

Opšte karakteristike fosfatiranja

U ovom radu su opisane opšte karakteristike fosfatiranja. Analizirani su postupci dobijanja i primena gvožđe-fosfatnih, cink-fosfatnih i mangan-fosfatnih prevlaka na čeliku i gvožđu. Prikazani su i mehanizmi reakcija koje se odigravaju u toku gradjenja fosfatnih prevlaka. Pored ostalog, analizirane su i metode testiranja fosfatnih prevlaka.

Key words: fosfatiranje, gvožđe-fosfatne prevlake, cink-fosfatne prevlake, mangan-fosfatne prevlake

1. UVOD

Fosfatiranje je hemijski proces koji podrazumeva nanošenje zaštitne prevlake nerastvornih fosfata gvožđa, mangana ili cinka, na površinu metala postupcima uronjavanja ili prskanja predmeta rastvorima za fosfatiranje. Za predmete velikih dimenzija koriste se postupci nanošenja prevlake pod velikim pritiskom ili mlazom pare.

Proces fosfatiranja ubraja se u tehnološki složene postupke uzevši u obzir veliki broj faktora od kojih zavisi. Obično se radi o višekomponentnim rastvorima, pri čemu je dozvoljeno variranje koncentracije pojedinih komponenti u određenom intervalu, isto važi i za temperaturno područje rada i pH vrednost. Svi faktori se moraju održavati u optimalnim vrednostima, ali bez obzira na mnogobrojne faktore koji utiču na proces fosfatiranja, vođenje i održavanje procesa fosfatiranja je ipak jednostavno.

Fosfatne prevlake ne predstavljaju dugotrajnu zaštitu. Neophodna je dodatna zaštita nauljavanjem ili bojenjem. Zbog svoje kristalne strukture fosfatne prevlake omogućavaju odličnu adheziju boja, a zajedno bolju korozionu otpornost.

Prva, komercijalno dostupna, kupatila za fosfatiranje definisao je i primenio početkom prošlog veka T.W.Coslett. Predmeti od gvožđa i čelika su tretirani u rastvoru fosforne kiseline koja je sadržala određenu količinu soli gvožđa. Predmeti su tretirani oko dva sata, što je predstavljalo neophodno vreme za formiranje zadovoljavajuće debljine fosfatne prevlake na površini metala.

Nakon prvih dostignuća u oblasti fosfatiranja, usledila su mnogobrojna istraživanja sa ciljem da se definišu nova kupatila za dobijanje fosfatnih prevlaka sa boljim karakteristikama za kraće vreme. Neki od razloga zbog kojih se išlo u pravcu razvoja procesa fosfatiranja su sledeći:

- produžavanje veka trajanja organskih premaza,
- bolje vezivanje boje ili čvrstog filma smola,
- povećanje korozione otpornosti stvaranjem dobre osnove za absorpciju organskih premaza (ulja, voskova i boja).

Fosfatne prevlake nalaze primenu u oblastima automobilske, vojne i nuklearne industrije, pri zaštitnom i dekorativnom bojenju predmeta od gvožđa i čelika široke primene [1].

Proces fosfatiranja uključuje prethodnu pripremu površine što podrazumeva:

- Odmašćivanje predmeta hemijskim postupkom;
- Nagrizanje u kiselim rastvorima u cilju otklanjanja produkata korozije sa površine predmeta.

Između navedenih procesa neophodno je dobro ispiranje predmeta od prethodnog rastvora. Dobra priprema rezultira dobijanjem kompaktne i ujednačene debljine prevlake fosfata na svim delovima površine.

Završna faza podrazumeva bojenje ili nauljivanje fosfatne prevlake, čime se povećava koroziona otpornost. Prevlaka se ne ljušti, ne skida se dodiranjem, nema prisutnih mehurova i ponaša se kao sastavni deo površine gvožđa ili čelika.

Fosfatne prevlake obezbeđuju stabilnost, smanjuju naprezanja u finalnoj prevlaci i omogućavaju dobru adheziju boja. Takođe obezbeđuju hemijsku i termičku stabilnost [2].

2. OPIS TEHNOLOŠKOG POSTUPKA FOSFATIRANJA

Postupak dobijanja fosfatne prevlake na površini gvožđa i čelika podrazumeva sledeće faze:

1. Odmašćivanje i fosfatiranje

Rastvori za fosfatiranje, koji su danas u upotrebi, uporedo odmašćuju i omogućavaju nanošenje tanke prevlake nerastvornih fosfata. Vreme za koje

Adresa autora: Vojka Gardić, Institut za bakar, Bor, Zeleni bulevar bb, 19210 Bor

se postiže zadovoljavajući efekat je 6 do 8 min. Radna temperatura varira od sobne do 60°C.

2. Ispiranje

Ispiranje je protočno, hladnom vodom u trajanju od 3 do 4 min.

3. Aktiviranje

Površine nekih legura neophodno je aktivirati da bi proces fosfatiranja uopšte bio moguć. Aktiviranjem se stvaraju veliki broj centara kristalizacije na površini legure koji omogućavaju depoziciju sitnozrnih kristala fosfata, skraćuju vreme trajanja procesa, poboljšavaju adheziju boje i bolju korozionu otpornost završne prevlake.

Titanijum-fosfat pripremljen na specijalan način, predstavlja najefikasniji preparat za aktiviranje površine osnovnog materijala. Obično se dodaje u kadu za ispiranje koja prethodi fosfatiranju, ali se mora voditi računa o tvrdoći vode, pH vrednosti i temperaturi, jer su to glavni faktori koji utiču na vek trajanja aktivacionog agensa [3].

Postupak aktiviranja odjašnjava se kao fizička adsorpcija koloidnih čestica iz rastvora, koje su po hemijskom sastavu $\text{Na}_4\text{TiO}(\text{PO}_4)_2 \cdot (0-4)\text{H}_2\text{O}$ na površinu osnovnog materijala. Kada ovako aktivirana površina dođe u kontakt sa rastvorom za fosfatiranje nastupa jonska izmena. Jon Na zameni mesto sa jonom Zn stvarajući novu fazu koja i sama predstavlja nove centre kristalizacije [4].

4. Pasiviranje

Pasiviranje nije neophodno. Neki rastvori za fosfatiranje stvaraju prevlake fosfata koji zahtevaju pasivizaciju kao dodatnu postupak pre nanošenja organskih prevlaka ili ulja.

5. Sušenje

Temperatura sušenja je 110°C u trajanju od 3 do 4 min u struji vrelom vazduha.



Slika 1 - Linija za fosfatiranje

Ne postoji univerzalna kupatila koja omogućavaju izdvajanje fosfatne prevlake na svim metalnim površinama. Rastvori za fosfatiranje se raz-

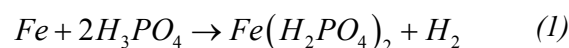
likuju i po hemijskom sastavu i po uslovima rada u zavisnosti od osnovnog materijala. Projektovane linije se takođe mogu razlikovati po broju procesa i operacija, a izgled jedne od linija za fosfatiranje prikazan je na slici 1 [5].

