

Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу

Војна академија Универзитет одбране у Београду

Милош М. Димић

Корозија чауре артиљеријског пројектила
-дипломски рад-

Крагујевац, 2019.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Војна академија Универзитета одбране у Београду



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Пројектили и упаљачи

Предмет: Машински материјали

Број индекса: 522/2012

Милош М. Димић

Корозија чауре артиљеријског пројектила
дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Нада Ратковић-ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру завршног дипломског рада кандидат треба да:

1. Да опише облике корозије.
2. Да наведе све врсте електрохемијске корозије.
3. Да објасни методе заштите од корозије.
4. Да прикаже процес заштите од корозије чауре артиљеријског пројектила

Препоручена литература:

1. Милорад Јовановић, Вукић Лазић, Драган Адамовић, Нада Ратковић: *Машински материјали*, Машински факултет, Крагујевац, 2003.
2. Владимир Вујичић: *Корозија и технологија заштите материјала*, Војна академија, Београд, 2002.
3. Владимир Ж. Јовановић: *Технологија производње муниције*", Техничка војна академија копнене војске, Загреб, 1997.

Крагујевац
Фебруар 2019.

Ментор:
Др. Нада Ратковић

Резиме рада: У оквиру овог рада су изложени аспекти продавања услед деловања корозије. Рад се састоји из четири целине.

У првом делу рада (тачка 1) описани су фактори који утичу на корозију, развојни пут заштите од корозије, као и глобалне губитке услед деловања корозије

Други део рада (тачка 2) односи се на корозију металних материјала. Материјали подлежу хемијској и електрохемијској корозији. Одрозложени су начини и узроци настанка корозије различитих материјала у различитим околинама и условима.

У трећем делу рада (тачка 3) описани су неки од најзаступљенијих заштита метала од корозије: заштита од корозије различитим превлакама, електрохемијска заштита од корозије, конструкционе и технолошке мера и промена спољашње средине.

У четвртм делу рада (тачка 4) говори се о производњи чаура, металима која се користе у производњи чаура, антикорозионе заштите које се користе приликом производње чаура.

Кључне речи: Корозија, врсте корозије, електрохемијска корозија, заштита од корозије, производња чаура, антикорозиона заштита

Summary: aspects of decaying because of coercion are presented within this paper. The paper consists of four units:

In the first part of the paper point 1 factors which contribute to coercion are described, path of developing protection form coercion, as are global loses due to coercion.

Second part of the paper refers the coercion of metal materials. Material are susceptible to chemical and electrochemical coercion. How coercion happens and reasons for it with different materials in different environments and conditions are explained.

In the third part of the paper some of the most common protections of metals against coercion are described: protection from coercion with different kinds of plates, electrochemical protection against coercion, constructional and technical measures and by changing the environment.

In the fourth part of the paper we discuss about production of cartridges, which metals are used in the production of cartridges, anti-coercion protection which is used.

Key words: Corrosion, types of corrcion, electrochemical corrcion, protection against corrcion, production of cartridges, anti-corrcion protection which is used in the process of producing cartridges.

Садржај:

1. Увод	1
2. Корозија конструкционих материјала	3
2.1. Електрохемијска корозија	3
2.1.1. Економски губици услед корозије.....	4
2.2. Врсте корозије.....	4
2.2.1 Општа (равномерна) корозија.....	4
2.2.2. Галванска (контактна) корозија.....	5
2.2.3. Питинг корозија.....	8
2.2.4. Интеркристална корозија.....	9
2.2.5. Напонска корозија.....	9
2.2.6. Ерозиона корозија.....	10
2.2.7. Корозија при трењу.....	12
2.2.8. Селективна корозија.....	13
2.2.9. Корозија у зазору.....	14
3. Методе заштите од корозије	15
3.1. Заштита од корозије различитим превлакама	15
3.1.1. Припреме површине метала	15
3.1.2. Металне превлаке	18
3.1.3. Анограмске неметалне превлаке	18
3.1.4 Органске превлаке	19
3.2. Електрохемијске методе превлачења (анода, катода)	21
3.2.1. Аодна заштита од корозије	21
3.2.2. Катодна заштита од корозије	23
3.3. Конструкцијске и технолошке мере	25
3.4. Заштита материјала променама околности	26
3.4.1. Инихибитори корозије	26
3.4.2. Подела инхибитора	27
3.4.3. Успешност инхибиције	28
4. Корозија и заштита	29
4.1. Материјал за чауру	32
4.1.1. Месинг	32
4.1.2. Челик за производњу чауре	34
4.2. Антикорозиона заштита чаура	35
4.2.1. Одмашћивање и чишћење	35
4.2.2. Лаковање чаура	36
4.2.3. Патинирање чаура	36
4.2.4. Пасивирање чаура	37
5. Закључак.....	42
6. Литература.....	43

1. Увод

Конструкциони материјали изложени су различитим хемијским, физичким и биолошким утицајима који могу штетно деловати смањујући тако њихову употребну вредност. Процес ненамерног трошења конструкционог материјала деловањем средине, назива се корозија. С термодинамичког гледишта то је прелаз метала у стабилније стање. Последице које проузрокује корозија могу бити велике. Интензивност и карактеристике штетних појава зависе од унутрашњих и спољних фактора. Најважнији унутрашњи фактори су састав, структура, текстура и дефектна места материјала, а међу спољним, врста и концентрација околине, притисак, температура, радијација и електрични напон.

Човек је одувек настојао да се одупре оштећењима конструкционог материјала развијајући различите технологије заштите материјала. Технологије заштите конструкционог материјала имају два аспекта, и то теоријски, који се бави проучавањем процеса оштећења, и практични, који се односи на методе заштите. Питањима корозије први се бавио М. В. Ломоносов (од 1756.године), проучавајући понашање метала у вадуху, растворима соли и киселина. Основу теорије о микрочелицима, која је кључна при објашњавању дела корозијских појава, предложио је Де Ла Риве (1830.године). Исте године М. Фарадау, омогућио је квантитативно исказивање промена до којих долази током корозије, дефинисањем квантитативних односа при електрохемијском отапању метала и издвајању материја.

Штетне појаве до којих долази због корозионих процеса могу бити директне и индиректне. Директне су последица корозионих оштећења на појединим постројењима, а до индиректних долази због прекида производње до којих су довеле директне штете. Продужење века конструкционог материјала, а тиме и технолошког процеса, постиже се низом мера од којих су најзначајније: конструкцијске методе, избор материјала, изградња система заштите од корозије и његово одржавање. Све поступке треба спровести тако да су оптимални на технолошке, економске и еколошке услове.

Процеси корозије класификују се:

Према механизму процеса, која се дели на корозију у неелектролитима или хемијску корозију и корозију у електролитима или електрохемијску корозију.

Према условима у којима се догађају корозиони процеси дели се на процесе у тлу, води, ваздуху.

Према геометријском облику корозионог разарања на општу, локалну, селективну и међукристалну.

На основу теоријских сазнања ни у најједноставнијим случајевима није могуће поуздано прорачунати брзину и ток процеса корозије. Зато су потребна експериментална испитивања која се према месту извођења деле на лабораторијска, теренска и експлатациона.

Сврха испитивања корозије може бити избор оптималних конструкционих материјала, заштитних поступака или система, развој нових конструкционих материјала, усвајање и одређивање делотворности нових заштитних поступака и система, утврђивање корозијског понашања одређеног конструкционог материјала, дијагностика оштећења, истраживање механизма корозије и заштите.

До резултата испитивања долази се различитим методама које могу бити квалитативне и квантитативне. Те методе се често међусобно надовезују, а бирају се у зависности од врсте и сврхе испитивања, односно од врсте и облика корозије.

2. Корозија конструкционих материјала

Корозија долази од латинске речи *corrodere*, што значи нагристи. Технички појам корозије односи се на металне и неметалне материјале, али се у ужем смислу примењује само на метале.

Корозија је спонтано разарање материјала под деловањем спољних утицаја – ваздуха, кише или крутих агресивних честица због хемијских или електрохемијских процеса. Само у одређеним случајевима корозија није спонтана него се одвија у контролисаним условима. Тада корозију покреће наметнута сила у облику електричног напона (електромоторне силе) који даје струју, при чему се троши електрични рад из спољнег извора енергије. Такви су процеси непожељно отапање анода при електролизи и корозија под утицајем лутајућих струја.

Корозија дакле, изазива штетне промене у техничким системима конструкцијског материјала. Због техничке важности корозије велики део површинске заштите односи на успоравање и спречавање процеса па се назива заштитом од корозије. Осим тога, треба напоменути да је површинска заштита сродна финализацији производа, тј. завршној обради којом се мењају својства површине у циљу заштите, односно ради постизања одређеног естетског изгледа или неког параметра битног за функцију производа.

Хемијска корозија настаје деловањем врућег или сувог ваздуха и гасова (косеоника, водоника, азотних оксида, хлора, сумпора итд.) или неелектролита (бензина, ацетона итд.) на површину челика, чиме долази до хемијских реакција, најчешће оксидације. Пример таквог типа корозије је стварање површинских оксида (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4) при повишеним температурама ($>500\text{ }^\circ\text{C}$) код нелегирајућих челика.

2.1. Електрохемијска корозија

Електрохемијска корозија корозија је врста корозије која се дешава у електролитима. Електрохемијску корозију узрокује деловање корозијских галванских чланака насталих на површини метала изложеног електролиту. Неплеменитији делови површине притом су аноде, на којима се метал троши јонизацијом, отапањем у електролиту уз истовремено ослобађање вишка електрона (електролитска дисоцијација), који кроз метал путују према племенитијим деловима површине, катодама, где се вежу с оксидансима (такозваним деполаризаторима) из околине (електрохемијска редукција). У воденим електролитима најчешћи су оксиданси отопљени кисеоник и водоникови катјони. На те примарне реакције на електродама корозијског чланка обично се надовезују секундарне реакције, које често дају чврсте продукте, међу којима је најпознатија рђа, смеша хидратираних гвожђевих оксида. Неки чврсти продукти (на пример патина на бакру и његовим легурама), за разлику од рђе, коче корозију.

2.1.1. Економски губици услед електрохемијске корозије

Економски губици изазвани услед деловања корозије су веома велики. Процењује се да је годишњи губитак материјала услед корозије износи преко 20 милиона тона.

Истраживањем које је спровела "IMPACT" (Међународна мера превенције, примене и економије корозионе технологије) процењује се да глобални трошкови изазвани корозијом износе 2,5 милијарди долара. Овај износ је приближно 3,4% светског бруто националног производа (око 75 милиона) [9].

Двогодишње глобално истраживање показало је да превенција, у смислу примене најбоље светске праксе, може допринети уштеди од 15-35% пројектованих трошкова 380-880 милијарди америчких долара.

Трошкови изазвани услед корозије могу бити посредни и непосредни.

Посредни трошкови су: акциденти, прекиди функционисања опреме, материјални и људски губици, контаминације земље, ваздуха, воде, предимензионисање елемената и склопова, краћи радни век конструкције.

Непосредни трошкови: поступак заштите елемената и склопова, одржавање (периодично, дугорочно), замена оштећених елемената и склопова.

2.2. Врсте корозије

Врсте корозије се погодно могу класификовати према изгледу кородираног метала, узрока настанка.

Корозија може бити:

1. Општа (равномерна) корозија
2. Галванска (контактна) корозија
3. Питинг-корозија
4. Интеркристална (међукристална) корозија
5. Напонска корозија
6. Кавитациона корозија
7. Корозија при трењу
8. Селективна корозија
9. Корозија у зазору

2.2.1. Општа (равномерна корозија)

Општа корозија је најчешћи појавни облик корозије, али је најмање опасан. Захвата целу површину материјала. Општу корозију називамо "рђањем". Током одвијања овог процеса долази до замене анодних и катодних места, услед чега је разарање метала приближно једнако по целој површини метала. Општа корозија конструкције приказана је на слици 2.1.

Брзина одвијања овог облика корозије се представља дубином продирања процеса корозије у метал у одређеном временском периоду и најчешће се изражава у mm/год, или у mm/dm² на дан. Овај облик корозије је знатно мање опасан од других облика корозије због тога што омогућава лако предвиђање настанка корозије и века трајања конструкције. У случају заварених спојева присуство овог облика корозије се спречава уобичајеним поступцима заштите, као што су наношење органских или неорганских заштитних превлака, примена инхибитора итд. Много опаснији су локални облици корозије којима подлежу метали отпорни на општу корозију, као што су нерђајући челици и легуре обојених метала.



Слика 2.1. Појава опште корозија[8]

Методe заштите од опште корозије:

- Коришћење дебљих и квалитетнијих материјала,
- Коришћење боје, лакова или металних премаза као што су: позлаћивање, поцинковање или елоксирање,
- Кориштење инхибитора или промена околине,
- Катодна или анодна заштита.

