

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: 541/2012

Милан М. Лазаревић

**Корозија кошуљице артиљеријског
пројектила**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

- 1. др Нада Ратковић - ментор**
- 2.**
- 3.**

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог рада кандидат треба да опише корозију као општу појаву и неминован процес разарања материјала – нарочито метала. Неопходно је да укаже на факторе и услове који утичу на процес корозије. Затим да наведе и представи све облике, а посебно врсте електрохемијске корозије. Кандидат треба да спроведе одговарајућу анализу и приказ процеса корозије код кошуљице артиљеријског пројектила, као и да представи технологију заштите метала од корозије на поменутом пројектилу.

Препоручена литература:

[1] М. Јовановић, Д. Адамовић, В. Лазић, Н. Ратковић: Машински материјали, Крагујевац 2003.

[2] Владимир Вујичић: Корозија и технологија заштите метала, Генералштаб Војске Југославије, Управа за школство и обуку, Војна академија, Београд 2002.

Крагујевац, 2019.

Ментор:

проф. др Нада Ратковић

Резиме

У овом раду су обрађене три области: корозија, заштита метала као и заштита кошуљице артиљеријског пројектила од корозије. Корозија представља нежељено разарање конструкционог материјала услед хемијске односно најчешће електрохемијске корозионе средине. Корозија је веома штетна појава код конструкцијских материјала и може изазвати огромне штете и из тог разлога се материјал облаже, обрађује или на неки други начин заштићује од корозије. Као и у другим индустријским гранама, присутна је и у војној индустрији. У овом раду приказани су основни поступци заштите кошуљице артиљеријског пројектила од корозије.

Кључне речи: корозија, чаура, заштита од корозије

Summary

In this paper work there are three sheets that are processed: corrosion, metal protection from corrosion and protection of artillery projectile shell. Corrosion represents the non-wanted destruction of structural materials due to chemical and electrochemical environment. Corrosion is a very bad appearance on structural materials and can cause enormous damage, and that's the reason materials are overlaying, labour or protected in some other way. Like in every other industry, corrosion appears in military industry too. The paper presents the basic methods of protection of artillery projectile shell.

Keywords: corrosion, bullet shell, corrosion protection

Саджај

1. Увод.....	1
2. Деградација својстава материјала	2
2.1. Механичка деградација.....	2
2.2. Оштећење материјала зрачењем	3
2.3. Хемијска деградација.....	3
2.4. Електрохемијска деградација.....	3
3. Корозија и њена класификација	4
3.1. Електрохемијска корозија	5
3.1.1. Подела електрохемијске корозије	7
3.2. Хемијска корозија	12
3.3. Подела корозије по облику разарања метала	13
3.3.1. Галванска корозија.....	14
3.3.2. Питинг корозија	15
3.3.3. Корозија у зазорима.....	16
3.3.4. Интеркристална корозија	16
3.3.5. Напонска корозија.....	17
3.3.6. Кавитациона корозија.....	18
3.3.7. Корозија при трењу.....	19
3.3.8. Селективна корозија	19
3.3.9. Општа корозија	20
4. Заштита метала од корозије	21
4.1. Заштита променом састава метала	21
4.1.1. Легирање.....	21
4.1.2. Рафинација.....	21
4.1.3. Топлотна обрада.....	22
4.2. Рационално конструисање.....	22
4.3. Заштита превлакама	23
4.3.1. Металне превлаке	24
4.3.2. Неорганске неметалне превлаке	25
4.3.3. Органске превлаке	26

4.4.	Електрохемијска заштита	27
4.4.1.	Анодна заштита.....	27
4.4.2.	Катодна заштита.....	29
4.5.	Заштита обрадом корозионе средине	29
5.	Корозија и заштита кошуљице артиљеријског пројектила	31
5.1.	Методe израде и одабир челика за израду кошуљица	34
5.2.	Технологија заштите кошуљица артиљеријског пројектила од корозије.....	37
6.	Закључак	40
7.	Литература.....	41

1. Увод

Корозија представља нежељено разарање конструкционих материјала услед утицаја хемијске, електрохемијске и биолошке корозионе средине.

Корозија је процес ненамерног трошења конструктивног материјала, односно, она представља природну појаву повратка метала у своје првобитно равнотежно стање. Главни фактори од којих зависи брзина стварања корозије су природа материјала и природа корозионе средине.

Штета настала корозијом може бити огромна. Губици су већи уколико кородирају готове конструкције и машине чија је цена израде далеко већа од цене материјала од ког су направљене.

Не постоји привредна грана која је поштеђена од корозије. Корозија се јавља у хемијској, енергетској и металној индустрији, саобраћају, грађевинарству, војној индустрији па чак и прехранбеној и фармацеутској индустрији.

Трошкови настали корозијом могу се поделити у две групе и то:

Директни трошкови настали корозијом услед:

- смањења масе металних производа,
- скраћења века употребе металних производа и поскупљења њиховог одржавања,
- претварања скувих чистих метала у безвредне продукте,
- трошкова поправке и замене кородиране опреме.

Индиректни трошкови настали корозијом услед:

- губитка производа,
- заустављања производње,
- смањења степена искоришћења,
- трошкова заштите,
- нечистоће производа и околине.

2. Деградација својстава материјала

Под разарањем материјала подразумевамо физичке и хемијске процесе који делују дуготрајно. Ниједан материјал није сасвим отпоран на корозију – нпр. полимери су осетљиви на деловање органских раствора, а све врсте материјала (метали, керамике и стакла, полимери и сложени материјали) могу бити оштећени зрачењем. Негативне последице ових деградацијских процеса могу довести до катастрофалних догађаја – људске жртве, материјална штета и загађење околине. Деградацију својства материјала узрокују утицаји околине, па разликујемо:

- механичко хабање,
- деградацију као последицу зрачења,
- хемијску деградацију,
- електрохемијску деградацију, итд.

2.1. Механичка деградација

Хабање је прогресивни губитак материјала с радних површина тела, услед динамичког контакта с другим телом или флуидом – у основи је физички, а не хемијски процес. Постоје разни облици хабања као последица разноврсности услова контаката (стање површине, начин и брзина релативног кретања, температура...) тако да отпорност хабању не представља јединствено својство већ назив за групу својстава.

Постоје четири основна механизма хабања:

- абразија,
- адхезија,
- замор површине,
- трибокорозија.

Адхезионо хабање (лат. „adherere“ – држати се нечега, пријањати) настаје кад две глатке површине клизе једна преко друге, а честице једне површине се одвајају и пријањају на другу површину.

Абразивно хабање (лат. „abradere“ - остругати) настаје кад храпава површина тврђег материјала клизи по површини мекшег материјала. При процесу абразивног хабања стварају се бразде на површини и одвојене честице мекшег материјала.

Хабање услед замора материјала настаје при понављајућем клизању или котрљању по истом трагу површина двају материјала. Површинске или унутрашње пукотине материјала узрокују одвајање делова површине.

Трибокорозија настаје при клизању двеју површина у корозијоној околини, па се хабању додаје и хемијска деградација својства материјала.

2.2. Оштећење материјала зрачењем

Материјале могу оштетити електромагнетни таласи са таласним дужинама краћим од видљиве светлости. Зрачење може знатно утицати на механичка, електрична и магнетна својства материјала. Оштећење одређеног материјала зависи од врсте зрачења – зрачење изазива померање атома па су нужне енергије веће од енергије везивања атома. Полимери су посебно осетљиви на ултраљубичасто зрачење, јер фотони имају довољну енергију за прекид С-С (угљеникове једноструке) везе у многим полимерима. За заштиту од ултраљубичастог зрачења додаје им се чађ.

2.3. Хемијска деградација

У одређеним условима, керамике и полимери учествују у хемијским реакцијама са околином:

- хемијска реакција силиката са водом доводи до појаве статичког замора материјала,
- хемијска реакција најлона са атмосферском влагом,
- полимери учествују у хемијским реакцијама са различитим органским растворима.

2.4. Електрохемијска деградација

Електрохемијска корозија обухвата различите електрохемијске процесе у електропроводљивој средини (електролиту). Главна корозија настаје када метал у додиру са племенитим металом у електропроводљивој средини (раствору) губи електроне (анода), постаје јон метала и прелази у раствор (кородира).

3. Корозија и њена класификација

Под корозијом се подразумева процес разарања материјала који је изложен деловању одређеним физичко-хемијским утицајима. Корозија изазива неминовно разарање конструкцијских материјала које наноси огромне штете.

Како би дошло до оштећења конструкцијског материјала, у посматраном систему мора постојати одређена хемијска, механичка, биолошка или нека друга „покретачка сила“. Главни иницијатори тог процеса су:

- атмосферски узрочници попут влаге, снега, магле и друго,
- честице из мотора и издувни гасови које садрже хемијски активне супстанце попут бромоводничне киселине, оловних халогенида, угљене киселине и сл.,
- непрописна термичка обрада легура алуминијума,
- недовољно и непрописно чишћење металних делова,
- недовољна у непрописна заштита премазима,
- неправилно спајање различитих метала,
- отпаци хране, разне органске материје и друге течности.

