

ა. ბ ე ჟ ა ნ ი შ ვ ი ლ ი

ღითონთა კორპორაცია

ლექციების ელექტრონული ვერსია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი 2020

# ს ა რ ჩ ე ვ ი

## თ ა ვ ი I

### ლითონები, ლითონების შენადნობები და მათი კოროზია

1. სამთო მანქანების კოროზია - - - - -	5
2. ლითონების კოროზიის რაობა - - - - -	5
3. ლითონების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები - - - - -	6
4. ლითონების მექანიკური თვისებები - - - - -	8
5. შენადნობების ზოგადი დახასიათება - - - - -	8
6. რკინა-ნახშირბადის შენადნობები - - - - -	11
7. ფოლადის შემადგენელი ელემენტების გავლენა კოროზიაზე - - - - -	15
8. მხურვალმედვეგი და მხურვალმტკიცე შენადნობები - - - - -	17

## თ ა ვ ი II

### ფერადი ლითონების და მათი შენადნობების კოროზია

1. სპილენძი და მისი შენადნობები - - - - -	19
2. ნიკელი და მისი შენადნობები - - - - -	21
3. ალუმინი და მისი შენადნობები - - - - -	21
4. ტიტანი და მისი შენადნობები - - - - -	23
5. ტყვია - - - - -	24
6. კობალტი და მისი შენადნობები - - - - -	25
7. კალა - - - - -	25
8. კეთილშობილი ლითონები - - - - -	25

## თ ა ვ ი III

### კოროზიული პროცესის ფაქტორები

1. კოროზიული რღვევის ტიპები - - - - -	-28
2. კოროზიული დაღლილობა - - - - -	31
3. კოროზიული დასკდომა - - - - -	32
4. კოროზიული წნევა - - - - -	33
5. სხვადასხვა აგრესიული ფაქტორის გავლენა კოროზიაზე - - - - -	34

## თ ა გ ი I V

### ლითონების კოროზიის კლასიფიკაცია

1. კოროზიული პროცესის ტიპები - - - - -	35
2. ქიმიური კოროზია - - - - -	36
3. გაზობრივი კოროზია - - - - -	38
4. კოროზიის ფილმის თეორია - - - - -	40
5. ლითონთა პასიურობის მოვლენა - - - - -	41

## თ ა გ ი V

### ლითონთა კოროზია სხვადასხვა აგრესიულ არეში

1. ლითონი და გარემო - - - - -	44
2. ლითონის კოროზია მჟავაში - - - - -	46
3. ატმოსფერული კოროზია - - - - -	48
4. ატმოსფერული კოროზიის მიზეზები - - - - -	49
5. ატმოსფერული კოროზიის მექანიზმი - - - - -	52
6. ბიოლოგიური ფაქტორების როლი მიწისქვეშა კოროზიაში - - - - -	54
7. მიწისქვეშა კოროზიისაგან დაცვის ხერხები - - - - -	55
8. ზღვის წყლის შედგენილობა და მისი კოროზიული მოქმედება - - - - -	57
9. ლითონთა კოროზია მინერალურ წყლებში - - - - -	66
10. ნავთობითა და მისი პროდუქტებით გამოწვეული კოროზია - - - - -	68

## თ ა გ ი VI

### ლითონთა დაცვა კოროზიისაგან გარემოს დამუშავებით

1. ლითონთა კოროზიის ინჰიბიტორები - - - - -	72
2. ინჰიბიტორის მოქმედების კანონზომიერება - - - - -	74
3. შერეული ინჰიბიტორები - - - - -	75
4. კოროზიის სტიმულატორები - - - - -	75
5. ინჰიბირებული საპოხი ნივთიერებები ატმოსფერული კოროზიისაგან დასაცავად - - - - -	76
6. დაჟანგვის პროდუქტებისაგან გაწმენდის ქიმიური ხერხები - - - - -	77
7. წყლის აგრესიულობის შესუსტება გარემოს დამუშავებით - - - - -	78

## თ ა გ ი VII

### ლითონთა კოროზიისაგან დაცვის ხერხები

1. ლითონთა ზედაპირის მომზადება დასაფარავად - - - - -	82
2. დამცავი ფურჩები - - - - -	83
3. შესაღები საგნის წინასწარ მომზადება და შეღებვა - - - - -	86
4. კლიმატური პირობების გავლენა ლაქსაღებავებზე - - - - -	87
5. მოლითონება - - - - -	87
6. მოლითონება გამღვალ ლითონში ამოვლებით - - - - -	88
7. მოლითონება გაფრქვევით - - - - -	89
8. დიფუზიური დაფარვა - - - - -	90
9. ანოდური და კათოდური დაცვა - - - - -	91
10. გალვანური საფარი - - - - -	91
11. პლასტმასები - - - - -	95
12. მასალები კაუჩუკის ბაზაზე - - - - -	98
13. მომინანქრება - - - - -	99
14. ელექტროქიმიური დაცვა - - - - -	101

## თ ა გ ი I

### ლითონები, ლითონების შენადნობები და მათი კოროზია

#### 1. სამთო მანქანების კოროზია

სამთო მანქანებს, განსაკუთრებით იმ მანქანებს, რომლებიც გამოიყენება წიაღისეულის მიწისქვეშა წესით მოპოვებისათვის, ხშირად მუშაობა უწყვეტ მძიმე პირობებში, რადგანაც განიცდიან მთელი რიგი ფაქტორების ზემოქმედებას. ეს ფაქტორებია: აგრესიული გარემო, დიდი რაოდენობით მტვერი, მჟავე წყლები, რაც იწვევს სამთო მანქანების და მექანიზმების ლითონური ზედაპირების და გამზომ-საკონტროლო ხელსაწყოების კოროზიას და ინტენსიურ ცვეთას, რაც ბუნებრივია, უარყოფითად მოქმედებს სამთო მანქანების მუშაობაზე.

ამიტომ, ლითონთა დაცვა კოროზიისაგან სამთო მრეწველობაში უაღრესად აქტუალურია და მას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება.

#### 2. ლითონების კოროზიის რაობა

სიტყვა კოროზია წარმოდგება ლათინური სიტყვიდან “corrodere”, რაც ნიშნავს ამოჭმას. მიღებულია, რომ კოროზიის პროცესისათვის გამოიყენება ტერმინი „კოროზიული პროცესი“, ხოლო მისი შედეგისათვის „კოროზიული რღვევა“.

ლითონის ნაკეთობანი მიწის, წყლის, ჰაერის, გაზების, მჟავების, ტუტეების, მარილთა ხსნარების თუ სხვა აგრესიულ არეში, განიცდიან ქიმიურ ან ელექტროქიმიურ გარდაქმნებს, რასაც შედეგად მოსდევს ლითონის რღვევა. ერთი შეხედვით ეს პროცესი ადამიანს უმნიშვნელოდ ეჩვენება, მაგრამ თუ კარგად დაუპკვირდებით იმ ფაქტორებზე მონაცემებს, რომელთაც კოროზიის შედეგად აქვს ადგილი, სავსებით ნათელი გახდება ის დიდი ზიანი, რომელიც მას მოაქვს მთელ რიგ სფეროებში.

კოროზია ჩვეულებრივ ზედაპირიდან იწყება, შემდეგ კი თანდათანობით იჭრება ლითონის სიღრმეში, ცხადია, სხვადასხვა სიჩქარით; ეს იმის მიხედვით ხდება, თუ როგორია თვით ლითონის ბუნება, კოროზიული გარემო, მისი შედგენილობა და მოქმედების ხანგრძლივობა, დამცავი ფურჩის კომპაქტურობა და ა.შ.

ლითონის კოროზიის მიმდინარეობის თავისებურება უშუალოდ დაკავშირებულია კოროზიული არის პირობებთან, კოროზიული არე კი თავისი მოქმედების ხასიათით ნაირგვარია; იგი შეიძლება იწვევდეს ლითონის დაშლას ქიმიური ან ელექტროქიმიური გზით.

ამგვარად, ლითონთა კოროზია ისეთი მოვლენაა, რომლის დროსაც ადგილი აქვს გარემოს აგრესიული ფაქტორების გავლენით ლითონის თუ მისი შენადნობის

დაშლას ქიმიური ან ელექტროქიმიური პროცესების შედეგად. კოროზია ორი ფაზის რეაქციაა – ლითონისა და გარემოს შეხების საზღვარზე. კოროზიის შედეგად ლითონი კარგავს არა მარტო დამახასიათებელი ბრჭყვიალის უნარს, არამედ ტექნიკური თვალსაზრისით მნიშვნელოვან თვისებებს- მედეგობას, ელასტიკურობას.

### 3. ლითონების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები

ლითონის დანიშნულებას ტექნიკაში განსაზღვრავს მისი ფიზიკურ, ქიმიურ და მექანიკურ თვისებათა კომპლექსის თავისებურება, ამდენად, საკითხის შესწავლას ამ მიმართულებით დიდი პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობა აქვს. მიუხედავად იმისა, რომ ადამიანი უძველესი დროიდან იყენებს და სწავლობს ლითონს და მის შენადნობებს და, უდავოდ, ამ მხრივ დიდი ცოდნაა დაგროვილი, ჯერ კიდევ არ შეიძლება ითქვას, რომ ამ დარგში ყველაფერი გაკეთებულია; ეს გამოწვეულია გარკვეული სირთულეებით, რაც დაძლეული იქნება მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების კვალდაკვალ. ავიღოთ მაგალითისათვის შენადნობი. მის თვისებებს განაპირობებს შემადგენელ ნივთიერებათა ბუნება და მათი წონითი თანაფარდობა, მაგრამ აქვე ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ლითონის ერთსა და იმავე ნაჭერს შეგვიძლია დამუშავების გზით სხვადასხვა

თვისება მივანიჭოთ. ამ მხრივ ჩინებულ მაგალითს იძლევა ფოლადი, რომელიც ჩვეულებრივი მდგომარეობიდან გარკვეული წესით დამუშავების შემდეგ შეიძლება გადავიყვანოთ ნაწრთობ მდგომარეობაში, რომლის დროსაც ლითონი სრულიად ახალ თვისებებს ამჟღავნებს, სახელდობრ ხდება უფრო სალი და მყიფე. თვისებათა ამგვარი ცვა-

ლებადობა ახსნილია თვით ლითონის სტრუქტურის შეცვლით.

ყველა ლითონი ჩვეულებრივ პირობებში მყარ ნივთიერებას წარმოადგენს, გამონაკლისია მხოლოდ ვერცხლისწყალი, რომელიც თხევად მდგომარეობაშია. ლითონთა ფიზიკურ თვისებებს მიეკუთვნება: ჭედადობა, სითბოსა და ელექტროგამტარობა, ბზინვარება, დნობადობა, ფერი, კუთრი წონა, მაგნიტური თვისებები და სისალე. ლითონებს აღნიშნული თვისებები გამოხატული აქვთ სხვადასხვა უნარით. ავიღოთ, მაგალითად, დნობადობა. ცეზიუმის ლღობის ტემპერატურა  $28,5^0$ -ია. თუ მას ხელის გულზე დავიდებთ, სწრაფად გადნება, ვოლფრამის დნობის ტემპერატურა კი  $3410^0$ -ია. ლითონები სისალის მხრივაც დიდად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან დაწყებული კალიუმიდან, რომელიც თავისი სიმაგრით თავლის სანთელს უახლოვდება, დამთავრებული ისეთი ლითონებით, რომლებიც ამ მხრივ აღმასს უახლოვდებიან. ცნობილია, რომ ქლიბებს ამზა-

დებენ სპეციალური ხარისხის ნახშირბადიანი ფოლადისაგან, მაგრამ თუ ქლიბი ვახახუნეთ ქრომის ღეროზე, ქლიბი გადაიქცევა ფხვნილად, ისე, რომ ღეროს არავითარი ზიანი არ მოუვა.

შესწავლილია, რომ დნობის ტემპერეტურასა და სისალეს შორის არის გარკვეული კანონზომიერება, სახელდობრ, რაც უფრო ძნელად დნობადია ლითონი, იმდენად უფრო სალია იგი. სისალის ეს თავისებურება შედეგია იმისა, რომ ლითონის გამოცდისას სისალეზე და დნობის ტემპერატურაზე საქმე გვაქვს ერთსა და იმავე ძალებთან, რომლებიც ცდილობენ ლითონის მესერის სიმტკიცის შენარჩუნებას, ხოლო განსხვავება იმაშია, რომ ამ ძალების დამლევის ხერხი სხვადასხვაგვარია. ორივე შემთხვევაში ვარღვევთ ლითონის კრისტალთა მესერის კომპაქტურობას. კუთრი წონის მიხედვით ლითონები მეტად ნაირგვარია. ცნობილია წყალზე მსუბუქი ლითონები, როგორცაა: ლითიუმი, კალიუმი, ნატრიუმი და სხვ. ცნობილია აგრეთვე მეტად მძიმე ლითონებიც: ოქრო, პლატინა, ტყვია, ვერცხლისწყალი და სხვ. ლითონები დიდად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ბრჭყვიალით, რაც სხივთა არეკვლის უნარზეა დამოკიდებული. ეს გარემოება სხვა მიზეზებთან ერთად აიხსნება თვით ლითონის კომპაქტურობითაც; მართალია, მაგნიუმი და ალუმინი მაშინაც კი ინარჩუნებენ ბრჭყვიალის უნარს, როდესაც ისინი ფხვნილის მდგომარეობაში არიან, მაგრამ ლითონთა დიდ უმრავლესობას ფხვნილის მდგომარეობაში აქვს შავი ან მუქი ნაცრისფერი. ლითონებს ახასიათებს ბზინვარება, რაც სხივთა არეკვლის უნარზეა დამოკიდებული, მაგრამ, გარდა ამისა, ისინი თავისუფლად ახდენენ რადიოტალღების არეკვლასაც, რაზედაც დაფუძნებულია რადიოლოკაციის მოვლენები.

ლითონთა მაგნიტურ თვისებებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ელექტრომანქანათმშენებლობაში (დინამომანქანები, ელექტროძრავები, ტრანსფორმატორები), კავშირგაბმულობაში.

ლითონის ფართო გამოყენება ელექტროტექნიკაში ეყრდნობა ელექტროგამტარობის თვისებას, ამის გარეშე შეუძლებელია ელექტროენერჯის გადაცემა ელექტროდენის წყაროდან დიდ მანძილზე. რაც უფრო უკეთესად ატარებს ლითონი დენს, იმდენად უფრო მცირეა ელექტროენერჯის დანაკარგიც სადგურიდან მომხმარებლამდე. მართალია, ელექტროგამტარობის უნარი ყველა ლითონისათვის სხვადასხვაგვარია, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, მათ გააჩნიათ საერთო დამახასიათებელი თვისებაც, მაგალითად, ყველა ლითონის ელექტროგამტარობა სწრაფად კლებულობს ტემპერატურის ზრდასთან დაკავშირებით.

აღსანიშნავია ისიც, რომ დასახელებულ თვისებებს ლითონები კარგად ამჟღავნებენ მყარ მდგომარეობაში, უფრო სუსტად თხევადში, ხოლო ორთქლისებრ მდგომარეობაში ისინი არ განსხვავდებიან სხვა ორთქლისა და გაზებისაგან,

მაგალითად, ვერცხლისწყლის ორთქლი ისეთივე გამჭვირვალეა, როგორც ჩვეულებრივი ორთქლი.

კუთრი წონის მიხედვით ლითონები იყოფა ორ ჯგუფად: მსუბუქ და მძიმე ლითონებად. მსუბუქ ლითონთა ჯგუფში გაერთიანებულია ის ლითონები, რომელთა კუთრი წონა ხუთზე ნაკლებია, ხოლო მძიმე ლითონთა ჯგუფში ლითონები, რომელთა კუთრი წონა ხუთზე მეტია. მსუბუქი ლითონების დიდი უმრავლესობა ადვილდნობადია.

ლითონთა ატომების დიდ უმრავლესობას გარე შრეზე აქვს ერთიდან სამი ელექტრონი, ამის გამო მათთვის უფრო დამახასიათებელია ელექტრონების გაცემის უნარი, ვიდრე შემოერთებისა. ატომი, რომელიც ელექტრონებს გასცემს, როგორც წესი, დაიმუხტება დადებითად, ხოლო ატომი, რომელიც ელექტრონებს იერთებს, დაიმუხტება უარყოფითად. დადებითად და უარყოფითად დამუხტვის მიზეზი, ცხადია, ატომის ელექტრონიტრალობის დარღვევით აიხსნება.

ლითონთა ქიმიური თვისებების არსი მდგომარეობს ელექტრონების გაცემაში და მასთან დამაკავშირებელ ხსნადობასა და კოროზიამედეგობაში.

#### 4. ლითონების მექანიკური თვისებები

ლითონების დამახასიათებელ თვისებათა კომპლექსი განაპირობებს ტექნიკისათვის ისეთ მნიშვნელოვან მექანიკურ თვისებებს, როგორიცაა მედეგობა, პლასტიკურობა, დრეკადობა, სისალე, სიბლანტე.

მედეგობაში იგულისხმება ლითონის ისეთი თვისება, როდესაც იგი წინააღმდეგობას უწევს გარე ძალებს ისე, რომ არ ირღვევა.

პლასტიკურობა ნიშნავს ისეთ თვისებას, როდესაც იგი გარე ძალების მოქმედების შედეგად განიცდის რა დეფორმაციას, მიღებულ ახალ ფორმას ინარჩუნებს ამ ძალების მოქმედების შეწყვეტის შემდეგაც.

დრეკადობა ლითონის ისეთი უნარია, როდესაც იგი გარე ძალების მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ კვლავ აღიდგენს თავის პირვანდელ ფორმას. ამრიგად, დრეკადობა პლასტიკურობის საწინააღმდეგო მოვლენაა.

სისალე ისეთი თვისებაა ლითონისა, როდესაც იგი წინააღმდეგობას უწევს მასზე მეტი სისალის მქონე სხეულის შეღწევადობას; ლითონის სიბლანტე სიმყიფის საწინააღმდეგო თვისებაა.

გარდა ზემოთ დასახელებული თვისებებისა, ლითონთათვის დამახასიათებელია აგრეთვე ტექნოლოგიური თვისებები: შეწრთობადობა, ჭედადობა, თხელდენადობა, შედუღებადობა, ჭრით დამუშავება და სხვ. ტექნოლოგიურ თვისებებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ამა თუ იმ ტექნოლოგიური ოპერაციების წარმოებისას.



ლითონთა ყველა ფიზიკურ თვისებას საფუძვლად უდევს შინაგანი აღნაგობა.

## 5. შენადნობების ზოგადი დახასიათება

შენადნობები ეწოდება ისეთ რთულ ნივთიერებებს, რომლებიც წარმოქმნილი არიან მაღალი ტემპერატურის პირობებში, შედარებით უფრო მარტივი კომპონენტების შერწყმით. ცნება შენადნობის შესახებ შედარებით უფრო ფართო მნიშვნელობის გახდა, რადგან ახლა შენადნობებს ღებულობენ არა მარტო რომელიმე ნივთიერების შედნობის გზით, არამედ სხვადასხვა გზითაც, მაგალითად ფხვნილების შეცხობით, ელექტროლიზით და ა.შ. რა გზითაც არ უნდა მივიღოთ ესა თუ ის შენადნობი, მას საფუძვლად კომპონენტების დიფუზიის პროცესი უდევს, რომლის გარეშე შენადნობები არ წარმოიქმნება. ტექნიკაში მთავარი დანიშნულება შენადნობებს აქვთ. ეს იმით არის გამოწვეული, რომ მათ გააჩნიათ ყველა ის თვისება, რაც აუცილებელია მათგან დამზადებული ნაკეთობის ექსპლუატაციისათვის.

შენადნობი თავისი წარმოშობით ორგვარია: ლითონური და არალითონური (მაგ. მინა). შენადნობი წარმოადგენს ისეთ სისტემას, რომელიც შედგება ორი ან ორზე მეტი კომპონენტისაგან. კომპონენტებად შეიძლება იყოს როგორც ლითონები, ისე არალითონები. შენადნობებში დაშვებულია შედიოდეს აგრეთვე ჟანგეულები, მარილები და სხვა ნაერთები. მიუხედავად იმისა, რომ შენადნობებს დიდი ხანია იყენებს ადამიანი, მის ფიზიკურ და ქიმიურ არსს XIX საუკუნის მიწურულამდე კარგად არ იცნობდნენ. ცალკეული რეცეპტები შენადნობების მიღებისა საიდუმლოდ გადადიოდა შთამომავლობიდან შთამომავლობაზე.

ტექნიკისა და ტექნიკური პროცესების განვითარება მოითხოვს რაც შეიძლება მაღალხარისხოვანი შენადნობების მიღებას იაფი მასალების ბაზაზე. განსაკუთრებით ის ელემენტები, რომლებიც მალეგირებელია, დეფიციტურ ნივთიერებებს წარმოადგენენ. უჟანგავი ფოლადის ნაირგვარ შენადნობებში მალეგირებელ ელემენტთა შორის ყველაზე ფართოდ ცნობილია ნიკელი, მაგრამ უკანასკნელის გამოყენება, დეფიციტურობის გამო, საგრძნობლად შეზღუდულია. ანალოგიურ მდგომარეობას აქვს ადგილი ზოგიერთი სხვა ელემენტის მიმართაც. ჩვენში ტარდებოდა ცდები, რომლებიც მიმართული იყო იქითკენ, რათა გამოენახათ ისეთი გზები, რომელთა საშუალებითაც შესაძლო იქნებოდა დეფიციტური ნივთიერებების შეცვლა უფრო იაფი, ადვილად ხელმისაწვდომი და ნიკელის თანაბარი თვისებების მქონე ელემენტებით. ასეთი ელემენტიც მალე იქნა აღმოჩენილი. ეს არის მანგანუმი, რომელიც ქრომთან, აზოტთან და სხვა ელემენტებთან ერთად შენადნობს ანიჭებს კოროზიამდეგობის დაახლოებით ისეთსავე უნარს, როგორც ნიკელი. ანალოგიური

მუშაობა ჩატარებულ იქნა უცხოეთშიც, სადაც გამოჩნდა ახალი სხვადასხვა მარკის ფოლადი, რომელშიც ნიკელი შეცვლილია მანგანუმით.

ყველა ლითონს აქვს თავისი საკუთარი ლღობის ტემპერატურა. გამდნარ მდგომარეობაში ისინი ერთიმეორეში იხსნებიან. ხსნადობა ნებისმიერი პროპორციით ხდება ისე, როგორც, მაგალითად, წყალსა და სპირტში, მაგრამ ყველა ლითონი გამდნარ მდგომარეობაში ერთმანეთში ასე როდი იხსნება. ავილოთ, მაგალითად, გამდნარი თუთია და ტყვია, დაწდომის დროს ნათლად შევამჩნევთ ორი შრის წარმოქმნას – ქვედა შრე ეს ტყვიის შრეა, ხოლო ზედა თუთიისა. ასეთი განლაგება სრულიად ბუნებრივია, რადგან, როდესაც მათ შორის ქიმიურ ურთიერთობას პრაქტიკულად ადგილი არ აქვს, მაშინ შერევა მექანიკური ხასიათისაა. რადგან ასეა, ბუნებრივია, რომ ტყვია, როგორც უფრო მძიმე, ქვევით რჩება. როდესაც ლაპარაკია აღნიშნული შრეების შესახებ, ეს ისე არ უნდა გავიგოთ, თითქოს ისინი მკვეთრად გაყოფილია ერთმანეთისაგან. შესწავლამ ნათელჰყო ის ფაქტი, რომ შრეთა შორის ურთიერთკავშირი განხორციელებულია ე.წ. „დიფუზიური ფესვებით“. ეს იმას ნიშნავს, რომ ტყვიის შრეში შეჭრილია მცირე რაოდენობით თუთია, ხოლო თუთიის შრეში ტყვიის გარკვეული რაოდენობა. ასეთ შემთხვევაში, ბუნებრივია, პრაქტიკულად ლითონთა ქიმიურ ურთიერთობასთან არ გვაქვს საქმე, მაგრამ სულ სხვაა მდგომარეობა, როდესაც სხვადასხვა ლითონი ერთმანეთს უერთდება ქიმიურად და ეს შეერთება გამოიხატება სათანადო თბური ეფექტით, ასე მაგალითად, თუ გამლღვალ სპილენძში მოვათავსებთ ალუმინს, გამოიყოფა დიდძალი სითბო.

ამრიგად, შენადნობების მაღალი ტექნიკური თვისებები, ძირითადად ლითონთან შედარებით, აიხსნება იმ ფიზიკური და ქიმიური ურთიერთობით ლითონთა შორის, რომელსაც ადგილი აქვს მაღალი ტემპერატურისა და გამყარების პირობებში. შენადნობების სპეციფიკურობა, გარდა ტემპერატურის ცვალებადობისა, დაკავშირებულია, თვით კომპონენტების რაობაზე, მათ რაოდენობრივ ფარდობაზე და თვით შენადნობის ტექნოლოგიურ პროცესებზე. წარმოშობის ამგვარი თავისებურების გამო ყველა ტექნიკური შენადნობი სუფთა ლითონთან შედარებით ორი საერთო გარემოებით გამოირჩევა – მექანიკური მედეგობით და ანტიკოროზიული თვისებებით.

გარდა ძნელდნობადი შენადნობებისა, ცნობილია, აგრეთვე ადვილდნობადიც. ადვილდნობადობას ხელს უწყობს განსაკუთრებით ბისმუტი. ყველაზე ადვილდნობადი შენადნობი შედგება ბისმუტისაგან, ტყვიისაგან, კალისა და კადმიუმისაგან – ბისმუტის შემცველობის უპირატესობით. საერთოდ, შენადნობის დნობის ტემპერატურა დამოკიდებულია შენადნობის შემცველი ელემენტების რაობაზე და რაოდენობით მხარეზე.

## 6. რკინა-ნახშირბადის შენადნობები

რკინა-ნახშირბადის შენადნობების–თუჯისა და ფოლადის წარმოება სახალხო მეურნეობის განვითარების ერთ-ერთი ძლიერი და წამყვანი დარგია. მანქანათმშენებლობა, რომელიც მძიმე ინდუსტრიის საყრდენია, იყენებს თუჯსა და ფოლადს, როგორც ძირითად საკონსტრუქციო მასალებს; ხოლო ქიმიურად სუფთა რკინას ამ მიმართულებით გამოყენება არა აქვს, რადგან იგი მისი თვისებების გამო ვერ აკმაყოფილებს შესაბამის მოთხოვნებს.

ბრძოლა ფოლადისა და თუჯის კოროზიის წინააღმდეგ იმავე დროს ნიშნავს ბრძოლას მძიმე ინდუსტრიის ზრდისა და აღმავლობისათვის. შავი ლითონების დაყოფა ფოლადად და თუჯად არსებითად დაკავშირებულია ნახშირბადის პროცენტულ შემცველობასთან. თუჯსა და ფოლადს ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით უმატებენ (ალეგირებენ) ამა თუ იმ რაოდენობით ელემენტებს, როგორცაა სილიციუმი, მოლიბდენი, ქრომი, ნიკელი, ვანადიუმი და სხვ.

ა) თ უ ჯ ი. რკინის მადნებიდან უშუალოდ რკინისა და ფოლადის მიღება არ ხდება. ჯერ, როგორც წესი, მიიღებენ თუჯს და შემდეგ გადაამუშავებენ მას სხვადასხვა ხარისხის ფოლადად. თუჯი რკინის შენადნობია ნახშირბადთან, რომელშიც ამ უკანასკნელის შემცველობა 2%-ზე მეტია. თუჯის მიღება წარმოებს საამისოდ განკუთვნილ მეტალურგიულ ღუმელებში, რომელთაც ბრძმელები ეწოდება, საბრძმედე წარმოების ამოცანა იმაში მდგომარეობს, რომ გამოადნოს თუჯი რკინის მადნებიდან სხვა დამხმარე ნივთიერებათა გამოყენების გზით. თუჯი ბრძმედიური პროცესის საბოლოო პროდუქტია, იგი არის შავი ლითონისაგან დამზადებული ყველა ნაკეთობის საწყისი მასალა.

თანამედროვე ტექნიკის პირობებში თუჯის მიღება გაცილებით გაადვილებულია. ამ გარემოებამ უზრუნველყო როგორც თუჯის გამოდნობის მასშტაბის გაფართოება, ისე ხარისხიც. თუჯის ხარისხი ბევრად არის დამოკიდებული როგორც ტექნოლოგიურ პროცესებზე, ისე თვით მადანზედაც. მადანი ის ბუნებრივი მინერალური ნედლეულია, რომელიც შეიცავს სამრეწველო თვალსაზრისით ხელსაყრელი რაოდენობის ლითონს ან მის ნაერთებს. თუჯის მისაღებად ბრძმელებში აუცილებელია სამი ძირითადი მასალა - თვით რკინის მადანი, სათბობი და ფლუსი. დედამიწის ქერქი 5,1% რკინას შეიცავს სხვადასხვა ქიმიური ნაერთების სახით. რკინით ყველაზე მდიდარია მაგნეტიტი; აქ რკინის შემცველობა მერყეობს 50-დან 72%-მდე.

