

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Машинске конструкције и механизација
Предмет: Поузданост машинских система
Број индекса: 90/2010

Богдан Д. Нешић
Разарање и заштита елемената
машинских система услед корозије
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

- 1. Проф. др Добривоје Ћатић - ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____
Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да обради следеће теме:

- ЕКОНОМСКИ ПОГЛЕД НА КОРОЗИЈУ
- ПОДЕЛА КОРОЗИОНИХ ПРОЦЕСА
- МЕТОДЕ ЗАШТИТЕ ОД КОРОЗИЈЕ
- ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА БРЗИНУ КОРОЗИЈЕ

Препоручена литература:

[1] Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Corrosion>, преузето 15.08.2013.

[2] F. L. Laque и H. R. Corson, Отпорност метала и легура на корозију, научна књига, Београд, 1975.

[3] Себењи Ф., Хакл Л., Корозија метала у теорији и пракси, техничка књига, Београд, 1980.

Крагујевац, октобар 2013.

ментор:

Др Добривоје Ћатић, ред. проф.

Резиме

Корозија је, по дефиницији, физичко хемијски процес оксидације гвожђа. У оквиру рада је кроз девет поглавља објашњена подела корозионих процеса и заштита од корозије. При томе су дате детаљне поделе и облици заштите као и завршне обраде површина. Укратко је описан и економски поглед на корозију где су дати неки занимљиви подаци о значају заштите од корозије. Такође, описани су и чиниоци који утичу на појаву корозије, као и фактори који утичу на брзину корозије.

Кључне речи: корозија, механизми корозије, елементи машинских система, заштита од корозије.

Abstract

Corrosion is, by definition, a natural chemical process of oxidation of iron. As part of the work is in nine chapters explained the division of corrosion processes and corrosion protection. In this provides detailed divisions and forms of protection and finishing surfaces. Briefly described, and the economic view of corrosion where they provide some interesting information on the importance of protection against corrosion. Also, described are the factors that affect corrosion, as well as factors affecting the corrosion rate.

Key words: corrosion, mechanisms of corrosion, elements of mechanical systems, corrosion protection.

САДРЖАЈ

1. Увод.....	1
2. Економски поглед на корозију.....	2
3. Чиниоци који утичу на корозију	4
3.1 Природа метала	4
3.2 Карактеристике предмета.....	4
3.3 Околна средина	5
3.3.1 Влажна средина.....	5
3.3.2 Сува средина.....	6
4. Механизми корозионих процеса	7
5. Остали видови корозије.....	11
6. Испитивање отпорности према корозији	16
6.1 Мерење степена корозије	16
6.2 Испитивање без разарања	17
7. Врсте и поступци заштите од корозије и завршне обраде	18
7.1 Операција одмашћивања површина.....	18
7.1.1 Операција одмашћивања помоћу течних растварача	18
7.1.2 Одмашћивање помоћу растварача у парном стању	19
7.1.3 Одмашћивање у алкалним растворима	20
7.1.4 Одмашћивање електролитичким поступком.....	21
7.2 Операције чишћења	22
7.2.1 Механички поступци	22
7.2.2 Чишћење хемијским средствима (декапирање у киселинама)	23
7.2.3 Електролитичко чишћење (електролитичко декапирање)	24
7.3 Заштита против оксидације	25
7.3.1 Термички поступци заштите.....	25
7.3.2 Хемијски поступци заштите против оксидације.....	27
7.3.3 Електролитички поступци.....	29
7.3.4 Заштита бојама	31

8. Методе заштите од корозије.....	33
8.1 Електрохемијска метода заштите	33
8.1.1 Катодна заштита	34
8.1.2 Анодна заштита.....	35
8.2 Заштита помоћу превлака	35
8.3 Материјали отпорни према корозији	36
8.4 Заштита помоћу инхибитора	37
8.5 Заштита обрадом корозивне средине	39
9. Фактори који утичу на брзину корозије	41
9.1 Киселост.....	41
9.2 Оксидациони агенси	42
9.3 Филмови.....	43
9.4 Температура.....	43
9.5 Брзина кретања.....	45
9.6 Хетерогеност	46
9.7 Остали фактори	46
10. Закључак.....	48
11. Литература	49

1. УВОД

Корозиони процеси, који се свакодневно виђају и који представљају претварање великог броја корисних метала у штетне корозионе продукте, у суштини су спонтани процеси између метала и компонената околине при чему метали прелазе у термодинамички стабилније стање.

Челик је материјал који се највише употребљава код израде разних конструкција, па је његово корозионо понашање и антикорозиону заштиту потребно добро познавати. Корозија смањује употребну вредност челика, скраћује век трајања конструкција, поскупљује њихово одржавање, узрокује губитке у производњи, застоје у раду, хаварије и др. Економско значење корозије челика је велико и оно расте са индустријализацијом привреде. Стварну штету насталу због корозије на челичним конструкцијама је тешко израчунати, јер осим директних штета укључује и оне индиректне које су такође огромне.

Да би дошло до појаве корозије, или процеса оштећивања челичне конструкције, мора у посматраном саставу постојати хемијска, механичка, биолошка или нека друга покретачка сила. Она је узрок штетне појаве или процеса, а њеном деловању се опирају физички или хемијски отпори. Коришћењем разних технологија антикорозионе заштите, управо се ти отпори повећавају и успоравају ток корозионих процеса.

Из наведеног произилази велики значај правовремене и квалитетне заштите од корозије, а истраживања показују да се четвртина штета од корозије може спречити применом савремених технологија заштите.

Стање материјала у природи где се налазе је у равнотежи са хемијским реакцијама које се дешавају под утицајем кисеоника, воде и осталих атмосферских чинилаца. Конструкцијски материјали се најчешће прерађују па се њихов састав мења, односно са одређеним уносом енергије мења се њихов састав да би се добили материјали који су употребљиви за разне намене. Природна тежња таквих прерађених материјала је да се врате у првобитно стање какво је било док нису били прерађени. Унос енергије који су човек и/или сунчана енергија унели у материјал остаје прикривен у структури материјала и отпушта се чим постоји могућност за то. Прелазак материјала у природно стање је најчешће нежељено и доводи до губитка вредности материјала па тако и конструкција и производа који садрже тај материјал. Коначна последица преласка и отпуштања енергије из материјала је неупотребљивост материјала [1].

Прелазак материјала у првобитно природно стање се назива корозија. Корозија је процес ненамерног разарања конструкцијских материјала узрокованог физичким, физичко-хемијским и биолошким агенсима. Реч корозија потиче од латинске речи **corrodere** што значи нагристи.

Иако је заштита материјала позната још од доба старог Египта, још у првој половини 20. века није се придавало пуно пажње заштити материјала од корозије, али неке студије које су направљене показале су да би се могла уштедети велика средства применом адекватних мера заштите од корозије. Студије које су направљене показале су да се инвестирањем у заштиту материјала добија продужени век трајања конструкција, па тако и продужени рок трајања техничког застаревања, односно уложени капитал се исплатио у погледу дужег века трајања конструкција [2].

2. ЕКОНОМСКИ ПОГЛЕД НА КОРОЗИЈУ

Корозија штетно утиче на сировине, производе и полупроизводе. Трошкови које изазива могу се сврстати у две главне групе: директне и индиректне [1].

Директни трошкови се виде у погледу раније замене кородираних делова или застоја због спровођења антикорозивне заштите.

Индиректни трошкови су трошкови који се могу видети у погледу смањених капацитета или смањеном квалитету производа па тако и мањом профитабилношћу опреме која је оштећена корозијом.

Ако се погледа у задњих неколико година може се приметити да се цене конструкцијских материјала, поготово оних постојаних (Pb, Cu, Zn, Sn) повећавају због све веће цене енергената који су потребни за прераду сировина, али и због све мањих залиха сировина за производњу. Истовремено се повећава потражња за конструкцијским материјалима. Због свега тога заштита од корозије постаје врло важна због продужења експлоатације опреме и заштите материјала, који постају скупи, од пропадања.

Заштита од корозије се почела озбиљније примењивати с повећаном експлоатацијом челика и металних материјала. Велики скок у развоју антикорозивне заштите десио се с применом првих пароброда и железнице. Други светски рат придонosi развоју антикорозивне заштите. Једна од индустрија која је такође допринела развоју заштите од корозије је аутомобилска индустрија. Како се може видети, велики скокови у развоју антикорозивне заштите дешавају се појавама индустрија које брзо напредују, тако да данас на развој највише утиче нуклеарна техника, електроника, аутоматизација и свемирска техника.

Примена у привреди и данас заостаје за теоретским знањима, што је највише због разлога брзог напретка технологије и заштите од корозије. Бројним студијама је доказано да се с једним доларом уложеним у антикорозивну заштиту добије од три до шест долара у погледу боље трајности и веће поузданости опреме.

2.1 Процене губитака због корозије

Процене губитака узрокованих утицајем корозије показују да се у индустријским земљама трошкови крећу у распону од 3 до 5 процената бруто домаћег производа годишње [2]. Резултати студије коју је направила Федерална управа за аутопутеве у Сједињеним Америчким Државама 1998. године показала је да су годишњи трошкови настали због утицаја корозије на федералном нивоу отприлике 276 милијарди долара или 3,1% БДП-а. На слици 1 [2] дат је графички приказ трошкова због утицаја корозије у САД-у 1998. године.

трошкови
корозије у
САД 1998.год.



Слика 1. Графички приказ трошкова деловања корозије у САД

Када се говори о трошковима због корозије подразумева се замена оштећене опреме, наношење превлака и спровођење других заштитних мера, те за примену антикорозивних легура уместо угљеничног челика.

Процене које се најчешће врше не користе податке везане уз индиректне штете због корозије, нити податке у којима се не може директно одредити цена, попут несрећа.

Сврха процена није да би се добило знање о потребним средствима која се морају резервирати за обнову опреме и примену антикорозивних метода, већ да би се показало колики је утицај корозије на БДП, те тако показало да се с правилним коришћењем антикорозивних метода могу уштедети значајна средства. Занимљив је и податак да се трошкови због утицаја корозије не могу потпуно смањити, али се правилном употребом антикорозивних мера може постићи уштеда од 30%. Ако се тај податак изнесе у егзактним подацима, добија се да су Сједињене Америчке Државе могле уштедети 82,5 милијарди долара у једној години.

3. ЧИНИОЦИ КОЈИ УТИЧУ НА КОРОЗИЈУ

Корозија је веома сложена појава која је предмет сталних проучавања. Одговарајуће превентивне мере и заштиту метала је могуће успешно спровести само уколико се води рачуна о свим чиниоцима који утичу на корозију [3].

У вези са овим се сматра да не постоје метални материјали који су имуни према корозији. Чак и метали који су најотпорнији према корозији, као што су нерђајући челици, могу да буду нападнути извесним материјама. На пример, хром-никл нерђајући челик је отпоран према азотној киселини, али није отпоран према растворима неких једињења хлора.

Не упуштајући се у овом тренутку у све узроке појаве корозије, које су хемијске или електрохемијске природе, главни чиниоци који утичу на појаву корозије се односе на:

- природу метала,
- својства предмета и
- околну средину.

3.1 Природа метала

Сваки метал поседује различиту отпорност према дејству корозионих агенаса. На пример, легуре гвожђа су у влажној средини знатно више подложне корозији од легура алуминијума. Осим тога, корозија делује на исти метал различито, што зависи од степена хомогености и чистоће његовог састава, од величине његових кристалних зрна, а зависи још и од тога да ли у металу владају или не владају унутрашњи напони.

Хетерогеност хемијског састава

- Метал је утолико отпорнији према корозији уколико је чистији, то јест хомогенији и уколико му је уједначенији хемијски састав.

- Присуство нечистоћа, односно малих, издвојених зона чији се хемијски састав разликује од састава основне масе, поспешује дејство корозије.

Хетерогеност кристалне структуре

- Уколико је кристална структура метала хомогенија и правилнија, односно уколико су му финија кристална зрна, утолико је метал отпорнији према корозији.

Унутрашњи напони

- Унутрашњи напони проузроковани спољашњим чиниоцима или деформацијама због хладноће, или заостали напони проузроковани брзим хлађењем при термичкој обради или операцијама заваривања, битно умањују отпорност метала према корозији.

3.2 Карактеристике предмета

Стање површине предмета, квалитет обраде, облик предмета и услови експлоатације у знатној мери утичу на отпорност тог предмета према корозији.

Квалитет обрађене површине:

- уколико је површина финије обрађена утолико је већа отпорност тог предмета према корозији. Примера ради, предмет обрађен на стругу, брушен, па полиран поседује знатно већу отпорност према корозији него предмет од истог материјала који је само стругарски обрађен.

Облик предмета:

- прекиди облика предмета, рупе, жлебови, упусти, оштре ивице, испупчени делови површине предмета умањују његову отпорност према корозији.

Механичка обрада:

- отпорност према корозији може да се промени под утицајем механичке обраде која се обавља на предмету. Предмети који се обликују на хладно, на пример, ваљањем или ковањем током обраде отврдњавају по површини, а установљено је да отврднути метали лакше кородирају од истих метала који нису отврднути.

Услови експлоатације:

- отпорност неког предмета (или једног његовог дела) према корозији је различита у зависности од његовог положаја и правца у односу на кородивне агенсе, као и од тога да ли је спојен са неким другим металним предметима;

- спој два предмета изведен како хладним поступком спајања (закивцима, завртњима или пертловањем), тако и топлим поступком спајања (заваривањем), ствара прекид хомогености у зони споја, а то поспешује појаву корозије;

- та појава нарочито долази до изражаја када тај спој чине различити метали.

3.3 Околна средина

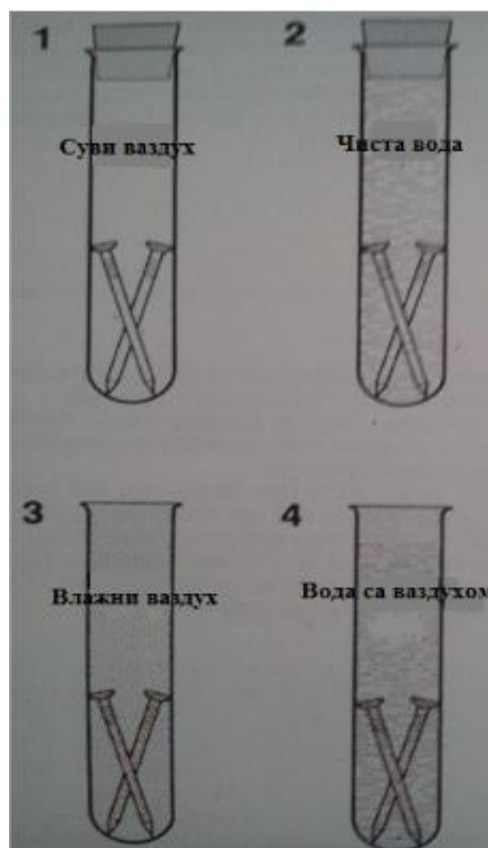
Корозија се, мада на различит начин, јавља и у влажној и у сувој средини.

3.3.1 Влажна средина

Многе хемијске суспенције или раствори у течном стању (на пример киселине) нападају метал непосредно, образујући са њим хемијска једињења изазивајући тако корозију. Интензитет дејства корозије коју врше течности зависи од низа чинилаца као што су концентрација раствора, различита расподела кисеоника раствореног у течности, температурски услови, притисак, вискозност, мировање или узбурканост течности итд.