3. MEHANIZAM PROCESA FOSFATIRANJA

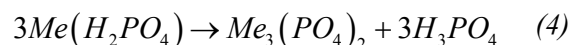
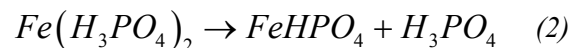
Mehanizam procesa fosfatiranja na granici sistema gvožđe-rastvor za fosfatiranje može se svrstati u složene procese. Rezultat je odvijanja mnogobrojnih sukcesivnih hemijskih reakcija, fizičkih i hemijskih fenomena. Razmotrimo ga ipak kao rezultat osnovnih reakcija:

- Anodno rastvaranje osnovnog materijala;
- Formiranje nerastvornog fosfata osnovnog metala i fosfata teških metala prisutnih u rastvoru.

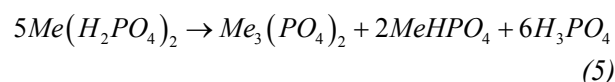
Anodno rastvaranje osnovnog metala odvija se po jednačini:



Tokom procesa pH vrednost raste, metalni joni ne mogu ostati rastvorni već stupaju u reakciju sa prisutnim fosfatima i talože se na površinu predmeta kao kristalni tercijalni fosfati. Formiranje sloja nerastvornog fosfata može se prikazati jednačinama:



ili



gde M_e označava dvovalentni strani metal koji se može naći u rastvor za fosfatiranje kao što je Zn ili Mn.

Fosfatiranje legura umnogome zavisi od legiranih elemenata. Najčešće su to Ni, Mn, Cr i Mo. Hrom ima loš uticaj na formiranje fosfatnog sloja, kao i sadržaj legiranih elemenata ako je veći od 4%. Nerđajući čelik spada u legure koje bez specijalne pripreme ne mogu da se fosfatiraju. Priprema površine podrazumeva podvrgavanje legure sa hromom hemijskim pred-tretmanima aktiviranja površine, plazma ili mehaničkim pripremanjima [6].

Rastvori za fosfatiranje sadrže i određenu količinu ubrzivača koji vreme trajanja procesa skraćuje od 10 min na 15 do 20 s.

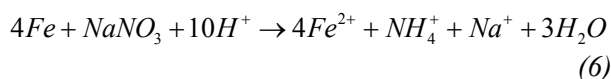
Ubrzivači mogu biti sledeće kombinacije

- Soli nitrata / soli nitrita
- Soli nitrata / soli hlorata
- Soli hlorata
- Soli nitrata / kiseonik (kao najmodernija i najekonomičnija kombinacija).

Postoje osim ovih kombinacija još veliki broj organskih i neorganskih jedinjenja ili njihova kombinacija koji se mogu primeniti kao ubrzivači procesa fosfatiranja. Na primer: hidrosil-amin, nitroguanidin, peroksid, natrijum-nitrobenzen sulfonat. Pre izbora ubrzivača treba proučiti koliki hazard on predstavlja za životnu i radnu sredinu.

Rastvori sa sadržajem kombinovanog ubrzivača nitrat/nitrit

Reakcija koja pokazuje uticaj ubrzivača na proces fosfatiranja je:



Zbog stalne potrošnje i delimičnog raspadanja nitrita i nitrata, neophodno ih je dodavati pri svakoj korekciji kupatila. Raspadanje nitrita je intenzivnije na povišenim temperaturama i na nižim pH vrednostima. Ovakva kupatila zahtevaju češću korekciju što otežava vođenje procesa. Fosfatni sloj je sitnozrne kristalne strukture, formira se brzo i predstavlja dobru osnovu za nanošenje boja.

Jenkins i Freeman su ispitivali hemijski sastav fosfatnih slojeva na čeliku dobijenih različitim postupcima i pod različitim uslovima. Rezultati njihovog istraživanja dati su u sledećim tabelama.

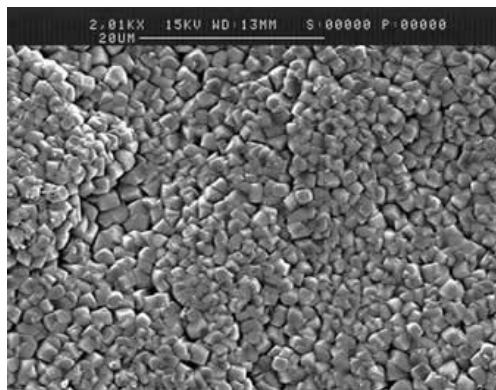
Tabela 1 - Masa fosfatne prevlake u zavisnosti od vremena dobijene na sobnoj temperaturi u kupatilu na bazi Zn, Fe(II), PO₄, NO₂, NO₃

Vreme uranjanja (min)	Masa prevlake (g/m ²)	Sastav fosfatnog sloja		
		Fe (%)	Zn (%)	PO ₄ (%)
2	2,8	7,5	28,3	41,0
4	5,3	14,7	30,0	48,0
10	9,2	14,1	30,0	37,2
20	11,7	12,2	31,7	39,5

Tabela 2 - Masa fosfatne prevlake u zavisnosti od vremena dobijene na temperaturi od 82 °C, u kupatilu na bazi Zn, PO₄, NO₂, NO₃

Vreme uranjanja (min)	Masa prevlake (g/m ²)	Sastav fosfatnog sloja		
		Fe (%)	Zn (%)	PO ₄ (%)
1	5,2	9,4	32,5	33,4
3	5,1	12,7	30,8	35,8
5	5,3	12,1	29,5	41,3

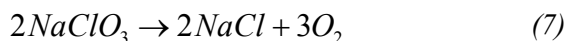
Na slici 2. prikazana je fosfatirana površina metala u rastvorima sa NO₂/NO₃ kombinacijom ubrzivača.



Slika 2 - Izgled fosfatirane površine dobijene iz rastvora sa kombinacijom ubrzivača nitrat/ nitrit

Rastvori sa sadržajem hlorata kao ubrzivača

Natrijum-hlorat se dodaje kao so nosilac hloratnih jona u kupatilo za fosfatiranje na početku procesa, ne zahteva korekcije tokom procesa i proces čini jednostavnijim. Nije potrebna analiza sadržaja hlorata u kupatilu. Mehanizam delovanja hlorata prikazan je jednačinom (7):

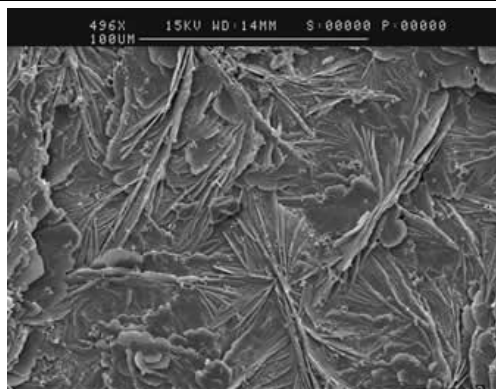


Prisustvo hlorata u rastvorima za fosfatiranje omogućava dobijanje homogene prevlake za kraće vreme. Takođe omogućava dobijanje dobre prevlake i izvan optimalnih uslova. Na slici 3. se vidi izgled površine fosfatirane u rastvorima sa određenim sadržajem hlorata.

