

VODIČ
ZA INŽENJERE
I ARHITEKTE:

TOPLO CINKOVANJE
POTAPANJEM

Savez galvanizera obezbeđuje
proverene materijale u saglasnosti
sa RIBA CPD:

Izvori:

„The Engineers & Architects’ Guide:
Hot dip Galvanizing“

„The Engineers & Architects’ Guide
to Nuts and Bolts“



VODIČ
ZA INŽENJERE
I ARHITEKTE:

TOPLO CINKOVANJE
POTAPANJEM

VODIČ ZA INŽENJERE I ARHITEKTE: POTAPANJE TOPLIM CINKOVANJEM

Izdao i objavio: Metal-cinkara d.o.o.

Za: Simon Bastl

Produkcija: Fit media d.o.o.

Tekst: Galvanizing Association

Fotografije: Peter Marinšek, Simon Bastl

Grafička priprema: Andrej Mohorič

Štampa: Eurograf

April 2008

ISBN 978-86-911295-0-7

PREDMET	SADRŽAJ	STRANA	
GLAVA 1 TOPLO CINKOVANJE I IZDRŽLJIVA GRADNJA	<ul style="list-style-type: none"> – Toplo cinkovanje i okolina – Reciklaža 	<ul style="list-style-type: none"> – Cink – prirodan i suštinski važan za zdravlje i okolinu – GalvAction 21 – put industrije cinkovanja u budućnost 	6
GLAVA 2 UVOD U TOPLO CINKOVANJE	<ul style="list-style-type: none"> – Priprema – Postupak toplog cinkovanja – Prevlaka 	<ul style="list-style-type: none"> – Debljina prevlake – Obrada posle toplog cinkovanja – Dimenzije proizvoda 	10
GLAVA 3 FIZIČKE OSOBINE	<ul style="list-style-type: none"> – Kohezija 	<ul style="list-style-type: none"> – Tvrdća 	14
GLAVA 4 ANTI-KOROZIVNA EFIKASNOST	<ul style="list-style-type: none"> – Atmosferska korozivna otpornost 	<ul style="list-style-type: none"> – Efikasnost u drugim okruženjima 	16
GLAVA 5 KAKO TOPLO CINKOVANJE ŠTITI ČELIK	<ul style="list-style-type: none"> – Granična zaštita 	<ul style="list-style-type: none"> – Zaštitno delovanje 	20
GLAVA 6 TROŠKOVI I EKONOMIČNOST	<ul style="list-style-type: none"> – Ekonomičnost – Početni troškovi 	<ul style="list-style-type: none"> – Ukupni troškovi – Troškovi održavanja 	22
GLAVA 7 ZAHTEVI TOPLOG CINKOVANJA	<ul style="list-style-type: none"> – Standardi – Deblja prevlaka – Spojni i vezivni elementi 	<ul style="list-style-type: none"> – Vreme potrebno za proces toplog cinkovanja – Izgled – Dupla zaštita – Duplex sistem 	26
GLAVA 8 KONSTRUISANJE PROIZVODA ZA TOPLO CINKOVANJE	<ul style="list-style-type: none"> – Dovod i odvod cinka, izlaz vazduha – Sastav metala i kombinacije – Dimenzije – Spojni i vezivni elementi – Preklapajuće površine – Odlivci – Šarke i klizni elementi – Termičke deformacije 	<ul style="list-style-type: none"> – Čvrstoća – Zavarivanje – Označavanje i etiketiranje – Zaštita površina koje ne želimo da cinkujemo – Spajanje – Postupanje proizvodima – Nečista površina čelika 	28
GLAVA 9 KVALITET I KONTROLA	<ul style="list-style-type: none"> – Obezbeđivanje kvaliteta – Merenje mase i debljine prevlake 	<ul style="list-style-type: none"> – Spoljašnji izgled – Mat siva, odnosno tamno siva prevlaka – Obnova oštećene prevlake 	38
GLAVA 10 SPAJANJE TOPLO POCINKOVANOG ČELIKA	<ul style="list-style-type: none"> – Toplo cinkovanje navojnih spojeva i vezivnih elemenata 	<ul style="list-style-type: none"> – Zavarivanje toplo pocinkovanog čelika – Sprečavanje rđe na varovima 	42
GLAVA 11 BOJENJE I LAKIRANJE PRAHOM TOPLO POCINKOVANOG ČELIKA	<ul style="list-style-type: none"> – Priprema toplo pocinkovanog čelika – Uputstvo: predpriprema za bojenje 	<ul style="list-style-type: none"> – Uputstva za bojenje – Uputstva za lakiranje prahom 	44
GLAVA 12 VAŽNI STANDARDI	<ul style="list-style-type: none"> – Srpski standardi – Slovenački standardi – Evropski standardi – Ostali primenjivi standardi – Britanski standardi 	<ul style="list-style-type: none"> – ASTM standardi – DIN standardi – Švedski standardi – ISO standardi – Australijski standardi 	46
GLAVA 13 SAVETODAVNE USLUGE	<ul style="list-style-type: none"> – Dodatne informacije 		48
GLAVA 14 TRADICIJA ANTI-KOROZIVNE ZAŠTITE TOPLIM CINKOVANJEM U SVETU I SRBIJI			49
GLAVA 15 STRUČNI REČNIK			50



ČELIK JE ČVRST, PRILAGODLJIV I JEFTIN MATERIJAL, KOJI SE MOŽE UPOTREBITI U RAZLIČITIM GRANAMA INDUSTRIJE. MEĐUTIM, IMA JEDAN VELIKI NEDOSTATAK – NIJE OTPORAN NA KOROZIJU, ČAK NI U UNUTRAŠNJIM PROSTORIMA. ZAŠTITA OD KOROZIJE JE ZATO OD BITNOG ZNAČAJA ZA OBEZBEĐIVANJE EKONOMIČNOSTI ČELIČNIH STRUKTURA.

SVEST O DUGOROČNOJ UŠTEDI, KOJU OMOGUĆAVAJU UMANJENI TROŠKOVI ODRŽAVANJA, DANAS NAGLAŠAVA POTREBU ZA IZDRŽLJIVIM ZAŠTITNIM SISTEMIMA ZA ČELIK. OVAJ VODIČ JE PRIPREMLJEN KAO POMOĆ KONSTRUKTORIMA, ONIMA KOJI IZRAĐUJU SPECIFIKACIJE, PROIZVOĐAČIMA I KORISNICIMA ČELIČNIH PROIZVODA SA NAMEROM RAZVOJA NAJEFIKASNIJIH I NAJEKONOMIČNIH REŠENJA.

Toplo cinkovanje kao metod za zaštitu od korozije ima mnoge prednosti. Osnovne osobine:

- prevlaka za čelik sa dugim i predvidljivim „životnim vekom“, kojoj ne treba održavanje,
- visoka konkurentnost uz jednokratno plaćanje,
- najekonomičniji način za dugoročnu zaštitu čelika,
- trajno rešenje.

Vodič je pripremio Savez galvanizera (GA – Galvanizing Association) i predstavlja britansku i irsku industriju na području toplog cinkovanja. Sadrži bitne informacije potrebne arhitektima, savetodavnim inženjerima, a i druge informacije koje su upotrebljive prilikom biranja sistema zaštite od korozije.

Vodič detaljnije opisuje zaštitu toplim cinkovanjem, mesto i period eksploatacije, kao i zahteve kvaliteta. Navedene su informacije o samom postupku i

ekonomskim prednostima cinkovanja. Savez galvanizera (GA – Galvanizing Association) obezbeđuje važeće informacije i savete o toplom cinkovanju za korisnike i potencijalne korisnike od svog osnivanja 1949. godine.

Naša tehnička grupa je na raspolaganju i odgovoriće odmah na sva vaša pitanja u vezi sa cinkovanjem. GA istovremeno prati razvoj propisa, aktivno se uključuje u razvoj standarda i kontroliše istraživačke projekte, koji su oslonac za razvoj industrije.

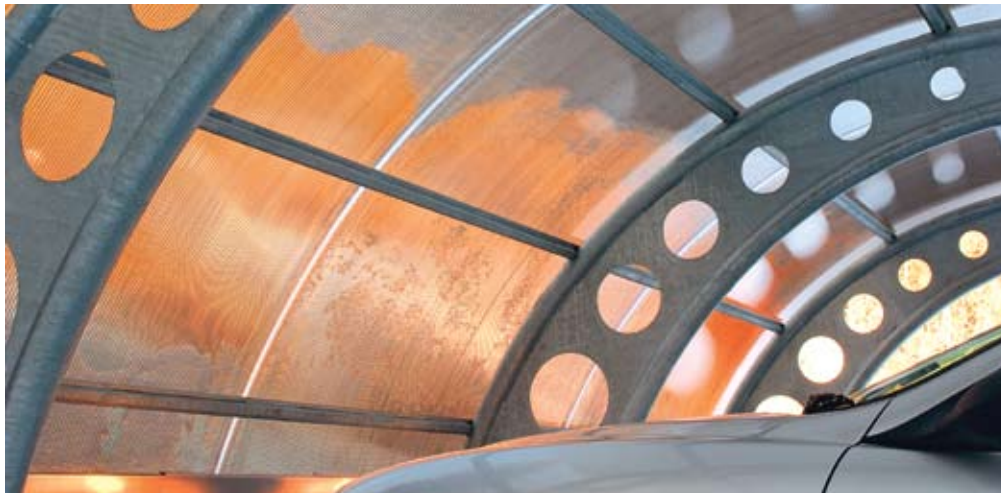
GA može da poseti i vašu fabriku i pripremi prezentaciju, potvrđenu od strane RIBA za kontinuirani naučni razvoj (CDP). GA izdaje široku lepezu tehničke literature, istražuje tržište i pravce razvoja te obezbeđuje najnovije informacije o toplom cinkovanju.



GLAVA 1

– TOPLO CINKOVANJE I IZDRŽLJIVA GRADNJA

–
BUDUĆE TEHNOLOGIJE ĆE SE ZASNIVATI NA NISKOJ POTROŠNJI ENERGIJE I MALO OTPADA. TOPLO CINKOVANJE JE RECIKLAŽNO REŠENJE KOJE SMANJUJE POTREBU GRAĐEVINA ZA ENERGIJOM.



Pritisak na svetsku industriju da prihvati odgovornost za okolinu u vezi sa svojim delatnostima je sasvim opravdan, ukoliko uzmemo u obzir nastojanja društva za izdržljivošću.

Filozofija izdržljivosti je prilično jednostavna i pokušava da obezbedi bolji kvalitet života za sve – sada, a posebno za buduće generacije. Koncept je zasnovan na zdravom razumu i osnovnim čvrstim kriterijumima i principima. Njegova namera je da ispuni četiri cilja:

- društveni napredak koji uzima u obzir svačije potrebe,
- održavanje visokih i stabilnih stepena privrednog razvoja i zapošljavanja,
- efikasna zaštita okoline,
- svrsishodna upotreba prirodnih resursa.

S obzirom na efikasnu zaštitu okoline i svrsishodnom upotrebom prirodnih resursa treba da se istakne, da prevlaci nastaloj postupkom toplog cinkovanja ne trebaju nikakve popravke i suštinski doprinosi izdržljivoj gradnji.

TOPLO CINKOVANJE I OKOLINA

Cinkovanje, presvlačenje gvožđa i čelika cinkom, verovatno je okolini najnaklonjeniji i najdostupniji postupak za zaštitu od korozije. Procenjuje se da korozija troši oko 4 % BDP u SAD. Efikasna zaštita protiv korozije je glavno sredstvo za smanjivanje energetskih potreba zgrada i objekata.

Svakih 90 sekundi se u svetu jedna tona čelika pretvori u rđu, a na svake dve tone proizvedenog čelika, jedna je proizvedena da zameni rđu.

Upotreba toplog cinkovanja za zaštitu od korozije (rđe) znači da za svaku tonu zaštićenog čelika uštedimo toliko energije, da zadovoljimo energetske potrebe prosečne porodice za nekoliko nedelja.

Cinkovanje – upotreba cinka za zaštitu čelika – je efikasno za dugoročnu zaštitu čelika – ušteda energije i resursa uz minimalan uticaj na okolinu. Toplo cinkovanje će decenijama štititi čelične strukture i minimalizovati održavanje.

Cink, prirodni element, odgovoran za korozivnu otpornost, neophodan je ljudima, životinjama i biljkama.

U postupku toplog cinkovanja proizvodi od gvožđa ili čelika potapaju se u kadu u kojoj je rastopljeni cink

(upravo ispod tačke topljenja). Cink, koji ne formira prevlaku na metalu, ostaje u kadi za dalju upotrebu. Otpaci i cink, koji nastaju kod cinkovanja, prerađuju se za dalju upotrebu.

Isto kao i na taj način dobijeni cink, za dalju upotrebu se upotrebljava i cink iz drugih resursa, kao na primer otpadni cink koji se često upotrebljava za toplo cinkovanje. U postupku proizvodnje čelika cinkovani čelik može da se reciklira zajedno sa drugim otpadnim čelikom.

Poboljšanja efikasnosti gasnog gorionika su bitno poboljšala energetska efikasnost zagrevanja kade za cinkovanje. Ispuštena toplota nije izgubljena i upotrebljava se za zagrevanje hemikalija, neophodnih za pripremu čelika za cinkovanje ili za sušenje pre potapanja.

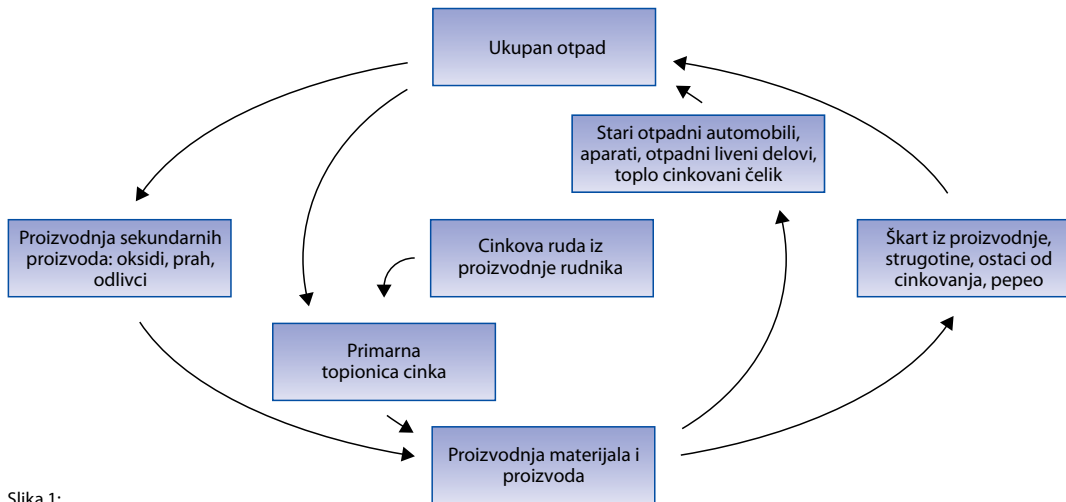
Industrija cinkovanja je posvećena prepoznavanju i poboljšavanju uticaja svojih postupaka i proizvoda na okolinu u celokupnom životnom ciklusu. Savez galvanizera je skoro pomogao osnivanje panevropske evidencije životnog ciklusa za opšte cinkovanje. Ova baza podataka će omogućiti, da postupci za dodeljivanje potvrda o okolini i drugi postupci procenjavanja životnog ciklusa budu izvršeni upotrebom struktura, koje sadrže cinkovani čelik.

Emisije koje proizilaze iz postupka toplog cinkovanja

Emisije iz postupka toplog cinkovanja su vrlo niske. Otpadne vode – otpadne tečnosti koje sadrže pre svega istrošene kiseline, koje su bile upotrebljene za čelik, odstranjuju ovlašćena preduzeća za rukovanje otpadom u saglasnosti sa obaveznim postupcima, čime se štite nadzemne i podzemne vode. Istrošene kiseline se sve više upotrebljavaju za neutralizaciju drugih otpadaka i u proizvodnji hemikalija za čišćenje vode. Industrija je, umanjivanjem količina potrošene kiseline na tonu procesiranog čelika, poslednjih godina vrlo pojačala svoju upotrebu procesnih hemikalija.

Emisije u atmosferu su same po sebi vrlo niske i striktno određene propisom o zaštiti okoline. Peći za toplo cinkovanje moraju sprečavati emisiju delića u atmosferu. Navedeno se uspešno postiže upotrebom tunela sa filterima. Rezultati istraživanja najboljih dostupnih tehnika su pokazali, da „galvanizeri potroše manje od 25 litara vode na tonu proizvoda“ u poređenju sa 2000 litara u opštoj metalurškoj industriji.





Slika 1:
Postupak reciklaže cinka u
cinkovanom čeliku

RECIKLAŽA

Cink je primarna sirovina za toplo cinkovanje.

Cink je obojeni metal koji se sam po sebi može reciklirati. Može se reciklirati neograničeno dugo, a da pri tome ne dođe do pogoršanja fizičkih ili hemijskih osobina. To predstavlja veliku prednost za toplo cinkovanje potapanjem, čime se obezbeđuje trajnost i ekonomska efikasnost

Oko 30 % (2 miliona tona) svetske potrošnje cinka dolazi iz recikliranih izvora. Taj broj raste povećavanjem svesti ljudi o zaštiti okoline i poboljšanjima u tehnologiji recikliranja.

Procene navode da je 80 % cinka dostupnog za reciklažu faktički već reciklirano (postojećom tehnologijom). To znači da je većina cinka, koji je danas u upotrebi, već bila upotrebljena.

Prisustvo cink prevlake na čeliku ne ograničava njegovu sposobnost recikliranja. Cinkovani čelik se reciklira

zajedno sa drugim čeličnim otpacima, koji su nastali u proizvodnom postupku; brzo isparava i tako se sakuplja za ponovno procesiranje.

Tržišta za reciklirani cink i neke od mogućnosti za upotrebu:

- Cinkovi oksidi – farmaceutski proizvodi, životne namirnice, đubriva i za sušenje gume;
- Cinkov prah – boje, hemikalije, sredstva za podmazivanje, baterije i za dobijanje zlata;
- Legure sa drugim metalima – liveno u precizne delove za uređaje, mašinsku opremu, elektroniku i igračke.

Upotreba cinka za toplo cinkovanje je izuzetno efikasna, jer se višak cinka koji ne učestvuje u formiranju prevlake, taloži u kadi za cinkovanje.

Za vreme postupka nastaju tri sporedna produkta: smesa cinka i gvožđa zvana tvrdi cink, cink pepeo i oksidna skrama. Svi sadrže cink koji se dobija recikliranjem u za to specijalizovanim preduzećima; reciklirani cink se često vraća galvanizeru. Cinkov oksid, koji se isto tako dobija

iz pepela nastalog u postupku toplog cinkovanja, upotrebljava se u farmaceutskoj / kozmetičkoj industriji.

CINK – PRIRODAN I SUŠTINSKI VAŽAN ZA ZDRAVLJE I OKOLINU

Cink je suštinski važan za život. Prirodni element, prisutan u svim biljkama i životinjama i zato od suštinske važnosti za zdravlje naše kože, zuba, kostiju, noktiju, kose, mišića, nerava i moždanih funkcija. Cink u njegovim različitim oblicima se nalaze u više od 200 enzima i hormona u čoveku.