2.2.2. Галванска (контактна) корозија

Пре отприлике 200 година Луиги Галвани и Алессандро Волта су открили феномен познат под називом галванска корозија, позната под називом контактна или биметална корозија. Тамо где постоји електрични контакт између различитих метала који су још и у контакту са спољашњим електролитским појавама, мање племенити метал (анода) ће кородирати односно биће нападнута корозијом. Други племенитији метал (катода) ће тиме бити заштићен. По том принципу се врши и катодна заштита жртвеном анодом. У пракси када се бирају материјали за конструкције, често се игноришу правила бирања материјала у сврху упаривања оних којима би се спроводила катодна заштита, па је галванска корозија честа појава.



Слика 2.2. Галванска корозија

Галванска корозија може настати ако су задовољени следећи услови:

- Електролит је у контакту с оба метала. Електролит не мора увек бити агресиван према тим металима. Електролит може бити вода у коју су уроњени, али и кондензацијски филм или влажна земља, со или корозијски продукти.
- Постоји електрична веза између два метала. Обично то не мора значити да постоји директна физичка веза између та два метала. То није потребно докле год струја некако прелази с једног метала на други. Сам спој не мора нужно бити у електролиту.
- Постоји довољна разлика потенцијала између два метала, па се јавља галванска струја.
- Својство катодних реакција одвијаће се на племенитијем од два метала. У већини практичних случајева може утицати на потрошњу отопљеног кисеоника.

Фактори који утичу на брзину галванске корозије:

Корозионо понашање биметалног пара одређује корозиони потенцијал сваког метала у електролиту појединачно. На основу тога, састављена галванска веза од метала или легура разврстана од племенитијег ка мање племенитим металима у одређеној средини. Ова галванска веза захтева опрез.

Разлика потенцијала ни на који начин не утиче на брзину галванске корозије зато што она зависи од многих других фактора, као што су:

- Поларизациони учинак - под поларизационим учинком подразумевамо сваки феномен који успорава или потпуно блокира прилаз металних јона са аноде или прелаз металних јона електрона са катодe. Пример је децинкација.
- Састав електролита - утиче на брзину галванске корозије. Висока проводљивост подстиче бржу галванску корозију док ниска рН вредност утиче на појаву водоника на катоди. У чистој (дестилованој или деминерализованој) води, биметална корозија је редак случај. Такође величина захваћеног подручја зависи од проводљивости корозије. У близини контакта два метала, ефекат галванске корозије је најјачи. Што се више удаљавамо од тог места он слаби. У растворима ниске проводљивости корозија остаје ограничена на оштри зазор на месту контакта два метала.

- Брзина струјања флуида - у галванској корозији, катодна реакција се обично састоји од реакција отопљеног кисеоника. Као код корозије једног метала, контактна корозија је деломично зависи од брзине којом кисеоник долази до металне површине. Та дифузија или распуштање (па тако и корозија) убрзана је ако је већа брзина протока, која узрокује повећани доток кисеоника са електродита.

- Површински однос - на темељу чињенице да су и катодна и анодна струја једнаке, густина струје на аноди биће обрнуто пропорционална површинском односу катодне. Стога ће врло мала анода кородирати пуно брже од пуно веће катодне. Тај површински однос је врло важан када је електрична проводљивост веома висока. Само ако се стопа катодне реакције одређује за брзину катодне корозије, нпр. због ограниченог кисеоника који је изазива, овај се ефекат неће појавити. Неповољни површински односи су присутни код спојних елемената и спојница, као што су лемљени и заварени шавови. Они увек морају имати исти или виши поларитет од основног метала.

Облици галванске корозије – према узроку галванска корозија може се поделити:

- Контактна корозија - најпознатија је контактна корозија која настаје када су два метала у контакту.

- Таложна корозија – мање позната, али не и мање опасна. Галванска корозија је узрокована катодним загађењем аноде где је таложење племенитијих метала или металних оксида на анодном металу води ка локалном настанку галванских ћелија. Овај напад корозије је познат као таложна галванска корозија. Као резултат реакције (јони неплеменитијег метала замењују јоне племенитијег метала), а разграђени продукти корозије таложе се на неплеменитијем металу. На тај начин се на површини стварају локалне и интензивне ћелије биметалне корозије. Овај феномен се често проучава у кружним воденим системима уз бакар и друге метале као што су челик, поцинковани челик и алуминијум. Иако су различити метали електрично одвојени са изолацијским заштитама, галванска корозија се не може избећи. Јони бакра се таложе на јонизирани челик и узрокује интензивне локалне рупице. Употреба алуминијума и челика у истом саставу доводи до сличних проблема. Остали облици таложне корозије су рупичасти напад на бакар од стране угљеникових честица или таложење честица металне рђе.

- Промена потенцијала - на температурама изнад 60°C потенцијал поцинкованог челика може се променити тако да цинк постаје племенитији од нелегираног челика и челик улази у интензиван анодни раствор у порам слоја са цинком. Промена потенцијала је подпомогнута од стране кисеоника, карбоната, силицијума и калцијума.

- Термогалванска корозија – када се метал изложи неједноликом загревању то има сличан учинак као и галванска корозија. Метал је различито поларизован и формирају се анодна и катодна подручја, с тим да корозија напада топлије подручје.

Спречавање галванске корозије

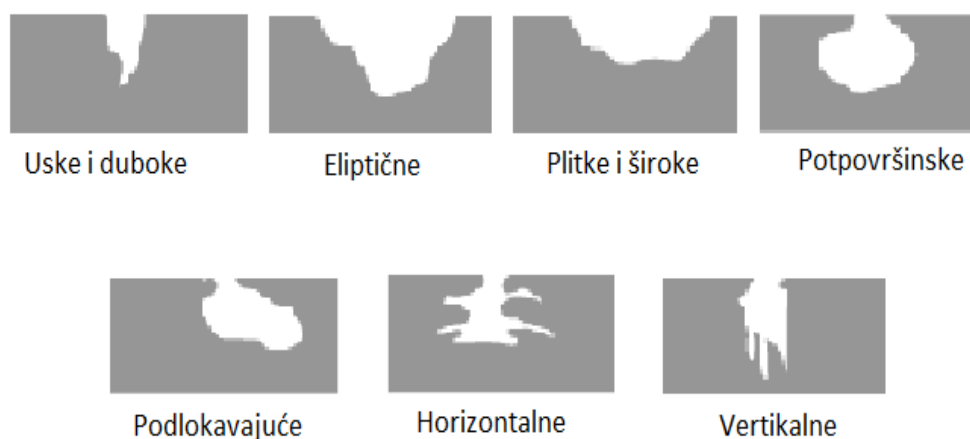
О спречавању галванске корозије се првенствено треба водити рачуна, док је израда конструкције још фази пројектовања.

У зависности од услова, следеће мере у спречавању галванске корозије могу бити примењене:

- Ако је могуће избегавати биметалне везе различитих метала које доводе до разлике електропотенцијала или изабирати комбинацију метала са што ближим потенцијалом.
- Онемогућити биметалне везе са потпуном диелектричном изолацијом (изолацијске заштите, рукавци и заптивке направљене од непропусне гуме и пластике). Ако је то непрактично треба применити правило односа површина и побринути се да је анодна површина пуно већа од катодне.
- Ако је практично користити замењиве анодне делове или их учинити дебљима. Лемљене или заварене везе се више преферирају него навојне везе у анодним деловима.
- Примењивање примерених материјала за заваривање и лемљење (племенитије метале него они који се спајају).

2.2.3. Питинг-корозија

Наступа на бројним непредвидивим локалитетима, али не и по целој површини. Одликује се малим јамицама које с временом прерастају у рупице. Узрок ове корозије је у локалним нехомогеностима у структури или хемијском саставу материјала. Уз постојање електролита (водене паре, влажног ваздуха и сл.) при томе долази до покретања аутокаталитичког механизма оштећења и настајања локалних корозијских чланака с изразитим разликама потенцијала. То је врло опасан облик корозије, чија се брзина повећава са растом температуре. Оцена стања површине се изводи проучавањем густине рупица, величине рупица и дубине рупица. Рупице које настају на површини обично су скривене слојем корозијских продуката које не штите метал подлоге од корозије. Рупичаста корозија (сл. 2.3) нерђајућих легура које садрже различите уделе гвожђа, хрома, никла, је од највећег практичног значаја. Већина корозијских оштећења нерђајућег челика настаје у неутралним до киселим растворима који садрже хлоридне јоне или јоне који садрже хлор. На гвожђу и алуминијуму долази до рупичасте корозије у алкалним растворима, слично као и код нерђајућих челика



Слика 2.3. Питинг-корозија [2]

2.2.4. Интеркристална корозија

Међукристална корозија настаје због различите осетљивости граница зрна на корозиони медијум. Типичан пример је аустенитни нерђајући челик на чијим се границама зрна, при загревању од 480°C-769°C, излучују карбиди хрома. Због тога граница зрна постаје аноде, тј. растварају се у електролиту. То се најчешће догађа при заваривању нерђајућих челика у зони око шави.



Слика 2.4. Интеркристална корозија по границама зрна челика

2.2.5. Напонска корозија

Напонска корозија настаје при истовременом деловању затежућег статичког напона и локалне корозије. Ова се корозија може успорити ако се у површинским слојевима индукују напони притиска (нпр. бомбардовањем челика куглицама и сл.). Код чистих метала напонска корозија се готово не јавља већ углавном код двофазних или вишефазних легура. Понекад је ова врста корозије везана за присуство интерметалних једињења на границама металних зрна где се могу образовати локални галвански микропарови.

Напонска корозија је посебно опасан облик корозије због катастрофалних последица које могу настати и код мањих напрезања без икаквих упозорења (сл. 2.5). Спољашњи услови који узрокују напонску корозију могу бити толико благи да не мора бити никаквих видљивих назнака корозији. Дакле, напонска корозија се дефинише као критична појава изазвана околином. Настајање корозије утицајем статичког и динамичког напрезања.

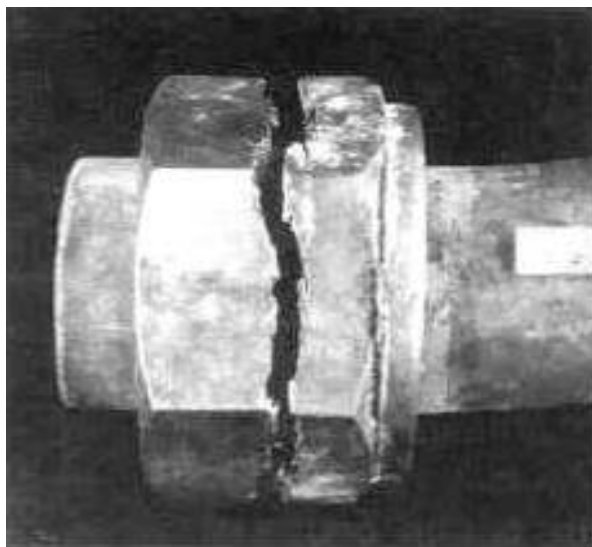
Два основна микроструктурна типа челика која су укључена:

- Челици феритно - перлитне микроструктуре отпорности на попуштање већом од 620MPa (90 ksi),
- Челици са мартензитном микроструктуром.

Понекад треба споменути да су код нелегираних и нисколегираних челика присутна два механизма:

- Анодни,
- Катодни.

Њих разликујемо по електрохемијском потенцијалу, нижим рН вредностима и утицају температуре. Обрнуто томе сматра се да делује активна путања механизма. Како год, сматра се да ће процес бити исти и у анодним и у катодним условима. Напонска корозија нелегираних и нисколегирааних челика је значајан проблем у разним гранама индустрије попут термоенергетских постројења, хемијских (укључујући и нуклеарне), ценовода, хемијских обрада, производње папира итд.



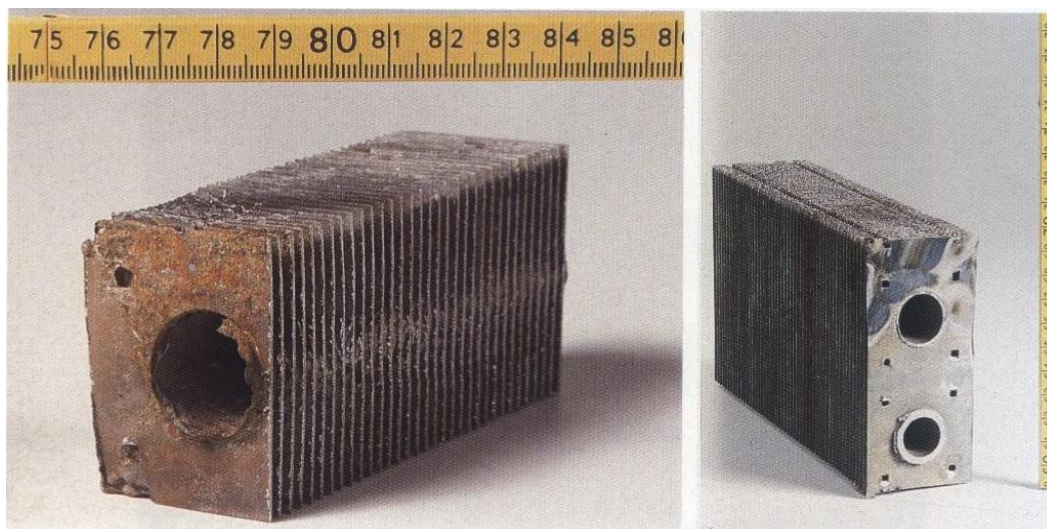
Слика 2.5. Напонска корозија

2.2.6. Ерозиона корозија

Ерозиона корозија настаје када је метал изложен механичкој абразији и истовремено корозијској спољашњој атмосфери. Течности и гасови који теку великом брзином кроз цеви, могу такође узроковати ову врсту корозије названу ерозиона корозија. При том се стварају вртлози у цевима и тако настаје корозија. Исти такав мирујући или споротекући флуид (течност или гас) резултираће ниском или умереном појавом корозије, али брзо кретање флуида који узрокује корозију физички еродира и уклања заштитни слој метала, открива метал узрокујући оштећења. Песак или талог који се накопља појачава ерозију и убрзава корозију. Механички ударци такође узрокују ерозију и оштећују или троше заштитни слој метала. Метали ниске чврстоће којима корозијска заштита зависи од површинског слоја најподложнији су ерозионој корозији. Напад обично следи правац флуида и турбуленције око површинских неправилности.