Важно је истаћи чињеницу да корозију одређеног метала често не изазива агрегатно стање супстанце, него присутност два различита стања или присуство различитих, добро помешаних хемијских једињења. На пример сув ваздух, односно онај који не садржи влагу, не изазива корозију, као што то не чини ни чиста вода која не садржи ваздух или кисеоник растворен у себи.

Насупрот томе, корозију изазивају влажан ваздух или вода, која садржи растворен ваздух или кисеоник. Те појаве су приказане на слици 2 [3]. У епруветама 1 и 2 ексерис нису кородирали, док у епруветама 3 и 4 ексерис брзо рђају.



Слика 2. Епрувете 1, 2, 3 и 4

3.3.2 Сува средина

У сувој средини, на пример у додиру са атмосферским ваздухом метал оксидише, односно нападају га кисеоник, угљен-диоксид, сумпор-диоксид и једињења хлора присутна у ваздуху.

Ова појава је изражена при повишеним температурама (оксидација метала на топло).

Загађен ваздух, првенствено од индустријских димова, подстиче корозију. У димовима и отпадним гасовима увек су присутне супстанце (на пример: угљен-диоксид, сумпор-диоксид, оксиди азота), које се спајају са водом при кондензовању у облак, а онда са кишом поново падају на земљу у облику високо кородивних киселина (на пример: сумпорна киселина, угљена киселина, азотна киселина итд.).

Нарочито кородивна атмосфера је она у приморским областима. Наиме, ваздух у близини мора је богат хлорним солима које подстичу корозију материјала од легура гвожђа.

4. МЕХАНИЗМИ КОРОЗИОНИХ ПРОЦЕСА

Према начину на који настаје, корозија се дели на:

- хемијску корозију и
- електрохемијску корозију

Хемијска корозија (слике 3 и 4) [1] изазвана је непосредним деловањем сувих гасова или раствора који не производе електричну струју (раствори неелектролита) на површину метала.

Тако, на повишеној температури, гасови као што су: кисеоник (O_2), сумпор диоксид (SO_2), сулфидна киселина (H_2S), хлор (Cl_2), гасовита хлороводонична киселина (HCl), угљен диоксид (CO_2) изазивају разарање апарата и делова апарата са којима ступају у контакт, као последица хемијских реакција које се одигравају између корозивног агенса и метала [4].

Многи метали, под утицајем кисеоника из ваздуха, чак и на обичној температури, образују танку превлаку сачињену од оксида или једињења дотичног метала. Дебљина превлаке зависи од природе метала, од природе средине, од температуре итд. Када превлака није дебела, не раствара се у агресивној средини и добро пријања уз површину метала, штити остатак метала од корозије. Овакву заштитну превлаку граде следећи метали: Al, Zn, Mg, Co, Ni, Cr.

За разлику од ових метала, гвожђе оксидацијом образује дебелу превлаку, која слабо пријања уз површину и која нема заштитно дејство за остатак метала. Ако се гвожђе потопи за кратко време у концентрованој азотној киселини, образује се на његовој површини превлака од оксида која обезбеђује добру заштиту метала (пасивизација метала).

Хемијска корозија није праћена појавом неких локалних електричних струја.



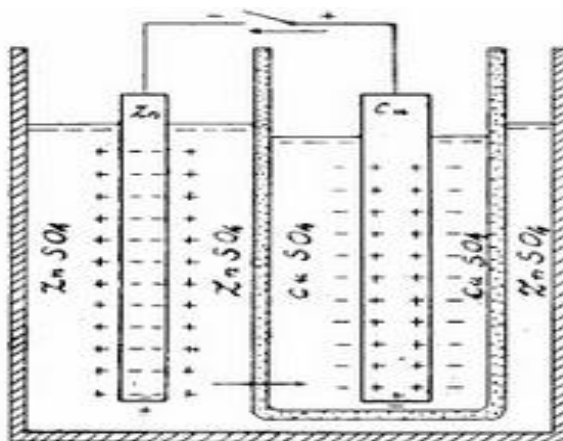
Слика 3. Пример хемијске корозије



Слика 4. Пример хемијске корозије

Обрада површине метала веома утиче на брзину процеса корозије метала. Што је површина финије обрађена, отпорност према корозији је већа. То је јасно, пошто је боље обрађена површина практично мања, а уједно су затворене и поре на металу. Материјали у којима су заостали извесни унутрашњи напони, услед топлотне прераде или ливења, више су склони корозији. Ови унутрашњи напони изазивају микрорупкотине на површини, које су врло погодне за развој интеркристалне корозије.

Електрохемијска корозија настаје услед електрохемијских процеса који се дешавају на граници метал-раствор, онда када метали долазе у контакт са растворима који добро проводе електрицитет (раствори електролита). Ради објашњења ове појаве узима се један галвански елемент, Данијелов елемент (слика 5) [5].



Слика 5. Данијелов елемент

Овај елемент састоји се од бакарне плоче која је уроњена у раствор бакарног сулфата (CuSO_4) и плоче од цинка која је уроњена у раствор цинк-сулфата (ZnSO_4) [5]. Ови раствори су растављени зидом од порозне печене глине, који спречава да се раствори мешају, али не спречава да тече електрична струја. Споје ли се плоче од бакра и цинка жицом, струја ће почети да тече и то, ван раствора од бакра према цинку, а у раствору од цинка према бакру. При овоме ће се запазити да се цинк раствара, а да се бакар, односно јони бакра који се налазе у раствору бакарног сулфата таложе на

бакарној плочи у облику метала. Растварање цинка објашњава се тиме што цинк шаље у раствор своје позитивне јоне, а задржава негативне електроне тако да постаје негативно наелектрисан. На бакру се таложе јони бакра из електролита примајући на себе негативне електроне из бакра, тако да бакарна плоча постаје позитивно наелектрисана, а електролит негативно. Растварање цинка трајаће тако дуго док се притисак, који врше јони, који се налазе у раствору цинковог сулфата, не изједначи са притиском којим цинк шаље своје јоне у раствор. Овај је притисак, тзв. притисак растварања, код неких метала врло висок. Изражен у барима може да премаши милијарде бара (нпр. код цинка је 10^{27} бара). Метали код којих је овај притисак врло висок лако прелазе у јонски облик, тј. лако се растварају.

Када се метал урони у раствор својих соли добија се електрични потенцијал. При томе се узима да је потенцијал водоника према раствору водоникових јона једнак нули. Потенцијали неких метала изражени у волтима, са притисцима растварања израженим у барима, приказани су у табели 1.

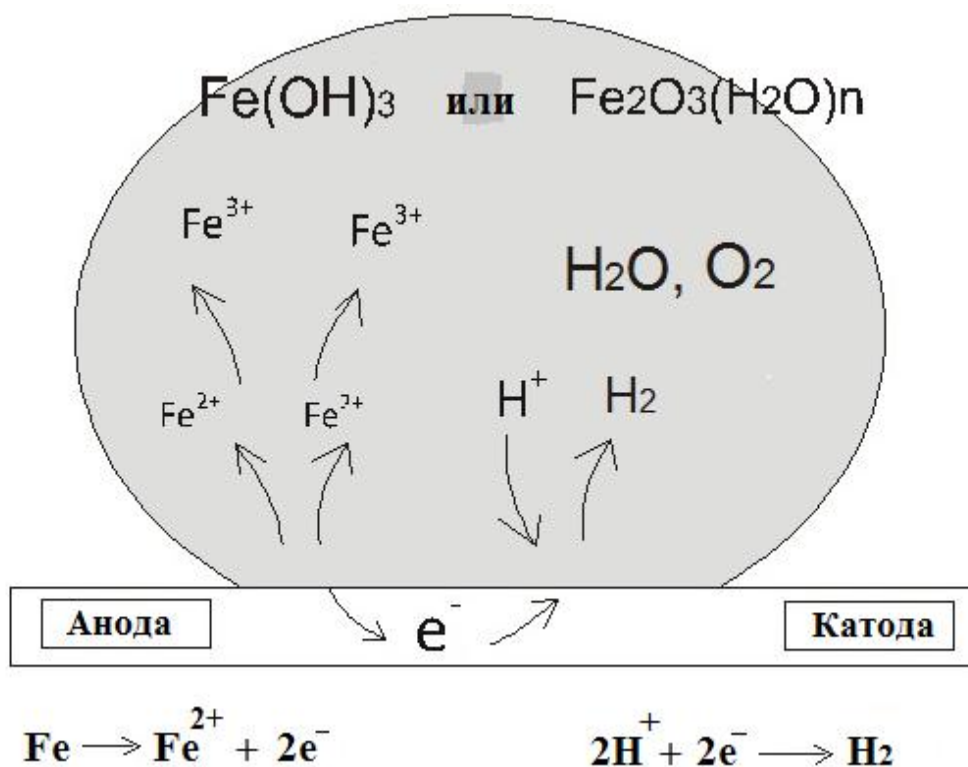
Из табеле 1 [5] се види да они метали, који имају висок притисак растварања, имају релативно низак електрични потенцијал. Метали са високим притиском растварања, односно са релативно ниским електричним потенцијалом су неплеменити метали. Ови метали се у електролиту брзо растварају (троше). Док се метали који имају мали притисак растварања, односно са високим електричним потенцијалом зову племенити метали. Они се у електролиту практично и не растварају.

Табела 1. Потенцијали и притисци неких метала

Метал	Потенцијал у волтима	Притисак растварања у барима	Метал	Потенцијал у волтима	Притисак растварања у барима
Калијум	-2,92	10^{51}	Олово	-0,13	$10^{5,7}$
Натријум	-2,71	10^{47}	Водоник	+0,00	$10^{1,38}$
Цинк	-0,76	10^{27}	Бакар	+0,35	10^{-10}
Гвожђе	-0,44	10^{17}	Сребро	+0,80	10^{-15}
Никал	-0,22	10^{10}	Жива	+0,86	10^{-28}
Калај	-0,14	$10^{6,2}$	Злато	+1,50	10^{-24}

Према томе, од два метала који су спојени електролитом, троши се онај који има нижи електрични потенцијал. Трошење је веће, тим што је разлика потенцијала већа. Ово је веома битно при изградњи бродова. Као електролит, није неопходно да буде нека растопина соли, довољно је да буде вода или сама влага.

Типичан пример корозије је рђање гвожђа [4]. Гвожђе рђа у присуству кисеоника и воде. Савршено суво гвожђе или гвожђе које се чува у води која не садржи кисеоник не рђа. Присуство неких киселина, неких соли или угљен-диоксида убрзава корозију. Процеси који се одигравају при рђању гвожђа приказани су на слици 6 [4].



Слика 6. Рђање гвожђа

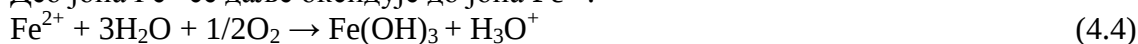
Анодни процес је: $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (4.1)

Електрони ослобођени у процесу оксидације атома гвожђа могу мигрирати по површини метала при чему су преузети у катодном процесу.

Катодни процес је:



Део јона Fe^{2+} се даље оксидује до јона Fe^{3+} .



На крају реакција, добија се гвожђе III хидроксид ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) тешко растворљив, који отпушта воду градећи гвожђе оксохидроксид ($\text{FeO}(\text{OH})$) који је главни састојак рђе. Овај сложен процес се може представити збирном једначином:



Шупљикав изглед рђе омогућује, у наставку, контакт корозивних агенаса са површином метала па корозија напредује. Предмети од гвожђа који ступају у контакт са металима који се налазе после гвожђа у серији активности метала брже кородирају.

5. ОСТАЛИ ВИДОВИ КОРОЗИЈЕ

Општа корозија се карактерише равномерним смањењем дебљине метала, без значајнијег локализованог напада. Током одвијања ове врсте корозије долази до замене катодних и анодних места, услед чега је растварање метала приближно једнако по целој површини метала. Брзина одвијања овог вида корозије се представља дубином продирања процеса корозије у метал у одређеном временском периоду и најчешће се изражава у m/god . Овај вид корозије је значајно мање опасан од локализованих видова корозије јер омогућава лако предвиђање века трајања конструкције. Код заварених спојева присуство овог вида корозије се спречава уобичајеним поступцима заштите као што су наношење органских или неорганских заштитних превлака. Много опаснији су локализовани видови корозије којима подлежу метали отпорни према општој корозији, као што су нерђајући челици и легуре обојених метала [5].

Локална корозија напада само неке делове изложене површине те је уједно и најраспрострањенији облик корозије. Различити фактори утичу на појаву локалне корозије а најзначајнији су:

- разлике у металној структури,
- дисконтинуитет у проводљивости оксидне опне или нанесене металне заштите,
- пукотине или удубљења на површини,
- контакт са различитим металима и
- температурне разлике на деловима конструкције.

Селективна корозија представља вид корозије при коме долази до селективног разарања мање племените компоненте легуре [1]. На пример, код месинга долази до тзв. децинкације односно до селективног растварања цинка, при чему остаје порозна, механички слабија матрица од бакра. Могуће је да приликом децинкације долази до Cu , или истовременог растварања Cu и Zn , уз накнадно таложење Cu . Код месинга са већим садржајем Zn децинкација је израженија, а посебно код двофазних легура. Присуство хлоридних јона и повећање температуре још више убрзава децинкацију. Децинкација може да се одвија и у слојевима или локално у виду јамица, односно чепова. Селективна корозија се јавља и код других легура, нпр. графитизација код ливеног гвожђа, деалуминизација код Al -бронзи, или деникелизација код Cu-Ni легура.

Интеркристална корозија (слика 7) [6] је вид локалне корозије која се манифестује растварањем области граница зрна. Неправилна термичка обрада неких алуминијумских легура или аустенитних и феритних нерђајућих челика изазива издвајање одређених фаза у области граница зрна и брзу интеркристалну корозију. Тај вид корозије доводи до великог погоршања механичких карактеристика метала. Интеркристална корозија се најчешће јавља код аустенитних нерђајућих челика. На високим температурама ($T > 1030^{\circ}\text{C}$) карбиди хрома су потпуно растворени. Међутим, при лаганом хлађењу или загревању, у температурном интервалу од 420 до 820°C , издвајају се карбиди хрома по границама зрна. Њихово издвајање изазива осиромашење приграничних области зрна хромом. Ако садржај хрома опадне испод 12% , што је неопходно за одржавање заштитног пасивног филма, ова област постаје

сензибилна и подложна интеркристалној корозији. Приграничне зоне сиромашне хромом имају већу брзину растварања у односу на остале области зрна.



Слика 7. Интеркристална корозија

Питинг корозија се дефинише као изразито локализован корозиони напад при коме долази до стварања корозионих јамица (питова) (слика 8) [1]. Утврђено је да се питови формирају на местима разарања пасивног филма на површини метала. Степен заштите који пружа пасивни филм зависи од његове дебљине, континуитета, кохерентности и адхезије за метал итд. Ако се филм оштети механички или хемијски, може доћи до његовог поновног формирања или до одвијања корозионих процеса. У присуству халогених јона, посебно Cl^- јона долази до образовања питова. Питинг корозија се може спречити уколико су у раствору присутни анјони који отежавају апсорпцију Cl^- јона, или их истискују са површине метала. При додавању других анјона (NO_3^- , SO_4^{2-} итд.) у раствор који садржи хлориде, долази до конкурентне апсорпције тих анјона са јонима хлора на местима на пасивној површини. При довољно високој концентрацији поменутих анјона, нерђајући челик постаје потпуно отпоран према питинг корозији, тј. наведени анјони се понашају као инхибитори питинг корозије.