თუჯის გამოდნობისათვის აუცილებელია სათბობი. სათბობის ხასიათზე ბევრადაა დამოკიდებული თვით თუჯის ხარისხიც. სათბობი უნდა იყოს რაც შეიძლება თბოუნარიანი, ხასიათდებოდეს მცირე ნაცრიანობით, გოგირდის შემცველობა უნდა იყოს რაც შეიძლება მინიმალური, რადგან ეს უკანასკნელი გადადის რა

თუჯში, აუარესებს მის თვისებებს. ფუჭი ქანებისა და სათბობის ნაცრის ჩამოსაცილებლად ბრძმედებში შეაქვთ ფლუსი, ეს კი ისეთი ნივთიერებაა, რომელიც ფუჭ ქანებთან და სათბობის ნაერთთან ერთად იძლევა ადვილდნობად ქიმიურ ნაერთებს, რომლებიც გამოდნობის დროს წარმოქმნიან წიდას.

ლითონს, რომელიც უფრო ნაკლებად შეიცავს ნახშირბადს, ეწოდება ჭედადი რკინა. თუჯი სალი და მყიფეა. ბევრი მათგანი არ ექვემდებარება ჭედვას ან გლინვას. მას იყენებენ, უმთავრესად, სხვადასხვა მძიმე მანქანების ნაწილების ჩამოსასხმელად. ფოლადი სალია და იმავე დროს პლასტიკური, ამიტომ მას იყენებენ ყველა კონსტრუქციისათვის და გარკვეული დეტალებისათვის. ჭედადი რკინისაგან ამზადებენ სახურავ თუნუქს, მავთულებს, ლურსმნებს და ა.შ.

**ბ) ფოლადი** რკინის შენადნობია, რომელიც 2%-მდე ნახშირბადს შეიცავს. მისი მექანიკური თვისებები ბევრად არის დამოკიდებული მისივე სტრუქტურასა და შედგენილობაზე. ფოლადს რომ მიანიჭონ სათანადო სტრუქტურა, ამისათვის მიმართავენ მის წრთობას თერმული წესით, რომლის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ გარკვეულ პირობებში ახდენენ ფოლადის გახურებას მაღალ ტემპერატურაზე და შემდეგ მის სწრაფად გაცივებას. ამგვარი დამუშავების შედეგად ფოლადი იძენს სისალეს, მაგრამ ამასთან სიმყიფესაც. აღსანიშნავია, რომ გაცივების სისწრაფეს წრთობის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს. ავიღოთ ერთი და იმავე ფოლადისაგან დამზადებული ორი დანა. ორივე გავახუროთ ერთსა და იმავე ტემპერატურაზე გარკვეული დროის განმავლობაში, შემდეგ ერთი მათგანი სწრაფად გავაცივოთ, ხოლო მეორე თანდათანობით. ვნახავთ, რომ პირველი იქნება მეტი სისალის და ბასრი, ხოლო მეორე უფრო პლასტიკური, მაგრამ ბლავგი. ტემპერატურის რეგულირების შესაბამისად შეგვიძლია მივიღოთ სათანადო სისალის მქონე ფოლადი. წრთობის პროცესი საკმაოდ რთულია და იგი დაკავშირებულია გარკვეულ შინაგან ცვლილებებთან.

თუჯსა და ფოლადს საკმაო კოროზიული მედეგობა არ გააჩნია, იმის გამო, რომ ისინი არაერთგვაროვანსისტემებს წარმოადგენენ და ამდენად ელექტროლიტის არეში ყოველთვის კოროზიას განიცდიან დენის აღძვრის გამო. მათ სისტემაში სამი ძირითადი შემადგენელი ნივთიერებაა: ფერიტი, ცემენტიტი და გრაფიტი. სამივეს სხვადასხვა ელექტროდული პოტენციალი გააჩნია. ყველაზე დაბალი (-0,44 ვ) პოტენციალი აქვს ფერიტს, ყველაზე მაღალი (+0,37ვ) გრაფიტს, ასეთი შედგენილობისას ელექტროლიტთან შეხების დროს კოროზია სწრაფად წარიმართება, მით უმეტეს, რომ პოტენციალთა შორის სხვაობა საკმაოდ დიდია. ცემენტიტი და გრაფიტი იქცევა კათოდად, ხოლო ფერიტი – ანოდად. რკინა-ნახშირბადის შენადნობები ქიმიურადაც არ არიან ერთგვაროვანი; ისინი, გარდა ნახშირბადისა, ყოველთვის შეიცავენ სილიციუმს, გოგირდს, ფოსფორს.

გ) ლ ე გ ი რ ე ბ უ ლ ი ფ ო ლ ა დ ი. ტექნიკის განვითარების აუცილებლობამ დღის წესრიგში დააყენა ნაირგვარი დანიშნულებისა და, ამასთან დაკავშირებით, შესაბამისი თვისებების მქონე ფოლადის მიღების საკითხი. საამისოდ გამოყენებულ იქნა ორი ძირითადი საშუალება: ფოლადის თერმული დამუშავება და ლეგირება, რომლებიც იძლევა თვისებათა ფართო დიაპაზონის სრულ შესაძლებლობას. ორივე საშუალება ლითონთა დამუშავებაში ძველთაგანვე ცნობილი იყო, მაგრამ მას ჰქონდა მხოლოდ პრიმიტიული, ხელოსნური ხასიათი და არა მეცნიერული. ლითონის თერმული დამუშავება, რაც გახურებისა და გაცივების პროცესების მთლიანობას წარმოადგენს, იწვევს ლითონის სტრუქტურის ცვლილებას. განსაკუთრებით თვისებათა მრავალგვარობას იწვევს ფოლადში მალეგირებელი ელემენტების შეტანა. ლეგირებული ფოლადი, საერთოდ ისეთ ფოლადს ეწოდება, რომელიც გარდა მის მიღებასთან დაკავშირებული აუცილებელი ელემენტებისა, შეიცავს მალეგირებელ ელემენტებს. ასეთ ელემენტებად ფოლადისა და თუჯისათვის ცნობილია სპილენძი, ქრომი, მოლიბდენი, ნიკელი, მანგანუმი, სილიციუმი, ვანადიუმი, ვოლფრამი, ალუმინი, ნიობიუმი, კობალტი, ტიტანი, ბორი, მაგნიუმი და სხვ. თითოეულ დასახელებულ ელემენტს აქვს სპეციალური დანიშნულება ფოლადის თვისებათა კომპლექსში. ფოლადი ლეგირების შემდეგ იძენს ტექნიკისათვის მეტად აუცილებელ თვისებებს, როგორცაა სისალე, დრეკადობა, მხურვალმედევობა, ანტიკოროზიული თვისებები და სხვ.

იმის მიხედვით, თუ როგორია მალეგირებელი კომპონენტების პროცენტული შემცველობა, არჩევენ მცირედ ლეგირებულ, საშუალოდ ლეგირებულ და უხვად ლეგირებულ ფოლადს. თუ ფოლადში მალეგირებელი ელემენტები საერთო ჯამში 3–5%-მდეა, ასეთ ფოლადს მცირედ ლეგირებულს უწოდებენ, 5–10%-მდე—საშუალოდ ლეგირებულს, ხოლო 10 და 20%-ზე ზევით —უხვად ლეგირებულს.

დანიშნულების მიხედვით ფოლადი უამრავია, მათ შორის გამოყოფენ 4 ძირითად კლასს: 1. სამშენებლოს, 2. მანქანათსაშენს, 3. საინსტრუმენტოს და 4. ფოლადს—განსაკუთრებული ფიზიკური და ქიმიური თვისებების მქონეს. თითოეული მათგანი ხასიათდება შემცველი კომპონენტების რაობითი და რაოდენობითი სპეციფიკურობით. სამშენებლო ფოლადს, როგორც თვით სახელწოდებიდან ჩანს, გამოყენება აქვს სამშენებლო საქმეში, მაგალითად კოჭებისათვის, გემებისა და ვაგონების კორპუსებისათვის, კარკასებისათვის, რელსებისა და სხვა სამშენებლო მასალებისათვის. ასეთი ფოლადი, თავის მხრივ, სამ ჯგუფად იყოფა: რბილი ფოლადი (სხვაგვარად მას ტექნიკურ რკინას უწოდებენ), რომლისგანაც ამზადებენ ლურსმნებს, ქანჩებს, ჭანჭიკებს, საქვაბე ფურცლებს, მავთულებს. სამშენებლო ფოლადში ნახშირბადის რაოდენობა მერყეობს 0,01-0,65%-ის ფარგლებში. რამდენადაც მცირეა ნახშირბადის პროცენტული შემცველობა, იმდენად უფრო რბილი და პლასტიკურია ფოლადი. მაგალითად, რბილ ფოლადში

ნახშირბადის შემცველობა 0,01-0,25%-ის ტოლია, რაც შეეხება ისეთ ფოლადს, რომელშიც ნახშირბადის პროცენტული შემცველობა 0,5–0,56%-ს უდრის, გამოიყენება რელსებისათვის, ზამბარებისათვის. მანქანათსამშენებლო ფოლადი გამოყენებულია მანქანის დეტალებისა და მექანიზმებისათვის, კბილანებისათვის, ლილვებისათვის და სხვ. ასეთი ფოლადი საშუალო სისალით ხასიათდება და, საერთოდ, სხვადასხვა ხარისხის ფოლადთა შორის იგი ყველაზე ფართოდ გამოყენებული ფოლადია. ნახშირბადის პროცენტული შემცველობა მერყეობს 0,3–0,45%-ს შორის. საინსტრუმენტო ფოლადი თავისი შედგენილობით გამოირჩევა სხვა დანიშნულების ფოლადისაგან. მას უნდა ახასიათებდეს დიდი სისალე, ამის გამო ასეთი ფოლადის შედგენილობაში ყოველთვის შედის ლითონთა შორის ყველაზე ძნელდნობადი ვოლფრამი.

**დ) უჟანგავი თუჯი და ფოლადი.** უჟანგავი ფოლადი, არაღამჟანგავი მჟავების (მარილმჟავა, გოგორდმჟავა) სუსტ ხსნარებში ვერ იჩენს ანტიკოროზიულ თვისებებს, რადგან ამ დროს არ იქმნება ხელსაყრელი პირობები ქრომის პასივაციისათვის – სათანადო დამცავი ფურჩის წარმოქმნისათვის. მაგრამ სულ სხვა მდგომარეობაა უჟანგავი თუჯის მიმართ, მაგალითად, თუ ავიღებთ ზოგიერთი მარკის უჟანგავ თუჯს, სახელდობრ, აუსტენიტურ თუჯს, რომელიც ლეგირებულია ნიკელით, იგი არ განიცდის კოროზიას, არც მარილმჟავაში და არც განზავებულ გოგორდმჟავაში ოთახის ტემპერატურაზე. აუსტენიტური თუჯი, გარდა ნიკელისა, შეიძლება შეიცავდეს ქრომს, ალუმინს, სპილენძს და სხვა ლითონებს, იმის მიხედვით თუ რა პირობებისთვისაა გათვალისწინებული ესა თუ ის შენადნობი. უჟანგავი თუჯი შეგვიძლია მივიღოთ როგორც უშუალოდ, ისე ჩვეულებრივ თუჯში სხვადასხვა ლითონების შეტანით, როგორცაა ნიკელი, ქრომი, მოლიბდენი და რიგი სხვა ელემენტები. უჟანგავი თუჯი იმით განსხვავდება ჩვეულებრივი თუჯისაგან, რომ გაცილებით მეტია მისი ანტიკოროზიული თვისებები, კარგად ჯდება ყალიბებში.

ტექნიკის განვითარების კვალდაკვალ, რიგი ახალ-ახალი ტექნოლოგიური პროცესების დანერგვასთან დაკავშირებით, აუცილებელი ხდება სხვადასხვა მარკის შენადნობების დამზადება, პირველ რიგში თავისი მნიშვნელობით გამოირჩევა ფოლადი და თუჯი. ამჟამად ათასზე მეტი სხვადასხვა მარკის ფოლადია ცნობილი. უჟანგავი ფოლადი ცნობილი გახდა ბოლო ხანებში არა მარტო ტექნიკისათვის, არამედ საყოფაცხოვრებო ნივთების წარმოებაშიც. უჟანგავი ფოლადი ეწოდება ისეთ ფოლადს, რომელიც მედეგობას იჩენს აგრესიული არეების მიმართ. უჟანგავი თუჯი და ფოლადი არსებითად წარმოადგენს რკინის შენადნობს ნახშირბადთან და ქრომთან ერთად. მაგრამ მარტო ამ ელემენტების თანაარსებობით არ განისაზღვრება უჟანგავი ფოლადის ყველა მარკა. ხშირ შემთხვევაში უჟანგავ ფოლადში შეაქვთ ნიკელი, მოლიბდენი, ვანადიუმი, სპილენძი, ალუმინი, ვოლფრამი, ტიტანი და სხვ.

ეს ელემენტები კიდევ უფრო მაღლა სწევენ უჟანგავი ფოლადის ხარისხს როგორც ანტიკოროზიული თვისებებით, ისე ტექნოლოგიური თვისებებითაც.

**ე) ქ რ ო მ ი ა ნ ი ფ ო ლ ა დ ი.** ქრომიანი ფოლადი ნახშირბადისა და ქრომის სხვადასხვა შემცველობის მიხედვით სხვადასხვაა. ფოლადის ანტიკოროზიულ თვისებებში დიდია ქრომის როლი. იგი დიდ გავლენას ახდენს რკინის ელექტროდულ პოტენციალზე, და აგრეთვე მის ანტიკოროზიულ თვისებებზე. თუ ფოლადი შეიცავს 1– 3% ქრომს, ასეთ პირობებში მისი ანტიკოროზიული თვისებები შედარებით მცირეა, ხოლო 3–5%-მდე ჩვეულებრივ რკინა-ნახშირბადიან ფოლადებთან შედარებით, ანტიკოროზიული თვისებები მარტივად ხსნარებში იზრდება ორჯერ, ნავთობში და გოგირდიან ხსნარებში 3–10-ჯერ. ქრომიანი ფოლადის მედეგობა დამუხანგავ არეებში დაკავშირებულია დამცავი ფურჩის წარმოქმნასთან.

ქრომიანი ფოლადი გამოყენებულია აუზების, საცავების, ცისტერნების დასამზადებლად. მას ფართოდ იყენებენ ქიმიურ მრეწველობაში სხვადასხვა აპარატისათვის. ცნობილია უჟანგავი ფოლადის სპეციალური მარკები, გარდა სხვადასხვა ხარისხის ქრომიანი ფოლადისა, ცნობილია ნიკელიანი და ქრომნიკელიანი ფოლადი, ქრომნიკელმოლიბდენიანი ფოლადი, ქრომნიკელმანგანუმიანი ფოლადი, მხურვალმედეგი ფოლადი და ა.შ. ქრომნიკელიან ფოლადს ახასიათებს საუკეთესო მექანიკური და ტექნოლოგიური თვისებები. ნიკელის შემცველობა ბევრად აუმჯობესებს ფოლადის პლასტიკურობას, ანიჭებს წვრილმარცვლოვან სტრუქტურას. თუ ქრომნიკელიან ფოლადში შევიტანთ მოლიბდენს, ამით მივაღწევთ მის ქიმიურ მედეგობას რიგ აგრესიულ არეთა მიმართ. როგორც შესწავლამ ნათელჰყო, მოლიბდენს ახასიათებს პასიურობა, როგორც დამუხანგავ, ისე აღმდგენ არეებშიც; ამით იგი აშკარად განსხვავდება ქრომისაგან.

## 7. ფოლადის შემადგენელი ელემენტების გავლენა კოროზიაზე

რკინისა და მისი შენადნობების კოროზიის სიჩქარე დამოკიდებულია როგორც გარემო პირობებზე, ისე თვით შენადნობის შედგენილობაზე. საერთოდ, რაც უფრო ერთგვაროვანია შენადნობი, იმდენად მაღალია მისი როგორც მექანიკური, ისე ანტიკოროზიული თვისებები, მაგრამ პრაქტიკაში შენადნობის ერთგვაროვნების აბსოლუტურად დაცვა არ ხერხდება. ზოგიერთი ელემენტი გვხვდება არა ქიმიური ნაერთის სახით შენადნობში, არამედ მინარევის სახით. ავიღოთ ტექნიკური რკინა. მასში ყოველთვის არის მინარევის სახით ნახშირბადი, სილიციუმი, მანგანუმი, გოგირდი, ფოსფორი და ზოგჯერ სპილენძი, ქრომი და ნიკელი. ანალოგიურ მდგომარეობას აქვს ადგილი ნახშირბადოვან ფოლადშიც,

მაგრამ აქ ნახშირბადი რკინასთან ქიმიურ ურთიერთობაშია და მინარევს არ წარმოადგენს.

განვიხილოთ ფოლადის შემცველი ცალკეული ელემენტის გავლენა კოროზიაზე.

**ნ ა ხ შ ი რ ბ ა დ ი** უმნიშვნელო გავლენას ახდენს კოროზიის სიჩქარეზე ატმოსფერულ პირობებში და ნეიტრალურ ხსნარებში. ზოგიერთი ავტორი ფიქრობდა, რომ ნახშირბადის ჭარბი შემცველობა თითქოს აძლიერებდა კოროზიის სიჩქარეს, ატმოსფეროსა და წყლის არეში, მაგრამ როგორც შესწავლამ ნათელყო, პირიქით, ადგილი აქვს კოროზიის სიჩქარის შენელებას.

**მ ა ნ გ ა ნ უ მ ი** ფოლადში შედის ჩვეულებრივ 0,3–0,8%. პრაქტიკულად იგი თითქმის არ მოქმედებს ფოლადის კოროზიულ მედეგობაზე. დაბალი ელექტროდული პოტენციალის გამო რკინა მანგანუმთან ერთად ქმნის მყარ ხსნარებს, მანგანუმი აძლიერებს ფოლადის მედეგობას, შეწრთობადობას, აჩქარებს ცემენტაციის პროცესს და ხელს უწყობს მის თანაბრობას სხმულის მასაში. მანგანუმი აუმჯობესებს შენადნობების მექანიკურ თვისებებს.

**ს ი ლ ი ც ი უ მ ი** რკინასთან ერთად ქმნის მყარ ხსნარებს, მისი რაოდენობა ფოლადში 0,3%-მდეა, ხოლო თუჯში 1–2%-მდე. თუჯში სილიციუმი ხელს უწყობს ცემენტიტის დაშლას გრაფიტის გამოყოფით. თუ ფოლადში სილიციუმი 1%-ზე მეტია, მისი ანტიკოროზიული თვისებები კი არ უმჯობესდება არადაძვანგავ მჟავათა ხსნარებში, არამედ რამდენადმე უარესდება. სილიციუმის შემცველობა ფოლადსა და თუჯში ნახშირბადთან ერთად დადებით გავლენას ახდენს მხურვალმედეგობაზე.

**გ ო გ ი რ დ ი** ასუსტებს ფოლადის კოროზიულ მედეგობას, იგი წარმოქმნის სულფიდებს, რომელთა გამოყოფა ხდება ცალკეული ფაზების სახით და ამის გამო შენადნობში იქმნება პირობები მიკროგალვანური წყვილების წარმოქმნისათვის. სულფიდები, როგორც ეს ცდებითაა დადასტურებული, წარმოადგენენ კათოდურ უბნებს, ესენი კი ელექტროლიტის არეში იწვევენ ძირითადი ლითონის გაძლიერებულ კოროზიას. გარდა ამისა, გამოირკვა, რომ ისინი ხელს უწყობენ კრისტალთშორისი კოროზიის განვითარებას ფოლადში.

**ფ ო ს ფ ო რ ი ს** რაოდენობა ფოლადში საერთოდ არ უნდა აღემატებოდეს 0,05%-ს, ხოლო თუჯში 0,5%-ს. რაც უფრო მეტია ფოსფორის შემცველობა ფოლადსა და თუჯში, იმდენად მეტია ამ შენადნობების სიმყიფე. ეს ცხადია შენადნობის მიმართ ფოსფორის უარყოფით გავლენაზე ლაპარაკობს, მაგრამ იმავე ფოსფორს აქვს დადებითი მნიშვნელობაც. სახელდობრ, ის რამდენადმე აძლიერებს ფოლადის კოროზიულ მედეგობას. როგორც შესწავლამ ნათელყო, ფოსფორის მიზეზით გამოწვეული სიმყიფის მინიმუმამდე დაყვანა შეიძლება, თუ ფოლადში შედის



სპილენძი და ქრომი. ასეთ პირობებში ანტიკოროზიული თვისებებიც მეტი აქვს ფოლადს.

სპილენძი დიდად უწყობს ხელს სამშენებლო ფოლადის ანტიკოროზიული თვისებების გაძლიერებას, მისი მცირე რაოდენობაც კი (0,2–1%) საკმარისია, რომ ფოლადისა და თუჯის კოროზიული მედეგობა ატმოსფეროს პირობებში და ზოგიერთ ორგანულ მჟავათა ხსნარში შესამჩნევად გაიზარდოს, რაც მიეწერება ლითონის ზედაპირზე დამცავი ფურჩის შედგენილობისა და სტრუქტურის ცვლილებას. სპილენძიანი ფოლადი და თუჯი გამოყენებულია მეტწილად ისეთ მოწყობილობათა დასამზადებლად, რომელთა ექსპლუატაცია გამიზნულია იმგვარი ატმოსფეროს პირობებში, რომელიც შეიცავს საკმაო რაოდენობით ნახშირორჟანგსა და გოგირდოვან გაზს.

ქრომი მცირე რაოდენობით აუმჯობესებს კოროზიის მედეგობას, უმჯობესია, თუ ერთდროულად შეიტანენ ქრომს სპილენძთან ერთად. თუ ქრომის რაოდენობა ფოლადში 12–14%-ია, ასეთ ფოლადს უჟანგავი ეწოდება. ქრომის თანაარსებობის პირობებში სხმულის მასა თანაბრად სალი ხდება. ქრომი ფოლადს ანიჭებს დაჟანგვისადმი დიდი წინაღობის უნარს, ამის გამო იგი შეაქვთ ხენჯმედეგი და მხურვალმედეგი ფოლადების შედგენილობაში.

ნიკელი მცირე რაოდენობით თითქმის არ მოქმედებს ფოლადის კოროზიულ მედეგობაზე ატმოსფეროს პირობებში. აღსანიშნავია, რომ მისი შემცველობის გადიდებით იზრდება ფოლადის მედეგობა ტუტეების მიმართ. მართალია ნიკელი არ აძლიერებს ფოლადის ხენჯმედეგობას, მაგრამ დიდად უწყობს ხელს მხურვალმედეგობის უნარის გაზრდას.

ვოლფრამი აძლიერებს ფოლადის სისალეს, რაც მიეწერება რთული კარბიდების წარმოქმნას. ასეთი ფოლადი გამოყენებულია საინსტრუმენტო ფოლადად, კერძოდ, საჭრისებისათვის.

## 8. მხურვალმედეგი და მხურვალმტკიცე შენადნობები

თანამედროვე ტექნიკის პირობებში ლითონებს, გარდა საყოველთაოდ ცნობილი მექანიკური თვისებებისა, უნდა გააჩნდეს მხურვალმედეგობისა და მხურვალსიმტკიცის თვისებები. მხურვალმედეგობა, ანუ სხვაგვარად მხურვალგამძლეობა, ეს ისეთი თვისებაა შენადნობისა, როდესაც მაღალი ტემპერატურის პირობებში მის ზედაპირზე პრაქტიკულად ადგილი არა აქვს ხენჯის წარმოქმნას, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ გაზობრივი კოროზიის მიმართ იგი მედეგია. რაც შეეხება შენადნობის მხურვალსიმტკიცის უნარს, ეს მედეგობის ისეთი თვისებაა, როდესაც იგი მაღალი ტემპერატურის პირობებში ინარჩუნებს თავის მექანიკურ სიმტკიცეს, ზომას და ფორმას. შეუძლებელია წარმოვიდგინოთ

რეაქტიული ძრავები, ატომური ენერჯის დანადგარები და ტექნიკის მთელი რიგი უახლესი დარგები მხურვალმედეგი და მხურვალმტკიცე შენადნობების გარეშე. ამჟამად მიღებულია უამრავი სხვადასხვა მარკის ასეთი შენადნობი, თუჯი და ფოლადი.

მხურვალმედეგობისა და მხურვალსიტკიცის უნარი ამა თუ იმ შენადნობისა უშუალოდ დაკავშირებულია ისეთი ელემენტების შემცველობაზე, როგორცაა ქრომი, ნიკელი, ალუმინი და სილიციუმი. მეტწილად მხურვალმედეგობა ნიკელსა და ქრომზეა დამოკიდებული. რაც მეტია ქრომის შემცველობა ფოლადში, იმდენად უფრო მხურვალმედეგია იგი.

## თ ა გ ი II

### უფრადი ლითონების და მათი შენადნობების კოროზია

#### 1. სპილენძი და მისი შენადნობები

არც ერთი ტექნიკური ლითონი არ შეიძლება ქიმიურად სუფთა იყოს. მადნებიდან ლითონის მიღებისას ყოველთვის ადგილი აქვს მინარევების ჩართვას. იმის მიხედვით, თუ რა მინარეებია სპილენძში და რა რაოდენობის, არჩევენ სხვადასხვა მარკის სპილენძს.

სპილენძის თვისებები დაკავშირებულია მინარევებთან, მის მექანიკურ და თერმულ დამუშავებასთან. ლითონის მაღალი მექანიკური და ანტიკოროზიული თვისებები არის განმსაზღვრელი ფაქტორი ტექნიკური ლითონის ხარისხისა. როგორც საერთოდ ყველა ლითონის, ისე სპილენძის კოროზიული მედეგობა მის ქიმიურ სისუფთავეზეა დამოკიდებული. ყველა იმ მინარევიდან, რომლებიც სპილენძს გააჩნია, განსაკუთრებით არასასურველია ბისმუტი, ტყვია, გოგირდი და ჟანგბადი. ეს უკანასკნელი ელემენტი ყველა მარკის სპილენძშია ამა თუ იმ რაოდენობით და მისი თანაარსებობა საგრძნობლად აქვეითებს სპილენძის მექანიკურ და ტექნოლოგიურ თვისებებს, მაგრამ ყველა ელემენტის შემცველობა როდი აუარესებს ლითონის ამა თუ იმ თვისებას; მაგალითად, მცირე რაოდენობით დარიშხანი რამდენადმე მაღლა სწევს სპილენძის კოროზიულ მედეგობას გოგირდმჟავაში. რაც უფრო სუფთაა ქიმიურად სპილენძი, იმდენად უფრო ნაკლები რაოდენობით შეიცავს მინარევებს.

შემჩნეულია, რომ სპილენძის კოროზია უფრო ჩქარია სამრეწველო რაიონებში, ეს გარემოება კი დაკავშირებულია გოგირდიანი ან სხვა აგრესიული გაზების გამოყოფასთან. ასეთი გაზების მოქმედების შედეგად სპილენძის ზედაპირზე წარმოიქმნება კოროზიის პროდუქტების საკმაოდ სქელი ფურჩი, რომელიც ხანგამოშვებით სცილდება მას და გრძელდება კოროზია, რასაც საბოლოოდ ლითონი მიჰყავს სრულ განადგურებამდე. მტკნარ წყალსა და ზღვის წყალში სპილენძი მედეგი ლითონია, მაგრამ თუ ის ზღვის წყლის ძლიერი და ჩქარი მოძრაობის პირობებში მოხვდა, ასეთ შემთხვევაში სპილენძის კოროზია საგრძნობლად იზრდება.

იმის გამო, რომ სპილენძს ახასიათებს სითბოსა და ელექტრობის დიდი გამტარობა და კარგი მექანიკური თვისებები, მრეწველობაში მან ფართო გამოყენება ჰპოვა. ელექტროლიტური სპილენძის დიდი რაოდენობა, დაახლოებით მიღებული სპილენძის 40%, გამოიყენება ელექტროგამტარებისა და კაბელების დასამზადებლად,

სპილენძს ფართო გამოყენება აქვს მრავალი სხვადასხვა შენადნობის მისაღებად; მას იყენებენ ქიმიურ მანქანათმშენებლობაში მაღალი თბოგამტარობის, პლასტიკურობის და ანტიკოროზიული თვისებების გამო, რიგ აგრესიულ არეთა მიმართ. ასე, რომ გამოყენების მასშტაბის მიხედვით სპილენძს ლითონთა შორის პირველი ადგილი უჭირავს რკინის შემდეგ.

**ს ს ი ლ ე ნ ძ ი ს შ ე ნ ა დ ნ ო ბ ე ბ ი.** სპილენძის შენადნობებიდან აღსანიშნავია თითბერი და ბრინჯაო. ეს შენადნობები ფართოდ გამოიყენება ნაირგვარ ნაკეთობათა დასამზადებლად (ქვაბების არმატურა, კონდენსატორები, ქიმიური მანქანათმშენებლობის დეტალები და ა.შ.). სპილენძის შენადნობების სტრუქტურა მეტწილად ერთგვაროვანია, რაც გამოწვეულია იმით, რომ სპილენძი ბევრ კომპონენტთან იძლევა მყარ ჰომოგენურ ხსნარს.