Manjak cinka je poznat zdravstveni problem. Preporučena dnevna doza cinka (RDA) za odraslog muškarca je 15 mg, što predstavlja vrednost koju sa lakoćom postizemo uravnoteženom ishranom koja sadrži meso i povrće. Nekim ljudima treba više cinka od drugih, trudnicama i majkama koje doje, može da treba do 19 mg cinka dnevno. Kod starijih osoba može da dođe do potpunog nedostatka cinka zbog umanjene ishrane i zato ga moraju nadoknaditi koristeći surogate cinka.

Cink je 17.-ti najčešći element u zemljinoj kori. Većina stena sadrži cink u različitim količinama; cink je prirodni element koji se nalazi u vazduhu, vodi i zemlji. Zbog prirodnih padavina i erozije stena, zemlje i taloga kao i izbijanja vulkana i šumskih požara, mali, ali važan deo prirodnog cinka, stalno kruži u prirodi.

Prirodna koncentracija cinka u različitim okolinama se naziva osnovni stepen i može biti različita s obzirom na lokaciju. Vrste životinja i biljaka na određenim područjima su razvile sposobnost apsorpcije cinka iz okoline i njegove upotrebe u specifičnim fiziološkim funkcijama. Shodno tome, svi organizmi su pripremljeni na prirodno prisustvo koncentracija cinka koje nisu konstante, nego se razlikuju u zavisnosti od životnog doba. Organizmi imaju mehanizme koji regulišu unutrašnji nivo cinka. U slučaju da početni nivo padnu prenisko, može se pojaviti manjak cinka što može imati različite posledice.



GALVACTION 21 PUT INDUSTRIJE TOPLOG CINKOVANJA U BUDUĆNOST

Nedavno je Savez galvanizera pokrenuo veliku inicijativu koja će industriju cinkovanja odvesti u 21. vek, sa posebnim akcentom na održivi razvoj industrije. Neprekidno poboljšavanje zaštite okoline je od presudnog značaja.

Primer radne inicijative je projekat, koji je finansiralo Odeljenje za trgovinu i industriju (kao deo programa reciklaže) i odnosi se na reciklažu otpadne

hloro-vodonične kiseline iz postupka cinkovanja. Projekat koristi upotrebenu kiselinu, reciklira je i pretvara u gvožđe-hlorid, cenjenu sirovinu za uklanjanje fosfata iz otpadnih voda.

Zahtev za gvožđe-hloridima reguliše direktiva EU o gradskim otpadnim vodama, koja traži sve oštriji nadzor nivoa saglasnosti za ispuštanje fosfata.

Za više informacija o toplom cinkovanju i njegovoj trajnosti, uključujući i Galvaction 21, kontaktirajte Savez galvanizera ili posetite internetnu stranicu na: www.galvanizing.org.uk.

GLAVA 2–
UVOD U TOPLO CINKOVANJE

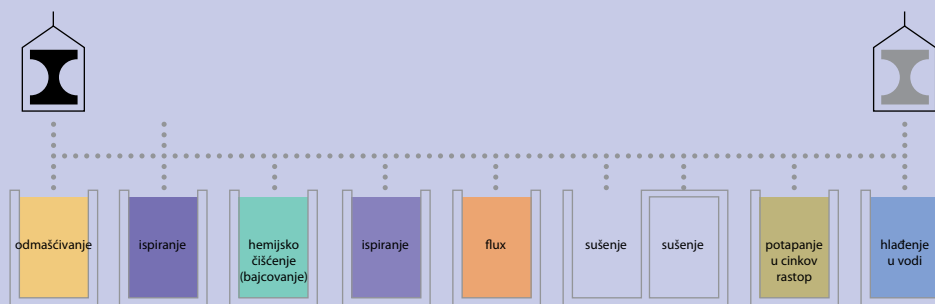
–
TOPLO CINKOVANJE JE GOTOVO U KONSTANTNOM PORASTU OTKAD JE PRE 150 GODINA PRVI PUT UPOTREBLJENO ZA ZAŠTITU ČELIČNOG REBRASTOG LIMA. MOGUĆNOST ZA RAZVOJ I RAST, BEZ OBZIRA NA POJAVU JAKE KONKURENCIJE, POTIČU IZ JEDNOSTAVNOSTI PROCESA I JEDINSTVENIH PREDNOSTI ZAŠTITE.

**PRIPREMA**

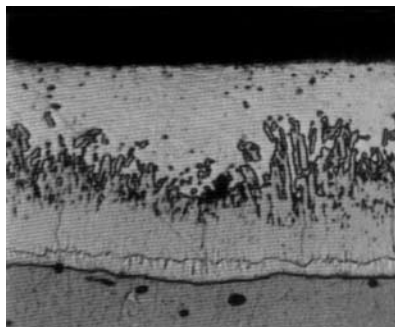
Reakcija cinkovanja dešava se samo na hemijski čistoj površini. Zato, za vreme većine pripremnih radova to treba uzeti u obzir. Uopšte, većini postupaka nanošenja zaštite je zajedničko to, da tajna nanošenja efikasne zaštite leži u pripremi površine čelika. Od suštinskog značaja je da na njoj pre cinkovanja nema masnoća, prljavštine i šljake. Za uklanjanje te vrste prljavštine koristimo niz postupaka. Ustaljena praksa zahteva odmaščivanje upotrebom baznog ili kiselog rastvora za odmaščivanje u koji potapamo element. Predmet zatim isperemo hladnom vodom i posle toga ga potopimo u hlono-vodoničnu kiselinu sobne temperature, čime će se ukloniti rđa i šljaka iz valjaonice.

Šljaka od zavarivanja (cunder), boje i teške masnoće neće biti uklonjene navedenim postupkom čišćenja, a treba da budu uklonjene pre nego što se galvanizer prihvati posla.

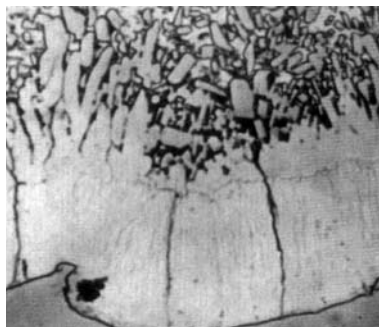
Posle ispiranja će na svim elementima biti obavljen postupak rastapanja. Obično se taj postupak obavlja potapanjem u rastvor – obično 30 % -tni cink-amonijum- hlorid na 65 – 80 °C. Neki pogoni za toplo cinkovanje mogu upotrebljavati flux. Rastapanje uklanja i poslednje deliće oksida sa površine elementa i omogućava bolju prionljivost rastopljenog cinka na čelik.







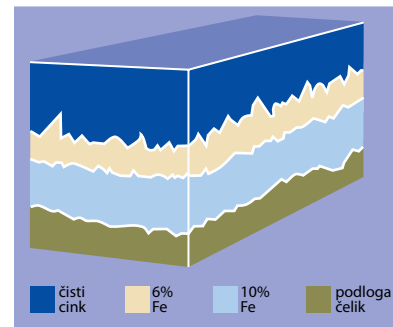
Slika 2:
Mikrostruktura tipične prevlake, stvorene toplim cinkovanjem.



Slika 3:
Mikrostruktura debljeg zaštitnog sloja zbog peskarenja čelika pre toplog cinkovanja.



Slika 4:
Mikrostruktura deblje prevlake dobijene upotrebom čelika, bogatog silicijumom.



Šematski prikaz tipične prevlake dobijene toplim cinkovanjem

POSTUPAK TOPLOG CINKOVANJA

Kada je očišćen čelični element, potopljen u rastop cinka (obično na približno 450 °C), zbog metalurške reakcije između gvožđa i cinka, formiraju se serije fero-cink slojeva. Stepenn reakcije između čelika i cinka, obično je u paraboličnom odnosu sa vremenom, tako je početni stepenn reakcije vrlo brz, a sadržaj kade sa cinkom je zbog toga prilično nemiran. Glavni sloj zaštite se formira u tom periodu. Posle toga reakcija se uspori i debljina prevlake se bitno ne uvećava, iako je element u kadi duže vremena. Obično potapanje traje oko 4 do 5 minuta, ali može biti i duže za teže elemente, koji imaju visoku termičku otpornost ili tamo gde cink sporije prodire u unutrašnjost. Prilikom vađenja iz kade za cinkovanje sa legure se uklanja sloj rastopljenog cinka. Obično se posle hlađenja pojavi jasan blistav sjaj, koji je tipičan za pocinkovane proizvode.

Posle toplog cinkovanja element možemo ohladiti vodom ili na vazduhu.

Uslovi u pogonu za toplo cinkovanje, kao što su temperatura, vlažnost i kvalitet vazduha, ne utiču na kvalitet pocinkovane

zaštite, što je u suprotnosti sa bojenjem gde su od suštinskog značaja.

PREVLAKA

Kada je reakcija između gvožđa i cinka praktično završena, spoljašnji sloj je sloj gotovo čistog cinka, element se vadi iz kade za cinkovanje. Postupak je time završen. Mikrostruktura cinkovane prevlake izgleda kao što to prikazuje gornja slika 2. Realno ne postoji granica između čelika i cinka, postoji samo postepeni prelaz preko niza legura koje obezbeđuju metalurški spoj.

DEBLJINA PREVLAKE

Debljinu prevlake obično određuje debljina čelika, a određena je standardom SRPS EN ISO 1461 (vidi Glavu 7). Postoje 3 izuzetka od tog pravila; prvi prouzrokuje donekle tanju zaštitu, a druga dva deblju.

Zaštita cinkovanjem u centrifugi (centrifugalno cinkovanje)

Uključuje proces u skladu sa standardom SRPS EN ISO 1461 i koristi se za toplo

cinkovanje elemenata sa navojima i drugih malih delova. Delovi su posle pripreme potopljeni u rastop cinka u perforiranoj posudi. Posle, formiranja prevlake, ta posuda se okreće velikom brzinom čime se uklanja suvišni cink i oblikuje čista forma. Minimalnu masu srednje prevlake dobijene centrifugaonim postupkom određuju standardi SRPS EN ISO 1461 i Glava 6 u standardu BS 7371.

Deblja prevlaka se dobija pomoću jednog od sledećih postupaka:

Povećanjem hrapavosti površine.

To je najčešći način za postizanje deblje prevlake.

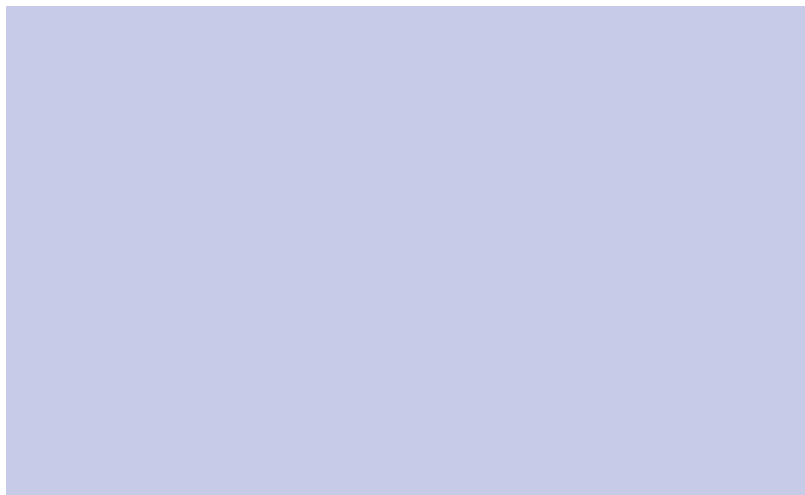
Peskarenje, do Sa 2 ½ (ISO 7079), čelične površine pre potapanja ohlađenim čeličnim čoškastim delićima (čelična sačma), veličine G24, prouzrokuje hrapavost i uvećava kontaktnu površinu čelika sa rastopljenim cinkom. To obično uvećava masu na jedinicu toplo cinkovane površine za do 50 % (Slika 3). Svaki čelični element se može obraditi na taj način pod uslovom, da je dovoljne debljine da izdrži peskarenje. Unutrašnjost šupljih predela

ili proizvoda možda neće biti moguće peskariti, ali ove površine obično nisu osetljive na koroziju. Deblja zaštita kao što je ova, koju zahteva standard SRPS EN ISO 1461, treba biti definisana samo posle konsultacija sa galvanizerom, odnosno Savezom galvanizera (vidi Glavu 7).

Toplo cinkovanje niskolegiranih čelika

Deblja cink prevlaka se formira ako je cinkovani element napravljen od čelika, koji sadrži puno silicijuma, odnosno kada se nalazi u nepovoljnom području (Sandellin područje). Sastojci u čeliku, koji imaju najveći uticaj na reakciju gvožđe / cink, su silicijum, koji je čeliku za vreme proizvodnje najčešće dodat kao deoksidant, i fosfor. Silicijum menja sastav fero-cink legura tako što se iste vremenom još uvećavaju, a stepenn porasta ne usporava kad sloj postaje deblji (slike 4 i 5). Fosfor slično utiče na oblikovanje prevlake, ali u manjoj meri.

Kad je element, napravljen od takvog čelika, izvađen iz kade za cinkovanje, cink je vezan u interkristalnim slojevima, isto kao kod konstrukcijskih čelika. Stepenn reakcije na tom čeliku može da bude tako



visok da se čisti cink sa površine čelika sasvim slije sa donjim interkristalnim fero-cink slojevima pre nego što se element ohladi. Rezultat je prevlaka jednake ili uvećane debljine, koja po izgledu može biti puno tamnija nego što to opisuje Glava 9. Promena u izgledu ne utiče na korozivnu otpornost prevlake.

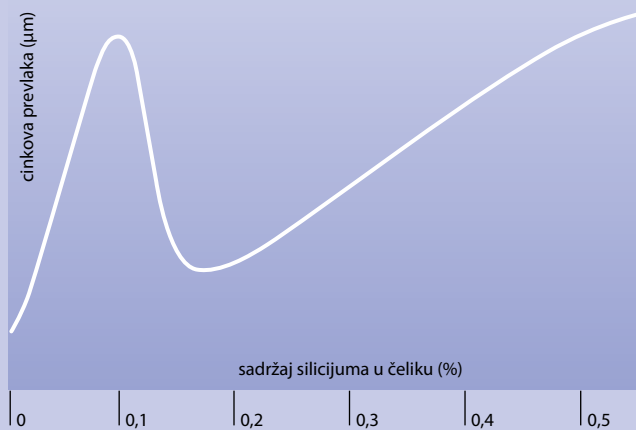
OBRADA POSLE TOPLOG CINKOVANJA

Dalja obrada pocinkovanih proizvoda nije potrebna. Boja ili lakiranje prahom može se nanositi iz estetskih razloga ili kao dodatna zaštita, ukoliko je okolina vrlo agresivna. Postupci bojenja i lakiranja prahom su opisani u Glavi 11.

Zaštite nastale hemijskom reakcijom i drugi granični sistemi mogu da se upotrebe za minimiziranje pojava bele rđe, koja nastaje prilikom skladištenja (Glava 9).

DIMENZIJE PROIZVODA

Toplo cinkovanje je prilagodljiv postupak, zato je moguće obrađivati sve elemente, počev od navrtke i zavrtnja do velikih konstrukcija. Taj raspon, zajedno sa mogućnošću spajanja i zavarivanja proizvoda posle cinkovanja, omogućava cinkovanje skoro svakog proizvoda, bez obzira na veličinu i strukturu. Kompleksni oblici, otvorene posude i većina šupljih predmeta može biti pocinkovana iznutra i spolja u jednom jedinom postupku, ali to iziskuje posebno planiranje i tehnike cinkovanja. Kapacitet pojedinih pogona za cinkovanje je detaljnije naveden u Imeniku opštih galvanizera, a besplatno je dostupan kod Saveza galvanizera ili na internet stranici: www.galvanizing.org.uk.



Slika 5:
Približna debljina cink prevlake u zavisnosti od količine silicijuma (Si) u elementu od čelika
(To je šematski prikaz, za detaljnije informacije kontaktirajte galvanizera ili Savez galvanizera.)

GLAVA 3

FIZIČKE OSOBINE

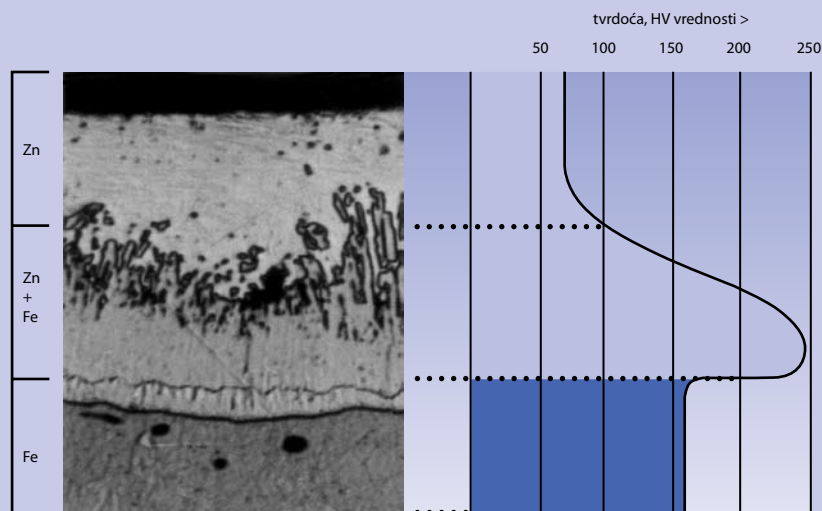
JEDINSTVENA PRIRODA POSTUPKA CINKOVANJA OBEZBEĐUJE ČVRSTU ZAŠTITU, OTPORNU NA HABANJE ČIME SE UMANJUJE MOGUĆNOST ZA OŠTEĆENJA NA GRADILIŠTU I POVEĆAVA BRZINA GRADNJE

KOHEZIJA

Za razliku od većine prevlaka, gde se najpre vrši posebna priprema čelika kako bi se postigla dobra prionljivost prevlake na čelik, toplo cinkovanje formira, prevlaku koja je metalurški pričvršćena na čelik. Drugim rečima, gvožđe i cink reaguju međusobno, čime se formira legura zbog koje je zaštitna prevlaka istovremeno i integralni deo čelične površine sa odličnom kohezijom.

