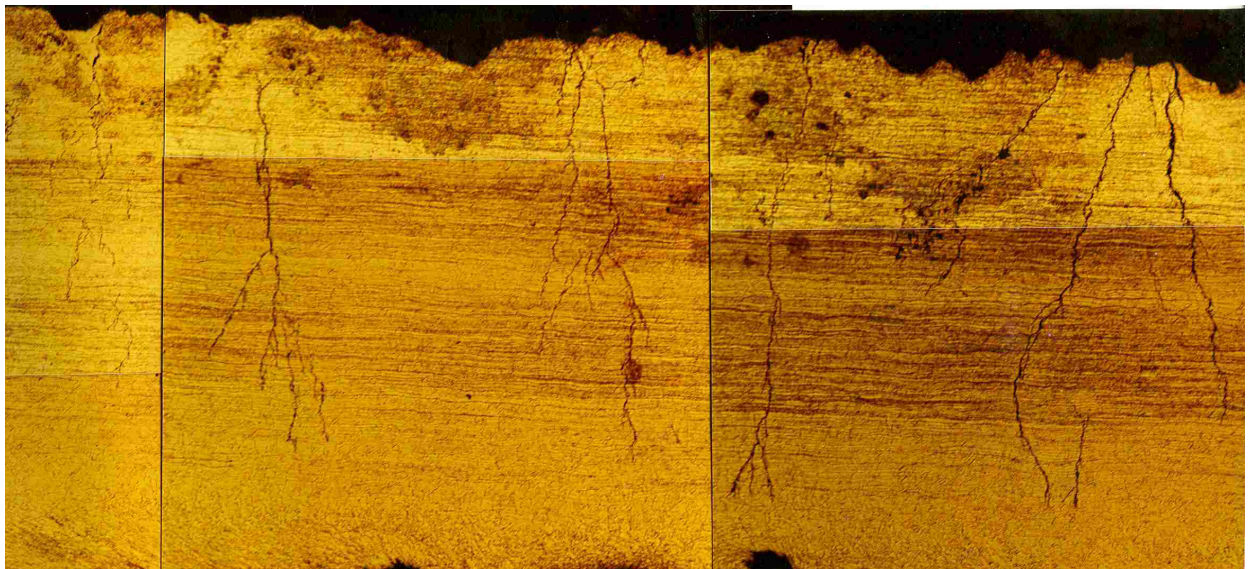
## 2.3. Napetosna korozija

Napetosna korozija je korozijski mehanizam u kojem kombinacija suspektnog materijala, prisutnih vlačnih napreznja i značajke medija dovode do pojave pukotina na materijalu, slika 9. Napetosna korozija je vrlo složena pojava podložna utjecajima brojnih čimbenika, a napreduje transkristalno ili interkristalno. Ovaj tip korozije nastupit će najčešće na hladno deformiranim lokalitetima, jer tamo zaostaju napreznja, ili u okolini zavarenih spojeva gdje su veća zaostala napreznja i strukturne promjene.

Austenitni Cr-Ni čelici posebno su osjetljivi na ovaj tip korozije. U slučaju napetosne korozije kod austenitnih čelika pukotine su najčešće transkristalne (direktno se šire kroz kristal), slika 10.



**Slika 9.** Utjecajni čimbenici napetosne korozije (lijevo) i prikaz mehanizma procesa (desno).



**Slika 10:** Transkristalna napetosna korozija austenitnog čelika kvalitete AISI 304.

Ovaj tip korozije se javlja ako su ispunjena sljedeća tri uvjeta:

- prisutnost vlačne napetosti uzrokovane zaostalim ili radnim naprezanjima,
- prisutnost klorida ili kisika u mediju,
- minimalna temperatura od 60°C ispod koje se općenito ne pojavljuje napetosna korozija (osim u izrazito kiseljoj otopini).

Napetosna korozija problematična je za predviđanje jer prije pojave pukotina na konstrukciji nema nikakvih naznaka po kojima bi mogli naslutiti njeno iniciranje, pa su otkazi koji nastaju zbog ove vrste korozije neočekivani i nerijetko uzrokuju visoke troškove.

### 3. ZAKLJUČAK

Razvitak i proizvodnja korozijski postojećih Cr-Ni čelika tijekom 20. stoljeća omogućili su mnogim kompleksnim granama industrije daljnji razvitak i usavršavanje postojećih postupaka proizvodnje kao i razvijanje novih postupaka i tehnologija koji su bili ograničeni upravo nepostojanjem odgovarajućih materijala koji bi posjedovali povišena svojstva korozijske otpornosti uz istovremeno dobra mehanička svojstva i svojstva zavarljivosti.

Korozijska postojanost zavarenih spojeva od visokolegiranih nehrđajućih Cr-Ni čelika usko je povezana s uvažavanjem pojedinih specifičnih svojstava ovih konstrukcijskih materijala. To u prvom redu podrazumijeva iskorištavanje mnogobrojnih mogućnosti odabira ispravnog materijala za neke određene eksploatacijske uvjete, kao i osiguravanje uvjeta nastanka i održavanja pasivnog filma kromovih oksida koji štiti metal od djelovanja medija. To se ponajprije odnosi na važnost uklanjanja štetnih obojenja koja nastaju na površini kao posljedica unosa topline tijekom zavarivanja.

### 4. LITERATURA

- [1] JURAGA, I., ŠIMUNOVIĆ, V., ŠPANIČEK, Đ.: Contribution to the study of effects of surface state of welded joints in stainless steels upon resistance towards pitting corrosion, *Metalurgija*, vol 46, br. 3, Hrvatsko metalurško društvo, Zagreb, 2007., 185-189.
- [2] J. R. DAVIS: *ASM Specialty Handbook – Stainless Steels*, ASM International, Materials Park, 1994., p. 133 – 146.
- [3] H. SCHLERKMANN: *Nichtrostende stähle – Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit als Kriterium für die Anwendung*, Sammelbuch, *Nichtrostende Stähle können rosten*, GfKORR, Frankfurt am Main, 2004, p. 17.
- [4] C. P. DILLON: *Corrosion resistance of stainless steels*, Marcel Dekker Inc., New York, 1995., p. 65 – 77.
- [5] L. KARLSSON: *Stainless steels – past, present and future*, *Svetsaren No1*, 2004., p 47-52
- [6] Arhiva Katedre za zaštitu materijala, FSB, Zagreb