**თ ი თ ბ ე რ ი** –ეს სპილენძის შენადნობია თუთიასთან; მასში თუთია შეიძლება შედიოდეს 10-და 50%-მდე. ბრინჯაო კი ეწოდება სპილენძის შენადნობს კალასთან, ალუმინთან, მანგანუმთან და სხვა ელემენტთან. თუ თითბერში მცირე რაოდენობით შევიტანთ რკინას, კალას, ტყვიას, ალუმინს, ნიკელს, მანგანუმს და სხვა ელემენტებს, ამით შენადნობის მექანიკური და ანტიკოროზიული თვისებები ბევრად გაუმჯობესდება.

მტკნარ და ზღვის წყალში თითბერი განიცდის კოროზიას შედარებით უფრო მეტად, ვიდრე სპილენძი. შესწავლილია, რომ ზოგიერთ პირობებში თითბერი, რომელიც შეიცავს 8%-ზე მეტ თუთიას, ექვემდებარება ე.წ. კოროზიულ დასკდომას. ამ მოვლენას ხსნიან როგორც შიგა ძაბვისა და კოროზიული არის ერთდროული მოქმედების შედეგს. ამ დროს თითბერში იქმნება კრისტალთშორისი კოროზიის პირობები: შიგა ძაბვა უფრო აჩქარებს ბზარების წარმოქმნას, რომლებიც კრისტალთშორისი კოროზიის შედეგად გაჩნდნენ.

**ბ რ ი ნ ჯ ა ო** ეწოდება სპილენძის შენადნობს კალასთან, ალუმინთან, მანგანუმთან, სილიციუმთან, ტყვიასთან და რიგ სხვა ლითონებთან. ბრინჯაოს სახელი დაკავშირებულია იმ ელემენტის სახელთან, რომელიც მასში შედის, მაგ., კალიანი ბრინჯაო ეწოდება კალის შენადნობებს სპილენძთან, რომელშიც 20%-მდე კალა შედის. ალუმინის შენადნობს სპილენძთან ეწოდება ალუმინიანი ბრინჯაო, ხოლო თუ შენადნობი სილიციუმს შეიცავს, მას სილიციუმიანი ბრინჯაო ეწოდება. სამივე დასახელებული ბრინჯაო განსაკუთრებით გამოყენებულია ქიმიურ მანქანათმშენებლობაში, როგორც ანტიკოროზიული თვისებების მქონე შენადნობები. როდესაც ვლაპარაკობთ ალუმინიანი ბრინჯაოს შესახებ, ეს ისე არ უნდა გავიგოთ, თითქოს იგი შედგებოდეს მარტო სპილენძისა და ალუმინისაგან. თუ ავიღებთ იმავე ალუმინიან ბრინჯაოს (5-10% ), შეიძლება მას სპეციალურად ჰქონდეს დამატებული მცირე რაოდენობით მანგანუმი, ნიკელი, ტყვია, რკინა და ა. შ. ანალოგიური მდგომარეობაა სხვა ბრინჯაოთა მიმართაც.

აღსანიშნავია, რომ კოროზიისადმი მეტი წინაღობით ხასიათდება ბრინჯაო, ვიდრე, მაგალითად, სუფთა სპილენძი და თითბერი, ასეთი თვისება კი დაკავშირებულია ბრინჯაოში შემავალი ელემენტების ბუნებაზე.

ბრინჯაო მედეგია ატმოსფერული კოროზიის მიმართ იმ შემთხვევაში, თუ ატმოსფერო არ არის გაჭუჭყიანებული სხვადასხვა აგრესიული ნივთიერებით. გარდა ამისა, ბრინჯაო მედეგია ზღვის წყალსა და მტკნარ წყალში, ხოლო აზოტმჟავა და სხვა დამჟანგავი ნივთიერებები, აგრეთვე ამონიაკის ხსნარი ბრინჯაოზე ისევე მოქმედებს, როგორც სპილენძზე.

## 2. ნიკელი და მისი შენადნობები

ნიკელი და მისი შენადნობები წარმოადგენენ ისეთ ტექნიკურ ლითონებს, რომელთაც დიდი კოროზიული მედეგობა ახასიათებთ ბევრ აგრესიულ არეში. თუ ხსნარი შეიცავს ჟანგბადს, მაშინ ნიკელის ელექტროდული პოტენციალი უფრო დადებითია, პასიურობის თვისება შედარებით უკეთესად ნიკელს აქვს გამოხატული, ვიდრე რკინას, მაგრამ ქრომს ამ მხრივ ჩამორჩება სხვადასხვა მარკის ნიკელი.

ნიკელი არადამჟანგავ მჟავებში მედეგია, ხოლო აზოტმჟავაში, მსგავსად სპილენძისა, არამედეგია, და არა მარტო აზოტმჟავაში, არამედ დამჟანგავ არეებშიც. კონცენტრული გოგირდმჟავა (50%-მდე) სიცივეზე აერაციის გარეშე ნიკელზე შესამჩნევად ვერ მოქმედებს, ხოლო აერაციის პირობებში კოროზიული პროცესი ჩქარდება. ორგანულ მჟავებში (ძმარმჟავა, მჟაუნმჟავა, ღვინისა და ლიმონის მჟავები) ნიკელზე ხანგრძლივი დროის შემდეგ მოქმედებენ, მაგრამ ხსნარის ტემპერატურის გაზრდისას, ნიკელის მედეგობა სუსტდება.

ნიკელის კოროზიული რღვევა ძლიერ გავს სპილენძისას. ნიკელისათვის, ისე როგორც სპილენძისათვის, დიდი მნიშვნელობა აქვს ხსნარში ჟანგბადის თანაარსებობას. ნიკელი ნაკლებად კოროზიამედეგია. განსაკუთრებით მაშინ, თუ ფარდობითი ტენიანობა 65%-ზე მეტია. მშრალ არეში ნიკელის მედეგობა გაცილებით უკეთესია.

## 3. ალუმინი და მისი შენადნობები

ამ ლითონს გააჩნია ტექნიკისათვის შესანიშნავი თვისებები: სითბოსა და ელექტრობის კარგი გამტარობა, მცირე კუთრი წონა, რიგ აგრესიულ არეთა მიმართ კოროზიამედეგია; ამ მხრივ მას თავის შენადნობებთან შედარებით უპირატესობა აქვს. აღნიშნულ გარემოებათა გამო ალუმინმა ფართო გამოყენება ჰპოვა, მიუხედავად იმისა, რომ ელექტროქიმიური რიგის მიხედვით მისი პოტენციალი ელექტროუარყოფითია (-1,76ვ). პოტენციალის ეს მნიშვნელობა ტექნიკაში ფართოდ

გამოყენებულ ლითონთა შორის ყველაზე დაბალია; აქედან გამომდინარე, ალუმინი ინტენსიურ კოროზიას უნდა განიცდიდეს და მაშასადამე, ქიმიური აპარატურისათვის მას პრაქტიკაში გამოყენება არ უნდა ჰქონდეს, მაგრამ სინამდვილეში კი პირიქით ხდება, ალუმინი თავისი ანტიკოროზიული თვისებებით მაღლა დგას ზოგიერთი ელექტროდადებითი პოტენციალის მქონე ლითონთან შედარებით. აღნიშნული მდგომარეობა დაკავშირებულია ალუმინის შემდეგ თვისებურებასთან: ჰაერის ჟანგბადის ალუმინთან ქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად ადგილი აქვს ზედაპირზე მტკიცე დამცავი ფურჩის წარმოქმნას. სწორედ ამ გარემოებას მიჰყავს ლითონი ე.წ. „გაკეთილშობილებისაკენ“, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, მისი ელექტროუარყოფითი პოტენციალის მნიშვნელობა მცირდება და იგი დაახლოებით – 0,5 ვ-ს აღწევს, მაშასადამე, მიზეზი იმისა, თუ რატომ არ ჩანს ალუმინის ქიმიური აქტიურობა ჩვეულებრივ პირობებში, სწორედ ამ ფურჩის წარმოქმნაში მდგომარეობს. ჩვეულებრივ პირობებში ალუმინის დამცავი ფურჩის სისქე დაკავშირებულია ჰაერის ტენიანობასთან. თუ მშრალი ჰაერია, ასეთ პირობებში ფურჩი უფრო თხელია, ვიდრე ტენიან ჰაერში წარმოქმნილი ფურჩის სისქე.

ა ლ უ მ ი ნ ი ს შ ე ნ ა დ ნ ო ბ ე ბ ი. ამ შენადნობებმა განსაკუთრებით ფართო გამოყენება ჰპოვა გემთშენებლობაში, ავიაციაში და ტექნიკის სხვა დარგებში, სადაც აპარატურის, დანადგარისა და თუ დეტალების სიმსუბუქეს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. შესწავლილია, რომ მოძრავი შემადგენლობის დამზადებას კოროზიამედეგი ალუმინის შენადნობებისაგან დიდი მნიშვნელობა აქვს. ჯერ ერთი, ვაგონის ტარას წონა მცირდება 30–40%-მდე, მცირდება აგრეთვე ხარჯები შეღებვაზე, რემონტზე, გარდა ამისა, ამგვარი ტარით შეიძლება ბევრი ისეთი ნივთიერების გადატანა, რომელიც ჩვეულებრივ ცისტერნებში დაუშვებელია, ფოლადის დაშლის გამო.

თანდათანობით იზრდება ალუმინის შენადნობების გამოყენების მასშტაბი სამშენებლო კონსტრუქციებში. გარდა იმისა, რომ მათ გააჩნიათ მაღალი მექანიკური თვისებები ფოლადთან შედარებით, მათი კუთრი წონა თითქმის სამჯერ ნაკლებია, რაც კონსტრუქციის წონის შემცირების საშუალებას იძლევა.

ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია ალუმინის შენადნობები მაგნიუმთან, სილიციუმთან, სპილენძთან, მანგანუმთან და სხვ. საერთოდ, პრაქტიკით დადასტურებულია, რომ კოროზიისადმი მედეგობა ალუმინის შენადნობებს უფრო სუსტად აქვთ გამოხატული, ვიდრე სუფთა ალუმინს. თუმცა ამ კანონზომიერების გავრცელება საერთოდ ალუმინის ყველა შენადნობის მიმართ სწორი არ იქნებოდა, რადგან არის სპეციალური ხარისხის შენადნობები, რომლებიც კოროზიული მედეგობით სუფთა ალუმინს უახლოვდებიან. ასეთი ალუმინის შენადნობებს შორის ყველაზე უფრო მაღალი ანტიკოროზიული თვისებებით ხასიათდება შენადნობი

ალმაგი (ალუმინის შენადნობი მაგნიუმთან). ამ შენადნობის ასეთი თვისებებზე დაკავშირებულია იმ გარემოებასთან, რომ მაგნიუმს, მსგავსად ალუმინისა, კიდევ უფრო აქტიურად შესწევს უნარი ზედაპირზე დამცავი ფურჩის წარმოქმნისა. თუ შენადნობი შეიცავს 2,5%-მდე გ და 2% ნ, ასეთი შენადნობის კოროზიული მედეგობა დაახლოებით ისეთივეა, როგორც სუფთა ალუმინისა. შენადნობებს მექანიკური თვისებები უფრო მაღალი აქვს ალუმინთან შედარებით, ხოლო საგრძნობლად დაბალი დურალუმინთან შედარებით. ყველაზე ფართოდ გავრცელებული ალუმინის შენადნობი—დურალუმინია, რომლის შედგენილობაში შედის: სპილენძი—2,8–5,2%, მანგანუმი—0,25–1,0%, მაგნიუმი—0,25–1,75%, სილიციუმი—0,2–0,6% და რკინა—0,2–0,6%.

დურალუმინის კოროზიული მედეგობა სუფთა ალუმინთან შედარებით ნაკლებია.

დურალუმინის გამოყენებისას აუცილებელია კოროზიისაგან დაცვის ხერხების გამოყენება. ერთ-ერთ ასეთ ხერხად მიღებულია დურალუმინის მიტკეცა სუფთა ალუმინის თხელი ფენით. ამრიგად, მიტკეცილი დურალუმინი წარმოადგენს ე.წ. ბიმეტალს, რომელშიაც ძირითადია დურალუმინი, ხოლო მიტკეცილი გარსი ალუმინია, რომელიც იცავს კოროზიისაგან დურალუმინს არა მარტო მექანიკურად, არამედ ელექტროქიმიურადაც, რადგან დურალუმინის ელექტრული პოტენციალი ალუმინთან შედარებით დადებითია.

#### 4. ტიტანი და მისი შენადნობები

ტიტანი ბუნებაში საკმაოდ ფართოდ გავრცელებული ელემენტია. კონსტრუქციულ ლითონთა შორის მეოთხე ადგილი უჭირავს – ალუმინის, რკინის და სპილენძის შემდეგ. ტიტანი ისეთ ელემენტებთან ერთად, როგორცაა ალუმინი, ქრომი, ნიობიუმი, ცირკონი და სხვა, წარმოადგენს ახალ საკონსტრუქციო მასალას. ტიტანს გააჩნია ტექნიკისათვის ყველა აუცილებელი თვისება. აქვს მცირე კუთრი წონა, დიდი მექანიკური სიმტკიცე, კოროზიამედეგობით ხასიათდება განსაკუთრებით ატმოსფეროს, მდინარისა და ზღვის წყლის არეში. ამ მხრივ მას ალუმინის შენადნობებთან და უჟანგავ ფოლადთან შედარებით გარკვეული უპირატესობა გააჩნია. უპირატესობა აქვს აგრეთვე ისეთ შენადნობებთან, როგორცაა აუსტენიტური ფოლადი. ტიტანი 600<sup>0</sup>-მდე გახურებისას არ ნთქავს ამონიაკს, ჟანგბადს. ასე, რომ ლითონის თვისებები არ უარესდება მაღალი ტემპერატურის პირობებში. ტიტანი რეაქციაში შედის ქლორთან, იოდთან, გოგირდთან, გოგირდწყალბადთან. ტიტანის დიდ ანტიკოროზიულ თვისებებზე ლაპარაკობს ის ფაქტი, რომ 15 წლის განმავლობაში ქიმიური ქარხნის ახლოს, სადაც ატმოსფერო დასვრილი იყო ისეთი აგრესიული აირებით, როგორცაა ქლორი, მარილმჟავასა და

ქლორწყალბადმჟავას ორთქლი, შემჩნეული არ ყოფილა არც საერთო და არც წერტილოვანი კოროზია. ზღვის წყალში ტიტანის კოროზიის სიჩქარე მეტად უმნიშვნელოა. მისი წინაღობა ეროზიისა და კავიტაციის მიმართ კარგია, არ ექვემდებარება გარშემოზრდას, რასაც საზღვაო ტრანსპორტისა და ნაგებობათა ტექნიკაში დიდი მნიშვნელობა აქვს. ტიტანის ყველა შენადნობი ფოლადზე უფრო მსუბუქია და მედეგობით აღემატება კიდევ მას.

ქიმიურ მრეწველობაში ტიტანს იყენებენ ძირითადად თხელი ფურცლების სახით ჭურჭლების შიგა ზედაპირის მიტკეცისათვის, ისეთი ჭურჭლებისათვის, რომლებიც შედგება მცირენახშირბადიანი ფოლადისა და თუჯისაგან. რეკომენდებულია მიტკეცისათვის ფურცელი სისქით 0,92 მმ. საერთოდ ტიტანის მომავალი ტექნიკაში დიდია. სუფთა ტიტანს აქვს ადვილად შედუღების უნარი.

ცნობილია ტიტანის სხვადასხვა შენადნობები; თითოეული მათგანი ერთნაირი კოროზიამედეგობით როდი ხასიათდება, მაგალითად, კოროზიამედეგობის კარგი უნარი ატმოსფეროს პირობებში აღმოაჩნდა ტიტანის ისეთ შენადნობებს, როგორცაა თ-3 და თ-4. აღნიშნული შენადნობები რეკომენდებულია ძეგლების და დეკორატიულ ნაგებობათა გამოსაყენებლად სუბტროპიკულ პირობებში, აგრეთვე ისეთ ატმოსფეროშიც კი, რომელიც გაჭუჭყიანებულია სამრეწველო გაზებით. ტიტანის შენადნობები რეკომენდებულია აგრეთვე ქიმიური მრეწველობის დანადგარებისათვის იქ, სადაც ტექნოლოგიური პროცესები მოითხოვენ სხვადასხვა მჟავას გამოყენებას. ტიტანის შენადნობებს რიგ აგრესიულ არეებში საუკეთესო კოროზიამედეგობა აღმოაჩნდა. ტიტანის შენადნობები რეკომენდებულია კვების მრეწველობაში, ღვინის, საკონსერვო, ჩაის და სხვათა წარმოებაში.

## 5. ტყვია

ტექნიკურ ლითონთა შორის ტყვია ყველაზე რბილია იმის გამო, რომ ხასიათდება კოროზიული მედეგობით. ძველი დროიდან იყენებდნენ მას სხვადასხვა აგრესიულ არეში, მაგალითად ატმოსფეროს პირობებში კაპიტალურ ნაგებობათა სახურავად, ნიადაგში წყალსადენ მილებად და ა.შ. ამჟამად იგი გამოიყენება ქიმიურ მანქანათმშენებლობაში, როგორც საკონსტრუქციო ლითონი, მას იყენებენ კაბელების გარსებისათვის, გოგირდმჟავას წარმოებაში, სადაც აგრესიული არე გოგირდმჟავა ანდა მისი მარილები, მაგრამ საერთოდ, ტყვია, ზოგი ფერადი ლითონების მსგავსად (სპილენძი, ალუმინი, თუთია და სხვ.), ნაკლებად გამოიყენება მისთვის დამახასიათებელი ფიზიკური და მექანიკური თვისებების გამო. ასე, მაგალითად, ტყვიის გამოყენება შეუძლებელია 150-200<sup>0</sup>-ზე ზევით, რადგან ტყვიის ღებობის ტემპერატურა დაბალია (327,4<sup>0</sup>), თბოგამტარობის უნარი ტყვიისა ნაკლებია, ამის გამო თბოგადამცემი აპარატურისათვის მას გამოყენება არ აქვს.



## 6. კობალტი და მისი შენადნობები

კობალტი გამოიყენება სპეციალური ხარისხის ფოლადის მისაღებად. კობალტიანი შენადნობი ხასიათდება დიდი სისალით და სწორედ ამის გამო მას იყენებენ საჭრელი ინსტრუმენტებისათვის. იმისათვის, რომ ფოლადს მიენიჭოს მაღალი მექანიკური თვისებები, მასში კობალტის შემცველობა უნდა იყოს 5-10 და 20%-მდეც კი. მხურვალმდეგი, აუსტენიტური ფოლადი, რომელიც კობალტს შეიცავს, გამოირჩევა თავისი სისალით მაღალი ტემპერატურის პირობებშიც კი. მაგალითად, 1000<sup>0</sup>-მდე გახურებისას მისი შესანიშნავი მექანიკური თვისებები არ უარესდება. გარდა ამისა, ასეთი შენადნობი იჩენს დიდ მედეგობას მექანიკური გაცვეთისადმი. იმის გამო, რომ კობალტის შენადნობები ძვირი ჯდება, მისი გამოყენება ლიმიტირებულია.

კობალტის შენადნობებს იყენებენ უმთავრესად მაშინ, როდესაც გარემოს აგრესიულობას ემატება მექანიკური ზემოქმედებაც.

## 7. კალა

სუფთა კალა გამოიყენება ლითონის კოროზიისაგან დასაცავად, სახელდობრ, რკინის (თეთრი თუნუქი), სპილენძის და თითბრის დასაფარავად. კალაზე დიდად მოქმედებს ჟანგბადის თანაარსებობა აგრესიულ არეში. ასე, მაგალითად, აზოტმჟავას, გოგირდმჟავასა და მარილმჟავაში კალა ჟანგბადის თანაარსებობის პირობებში სწრაფად იშლება, მაგრამ თუ გვაქვს ჟანგბადის თანაარსებობის გარეშე, გოგირდმჟავასა და მარილმჟავას სუსტი ხსნარი, იგივე კალა საკმაოდ მედეგი აღმოჩნდება.

კალა ატმოსფეროს პირობებში, წყალსა და ორგანულ მჟავებში დიდი მედეგობით ხასიათდება. ამოტომაც მას იყენებენ სამზარეულოს ჭურჭლების დასაფარავად და კვების მრეწველობის მანქანების დეტალებისათვის.

კალამ ფართო გამოყენება ჰპოვა კონსერვის ყუთების დასაფარავად. კალა და მისი ნაერთები შხამიანი არ არის.

## 8. კეთილშობილი ლითონები

კეთილშობილ ლითონებს მიეკუთვნება ოქრო, ვერცხლი, ტანტალი, პლატინა და საერთოდ, პლატინის ჯგუფის ყველა ელემენტი. აღნიშნული ელემენტების ქიმიური მედეგობა რიგ აგრესიულ არეთა მიმართ, შედეგია მათი მაღალი დადებითი პოტენციალისა.

**ოქრო.** ოქროს დადებითი პოტენციალი იცვლება ვალენტობის მიხედვით. მაგალითად, ერთვალენტიანი ოქროს პოტენციალი უდრის  $\pm 1,5$  ვ-ს, ხოლო სამვალენტისა 1,38 ვ-ს. ოქროსთან გალვანური წესით სხვადასხვა ლითონის ჩართვით დებულობენ ნაირგვარ შენადნობებს. ცნობილია ოქროს შენადნობი პლატინასთან, ვერცხლთან, სპილენძთან და აგრეთვე უფრო რთული შენადნობებიც, სახელდობრ: ოქრო-ვერცხლი-სპილენძი და ოქრო-ვერცხლი-პლატინა. იმის გამო, რომ ოქროს გააჩნია ქიმიური პასიურობის დიდი უნარი და გარეგნულად ლამაზი ლითონია, მას იყენებენ საიუველირო მრეწველობაში, საათისა და ზუსტ ხელსაწყოთა წარმოებაში.

ოქრო მარილმჟავაში და განსაკუთრებით გოგირდმჟავაში მედეგია, კიდევ მეტი, ისეთი ენერგიულად დამჟანგავი მჟავა, როგორცაა აზოტმჟავა, ოქროზე ვერ მოქმედებს, ხოლო თეზაფი, კალიუმის პერმანგანატისა და მარილმჟავას ნარევი იწვევენ ოქროს დაშლას, რადგან ისინი ძლიერ დამჟანგველები არიან.

თუ სუფთა ოქრო ატმოსფეროს პირობებში კოროზიის მიმართ მედეგია, ეს არ შეიძლება ითქვას მისი შენადნობების მიმართ. ოქროს შენადნობები განიცდიან კოროზიას და ეს მოვლენა იმით მტკიცდება, რომ ნაკეთობა მქრქალდება. ეს თავისებურება მეტწილად ისეთ შენადნობებს ემჩნევა, რომელთა შედგენილობაში ოქრო 60%-ზე ნაკლებია. ტროპიკული კლიმატის პირობებში შემჩნეულია, რომ ოქროს შენადნობები, რომლებიც 60-70%-ზე ნაკლებ ოქროს შეიცავენ, ჩქარა მქრქალდებიან და ამის გამო ურჩევენ ოქროს შეტანას შენადნობში 75-80%-ის რაოდენობით.

თეზაფი, რომელიც სამ მოცულობა მარილმჟავასა და ერთ მოცულობა აზოტმჟავას ნარევეს შეიცავს, ოქროს შლის და, რაც მთავარია, ამ დროს წარმოიშობა არა ნიტრატები, არამედ ქლორიდები.

ოქრო იშლება ისეთი ნაერთების გავლენით, რომელთანაც ოქრო ქმნის კომპლექსურ ნაერთს. ასეთ რეაგენტს ეკუთვნის ციანოვანი ნაერთები, კერძოდ, უფრო მეტად გამოყენებულია ნატრიუმის ციანიდი, რომელშიც ოქრო იხსნება ჟანგბადის თანაარსებობის პირობებში.

ოქროსა და ციანიდების (ნატრიუმის, კალიუმის) ამგვარი ურთიერთქმედება აღმოჩენილ იქნა პირველად 1843 წელს და შემდეგ გამოყენებული, როგორც მადნებიდან ოქროს მიღების მეთოდი. ციანიდების წესით ოქროს მიღების ეს მეთოდი ამჟამად ყველაზე ფართოდ გავრცელებული მეთოდია ოქროს მეტალურგიაში.

**ვერცხლი.** ვერცხლი ჰაერში ჩვეულებრივი ტემპერატურის პირობებში და გახურებითაც კი არ იჟანგება და თუ ზოგჯერ შეგვიმჩნევია ვერცხლის ნაკეთობათა გამუქება, ეს აიხსნება ჰაერში არსებული გოგირდიანი ნაერთების მოქმედებით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ვერცხლის სულფიდი (  $G_2S$  ). გოგირდიანი ნაერთების

მოქმედებით, ვერცხლის პრიალა ზედაპირი თანდათანობით მკრთალი ხდება, რის გამო კარგავს სხივთა არეკვლის უნარს, რადგან იქმნება ახალი ნივთიერება ვერცხლის სულფიდი – გ<sup>2</sup>შ, რომელსაც შავი ფერი აქვს.

ვერცხლს ფართო გამოყენება აქვს ელექტროტექნიკურ წარმოებაში სპეციალური დანიშნულების ნაკეთობათა ზედაპირზე მაღალი ელექტროგამტარობის წარმოსაქმნელად. გამოყენება აქვს აგრეთვე საიუველირო მრეწველობაში.

აღსანიშნავია, რომ ვერცხლი დიდი მედეგობით ხასიათდება ყველა კონცენტრაციის ძმარმჟავაში. ეს უკანასკნელი ვერ მოქმედებს ვერცხლზე დუდილის ტემპერატურის პირობებშიც. მედეგია ვერცხლი რიგი ორგანული ნაერთების მიმართაც. ვერცხლისა და სპილენძის შენადნობი შედარებით ნაკლებად იჩენს ანტიკოროზიულ თვისებებს, ვიდრე სუფთა ვერცხლი.

ქიმიურ მანქანათმშენებლობაში ვერცხლს იყენებენ თბოგადამცემი აპარატის დასამზადებლად, სუფთა ორგანული პრეპარატების მისაღებად და ა.შ.

**პლატინა.** პლატინა გამოირჩევა თავისი ანტიკოროზიულობით, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ვერც პლატინა ასცდა რეაგენტების ზემოქმედებით კოროზიულ რღვევას. მაგალითად, მასზე მოქმედებს თეზაფი. მწვავე ტუტეთა ხსნარები ძლიერი დამჟანგავი ნაერთების თანარსებობისას ადვილად მოქმედებენ პლატინაზე. სხვა დანარჩენ პირობებში პლატინა მედეგი ლითონია. პლატინის ჯგუფის ყველა ლითონი მედეგია ყველა მინერალური მჟავას მიმართ.

## თავი III

### კოროზიული პროცესის ფაქტორები

#### 1. კოროზიული რღვევის ტიპები

ლითონის კოროზიული რღვევა მიმდინარეობის ხასიათით ერთნაირი არ არის. არჩევენ: თანაბარ, უთანაბრო, სტრუქტურულ-არჩევით, ადგილობრივ, წყლულოვან, კრისტალთშორის, წერტილოვან და ზედაპირქვეშა კოროზიას, აგრეთვე ე.წ. ხაზობრივ კოროზიას.

თ ა ნ ა ბ ა რ ი კ ო რ ო ზ ი ა. ეს კოროზიული რღვევის ის სახეა, როდესაც კოროზია მოდებულია ლითონის მთელ ზედაპირზე თანაბრად. ამის მაგალითს იძლევა ღია ცის ქვეშ მდებარე ლითონისაგან დამზადებული მრავალი სხვადასხვა ნაკეთობა. რამდენჯერ გვინახავს მანქანის ესა თუ ის ნაწილი დაფარულია ჟანგის თანაბარი და ერთი ფერის შრით. თუ ასეთ შრეს მოვაცილებთ, ადვილად შევნიშნავთ, რომ ლითონს, რომელსაც დაქანგვამდე ჰქონდა გლუვი ზედაპირი, ახლა „წერტილები“ ემჩნევა. ეს მოვლენა იმდენად უფრო მკვეთრადაა გამოხატული, რაც უფრო დიდხანს იმყოფებოდა ეს ნაკეთობა აგრესიული არეს გავლენაში.

უ თ ა ნ ა ბ რ ო კ ო რ ო ზ ი ა. კოროზიული რღვევის ეს სახე გარეგნობით ჩამოგავს თანაბარ კოროზიას, მაგრამ განსხვავდება მისგან იმით, რომ ალაგ-ალაგ ლითონის ზედაპირზე ამოჭმის თანაბრობა დარღვეულია.