Rezultati istraživanja Jenkinsa i Freemana za rastvore na bazi hlorata dati su u tabeli 3.

Tabela 3 - Masa fosfatne prevlake u zavisnosti od vremena dobijene na temperaturi od 66 °C u kupatilu na bazi Zn, PO₄, NO₃, ClO₃

Vreme uranjanja (min)	Masa prevlake (g/m ²)	Sastav fosfatnog sloja		
		Fe (%)	Zn (%)	PO ₄ (%)
1	2,5	9,1	32,8	38,2
3	2,4	15,3	36,8	44,2
5	2,2	11,6	35,2	34,8



Slika 3 - Fosfatna prevlaka dobijena iz rastvora na bazi hlorata

Jenkinsova i Freemanova i uporedna istraživanja fosfatnih prevlaka dobijenih iz rastvora sa i bez ubrzivača različitim postupcima prikazana su u tabeli 4.

Tabela 4 - Sastav fosfatnih slojeva na čeliku dobijenih iz različitih rastvora različitim postupcima

Uslovi fosfatiranja				Sastav fosfatnog sloja		
Ubrzivač	t (°C)	Fe ²⁺	Postupak	Zn (%)	Fe (%)	PO ₄ (%)
Bez	95-98	-	Potapanjem	42,0	3,4	32,7
Bez	95-98	5,03	Potapanjem	25,8	15,5	32,7
Nitrat	95-98	-	Potapanjem	38,3	5,6	32,7
Nitrat	95-98	2,00	Potapanjem	41,3	4,2	33,4
Nitrat	94	0,44	Potapanjem	31,5	13,0	33,2
Nitrat – nitrit	20	0,30	Potapanjem	32,0	12,6	33,3
Nitrat – nitrit	83	-	Potapanjem	31,6	10,9	31,8
Nitrat – hlorat	66	-	Potapanjem	35,2	11,6	35,0
Nitrat – nitrit	50	-	Prskanjem	43,3	3,1	34,2
Hlorat	70	-	Prskanjem	35,0	15,0	Nije određeno
Peroksid	45	-	Prskanjem	44,8	4,3	Nije određeno

Rastvori sa sadržajem nitrata kao ubrzivača

Omogućavaju depoziciju prevlake fosfata na nižim temperaturama, hladnovaljanih čelika sa visokim sadržajem ugljenika. Takođe se može koristiti u kombinaciji sa kiseonikom koji se ubacuje u sistem sa vazduhom i poznat je kao prirodni ubrzivač.

Kiselinski odnos u kupatilima za fosfatiranje

Jednostavnost održavanja kupatila za fosfatiranje ogleda se u kontroli ukupne i slobodne kiselosti i njihovog održavanja u optimalnim vrednostima.

Obe vrednosti se određuju volumetrijskim putem (titracijom) i izražavaju se u broju tačaka titracije.

Slobodna kiselost odražava koncentraciju slobodne fosforne kiseline u rastvorima za fosfatiranje.

Ukupna kiselost odražava sumu slobodnih i vezanih fosfata u rastvorima [7,8].

Taložne reakcije u kupatilima za fosfatiranje

Tokom procesa fosfatiranja može doći do taloženja komponenti iz rastvora u vidu nerastvornih soli na dnu kade. U rastvoru teku paralelno reakcije rastvaranja osnovnog metala (gvožđa), formiranja fosfatne prevlake uz prisutne jone stranih metala i jone ubrzivača. Sve predstavlja jedan složeni sistem koji se nalazi na granici rastvorljivosti tercijalnih fosfata gvožđa. Tokom procesa dolazi do

povećanja pH vrednosti. Ova promena uslovljava taloženje nerastvornih fosfata gvožđa na dnu kade.

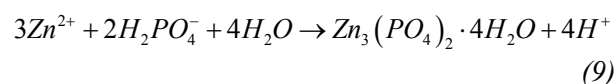
Ako se govori o fosfatiranju aluminijuma, uporedbe radi, stvara se talog nerastvornog fluoroaluminata, zbog prisutnog fluorida kao ubrzivača. Talog može nepovoljno da utiče na formiranje i kvalitet prevlake, zato ga je neophodno odstraniti iz kupatila koristeći filter sistem ili upotrebom kada sa kosim dnom, sa ispusto na dnu koji omogućava stalno odstranjivanje taloga iz sistema.

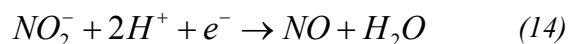
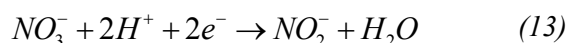
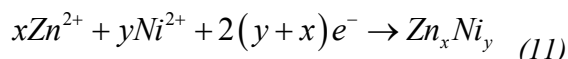
Uloga jona stranog metala u kupatilima za fosfatiranje

Kupatila za fosfatiranje mogu da sadrže jone stranih metala, obično su to joni Zn, Ni, Mo i/ili Mn. Uloga im je višestruka, a najveća se ogleda u poboljšanju korozivnih otpornosti finalne prevlake.

Jon nikla u kupatilima za fosfatiranje povećava korozivnu otpornost prevlake, ubrzava proces fosfatiranja, ugrađuje se u fosfatnu prevlaku menjajući morfologiju prevlake, pa se čak smatra da na taj način stvara centre nukleacije, tj. preuzima ulogu aktivatora. Nikl se dodaje u određenoj koncentraciji u obliku NiSO₄ ili Ni(NO₃).

Reakcije u ovakvim sistemima mogu se opisati sledećim jednačinama:





Prisutni joni stranih metala omogućavaju formiranje debljih prevlaka sitnozrnih kristala, povećavaju rastvorljivost Zn, povećavaju lokalnu pH vrednost na samoj površini osnovnog metala ili legure što uslovljava bržu depoziciju fosfatne prevlake.

4. KARAKTERISTIKE FOSFATNIH PREVLAKA NA POVRŠINI GVOŽDA I ČELIKA

Fosfatne prevlake mogu se podeliti u zavisnosti od uključenih elemenata u sastav prevlake u sledeće podgrupe:

- Gvožđe-fosfatne
- Cink-fosfatne
- Mangan-fosfatne i
- Cink-fosfatne prevlake modifikovane kalcijumom

4.1. Gvožđe-fosfatne prevlake

Postupak koji omogućava depoziciju gvožđe-fosfatne prevlake spada u najstariji i najekonomičniji postupak fosfatiranja, ali sa najmanjom korozionom otpornošću. Masa gvožđe fosfatnih prevlaka koja se može deponovati po jedinici površine kreće se u granicama od 2,7-8 mg/dm². Kontrola rastvora spada u jednostavnije. Takođe, ovaj rastvor obezbeđuje odmaščivanje i fosfatiranje istovremeno, pa tako štedi vreme i prostor.

Rastvor radi na pH 4,5-5, optimalna radna temperatura je relativno niska i kreće se od 37 do 54°C.



Slika 4 - Izgled gvožđe-fosfatne prevlake

Rastvor čine netoksične materije koje ostaju rastvorene u rastvoru i stvaraju malo taloga što je prednost u odnosu na cink fosfatne rastvore koji sadrže materije koje ne ostaju u rastvornom obliku već padaju u obliku taloga koji se klasifikuje kao opasan otpad.