Према механизму деловања узрочници могу бити:

- физички узрочници корозије су температура, светлост и механичка деловања,
- хемијски узрочници су кисеоник из ваздуха, влага, киселине...,
- електрохемијски узрочници су сви хемијски узрочници код којих долази до настајања галванских микроелемената у присуству водених раствора (електролита),
- биолошки узрочници корозије су микроорганизми, гљивице, алге, инсекти...

Корозија у зависности од агресивног медијума може бити:

- атмосферска,
- у тлу, узрокована водом, тлом и минералним супстанцама из тла,
- у води и воденим растворима.

У односу на експлоатацијске услове појављује се:

- корозија због механичког напрезања, вибрација и корозијског замора,
- корозија настала због лутајућих струја.

Према материјалу који кородира корозија се дели на:

- корозију метала,
- корозију неметала.

Према карактеру разарања метала, корозија може бити:

- општа,
- локална,
- селективна и
- интеркристална.

Корозија у односу на механизам процеса може бити:

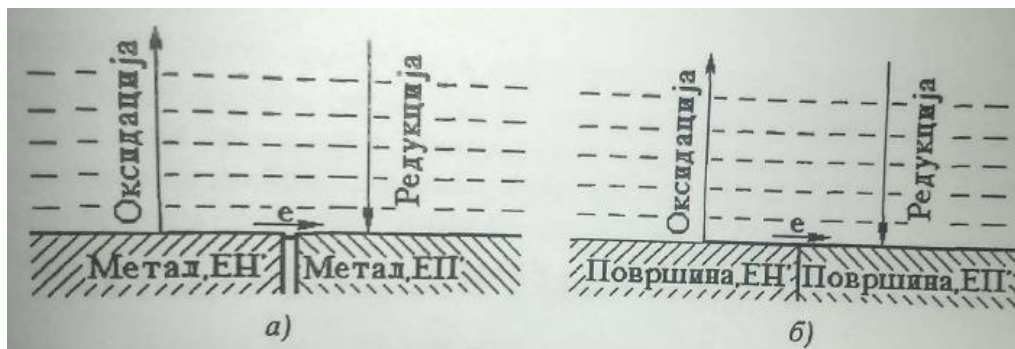
- хемијска корозија,
- електрохемијска корозија (у електролитима).

3.1. Електрохемијска корозија

Електрохемијска корозија представља сложен процес у којем учествује метал, као донатор електрона, и нека материја као прималац електрона. Процес се састоји од истовремених реакција оксидације и редукције. За разлику од хемијске корозије, код електрохемијске корозије реакције оксидације и редукције су делимично или потпуно просторно одвојене. Због тога је остваривање ових процеса могуће само у системима који имају електричну проводљивост као што су раствори, киселина, база и соли, речна, језерска и морска вода, влажна земља и слој влаге на површини метала у атмосферским условима. Односно, електрохемијска корозија је растварање метала у неравнотежном електрохемијском систему. Метал се раствара на анодном месту. Електрони путују од анодног места преко проводника до катодног места. Ту електроне прима неки молекул или јон који се редукује, и он се зове деполизатор. Да би коло било затворено, између анодног и катодног места мора постојати електролит (јонски проводник).

Према томе, елементи корозионог спрега су: анода, катода, метални проводник и јонски проводник (електролит).

Код електрохемијске корозије процеси оксидације се одвијају на анодним – електронегативнијим, а процеси редукције на катодним електропозитивнијим површинама (Сл. 1). У складу са тим постоји термин анодна и катодна реакција.



Слика 1. Шематски приказ процеса електрохемијске корозије при споју два метала различитог потенцијала (а) или површина различитих електродних потенцијала (б), ЕН-електронегативнији; ЕП-електропозитивнији. [1]

Појава и одвијање процеса електрохемијске корозије зависи од:

- постојања подручја са различитим електричним потенцијалом
- електричног контакта између тих подручја
- додира анодних и катодних подручја са електролитом
- постојања слободних јона у електролиту

Брзина електрохемијске корозије представља количину метала која кородира у воденом раствору за одређено време и одређује се Фарадејевом једначином:

$$W = \frac{ItM}{nF}, \quad (1)$$

где је: W (g/s) - маса кородираног метала,

I (A) - јачина струје,

n - валентност металног јона,

t (s) - време,

F - Фарадејева константа $96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

3.1.1. Подела електрохемијске корозије

Подела електрохемијске корозије се заснива на средини у којој се електрохемијска корозија одвија:

- корозија у води,
- корозија у мору,
- корозија у земљи,
- атмосферска корозија.

3.1.1.1. Корозија у води

Вода према пореклу може бити:

- атмосферска,
- површинска,
- подземна,
- отпадна.

Атмосферска вода доспева и земљу у облику падавина (киша, град и снег). Она садржи адсорбоване гасове из ваздуха, органске и неорганске материје. Њихова количина и садржај зависе од чистоће околине атмосфере. Зато атмосферске падавине у насељима и индустријским срединама садрже сумпорводоник, сумпорасту и сумпорну киселину, честице чађи и прашине што стварају повољне услове за процес електрохемијске корозије. (Сл. 2)

Површинске воде (реке, језера, мора) садрже механичке загађиваче органског и неорганског порекла, а мање растворене соли (са изузетком морске воде). Речне воде садрже растворене соли највише до 600 mg/dm^3 . Својства површинских вода одређена су количином отпадних индустријских и комуналних вода.

Подземне воде настају понирањем атмосферске и површинске воде кроз земљу, при чему се пречишћавају од механичких загађивача. Међутим пролазећи кроз различите слојеве земљине коре вода раствара лакорастворне соли (натријум – хлорид, натријум – сулфат, магнезијум – сулфат итд.) као и тешко растворљиве соли (карбонате магнезијума, калцијума, гвожђа), које се растварају захваљујући присуству угљендиоксида у води.

Отпадне воде протичу од индустријских погона и стамбених објеката. Отпадне воде садрже разна хемијска једињења (органске раствараче, киселине, алкалије и соли). Често се у њима налазе органске материје које разлажу микроорганизми услед чега настају агресивне материје као што су: CO_2 , H_2S , NH и друге. Многе компоненте отпадних вода могу изазвати интензивну корозију канализационих водова и брзо их учинити неупотребљивим.

На брзину корозије у води утичу следећи фактори:

- рН-вредност,
- присуство гасова,
- присуство соли,
- температура,
- брзина кретања воде.



Слика 2. Пример електрохемијске корозије под утицајем атмосферске воде [13]

3.1.1.2. Корозија у мору

Морску воду као корозиону средину карактерише знатан садржај соли, који зависи од географског положаја мора или океана. Висок садржај соли сврстава морску воду у електролите велике електричне проводљивости. У морској води највише има натријум – хлорида и магнезијум – хлорида. Због високог садржаја хлорида морска вода је јако агресивна за већину конструкционих метала (Сл. 3), па метали као што су алуминијум и високолегирани хромни челици, који су склони пасивирању у слаткој води, у морској води подлежу тачкастој питинг корозији. На састав морске воде велики утицај имају доток слатке и отпадне воде, док слатка вода смањује корозивност морске воде, отпадне воде, односно индустријске повећавају.

На корозивност морске воде утичу:

- садржај соли,
- количина кисеоника,
- биолошки организми,
- температура,
- брзина кретања.



Слика 3. Корозија у морској води [13]

3.1.1.3. Корозија у тлу

Вода се у земљи може наћи у сва три агрегатна стања. Прелаз из једног у друго агрегатно стање директно утиче на корозију. Влага чини земљу електролитом у којем се одвија електрохемијска корозија (Сл. 4). Брзина корозије зависи од влажности тла чији садржај зависи од климатских услова. Ако је тло суво, неће бити корозије.

На брзину корозије утичу следећи фактори:

- влажност,
- порозност,
- специфична отпорност,
- присуство микроорганизама,
- присуство страних материја,
- рН вредност,
- температура земље,
- лутајуће струје.

Корозивност земљишта се најлакше може оценити на основу специфичне отпорности земљишта. Она опада са повећањем садржаја соли и влажности. У срединама са мањом специфичном отпорношћу, брзина корозије се повећава (табела 1).

Табела 1. Оцена агресивности земље [1]

Специфична отпорност (Ωm)	До 5	5 - 10	10 – 20	20 - 100	>100
Агресивност земље	Врло висока	Висока	Повишена	Средња	Ниска



Слика 4. Корозија цеви које су биле у земљи [13]

3.1.1.4. Атмосферска корозија

Атмосферска корозија представља најраспрострањенији облик електрохемијске корозије. Она се одвија у ваздуху, испод танког слоја влаге на површини метала, у затвореном или отвореном простору. Атмосферска корозија делује разорно на металну опрему и уређаје у експлоатацији и у току складиштења (Сл. 5).

Губици услед атмосферске корозије су огромни. Процењује се да је више од 90% од укупних корозионих губитака метала настаје услед атмосферске корозије. Овој корозији подлежу: мостови, цевоводи, железнички возни парк, аутомобили, авиони, палубе, нафотводи, пољопривредне машине, војна опрема и још много тога.

Према атмосферској корозији стабилни су: цинк, олово, калај, алуминијум и његове легуре, нерђајући челици и племенити метали и то пре свега због племенитости самог метала или заштитне способности створеног корозионог продукта.

Фактори који утичу на брзину и механизам атмосферске корозије:

- влажност ваздуха,
- састав атмосфере,
- температура ваздуха,
- физичко-хемијска својства продуката корозије.



