

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Војна академија Универзитета одбране у Београду



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Наоружање

Предмет: Корозија и заштита материјала

Број индекса: 528/2012

Урош З. Васковић

**Заштита метала од корозије поступком
фосфатирања**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

- доц. др Михаел Бучко - ментор
- _____
- _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Крагујевац, јануар, 2017.

У оквиру завршног рада кандидат треба да:

Теоријски опише поступак фосфатирања наоружања. Потребно је описати начин припреме површине за наношење фосфатне превлаке, хемијске реакције, технологију фосфатирања, опрему за фосфатирање, грешке које се јављају код фосфатирања и улогу фосфатирања. На основу података прикупљених из фабрике "Застава оружје" треба приказати машине које се користе за припрему површине и каде које се користе за поступак фосфатирања. Код поступка фосфатирања захтева се одређени квалитет добијене превлаке, у том погледу треба описати методе које се користе за контролу квалитета и методе обраде узорака након фосфатирања.

Препоручена литература:

Владимир Вујичић: Корозија и технологија заштите метала, Управа за школство и обуку, Војна Академија, Београд, 2002.

Anthony E. Hughes, Johannes M.C. Mol, Mikhail L. Zheludkevich, Rudolph G. Buchheit, Active protective coatings, Springer series in materials science, volume 233, Springer Science+Business Media Dordrecht 2016.

Марко Шабан: Дипломски рад-заштита поступком фосфатирања, Стројарски факултет у Славонском броду, Славонски брод, 2016.

Томислав Леванић: Дипломски рад-заштита конструкција од корозије применом премаза, Факултет за стројарство и бродоградњу, Загреб, 2009.

Крагујевац, јануар, 2017.

ментор:

доц. др Михаел Бучко

Резиме

У оквиру рада је описана подела корозије, обрађене су методе заштите од корозије, припрема површине за наношење фосфатних превлака и фосфатне превлаке. У раду главни акценат је дат на опис поступка фосфатирања. Представљене су карактеристике самог поступка и специфичности које га прате. Приказани су и механизми реакција које се одигравају у току грађења фосфатних превлака. Посебан акценат је дат на испитивању самог поступка, од тога како се врши припрема површине за наношење превлаке, преко састава раствора за фосфатирање, до када које се користе приликом овог поступка. Након тога су описане грешке које се јављају код фосфатирања и контрола квалитета делова пре и након поступка. Такође су анализиране методе тестирања фосфатних превлака.

Кључне речи: фосфатирање, корозија, заштита, технологија, припрема, превлака

Summary

The scope of this work has been to classify corrosion processes, methods of protection against corrosion, to describe processes of preparation a metal surface for applying phosphate coatings, and particularly phosphate coatings themselves. The main emphasis has been given to the description of the phosphating procedure. The characteristics of the procedure and the specificities accompanied with the process have been analyzed. In addition, the mechanisms of reactions that take place during the growth of the phosphate coating are presented. Special emphasis is given to the testing of the procedure itself, from the surface preparation step, through the composition of the phosphating solution and to the phosphating baths. After that, errors that occur in this process and quality control of parts before and after the procedure are described in the text. The methods for testing phosphate coatings are analyzed also.

Keywords: phosphating, corrosion, protection, technology, preparation, coating

Садржај

1. Увод.....	6
2. Подела корозионих појава	7
2.1. Механизми корозионих појава	7
2.1.1. Хемијска корозија	7
2.1.2. Електрохемијска корозија	8
2.2. Геометријска подела корозије	9
2.2.1. Општа корозија	9
2.2.2. Локална корозија.....	10
2.2.3. Селективна корозија	12
2.2.4. Интеркристална корозија	12
3. Методе заштите од корозије	13
3.1. Промена састава метала	13
3.2. Рационално конструисање	14
3.3. Заштитне превлаке.....	15
3.4. Обрада корозионе средине.....	15
3.5. Електрохемијска заштита.....	16
4. Неметалне неорганске превлаке	17
4.1. Оксидне превлаке на челику.....	18
4.2. Хроматне превлаке	19
5. Припрема површине за заштиту.....	20
5.1. Механички поступци	21
5.2. Хемијски поступци	22
5.3. Електрохемијски поступци	22
5.4. Одмашћивање.....	22
6. Фосфатне превлаке	24
6.1. Карактеристике фосфатних превлака	25
6.2. Механизам фосфатирања	27
6.3. Технологија фосфатирања	29
6.4. Опрема за фосфатирање	30

6.5. Грешке код фосфатирања.....	33
6.6. Улога фосфатирања	35
6.7. Тест методе за испитивање фосфатних превлака	37
7. Поступак фосфатирања у фабрици "Застава оружја"	42
7.1 Припрема површине наоружања за фосфатирање.....	42
7.2. Опис технолошког поступка фосфатирања.....	45
7.3. Каде за фосфатирање	52
7.4. Обрада узорка након фосфатирања	54
7.5. Контрола квалитета пре и након фосфатирања	55
7.5.1. Захтеви за квалитет	55
7.5.2. Контрола квалитета	56
7.5.3. Начин контроле и величина узорка за контролу	56
7.6. Грешке у фосфатирању	57
7.6.1. Мане фосфатног слоја	57
7.6.2. Мане фосфатног слоја са допунском заштитом.....	58
8. Закључак	59
9. Литература.....	60

1. Увод

Под фосфатирањем се подразумевају разне врсте обраде у раствору који садржи фосфате и евентуално слободну фосфорну киселину. Фосфатирање се употребљава у разним гранама индустрије где се фосфатирају разни ситни делови и алати, затим готово сви делови који се лакирају у индустрији возила и свим другим металопрерађивачким индустријама [1]. Поступак се примењује првенствено за обраду предмета од гвожђа и челика а мање за предмете од обојених метала. Од лаких и обојених метала фосфатирање се највише примењује за обраду предмета од цинка и његових легура. Фосфатне превлаке су отпорније на утицај атмосфере и знатно смањују корозију челика, цинка, алуминијума и магнезијума, а исто тако служе као добра подлога за наношење органских превлака. Механичке особине фосфатне превлаке су врло слабе. Због кристалне структуре превлаке су крте, меке и неотпорне према хабању [1].

Идеја за примену фосфатних превлака за заштиту од корозије настала је када су у римској тврђави Saalburg код Хамбурга у првој половини 19. века пронађени гвоздени предмети стари око 1700. година који су били прекривени гвозденим фосфатом [2]. Идеју је искористио енглески капетан *Ross* који је гвоздене предмете загрејао и потом ураћао у фосфорну киселину у циљу формирања заштитног фосфатног слоја. Прави фосфатни процес увео је тек енглески хемичар *T.W. Coslett* 1906. године, када је применио разређени раствор фосфорне киселине засићен примарним фосфатом за третирање гвоздених предмета. Овај поступак је ускоро доживео знатне промене у циљу повећања стабилности раствора, скраћења самог процеса и снижења радне температуре.

У наредних 30 година развио се цели низ специјалних препарата за фосфатирање не само челичних материјала већ и Al, Mg [2]. 1943. године развијена су три поступка: предобрада у колоидном раствору терцијарних фосфата у циљу добијања ситнокристалних слојева, затим цинк фосфатне превлаке на Al и формирање врло танких савитљивих Fe-окси-фосфатних превлака применом NH_4 -фосфата. 1945. године примењен је такозвани "Alodine-100" поступак за добијање фосфатних превлака на Al а 1950. године у САД се појавио специјални поступак за добијање микрокристалних Zn-фосфатних превлака.

Касније су развијени и други поступци, на пример фосфатирање нерђајућих челика, Ti, Zr и других метала, поступци који истовремено одмашћују и фосфатирају, поступци за истовремено фосфатирање и лакирање, као и за стварање органофосфатних превлака [2].

2. Подела корозионих појава

Корозија је нежељено разарање металних производа услед хемијског и електрохемијског дејства корозионе средине. Израз "*корозија*" потиче од латинског глагола *corrodere* што значи нагризати. Под корозијом се обично подразумева корозија метала, односно процес оксидације метала са кисеоником или неком другом оксидационом материјом [1].

Корозионе појаве се могу поделити на следеће начине (слика 2.1.):

- према материјалу који кородира
- према механизму процеса
- према средини у којој се метал налази
- према индустријској грани или врсти постројења
- према геометрији корозионог разарања



Слика 2.1. Подела корозионих појава [1]

2.1. Механизми корозионих појава

2.1.1. Хемијска корозија

Хемијска корозија метала се одиграва у неелектролитима, то јест у срединама које не проводе електричну струју, при чему настају једињења метала са неметалним елементима (најчешће оксиди и сулфиди). Најважнији електролити који у пракси изазивају хемијску корозију метала су врући гасови и органске течности.

Хемијска корозија метала састоји се у реакцији атома метала из кристалне решетке са молекулима неког елемента или једињења из околне средине која може бити течна или гасовита. Хемијска корозија се препознаје по промени боје метала. У почетку се боја мења због интерференције светлости, да би касније када продукт корозије постане дебљи преовладала његова основна боја [1].

2.1.2. Електрохемијска корозија

Електрохемијска корозија је сложени процес у којем учествују метал као донор електрона и нека материја као акцептор електрона. Процес се састоји од истовремених реакција оксидације и редукције.

За разлику од хемијске корозије, код електрохемијске корозије реакције оксидације и редукције су делимично или потпуно просторно одвојене. Због тога је остваривање ових процеса могуће само у системима који имају електричну проводљивост као што су раствори киселина, база и соли, речна, језерска и морска вода, влажна земља и слој влаге на површини метала у атмосферским условима.

У процесу електрохемијске корозије метал или део метала губи своје основне карактеристике јер се оксидује:



Оксидацијом настају јони који одлазе у раствор и електрони који ступају у реакцију са оксидационим средством које се назива агенс корозије или деполаризатор (D). У процесу електрохемијске корозије оксидационо средство се редукује:



Електрохемијска корозија је врло раширена јер је велики број металних конструкција и постројења изложен води, влажном тлу или влажној атмосфери. Посебно добри услови за развој ових процеса постоје у енергетским и металуршким постројењима као и у хемијској, прехранбеној, текстилној и металопрерађивачкој индустрији [1].