TVRDOĆA

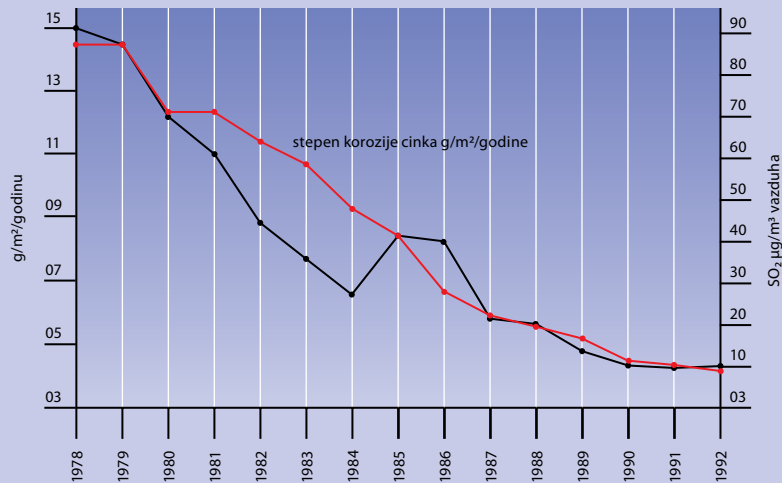
Otpornost na mehanička oštećenja prevlake za vreme upotrebe, skladištenja, transporta i montaže, vrlo je važna jer tako na gradilištu nema uobičajenih dodatnih radova, kao što je na primer popravljavanje lakiranih prevlaka. Spoljnji sloj čistog cinka je relativno mekan i ublažava većinu sile prvobitnog udara. Donji slojevi prevlake su puno tvrdi, ponekad tvrdi i od samog osnovnog čelika. Ta kombinacija obezbeđuje jaku i na habanje otpornu zaštitu (slika 6).



Slika 6:

Mikrostruktura prevlake, dobijene toplim cinkovanjem koja prikazuje razlike u tvrdoći prevlake i osnovnog materijala. Fero-cink legura tj. prevlaka je tvrda od osnovnog čelika.



GLAVA 4**– ANTI-KOROZIVNA EFIKASNOST****– VELIKO SMANJENJE ATMOSFERSKIH ZAGAĐIVAČA ZNAČI
TRAJNOST POCINKOVANIH POVRŠINA**

Slika 7:
Umanjenje stepena sumpor-dioksida u Stokholmu od 1978. i
posledično umanjjenje stepena korozije cinkove prevlake.

**ATMOSFERSKA KOROZIVNA
OTPORNOST**

Otpornost toplog cinkovanja na atmosfersku koroziju zavisi od zaštitnog filma koji se formira na površini cinka. Kad se čelik izvuče iz kade za cinkovanje, cink ima čistu, svetlu i blistavu površinu. Vremenom se ona promeni u tamno sivu patinu jer površina reaguje sa kiseonikom, vodom i ugljen-dioksidom u atmosferi. Oblikuje se kompleksan, ali jak i stabilan zaštitni sloj, koji se čvrsto pripojio za prevlaku. Zagađivači u atmosferi utiču na vrstu tog zaštitnog filma.

Najvažniji neprijatelj cinka je sumpor-dioksid SO₂ i upravo njegovo prisustvo je glavni faktor atmosferske korozije cinka.

Stepen korozije cinka obično je linearan za datu okolinu. Velika prednost toga je mogućnost predviđenja trajnosti prevlake na osnovu izmerene debljine prevlake.

Zbog širokog raspona uticaja na okolinu i različitih sistema zaštite, podaci o korozivnoj postojanosti su različiti. Bilo je izrađeno mnogo priručnika koji objašnjavaju „životni vek“ prevlaka u različitim okruženjima. Standard BS 5493 „Kodeks za zaštitu čelika od korozije“ daje nekoliko informacija o trajanju prevlaka, ali su one već zastarele.

Od objavljivanja standarda BS 5493 1977. godine stepen sumpor-dioksida u atmosferi već se primetno umanjio. Postoji neposredna veza između stepena korozije cinka i stepena SO₂ u atmosferi (slika 7). Zato se trajnost prevlake poprilično produžio od sedamdesetih godina; važno je da se upotrebljavaju aktuelne informacije za procenu trajnosti prevlake. Standard BS 5493: 1977 delimično je bio zamenjen novim dokumentom sa uputstvima BS EN ISO 14713:1999 (tabela 1).

Okruženja, opisana u većini priručnika o koroziji, su opšta. Specifične korozivne vrednosti u Britaniji je odredila



Savetodavna služba za agrarni razvoj (ADAS). Informacije su dobijene na osnovu izloženosti uzorka cinka na tačkama nacionalnog referentnog područja, raspoređenih na brojnim referentnim područjima veličine 10 km².

Rezultati pokazuju različite stepene korozije cinka na raznim lokacijama. Savez galvanizera je podržao reviziju rezultata da bi arhitektama i inženjerima obezbedio najnovije informacije o koroziji cinka. Prvi put je istraživanje obuhvatilo i Republiku Irsku. Za taj projekat su bili angažovani isti stručnjaci, koji su u prošlosti izvodili slična istraživanja o koroziji.

U urbanim sredinama, koje su u prošlosti bile posebno agresivne za cink, pokazuje se značajno produženje trajnosti zaštite. U ruralnim sredinama taj padajući trend stepena SO₂ nije tako primetan tako da se ne očekuje pad ionako niskog korozivnog stepena cinka.

Rezultati milenijumske karte cinka pokazuju da standardna cink prevlaka od 85 µm može da dostigne životni vek od 50 godina u većini okruženja. Slično, deblja cink prevlaka od 140 µm, koja je često prisutna na konstrukcijskom čeliku, može da postigne životni vek više od 100 godina.

Tabela 1:

Okvirne vrednosti korozije cinka za različite sredine. Izvod: BS EN ISO 14713 (Korozivne kategorije prema ISO 9223)

Koroziona kategorija		prosečni godišnji stepen korozije cinka (µm/godišnje)
C1	vrlo niska atmosferska korozivnost: unutrašnjost: suvo	< 0,1
C2	niska atmosferska korozivnost : unutrašnjost: povremena kondenzacija spolja: provincija	0,1 do 0,7
C3	srednja atmosferska korozivnost: unutrašnjost: visoka vlažnost, blaga zagađenost vazduha spolja: gradsko kontinentalno ili primorska sa niskim salanitetom	0,7 do 2
C4	visoka atmosferska korozivnost: unutrašnjost: bazeni za plivanje, hemijske fabrike spolja: industrijska kontinentalna ili primorska sa srednjim salanitetom	2 do 4
C5	vrlo visoka atmosferska korozivnost spolja: industrijska sa visokom vlažnošću, agresivne sredine ili primorska sa visokim salanitetom	4 do 8



EFIKASNOST U DRUGIM OKRUŽENJIMA

Zatvoreni prostori

Pogrešno je ubeđenje da korozija ne predstavlja problem za čelične elemente u zatvorenim prostorima, koji su zaštićeni od faktora okoline. U slučaju da postoji česta kondenzacija na površini, korozija na nezaštićenom čeliku postaje veliki problem. U tim uslovima toplo cinkovanje obezbeđuje više od 40 godina životnog veka. Toplo cinkovanje je u velikoj meri bilo korišćeno za zaštitu unutrašnjih čeličnih elemenata u izloženijim sredinama, kao što su bazeni za plivanje i pivare.

U vodi: hladna voda

Većina voda sadrži soli koje prouzrokuju vodeni kamenac, koji može da oblikuje zaštitni sloj na unutrašnjim površinama pocinkovanih cevi cevovoda, što povećava trajnost, prevlake i preko 40 godina. Ukoliko tih soli nema, kao što je to uobičajeno u mekim vodama, trajnost se povećava nanošenjem 2-slojne bitumenske prevlake (do BS3416 Tip II za pitku vodu).

U vodi: vruća voda

Karakteristike vode koje prouzrokuju nastanak vodenog kamenca važne su i u vrućoj vodi i omogućavaju trajnost iznad 10 godina. Kod temperature preko 60 °C, cink u nekim vodama može da postane katodan na čelik i ne obezbeđuje više dovoljnu zaštitu ukoliko je zaštitni sloj oštećen. Na mestima gde bi mogla da nastane slična situacija, moguća je upotreba magnezijumske anode koja štiti toplo pocinkovani čelik.

U vodi: morska voda

Morska voda je agresivnija od slatke vode. Ukoliko je predmet stalno potopljen, uobičajeni stepen korozije je između 10 i 15 μm/godišnje. Potapanje u primorskom području, stalna izloženost morskoj vodi ili potapanje u toplim tropskim vodama može da prouzrokuje uvećani stepen korozije.

U zemlji

Životni vek zakopane prevlake u zemlji može da varira u zavisnosti od, na primer, vrste zemlje – njene kiselosti i obrađenosti (kontaktirajte Savez galvanizera za dalje savete). Preporučuje se raspon pH

od 5,5 do 12,5, tj. od slabe kiselosti do baznosti. Zemlja koja sadrži pepeo i glinu posebno je štetna. U mnogim slučajevima preporučuje se upotreba bitumenskog rastvora (u skladu sa BS 3416 Tip 1) preko prevlake – posebno kada je pocinkovani čelik zakopan u zemlji ili na tački gde izlazi iz betona. Pocinkovani čelik je moguće bezbedno ugraditi u beton. Za povećanu zaštitu u zemlji treba naneti deblje slojeve prevlake (vidi Glavu 7).

U kontaktu sa drvom

Vrlo kiselo drvo, kao na primer hrast, kesten, crveni kedar i jela, moguće je upotrebiti u kontaktu sa pocinkovanim čelikom pod uslovom da su površine pre neposrednog kontakta izolovane.

U kontaktu sa drugim metalima

Postoji samo mala dodatna korozija cinka koja je rezultat kontakta sa većinom metala u gotovo svim atmosferskim uslovima. Bimetalna korozija može da nastane prilikom potapanja ili na lokacijama, gde padavinama nije omogućeno glatko oticanje ili isušivanje na kontaktnim površinama. Uputstva su data u BSI PD6484: „Napomene o koroziji na bimetalnim kontaktima i otklanjanje iste“.

U kontaktu sa hemikalijama

Kontakt sa hemikalijama traži poseban tretman. Širok je raspon hemikalija kompatibilnih sa pocinkovanim čelikom. Dugotrajni ili česti kontakti sa kiselinama i jakim bazama nisu preporučljivi.

Visoka temperatura

Toplo cinkovana prevlaka će izdržati trajnu izloženost temperaturi oko 200 °C i povremenu izloženost do 275 °C bez ikakvih posledica. Kod viših temperatura dolazi do odvajanja spoljnog sloja cinka, ali ipak legura koja predstavlja glavninu zaštitu ostaje netaknuta. Odgovarajuća zaštita je, dakle, obično obezbeđena do tačke topljenja legure (oko 530 °C).

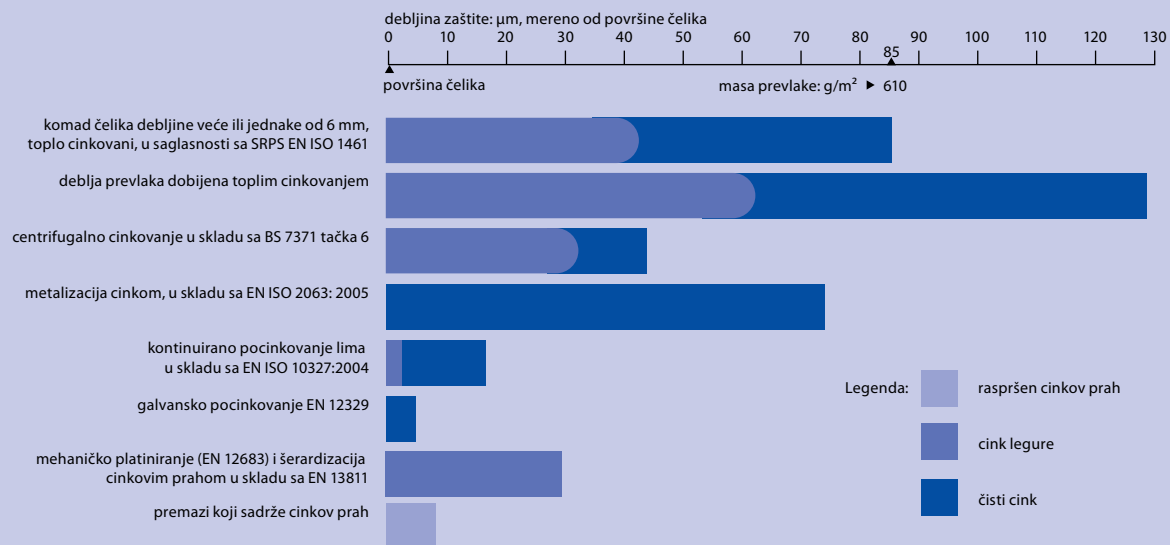
U kontaktu sa građevinskim materijalima

Vlažni malter, cement i gips prouzrokuju blag efekat nagrizanja na toplo cinkovanu prevlaku za vreme sušenja ili u toku zidanja. Taj efekat se prekida kad se proces završi.



GLAVA 5**KAKO TOPLO CINKOVANJE ŠTITI ČELIK****CINKOVANJE JE JEDINSTVENA – ČVRSTA I POSTOJANA ZAŠTITA ZA SPOLJAŠNJE I UNUTRAŠNJE POVRŠINE****GRANIČNA ZAŠTITA**

Cink prevlaka predstavlja granicu između svih unutrašnjih i spoljašnjih čeličnih površina i okoline. Cinkovanje je termin koji se često pogrešno upotrebljava za opšte opisivanje cink prevlake. Slika 8 prikazuje kako različite vrste cink prevlaka variraju u zavisnosti od debljine prevlake. Trajnost prevlake u najvećoj meri zavisi od svoje debljine. Deblje prevlake omogućavaju duži „životni vek“. Toplo cinkovanje čeliku ili čeličnim proizvodima obezbeđuje najvišu zaštitu preko trajne, čvrste, metaluški spojene prevlake sa puno većom debljinom.

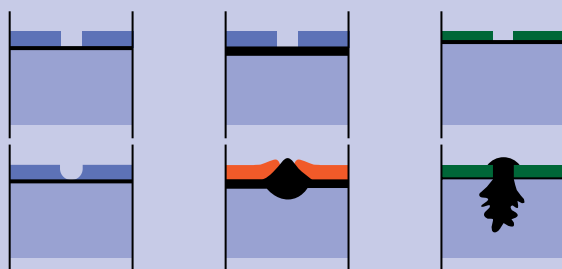


Slika 8:
Poređenje prevlake u zavisnosti od njihove debljine

ZAŠTITNO DELOVANJE

Cink korodira na račun čelika i, dakle, sam se troši da bi zaštitio čelik (Slika 9). Produkti korozije cinka sakupljaju se na čeliku čime ga štite od atmosferskih faktora, dakle, zaustavljaju koroziju. Kod premaza od boje preporučuje se odmah posle nastanka štete da se nanese dodatna zaštita, u suprotnom čelik će zarđati, a moguće je i da otkáže celokupan nanos zaštite, jer rđa može da prodre ispod filtera od boje.

Slika 9:
Slika posledica štete na različitim vrstama antikoroziivnih zaštita



Prevlaka formirana toplim cinkovanjem

Formira se galvanska ćelija. Cink koji okružuje mesto oštećenja korodira. Produkti korozije se sakupljaju na površini čelika i štite je. Čelik je zaštićen i zbog toga što je katodan u odnosu na cink.

Premaz od boje

Čelik rđa jer je oštećen film od boje. Rđa prodire ispod filtera od boje koji se podiže. Korozija se nastavlja dok se šteta ne ukloni.

Premaz metalima elektropozitivnijih od čelika

Na oštećenim mestima kod nikla, hroma i bakra dolazi do bržeg korozivnog delovanja nego kod čelika. Korozija se često javlja u obliku nagrizanja koje može da prodre i kroz čelik.

Anodni (elektronegativni – aktivniji metali)

Magnezijum
Cink
Aluminijum
Kadmijum
Gvožđe
Olovo
Kalaj
Nikl
Mesing
Bakar

Cink štiti čelik

Katodni (elektropozitivni – manje aktivni metali)

Položaj cinka u nizu galvanskih metala

GLAVA 6

TROŠKOVI I EKONOMIČNOST

TOPLO CINKOVANJE ČELIČNIH KONSTRUKCIJA I ELEMENATA PREDSTAVLJA NEMERLJIVU FINANSIJSKU POGODNOSTI BEZ POREĐENJA – A MOŽE BITI KONKURENTNO VEĆ NA NIVOU POČETNIH TROŠKOVA.

EKONOMIČNOST

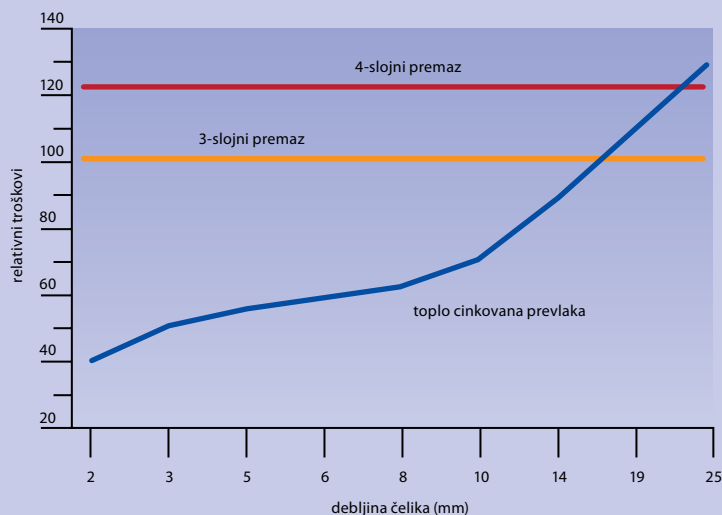
Za određivanje istinske cene antikorozivne zaštite čeličnih proizvoda treba uzeti u obzir dva bitna elementa:

- početni trošak zaštite,
- cenu zaštite koja sadrži i troškove održavanja. To su troškovi potrebni za obezbeđivanje zaštite od korozije u celokupnom životnom ciklusu proizvoda.

POČETNI TROŠKOVI

Proces toplim cinkovanjem često izgleda skuplji nego što zaista jeste. Za to postoje dva razloga: prvo, automatski se predviđa da je tako visokokvalitetna zaštita skupa; drugo, početni trošak cinkovanja u poređenju sa bojenjem se poslednjih godina izuzetno promenio. Troškovi bojenja su ravnomerno i konstantno rasli, dok su troškovi cinkovanja ostali nepromenjeni.

Savez galvanizera je nedavno imenovao nezavisne savetnike iz preduzeća Savetovanje za zaštitu čelika Ltd (SPC) sa namerom da istraže ekonomsku konkurentnost toplog cinkovanja. SPC je u saradnji s inženjerima iz preduzeća WS Atkins, oblikovalo tipičnu 240-tonsku zgradu sa čeličnom konstrukcijom i za nju raspisalo konkurs. Opredelili su se za dva načina antikorozivne zaštite: (I) proces toplim cinkovanjem i (II) visoko kvalitetno peskarenje i sistem troslojne zaštite bojenjem sa debljinom suvog premaza od 250 µm. Dobili su ponude osam galvanizera iz različitih krajeva Velike Britanije i izračunali su njihov prosek. Sistem bojenja je bio za 35 % skuplji od procesa toplim cinkovanjem.



Slika 10 prikazuje da za puno primera važi, da je cena procesa toplim cinkovanjem niža od nanošenja alternativnih zaštita. Razlog za to je jednostavan: alternativne zaštite, kao što je boja, su sa aspekta radne snage u poređenju sa cinkovanjem puno zahtevnije, jer je toplo cinkovanje visoko mehanizovan, neposredno kontrolisan tehnološki proces.