Izgled površine čelika sa prevlakom na bazi gvožđe-fosfata prikazan je na slici 4.

4.2. Cink-fosfatne prevlake

Cink-fosfatne prevlake u kombinaciji sa odgovarajućim uljima, voskom ili bojom, daju odličnu korozionu zaštitu. Boja prevlake je svetlo do tamno sive u zavisnosti od površine osnovnog materijala, temperaturnog tretmana pripreme legure i načina pripreme površine pre fosfatiranja. Predstavlja ekonomičniju alternativu od zaštite gvožđa i čelika postupcima nanošenja galvanskih prevlaka drugih metala. Prevlaka se dobija uronjavanjem predmeta u rastvor za fosfatiranje. Masa nataložene prevlake kreće se između 0,16-0,43 g/dm² postupkom potapanja.

Prevlaku karakterišu sledeće veličine:

- Debljina prevlake
- Gustina pora
- Hrapavost
- Tvrdoća
- Izolacione sposobnosti
- Koroziona postojanost

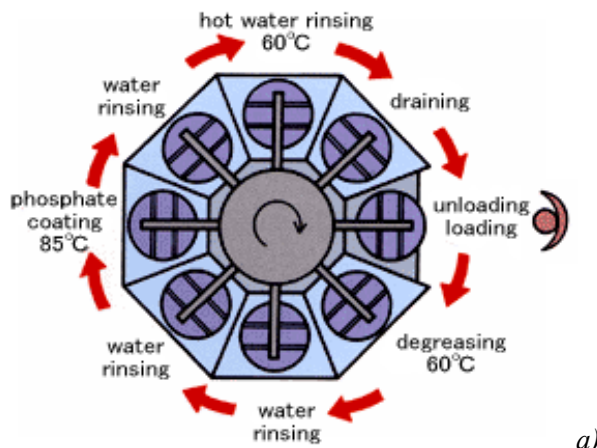
Ovaj metod se najčešće koristi kada je zahtev za korozionu otpornost veći. Prevlaka cink fosfata veoma je dobra jer njeni kristali formiraju poroznu površinu koja može da apsorbuje i mehanički zadrži finalnu prevlaku, ali zahteva duže vreme za depoziciju prevlake, više stepena u pripremi površine, kontrola rastvora je komplikovanija i zahteva veća ulaganja u opremu. Za vreme od 4 minuta nataloži se između 21,5 i 54 mg/dm² postupkom prskanja.

Teška prevlaka cink-fosfata u opsegu 110-320 mg/dm² ponaša se kao apsorbciona podloga koja je koroziono otporna. Prevlaka je ispitana testom slane magle, rezultati su pokazali otpornost na koroziju više od 200 sati.

Teške prevlake cink fosfata dobijaju se postupkom potapanja. Delove je moguće kačiti na vešala ili ako su manjih dimenzija moguće je čak i obrada u bubnjevima. Kupatilo se kontroliše na ukupnu kiselost, čija je optimalna vrednost u rastvorima za fosfatiranje ovog tipa 30-40 i radi u opsegu od 80-85 °C. Kupatilo se kontroliše jed-

nostavnim titracijama kojima se meri ukupna kiselost, slobodna kiselost i koncentracija gvožđa. U slučajevima velike proizvodnje, koncentracija gvožđa u rastvoru brzo raste i predstavlja ograničavajući faktor roka trajanja kupatila. Nakon obrade predmeta u rastvorima za fosfatiranje može doći do pojave neravnomerne prevlake fosfata što je posledica veće koncentracije gvožđa u rastvoru u odnosu na koncentraciju cinka. Obično se tada deo rastvora zameniti svežim.

Raspored operacija i izgled aparature za nanošenje prevlake fosfata na povišenim temperaturama prikazana je na slici 5.



a)



b)

Slika 5 - Aparatura za nanošenje fosfatne prevlake na povišenim temperaturama: a) redosled operacija, b) izgled aparature

G. Cheever je svoja ispitivanja bazirao na cink-fosfatnim rastvorima. Ispitivao je zavisnost sastava fosfatnog sloja od režima mešanja rastvora. Rezultati ispitivanja dati su u tabeli 5.

Tabela 5 - Fazno stanje fosfatnog sloja pri različitim režimima mešanja rastvora u cink-fosfatnim kupatilima

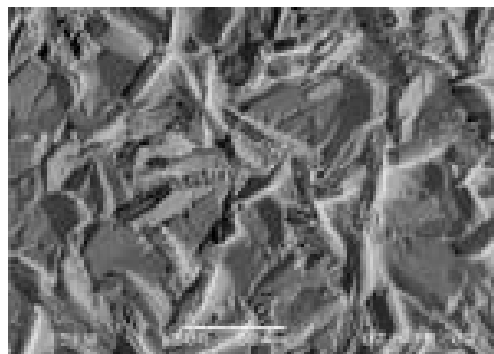
Postupak i režim mešanja rastvora	Sastav fosfatnog sloja
Uranjanje, bez mešanja	95% $Zn_2Fe(PO_4)_x \cdot 4H_2O$ 5% $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$
Uranjanje, mešanje uzburkano	50% $Zn_2Fe(PO_4)_x \cdot 4H_2O$ 50% $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$
Prskanje	100% $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$

Izgled površine čelika nakon obrade u rastvorima za depoziciju cink-fosfatnih prevlaka prikazan je na slici 6.



Slika 6 - Čelični delovi zaštićeni cink-fosfatnom prevlakom i naknadno nauljeni

Postupci koji omogućavaju dobijanje prevlake cink-fosfata na nižim temperaturama, komercijalno su poznati kao hladni cink-fosfatni, koriste se za unapređenje izvlačenja, hladnog uvijanja, kovanja i istiskivanja osnovnog metala. Ove fosfatne prevlake omogućavaju zadržavanje ulja ili drugih sredstava za podmazivanje pri određenoj temperaturi i pritisku tokom deformacije. Nanošenje fosfatnih prevlaka obezbeđuje duži radni vek alata, veće brzine izvlačenja i veća izduženja osnovnog metala.

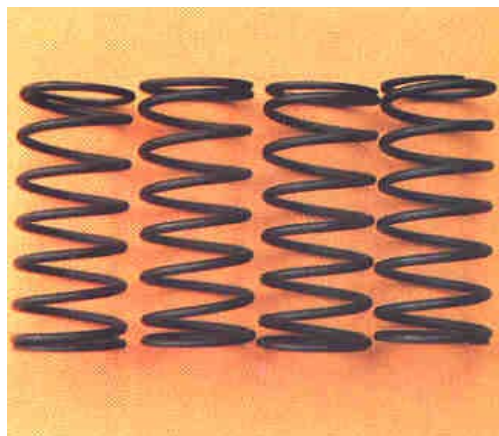


Slika 7 - Izgled kristala cink-fosfatne prevlake na čeličnoj površini

4.3. Mangan-fosfatne prevlake

Mangan-fosfatne prevlake upotrebljavaju se za zaštitu površina za koje se zahteva dobra otpornost na frikciju, tj. sprečava kontakt metala sa metalom između pojedinih delova. Kombinacijom ove vrste prevlake i ulja ili voskova povećava se koroziona otpornost i otpornost na habanje.