2.2. Геометријска подела корозије

Према геометријском облику разарања метала корозија може бити:

- општа
- локална
- селективна
- интеркристална.

2.2.1. Општа корозија

Општа корозија се јавља у случајевима када корозиони процес захвата читаву површину метала. Разарање метала при општој корозији може бити равномерно или неравномерно. Равномерно разарање се одиграва паралелно са површином метала (слика 2.2.).

Општа корозија настаје код нелегираних метала и легура при чему елементи који улазе у састав легуре имају приближно исти потенцијал у електролиту у који су уроњени а површине локалних анода су тако малих димензија да се не могу распознати голим оком.

Општа корозија је најмање опасна јер се процес корозије може лако пратити и на време предвидети замена металног предмета новим. При општој корозији нагризање може да буде брзо или споро а метал чист или прекривен продуктом корозије [1].



Слика 2.2. Општа корозија [2]

2.2.2. Локална корозија

Локална корозија настаје при образовању одвојених корозионих спрегова који се могу распознати на површини метала по одвојеним анодним и катодним реакцијама. При локалној корозији растварање метала тече на једном месту, редукција агенса корозије на другом, а образовање продуката корозије на трећем месту. Због тога продукт корозије не може да штити метал од даље корозије. За локалну корозију је карактеристично да је анодна површина знатно мања од катодне површине и да је од ње просторно одвојена [1]. Образовање одвојених анодних и катодних зона је опасно поготово ако је анодна зона релативно мала јер густина корозионе струје на релативно малој површини има за последицу убрзану корозију на том месту.

Локалну корозију узрокују неједнака концентрација кисеоника и присуство кристала племенитијих елемената на површини метала. У зависности од величине површине која је захваћена корозијом, локална корозија може бити ограничена на веће или веома мале површине метала.

Локална корозија се може поделити на тачкасту, питинг (рупичасту), потповршинску и контактну корозију.



Слика 2.3. Локална корозија [6]

2.2.2.1. Тачкаста корозија

Корозија која је уско локализована на површини приближно кружног пресека назива се тачкаста корозија. Одиграва се само на појединим местима површине метала.

Тачкастој корозији су склони пре свега нерђајући челици и алуминијумске легуре. Код нерђајућих челика тачкаста корозија се може смањити повећањем садржаја хрома, никла и молибдена а код алуминијумских легура повећањем садржаја магнезијума и мангана.

2.2.2.2. Питинг корозија

Као резултат корозионог разарања при тачкастој корозији јављају се рупице полулоптастог облика чији је пречник мањи од дубине. Такав облик корозије се назива питинг корозија. Најчешће се јавља у порама и пукотинама катодних превлака где долази до концентрације корозионог разарања на веома малим површинама основног метала. Питинг корозија је веома опасна јер губитак релативно мале количине метала може довести до пропадања читаве конструкције. Питинг корозија се најчешће сусреће на алуминијуму, гвожђу, бакру и његовим легурама када се налази у морској води.

Обично се појављује на местима где је заштитна превлака пробијена услед механичког оштећења или хемијске деградације. Представља један од најопаснијих облика корозије јер је ову врсту корозије врло тешко предвидети и спречити као и открити јер она врло брзо продире у метал без видљивог губитка масе метала.

2.2.2.3. Потповршинска корозија

Потповршинска корозија се појављује када се жаришта рупичасте корозије шире у дубину материјала и на тај начин га раслојавају. На површини материјала често настају мехурови по чему се ова корозија распознаје.

2.2.2.4. Контактна корозија

Појачана корозија метала при контакту са другим металима назива се контактна корозија. Настаје на опреми од разнородних метала када је у контакту са електролитом или кондензатом водене паре. Јавља се најчешће код лимова спојених закивком од другог метала и конструкција спојених заваривањем са електродом чији се потенцијал разликује од потенцијала метала који се спаја.

2.2.2.5. Напонска корозија

Напонска корозија се сусреће у хемијској индустрији, на металним конструкцијама, машинама и апаратима који су у условима експлоатације истовремено изложени

механичком напрезању и дејству корозионе средине. Напрезања настају услед деловања спољних или унутрашњих затезних сила које настају као последица заваривања, термичке или механичке обраде. При напонској корозији се јављају незнатни губици метала али и пукотине услед којих слаби чврстоћа конструкције. Напонска корозија ствара пукотине и проузрокује лом металног предмета. Корозија је интензивнија на повишеним температурама и у добро аерираним срединама. Почетак пукотине је у жаришту тачкасте корозије на месту на којем су концентрисана напрезања. Ширење пукотина тече интеркристално (по граници кристала) или транскристално (унутар самих зрна) по клизним равнима.

2.2.3. Селективна корозија

Селективна корозија је редак облик корозије при којој је нападнут један елемент металне легуре и тако настаје промењена структура. Најчешћи облик селективне корозије је децинкација, која настаје растварањем месинга у слаткој и сланој води, као и у многим киселим, неутралним или слабо алкалним растворима. У таквим растворима долази до селективне корозије цинка из фазе богате цинком која оставља бакар на површини. Код тако новонасталих структура није дошло до значајних промена димензија али је легура ослабљена, порозна и крта. Селективна корозија је опасан облик корозије јер претвара чврст метал у слаб и крт који је на тај начин подложен лому [1].

2.2.4. Интеркристална корозија

Интеркристална или интергрануларна корозија је облик селективне корозије. Одиграва се на граници зрна или околног материјала при чему не долази до разарања зрна или кристала. Корозија настаје као последица разлике потенцијала између ивице зрна и самих зрна због присуства страних материја које су осетљиве на корозију [1].

Интеркристална корозија је најопаснији облик корозије јер на површини метала не проузрокује видљиве промене, па може дуго остати непримећена. Корозија продире у дубину метала дуж границе зрна чиме се смањује чврстоћа метала. Када је корозија интензивна метал губи звук, а кад се метал савије појављују се прскотине. Интеркристална корозија настаје у легурама хрома, никла, бакра, алуминијума, цинка и калаја.

3. Методе заштите од корозије

Заштита се може постићи на разне начине. Поступак заштите зависи од врсте метала, његове улоге и средине у којој ће се налазити. Применом одговарајућих поступака заштите од корозије успоравају се или спречавају појаве различитих врста и облика корозионих разарања.

За спречавање корозије примењују се разни поступци, како при изради готових производа тако у условима експлоатације или складиштења. Поступци заштите заснивају се на потпуном или делимичном смањењу активности фактора који одређују развој корозионих процеса:

- променом састава метала
- рационалним конструисањем
- заштитним превлакама
- променом корозионе средине
- електрохемијском заштитом [1].

3.1. Промена састава метала

На корозионо понашање метала може се утицати променом његовог састава и то:

- 1) легирањем
- 2) рафинацијом
- 3) топлотном обрадом.

Легирање се изводи ради добијања посебних механичких и физичких особина и повећања корозионе постојаности метала. Само у неким случајевима могу се истовремено побољшати све наведене особине метала. У принципу ако се легирањем повећају механичке и физичке особине метала не мора се повећавати и корозиона постојаност легуре. Корозиона отпорност се повећава само ако легирајућа компонента повећава термодинамичку стабилност метала и успорава електрохемијске реакције на површини метала [1].

Разликује се ниско и високо легирање. При ниском легирању у легури се налази до 5% једне или више легирајућих компоненти, а при високом легирању садржај легирајућих компонената је већи од 5%.

У корозионом погледу легирање може бити повољно и неповољно. Легирање је повољно ако легирајућа компонента метала повећава термодинамичку стабилност легуре или успорава анодну односно катодну реакцију при одигравању корозионих процеса у електролиту. Легирање је неповољно ако је сврха легирања само побољшавање механичких или других особина метала као у случају са дуралуминијумом.

Рафинација је процес супротан легирању. Састоји се у уклањању катодних укључака, то јест електрохемијских позитивних примеса ради смањења активне површине катоде. Тиме се смањује садржај елемената пратиоца и повећава могућност стварања компактнијег пасивног слоја. Тако је на пример рафинирани алуминијум чистоте 99,99% више склон пасивирању од алуминијума чистоте 99,5% и то у првом реду зато што је рафинацијом уклоњено железо које је врло активно као катода корозионог спрега.

3.2. Рационално конструисање

За обезбеђење постојаности машина, уређаја, апарата и опреме важну улогу имају мере заштите од корозије предузете у фази пројектовања, односно конструисања. Корозија се може успорити или потпуно спречити разним конструкционим и технолошким мерама. Наравно, те мере морају се ускладити са функционалним, естетским и економским захтевима. Уколико се конструисање не изведе правилно стварају се повољније могућности за одигравање процеса корозије. Неправилно конструисање узрокује:

- дуже задржавање влаге на појединим елементима конструкције
- повећање концентрације електролита на појединим деловима опреме и конструкције
- различито загревање појединих делова метала у електролитима (појаву термогалванског спрега) [1].

3.3. Заштитне превлаке

Заштита метала слојем неког другог материјала је најпознатија и најраширенија метода заштите од корозије. За све превлаке је карактеристично да штите метал од корозије на тај начин што га изољују од агресивног дејства околине.

Зависно од намене, превлаке се деле на:

- заштитне
- заштитно-декоративне
- специјалне [1].

Заштитне превлаке су намењене искључиво за заштиту предмета од корозије у различитим условима експлоатације.

Заштитне превлаке могу бити:

- металне
- неорганске неметалне и
- органске.

Декоративне превлаке се примењују у случајевима када површина предмета треба да има што лепши изглед. Ради тога навелико се примењују металне превлаке од хрома и никла, органске превлаке на бази премазних средстава и неке неорганске превлаке.

Специјалне превлаке примењују се у специјалним случајевима то јест када се желе променити особине површине као што су: тврдоћа, лемљивост, електрична проводљивост или да се одређене површине што пре уоче.

3.4. Обрада корозионе средине

Заштита металних производа од корозије при експлоатацији, транспорту и складиштењу може се постићи смањењем агресивности средине то јест обрадом корозионе средине. Овај поступак се примењује у условима ограниченог обима корозионе средине као што је код неких хемијских апарата, измењивача топлоте, парних котлова, кондензатора, цистерни, судова за транспорт и чување киселина и других агресивних раствора за заштиту војне и друге опреме која је ван употребе [1].