UKUPNI TROŠKOVI

Definicija ukupnih troškova zgrade može biti sledeća:

„Cena kupovine, izgradnje i održavanja zgrade kroz celokupan period upotrebe do uklanjanja.“

Određivanje ukupne – konačne cene možemo da označimo kao sistem koji meri količinu finansijskih vrednosti zgrade od početka pa do kraja perioda upotrebe. To je pristup koji uravnotežava troškove kapitala sa troškovima prihoda sa namerom da pruži optimalno rešenje za vreme celokupnog perioda postojanja zgrade.

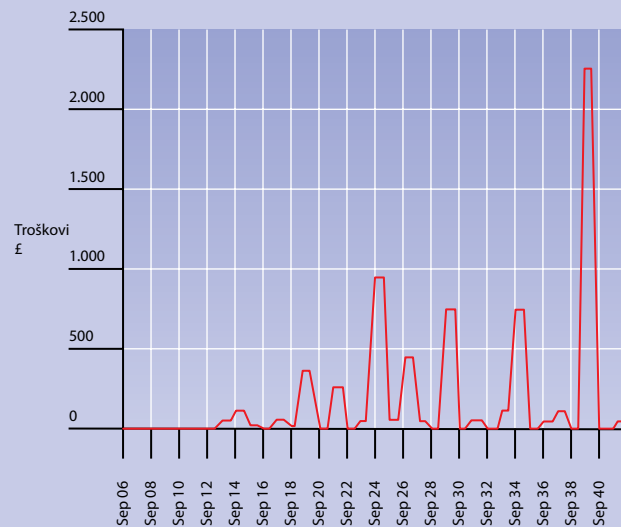
Ova tehnika, koja sama po sebi nije sasvim nova, poslednjih godina je prihvaćena kao najbolja moguća praksa u obezbeđivanju konstrukcija. Konačna cena se može izvesti u bilo kojoj fazi procesa obezbeđivanja, a može se upotrebiti na svim nivoima: pomoćno sredstvo, funkcija, sistem i komponenta. Ovo uključuje sve od početnog dizajna do kraja doba upotrebe.

Konačnu – ukupnu cenu zgrade moguće je pripisati na račun troškova izgradnje, održavanja i renoviranja. Shodno tome, u „životu“ zgrade možemo naći troškovne skokove oko desete godine i posle svake pete godine (vidi sliku 11a).

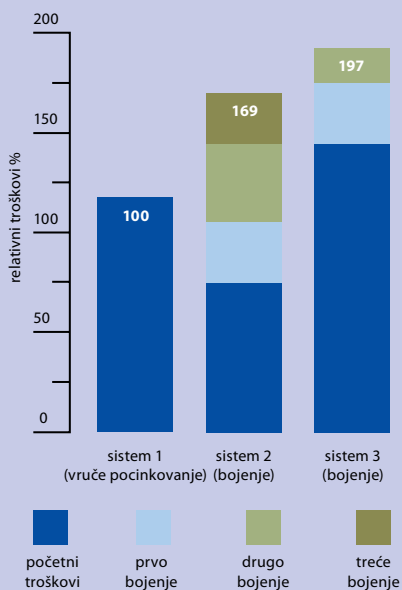
Početni izbor materijala i način njihove zaštite dakle igra važnu ulogu unutar troškova održavanja i renoviranja zgrade kroz njen

konstruisanje	izgradnja	korišćenje	odstranjivanje	ukupno
€ 3%	€ 17%	održavanje € - 40%	€ 7%	100% troškova vlastništva
		popravka € - 30%		
		periodična zamena/obnova € - 40%		
1 godina	2 godine	25 godina	1 godina	ukupno

Tabela 2:
Rezime ukupnih troškova zgrade.



Slika 11a: Slika troškova. Životni ciklus naginje tome da sam po sebi proizvodi krivudavi profil sa skokovima kod desete, petnaeste, dvadesete, dvadesetpete godine.



celokupni eksploatacioni period, što znači da ima veliki uticaj na profil konačne cene projekta.

TROŠKOVI ODRŽAVANJA

Celokupna cena zaštite čeličnog proizvoda kroz njegov ciklus eksploatacije zavisi od cene i postojanosti početne zaštite u određenoj okolini, i od troškova i učestalosti svih daljih obrada kada trajnost proizvoda nadmaši predviđeni „životni vek“ prvobitne zaštite.

Većina prevlaka dobijenih toplim cinkovanjem omogućavaju dugotrajnost kojima ne treba dodatno održavanje i dodatno bojenje.

Postoje načini, kojima je moguće izračunati prednosti odnosno nedostatke pojedinih metoda antikorozivne zaštite. Najčešća metoda je izračunavanje neto tekuće vrednosti (NPV) svake od metoda i poređenje njihovih rezultata. Takva kalkulacija uzima u obzir i troškove kreditiranja, početne troškove zaštite, kasnije troškove održavanja i trajnost projekta. Preduzeća tu metodu često upotrebljavaju da bi izmerila verovatan rezultat projekta investicije kapitala.

$$NVP = I + \frac{M1}{(1+r)^{P1}} + \frac{M2}{(1+r)^{P2}} + \text{itd.}$$

Gde je:

I = početni trošak zaštitnog sistema

M = trošak održavanja u godini P1

M2 = trošak održavanja u godini P2

r = procenat popusta

PRIMER

Uzećemo primer čelične konstrukcije za koju je planirani „životni vek“ 25 godina, a diskontna cena kapitala 5 %.

Cinkovanje: metoda 1

Toplo cinkovanje u skladu sa standardom SRPS EN ISO 1461 sa minimalnom srednjom debljinom prevlake od 85 μm na čeliku debljine 6 mm ili više. Toplo cinkovanje prema tom standardu ima prosečnu trajnost više od 50 godina (vidi Glavu 4). Konzervativno planiramo trajnost projekta 25 godina bez daljeg održavanja. Uzećemo da je trošak toplog cinkovanja osnovni iznos 100 jedinica. Daljih troškova za održavanje nema. (NVP = 100)

Bojenje: metoda 2

Sistem bojenja sastoji se od više faza: čišćenje, zatim sledi osnovni premaz, a posle toga još dva premaza boje. Taj metod ima očekivani „životni vek“ od 8 godina, dakle, za 25 godina konstrukciju je potrebno bojiti tri puta. Početni trošak je neznatno manji od troška toplim cinkovanjem, a iznosi 90 jedinica. Troškovi ponovnog bojenja za prvo i drugo ponavljanje iznose 45 jedinica, ali se uvećavaju na 90 jedinica za treće bojenje, kada treba da se uklone originalne boje. (NVP = 169).

Bojenje: metoda 3

Kvalitetna metoda bojenjem koja se sastoji od čišćenja i tri sloja visoko kvalitetne boje. Metoda ima očekivani „životni vek“ od 11 godina, što znači da će konstrukcija za 25 godina biti obojena dva puta. Početna cena je viša nego kod druge metode bojenja i iznosi 135 jedinica. Cena ponovnog bojenja iznosi polovinu osnovne cene, dakle 67,5 jedinica. (NPV = 197,5)

Zaključak

Od gore navedenog proizlazi da je „jeftiniji“ projekat bojenja skoro 70 % skuplji od metode toplog cinkovanja, ukoliko govorimo o projektu sa životnim vekom od 25 godina. Troškovi „skupljeg“ načina bojenja su skoro dva puta veći od troškova toplog cinkovanja. Kod početne, odnosno prve cene trošak toplim cinkovanjem je uporediv sa metodom gde se upotrebljava visoko kvalitetna boja, ali, ukoliko poredimo celokupne troškove, vidi se da je toplo cinkovanje suštinski jeftinije od većine drugih metoda zaštite.

GLAVA 7

– ZAHTEVI TOPLOG CINKOVANJA

STANDARDI

Osnovnu definiciju procesa toplog cinkovanja na čeličnim proizvodima možete naći u jednom jedinom standardu: SRPS EN ISO 1461 „Prevlake cinka koje se nanose toplim postupkom na proizvode od gvožđa i čelika – zahtevi i metode ispitivanja“.

Galvanizer obavlja svoj posao kao stručnjak po ugovoru sa naručiocem usluge – proizvođačem konstrukcije i kao takav je u ugovornom odnosu sa proizvođačem, a ne sa krajnjim korisnikom. Zato je važno da krajnji korisnik svoje zahteve u vezi sa toplim cinkovanjem jasno izrazi proizvođaču i da sva komunikacija u vezi sa toplim cinkovanjem preko proizvođača dođe do galvanizera. Za obezbeđivanje najboljeg mogućeg kvaliteta i tehničke pomoći najbolje je da se pre toplog cinkovanja posavetujete sa tehničkom službom galvanizera.

Kada se definišu zahtevi za toplim cinkovanjem, celokupna površina čelika je potpuno zaštićena jedinstvenom prevlakom čiju debljinu uglavnom određuje debljina čelika koji cinkujemo (tabele 3 i 4).

To je važna prednost procesa toplog cinkovanja; standardna debljina prevlake se nanosi skoro automatski. A stvarna debljina prevlake, koja je nastala posle procesa toplog cinkovanja, menja se u zavisnosti od veličine čeličnog dela, profila površine i poprečnog preseka površine. Stvarna debljina prevlake je često veća od minimalne debljine koju propisuje standard. Ali budući daje očekivana trajnost prevlake, koja je navedena u standardima, izračunata na osnovu minimalne tražene debljine prevlake, faktički je trajnost prevlake vrlo visoka.

Nacionalna građevinska specifikacija Velike Britanije (NBS)

Veliki deo specifikacije procesa toplim cinkovanjem se odnosi na sistem Nacionalne građevinske specifikacije (NBS) sa glavnim delom u G10 – Konstruisanje čeličnih proizvoda. Isto tako su data osnovna uputstva u vezi antikorozivne zaštite.

U retkim slučajevima, kad imate problem izbora između više postupaka cinkovanja, za savet se obratite Savezu galvanizera.

Zahtevi standarda SRPS EN ISO 1461 uključuju doradu proizvoda kao i sam proces toplog cinkovanja. Uputstva za upotrebu i izvođenje procesa toplim cinkovanjem sadrži standard EN ISO 14713 „Zaštita od korozije gvožđenih i čeličnih konstrukcija – prevlake cinka i aluminijuma – uputstva. Dalja uputstva možete dobiti u Savezu galvanizera.

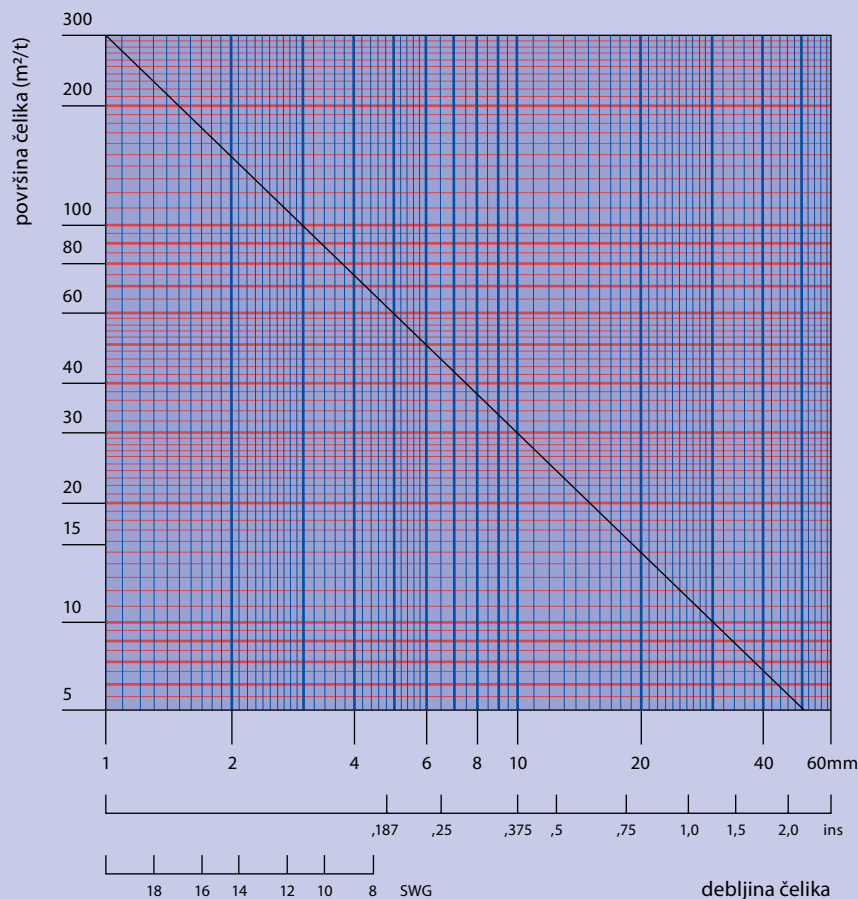


Tabela 3:
SRPS EN ISO 1461: Minimalna masa / debljina prevlake na proizvodima koji nisu centrifugirani

Proizvodi i njihova debljina	Lokalna prevlaka (minimum) g/m ²	μm	Srednja prevlaka (minimum) g/m ²	μm
čelik ≥ 6 mm	505	70	610	85
čelik ≥ 3 mm – 6 mm	395	55	505	70
čelik ≥ 1,5 mm – < 3 mm	325	45	395	55
čelik < 1,5 mm	250	35	325	45
odlivci ≥ 6 mm	505	70	575	80
odlivci < 6 mm	430	60	575	70

Tabela 4:
SRPS EN ISO 1461: Minimalna masa / debljina prevlaka na proizvodima koji su centrifugirani

Proizvodi i njihova debljina	Lokalna prevlaka (minimum) g/m ²	μm	Srednja prevlaka (minimum) g/m ²	μm
Navojni proizvodi:				
≥ 20 mm Ø	325	45	395	55
≥ 6 mm – 20 mm Ø	250	35	325	45
< 6 mm Ø	145	20	180	25
ostali proizvodi (uključujući odlivke):				
≥ 3 mm	325	45	395	55
< 3 mm	250	35	325	45

DEBLJA PREVLAKA

Prevlake deblje od onih koje su navedene u standardu SRPS EN ISO 1461 omogućavaju dodatnu zaštitu prilikom upotrebe, posebno u agresivnim sredinama. Ipak naglašavamo da obično deblja prevlaka nije potrebna.

Načini, kako da postignemo deblju prevlaku, su opisani u Glavi 2. Peskarenje pre procesa toplog cinkovanja obično je optimalna metoda. Zahtev za nominalnu debljinu prevlake 1000 g/m² (140μm) za proizvod debljine ≥ 6 mm je bio uspešno specifikovan. Za predmete od konstrukcijskog čelika preporučujemo da proverite da li je moguće dobiti deblju zaštitu sa većom debljinom čeličnog predmeta i bez peskarenja.

Postizanje veće debljine prevlake na elementima od niskougljeničnog čelika (čelika sa visokim sadržajem silicijuma) obično je odgovarajuće samo za određene načine upotrebe.

Deblji sloj prevlake možete definisati tek posle savetovanja sa galvanizerom, od koga dobijate informacije o metodama i sredstvima kojima takvu zaštitu možete da postignete.

SPOJNI I VEZIVNI ELEMENTI

Zahtev za cinkovanjem spojnih i vezivnih elemenata treba jasno odrediti tj. „da zaštita za spojne i vezivne elemente mora odgovarati standardu BS 7371: Glava 6: 1998“. Ako zahtev obuhvata samo reč „cinkovano“ može doći do pogrešnog razumevanja, budući da pod tim terminom možemo podrazumevati

i druge metode, koji ne nude jednaku zaštitu kao toplo cinkovanje: galvanско cinkovanje, mehaničko platiniranje ili šerardizacija čelika. Više informacija možete da nađete u Glavi 10.

VREME POTREBNO ZA PROCES TOPLOG CINKOVANJA

Ukoliko je galvanizer bio odgovarajuće i na vreme obavešten, većina proizvoda može biti pocinkovana i vraćena proizvođaču u roku od jedne nedelje. Tipični proizvodni proces koji, naravno, zavisi od veličine narudžbine, traje tri dana. Pocinkovanih zavrtnjeva i navrtki uglavnom uvek ima na zalihama, ali preporučujemo da narudžbine za cinkovanje spojnih i vezivnih elemenata predate u najkraćem mogućem roku.

IZGLLED

Toplo cinkovanje se u osnovi upotrebljava sa namerom da čelične predmete zaštitimo od korozije. Prihvatljiv izgled koji propisuje standard SRPS EN ISO 1461 obrazložen je u Glavi 9. U slučajevima kad su izgled i glatkoća prevlake posebno važni, posavetujte se sa galvanizerom već u ranoj fazi procesa.

DUPLA ZAŠTITA – DUPLEX SISTEM

Upotreba boje, odnosno lakiranje prahom preko cink prevlake ponekad je potrebno zbog estetskih razloga ili zbog potrebe za dodatnom zaštitom (vidi Glavu 11):

GLAVA 8**KONSTRUISANJE PROIZVODA ZA TOPLO CINKOVANJE**

–
PRAVOVREMENO SAVETOVANJE IZMEĐU GALVANIZERA, PROIZVOĐAČA I KONSTRUKTORA PREDSTAVLJA KLJUČ ZA NAJBOLJE REZULTATE U PROCESU CINKOVANJA. KONSTRUKTORSKI DETALJI, KOJI DOPRINOSU BOLJEM DOVODU I ODVODU RASTOPLJENOG CINKA ŠTO POBOLJŠAVA KVALITET I IZGLLED ZAŠTITE.

**DOVOD I ODVOD CINKA, IZLAZ VAZDUHA**

Dobro konstruisanje traži:

- otvore za dovod i odvod rastopljenog cinka (nesmetani protok cinka),
- otvore za izlaz gasova iz unutrašnjih „džepova“ (tzv. ozraka).

Činjenica da se predmeti od čelika potapaju u kadu sa cinkovim rastopom na temperaturi od 450°C jeste od izuzetnog značaja. Zato treba predvideti otvore pravilne veličine na pravilnim mestima, koji će doprineti boljem protoku, dovodu i odvodu cinkovog rastopa i time povećati kvalitet zaštite i umanjiti troškove.

Kod određenih proizvoda možemo otvore, koji su prisutni i namenjeni za druge namene, da upotrebimo za ventilaciju i drenažu (odvod); u slučaju kada takvih otvora nema, neophodno je omogućiti posebne otvore za ventilaciju i odvod.

Za potpunu zaštitu cinkov rastop mora nesmetano da protiče po svim površinama proizvoda. U slučaju da proizvod ima šuplje delove, odnosno unutrašnje predele, cinkovanje unutrašnjih površina sprečava svaku opasnost od nastanka skrivene korozije za vreme upotrebe proizvoda.