Са повећањем температуре расте склоност метала и легура према образовању питова. До образовања стабилних питова на нерђајућем челику неће доћи уколико је температура нижа од неке критичне вредности, која се назива критична температура питинга. Питови се лакше образују на местима металуршке хетерогености материјала. На пример, хромом осиромашене области, које настају када се аустенитни нерђајући челик загрева до температуре на којој се одвија сензибилизација, су подложне питингу.



Слика 8. Различити облици кратера настали питингом

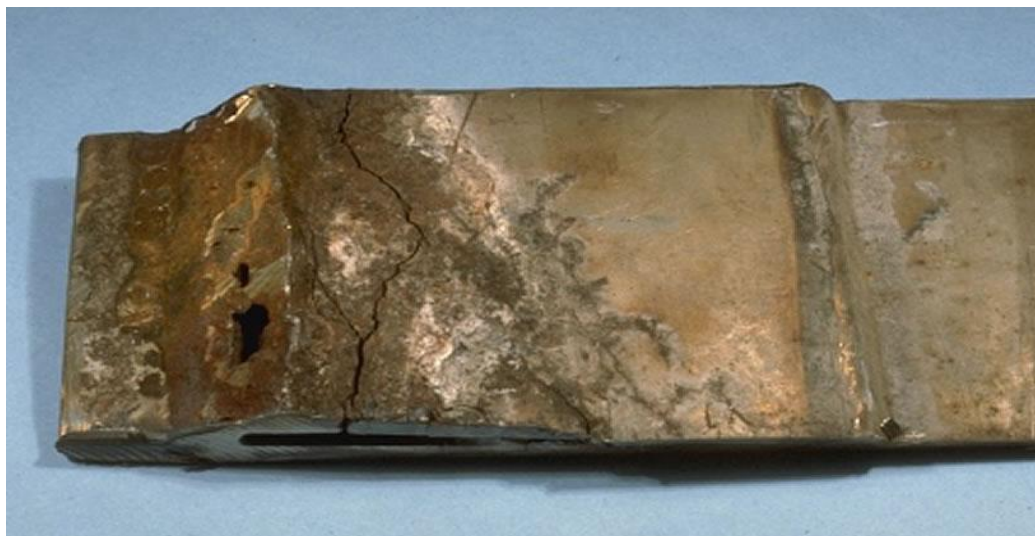
Корозија у зазорима се најчешће одвија на местима додира конструкционих елемената, уколико се формира зазор величине 0,1 mm. У основи корозије у зазорима се налази појава диференцијалне аерације. У областима са већом концентрацијом кисеоника одвија се катодна реакција, а на местима са мањом концентрацијом кисеоника анодна реакција. Тако се услед отежаног приступа кисеоника челик унутар зазора убрзано анодно раствара. Такође услед хидролизе јона метала у зазорима се формира кисела средина, односно смањује се вредност pH, што додатно убрзава процес разарања метала. Овај вид корозије подлеже сличним законитостима као и питинг корозија. Што је већа електрична проводљивост електролита и већа катодна површина метала ван зазора, утолико је већа брзина растварања метала у зазору. Нерђајући челици са већим садржајем хрома, а нарочито молибдена, знатно су отпорнији према овом виду корозије. У случају аустенитних нерђајућих челика, коришћење додатних материјала од легура на бази никла знатно смањује осетљивост према корозији у зазорима.

Напонска корозија (слике 9 и 10) [6] је процес током кога се одвија временски завистан раст прслине, када су испуњени неопходни електрохемијски, металуршки и механички услови. Средине које изазивају напонску корозију су обично водене и могу бити раствори или апсорбовани слојеви влаге. Напонска корозија се најчешће одвија под дејством специфичних јона који су присутни у корозионој средини. На пример, код месинга, напонску корозију која се традиционално назива сезонски лом, обично изазива присуство NH_4^+ јона. Хлоридни јони изазивају лом алуминијумских легура и нерђајућих челика. Уопште напонска корозија се често одвија код метала који на површини образују заштитни филм у одређеној корозионој средини. То може бити пасивни филм, црни оксидни слој, или слојеви настали селективном корозијом. У већини случајева присуство површинских филмова утиче на смањење брзине опште равномерне корозије, па је испитивање напонске корозије метала отпорних према општој корозији од великог значаја.



Слика 9. Пример напонске корозије

Напонска корозија обично започиње на местима дефеката (облика прслине), који настају при машинској обради, заваривању итд. Такође може почети на површинским дефектима створеним у току процеса корозије, као што је питинг, интеркристална корозија итд. Питови могу да се образују приликом чишћења метала или при експлоатацији, нпр. на местима где укључци нарушавају хомогеност површине, као и на местима где Cl⁻ јони разарају заштитни пасивни филм.



Слика 10. Пример напонске корозије

Водонична кртост (слика 11) [1] је последица комбинованог дејства водоника и заосталих или спољашњих, затезних напрезања. Водонична кртост се манифестује на различите начине: образовање и раст прслина, образовање мехурова, формирање хидрида, смањење дуктилности.

Теорија притиска је један од најстаријих модела којим се објашњава водонична кртост. Према теорији површинске апсорпције, водоник се апсорбује на слободним местима у близини врха прслине, смањујући слободну површинску енергију и рад потребан за одвијање лома. Декохезиони модел објашњава водоничну кртост смањењем кохезионих сила између атома метала на врху прслина под утицајем водоника.

Водоник има већу растворљивост у растопљеном металу шава него у чврстом металу. У току очвршћавања постиже се zasiћење метала шава водоником. Један део водоника одлази у околну атмосферу, док се знатна количина водоника транспортује дифузијом у зону утицаја топлоте. Област непосредно уз растопљени метал шава има највећу брзину хлађења, што код неких метала може довести до појаве микросруктуре осетљиве према лому. Комбинација високог садржаја водоника и крте микроструктуре може да буде узрок настајања прслина које се карактеришу релативно спорим растом.



Слика 11. Водонична кртост

Корозиони замор се одвија у металима и легурама као последица комбинованог дејства цикличних напрезања и корозионе средине [1]. Зависи од интеракције оптерећења са металуршким факторима и факторима корозионе средине. Корозиона средина знатно олакшава образовање и раст заморне прслине.

Фактори који утичу на брзину раста заморне средине у корозионој средини су механички, металуршки и електрохемијски. Од механичких фактора најважнији су област интензитета напона, фреквенција и област напрезања. Корозиони замор се одвија једино при ниским фреквенцијама, за разлику од замора у инертној средини, који се одвија и при ниским и при високим фреквенцијама. Ово је последица спорог одвијања корозионих реакција, или дифузије водоника до места лома. Од металуршких фактора најбитнији су састав и структура легуре, настала термичком, механичком или термомеханичком обрадом. Од електрохемијских фактора највећи значај имају састав и концентрација корозионе средине, као и електродни потенцијал метала или легуре и рН вредност корозионе средине.

Образовање и раст корозионо-заморне прслине се најчешће одвија на месту завареног споја. Присуство физичких дефеката у завареном споју, као и присуство заосталих затезних напрезања после заваривања знатно смањују отпорност конструкције према корозионом замору. Облик завареног споја, као и његова геометрија, имају такође велики утицај. Ефикасан начин спречавања корозионог замора заварених спојева је уклањање заосталих затезних напрезања и њихова замена напрезањима на притисак.

Микробиолошка корозија је облик корозије код кога микроорганизми играју важну улогу у процесу корозије. Микроорганизми могу да иницирају или убрзају корозионе процесе. Одређени микроорганизми, који су присутни у води или некој другој корозионој средини, могу да створе биофилм на површини метала. Услед неравномерне покривености површине метала долази до образовања концентрационих ћелија и иницирања корозионих процеса. Поред тога, метаболички продукти микроорганизама могу да проузрокују локално повећање киселости средине. То мења корозионо понашање метала, односно кинетику катодних и анодних реакција, утиче на заштитне особине површинског филма и формирање корозионих талоба.

6. ИСПИТИВАЊЕ ОТПОРНОСТИ ПРЕМА КОРОЗИЈИ

Да би се установио степен отпорности метала према корозији примењује се низ начина испитивања. Најподеснији поступак испитивања се одређује од случаја до случаја, у зависности од материјала који се испитује, од експлоатационих услова и од врсте амбијента у којем ће материјал радити [3].

Неке од ових метода су стандардизоване (SRPS C.A5.021 и C.A1.551 UNI 3666 – Италија), а у начелу су засноване на излагању узорка материјала корозионим срединама или потапањем тих узорка у корозионе растворе (натријум-хлорид, кисеоник, бакар-сулфат).

На пример, да би се бројчано изразила отпорност метала на корозионо дејство ваздуха у приморским областима, испитивање металног узорка се обавља у амбијенту вештачке слане магле, која се остварује помоћу једног распршивача уз дејство компримованог ваздуха. Време трајања ове пробе износи 30 до 90 дана.

Да би се вредновала отпорност према корозији специјалних металних легура, које при раду долазе у додир са изразито корозионим хемијским агенсима, испитивање постојаности према корозији се обавља у специфичним условима, за нерђајуће челике, на пример, у амбијенту азотне киселине.

6.1 Мерење степена корозије

Степен корозије која је захватила неки материјал може да се вреднује на три различита начина: на основу промене масе предмета, на основу промене запремине и на бази промена механичких својстава узорка метала који је био подвргнут испитивању корозије.

- *Промена масе*

Израчунава се разлика између почетне масе узорка и крајње масе узорка, после обављеног испитивања корозије. Јединица мере разлике тих маса јесте грам по метру квадратном за један час испитивања ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$).

Овај начин мерења се најчешће користи, али он није увек и потпуно прихватљив, јер на резултат мерења узорка после пробе корозије утичу и остаци продуката корозије заостали на површини узорка, пошто је њих тешко у целости одстранити.

- *Промена запремине*

Израчунава се пенетрација корозије (продирање у дубину) или проширење кородираних површина. Због неправилности облика и дебљине кородираних површина, овај начин мерења није нашао ширу примену, међутим, он ипак даје корисне показатеље у погледу брзине продора корозије.

- *Промена механичких својстава*

Овај систем испитивања предвиђа да се на узроцима обави испитивање или више механичких испитивања пре и после излагања дејству корозионе средине. Овакав начин испитивања пружа можда и најкорисније показатеље, јер се често дешава да неки метал под дејством корозије покаже занемарљиве промене масе и запремине, али се зато установе значајне промене механичких особина. При томе треба још имати на

уму чињеницу да се корозија у низу случајева манифестује као невидљива међукристална корозија. Тако, на пример, вредност линеарног издужења може осетно да опадне.

6.2 Испитивања без разарања

Када је потребно да се обави контрола степена корозије на уређајима, цевима, завареним спојевима и уопште на предметима у експлоатацији, приступа се испитивању које не захтева разарање предмета.

Та врста испитивања се зато и назива испитивање без разарања, јер се материјал при тим испитивањима не оштећује. Испитивања без разарања која се најчешће примењују при контроли материјала на утицаје корозије, као и при контроли по другим основама су радиографско и ултразвучно испитивање материјала. Уколико се обави радиографско испитивање, ултразвучно испитивање је сувишно.

- Радиографско испитивање

Испитивање се обавља тако што се материјал који се контролише излаже гама зрацима које емитује неки радиоактивни изотоп (на пример радиоактивни кобалт). Ти зраци, пошто продру кроз материјал, остављају одговарајући траг на фотографском филму, на основу којег стручно лице може да оцени степен оштећења материјала. Оваква врста контроле се претежно примењује код заварених металних спојева, код одливака и отковака.

- Испитивање ултразвуком

Испитивање ултразвуком се показало веома подесним за контролу стања унутрашњости цеви или уређаја, јер се при овом испитивању региструју промене дебљине зида или удубљења проузрокована дејством корозије.

Испитивање се врши специјалним апаратима, генераторима ултразвука који не само да региструју присуство дефекта, него могу да одреде и његове димензије.

7. ВРСТЕ И ПОСТУПЦИ ЗАШТИТЕ И ЗАВРШНЕ ОБРАДЕ ПОВРШИНА

Операције завршне обраде површина, без обзира да ли се оне обављају у циљу заштите предмета од оксидације или у декоративне сврхе, се деле на три фазе: одмашћивање, чишћење и заштиту против оксидације.

Свака фаза се обавља различитим поступцима, чија природа може бити: хемијска, електролитичка, механичка, термичка [3].

Избор најподеснијег поступка зависи од стања површине предмета, од врсте материјала, од намене, од врсте обраде (појединачна или серијска), од естетских захтева итд.

7.1 Операција одмашћивања

Операција одмашћивања претходи завршном циклусу заштите. Обавља се на предметима пре наношења заштитног слоја, а има за циљ уклањање евентуалних остатака уља, масти и сличних супстанци које су на површини предмета остале од претходних операција обраде, а својим даљим присуством би ометале ток поступка заштите, чак у толикој мери да површинска заштита уопште и не успе. Поступци одмашћивања се деле на хемијске и електролитичке.

Најважнији поступци одмашћивања се остварују помоћу следећих средстава.

Помоћу течних растварача (петролеум, бензин итд.).

Обавља се ручно ако се ради о малом броју предмета, чак и када су предмети великих димензија и сложеног облика. Примена распрострањена због економских разлога.

Помоћу растварача у парном стању (трихлор-етилен, хлор-бензол итд.).

Ова операција се у високосеријској производњи поставља у производни циклус обраде. Обавља се на често веома скупим постројењима.

Помоћу алкалних раствора (каустична сода, натријум-фосфат итд.).

Одмашћивање се обавља потапањем предмета у каде испуњене раствором, који се током рада лагано узбуркава. Има веома распрострањену примену због ниске цене, нарочито за предмете велике запремине.

Помоћу електролизе воде у комбинованом раствору на бази натријум-фосфата.

Одмашћивање малих металних предмета који се потапају у раствор више компонената, тачно одређеног међусобног односа, кроз који пролази једносмерна електрична струја.

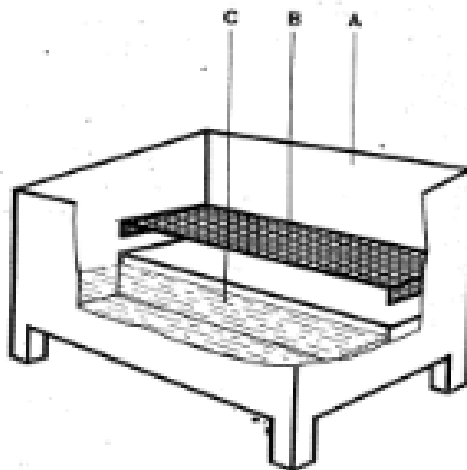
7.1.1 Операција помоћу течних растварача

За одмашћивање предмета помоћу течних растварача нису потребна скупочена постројења. Предмети се перу четком са тврдом чекињом, а затим испирају потапањем

у растварач. Процес се наставља до потпуног одстрањивања наслага масноћа, које растварач лако раствара.

Велике насlage масти, боје итд. се одстрањују помоћу шпактле или стругача. После ове операције наставља се одмашћивање четком.

За серијско одмашћивање мањих предмета постоји економско оправдање да се за обављање ове операције користе одговарајуће каде А, опремљене решеткастим носачем В за одлагање предмета и купатилом С у које се сипа растварач (слика 12) [3].