Обрада корозионе средине може се извршити:

- уклањањем агенаса корозије

- употребом инхибитора корозије
- променом корозионе средине у целини

3.5. Електрохемијска заштита

Електрохемијска заштита се заснива на промени вредности електродног потенцијала метала у електропроводљивој корозионој средини. Она се остварује спајањем металних конструкција, опреме и уређаја на позитиван или негативан пол извора једносмерне струје или спајањем са металом чији се електрохемијски потенцијал битније разликује од метала који се штити. У зависности од начина спајања метала који се штити разликују се анодна и катодна заштита [1].

4. Неметалне неорганске превлаке

Неорганске неметалне превлаке представљају слој одговарајућег хемијског једињења на површини метала. Настају реакцијом метала и околине и то природним процесом, који је спонтан, или вештачким путем, под одређеним условима [1].

Разликују се три основна поступка за формирање неорганске неметалне превлаке: термички, хемијски и електрохемијски. Ови поступци имају за циљ да на чистој површини метала формирају слој који чврсто приања за површину, који је уз то постојан на утицај околине, слабо порозан и као такав спречава непосредно дејство агресивне средине. Избор поступка зависи од врсте основног метала, особине превлаке (дебљина, порозност, боја) и услова примене, то јест корозионе средине [1].

Поред заштите од корозије, неорганске превлаке се користе и у друге сврхе. Пре свега оне се навелико користе у декоративне сврхе и као подлога за боље приањање премазних средстава јер микрокристална структура превлаке добро прихвата неорганске и органске обојене материјале, органске премазе и заштитна уља.

Неорганске превлаке се све више користе у техници подмазивања као носачи уљног слоја. У том погледу најбоље особине показале су фосфатне и оксалатне превлаке због своје микрокристалне структуре и способности задржавања уља у микропорама [1].

Неорганске превлаке су добри електрични изолатори. Њихова изолациона моћ је умањена због порозности превлаке али ако се накнадно обраде органским премазима могу послужити као изолатори на многим електричним машинама и деловима.

Стварање неорганских хемијских превлака одиграва се према поступку који је идентичан појави корозије и стварања корозионог продукта на површини метала при хемијској корозији. Превлаке настају реакцијом метала са одговарајућим реагенсом. Већ након кратког времена ствара се превлака која чврсто приања за основни метал [1].

Превлака се формира обично на повишеној температури јер је познато да се хемијске реакције одигравају брже на вишим температурама. Хемијске превлаке се формирају на два начина: потапањем у раствор и прскањем раствором. Потапање у раствору примењује се за мање, а прскање за велике комаде који се не могу потапати у раствор.

При формирању неорганских превлака могу се појавити одређене грешке које утичу на квалитет неорганских превлака и умањују њихову употребну вредност пре свега у заштити од корозије. Њихови узрочници су следећи:

- неодговарајући избор метала и типа превлаке
- недовољна припрема површине метала
- непрописан састав раствора
- непридржавање оптималних радних услова за дати поступак
- велике количине талога и муља

Неорганске хемијске превлаке покривају површину метала танким слојем оксида, фосфата или хромата који је уз то и порозан. Зато ове превлаке имају мале заштитне способности. Оне нису постојане у концентрованим растворима киселина и алкалија. Њихова примена је ограничена на благе корозионе средине као што су: влажна атмосфера, неутрални, слабо кисели и слабо алкални раствор.

Неорганске неметалне превлаке које се најчешће користе су оксидне, фосфатне и хроматне превлаке.

4.1. Оксидне превлаке на челику

За добијање оксидних превлака на челику примењује се термички, хемијски и електрохемијски поступак.

Термички поступак је најстарији. Даје најдебље и најпостојаније превлаке али је нерентабилан. Превлака се може добити загревањем челичних предмета на температури од 440°C у времену од 20 минута. У зависности од састава челика, температуре и времена загревања на површини се формира тврда превлака плаве боје дебљине око 20µm, која је по саставу фери-фериоксид [1].

Хемијски поступак стварања оксидних превлака на челику познат је под именом брунирање. Створена превлака се састоји од фери и фериоксида. Од дебљине појединачних слојева зависи и боја брунираног предмета. Брунирањем се могу добити црне, зелене и смеђе превлаке. Добро се брунира само угљенични челик а челик са мање садржаја угљеника се теже брунира.

Брунирање се највише примењује за обраду површина стрељачког и артиљеријског наоружања ради бољег нишањења и прикривања положаја, јер се брунирањем спречава рефлексија светлости. Оксидне превлаке добијене брунирањем имају слабо сјајну или мат површину и дебљине су до 2 µm. Оне су више декоративне а мање заштитне јер су неотпорне према хабању. Због тога се брунирање комбинује са фосфатирањем при чему се

добија оксиднофосфатна превлака која је неколико пута отпорнија према корозији и абразији.

Електрохемијски поступци добијања оксидних превлака нису нашли широку примену за заштиту од корозије јер дају веома порозне превлаке. При електрохемијској обради одиграва се анодна поларизација челика при чему се ствара пасивни слој који углавном служи у декоративне сврхе.

4.2. Хроматне превлаке

Хроматне превлаке настају од тровалентних и шестовалентних једињења хрома. Наносе се најчешће на алуминијум, цинк и кадмијум ради повећања њихове корозионе постојаности. Поступак се врши у врућим и хладним купатилима, потапањем или прскањем и траје обично од неколико секунди до неколико минута. Дебљина превлаке се креће од 0,01 до 1mm. Превлака је порозна и најчешће се користи као основа за премазивање. Боја превлаке се креће од провидне, практично безбојне преко жуте до маслинасто зелене [1].

5. Припрема површине за заштиту

Један од битних услова за постизање добрих резултата при заштити јесте одговарајућа припрема површине на коју се наноси превлака. Припрема подразумева уклањање нечистоћа, старих премаза и добијања површине одређеног квалитета.

Нечистоће могу бити хидрофобног и хидрофилног карактера. У хидрофобне нечистоће спадају масноће минералног, биљног и животињског порекла. Општа карактеристика свих масноћа је да одбијају воду. Нечистоће хидрофилног карактера не одбијају воду. Њих сачињавају продукти корозије, гареж и прашина [1].

Припрема површине за заштиту састоји се од неколико поступака који се могу сврстати у две основне групе. Једна подразумева поступке одмашћивања а друга поступке којима се истовремено могу уклонити корозиони продукти и променити квалитет површине. У оба случаја припрема површине се састоји од више радњи које могу бити механичке, термичке, хемијске или електрохемијске природе.

На поступак припреме површине утичу следећи фактори [1]:

- врста материјала од којих је део или склоп израђен
- степен и врста обраде површине
- сложеност дела-склопа
- састав и врста нечистоће
- величина површине
- степен онечишћености површине
- врста заштите
- жељени изглед површине.

Поступци припреме површине пре наношења превлака су:

- механички
- хемијски
- електрохемијски
- одмашћивање [1].

5.1. Механички поступци

Механичком обрадом површине уклањају се продукти корозије, нечистоће које настају током термичке обраде и постиже се одређени облик и степен храпавости површине. Припрема површине метала за заштиту механичким поступцима се може обавити:

- 1) четкањем
- 2) пескарењем
- 3) брушењем и полирањем.

Четкање се обавља четкама од металне жице, длаке, фибера и перлона. Поступак припреме зависи од количине и врсте предмета а може се обавити ручним или машинским путем. Четкање се примењује у случајевима када се не постављају општи захтеви за квалитет површине и када се други поступци припреме не могу применити. Основне карактеристике овог поступка обраде су: низак квалитет чишћења, мала производност и велики физички напор радника.

Обрада метала млазом абразива (песка) назива се пескарење. Процес се одиграва помоћу специјалних апарата различитих конструкција али са истим принципом рада: млаз абразива се компримованим ваздухом усмерава кроз млазницу према површини коју треба очистити. При снажном удару абразив уклања нечистоће и храпави површину метала.

Пескарењем се одстрањује тврда кора од одлива, продукти корозије и старе металне и неметалне превлаке.

Брушење се састоји у уклањању продуката корозије и неравнина чија су удубљења већа од 0,1mm. За брушење се употребљавају зрна веће тврдоће. Уклањање неравнина и оксида изводи се постепено, прво се изводи грубо а затим фино брушење. Површина метала након брушења изгледа мат јер створена удубљења на површини метала растурају светлост која на њих пада.

Полирање је процес који се увек надовезује на брушење тако да се као резултат полирања добија површина по сјају слична огледалу. Полирање се изводи ради одстрањивања огреботина заосталих после брушења.

5.2. Хемијски поступци

Хемијски поступци се примењују за уклањање продуката корозије, каменца и других неорганских онечистоћа. Обрада се обавља поступком нагризања и декапирања.

Нагризање је процес хемијске обраде метала који се изводи у растворима киселина, соли и база ради уклањања продуката корозије. Средство за нагризање треба што мање да раствара метал, да брзо раствара продукте корозије, да је приступачно, да је неотровно, да не испарава и да се може регенерисати [1].

Декапирање је облик хемијског нагризања који се примењује за уклањање танких оксидних слојева насталих у међуоперацијском процесу. Декапирање се изводи у растворима који првенствено растварају оксидни слој. Након декапирања предмети се темељно испирају водом.

5.3. Електрохемијски поступци

Електрохемијски поступци припреме површине се састоје од електрохемијског нагризања и електрохемијског полирања.

Електрохемијско нагризање се састоји у обради метала у електролитима под утицајем једносмерне струје. Примењује се за обраду предмета од челика и то у специјалним случајевима. Разликујемо анодно и катодно нагризање.

Електрохемијско полирање је поступак при којем за разлику од механичког полирања не долази до промене металне структуре због топлоте ослобођене трењем. Електрохемијско полирање се највише примењује за предмете од алуминијума, бакра, легуре бакра и нерђајућих челика [1].