ს ტ რ უ ქ ტ უ რ უ ლ-ა მ ო რ ჩ ე ვ ი თ ი კ ო რ ო ზ ი ა. ეს კოროზიის ისეთი სახეა, როდესაც შენადნობის ერთი რომელიმე კომპონენტი გადადის კოროზიულ ხსნარში და ამ დროს შენადნობის ზედაპირი მდიდრდება მეორე კომპონენტით. ამ მოვლენის შედეგი შეგვიძინებია თითბერზე ზღვის წყალში, როცა თუთია გადავიდა ამ უკანასკნელში, ხოლო თითბრის ზედაპირმა მიიღო შესამჩნევად სპილენძისებრი ფერი. სტრუქტურულ-ამორჩევით კოროზიას კი ადგილი აქვს, მაგალითად, ზოგიერთ პირობებში თუჯის კოროზიის დროს, როდესაც ადგილი აქვს ფერიტის ხსნადობას და ზედაპირზე კარბიდებისა და გრაფიტის დაგროვებას.

ა დ გ ი ლ ო ბ რ ი ვ ი კ ო რ ო ზ ი ა, ა ნ უ კ ო რ ო ზ ი ა ლ ა ქ ე ბ ა დ. ამგვარი კოროზიის დროს საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ ლითონი გარეგნულად თანაბარ კოროზიასთან შედარებით ტოვებს საღ შთაბეჭდილებას, ზოგიერთი ადგილი პრაქტიკულად არ არის დაფარული კოროზიის პროდუქტით; ისეთი შთაბეჭდილება რჩება, თითქოს კოროზია მას არ შეხებია, მაგრამ სინამდვილეში კოროზიისაგან ძლიერ დაზიანებულია. ამგვარი კოროზიის დროს

ლითონის ამოჭმის სიღრმე მეტია, ვიდრე, მაგალითად, თანაბარი კოროზიის დროს. გარეგნულად ამოჭმის სიდიდე შეუმჩნეველი ხდება, რადგან ამოჭმული არეები თანდათანობით კოროზიის პროდუქტებითაა შევსებული.

**პ ი ტ ი ნ გ ი, ა ნ უ კ ო რ ო ზ ი უ ლ ი წ ყ ლ უ ლ ი.** კოროზიული რღვევის ეს სახე მეტად სახიფათოა. ის ვრცელდება ლითონის ზედაპირის ცალკეულ უბნებზე. დანარჩენი უბნები კი კოროზიის პროდუქტებით არ იფარება. თვით პიტინგი საკმაო სიღრმემდე აღწევს. კოროზიული წყლულის სიდიდის განსაზღვრა შესაძლებელია მხოლოდ კოროზიის პროდუქტების მოცილების შემდეგ. სწორედ ეს პროდუქტებია, რომ მალავს წყლულის სიღრმეს.

**კ რ ი ს ტ ა ლ თ შ ო რ ი ს ი კ ო რ ო ზ ი ა.** ეს ყველაზე მეტად ცბიერი და საშიში სახეა კოროზიისა. ცბიერს იმიტომ ვუწოდებთ, რომ ლითონი გარეგნულად თითქოს კარგად გამოიყურება, მაგრამ სინამდვილეში ის დაზიანებულია. კოროზიული რღვევის ამგვარი პროცესის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ კოროზიას ადგილი აქვს ლითონის სიღრმეში კრისტალიტების შეხების საზღვარზე. ამ დროს კოროზიის პროდუქტები რჩება ისევ ლითონში და ამით ლითონის არაერთგვაროვნება კიდევ უფრო ძლიერდება, კრისტალთშორისი კოროზიის შედეგად ლითონის მექანიკური თვისებები საოცრად ეცემა. ასეთი ლითონი შეგვიძლია ხელით ადვილად გადავტეხოთ, კიდევ მეტი, ადვილია მისი ფხვნილად ქცევა. ამგვარი კოროზია არაერთხელ ყოფილა მიზეზი დანადგარის მოულოდნელად დაზიანებისა. ყველაზე უფრო ასეთი კოროზია შემჩნეულია უჟანგავი ფოლადისა და ალუმინის შენადნობებში. კრისტალთშორისი კოროზია დამახასიათებელია ისეთ ნაკეთობათათვის, როგორცაა მაღალი წნევის ქვაბები, ტროსები, მანქანების ღერძები.

**წ ე რ ტ ლ ო ვ ა ნ ი კ ო რ ო ზ ი ა.** თვით სახელწოდებიდან ჩანს, რომ ლითონის დაზიანებული უბნები ძლიერ პატარაა, თითქმის წერტილების ოდენა-0,1-1-2 მმ. აქედან გამომდინარეობს სახელწოდება „წერტილოვანი“. წერტილები გაბნეულია ზედაპირზე. კოროზიული წერტილის სიღრმე შეიძლება იყოს სხვადასხვაგვარი. ასეთი კოროზია ხშირად შეინიშნება ძველი სახურავი თუნუქის ზედაპირზე; ზოგჯერ ფურცელი ისეთ შთაბეჭდილებას ტოვებს, თითქოს ნემსით იყოს დაჩხვლეტილი, ეს სწორედ წერტილოვანი კოროზიის შედეგია. წერტილოვანი კოროზიის წარმოქმნის მიზეზს მიაწერენ ჭვარტლის ნაწილაკების გავლენას. ცნობილია, რომ ჭვარტლის ნაწილაკებს ახასიათებს ტენისა და ზოგიერთი გაზის შთანთქმის უნარი. ეს პატარა ნაწილაკები ასეთი თავისებური თვისებების გამო იქცევიან ელექტროლიტის კერებად, საიდანაც იწყება ლითონის გაძლიერებული კოროზია.

ზედაპირქვეშა კოროზია. როგორც სახელწოდებიდან ჩანს, ასეთ კოროზიას ადგილი აქვს ზედაპირის ქვემოდან. ზედაპირქვეშა კოროზია იწვევს ლითონის ამობურცვას და შრეებად დაშლას.

ხაზობრივი კოროზია. კოროზიული რღვევის ეს სახე, როგორც სახელწოდებიდან ჩანს, ვრცელდება ლითონის ზედაპირის გამყოფ ხაზოვან არეში. ამის ნათელსაყოფად შეგვიძლია ჩავატაროთ ასეთი ცდა: ავიღოთ კარგად გაპრიალებული რკინის თხელი ფირფიტა. დავაწვეთოთ მასზე პარაფინი, გავაცივოთ და შემდეგ მოვათავსოთ ჭიქაში, რომელშიაც ასხია 20%-იანი მარილმჟავა.

წყალბადის ბუშტუკები უმთავრესად გამოყოფილია ლითონისა და პარაფინის შეხების საზღვარზე და კოროზიაც სწორედ ამის გამო ხაზობრივ ხასიათს იღებს. თუ მეორე დღეს დავხედავთ ნიმუშს, ვნახავთ, რომ ის ადგილი, რომელიც პარაფინს ეჭირა, დაცულია მჟავას აგრესიულობისაგან, პარაფინის ნაწვეთურის გარშემო აშკარად ჩანს ამოჭმის კვალი და სწორედ ეს ადგილი ხაზობრივი კოროზიის შედეგია.

უნდა აღინიშნოს, რომ კოროზიული რღვევის სახეთა შორის მკვეთრი ზღვარის გავლება არ შეიძლება, რადგან პრაქტიკაში არ არსებობს მკვეთრად გამოხატული კოროზიული რღვევის ესა თუ ის სახე. როცა ვლავარაკობთ კოროზიის ცალკეულ სახეთა შესახებ, მხედველობაში გვაქვს, თუ კოროზიული რღვევის რომელი სახე უფრო ჭარბობს. სინამდვილეში ერთი და იგივე ლითონი შეიძლება სხვადასხვაგვარი რღვევის მდგომარეობაში იმყოფებოდეს.

ლითონის ზედაპირის მოპირკეთებას უშუალო დამოკიდებულება აქვს კოროზიის სიჩქარის პროცესებთან. ავიღოთ ერთი და იმავე ფოლადის ორი ფირფიტა და მოვათავსოთ ისინი თავიანთი მარილის ხსნარში, დავაკვირდეთ დენის აღძვრის შესაძლებლობას ვოლტმეტრის საშუალებით. ამ დროს ჩვენ ვერავითარ ეფექტს ვერ შევნიშნავთ. ახლა ერთ-ერთი ფირფიტა გავაპრიალოთ, რაც შეიძლება, კარგად და მოვათავსოთ იგი იმავე ხსნარში, ახლა უკვე სულ სხვა მდგომარეობას ექნება ადგილი, ვოლტმეტრი აშკარად გვიჩვენებს დენის წარმოქმნას. ბუნებრივად ისმის კითხვა: რა უნდა იყოს ამის მიზეზი? როგორც მრავალი ცდით დასაბუთებულია, რაც უფრო მოპირკეთებულია ლითონის ზედაპირი, იმდენად უფრო მაღალია მისი დადებითი პოტენციალი, ეს კი იმას ნიშნავს, რომ იზრდება მისი ქიმიური მედეგობა, ე.ი., სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ადგილი აქვს ლითონის გაკეთილშობილებას. ასეთი ლითონი კი გალვანურ წყვილში კათოდის როლს ასრულებს, ხოლო იმავე ლითონის ზედაპირი, რომელიც შედარებით ნაკლებად გაპრიალებულია, ასრულებს ანოდის როლს და ამდენად ცხადია, რომ ექვემდებარება კოროზიულ პროცესებს.

## 2. კოროზიული დაღლილობა

მანქანის ექსპლუატაციის პირობებში რიგ შემთხვევაში აუცილებელი ხდება მანქანის ცალკეული ნაწილების მუშაობა ერთდროულად, აგრესიული არისა და ცვლადი დაძაბულობის პირობებში. ყოველივე ეს იწვევს ე.წ. კოროზიულ დაღლილობას. კოროზიული დაღლილობის გამო ადგილი აქვს გემის სამანქანო განყოფილების ზოგიერთი ნაწილის დაზიანებას, ზიანდება ზოგჯერ სანავე ხრახნის ლილვი, ტუმბოსა და შიგაწვის ძრავას დეტალები, ტრამვაისა და რკინიგზის რესორები, ექსკავატორის ნაწილები, ნაადრევად გამოდის წყობიდან, ხახუნისა და კოროზიის ერთდროულად მოქმედების გამო, ბურთულსაკისრები და მრავალი სხვა.

ყოველ ლითონს გააჩნია თავისი გამძლეობის ზღვარი, ანუ დაღლილობის ზღვარი. ლითონის დაღლილობის ზღვარი ეწოდება ლითონის გამძლეობის ზღვარის დაწევას დატვირთვისა და კოროზიული არის ერთდროულად მოქმედების პირობებში. კოროზიული დაღლილობის ზღვარი ჯერ კიდევ არ ნიშნავს ლითონის რღვევას, ეს ისეთი საფეხურია ლითონის დაღლილობისა, როდესაც არ დაწყებულია ლითონის რღვევა აქტიურ ფორმებში.

კოროზიული დაღლილობით გამოწვეული ყველა დაზიანება იწვევს დიდ სამეურნეო ზარალს. დაღლილობისა და კოროზიული ფაქტორის ერთობლივი მოქმედება თავისი აგრესიულობით ბევრად აღემატება თითოეულ მათგანს. ცვლადი ძაბვა, თავის მხრივ, არის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი ლითონის დაღლილობისა. თუ ცვლადი ძაბვა ლითონის მიმართ მაქსიმალურია, ლითონში წარმოიქმნება დაღლილობის ბზარები და დეტალი ირღვევა. ლითონის ნაკეთობის მომსახურების ხანგრძლიობა ბევრად არის დამოკიდებული ძაბვის ხასიათზე.

მთელი რიგი გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ რაც უფრო კარგადაა დაყენებული კოროზიის წინააღმდეგ ბრძოლის საქმე, იმდენად უფრო ნაკლებად აქვს ადგილი კოროზიულ დაღლილობასაც. ლითონის კოროზიულ დაღლილობას ებრძვიან სხვადასხვა საშუალებებით. სახელდობრ: შესაძლებლობების მიხედვით იყენებენ უჟანგავ ფოლადს, რადგანაც მას, ჩვეულებრივ ფოლადთან შედარებით მეტად გააჩნია ამგვარი კოროზიის ამტანიანობის თვისებები. ამ მიმართებით კარგი თვისებები გამოამჟღავნა აგრეთვე აზოტირებულმა შენადნობებმა. აზოტირება ეწოდება მაღალ ტემპერატურაზე (450-800<sup>0</sup>) აზოტით ფოლადის გაჯერების პროცესს, რაც ამაღლებს მის გამძლეობას. კოროზიულ დაღლილობას ებრძვიან კოროზიული არის დამუშავების ხერხით, მაგალითად, თუ ხსნარიდან განვდევნით ჟანგბადს, ანდა ხსნარს დავუმატებთ საკმაო რაოდენობით ბიქრომატებს, ასეთ შემთხვევაში კოროზიული დაღლილობა კლებულობს. აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ლითონის

ზედაპირის სუფთა დამუშავება საგრძნობლად ზრდის კოროზიული დაღლილობის ზღვარს.

### 3. კოროზიული დასკდომა

კოროზიული დასკდომა ეს ისეთი პროცესია, რომელსაც ადგილი აქვს ლითონზე ან მის შენადნობზე მექანიკური დამაბულობისა და კოროზიული არის ერთობლივი მოქმედების შედეგად. საერთოდ, უნდა აღინიშნოს, რომ დამაბულობის ქვეშ ლითონი, როგორც წესი, განიცდის კოროზიულ დაღლილობასა და კოროზიულ დასკდომას. ორივე მოვლენის დროს ადგილი აქვს კოროზიული ბზარების წარმოქმნას. შესწავლილია, რომ მექანიკური დამაბულობისა და კოროზიული არის ერთობლივი მოქმედება გაცილებით უფრო მეტად უკარგავს ლითონს მექანიკურ სიმტკიცეს, ვიდრე აღნიშნულ ფაქტორთა მოქმედება ცალ-ცალკე, მაგრამ ხშირ შემთხვევაში, ტექნიკური აუცილებლობის გამო ადგილი აქვს ორივე ფაქტორის მოქმედებას ერთსა და იმავე დროს, რასაც მიყვებით კონსტრუქციის მექანიკური სიმტკიცის საგრძნობ დაცემამდე და ზოგჯერ კატასტროფიულ მდგომარეობამდე. კოროზიულ დასკდომას ადგილი აქვს როგორც ფერადი, ისე შავი ლითონების შემთხვევაში.

პრაქტიკაში კარგა ხანია ცნობილია კოროზიული დასკდომის მოვლენები ბევრ სხვადასხვა აგრესიულ არეში, მაგალითად, თითბრისაგან დამზადებულ ნაირგვარ ნაკეთობებში, როგორიცაა კონდენსატორის მილები, თითბრის ყუთები, საიარალო ჰილზები და სხვა, ფოლადისაგან დამზადებულ ნაკეთობებში, როგორიცაა ლითონის ბაგირები, ავტოკლავები, ექსკავატორის და სამთო მანქანების დეტალები, ორთქლის ქვაბები, მილსადენები და სხვ. უნდა აღინიშნოს, რომ კოროზიული დასკდომით გამოწვეული მატერიალური ზარალი საკმაოდ დიდია.

ამის გამო ზოგიერთი შენადნობი, განსაკუთრებით ფერადი ლითონებიდან მიღებული, როგორიცაა, მაგალითად ალუმინისა და მაგნიუმის უმაღლესი ხარისხის შენადნობები, ტექნიკის მთელ რიგ დარგებში ჯერ კიდევ საკმაოდ ფართოდ ვერ დაინერგა, რადგან ისინი არ არიან მედეგნი კოროზიული დასკდომის პროცესებისადმი, მაშინ, როდესაც ტექნიკური თვალსაზრისით მათ შესანიშნავი თვისებები გააჩნიათ (მცირე კუთრი წონა და მაღალი მექანიკური თვისებები).

როგორც მექანიკური დამაბულობა, ისე კოროზიული არე, იწვევს ლითონის სტრუქტურულ რღვევას. ამ მოვლენას ადგილი აქვს ყველა ტექნიკურ ლითონსა და შენადნობში. კოროზიული დასკდომა ეს არის პროცესი, რომელიც თავის მსვლელობაში გაივლის ორ საფეხურს. პირველი საფეხურია ბზარების წარმოქმნა, ხოლო მეორე - ბზარების შემდგომი გაძლიერება. კოროზიული დასკდომის დროს ადგილი აქვს კრისტალთშორის რღვევას, მაგრამ რღვევის ეს პროცესი განსხვავდება



ჩვეულებრივი კოროზიის დროს წარმოქმნილ კრისტალთშორისი კოროზიისაგან, რომლის დროსაც არ აქვს ადგილი მექანიკურ დამაბულობას.

#### 4. კოროზიული წნევა

კოროზიული წნევა ლითონის კოროზიული რღვევის უშუალო შედეგია. როგორც ვიცით, კონსტრუქციების და აპარატურის კოროზია ჩვეულებრივ ზედაპირიდან იწყება და თანდათანობით იჭრება სიღრმეში. ამ დროს კოროზიის პროდუქტების სახით წარმოიქმნებიან ქიმიური ნაერთები, რომლებიც ან რჩებიან ნაკეთობის ზედაპირზე მარილთა, ჟანგულთა ან ჟანგულთა ჰიდრატების სახით, ანდა სცილდებიან მას. ეს იმაზეა დამოკიდებული, თუ რა სახის კოროზიასთან გვაქვს საქმე. თუ კოროზია ელექტროქიმიურია, მაშინ უმთავრესად ადგილი აქვს კოროზიის პროდუქტების მოცილებას; თუ ქიმიურია, მაშინ კოროზიის პროდუქტები ადგილზე რჩება.

ზოგიერთ სამშენებლო ნაგებობაზე დაკვირვებამ ნათლად გვიჩვენა, რომ რკინაბეტონში მოთავსებული არმატურა უშუალო კონტაქტშია არა მარტო ბეტონთან, არამედ ბეტონის გარემოსთანაც. ცნობილია, რომ როგორი სიზუსტითაც არ უნდა დავიცვათ ბეტონის კომპონენტთა პროპორცია, მაინც დროთა განმავლობაში ადგილი აქვს გარკვეულ ქიმიური და ფიზიკური ხასიათის ცვლილებებს. ფიზიკური ხასიათის ცვლილებანი იწვევენ თავდაპირველად თვალით უხილავი ბზარების წარმოქმნას, რომლებიც შემდეგ თანდათანობით იზრდებიან და ბოლოს ადვილად შესამჩნევი ხდებიან. თუ დროზე არ იქნა მიღებული ზომები, პროცესის შემდგომ ზრდას შეუძლია გამოიწვიოს დანგრევა, რაც კოროზიული წნევის შედეგია. ამრიგად, კოროზიული პროცესის შედეგად ლითონის ნაკეთობის მოცულობრივ ზრდას და ამ ნიადაგზე წარმოქმნილ წნევას, კოროზიულ წნევას ვუწოდებთ.

ამ მოვლენის მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ თვალით უხილავ ბზარებში ადგილი აქვს აგრესიული არის აგენტების შეჭრას, ისინი, აღწევენ რა ლითონის ზედაპირს, იწვევენ მის გაძლიერებულ კოროზიას, რომლის დროსაც კოროზიის პროდუქტები, მსგავსად ქიმიური კოროზიისა, ადგილზევე რჩებიან. ეს პროცესი იმდენად უფრო ჩქარია, რაც უფრო სისტემატურია აგრესიული არის მოქმედება და მისი ეფექტურობა, როგორც კოროზიული ფაქტორისა. ზოგიერთი ქარხნის ნაგებობის მაგალითზე ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ ერთსა და იმავე გარემოს პირობებში სხვადასხვა სამშენებლო მასალებში მოთავსებული რკინის ღეროები სხვადასხვაგვარად განიცდიან კოროზიას, იმის მიხედვით, თუ რომელს უფრო ადრე გაუჩნდა ბზარი. აქვე ისიც უნდა შევნიშნოთ, რომ ბზარების ადრე წარმოქმნა დაკავშირებული აღმოჩნდა აგრეთვე კომპონენტების პროპორციის

ნაირგვარობასთან. რაც მეტია სიზუსტე კომპონენტების პროპორციულობის დაცვაში, იმდენად უფრო დაგვიანებით წარმოიქმნება ბზარი და პირიქით. კოროზიული წნევის მოვლენებს დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს ქიმიურ საწარმოთა ნაგებობების მშენებლობისას და აგრეთვე ტექნოლოგიურ მოწყობილობათა მონტაჟის დროს, სადაც სამშენებლო კონსტრუქციების და ქიმიური აპარტურის ხანგამძლეობას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან სხვა სამრეწველო ობიექტებისაგან განსხვავებით აქ ადვილი აქვს მჟავას, ტუტისა და მარილის შემცველი ნაირგვარი ტექნოლოგიური ხსნარების, ორთქლის და საწარმოო გაზების აგრესიულ მოქმედებას.

## 5. სხვადასხვა აგრესიული ფაქტორის გავლენა კოროზიაზე

კოროზიის ფაქტორები წარმოშობის მიხედვით შეიძლება დავეყოს ორ მთავარ ჯგუფად: ბუნებრივ და ტექნიკურ ფაქტორებად. ბუნებრივ ფაქტორებში შედის ჰაერი, წყალი, ნიადაგი, ხოლო ტექნიკურში გაერთიანებულია ყველა ის ფაქტორი, რომლებიც გამოწვეულია თვით ტექნიკური პროცესების შედეგად. ასეთია, მაგალითად, წარმოების გაზები, მაღალი ტემპერატურა, მაღალი წნევა, სხვადასხვა ელექტროლიტები და ა. შ. ცხადია, რომ საერთო ჯამში კოროზიის ბუნებრივი ფაქტორები გაცილებით უფრო მეტ ზიანს აყენებს სახალხო მეურნეობას, ვიდრე ტექნიკური ფაქტორები. ეს ადვილი გასაგებიცაა, მაგრამ ზოგ შემთხვევაში ტექნიკური ფაქტორების შედეგად გამოწვეული კოროზიის ინტენსივობა უფრო ძლიერია, ვიდრე ბუნებრივი ფაქტორების შედეგად გამოწვეული. აღსანიშნავია, რომ ტექნიკისა და ტექნოლოგიური პროცესების შემდგომი განვითარების კვალდაკვალ აუცილებლად გამრავლდება აგრესიულ ფაქტორთა ნაირსახეობა. ყოველივე ეს მოითხოვს ლითონთა დაცვის სრულიად ახალ ხერხებს. ავიღოთ, მაგალითად, ატომ-გულის ენერჯის გამოყენების საკითხი. ცხადია, რომ ენერჯის ამ წყაროს დანერგვას პრაქტიკაში მოყვა კოროზიის ახალი სახე, რომელსაც რადიაქტიური კოროზია უწოდეს. ყველა ნივთიერების კოროზია კერძოდ, ლითონების, ბუნების გარდუვალი კანონია, არ არსებობს და არც შეიძლება არსებობდეს ისეთი ნივთიერება, რომელიც კოროზიის რომელიმე ფაქტორის გავლენით არ განიცდიდეს რღვევას. ლითონთა დაცვის საკითხების წარმატებით გადაწყვეტისათვის პირველ რიგში აუცილებელია ცოდნა ლითონისა, კოროზიის ფაქტორის რაობისა და მათი ურთიერთობის თავისებურებისა. ასეთ პირობებში ყოველი ნაბიჯი, ამ მიმართებით გადადგმული, აუცილებლად გამოიღებს ნაყოფიერ შედეგს.

## ლითონების კოროზიის კლასიფიკაცია

### 1. კოროზიული პროცესის ტიპები

კოროზიული პროცესის მიხედვით არჩევენ კოროზიის ორ ძირითად კლასს: ქიმიურსა და ელექტროქიმიურ კოროზიას. მკვეთრი ზღვარის გავლება კოროზიის ამ კლასთა შორის შეუძლებელია, რადგან ქიმიური კოროზიის დროს ადგილი აქვს ელექტროქიმიური კოროზიის მოვლენებს და, პირიქით, ელექტროქიმიური კოროზიის დროს არ არის გამორიცხული ქიმიური კოროზიის მოვლენები. ამას ადასტურებს თუნდაც ის ფაქტი, რომ ზოგ შემთხვევაში სპეციალური შესწავლის გარეშე ძნელი ხდება ესა თუ ის კოროზიული პროცესი მივაკუთვნოთ ერთ რომელიმე კლასს. ამის ნათელსაყოფად მოვიყვანოთ შემდეგი მაგალითი. ავიღოთ რკინის ნაჭერი და მოვათავსოთ წყლის ორთქლის არეში; ამ დროს ადგილი ექნება რკინის ელექტროქიმიურ კოროზიას, მაგრამ საკმარისია გავახუროთ რკინა, რომ ელექტროქიმიური კოროზია შეიცვლება ქიმიურ კოროზიად – კერძოდ, გაზობრივ კოროზიად. ანალოგიურ მდგომარეობას აქვს ადგილი არა მარტო პირობების შეცვლისას, არამედ მაშინაც კი, როდესაც მიგვაჩნია, რომ საქმე გვაქვს სუფთა ელექტროქიმიურ ან ქიმიურ კოროზიასთან.

საერთოდ, დღეს არაა სადავო, რომ ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა, არსებობს სუფთა სახის ელექტროქიმიური და ქიმიური კოროზია, ხოლო თუ ამგვარ დაყოფას მივმართავთ, მას აქვს მხოლოდ ფარდობითი ხასიათი და მიზანია უფრო კონკრეტულად შევისწავლოთ ესა თუ ის კოროზიული პროცესი. თუ მაგალითად, ჭარბობს ელექტროქიმიური პროცესი, მაშინ ადგილი აქვს ელექტროქიმიურ კოროზიას, ხოლო თუ ჭარბობს ქიმიური პროცესები, საქმე გვაქვს ქიმიურ კოროზიასთან.

კოროზიის აღნიშნულ კლასთა შორის სახეობის მეტ-ნაკლებობა დამოკიდებულია ძირითადად ლითონის რაობაზე, მის მდგომარეობაზე და გარეგან ფაქტორებზე.

ხშირად ამბობენ, რომ ლითონი მაღალ ტემპერატურაზე უფრო აქტიურად იჟანგება, ვიდრე ჩვეულებრივ პირობებში. ეს მართალია, ზოგადად, მაგრამ როცა საკითხი ეხება ერთ რომელიმე ლითონს, მაშინ ცნება „მაღალი ტემპერატურა“ ზოგად ხასიათს ღებულობს და ამის გამო საჭიროებს დაკონკრეტებას. სხვადასხვა ლითონისა და არისათვის ერთი და იგივე ტემპერატურა შეიძლება განვიხილოთ ერთ შემთხვევაში როგორც დაბალი და მეორე შემთხვევაში როგორც მაღალი.

მოვიყვანოთ მაგალითი. ავიღოთ რკინის ფურცელი ან ჩხირი. ჩვეულებრივ პირობებში ისინი პრაქტიკულად არ იცვლებიან საკმაო ხნის განმავლობაში, მაგრამ საკმარისია მოვათავსოთ ერთი ან მეორე 500 °C-ის პირობებში, რომ მოხდეს მათი სწრაფი ქიმიური კოროზია, ე. ი. ჩვეულებრივმა ტემპერატურამ ფურცელზე თუ ჩხირზე გავლენა ვერ მოახდინა, მაგრამ ახლა თუ იმავე ნიმუშებს ვაქცევთ წმინდა ფხვნილად, მაშინ ჩვეულებრივი ტემპერატურა ისე მაღალი აღმოჩნდება, რომ აფეთქებაც კი შეიძლება მოხდეს. ეს თვისება უფრო მკვეთრად გამოხატული აქვთ იმ ლითონებს, რომლებიც ქიმიურად უფრო აქტიური არიან, მაგალითად, რკინის ფხვნილზე უფრო სწრაფად აფეთქდება თუთიისა და ალუმინის წმინდა ფხვნილი.

## 2. ქიმიური კოროზია

არსებითი განსხვავება კოროზიის ზემოაღნიშნულ ორ კლასს შორის იმაში მდგომარეობს, რომ თუ ელექტროქიმიური კოროზია მიმდინარეობს დენის წარმოქმნის პირობებში, ქიმიური კოროზიის დროს პრაქტიკულად დენის წარმოქმნას ადგილი არ აქვს. ქიმიური კოროზია წარმოადგენს ქიმიური მოქმედების შედეგს ლითონსა და აგრესიულ არეს შორის. ქიმიურ კოროზიას ადგილი აქვს გაზების და არაელექტროლიტების მოქმედებისას. ქიმიურ კოროზიას იწვევს ისეთი გაზები, როგორცაა: ჟანგბადი, აზოტის ჟანგეულები, გოგირდოვანი გაზი, ქლორწყალბადი, გოგირდწყალბადი და სხვა, აგრეთვე, ზოგიერთი არაელექტროლიტი, მაგალითად სპირტები, ბენზინი, მინერალური ზეთები, მრავალი ორგანული ნივთიერება, არაორგანულ ნივთიერებათა ხსნარები ორგანულ გამხსნელებში და ა.შ. მაგალითად, კოროზიას არაელექტროლიტებში მიეკუთვნება რკინის კოროზია ნავთობის გოგირდიან პროდუქტებში მაღალი ტემპერატურის პირობებში. ქიმიურ კოროზიას ადგილი აქვს ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებში, განსაკუთრებით კი ქიმიურ ქარხნებში. ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია ელექტროქიმიური კოროზია. კოროზია, საერთოდ, როგორც არ უნდა იყოს იგი-ქიმიური თუ ელექტროქიმიური, საზიანო მოვლენაა, მაგრამ საკითხის სწორი გაგებისა და შესწავლისათვის საჭიროა მისი ყოველმხრივი განხილვა. საკითხის ცალმხრივად გადაწყვეტა არასდროს არ იძლევა საგნისა თუ მოვლენის რაობის სწორი ასახვის შესაძლებლობას. კოროზიას, გარდა იმისა, რომ მოაქვს ზიანი, იმავე დროს უნარი აქვს ლითონის დაცვისა. ასე რომ არ იყოს, ზოგ შემთხვევაში ვერც კი მოვასწრებდით ლითონის რომელიმე კონსტრუქციის გამოყენებას, რომ იგი უკვე დაზიანებული აღმოჩნდებოდა. ქიმიური კოროზიის შედეგად ზოგიერთი ფურჩი ლითონის დამცველი რომ არ ყოფილიყო, მაშინ ალუმინი, თუთია, კალა, ტყვია და სხვა ძვირფასი ფერადი ლითონი მნიშვნელოვნად განადგურდებოდა. გარდა ამისა, უშედეგო იქნებოდა ერთი ლითონის დაფარვა მეორე ლითონით. მოვიყვანოთ

რამდენიმე მაგალითი. ცნობილია, რომ საადმშენებლო ტექნიკაში ფართო გამოყენება აქვს მოთუთიებულ თუნუქს.