Слика 12. Када са решеткастим носачем и купатилом

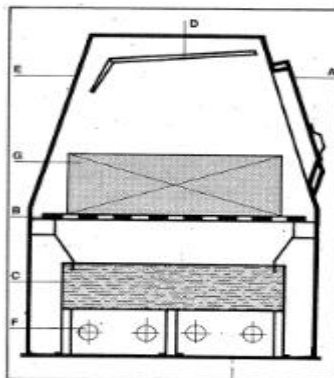
Последњу операцију, у случају да растварач није бензин, представља сушење, чиме се избегава да заостали трагови растварача доспеју у средство за површинску заштиту предмета.

7.1.2 Одмашћивање помоћу растварача у парном стању

Одмашћивање у парама растварача (трихлор-етилен, хлор-бензол) се првенствено примењује у високосеријској производњи аутомобилских делова, спортске опреме итд.

У начелу се ради о производима који морају имати леп спољашњи изглед, што значи да после одмашћивања следи финална, декоративна заштита, која подразумева бојење или чак светло хромирање. Предности овог поступка одмашћивања су једноставност извођења и савршено уклањање остатака масти и уља, које растварачи у парном стању успешно одстрањују, а да при томе није потребан никакав ручни рад.

Растварач се сипа у каду С (слика 13) [3], испарава услед дејства електричних грејача F, долази у додир са хладним површинама предмета, затим наставља да се пење до кондензатора D, па пада натраг у купатило, заједно са раствореним масноћама и другим супстанцама.



Слика 13. Приказ одмашћивања помоћу растварача у парном стању:
 А-врата за улагање предмета; В-решетка за одлагање предмета; С-растварач (трихлор-етилен); Д- кондензатор за скупљање растварача; Е-облога постројења; Ф-електрични грејачи; Г-предмети за одмашћивање

Операција има кратко време трајања, око 1 до 2 минута и потпуно је аутоматизована.

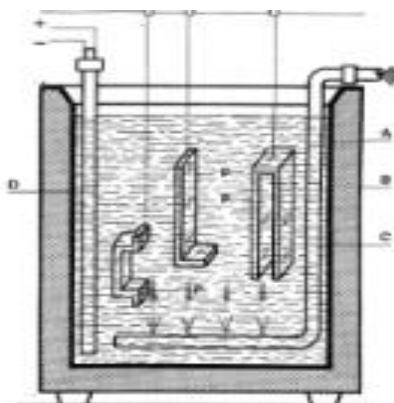
7.1.3 Одмашћивање у алкалним растворима

Одмашћивање у алкалним растворима спада у најјекономичније поступке, а обавља се у кадама одговарајуће величине, у које по потреби могу да се сместе предмети великих димензија, као што су метални намештај, разни судови, постоља за моторна возила итд.

Одмашћивање помоћу алкалних раствора се најчешће обавља потапањем у купатило претходно загрејано на 50 до 60⁰С, с тим што се оно увођењем струје ваздуха одоздо одржава у благо узбурканом стању.

Купатило се справља додавањем разних алкалних једињења, од којих каустична сода, натријум-карбонат, натријум-фосфат и још неки други присутни у концентрацијама од 3 до 5% имају предност, јер не нападају легуре гвожђа.

Када А (слика 14) [3], опремљена заштитном облогом В, цеви за узбуркивање С и електричним грејачем Д представља опрему која се најчешће користи за одмашћивање у алкалним растворима.



Слика 14. Када која се користи за одмашћивање у алкалним растворима

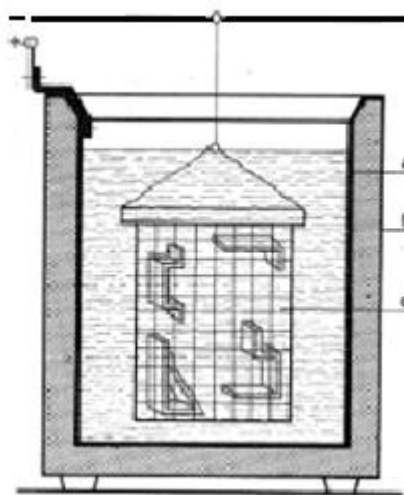
Пре вађења предмета из купатила је потребно одстранити пену и емулзије створене током одмашћивања. Тиме се избегава да предмети при изласку из купатила на својој површини изнесу емулзије и прљавштину, чиме би се угрозио квалитет накнадне заштите. После одмашћивања, а пре операције површинске заштите, предмети се испирају водом и суше.

7.1.4 Одмашћивање електролитичким поступком

Одмашћивање електролитичким путем се веома често примењује када се ради о металним предметима малих димензија, првенствено за велике серије. У високосеријској производњи електролитичко одмашћивање се обавља на уређајима, који представљају саставни део опреме целог производног циклуса, а одмашћивање, испирање и сушење се одвијају аутоматски.

Ефекат одмашћивања се појачава захваљујући издвајању водоника и алкалија путем електролизе, који у знатној мери помажу одношење честица масноће са површине предмета. Учинак одмашћивања се манифестује у образовању пене на површини купатила.

Одмашћивање се врши у металној кади А (слика 15) [3], која је снабдевена заштитном облогом В. Предмети се улажу у купатило помоћу решеткасте корпе С. Електролитичко дејство купатила се остварује између катоде (негативни пол) и аноде (позитивни пол), коју представља када.



Слика 15. Електролитички поступак одмашћивања

Одмашћивање се обавља у купатилу нормалне температуре и при континуалној струји, чији интензитет може да се регулише. Раствор који се најчешће користи за одмашћивање легура гвожђа се прави у следећим тежинским пропорцијама: натријум-фосфат 10%, натријум-хидроксид 0,8%, натријум-карбонат 6%, натријум-цијанид 0,7%, вода 82,5%.

7.2 Операције чишћења

Операције чишћења се односе на уклањање оксидације са површине металних предмета, првенствено оних који се обрађују у браварским радионицама, а обавља се после одмашћивања, када је са површине предмета још потребно одстранити оксидни слој (рђу). Чишћење предмета се врши механичким (пескарење, чишћење у бубњевима, брушење, чишћење чекићем и секачем), хемијским (хемијско декапирање) и електролитичким поступцима (електрохемијско декапирање).

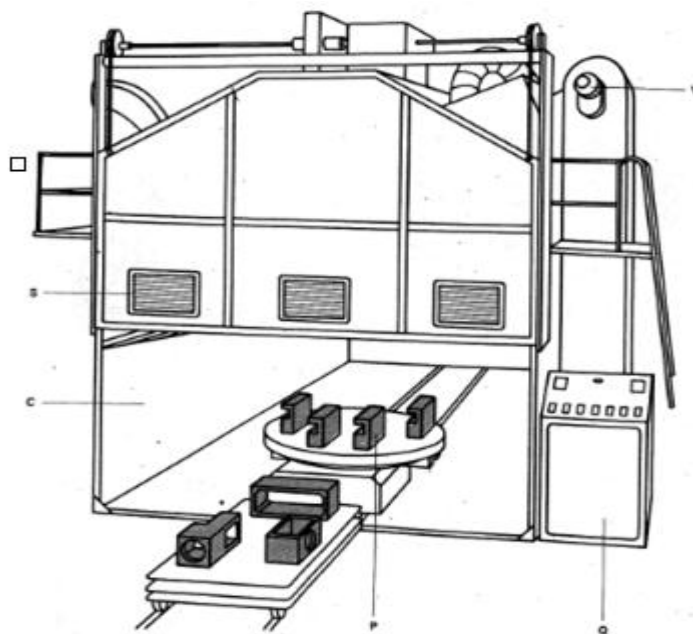
7.2.1 Механички поступци

Пескарење

Пескарење се обавља у сврху уклањања оксидног слоја са површине предмета, који због њихове величине и облика не могу да се очисте на друге начине. Операција пескарења се састоји у излагању оксидисаних површина предмета млазу кварцног песка или тврдих металних зрнаца све до појаве чистог метала.

Машине за пескарење се зову пескарнице, а има их више врста, зависно од димензија и броја предмета који се у њима чисте. За мале предмете и мале серије се употребљавају пескарнице са ротирајућим столом и центрифугалним дејством, или ротирајуће, бубњасте пескарнице са нагибом.

За предмете већих димензија и велике серије се користе коморне пескарнице, каква је и коморна пескарница са колицима за улагање представљена на слици 16 [3].



Слика 16. Коморна пескарница: С- комора пескарнице;
Р- предмет за пескарење; Q- командна табла; V- регулација млаза песка;
S- прозори за посматрање операције споља

Чишћење у ротирајућим добошима

Операција чишћења се обавља тако што се предмети ставе у један бубањ делимично испуњен песком. Предмети треба да су малих или средњих димензија и хомогеног облика. Бубњеви имају полигонални облик, а окрећу се око своје уздужне осе. Око половина запремине бубња је испуњена кашом кварцног песка и воде. Ротација бубња побољшава трење између предмета и песка. Периферна брзина ротације бубња износи око 3 метра на минут за мале предмете, док се за велике предмете та брзина смањује за око 1/3.

После чишћења предмети се одмах перу, па суше у струготини од тополе или топлим ваздухом.

Чишћење брушењем

Чишћење брушењем је веома ефикасно, али и неекономично, јер се у једном захвату може очистити само један предмет. Састоји се у томе да наслаге оксида уклања абразивни алат (тоцило или брусна трака).

Машине за ову врсту чишћења се зову ручна или радионичка тоцила. Радионичко тоцило се састоји од постоља и мотора, на чије крајеве вратила се постављају брусна тоцила или абразивне траке.

Код радионичког тоцила постоји комбиновано решење: са абразивном траком за грубо чишћење и брусним тоцилом за фино чишћење.

Чишћење чекићем и секачем

Овај начин чишћења се примењује само када је потребно одстранити знатне количине оксида, које се другачије не би могле уклонити, водећи при томе рачуна да се предмет не оштети. За чишћење се користе специјални чекићи са дугачком дршком и отворднутом радном површином. По наслагама оксида се удара све док се оне не одвоје и потпуно одстране са површине предмета. После чишћења чекићем и секачем приступа се чишћењу челичним четкама.

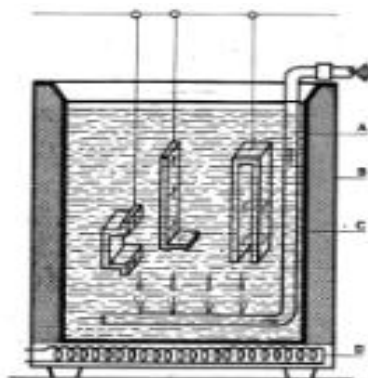
7.2.2 Чишћење хемијским средствима (декапирање у киселинама)

Под декапирањем у киселинама се подразумева чишћење наслага оксида са површине предмета потапањем у купатила са растворима киселина. Декапирање је једно од најчешће примењиваних начина чишћења оксида са предмета средње величине, за предмете прецизне механике, као и за производе обликоване поступцима пластичне деформације.

Декапирање се обавља потапањем оксидисаних предмета у купатило, које садржи растворену хлороводоничну и сумпорну киселину, с тим што се предмети у том купатилу задржавају извесно време.

Купатило је смештено у једну каду В (слика 17) [3], обложену оловним лимом А, чије су 2/3 запремине испуњене раствором киселине. Предмети се потапају у купатило које се загрева електричном енергијом, преко отпорника D, на температуру од 40⁰С ако је основна компонента хлороводонична киселина, односно на 50 до 80⁰С ако је основна компонента купатила сумпорна киселина.

Раствор се одржава у узбурканом стању помоћу ваздуха под притиском који се у купатило уводи кроз цев С. После краћег времена задржавања (неколико секунди до једног минута), предмети се потпуно очишћени ваде из купатила.



Слика 17. Купатило за хемијско декапирање

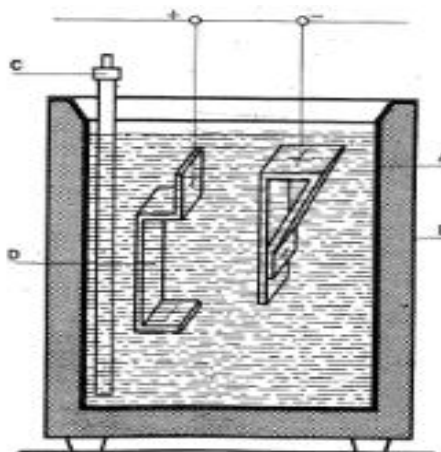
Дуже задржавање у купатилу је штетно, јер би кородивно дејство купатила могло да захвати и сам предмет, мењајући притом његова својства. После чишћења је потребно темељно прање и сушење.

7.2.3 Електролитичко чишћење (електролитичко декапирање)

Под електролитичким декапирањем се подразумева уклањање наслага оксида са површине предмета путем потапања у електролитичко купатило. Ефикасност рада купатила се у значајној мери повећава ако се на уређају у одређеним временским размацама наизменично мења поларитет предмета са позитивног (анода) на негативни (катода).

Купатило које се најчешће користи садржи 25% сумпорне киселине и 75% воде, ради при собној температури са густином струје од $0,04$ до $0,06 \text{ A/m}^2$ и напону од 3 до 5 V . Ако је потребно да се процес декапирања убрза купатило се загрева на 30 до 40°C .

Електролитичко декапирање се обавља у кади која је споља обложена лимом В, а изнутра оловом А (слика 18) [3].



Слика 18. Електролитичко купатило

Садржај купатила представља водени раствор сумпорне киселине. Предмети уроњени у купатило су окачени о две групе носача који су струјно повезани са аутоматским претварачем поларитета. Предмети остају потопљени у купатило за време које је потребно да се они очисте. Време трајања процеса се креће од 20 до 40 секунди, а зависи од дебљине слоја оксида који треба да се одстрани као и од ефикасности купатила које се мора повремено регенерисати додавањем сумпорне киселине.

После чишћења следи обилно прање водом и сушење у струјотини тополе или у струји топлог ваздуха.

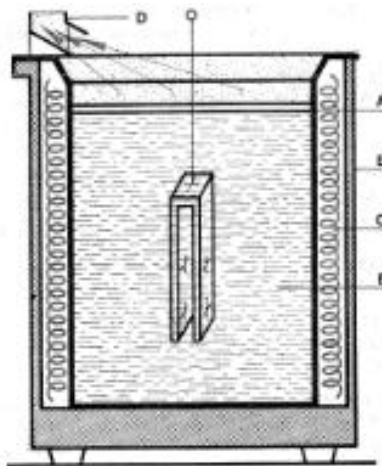
7.3 Заштита против оксидације

7.3.1 Термички поступци заштите

Заштита помоћу металних растопа

Састоји се у потапању предмета у купатило металног растопа, који се стварајући одређену везу са основним металом, издваја на његовој површини формирајући један заштитни слој. Поступак заштите потапањем у металне растопе носи разна имена, зависно од заштитног метала: поцинкавање, калајисање, оловисање.

Купатило за заштиту метала потапањем у растопе и његови главни делови приказани су на слици 19 [3].