Opšta načela

1. Otvori za ventilaciju i drenažu treba da budu što veći. Minimalni prečnici otvora su dati u tabeli 5.
2. Otvori za ventilaciju i drenažu treba da leže dijagonalno jedan nasuprot drugome na najvišoj i najnižoj tački proizvoda, jer je on za vreme cinkovanja okačen pod uglom od 30 do 45°. Izuzetno dugački šuplji delovi proizvoda traže dodatne otvore za odvod, koji će omogućiti oticanje i doprineti boljoj zaštiti površina.
3. U slučaju da su šuplji delovi proizvoda sa jedne strane zaptiveni, treba napraviti otvore dijagonalno jedan nasuprot drugome i, ukoliko je moguće, u blizini krajnjih ivica. U nekim slučajima je puno štedljivije ako na kraju šupljeg dela proizvoda napravimo rez u obliku slova U ili V ili ako izbrusimo uglove pravougaonih šupljih delova – takvi postupci, naime, stvaraju idealne lokacije za ventilaciju i drenažu. Naknadno bušenje ne omogućava tako dobar protok jer se u donjoj tački elementa obično nalazi zavar.
4. U slučaju da treba omogućiti otvore na završnim pločama ili delovima proizvoda koji služe kao zapušač, otvori treba isto tako da leže dijagonalno jedan nasuprot drugome, na stranu od centra i što je moguće bliže elementu (cev, profil, i sl.) kojim su povezani.

5. Unutrašnja i spoljašnja rebra za ukrućenje, nastavci, dijafragme, umeci itd. treba da imaju opsečene uglove, što doprinosi nesputanom toku cinkovog rastopa.

veličina šupljeg dela (mm)	minimalni prečnik otvora (mm)
< 25	10
≥ 25–50	12
> 50–100	16
> 100–150	20
> 150	saветуйте se sa galvanizerom

Tabela 5: Odgovarajuće veličine odvodnih otvora u cevastim strukturama

U slučaju da je potrebno napraviti otvore za protok cinka na dužem šupljem proizvodu (na primer više od 3 m) može se desiti da će biti potrebni dodatni ili veći odvodni otvori koji bi doprineli najboljoj mogućoj zaštiti površine. U tom slučaju se posavetujte sa galvanizerom.

Otvore koji su izbušeni za protok cinka i vazduha možemo kasnije zatvoriti, ali se ovde radi pre svega o estetskim razlozima

jer cink prevlaka pokriva sve površine. Ako je potrebno, možemo upotrebiti aluminijumske ili plastične čepove prevučene voskom, koji sprečavaju ulazak vode

Precizne savete u vezi sa konstruisanjem možete naći u Savezu galvanizera ili neposredno kod galvanizera. U dijagramima na stranicama 32 do 36 objašnjeno je nekoliko tačaka koje uvek morate imati u vidu.

SASTAV ČELIKA I KOMBINACIJE

Cinkovati možemo obični ugljenični čelik, neke vrste niskolegiranog čelika i odlivke od sivog liva.

Zalemljene ili delove od bronzе i mesinga ne bi trebalo cinkovati.

Izbegavajte kombinaciju različitih vrst čelika na konstrukcijama, jer sve to može da utiče na jedinstvo i izgled prevlake. U slučaju da su upotrebljeni različiti čelici, peskarenjem celokupnog sastava možemo pokušati da umanjimo razlike izazvane različitim stepenom korozije koje će uticati na debljinu prevlake. Naravno, najbolje je kada je proizvod u celini od sličnog tipa čelika.



Čelični proizvodi koji su bili podvrgnuti nekom hladnom oblikovanju (na primer savijanju) skloni su pojavljivanju lomova-pukotina na tom mestu, zato ih pre toplog cinkovanja treba ukloniti, odnosno izvršiti opuštanje unutrašnjih napona.

U slučaju da hoćemo da cinkujemo toplo oblikovani čelik, treba uzeti u obzir opasnost da će se posle toplog cinkovanja pojaviti pukotine u čeliku. Takva kombinacija je, doduše, izuzetno retka, ali kad dođe do nje, obratite se Savezu galvanizera ili potražite Publikaciju broj 40/05, „Cinkovanje proizvoda od konstrukcijskog čelika – postupak savladavanja pukotina koje prouzrokuju tečenje metala“ izdatu od strane British Constructional Steelwork Association (BCSA).

DIMENZIJE

Poslednjih godina veličina i kapacitet pogona za cinkovanje su se značajno povećali. Pri tome se pozivamo na Imenik opštih galvanizera ili www.galvanizing.org.uk, gde su navedene i veličine kada koje su na raspolaganju u Velikoj Britaniji i u Republici Irskoj. U slučaju da dužina ili visina proizvoda prevazilazi veličinu kade, treba upotrebiti posebne tehnike koje omogućavaju potapanje proizvoda – u takvom slučaju obratite se galvanizeru.

SPOJNI I VEZIVNI ELEMENTI

Za regulisanje debljine prevlake, kada se radi o toplom cinkovanju navojnih komponenata, treba uzeti u obzir posebno čišćenje na „ženskim“ navojima. Više informacija za upotrebu pocinkovanih spojnih elemenata možete da pronadete u Glavi 10.

PREKLAPAJUĆE POVRŠINE

Preklapajuće površine izbegavajte koliko je moguće. Pobrinite se da zaptiveni proizvodi ne budu podvrgnuti procesu toplog cinkovanja. Ukoliko su preklapajuće površine sasvim zatvorene zavarivanjem, postoji mogućnost da će za vreme potapanja doći do eksplozije budući da se povećava pritisak „uhvaćenog“ vazduha. Ako preklapajuće površine nisu sasvim zatvorene, postoji mogućnost da će rastvori iz procesa predobrade da uđu u otvore između obe površine i da će kasnije, sporo ističući, prouzrokovati mrlje na prevlaci (vidi stranicu 34).

ODLIVCI

Odlivke treba opeskariti pre procesa cinkovanja, jer je pesak koji je zaostao na proizvodu iz procesa izrade odlivaka,

nemoguće ukloniti konvencionalnim postupcima hemijskog čišćenja. Kad oblikujete odlivke koji će kasnije biti cinkovani, izbegavajte detalje kao što su oštri uglovi i duboka udubljenja jer oni prouzrokuju deblju prevlaku i termičke pritiske za vreme procesa toplog cinkovanja. Isto tako, poželjni su veliki radijus i homogenost poprečnog preseka.

ŠARKE I KLIZNI ELEMENTI

Ako želite da se šarke i klizni elementi posle cinkovanja slobodno kreću, morate omogućiti dovoljan isečak na povezanim površinama. Obično je dovoljan dodatan isečak veličine najmanje 1 mm.

TERMIČKE DEFORMACIJE

U čeličnim proizvodima obično dolazi do deformacija za vreme procesa cinkovanja zbog „zaostalog napona“, koji se oslobađa kada se čelik zagreva na temperaturi cinkovanja (450 °C). Termičke deformacije se javljaju usled napetosti (napona) koje su prisutne u čeliku, a mogu ih prouzrokovati i naponi u zavarenim spojevima, naponi kao posledica hladnog oblikovanja ili perforiranja.

Da biste izbegli odnosno umanjili suvišne napone, možete mnogo urati već u fazi konstruisanja:

1. Posebna kontrola za vreme procesa zavarivanja u proizvodnji proizvoda;
2. Pobrinite se da šavovi kod zavarivanja budu simetrični. Njihova veličina neka bude minimalna;
3. Izbegavajte velike promene u poprečnom preseku – asimetriju i debljini zidova.

Ukoliko se nalazite u situaciji kada je mogućnost deformacije velika (na primer kod nesimetrično oblikovanih proizvoda), deformaciju možete svesti na minimum, odnosno ukloniti je u celosti ukoliko proizvode ograničite na veličinu i oblik koji je moguće potopiti u kadu vrlo brzo, odnosno jednim potezom. Ako postoji mogućnost da se poslužite takvim postupkom, već na samom početku se posavetujte sa galvanizerom. Veličina i pozicija otvora za dovod i odvod cinkovog rastopa na proizvodu igraju važnu ulogu kod efekta deformacije, kao i veličina i oblik otvora (alki) za podizanje, posebno kada se radi o šupljim proizvodima.



		primljen	cinkovani	Hladno valjani 10%		Hladno valjani 40%		Sa probijenim rupama		Zavareni čelik	
				necink.	cinkovani	necink.	cinkovani	necink.	cinkovani	necink.	cinkovani
EN 10025-2 S275	Zatezna čvrstoća (Pa)	453	461	563	560	741	706				
	0,5 % naprezanje (Pa)	294	281	550	502	732	659				
	Elongacija	45	46	18	22	8	15	*10	10	28	38
EN 10025-2 S355	Zatezna čvrstoća (Pa)	531	522	644	635	811	784				
	0,5 % naprezanje (Pa)	367	362	634	587	807	746				
	Elongacija	41	43	16	20	8	15	*15	16	25	33
EN 10028-3 P460	Zatezna čvrstoća (Pa)	585	597	714	734	905	860				
	0,5 % naprezanje (Pa)	451	446	692	683	896	842				
	Elongacija	36	34	21	21	10	13	^6	5	29	30

Tabela 6:
Testovi zatezne čvrstoće konstrukcijskog čelika na pločama debljine 12,7 mm (izvor: ILZRO, 2006).



ČVRSTOĆA

Toplo cinkovanje ne utiče na zateznu čvrstoću konstrukcijskog čelika, što prikazuje i tabela 6 (stranica 30)

ZAVARIVANJE

Ako šljaka, koja je nastala kod zavarivanja u procesu čišćenja, nije uklonjena, mogu se pojaviti posle toplog cinkovanja nepokrivena crna mesta (mrlje). Da biste izbegli taj problem upotrebljavajte samo postupak gasnog zavarivanja, kao što su na primer: M. I. G. i u slučaju da upotrebljavate elektrode, pobrinite se da zavareni delovi budu temeljno očišćeni od šljake. Da biste umanjili pojavu povišenih zavarenih šavova posle toplog cinkovanja potrebno je da sadržaj silicijuma u materijalu za zavarivanje bude niži od 0,04 %. Zavarivački sprejevi protiv prskanja trebaju biti rastvorljivi u vodi i bez sadržaja ulja i silicijuma. Dalje informacije o zavarivanju možete da pronađete u Glavi 10.

OZNAČAVANJE I ETIKETIRANJE

Za privremene identifikacione oznake možete upotrebiti boje na bazi vodenih rastvarača ili odvojive metalne etikete. Ne upotrebljavajte glazurne boje ili markere na bazi masnih boja. Za trajno označavanje, koje treba da bude vidljivo i

posle procesa toplim cinkovanjem, oznake je potrebno izraditi utiskivanjem ili izraditi reljefne oznake.

ZAŠTITA POVRŠINA KOJE NE ŽELIMO DA CINKUJEMO

U slučaju da određeni delovi čeličnog proizvoda ne smeju biti toplo cinkovani, treba upotrebiti odgovarajuću zaštitu – visokotemperaturne trake, masti ili boje, odnosno bilo koji drugi postupak koji sprečava toplo cinkovanje. U vezi sa zaštitom od cinkovanja posavetujte se sa galvanizerom.

SPAJANJE

Cinkovani proizvodi mogu biti međusobno spojeni zavrtnjima, ležajevima, zavarenim delovima, zakovicama ili splejani zajedno. Preporučujemo zavrtnje, dok zavarivanje ne preporučujemo (vidi Glavu 10).

POSTUPANJE SA PROIZVODIMA

S obzirom na dimenzije, proizvodima će verovatno trebati otvori za vešanje, odnosno alke za podizanje. Druge mogućnosti za rukovanje proizvodima su lanci ili, za manje proizvode, rešetke i korpe. Poslednji načini nisu pogodni jer utiču na izgled i prouzrokuju puno kontaktnih – nepocinkovanih tačaka.

U slučaju velikih kada (posebno jedno- ili dvostrano otvorenih kada) biće potrebne unutrašnje konzolne veze, koje kroz celokupan proces čuvaju oblik posude.

KONTAMINIRANA POVRŠINA ČELIKA

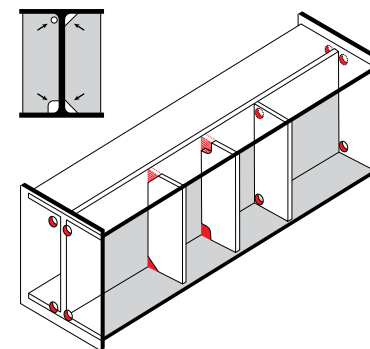
Za kvalitetno toplo cinkovanje neophodne su čiste čelične površine.

Prljavštine u obliku masti, katrana, boje i šljake od zavarivanja ne mogu se ukloniti hemijskim čišćenjem, a posledice su nepokrivene crne mrlje koje nastaju posle cinkovanja. Konstruktori bi trebalo da se pobrinu, da za isporuku čistih proizvoda na toplo cinkovanje odgovara proizvođač konstrukcije, koji je dužan da ukloni prljavštinu pre toplog cinkovanja.

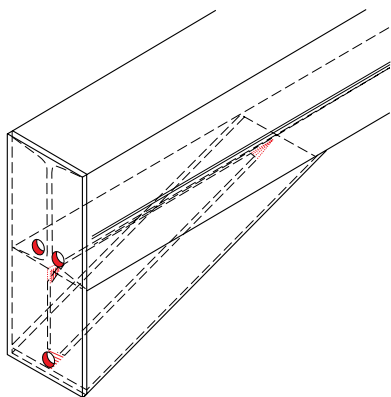
Čelični delovi koji su bili odsečeni odnosno koji su bili probušeni pomoću rastvora na bazi ulja, mogu prouzrokovati slične probleme kao da je površina bila nagorela sprejom protiv prskanja. Mašinsku tečnost koja se upalila ili zapekla u čelik treba ukloniti pre nego što se proizvod pošalje na cinkovanje.

Ponekad je teško otkriti nečistoće na čeličnoj površini, posledice se pokažu tek posle cinkovanja. Takav proizvod će verovatno trebati, uz dodatne troškove, da se još jednom cinkuje.

OTVORI KOJE MORAMO UZETI U OBZIR PRILIKOM KONSTRUISANJA ELEMENATA ZA TOPLO CINKOVANJE



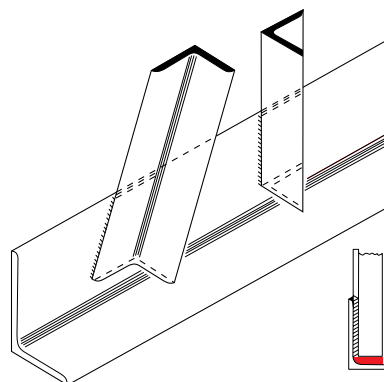
Detaljnija uputstva u vezi konstruisanja proizvoda za toplo cinkovanje možete da pronađete u EN ISO 14713 i drugim publikacijama Saveza galvanizera.



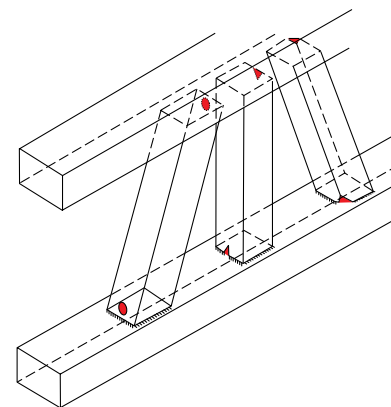
Završne ploče za vezivanje i ploče za ojačavanje, koje su zavarene na profile, moraju biti ventilirane u svojim zajedničkim dodirnim tačkama.



Zasecanje unutrašnjih uglova nosača će doprineti boljem dovodu i odvodu cink rastopa; rezultat je čistija i lepša cink prevlaka.



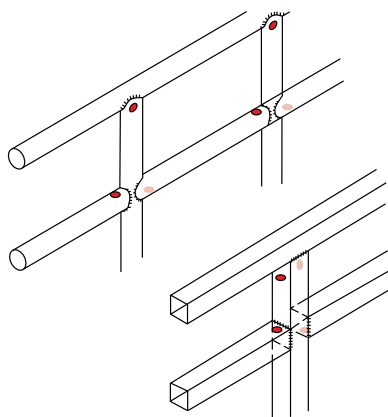
Vertikalni ugaonici treba da budu odsečeni pre kontakta sa nagnutim profilom. Tako će rastopljeni cink lakše teći sa konstrukcije. Na taj način ćemo dobiti potpunu prevlaku i umanjiti mogućnosti za zadržavanje pepela u uglovima i mogućnost za nastanak vazdušnih džepova unutar konstrukcije, što može prouzrokovati da cink na nekim delovima ne prione na čelik.



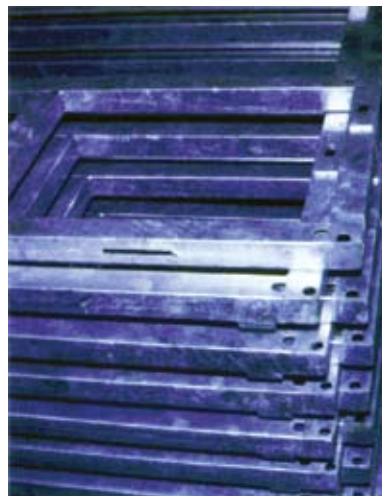
Kod šupljih delova se treba pobrinuti za dovod i odvod cinkovog rastopa. Kod vertikalnih profila to mogu biti izbušene rupe ili rezovi u obliku slova V. Otvori moraju ležati dijagonalno jedan nasuprot drugome na vrhu i na dnu profila.



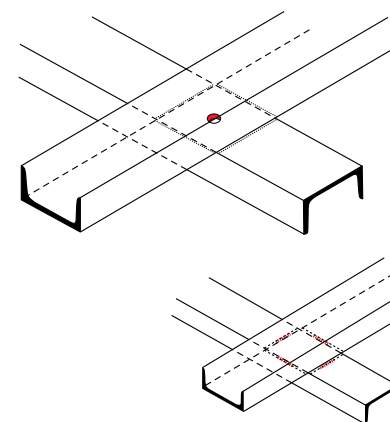
Zasecanje uglova tih nosača će doprineti boljem dovedu i odvodu cinkovog rastopa, rezultat je čistija i lepša cink prevlaka.



Preciznija uputstva u vezi sa konstruisanjem proizvoda za toplo cinkovanje možete da nađete u standardu EN ISO 14713 i drugim publikacijama za toplo cinkovanje.

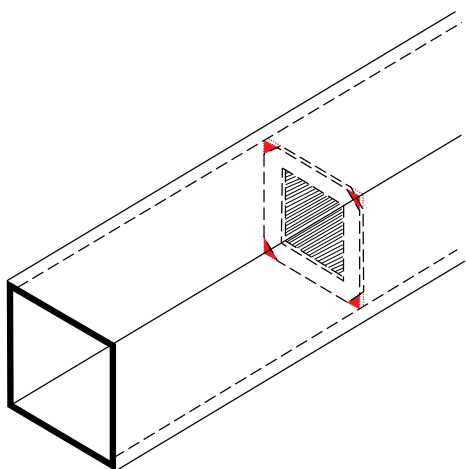


Spoljašnji uglovi zavarenih profila moraju biti ventilirani.



Površine koje se preklapaju ili dotiču su potencijalno opasne, jer rastvori iz procesa predobrade mogu da se uhvate između dve površine. U kadi za cinkovanje od zaostalog („uhvaćenog“) rastvora može nastati pregrejana para, što može dovesti do eksplozije.

