

Srećko Brkić

PRIRUČNIK
NEHRĐAJUĆI ČELICI U
FARMACEUTSKOJ, PREHRAMBENOJ
I KEMIJSKOJ INDUSTRIJI

Zagreb, 2007

Autor: Srećko Brkić, dipl.ing. stroj.

Recenzenti: dr.sc. Dubravka Jeličić, dipl.ing.med.biokemije
dr.sc. Vinko Ivušić, redoviti profesor Fakulteta strojarstva i
brodogradnje, Zagreb
dr.sc. Ivan Juraga, izvanredni profesor Fakulteta
strojarstva i brodogradnje, Zagreb

Izdavač: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Ivana Lučića 5,
Zagreb

Glavni urednik: Srećko Brkić, dipl.ing.stroj.

Lektorica: Ksenija Trajbar, prof.

Prijelom na računalu: Srećko Brkić, dipl.ing.stroj.

Grafičko oblikovanje ovitka: Maja Brkić, foto dizajner i tvrtka
„domnick hunter“

Tisak: DeVeDe d.o.o., Zagreb

Naklada: 500 (prvo izdanje)

**Zabranjeno je sadržaj priručnika tiskati u cijelosti ili u dijelovima
bez posebnog odobrenja izdavača.**

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Nacionalne i sveučilišne
knjižnice u Zagrebu pod brojem 648523.

ISBN 978-953-7040-07-9

SADRŽAJ:

POPIS OZNAKA	5
PREDGOVOR	7
1. UVOD	8
2. PODJELA NEHRĐAJUĆIH ČELIKA	9
2.1 Feritni čelici	9
2.2 Superferitni čelici	10
2.3 Martenzitni čelici	10
2.4 Austenitni čelici (ELC)	11
2.5 Austenitni i austenitno-feritni čelici s $\leq 10\%$ delta ferita	12
2.6 Austenitni čelici legirani dušikom	12
2.7 Austenitni čelici visoko legirani Mo (superaustenitni)	12
2.8 Austenitno-feritni čelici (dupleks)	12
2.9 Superdupleks čelici	13
2.10 Čelici za rad pri povišenim temperaturama	13
3. POPIS NAJČEŠĆE KORIŠTENIH AUSTENITNIH ČELIKA S OZNAKAMA, KEMIJSKIM SASTAVOM I GLAVNIM KARAKTERISTIKAMA	14
3.1 W.Nr. 1.4301	14
3.2 W.Nr. 1.4306	15
3.3 W.Nr. 1.4401	15
3.4 W.Nr. 1.4404	16
3.5 W.Nr. 1.4435	16
3.6 W.Nr. 1.4571	17
3.7 W.Nr. 1.4539	17
4. UTJECAJ POJEDINIH LEGIRAJUĆIH ELEMENATA NA SVOJSTVA NEHRĐAJUĆIH ČELIKA	18
4.1 Krom (Cr)	19
4.2 Nikal (Ni)	19
4.3 Molibden (Mo)	19
4.4 Mangan (Mn)	19

4.5	Titan (Ti)	19
4.6	Silicij (Si)	19
4.7	Dušik (N)	20
4.8	Fosfor (P)	20
5.	OTPORNOST NA KOROZIJU U RAZLIČITIM MEDIJIMA	20
6.	KOROZIJA NEHRĐAJUĆIH ČELIKA	25
6.1	Vrste lokalnih korozivskih pojava	26
6.1.1	Jamičasta	27
6.1.2	Kontaktna	30
6.1.3	Mikrobiološki stimulirana	30
6.1.4	Interkristalna	31
6.1.5	Napetosna	33
6.1.6	Ružing	35
7.	POSTUPCI ZAVARIVANJA I REZANJA	43
7.1	Orbitalno zavarivanje	43
7.2	TIG/WIG	44
7.3	MIG	45
7.4	REL	46
7.5	Plazma	48
7.6	EPP	49
7.7	Laser	49
8.	TEHNOLOGIJA ZAVARIVANJA SPREMNIKA DEIONIZIRANE VODE	51
8.1	Uvod	51
8.2	Osnovni materijal	52
8.3	Postupci zavarivanja	52
8.4	Dodatni materijali za zavarivanje	52
8.5	Priprema za zavarivanje	53
8.6	Opće smjernice za zavarivanje	53
8.7	Kontrola zavarivačkih radova	54
8.8	Tehnička dokumentacija	55