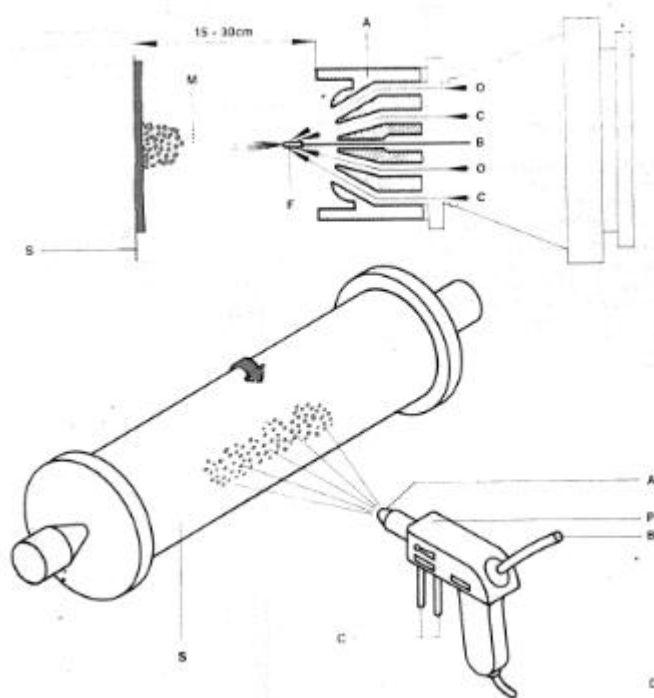
Слика 19. Купатило за заштиту метала потапањем у растопе: *A*-када;
B-термичка облога каде; *C*-електрични грејачи; *D*-уређај за одвођење гасова;
E-растопљени метал

Температура купатила зависи од метала од којег је сачињено: цинк приближно 480°C , калај приближно 250°C , олово приближно 350°C . Време трајања поступка зависи од дебљине заштитне превлаке која жели да се оствари. Операција у начелу захтева кратко време.

Заштита распршеним металним растопом

На предмете које треба заштитити наноси се путем прскања млаз растопљеног метала, који при очвршћавању ствара заштитну превлаку. Метал који се наноси распрскавањем, већином је то цинк, је припремљен у облику жице или праха.

Жица В, улази у пиштољ Р помоћу нарочитог механизма и доспева на специјалан распршивач А, на чијем крају F је топи пламен кисеоник-ацетилен (слика 20) [3]. Та два гаса за сагоревање и топљење улазе кроз канале С-С, док компримовани ваздух за распршивање из уређаја D стиже кроз канале О, да би распршене капљице метала упутио на предмет S.



Слика 20. Систем заштите распршеним металним растопом

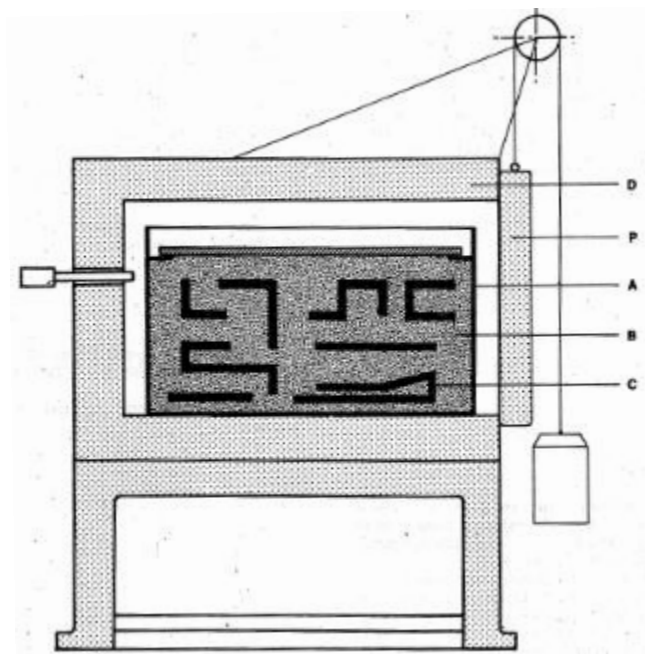
Ова врста заштите се првенствено примењује за предмете већих димензија, који би у експлоатацији били изложени интензивној оксидацији да нису претходно веома добро заштићени.

Заштита дифузионом метализацијом

Састоји се у посебној врсти поцинкавања при којој се предмети који се желе да заштите загревају у присуству праха металног цинка.

На површини предмета се ствара једна зона засићена заштитним металом, која остаје трајно чврсто везана за основни метал.

Поступак се обавља тако што се предмети током 7-8 часова држе у пећи D (слика 21) [3] са покретним вратима Р на температури 350 до 400°C. Предмети С се налазе међусобно одвојени у херметички затвореном сандуку А уложени у прах цинка В.



Слика 21. Пећ за дифузиону метализацију

Овај поступак је веома погодан за мале предмете великих серија за које се захтева изузетно ефикасна заштита.

Заштита термичким брунирањем

Поступак се састоји у томе да се површини предмета да једна микро-црна боја као резултат комбинованог дејства топлоте и кисеоника из ваздуха. Мали предмети од светлог лима, израђени у браварским радионицама, претходно одмашћени и декапирани се постављају у решеткасте корпе, а са њима у пећ, у којој посредством уређаја струји загрејан ваздух.

Током операције брунирања површине предмета могу да се обоје у разне тонове који се крећу од светло жутог, ако су предмети били загрејани на око 210°C , до тамно мрког ако су предмети били грејани до око 350°C .

Овај поступак се одликује тиме што, осим заштите површина од спољних агенаса, даје предметима и леп и естетски изглед.

7.3.2 Хемијски поступци заштите против оксидације

Ови поступци су базирани на термо-хемијским процесима, који се развијају између заштитног и основног материјала, од којег је израђен предмет који се жели заштитити.

Услед тих хемијских реакција заштитни материјал се у виду заштитне, покривне превлаке издваја на површини предмета који се треба заштитити.

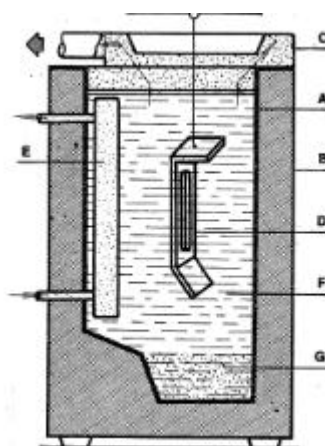
Заштита фосфатирањем

То је најјекономичнији и најсигурнији поступак да се оствари добра заштита против оксидације површина предмета од легура гвожђа. Заштита фосфатирњем се првенствено примењује за делове металног намештаја, делове каросерије и постоља моторних возила, предмета широке потрошње, с тим што они могу у пракси да се користе у таквом, фосфатираном стању, или се у сврху декоративног изгледа још накнадно и боје.

Поступак се изводи у кади А (слика 22) [3], која је напуњена раствором металних фосфата F (гвожђа-цинка-мангана). Када је изнутра заштићена слојем вулканизиране гуме В, а само купатило се загрева помоћу електричних грејача Е, који температуру раствора одржавају у границама 100 до 120⁰С. Са спољашње стране када је обложена термичком изолацијом против губитака топлоте.

Предмети мањих димензија се потапају у купатило помоћу перфорираних сандука или наменских шаржера, а већи предмети D се, ако то мере купатила дозвољавају, каче директно.

Услед присутне топлоте, у раствору фосфата се одвијају хемијске реакције, чији је крајњи резултат одвајање металних компоненти које се издвајају на површини предмета који се жели заштити.



Слика 22. Изглед каде која се користи за заштиту фосфатирањем

Поступак може да се изведе на два начина: брзо (1 до 3 минута) када се ради о предметима предвиђеним за накнадно бојење, и споро (20 до 30 минута) кад се предмети користе искључиво у фосфатираном стању. Предмети се после фосфатирања морају опрати топлом водом, па осушити.

Заштита мастима

Састоји се у покривању површина које се желе заштитити слојем масти, која пошто се осуши, образује на предметима једну заштитну превлаку.

Заштита помоћу масти се најчешће обавља ручно, помоћу четке с меком дугачком чекињом, или прскањем из пиштоља.

Други начин заштите јесте да се предмети потапају у купатила, која садрже маст у потпуно течљивом стању, чиме се олакшава отицање вишка заштитног средства.

Заштита мастима се користи за предмете већих димензија, а не за мале и ситне делове.

Заштита хемијским брунирањем

Брунирање се састоји у стварању оксида, на површини која се жели заштитити, потапањем предмета у купатило, где основни метал ступа у хемијску реакцију са компонентама раствора. Овај начин заштите познат и под називом патинирање челика, се примењује онда када се, осим добре заштите површине, жели да оствари и леп, естетски изглед предмета.

Хемијско брунирање се примењује првенствено за предмете средње величине или за мале предмете када се ради о високим серијама, ако се осим добре заштите против оксидације захтева и декоративан изглед.

Брунирање се врши у металној кади, која је са спољашње стране обложена слојем вулканизиране гуме. Предмети окачени жицом или сложени у сандуке ако се ради о предметима малих димензија, се потапају у купатило и остају у њему 30 до 40 секунди.

Купатило, загрејано помоћу електричног грејача на 115°C је састављено од натријум-хидроксида и воде.

После обављеног брунирања предмети се перу у топлој води, суше у струји топлог ваздуха, а затим обилно науљавају, чиме се комплетира поступак заштите.

Заштита електрохемијским брунирањем

То је поступак основан на електрохемијским процесима који настају при пролазу струје кроз растворе, чије компоненте под дејством струје стварају одређене оксиде, који издвајајући се на предмету образују на њему једну заштитну превлаку, односно патину.

Та заштитна превлака настаје електрохемијским реакцијама материја присутних у раствору, чији је крајњи резултат образовање покривеног слоја сачињеног од оксида различите боје, који поседује добра заштитна својства против рђања. Електрохемијско брунирање налази примену при површинској заштити предмета средње величине, као и малих предмета, на пример за делове уређаја и механизма.

7.3.3 Електролитички поступци

Они су базирани на процесу електролизе код којег се, услед пролаза електричне струје кроз раствор соли метала за заштиту (електролит) разлаже анода (табла метала за заштиту), у честице метала које, затварајући коло струје, пролазе кроз раствор и издвајају се на катоди.

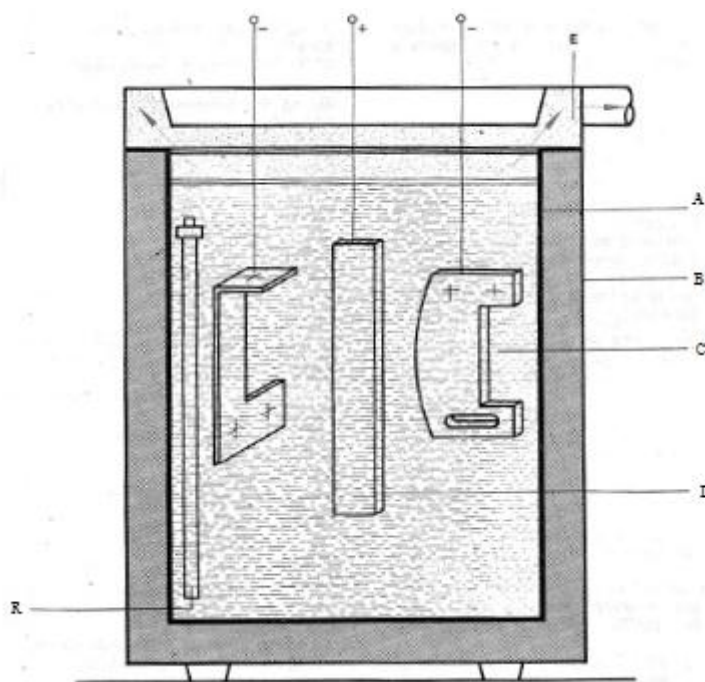
Изнад каде А (слика 23) [3] су постављене две групе шипки за качење В, постављене на одговарајућим међусобним растојањима, добро изоловане и струјно повезане са линијом за напајање С.

Група шипки повезаних са позитивним полом (+) служи за качење радних предмета С помоћу металних кука, док су са групом шипки повезаних на негативни пол (-) повезане анодне табле В, израђене од метала са којим се врши заштита. Аноде не смеју да додирују потопљене предмете, јер се струја спроводи искључиво кроз

раствор, и то тако што се на аноде растварају честице метала, које ће се издвојити на катоде.

Осим тога када је опремљена и одводним каналом Е, који служи за одвођење гасова развијених у купатилу.

Од поступака електролитичке заштите највише се примењује заштита цинком, калајем, кадмијумом, бакром, никлом и хромом.



Слика 23. Електролитички поступак заштите од корозије

Ова врста заштите површина има веома распрострањену примену када се жели остварити и леп естетски изглед, нарочито када се ради о деловима средње величине или о малим деловима.

Заштита цинком и калајем се обавља и у алкалном и у киселом купатилу, док је галванско кадмијумизирање поступак међу најефикаснијим, али под условом да се обавља у алкалном купатилу.

Галванско бакарисање не обезбеђује сигурну заштиту. Првенствено се обавља као подлога за накнадно наношење слоја никла галванским путем. Може да се изводи у алкалним или киселим купатилима.

Галванско никловање даје изванредно добре резултате, како у погледу ефикасности заштите, тако и у декоративном смислу. За предмете од челика је пре наношења слоја никла потребно обавити галванско бакарисање. Сам никл служи као обавезан подслој за накнадно галванско хромирање. Никловање се обавља само у киселом купатилу.

Галванско хромирање спада у најбоље поступке површинске заштите. Изванредно је ефикасна ако је хром издвојен преко претходног подслоја бакар-никл.

7.3.4 Заштита бојама

То је поступак заштите предмета помоћу слоја боје, која представља заштиту од оксидације и корозије, а истовремено даје предмету леп изглед.

Боје су материје сачињене из више компонената које служе за заштиту површина предмета од корозије. Боје представљају најраспрострањеније и најједноставније средство за заштиту металних површина. На предмете се наносе у једном или више слојева, чији број зависи од покривне моћи боје, као и од естетског изгледа који се жели остварити.

Боје се испоручују у разним врстама судова, почев од буради запремине 200 dm³ до кутија од неколико стотина грама, што зависи од количине потребне за рад. На кутијама је јасно назначен начин употребе, густина евентуалне корекције, начин сушења, добијање сјаја итд. Боја се на предмете наноси на три основна начина: четком, потапањем и прскањем.

У зависности од компонената од којих су сачињене разликују се три главне врсте боје: масне боје, целулозне боје (лакови), синтетичке боје (лакови).

Масне боје

Представљају смешу састављену од следећих компонената: сушивих уља, сикатива, смола, растварача и пигмената. Ове боје се наносе на собној температури, а углавном се суше на ваздуху, веома ретко неким посебним поступком.

Сушива уља у додиру са кисеоником из ваздуха показују тенденцију оксидисања, образујући при томе тврде и еластичне превлаке. У најпознатија сушива уља спадају ланено уље и терпентин, који ако су правилно дозирани, апсорбују кисеоник из ваздуха и суше се без тешкоћа.

То својство у значајној мери побољшава присуство одговарајућих материја, познатих под именом сикативи, међу којима се најчешће користе борати олова или мангана, као и нека органска једињења. Сикативи се додају бојама током процеса производње.

Присуство смола повишава бојама тврдоћу и сјај. Растварачи служе да бојама умање вискозност, односно густину. Најпознатији растварачи су: терпентин, бензин, толуол, ксилол, бензол, петролеум, етилалкохол, метилалкохол, ацетон.