Легирајући елементи као што су алуминијум и никл који стварају чвршће, боље пријањајуће слојеве јачају отпорност према ерозионој корозији. Ерозиона корозија је учестали проблем у челичним цевима у којима тече пара која садржи кондензиране

капљице воде (сл. 2.6). Такође је ерозиона корозија често последица лошег пројектовања конструкције. У цевима корозија може бити узрокована неуједначеним варом и уметнутим завареним цевима које имају избочине и узрокују сметње протоку воде. С временом то доводи до подковавања материјала.



Слика 2.6. *Ерозиона корозија код измењивача топлоте*

Две врсте ерозијске корозије су :

Кавитациона корозија је посебан облик ерозионе корозије. Настаје тамо где је брзина флуида толико велика да је величина притиска довољна за стварање водених мехурића који имплодирају (колабирају) на површини. Те имплозије стварају пораст притиска који оштећује заштитни слој и избацује честице самог метала. Кавитација настаје на лопатицама турбина, импелерима пумпи, пропелерима бродова, цевима где долази до наглих промена притиска.

Трошење је други облик ерозионе корозије, али у гасној фази. Оштећења настају због сталних малих помака, а често због вибрација између кородирајућег и другог метала у контакту. То кретање врши абразију површинског слоја оксида метала, поновно откривајући метал чиме долази до још брже оксидације. Ефекат је појачан због претходне оксидације која служи као додатни абразив између површина у додиру. Фини црвени слој оксида тада је видљив на челику.

Спречавање ерозионе корозије:

Има много фактора који доприносе ерозионој корозији, самим тим и много начина за контролисање тог проблема. Девет начина за спречавање настанка ове корозије:

1. Смањити турбуленције – ерозијска корозија је директно везана са брзином и турбуленцијама па је редукција истих онда први избор. У многим случајевима то подразумева модификацију у пројектном решењу као што су:

- повећати мере и радијусе,

- спречити нагле измене тока флуида и осигурати ефективну проточност у цевима и опреми,
- смањити или уклонити препреке протоку флуида,
- побољшати расподелу (нпр. ставити преграде у отворе за измену топлоте),
- употребити равне аеродинамичне или хидродинамичне површине и избегавати грубе површине.

2. Користити отпорније материјале – следећи материјали поређани су по отпорности према ерозијској корозији: бакар, месинг, алуминијумски месинг, угљенични челик, хромирани челик, нерђајући челик и титан.

3. Смањити количину ваздуха и крутих честица у течности – то се може постићи употребом филтера. Коришћењем одвода и сепаратора паре и воде можемо контролисати количину влажности у струји паре.

4. Спречити загађење – мале брзине течности омогућавају таложење нечистоћа. Та опасност прети када састав мирује. Зато суставе треба чистити редовно.

5. Користити заштитне материјале на критичним местима – користити дебелослојне материјале на осетљивим местима или користити променљиве потрошне плоче. Користити уметке од материјала отпорних на ерозију и прстен од нерђајућег челика или керамике.

6. Смањити корозивност медија – ако се корозија може спречити неће се појавити ерозиона корозија. Можемо предузети следеће мере:

- смањити или уклонити кородирајуће јоне (нпр. Cl-)
- снизити температуру,
- променити рН вредност.

7. Дозирати корозионе инхибиторе – нпр. додавање феросулфата заштићује бакарне легуре против ерозионе корозије у морској води, треба водити рачуна да су те мере неретко скупе и понекад штетне за околину.

8. Користити ерозијски отпорне премазе и облоге – предност ове мере је да уклања потребу за скупим легурама.

9. Користити катодну заштиту – ова метода је ограничена за интерну употребу на цевима и може се заштитити само (100 – 150)mm на почетку цеви.

2.2.7. Корозија при трењу

Корозија при трењу настаје на међуповршинама између материјала који се под оптерећењем и подвргнути вибрацијама клизају. Корозија при трењу има изглед жлебова и рупица који су опкољени корозионим продуктима. Она обично настаје између чврсто налеглих површина као што су оне које се налазе између осовина и лежишта или постељица.



Слика 2.7. *Корозија настала при трењу*

2.2.8. Селективна корозија

Селективна корозија појављује се местимично на површини и шири се према унутрашњости пресека дела или што може бити још неповољније будући да се не види да започиње негде у унутрашњости дела материјала. Селективна корозија напада различитом брзином компоненте, односно фазе, вишекомпонентних или вишефазних материјала (сл. 2.8)



Слика 2.8. *Селективна корозија*

2.2.9. Корозија у зазору

Овај облик корозије настаје у подручјима додира два дела од истог конструкцијског материјала или метала и неметала. Корозија у зазору је сродна рупичастој корозији, само што уместо рупица има зазоре. Између два конструкцијска елемента (процепа) настаје разлика у концентрацији електролита (најчешће кисеоника у електролиту). Корозија метала је обично већа на мање заштићеним местима у зазору где се два метала спајају. Други материјал може бити део истог или различитог метала, насlage песка, и сл. Назив за метал – метал зазора се обично назива корозија у зазору. Насlage корозије су термини који се понекад користе када неметални материјали створе зазор на површини метала. Ако је зазор створен на два различита метала или ако је талог проводљив (нпр. магнетит или графит), корозија зазора може бити појачана галванским ефектима. Корозија у зазору може бити узрокована и атмосферским појавама, нпр. задржавање воде, док се остатак површине исцеди и осуши.



Слика 2.9. Корозија у зазору

3. Методе заштите од корозије

Методе заштите од корозије су:

1. Заштита од корозије различитим превлакама.
2. Електрохемијске методе превлачења (анодна, катодна).
3. Конструкцијско техничке мере.
4. Заштита променом средине

3.1. Заштита од корозије различитим превлакама

Својства површинских слојева конструкционих метала често одређују њихову вредност јер они пресудно утичу на трајност у експлоатацији, а тиме и на економичност примене. Зато се посвећује све већа пажња заштите површина и технологијама заштите површина. Све више се технологије заштите површина означавају као кључне јер о њима увелико зависи и квалитет производа. На темељним физичким и хемијским законима процеса извршена је класификација поступака обраде површина. Темељна је подела на поступке превлачења и на поступке модификовања. Код поступака превлачења површински слој се ствара на полазној површини док код поступака модификовања површински слој настаје од полазне површине према унутрашњости метала.

3.1.1. Припрема површине метала

Припрема површине метала је главни предуслов за квалитетно превлачење. Пре сваке заштите потребно је са површине уклонити нечистоће као продукте корозије, масноће и друго. Нечистоће се уклањају поступцима чији карактер и редослед зависе од количине нечистоће, врсти превлаке и жељеном изгледу производа.

Поступци припреме површине пре заштитног превлачења су:

- механички,
- хемијски,
- електрохемијски,

А пре наношења превлака спроводе се и поступци **одмашћивања**.

Механичка обрада

Механичком обрадом се скидају корозиони продукти и она садржи следеће поступке:

- Брушење (грубо и фино), а спроводи се чврстим или еластичним покретима с абразивом или непрекидном траком с абразивом.
- Полирање, тј. уклањање неравнина заосталих након брушења спроводи се пастом или прахом за полирање.

- Обрада у бубњевима се спроводи за ситне предмете (неосетљиве на удар) уз ротирање с абразивом (кварцни песак).
- Четкање, тј. скидање разних корозијских продуката с површине метала четкама од металне жице (челик). При машинској обради се користе ротирајуће четке.
- Пескарењем се уклањају корозиони продукти, старе металне или неметалне превлаке и то у струји кварцног песка или у новије време у струји корунда с компримованим ваздухом (из млазница). Употребом корунда отклоњен је недостатак пескарења кварцним песком у смислу стварања за здравље опасне силикатне површине која изазива тешку болест дисајних органа, силикозу. Применом млаза воде којој је додат песак, механички се уклањају нечистоће, а смањује се и прашина у ваздуху.
- Сачмање, поступак сличан пескарењу, спроводи се млазом челичне сачме помоћу специјалних млазница.

Хемијска обрада

Хемијска обрада у растворима киселина служи за уклањање корозионих продуката и неорганских нечистоћа с површине метала.

Разликује се:

- киселинско декапирање (најчешће у растворима сумпорне или хлороводоничне киселине за гвожђе и челик, у растворима нитратне киселине за бакар)
- лужнато декапирање (у растворима нитратовог хидроксида).

Захтеви који се постављају као средства за хемијску обраду су брзо отапање корозионих продуката, ниска цена, неотровност, могућност регенерације, неиспарљивост и што мање отапање метала. Отапање метала се спречава додатком инхибитора корозије.

Електрохемијска обрада

Електрохемијска обрада укључује:

- електрохемијско нагризање,
- електрохемијско полирање.

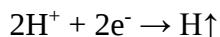
Електрохемијско нагризање је уклањање оксида и других продуката корозије с површине метала, уроњеног у електролит, једносмерном струјом. Може бити анодно и катодно.

Код анодног нагризања метал је спојен као анода. Корозијски продукти се уклањају с површине због отапања метала:



Добри резултати постижу се код предмета који немају веће избочине или удубљења због равномерније расподеле густине струје.

Код катодног нагризања метал је спојен као катода и налази се у раствору киселине. На металу се при катодном нагризању развија водоник:



који механички одстрањује оксиде с површине метала [1].

Електрохемијско нагризање се примењује у археологији при скидању продуката корозије и разних накупљења насталих током столећа на предметима потонулих бродова у мору.

Електрохемијско полирање је поступак при којем, за разлику од механичког полирања, не долази до промене металне структуре због топлоте ослобођене трењем. Метални делови које треба електрополирати спојени су као аноде у електролиту одређеног састава и концентрације. Најчешће се употребљава смеша H_3PO_4 и HClO_4 уз додатак H_2SO_4 и H_2CrO_4 . За катоду се употребљавају графит и олово.

Одмашћивање је потпуно уклањање масних материја с површине метала и неопходно је код припреме површине за квалитетно наношење превлака како би превлака добро приањала на металну површину.

Поступци превлачења су:

1. помоћу алкалних раствора,
2. помоћу органских растварача,
3. електрохемијско одмашћивање,
4. одмашћивање ултразвуком.

Одмашћивање алкалним растворима (5-10% NaOH , KOH , Na_2CO_3) спроводи се у уређајима за одмашћивање прскањем врућим алкалним раствором као и употребом индустријских детерџената. Алуминијум, цинк и њихове легуре не смеју се одмашћивати у алкалним растворима јер се у њима отапају. То исто важи и за неметалне материјале.

Одмашћивање органским растворима спроводи се прскањем раствора по предмету, урањањем или излагањем пари раствора. Запаљиви су раствори деривата, нафте, бензина, а незапаљиви су трихлороетилен и тетрачлороугљеник (али су токсични).

Електрохемијско одмашћивање може бити катодно, анодно или комбинирано. Катодно одмашћивање се спроводи у кади с алкалним растворима електролита у којој су предмети, које треба одмастити, спојени као катоду. Аноде су од челика или никла, који су стабилни у алкалним растворима. Процесом електролизе на катоди се излучује водоник који механички одваја масноћу с површине метала. Мехурићи водоника односе са собом честице уља које се касније у алкалном раствору емулгирају.

Анодно одмашћивање је слабије па се спроводи ређе. Наиме, кисеоник који се тим поступком издваја на аноди, слабије од водоника одваја масноћу са површине. За електрохемијско одмашћивање употребљавају се челичне посуде које се спајају као протуелектроде.

Одмашћивање ултразвуком је завршни поступак након грубог одмашћивања. Извор ултразвука је високофреквентни генератор који даје високу фреквенцију. Ултразвук се шири из извора кроз раствор и на уроњеном предмету изазива велике привлачне и затезне силе које одвајају масноће од предмета. Поступак је скуп, али врло делотворан.