Слика 5. Утицај атмосферске корозије на аутомобил [13]

3.2. Хемијска корозија

Хемијска корозија настаје као продукт реакција између атома метала из кристалне решетке и атома или молекула неког елемента или једињења из околине која може бити течна или гасовита. Реакцијом настаје молекул корозионог продукта који у највећем броју случајева остаје на месту стварања.

Процес хемијске корозије може се приказати следећом једначином:



где су:

n и m – цели бројеви који представљају стехиометријске коефицијенте;

Me – симбол за атом метала;

X – симбол за атом агенса корозије.

На брзину хемијске корозије метала и легура утичу унутрашњи и спољашњи фактори:

- хемијски састав и структура метала,
- састав гасне смеше,
- парцијални притисак кисеоника,
- температура и режима загревања,
- механичко напрезање и деформација у металу,
- продукти корозије.

Хемијска корозија се може препознати по промени боје метала и одвија се у средини са неелектролитима или средини са сувим гасовима.

Корозија у неелектролитима јавља се у течностима као што су нафта, течна горива, органски растварачи, растворни сумпор итд. Разарање метала у нафти зависи од садржаја и карактера присутних сумпорних једињења. Присуство већих количина воде има значајан утицај на активирање сумпорних једињења на метал. Растворени сумпор је хемијски веома активан и његово присуство иницира корозију бакра, калаја, олова угљеничног челика.

Гасна корозија је корозија која се одвија на високим температурама у атмосфери кисеоника, хлора, хлороводоника, азота, угљеника и других гасова. Као последица асне корозије настају сулфиди, хлориди и друга хемијска једињења зависно од гасне атмосфере

у којој се одигравају. Гасна корозија настаје на металним деловима који су у току технолошког процеса изложени утицају гасова на високим температурама.

Најбољи промер хемијске корозије је оксидација метала у присуству кисеоника.

Оксидација се састоји из следећих фаза:

- пренос кисеоника до површине метала,
- адсорпција кисеоника или било којег оксидационог средства на површини метала,
- стварање оксида,
- одвођење продукта корозије из реакционе зоне у случајевима када је продукт корозије испарљив.

При гасној корозији настаје продукт корозије који се према дебљини може поделити у три групе:

- невидљиви слој – дебљине до $100nm$,
- средње видљиви слој – дебљине од $100nm$ до $500nm$,
- видљиви слој – дебљине преко $500nm$.

3.3. Подела корозије по облику разарања метала

Врсте корозије се могу класификовати према изгледу кородираниог метала и узрока настанка.

Корозија може бити:

- галванска или контактна корозија,
- питинг корозија,
- корозија у зазорима,
- интеркристална корозија,
- напонска корозија,
- кавитациона корозија,
- корозија при трењу,
- селективна корозија,
- општа корозија.

3.3.1. Галванска корозија

Галванска корозија (Сл. 6) настаје образовањем одвојених корозионих спрегова, тј. одређене области се увек понашају као анода, док се друге области понашају као катода. На месту где постоји електрични контакт између различитих метала који су још и у контакту са спољашњим електролитском средином, мање племенит метал (који у овом случају има улогу аноде) ће кородирати, док племенитији метал (катода) ће тиме бити заштићен.

За појаву галванске корозије неопходни су следећи услови:

- Електролит је у контакту са оба метала али 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.
- Својство катодних реакција одвијаће се на племенитијем од два метала. У већини случајева може утицати на потрошњу отопљеног кисеоника.
- Постоји довољна разлика потенцијала између два метала, па се јавља галванска струја.
- Постоји електрична веза између два метала, што не мора да значи да постоји и директна физичка веза између та два метала.



Слика 6. Пример галванске корозије [13]

3.3.2. Питинг корозија

Питинг корозија углавном настаје код метала који имају заштитну превлаку у случају када се превлака оштети, тада настају јамице (енг. pit) и њих може бити више на површини изложеној корозији (Сл. 7). Узрок ове корозије је нехомогеност у структури или хемијском саставу материјала. Рупице које настају на површини су скривене слојем корозијских продуката које не штите метал подлоге од корозије (Сл. 8). Ово је веома опасан облик корозије и њена се брзина знатно повећава растом температуре.



Слика 7. Пример питинг корозије [13]



Слика 8. Питинг корозија услед прекида заштитне превлаке [1]

3.3.3. Корозија у зазорима

Корозија у зазору настаје у подручјима додира два метала и сродна је рупичастој корозији само што уместо рупица има зазоре. Зазори настају при неодговарајућем заваривању, лошем налегању облоге на метал и другим сличним случајевима.

За корозију у зазорима (Сл. 9) је карактеристично то што је отежан приступ агенаса корозије и инхибитора масе из електролита у зазор и спори одлазак продуката електрохемијских реакција из зазора. Кисеоник веома споро, а у неким случајевима чак и никако не доспева до зазора, те је отежано одвођење јона метала из зазора, због чега површина метала у зазору постаје анодна у односу на површину око зазора.

Најосетљивији материјали на ову врсту корозије су нерђајући челици и легуре алуминијума, јер је појава њиховог пасивног стања условљена присуством кисеоника на њиховим површинама.



Слика 9. Корозија у зазору [13]

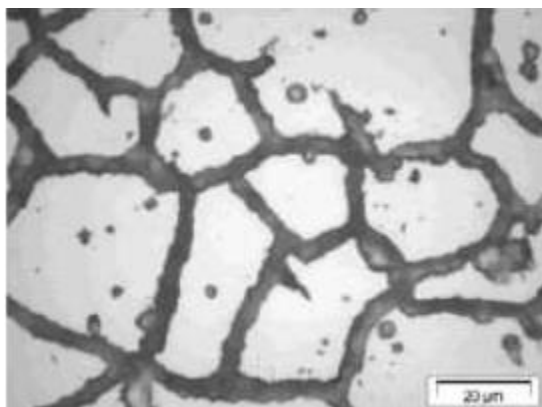
3.3.4. Интеркристална корозија

Интеркристална (међукристална) корозија настаје због различите осетљивости граница зрна и самих зрна на корозиони медијум. Она представља облик селективне корозије.

У одговарајућим растворима рубови зрна метала, осиромашени хромом, су хемијски активнији од унутрашње масе зрна метала. Зато се уске области уз саму границу

зрна брже растварају од тела зрна метала и проузрукују образовање мреже канала дуж граница зрна метала.

Најбољи промер је аустентни нерђајући челик, на чијим границама зрна, при загревању од $480-760^{\circ}\text{C}$, излучују карбиди хрома. Због тога границе зрна постају аноде, односно, растварају се у електролиту. То се у пракси најчешће дешава при заваривању нерђајућих челика у зони око шави. (Сл. 10)



Слика 10. Интеркристална корозија [4]

3.3.5. Напонска корозија

Напонска корозија представља један од најсложенијих облика корозије јер истовремено укључује неколико независних фактора, а као резултат често доводи до катастрофалних ломова и великих штета. Напрезање материјала настаје услед деловања спољних или унутрашњих затезних сила које се јављају као последица заваривања, механичке или термичке обраде. Напонска корозија се јавља на свим материјалима који су у условима експлоатације истовремено изложени механичком напрезању (притисак, трење, вибрације..) и дејству корозионе средине. У оба случаја напрезања смањују термодинамичку постојаност метала и утичу на својства заштитног слоја.

Овај облик корозије је веома редак код чистих метала, а најчешће се јавља код двофазних или вишефазних легура (Сл. 11).

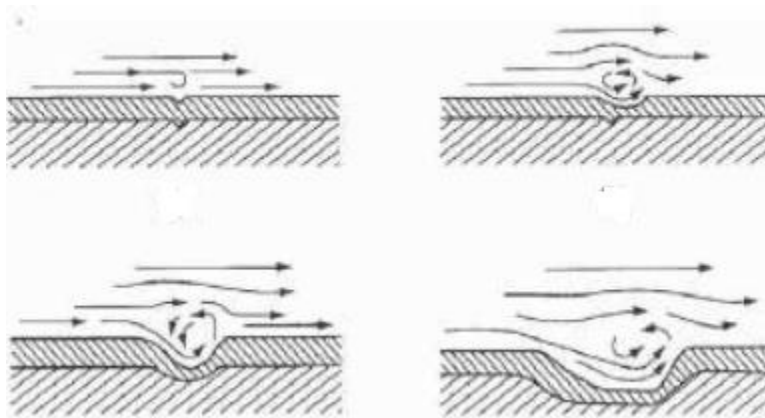
Облик напонске корозије који се јавља у агресивним срединама на металним предметима изложеним једновременом деловању променљивих затезних сила називамо корозиони замор. Као последица корозионог замора јавља се лом метала који може проузроковати велике штете и катастрофе.