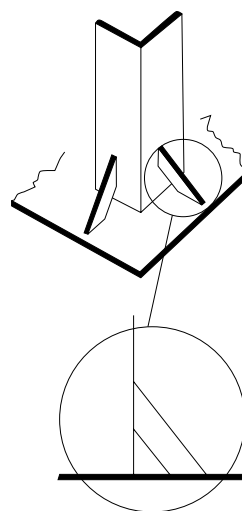
Ukoliko ne možete da izbegnete površine koje se dotiču, kao što je to primer kod ova dva profila, onda se pobrinite za to da su ivice obe površine, koje se dotiču, zavarene neprekidnim varom. Za svakih 100 cm² površine gde se dve ploče preklapaju, probušite otvor kroz obe prekrivajuće površine sa minimalnim prečnikom 10 mm. Na taj način ćete izbeći eksploziju u kadi za cinkovanje.



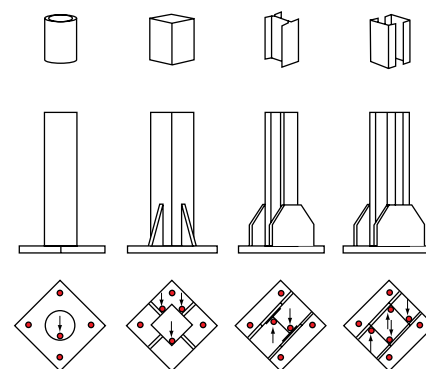
U slučaju da to nije moguće, dakle, kada je var prekinut između dve ploče koje se preklapaju verovatno će ostati izvesna količina tečnosti iz predobrade. Curenje tog rastvora će možda prouzrokovati smeđe mrlje koje neće imati uticaj na kvalitet zaštite cink prevlake. U tom slučaju ne treba narezati otvore za zatvoreno područje, samo ako je zatvorena površina manja od 100 cm², na primer 10 × 10 cm.

Kada kod oblikovanja nije moguće izbeći veća preklapanja površina (na primer profil na profil ili ploča na profil) za savet obavezno zamolite stručnjaka galvanizera.

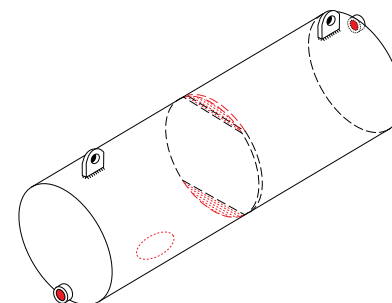
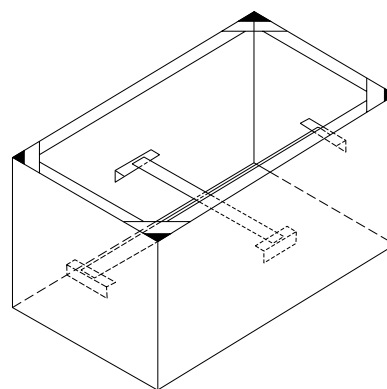
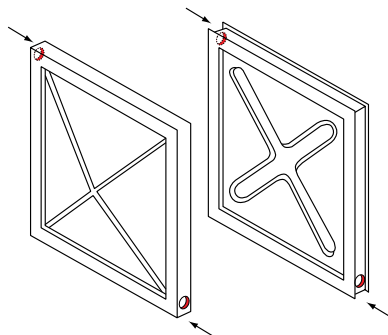
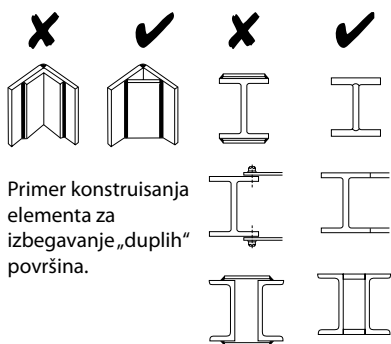
Unutrašnje pregrade u većim „kutijastim“ profilima moraju imati obrušene ivice i veći „ulazni otvor“. Unutrašnje ploče na manjim „kutijastim“ profilima moraju imati samo obrušene ivice. Kada se radi o ventilaciji šupljih delova u unutrašnjosti (nevidljivi otvori), iz bezbednosnih razloga je neophodno da je galvanizer o tome obavešten crtežem.



Spoljašnji ojačivači profila (ukrućenja) moraju imati obrušene unutrašnje ivice.



Primeri „ozrake“ profila koji su pričvršćeni na ploču.



Ukoliko zavareni spojevi na neki drugi način ne čine zatvoreni – nepropusni prostor, neka budu neprekinuti. Spojeve koji su međusobno povezani zavrtnjima, spajajte posle toplog cinkovanja.

Da biste rizik od deformacije sveli na minimum, morate na ravnim pločama napraviti krstasta ili piramidasta utisnuća. Otvore narezati u uglovima.

Zidove velikih otvorenih kutijastih posuda treba međusobno povezati – ojačati. Ukoliko su zidovi savijeni prema unutra, uglovi moraju biti sa otvorima. Debljine zida priključaka ili nezavarenih elemenata neka budu slične debljini zidova posude. Termičke deformacije prilikom toplog cinkovanja takvih elemenata obično su vrlo izrazite.

Otvori za ventilaciju okruglih posuda moraju ležati dijagonalno jedan nasuprot drugome. Njihov prečnik odredite sa galvanizerom. Unutrašnje ploče moraju biti obrušene gore i dole. Drške (alke) za podizanje moraju biti nameštene kao što prikazuje slika. Unutrašnji elementi moraju biti vidljivi ili kroz otvore za ventilaciju ili kroz kontrolne otvore. O tome gde narezati kontrolni otvor, posavetujte se sa galvanizerom.



GLAVA 9

– KVALITET I KONTROLA

OBEZBEĐIVANJE KVALITETA

Savez galvanizera od svojih članova uvek zahteva da se pridržavaju najviših standarda kvaliteta, koji su određeni standardom SRPS EN ISO 1461. Taj standard obezbeđuje neprekidnost prevlake i propisanu debljinu.

Obezbeđivanje kvaliteta u industriji je uvedeno nizom standarda ISO 9000 – „Sistem kvaliteta“. Već i sada je većina fabrika koje se bave cinkovanjem sertifikovana, a ostale bi trebale to da urade u bliskoj budućnosti.

MERENJE MASE I DEBLJINE PREVLAKE

Priroda procesa toplog cinkovanja u većini slučajeva obezbeđuje, da je prevlaka odgovarajuće mase i time odgovara zahtevima standarda SRPS EN ISO 1461. Postoje brojne kontrolne tehnike koje se mogu upotrebiti.

Konačna kontrola mase, odnosno debljine prevlake, može se odrediti destruktivnom metodom rastvaranja prevlake na uzorku ili mikroskopskom metodom poprečnog preseka. Ali, u većini slučajeva su preporučljivi nedestruktivni instrumenti. Na raspolaganju su dva tipa magnetnih instrumenata – prvi meri magnetnu privlačnost između permanentne magnetne igle i čelika, dok drugi deluje na principu magnetske indukcije. Nedestruktivni testovi mogu se izvesti na bilo kom stepenu postojanja pocinkovanog predmeta sa namerom da se utvrdi debljina preostale prevlake. Magnetno ispitivanje debljine prevlake definiše standard EN ISO 2178.

SPOLJAŠNJI IZGLED

Tabela 7 rekapitulira kriterijume spoljašnjeg izgleda prevlake. Različite varijante su posledica površine samog čelika, a prihvatljivost prevlake obično se ocenjuje vizuelno prema njegovoj dugotrajnosti i otpornosti na koroziju.

Izgled

Prihvatljivost prevlake (ne nužno i izgleda)

Tamno siva prevlaka (samo Fe-Zn legura, bez spoljnog cink sloja)	prihvatljivo
Fleke od rđe	prihvatljivo Jednostavno se uklanja četkom.
Hrapavost	Prihvatljivo, osim ako nije drugačije dogovoreno.
Okapine i šiljci	Prihvatljivo, osim ako nije drugačije dogovoreno (neravnomeran odvod cinka).
Grudvice	Prihvatljivo, osim ako obuhvaćenost tvrdim cinkom nije prevelika.
Bela rđa	Prihvatljivo, ako masa odgovara SRPS EN ISO 1461
Ostaci fluksa	nisu prihvatljivi
Nezaštićena mesta	Generalno nisu prihvatljiva; oštećena mesta mogu se doraditi u skladu sa uputstavima iz standarda SRPS EN ISO 1461.

Tabela 7:

Popis varijanti konačnog izgleda prevlake (slike na stranicama od 39 do 41).



MAT SIVA, ODNOSNO TAMNO SIVA PREVLAKA

Ponekad se čeliku za vreme proizvodnje dodaje silicijum kao reducent, što ubrzava reakciju između čelika i cinkovog rastopa. Kada pocinkovani predmet izvadimo iz kade za cinkovanje, još uvek je vruć i reakcija se produžava. To prouzrokuje širenje fero-cink slojeva prema spoljašnjosti prevlake. Fero-cink slojevi su tamno sive boje, za razliku od čistog cink sloja, koji je svetle, sjajne boje. Svetle, sjajne prevlake imaju na površini sloj cinka, dok su ispod njega tri različita fero-cink sloja. Razlika u boji vremenom postaje manje očigledna.

Prevlaka, u celini sastavljena od fero-cink slojeva, je deblja i postojanija od legura na niskougledničnim čelicima. Korozivna otpornost je u najmanju ruku toliko dobra kao na čistom cinku, i može biti još postojanija u industrijskom okruženju, gde ima puno kiselina. Fero-cink legura je otpornija na nagrizanje od samog cinka, ali je kod ove legure, prilikom grubljeg rukovanja predmetima, veća opasnost od oštećenja, pa zato takvim predmetima treba rukovati pažljivije.

Na tamno sivim površinama prevlake mogu se pojaviti mrlje već i posle kraćeg izlaganja vlažnim uslovima. To je samo površinska reakcija i ne znači ozbiljno pogoršanje kvaliteta zaštite; cink prevlaka i dalje štiti čelik.

Mrlje i promena boje zbog rđe

- Na dobro pocinkovanom čeliku, gde se predviđa dugotrajnost prevlake, tj. zaštite od korozije, može se promeniti boja ili pojaviti mrlje od rđe. Zbog toga možemo pomisliti da zaštita ne funkcioniše i vizuelno je neprihvatljiva, a to nije tačno. To može biti posledica jednog od sledećih faktora:
- Direktnog kontakta pocinkovanih predmeta sa nezaštićenim, odnosno nepravilno zaštićenim čelikom (na primer, delovi cinkovanog čelika su spojeni nezaštićenim, odnosno galvanski pocinkovanim ili obojenim čeličnim spojkama).
- Naslage čeličnog praha i nečistoća od drugih izvora iz okoline.
- Oticanje vode sa zardalih, odnosno loše zaštićenih čeličnih konstrukcija (na primer oštećena područja na obojenim čeličnim konstrukcijama).
- Rđa iz pora varova elemenata u koje istopljeni cink ne može da dopre. Za vreme čišćenja kiselina može da prodiru u zavarena mesta ili prostore između dve kontaktne površine i da odatle istekne kasnije – posle cinkovanja.
- Korodiranje područja zavarenih posle toplog cinkovanja, koja su ostala nezaštićena, odnosno neodgovarajuće zaštićena.
- Voda koja se sliva sa drugih materijala, kao što je bakar ili nekih tvrdih vrsta drveta (na primer hrast). To se može desiti uvek kada voda rastapa materijal jedne površine i teče na pocinkovani čelik.

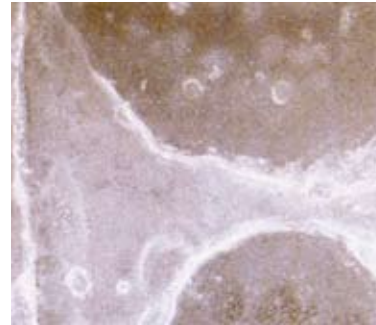
Da biste izbegli mrlje od rđe svi delovi konstrukcije trebaju biti odgovarajuće zaštićeni. Zavrtnji i navoji trebaju takođe biti toplo cinkovani (vidi Glavu 10). Varovi moraju biti neprekinuti i neporozni gde god je to moguće. Isto tako treba ukloniti sve ostatke šljake. Konstrukcije moraju biti projektovane tako da se onemogućava skupljanje vode na pocinkovanim mestima. Mesta koja su zavarena posle cinkovanja treba sasvim očistiti i obnoviti cink prevlaku (vidi stranicu 41).

Mrlje i promena boje, koji su posledica eksternih izvora, nemaju uticaj na trajnost prevlake. Ali konstrukciju možemo očistiti i time poboljšati njen spoljašnji izgled. Obično čišćenje čeličnom četkom ili upotrebom sredstava za čišćenje ukloniće mrlje i ostaviće „zdravu“ pocinkovanu površinu.

Hrapavost

Standard SRPS EN ISO 1461 zahteva da je pocinkovana površina „glatka“, ali upozorava da je glatkoća relativan pojam i da zaštitu na obrađenim predmetima ne smemo da cenimo po istim standardima po kojima ocenjujemo mehanički očišćene predmete, pocinkovane ploče, cevi i žicu.

Neravnomerna prevlaka je obično posledica prekomernog, odnosno neravnomernog rasta slojeva Fe-Zn legura, zbog sastava ili stanja površine čelika. Neravnomerna prevlaka je često deblja od ravnomerne i zato postojanija, ali ponekad može da bude neodgovarajuća, odnosno može da smeta nameni predmeta.



Okapinei i šiljci

Okapinei i šiljci, koji nastaju zbog neravnog odnosa cinkovog rastopa sa predmeta kada ga izvadimo iz kade za cinkovanje, javljaju se zbog oblika ili male debljine predmeta i ne štete trajnosti prevlake. Oštri šiljci suvišnog, stvrdnutog cinka nisu prihvatljivi jer predstavljaju opasnost za rukovanje predmetom. Ukoliko odstranite grudvasta područja i pojavi se „goli“ čelik, treba odmah doraditi prevlaku; vidi objašnjenje na narednoj stranici.

Grudvice

Grudvice prouzrokuju prisustvo tvrdog cinka (gusta smesa cinka i gvožđa koja se oblikuje u kadi za cinkovanje) u prevlaci. Javljaju se i kao posledica soli gvožđa koje su prenesene iz kade za hemijsku pripremu i nisu uklonjene sa površine zaštite. Povećana koncentracija grudvica može biti i posledica podizanja – uskomešanog dna u kadi sa rastopom cinka gde se inače taloži i tvrdi cink. Tvrdi cink ima sličan stepen zaštite protiv korozije kao cink i njegovo prisustvo u zaštiti, u formi sitno raspršenih delića, nije problematično. Ali, veći delovi tvrdog cinka smetaju zato galvanizer pokušava da ih svede na najniži mogući nivo.

Bela rđa

Vlažne fleke koje stvaraju bele korozivne i tamne mrlje možete videti na sveže pocinkovanim predmetima, koji su čuvani jedan blizu drugom, odnosno koji su transportovani u vlažnim i mokrim uslovima. Gde se pojavi bela rđa, prevlaka ispod nje može biti tamno siva ili crna.

Da biste sprečili pojavu bele rđe zbog nepravilnog čuvanja, potrebno je pocinkovane predmete transportovati i čuvati u suvim i dobro provetrenim prostorijama. Ako ih čuvamo napolju, pocinkovane površine ne smeju se međusobno dodirivati: cirkulacija vazduha je potrebna da se spreči kondenzacija i zadržavanje vlage. Izbegavajte zajedničko pakovanje, odnosno skladištenje jer kapilarno delovanje može da privuče vodu u međusobno dodirujuće površine. Predmeti se za vreme skladištenja ne smeju međusobno dodirivati i ne smeju biti u kontaktu sa tlom.

Zaštitne premaze – pasivizatore možemo upotrebiti za očuvanje visokog sjaja u slučaju da je izgled od bitnog značaja. U prodaji je na raspolaganju niz proizvoda, neki od njih su namenjeni upravo za posebne prilike. Veće mrlje bele rđe treba ukloniti. Obično to činimo tvrdom

čekinjastom četkom ili finim lamelarnim diskom. Hemijska sredstva u tom slučaju moraju biti poslednja mogućnost, a posle njihove upotrebe potrebno je temeljito ispiranje čistom vodom.

Ostaci fluksa i prljavština

Pre potapanja u cinkov rastop, elemente potapamo u rastvor fluksa, koji u rastopu cinka sagoreva u pepeo koji može da se slepi sa cink prevlakom. Iako je to površinski efekat, ostaci fluksa mogu suštinski da utiču na trajnost prevlake i zato ih treba ukloniti.

Prljavština na površini prevlake se može se nataložiti iz okoline (gradilište), može nastati za vreme transporta ili u dodiru sa drugim predmetima. Prljavštinu je potrebno jednostavno isprati, a ispod nje će se pojaviti čvrsta prevlaka, pa zato mrlje od prljavštine nisu štetne.



Nezaštićene površine

Proizvodi sa nezaštićenim mestima, koja su nastala zbog pogrešne obrade, otkriće galvanizer za vreme pregleda i ukloniće ih, ali nezaštićene površine mogu nastati zbog grešaka u čeliku, koje su nastale u procesu valjanja, kao što su nabori i zavrnuća, laminacije i nemetalni uključci koji se pojavljuju na površini.

OBNOVA OŠTEĆENE PREVLAKE

Površine prevlake mogu se oštetiti posle cinkovanja zbog aktivnosti kao što su, na primer, sečenje ili zavarivanje, iako zaštita ima odličnu otpornost protiv grube obrade prilikom transporta i montaže, mogu se pojaviti male površine sa oštećenjima. Zbog elektronegativnog delovanja cinka, male greške ne umanjuju zaštitu. Ipak često, iz estetskih razloga, treba obnoviti zaštitu i na tako malim površinama.

Odgovarajuću antikorozivnu zaštitu na ma kojoj oštećenoj površini ćete postići, ukoliko masa cinka bude u ravnomernom odnosu sa masom neoštećene prevlake. Prema standardu SRPS EN ISO 1461 odgovarajuće su sledeće tehnike:

- Temeljno iščetkajte oštećenu površinu čeličnom četkom i nanosite dovoljnu količinu premaza, obogaćenog cinkom u prahu (pastom ili aerosolnim sprejom) tako, da debljina prevlake bude u skladu

sa standardom (to jest SRPS EN ISO 1461).

- Temeljno iščetkajte oštećenu površinu, zagrejte je plamenikom do 300 °C i nanosite cink u posebnom obliku u štapiću (lemljenje) ili u prahu (metalizacija cinkovim prahom) kako bi postigli traženu debljinu obnovljene prevlake. Navedena tehnika može biti previše problematična ili dugotrajna na statičnoj čeličnoj konstrukciji ili na teško pristupačnim područjima. Prilikom zagrevanja plamenikom morate obratiti pažnju da previsoka temperatura ne ošteti obližnju pocinkovanu površinu, posebno u slučaju težih prevlaka na čeliku sa dodatim silicijumom.
- Ispeskarite oštećenu površinu i termički naprskajte cink. Debljina prevlake, dobijene termički naprskanim cinkom od 100 µm, odgovara debljini prevlake, dobijene antikorozivnom zaštitom toplim cinkovanjem od 85 µm.