5.4. Одмашћивање

Одмашћивање је поступак уклањања масноћа са површине метала. Масноће могу бити сапуњаве или несапуњаве. У сапуњаве масноће спадају масти и уља биљног и животињског порекла које представљају сложене естре глицерина и високомолекуларних киселина. Несапуњаве масноће сачињавају углавном минерална уља и конзистентне масти. Ниједна група масноћа се не раствара у води. Уклањају се алкалним растворима, растворима детергената, органским растварачима, емулзионим средствима, електрохемијским путем, применом ултразвука и спаљивањем [1].

Сви наведени поступци имају за циљ уклањање са површине слоја масноће која спречава електролитичко издвајање метала или стварање неких других превлака. Избор поступка за одмашћивање зависи од природе металне површине, природе масноће и жељеног поступка заштите. Одмашћивање може бити хемијско, електрохемијско и ултразвуком.

6. Фосфатне превлаке

Под фосфатирањем се подразумевају разне врсте обраде у раствору који садржи фосфате и фосфорну киселину, при чему се ствара неорганска неметална превлака. Фосфатирање се првенствено примењује за обраду предмета од гвожђа и челика. Главни састојци раствора за фосфатирање су фосфорна киселина и фосфат неког метала. Употребљавају се фосфати гвожђа, никла, цинка и мангана [1].

Фосфатирање може бити хемијско и електрохемијско. Електрохемијски поступци фосфатирања нису нашли већу примену јер не представљају никакво побољшање у погледу квалитета превлаке, скупљи су од хемијских поступака и захтевају већа инвестициона улагања. Фосфатне превлаке добијене електрохемијским путем су нешто тање од хемијских (дебљина 5 μm) и имају фину кристалну структуру.

Хемијско фосфатирање се врши у кадама од челичног лима. Може бити на хладно или топло а може се изводити потапањем предмета у раствор или прскањем раствора.

Хладно фосфатирање се изводи на собној температури. Фосфатирањем на собној температури омогућена је заштита предмета прскањем помоћу пиштоља са компримованим ваздухом. Поступак се примењује за заштиту великих површина, пошто фосфатирање потапањем захтева велике инвестиције. Превлаке добијене хладним фосфатирањем имају фину кристалну структуру и светлије су од превлака добијених врућим поступцима. Предности хладног поступка фосфатирања над топлим поступком су: мања потрошња енергије за загревање и одржавање радне температуре, атмосфера у погону је пријатнија јер нема испаравања а век трајања опреме и прибора је знатно дужи.

Топло фосфатирање се врши на температури раствора од 60 до 90 °C у времену од 10 до 15 минута. Топло фосфатирање прскањем раствора са компримованим ваздухом примењује се за велике површине и комаде чије потапање захтева велике инвестиције. Недостатак топлог фосфатирања је велика потрошња топлотне енергије и компликовано одржавање раствора: пре свега врло често треба надокнађивати испарену воду а топла вода се не сме доливати за време фосфатирања јер се при томе узбуркава муљ са дна каде. На тај начин муљ доспева у превлаку и утиче на њен квалитет.

Дебљина фосфатне превлаке се може по жељи варирати. Фино кристалне превлаке имају дебљину од 1 до 5 μ m а крупнокристалне до 20 μ m. Дебљина превлаке регулише се избором типа купатила, разним додацима и временом фосфатирања.

У односу на брунирне превлаке, фосфатне превлаке су отпорније на утицај атмосфере и знатно смањују корозију челика, цинка, алуминијума и магнезијума а исто тако служе као добра подлога за наношење органских премаза [1].

Фосфатне превлаке не представљају дуготрајну заштиту. Неопходна је додатна заштита науљавањем или бојењем. Због своје кристалне структуре фосфатне превлаке омогућују одличну адхезију боја, а заједно са органским премазом, бољу корозиону отпорност.

Фосфатне превлаке налазе примену у областима аутомобилске, војне и нуклеарне индустрије, при заштитном и декоративном бојењу предмета од гвожђа и челика широке примене. Обезбеђују стабилност, смањују напрезања у финалној превлаци и омогућавају добру адхезију боја [1].

6.1. Карактеристике фосфатних превлака

Фосфатне превлаке се могу поделити у зависности од укључених елемената у састав превлаке у следеће подгрупе:

- 1) гвожђе-фосфатне
- 2) цинк-фосфатне
- 3) манган-фосфатне
- 4) цинк-фосфатне превлаке модификоване калцијумом [3].

1) Гвожђе-фосфатне превлаке

Поступак који омогућава депозицију гвожђе-фосфатне превлаке спада у најстарији и најекономичнији поступак фосфатирања али са најмањом корозионом отпорношћу. Контрола раствора спада у једноставније. Такође, овај раствор обезбеђује одмашћивање и фосфатирање истовремено па тако штеди време и простор. Раствор ради на рН 4,5-5,0 а оптимална радна температура је ниска и креће се од 37 до 54°C.

Раствор чине нетоксичне материје које остају растворене у раствору и стварају мало талоба што је предност у односу на цинк-фосфатне растворе који садрже материје које не

остају у раствороном облику већ падају у облику талога који се класификује као опасан отпад [3].

2) Цинк-фосфатне превлаке

Цинк-фосфатне превлаке у комбинацији са одговарајућим уљима, воском или бојом дају одличну корозиону заштиту. Боја превлаке је светло до тамно сиве у зависности од површине основног материјала, температурног третмана припреме легуре и начина припреме површине пре фосфатирања. Представља економичнију алтернативу од заштите гвожђа и челика поступцима наношења галванских превлака других метала. Превлака се добија урањањем предмета у раствор за фосфатирање.

Превлаку карактеришу следеће величине:

- дебљина превлаке
- густина пора
- храпавост
- тврдоћа
- изолационе способности
- корозиона постојаност [3].

Овај метод се најчешће користи када је захтев за изолациону отпорност већи. Превлака цинк фосфата је веома добра јер њени кристали формирају порозну површину која може да адсорбује и механички задржи финалну превлаку, али захтева дуже време за депозицију превлаке, више степена у припреми површине, контрола раствора је компликованија и захтева већа улагања у опрему.

Поступци који омогућавају добијање превлаке цинк-фосфата на нижим температурама, комерцијално су познати као хладни цинк-фосфати који се користе за унапређење извлачења, хладног увијања, ковања и истискивања основног метала. Ове фосфатне превлаке омогућавају задржавање уља или других средстава за подмазивање при одређеној температури и притиску током деформације. Наношење фосфатних превлака обезбеђује дужи радни век алата, веће брзине извлачења и већа издужења основног метала [3].

3) Манган-фосфатне превлаке

Манган-фосфатне превлаке употребљавају се за заштиту површина за које се захтева добра отпорност на фрикцију, то јест спречавају контакт метала са металом између појединих делова. Комбинацијом ове врсте превлаке и уља или воскова повећава се корозиона отпорност и отпорност на хабање.

Површина предмета третирана растворима за фосфатирање покривена је микропорама које служе као микрорезервоари мазива и омогућава продужену отпорност на хабање чак и након потпуног скидања фосфатне превлаке. Манган-фосфатне превлаке наносе се на клиповима, клипним прстеновима, подизачима вентила, лежајевима, погонским зупчаницима и свим деловима који су изложени трењу [3].

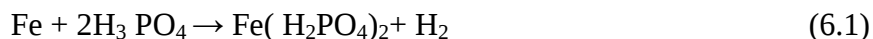
4) Цинк-фосфатне превлаке модификоване калцијумом

Цинк-фосфат модификован калцијумом се обично користи као основа за боју или друге органске превлаке. Цинк-фосфатне превлаке модификоване калцијумом имају улогу да ограниче корозију на одређену област која се назива "*creepage*", ова особина долази до изражаја када из било ког разлога дође до оштећења завршне превлаке.

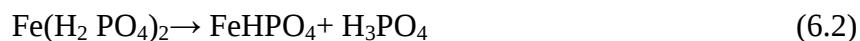
Цинк-фосфатна превлака модификована калцијумом се добија поступком прскања или потапања. Купатило је двокомпонентни систем са високом концентрацијом калцијума. Радна температура је 65 °C за поступак прскања и од 75 до 82 °C за поступак потапања [3].

6.2.Механизам фосфатирања

Сви раствори за фосфатирање челика и цинка примарно проузрокују растварање метала под утицајем слободне фосфорне киселине. При том настају растворљиви метални примарни фосфат и водоник [1]:

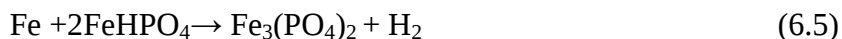
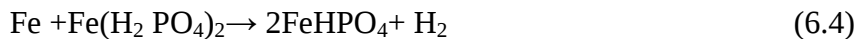


Зато у првом периоду не долази до формирања фосфатног слоја јер фосфорна киселина делује нагризајуће. Реакцијом настаје растворљива со (ферофосфат). Тиме је поремећена хемијска равнотежа, коју систем настоји да успостави прелазом примарних у слабо растворљиве секундарне и нестворљиве терцијарне фосфате и у слободну фосфорну киселину:

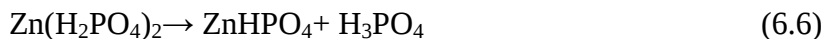




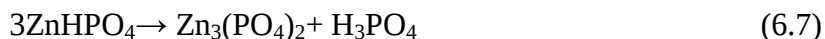
Секундарни и терцијарни фосфати стварају превлаку која добро приања за метал, јер се у њој налазе и атоми тог метала:



Ради смањења растварања метала (једначина 6.1), раствору се додаје гвожђе или гвожђе (II)-фосфат до успостављања равнотеже или се праве такви раствори у којима се успоставља такав однос гвожђе (II)-фосфата и фосфорне киселине који одговара равнотежним концентрацијама. Примарни раствори фосфата дисосују са порастом температуре или падом концентрације водоничних јона. Дисоцијацијом настаје секундарни фосфат, који је слабије растворљив и фосфорна киселина. Реакција се одиграва према једначини (6.2) за гвожђе-фосфат, односно према следећој једначини за цинк-фосфат:



Секундарни фосфат се даље распада дајући терцијални фосфат који је нерастворљив, и фосфорну киселину (једначина (6.3) за гвожђе-фосфат, односно следећа једначина за цинк-фосфат):



Померање равнотеже слева надесно настаје у тренутку када се у раствор уроне предмети од челика који са слободном фосфорном киселином дају примарне фосфате. Због тога је значајно да раствор садржи тачан однос киселине и нерастворљивих терцијарних фосфата. Вишак киселине успорава реакцију (6.6) слева надесно а мањак киселине доводи до растварања гвожђа услед чега се повећава количина муља у раствору а хемикалије више троше.