შესაძლებელი იქნებოდა ისეთი თუნუქის გამოყენება, რომ თუთია, რომლითაც თუნუქია დაფარული, ჰაერზე არ იფარებოდეს კოროზიის პროდუქტით—თუთიის ჟანგის შრით? ცხადია, არა, საქმე ისაა, რომ თუთია ჰაერზე განიცდის რა კოროზიას, ამ დროს წარმოიქმნება მეტად თხელი, მაგრამ მტკიცე კომპაქტური შრე თუთიის ჟანგისა, რომელიც არ ატარებს თუნუქის ზედაპირზე არც ჰაერის ჟანგბადს და არც ტენს. ცნობილია, რომ ბათუმისა და მისი მიდამოების ჰაერი ტენიანია, საკმარისია დავასახელოთ თუნუქი ის ფაქტი, რომ ამ მხრივ მას მსოფლიოში უჭირავს მეორე ადგილი. ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობა 2500 მმ და ზოგჯერ 3000 მმ-მდეც კი აღწევს. აქ ჰაერი შეიცავს ზღვის წყლის შეტივნარებულ პაწაწინა წვეთებს. მაშასადამე, ერთი მხრივ ტენიანობა და მეორე მხრივ მარილიანობა ჰაერის აგრესიას დიდად აძლიერებს.

ავიღოთ ალუმინის და მისი შენადნობები, რომელთაც ტექნიკაში დიდი გამოყენება აქვს. ისინი ჰაერზე განიცდიან რა ქიმიურ კოროზიას, იფარებიან კოროზიის პროდუქტით—ალუმინის ჟანგით ლ2 3-ით, რომელიც წინააღმდეგობას უწევს ჟანგბადის შეჭრას ლითონის სიღრმეში. იგივე ითქმის რიგ ლითონთა მიმართაც. ჩვეულებრივი რკინის ჟანგიც კი, მართალია სუსტი, მაგრამ მაინც ერთგვარი დამცველია ლითონის კოროზიისაგან, ასე რომ არ ყოფილიყო, მაშინ, როგორც აღვნიშნეთ, გაცილებით მეტი ლითონი დაიკარგებოდა კოროზიის მიზეზით.

როგორც აღვნიშნეთ, რკინის ჟანგის ფურჩი სუსტად იცავს ლითონს შემდგომი დაჟანგვისაგან, ხოლო თუთიის, ალუმინისა და სხვა ფერადი ლითონებისა კარგი დამცველებია. ამის მიზეზი ის არის, რომ რკინის ჟანგის ფურჩი, მიუხედავად იმისა, რომ სხვა ფურჩებთან შედარებით სქელია, არ არის ლითონის კარგი დამცველი. მისი ძირითადი ნაკლი იმაში მდგომარეობს, რომ ფორებიანია და ნაკლებად მტკიცე, ამის გამო რკინის ჟანგის ფურჩში ადვილად ატანს როგორც წყალი, ისე ჰაერი და ჟანგვის პროცესი მიმდინარეობს მანამდე, სანამ მთელი ლითონი არ გადაიქცევა კოროზიის პროდუქტად. ზოგიერთი მაგალითიდან ნათლად ჩანს, რომ ჟანგბადი, მართალია, ლითონის კოროზიის გამომწვევია, მაგრამ ამავე ჟანგბადის მიერ წარმოქმნილი პროდუქტი ლითონის დამცველიც ხდება. იმ შემთხვევაში, როდესაც ხანგრძლივად ეხება ლითონს ჰაერის ჟანგბადი, ან სხვა რომელიმე დამჟანგავი ნივთიერებები—გაზები ან სითხეები, საგრძნობლად მცირდება კოროზიის პროცესი, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ლითონის ქიმიური აქტიურობა სუსტდება, როგორც ამბობენ, ლითონი გადადის პასიურ მდგომარეობაში. პასიურობის მიზეზი კი დამცავ ფურჩში უნდა ვეძიოთ. საკმარისია ეს ფურჩი ჩამოსცილდეს, რომ კოროზია გაძლიერდება. ამ მოვლენის

ნათელსაყოფად ჩავატაროთ ასეთი ცდა. ავიღოთ ალუმინის ფირფიტის ნაჭერი. ნაჭრის ერთ მხარეს ჩამოვაცილოთ დამცავი ფურჩი, ხოლო მეორე მხარე დავტოვოთ უცვლელად. ასეთი ფირფიტა ჩავდოთ წყალში. შევამჩნევთ, რომ იმ ზედაპირიდან, რომელსაც დამცავი ფურჩი ჩამოვაცილეთ, გამოყოფას დაიწყებენ წყალბადის პაწაწინა ბუშტუკები, ხოლო ფირფიტის ის ნაწილი, რომელიც ხელუხლებლად დავტოვეთ, წყალთან ვერავითარ ურთიერთობას ვერ იჩენს.

### 3. გაზობრივი კოროზია

გაზობრივი კოროზია თავისი არსით ქიმიური კოროზიაა. მას ადგილი აქვს ლითონებისა და მათი შენადნობების ქიმიური ურთიერთქმედებისას მაღალი ტემპერატურის პირობებში.

თანამედროვე ტექნიკის მრავალ დანადგარს თუ დეტალს იყენებენ მაღალი ტემპერატურის პირობებში, რიგ შემთხვევაში აგრესიული გაზების უშუალო გავლენის ქვეშ. ცხადია, ლითონის ნაკეთობანი ამგვარ მდგომარეობაში განიცდიან ინტენსიურ კოროზიას. მაგალითისათვის შეგვიძლია დავასახელოთ ღუმელების არმატურა, შიგაწვის ძრავების დგუშები, პირომეტრული მილები, ამონიაკის სინთეზის აპარატის ყველაზე მნიშვნელოვანი დეტალები და ა.შ. გაზობრივ კოროზიასთან გვაქვს საქმე, მაგალითად, ლითონთა დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესების დროს, როგორცაა: გახურება გაგლინვის წინ, ჭედვა, წრთობა, მოწვა და სხვა, რომლებიც ტარდება მაღალ ტემპერატურაზე, დაახლოებით 1300 გრადუსამდე. ბუნებრივია, რომ ასეთ ვითარებაში ლითონზე უშუალოდ მოქმედებს ჰაერი და ღუმელის გაზები, რის გამოც ლითონის ან შენადნობის ზედაპირი სწრაფად იჟანგება, მაშასადამე, ამ დროს საქმე გვაქვს გაზობრივ კოროზიასთან. მაღალი ტემპერატურისა და გაზების ერთობლივი მოქმედება კოროზიულ პროცესებს ინტენსიურს ხდის. რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, იმდენად უფრო ძლიერია გაზების აგრესია ლითონთა მიმართ. ამიტომაც ტექნოლოგიური პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობენ მაღალ ტემპერატურასა და აგრესიული გაზების მოქმედების არეში, მოითხოვენ ისეთ ლითონსა და შენადნობს, რომელსაც, გარდა მედეგობისა, უნდა ახასიათებდეს მხურვალმედეგობა და მხურვალსიმტკიცე. თუ კონსტრუქტორმა ეს აუცილებელი პირობები არ გაითვალისწინა, ასეთ შემთხვევაში დანადგარის თუ დეტალის წყობიდან ნაადრევად გამოსვლა და ავარია გარდუვალია.

ლითონის ან შენადნობის მხურვალმდეგობა ისეთი თვისებაა, როდესაც იგი დიდ წინააღმდეგობას უწევს გაზობრივ კოროზიას, ხოლო როდესაც ლაპარაკია მათ მხურვალსიმტკიცეზე, იგულისხმება, რომ ისინი მაღალი ტემპერატურის პირობებში ინარჩუნებენ მექანიკურ თვისებებს. მხურვალმდეგობა და მხურვალსიმტკიცის თვისება ერთნაირად არ აქვთ გამოხატული ყველა ლითონსა და შენადნობს, აგრეთვე შესაძლებელია, რომ ერთ პირობებში ესა თუ ლითონი ან შენადნობი იყოს მხურვალმდეგი, მაგრამ არ იყოს საკმაოდ მხურვალსიმტკიცე. ასე, მაგალითად ჰაერის ან საცეცხლის გაზებში 400-450 °C-ზე ალუმინის ბევრი შენადნობი მხურვალმდეგია, ე.ი. პრაქტიკულად ისინი არ ექვემდებარებიან გაზობრივ კოროზიას, მაგრამ იმავე დროს არ არიან მხურვალსიმტკიცე. პრაქტიკაში ადგილი აქვს საწინააღმდეგო შემთხვევებსაც. უნდა აღინიშნოს, რომ შენადნობების დიდი უმრავლესობისათვის უფრო მეტად დამახასიათებელია მხურვალმდეგობა, მაშინ, როდესაც მეტწილად გვჭირდება, რომ ლითონმა და შენადნობმა შეინარჩუნოს თავისი მექანიკური თვისებები მაღალი ტემპერატურის პირობებში, ე.ი. იყოს მხურვალსიმტკიცე. შესწავლილია, რომ თუ სპილენძი ლეგირებულია ალუმინით და ბერილიუმით, ასეთ პირობებში შენადნობი იძენს როგორც მხურვალმდეგობას, ისე მხურვალსიმტკიცეს. შესწავლილია აგრეთვე, რომ, თუ თითბერს მცირე რაოდენობით დავუმატებთ ალუმინს, ასეთ შემთხვევაში იზრდება მხურვალმდეგობის უნარი. ლითონის ან შენადნობის მაღალი ტემპერატურის პირობებში მუშაობისას მხედველობაშია მისაღები აგრეთვე ლითონის ცოცვადობა; ეს იმას ნიშნავს, რომ ლითონი მუდმივი დატვირთვის პირობებში განიცდის პლასტიკურ დეფორმაციას. ამ დროს ცოცვადობის ზღვარი დამოკიდებულია დატვირთვის მოქმედების ხანგრძლიობაზე. ცოცვადობის მოვლენები შემჩნეულია რიგი ლითონებისა და შენადნობების მიმართ ოთახის ტემპერატურაზეც კი, და მას უფრო მეტად ადგილი ექნება მაღალი ტემპერატურის პირობებში.

გაზობრივი კოროზიის მოქმედების ძალას განსაზღვრავს, სხვა ფაქტორთან ერთად, დამცავი ფურჩის თვისებები, რომელიც წარმოიქმნება კოროზიული პროცესის დასაწყისში. დამცავი ფურჩის მთავარი ღირსება მდგომარეობას იმაში, რომ ის უნდა იყოს კომპაქტური, ერთგვაროვანი და აგრესიული არის მოლეკულებისა და იონებისათვის გაუმტარი. მაგრამ ყველა ლითონს არ შეუძლია წარმოქმნას აგრესიულ არესთან ერთად ისეთი ფურჩი, რომელიც დააკმაყოფილებს ზემოთ დასახელებულ ყველა მოთხოვნას.

გაზობრივი კოროზია ყველაზე აქტიურია მაშინ, თუ დეტალი მუშაობს შენაცვლებით გახურებისა და გაცივების პირობებში; ასეთი ხშირი ცვალებადობა ტემპერატურისა იწვევს დამცავი ფურჩის თერმულ დამაბულობას, რის შედეგადაც ის ადვილად იძლევა ბზარებს და ლითონის ზედაპირსაც მალე სცილდება. გაზობრივი კოროზია განსაკუთრებით ძლიერი აგრესორია დეფორმირებული

ლითონის მიმართ. საერთოდ დეფორმირებული უბნები ანტიკოროზიული თვისებების მხრივ სუსტ უბნებს წარმოადგენენ და თუ ამას კიდევ დაემატა გაზების გავლენა, ცხადია, კოროზია სწრაფად წარიმართება. გაზობრივი ფაზის შედგენილობა ძლიერ გავლენას ახდენს რკინანახშირბადის შენადნობების კოროზიის სიჩქარეზე. ავიღოთ, მაგალითად, გოგირდიანი ნაერთები და წყლის ორთქლი. თუ გაზობრივ არეში შედის გოგირდის ნაერთები, ამ დროს რკინანახშირბადის შენადნობები განსაკუთრებით მაღალ ტემპერატურაზე (1000 °K) განიცდის კრისტალ-თმორის კოროზიას.

თუჯის გაზობრივი კოროზიის დროს შემჩნეულია მოცულობის ზრდა, რაც იმით არის გამოწვეული, რომ თუჯის სიღრმეში ადგილი აქვს თუჯის გამოდნობის დროს წარმოქმნილი აგრესიული გაზების შეჭრას, ეს უკანასკნელნი ქიმიურად მოქმედებენ როგორც ძირითად ლითონზე, ისე მის მინარევებზედაც და მათთან ერთად საკმაოდ იზრდება კოროზიის პროდუქტების მოცულობები, რომელთა გავლენა შინაგანი წნევის გამო იწვევს თუჯის მოცულობაში მომატებას. ამ მოვლენას „თუჯის ზრდას“ უწოდებენ. მისი თავიდან აცილებისათვის იყენებენ ინერტულ ატმოსფეროს.

ცნობილია, რომ რკინის ან თუჯის დაჟანგვის შედეგად მათ ზედაპირზე წარმოიქმნება ხენჯი; ამ დროს ნაკეთობა მოცულობაში მატულობს, რის გამოც ხენჯი ხასიათდება ფორიანობით და დიდი სიმციფით. შედარებით უფრო ჩქარა და მეტი რაოდენობით ხენჯის წარმოქმნას ადგილი აქვს შავი ლითონების თერმული დამუშავებისას. დასაწყისში ხენჯის სისქე სწრაფად იზრდება, შემდეგში კი ხენჯის სისქეში ზრდა თანდათანობით მცირდება.

#### 4. კოროზიის ფილმის თეორია

როგორადაც არ უნდა ბრჭყვიალებდეს ესა თუ ის ლითონი ჩვეულებრივ პირობებში, მისი ზედაპირი, როგორც წესი, ყოველთვის დაფარულია დამცავი ფურჩით. დამცავი ფურჩი ლითონის ნაკეთობათა დაცვის უდიდესი საშუალებაა. მისი დანიშნულება ლითონისა და აგრესიული არის ერთმანეთისაგან გათიშვაში, მათს იზოლაციაში მდგომარეობს, რადგან ლითონთა კოროზიისაგან დაცვის საკითხი სამეურნეო თვალსაზრისით ფრიად აქტუალურია, ამიტომ სავსებით გასაგებია ის დიდძალი ლიტერატურა, რომელიც ამ საკითხისადმი მიძღვნილი.

დამცავი ფურჩის თეორიას საფუძვლად უდევს თეორია იმის შესახებ, რომ ლითონთა ზედაპირი ჰაერზე, რომელიც შეიცავს ტენს, დაფარულია თხელი ფურჩით. ფურჩის აღნაგობის თავისებურება დაკავშირებულია ლითონის რაობასთან. არც ერთი ლითონის ზედაპირი არ შეიძლება იყოს თავისი შედგენილობით იგივე, რაც ლითონია. კეთილშობილი ლითონების - ოქროს, ვერცხლის, პლატინისა და



სხვა მათ მსგავსთა ზედაპირი დაფარულია ადსორბირებული ჟანგბადით. რაც უფრო ნაკლებად კეთილშობილია ლითონი, ე.ი. რაც უფრო მეტია უარყოფითი ელექტროდული პოტენციალი, მით უფრო სწრაფად წარმოიქმნება ასეთი ლითონის ზედაპირზე ოქსიდური ფურჩი.

ფილმის თეორიის ნათელსაყოფად აკადემიკოსმა კისტიაკოვსკიმ ფრიად საინტერესო ცდა ჩაატარა. მან აიღო კალამი და გადატეხა, შემდეგ მოათავსა 30–40<sup>0</sup>-მდე გაცხელებულ ვერცხლისწყალში. ცოტა ხნის შემდეგ კალამი ამოიღო, გადანატეხის ზედაპირზე ამაღამირების ნიშნები სრულიად არ აღმოჩნდა, მაგრამ როდესაც იგივე კალამი თვით ვერცხლისწყალშივე ჩატეხა, ადვილი შესამჩნევი გახდა რკინის ამაღამის წარმოქმნა. აღნიშნული მოვლენის მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ როდესაც კალამი ჰაერზე გადატეხა, ამ დროს ჰაერის ჟანგბადის გავლენით გადანატეხი ზედაპირი უმალვე დაიფარა დამცავი ფურჩით, რომელმაც ხელი შეუშალა ამაღამის წარმოქმნას, მიუხედავად იმისა, რომ გადატეხილი კალამი იმწამსვე მოათავსა ვერცხლისწყალში. ხოლო როდესაც კალამი გადატეხა ვერცხლისწყალშივე, ამ დროს, ცხადია, ადვილი არ ჰქონია ჰაერის ჟანგბადის მოქმედებას, რომ ფურჩი წარმოქმნილიყო, რის გამო ზედაპირი დაიფარა რკინის ამაღამით.

## 5. ლითონთა პასიურობის მოვლენა

ავიღოთ ფოლადის ორი ფირფიტა და კარგად გავაპრიალოთ. ერთი მოვათავსოთ ჭიქაში, რომელშიც განზავებული აზოტმჟავაა, ხოლო მეორე—კონცენტრირებულ აზოტმჟავიან ჭიქაში. ვნახავთ, რომ პირველი ფირფიტა სწრაფად ურთიერთმოქმედებს მჟავასთან, ხოლო მეორე, მიუხედავად მჟავას მეტი სიმლიერისა, უმოქმედობას იჩენს. ლითონის ან შენადნობის ისეთ მდგომარეობას, როდესაც მისი ზედაპირი მოცემულ აგრესიულ არეში კოროზიას არ განიცდის, გარემოდან იზოლაციის გამო, ლითონის პასიურობა ეწოდება. ლითონთა პასიურობა დამოკიდებულია შინაგან და გარეგან ფაქტორებზე. შინაგანი ფაქტორები დაკავშირებულია თვით ლითონის თვისებებთან, სახელდობრ, მის რაობასთან, სტრუქტურასთან, ზედაპირის მდგომარეობასთან და სხვ. გარეგანი ფაქტორები კი დაკავშირებულია თვით აგრესიული არის შედგენილობასთან, კონცენტრაციასთან, ტემპერატურასთან, არის მოძრაობასთან და ა.შ. ლითონთა პასიურობას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან ბევრი ტექნიკური ლითონისა და შენადნობის კოროზიული მედეგობა განისაზღვრება მისი პასიურობით მოცემულ პირობებში.

დამცავი ფურჩის თეორიას, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სხვაგვარად ფილმის თეორია ეწოდება. ამ თეორიას საფუძვლად უდევს ჰიპოტეზა იმის შესახებ, რომ ლითონის ზედაპირი ჰაერზე, რომელიც შეიცავს ტენს, დაფარულია შრით, ანუ ე.წ. ფილმით. ფილმები კი წარმოქმნის ხასიათით, შედგენილობითა და სიმტკიცით ნაირგვარია. არა თუ სხვადასხვა ლითონის ზედაპირზე წარმოქმნილი ფილმი, არამედ ერთსა და იმავე ლითონის ზედაპირზე წარმოქმნილი ფილმი არ შეიძლება იყოს ერთი და იგივე. აქ მნიშვნელობა აქვს კოროზიული ფაქტორების რაობას, მათ ურთიერთობას ლითონთან, ლითონის ზედაპირის დამუშავებას, ჰაერის შედგენილობას, ტემპერატურის განაწილებას და სხვ. ფილმის სისქე ერთნაირი არ არის. ავიღოთ, მაგალითად, ალუმინისა და რკინის გაპრიალებული ფირფიტები. ორივე ჩვეულებრივ პირობებში გავაჩეროთ, ვთქვათ, ათი დღე-ღამის განმავლობაში, ცხადია, ალუმინი, როგორც უფრო აქტიური ლითონი, ჩქარა დაიჟანგება. თუ ორივე ლითონის შრეს განვიხილავთ, ვნახავთ, რომ გაცილებით მეტი სისქის აღმოჩნდება რკინის ჟანგის შრე, ვიდრე ალუმინის. შრის სისქე, როგორც ეს კვლევებიდანაა ცნობილი, შეიძლება იყოს შეუმჩნეველი შეიარაღებული თვალითაც კი. არ არსებობს ისეთი ლითონი, რომლის ზედაპირი იყოს სრულიად სუფთა. მიუხედავად იმისა, რომ ოქრო არ იჟანგება, მისი ზედაპირი მაინც დაფარულია ადსორბირებული ჟანგბადის შრით, ხოლო ქიმიურად აქტიურ ლითონებთან შედარებით სხვა გარემოებასთან გვაქვს საქმე. აქ ჟანგბადი უშუალოდ უერთდება ლითონს და მასთან ერთად ქმნის ოქსიდურ შრეს.

დადასტურებულია, რომ რკინის ზედაპირზე ყოველთვის არის ოქსიდური შრე, რომელიც შეიძლება სრულიად შეუმჩნეველი იყოს, სანამ იგი არ მიაღწევს გარკვეულ სისქეს.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, პასიურ მდგომარეობაში ყველა ლითონის გადასვლა შეიძლება, მაგრამ როგორც გადასვლის მდგომარეობა, ისე თვით პასიურობის შენარჩუნების სიმტკიცე, ერთნაირი როდია. ლითონის პასიურობის თავისებურება ძირითადად დაკავშირებულია არა მარტო ლითონის რაობასთან, არამედ დამჟანგავის ქიმიურ შედგენილობასთანაც. ისეთი ძლიერი დამჟანგველები, როგორიცაა კალიუმის ქრომატი, ბერთოლეს მარილი ( ჩლ 3), კალიუმის პერმანგანატი ( ნ 4), ნატრიუმის ნიტრიტი ( ა 2); მჟავებიდან აზოტმჟავა, ქრომმჟავა და სხვ., მეტნაკლები უნარით ახდენენ ლითონის პასიურ მდგომარეობაში გადაყვანას. ყველაზე ძლიერ პასივატორს წარმოადგენს გაზობრივი ჟანგბადი და მისი ხსნარი.

წინათ მიაჩნდათ, რომ პასიურობის მოვლენა თითქოს აუცილებლად დაკავშირებული უნდა ყოფილიყო ჟანგბადშემცველ მჟავებთან, მაგრამ შემდგომმა გამოკვლევებმა დაადასტურეს, რომ ასეთი შეხედულება მცდარია. გამოირკვა, რომ ზოგიერთი ლითონი ისეთ ხსნარებშიც კი პასიურდება, რომელთაც არ გააჩნიათ დამჟანგავი თვისება. უნდა ვიფიქროთ, რომ ამ მოვლენის არსი აიხსნება ანი-

ონების მოქმედების თავისებურებით, მით უმეტეს ცნობილია, რომ ზოგიერთ ანიონს უნარი აქვს ხსნარში გამოიწვიოს ლითონის გააქტიურება და ზოგს კი გაპასიურება.

ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ პასიურობის მდგომარეობა გრძელდება მას შემდეგაც, როდესაც პასივატორის მოქმედება უკვე შეწყვეტილია.

კვლევებით დადასტურებულია, რომ რკინა ჟანგის პროცესში გაივლის რამდენიმე საფეხურს, ვიდრე მიაღწევდეს შედარებით უფრო სტაბილური შედგენილობის კოროზიის პროდუქტის მდგომარეობას. ჟანგის შრეს, რომელიც ფარავს რკინას, მეტწილად აქვს კოლოიდური სტრუქტურა, და ლითონის გადასვლა პასიური მდგომარეობიდან აქტიურობისაკენ განიხილება როგორც ჟანგის შრეში ფორმების ზრდის შედეგი. შემდგომმა გამოკვლევებმა სავსებით დაადასტურეს ამგვარი შეხედულება. როგორც ეს მრავალმა ცდამ ნათელყო, რკინის აქტივაციის მიზეზი მდგომარეობს იმაში, რომ რკინის ამორფული დამცავი ფურჩი თანდათანობით გადადის კრისტალურ სტრუქტურაში—ჩვეულებრივ ჟანგში, რომელიც მიუხედავად იმისა, რომ საკმაო სისქისაა, ლითონის დამცველად მაინც ვერ გამოდგება ფორიანობის გამო. ფორიანობა კი, თავის მხრივ, დაკავშირებულია კრისტალურ მდგომარეობაში გადასვლასთან.

## ლითონთა კოროზია სხვადასხვა აგრესიულ არეში

### 1. ლითონი და გარემო

ყველა ლითონი გარემოს პირობებთან უშუალო კავშირშია; აქედან გამომდინარე, ლითონის რღვევის თავისებურებას, ბუნებრივია, განსაზღვრავს თვით გარემო. არ არსებობს ისეთი ლითონი, რომელიც ყოველგვარი გარემოს მიმართ იჩენდეს კოროზიულ მედეგობას და არ ექვემდებარებოდეს ამა თუ იმ სახით რღვევის პროცესებს. როგორც აღვნიშნეთ, ოქრო, პლატინა, ვერცხლი ისეთი ლითონებია, რომლებიც ჩვეულებრივ პირობებში არ იჟანგებიან, მაგრამ თუხაფში ისინი ადვილად განიცდიან კოროზიას.

სპილენძი და მისი შენადნობები ფართოდაა გამოყენებული ონკანებისათვის, კარის სახელურებისათვის, სპეციალური დანიშნულების მილებისათვის, ურდულებისა და მრავალი სხვა საჭიროებისათვის. მაშასადამე, წყალი და ჰაერი, რომელთა მუდმივ გავლენას განიცდიან აღნიშნული ნაკეთობანი, ვერ იწვევენ სერიოზული ხასიათის რღვევას. ცნობილია, რომ სპილენძის ჭურჭლეულობის გამოყენება საკვები პროდუქტების დასამზადებლად მოკალვის გარეშე შეუძლებელია, რადგან ცხიმისანი პროდუქტების ხარშვის დროს, ადგილი აქვს რა ცხიმის დაშლას, ამ დაშლის ერთ-ერთ პროდუქტად გამოიყოფა ცხიმოვანი მჟავები. ესენი კი მოქმედებენ სპილენძზე და იწვევენ მწვანე ფერის შესაბამისი მარილების წარმოქმნას, რაც სპილენძის კოროზიის ნიშანია. წარმოქმნილი მარილები მოქმედებენ ადამიანის ორგანიზმზე, როგორც შხამიანი ნივთიერებები. სპილენძის ჭურჭლეული წყლის არეში პრაქტიკულად არ განიცდის კოროზიას, ხოლო იგივე სპილენძი ამონიაკის ხსნარში ადვილად იშლება. თუ ალუმინს, რომელსაც გადაკრული აქვს ჟანგის შრე, მოვათავსებთ ჰაერისა და წყლის არეში, იგი მედეგი აღმოჩნდება, მაგრამ ტუტისა და მრავალი სხვადასხვა მჟავას პირობებში ის ადვილად იშლება. უჟანგავი ფოლადი დიდ ქიმიურ მედეგობას იჩენს ტენიანი ჰაერის მიმართ, აზოტმჟავაში და მრავალ სხვა ნივთიერებაში, ხოლო მარილმჟავაში ჩქარა იშლება, განსაკუთრებით მაღალი ტემპერატურის პირობებში. ქრომი, რომელიც უჟანგავი ფოლადის ერთ-ერთი აუცილებელი შემადგენელი ლითონია, ადვილად იშლება განზავებულ მარილმჟავასა და გოგირდმჟავაში, ხოლო დამჟანგავ ნივთიერებათა არეში, სახელდობრ, აზოტმჟავაში, პასიურდება და პრაქტიკულად უცვლელი რჩება ხანგრძლივი დროის განმავლობაშიც კი. ლითონისა და გარემოს ურთიერთობის თავისებურება მარტო მოყვანილი მაგალითებით როდი ამოიწურება. საერთოდ მიღებულია, რომ ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესის ხასიათი და

მის შედეგად მიღებული პროდუქტების შედგენილობა და თვისებები განისაზღვრება ლითონისა და გარემოს ურთიერთქმედების თავისებურებით.