3.1.2. Металне превлаке

Металне превлаке наносе се на површину другог метала не само због заштите од корозије већ и промене неких физичко-механичких својстава површине као тврдоће, отпорности, електричне проводљивости, декоративности и др. Метали као заштитне превлаке имају своје предности и недостатке. Предности су омогућавање високе електричне и топлотне проводљивости, спајања метала лемљењем те постојаност у смислу оштећења. Недостатак је тешко надоместање у случају оштећености. Према заштитним својствима металне превлаке се могу поделити на анодне и катодне.

Катодне превлаке имају позитивнији електродни потенцијал од електродног потенцијала метала који се заштићује. Пример су превлаке злата, сребра, никла, хрома, олова на угљиничном и нисколегираном челику. Катодне превлаке заштићују метал механички, одвајајући га од агресивне средине и добре су само уколико су потпуно компактне. Порозне катодне превлаке нису сигурна заштита јер настају микрочланци. Комбинацијом велике катодне површине и микроскопски малих анодних површина долази до концентрације корозионих продуката на основном металу. Пример је челик превучен хромом.

Корозиони продукти могу затворити поре и тако смањити електричну проводљивост електролита у порама. Порозне катодне превлаке могу штитити метал само у одређеним условима на начин да га преведу из активног у пасивно стање (анодна поларизација – пасивирање метала).

Анодне превлаке имају негативнији електродни потенцијал од електродног потенцијала метала који се заштићује. Пример су превлаке цинка на угљеничном челику. Анодне превлаке заштићују основни метал од корозије не само механички већ и електрохемијски. Механизам заштите је једнак механизму катодне заштите анодним протектором. Корозија основног метала престаје при успостављању потенцијала који је негативнији од равнотежног потенцијала основног метала. Пример су превлаке цинка на челику где се у порама не отапа основни метал него анодна превлака.

3.1.3. Аногранске неметалне превлаке

Аногранске неметалне превлаке су механичким или хемијским путем настали филмови или слојеви одговарајућег хемијског слоја на површини метала. Аногранске превлаке добијене механичким путем слабије пријањају за основни метал. Механичким путем се добијају превлаке од емајла.

Емајлирање је поступак превлачења метала специјалним врстама стакла (емајла). Метали за емајлирање обично се примењују на уобичаен начин иако се у неким случајевима користе посебне методе. Емајлирана каша наноси се на метал урањањем, превлачењем или прскањем. Оне служе у декоративне и заштитне сврхе и могу се наносити на све метале, али се најчешће емајлирају предмети челичних лимова. Процес се састоји у томе да се на припремљену металну површину нанесе слој млевеног стакла који се печењем фиксира. Емајли су алкалијско – боросиликатна стакла, којима су због постизања одређених карактеристика превлаке додати други слојеви. Хемијска својства

емајла првенствено су значајна за готово све примене емајлираних метала. Од стакласте превлаке се тражи да буде отпорна према различитим утицајима (киселинама, алкалима) што се постиже модификовањем њеног састава. Емајлирањем се добијају лепе и глатке превлаке које у различитим околностима изврсно штите метал. Превлаке од емајла врло су прикладне за заштиту метала од корозије у јако агресивним срединама, а емајлирају се најчешће кухињско посуђе каде, умиваоници, судопере, делови штедњака, пећи, хладњаци и бојлери и др.

Хемијским путем добијене превлаке могу и обојити метал. Заштићени метали добијају овим поступком другу боју која је резултат хемијске реакције између метала и компонената саме околине. На тај начин настаје вештачки изазвана корозија јер се стварају превлаке корозионих продуката које делују заштитно. Постоје три темељна поступка за добијање хемијских превлака: термички, хемијски и електрохемијски. Сви ови поступци имају за циљ стварање слоја на чистој површини метала који је постојан на утицаје околине и који спречава непосредно деловање агресивне средине на основни метал. Најчешће аноrganске превлаке су оксидне и фосфатне превлаке.

3.1.4 Органске превлаке

Заштита металних површина органским превлакама један је од најраспрострањенијих поступака у техници. Чак $\frac{3}{4}$ укупних металних површина заштићено је органским превлакама. Органским превлакама се сматрају све оне превлаке које чини компактна органска једињења. Такви се спојеви добијају наношењем премазних средстава (бојењем и лакирањем), уобичајеним подмазивањем (превлачењем пластичним масама), гранулирањем и битуменизирањем.

Боје и лакови

Изрази боје и лакови користе се и за премазна средства и за готове превлаке настале њиховим сушењем. Боје и лакови су органска течна заштитна средства која након сушења стварају на површини метала од спољне средине и на тај начин је штите од корозије. Оне се називају премазима.

Боје су органска заштитна средства која садрже везива и пигмент уз евентуални додатак растварача. Оне дају релативно меке и не нарочито глатке заштитне слојеве.

Лакови су пигментовани или непигментовани раствори везива у органским растворима које дају релативно тврде и глатке заштитне слојеве. Пигментовани лакови називају се лак – бојама.

Основни састојци органских премаза су:

- везива,
- пигменти,
- растварачи.

Везива

Везива су органске материје у течном или прашкастом стању које повезују све компоненте премазног средства, а након наношења стварају тврди заштитни слој. По саставу могу бити разне смеше на основу сушивих уља, као и природне и вештачке смоле.

Пигменти

Пигменти су природне или вештачке прашкасте материје најчешће неорганског порекла, које се не отапају у везиву и заштитном слоју дају боју. Улога пигмената је да премазе учине непрозирним, да повећају механичка и заштитна својства премаза, њихову хемијску и термичку постојаност и да побољшају рефлексију светлости, а тиме смање загревање и фотодеструкцију. Заштитно деловање пигмената може бити пасивизирајуће, инхибиторско, неутрализујуће и деловање катодном заштитом. Пасивизирајуће деловање на метал имају пигменти оксидирајућих састава а који на металној површини стварају пасивни оксидни слој. Такво деловање на гвожђе имају олово-оксид (Pb_3O_4) и олово-хромат ($PbCrO_4$).

Инхибиторско деловање је на основу реакције између пигмената и везива или између пигмената и околине при чему настаје инхибитор корозије.

Неутрално деловање је на основу алкалним својствима пигмената који неутралишу киселину из околине.

Катодну заштиту омогућују само метални пигменти чији је електродни потенцијал негативнији од потенцијала метала који се штити.

Растварачи

Растварачи (разређивачи) су органска једињења у којима се везиво раствара, али притом не долази до хемијских промена. Употребљавају се за постизање одређене вискозности заштитних средстава, тако да се растварачи могу лако нанети на металну подлогу. Најзначајнији растварачи су неки ароматски угљиководици (толуен, бензини) и јефтини алкохоли. Након наношења премазног средства на подлогу, растварачи испаравају, а нанесени слој се на подлози суши стварајући чврсту превлаку. При избору растварача треба имати на уму правило “СЛИЧНО СЕ РАСТВОРА СЛИЧНИМ”. Примена неодговарајућих растварача има за последицу добијање некавалитетних премаза.

Органске превлаке за привремену заштиту

Привремена заштита од корозије за разлику од трајне заштите обухвата делотворну заштиту углавном од атмосферске корозије различитог времена трајања. Привремена заштита може бити предвиђена на време од неколико дана или недеља па и до неколико година. Често се привремена заштита назива “конзервирањем”, а значајно је да се лако уклања. За привремену заштиту при транспорту или складиштењу користе се органске превлаке које не пропуштају влагу као заштитна уља, масти, воскови и флуиди, термопластичне масе.

Заштитна уља су високомолекуларна уља којима одређени адитиви побољшавају заштитна својства.

Заштитне масти су вазелини, битумени, и конзистентне масти за подмазивање које садрже антикорозивне адитиве.

Заштитни воскови се састоје од естера високомолекулних органских киселина са вишим алкохолим. Они садрже у малим количинама још и слободне киселине, слободне алкоhole и често засићене угљоводонике (парафине). Као средства за заштиту од корозије воскови се углавном користе у облику топљивих продуката (флуида).

Заштитни флуиди су раствори или суспензије уља, масноћа или воска у алифатским угљоводонцима или у хлорисаним угљоводонцима. Заштитним флуидима се додају инхибитори корозије, а конзистенција им се креће од гела до течног раствора који се при собној температури распрши. За средства уљног типа заштите трају до неколико месеци, док заштитни флуиди и до 2 до 3 године.

Термопластична маса се примењује за дуготрајну заштиту резервних делова и алата једноставне конструкције. На површини се ствара чврсти заштитни слој непропустљив за влагу и гасове. Најчешће се користе етери и естери целулозе којима се додају воскови, омекшивачи и инхибирана уља. Предмети се краткотрајно урађају у масу загријену на 160 °C у трајању (3-5)s, а дебљина добијеног слоја износи (1-2)mm. Пре употребе заштићени предмети се ослобађају заштите једноставним зарезивањем заштитног слоја дрвеним ножем и одвајањем слоја од предмета.

Избор одговарајуће заштите материјала зависи од много услова: од врсте објекта, материјала, намене и условима у којима се налази. Правилан одабир заштите важан је као и избор самог материјала јер од њега зависи трајност, економичност и изглед конструкције.

3.2. Електрохемијске методе превлачења (анода, катода)

Основе електрохемијске заштите поставио је 1824. године Сир Хумпхру Даву, који је употребио цинк као заштиту бакарних оклопа на дрвеним труповима ратних бродова у морској води. Данас се електрохемијска заштита користи као заштита металних конструкција које нису лако приступачне за одржавање заштите премазима као што су нпр. цевоводи (водоводи и нафтоводи), каблови, бродови, резервоари, и различити уређаји у хемијској индустрији и рударству. Управо због могућности настанка корозије користимо анодну и катодну заштиту да би спречило оштећење материјала.

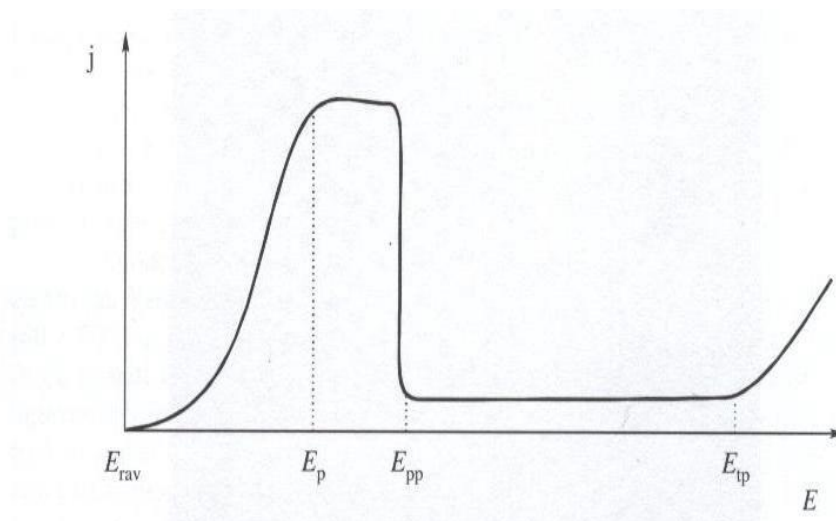
3.2.1. Анодна заштита од корозије

Анодном поларизацијом метала који се могу пасивирати постиже се њихова заштита од корозије, тзв. анодна заштита. У неким је саставима анодна заштита смањила брзину корозије чак 100000 пута. Успркос добрим карактеристикама анодна се заштита због својих ограничења с обзиром на склоност пасивизацији и скупе инсталације не употребљава често.

Слично катодној заштити и анодна се заштита метала спроводи на два начина:

1. извором једносмерне струје (спајањем с позитивним полом једносмерне струје)
2. протектором (спајањем с електропозитивнијим металом).

Извором једносмерне струје (спајањем с позитивним полом једносмерне струје) Анодна заштита делује у ограниченom подручју потенцијала само између ($E_{pp} \rightarrow E_{tp}$), па је при примени анодне заштите најзначајније одређивање подручја потенцијала у којем се метал налази баш у том пасивном подручју. Преко спољњег извора једносмерне струје анодном поларизацијом смањује се корозија метала одржавањем у подручју пасивирања. Слика 3.1 приказује анодну поларизацију метала с јасно видљивим подручјем пасивности метала карактеристичним изразито малим струјама.



Слика 3.1. Крива анодне поларизације[7]

j-густина струје; E_{rav} -равнотежни потенцијал; E_p - потенцијал почетка пасивирања; E_{pp} -потенцијал потпуног пасивирања; E_{tp} -потенцијал транспасивирања

Да би се избегло непожељно померање анодно заштићеног метала у активно или транспасивно подручје, при анодној заштити користе се потенцијалстатисти, уређаји који аутоматски одржавају задати потенцијал (потпуног пасивирања). Анодна заштита није делотворна у присуству хлорида у електролиту јер они спречавају стварање компактног пасивног филма и доводе до тачкасте корозије (pitting corrosion).