Садржај слободне киселине и однос укупне према слободној киселини веома су важни за добијање квалитетне превлаке. Ако је однос укупне према слободној киселини мали то јест ако је садржај слободне фосфорне киселине сувише велики, вишак слободне киселине се троши за растварање метала чиме се стварају услови повољнији за формирање секундарних фосфата него терцијарних. Резултат тога је продужено време третирања и стварања грубе кристалне превлаке са великим зрнима која има мању корозиону отпорност [1].

Међутим ако је садржај слободне киселине сувише мали, хидролиза примарног фосфата је повећана а таложење нерастворљивих секундарних и терцијарних фосфата се одиграва у целој маси раствора тако да знатан део одлази у муљ уместо да гради превлаку.

Процес фосфатирања се може убрзати и додатком оксиданаса који настали водоник оксидују у воду. Тиме се омогућава даљи ток примарне реакције (6.1), спречава кртост и смањује порозност превлаке. Осим тога, оксиданси претварају двовалентно у тровалентно гвожђе што омогућује стварање нерастворљивог FePO_4 који се делимично уклапа у превлаку побољшавајући јој заштитне особине [1].

Најважнији оксиданси су: нитрати (NO_3^-), нитрити (NO_2^-) и хлорати (ClO_3^-). Примењују се појединачно или у комбинацији. Њихова количина мора да буде правилно изабрана, јер су оксиданси у малим количинама неефикасни, а у сувише великој количини проузрокују стварање веома танких слојева. У крајњем случају, уместо фосфатне превлаке може доћи до стварања пасивног оксидног слоја [1].

6.3. Технологија фосфатирања

Поступак добијања фосфатне превлаке на површини гвожђа и челика подразумева следеће фазе [3]:

1. Одмашћивање и фосфатирање

Раствори за фосфатирање који су данас у употреби упоредо одмашћују и омогућавају наношење танке превлаке нерастворених фосфата. Време за које се постиже задовољавајући ефекат је 6 до 8 min, а радна температура варира од собне до 60 °C.

2. Испирање

Испирање је проточном хладном водом у трајању од 3 до 4 min.

3. Активирање

Површине неких легура неопходно је активирати да би процес фосфатирања био могућ. Активирањем се ствара велики број центара кристализације на површини легуре који омогућавају депозицију ситнозрних кристала фосфата, скраћују време трајања процеса, повећавају адхезију боје и бољу корозиону отпорност завршне превлаке.

Титанијум-фосфат припремљен на специјалан начин представља најефикаснији препарат за активирање површине основног материјала. Обично се додаје у каду за испирање која

претходи фосфатирању, али се мора водити рачуна о тврдоћи воде, рН вредности и температури јер су то главни фактори који утичу на век трајања активационог агенса.

Поступак активирања објашњава се као физичка адсорпција колоидних честица из раствора које су по хемијском саставу $\text{Na}_4\text{TiO}(\text{PO}_4)_2 \cdot (0-4)\text{H}_2\text{O}$, на површину основног материјала. Када овако активирана површина дође у контакт са раствором за фосфатирање, наступа јонска измена. Јон Na замени место са јоном Zn стварајући нову фазу која и сама представља нове центре кристализације.

4. Пасивирање

Пасивирање није неопходно. Неки раствори за фосфатирање стварају превлаке фосфата које захтевају пасивацију додатни поступак пре наношења органских превлака или уља.

5. Сушење

Температура сушења је 110°C у трајању од 3 до 4 min у струји врелог ваздуха.

6.4. Опрема за фосфатирање

Фосфатирање се врши у кадама од челичног лима (слика 6.1.) које су са унутрашње стране обложене пластиком или тврдом гумом. Каде (слика 6.2.) имају косо дно чиме је постигнуто сакупљање муља, а дно каде је опремљено испусним вентилом за чишћење. Грејачи (слика 6.3.) се постављају са стране како на њима не би дошло до таложења муља. Каде су опремљене и доводним цевима за воду како би се одржавала концентрација соли за фосфатирање константном и ради одржавања нивоа раствора константним, нарочито код купатила која раде на знатно повишеној температури.



Слика 6.1. Када за фосфатирање [4]

Све каде које раде на топло и каде чији је садржај веома отрован иако се не греје, обавезно су опремљене вентилационим усисним системом за одвођење продуката испаравања ван радне просторије. Каде код којих се фосфатирање врши електричном струјом су опремљене носећим бакарним арматурама за аноде и катоду, а уколико се врши само хемијско фосфатирање на кади се уграђује носећа шипка за вешање односно качење предмета. Велики предмети се каче на носаче или жицу, а мањи предмети се обрађују у перфорираним ротационим бубњевима. Контактна места код качења предмета треба да буду што мања јер на тим местима предмети остају нефосфатирани [1].



Слика 6.2. Унутрашњост каде [4]

При конструкцији када и при одређивању режима рада морају се поставити следећи захтеви [2]:

- удаљеност електролита од горњег краја каде износи 100 – 150 mm, а уколико се користи мешање, до 200 mm
- предмети морају бити 20 – 50 mm испод нивоа електролита
- удаљеност предмета од дна каде или система за мешање не сме бити мања од 200 mm
- удаљеност електрода од бочних зидова каде са неметалном изолацијом износи 50-100 mm а од металних око 150 mm
- најповољнија ширина каде са једноусисном вентилацијом је до 700 mm а са двоусисном вентилацијом до 1000 mm.



Слика 6.3. Положај хоризонталних грејача [4]

Загревање каде на радну температуру може се извести електричном енергијом, воденом паром или гасом. Најчешће се користе електрогрејачи. Каде које се греју су опремљене са термостатима за аутоматску регулацију радне температуре и контролним термометром за визуелну контролу температуре. Све каде за електрофосфатирање су изоловане од земље и вентилационих система, а када се загревају, опремљене су специјалним осигурачима за случај пробијања изолације. Вентилациони уређаји су предвиђени за све случајеве када каде раде на повишеној температури или када се у току рада и на собној температури развијају штетна и нагризајућа испарења. Вентилациони системи су израђени од материјала отпорног на деловање отпадних гасова. За мешање воде у циљу испирања након фосфатирања користи се компримовани ваздух. Примена компримованог ваздуха је

од посебне важности код сушења предмета. Посебну пажњу треба поклонити што бољем распореду опреме специјално у кади, обзиром на расположиви простор, унутрашњи транспорт, послуживање уређајима и технологију рада [2].

6.5. Грешке код фосфатирања

Обзиром на идентичност механизма стварања фосфатних превлака на разним металима, као и чињеницу да се индустријски поступци фосфатирања састоје из три фазе: припрема површине, фосфатирање и накнадна обрада фосфатних превлака, тако су и грешке класификоване по фазама настајања [2].

6.5.1. Грешке припреме површине

Табела 6.1. Грешке припреме површине [2]

Редни број	Врста грешке	Узрок	Начин отклањања
1.	Делимично нефосфатиране површине, превлака слабо приања	Непотпуно одмашћивање	Преконтролисати квалитет средства за одмашћивање и услове рада, и довести их у оптимално стање
2.	Грубо кристална фосфатна превлака	Средство за одмашћивање је прејако или висока рН	Смањити концентрацију средства за одмашћивање
3.	Беле флеке на фосфатној превлаци и касније бубрење и љуштење премаза	Алкално средство за одмашћивање осушено на површини	Скратити временски интервал задржавања одмашћеног али неиспраног предмета
4.	Стварање велике количине муља у кади за фосфатирање и нагло трошење фосфата	Недовољно испирање заостале компоненте одмашћивача	Повећање количине проточне воде, побољшање испирања и продужење времена испирања
5.	Заостале мрље неодстрањених продуката корозије	Непотпуно декапирање	Контрола средства за декапирање и услова рада. Исте довести на оптималне вредности и евентуално продужити време обраде
6.	Појава муља у кади за фосфатирање, неједнолико фосфатирање површине	Вода за испирање декапираних комада запрљана киселинама	Повећање количине проточне воде, побољшање испирања и продужење времена испирања

6.5.2. Грешке фосфатирања

Табела 6.2. Грешке поступка фосфатирања [2]

Редни број	Врста грешке	Узрок	Начин отклањања
1.	Стварање већих количина муља	Превисока температура каде	Одржавање оптималне прописане температуре за дати поступак
2.	Добијају се врло танки фосфатни слојеви и време обраде се продужава	Прениска температура каде	Одржавање оптималне прописане температуре за дати поступак
3.	Сувише дебеле превлаке	Превисока концентрација средства за фосфатирање	Контрола састава у кади и подешавање према прописима произвођача
4.	Појава белих мрља које се не могу одстранити	Прениска концентрација соли у кади	Контрола квалитета састава у кади и подешавање према прописима произвођача
5.	Фосфатна превлака-плаве до љубичасте боје	Велики садржај Al и Cu у кади за фосфатирање	Одстранити извор Al и Cu
6.	Настајање прашкастих превлака након испирања	Велики садржај фосфата у води за испирање	Као код 4. и 5.
7.	Таложeње $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и појава прашкастих превлака	Употреба врло тврде воде	Употреба кондензата омекшане или дестиловане воде
8.	Фосфатне превлаке жуте боје-последица бубрење боје	Раствор за пасивацију загађен	Раствор за пасивацију се треба чешће мењати
9.	Рђа се јавља у порама превлаке- последица слабо приањање премаза	Сушење фосфатне превлаке преспоро или недовољно	Контрола услова сушења обзиром на температуру и циркулацију ваздуха
10.	Трагови прстију на фосфатном слоју	Због велике адсорпционе моћи фосфатних превлака, лако остају трагови прстију	При руковању фосфатним предметима потребна је употреба заштитних рукавица
11.	Рђа на предметима након кратког стајања	Влажна атмосфера	Фосфатиране предмете треба држати на чистом и сувом месту
12.	Фосфатна превлака се стајањем разара	Фосфатирани предмети су били држани у близини раствора за декапирање	Препоручује се да су одвојене просторије за декапирање и фосфатирање

6.6. Улога фосфатирања

Отпорност према корозији челика који су превучени импрегнираном фосфатном превлаком је неколико пута већа од отпорности челика са оксидном превлаком добијеном из алкалног раствора (брунирни слој).