Целулозне боје и лакови са брзим сушењем

Налазе примену тамо где се захтева брзо сушење, јер њене компоненте поседују велику брзину испаравања. Наношење заштитног слоја се обавља на собној температури, а сушење на ваздуху, изузев код неких типова боја и лакова, који се, у складу са упутствима произвођача, суше на топло, при температури 40 до 50⁰С. Њихове главне компоненте су: целулозни етри, пластификанти, растварачи, разређивачи, пигменти, чији се количински однос подешава у складу са резултатима који се желе остварити.

Синтетичке боје и лакови са спорим сушењем

То су боје које дају најбоље резултате, мада циклус рада са њима траје дуже у односу на рад са целулозним бојама. Примена и сушење тих боја може да се обави на хладно и топло.

Сушење на топло може да се обавља у обичним пећима, или у проточним континуалним пећима, при температури 100 до 150⁰С у трајању 40 до 60 минута. Производе се прерадом различитих врста смола (бакелитних, винилских, уреанских, епокси-смола, стиролита). Користе се у најразличитије сврхе.

У трговини се налазе под различитим комерцијалних називима, чак и када имају исту намену.

Наношење боја

У зависности од начина наношења боја се најчешће деле на: основни антикородивни премаз, слој за поравнање и покривни премаз.

- **Основни антикородивни премаз**

Намена ових боја јесте да површину предмета заштити од корозије и рђања. Заштитни слој се наноси са једним или више премаза, што зависи од њихове адхезије и заштитне моћи боје. Наношење основне боје се врши пошто се површине предмета претходно одмасте, очисте и ослободе присуства оксида, на хладно, а сушење на ваздуху.

- **Слој за поравнавање**

Ова средства у тестастом или течном стању служе за поправку евентуалних дефеката на површинама које се боје. Тај слој се после сушења поравнава и глача помоћу брусне хартије, чија је крупноћа зрна у складу са квалитетом површине који се жели остварити. Слој за поравнавање се наноси шпахтлом, на хладно, по потреби се понавља неколико пута у току операције наношења заштитног премаза.

- **Покривни премаз**

Покривни светли или "мат" премази се наносе при завршној обради површине бојом, а првенствена им је намена улепшавање естетског изгледа предмета. Покривни премаз се наноси четком или пиштољем за прскање.

8. МЕТОДЕ ЗАШТИТЕ ОД КОРОЗИЈЕ

Корозиони процеси, које се свакодневно виђају, су у суштини спонтани процеси између метала и компонената околине, при чему метали прелазе у термодинамички стабилније стање. Корозија тако неминовно смањује употребну вредност метала, па тако и производа који су направљени од њега. Економско значење корозије је велико и оно расте са индустријализацијом привреде.

Из наведеног произилази да је правовремена и адекватно одабрана метода заштите од корозије кључна за економску исплативост објеката направљених од металних материјала [7].

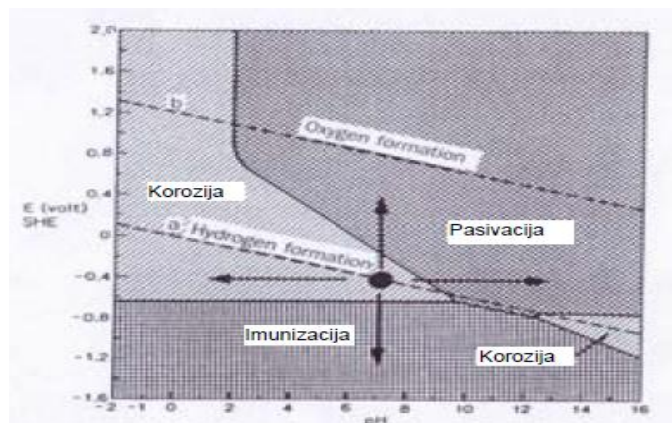
Метал се може заштити од процеса корозије различитим методама. Најчешћи начини заштите материјала од корозије су:

1. електрохемијска заштита,
2. заштитним превлакама,
3. материјалима отпорним на корозију,
4. помоћу инхибитора и
5. заштита обрадом корозивне средине.

8.1 Електрохемијска метода заштите

Темеље електрохемијске заштите поставио је 1824. године енглески хемичар и физичар Хамфри Дејви (Humphry Davy), који је употребио цинк као заштиту бакарних оклопа на дрвеним бродовима ратне морнарице.

Главни полазни подаци за примену електрохемијске методе заштите од корозије дају Поурбаиксови дијаграми који показују зависност потенцијала метала од рН вредности водених раствора. Поурбаиксов дијаграм за гвожђе је приказан на слици 24 [7]. Из ових дијаграма се може са термодинамичком станишта проценити подручје корозије, имунитета и пасивности.



Слика 24. Поурбаиксов дијаграм за гвожђе у води

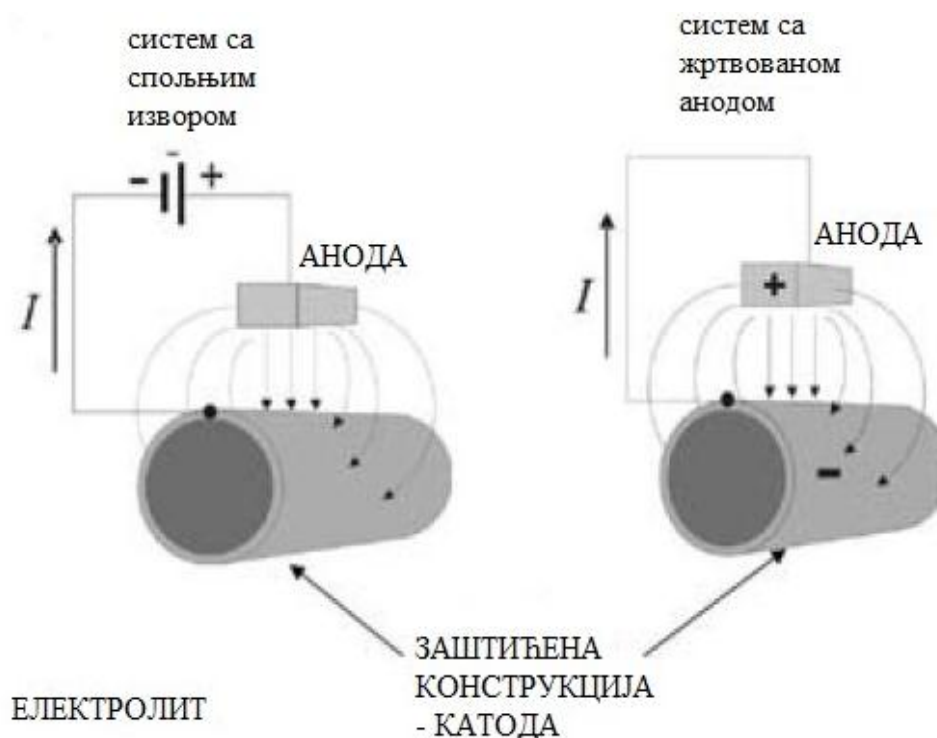
Данас се електрохемијска метода заштите од корозије употребљава тамо где није могуће или је отежана примена осталих метода заштите. Врло често се користи и као секундарна заштита метала. Неки од примера где се користи електрохемијска заштита су: бродови, цевоводи, резервоари, кондензатори, каблови итд.

Постоје две електрохемијске методе заштите које се разликују по начину поларизације: катодна заштита и анодна заштита.

8.1.1 Катодна заштита

Катодна заштита је једна од најзначајнијих метода заштите метала у електролиту. Катодна заштита делује на метал тако да помера електрохемијски потенцијал у негативном смеру. У пракси се употребљавају два начина катодне заштите (слика 25) [7]:

- катодна заштита са спољашњим извором струје и
- катодна заштита са жртвованом анодом.



Слика 25. Приказ тока електричне струје код система катодне заштите

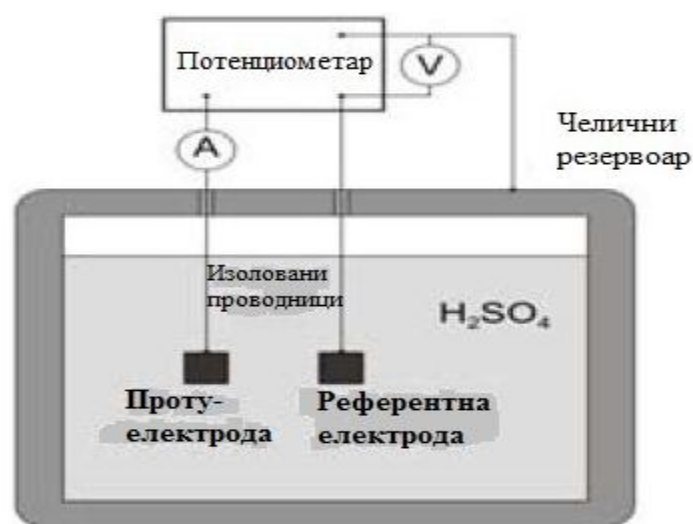
Примена катодне заштите увелико зависи од објекта који се штити, тако да за стационарне објекте чешће се користи метода са спољашњим извором струје, док се код покретних објеката и система где постоји опасност од варничења или запаљења чешће користи систем са жртвованом анодом. Катодна заштита се користи у бродоградњи, код заштите цевовода и цистерни и најчешће као секундарна заштита разних покретних објеката.

8.1.2 Анодна заштита

Анодном поларизацијом метала који могу бити у пасивном стању постиже се њихова заштита од корозије, тзв. анодна заштита. Ова метода је новијег датума од катодне заштите и показала је добре резултате код пасивизације метала у киселим срединама. Техника је посебно погодна за коришћење код резервоара и реактора који садрже јаке минералне и органске киселине.

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

1. заштита помоћу спољашњег извора једносмерне струје (слика 26) [7] и
2. заштита протектором.



Слика 26. Приказ анодне заштите помоћу спољашњег извора струје у челичном резервоару

Један од недостатака ове методе је висока цена опреме, тако да се користи само у системима где није могуће извести неке друге облике заштите од корозије. Често се комбинује са емајлирањем као секундарна заштита. Предности ове методе су што се струја пасивације аутоматски рачуна и може се лако прочитати са потенциометра.

8.2 Заштита помоћу превлака

Ова врста заштите се обавља тако што се на површину метала наноси материјал који има својство да се добро одупире корозионом дејству околне средине. Индустрijски поступци за превлачење металних површина у циљу заштите од дејства корозије су термичке, хемијске, електрохемијске и електролитичке природе. Материје које се користе за образовање заштитних превлака могу бити:

- металне и
- неметалне.
- *Металне заштитне превлаке*

Метали који се користе за превлачење материјала мале отпорности према корозији су очигледно они који су постојани према атмосферским и хемијским агенсима, а то су цинк, калај, олово, алуминијум, никл, хром итд.

Заштита овим металима је ефикасна ако се изабере одговарајући метал за заштиту у односу на основни метал и у односу на средину којој ће тај метал бити у раду изложен.

- *Неметалне заштитне превлаке*

У неметалне заштитне превлаке спадају разнородне материје као што су: боје, лакови, емајли, гума, пластичне материје итд.

Заштита је ваљана само ако заштитна превлака није на неком месту оштећена. У том случају се отвара пут корозији, јер је на огољеном месту метална површина незаштићена. Из тих разлога су неопходни претходни поступци заштите, као што је фосфатирање, јер они побољшавају отпорност боје према дејству корозије.

8.3 Материјали отпорни према корозији

- *Цинк*

На сувом ваздуху цинк је непроменљив. Ако је изложен влажном ваздуху цинк се прекрива једном патином пепељасте боје која штити материјал који се налази испод ње од сваке даље оксидације, а то значи и корозије [3].

Због тога, цинк има велику примену као заштитни елемент гвожђа: поцинковани лим за спољашње површине, плоче за облагање, олуци, каде итд.

- *Олово*

Олово је веома отпорно на атмосферске агенсе захваљујући оксидацији његове површине, која се прекрива једном белом заштитном патином, коју вода практично не може да разори. Из тих разлога се олово веома често користи за израду цеви и ценовода.

Олово, међутим, нападају све киселине изузев сумпорне киселине. Зато се олово користи за израду акумулатора електричне струје (оловне коморе). Оксид олова представља компоненту боја за заштиту од корозије.

- *Калај*

Калај је отпоран на корозионо дејство атмосферских агенаса. Првенствено се користи у виду заштитних металних превлака за челик и гвожђе.

Лименка за конзервацију хране није ништа друго него калајисани челични лим отпоран на корозионо дејство органских киселина.

Мање се употребљава од цинка када се ради о заштити предмета од челика и гвожђа који су предвиђени за отворен простор, јер и мала неуједначеност калајне заштитне превлаке изазива појаву локалне корозије која се брзо шири у дубину материјала.

- *Алуминијум*

Алуминијум изложен ваздуху, како сувом тако и влажном, се брзо прекрива веома танком покривном патином (алуминијум-оксида), која је изванредно отпорна према атмосферским агенсима, као и према низу хемикалија. Из тих разлога алуминијум и његове легуре налазе широку примену у машинској, хемијској и прехранбеној индустрији. Алуминијум нападају неке киселине, пре свега хлороводонична киселина, и неки алкални раствори (натријум и калијум-хидроксид).

- *Никл*

Овај метал спада међу најотпорније према корозији, не само зато што је неосетљив на дејство атмосферских агенаса, него и зато што је веома отпоран према дејству најкородивнијих хемијских материја као што су киселине (изузев азотне киселине) и алкални раствори.

Посебно легура "Монел", сачињена од две трећине никла и једне трећине бакра, припада материјалима највише корозионе отпорности према агресивном дејству киселина. Осим тога, никл заједно са хромом чини битну компоненту у изради нерђајућих челика.

- *Хром*

Хром је метал незаменљив према утицају атмосферских агенса, првенствено према свим гасовима, али се он раствара у хлороводоничној и сумпорној киселини.

Налази веома широку примену као превлака за заштиту од корозије (хромирање). На великом броју предмета хромирање се обавља и из декоративних разлога.

- *Нерђајући челици*

Гвожђе и његове легуре поседују у начелу малу отпорност према корозионом дејству атмосферских и хемијских агенса. Присуство хрома у легури, или хрома и никла у одговарајућем односу, чини такве челике веома отпорним према корозији и оксидацији, па се зато ти челици и зову нерђајући.

Функција хрома је (када је у легури присутан са више од 12%), првенствено та да челику обезбеди својство да не рђа. Главна функција никла јесте да легури челика обезбеди хомогеност, а осим тога његово присуство још више побољшава постојаност према корозији.

Битна особина нерђајућих челика (нарочито оних са ниским процентуалним садржајем силицијума) јесте да су они отпорни према оксидацији и на повишеним температурама задржавајући своје добре механичке особине.