Протектором (спајањем с електропозитивнијим металом)

Заштита метала протектором постиже се спајањем с металом чији је потенцијал позитивнији од потенцијала метала који се заштићује. Електропозитивнији метал назива се катодним протектором. Заштита се остварује уколико је потенцијал катодног протектора позитивнији од потенцијала пасивирања метала. За челик се користе племенити метали као што су (платина, сребро, бакар) или графит као катодни протектори. Да би се анода заштитила уз катодни протектор који је позитивнији,

морамо корозијски потенцијал довести у подручје пасивног стања. Уз то се лабораторијски мере густина струје и подручје пасивације у зависности од услова корозијске средине (рН, температура, састав и концентрација, брзина струјања електролита итд.)

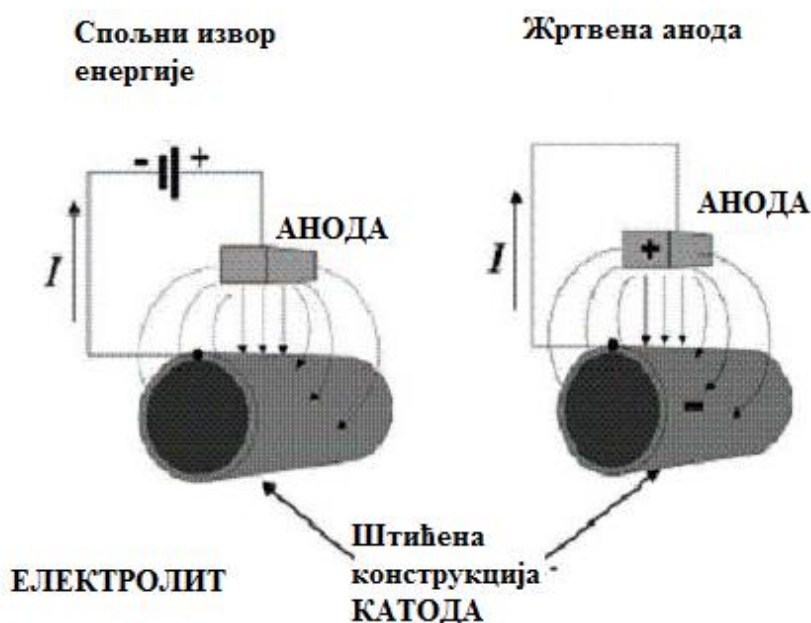
3.2.2. Катодна заштита од корозије

Катодна заштита је једна од најзначајнијих метода заштите од корозије у електролитима. Заснива се на успоравању корозије катодном поларизацијом метала, тј. помаком електрохемијског потенцијала метала према негативном смеру.

Две најважније методе у пракси су:

1. Катодна заштита у којој је заштићени предмет катодно поларизован деловањем спољњег извора једносмерне струје
2. катодна заштита у којој се катодна поларизација остварује контактом заштићеног метала с неплеменитијим металом – "жртвеном анодом" (протектором) (слика 3.2).

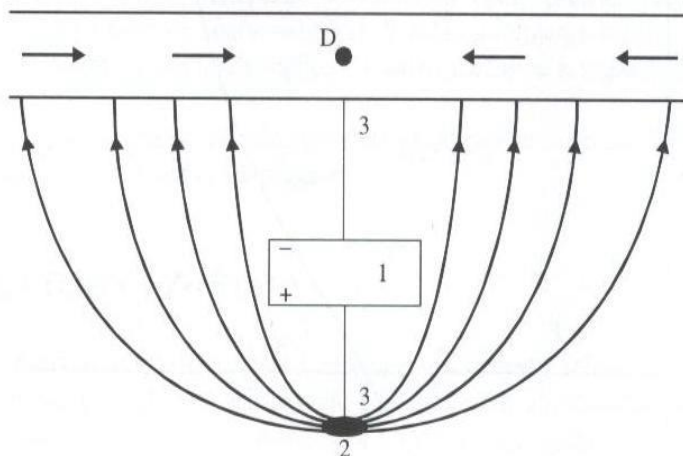
Механизам катодне заштите метала заснива се на електрохемијским реакцијама корозије: анодном растварању метала и катодним реакцијама редукције (H^+ или O_2).



Слика 3.2. Катодна заштита метала

Катодна заштита уз спољни извор струје

Катодном заштитом уз спољни извор струје заштићују се металне конструкције у тлу, морској води и другим влажним срединама. Станица катодне заштите је скуп уређаја који садржи: извор једносмерне струје, анодно уземљење и кабл (сл. 3.3).

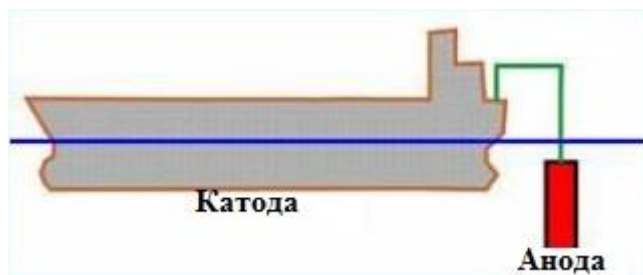


Слика 3.3. Шема катодне заштите једносмерном струјом
1-анодно уземљење; 2-каблови; 3-тачка дренаже [6]

Преко једносмерног извора струје жицама струја долази до анодног уземљења, а затим улази у тло. Из тла струја улази у конструкцијски метал на местима где је оштећена изолација те иде кроз метал до тачке дренаже (место прикључка спољњег извора струје на објекат који се штити), враћа се до негативног пола извора струје. Најзначајније део, анода од које зависи њихова трајност је постојаност материјала према електрохемијском отапању током рада станице катодне заштите. Користе се инертне платинске аноде које су јако скупе, затим аноде од титана, никла и тантала. Графитне електроде су инертне, али се механички троше (ломе се) па се зато импрегнирају ланеним уљем. Век трајања анода је између 10 и 20 година, али се због ниске цене користе и аноде од старог гвожђа које су краћег века трајања због прекида у маси метала услед неравномерне корозије.

Катодна заштита протектором ("жртвеном анодом")

За разлику од катодне заштите помоћу извора једносмерне струје где је заштитни потенцијал осигуран из спољњег извора струје, код заштите протектором сама конструкција (предмет који штити – протектор) представља извор струје. Катода тог предмета је предмет који се штити, а анода жртвени метал – анодни протектор (метал негативнијег потенцијала). Електроде су кратко спојене и налазе се у електролиту. Спајањем два метала различитих електропотенцијала који се налазе у електролиту, између њих протиче струја баш због те разлике. Метал с електропозитивнијим потенцијалом се поларизује катодно, а електронегативнији анодно. Уређај за заштиту садржи анодни протектор уграђен на одређеној удаљености од објекта који се штити, те жице и мерни елемент за контролу заштите.



Слика 3.4. Шема катодне заштите протектором

Протектори се постављају појединачно или у групама и то због смањења отпора што ближе објекту који се штити. У воденом окружењу постављају се директно на конструкцију (заваривањем, лемљењем или помоћу завртња), а у тлу се постављају на удаљености 3 до 4 метра од објекта и на дубини 2 до 4 метра. Жртвене аноде које се користе се од магнезијума, алуминијума, цинкаитд. Што је разлика електропотенцијала мања површина протектора треба бити већа.

Предности ове методе:

- независност од извора енергије,
- једнакост уградње,
- не пречесто контролисање,
- незнатни утицај на суседне конструкције.

Недостаци методе су:

- неповратни губитак материјала аноде и потреба за повременим мењањем,
- загађивање околине од стране продуката корозије анода,
- непримењеност у срединама с већим отпором,
- релативно мале заштитне струје.

3.3. Конструкционе и технолошке мере

Обликовање материјала, од конструисања до израде појединих делова и сложених производа, меродавно је за унутрашње факторе оштећења, па и корозије. Према томе, од обликовања увелико зависе врста, облик, интензивност и ток корозије и то поготово ако обликовање делује и на спољашње факторе оштећења, што је у пракси чест случај. За илустрацију довољно је навести утицај топлотне изолације на температуру површине појединих елемената. Не само што се тиче функционалности, естетског изгледа и цене него и трајности производа велика одговорност је на конструкторима и технолозима.

Корозију је могуће успорити или чак спречити различитим конструкцијским и технолошким мерама.

Конструктор одређује конструкционе материјале, обавља механичке, и друге прорачуне на основу захтева који се постављају на производ у експлоатацији, утврђује димензије, облик и положај елемената, прописује толеранције и квалитет површина, а даје и основне захтеве за технолошки процес израде, укључујући термичку обраду и површинску заштиту.

Технолог осигурава остварење замисли конструктора детаљно разрађујући поступке израде (нпр. ливљење, ковање, пресовање, глодање, каљење, брушење, полирање, хромирање итд.), што обухвата и унутрашњи транспорт предмета те спајање и склапање делова у сложене производе. Често технолог својим оправданим примедбама утиче на замисао конструктора или бар на поједина решења јер ни савремена технологија израде није у стању да осигура велики квалитет производа на економичан начин.

Конструктор у својој делатности мора водити рачуна корозионом оптерећењу производа сарађујући притом с технологом.

Смернице за заштиту од корозије су:

- при избору конструкционог материјала, односно комбинације таквих материјала, треба обратити пажњу на корозионо понашање у привидним околностима,
- при димензионисању елемената треба узети у обзир опште и локално смањење димензија због корозије у току века трајања,
- при одређивању облика и положаја појединог елемента, односно међусобног положаја и начина спајања два или више елемената, бирати решења која, смањују афинитет корозије, повећавају отпоре његовим деловањем или пак олакшавају примену заштитних поступака,
- при утврђивању квалитета површине користити што је могуће равније плоче које ће бити у додиру с врло корозивним срединама.

Као конструкционе материјале увек треба бирати метале и неметале који су отпорнији не поједине корозионе утицаје. Конструкционим се мерама спречава рецимо галванска корозија у електролитима тако да се поставе изолациони уметци између металних делова различите племенитости. На сличан се начин прекидом струјног кола спречава штетно деловање лутајућих струја на подземне цевоводе.

3.4. Заштита материјала променама средине

Заштита конструкционих материјала променама средине спроводи се мењањем спољњих чиниоца процеса оштећења, тј. састава медија и физичких величина наметнутих споља саставу материјала. У случају заштите од корозије то се обавља:

- потпуном заменом материјала,
- променама концентрације, парцијалног притиска, односно удела појединих састојака у медију и то најчешће уклањањем корозивног састојка или додавањем инхибитора корозије,
- променама физичких величина као што су температура, релативна брзина кретања између материјала и медија, електродни потенцијал и механичка напрезања.

3.4.1. Инхибитори корозије

Инхибитори корозије су материје органског или неорганског порекла које у врло малим концентрацијама онемогућују корозионе процесе. Инхибитори се користе за успорење корозије у електролитима, а кад кад и у угљоводоничним течностима.

Инхибитори већином делују селективно, тј. само у одређеним системима метал/електролит, а на ниво инхибиције битно утиче њихова концентрација, рН-вредност раствора и температура. Инхибиција је посебно прикладна за заштиту постројења са потпуно кружним током електролита, али се често исплати и у постројењима с деломично кружним, а понекад чак и с проточним током. У затвореном се систему инхибитор, као негативни катализатор, не троши.

3.4.2. Подела инхибитора

По саставу инхибиторе можемо поделити на органске и неорганске, а према начину деловања на анодне, катодне и мешовите (комбинација анодно-катодна), према томе да ли успоравају јонизацију метала (анодну реакцију) или деполаризацију (редукцију оксиданса, катодну реакцију) или оба спонтана процеса.

Анодни инхибитори

Најважнији су анодни инхибитори пасиватори, тј. раствори (обично натријумови или калијумови), соли оксидативних анјона, какви су хромати, CrO_4^{2-} , нитрати NO_3^- , ванадати VO_3^- који у растворима с рН 5-9 преводе Fe, Ni, CO и њихове легуре у пасивном стању. Такви инхибитори често се називају “опаснима” због тога што уз недовољну концентрацију не пасивирају читаву металну површину приметно смањујући анодну и повећавајући катодну површину, што изазива јамичасту корозију. Осим пасиватора међу анодне инхибиторе се убрајају и тзв. таложни инхибитори који с јонима конструкционог метала, насталим на локалним анодама, дају слојеве нетопљивих корозионих продуката. Активни су део таквих инхибитора анјони OH^- , HPO_4^{2-} , они који хидролизом стварају OH^- , тј. CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-} , итд., таложећи металне хидроксиде, оксиде, фосфате и смеше хидроксида са солима (тзв. базичне соли као што је цинков базични сулфат). Будући да споменути анјони нису оксиданси, они делују само уз неки оксиданс у раствору, а то је најчешће кисеоник апсорбован из ваздуха. На тај начин инхибирају угљенични челик, Zn, Cd, Ni, Pb, Al, Mg и њихове легуре у слабо киселим неутралним и слабоалкалним растворима.