Поступци фосфатирања за припрему површине за заштиту или осигурање привремене заштите се много користе у индустрији моторних возила, фрижидера, машина за прање, делова кућног и канцеларијског намештаја, делова ракета и у авиоиндустрији. Друго подручје примене је електро и радиотехничка индустрија у циљу добијања електроизолацијских слојева. Такође се поступак фосфатирања може користити за заштиту делова код термичке обраде-цементирање, нитрирање, спречавање разугљеничавања у току грејања [2].

6.6.1. Примена фосфатних превлака у комбинацији са органским премазима

Фосфатне превлаке представљају одличну подлогу за наношење органских премаза. Оне битно побољшавају адхезију органских премаза. Осим тога када влага, кисеоник или други агенси корозије из ваздуха продру кроз поре органског премаза, фосфатна превлака спречава пут до основног метала. Тиме се евентуални корозиони процеси који би се одигравали испод органског премаза, а који би имали као последицу постепено смањење његове адхезије, онемогућују [2]. На овај начин се трајност органског премаза многоструко повећава. Због ових својстава фосфатне превлаке су нашле широку примену као подлоге за боје и лакове и ово је без сумње једна од најраширенијих примена фосфатних превлака.

Као подлога за боје и лакове се најчешће примењују Fe-оксифосфатне превлаке, кристалне Zn-фосфатне и микрокристалне Zn-фосфатне превлаке. Фосфатне превлаке успешно спречавају и један специјални облик корозије који се назива "црваста корозија". То је посебан облик подслојне корозије који се јавља испод лакова у виду влакана и која се шири од угроженог места, на пример од ивица, превоја, огреботина, а потпомогнута је високом влажношћу.

Фосфатирање се користи и као поступак за привремену заштиту полупроизвода или готове робе у складишту. На пример, полупроизводи као што су лимови, траке и слично се

прво фосфатирају а затим превлаче једним премазом или науљују и испоручују потрошачима на даљу обраду [2].

6.6.2. Примена фосфатних превлака за олакшање хладне деформације

Олакшање хладне деформације метала фосфатирањем поприма све већи значај. Фосфатни слој олакшава операцију деформисања јер чврсто приања за метал који се обрађује, остаје постојан током целог процеса хладне деформације а осим тога због својих изванредних адсорпционих својстава делује као одличан носилац мазива и осигурава константни слој мазива код деформисања, што знатно утиче на смањење трења које се јавља између алата и предмета који се обрађује. Из овога следи да фосфатни слој утиче на трајност алата, осигурава већу редукцију профила при једном превлачењу и повећава брзину пролаза предмета кроз алате [2].

6.6.3. Примена фосфатних превлака за спречавање трошења

Абразионо отпорне фосфатне превлаке у комбинацији са мазивим уљима ефикасно смањују или чак спречавају трошење фрикционих површина. Фосфатни слој као раздвојни филм раздваја делове машине и спречава њихово међусобно трошење. Са друге стране знатно повећава моћ подмазивања, смањује храпавост површине и омогућује добру антикорозиону заштиту [2].

6.6.4. Примена фосфатних превлака за електроизолационе сврхе

Пошто фосфатне превлаке поседују добра електроизолациона својства, настале су примене у електротехници за електроизолацију на пример такозваних трансформаторских линија. Електроизолациона својства фосфатних превлака су функција њиховог састава и дебљине, а одређују се мерењем пробојног напона. Најбоље су се показале превлаке на бази земноалкалних фосфата [2].

6.7. Тест методе за испитивање фосфатних превлака

Постоје следеће методе за испитивање фосфатних превлака [3]:

- 1) тест отпорности на влагу
- 2) слани тест
- 3) тестови потапањем
- 4) тест излагања спољним условима
- 5) абразивни тестови
- 6) ударни тестови
- 7) тест конусног вретена
- 8) тест адхезије и тврдоће боје
- 9) тест подизањем траке
- 10) тест савијања
- 11) тест за одређивање масе превлаке.

1) Тест отпорности на влагу

Један од најверодостојнијих тестова за одређивање отпорности превлака на корозију је тест отпорности на влагу. Изводи се у комори изолованој од спољашњих утицаја у којој је могуће подесити влажност ваздуха. Комора је дизајнирана са косим кровом из разлога скупљања кондензоване влаге и сливања низ једну страну коморе. На тај начин се избегава сливање влаге на делове који се тестирају. Температура у комори је 38 ± 2 °C а релативна влажност ваздуха је 100 % [3].

У употреби су две врсте комора:

- кондензирајући тип,
- рециркулирајући тип.

Оба типа коморе имају резервоар са дестилованом или дејонизованом водом. Тип са рецикулацијом има и вентилатор који омогућава кретање и рецикулацију влаге у комори. Кондензирајући тип нема вентилатор због чега се влага скупља на деловима који се испитују.

Метода се базира на појави мехурића на обојеној површини тестираних плочица, који се и визуелно могу приметити а последица су продирања влаге кроз боју и фосфатни слој до површине метала са којим ступа у реакцију. Када влага продре испод боје, заостале соли

или киселине бивају растворене и такве представљају корозионо средство, нападају површину метала уз издвајање гаса који доводи до појаве мехурова на површини тестираних плочица.

Плочице се контролишу најкасније 5 минута након изношења из коморе. Настали мехурови могу нестати након дужег стајања плочице, као последица смањења притиска испод површине то јест ослобађа се гас који узрокује мехурове, што доводи до нереалних резултата [3].

2) Слани тест

Комора у којој се изводи слани тест је по својој конструкцији слична комори за тест влагом, али много променљивих величина чине овај тест мање репрезентативним у односу на претходни.

Тест се у почетку изводио распрскивањем 20% раствора соли NaCl, али је данас опште прихваћен 5% раствор јер се сматра да су добијени резултати на овај начин репрезентативнији.

Вода се уводи у кулу за засићење а затим се подиже ваздухом под одређеним притиском. Кроз млазницу се распршује у облику магле унутар коморе. Млазница је причвршћена изнад сифонског вентила који извлачи слани раствор из резервоара и меша га са долазећим ваздухом засићеним водом. Овако конструисана комора обезбеђује настајање слане магле. Комора је опремљена коритом које служи за сакупљање кондензоване слане магле. Из корита се узимају узорци кондензоване слане магле и одређује јој се концентрација.

Слани раствор се припрема од нејодиране соли растварањем у дестилованој води чиме се обезбеђује одговарајућа рН вредност задата стандардом за ову врсту тестирања. Радна температура у комори је 35 ± 2 °C а по стандарду се слани раствор мора заменити свеже припремљеним сваких 48 сати.

У припреми обојених плоча за слани тест, крстићем или словом X огребе се филм боје специјалним алатом направљеним за ову сврху. Приликом контроле тестираних плочица на површини узимају се у обзир следеће индикације:

- појава било ког мехура са пречником од 3 mm или више
- сваки мехур или рђа на огребаној линији од 3 mm или више [3].

3) Тестови потапањем

Тестови укључују потапање обојене плоче у воду, растворе различитих хемикалија или у раствараче на одређено време а онда се контролише појава првог знака мехура, слично као и у тестирању влагом. Уобичајен метод је комплетно потапање плоче у дестиловану или дејонизовану воду на температури од 35 до 38 °C.

4) Тест излагања спољним условима

Тест излагања спољним условима сврстава се у групу најрепрезентативнијих корозионих тестова али се не може назвати убрзаним јер је за комплетан тест неопходно време тестирања две године. У случајевима тестирања плоче се постављају на полице под углом. Најчешћа локација за тест излагања спољним условима је морска обала где ће плоче бити изложене деловању сунчеве топлоте, влаге и слане атмосфере [3].

5) Абразивни тестови

Ови тестови нису толико уобичајени као други тестови физичке адхезије због високе цене опреме која је изнад финансијских могућности малих фирми. Машина се састоји из стеге која држи плочу и ротирајућег точка за брушење на клатну повезаним са осетљивим инструментом за подизање и спуштање клатна. Клатно иде напред-назад преко обојене плоче постепено убрзавајући док се плоча не обриси. Очитавања висине до које је клатно спуштено повезано је са ширином и дужином абразије што обезбеђује крајње резултате.

6) Ударни тестови

Апаратуру чини вертикално причвршћен цеваста канал са челичном лоптом. Испод цевастог канала налази се база или држач плоче са отвором приближног пречника као куглица. Висина цевастог канала варира зависно од типа боје и типа метала који се тестира од 71 до 200 cm. Приликом тестирања плоча је причвршћена а кугла се подиже на различите висине и пушта на обојену површину правећи округло удубљење у металу. На супротној страни од места удара треба потражити ломове, звездасте пукотине или напрслине у боји. Дебљина метала може изазвати тешкоће у процени резултата [3].

7) Тест конусног вретена

Уређај који се користи за овај тест састоји се од челичног конуса причвршћеног хоризонтално на постоље. Плоча се притеже за постоље конуса и помоћу челичне шипке се савија око конуса. Ширина прелома и напрслина на боји су мера за упоређујући резултат. Другим речима најшири полупречник кривине која се добија ломљењем боје када је плоча обавијена око конуса, даје информацију о квалитету боје и фосфатне превлаке испод боје.

8) Тест адхезије и тврдоће боје

Опремену у овом тесту чини серија оловака одређене тврдоће и специјални општрач оловака потребан због исте величине отиска. У сваком тесту прво се оловком направи тачка или огребе линија у боји све док се језгро оловке не сломи, док врх оловке коначно не продре у боју или изазове одвајање боје од површине метала. Мада се овај метод користи у неким приликама за тестирање адхезије боје, ипак је ово тест за тврдоћу боје [3].