Površina predmeta tretirana rastvorima za fosfatiranje pokrivena je mikroporama koje služe kao mikrozervoari maziva i omogućava produženu otpornost na habanje čak i nakon potpunog skidanja fosfatne prevlake. Mangan-fosfatne prevlake nanose se na klipovima, klipnim prstenovima, podizačima ventila, ležajevima, pogonskim zupčanicima i svim delovima koji su izloženi trenju. Izgled površine prevučene mangan-fosfatnom prevlakom prikazan je na slici 8.



a)



b)

Slika 8 - Čelična površina sa prevlakom mangan-fosfata

Kupatilo za depoziciju mangan-fosfata ima 12 tačaka ukupne kiselosti a radna temperatura je 90-95°C. Ravnotežna koncentracije u kupatilu, tj. odnos između ukupne i slobodne kiselosti u kupatilu je od presudnog značaja za kontrolu veličine kristala i ravnomernosti prevlake. Ovaj odnos treba održavati između 5,5-6,5:1, a održava se dodava-

njem Mn karbonata. Visok sadržaj Fe može biti smanjen dodavanjem vodonik peroksida.

4.4. Cink-fosfatne prevlake modifikovane kalcijumom

Cink-fosfat modifikovan kalcijumom se obično koristi kao osnova za boju ili druge organske prevlake. Kodeposit kalcijuma sa cinkom ponaša se kao prečišćivač ugrađen u sastav prevlake (zrno) i obrazuje glatke mikrokristalne strukture. Težina prevlake kreće se od 16-54 mg/dm², što dozvoljava poboljšane adhezione osobine bez apsorbnosti teških cink fosfatnih prevlaka. Cink-fosfatne prevlake modifikovane kalcijumom imaju ulogu da ograniče koroziju na određenu oblast, koja se naziva "creepage", ova osobina dolazi do izražaja kada, iz bilo kog razloga, dođe do oštećenja završne prevlake.

Cink-fosfatna prevlaka modifikovana kalcijumom dobija se postupkom prskanja ili potapanja. Kupatilo je dvokomponentni sistem sa visokom koncentracijom kalcijuma, koji se dodaje pre početka i retko zahteva regeneraciju. Radna temperatura je 65°C za postupak prskanja i 75-82°C za postupak potapanja. Sadržaj gvožđa u kupatilu se vremenom povećava i može usloviti ugradnju gvožđa u prevlaku. U ovakvim slučajevima dobijene prevlake su neravnomerne. Mala ali česta dodavanja jakog oksidnog sredstva omogućice taloženje gvožđa i na taj način smanjiti njegovu koncentraciju u rastvoru što produžava vek trajanja kupatila[9, 10].



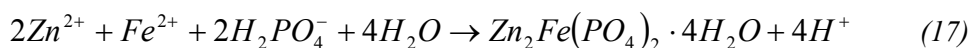
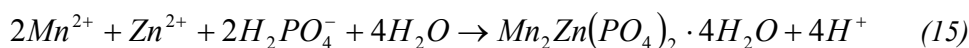
Slika 9 - Izgled površine čelika nakon nanošenja cink-fosfatne prevlake modifikovane kalcijumom

Istraživanja u oblasti fosfatiranja teže definisanju novih postupaka koji bi omogućili depoziciju prevlake iz rastvora koji ne sadrže ubrzivače, jer se oni po svojim karakteristikama ubrajaju uglavnom u grupu hemikalija koje predstavljaju hazard po okolinu. Međutim glavna uloga im je u skraćivanju vremena trajanja procesa, pa je neophodno da i novi postupci fosfatiranja bez ubrzivača obezbeđuju dobijanje prevlake fosfata za isto vreme i istog kvaliteta. Sinha i Feser su svoja istraživanja bazirali na elektrohe-

mijskim postupcima, koristeći jednosmernu i naizmeničnu struju. Rastvor je trokomponentni i sadrži: fosforu kiselinu, cink-oksidi i natrijum-hidroksid. Osnovni materijal je čelik. Na srednje legiranom čeliku moguće je dobiti prevlaku fosfata sastavljen od $Zn_3(PO_4)_2$ i $Zn_2Fe(PO_4)_2$, propuštanjem kroz trokomponentni rastvor jednosmernu ili naizmeničnu struju. Na nerđajućem čeliku rezultati su izostali u oba slučaja. Dodavanjem jona kalcijuma u trokomponentni sistem, omogućio je da se i na nerđajućem čeliku može dobiti prevlaka fosfata, ali samo primenom jednosmerne struje. Prolaku sačinjavaju $Zn_2Ca(PO_4)_2$ i $Zn_2Fe(PO_4)_2$. Prolaku fosfata modifikovana Ca elektrohemijjskim postupkom uz primenu naizmenične struje, za sada je moguće samo na srednje legiranim čelicima [11].

Prevlake kalcijum fosfata sa dodatkom cinka

Kalcijum-fosfatne keramike, uključujući i hidroksiapatit (HAP) imaju slične biohemijjske i mehaničke osobine kao neki delovi čovečijeg organizma (zubi i kosti). Upravo zato se koriste kao protetički implantanti. Glavni nedostatak se ogleda u lošim mehaničkim osobinama (krti su). Istraživanja su obuhvatala dodavanje nekog metala kao imlantanta u ovu prevlaku radi poboljšanja mehaničkih osobi-



Jednačine (15, 16 i 17) su identične i u klasičnim sistemima za fosfatiranje, a XRD metodom potvrđeno je da prevlaku sačinjavaju gore navedene faze. Kada je i prevlaka crnog fosfata podvrgnuta XRD ispitivanju ustanovljeno je prisustvo još jedne faze i potvrđeno je da se radi o gvožđe-molibdatu. Molibdat, dodat u rastvor za fosfatiranje kao Na_2MoO_4 ima ulogu aktivatora površine metala, stvarajući centre nukleacije na kojima dolazi do jonske razmene između jona Na i Fe. Novonastala faza predstavlja nove centre rasta sitnozrnih kristala drugih faza, ubrzava depoziciju prevlake i inhibira proces taloženja nekvalitetne prevlake hidratihi fosfata, što je potvrđeno ispitivanjem mikrostrukture.

Prednosti crne fosfatne prevlake sa molibdenom su sledeće:

- Ujednačenija i bolja struktura dobijene prevlake u poređenju sa klasičnim fosfatiranjem

na, ali uz ispunjavanje strogih zahteva koji se odnose na ponašanje ove modifikovane keramike u korozionoj sredini ljudskog organizma, što se odnosi na dobru adheziju metalnog implantanta i strogo malu rastvorljivost u čovečijem organizmu. Pogodnost cinka kao imlantanta se pokazala opravdanom, jer je utvrđeno da povećava tvrdoću prevlake, ne rastvara se u korozionoj sredini čovekovog organizma, a u malim količinama i ne predstavlja opasnost po čoveka.