Катодни инхибитори

Катодни инхибитори успоравају катодну реакцију повишењем активацијског пренапона или делују као таложни инхибитори стварајући на локалним катодама нетопљиве продукте. При штедном нагризању и киселинском чишћењу топлотних постројења и уређуја примењују се често инхибитори који повећавају пренапон редукције H^+ и излучивање водоника (нпр. супстанце As, Sb, Sn и Bi те органски супстанцама са двовалентним S као што је трикарбид). Неки од тих инхибитора повећавају опасност од водоникове болести челика јер употребљавају конверзију 2 H у H_2 . У слабо киселим, неутралним и слабо алкалним растворима у којима је катодна реакција корозијског процеса редукција кисеоника апсорбираног из ваздуха (кисеоникова деполаризација) користе се катодни таложни инхибитори. Активни су део таквих инхибитора катјони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} итд., а додају се у облику топљивих некорозних супстанци тих метала (нпр. сулфата и хидрогенкарбоната).

Мешовити (катодно-анодни) инхибитори

Мешовити инхибитори имају двоструко деловање, истовремено инхибирају и анодно и катодно (успостављају анодно-катодну реакцију). То су најчешће органска једињења која се адсорбоју на металну површину, стварајући супстанце у облику заштитних филмова, па се често називају и адсорциони инхибитори. Најпознатији су желатина, агар-агар, скроб, танин, К-глукоген. У ову групу инхибитора спадају и деривати ацетилена, соли органских киселина, супстанце с азотом (амини) и њихове соли (нитрати) једињења са сумпором, сулфиди. Делотворност ових инхибитора зависи и од величине и од врсте металне површине на коју су адсорбовани, саставу, од природе функционалних група.

Испариви инхибитори

Посебно треба споменути испариве инхибиторе корозије или инхибиторе у парној фази који штите метале од атмосферске корозије. То су органске материје у чврстом стању које имају довољно висок притисак паре, да би сублимацијом учиниле некорозивним околни ваздух или неки други гас. Тај се притисак креће од 0,01 до 100Pa, што омогућује адсорпцију инхибитора у влажном кондензату или адсорбату на металу тако да ваздух унутар омота не треба сушити. Испариви инхибитори служе и за заштиту од корозије у различитим кондензаторима јер испаравају заједно с врелим течностима (с водом и органским растворима). На тај начин се штите кондензатори парних котлова, дестилацијских и расхладних уређаја. Испариви су инхибитори амини и њихове соли с инхибиторским анјонима и то нитратима, бензоатима, карбоксилатима или карбонатима. Међу њима су нпр. дициклохексиламинов нитрит и карбонитрат, циклохексиламинов бензоат, диетаноламин. Нитрити дају врло висок фактор успорења корозије на челику, Al, Ni и Cr, али убрзавају корозију Cu легура. Слично делује смеша амина и NaNO_2 која хемијском реакцијом даје испариви инхибитор амонијум нитрит NH_4NO_2 . Испариви инхибитори се примењују у облику праха или се алкохолним раствором натапају папири, односно порозне материје.

3.4.3. Успешност инхибиције

Успешност инхибиције изражава се фактором успоравања (ретардације) f_u дефинисаним према следећој једначини [2]:

$$f_u = \frac{(v_{kor})_{ni}}{(v_{kor})_i},$$

односно ступањем инхибиције η_i једнаким једначини:

$$\eta_i = \frac{[(v_{kor})_{ni} - (v_{kor})_i] * 100\%}{(v_{kor})_{ni}},$$

где је $(v_{kor})_{ni}$ брзина корозије у неинхибираном медију, а $(v_{kor})_i$ брзина корозије у инхибираном медију. Фактори успорења обично износе 5-50, што одговара степену инхибиције између (80 и 98)%[. Концентрације инхибитора у електролитима креће се од 0,1 до 10 g·L⁻¹.

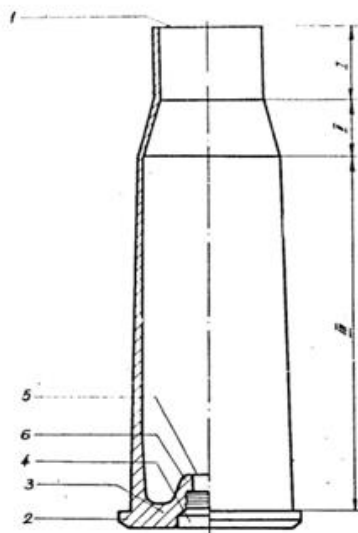
4. Корозија и заштита чауре артиљеријског метка

Чаура је намењена за смештај барутног пуњења и топовске каписле. Осим тога, чаура осигурава заптивање барутне коморе, не допуштајући притом продирање барутних гасова између спољне површине и зидова коморе цеви. Чаура истовремено омогућава лако и брзо пуњење оруђа, као и заштиту барутног пуњења од штетних спољних утицаја.

По облику, чаура је прилагођена барутној комори цеви и конструкцијом својствима затварача. Разликујемо углавном:

- чауре за сједињене метке;
- чауре за полусједињене метке, и
- чауре за дводелне метке.

Делови чауре сједињеног метка приказани су на слици 4.1.: грлић, плашт и данце. Отвор чауре означава се као "уста" чауре. Плашт чауре је конусан и идући од уста ка данцету све дебљи. На плашту чауре разликујемо: конусни део (II) и тело плашта (III). Данце чауре је масивно, а на њему разликујемо: "звоно" у коме је лежиште каписле и отвор за пролаз пламена; венац (или обод). Венац служи као граничник дубине заложјења чауре у цев, као и за избацивање чауре из цеви. Лежиште каписле може бити с навојем или без навоја што зависи од конструкције.



Слика 4.1. Чаура сједињеног артиљеријског метка

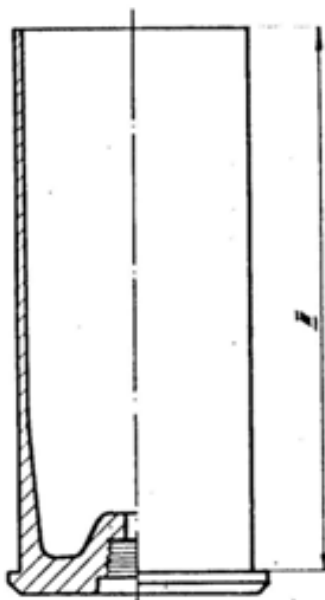
I-грлић чауре; II-конусни део плашта; III-плашт чауре;

1- уста чауре; 2-обод (венац); 3-дно; 4- лежиште каписле; 5-отвор за прелаз пламена; 6-звоно [2]

За полусједињене и дводелне метке чаура (сл. 4.2) је иста са чауром сједињеног, с тим што нема конусни део плашта и грлић. Чауре за нека полуаутоматска оруђа уместо венца имају жлеб који захвата избацивач на оруђу.

Чауре са конусним делом најчешће се користе за противавионску, противоклопну и стрељачку муницију, док се чауре без конусног дела користе за хаубичку муницију.

Код метака за нека бестрзајна оруђа чауре на плашту имају отворе за истицање барутних гасова. Омотач који с унутрашње стране покрива отворе на чаури и који служи да штити барутно пуњење од испадања, израђује се од лако сагорљивог материјала.



Слика 4.2. Чаура полусједињеног и дводелног артиљеријског метка (III плашт чауре)

Чаура израђује хладним извлачењем из једног комада, од месинга или нискоугљеничног челика. У оба случаја полазни облик материјала за артиљеријске чауре је рондела. За чауре стрељачке муниције полазни облик материјала може бити рондела или шипка.

У новије време све се више прибегава да се артиљеријске чауре израђују од сагорљивих материјала и након опаљења метка нема никаквих остатака. Сагорљиве чауре имале би велику предност у односу на металне, нарочито код муниције за куполна оруђа. Металне чауре после опаљења и пражњења испуштају велике количине заосталих гасова и ометају рад послуге оруђа. Оптерећење за посаду представља рад на сакупљању и транспорту испаљених чаура.

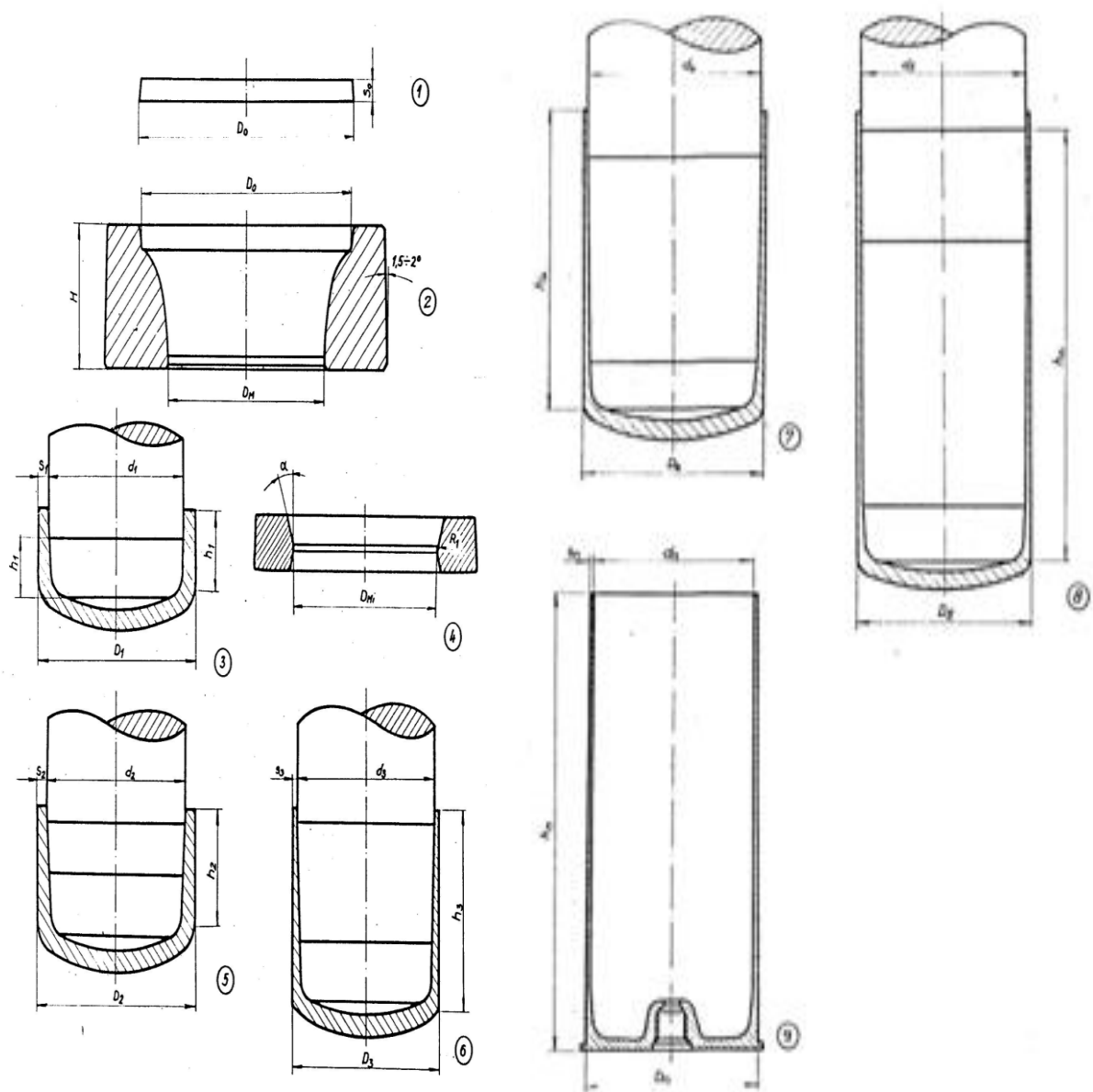
У развоју потпуно сагорљивих чаура још није нађено практично решење. Бољи резултати, за сада постигнути су на изради чаура с металним дном и плаштом од сагорљивог материјала, тзв. полусагорљивих чаура. Полусагорљиве чауре данас се већ израђују за многа савремена оруђа. Век складиштења им је веома кратак (5-10 г).

Највећу примену, као метод рада, имају дубоко извлачење и пресовање, а месинг и челик су најчешће коришћени материјали.

Месинг и челик су материјали од којих се дубоким извлачењем, пресовањем и одговарајућом термичком обрадом могу добити чауре захтеваног квалитета.

Број операција извлачења чауре из једног комада зависи од дужине чауре, а број операција пресовања дна зависи од дебљине и облика дна. Калибар чауре скоро и нема утицај на број и редослед операција израде. Тако је, нпр. број и редослед операција за израду месинганих чаура 76mm и 20mm скоро исти. У производњи ових чаура користи се по 5 извлачења и по два пресовања дна с истим бројем помоћних међуоперација, као што су скраћивање, одмашћивање, жарење, нагризање и прање.

На слици 4.3 представљене су све фазе извлачења једне артиљеријске чауре средњег калибра, с припадајућим алатима за поједине фазе.