Слика 11. Напонска корозија [4]

3.3.6. Кавитациона корозија

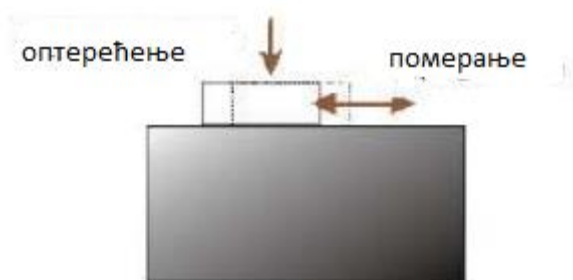
Кавитациона корозија је последица заједничког дејства корозије и кавитације. Она представља издубљивање метала образовањем и пропадањем мехурића или зазора испуњених паром или течношћу и то у близини површине метала. Уклањајући металне филмове и чупајући металне честице са површине метала, кавитационо оштећење може повисити брзину корозије и проузроковати хабање површине. Најчешће настаје тамо где је брзина флуида толико велика да је величина притиска довољна за стварање мехурића који колабирају на површини (Сл. 12).



Слика 12. Фазе кавитационе корозије [1]

3.3.7. Корозија при трењу

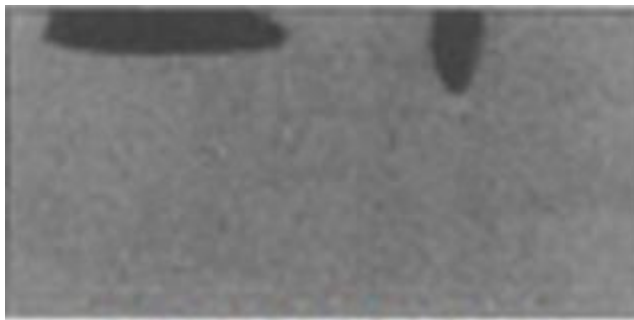
Овај тип корозије настаје на додирној површини два материјала (најчешће метала) која су под оптерећењем и изложени су вибрацијама и клизању. Корозија има изглед жлебова и рупица који су окружени продуктом корозије. Корозија при трењу је честа појава код металних делова, обично настаје између чврсто налегних површина као што су оне које се налазе између осовина и лежишта. (Сл. 13)



Слика 13. Корозија при трењу [4]

3.3.8. Селективна корозија

Селективна корозија представља једну врсту локалне корозије при којој се растварају мање племенити саставни делови техничких метала. Технички метали и легуре нису хомогени материјали, јер садрже нечистоћу, везива, састојке на границама зрна и, углавном, више од једне фазе. Такође, кристали садрже дислокације и друге несавршености кристалне решетке. Селективна корозија је опасан облик јер претвара чврст метал у слаб и крт а да притом нема већих промена у димензији па ју је веома тешко приметити. (Сл. 14)



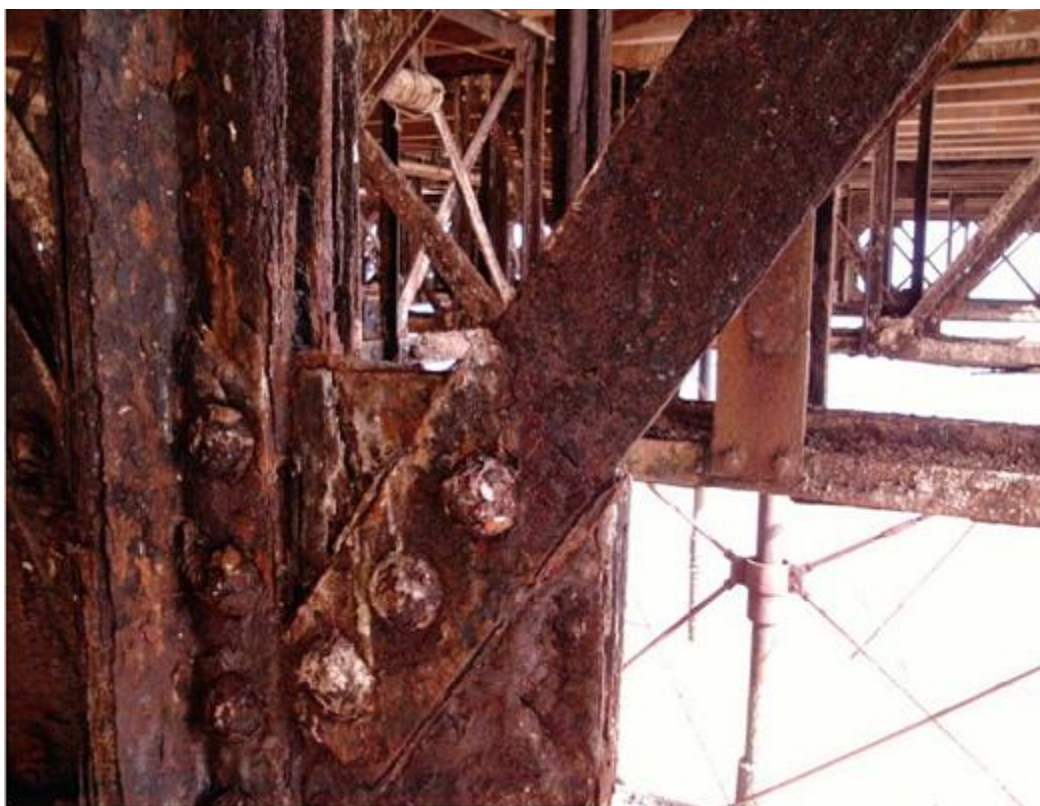
Слика 14. Селективна корозија [1]

3.3.9. Општа корозија

Општа корозија настаје када је цела површина метала изложена агресивној средини (Сл 15). Може бити равномерна и неравномерна. Равномерна корозија је мање опасна јер се може лако пратити и благовремено санирати. Неравномерна корозија је много опаснија јер се корозија концентрише на одређеним местима што доводи до бржег пропадања метала.

Брзина равномерне корозије се најчешће прати методом мерења губитка масе или смањења дебљине испитиваног узорка.

Општа корозија настаје код нелегираних метала и легура при чему елементи који улазе у састав легуре имају приближно исти потенцијал у електролиту у који су уроњени, а површине локалних анода су тако малих димензија да се не могу распознати голим оком. У таквим случајевима метал се може сматрати електродом на којој истовремено теку анодне и катодне реакције.



Слика 15. Општа корозија [13]

4. Заштита метала од корозије

Један од недостатака техничких метала је њихова склоност према корозији. Готово сваки метал од конструкционе вредности подложен је корозији у води, ваздуху или некој другој средини, због чега их треба заштитити у таквим срединама током њихове примене.

4.1. Заштита променом састава метала

На спречавање корозије метала, може се дејствовати променом његовог састава и то: легирањем, рафинацијом и топлотном обрадом.

4.1.1. Легирање

Легирање се врши ради добијања бољих механичких и физичких својстава и повећања корозионе постојаности метала. Разликују се ниско и високо легирање. Код ниског легирања у легури се налази до 5% једне или више легирајућих компонената, а при високом легирању садржај легирајућих компонената је већи од 5%. У те компоненте се не убрајају елементи који су пратиоци метала, као што је случај са угљеником код гвожђа.

Што се корозије тиче, легирање може бити повољно и неповољно. Легирање је повољно ако легирајућа компонента метала повећава термодинамичку стабилност легуре или успорава анодно, односно катодну реакцију при одвијању корозионих процеса у електролиту. Легирање може бити неповољно ако је сама сврха легирања побољшање механичких или других својстава метала, као у случају са дуралуминијумом. У тој легури, алуминијум се очвршћује са 3-5% бакра, али му се при том погоршавају корозиона својства.

Легирањем се може успорити хемијска и електрохемијска корозија.

4.1.2. Рафинација

Рафинација представља процес супротан легирању. Он се састоји у уклањању катодних укључака – електрохемијски позитивних примеса.

Најбољи пример је рафинирани алуминијум чистоће 99,99%, који је више склон пасивирању од алуминијума 99,5% чистоће, а разлог томе је то што је при рафинацији уклоњено гвожђе, које је врло активно као катода корозионог спрега.

4.1.3. Топлотна обрада

Овом обрадом се по потреби врши пластична деформација материјала, а исто тако се и мењају физичко – механичке карактеристике материјала променом структуре и хемијског састава. Уз помоћ топлотне обраде добија се хомогенија легура, смањује се број катодних укључака и повећава се постојаност према корозији. Корозиона постојаност се погоршава у случајевима кад у легури долази до интергрануларног излучивања.

4.2. Рационално конструисање

Ради обезбеђивања постојаности машина, уређаја, апарата и опреме, важну улогу имају мере заштите од корозије, предузете у фази пројектовања, односно конструисања. Корозија се може у великој мери успорити или потпуно спречити разним конструкционим и технолошким мерама. Наравно, те мере морају се ускладити са функционалним, економским и естетским захтевима.

Неправилно конструисање може да доведе до повољних узрока за настанак корозије као што су:

- дуже задржавање влаге на појединим елементима конструкције,
- повећање концентрације електролита на појединим деловима опреме и конструкције,
- различито загревање појединих делова метала у електролитима.

Имајући ово у виду, рационално конструисање је веома битан фактор у спречавању корозије јер се ту:

- бирају конструкциони метали,
- одређује најповољнији облик апарата, опреме и конструкције,
- прописује технологија израде,
- прописује начин склапања и спајања елемената конструкције,
- прописује технологија заштите.

Треба узети у обзир да иако су сви ови услови за време конструисања испуњени, корозија се може накнадно јавити.