აღნიშნულიდან ცხადია, რომ როდესაც ვლავარაკობთ ამა თუ იმ ლითონის ანტიკოროზიულ თვისებებზე, აქ პირველ რიგში მხედველობაში უნდა მივიღოთ, თუ გარემოს როგორ პირობებთან გვაქვს საქმე. ცნებები: ქიმიურად აქტიური, ქიმიურად პასიური – შედარებითი ხასიათისაა და არავითარ შემთხვევაში ისინი აბსოლუტური ხასიათის ცნებებს არ წარმოადგენენ.

მნიშვნელოვანია სხვადასხვა ლითონის დამოკიდებულება ერთი და იმავე აგრესიული გარემოსადმი, მაგალითად, ალუმინი, თუთია, რკინა და ტყვია. თუ ამ ლითონების ზედაპირს ჟანგის შრეს ჩამოვაცილებთ და წყლის არეში მოვათავსებთ, მალე შევამჩნევთ, რომ ყველაზე უფრო ჩქარა კოროზიას დაექვემდებარება ალუმინი, შემდეგ თუთია, რკინა და ბოლოს ტყვია. ასეთივე კანონზომიერებას აქვს ადგილი, როდესაც ამ ლითონებზე მოქმედებს ჰაერი. მაშასადამე, აქ საქმე გვაქვს უკვე ლითონის რაობასთან, მის დამახასიათებელ ქიმიურ აქტიურობასთან კოროზიული არის მიმართ.

მეცნიერებაში საყოველთაოდ აღიარებულია, რომ აბსოლუტურად მედეგი ლითონი არ არსებობს. თუ ზოგიერთი ლითონის მიმართ ვამბობთ, რომ არის კოროზიამედეგი ან არამედეგი, აქ პირველ რიგში მხედველობაში გვაქვს ფარდობითობის პრინციპი, რადგან ერთი და იგივე ლითონი, როგორც ეს ზემოთ მოყვანილი მაგალითებიდან ჩანს, ერთ არეში შეიძლება იყოს მედეგი, ხოლო მეორეში არა. საერთოდ სხვადასხვა ლითონის კოროზიამედეგობის შედარებისათვის არსებობს სხვადასხვაგვარი სკალა. ყველაზე უფრო მიღებულია ის სკალა, რომლის მიხედვით ლითონი ითვლება სავესებით მედეგად იმ შემთხვევაში, თუ მისმა ერთი კვადრატული მეტრის ფართობმა ერთი წლის განმავლობაში აგრესიული არის გავლენით დაკარგა 0,1 გ-ზე ნაკლები წონა, ხოლო თუ დანაკარგი წონაში 0,3–10 გრამამდეა, ლითონი ითვლება ნაკლებად მედეგად. ზემოთქმულიდან შეგვიძლია გამოვიტანოთ დასკვნა - არ არსებობს ისეთი ლითონი, რომელიც ყოველგვარ გარემოში მედეგი იყოს.

როდესაც საუბარია ამა თუ იმ გარემოს შესახებ, მხედველობაშია მისაღები, რომ ერთი და იგივე გარემო, როგორც აგრესორი, ერთნაირად მოქმედებს ლითონის მიმართ. ავიღოთ, მაგალითად, ნიადაგი. ნიადაგი იწვევს სხვადასხვა ტექნიკური ლითონის და განსაკუთრებით რკინის, ფოლადისა და თუჯის ჩქარ დაჟანგვას. მაგრამ ეს იმას არ ნიშნავს, რომ კოროზიის სიჩქარე და მსვლელობის ხასიათი ერთნაირია. ერთი და იმავე მარკის წყალგამყვანი მილი მოვათავსოთ მიწის ქვეშ, ცხადია, რომ მიწა თავისი შედგენილობით და სტრუქტურით, ყველგან ერთნაირი არ არის, ზოგან ჭაობიანია, ზოგან სილნარი, ზოგან კი თიხნარი და ა.შ. კოროზიამედეგობა სხვადასხვა პირობებში მიღს სხვადასხვაგვარი აღმოაჩნდება.

გარემოს მიხედვით არჩევენ კოროზიას სითხეებში (ამაში შედის ელექტროლიტები და არაელექტროლიტები), კოროზიას ატმოსფეროში, გაზებში, მიწისქვეშა კოროზიას და ა.შ. კოროზიული რღვევის ყველაზე მეტი ნაირსახეობა გვხვდება სითხეებში. საკმარისია დავასახელოთ კოროზია მჟავებში, ტუტეებში, ზღვის, ტბისა და მდინარის წყალში, მინერალურ წყლებში, კოროზია ნავთობსა და მის პროდუქტებში და ა.შ. რაც შეეხება ატმოსფერულ კოროზიას, მას სითხეების მსგავსად რღვევის ნაირსახეობა არ გააჩნია. მიუხედავად ამისა, მისი გავრცელების მასშტაბი ყველაზე დიდია. გაზობრივ კოროზიას კი ადგილი აქვს მაღალი ტემპერატურის პირობებში გაზების მოქმედებისას, ამის მაგალითი მრავალი ქიმიური და მეტალურგიული ქარხნების პრაქტიკიდან. მიწისქვეშა კოროზიის მაგალითს გვაძლევს წყალგამყვანი, გაზგამყვანი, ნავთობგამყვანი და სხვა დანიშნულების მილები, მრავალი სხვადასხვა კონსტრუქცია, რომელთა გამოყენება გათვალისწინებულია მიწის არეში. გაზობრივი კოროზია და კოროზია არაელექტროლიტებში ეკუთვნის ქიმიური კოროზიის კლასს, ყველა დანარჩენი, მიუხედავად გარემოს პირობებისა, მიეკუთვნება ელექტროქიმიურ კოროზიას. განვიხილოთ ლითონთა კოროზია სხვადასხვა აგრესიულ არეში.

## 2. ლითონის კოროზია მჟავაში

ლითონები არა თუ სხვადასხვა მჟავაში, არამედ ერთსა და იმავე მჟავაში ერთნაირი სიჩქარითა და ერთნაირი სპეციფიკურობით როდი იხსნებიან. ავიღოთ, მაგალითად, აქტიურობის მწკრივიდან წყალბადის მარცხნივ მდებარე ლითონები. ყველა ისინი სხვადასხვა სიჩქარით მჟავადან გამოყოფენ წყალბადს (რაც უფრო მეტია ქიმიური აქტიურობა ლითონისა, იმდენად უფრო ინტენსიურად გამოყოფს იგი წყალბადს). მაგრამ ლითონები, რომლებიც წყალბადის მარჯვნივაა - სპილენძი, ვერცხლისწყალი, ოქრო, პლატინა და სხვ., მჟავასთან იჩენენ სხვადასხვაგვარ დამოკიდებულებას, სახელდობრ, სპილენძსა და ვერცხლისწყალზე გოგირდმჟავას მოქმედება გამოიწვევს არა წყალბადის, არამედ გოგირდოვანი გაზის გამოყოფას, ხოლო ოქროზე და პლატინაზე გოგირდმჟავას მოქმედებას არვითარი შედეგი არ მოჰყვება. აქედან ნათელია, რომ ყველა ლითონი ერთი და იმავე მჟავას მიმართ სპეციფიკურ ურთიერთობაშია.

ახლა განვიხილოთ საკითხი ლითონის ურთიერთობისა მჟავას კონცენტრაციასთან. თუ თუთიას მოვათავსებთ კონცენტრულ გოგირდმჟავაში, ვერავითარ ეფექტს ვერ მივიღებთ, მაგრამ საკმარისია წყალი დავუმატოთ და სურათი მკვეთრად შეიცვლება, თუთია სწრაფად გაიხსნება და წყალბადი დიდი სისწრაფით გამოიყოფა. თუ კონცენტრულ აზოტმჟავაში მოვათავსებთ, ვთქვათ, ფოლადის ფირფიტას, მაშინვე შევნიშნავთ, რომ რეაქციის დაწყების პროცესი სწრაფად

შეწყდება და ფირფიტა აზოტმჟავაში ხელუხლებელი რჩება. თუთია რომ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში არ გაიხსნა, ეს იმიტომ მოხდა, რომ რაც მეტია გოგირდმჟავას კონცენტრაცია, მით უფრო ნაკლებია თავისუფალი წყალბად-იონების რაოდენობა; ეს უკანასკნელი კი არის მთავარი ფაქტორი ლითონის ურთიერთქმედების სიჩქარისა მჟავასთან. რაც შეეხება მეორე პროცესს, იქ საქმე გვაქვს ლითონის ზედაპირზე დამცავი ფურჩის წარმოქმნასთან. საერთოდ აზოტმჟავა დამჟანგავი მჟავაა და ამის გამო მისი გავლენით იქმნება დამცავი შრე, რომელიც იცავს ლითონს მჟავას აგრესიული გავლენისაგან.

როდესაც ლითონის ხსნადობაზე საუბარი ლითონის არეში, აქ მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ ერთი და იგივე ლითონი ერთსა და იმავე კონცენტრაციის მჟავაში ერთნაირი სიჩქარით არ გაიხსნება. მაგალითისათვის ავიღოთ ქიმიურად სუფთა თუთია და ტექნიკური თუთია. ორივე შემთხვევაში საქმე გვაქვს ერთსა და იმავე ელემენტთან, მაგრამ, თუ ორივეს ცალ-ცალკე სინჯარაში მოვათავსებთ და მჟავათი ვიმოქმედებთ, შევნიშნავთ, რომ ტექნიკური თუთიის პირობებში წყალბადი ენერგიულად გამოიყოფა, ხოლო ქიმიურად სუფთა თუთიის პირობებში სრულიად ვერ ვამჩნევთ ანალოგიურ ეფექტს. შესწავლილია, რომ ტექნიკური თუთიის კოროზია, მაგალითად, გოგირდისა და მარილმჟავას ერთ ნორმალურ ხსნარში 7–11- ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე ქიმიურად სუფთა თუთიისა. გამოირკვა აგრეთვე, ისიც, რომ თუთია ყველა ტემპერატურის პირობებში, ტექნიკური იქნება ის თუ ქიმიურად სუფთა, უფრო ჩქარა განიცდის კოროზიას მარილმჟავაში, ვიდრე გოგირდმჟავაში. მჟავაში ტექნიკური თუთიის ხსნადობის ასეთი განსხვავებული სიჩქარის მიზეზი, ქიმიურად სუფთა თუთიასთან შედარებით, უნდა ვეძიოთ მინარევებში. საქმე იმაშია, რომ ტექნიკური ლითონები, თუთია იქნება იგი თუ სხვა, ყოველთვის შეიცავენ მინარევებს, რომლებიც ელექტროლიტის არეში კათოდის როლს ასრულებენ, ხოლო თვით ძირითადი ლითონი ანოდად იქცევა, რის გამო ხდება მისი ინტენსიური გახსნა.

როდესაც საუბარია მჟავიანობის არეში ლითონთა ხსნადობაზე, ამ დროს, გარდა კონცენტრაციის ფაქტორისა, მხედველობაში უნდა მივიღოთ ტემპერატურის ფაქტორიც.

კვლევებით დადასტურებულია, რომ ტემპერატურის მომატებით რკინის, ნიკელის, ალუმინის, თუთიის კოროზიის სიჩქარე მარილმჟავასა და გოგირდმჟავას ნორმალურ ხსნარებში განუწყვეტლივ იზრდება. ყველაზე მეტად კოროზია თუთიას დაეცობა, ხოლო ყველაზე ნაკლებად კალას. აღსანიშნავია ისიც, რომ ხსნადობის სიჩქარე უფრო მეტია მარილმჟავაში, ვიდრე გოგირდმჟავაში. ამრიგად, მჟავებში ლითონის ხსნადობა დამოკიდებულია როგორც ლითონის, ისე მჟავას რაობაზე, მჟავას კონცენტრაციაზე, მის თავისებურებებსა და ტემპერატურაზე.

### 3. ატმოსფერული კოროზია

ატმოსფერული კოროზია გარდამავალი საფეხურია ქიმიური კოროზიიდან ელექტროქიმიური კოროზიისაკენ. აქ კოროზიული პროცესები მიმდინარეობს არა ელექტროლიტის მთელ მოცულობაში, არამედ ტენის თხელ შრეში. უნდა აღინიშნოს, რომ ტენის შრე მარტო ქიმიურად სუფთა წყალი რომ ყოფილიყო, ცხადია, ის ვერ მოახდენდა დიდ გავლენას ლითონის კოროზიაზე. საქმე ისაა, რომ ლითონის ზედაპირზე არსებული ტენის შრე მინერალიზებულია, ე.ი. ასეთი შრეები ბუნებრივ პირობებში ყოველთვის შეიცავენ წყალში ამა თუ იმ რაოდენობით ხსნად მარილებს და გაზებს, რომლებიც ჰაერიდან შედიან შრეში და ამ უკანასკნელს აქცევენ ელექტროლიტად. ამ გზით წარმოქმნილი ელექტროლიტური შრე, თავის მხრივ, ლითონის ზედაპირზე არსებული მიკროკოროზიული ელემენტების შემაერთებელს წარმოადგენს. მაშასადამე, იმავე როლს ასრულებს, რასაც გამტარი გალვანურ ელემენტში. ამრიგად, ატმოსფერული კოროზიის დროს ტენის თხელი შრის ქვეშ მოქმედებაში მოდიან მიკროკოროზიული ელემენტები. რაც უფრო თხელდება შრის სისქე, იმდენად უფრო იზრდება ლოკალური კათოდების ეფექტურობა, რაც მეტწილად აიხსნება ჟანგბადის უფრო თავისუფალი შეღწევადობით ლითონის ზედაპირზე. ტენის შრის შეთხელებისას ადგილი აქვს ლოკალური ანოდების ეფექტურობის შესუსტებას, რადგან ელექტროლიტის შრის სისქის შემცირებასთან დაკავშირებით ხელსაყრელი პირობები იქმნება ანოდის პასიურობისათვის.

კოროზიის არც ერთი სახე ისე ფართოდ გავრცელებული არ არის, როგორც ატმოსფერული კოროზია. ლითონის დანაკარგის თითქმის 80%-მდე ატმოსფერულ კოროზიაზე მოდის და ეს გასაგებიცაა, რადგან მრეწველობის, სოფლის მეურნეობისა და ტრანსპორტის მრავალი მანქანა-იარაღი, კავშირგაბმულობისა და ნაირგვარი საინჟინრო ნაგებობანი გამოყენებულია ატმოსფეროს უშუალო შეხების პირობებში. ატმოსფერულ კოროზიას ექვემდებარება ლითონის უამრავი ნაკეთობა, რომლებიც ექსპლუატაციაშია, ინახება საწყობებში, ან იგზავნება ხმელეთის, ზღვისა თუ საჰაერო ტრანსპორტით. ატმოსფერული კოროზია, გარდა იმისა, რომ ლითონს ანადგურებს, ბევრ შემთხვევაში სხვა გზითაც გაცილებით უფრო მეტ ზიანს გვაყენებს.

ატმოსფერული კოროზია მთლიანად უცვლის ლითონის ზედაპირს გარეგან სახეს. ის იწვევს აგრეთვე ამა თუ იმ დეტალის ზომის შეცვლას, რის შედეგადაც ეს დეტალი თავისი დანიშნულებისათვის უკვე უვარგისი ხდება.

მრეწველობის განვითარებათან ერთად, მიუხედავად იმისა, რომ ბრძოლა კოროზიის წინააღმდეგ შესაბამისად ძლიერდება, ლითონის დანაკარგი მატულობს.



ეს გარემოება იმით აიხსნება, რომ სახალხო მეურნეობაში, ადამიანის ყოფაცხოვრების სფეროში ლითონის ნაკეთობანი ფართოდ იჭრება.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, კოროზიის არც ერთ სახეზე არ მოდის იმდენი დანაკარგი, რამდენიც ატმოსფერულ კოროზიაზე. ამიტომ ბრძოლას ატმოსფერული კოროზიის წინააღმდეგ აქვს დიდი მნიშვნელობა. ვიდრე ადამიანი ისწავლიდა ლითონის ნაკეთობათა გამოყენებას წყალქვეშ ან ნიადაგქვეშ, მან ჯერ ისწავლა ამ ნაკეთობათა გამოყენება ატმოსფეროს პირობებში. ასე, რომ ადამიანი უძველეს დროიდან გაეცნო ატმოსფერულ კოროზიას. ადამიანებმა უძველესი დროიდანვე ზეპირ მეტყველებაშიც გამოხატა თავისი აზრი ჟანგის მავნე მოქმედების შესახებ.

#### 4. ატმოსფერული კოროზიის მიზეზები

ატმოსფერული კოროზია და მისი სიჩქარე დაკავშირებულია რიგ ფაქტორებთან, რომელთა შორის მთავარია:

1. კლიმატური ფაქტორი, ისეთი ელემენტებით, როგორცაა ნალექების რაოდენობა, ფარდობითი ტენიანობა, ჰაერის ტემპერატურა, მზის სიკაშკაშე, ნისლის სიხშირე, ატმოსფეროს ელექტრობა და სხვ.

2. ლითონის ზედაპირთან ტენის შეხების ხანგრძლიობა.

3. ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების მდგომარეობა ( შერეული გაზები და მარილები);

4. ლითონის რაობა, მისი სტრუქტურა.

5. ლითონის ზედაპირის დამუშავების ხასიათი.

როდესაც ვსწავლობთ ატმოსფერული კოროზიის საკითხებს, აუცილებლად, პირველ რიგში კარგად უნდა გავეცნოთ კლიმატური ზონის თავისებურებას. მაგ. საქართველოში, ერთი და იგივე ლითონი კოროზიას ერთნაირად როდი განიცდის. ყველასათვის ცნობილია, რომ დასავლეთ საქართველოში ტენიანობა მეტია, ვიდრე აღმოსავლეთში. ამის მიხედვით, ცხადია, რომ კოროზიის გავლენით ნაკეთობანი უფრო მეტად ზიანდება დასავლეთ საქართველოში, კიდევ მეტი, როგორც აღმოსავლეთი, ისე დასავლეთი საქართველო, რამდენიმე კლიმატურ ზონას მოიცავს, მაშასადამე ლითონთა კოროზიაც ამის შესაბამისად სხვადასხვაგვარია. ჩვენში კლიმატური პირობების ამგვარი მდგომარეობა დაკავშირებულია გარკვეულ გეოგრაფიულ თავისებურებასთან. საქართველოს ტერიტორიაზე გვხვდება კლიმატი–დაწყებული ზღვის ნოტიო სუბტროპიკულიდან, დამთავრებული მუდმივი თოვლის ცივი კლიმატით, რაც საერთოდ იშვიათ მოვლენას წარმოადგენს. როგორც საკითხის შესწავლამ გვიჩვენა, ერთსადაიმავე კლიმატურ ზონაში ლითონთა

კოროზია ერთგვარად განსხვავებულია, ასე მაგალითად, ქ. ბათუმის ახლოს, დასავლეთით კახაბრის მიდამოებში და აღმოსავლეთით მწვანე კონცხის მიდამოებში ლითონთა ჟანგვა ერთნაირი არაა. მწვანე კონცხის არეში უფრო ენერგიულად იჟანგება ფოლადის ფირფიტები, ვიდრე კახაბრის მიდამოებში. ატმოსფერულ კოროზიაში, როგორც ეს გამოკვლევამ გვიჩვენა, საკმაოდ მნიშვნელოვანი როლი აქვს ქარის ძალასა და მიმართულებას, ნაგებობის ადგილმდებარეობას. ასე, მაგალითად, ბათუმის მიდამოებში მდებარე ზოგიერთი შენობის სახურავი ერთნაირად არ იჟანგება. ის მხარე სახურავისა, რომელიც მიმართულია ზღვისაკენ, უფრო დაზიანებულია კოროზიით, ვიდრე იმავე სახურავის მოპირდაპირე მხარე.

ამრიგად, ზღვის ტენიან ატმოსფეროს პირობებში კოროზიის ინტენსივობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი ზღვის მტვერში არსებული ელემენტების კოროზიულ აქტიურობასა და ქარის მიმართულებაში უნდა ვეძიოთ.

ლითონის კოროზია დაკავშირებულია ტენიანობასთან. ტენიანობის გარეშე კოროზიის პროცესი არ მიმდინარეობს.

იმის მიხედვით, თუ როგორია ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა, პირობით არჩევენ ატმოსფერული კოროზიის სამ ტიპს, რომლებიც პროცესის მიმდინარეობის მექანიზმების მიხედვით ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან.

**1. სველი ატმოსფერული კოროზია**, რომელსაც ადგილი აქვს მაშინ, როდესაც ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 100%-ია, ე.ი. როდესაც ლითონის ზედაპირზე შეუიარაღებელი თვალითაც ნათლად ჩანს ტენის შრე.

**2. ტენიანი ატმოსფერული კოროზია**, როდესაც ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 100%-ზე ნაკლებია. ამ დროს ლითონის ზედაპირზე კაპილარული, ადსორბციული ან ქიმიური კონცენტრაციის შედეგად იქმნება ელექტროლიტის თხელი შრე, რომელიც უბრალო თვალთ არ ჩანს. ამგვარი კოროზიის მაგალითს იძლევა რკინის ჟანგვა.

**3. მშრალი ატმოსფერული კოროზია**, ეს ისეთი კოროზიაა, როდესაც ტენის ფაქტორი ლითონის ზედაპირზე გამორიცხულია.

ატმოსფერული კოროზიის სამივე ტიპი, როგორც წესი, ყოველთვის გვხვდება პრაქტიკაში. მათ შორის ბევრია გარდამავალი საფეხური. ასე, რომ მკვეთრი ზღვარის გავლება ტიპთა შორის არ შეიძლება, რადგან ნაკეთობამ, რომელიც დასაწყისში განიცდიდა მშრალ ატმოსფერულ კოროზიას, შეიძლება შემდეგ საფეხურზე მოგვცეს ტენიანი ატმოსფერული კოროზიის ტიპობრივი მაგალითი, რაც უნდა მიეწეროს კოროზიის შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტების ჰიგროსკოპიულობას, ხოლო იმავე ნაკეთობას თუ უშუალოდ შეეხო წყლის წვეთი, ამის შემდეგ კოროზია წარმოიქმნება სველი ატმოსფერული ტიპის მექანიზმის მიხედვით, ხოლო შემდეგ თანდათანობით გამოშრობის შედეგად კოროზია კვლავ წარიმართება ტენიანი ატმოსფერული კოროზიის ტიპის მექანიზმის მიხედვით. ასე,

რომ ბუნებრივ პირობებში თავისთავად არსებობს შესაძლებლობა ატმოსფერული კოროზიის ტიპების ურთიერთში გადასვლისათვის.

ატმოსფერული კოროზიის სიჩქარე, როგორც წესი, ყოველთვის გარკვეულ დამოკიდებულებაშია ლითონის ზედაპირზე არსებული ტენის შრის სისქესთან.

ტენიანობა კოროზიის დაწყებისა და მისი შემდგომი მიმდინარეობისათვის აუცილებელი პირობაა, მაგრამ ისიც ცხადია, რომ მარტო ტენიანობა ვერ იქნება კოროზიის ერთადერთი მიზეზი სუფთა ჰაერის პირობებში.

ატმოსფერული კოროზიის ერთ-ერთი ფაქტორი ჰაერის გაჭუჭყიანებაა. რაც უფრო მეტია ჰაერში გარეშე მინარევები, მყარი (მარილისა და მტვერის ნაწილაკები) თუ გაზობრივი ნივთიერების სახით, კოროზია მით უფრო ინტენსიური ხასიათისაა (მით უმეტეს, თუ ჰაერი ტენიანია), მაგალითად, კოროზია მეტი სიჩქარით მიმდინარეობს ლონდონში, ვიდრე ციურიხში, მიუხედავად იმისა, რომ ორივე ქალაქში ჰაერის ერთნაირი ტენიანობაა. ეს აიხსნება იმით, რომ შვეიცარიაში გაცილებით ნაკლებად წვავენ ნახშირს, რომლის წვის შედეგად გამოიყოფა ისეთი აგრესიული გაზები, როგორც არის გოგირდოვანი გაზი, ნახშირორჟანგი და ნახშირის მყარი ნაწილაკები.

დიდი ქალაქებისა და სამრეწველო რაიონების ატმოსფეროში, გარდა წყლის ორთქლისა, შედის ზემოთ ანიშნული ნივთიერებები. ასე, მაგალითად, მიწის ერთ კვ. მეტრზე წელიწადში საშუალოდ ატმოსფეროს ნალექებთან ერთად ჩამოდის დაახლოებით 67 გრ გოგირდოვანი ნაერთი. განსაკუთრებით ძლიერ აგრესიულია ქიმიური ქარხნების რაიონების ატმოსფერო.

ამრიგად, ატმოსფერული კოროზია შედეგია არა მარტო ტენიანობის გავლენისა, არამედ რიგი აგრესიული გაზებისა, როგორცაა: გოგირდოვანი გაზი, ნახშირორჟანგი, გოგირდწყალბადი, აზოტის ორჟანგი, მტვერი და სხვ. გაზებს შორის ყველაზე აგრესიული ფოლადისადმი გოგირდოვანი გაზია, რომლის მცირე რაოდენობა დიდად აჩქარებს ატმოსფერულ კოროზიას.

ატმოსფერულ კოროზიაში დიდი მნიშვნელობა აქვს მტვერს, რომელიც ჰიგროსკოპულობის გამო ახდენს ტენის აკუმულაციას. მტვერს თავისი კოროზიული აქტიურობის მიხედვით ყოფენ ორ ჯგუფად: 1. კოროზიულად აქტიური ნაწილაკების შემცველი ჯგუფი; ეს მეტწილად მარილთა ნაწილაკებია, მაგ., სუფრის მარილის, გოგირდმჟავა ნატრიუმის; ასეთი მარილები მეტწილად ზღვის განაპირა მიდამოებშია. 2. კოროზიულად არააქტიური ნაწილაკები, რომლებიც ახდენენ კოროზიულად აქტიური გაზების ადსორბციას ჰაერიდან. ასეთ ნაწილაკებს მიეკუთვნება პირველ რიგში ჰვარტლის ნაწილაკები, რომლის თანაარსებობა ძლიერ აჩქარებს კოროზიას. გარდა აღნიშნული ქვეჯგუფებისა, არის კიდევ ჯგუფი ნაწილაკებისა, რომლებიც კოროზიულად არააქტიურნი არიან, ისინი არ ახდენენ კოროზიულად აქტიური გაზების ადსორბციას.

ჰაერში არსებული სხვადასხვა მინარევები კოროზიის დაჩქარებას იწვევენ, მაგრამ ეს არ უნდა გავიგოთ ისე, თითქოს ყველა მინარევი ერთნაირად მოქმედებდეს სხვადასხვა ლითონზე. ასე, მაგალითად, საკმარისია ჰაერში ამონიაკი მცირე რაოდენობით, რომ თავი იჩინოს სპილენძისა და მისი შენადნობების ინტენსიურმა კოროზიამ, ხოლო ამავე პირობებში ნიკელი სრულიად უვნებელი რჩება. კეთილშობილი ლითონები ჩვეულებრივ პირობებში კოროზიას არ განიცდიან, მაშინ, როდესაც ტექნიკური ლითონები ადვილად ექვემდებარებიან ამ პროცესს. მრავალი ცდით დასაბუთებულია, რომ სხვადასხვა შედგენილობის ფოლადი ერთსა და იმავე პირობებში ერთნაირად არ იჟანგება.

ყველა ლითონის კოროზია ერთნაირი სიჩქარით არ ხდება. რკინაში კოროზიის სიჩქარე დასაწყისში დიდი არ არის, ხოლო შემდეგ იგი თანდათანობით იზრდება. რაც შეეხება ფერად ლითონებს, მაგ., ალუმინსა და თუთიას, აქ პირიქით, დასაწყისში მათი კოროზია საკმაოდ ინტენსიურია, ხოლო შემდეგ, როდესაც ამ ლითონების ზედაპირზე წარმოიქმნებიან კოროზიის პროდუქტები, რომლებიც იმავე დროს დამცავ ფურჩებს წარმოადგენენ, კოროზია პრაქტიკულად წყდება. ეს გარემოება იმით აიხსნება, რომ ეს ფურჩი მეტად კომპაქტურია. ამის გამო მისი ჰიგროსკოპულობა პრაქტიკულად უმნიშვნელოა, ხოლო რაც შეეხება იმ ფურჩს, რომელიც რკინის ზედაპირზე წარმოიქმნება, მას კომპაქტურობა არ ახასიათებს, ის ფორებიანია, რის გამოც მისი ჰიგროსკოპულობა მეტია, ამიტომაც კოროზიაც გაცილებით მეტი სიჩქარით მიმდინარეობს. რაც შეეხება ლითონის ზედაპირის დამუშავების მდგომარეობას, მას უდავოდ დიდი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფერული კოროზიის სიჩქარეში. ასე, მაგალითად, რაც უფრო გაპრიალებულია ლითონის ზედაპირი, მით უფრო სუსტად იკიდებს ფეხს მასზე კოროზია. ეს გარემოება იმითაა გამოწვეული, რომ ასეთ პირობებში დიფერენციალური აერაციის შესაძლებლობა გაცილებით ნაკლებია. საერთოდ ცნობილია, რომ რაც უფრო არასწორია ლითონის ზედაპირი, იმდენად უფრო ჩქარია მისი კოროზია, რადგან ასეთ ზედაპირზე გაცილებით მეტია ე.წ. მწვერვალები და ვარდნილები, რომლებიც განაპირობებენ დიფერენციალური აერაციის წყვილების წარმოქმნას, რომლებსაც, როგორც წესი, შედეგად მოსდევს გალვანური წყვილების ამოქმედება და ელექტროქიმიური კოროზიის დაჩქარება.