9) Тест подизањем траке

Прихваћен метод за стандардни тест подизањем траке је гребанье превлаке у облику мреже тако да се направе квадрати величине приближно 3mm. Користи се маскирна или целофанска трака које се чврсто притисну на плочу. Трака се онда нагло повуче уназад и одвоји од обојене површине. Контролише се количина боје која се одвоји са траком.

10) Тест савијањем

У овом тесту се плоча просто савије и посматра се лом или љускање боје. Савијање је обично под углом од 90° , али за озбиљнији тест захтева се савијање под углом од 180° . У том случају плоча се удара гуменим или пластичним чекићем док се не савије уназад.

11) Тест за одређивање масе превлаке

Да би се одредила маса превлаке по dm^2 површине, фосфатна превлака мора да се уклони са претходно измерене плоче и онда се плоча поново мери. Наводимо процедуру корак по корак у најчешће прихваћеној методи:

- измерити тежину малих фосфатираних плоча на осетљивој ваги са најмањом поделом десетог дела mg
- потопити у 5% раствор хромне киселине неколико минута на 74 ± 2 °C
- испрати у хладној води
- осушити крпом која не оставља трагове за одстрањивање остатака оксида
- измерити плочу поново у циљу утврђивања губитка тежине [3].

Резултати теста за одређивање масе превлаке методама растварања су непоуздане због:

- ако одмашћивање површине није добро, маса нечистоћа се укључује у масу превлаке
- у зависности од врсте челика никада се не може са сигурношћу тврдити да се уклања само превлака зато што неки део челика може бити укључен у масу превлаке.

7. Поступак фосфатирања у фабрици "Застава оружје"

7.1 Припрема површине наоружања за фосфатирање

Обрада предмета млазом абразива (песка) се назива пескарење. Процес се проводи у специјалним апаратима различитих конструкција, али са истим принципом рада: млаз абразива се компримованим ваздухом усмерава кроз млазницу према површини коју треба очистити. При снажном удару абразив уклања нечистоће и храпави површину метала. Овако очишћене површине имају метално чист изглед. Пескарењем се одстрањује тврда кора од одлива, продукти корозије и старе металне и неметалне превлаке. Применом овог поступка добија се добро очишћена површина, равномерно охрапављена, на коју добро приањају органски премаз, превлаке од гуме и металне превлаке добијене прскањем растопи метала. Квалитет очишћености површине зависи од врсте абразива, величине честица, удаљености млазнице, положаја млазнице, времена трајања процеса, стања површине метала, врсте и величине делова који се чисте. За пескарење се употребљавају минерални абразиви (кварцни песак, корунд, силицијум-карбид и шљака из топионица бакра и електрана за угаљ) и метални абразиви (челична сачма, сечена жица и челични лом) [1].

Постоје ручни апарати за пескарење (слика 7.1.) код којих се млаз ствара на крају савијеног црева и код којих је аутоматски млазница фиксна, а предмети се ротирају или су на транспортној траци. Песак, ваздух и сами делови који се пескаре не смеју бити влажни или са већом количином нечистоћа. Овај начин одстрањивања корозионих продуката се користи за делове за које није предвиђена строга толеранција мера. После пескарења је неопходно одстрањивање песка са предмета компримованим ваздухом [5].



Слика 7.1. Ручна машина за пескарење [4]

За ситније делове за које такође нису предвиђене уске толеранције мера се све више користи хидропескарење у специјалним уређајима (слика 7.2.). Ови уређаји су херметички затворене ротирајуће коморе (слика 7.3.) у чијем се доњем делу налази под одређеним углом решетка за предмете који се обрађују. Испод је резервоар за смешу воде и кварцног песка која се у комору доводи компримованим ваздухом. Запрљани ваздух прашином од чишћења се избацује из коморе помоћу вентилатора а отпадни абразив и вода се испуштају у канализацију [5].

У сврху одстрањивања заосталог абразива поребно је испирање делова водом а одмах затим и сушење компримованим ваздухом.



Слика 7.2. *Машина за пескарење са бубњем [4]*



Слика 7.3. *Бубањ за пескарење [4]*

Сачмарење је економичније јер се сачма може регенерисати, а осим тога се може избећи опасност од силикозе и ствара се и мање прашине него при сувом пескарењу. Величина сачме се креће у границама од 0,4 до 2,5 mm [4].

7.2. Опис технолошког поступка фосфатирања

Поступак добијања фосфатне превлаке на површини гвожђа и челика подразумева следеће фазе:

1. Паковање делова у носаче

Делови се пакују у металне корпе ради лакшег померања приликом поступка фосфатирања (слика 7.4.). Број делова који се пакују зависи од њихове величине, ако су у питању мањи делови онда ће их приликом паковања бити више а у супротном ће њихов број бити мањи. Корпа са деловима се креће по хали помоћу носача (слика 7.5.) [4].



Слика 7.4. Метална корпа са деловима за фосфатирање [4]



Слика 7.5. Носач корпе [4]

2. Одмашћивање

Одмашћивање је поступак уклањања масноћа са површине метала. У питању је хемијско одмашћивање детерџентима. Постоји велики број детерџената који се међусобно разликују по саставу. Они су хемијски стабилни, нису токсични, не надражују кожу, не узрокују корозију а одликују се брзим одмашћивањем. Одмашћивање се врши раствором детерџента (3-5%) загрејаног на температури од 90 до 100 °C у трајању од 10 до 30 минута. Може се вршити у кадама или уређајима за одмашћивање (слика 7.6.). Каде су од челичног лима.



Слика 7.6. Када за одмашћивање [4]

3. Хладно испирање

Испирање се примењује да би се са површине метала уклонио заостали слој нечистоћа пре уношења у други раствор. Испирање се врши водом а вода за испирање може бити хладна или топла. Испирање предмета се може вршити на два начина: урањањем или прскањем. У овом случају се врши испирање урањањем предмета у каду са хладном водом. Испирање урањањем се изводи у кадама са ручним опслуживањем и у полуаутоматским или аутоматским постројењима. Каде (слика 7.7.) најчешће имају цеви за довод воде, као и прелив за одвођење задржане воде, водене пене и средстава за чишћење која се налазе у пени. При урањању вода је у контакту са свим деловима површине који су претходно били

у контакту са раствором. Испирање је споро, јер састојци врло концентрованог раствора споро дифундују са површине у воду за испирање. Испирање се изводи у једној кади где са једне стране чиста вода улази у каду а затим на другој страни отиче односећи супстанце које су пренесене предметима из претходних операција [4].



Слика 7.7. Када за хладно испирање [4]

4. Испирање и предгревање

Приликом овог испирања се користи топла вода. Температура воде је од 95 до 100 °С. Предмети који се налазе у металној корпи се урањају у каду (слика 7.8.) у којој се налази топла вода, у трајању до 1 минута. Улога предгревања је да загреје делове и тако убрза следећи поступак односно убрза фосфатирање. Да нема предгревања онда би хладни делови приликом урањања у каду за фосфатирање расхладили раствор и на тај начин продужили време фосфатирања.



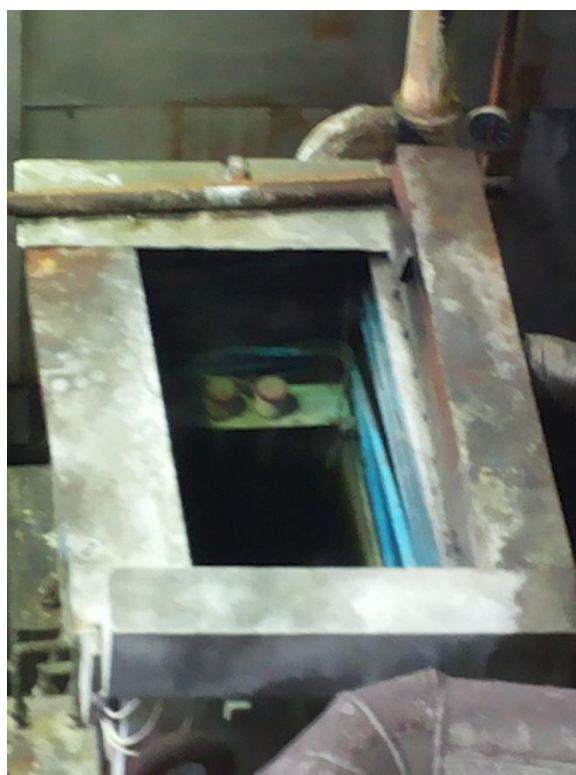
Слика 7.8. Када за испирање топлом водом [4]

5. Фосфатирање

Под фосфатирањем се подразумевају разне врсте обраде у раствору који садржи фосфате и фосфорну киселину. Фосфатирање може да буде топло и хладно. У овом случају је у питању топло фосфатирање. Изводи се у кади за фосфатирање (слика 7.9.) у којој је раствор загрејан на температури од 90 до 98 °C. Метална корпа са деловима се урања у загрејан раствор и у њему задржава од 5 до 45 минута. Хемијско средство које се користи за фосфатирање је познато под називом "Корофос 110". Ово хемијско средство производи предузеће "Дес" из Београда. Састав раствора за фосфатирање се мора одржавати у прописаним границама како би се добиле квалитетне превлаке. У том циљу врши се 1-2 пута дневно анализа састава каде. Узорак за испитивање се први пут узима након постизања радних услова каде и дотеривања нивоа раствора до прописаног. Тек након утврђеног исправног састава каде се може почети са радом [4].



Слика 7.9. Када за фосфатирање [4]



Слика 7.10. Унутрашњост каде за фосфатирање [4]



Слика 7.11. *Делови пре поступка фосфатирања [4]*



Слика 7.12. *Спуштање делова у каду за фосфатирање [4]*



Слика 7.13. Делови после поступка фосфатирања [4]

6. Хладно испирање

Понавља се поступак описан у тачки 3.

7. Пасивизација

Пасивизација делова се врши у растворима хромне киселине концентрације 0,3-18 g/l на температури од 60 до 90 °C у току 30-60 секунди, и у раствору $K_2Cr_2O_7$ концентрације 0,5 g/l на температури од 70 до 90°C у току 10 секунди. Пасивизација се изводи да би се попунила поједина места, тачније поједине рупице на фосфатној превлаци, која се нису фосфатирала током поступка фосфатирања и на тај начин побољшао квалитет превлаке [4].