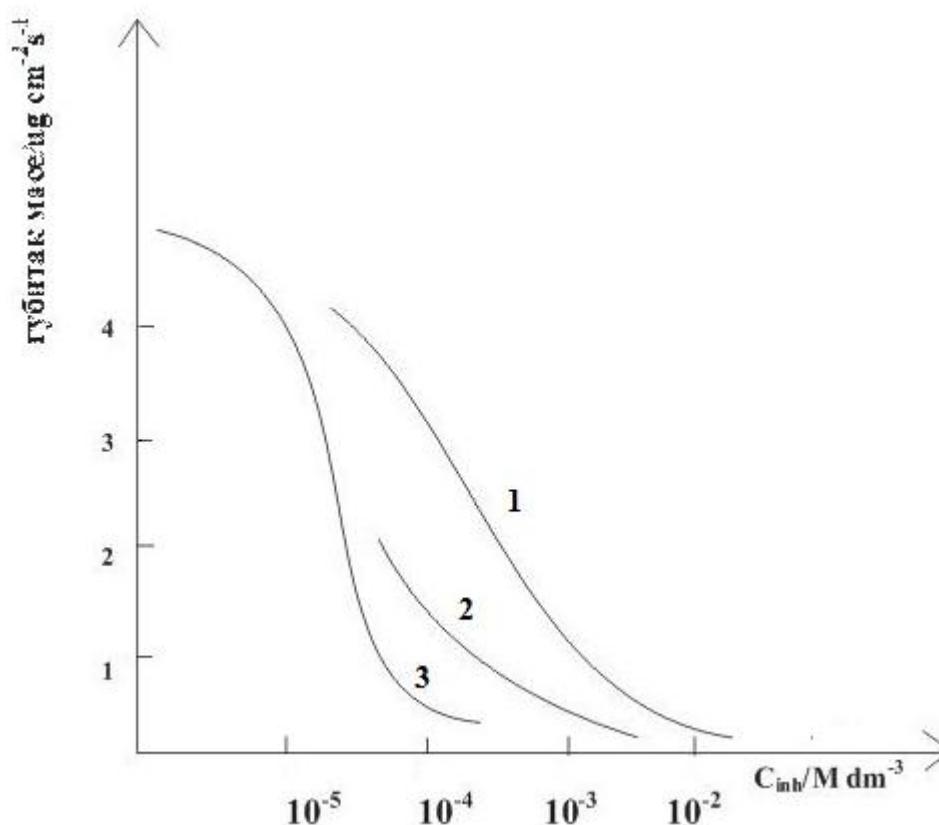
Најпознатији нерђајући хром-никл челик је онај познат под именом "18-8" (18% хрома и 8% никла) који има широку распрострањеност у свим индустријским гранама при изради судова, грејних тела, вентила, прибора за домаћинство итд.

8.4 Заштита помоћу инхибитора

Инхибитори су супстанце које се у малим количинама додају металним материјалима са циљем да их штите или осетно умање дејство корозије. Заштита помоћу инхибитора има ограничену ефикасност према корозији, али је често незаменљив поступак при завршним операцијама обраде и заштите површина. Под инхибицијом се у општем смислу подразумева смањење брзине хемијске реакције под утицајем разних агенса. У корозионој стручној литератури инхибиција означава заштиту од корозије на граници фазе метал/корозиона средина са материјалима који се апсорбују на површину метала и тиме смањују корозионо дејство [2].

Корозиони инхибитори су такве материје које се физички, физичко-хемијски или хемијски (најчешће координативним везама) вежу на површину метала. Формирани танак филм је најчешће мономолекуларан и успешно успорава корозију.

Релативно мала количина инхибитора већ изазива формирање повезаног слоја, те успорава корозиони процес. Као пример може се навести тиокарбамид и његови деривати, који успешно успоравају корозију нелегираних челика у раствору сумпорне киселине (слика 27) [2].



Слика 27. Губитак масе нелегираног челика у раствору 5% H_2SO_4 , на температури од 313 K, у функцији концентрације инхибитора: 1- тиокарбамид; 2- метил тиокарбамид; 3- о,п толил тиокарбамид

Ефикасност инхибитора изражава се у процентима:

$$W = \frac{(i_{kor})_0 - (i_{kor})_I}{(i_{kor})_0} \cdot 100, \quad (7.1)$$

где је:

W – ефикасност инхибитора,

$(i_{kor})_0$ – брзина корозије без инхибитора и

$(i_{kor})_I$ – брзина корозије са инхибитором.

Инхибитори се деле на:

- физичке инхибиторе и
- хемијске инхибиторе.

• Физички инхибитори

Физичке инхибиторе апсорбује површина материјала, образујући један заштитни слој који штити метал од агресивног дејства средине. Примера ради, физички инхибитори могу бити минерална уља, специјалне масти итд.

Заштита уљима и мастима може да буде веома ефикасна, али само за одређени временски период. У ствари, после одређеног временског периода слој уља или масти не штити више метал од атмосферских утицаја. Осим тога, уља и масти апсорбују прашину и прљавштину из ваздуха, који када доспеју до површине метала проузрокују његову корозију.

Уља и масти често садрже такође активне супстанце, као што су сулфати и примесе киселина које непосредно нападају метал уместо да га штите. Из тих разлога уља и масти која се користе за подмазивање садрже антикорозивне адитиве.

- *Хемијски инхибитори*

Хемијски инхибитори су ефикаснији, јер реагују са металом и на његовој површини стварају заштитни слој.

На пример, важни хемијски инхибитори су познати под именом со Паркер (на бази фосфата мангана) или со Бондер (на бази фосфата цинка).

Ове соли образују један заштитни, микрочистални слој који још служи као веома добра подлога за накнадно наношење боје.

Слој издвојеног фосфата у знатној мери побољшава клизна својства површине легура на бази гвожђа, чиме се олакшава обликовање вучењем и ваљањем на хладно.

У инхибиторе мање ефикасности спадају и хромати, који на површини челика образују заштитни слој оксида хрома и гвожђа.

8.5 Заштита обрадом корозивне средине

Заштита конструкцијских материјала обрадом корозивне средине спроводи се мењањем спољашњих фактора који утичу на корозију [7]. Под обрадом корозивне средине подразумева се:

- потпуна замена средине,
- промена концентрације односно удела појединих материја у средини које изазивају корозију или додавањем инхибитора корозије,
- промена физичких величина као што су брзина струјања, температура, механичко напрезање конструкције.

Потпуна замена средине користи се у борби против корозије метала у врућим оксидационим гасовима и у воденим срединама код циркулаторних система за измену топлоте. Врућ ваздух и оксидациони гасови настали потпуним сагоревањем замењују се смесама азота и водоника. Код обраде метала у пећима користе се заштитне атмосфере гасова који спречавају оксидацију метала у врућем стању. Овај начин заштите од корозије се користи и код заваривања електричним луком. Код заваривања најчешће се користе смесе аргона и хелијума. Код жарења метала се користе смесе соли (нпр. NaCl , KCl , BaCl_2).

Промена концентрације оксидационих материја данас је често коришћена метода заштите од корозије. Користе се разне методе уклањања оксидационих материја из средине у зависности од врсте средине. Подела метода уклањања оксидационих материја се врши према томе уклања ли се материја хемијским или физичким путем.

Када се говори о влажном ваздуху најважнији корозиони састојци су водена пара, кисеоник и неки оксиди неметала као угљен диоксид, оксиди сумпора или азота. Уклањање водене паре из ваздуха се врши омотавањем разним врстама полимера, кондензацијом итд.

У погонима где се јављају паре киселих раствора главни начин заштите је вентилација. Ваздух се најчешће чисти продувавањем кроз NaOH да би се заштитило људско здравље.

Примена вакуума је још једна од метода уклањања корозионих компонената. Познато је да снижени притисак ваздуха снижава и парцијалне притиске свих састојака, па тако и агресивних пара. Тако се на пример, за жарење метала користе вакуумске пећи. Вакуум се користи и код лемљења и заваривања метала. Један од

честих примера коришћења вакуума је обична сијалица у којој се волфрамова нит штити вакуумом.

Код водених раствора корозију је могуће смањити уклањањем или смањењем удела корозионих састојака. Најчешће се смањује концентрација јона. Агресивност воде се смањује уклањањем јона из ње. Поступци уклањања јона из воде се спроводе дестилацијом и дејонизацијом. Дејонизована вода се користи у термотехници и процесној индустрији. Смањење јона саме воде H^+ и OH^- се спроводи дејонизацијом којом се регулише рН вредност воде. Често се врши хемијски процес уклањања кисеоника из воде. Тако се може постићи концентрација кисеоника од само 5 μg по литру воде.

9. ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА БРЗИНУ КОРОЗИЈЕ

Многи фактори утичу на брзину корозије у воденим растворима, али шест од њих су од примарног значаја. То су: киселост, оксидациони агенси, филмови, температура, брзина кретања и хетерогеност како у раствору тако и у металу. Иако се ово излагање односи нарочито на електрохемијску корозију у воденим растворима, многи од фактора су важни и код других врста корозије, као што су оне које се могу појавити у гасовима на високим температурама, у течним металима, растопима соли и безводним растворима [8].

У већини случајева разматрање ових шест фактора довешће до корисне дијагнозе. То су практични појмови, јер се могу мерити или у најмању руку открити одговарајућим инструментима. У сваком од ових случајева обично ће се утврдити да неки фактори врше већи утицај од других. Сваки фактор или било која комбинација неколико фактора може, да одреди корозиону реакцију у конкретном случају.

9.1 Киселост

Пошто водоникови јони учествују у многим корозивним реакцијама, није изненађујуће што је киселост раствора, представљена концентрацијом водоникових јона (pH), најважнији фактор. Стога су раствори киселина (мала вредност pH) уопште корозивнији од неутралних (pH=7) или алкалних (висока pH вредност) раствора.

Присутни анјони и катјони могу да врше знатан утицај на корозију. Угљен диоксид у раствору је агресиван, због своје киселости, али има и извесну заштитну вредност, због слабе растворљивости својих металних једињења. Тамо где се образује филм, може постојати тенденција нагризања (тачкасте корозије) на коју утиче или је контролише pH вредност. Нерђајући челици су подложни тачкастој корозији у врућем неутралном 4 процентном натријум хлориду, али се ово дејство може спречити подизањем вредности pH, на пример, додавањем натријум хидроксида.

Тамо где се водоник развије као гас, брзине корозије могу да буду тако велике да су само од академског интереса. Другим речима, видљиво издвајање водоника често показује да се, са практичне тачке гледишта, непрекидни додир ове конкретне комбинације корозива и метала мора избегавати. Видљиво издвајање водоника као гаса, међутим, није једини начин на који се разелектрисани водоникови јони уклањају из ситема. На пример, они могу да реагују са кисеоником и образују воду или водоников пероксид. Можда су најинтересантније функције киселости, у смислу фактора који утичу на брзину корозије, у вези са осталим факторима као што су оксидациони агенси. Слободна киселина у додиру са металом, међутим, мора се увек сматрати као сила која тежи да појача корозију; она може да кородира сам метал, да уклони заштитне филмове или да дејствује у вези са другим силама.

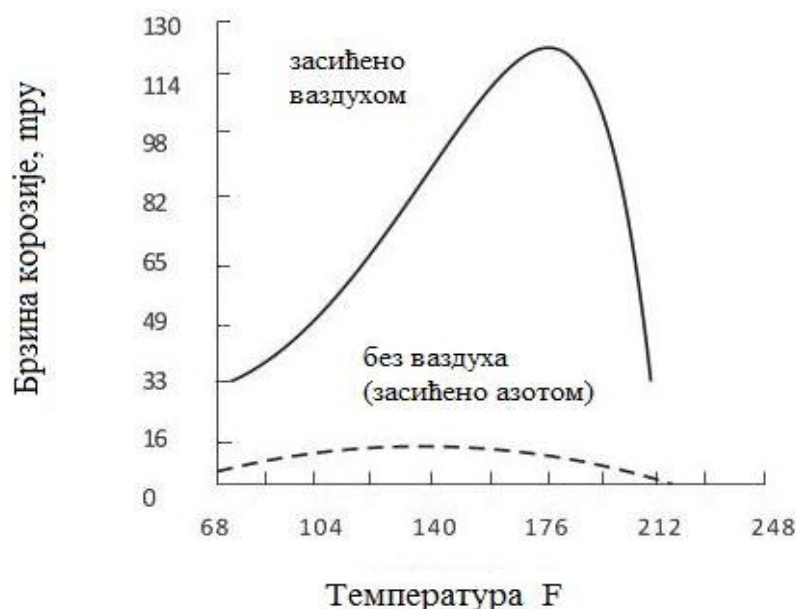
9.2 Оксидациони агенси

Оксидација је, по дефиницији, повећање валенције неког елемента. Присуство било којег оксидационог агенса, јача тенденцију метала који је у нултом валентном стању да кородира или се претвара у једињење где има позитивну валенцију. Стога се сваки оксидациони агенс сматра корозивним агенсом.

Најпознатији оксидациони агенс је кисеоник у ваздуху; он је највећи корозивни агенс. Он обично делује или у раствору у води, са или без других хемикалија, или на високим температурама. Могућност да атмосферски кисеоник уђе у корозивну реакцију и заузме најимпресивнији ефекат никад не би требало занемарити приликом разматрања корозије.

Кисеоник је важан у неутралним растворима, где обично не долази до издвајања водоника у значајнијем степену. Већина корозија регистрованих у пракси јавља се у условима где је неопходан део корозионог процеса. У многим случајевима оксидациона способност раствора је његова најважнија појединачна особина што се тиче корозије.

Одсуство ваздуха зауставља корозију. Слика 28.[8] приказује дејство засићености ваздухом на брзину корозије легуре 67Ni-33Cu у сумпорној киселини. Фрезер (Fraser), Акерман (Ackerman) и Сендс (Sands) показали су да је дејство кисеоника на корозију легуре 67Ni-33Cu у сумпорној киселини линеарна функција концентрације и отуда њеног парцијалног притиска, осим код концентрације која се приближава нули.



Слика 28. Дејство аерације и температуре на корозију легуре 67Ni-33Cu у 5÷6 процентној сумпорној киселини

Оксидациони агенси могу понекад успорити корозију. До тога долази ако се потенцијал учини племенитијим и ако дође до пасивности. Површина метала прекрива се тада заштитним оксидима или апсорбованим кисеоником. То важи за метале као што су алуминијум, хром, и у мањој мери, за метале као што су гвожђе и никл. Ови метали су у стању да пренесу своје инхибиторно дејство на друге метале са којима се могу спајати у легуре. Ова карактеристика хрома је узрок основних карактеристика отпорности на корозију нерђајућих челика.

9.3 Филмови

Када корозија једном почне своје деловање, њено напредовање често бива одређено природом створених корозионих продуката. Пошто до корозионе реакције долази на површини, филмови од нерастворљивих продуката корозије могу да имају огроман значај.

Ови филмови могу да буду веома танки или чак невидљиви као што су пасивни филмови. Танки филмови обично пружају бољу заштиту од дебелих филмова. Ово доказују посматрања, јер су филмови који пружају потпуну заштиту сувише танки да би се могли мерити.

С друге стране, могу се образовати лако видљиви слојеви нерастворљивих продуката корозије. Ови продукти корозије могу постати сасвим непропустљиви за кородирајуће течности, тако да пружају потпуну заштиту, или могу да буду сасвим пропустљиви и да дозвољавају да се без икакве сметње развије локална или општа корозија. Дебели филмови продуката корозије обично смањују у извесној мери општу брзину корозије. Међутим, њихово дејство може да буде опасније, због тога што ограничавају корозију на поједина места. Филмови који нису равномерни или су испрекидани теже да створе концентрационе елементе. Резултат може да буде интензивна тачкаста корозија.

Филмови могу да садрже и продукте корозије који су слабо растворљиви, тако да они сами по себи представљају корозиве. Када су присутни у атмосферској корозији, могу да буду хигроскопски и да задржавањем влаге на степену влажности на којем је површина метала иначе сува, повећавају брзину корозије више пута. Карактеристике филмова рђе који се образују на челицима одређују њихову отпорност на атмосферску корозију.