Specijalnim postupkom se smeša hidroapatita i cink-oksida nanosi na željeni materijal, koji se može koristiti kao protetički implantant. Atomska sastav i hemijska struktura ispitivani su koristeći metode Radeford spektroskopije i X-rey fotoelektrične spektrometrije, kao i test metode za određivanje adhezije prevlake za osnovni materijal (test grebanjem) [12].

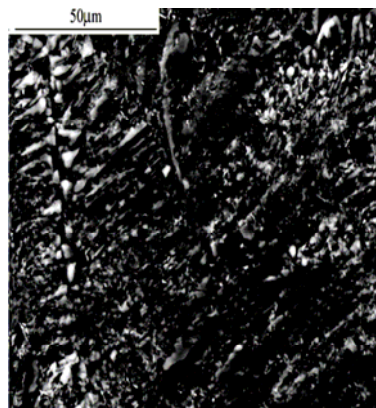
Crne fosfatne prevlake

Dodavanjem molibdata u rastvor za fosfatiranje na bazi cinka dobijaju se crne fosfatne prevlake.

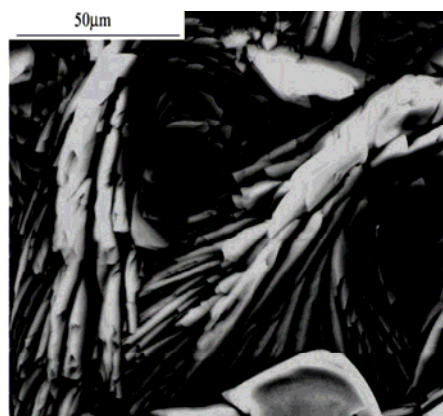
Sledeće reakcije opisuju način na koji dolazi do taloženja prevlake u ovakvim sistemu:

- Postizanje većih debljina prevlake, čak i do dva puta većih u odnosu na klasične
- Bolja koroziona otpornost
- Bolja otpornost na habanje, veća tvrdoća prevlake [13].

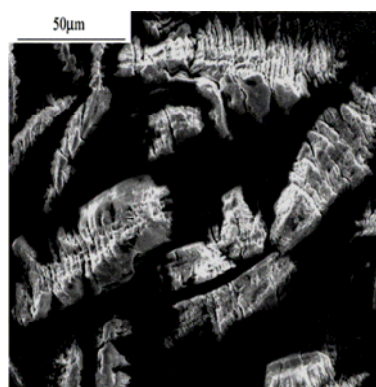
U tabeli 6. navedene su prevlake fosfata na gvožđu i čeliku, sa nekim karakteristikama.



slika 10a)



slika 10b)



slika 10c)

Slika 10 - Mikrostruktura fosfatnih prevlaka: a) crna prevlaka sa molibdenom; b) klasična prevlaka; c) crna prevlaka bez molibdena

Tabela 6 - Tipovi konverzionih fosfatnih prevlaka i njihova karakterizacija

Tip prevlake	Mineral koji čini prevlaku	Formula	Masa prevlake	Boja prevlake
Svetla tanka prevlaka gvožđe fosfata	Viviant	$(\text{FeO})_x(\text{FePO}_4)_y$	0,3 do 0,9 g/m ²	Providna pink do žute, plave ili svetlosive
Mikrokristalna prevlaka cink-fosfata	Hopeit ili fosfofilit	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{FeZn}_2(\text{PO}_4) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,4 do 2,7 g/m ²	Svetlo siva
Mikrokristalna prevlaka cink-fosfata	Hopeit ili fosfofilit	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{FeZn}_2(\text{PO}_4) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	7,5 do 30 g/m ²	Svetlo siva
Mangan gvožđe-fosfatna prevlaka	Hurealit	$(\text{Mn,Fe})_5(\text{PO}_4)_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	7,5 do 30 g/m ²	Tamno siva do crne
Kalcijum cink-fosfatna prevlaka	Skolzit	$\text{CaZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,6 do 6,5 g/m ²	Svetlo siva

Istraživanja fosfatnih prevlaka u smislu alkalne stabilnosti pokazala su da je kombinacija više metala uključenih u prevlaku pruža bolju zaštitu u odnosu na prevlake koje formira jedan metal. Primer, hopeit koga čini Zn_2P katjon, manje je otporan od fosfofilita koga čini i Zn_2P i Fe_2P joni. Takođe i prisutni Ni_2P i Mn_2P joni u prevlaci na bazi cinka umnogome povećavaju alkalnu stabilnost prevlake. Ispitivanja su rađena "in situ" primenom različitih tehnika merenja ICP, AES, Raman spektroskopija i dr. [14].

5. TEST METODE ZA ISPITIVANJE FOSFATNIH PREVLAKA

5.1. Test otpornosti na vlagu

Jedan od najrealnijih testova za određivanje otpornosti prevlaka na koroziju je test otpornosti na vlagu. Izvodi se u komori izolovanoj od spoljašnjih uticaja u kojoj je moguće podesiti vlažnost vazduha. Komora je dizajnirana sa kosim krovom iz razloga skupljanja kondenzovane vlage i slivanja niz jednu stranu komore. Na taj način se izbegava slivanje vlage na delove koji se testiraju.

Temperatura u komori je $38 \pm 2^\circ\text{C}$, a relativna vlažnost vazduha je 100%.

U upotrebi su dve vrste komora:

- Kondenzirajući tip
- Recirkulirajući tip

Oba tipa komore imaju rezervoar sa destilovanim ili dejonizovanim vodom. Recirkulirajući tip ima i ventilator koji omogućava kretanje i recirkulaciju vlage u komori. Kondenzirajući tip komore nema ventilator, zbog čega se vlaga skuplja na delovima koji se ispituju i čine test mnogo ozbiljnijim. U nekim se slučajevima zahteva poseban položaj test pločica, što podrazumeva postavljanje pločica na police pod uglom od $15-30^\circ$ od vertikale, a onda se kontroliše gornja strana pločice zbog pojave defekta.

Da bi dobijeni rezultati testiranja bili upotrebljivi i realni mora se voditi računa o pravilnoj konstrukciji komore, položaju pločica tokom testiranja i ravnomernosti relativne vlažnosti.

Metoda se bazira na pojavi mehurića na obojenoj površini testiranih pločica, koji se i vizuelno mogu opaziti, a posledica su prodiranja vlage kroz boju i fosfatni sloj do površine metala sa kojim stupa u reakciju. Reakcija se odvija uz izdvajanje vodonika koji uzrokuje odvajanje boje od osnove. Do ove pojave dolazi na uzorcima koji nemaju fosfatni sloj između metala i boje, kod kojih je fosfatni sloj loših

karakteristika i ukoliko na površini sloja, usled lošeg ispiranja, ima zaostalih soli ili kiselina. U zadnjem slučaju, kada vlaga proдре ispod boje, zaostale soli ili kiseline bivaju rastvorene i takve predstavljaju koroziono sredstvo, napadaju površinu metala uz izdvajanje gasa koji dovodi do pojave mehurova na površini testiranih pločica.

Pločice se kontrolišu najkasnije 5 minuta nakon iznošenja iz komore. Nastali mehurovi mogu nestati nakon dužeg stajanja pločice, kao posledica smanjenja pritiska ispod površine, tj. oslobađa se gas koji uzrokuje mehurove što dovodi do nerealnih rezultata.