4.3. Заштита превлакама

Заштита метала наношењем слоја неког другог материјала је најпознатија и најпрактичнија метода заштите метала. За све превлаке карактеристично је да штите метал од корозије тако што га изолују од агресивног дејства околине. (Сл. 16)



Слика 16. Шематски приказ заштитне превлаке [1]

У зависности од намене, превлаке се могу поделити на:

- заштитне,
- заштитно – декоративне,
- специјалне

Заштитне превлаке имају задатак искључиво везан за заштиту предмета од корозије у различитим условима експлоатације.

Декоративне превлаке се користе у случајевима када површина предмета треба изгледа боље естетски (тада се најчешће користе металне превлаке од хрома и никла).

Специјалне превлаке имају примену када је потребно променити својства површине метала као што су: тврдоћа, лемљивост, електрична проводљивост итд.

На избор превлака, начин њиховог стварања и економичност заштите од корозије утичу разни фактори као што су:

- својства заштитних металних и неметалних превлака,
- врста и састав корозионе средине,
- природа основног метала,
- облик и величина предмета за пресвлачење,
- механичка својства превлаке,
- време трајања заштите.

Заштитне превлаке могу бити:

- металне,
- неорганске неметалне,
- органске.

4.3.1. Металне превлаке

Наношење металних превлака на површину другог метала има двоструко дејство и то:

- заштита од корозије,
- промена карактеристике површине метала (тврдоћа, електрична проводљивост, декорација итд.).

Предност металних превлака у односу на остале је та што су отпорне на механичка оштећења, имају добру електричну и топлотну проводљивост и омогућавају спајање метала лемљењем. Међутим, приликом оштећења, металне превлаке се не могу једноставно поправити и по томе се разликују од органских превлака.

За разлику од метала на који се наноси, метална превлака у контакту са електролитом може бити катодног или анодног карактера.

Катодне превлаке имају позитивнији електродни потенцијал од електродног потенцијала који се заштићује. То су најчешће превлаке од племенитијих метала као што су Cu и Ni, или од метала који се лако пасивирају као што су Cr и Ti. Основни недостатак катодних превлака је порозност. Оне су у предности над анодним превлакама само када су потпуно непорозне, у противном, оне не пружају заштиту на местима која су оштећена и на местима на којима постоје поре.

Анодне превлаке имају већу сигурност у односу на катодне, јер њихово оштећење не узрокује корозију основног метала. За добијање анодних превлака користе се метали који имају електронегативији потенцијал од основног метала. Тако да се за превлаку неког предмета направљеног од гвожђа користе цинк и кадмијум.

4.3.2. Неорганске неметалне превлаке

Неорганске неметалне превлаке представљају слој одговарајућег хемијског једињења на површини метала. Настају реакцијом метала и околине и то природним спонтаним процесом, али може настати и вештачким путем под одређеним условима.

Постоје три основна поступка за формирање неорганске неметалне превлаке:

- термички,
- хемијски,
- електрохемијски.

Сва три поступка имају за циљ да на чистој површини метала формирају слој који чврсто пријања на површину и да је уз то постојан на утицаје околине као и да спречава непосредно дејство агресивне средине. Избор поступка зависи од врсте основног метала, својства превлаке и услова примене.

Поред заштите од корозије, ове превлаке се користе и у друге сврхе. Најчешће се користе као декоративне превлаке и као подлога за боље пријањање премазних средстава, јер њихова микрокристална структура добро прихвата органске и неорганске материје, органске премазе, заштиту од уља. Неорганске превлаке се све више користе у техници подмазивања као носачи уљног слоја. Такође, неорганске превлаке служе као и добри електрични изолатори ако се накнадно обраде органским премазима.

При формирању неорганских превлака могу се појавити одређене грешке које утичу на њихов квалитет, пре свега на заштиту од корозије.

Њихови узрочници су:

- неодговарајући избор метала и типа превлаке,
- недовољна припрема површине метала,
- непрописан састав раствора,
- непридржавање оптималних радних услова за дати поступак,
- велика количина талога и муља.

Дебљина превлаке зависи од намене: дебље превлаке потребне су само за заштиту, док тање превлаке служе као подлога за премазе или заштитна уља.

4.3.3. Органске превлаке

Органске превлаке представљају најзаступљенији поступак заштите метала од корозије. процењује се да је 3/4 од укупних металних површина заштићено органским превлакама.

Органске превлаке можемо поделити на:

- превлаке на бази премазних средстава,
- превлаке на бази заштитних уља, заштитних масти и солвената,
- превлаке на бази гуме и пластичних маса.

Под премазним средством се подразумевају вишекомпонентна средства (као што су емајли и лакови) док се налазе у течном стању или праху. Оно се наноси на површину метала и тако ствара изолациони слој против деловања спољних фактора и тиме га штити од корозије. Да би се то остварило, премазно средство мора да испуни услове као што су: способност стварања непозорног и непропустљивог заштитног слоја, добро пријањање и постојаност према спољним утицајима. У неким случајевима, у зависности од намене, постоје још неки услови које премазно средство треба да испуни као што су: повећана стабилност на високим температурама, киселинама, базама итд. Органске превлаке се такође могу користити и у естетске сврхе.

У односу на остале превлаке, премази имају следеће предности:

- једноставан поступак добијања заштитног слоја,
- омогућено је добијање превлаке одређене дебљине,
- лака је регенерација оштећеног дела премаза,
- омогућено је комбиновање са другим поступцима заштите.

Превлаке на бази заштитних уља, заштитних масти и солвенита заправо представљају органске превлаке за привремену заштиту. Оне имају за циљ да у одређеном временском периоду заштите метал од атмосферске корозије. У ову заштиту спадају и међуоперацијска заштита и заштита при транспорту и складиштењу.

За привремену заштиту се користе органска заштитна средства која на површини метала стварају слојеве непропусне за влагу и које не мењају конзистенцију у температурском подручју њихове намене.

Облагање гумом се изводи ради заштите неког предмета у многим корозионим срединама. Гума је еластични полимер који се састоји од макромолекула. Гумени материјали су хемијски отпорни на већину неорганских киселина, база и соли, органских киселина, раствора и других агресивних медија. Гумирање се примењује у хемијској

процесној индустрији. За облагање гумом употребљавају се материјали на бази природног каучука као и разне вештачке гуме.

Заштита облагањем пластичним масама се изводи најчешће због заштите од агресивних, пре свега киселих раствора. За облагање се користе термопластичне масе које на повишеној температури смекшају, па се могу лако обликовати. Најчешће се користе за облагање челичних цеви, кућишта и машинских делова. Поступак заштите се састоји од припреме површине и наношења слоја лепка пластичне масе. Следећи корак је стављање плоча или фолија од пластичне масе на слој лепка. Затим, када се лепак осуши, врши се заваривање плоча помоћу електрода од пластичне масе.

4.4. Електрохемијска заштита

Електрохемијска заштита се заснива на промени вредности електродног потенцијала метала у електропроводљивој корозијној средини. Овакав вид заштите остварује се повезивањем металних конструкција, опреме и уређаја на позитиван или негативан пол извора једносмерне струје или спајањем са металом чији се електрохемијски потенцијал битније разликује од метала који се заштићује.

За примену заштите од корозије променом потенцијала метала, морају бити испуњени следећи услови:

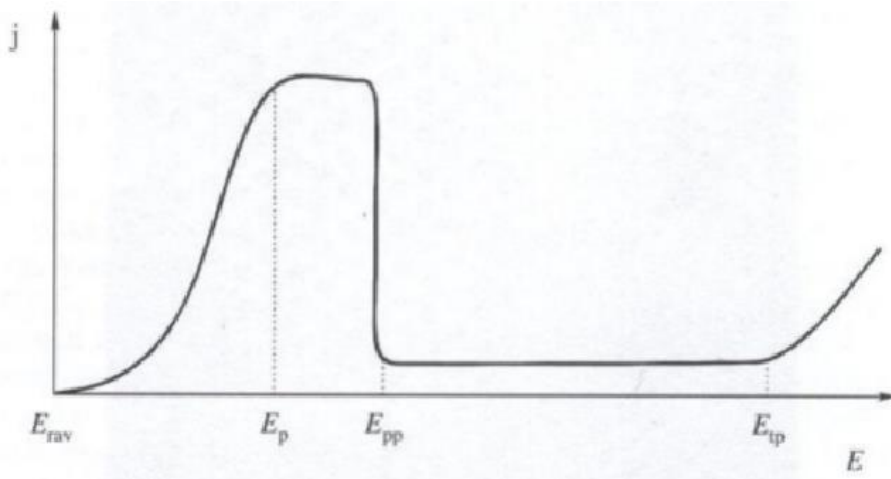
- око површине металне конструкције мора постојати средина која има јонску електричну проводљивост,
- конфигурација штићене конструкције треба да буде што једноставнија,
- продукти електрохемијских процеса не смеју корозионо деловати на метал,
- потрошња једносмерне струје за заштиту од корозије не сме да буде велика.

4.4.1. Анодна заштита

Анодна заштита служи за заштиту метала који се могу пасивирати у одговарајућој корозионој средини и остварује се спајањем металне конструкције са позитивним полом извора једносмерне струје. Такође се може остварити спајањем металне конструкције са металом чији је електрохемијски потенцијал позитивнији од потенцијала метала који се заштићује. У оба случаја конструкција се понаша као анода.