8. Сушење компримованим ваздухом

Након испирања водом метални делови се морају осушити. Тиме се спречава корозија услед заостале влаге. Сушење се може обавити у сушници или помоћу струје топлог ваздуха, односно компримованог ваздуха. За сушење помоћу топлог ваздуха (слика 7.14.) метални предмети се постављају на сто са жичном мрежом или се вешају у кабини кроз коју струји топао ваздух под притиском од 3 до 8×10^5 Pa. Компримовани ваздух мора бити претходно очишћен од водене паре и других нечистоћа. Очишћени суви ваздух се потискује помоћу вентилатора преко грејача на коме се загрева а затим усмерава на

површине које треба осушити. Температура топлог ваздуха зависи од снаге грејача и вентилатора. Пожељно је да температура ваздуха буде изнад 60 °C.



Слика 7.14. Сушење делова компримованим ваздухом [4]

9. Науљивање

Науљивање се изводи на деловима који су прошли све претходно наведене фазе. За овај поступак се користи уље опште намене. Процес науљивања се изводи на собној температури у трајању од 1-2 минута [4].

10. Враћање делова у амбалажу

7.3. Каде за фосфатирање

Фосфатирање се врши у кадама од челичног лима (слика 7.15.) које су са унутрашње стране обложене пластиком или тврдом гумом. Каде имају косо дно чиме је постигнуто сакупљање муља, и дно каде је опремљено испусним вентилом за чишћење. Грејачи (слика 7.16.) се постављају са стране како на њима не би дошло до таложења муља. Каде су опремљене и доводним цевима за воду како би се одржавала концентрација соли за фосфатирање константном, и ради одржавања нивоа раствора константним, нарочито код купатила која раде на знатно повишеној температури.

Све каде које раде на топло, и каде чији је садржај јако отрован иако се не греје, обавезно су опремљене вентилационим усисним системом за одвођење продуката испаравања ван радне просторије. Каде код којих се фосфатирање врши електричном струјом су опремљене носећим бакарним арматурама за аноде и катоду, а ако се врши само хемијско фосфатирање на кади се уграђује носећа шипка за вешање односно качење предмета [4].



Слика 7.15. Када за фосфатирање [4]



Слика 7.16. Положај вертикалних грејача [4]



Слика 7.17. Унутрашњост каде [4]

7.4. Обрада узорака након фосфатирања

Тестови укључују потапање делова у воду, односно у 3% раствор соли NaCl на одређено време а онда се контролише појава првог знака мехура. Уобичајени метод је комплетно потапање делова у дестиловану или дејонизовану воду на собној или на температури од 35-38°С [4].

7.5. Контрола квалитета пре и након фосфатирања

Савремена технологија обраде металних површина не осигурава увек фосфатну превлаку уједначеног квалитета без грешке. Због тога је потребно вршити контролу добијених фосфатних превлака. Фосфатне превлаке морају поседовати следећа својства: одређену кристалну структуру, тежину и дебљину, порозност и корозиону постојаност [4].

7.5.1. Захтеви за квалитет

1) Спољни изглед

Фосфатни слој је мат са више или мање израженим кристалним изгледом. Боја фосфатног слоја може да буде од светло сиве до тамно црне, што зависи од врсте основног материјала и састава раствора за наношење фосфатног слоја. Боја фосфатног слоја који се импрегнира уљем или безбојним лаком је тамнија од неимпрегнираних.

2) Површинска маса

Минимална површинска маса фосфатног слоја је $0,120 \frac{g}{dm^2}$. Дозвољава се одступање од прописане вредности површинске масе с тим да фосфатни слој задовољи остале захтеве ових техничких услова [4].

3) Адхезија

Фосфатни слој не сме да се отире са основног метала. Адхезија фосфатног слоја испитује се пре наношења допунске заштите.

4) Корозиона постојаност

Фосфатни слој мора да буде корозионо постојан. На слоју не сме доћи до појаве корозије основног метала у виду црвено-мрких мрља и тачака. Дозвољава се појава ситних црвено-мрких тачака на местима вара, на оштрим ивицама, на местима дозвољеног одсуства превлаке као што је то на местима контакта тешких елемената и великих димензија са држачем и на местима лемљења [4].

7.5.2. Контрола квалитета

1) Стална контрола

Стална контрола спада у надлежност произвођача. Произвођач је обавезан да сопствену службу техничке контроле квалитета организује тако да обезбеди квалитет фосфатног слоја прописан овим техничким условима.

У сврху контроле може да користи и неку другу компетентну установу или лабораторију ако се наручилац са тим сложи. Произвођач је обавезан да води евиденцију о резултатима испитивања према захтевима за квалитет (спољни изглед, површинска маса, адхезија, корозиона постојаност) ових техничких услова и на захтев наручиоца издаје потврду о квалитету [4].

2) Пријемна количина

Пријемна количина је количина елемената произведена истим технолошким поступком и под истим условима у току 24 часа и састоји се из елемената исте врсте, истог материјала, истих димензија и облика, на које се наноси фосфатни слој [4].

7.5.3. Начин контроле и величина узорка за контролу

1) Контрола спољног изгледа

Спољни изглед се контролише на свим елементима пријемне количине, при чему се издвајају елементи са недозвољеним манама.

Код ситних елемената може се издвојити мања количина од пријемне количине али не мања од 4%. Величина ситних елемената дефинише се у договору са наручиоцем.

2) Контрола на узорку

Остали захтеви за квалитет се проверавају на репрезентативном узорку елемената или пратећим контролним узорцима. Репрезентативни узорак представља количину елемената која се по слободном избору издваја из пријемне количине. Узорак се издваја после одвајања елемената са недозвољеним манама при контроли спољног изгледа.

За контролисање сваког захтева за квалитет, узорак за контролу износи 0,3% од пријемне количине и при томе не сме бити мањи од 3 комада.

Ако су елементи на које се наноси фосфатни слој већих димензија или су неподесног облика за испитивање квалитета фосфатног слоја, за контролу се користе пратећи контролни узорци. Пратећи контролни узорци морају бити од материјала истог хемијског састава као и елементи на које се наноси превлака и морају имати исту механичку и термичку обраду. Број пратећих контролних узорака одговара броју репрезентативног узорка. Пратећи контролни узорци се праве по правилу од металног полуфабриката који се користи за израду елемената. Димензије треба да буду такве да је на њима могуће извести прописана испитивања. Пратећи контролни узорци се убацују у серију елемената који се заштићују пре прве операције и не могу се издвајати док се процес не заврши [4].

7.6. Грешке у фосфатирању

7.6.1. Мане фосфатног слоја

1) Дозвољене мане фосфатног слоја:

- трагови контакта елемената са држачем
- одсуство фосфатног слоја на местима контакта тешких елемената и великих димензија са држачем и на местима лемљења
- различите нијансе боја на истом елементу
- неједнакост у кристалној структури на истом елементу (услед неуједначене структуре метала, локалног каљења, разугљенисавања, различитог квалитета механичке и хемијске обраде површине, затим услед заваривања и закивања)
- трагови сливања воде и раствора хромата.

2) Недозвољене мане фосфатног слоја:

- непокривена места изузев оних која су дата на цртежу
- мрка боја превлаке на угљеничним и нисколегираним челицима
- растресит талог
- бела скрама од измућеног талога у кади за фосфатирање
- корозија и зелене мрље [4].

7.6.2. Мане фосфатног слоја са допунском заштитом

1) Дозвољене мане фосфатног слоја са допунском заштитом:

- трагови сливања лака који не ометају монтажу елемената импрегнисаних лаком
- непокривена места на тешко доступним местима (засори, дубоки отвори), на елементима сложеног облика импрегнисаних лаком, што мора бити наведено на цртежу.

2) Недозвољене мане фосфатног слоја са допунском заштитом:

- непокривена места
- нечистоће и мехури
- оштећења и одслојавање премаза
- нагомилавање премаза и сливање на местима која су функционална [4].

8. Закључак

Данас је најважнија и најзаступљенија метода заштите метала од корозије, заштита применом премаза. Заштита применом премаза је врло захтевна, а тржиште нам пружа велике могућности одабира различитих врста и састава премаза. Код одабира је потребно водити рачуна о намени делова и условима експлоатације. Међутим, и најпажљивијим одабиром најскупљег и најквалитетнијег састава премаза неће се постићи очекивани резултати заштите ако се припрема површине довољно квалитетно не изведе.

Фосфатирање метала спада у важне поступке површинске заштите, са применом у савременим поступцима производње и металопрерађивачкој индустрији. Примена је могућа на различитим металним површинама, применом различитих варијанти раствора за фосфатирање, а у зависности од захтева за отпорношћу на корозију и хабање.

Примена фосфатираних делова је широка, а место примене диктира начин наношења и врсту превлаке. Као последња фаза, којом се процењује век трајања делова и отпорност на спољашње услове је фаза тестирања фосфатних и бојених делова стандардом прописаним методама. Будућност примене поступка фосфатирања је врло обећавајућа јер је један од најбитнијих фактора у најзаступљенијој заштити метала премазима.

9. Литература

- [1] Владимир Вујичић: Корозија и технологија заштите метала, Управа за школство и обуку, Београд, 2002.
- [2] Марко Шабан: Дипломски рад-заштита поступком фосфатирања, Стројарски факултет у Славонском броду, Славонски брод, 2016.
- [3] <http://documents.tips/documents/fosfatiranje.html>
- [4] Фабрика "Застава оружје", Крагујевац
- [5] <http://brod.sfsb.hr/~saracic/Strucni/Zbirka/Anorganske%20prevlake%202.doc>
- [6] <https://www.google.rs/search?q=local+corrosion+pictures&client=opera&sa=X&biw=1280&bih=915&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwj4Pf9yvjqAhXMOxoKHTLwDfIQsAQIHg>
- [7] Anthony E. Hughes, Johannes M.C. Mol, Mikhail L. Zheludkevich, Rudolph G. Buchheit, Active protective coatings, Springer series in materials science, volume 233, Springer Science+Business Media Dordrecht 2016