Слика 4.3. Фазе извлачења артиљеријске чауре са профилима извлачења
1-рондела; 2-матрица за извлачење чауре; 3-чанче за извлачење; 4-облик
матрице за II и наредна извлачење; 5-II извлачење; 6-III извлачење; 7-IV извлачење; 8-V
извлачење; 9-готова чаура[3]

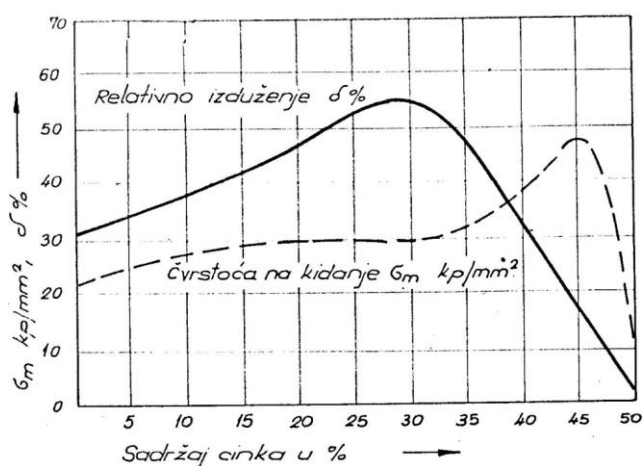
4.1. Материјал за чауру

Као што је претходно већ речено чауре се могу израђивати од:

1. месинга или
2. нискоугљеничних челика.

4.1.1. Месинг

Месинг за чауре је легура бакра и цинка. Механичка својства углавном зависе од садржаја цинка, као што је показано на дијаграму слике 4.4.



Слика 4.4. Зависност механичких својстава месинга од садржаја цинка [3]

На дијаграму видимо да највеће истезање има месинг са 30% цинка, а највећу чврстоћу на кидање има месинг са 45% цинка.

Испитивањем је утврђено да проценат цинка у месингу има значајан утицај на прскање чауре због заосталих унутрашњих напрезања. Месинг, с већим процентом цинка је склонији пуцању.

Због услова које чаура треба да испуни приликом опаљења, као и због технолошких потреба (месинг мора бити погодан за извлачење). За чауре најбоље се показао месинг који је у односу са 28-32% цинка и 68-72% бакра.

Зависно од састава легуре месинга са 68-72% бакра варирају и механичка својства истог и то:

$$\sigma_m = 30-35 kP/mm^2, \delta = 45-60\%, HB = 45-55$$

Поред цинка на квалитет месинга утичу неизбежне примесе као што су:

- олово (Pb), које у количини већој од 0,03% снижава пластичност;
- гвожђе (Fe), које у количини већој од 0,05% такође снижава пластичност и изазива кртост;
- сумпор (S), изазива мехуре при ливењу већ у количини већој од 0,002%;
- бизмут (Bi), у количини већој од 0,002% изазива кртост месинга и у хладном и у топлом стању.

Укупан задржај примеса додат месингу сме износити највише 0, 15%.

Поред ових примеса које прате месинг, ради повећања корозионе стабилности, месингу се могу додавати разни додаци, као на пример алуминијум, силицијум и др.

Топљење месинга врши се у индукционим пећима. Температура топљења месинга је око 960°C, а ливења 1120-1140°C. Ливење месинга врши се у металне кокиле чији се зидови хладе проточном водом. Охлађена месингана плоча се површински чисти, загрева на температуру 840-860°C и подвргава топлом ваљању у траке одређених димензија. Месингане траке се по ваљању хладе до пуне рекристализације. После тога се траке хладне ваљају због побољшања технолошких карактеристика и калибрирају на дебљину коју морају имати ронделе. Степен редукције дебљине месинганих трака при хладном ваљању треба да је око 30%, тј.

$$\varepsilon_h = \frac{h_0 - h}{h_0} 100 \approx 30\%,$$

где је:

h_0 (mm) - дебљина траке пре ваљања,

h (mm) - дебљина траке после ваљања.

Најчешћи недостатак ливења која се примећује при исецању ронделе је мехур који се појављује у виду расцепа ако се поклапа с линијом исецања.

Употребљивост месинга са 68 - 72% бакра за чауре не зависи само од састава и механичких карактеристикама месинга него и од његове структуре. Структура треба да је ситнозрнаста. Крупнозрнаста структура даје при извлачењу храпаву површину, нарочито на јаче деформисаним местима. Поред незгода при извлачењу, крупнозрнасти месинг може прскати сам од себе чак и у хладном стању.

При извлачењу месинга са 68% Cu, у зависности од броја зрна добијени су[2]:

Број зрна на 1 mm²

Резултат:

900	чиста глатка површина
600	незнатна храпавост
150	храпава површина
100	при извлачењу настај кидане

Према добијеним резултатима, површина извлачења је чистија и са мањом храпавости, уколико је структура месинга ситнозрнастија. Такође треба напоменути да истовремено са ситнозрнастом структуром месинг постаје тврђи, а да би се добила чаура захтевног квалитета мора се водити рачуна о оба ова фактора.

У табели се дају зависност између величине зрна и тврдоће:

Величина зрна mm	Тврдоћа НВ
0,150	47
0,098	50
0,058	55
0,044	60
0,034	65
0,029	69

Практични резултати датих испитивања извлачења показали су да за дубоко извлачење треба користити месинг са средњим пречником зрна (0,045 - 0,090)mm.[1]

Месинг не стари, али је осетљив на корозију под дејством унутрашњег напрезања. Унутрашња напрезања, под утицајем хемијских продуката из атмосфере, изазивају у извученом месингу прскање.

Уста чауре код сједињеног метка изложена су напрезању због увлачења зрна у чауру. Пошто ово напрезање изазива корозију, а при дужем чувању може бити и узрок прскања чауре, уста чауре се одгревају.

Прскање чауре може се десити на дну и осталим деловима који су претрпели неке деформације, ако су у материјалу заостала већа унутрашња напрезања.

4.1.2. Челик за производњу чауре

Усвајање производње чаура од челика имало је много потешкоћа. Пре свега требало је наћи челик који се може дубоко извлачити и од кога се могу добити чауре које ће задовољити техничке захтеве - и на крају челик који се може прерађивати на истој опреми на којој се производе месингане чауре. Даљи проблем у освајању производње челичних чаура био је мазиво. Наиме, сва мазива која су се користила код извлачења месинганих чаура, нису давала задовољавајуће резултате код извлачења челичних чаура. Проблем подмазивања у току извлачења челичних чаура успешно је решен тек усавршавањем поступка фосфатирања.

Пошто материјали коморе оруђа и челичне чауре имају приближно једнак модул еластичности $E=21.500\text{MPa}$ постоји тенденција лепљења челичне чауре за зидове коморе приликом опаљења. Тај недостатак отклоњен је увођењем операције каљења челичних чаура, чиме се повећавају границе еластичности, али се тиме компликује поступак производње.

За производњу чаура користе се високо квалитетни ниско угљенични челици приближно следећег састава:

- угљеник	0,14 - 0,25%
- манган	0,30 - 0,60%
- хром	- 0,15%
- никл	- 0,35%

с максимално дозвољеним примесама:

- силицијум	- 0,05%
- бакар	- 0,02%
- сумпор	- 0,04%
- фосфор	- 0,035%

с тим што сумпор и фосфор заједно не смеју прећи 0,07%.

Механичка својства које има претходно наведени материјал у одгрејаном стању (650°C) јесу:

- чврстоћа на кидање	$\delta_m=30-40$
- издужење	$\delta=28-34\%$
- тврдоћа	50-60HRB

Механичка својства готове чауре разликују се од механичких својстава улазног материјала зависно од степена деформације и термичке обраде у току израде.

За сваки челик намењен за производњу чаура потребно је експерименталним путем одредити зависност механичких карактеристика челика од степена деформације и температурских промена. Дијаграми који приказују ове зависности неопходни су при пројектовању технологије производње чаура.

Проучавање утицаја одгревања на разне челике, показало је да одгревање између 130 - 300°C изазива старење материјала; код око 500°C изазива побољшање са смањивањем кртости не мењајући отпорност на кидање; жарење између 625 - 650°C изазива омекшање без претераног пораста зрна, ако време одгревања не траје дуже од 40 минута. Дуготрајан одгрев изнад 630°C даје крупно зрно; жарење између 675 - 850°C даје крупнозрнасту структуру, а нарочито ако је челик претходно подвргнут степену извлачења мањем од 30%.

Челик за производњу чаура мора бити умирен (алуминијумом или титаном), и мора имати одређену структуру. Сувише ситнозрна структура даје велику тврдоћу, због које се челик тешко деформише, а алат за извлачење има краћи век употребе. Зрно крупније од потребног доводи до кидања материјала код извлачења и не даје глатку површину.

Веома је важно да величина свих зрна буде у што ужим границама. Велике разлике у величини зрна изазивају неравномерне деформације које такође проузрокује настајање прслина у материјалу и оштећење алата.

Узрок кидања материјала у процесу извлачења чаура, може бити и појава структурно слободног цементита у челику, неметалних укључака и порозности метала.

Извлачење челичних чаура, и уопште производња челичних чаура, врши се по сличном поступку за производњу месинганих чаура.

У процесу производње челичних чаура извлачењем, операције фосфатирања изводе се пре сваког извлачења. При недовољној дебљини фосфатне превлаке, или ако је она слаба, долази при извлачењу до оштећења и отпреска, и алата. Фосфатна превлака такође одлично служи као међуоперацијска антикорозиона заштита.

4.2. Антикорозиона заштита чаура

4.2.1. Одмашћивање и чишћење

За месингане чауре примењује се поступак одмашћивања и чишћења:

1. прање у 5% - тном раствору каустичне соде у води;
2. испирање у хладној текућој води;
3. прање у киселој купки, састава 5% сумпорне киселине, и 0,3% цијана у води;
4. испирање у хладној текућој води;
5. чишћење четком споља и изнутра;
6. испирање у топлој води;
7. сушење у дрвеној струготини и брисање крпама;
8. чишћење струготине из лежишта каписле компримованим ваздухом.

После фабричке контроле чаура и контроле купца, чауре се поново чисте на исти начин, с тим што се по издувавању струготине, ако треба да се лакују, перу у терпентину и испирају у алкохолу, а затим премазују 5% - тним раствором шелака у алкохолу.

У циљу антикорозионе заштите чаура користи се један од следећих начина:

1. лаковање,
2. патинирање и
3. пасивирање.

4.2.2. Лаковање чаура

Лаковање у сврси антикорозионе заштите користи се код месинганих и челичних фосфатираних чаура за заштиту унутрашњих површина, код месинганих пасивизираних чаура и челичних поцинкованих чаура, лаковање се користи за заштиту унутрашње површине, само ако је унутрашња површина са дефектним местима (местимично гола места). Да би се лаковање могло контролисати, тј. да се види да нема непокривених места, лаку се додаје нека боја (обично родамин или сл.).

Унутрашње лаковање врши се на два начина:

- методом наливања лака до врха чауре. Лак се затим излије, чауре се постављају на решетку где се око 10min. цеде, а затим се око (40 - 45)min. суше у електричним пећима на температури 90 - 95°C;
- методом распршивања лака помоћу распршивача. После лаковања поступак цеђења и сушења је исти.

4.2.3. Патинирање чаура

Патинирањем се назива заштита превлачењем површина месинганих чаура танком оксидном превлаком. Таква заштита добија се приликом отпуштања чаура у пећима на температури 260-270°C у току једног часа. Та се заштита врши после димензионалне контроле чаура, при чему све чауре морају бити чисте, без масноћа, механичких нечистоћа, зноја са руку и слично. По завршеном патинирању чаура, спољне површине чауре се подмазују неутралним вазелинским уљем или сличним премазом.

4.2.4. Пасивирање чаура

Под пасивирањем се подразумева поступак којим се на спољашњој и унутрашњој површини чауре образује хромна превлака.

Процес пасивирања чаура састоји се од:

1. Одмашћивање у алкалијама. Чауре се постављају на специјални носач и стављају у купку с раствором за одмашћивање:

- састав раствора је:

$NaOH$ 50–100 g / l

$NaCN$ 3,5 g / l;

- услови рада

-температура 80-100°C

-време 6-10min.

Након одмашћивања, чауре се ваде из каде, скидају се с носача па се са спољашње и унутрашње стране добро отрљају крпом натопљеном млаким раствором за одмашћивање.

Брисање чаура са спољашње и унутрашње стране треба изводити брзо да се не дозволи делимично сушење површине, јер се на тим местима касније стварају флеке.

После брисања, чауре се поново стављају на носач и потапају у исту купку за одмашћивање.

Контролу раствора треба вршити једанпут у смени и извршити корекцију према подацима хемијске анализе раствора. Када се раствор запрља треба га заменити новим, с тим што се претходно купка темељито очисти. Норматив употребе једног раствора зависи од величине чаура и утврђује се искуством.

Чауре се не смеју додиривати у купки, у случају да се чауре додирују, на местима која су била у додиру остају флеке.

2. Испирање у хладној текућој води - изводи се тако што се чауре 4 - 5 пута узастопно потапају у водено купатило. Измена воде у кади за испирање треба да износи 2-3 запремине каде на 1 час. За испирање се употребљава обична вода, на собној температури, а испирање траје 1-3 мин. Добро опрана чаура познаје се по непрекидности воденог филма на површини чауре. Ако се филм прекида, такву чауру треба вратити на поновно одмашћивање. Купку треба темељно опрати најмање једном месечно.