Спајањем металне конструкције за позитиван пол једносмерне струје, метал може да се преведе из активног стања у пасивно или транспасивно стање зависно од анодне поларизације.

У циљу реализације анодне заштите метала најважније је одредити област потенцијала у којој се метал налази у пасивном стању и преко спољнег извора једносмерне струје, метал одржава у области пасивног стања. Слика 17 приказује анодну поларизацију метала са јасно видљивим подручјем пасивности метала.



Слика 17. Анодна поларизациона крива [1]

j – густина струје,

$E_{рав}$ – равнотежни потенцијал,

E_p – потенцијал почетка пасивирања,

$E_{пр}$ – потенцијал потпуног пасивирања,

$E_{тр}$ – потенцијал транспасивирања.

Катодни протектор представља метал са позитивнијим потенцијалом од конструкцији помоћу којег се врши анодна заштита. Његова улога је да штићени метал учини позитивнијим, односно да га преведе у његово пасивно стање. За овај вид заштите не могу се употребити сви електропозитивнији метали, већ само они чији је корозиони потенцијал позитивнији од потенцијала пасивирања метала који се заштићује. Примену имају они метали који су постојани у корозионој средини при захтеваној катодној поларизацији. Тако се, на пример, као катодни протектори за челик користе платина, титан, паладијум, сребро и бакар.

4.4.2. Катодна заштита

Катодна заштита представља најпрактичнији вид заштите за конструкције које се налазе у земљи, рекама, језерима и морима, такође, све чешће се користи и у хемијској индустрији ради заштите предмета. Њу карактеришу висок степен ефикасности, ниска цена изградње и једноставна експлоатација.

Катодна заштита се може спровести на два начина, и то:

- Заштита помоћу спољнег извора једносмерне струје,
- анодна протекторна заштита

Код заштите помоћу спољнег извора струје метал се споји са негативним полом извора једносмерне струје, а са позитивним полом тзв. помоћна анода.

Анодна протекторна заштита подразумева да се метал споји са мање племенитим металом, при чему настаје галвански спрег у којем је заштићени предмет катода, а мање племенити метал „жртвована“ анода.

Анодна протекторна заштита се не користи у случајевима ако је:

- мала разлика потенцијала између „жртвоване“ аноде и метала који се заштићује,
- јако негативан потенцијал метала који се штити и
- специфични отпор тла већи од $4000\Omega\text{cm}$.

4.5. Заштита обрадом корозионе средине

Заштита металних производа од корозије се може постићи обрадом корозионе средине, односно смањењем агресивности средине. Овај поступак заштите је у непосредној вези са конструкционим и технолошким мерама заштите од корозије. Корозиона средина може бити течна (електропроводљива и непроводљива) и гасовита.

Начини обраде корозионе средине:

- уклањањем агенса из корозије,
- употребом инхибитора корозије,
- променом корозионе средине у целини.

У електропроводљивој средини брзина електрохемијске корозије зависи од концентрације агенса корозије. Она се успорава када се концентрација агенса смањује и зауставља ако се њихова концентрација елиминише. Кисеоник и водонични јон су најпознатији агенси и они се редукују на катодним површинама и узрокују јонизацију метала чији је равнотежни потенцијал негативнији од њихове електроде.

Брзина атмосферске корозије се може смањити или потпуно зауставити постављањем металне опреме у одговарајуће просторе или амбалаже које се могу учинити херметичним. Херматизацијом се агресивна средина ограничава на простор који се налази између омотача и површине предмета који се херматизује. Омотачи се најчешће израђују од пластичних и металних фолија.

Инхибитори корозије представљају материје које у малим количинама и у одређеним условима смањују или потпуно заустављају корозију метала.

У инхибиторе корозије спадају материје које могу да:

- повећају пренапетост редукције агенса корозије,
- пасивирају површину метала,
- редукују оксидациона средства метала,
- смање површину електрода микро и макрокорозионих гасова.

Инхибитори се најчешће користе за заштиту метала од корозије у растворима и просторима ограничене запремине. Као што су: хемијски апарати, парни колтови, опрема при складиштењу, нагризању и слично.

Основна подела инхибитора јесте према начину деловања и то на: физичке и хемијске инхибиторе.

Физички инхибитори се адсорбују на површини метала, која може бити анодна, катодна или укупна. Они стварају слој који спречава корозију метала а да при томе не узрокују никакве промене на површини. Хемијски инхибитори ступају у реакцију са површином метала и мењају њена својства.

Заштитна атмосфера служи као ефикасно средство за заштиту метала од гасне корозије при многим металуршким процесима као што су: ковање, ваљање, ливење, термичка обрада метала.

Заштитна атмосфера при термичкој обради челика остварује се помоћу племенитих гасова и то: аргона, азота, водоника угљенмооксида, метана и етана.

У пракси, заштитна атмосфера се припрема од азота, са већом или мањом количином водоника, угљенмооксида и метана. Састав заштитне атмосфере није исти за све метале и највише зависи од састава метала.

5. Корозија и заштита кошуљице артиљеријског пројектила

Назив **пројектил** је у нашој војнострочној терминологији новијег датума и страног је порекла. Због свог уопштеног значења представља најадекватнију терминолошку ознаку за све предмете, са конструкцијског становишта веома разноврсне, што се са одређеним циљем упућују на унапред одређени циљ (ради уништења циља разорним или другим дејством, ради задимљавања или осветљавања и сл.). Према намени пројектили се могу поделити на: бојна, вежбовна, маневарска, школска, опитна. Артиљеријски пројектили се такође могу поделити у две велике групе и то на: **класичне пројектиле** (они се на циљ упућују посредством ватреног оружја, односно оруђа: погонски мотор је оруђе за лансирање, а пројектил у целини користан терет који се упућује на циљ) и **ракетне пројектиле** (који у општем случају представљају конструкциону целину која сједињује погонски мотор и користан терет – бојеву главу).

Кошуљица (омотач) је део свих артиљеријских пројектила који служи за смештај енергетског дела пројектила и упаљача. Истовремено, кошуљица штити енергетски део од спољних механичких и атмосферских утицаја, а у току кретања кроз цев оруђа, односно на активном делу путање, значајно умањује оптерећења која се преносе на енергетски део. Код ротирајућих пројектила кошуљица обезбеђује жirosкопску стабилност пројектила на путањи, захваљујући великој маси.

Код пројектила стрелачких оружја кошуљица је најчешће израђена од меког метала и у њој је смештено оловно или челично језгро чија се кинетичка енергија на циљу претвара у механички рад.

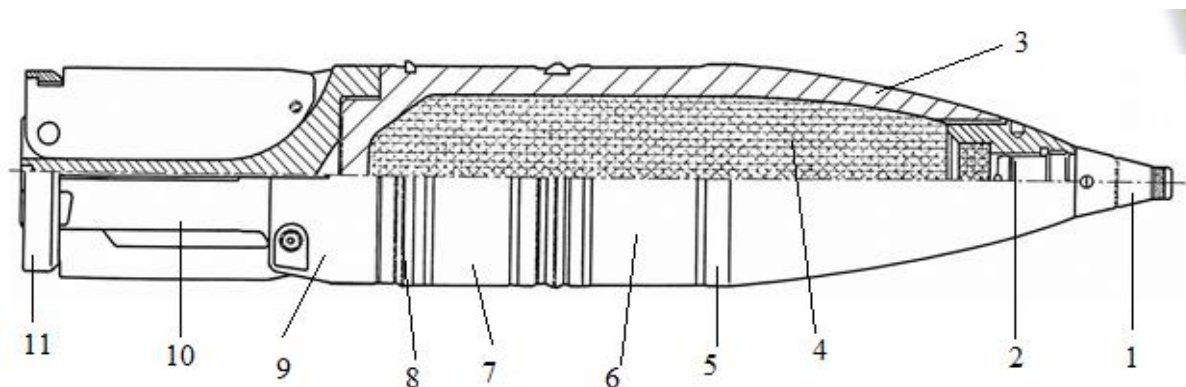
У кошуљицу разорних пројектила (Сл. 18), израђеној од челика или челичног лива, смештени су експлозивно пуњење и упаљач. Поред основног задатка – чување и допремање до циља енергетског дела – кошуљица разорних пројектила најчешће учествује у самом механизму дејства на циљ. Парчадно дејство разорних пројектила на циљу зависи од односа кошуљице и експлозивног пуњења и његових карактеристика.



Слика 18. Приказ разорног пројектила [5]

Код осветљавајућих, димних и запаљивих пројектила, кошуљица служи за смештај енергетског дела упаљача, а главни јој је задатак да допреми до циља енергетски део у неоштећеном стању. Код неких врста димних пројектила, кошуљица има секундарно улогу, тако да дејствује парчадима на циљ.

На слици 19. приказана је тренутно-фугасна граната



Слика 19. Тренутно-фугасно зрно 105mm [2], 1-упаљач, 2-детонатор, 3-оживал, 4-експлозивно пуњење, 5-центрирајући прстен, 6-цилиндрични део, 7-ојачани цилиндрични део, 8-водећи прстен, 9-конусни део, 10- дно, 11-плочица

На спољашњој страни кошуљице пројектила разликујемо:

- оживални део,
- цилиндрични део,
- водећи прстен,
- део иза водећег прстена.