9.	OBRADA POVRŠINE NEHRĐAJUĆIH ČELIKA NAKON ZAVARIVANJA	56
9.1	Tehnike obrade površine	57
9.1.1	Mehanička obrada	57
9.1.2	Kemijska obrada	59
9.1.3	Elektrokemijska obrada	60
10.	NERAZORNE METODE ISPITIVANJA ZAVARENOG SPOJA	61
10.1	Vizualna kontrola	62
10.2	Metoda prozračivanja	63
10.3	Penetrantska metoda	65
11.	TLAČNA PROBA	67
12.	PASIVACIJA POVRŠINE NEHRĐAJUĆEG ČELIKA	68
12.1	Pasivacija dušičnom kiselinom	69
12.2	Pasivacija limunskom kiselinom i amonijevim monocitratom	71
12.3	Prirodna pasivacija	72
12.4	Periodički inspekcijski pregledi	73
13.	METODE PROVJERE UČINKOVITOSTI POSTUPAKA KEMIJSKOG ČIŠĆENJA I PASIVACIJE	75
13.1	Vizualna provjera	75
13.2	Akimov test	76
13.3	Feroksilni test	77
13.4	Ispitivanje količine slobodnog željeza u otopini	77
13.5	Ostale metode provjere pasivnog sloja (filma)	78
14.	DEFINIRANJE HRAPAVOSTI POVRŠINE	82
15.	SANITIZACIJA (DEZINFEKCIJA)	85
15.1	Ozon	85
15.2	U.V. svjetlo	86
15.3	Vodikov peroksid	86
15.4	Otopina hipoklorita	87
15.5	Čista para	87

16.	STERILIZACIJA	88
16.1	Toplinska sterilizacija	88
16.2	Kemijska sterilizacija	89
16.3	Radiološka sterilizacija	90
17.	ODRŽAVANJE POVRŠINE NEHRĐAJUĆEG ČELIKA	90
18.	SLUŽBENI PREGLED (AUDIT) PROIZVOĐAČA OPREME	92
19.	ISPITIVANJE PROBNIH UZORAKA	95
20.	PREPORUKE IZBORA KONTAKTNOG MATERIJALA I POVRŠINSKE HRAPAVOSTI ZA RAZLIČITE VRSTE MEDIJA	97
20.1	Pitka voda	97
20.2	Pročišćena voda	97
20.3	Voda za injekcije	97
20.4	Čista para	98
21.	POGOVOR	118
	LITERATURA	120
	PRILOZI	121

PREDGOVOR

U ovom priručniku opisuju se svojstva, ponašanje, tehnologija spajanja i obrade te primjena nehrđajućih čelika, ponajprije za potrebe farmaceutske, prehrambene i kemijske industrije.

Priručnik obiluje mnogim primjerima iz prakse s obzirom na autorovo dugogodišnje iskustvo kao održavatelja u farmaceutskoj proizvodnji gotovih oblika lijekova i farmaceutskih supstancija (API), ali i kao tehnologa u proizvodnji voda za farmaceutsku industriju. Upravo zbog toga ova publikacija ima karakter priručnika za inženjersku praksu. Mnoga područja krajnje su pojednostavljena i omogućuju razumijevanje širem krugu djelatnika različite kvalifikacijske strukture.

Obrađena tematika temelji se na prijeko potrebnim znanjima s područja: materijala, tribologije i zavarivanja koja su dobivena na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Posebna pozornost posvećena je cGMP-u (dobroj proizvođačkoj praksi) te zahtjevima europske (EP) i američke farmakopeje (USP). Za farmaceutsku industriju jasno su definirani zahtjevi u vezi s kvalitetom materijala, obrade i završne kontrole. Zahtjevi i smjernice svakim su danom sve stroži. Neće se pogriješiti ako se primjenjuju zahtjevi i preporuke iz farmaceutske industrije za prehrambenu ili kemijsku industriju. To prije ako se u kemijskoj industriji proizvode aktivne supstancije za farmaceutsku industriju (API).

Kako su hrvatske norme (HRN) za područje materijala u fazi prihvaćanja, usporedo su u tekstu navedene oznake nehrđajućih čelika prema europskim normama (EN) i starim hrvatskim normama, jer su poznatije širem krugu korisnika.

Zahvaljujem gđi. Carol Powell (Nickel Development Institut, Velika Britanija) od koje sam dobio vrijedne radove o koroziji nehrđajućih čelika. Bez tih radova ovaj bi priručnik bio znatno siromašniji.

Kako bi se poboljšalo sljedeće izdanje, svaku dobronamjernu sugestiju ili uočeni nedostatak primam s poštovanjem i zahvalnošću.

Autor

Zagreb, ožujak 2007.