3. Нагризање у H_2SO_4 . После испирања у хладној текућој води чауре се стављају у раствор за нагризање с устима окренутим на доле.

Састав раствора:

H_2SO_4 130 g / l

режим рада

- температура раствора 18 – 20° C

- време 30 – 40 S

Концентрација раствора контролише се и поправља једном у смени, а када се раствор упрља треба га заменити.

4. Испирање у хладној текућој води. После нагризања чауре се испирају у хладној текућој води. Испирање се врши вишеструким потањем. Измена воде треба да износи 2 - 3 запремине каде на 1 час. Користи се обична вода на собној температури.

5. Четкање и испирање у хладној води. После испирања чауре се слажу у купку с хладном водом, поред које је смештена машина за четкање. Четкање се врши споља и

изнутра месинганим четкама одговарајућег облика. Очеткане чауре испирају се у хладној и топлој води. Четкање и следеће операције изводе се обавезно с рукавицама на рукама.

6. Испирање у топлој води. Након четкања и испирања у хладној води чауре се преносе у купку с топлом водом. Испирање се врши вишеструким потапањем у купку с водом која се греје на температури 90 - 100°C.

Контрола киселости воде помоћу лакмус-папира врши се повремено, а ако исти покаже киселу реакцију вода се одмах замењује новом тако да се претходно купка добро очисти.

7. Визуелна контрола и поправка. После испирања у топлој води чауре се 100% контролишу визуелно. Треба да буду чистог металног сјаја, без флека и заосталих нечистоћа по спољашњој и унутрашњој површини.

Техничким условима за пријем чауре дефинисане су мање површинске грешке које се толеришу.

Веће механичке површинске грешке, као дволатност, прскотине, дубоке огреботине и сличне грешке не дозвољавају се и такве се чауре издвајају.

Мање површинске грешке на спољној или унутрашњој површини чауре могу се отстранити стругањем или турпијањем, или на било који други начин, у границама 10%-тне дебљине зида на дотичном месту. Прелаз од струганог места на нестругано мора бити благ.

8. Припрема за пасивирање. Чисте чауре, без површинских грешака, стављају се на специјалне бакарне држаче који хватају чауру за уста и отвор на данцету и заједно са држачима постављају у корпу за пасивирање. Чауре у корпи не смеју додиривати једна другу, а носачи не смеју бити истрошени.

9. Претпасивирање. Корпе с чаурама стављају се у каду с раствором за претпасивирање.

Састав раствора:

C_rO_3	60–100 g / l
N_2SO_4 (специјалне. густине. 1,84).. <i>око</i>	30 g/l
$NaCl$	4 g/l

Време држања чаура у раствору износи 0,5 до 2,5 мин. зависно од истрошености раствора. На пример за првих 5.000 чаура време износи око 30 с, а после тога се повећава тако да од 25.000 до 30.000 чаура време потапања износи око 120с. Испорпљени раствор се нормално регенерише, према хемијској анализи раствора, која се редовно врши једном дневно.

10. Испирање у хладној и текућој води. После претпасивирања чауре се испирају у хладној текућој води вишеструким умакањем. Вода се у кади меша помоћу компримираног ваздуха.

11. Пасивирање.

Састав раствора за пасивирање је следећи:

$C_{r2}O_3$	200–240 g / l
H_2SO_4 (spec.gust.1,84)	15–40 g / l

NaCl 4,5–5,5 g / l

Време обраде у раствору за пасивирање се повећава зависно од броја обрађених чаура (исто као код претпасивирања). Време преношења из каде за пасивирање у каду за испирање не сме бити дуже од 10-15 секунди.

За чауре које се поново пасивирају узима се краће време.

Регенерација купке врши се, према хемијској анализи, у свакој шеми, додавањем и Cr_2O_3 , H_2SO_4 и $NaCl$.

Површине које се испитују претходно се одмасте ватом натопљеном у алкохолу или етеру.

Капи амонијака не смеју се разликовати (што значи да је површина добро одмашћена), и после 100 секунди упијају се у филтер-папиром или сувом ватом.

На местима где су биле капи и на њиховим ивицама, метал не сме да потамни.

Ако резултати нису задовољавајући, процес пасивирања се прекида, а све дотле израђене чауре враћају се на поправку - поновно пасивирање.

12. Испирање у хладној текућој води врши се вишеструким умакањем у текућу воду. Ова се операција понавља још у једној кади, са бржим протоком воде.

13. Неутрализација. После двоструког испирања у води, чауре се потапају у раствор за неутрализацију.

Састав раствора [2]:

Na_2CO_3 5–10 g / l

Температура раствора 40–60°C

Време држања у раствору 5–10 сек.

Раствор за неутрализацију мења се обавезно за сваку смену.

14. Испирање у хладној текућој води врши се вишеструким умакањем. Вода се меша компримираним ваздухом.

15. Испирање у топлој води - врши се вишеструким умакањем. Измена воде врши се двапут дневно. Испирање траје 2-3min. при температури купке 60-80°C. У купки се дозвољавају само трагови алкалија.

16. Сушење. После испирања чауре се суше компримованим ваздухом с температуром 80-120°C. Сушење траје најмање 4-5min.

17. После сушења чауре се ваде из корпи и постављају на радни сто и по потреби бришу с унутрашње стране од заосталих капи воде.

18. Контрола. После пасивирања све чауре се подвргавају визуелном прегледу. Пасивирани чауре морају по целој површини имати хомогену пасивiranу превлаку жуто-сламнате боје или златне нијансе. Антикорозиона вредност пасивног слоја испитује се помоћу амонијачне пробе. Ово испитивање врши се и у току операција пасивизирања да би се процес зауставио и кориговао ако не даје задовољавајуће резултате.

На површини пасивираних чаура дозвољавају се мање пеге, нехомогености и превлаке које немају корозиони карактер. Такође се дозвољава незнатно скидање (брисање) пасивне превлаке, с тим да ова места издрже амонијачну пробу.

На пасивираној чаури не дозвољавају се пеге корозионог карактера. Такође се не дозвољава целокупна или местимична запрљаност чауре раствором хромне киселине или другим материјалом који корозионо делује.

Чауре које не задовољавају горње услове подвргавају се поново процесу чишћења и пасивирања.

Чишћење пасивираних чаури стругањем није дозвољено. У изузетним случајевима може се употребити местимично стругање, с тим да се после стругања та места ручно прекрију танким слојем шелаковог лака. Ако се стругање из било ког разлога врши у већем обиму, онда се чауре обавезно враћају на поновно пасивирање.

Пасивираних чаури лакирају се изнутра. Пре лаковања чауре се продувавају компримованим ваздухом и то кроз отвор на данцету. Ваздух не сме садржавати трагове уља, воде или друге материје, те је због тога потребно да претходно пролази кроз погодан пречишћивач.

Лаковање се врши на специјалном окретном столу који има уграђена лежишта за чауре. Лаковање се врши помоћу распршивача при температури не мањој од 20°C. После лаковања чауре се смештају у специјалне корпе у висећем положају с устима на доле, а затим се корпе уносе у пећ за сушење. Сушење траје око пола часа.

За сушења чаура после лаковања користе се електричне пећи које морају бити снабдеване вентилатором за одвођење гасова који су запаљиви. Вентилатор треба ставити у погон пре укључивања грејача.

После сушења лака, чауре се подвргавају 100%-тној визуелној контроли:

1. цела унутрашња површина чауре мора бити покривена лаком, лак мора добро приањати за месинг, у слоју лака не сме бити прскотина, мехурића, ожиљака, белих пега и прљавштине;
2. дозвољавају се мање пеге које нису последица појаве корозије, затим бубрење, храпавост и друге ситније мане лаковања. Број и врста дозвољених мањих и већих грешака дефинисан је условима за пријем чаура;
3. дозвољено је да се незнатне појединачне грешке одстране стругањем, где је то могуће, и та места ручно прелакују прописаним лаком и на ваздуху осуше;
4. дозвољено је да лак допре на навој и лежиште за капислу с тим да не смета улаз контролника "иде". На тим местима се тукође дозвољава оштећење пасивираних слоја;
5. техничка контрола врши 100%-тну контролу пречника навоја лежишта за капислу.

После извршене контроле, спољна површина чауре премазује се танким слојем 30-40%-тног раствора заштитног премаза. Подмазивање се врши крпом. Премаз и крпа не смеју садржавати материје које изазивају корозију.

Овако припремљене чауре контролише и прима војни контролни орган. По завршеном пријему чауре се слажу у специјалне сандуке с лежиштима за сваку чауру и по шаржама отпремају у погон који врши комплетирање муниције.

Сав рад са чаурама после чишћења и одмашћивања обавља се с обавезном употребом чистих рукавица.

Читав процес производње и контроле чаура мора бити тако организиран и тако припремљен да се одвија у континуитету, без застоја и без прекида, да се циклус

производње скрати на што краћи временски период и то у првом реду из техничких разлога који имплицирају и веома значајан економски ефект. Дуг и развучен циклус, испрекидана производња, скопчани су с обавезном појавом флека на чаурама и другим грешкама које се најчешће не могу потпуно отклонити никаквим поправкама, које су скупе и ометају нормалан рад. Често пута на привидно очишћеним чаурама поново избијају исте флеке које временом све више прелазе у корозију која се шири.

Најчешће појаве на чаурама су трагови ознојених руку. Испитивања су показала да су количина и састав зноја различити код разних лица. Зној представља електролит који се састоји из натријум-хлорида и органских киселина. Брзина оштећења површинског слоја метала зависи од састава и количине зноја, од температуре и степена засићености просторије влагом у којој се налазе чауре с траговима зноја. У атмосфери где је релативна влажност мања од 40% и при температури од 16-18°C, кородирајуће дејство зноја на метал једва се примећује. Због тога, појава корозије лети узима масовнији карактер него зими, те је преко лета потребна посебна предострожност.

5. Закључак

У дипломском раду су приказана разноврсна корозиона оштећења на конструкцијама изграђених од нелегираних конструкционих челика, која осим што доводе до смањења радног века, тако и настанак великих штета. Због тога толике штете и губитака због корозије истражују се и усавршавају различите методе заштите од корозије као што су: заштита премазима, једна од основних врста заштите материјала, заштита инхибиторима, а једна од битнијих су и конструкционе и технолошке мере које и указују какав материјал одабрати, да испуњава захтеване карактеристике и да буде сто отпорнији на корозију у различитим условима примене. Колико год се водило рачуна о избору материјала и одређеним врстама заштите од корозије, с временом долази до кородирања и уништавања материјала јер се корозија не може спречити, већ само успорити њено деловање. Ако корозију на време уочимо и санирамо биће мање последице него ако се то догоди у некој од фаза када је материјал већ потпуно уништен. С циљем што боље заштите од корозије, треба пажљиво узимати у обзир врсту материјала, његову примену у различитим условима и наравно водити рачуна о квалитетној заштити и што је могуће јефтинијем одржавању.

Видели смо да је приликом производње чауре, једна од најбитнијих операција заштита чаура од корозије. Чауре су такав констукциони елемент, да се захтева да не мењају своје карактеристике у веома великом временском периоду, чак и преко 20, 30 година. Анти-корозиону заштиту је неопходно тако организовати да се одвија континуално, без застоја и без прекида. Потребно је скратити циклус производње што је више могуће како због финансијских разлога тако и из техничких разлога. Дуг, развучен циклус, испрекидана производња доводе до појаве флека на чаурама и другим грешкама које се никаквим преправкама не могу уклонити. Често се дешава да се привидно очишћене флеке на чаурама временом те флеке поновно појављују и изазивају корозију која се шири, зато што се флеке не уклоне у потпуности.

На чаурама чија је производња аутоматизована у већем степену појава различитих врста корозије су ређе или се појављују тек после дужег временског периода.

Како би се ове појаве избегле потребно је радионицу и опрему држати чистом, да се међуоперацијски транспорт скрати на најмању могућу меру, да се чаурама што мање манипулише. Као најбитнији метод спречавања настанка корозије је тај да радник поштује прописану процедури и обавезно носи опрему која је прописана за рад.

6. Литература

- [1] Владимир Вујичић: Корозија и технологија заштите материјала, Војна академија, Београд, 2002.
- [2] Владимир Ж. Јовановић: Технологија производње муниције, Техничка војна академија копнене војске, Загреб, 1997.
- [3] Мирослав Ристић: Муниција, Војна академија, Београд, 1974.
- [4] <https://sr.wikipedia.org/sr-ec/Корозија>
- [5] <http://www.paluba.info/smf/index.php?topic=9767.0;wap2>
- [6] <http://rgf.bg.ac.rs/predmet/>
- [7] <http://idk.org.rs>
- [8] <http://repozitorij.fsb.hr>
- [9] https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_21405/objava_21069/fajlovi/VII%20sedmica.pdf
- [10] <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin:828/preview>
- [11] <https://sr.wikipedia.org/wiki/metak>
- [12] <http://www.paluba.info/smf/index.php?topic=9767.0;wap2>
- [13] <http://idk.org.rs/wp-content/uploads/2016/10/avramovic.pdf>