Оживални део кошуљице има задатак да омогући пројектилу лакше савлађивање отпора ваздуха на путању. Он се протеже од врха гранате до горњег центрирајућег прстена. Код појединих пројектила може бити различит, у зависности од намене пројектила. Најчешће представља јединствену целину у склопу читаве кошуљице, али има и случајева када се на врх оживалног дела намешта посебан адаптер ради увијања упаљача.

Дужина цилиндричног дела кошуљица разорних граната креће се у границама 1 – 3 калибра. На том делу се налази један, а најчешће два центрирајућа ојачања, чији је пречник мањи од калибра оруђа за 0,1–0,5 mm. Центрирајућа ојачања намењена су да центрирају гранату или зрно при пролазу кроз цев оруђа, тако да се његова оса симетрије поклапа са осом цеви. Код граната или зрна која имају само једно центрирајуће ојачање (центрирајући прстен) улогу другог врши водећи прстен.

Водећи прстен има задатак да:

- пренесе на пројектил обртно кретање око уздужне осе,
- врши што потпуније заптивање цеви у току кретања пројектила кроз цев и онемогући продирање барутних гасова у простор испред пројектила,
- обезбеди поклапање уздужне осе пројектила са уздужном осом цеви оруђа у току кретања пројектила кроз цев,
- осигура при пролазу пројектила почетни притисак барутних гасова који ће омогућити правилно сагоревање барутног пуњења.

Водећи прстен је утиснут у канал на цилиндричном делу кошуљице. Да се водећи прстен не би окретао око кошуљице, површина канала је наzubљена. Ширина водећег прстена код већих калибара износи 25 – 30 *mm*, док за мале и средње испод 20 *mm*.

Део иза водећег прстена најчешће се изводи у виду зарубљеног конуса чиме се смањује аеродинамички отпор. Међутим, овај облик има неповољан утицај на стабилност пројектила у лету који је утолико већи ако је брзина пројектила већа, тако да се код пројектила које имају велику брзину задњи конус не изводи.

Дно пројектила је најчешће део кошуљице. Међутим, код неких пројектила као што су панцирни, димни, осветљавајући и др. дно је посебно израђено и навојима или неким другим начином спојено са кошуљицом. Код граната, на дну, најчешће је наварена кружна плочица која има улогу да спречи продор барутних гасова у унутрашњост пројектила.

Експлозивно пуњење је главни носилац функције гранате на циљу. Израђује се од бризантних експлозива као што су: тринитротолуен (тротил), мешавине тротила и хексогена и др. Експлозивно пуњење обично испуњава целокупну унутрашњост кошуљице изузев дела где је детонатор упаљача.

Услови које кошуљица мора да испуни:

- Да пројектил буде сигуран у цеви оруђа, да има одређене балистичка својства и да буде ефикасан на циљу. За остваривање ових циљева конструкција и квалитет кошуљице имају пресудан значај.
- Материјал за израду кошуљице, као и облик и димензије кошуљице одређују се тако да кошуљица сигурно може да издржи притисак барутних гасова и сва напрезања којима је изложена у моменту опаљења и за време пролаза кроз прелазни конус и олучени део цеви.
- Недовољна отпорност кошуљице, било због лошег материјала или неодржавања прописаних мера може изазвати прскање кошуљице, паљење или превремено дејство експлозива.

- Неквалитетна израда кошуљице, одвајање водећег прстена, или пропуштање гасова на дну кошуљице, такође могу бити узрок превремене експлозије у цеви оруђа или на путањи.
- Да би пројектил био ефикасан на циљу, односно, да се не сломи при удару у циљ пре експлозије, и да при експлозији да дрећену количину убитачне парчади, челик од кога је кошуљица израђена мора да има одговарајућа механичка и физичка својства и одређени хемијски састав.

5.1. Методе израде и одабир челика за израду кошуљица

За производњу кошуљица артиљеријских пројектила користи се неколико метода и то су:

- ковање и дубоко извлачење у врућем стању,
- дубоко извлачење у хладном стању,
- истискицање пресовањем у хладном стању,
- обрада са скидањем струготине.

При одабиру методе производње кошуљице утичу више фактора од којих су најважнији:

- конструкција и калибар пројектила,
- машински парк којим се располаже,
- економика производње.

За израду кошуљице пројектила средњих и великих калибара, као и за израду бојних глава, ракета и мина за минобацаче сличних калибара, најчешће се користи ковање и дубоко извлачење у врућем стању. Док се, за производњу кошуљица граната малих калибара, као најекономичнија метода показала обрада са скидањем струготине на специјаним вишвртеним и једновртеним аутоматима.

Челици који се користе за израду кошуљица граната треба да буду уједначеног квалитета с нормалним интензитетом сегрегација, без лункера, пахуљица, гасних мехурова, прскотина итд.

Значај појединих својства челика:

- Хемијски састав

За све врсте челика од којих се израђују кошуљице прописан је хемијски састав неким стандардом или техничким условима. За оцену квалитета челика није увек најбитније да ли је његов хемијски састав прецизно одржан у прописаним границама. Дешава се да челик са саставом у границама услова не даје задовољавајуће резултате у погледу

механичких својстава и обратно, да челик са мањим одступањима у потпуности задовољи. Много је меродавније да ли тај челик, уз одређени режим термичке обраде, даје тражене механичке, технолошке и друге карактеристике. Уколико су резултати ових испитивања задовољавајући, челик се може употребити. У табели 2. дати су хемијски састави челика који се користе за израду кошуљица артиљеријских пројектила у колонама II и III, док је у колони I представљен челик за израду мина за минобацаче а у колони IV челик за израду панцирних зрна.

Табела 2. Хемијски састав стандардних челика за израду кошуљица [2]

N °	C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni % max	P % max	S % max	Cu % max
I	0.43- 0.56	0.17- 0.38	0.55- 0.95	max 0.25	0.25	0.05 P+S max	0.05 =0.09	0.40
II	0.59- 0.70	0.12- 0.33	0.55- 1.05	max 0.20	0.25	0.05 P+S max	0.05 =0.09	0.40
III	0.51- 0.62	0.12- 0.33	0.65- 1.05	max 0.20	0.25	0.05 P+S max	0.05 =0.09	0.40
IV	0.32- 0.39	1.30- 1.60	0.80- 1.10	1.10- 1.40	0.50	0.003	0.003	0.25

- Металуршка чистоћа челика

Сваки челик у себи садржи нечистоће које потичу из процеса производње челика.

Уочљиве су три главне врсте нечистоћа: гасови, страни метали и неметални укључци.

Кисеоник, водоник и азот најчешћи су гасови које налазимо у челицима. кисеоник и азот улазе у челик углавном из ваздуха док водоник улази из влаге сировина. Водоник је узрок појаве унутрашњих шупљина које се понекад појављују у неким легираним челицима.

Страни метали у челику потичу из сировина или отпада других челика. Њихово присуство може бити веома штетно.

Неметални укључци су врло ситне честице шљаке у челичној маси. Њихово присуство у сваком челику је нормално и мање или више штетно, зато се присуство неметалних укључака у челику ограничава.

- Сегрегације у челику

Сегрегацијом у челику назвимо појаву при којој су поједини елементи нормално присутни у челику али неједнако распоређени у маси. До такве појаве долази за време стврдњавања течног челика и због неистовременог процеса кристализације појединих састојака челика.

- Разугљенисање површине челика

Када се кошуљице дуже загревају на температури ковања или за неки поступак термичке обраде, онда се угљеник из површинских слојева сједини са кисеоником у пећи. На тај начин се на површинском слоју челика смањује садржај угљеника. Скоро сваки ковани или вањани материјал има по површини разугљенисани слој који код већих комада може да достигне дебљину од 2-3 *mm*. Овај слој треба скинути пре термичке обраде.

- Величина зрна у челику

Од величине зрна у челику зависи његово понашање при термичкој обради, а још више, величина зрна утиче на механичко – технолошка својства челика.

Крупнозрнасти челик има обично много лошију жилавост него финозрнаст, а при обради извлачењем даје грубе и храпаве површине. Крупнозрнасти челик се по правилу закаљује дубље и боље него финозрнаст.

5.2. Технологија заштите кошуљица артиљеријског пројектила од корозије

Поступак заштите кошуљица од корозије састоји се од следећих операција:

- чишћење и одмашћивање,
- фосфатирање (бондеровање),
- спољашње лаковање.

Чишћење и одмашћивање. Оdmашћивање кошуљица се може извршити на више начина. Најзаступљеније је одмашћивање у пари трихлора, у специјалним уређајима у којима је кретање кошуљица у току процеса одмашћивања аутоматизовано. За одмашћивање кошуљица, нарочито средњих и већих калибара, још увек се у неким фабрикама користи прање у врућој води са калцинираном и каучастом содом, или специјалним детарџентима.

Купатило за одмашћивање припрема се на тај начин што се на сваких 100l воде загрејане на 60-70° C додаје 6 kg калциниране и 4 kg каустичне соде, или се додаје неки детарџент према упутству произвођача.