Boja, obogaćena cinkom, se izuzetno lako upotrebljava, posebno na licu mesta. Termičko prskanje cinka je obično ekonomično samo u radionici.

Standard SRPS EN ISO 1461 zahteva da debljina prevlake na obnovljenim površinama bude deblja od propisane debljine cink prevlake na uobičajeno zahtevanim pocinkovanim površinama. Izuzetak je moguć u slučaju, kada mora biti naneta zaštita jednake debljine.

Izbor sredstava za popravku prevlaka mora biti usaglašen sa konačnim nanosom, ukoliko se krajnji korisnik odluči za nanos dodatnog premaza.

GLAVA 10

SPAJANJE TOPLO CINKOVANOG ČELIKA

NEMA RAZLOGA DA KONSTRUKCIJE IMAJU KRAĆI ŽIVOTNI VEK ZBOG SREDSTAVA, KOJA SU UPOTREBLJENA ZA SPAJANJE, KADA SE ISTA MOGU TAKOĐE TOPLO CINKOVATI



TOPLO CINKOVANJE NAVOJNIH SPOJEVA I VEZIVNIH ELEMENATA

Veličine

Opšte je pravilo, da se navrtke, zavrtnji i podloške do veličine prečnika 8 mm mogu cinkovati, kao i da se navojni spojevi i vezivni elementi mogu naknadno obraditi sa posebnom opremom. Za ISO metrične spojne elemente cinkovanje jednog unutrašnjeg ili spoljnog navoja traži dodatnu toleranciju - četvorostruku debljinu zaštite. U praksi je uobičajeno, da su standardni zavrtnji sasvim pocinkovani, dok su navrtke cinkovane „gole“ a navoj do 0,04 mm se narezuje kasnije. Posle urezivanja, navoje treba malo nauljiti. Kod sastavljanja su navoji navrtke zaštićeni pokrličem na zavrtnju. I posle nekoliko godina upotrebe, cinkovane navrtke se mogu odvrnuti bez problema, iako njeni navoji nikada nisu bili cinkovani. Više informacija o dimenzijama, procesu i efikasnosti toplo cinkovanih navrtki i zavrtnja je na raspolaganju u knjizi „Priručnik za inženjere i arhitekte“, „Uputstvo za obradu toplo cinkovanih navrtki i zavrtnja“ koju je izdalo Udruženje galvanizera.

Jedinstvenost prevlake

Postoji tendencija da toplo cinkovanje bude gušće kod korena navoja, ali modernom opremom možemo svejedno da postignemo ravnomeran nanos. Bilo kakvo zgušnjavanje, koje se pojavi, može biti uklonjeno naknadnim prerezivanjem navoja navrtke.

Konačna obrada površine i njen izgled

Pocinkovani spojni i vezivni elementi obično su svetlo sive boje, a u nekim slučajima visoko izdržljivih i visokorasteznih zavrtnja, zaštita može da bude mat sive boje, jer visoko prisustvo silicijuma u gvožđu jače reaguje sa cinkovim rastopom. Spojni i vezivni elementi, toplo cinkovani, kod visoke temperature (oko 550 °C) dobijaju jedinstvenu mat sivu boju koja se pojavljuje zbog specifičnog formiranja prevlake.

Skladištenje

Pocinkovane spojne i vezivne elemente treba skladištiti na suvom, dobro provetrenom mestu jer se time umanjuje mogućnost pojave bele rđe (vidi Glavu 9).

Tip	debljina prevlake
Cink elektroposrebn BS 33882, 2. deo	5–12 μm (obično)
Šerardizacija prve klase	30 μm
Šerardizacija druge klase	15 μm
Toplo cinkovanje BS 7371: Glava 6: 1998	43 μm (min)

Tabela 8: Tipovi zaštite cinkovanjem spojnih i vezivnih elemenata

Specifikacija toplo cinkovanih spojnih i vezivnih elemenata

Izabrane zaštite na bazi cinka su nabrojane u tabeli 8. Problem obično nastaje, jer se elektroposrebnjenje često meša sa elektrocinkovanjem. Zato nije dovoljno samo reći „cinkovano“ kada se traži duga postojanost. U zahtevu za cinkovanjem spojnih i vezivnih elemenata mora biti napisano, da pokrivenost spojeva odgovara standardu BS 7371; Glava 6; 1998, i dalje da je cinkovano od strane

člana međunarodnog Saveza galvanizera, čime se garantuje visok kvalitet od strane člana Saveza galvanizera i njihova tehnička podrška.

Troškovi

Početni troškovi toplog cinkovanja navojnih spojeva i vezivnih elemenata su obično malo viši od cinkovanja tipa BS 3382: Glava 2. Ali ako uzmemo u obzir dugotrajnu zaštitu od rđe, toplo cinkovanje je daleko najekonomičnija zaštita.

Zavrtnji visoke zatezne čvrstoće

Obične zavrtnje visoke zatezne čvrstoće (ISO stepen 8.8), koji odgovaraju standardu BS 4395: Glava 1, (ekvivalentnom ASTM A 325), možemo cinkovati bez problema. Zavrtnji ISO klase 10,9 (BS 4395: Glava 2 ili ASTM A 490) su cinkovani u Velikoj Britaniji, Japanu, Italiji, Francuskoj i Nemačkoj, ali pre cinkovanja mogu zahtevati peskarenje kao alternativnu obradu pre toplog cinkovanja. Zavrtnje klase 12,9 ili veće čvrstine ne cinkujemo.



Trenje klizanjem

U početku, koeficijent trenja između pocinkovanih površina je nizak – prosečno 0,19. Klizanjem koeficijent trenja se brzo povećava i dolazi do „zaključavanja“ zbog hladnog zavarivanja između pocinkovanih površina. U slučaju kada je malo skliznuće dozvoljeno, nije potrebna ponovna obrada površine, ali ukoliko do skliznuća ne sme da dođe, koeficijent trenja možemo povećati time što ćemo prevlaku učiniti hrapavijom. Čeličnom četkom koeficijent povećavamo na 0,35, dok ga blagim peskarenjem možemo povećati do 0,5. U Sjedinjenim Američkim Državama toplo cinkovanje spojnih i vezivnih elemenata jedno je od retkih dozvoljenih postupaka, zbog zahteva „protiv klizanja“ na dodirnim površinama spojeva. To je potvrđeno od strane Istraživačkog centra za zakivke i vijčane građevinske spojeve Inženjerske fondacije.

Gore opisano „zaključavanje“ može da prouzrokuje habanje navoja pocinkovanih vijaka što prouzrokuje proklizavanje navoja, zato je moguće da će im trebati mazivo za savladavanje sile klizanja. Beeswax je poznat kao najbolje mazivo, a za tu namenu su proizvedena i maziva molybdenum disulfid ili tallow.

ZAVARIVANJE TOPLO POCINKOVANOG ČELIKA

Testiranja na Institutu za zavarivanje, koja podržava Međunarodna organizacija za istraživanja olova i cinka (ILZRO), su pokazala da je na toplo cinkovanom čeliku moguće postići visokokvalitetan var i da su rastezne, pregibne i osobine habanja takvih varova praktično jednake onima na sličnim varovima na nezaštićenom čeliku. Brzine zavarivanja su manje, više ima iskrenja, posebno kod zavarivanja pomoću CO₂.

Svi postupci fuzionog zavarivanja mogu sa lakoćom biti upotrebljeni na pocinkovanim čelicima, takođe mogu biti zahtevane manje promene u tehnici potrebnog postupka zavarivanja, vrsti vara i položaju za zavarivanje. Primer za ručno elektrolučno zavarivanje:

- Blago udaranje elektrodom koju pomeramo napred i nazad duž vara.
- Položaj spoja podstiče rasprskavanje cinka ispred površine za zavarivanje.
- Preporučljivi su malo veći razmaci u spojevima za potpuno probijanje.
- Kraći luk omogućava bolji nadzor nad površinom za zavarivanje i pomaže sprečavanje kako prekomernog probijanja sa prekidima, tako i podrivanja.

- Moguća je upotreba kako obične, tako i titan-dioksidom presvučene elektrode, ali pre zavarivanja treba obaviti jednostavna testiranja.

Detaljne informacije za ove i druge postupke fuzionog zavarivanja su na raspolaganju kod Saveza galvanizera.

Iako je cink potreban element u trgovima u ljudskoj ishrani i ne akumulira se u ljudskom telu, udisanje para sveže nastalog cink-oksida može prouzrokovati prelaznu „visoku temperaturu, prouzrokovanu metalnim parama“ sa simptomima sličnim gripu. Da bismo stepen para zadržali u okviru prihvatljivih nivoa, treba se pobrinuti za njihovo odvođenje za vreme zavarivanja pocinkovanog čelika u zatvorenim prostorijama, kao i za vreme zavarivanja nezaštićenog čelika. Uvek prilikom zavarivanja treba uzimati u obzir propise COSHH.

SPREČAVANJE RĐE NA VAROVIMA

Svi varovi, koji su napravljeni na pocinkovanim predmetima, moraju biti zaštićeni protiv korozije od momenta kad je zavarivanje završeno. Gornja površina u tom momentu nema rđe i jednostavna je za obrađivanje. Obrada je moguća kao što je navedeno u Glavi 9.

GLAVA 11

BOJENJE I LAKIRANJE PRAHOM TOPLO POCINKOVANOG ČELIKA

TOPLO CINKOVANJE JE SAMO PO SEBI EKONOMIČNA I DUGOTRAJNA ANTIKOROZIVNA ZAŠTITA. KADA SU ORGANSKI PREMAZI, KAO ŠTO SU BOJENJE I LAKIRANJE PRAHOM, NANETI NA POCINKOVANI ČELIK, REZULTAT JE DVOSTRUKA ZAŠTITA, ODNOSNO DVOSTRUKO PREKRIVANJE, POZNATO KAO DUPLEX SISTEM.



Ovi premazi se upotrebljavaju za:

- Dodavanje boje za estetski izgled, kamuflažu ili iz sigurnosnih razloga.
- Uvećavanje ekonomičnosti strukture.
- Obezbeđivanje dodatne zaštite u agresivnoj okolini.

Premaz od boje može biti nanet odmah posle cinkovanja ili kasnije, kad je cink prevlaka već bila izložena vremenskim uticajima, kao i, kada je potrebna dodatna zaštita za obezbeđivanje postojanosti.

Kada se boja upotrebljava za produžavanje životnog veka pocinkovane konstrukcije, obično je najpovoljnije da odložimo bojenje i time iskoristimo vreme koje je potrebno za održavanje.

PRIPREMA TOPLO POCINKOVANOG ČELIKA

Kod svih delova čeličnih konstrukcija vrlo je važna temeljita priprema toplo pocinkovane prevlake, koja se boji. Naročito čest razlog za neuspešno dvostruko prekrivanje je nepravilno, odnosno loše odmaščivanje površine pocinkovanog čelika.

Slično kao i druge podloge, ni organski premazi ne smeju biti naneti direktno na pocinkovani čelik. Ali jednostavni sistemi boja za nanošenje, svih boja, posebno proizvedeni za nanošenje na obojene

metale, kao što je na primer cink, postaju sve popularniji.

Razlozi potrebe za efikasnijom zaštitom površina su obično dobro poznati. Kada čelik izvadimo iz kade za cinkovanje, on ima čistu, svetlu, sjajnu boju. Vremenom se ta boja menja u tamno sivu patinu jer cink reaguje sa kiseonikom, vodom i ugljen- dioksidom u vazduhu, što oblikuje kompleksnu, tvdu, stabilnu zaštitu koja čvrsto obuhvata cink. Patina se oblikuje posle nekog vremena, koje zavisi od okruženja u kome se odvijao proces cinkovanja. Obično to vreme varira od šest meseci do dve godine i više. Za vreme te promene spoljašnjeg sloja cinka u konačno stanje oblikuju se jednostavni oksidi i karbidi, koji se loše vezuju na površinu. Budući da je većina dvostrukih premaza napravljena u tom periodu, gornji sloj cink prevlake treba obraditi hemijskim ili mehaničkim sredstvima. Premaze je moguće naneti direktno na svežu ili na staru prevlaku, ali rezultati nisu uvek dobri, pa tako „isprobavanje“ nije preporučljivo.

Kada su estetski zahtevi za dvostrukim prekrivanjem vrlo visoki, potrebno je nešto površinskog rada, jer manje nepravilnosti na površini prevlake mogu posle nanosa organskog premaza biti vidljivije. To je posebno uočljivo kod lakiranja prahom. Posebna pažnja je potrebna kod poliranja cink prevlake, jer se ista zbog prejakog ili preobimnog poliranja može oštetiti.

UPUTSTVO: PREDPRIPREMA ZA BOJENJE

Uputstva za pripremu pocinkovanih površina su izrađena na osnovu studije, koju je napravio Nezavisni istraživački centar vodećeg britanskog proizvođača, o pripremama za bojenje i načinu bojenja, kao i o parametrima, koji utiču na njihovo delovanje na toplo cinkovane prevlake i na osnovu dugogodišnjeg iskustva sa dvostrukim premazima.

Iako je najbolje da se predpriprema pocinkovanih komponenata izvede odmah posle samog cinkovanja, pre nego što je površina na bilo koji način zagađena, to nije uvek i najpraktičnije. Predpriprema se može isvesti i kasnije, ali je za to potrebno površinu odgovarajuće očistiti i time ukloniti sve tragove prljavštine, kao što su ulje, masti i prah. Čišćenje ne sme za sobom ostaviti nikakve tragove na očišćenju površini, isto tako potrebno je četkom ukloniti sve mrlje. Vodom možemo očistiti različite soli.

Poznajemo četiri metode predpripreme površine, koji čine „zdravu“ osnovu za nanošenje premaza u boji:

„T-wash“ rastvor, odnosno njegov ekvivalent.

Iako taj način čišćenja postoji već neko vreme, metod „T-wash“ još uvek se smatra najboljom predpripremom za bojenje pocinkovanog čelika. „T-wash“ je modifikovani rastvor cink-fosfata, koji sadrži manju količinu bakarnih soli. Prilikom nanosa na pocinkovoj površini se pojavljuje blaga tamno siva ili crna mrlja. Ne smemo dozvoliti, da se (T-wash) rastvor sakuplja na horizontalnim površinama jer bi to sprečilo maksimalno vezivanje vode. Svu suvišnu otopinu treba ukloniti vodom. „T-wash“ je najodgovarajuć za upotrebu kod sveže pocinkovanih površina i nije pogodan za obradu „starijih“ cinkovanih površina (vidi Ecovanje).

„T-wash“ sadrži fosfornu kiselinu (9,0 %), etilni rastvor (16,5 %), metil-alkohol (16,5 %), vodu (57 %) i bakar karbonat (1 %). Postoji više varijanti ovog rastvora i kako bi obezbedili najbolju efikasnost, pre kupovine se posavetujte sa dobavljačem.

Pre prvog nanosa boje potrebno je dovoljno vremena, da rastvor „T-wash“ reaguje i osuši se. (Dobavljač će vas informisati o brzini delovanja rastvora.) Iako su istraživanja pokazala da su površine obrađene „T-wash“ metodom pogodne za bojenje i posle 30 dana i da je vezivost boje još uvek dobra, preporučujemo minimalno vreme između predpripreme i bojenja. Ako se na površini



očišćenoj rastvorom „T-wash“ pojavi bilo kakva so zbog uticaja vlage, treba je ukloniti tvrdom četkom pre nanosa boje. Ako je površina obrađena rastvorom „T-wash“ prljava, morate je očistiti u saglasnosti sa uputstvima i preporukama dobavljača.

Ecovanje

I ecovanje je uspešno. Njegov glavni nedostatak u poređenju sa rastvorom „T-wash“ je da nema vidljive promene boje. Zato ne možemo uveriti da su sve površine došle u kontakt sa reagensom. Ecovanje je prikladnije za starije i trule pocinkovane površine.

Peskarenje

Mehanička metoda predpripreme je peskarenje bakarnom šljakom, silicijum karbidom (kvarcni pesak) uz maksimalni pritisak 40 psi (2,7 bara). Time se postiže minimalno uklanjanje oksida iz cinka. Pocinkovana površina postaje malo gruba. Kod peskarenja debljih pocinkovanih slojeva potrebna je posebna pažnja, kako se ne bi oštetila površina. Za obezbeđivanje optimalnih rezultata treba odrediti optimalnu udaljenost od prskalice do predmeta, koji se obrađuje, i ugao peskarenja. Ugaone čelične prskalice su u svakom slučaju zabranjene. Peskarenje se često upotrebljava pored hemijske pripreme.

Četkanje i pranje

Taj proces je efikasan samo u slučaju, da je pocinkovana površina bila izložena vremenskim uticajima najmanje 6 meseci. Površina se priprema upotrebom brusnog papira ili četke od sirka, kojima uklanjamo sve lepljive materijale koji otpadaju, i uverimo se da svetla pocinkovana površina još nije bila premazana.

Zatim sledi čišćenje vrućim deterdžentom i ispiranje svežom čistom vodom. Pre nanošenja boje površina mora biti sasvim očišćena. Metod nije preporučljiv za pripremu površine elemenata, koji su postavljeni u obalnom predelu sa visokim stepenom hlora.

UPUTSTVA ZA BOJENJE

Svi sistemi za bojenje moraju biti pripremljeni za upotrebu na pocinkovanom čeliku i upotrebljeni u skladu sa preporukama proizvođača boja.

Izbor metoda za bojenje zavisi od dva faktora: načina nanošenja i radne okoline. Zbog smanjenja upotrebe hlorisane gume i alkalnih boja za agresivnije okoline, upotrebljavaju se epoksidni proizvodi u debelim slojevima, vinilne / vinil ko-polimerne komponente, u kojima je epoksid ojačan staklom.

U metode bojenja, gde se nanosi više slojeva, poznato je da upotreba osnovne antikorozivne boje, koja sprečava

nastanak ljuskaste rđe, omogućava bolje vezivanje boje.

Dvokomponentni poliuretani i akrilni uretani se obično upotrebljavaju kao pokriveni emajli. Omogućavaju visoku trajnost i dobro čuvaju boju. Postoje sledeće alternative: akrilni epoksidi i polisiloksani, poslednji omogućavaju veću postojanost protiv abrazije, a istovremeno imaju visok sjaj i dobro čuvaju boju.

Trenutno se u velikoj meri upotrebljavaju epoksidni materijali u debelim slojevima, iako se sada više propisuju vodotopni materijali, uključujući poliuretane. Oni su osetljiviji na lošiju predobradu, ali će njihova upotreba rasti kada Uputstva o organskim rastvaračima (Solvent Emissions Directive) počine strože da primenjuje.