5.2 Slani test

Komora u kojoj se izvodi slani test je po svojoj konstrukciji slična komori za test vlagom, ali mnogo promenljivih veličina čine ovaj test manje reprezentativnim u odnosu na prethodni.

Test se u početku izvodio 20%-tnim rastvorom soli, ali je danas opšte prihvaćen 5% -tni rastvor jer se smatra da su dobijeni rezultati na ovaj način reprezentativniji.

Ovaj fenomen se javlja zbog činjenice da je koeficijent jonizacije (hemijska aktivnost soli) veći sa većim razblaženjem.

Princip rada slane komore:

Voda se uvodi u kulu za zasićenje (do određenog nivoa i temperature), a zatim se podiže vazduhom pod određenim pritiskom. Kroz mlaznicu se raspršuje u obliku magle unutar komore. Mlaznica je pričvršćena iznad sifonskog ventila koji izvlači slani rastvor iz rezervoara i meša ga sa dolazećim vazduhom zasićenim vodom. Ovako konstruisana komora obezbeđuje nastajanje slane magle. Komora je opremljena koritom koje služi za sakupljanje kondenzovane slane magle. Iz korita se uzimaju uzorci kondenzovane slane magle i određuje joj se koncentracija.

Na slici 11 prikazan je spoljašnji izgled slane komore.



Slika 11 - Slana komora

Slani rastvor se priprema od nejudirane soli rastvaranjem u destilovanoj ili dejonizovanoj vodi čime se obezbeđuje odgovarajuća pH vrednost zadata standardom za ovu vrstu testiranja. Radna temperatura u komori je $35 \pm 2^\circ\text{C}$, a po standardu se slani rastvor mora zameniti sveže pripremljenim svakih 48 sati.

U pripremi obojenih ploča za slani test, krstićem ili slovom X ogrebe se film boje specijalnim alatom napravljenim za ovu svrhu, ali se može koristiti i običan nož ili sličan oštar instrument. Ako je ovaj instrument previše tup, ivice ogrebotine na boji biće mnogo neravne što dozvoljava veću količinu vlage u oblasti gde je ogrebotina nastala. Previše oštar instrument napraviće suprotan efekat. Čak i ugao pod kojim se drži alat kao i primenjeni pritisak mogu imati veliki uticaj na rezultat testa.

Prilikom kontrole testiranih pločica na površini uzimaju se u obzir sledeće indikacije:

- pojava bilo kog mehura sa prečnikom od 3mm ili više
- svaki mehur ili rđa na ogrebanom liniji od 3mm ili više

Rđa na ivicama pločica se ignoriše zbog toga što je debljina boje na ovom mestu često mnogo tanja nego na drugim delovima površine. Preporučuje se nanošenje voska na ivicama, da bi se eliminisao problem rđanja.



Slika 12 - Izgled pločica nakon testiranja u slanoj komori

Metoda provere ploča izvodi se po sledećim pravilima:

1. Ploče moraju biti proverene odmah nakon vađenja iz komore;
2. Ispiranje ploča može biti vruće koristeći brzu protočnu vodu ili hladno, mirnom protočnom vodom;
3. Posle ispiranja ploča, sledeći korak u proceni obojene ploče je produvavanje komprimovanim vazduhom pod pritiskom od 275,8 kPa, kroz igličastu mlaznicu na ogrebane linije pri čemu se mlaznica drži blizu ploče. Rastojanje između mlaznice i ploče kao i ugao mogu imati pozitivne ili negativne efekte na kvalitet određivanja;
4. Neke kompanije zahtevaju da rezultat bude prikazan kao procenat mehurova na ploči umesto broja. Takođe se može zahtevati da se uzmu u obzir svi mehurovi prečnika 1,5 mm i više, umesto 3 mm;
5. Neki testovi uključuju traku, koja se pritisne na ispitivano mesto, zatim naglo povuče da bi se utvrdilo koliko boje ostaje na traci, što je dodatni test prljanjanja boje za osnovu.

5.3. Testovi potapanjem

Testovi uključuju potapanje obojene ploče u vodu, rastvora različitih hemikalija ili u rastvaračima na određeno vreme, a onda se kontroliše pojava prvog znaka mehurova, slično kao i u testiranju vlagom.

Najuobičajeniji metod je kompletno potapanje ploče u destilovanu ili dejonizovanu vodu na temperaturi od 35-38°C. Postoje mnoge varijacije standarda ove metode koji su u upotrebi.

Varijacije u metodi se odnose na sledeće:

1. Može se koristiti voda sa slavine umesto destilovane ili dejonizovane, pošto je poznato da čista voda ima veću moć prodiranja što čini test ozbiljnijim;
2. Može se potopiti samo polovina ploče. Za rezultat je bitan deo pločice iznad rastvora i deo na granici rastvor-atmosfera;
3. Korišćenje različitih temperatura od 20°C do 100°C, tj. do temperature ključanja;
4. Potapanje, umesto u vodu, u rastvore različitih hemikalija ili u rastvaračima.

Postoji nekoliko načina kojima proizvođači menjaju testove potapanjem da bi odgovarali njihovim individualnim potrebama:

1. Mašine za pranje veša će se testirati u 1-8% - tnom rastvoru deterdženta za rublje kao što je Tide, Cheer ili slično;
2. Frižideri i šporeti testiraće se uranjanjem delova ploče u rastvore koji sadrže ekstrakte hrane, kao što je limunska kiselina - aproksimacija narandžinog soka;
3. Zaptivci automobilskih motora testiraju se u ključaloj vodi, alkoholu i antifrizu.

Sve ove varijacije su neophodne radi dobijanja što realnijih i upotrebljivih rezultata, koji će se potvrditi u praksi.

5.4. Test izlaganja spoljnim uslovima

Test izlaganja spoljnim uslovima svrstava se u grupu najreprezentativnijih korozivnih testova, ali se ne može nazvati ubrzanim, jer je za kompletan test neophodno vreme testiranja dve godine. U slučajevima testiranja, ploče se postavljaju na police pod uglom kao i u testovima vlažnosti i testu u slanoj komori. Najčešća lokacija za test izlaganja spoljnim uslovima je obala Floride, gde će ploče biti izložene delovanju sunčeve toplote, vlage i slane atmosfere. Test izlaganja spoljnim uslovima se sprovodi i u drugim reprezentativnim oblastima, uključujući posebno veoma industrijalizovane regione sa visokim procentom sumpor dioksida, oksida azota i drugim zagađivačima u vazduhu.

5.5. Abrazivni testovi

Ovi testovi nisu toliko uobičajeni kao drugi testovi fizičke adhezije, zbog visoke cene opreme koja je iznad finansijskih mogućnosti malih firmi.

Mašina se sastoji iz stege, koja drži ploču i rotirajućeg točka za brušenje na klatnu povezanom sa osetljivim instrumentom za podizanje i spuštanje klatna. Klatno ide napred - nazad preko obojene ploče postepeno ubrzavajući dok se ploča ne obrusi. Očitavanja visine do koje je klatno spušteno povezano je sa širinom i dužinom abrazije, što obezbeđuje krajnje rezultate.