При оксидацији на високим температурама, природа продуката корозије у великој мери одређује брзину оксидације, по линеарним, параболичним, логаритамским или другим законима раста. У пракси је ситуација сложена јер ни легуре, ни средине нису чисте, нити су састав гасова ни температура константни. Јасно је, међутим, да легуре отпорне на топлоту дугују своје добре особине заштитним продуктима корозије. Тамо где су услови такви да ова заштита пропада, степен разарања на високим температурама може да постане катастрофалан.

Поред филмова који барем делимично потичу од кородирајућег метала, постоје и други који у целини потичу из корозивног раствора. Они обухватају разне соли као што су карбонати и сулфати, који се могу образовати загревањем раствора. Поред тога, постоје и филмови од уља и масти, који могу штитити материјал од непосредног додира са корозивним супстанцама.

Следећа врста заштитних филмова образује се намерним додавањем корозивном раствору мале количине неких органских или неорганских супстанци, тј. инхибитора. Механизми по којим корозиони инхибитори функционишу разликују се у појединачним случајевима, а укључују дејства било на анодним било на катодним зонама, или и на једним и на другим.

9.4. Температура

Дејство температуре на корозивне реакције не задовољава уобичајене законе. Дејство температуре ретко кад је експоненцијално, као што је за већину хемијских реакција, и ретко кад је линеарно, какво би било када би било под утицајем само

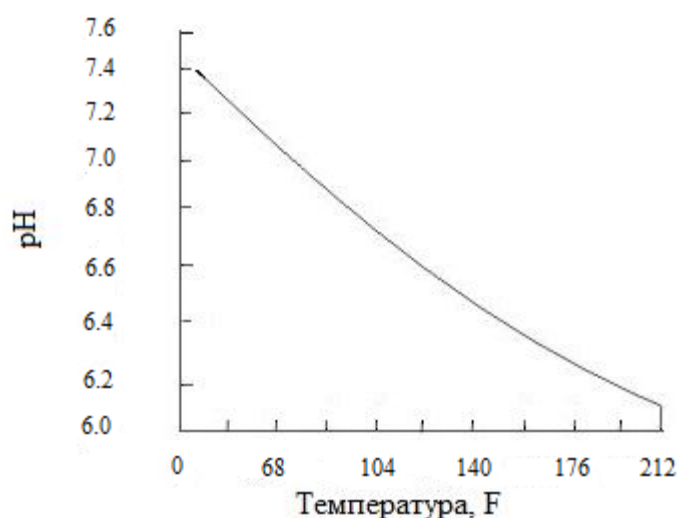
физичких промена. Повећања брзине од 100% до 200% за прираштаје од 10°C типична су за хемијске реакције, а повећања од 20 до 30 процената за прираштаје од 10°C су типична за процесе које контролише дифузија. Неке добијене брзине корозије повећавају се са температуром, док се друге смањују. Уопште говорећи, дејство температуре на брзину корозије зависи од њеног утицаја на факторе који управљају реакцијом.

Температура може да утиче на брзину корозије својим дејством на растворљивост и расположивост кисеоника. Са повећањем температуре, растворљивост кисеоника у воденим растворима се смањује; на тачки кључања уклања се сав кисеоник. Насупрот томе стоји податак да се брзина дифузије кисеоника повећава са температуром. Стога се најчешће догађа да се брзина корозије повећава са температуром, до неког максимума, а затим се смањује до неке ниске вредности на тачки кључања.

Брзина корозије челика у воденим растворима уз слободни приступ ваздуха достиже максимум на неких 175°F . С друге стране, у затвореном систему, где је притисак могао да се повећава, брзина корозије се повећавала линеарно, неких 3% по 1°C , што указује на утицај брзине дифузије кисеоника на челик. Код нерђајућих челика изложених 4 до 10% раствору натријум хлорида, број рупица се равномерно повећавао са температуром, све до тачке кључања, где више нема нагризања, јер је уклоњен сав кисеоник.

Слика 28 [8] приказује дејство температуре на брзину корозије код легуре 67Ni-33Cu у аерираној, разблаженој сумпорној киселини. Овде брзина нараста до максимума, на неких 175°F , а затим пада на ниску вредност на тачки кључања.

Температура може да делује на корозију својим дејством на рН. Дисоцијација воде се повећава са температуром, што има за последицу да се рН смањује кад се температура повећава. Ово је приказано на слици 29 [8]. На 140°F неутрални рН је 6,4. Брзина корозије челика у води на 72°F се не мења у интервалу од 4 до 10 рН, али се повећава на киселинској страни, а смањује на алкалној страни. На 104°F хоризонтални део криве је краћи и обухвата интервал од рН 4,5 до 8,5. Ово одражава појачану активност водоникових јона у повећању брзине корозије, на страни нижих рН, и повећану активност хидроксилних јона у пасивирању челика, на алкалној страни.



Слика 29. Промене рН вредности воде у функцији температуре

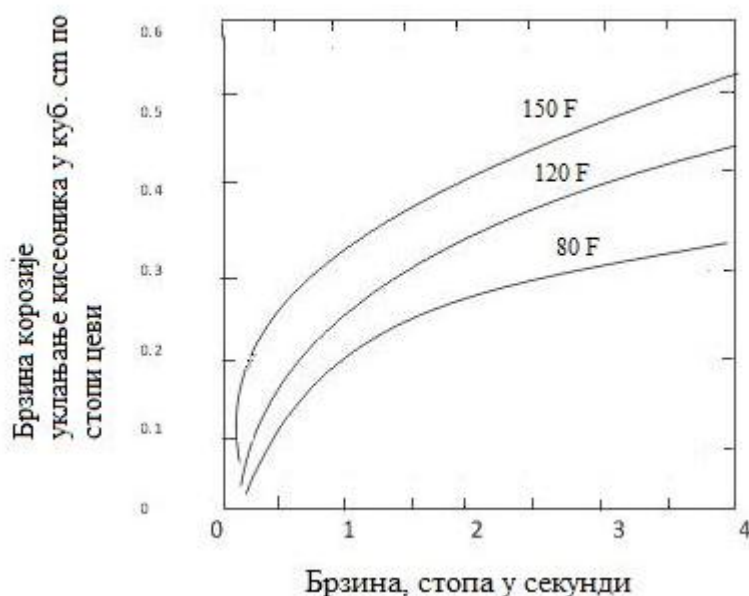
Температура такође може да делује на брзину корозије својим дејством на филмове. Може да повећа растворљивост заштитних продуката корозије, као у случају

олова у хлороводоничној киселини. Олово хлорид је нерастворљив и делује као заштитник у хладној киселини, али је растворљив и не заштићује у топлој киселини.

9.5 Брзина кретања

Да би се изазвала корозија, материјал се мора ставити у додир са површином метала и атоми метала се морају уклонити. Очигледно је зато да је брзина кретања средине у односу на метал значајан фактор за корозију метала.

Уопште говорећи, повећање брзине релативног кретања корозивног раствора и површине метала убрзаће корозију. Ово дејство је резултат веће брзине којом се корозивне хемикалије, укључујући кисеоник, доводе на површину која кородира; одстрањују се продукти корозије који би се иначе акумулирали и гушили корозију. Што је брзина већа, тање су непокретне насlage на металу кроз које се корозивне супстанце морају пробијати и кроз које се морају дифундовати растворени продукти корозије. Рад Спелера (Speller) и Кендала (Kendall) пружа пример утицаја брзине на повећање корозије. Њихови подаци на слици 30 [8] приказују овај утицај код воде која протиче кроз челичну цев.



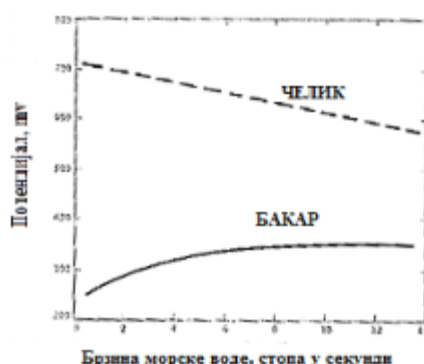
Слика 30. Утицај брзине на корозију 1/2 инча дебеле цеви у води која садржи кисеоник

У посебним случајевима повећање кретања може да буде благотворно. Тако на пример, кретање може да смањи корозију, обнављањем инхибитора корозије, нарочито у пукотинама или другим "мртвим" местима. При великим брзинама, мања количина инхибитора може да буде довољна за спречавање корозије.

При великом релативном кретању карактер продуката корозије се може променити. На пример, код гвожђа, при већој брзини постоји тенденција повећања количине заштитних продуката корозије и то захваљујући већој количини кисеоника. Овај ефекат кисеоника постепено помера потенцијал у племенитијем правцу. Слика 31 приказује утицај брзине кретања на потенцијал челика у морској води. Док брзина расте од 0 до 14 стопа у секунди, челик постаје за 130 mV племенитији. Одређени број

примера у којима је гвожђе постало пасивно при високим брзинама забележио је Копсон (Copson). Међутим, ово се вероватно неће десити ако гвожђе већ има зарђалу површину или ако су присутни хлориди.

Као што је приказано на слици 31 [8] потенцијал бакра у морској води постаје мање племенит код повећаних брзина. Ово је изазвано ефикаснијим уклањањем бакарних јона. Уопште, дејство кисеоника одређује понашање анодних метала као што су цинк и гвожђе при великим брзинама кретања, а дејство металних јона одређује понашање племенитих метала као што је бакар.



Слика 31. Утицај брзине на потенцијал челика и бакра у морској води

Пошто кретање делује различито на различите легуре, промене брзине могу имати значајан утицај на галванско понашање када се метали споје у парове.

9.6 Хетерогеност

Хетерогеност тежи да изазове корозију на одређеним површинама, а искључи на другим. То је важан фактор, јер је локални напад или тачкаста корозија често озбиљнији проблем него општа корозија или свеукупни губитак тежине. Једна од карактеристика корозије је њена тенденција да се локализује.

У корозивним срединама хетерогеност постоји у концентрационим елементима (метално јонским, диференцијално аерацијским итд.), у неким ефектима до којих долази услед разлике у температури, разлика брзине и због напада ударом течности. Галвански парови су хетерогени и изазивају локални напад. Одвојене фазе видљиве у микроструктури многих легура јесу други типични примери.

9.7 Остали фактори

Бактерије

Шест фактора који су разматрани најважнији су фактори који одређују брзину корозије. Остали фактори могу имати изванредан утицај у посебним случајевима. На пример, присуство сулфаторедукционих бактерија може да буде важан фактор који утиче на брзину корозије.

Звучна енергија

У последње време показано је интересовање за дејство звучне енергије на корозију. При ниским јачинама звука изгледа да нема никаквог дејства, али утврђено је

да се при високим јачинама брзина корозије челика у киселинама повећава, вероватно због лакшег формирања водоникових мехурића. Могуће је штедети киселину у чишћењу (нагризању) челика применом високе енергије звука.

Светлост

Још један фактор који заслужује да се помене јесте дејство светлости. Радијација у нуклеарним реакторима могла би да има сличне ефекте. Утврђено је да сунчева и ултраљубичаста светлост могу да повећају брзину корозије у воденим растворима и брзину оксидације у ваздуху, као и да се може створити потенцијална разлика између две електроде од којих је једна осветљена, а друга није. Међутим, примећена дејства била су практично мала и није могуће предвидети да ли ће дејство на корозионе системе у пракси прећи границе занемарљивог.

10. ЗАКЉУЧАК

Корозионо разарање настаје услед утицаја гасова и течности спољне средине на материјал. Према неким подацима, око 10% производа од црних и обојених метала за годину дана губи своју техничку употребљивост услед корозионог разарања. Међутим, највеће штете услед корозије настају услед смањења поузданости и трајности машинских конструкција, а затим и због повећања трошкова за ремонт и за заштитне мере којима се спречава корозија. Ради дубљег објашњења појаве и деловања корозије, проучени су механизми развоја њеног процеса. Тако се дошло до закључка да постоје две основне поделе корозије на хемијску и електрохемијску, као и на остале видове корозије, што је и детаљно објашњено и илустровано сликама у овом раду. Ту се мисли на општу, локалну, селективну, интеркристалну, питинг, корозију у зазорима, напонску, водоничну кртост и корозиони замор.

Објашњен је економски поглед на корозију, где је споменута енормна корист од њене правовремене заштите и употребе антикорозивних мера, при чему је истакнут податак да су САД могле да уштеде 82,5 милијарди долара у једној години. Економско значење корозије је велико и оно расте са индустријализацијом привреде.

Корозија је веома сложена појава, а одговарајуће превентивне мере и заштиту метала је могуће успешно спровести само уколико се води рачуна о свим чиниоцима који утичу на њу. Као што је у раду објашњено, ти чиниоци су природа метала, својства предмета и околна средина.

Данас је најважнија и најзаступљенија метода заштите машинских конструкција од корозије заштита превлакама (премазима). Ова врста заштите је веома захтевна, а тржиште пружа велике могућности избора различитих врста и система премаза. Код избора је потребно водити рачуна о намени конструкције и условима експлоатације. Међутим, и најбољим избором најскупљег и најквалитетнијег састава премаза неће се постићи очекивани резултат заштите ако се припрема површине довољно квалитетно не изведе. Нови еколошки прописи све више ограничавају дозвољени садржај испарљивих органских једињења, што доводи до тога да се традиционалне методе заштите од корозије замењују новим, савременим методама које не загађују околину.

Што се тиче катодне заштите, занимљив је податак да је њена ефикасност 95%, што значи да метална конструкција обухваћена овим поступком заштите има неограничен експлоатациони век, док инвестициона вредност износи 1% од вредности објекта који се штити. Катодна заштита је потребна и погодна како за новоизграђене објекте, тако и за објекте који су већ у експлоатацији.

Алатне машине које поседују систем за снабдевање средства за хлађење и подмазивање кроз центар алата поседују скупочену опрему (пумпе високог притиска, филтери итд.), која је у сталном контакту са средством за хлађење и подмазивање. Код таквих система препоручује се налажење средстава која штите површину метала док је у контакту са средством за хлађење и подмазивање. Ако су складиштења производа и полупроизвода на отвореном, препоручује се коришћење средстава за хлађење и подмазивање која штите површину метала након сушења средства, формирањем заштитног филма.

11. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Corrosion>, преузето 15.08.2013.
- [2] Себењи Ф., Хакл Л., Корозија метала у теорији и пракси, техничка књига, Београд, 1980.
- [3] Bertucelli C., Carrer A., Marino I., Quinzio E., Poizonetti A., Saini M., Protezione delle superfici metalliche, Tecnologia meccanica, preveo sa italijanskog Mance A. dipl. inž., техничка књига, Београд, 1981.
- [4] Александреску Е., Захариа В., Хемија, уџбеник за 9. разред, LVS Crepuscul, 2005.
- [5] Slideshare, <http://www.slideshare.net/marinko/vrste-korozije-2509350>, преузето 22.08.2013.
- [6] FSB, <http://www.fsb.unizg.hr/korozija/prva.php?p=pretrazivanje>, преузето 15.08.2013.
- [7] Свеучилиште у Сплиту, <http://www.cortecvci.com/International/croatia/Diplomski%20rad%20Hrvoje%20Belov.pdf>, преузето 15.08.2013.
- [8] F. L. Laque и Н. R. Corson, Отпорност метала и легура на корозију, Научна књига, Београд, 1975.