После прања у алкалном раствору, кошуљице се перу у хладној текућој води и топлој води. При испирању вода се мора равномерно сливати на целе површине, што је знак да је кошуљица добро одмашћена

Фосфатирање. Фосфатирање односно бондеровање кошуљица врши се не само зато што и сама фосфатна превлака штити челик од корозије, него више зато што је фосфатна превлака добра подлога за бојење и лаковање (Сл. 20).

Фосфатирање се врши помоћу купки и приручног алата. Кошуљице се потапају у фосфатну купку, и кроз њу провлаче 4-5 пута, при чему их треба тако окретати да из кошуљица изађе сав ваздух. На местима која због ваздушних мехурића не дођу у додир са раствором, не раствара се фосфатни слој. Тај процес траје 4-5 минута. Веће кошуљице постављају се на погодне носаче, а мање кошуљице стављају се у корпе помоћу којих се врши потапање у раствор за фосфатирање. за веће као и за мање кошуљице постоје аутоматски уређаји за фосфатирање помоћу којих се читав процес убрзава и олакшава.

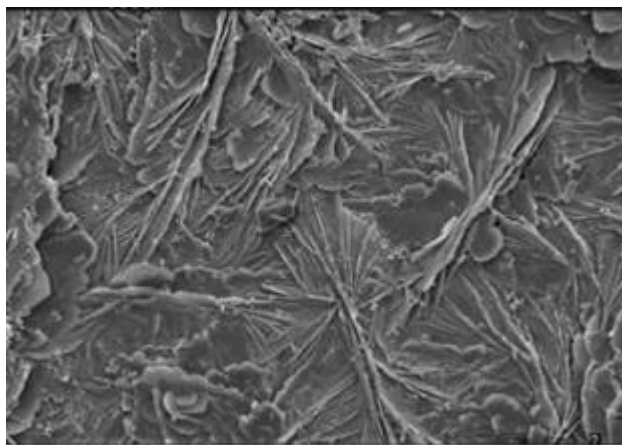
Фосфатни раствор се ставља по упутству произвођача и у току рада се мора контролисати и по потребе кориговати.

Када се заврши фосфатирање кошуљице треба опрати у хладној текућој води, провлачењем 2-3 пута и затим се те кошуљице заједно са корпом потапају у купатило с раствором за неутрализацију. Испирање у овом купатилу траје око 30 секунди, а затим

кошуљице иду на сушење. Сушење се врши у сушионици на 120 – 150°C у трајању од 5 до 10 минута.

Техничка контрола врши 100% контролу фосфатне превлаке. Она мора бити равномерне и ситнокристалне структуре, светло до тамно сиве боје. Не сме имати беле трагове који потичу од лошег прања. Тежина фосфатне превлаке мора бити најмање 16mg/mm^2 , а контролише се преко контролних плочица које се стављају у сваку трећу корпу по једна да се фосфатирају заједно са кошуљицама.

После извршене контроле фосфатирања, ради трајне заштите кошуљица од корозије, кошуљице се лакују споља и изнутра.



Слика 20. Изглед фосфатне превлаке [2]

Спољашње лаковање кошуљица. За спољашње лаковање, кошуљице се припремају на тај начин, тако што се преко водећег прстена навлачи заштитни појас, а у уста кошуљице навија се чеп са куком о коју се кошуљица качи за бојење и сушење после бојења.

За лаковање спољашњих површина артиљеријских кошуљица најчешће се употребљава стиролизирна алкидна лак боја, чији је квалитет ближе одређен посебним техничким условима.

Наношење боје врши се на специјалној окретници или транспортеру са распршивачем.

Савременији начин бојења кошуљица је наношење боје на кошуљицу која се налази у електростатском пољу – или наношење боје „електростатским пиштољем“. За тај начин бојења основна боја мора да садржи неки електропроводљив адитив.

Овај начин бојења поред тога што омогућује уштеду од око 40-50 % боје, даје бољи квалитет бојења и омогућује боље хигијенске услове рада.

Када се заврши бојење, сушење се врши на ваздуху, на собној температури од 40 до 60 минута. По завршеном сушењу са кошуљице се скида заштитни појас и чеп.

60 до 90 минута након бојења, врши се детаљни преглед спољашње превлаке. Визуелним прегледом контролише се да ли је цела површина покривена бојом и да нема сливања. Дебљина слоја се контролише на одређеном броју кошуљица и на свакој од тих кошуљица се мери на више места и њена средња вредност треба да се креће у границама од 25 до 50 μm . На центрирајућем прстену дебљина слоја боје не сме спречавати пролаз контроле карике.

Квалитет везе боје за метал се контролише након сушења од 24 часа прављењем „решетке“ на површини кошуљице. Односно, то се изводи тако што се на површини кошуљице ножем направи решетка и на засеченом месту се не сме појавити подизање или испадање љускица боје.

Унутрашње лаковање. Код артиљеријских кошуљица, унутрашња површина се најчешће лакује асфалт лаком који мора одговарати прописаним условима. Лак се припрема на тај начин што се измеша и додавањем разређивача доведе на одређени вискозитет. Навој на устима кошуљице заштићује се навијањем заштитног прстена. За лаковање, кошуљица се поставља у специјалну окретницу, а лак се наноси распршавањем које мора бити врло фино, у облику магле, како не би долазило до сливања.

По завршетку лаковања, кошуљице се скидају са окретнице, уклања се заштитни прстен, а кошуљице се постављају на сто за сушење. После сушења, навој на устима кошуљице заштићује се премазивањем литијумском машћу.

Унутрашње лаковање се контролише 100% визуелно помоћу сијалице. Лак мора равномерно покривати целу површину без сливања. Пријањање лака се контролише исто као код спољашњег лаковања, нарезивањем решетке.

6. Закључак

У завршном раду обрађена је тема о корозији у хемијској и електрохемијској разорној средини. Електрохемијска корозија као најраспрострањенија врста корозије представља веома штетну појаву код конструкционих метала и може довести до веома штетних последица ако се не уочи на време и на одговарајући начин санира. То је разлог што се још увек проналазе нови начини заштите метала од корозије који ће бити ефикаснији, једноставнији и економичнији. За сада, најпрактичнија заштита материјала је заштита премазима и превлакама. Поред заштите, веома је важан одабир материјала. Он мора да испуњава захтеване карактеристике и да буде што отпорнији на корозију у средини у којој ће се налазити при експлоатацији.

Врста и дејство корозије могу бити различити, што зависи од врсте нападнутог метала, састава агресивне средине као и механизма настанка и развоја корозије. Њена основна карактеристика је да се јавља на површини метала па се брже или спорије шири у дубину, притом, мењајући састав метала и његова својства.

Корозија се јавља готово у свакој грани индустрије као што су аутомобилска индустрија, авио индустрија, хемијска индустрија као и у војној индустрији. За заштиту од корозије у војној индустрији издвајају се веома велике своте новца из разлога што је све од најмањег пројектила па до авиона и тенкова подложно некој врсти корозије. У Америци директни трошкови корозије износе 276 милијарди \$ годишње, што је око 1000 \$ по становнику. Ови подаци нису потпуни будући да њима нису обухваћене секундарне штете настале од корозије као што су несреће, угроженост здравља људи, губици у производњи, тешке еколошке катастрофе и др.

Заштита од корозије код кошуљице артиљеријских пројектила је од веома великог значаја. Она мора бити добро урађена јер се неки пројектили годинама складиштени пре своје употребе и ако је заштита била лоша то може довести до превременог дејства пројектила (дејство у цеви оруђа) или нежељеног дејства на циљу. Кошуљице су такав конструкциони елемент да се захтева да не мењају своје карактеристике у веома великом временском периоду.

Спречавање нежељених дејства пројектила спречава се повременом провером појединих пројектила из различитих серија производња. Провера се врши визуалним прегледом као и хемијским испитивањем.

7. Литература

- [1] Вујичић, Владимир: Корозија и технологија заштите метала, Војна академија, Београд, 2002.
- [2] Владимир Ж. Јовановић: технологија производње муниције, Технички школски центар КоВ, Загреб 1977.
- [3] Мирослав Ристић: Муниција, Војна академија, Београд 1974.
- [4] Есих И., Дуги З.: Технологија заштите од корозије, „Школска књига“, Загреб, 1990
- [5] М. Јовановић, Д. Адамовић, В. Лазић, Н. Ратковић: Машински материјали, Крагујевац 2003.
- [6] <https://rustabout.rs/resenja/korozija-u-vojnoj-industriji/>
- [7] http://idk.org.rs/wpcontent/uploads/2013/12/Vodorazrediva_dvokomponentna_epoksi_za_cas_p.ZM.pdf
- [8] https://www.cortecvci.com/whats_new/announcements/Miksic-Rogan-Kormat-2016.pdf
- [9] http://www.vtg.mod.gov.rs/webcms/application/-1_tsearch_llt/search.html#.XV1FUtiXWUk
- [10] <http://www.sitzam.org.rs/zm/2005/4/Vujicic.pdf>
- [11] <http://idk.org.rs/izdanja-2017-godine/zastita-materijala-1-2017/>
- [12] <https://sr.wikipedia.org/sr-ec/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%98%D0%B0>
- [13] <https://bs.wikipedia.org/wiki/Korozija>
- [14] https://www.google.com/search?q=korozija+wikipedia&client=firefox-b-d&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwieocCFiZTkAhUnlIsKHSG8DgAQ_AUIESgB&biw=1920&bih=944