5.6. Udarni testovi

Aparaturu čini vertikalno pričvršćen cevasti kanal sa čeličnom loptom. Ispod cevastog kanala nalazi se baza ili držač ploče sa otvorom približnog prečnika kao kuglica. Visina cevastog kanala varira zavisno od tipa boje i tipa metala koji se testira, od 71 cm do 200 cm. Prilikom testiranja ploča je pričvršćena, a kugla se podiže na različite visine i pušta na obojenu površinu praveći okruglo udubljenje u metalu. Na suprotnoj strani od mesta udara treba potražiti lomove, zvezdaste pukotine ili naprsline u boji. Debljina metala može izazvati teškoće u proceni rezultata. Očigledno, što je tanji metal, manje je udubljenje koje je utisnuto u metal, a samim tim manje razvlačenje i mogućnost pucanja boje.

5.7. Test konusnog vretena

Uređaj koji se koristi za ovaj test sastoji se od čeličnog konusa pričvršćenog horizontalno na postolje. Ploča se priteže za postolje konusa i pomoću čelične šipke savija se oko konusa. Širina preloma i naprsline na boji su mera za upoređujući rezultat. Drugim rečima, najširi poluprečnik krivine koja se dobija lomljenjem boje, kada je ploča obavijena oko konusa, daje informaciju o kvalitetu boje i fosfatne prevlake ispod boje.

5.8. Test adhezije i tvrdoće boje

Opremu u ovom testu čini serija olovaka određene tvrdoće i specijalni oštrač olovaka potreban zbog iste veličine otiska. U svakom testu, prvo se olovkom napravi tačka ili ogrebe linija u boji sve dok se jezgro olovke ne slomi, dok vrh olovke konačno ne prodre u boju ili izazove odvajanje boje od površine metala. Mada se ovaj metod koristi u nekim prilikama za testiranje adhezije boje ipak je to test za tvrdoću boje.

5.9. Test podizanjem trake

Prihvaćen metod za standardni test podizanjem trake je grebanje boje u obliku mreže tako da se naprave kvadrati veličine približno 3 mm. Koristi se maskirna ili celofanska traka koje se čvrsto pritisnu na ploču. Traka se onda naglo povuče unazad i odvoji od obojene površine. Kontroliše se količina boje koja se odvoji sa trakom.

Problemi postojanosti ovog testa su:

1. Oštrina ili nedostatak oštine instrumenta koji se koriste za grebanje mreže;

2. Koliko je čvrsto traka pritisnuta na mesto;
3. Vrsta trake koja se koristi;
4. Koliko snažno i pod kojim uglom se traka povlači.

5.10. Test savijanjem

U ovom testu se ploča prosto savije i posmatra se lom ili ljušpanje boje. Savijanje je obično pod uglom od 90°, ali za ozbiljniji test zahteva se savijanje pod uglom od 180°. U tom slučaju ploča se udara gumenim ili plastičnim čekićem dok se ne savije unazad. Ovaj test praktikuju proizvođači kontinualnih traka bojenih poluproizvoda.

5.11. Test za određivanje mase prevlake

Da bi se odredila masa prevlake po dm² površine, fosfatna prevlaka mora da se ukloni sa prethodno izmerene ploče i onda se ploča ponovo meri. Navodimo proceduru korak po korak u najčešće prihvaćenoj metodi:

1. Izmeriti težinu malih fosfatiranih ploča na osetljivoj vagi sa najmanjom podelom desetog dela mg;
2. Potopiti u 5% - tni rastvor hromne kiseline nekoliko minuta na 74±2 °C;
3. Isprati u hladnoj vodi;
4. Osušiti krpom koja ne ostavlja tragove, za odstranjivanje ostataka oksida;
5. izmeriti ploču ponovo u cilju utvrđivanja gubitka težine.

Rezultati testa za određivanje mase prevlake metodama rastvaranja su nepouzdana zbog:

1. Ako odmašćivanje površine nije dobro, masa nečistoća uključuje se u masu prevlake;
2. U zavisnosti od vrste čelika nikada se ne može sa sigurnošću tvrditi da se uklanja samo prevlaka, zato što neki deo čelika može biti uključen u masu prevlake[15].

6. ZAKLJUČAK

Fosfatiranje metala spada u važnije postupke površinske zaštite, sa primenom u savremenim postupcima proizvodnje u metaloprerađivačkoj industriji.

Primena je moguća na različitim metalnim površinama, primenom različitih varijanti rastvora za fosfatiranje, a u zavisnosti od zahteva za otpornošću na koroziju i habanje.

Primena fosfatiranih delova je široka, a mesto primene diktira način nanošenja i vrstu prevlake.

Kao zadnja faza, kojom se procenjuje vek trajanja delova i otpornost na spoljašnje uslove, je faza testiranja fosfatiranih i bojenih delova standardom propisanim metodama.

7. LITERATURA

- [1] D.Kostić, Osvajanje tehnologije za površinsku zaštitu čelika i cinka postupcima fosfatiranja, Institut za bakar Bor, 1997
- [2] www.powdercoatingonline.com
- [3] J. Donofrio, Zinc phosphating, Oakite Products Inc., Berkeley Heights, N. J.
- [4] M.Wolpers, J.Angeli, Activation of galvanized steel surfaces before zink phosphating-XPS and GDOES investigations, Applied Surface Science, 179(2001) 281-291
- [5] R. Potić, S. Potić, Postupak istovremenog odmašćivanja i fosfatiranja, potapanjem, Zaštita materijala 38, Beograd, 1997
- [6] J.Flis, J.Mankowski, T.Zakroczymski, T.Bell, The formation of phosphate coating on nitrided stainless steel, Corrosion Science 43(2001)1711-1725
- [7] www.read-wca.com
- [8] www.pfonline.com
- [9] D. Zimmermann, A.G.Munoz, J.W.Schultze, Microscopic local elements in the phosphating process, Electrochimica Acta, 48(2003)3267-3277
- [10] www.bstsa.org.uk
- [11] P.K. Sinha and R. Feser, Phosphate coating on steel surfaces by an electrochemical method, Surface and Coatings Technology, 161(2002)158-168
- [12] A.I.Ekessabi, T.Yamaguchi, Yoshikazu Tanaka, RBS and XPS analyses of the composite calcium phosphate coatings for biomedical applications, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 241(2005)685-688
- [13] G.Lia, L.Niub, J.Liana*, Z.Jianga, A black phosphate coating for C1008 steel, Surface and Coatings Technology, 176(2004)215-221
- [14] K.Ogle, A.Tomandlb, N.Meddahi, M.Wolpersc, The alkaline stability of phosphate coatings: ICP atomic emission spectroelectrochemistry, Corrosion Science 46(2004)979-995
- [15] www.corrosion-doctors.org

ABSTRACT

GENERAL PROPERTIES OF PHOSPHATING

General properties of phosphating are described in this paper. Phosphate coatings are produced on iron and steel surfaces and are composed of iron, zinc and manganese phosphates. Mechanism of reactions which occur during phosphating are analysed. Methods for determination of phosphate coating quality are given, too.

Key words: *phosphating, iron phosphate coatings, zinc phosphate coatings, manganese phosphate coatings*