## 5. ატმოსფერული კოროზიის მექანიზმი

ატმოსფერული კოროზიის მექანიზმის შესწავლის საკითხზე როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ ბევრი მკვლევარი მუშაობდა და ამჟამადაც მუშაობს, საკითხის დიდი აქტუალურობის გამო. ამ საკითხთან დაკავშირებით არსებობს ზოგიერთი თეორიული დებულება, რომლებიც ძირითადად ჩამოყალიბებულია შემდეგნაირად:

1. ყველა ლითონის ზედაპირი ჰაერის ატმოსფეროს პირობებში უმაღლესი იფარება მისი ჟანგეულის ფურჩით. ფურჩის სისქის დიაპაზონი მეტად დიდია, დაწყებული მონომოლეკულურიდან, დამთავრებული თვალსაჩინო ფურჩით.

2. რკინისა და ფოლადის ზედაპირზე წარმოქმნილი ოქსიდური ფურჩი თავისი წარმოშობის პროცესის მიხედვით შედგება რკინის სხვადასხვა ჟანგეულისაგან.

3. ტენიან ატმოსფეროში ფურჩის შედგენილობა გარდამავალი ხასიათისაა და როგორც წესი, ყოველთვის შეიცავს კონდენსირებული ტენის გარკვეულ რაოდენობას.

4. კოროზიის დაწყებას წინ უსწრებს ატმოსფეროს აგრესიული ფაქტორების შთანთქმა ტენის შრის მიერ. იმის მიხედვით, თუ როგორია მათი თვისება, ისინი შეიძლება შევიდნენ ქიმიურ ურთიერთობაში ფურჩის შემადგენელ ნაწილებთან ან გამოიწვიონ მასში ელექტროქიმიური კოროზია.

5. ატმოსფეროში შეტივნარებული მყარი სხეულის წყალში ხსნადი ნაწილაკების სუფრის მარილი, კალიუმის ქლორიდი, ბრომიდი და სხვ. ტენიან ფურჩში თავიანთი კოოზიული მოქმედებით გახსნილი გაზების ანალოგიურია და თუ ლითონის ზედაპირზე ხდება დალექვა წყალში უხსნადი ისეთი ნაწილაკებისა, როგორცაა ნახშირისა და სილიკატური ან სხვა წარმოშობის მტვერი, ასეთი ნაწილაკები ტენის პირობებში ლითონის ზედაპირზე ქმნიან მიკროგალვანურ წყვილებს, რაც თავის მხრივ, ელექტროქიმიური კოროზიის დასაწყისის საწინდარია.

6. ატმოსფეროს პირობებში ლითონის კოროზიული რღვევა იწყება ოქსიდური ფურჩის რღვევიდან, ამ დროს ატმოსფეროს აგრესიული ფაქტორები იჭრებიან დაზიანებული ფურჩის ადგილებში და იწვევენ ლითონის გამლიერებულ კოროზიას.

7. თუ ატმოსფეროს ტენიანობა ნაკლებია 65-70%-ზე და ჰაერში არ არის ისეთი ძლიერი აგრესიული გაზები, როგორცაა გოგირდოვანი გაზი, აზოტის ორჟანგი და სხვ. მაშინ ლითონის ზედაპირზე ოქსიდური ფურჩი კი არ ირღვევა, არამედ პირიქით, თუ სათანადო პირობები ექნა, უფრო განმტკიცდება კიდეც და ლითონის საიმედო დამცველად იქცევა, ხოლო თუ ატმოსფეროს ტენიანობა 80%-ზე მეტია, მაშინ ოქსიდური ფურჩი ირღვევა, რის შედეგადაც ადვილად ხდება ტენის შეჭრა ლითონის შიშველ ზედაპირზე. ამ დროს კი კოროზია ინტენსიურ ხასიათს იღებს. საერთოდ, რიგ ავტორთა მიერ შესწავლილია, რომ როდესაც ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 65%-ს სცილდება, იწყება კოროზია.

ამჟამად კოროზიული სადგურების ქსელის გაფართოებასთან დაკავშირებით გვხვდება დიდძალი მასალა ატმოსფერული კოროზიის საკითხების შესახებ, და რამდენადაც ამ სახის კოროზია დაკავშირებულია კლიმატურ პირობებთან, ბუნებრივია მომწიფდა საკითხი ლითონთა და მათ შენადნობთა ატმოსფერული კოროზიის რუკის შედგენისა კლიმატური ზონების მიხედვით. ასეთი რუკა

მკვლევარის ხელში ჩინებული კომპასი იქნება ატმოსფერული კოროზიის რთულ საკითხებში ორიენტირებისათვის.

## 6. ბიოლოგიური ფაქტორების როლი მიწისქვეშა კოროზიაში

ნიადაგი თავისი არსით ორგანული სხეულია და, აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ მიწისქვეშა კოროზიის ყველა საკითხი აუცილებლად განხილული უნდა იქნეს თვით ნიადაგის ბიოლოგიასთან უშუალო კავშირში. ნიადაგის შედგენილობის ცვალებადობაში დიდ როლს ასრულებენ ბაქტერიები და ამის გამო მათი გავლენა მიწისქვეშა კოროზიაზე საკმაოდ საგრძნობი და საყურადღებოა. აქამდე ნიადაგის ბიოლოგიურ ფაქტორებს ნაკლები ყურადღება ექცეოდა კოროზიის საკითხების განხილვაში, მაგრამ დღეს სავსებით ნათელი გახდა, რომ გვერდის ავლა ამ საკმაოდ მნიშვნელოვანი ფაქტორისადმი უქველად შეცდომაა. ამიტომაც, რომ ახლა მრავალი მკვლევარი მუშაობს ამ საკითხზე. გაკვირვებას იწვევდა დიდხანს ის ფაქტი, რომ წყლისა და ჰაერის ცუდად გამტარ თიხის ზონაში რიგ შემთხვევაში ლითონის ნაკეთობანი საგრძნობლად იყო დაზიანებული. როგორც შემდეგ გამოირკვა, ამ მოვლენის მიზეზი ბაქტერიებია. ბაქტერიები თავიანთ სასიცოცხლო პროცესებთან დაკავშირებით გამოიმუშავენ გოგირდწყალბადს, რომელიც კოროზიის საგრძნობ ფაქტორს წარმოადგენს, მაგრამ ბაქტერიებს ყოველგვარ პირობებში არ შეუძლიათ იყვნენ კოროზიის დამაჩქარებელი. როგორც კვლევებით დადასტურდა, მიკროორგანიზმები ზიანს აყენებს ლითონის ნაკეთობებს ორი გზით. ორივე გზა დაკავშირებულია მათ სასიცოცხლო პირობებთან. სახელდობრ: მიკროორგანიზმები იწვევენ დამცავი ფურჩების დაშლას და ამის შემდეგ უშუალოდ მოქმედებენ კოროზიის დაჩქარების მიმართულელებით. თუ ნაკეთობა დაცულია ისეთი ორგანული ნივთიერებით, როგორცაა ქაღალდი, ქსოვილი და მათი მსგავსი, ასეთი ბაქტერიების მოქმედების შედეგად კოროზიის სიჩქარეც მეტი იქნება, რადგან ამ ნივთიერებებს ისინი საკვებად იყენებენ. ამ გარემოებას საბოლოოდ მივყავართ ლითონისა და აგრესიული არის უშუალო კონტაქტისაკენ, ამიტომაც უნდა შევეცადოთ, შევარჩიოთ ფონებისათვის ისეთი მასალები, რომლებიც ბაქტერიებისათვის საკვებად არ გამოდგება, მაგალითად ასეთია ქვანახშირის ფისები. ზოგიერთი სახის ბაქტერია მედეგი აღმოჩნდა როგორც რადიაციისადმი, ისე ანტიბიოტიკების მიმართ. ბევრი ბაქტერია ლითონის ზედაპირზე წარმოქმნის ორგანული მჟავების საგრძნობ რაოდენობას, რაც ხელს უწყობს ლითონის ნაკეთობათა კოროზიის დაჩქარებას. ბაქტერიების ცხოველუნარიანობა ხელსაყრელ პირობებს ქმნის უამრავი მიკროელემენტის წარმოქმნისათვის.

ანაერობული კოროზია, ანუ როგორც მას სხვაგვარად უწოდებენ ბიოლოგიური კოროზია, მოქმედებს ისეთ ნიადაგებში, სადაც ჰაერის შეღწევადობა

მეტად მცირეა ან პრაქტიკულად სრულიად უმნიშვნელო, მხოლოდ საჭიროა ბაქტერიებისათვის ნიადაგი შეიცავდეს გოგირდმჭავას სრულ მარილებს—სულფატებს, სხვაგვარად ისინი ვერ შეძლებენ გოგირდწყალბადისა და რკინის სულფიდის წარმოქმნას. თუ რკინის ან ფოლადის კოროზია მიმდინარეობს ჟანგბადთან კონტაქტის პირობებში, მაშინ, ცხადია, თეორიული თვალსაზრისით კოროზიის პროცესი ადვილი გასაგებია. ჟანგბადი ასეთ პირობებში ასრულებს დეჰოლარიზატორის როლს ლითონის ზედაპირის კათოდის უბნებზე. ბაქტერიების მოქმედების ხასიათი შედარებით უფრო რთულია. თიხნარი ნიადაგები, რომლებიც ხასიათდებიან სუსტი აერაციით, კოროზიას ნაკლებად უნდა უწყობდნენ ხელს, მაგრამ ზოგ შემთხვევაში ასე არ ხდება. როგორც აღვნიშნეთ, ასეთ პირობებში საქმე გვაქვს ბაქტერიებთან, რომელთაც გააჩნიათ უნარი არა მარტო იარსებონ ანაერობულ მდგომარეობაში, არამედ კარგად გრძნობენ თავს ძლიერ დაბალი ტემპერატურის პირობებშიც კი. მათ შეუძლიათ თავისუფლად არსებობა მარილიან გარემოში, თუ მარილთა შემცველობა 20%-მდეა. ამგვარ მდგომარეობაში მათ შესწევთ უნარი არა მარტო არსებობის, არამედ გამრავლებისაც, ისეთ პირობებშიც კი, სადაც სულფატების შემცველობა, რაზედაც დამოკიდებულია ძირითადად მათი არსებობა, ძლიერ მცირეა.

ბაქტერიები წყვეტენ თავიანთ კოროზიულ მოქმედებას, თუ დეტალი დაფარულია ბეტონის გარსით. ეს გარემოება უთუოდ იმითაა გამოწვეული, რომ ლითონისა და ცემენტის შეხების საზღვარზე იქმნება ტუტე რეაქცია, რომლის კ-ის რიცხობრივი მაჩვენებელი საკმაოდ დიდია. ძველ ნაგებობათა დანგრევის დროს ბეტონში ჩართული რკინის ჩონჩხი ჩინებულადაა შენახული, გამსაკუთრებით მშრალ კლიმატურ პირობებში. ამ მოვლენის მთავარი მიზეზი იმაშია, რომ ლითონისა და ცემენტის ურთიერთობისას იქმნება საკმაოდ საგრძნობი ტუტე არე, რომელშიც ბაქტერიებს უკვე არ ძალუძთ კოროზიული პროცესის აღძვრა.

ბაქტერიების მიზეზით მასალათა ქიმიურ რღვევას ბიოკოროზია ეწოდება. როგორც რიგი გამოკვლევებით დადასტურდა, არსებობენ ე.წ. რკინის ბაქტერიები, რომლებიც რკინას შლიან ისევ მათ მიერ გამოყოფილი პროდუქტების ზემოქმედებით; ისინი რკინის იონებს თვითონ ითვისებენ თავიანთი ფიზიოლოგიური პროცესებისათვის.

ამრიგად, როდესაც საქმე გვაქვს მიწისქვეშა რაიმე ნაგებობების მოწყობასთან, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული კოროზიის ბიოლოგიური ფაქტორები.

## 7. მიწისქვეშა კოროზიისაგან დაცვის ხერხები

მიწისქვეშა კოროზიას ებრძვიან სხვადასხვა ხერხით, სახელდობრ, შეარჩევენ ანტიკოროზიული თვისებების მატარებელ მასალას ან ლითონის ზედაპირს

დაფარავენ რაიმე ანტიკოროზიული მასალით, შეიძლება ლითონი დავიცვათ აგრეთვე ნიადაგის წინასწარი დამუშავებით. დაცვა ხდება ელექტროქიმიური ხერხითაც. ყველაზე გავრცელებული ხერხი მიწისქვეშა კოროზიის წინააღმდეგ ბრძოლისა არის წყალგაუმტარი დამცავი ფურჩების გატარება ლითონის ზედაპირზე, ასეთია, მაგალითად, ნავთობბიტუმის მინერალური მინარევები. ლითონის კონსტრუქციები და კერძოდ ტყვიის კაბელი შეიძლება დავიცვათ ჰიდროიზოლაციური მასალებით, როგორცაა პლასტმასები და რეზინი. მიწისქვეშა პირობებში ლითონის ნაგებობათა დაცვა ლაქსაღებავებით ვერ აღწევს მიზანს, რადგან დამცავი ფურჩები მალე ძველდება, სკდება და ადვილად სცილდება ლითონის ზედაპირს. პრაქტიკაში მიღების დასაცავად ხშირად იყენებენ მიწისქვეშა კოროზიისაგან ნიადაგის დამუშავების ხერხს. ეს იმაში მდგომარეობს, რომ თუ მჟავე ნიადაგია, მისი აგრესიულობის თავიდან აცილების მიზნით იყენებენ კირს, რომელიც ანეიტრალებს ნიადაგის მჟავიანობას. მიმართავენ აგრეთვე ამოღებული აგრესიული გრუნტის ნაცვლად რაიმე ნეიტრალური მასალის ჩაყრას. ისეთ ნიადაგებში, რომლებიც ელექტროდენის კარგი გამტარი არიან, ლითონის დანადგარები ძლიერ ჩქარა განიცდიან კოროზიას, მით უმეტეს, თუ ისინი ახლოს არიან ელექტროხაზებიდან. ასეთ პირობებში, გარდა დამცავი ფურჩების, ყველაზე კარგი საშუალებაა ელექტროდაცვა, რომელიც შეიძლება იყოს სხვადასხვა სახის. მაგალითად, მოხეტიალე დენის წინააღმდეგ იბრძვიან სხვადასხვა ხერხით, რომელთა შორის აღსანიშნავია ე.წ. ელექტროდრენაჟის ხერხი. ამ ხერხის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ მიწისქვეშა ყველა დანადგარს უერთებენ ერთმანეთს გამტარებით სპეციალურ მავთულში, რის გამოც დენის გადასვლა მილიდან ან კაბელიდან ნიადაგში არ ხდება და ამით ლითონის რღვევაც წყდება. გარდა ამ ხერხისა, რომელსაც სხვაგვარად დრენაჟულ დაცვას უწოდებენ, არსებობს კიდევ ისეთი ხერხი, როდესაც ანოდურ პროცესს ან სრულიად შეწყვეტენ, ანდა ძლიერ შეაფერხებენ. მიწისქვეშა ნაგებობათა დაცვის რიგ საშუალებათა შორის მთავარია ელექტროდაცვა და ბიტუმის გამოყენება.

მიწისქვეშა ნაგებობათა კოროზიისაგან დასაცავად განსაკუთრებით ამ ბოლო ხანებში საკმაოდ ფართოდ გახდა ცნობილი კათოდური დაცვა, რომელიც პირველად 1824 წელს გამოყენებულ იქნა ინგლისელი მეცნიერის დევის მიერ გემის კორპუსის სპილენძის გარსამოსის დასაცავად. ამ მიზნით მან გარსამოსს მიამაგრა თუთია, როგორც სპილენძთან შედარებით უარყოფითი ელექტროპოტენციალის მქონე მასალა. კათოდური დაცვის თანდათანობით ფართოდ დანერგვას ტექნიკაში ხელი შეუწყო მისმა მთელმა რიგმა უპირატესობამ როგორც ტექნიკური, ისე რენტაბელობის თვალსაზრისით. კათოდურ დაცვას ახდენენ ორი გზით: დასაცავ ნაკეთობაზე ახდენენ გარედან ელექტროდენის ზედდადებას, ანდა ხელოვნურად შექმნიან დიდ გალვანურ ელემენტებს, რომლებშიც კათოდი იქნება დასაცავი



ნაკეთობა. ასეთ დაცვას ეწოდება პროტექტორული. გარედან დენის ზედდადების გზით დაცვის ხერხს სხვაგვარად ელექტროდაცვას უწოდებენ, უფრო ზუსტად კათოდურს.

კოროზიისაგან მილების დასაცავად ფართოდ გამოიყენება ნავთობის ბიტუმი, როგორც კარგი საიზოლაციო საშუალება. იგი სხვა საიზოლაციო მასალებთან შედარებით, უფრო უნივერსალურია. ამიტომ მას იყენებენ სხვადასხვა აგრესიულ არეში მოთავსებულ ნაკეთობათა დასაცავად. იმის მიხედვით, თუ როგორი ნივთიერებიდან წარმოდგება, ბიტუმი სხვადასხვაგვარია, მათ შორის ყველაზე უფრო ცნობილია ნავთობის ბიტუმი, რომელსაც ღებულობენ მძიმე ფისოვანი ნავთობებიდან. ასეთი ბიტუმით დაცულია კოროზიისაგან ასობით ათასეული კილომეტრის სიგრძის მილსადენები და მიწისქვეშა ზოგიერთი ნაგებობა. ბიტუმში შედის 80–85% ნახშირბადი, 15%-მდე წყალბადი, დანარჩენი ქანგბადი, აზოტი და გოგირდია.

საერთოდ კოროზიისაგან ნაკეთობათა დაცვისათვის დამცველი ნივთიერებები და მათ შორის ბიტუმიც, შემდეგი ძირითადი თვისებებით უნდა ხასიათდებოდეს: მათ უნდა გააჩნდეთ წყალგამტარობის და კარგი ადჰეზიის თვისებები, უნდა იყვნენ სტაბილური კოროზიული არის მიმართ, უნდა გააჩნდეთ პლასტიკურობის, ლითონის მიმართ ინერტულობის და მექანიკური სიმტკიცის უნარი; გარდა ამისა, ისინი ადვილი გამოსაყენებელი უნდა იყვნენ.

ცხადია, ბიტუმის გარდა ცნობილია სხვა საშუალებებიც, რომლებიც თავიანთი დამცველუნარიანობით ბიტუმს ბევრად სჯობნიან, მაგრამ ჯერჯერობით გამოყენებაში არ არიან სიძვირის გამო. ვინაიდან ნიადაგის სტრუქტურის ნაირგვარობა იწვევს მაკროწყვილების წარმოქმნას, კოროზიის თავიდან ასაცილებლად შეიძლება ლითონის ნაკეთობის ზედაპირთან შევქმნათ ნიადაგის დაახლოებით ერთგვაროვანი გარემო, რაც ხელს შეუწყობს კონსტრუქციათა ექსპლუატაციის გახანგრძლივებას.

## **8. ზღვის წყლის შედგენილობა და მისი კოროზიული მოქმედება**

ზღვის წყალი ყველა ბუნებრივი წყლისაგან გამოირჩევა თავისი დამახასიათებელი შედგენილობითა და საერთო მარილიანობით. შესწავლილია, რომ მარილიანობა ოკეანეებისა და ღია ზღვებისა დაახლოებით ერთნაირია, ხოლო დახურული ზღვების მიმართ ამის თქმა არ შეიძლება. ასე, მაგალითად, შავი ზღვის მარილიანობა 1,7–1,9% აღწევს, ბალტიის ზღვისა კი 1,8–2,5%, კასპიის ზღვის

1,0–1,5%, აზოვის ზღვის 0,9–1,2%, წყნარი ოკეანის მარილიანობა მერყეობს 3,4–3,7%-ებს შორის.

ასეთი განსხვავება მარილიანობაში დაკავშირებულია რიგ გარემოებასთან, სახელდობრ, უნდა იქნას მხედველობაში მიღებული თვით ზღვის გეოგრაფიული ადგილმდებარეობა, როგორია ზღვა, დახურულია თუ არა, როგორია მდინარეთა წყლის საერთო რაოდენობა და მისი მარილიანობა, როგორია კლიმატური პირობები და ა.შ. თუ ზღვისა და ოკეანის წყლის მარილიანობა მერყეობს საკმაოდ ფართო შუალედებში, სამაგიეროდ მშრალი ნაშთის შედგენილობა შედარებით მუდმივია.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზღვის მარილიანობა ყველა ზონაში ერთნაირი არ არის; ასე, მაგალითად, სანაპირო ზოლში ზღვის წყალი შედარებით ნაკლებ მარილიანია, რადგან მდინარეთა შენაკადები იწვევს წყლის გამტკნარებას; გარდა ამისა, სიღრმის მიხედვითაც არის განსხვავება მარილიანობაში. ქვედა ფენებში ზღვის წყალი მეტი მარილიანობით ხასიათდება, ვიდრე ზედა ფენებში, რაც გამოწვეულია როგორც მდინარეების გავლენით, ისე ატმოსფერული ნალექებით. იმის გამო, რომ ზღვის წყალი ხასიათდება მარილიანობით (მარილიანობა ეწოდება 1 კგ ზღვის წყალში მყარ ნივთიერებათა რაოდენობას გამოსახულს გრამებში) და კარგად დისოცირებულია, ზღვის წყლის არეში შექმნილია ხელსაყრელი პირობები ელექტროქიმიური კოროზიისათვის.

ზღვის წყლის ძლიერი აგრესია ლითონებისადმი გამოწვეულია ძირითადად ქლორიონების სიჭარბით; ეს იქიდანაც ჩანს, რომ რკინის, თუჯის, მცირედ და საშუალოდ ლეგირებული ფოლადის მიმართ პასიური მდგომარეობის მიღწევა შეუძლებელი გახდა. უჟანგავი ფოლადიც კი, რომელიც ყველა სახის ფოლადთან შედარებით ზღვის წყალში ანტიკოროზიულობით ხასიათდება, ვერ გაექცა ზღვის წყლის აგრესიულობას და მის ზედაპირზე აღმოჩნდა პიტინგური კოროზია. გარდა მარილებისა და მათი დისოციაციის მაღალი ხარისხისა, ზღვის წყლის აგრესიულობას მისი აერაციაც აძლიერებს, რომელიც ხორციელდება ჰაერთან შეხების ძლიერ დიდი ზედაპირით. გარდა ამისა, ლელვისა და წყლის ვერტიკალური ცირკულაციის დროს ადგილი აქვს ჰაერის ჟანგბადის კარგად შერევას საკმაოდ ღრმა ფენებამდე. ზღვის წყლის კოროზიულ მოქმედებაში ერთგვარი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე  $\text{pH}$ -ის რიცხობრივ სიდიდეს. მართალია, მარილიანობა ხელს უწყობს ზღვის წყლის კოროზიულ მოქმედებას, მაგრამ, მეორე მხრივ, მას საწინააღმდეგო, დადებითი მნიშვნელობაც აქვს, ე.ი. ლითონის დამცველია; ეს იმ შემთხვევაში, თუ მისი კონცენტრაცია საკმაოდ დიდია და ჰაერის შეღწევადობა რაც შეიძლება ნაკლები.

ცოტა როდია შემთხვევა ნავიგაციის პრაქტიკაში, როდესაც ჩამირული გემი რამდენიმე ათეული წლის შემდეგ ამოუღით და უნახავთ, რომ გემის სამანქანო

განყოფილება კარგად იყო შენახული, ხოლო გემის ზედა ნაწილი ისე იყო დაქანგული, რომ სუსტი დარტყმითაც კი ადვილად იმსხვრეოდა. ამ მოვლენის ახსნა ადვილია, თუ გავითვალისწინებთ, რომ ზღვის სიღრმის ზრდის შესაბამისად იზრდება ზღვის წყლის მარილიანობა და ჰაერის შეღწევადობა კლებულობს.

ზღვის წყლის კოროზიული მოქმედება დაკავშირებულია მარილიანობასთან, აერაციასთან, კ -ის მნიშვნელობასთან, მაგრამ კოროზიული პროცესი მარტო ამ ბუნებრივი ფაქტორებით არ ამოიწურება, აქ დიდი მნიშვნელობა აქვს:

ა) ექსპლუატაციის ხასიათს, მაგალითად, რაც უფრო ჩქარია გემის მოძრაობა, იმდენად მეტია ჟანგბადის ახალ-ახალი ნაკადის შეხება, რაც აჩქარებს კოროზიას;

ბ) თვით ლითონთა და მათ შენადნობთა რაობას;

გ) კონტაქტს სხვადასხვა ლითონთა შორის. ამ უკანასკნელ ფაქტორს, განსაკუთრებით ზღვის წყლის არეში, აუცილებლად პირველ რიგში უნდა გაეწიოს ანგარიში. არაერთი შემთხვევა ყოფილა, როდესაც გემთმშენებლობის პრაქტიკაში ამ გარემოებისათვის არ მიუქცევიათ სათანადო ყურადღება, რასაც შედეგად ფრიად სერიოზული ზიანი მოჰყოლია. როდესაც ორი სხვადასხვა ლითონი ერთმანეთს ეხება და ისიც ზღვის წყლის არეში, იქმნება გალვანური ელემენტი, რომელშიც დენის გამტარის როლს თვით ზღვის წყალი ასრულებს. ის ლითონი, რომლის პოტენციალი უფრო დაბალი აღმოჩნდება, იქცევა ანოდად და დაიწყება მისი კოროზია. ცდებმა ნათელყვეს, რომ ზღვის წყლის არეში ლითონთა კონტაქტის დროს აუცილებლად უნდა იქნეს მიღებული მხედველობაში ლითონთა აქტიურობის როლი.

საზღვაო მეურნეობის განვითარებასთან დაკავშირებით იზრდება შავი და ფერადი ლითონებისაგან დამზადებული სხვადასხვა დანიშნულების ნაკეთობათა გამოყენების მასშტაბი. ამასთან იზრდება კოროზიით გამოწვეული ზიანიც. უამრავი სატრანსპორტო საშუალება, პორტის ნაგებობანი, სარეწაო დანიშნულების ნაგებობანი, ჰიდროთვითმფრინავების კორპუსის წყალქვეშა ნაწილები, საზღვაო დანიშნულების მექანიზმები და სხვ. ნაადრევად გამოდის წყობიდან კოროზიის მიზეზით.

გარდა აღნიშნული ფაქტორებისა, გემის კორპუსის ინტენსიურ კოროზიას იწვევს აგრეთვე მოხეტიალე დენი, რომელსაც ადგილი აქვს მაშინ, თუ სათანადო ყურადღება არ მიექცა გემის ქიმზე ელექტროდანადგარების ჩამიწებას, როდესაც ელექტროდანადგარების კვება ხდება სანაპიროდან. ასეთ პირობებში დენის ნაწილი გემიდან მიემართება ნაპირისაკენ. კოროზიის სიჩქარე ბევრად არის დამოკიდებული ტექნოლოგიური პროცესების დაცვაზე. თუ, მაგალითად, გემი ისეა ჩაშვებული ზღვაში, რომ მისი კორპუსის გაკეთებისას ხენჯი მთლიანად მოცილებული არ არის, ანდა შეღებვის პროცესი ჩატარებულია ცუდად, ასეთ შემთხვევაში კორპუსის კოროზია კონტაქტის პირობებში დაჩქარდება, რადგან ხენჯი ძირითად ლითონთან

კონტაქტში ასრულებს კათოდის როლს, ვინაიდან მისი ელექტროდული პოტენციალი ასეთ პირობებში ყოველთვის დადებითია. დიდი მნიშვნელობა აქვს ამასთან დაკავშირებით გემის წყალში ჩაშვების ტექნიკას. თუ კორპუსს არაწესიერად ჩაშვების დროს გააჩნდა განაკაწრი ადგილები, ისინი გადაიქცევიან კოროზიის აქტიურ კერებად.