UPUTSTVA ZA LAKIRANJE PRAHOM

Lakiranje prahom je metoda nanošenja boje na čeličnim površinama koja je vrlo rasprostranjena. Poput cinkovanja, i lakiranje prahom se izvodi u kontrolisanim prostorijama u fabrikama. Zbog toga je maksimalna količina čeličnih proizvoda, namenjenih za lakiranje prahom, ograničena, ali toplo cinkovane površine mogu da budu lakirane prahom.

Toplotne osobine pocinkovanog čelika su skoro iste kao i osobine nepocinkovanog

čelika, namenjenog za lakiranje prahom, i postoji mnogo slučajeva kad je čelik bio prvo cinkovan, pa posle i lakiran prahom.

Ali, predpriprema pocinkovanog čelika zavisi od toga, koji će od mnogih tipova praškastih premaza, kao na primer poliester, epoksid ili hibrid, biti upotrebljen. Predpriprema je obično sastavljena od oblika hemijske predpripreme, kao što je hromiranje ili fosfatiranje i niskotemperaturne toplotne obrade, a zatim sledi nanos praša. Uspešan nanos lakiranja prahom na bilo koju čeličnu površinu zahteva, da se ispoštiju sva uputstva, koje diktira proizvođač praškastog prekrivača. Zato je potreban uvežban izvođač sa iskustvom. Kao i kod mokrih boja, i ovde je na raspolaganju čitava lepeza boja. Praškasto prekrivanje pocinkovanog čelika za arhitektonske namene pokriva standard EN 13438.

Važno je, da se galvanizer obavesti o tome, da će proizvod kasnije biti prašno lakiran prahom tako da postupci posle cinkovanja budu usaglašeni sa izvođačem prašnog lakiranja.

Na raspolaganju je ograničen broj proizvoda za direktan nanos na pocinkovani čelik. Odgovarajućom pripremom kod upotrebe boja za direktni nanos, hemijska ili mehanička predpriprema nije potrebna. Ovi proizvodi se upotrebljavaju za niz različitih namena.

GLAVA 12**VAŽNI STANDARDI**

DOLE SU NABROJANI DRŽAVNI I MEĐUNARODNI STANDARDI ZA TOPLO CINKOVANJE I OSTALE PREVLAKE OD CINKA.

POSTOJI VIŠE OD 100 BRITANSKIH STANDARDA I PRIMERA, U KOJIMA JE TOPLO CINKOVANJE TRAŽENA, ODNOSNO MOGUĆA ZAŠTITA

SRPSKI STANDARDI

SRPS EN ISO 1461 – prevlake cinka koje se nanose toplim postupkom na proizvode od gvožđa i čelika – zahtevi i metode ispitivanja

SRPS EN ISO 1460 – prevlake cinka koje se nanose toplim postupkom na materijale na bazi gvožđa – gravimetrijsko određivanje mase po jedinici površine

SLOVENAČKI STANDARDI

SIST EN ISO 1461:1999
Toplo cinkovana zaštita gvozdjenih proizvoda i čeličnih predmeta – specifikacija i način testiranja.

SIST EN ISO 14731:1999
Antikorozivna zaštita gvozdjenih i čeličnih konstrukcija – Cinkova i aluminijumska prevlaka – Uputstva.

EVROPSKI STANDARDI

EN 10244: Glava 2: 2001
Čelične žice i žičani proizvodi – prevlake za čelične žice od obojenih metala.

BS EN 10326/10327: 2004
Toplo cinkovanje čeličnih limova.

BS EN 12329: 2000
Protivkorozivna zaštita metala. Nanos cink zaštite elektrolizom i dodatna obrada gvožđa ili čelika.

BS EN ISO 2063: 2005

Aluminijumska i cink prevlaka, naneta raspršivačem.

EN ISO 2178:1995

Merenje debljine prevlake: magnetna metoda.

OSTALI PRIMENJIVI STANDARDI**BS 7361: Del 1: 1991**

Katodna prevlaka.

BS EN 13636: 2004

Katodne osobine zakopanih metalnih rezervoara i pripadajućih cevi.

BS 7773: 1995

Čišćenje i priprema metalnih površina.

PD 6484: 1979

Korozija kod bimetalnih kontakata.

BS 7079: 1994

Priprema čeličnih površina pre nanošenja prevlake.

BS EN ISO 9001: 2000

Sistemi kvaliteta - zahtevi.

BS EN ISO 11124: Poglavlje 3&4

Ohladene čelične kuglice i pesak za peskarenje.

BS EN 971-1: 1996

Uputstva za upotrebu i definicije boja i razređivača za pokrivne materijale. Opšti uslovi.

BS EN 23270: 1991

Specifikacija temperature i vlage za obradu i testiranje boja, razređivača i njihovih sirovih materijala.

BS 4395: Glava 1&2: 1969

Čvrsti zavrtnji.

BS EN 14399: Glava 1 – 6: 2005

Visoko čvrsti kompozicioni sistemi zavrtnjanja za opterećenja.

BS EN ISO 1460: 1995

Određivanje mase toplo cinkovane prevlake: gravimetrička metoda.

BS EN ISO 1463: 2004

Merenje gustine prevlake: mikroskopska metoda.

BS EN ISO 12944: 1998

Boje i razređivači – antikorozivna zaštita čeličnih konstrukcija zaštitnim sredstvima u boji.

BRITANSKI STANDARDI**BS 7371: Glava 6: 1998**

Zaštita metalnih vezivnih elemenata – specifikacija za prevlake, dobijene toplim cinkovanjem.

BS 3083: 1988

Toplo cinkovani rebrasti lim za opšte namene.

BS EN ISO 2063: 2005

Aluminijumska i cink prevlaka, naneta raspršivačem.

BS 3382: Poglavlje 2: 1961

Posrebreni cink na navojnim komponentama.

BS 4921: 1988

Šerardizacija čeličnih proizvoda.

ASTM STANDARDI**A 123/A 123M – 02**

Proizvodi, zaštićeni toplim cinkovanjem.

A90/A 90M – 01

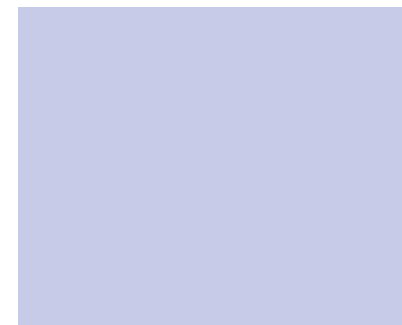
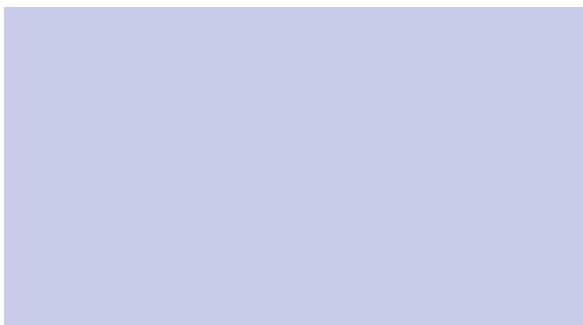
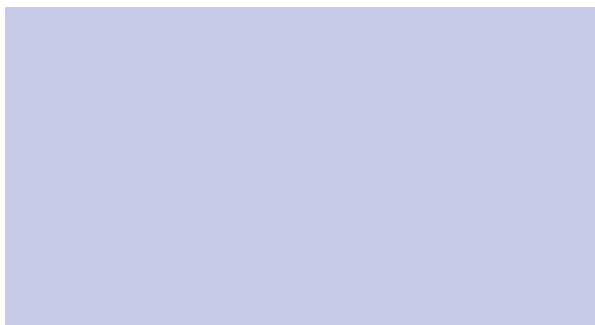
Ispitivanje mase cink prevlake čeličnih predmeta.

A143 – 03

Zaštita od trošnosti.

A153/A 153M – 05

Toplim cinkovanjem zaštićene čelične aparature.

**A325 – 06**

Visoko ugljenični čelični matični zavrtnji.

A384 – 02

Zaštita od savijanja.

A385 – 05

Obezbeđivanje visoko kvalitetne cink prevlake.

A653/A 653M-06

Toplo cinkovani limovi.

A767/A 767M – 05

Toplo cinkovane mreže.

A780 – 01

Popravka oštećene toplo cinkovane prevlake.

DIN STANDARDI**DIN 267**

Toplo cinkovane kopče.

DIN EN ISO 1461

Toplo cinkovani čelični proizvodi – Specifikacije i metode ispitivanja.

DIN 50978

Testiranje vezivnosti cink prevlake.

DIN 50933

Merenje gustine zaštite iglastim instrumentom.

DIN 51213

Rebrasti pocinkovani čelični lim.

DIN 50961

Posrebreni cink.

DIN EN ISO 2063

Prskanjem naneta aluminijumska i cinkova prevlaka.

ŠVEDSKI STANDARDI**SS 3192**

Toplo cinkovani navojni elementi.

SS055900

Peskareni čelik.

SS 3583

Uputstvo i zahtevi za toplo cinkovanje.

SS EN ISO 1461

Toplo cinkovana zaštita čelika – Zahtevi i metode ispitivanja.

ISO STANDARDI**ISO 1459**

Zaštita toplim cinkovanjem, glavni principi.

ISO 2063

Metalno rasprskavanje cinkom i aluminijumom.

ISO 2081

Posrebrena cinkova prevlaka.

ISO 2375

Kontinualno toplo cinkovana ploča.

AUSTRALIJSKI STANDARDI**AS/NZS 4680**

Toplo cinkovani čelični predmeti obrade.

AS/NZS 4534

Cinkova i mešovita – cink/aluminijum zaštita žica.

AS/NZS 4791

Toplo cinkovana otvorena čelična područja, naneta in-line procesom.

AS/NZS 4792

Toplo cinkovana zaštita šupljih čeličnih područja, naneta neprekinutim i specijalnim procesom.

GLAVA 13

– SAVETODAVNE USLUGE

– UDRUŽENJE GALVANIZERA VELIKE BRITANIJE I REPUBLIKE IRSKE

Udruženje galvanizera je osnovano 1949. godine i objedinjuje vodeća preduzeća za cinkovanje na britanskom ostrvu i u čitavom svetu. Na britanskom arhipelagu više od 90 % radova obavljaju članovi, a u međunarodnom prostoru Udruženje ima više od 60 pridruženih članova iz 28 zemalja.

Udruženje galvanizera je neprofitna organizacija, koja promovise toplo cinkovani čelik i obezbeđuje tehničko savetovanje i informacije proizvođačima i korisnicima. Obično su sve informacije i savetovanja besplatni.

DOLE SU NABROJANA NEKA OD PODRUČJA, KOJA POKRIVAJU PUBLIKACIJE UDRUŽENJA GALVANIZERA.

- UPOTREBA
- ORGANSKI PREMAZI NA POCINKOVANIM POVRŠINAMA
- KOPČE
- DIZAJNIRANJE
- ZAVARIVANJE
- INFORMACIJE O KVALITETU
- POSTOJANOST
- ISTORIJA

ZA DODATNE INFORMACIJE

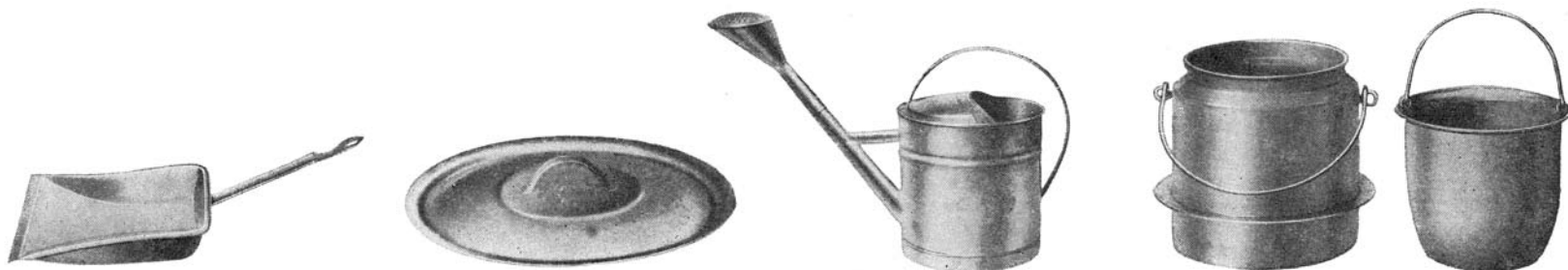
- Posetite internet adresu: www.galvanizing.org.uk
- Pretplatite se na časopis „Toplo cinkovanje“ (časopis izlazi na tri meseca i opisuje najvažnije projekte širom Evrope).

Kontaktirajte: Nicky Smith 0121 355 8838
Email: n.smith@hdg.org.uk

PRIMEDBA

Obratili smo pažnju na to, da informacije, date u publikaciji, budu tačne, ali Udruženje galvanizera ipak ne preuzima odgovornost za greške, odnosno informacije koje mogu da budu obmanjujuće. Predlozi za upotrebu, odnosno aplikaciju pocinkovanih proizvoda su samo informacije, i Udruženje galvanizera ne preuzima nikakvu odgovornost. Pre toplog cinkovanja proizvođa korisnik treba sam da se uveri u njegovu primerenost.



GLAVA 14**–
TRADICIJA ANTIKOROZIVNE ZAŠTITE TOPLIM CINKOVANJEM U SVETU I SRBIJI**

Začeci antikorozivne zaštite čeličnih elemenata toplim cinkovanjem potiču još u 16 veku, kada je prvi put zabeležena trgovina cinkom u Kini i severnoj Indiji. U tom periodu se susreće i izraz „korozija“. Godine 1742 francuz Melouin pronašao je postupak, kojim se gvožđe potapa u rastopljeni cink i pri tom dobija prevlaku, koja ga štiti od korozije. Postupak antikorozivne zaštite toplim cinkovanjem patentirao je Sorel 1837. godine. Par godina kasnije počinju da se otvaraju prvi pogoni za toplo cinkovanje u Francuskoj, Engleskoj i Nemačkoj.

Tradicija cinkovanja u Srbiji je relativno novijeg datuma. Pre sedamdesetih radile su cinkare u Kucuri u Bačkoj koja je i najstarija na teritoriji Srbije, i Čupriji koja tada toplo cinkovala traku. Obe cinkare su bile malog kapaciteta.

Cinkara u Čupriji je osnovana 1982. godine za potrebe Elektroprivrede Srbije, tačnije za toplo cinkovanje dalekovodnih stubova koje je firma u jednom od svojih pogona i proizvodila. Kako je postupak toplim cinkovanjem već zaživeo na prostorima bivše SFRJ, cinkara u Čupriji

je odmah ponudila usluge cinkovanja tržištu. Posle rada od desetak godina, cinkara prestaje sa radom, sve do 2003. kada dobija novog vlasnika preduzeće Maksim doo iz Celja. Poučeni sopstvenim iskustvom u oblasti toplog cinkovanja, i prateći tradiciju toplog cinkovanja u svetu, 2004. otvara se novi pogon, sa novom tehnologijom toplog cinkovanja „Technigalva“ jedinstvenom na teritoriji Srbije, što cinkaru u Čupriji stavlja na sam vrh po opremljenosti i kapacitetu. Za vrlo kratko vreme cinkara u Čupriji postaje dominantna na teritoriji Srbije

po kvalitetu usluge i količini toplo pocinkovanog čelika.

Svetska statistika stalno beleži rast u ovoj oblasti, mi u Srbiji takođe, što je siguran pokazatelj da antikorozivna zaštita toplim cinkovanjem najtrajnije i najisplativija zaštita.

Ovde smo da vam svojim znanjem i iskustvom to i pokažemo.

GLAVA 15**–
STRUČNI REČNIK**

Srpsko	Deutch	English	Objašnjenje
Toplo cinkovanje	Feuerverzinken	Hot dip galvanizing	Antikorozivna zaštita čelika cink prevlakom – potapanjem elemenata u rastop cinka
Galvanizacija	Elektrolitisches Verzinken	Zinc plating	Antikorozivna zaštita čelika cink prevlakom – elektrolitički sa cink anodama i katodama.
Metalizacija cinkom	Spritzverzinken	Zinc spraying	Antikorozivna zaštita čelika cink prevlakom – rasprskavanjem (brizganjem) rastopljene cink- žice pištojem
Šerardiziranje	Sherardisieren	sherardizing	Antikorozivna zaštita čelika cink prevlakom – difuzioni postupak valjanja elemenata u pesku i cink prahu u komorama pri visokim temperaturama
Kontinualno toplo cinkovanje	Kontinuierliches Feuerverzinken	Continious hot dip galvanizing	Kontinualni postupak toplog cinkovanja, gde se kroz rastop cinka neprekidno provlače elementi, a predviđen je za cinkovanje limova i žice
Toplo cinkovanje limova	Kontinuierliches Feuerverzinken von Bandstahl	Continious hot dip galvanized sheet	Kontinualni postupak toplog cinkovanja limova
Kontinuirano toplo cinkovanje žice	Drahtverzinken	Continious hot dip galvanized wire	Kontinualni postupak toplog cinkovanja žice
Hemijske kade	Chemische Bädern	Chemical baths	Kade, u kojima su potrebne hemikalije (predviđene tehnologijom) za pripremu (čišćenje) čeličnih elemenata pre potapanja u rastop cinka
Kada sa cinkom	Zink kessel	Zinc kettle	Kada sa cinkom, u kome je rastop cinka
Cink kotao	Verzinkungssofen	Zinc furnace	Cink kotao, koji zagreva kadu sa cinkom
Sušara	Trockenofen	Drying oven	Zatvoreni prostor, gde se elementi suše i predgrevaju pre potapanja u rastop cinka
Odmašćivanje	Entfetten	degreasing	Odstranjivanje masnoća sa čeličnih elemenata potapanjem u rastvor odmašćivača
Bajcovanje	Beizen	pickling	Odstranjivanje korozije i tragova zavarivanja sa čeličnih elemenata potapanjem u rastvor kiseline
Rascinčavanje	Entzinken	stripping	Odstranjivanje cink prevleke potapanjem u kislinu za razcinčavanje
Ispiranje	Spülen	rinsing	Ispiranje čeličnih elemenata od ostataka kiseline potapanjem u vodu
Fluxiranje	Fluxe	fluxing	Nanošenje rastvora cink-amonijum hlorida potapanjem u kadu sa fluxom
Cink prevlaka	Zinküberzug	Zinc coating	Cink prevlaka, prevlaka preko čelika naneta nekim od navedenih postupaka cinkovanja
Fero cink legura	Eisen-Zink legierungsschichten	Ironzinc alloys	Intekristalni međusloj cinka i gvožđa, koji stvara prevlaku nastalu postupkom toplim cinkovanjem
Ventilacija	Entlüftung	ventilation	Ventilacija tzv. oZRaka cevi i delova konstrukcija otvorima kako bi se omogućio nesmetani protok rastopljenog cinka i vazduha
Termičke deformacije	Thermische verzug	Thermic distortion	Deformacije čeličnih elemenata posle cinkovanja, izazvane otpuštanjem napona nastalih prilikom izrade elemenata
Bela rđa	Weißrost	White rust	Oksidni beličasto-sivi prah na cink prevlaci, koji je nastalo pod uticajem vlage (kiša, sneg, itd)

Metal  **ara**
cink