ზღვის ატმოსფერო ჩვეულებრივ ატმოსფეროსთან შედარებით გაცილებით უფრო ძლიერ აგრესორს წარმოადგენს ლითონისათვის. პორტის ნაგებობათა ფოლადის კონსტრუქციები, სხვადასხვა მექანიზმები მოუვლელობის პირობებში ჩქარა გამოდის ხმარებიდან. საერთოდ ლითონთა კოროზია ატმოსფეროს პირობებში დაკავშირებულია ტენიანობასთან, ტემპერატურასთან, მტვერისა და სხვადასხვა გაზების შემცველობასთან. ზღვის ატმოსფეროს, გარდა აღნიშნულისა, ემატება კიდევ მარილები. ზღვის სანაპირო ზოლის ატმოსფეროში მარილთა რაოდენობა გაცილებით მეტია, ვიდრე მისგან დაშორებულ ადგილებში და ეს ადვილი გასაგებიცაა. მარილებიდან ერთ-ერთ აქტიურ აგრესორს ლითონისათვის წარმოადგენს სუფრის მარილი. ზღვის ატმოსფეროში და ზღვის სანაპირო ზოლში მარილთა შემცველობა დაკავშირებულია ქარის მიმართულებასთან, მის სიჩქარესთან. რაც უფრო ძლიერია ქარი, იმდენად უფრო შორს მიაქვს მას მარილები ზღვიდან ხმელეთისაკენ. გრიგალის დროს მარილთა გატანა მატერიკზე ხდება ძირითადად ორი ფაქტორის მეშვეობით. როდესაც მოვარდნილი ტალღები ეხეთქებიან, მაგალითად, კლდეებს, ლოდებს, გემის კორპუსს ან სხვა რომელიმე მყარ კედლებს, ამ დროს წარმოიქმნება უამრავი პაწაწინა შხეფები. რაც უფრო ჩქარია დროის ერთეულში ქარის სისწრაფე და შხეფი მცირე ზომისაა, მით უფრო შორს გაიტანება მარილები ხმელეთის სიღრმეში.

გარდა ანიშნული მიზეზებისა, ე.წ. ზღვის მტვერს წარმოქმნის აგრეთვე მოვარდნილი ტალღების ურთიერთ დაჯახება. მარილთა გატანას ზღვიდან ხმელეთისაკენ ხელს უწყობენ აგრეთვე ე.წ. ქოჩორა ტალღები. მარილები, ცხადია, შხეფების პაწაწინა წვეთებშია და ეს უკნასკნელნი იმყოფებიან ჰაერში შეტივნარებულ მდგომარეობაში. ამრიგად, იმ პერიოდში, როცა ხშირია ზღვაზე ქარი თუ გრიგალი, შესაბამისად ზღვის ატმოსფეროც ყველაზე მდიდარია მარილებით.

ფოლადის ნაკეთობანი ზღვის ატმოსფეროს არეში კოროზიის სპეციფიკურობით გამოირჩევიან. აქ კოროზია ატარებს შედარებით უფრო თანაბარ ხასიათს, ლითონის ზედაპირზე ვერ ვამჩნევთ ისეთ ღრმა ამოჭმულ ადგილებს, როგორც ეს დამახასიათებელია, მაგალითად ზღვის წყლის კოროზიული მოქმედებისათვის. როდესაც ზღვის ატმოსფეროზეა ლაპარაკი, აქ მხედველობაში უნდა მივიღოთ ზღვის ესა თუ ის ზონა. სულ სხვაა ზღვის ატმოსფეროს კოროზია სანაპირო ზღვაში და სულ სხვა—ნაპირიდან დაშორებით. გარდა ამისა, რაც მთავარია, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ზღვის ატმოსფეროს მთელი

კომპლექსი, რომელიც წარმოქმნის კოროზიის სპეციფიკის განსაზღვრულ ფაქტორს. ამ კომპლექსში ძირითადად იგულისხმება ტენიანობა, ნალექის რაოდენობა და ტემპერატურა. რადგან ყველა ზღვის ზონებში ეს პირობები ერთნაირი არ არის, ამის გამო ყველა ზღვის ატმოსფერო ერთნაირად არ აზიანებს ლითონს. ლითონის სხვადასხვა ნაკეთობანი, რომლებიც პორტის სანაპირო ზოლშია, გაცილებით ჩქარა გამოდის წყობიდან, ვიდრე იმავე ლითონის ნაკეთობანი ზღვის ატმოსფეროდან მოშორებით, სადაც კოროზია შედარებით მარტივად მიმდინარეობს.

შესწავლილია, რომ ჩრდილოეთის ზღვის სანაპირო ზოლი, სადაც წლიურად წვიმის ნალექების რაოდენობა აღწევს 55-70 სმ-ს, უფრო ტენიანია, ვიდრე ბალტიის სანაპირო ზოლი, სადაც წვიმის ნალექების რაოდენობა წლის განმავლობაში აღწევს 40-50 სმ-ს.

ზღვის ატმოსფერულ კოროზიაში ყველაზე ძლიერად მოქმედებს ზღვის ტალღებით გამოწვეული ხშირი შესველება.

ხშირი შესველებისა და განსაკუთრებით კი შხეფების ასეთი მოქმედება აიხსნება შემდეგნაირად: წყლის აორთქლების შედეგად ლითონის ზედაპირზე რჩება სველი მარილების საკმაო რაოდენობა. მზის სხივების მოქმედება იწვევს ლითონის გახურებას და ამიტომ, კოროზიული პროცესი უფრო დაჩქარებით მიმდინარეობს.

გემის კორპუსს ზიანს აყენებს როგორც კოროზიული პროცესები, აგრეთვე გარშემოზრდაც. ერთიც და მეორეც მოთხოვს დიდ შრომასა და ხარჯებს. მათი თავიდან ასაცილებლად კორპუსის კოროზიის სიჩქარეს და მიმდინარეობის სპეციფიკას განსაზღვრავს ცურვის რაიონი, კლიმატური პირობები, წყლის შედგენილობა, ზღვის წყლის ბიოლოგიური თავისებურება, თვით გემის ექსპლუატაციის ხასიათი და ა.შ. ცხადია, კორპუსის ყველა ნაწილი ერთნაირად როდი განიცდის კოროზიას, წყალხაზის როლში დაახლოებით 0,4-0,7 მეტრის ქვემოთ კოროზია გაძლიერებული ხასიათისაა. ეს აიხსნება ჯერ ერთი იმ გარემოებით, რომ წყლისა და ჰაერის შეხების საზღვარზე, როგორც წესი, იქმნება გალვანური წყვილი და მეორე იმით, რომ აღნიშნულ ზოლში მეტია ჰაერის ჟანგბადის შეჭრა, ვიდრე კორპუსის დანარჩენ უბნებზე. კოროზიული პროცესი ძლიერია აგრეთვე გემის ხრახნის მოქმედების ზონაში. აქ ხრახნის მუშაობისას უხვად წარმოიქმნება ჰაერის ემულსია წყალში. ეს მასა დიდი რაოდენობით შეიცავს ჰაერის ჟანგბადს, რაც, თავის მხრივ, ხელს უწყობს საღებავების დაშლას. დაიშლება რა საღებავი, შიშველი ფოლადი ზღვის წყალთან შეხებით ექვემდებარება კოროზიულ მოქმედებას. ხენჯი გემის კორპუსის ზედაპირზე ასრულებს კათოდის როლს, როგორც უფრო დადებითი პოტენციალის მქონე, ხოლო კორპუსის ის ნაწილი, რომელიც არაა დაცული შრით, ასრულებს ანოდის როლს, ანოდი კი, როგორც წესი, იშლება. კორპუსის ზედაპირზე ფეხს იკიდებს უმთავრესად კოროზიული პროცესები, მოქლონების არეში შედუღებული ნაწიბურების უბნებზე.

ზოგ შემთხვევაში კოროზია იმდენად ინტენსიურია, რომ საგნის კოროდირებული სიღრმე აღწევს 2–3 მმ-ს.

კორპუსის უბნებზე შემჩნეულია აგრეთვე კონტაქტის კოროზია გემის ხრახნსა და თვით კორპუსის უშუალო კონტაქტის პირობებში. იმ მიზნით, რომ შემცირდეს კოროზია ხრახნის ახლოს, კორპუსზე ამაგრებენ თუთიის პროტექტორს, რომელიც წარმოადგენს კორპუსთან შედარებით ბევრად მცირე ზომის ფირფიტას და მას ამაგრებენ ფოლადის კორპუსზე ჭანჭიკით.

გარშემოზრდის საკითხი ზღვის წყლის არეში უაღრესად მნიშვნელოვანია.

ა) გ ა რ შ ე მ ო ზ რ დ ა , რ ო გ ო რ ც ბ ი ო ლ ო გ ი უ რ ი მ ო ვ ლ ე ნ ა . საზღვაო ტრანსპორტის და ნაგებობათა პრაქტიკაში გარშემოზრდის საკითხები ყოველთვის აქტუალური იყო. ჯერ კიდევ უძველესი დროიდან ნაოსნობისას შემჩნეული იქნა, რომ ზღვის სხვადასხვა ორგანიზმები მტკიცედ ეკვრიან ნავის თუ გემის ფსკერს და იწვევენ მის სერიოზულ დაზიანებას. ჩვენს დრომდე მოღწეული წყაროებიდან ჩანს, რომ გარშემოზრდას ადამიანები ებრძოდნენ სხვადასხვა გზით.

გარშემოზრდაზე საუბრისას, მხედველობაში მიიღება მცენარეთა და ცხოველთა ორგანიზმები, რომელთა სიდიდე დაწყებული მიკრონიდან რამდენიმე სანტიმეტრს აღწევს და დასახლებული არიან რაიმე საგანზე. გარშემოზრდა ხდება, მაგალითად, კლდის ქვების, ლოდების ზედაპირზე, მაგრამ ამგვარ სხეულებზე გარშემოზრდის მოვლენები ჩვენ ზიანს ვერ გვაყენებენ. ასე, რომ ბრძოლა გარშემოზრდის წინააღმდეგ ეხება მხოლოდ იმ ორგანიზმებს, რომლებიც მიკროული არიან ნაგებობათა ზედაპირზე. გარშემოზრდა ბიოლოგიური პროცესია და იმის გამო, რომ ერთგვარი წარმოდგენა გვქონდეს გემის კორპუსის ან ნაირგვარი საზღვაო ნაგებობათა გარშემოზრდისაგან დაცვის ზოგ საკითხზე, საჭიროა მოკლედ გაშუქდეს რამდენიმე საკვანძო საკითხი გარშემოზრდის ბიოლოგიიდან.

სხვადასხვა ავტორთა მონაცემების მიხედვით, გარშემოზრდაში მონაწილეობას ღებულობს 2000 ნაირგვარი მცენარე თუ ცხოველი. ყველა ისინი უშუალოდ არიან დაკავშირებული გარემოსთან, რომელიც განსაზღვრავს მათ ბიოლოგიურ სპეციფიკას, მაგრამ თავის მხრივ, ეს ორგანიზმებიც გარკვეულ გავლენას ახდენენ გარემოზე. მაგალითად, მცენარეთა ორგანიზმები ქმნიან სუსტ ტუტე არეს იმგვარად, რომ ზოგჯერ  $p = 9$  და მეტსაც კი. ცხოველთა ორგანიზმები იძლევიან სუსტ მჟავე რეაქციას. გარშემოზრდა თავდაპირველად იწყება ბაქტერიებისა და წყალმცენარეების დასახლების შემდეგ. ეს უკანასკნელნი ცხოველთა ორგანიზმებისათვის წარმოადგენენ საკვებ მასალას. გარშემოზრდაზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურა, საგნის მოძრაობის ხასიათი. მაგალითად, თუ გემი სწრაფმავალია და ხშირ მოძრაობაშია, ასეთ გემის კორპუსზე გარშემოზრდა

ნაკლებია, რადგან სისწრაფის გამო ბევრი ორგანიზმი წყლის ძლიერი წინააღმდეგობის შედეგად ფეხს ვერ იკიდებს და ადვილად სცილება მას.

აღსანიშნავია, რომ ყველა ორგანიზმი ერთნაირად როდი ეკვრის სხვადასხვა საგნებს; მაგალითად, ნავიგაციური ტივარები ხასიათდებიან ძლიერი გარშემოზრდით, ვიდრე გემის წყალქვეშა კორპუსი. ჩვენი აზრით, ეს იმითაა გამოწვეული, რომ ტივარების ის ნაწილი, რომელიც წყლისა და ჰაერის შეხების საზღვარზეა, უფრო ენერგიულად განიცდის კოროზიას, ვიდრე წყალქვეშა ნაწილი და, რაც მეტია კოროზიის პროდუქტი, იმდენად უფრო აქტიურია ორგანიზმების დასახლება. ორგანიზმების ფორმების მხრივ კი ადგილი აქვს შექცევით სურათს—ტივარებზე უფრო მრავალი სხვადასხვა სახის ფორმები ცხოვრობს, ვიდრე გემის კორპუსზე. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ გარშემოზრდის სიდიდე დაკავშირებულია ადგილმდებარეობასა და კლიმატურ პირობებთან. შესწავლილია, რომ ისეთ ქვეყანაში, სადაც ადგილი აქვს ტემპერატურის საგრძნობ მერყეობას წლის დროთა მიხედვით, გარშემოზრდა გაცილებით სუსტია, ვიდრე ისეთ ქვეყნებში, სადაც წლის დროთა მიხედვით ტემპერატურის ცვლილება უმნიშვნელოა. ამით აიხსნება ის გარემოება, რომ ტროპიკულ ქვეყნებში გარშემოზრდა მეტად დიდია. საერთოდ ამ ბიოლოგიური პროცესის მთელი არსი დაკავშირებულია გარემო პირობების მთლიან კომპლექსთან. როგორც კი დაირღვევა კომპლექსის მთლიანობა მაშინვე წარმოიქმნება პირობები, რომლებიც თავისებურად შეცვლიან გარშემოზრდის პროცესსაც. ავიღოთ, მაგალითად, მარილიანობა და ტემპერატურა სხვა ფაქტორთა შორის. ეს ორი ფაქტორი მეტად მნიშვნელოვანია. მაგალითად, თუ ზღვის წყლის მარილიანობა შემცირდა, ამას შედეგად მოყვება ორგანიზმების სიდიდის შემცირება. არის ისეთი ორგანიზმები, რომლებიც პირიქით, მარილთა ნაკლები კონცენტრაციის პირობებში უფრო იზრდება. გარშემოზრდის თავისებურებაში თავისი ადგილი აქვს აგრეთვე წყლის სიღრმესაც. იმ ზონაში, სადაც წყალი შედარებით მოსვენებულ მდგომარეობაშია, ორგანიზმები თავისუფლად გრძნობენ თავს და გამრავლებაც ჩქარია.

ზღვის ყველა ორგანიზმის გამრავლება გაზაფხულიდან იწყება და გრძელდება მთელი ზაფხულის განმავლობაში, ამ დროსაა შექმნილი საამისოდ ყველა პირობა. ზღვის ცხოველთა არსებობა ბევრად არის დაკავშირებული ზღვის მცენარეებთან, ტემპერატურასთან, სინათლესთან, ატმოსფერულ ნალექებთან. წყალუხვ მდინარეებს შეუძლიათ გამოიწვიონ ზღვის წყლის მარილიანობის შემცირება. ეს კი თავის მხრივ, უარყოფით გავლენას ახდენს ორგანიზმების ნორმალურ ზრდა-განვითარებაზე. გარშემოზრდილი ორგანიზმების კვება ხდება იმ მარაგით, რომელსაც აწვდის მათ გარშემო არსებული წყალი. მცენარეები ზღვის წყლიდან ღებულობენ საკვებ ნივთიერებებს და ისინი მზის ენერგიის მეშვეობით გადაჰყავთ ორგანულ ნაერთში, ეს კი წარმოადგენს ცხოველთა ძირითად საკვებს.

ორგანიზმის კვებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს მიკროსკოპულ მცენარეებს, რომლებიც ცხოვრობენ შეტივენარებულ მდგომარეობაში.

ბ) გ ა რ შ ე მ ო ზ რ დ ი თ მ ი ყ ე ნ ე ბ უ ლ ი ზ ი ა ნ ი ს ა ზ ღ ვ ა ო პ რ ა ქ ტ ი კ ა შ ი. გარშემოზრდა ყველაზე მეტად ზიანს აყენებს გემების მოძრაობას. იგი იწვევს გემის სიჩქარის საგრძნობლად შემცირებას, რადგან გემის კორპუსის წყალქვეშა ზედაპირი იფარება მთლიანად ნაირგვარი ორგანიზმებით, რომლებიც მოძრაობის დროს დიდ წინააღმდეგობას იწვევენ. გარდა ამისა, გემს უხდება ზედმეტი სიმძიმის ტარებაც. გარშემოზრდის მიზეზით ხდება სათბობის გადახარჯვა, მანქანის ნაწილები ნაადრევად ცვდება და გამოდის წყობიდან; ამიტომაც საჭირო ხდება წელიწადში ერთხელ და ორჯერაც კი გემის დაყენება შესაკეთებლად, რათა გაათავისუფლონ კორპუსი მიკროული ორგანიზმებისაგან. თუ, მაგალითად, გემი ნელმავალია ან საქმე გვაქვს სტაციონარულ კონსტრუქციასთან, ასეთ პირობებში გარშემოზრდამ შესაძლოა მიაღწიოს ათეულ კილოგრამებს ერთ კვადრატულ მეტრზე და სისქით ათეულ სანტიმეტრს. ეს განსაკუთრებით შეეხება მრავალწლიან დასახლებულ მიდიებს, ხამანწკებს და სხვ.

ზღვის ტრანსპორტის პრაქტიკაში ყოფილა შემთხვევები, როდესაც კაპიტანი იმის შიშით, რომ გემი არ ჩამირულიყო, იძულებული გამხდარა იგი გაეტარებინა დაბალ წყალში, რათა კორპუსი გაეთავისუფლებინა გარშემოზრდისაგან. ასეთი ღონისძიება, ბუნებრივია, დაკავშირებულია დიდ რისკთან. გარშემოზრდა ზიანს აყენებს სანავსადგურო ნაგებობებს, იწვევს მათ უშუალო დანიშნულებიდან გამოყვანას. ჰიდროთვითმფრინავებს ფსკერზე გარშემოზრდის გამო, უძნელდებათ აფრენა წყლის ზედაპირიდან. გარშემოზრდა დიდად ამცირებს ჰიდროაკუსტიკურ ხელსაწყოთა ეფექტურობას; გარშემოზრდა უარყოფით გავლენას ახდენს საღებავებზე, რომლითაც გემის კორპუსია შეღებილი, იწვევს საღებავის დაშლას, რაც თავის მხრივ, ხელსაყრელ პირობებს ქმნის კოროზიული პროცესის დაწყებისათვის.

გასულ საუკუნეში ინგლისის საზღვაო უწყებამ თავის სახელმოხვეჭილ მეცნიერს დევის დაავალა სამხედრო გემების სპილენძის გარსამოსის დაცვა ზღვის წყლის აგრესიული გავლენისაგან. სპილენძის გარსამოსები საუკეთესო საშუალება იყო გარშემოზრდისაგან დასაცავად, რადგან სპილენძის იონები, რომლებიც წყალში გადადიან, მოქმედებენ ორგანიზმზე როგორც შხამები. დევიმ სპილენძის გარსამოსს დაუკავშირა თუთიის პროტექტორები. იგი ღრმად იყო დარწმუნებული, რომ ამიერიდან გემები, ისე როგორც წინათ, დაცული იქნებოდა გარშემოზრდისაგან, ასევე გარსამოსი დაცული აღმოჩნდებოდა კოროზიული პროცესებისაგან, მაგრამ შედეგი აღმოჩნდა სრულიად მოულოდნელი. მართალია გარსამოსის კოროზია შეწყდა, მაგრამ სამაგიეროდ გარშემოზრდა ისეთი ძლიერი იყო, რომ გემები, და ისიც სამხედრო, ძალიან ნელა მოძრაობდნენ.



გ) ბ რ ძ ო ლ ა გ ა რ შ ე მ ო ზ რ დ ი ს წ ი ნ ა ა ლ მ დ ე გ. გარშემოზრდის წინააღმდეგ ბრძოლა ჯერ კიდევ უძველესი დროიდან იწყება. ყველაზე უმარტივესი ხერხი ეს იყო მექანიკური საშუალებები, რომლებიც ახლაც გამოყენებაშია. მაგრამ ამ გზით ჩატარებული ღონისძიება ვერ აღწევს ეფექტურ შედეგს. ჯერ ერთი, თვით სამუშაო მეტად შრომატევადია, მოითხოვს დიდ დროს, გარდა ამისა, როგორადაც არ უნდა ვეცადოთ ლითონის ზედაპირის გაწმენდას, ის მაინც არაერთგვაროვანი რჩება, რაც ხელს უწყობს გაღვანური წყვილების წარმოქმნას. ამ გარემოებას ისიც უნდა დაემატოს, რომ მექანიკური ხერხით გაწმენდა იწვევს ლითონის ზედაპირის ერთგვარ დაზიანებას, რომელიც გარეგნულად შეიძლება სრულიად შეუმჩნეველი დარჩეს, მაგრამ დროთა განმავლობაში მისი შედეგი ნათელი გახდება. უფრო მოგვიანებით ძველ მეზღვაურებს, როგორც ეს ჩვენამდე მოღწეული მასალებიდან ჩანს, გარშემოზრდისაგან გემის კორპუსის დასაცავად გამოუყენებია სპილენძის გარსამოსი.

საზღვაო ტრანსპორტის განვითარებასთან დაკავშირებით საკმარისი არ აღმოჩნდა სპილენძის იმდროინდელი მარაგი გემების გარსამოსად, ამიტომ პრაქტიკაში თანდათანობით ფართო გამოყენება ჰპოვა რკინამ, როგორც უფრო იაფმა მასალამ, მაგრამ მალე ნათელი გახდა, რომ რკინის გარსამოსს უხვად ეკვრის ზღვის ორგანიზმები, საშუალოდ 10 კილოგრამამდე, რის გამოც გემი საგრძნობლად კარგავს სიჩქარეს. ამჟამად მინერალური და ორგანული შხამიანი ნივთიერებები საღებავებში გარშემოზრდის წინააღმდეგ ფართოდაა გამოყენებული. საერთოდ, როდესაც გემის კორპუსის წყალქვეშა ნაწილს ღებავენ, ორ გარემოებას ითვალისწინებენ. ჯერ ერთი იცავენ ლითონს კოროზიული პროცესებისაგან, და, გარდა ამისა, ამით ებრძვიან გარშემოზრდასაც.

როდესაც გემის კორპუსს ღებავენ, არ კმაყოფილდებიან მარტო ერთი ან ორი ფენით, იღებენ უფრო მეტს. ეს იმაზეა დამოკიდებული, თუ რომელ რაიონში და საერთოდ, რა პირობებში ხდება გემის ექსპლუატაცია. პირველი ორი-სამი შრე გრუნტისა ანტიკოროზიულ დანიშნულებას ასრულებს. ქვედა შრე, როგორც წესი, შეიცავს ინჰიბირებულ პიგმენტებს, შემდეგი შრის საღებავი კი შეიცავს შხამიან ნივთიერებებს, მაგალითად, სპილენძის, ვერცხლისწყლის მარილებს, ასეთი შრე კი მიმართულია გარშემოზრდის წინააღმდეგ. შხამიან საღებავებს უყენებენ რიგ მოთხოვნებს, სახელდობრ, საღებავმა რამდენიმე წელიწადს მაინც უნდა შეინარჩუნოს შხამიანობის თვისება, შხამის მეტად მცირე რაოდენობა უნდა იყოს ძლიერი საწამლავი და ა.შ.

## 9. ლითონთა კოროზია მინერალურ წყლებში

მინერალურ წყლებს ჩვენი ქვეყნის ბუნებრივ სიმდიდრეთა შორის თვალსაჩინო ადგილი უჭირავთ თავიანთი სამკურნალო დანიშნულების გამო. ამჟამად ათასზე მეტი მინერალური წყაროა გამოვლინებული და ვინ მოთვლის კიდევ რამდენი ნაირგავარი შედგენილობის მინერალური სიმდიდრეა ჩვენი ბუნების წიაღში. მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის ღონისძიებათა გაფართოებასთან დაკავშირებით მინერალური წყლების გამოყენება თანდათანობით ფართო ხასიათს იღებს. გარდა ამისა პერსპექტიულია მინერალური წყლების გამოყენება მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის და საყოფაცხოვრებო რიგი ობიექტებისათვის. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნათელია თუ რა დიდძალი ლითონის გამოყენება მოგვიხდება მინერალური წყლების არეში.

დიდი ხანია ცნობილია, რომ მინერალური წყლები ლითონთა მიმართ ძლიერ აგრესიული არიან. მათი მიზეზით აუცილებელი ხდება წყალგაყვანილობის ქსელის სისტემატური შეკეთება, რაც დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული. გარდა ამისა, მცირდება ამ დროს სამკურნალო დაწესებულებათა გამტარუნარიანობა, რასაც თან ერთვის ისიც, რომ კოროზიის პროდუქტები, რომლებიც წარმოიქმნებიან წყლისა და ლითონის ქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად, ერთგვარ გავლენას ახდენენ თვით მინერალური წყლის შედგენილობასა და თვისებებზე და, მაშასადამე, სამკურნალო თვისებებზედაც. ლითონთა კოროზიის შესწავლას მინერალური წყლების არეში და მის საფუძველზე, სათანადო დასაცავი სამუშაოების გამონახვას აქვს დიდი მნიშვნელობა სახალხო მეურნეობის თვალსაზრისით. აღსანიშნავია, რომ მინერალურ წყლებში კოროზიული მოვლენების შესწავლა გაცილებით მეტ სირთულეს წარმოადგენს, ვიდრე ჩვეულებრივ წყალში. ამ თავისებურების მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ მინერალური წყლების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები სწრაფად იცვლება გარემო პირობების შეცვლასთან დაკავშირებით. ცნობილია, რომ მინერალური წყლის შედგენილობა და თვისებები წყაროსთან, საიდანაც ის გამოდის, ისეთივე არ არის, რაც ტრანსპორტირებისა და შენახვის შემდეგ. ეს დამახასიათებელი სპეციფიკურობა აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული იმ მკვლევარის მიერ, რომელიც სწავლობს ლითონთა და მათ შენადნობთა კოროზიას მინერალურ წყლებში.

მინერალური წყლები ახდენენ მილების ინტენსიურ კოროზიას. ამას ადასტურებს ის ფაქტიც, რომ წყლები მიწის ღრმა ფენებში არ შეიცავს რკინას, ხოლო იგივე წყლები აბაზანის პირობებში, შეიცავენ 10 მგ რკინას ლიტრზე. მკვლევართა ამტკიცებენ, რომ რაც უფრო ღრმაა ჭაბურღილი, მით მეტია ლითონთა მედეგობა კოროზიული პროცესებისადმი; მაგალითად, რკინის კოროზიამედეგობა 40 მეტრის სიღრმეზე ოთხჯერ მეტია, ვიდრე თვით გადმოღვრის დონესთან.

წყალგაყვანილობის ბევრი ნაწილი ნაადრევად გამოდის წყობიდან (4-5 თვეში). კლაკნილა (წონით ერთი ტონა), რომელიც გამოყენებულია წყლის შეთბობისათვის ბოილერებში, 5-6 თვეში უვარგისი ხდება თავისი დანიშნულებისათვის.

მინერალური წყლის არეში ლითონთა კოროზიის ყველა დასახელებული ფაქტორი ურთიერთ მჭიდრო კავშირშია და განაპირობებენ ერთმანეთს. ბევრი ავტორი მინერალურ წყლებში ლითონთა კოროზიის ყველაზე ძლიერ ფაქტორად თვლის ჟანგბადის შეღწევადობას და გოგირდწყალბადს. მაგალითად, რკინის კოროზია მინერალურ წყალში, სადაც ჰაერის შეღწევადობას ჰქონდა ადგილი, 138-ჯერ გაიზარდა, სპილენძის მიმართ – 52-ჯერ, ალუმინის მიმართ – 16-ჯერ და ა.შ. ხოლო კოროზია იმ მინერალურ წყალში, რომელიც მეტი რაოდენობით შეიცავდა გოგირდწყალბადს, დაახლოებით სამჯერ უფრო ძლიერი იყო.

შესწავლამ ნათელყო რომ წყალტუბოს წყლის ორთქლი ისე აგრესიული არ არის რკინის მიმართ, როგორც თბილისის მინერალური წყლების ორთქლი, რაც, ცხადია, დაკავშირებულია ამ უკანასკნელში გოგირდწყალბადის შემცველობასთან. ნაირგვარი ლითონის კონტაქტისას კოროზიული პროცესები მინერალურ წყლებში უფრო აქტიურია, ვიდრე მაშინ, როდესაც კონტაქტს ადგილი არ აქვს. მინერალური წყლების არეში ისეთ ნაკეთობათა გამოყენება, რომლებიც დაფარულია ნიკელით, ქრომით, ვერ აღწევს სასურველ შედეგს. მინერალური წყლის გავლენით ასეთი დამცავი ფურჩები ადვილად იშლებიან. არა მარტო კოროზიული რღვევის თავისებურებაში ჩანს ეს სპეციფიკურობა, არამედ თვით კოროზიული პროდუქტების წარმოქმნაშიც. ნაჩვენებია, რომ კოროზიის პროდუქტები რკინაზე, სპილენძზე და მათ შენადნობებზე დასახელებულ მინერალურ წყლებში განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან გარეგნულად და თვისებებითაც. ცვადია, რომ ამგვარი თავისებურება მინერალური წყლების მოქმედებისა ლითონთა მიმართ მათ ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებში უნდა ვეძებოთ.

როგორც აღვნიშნეთ, მინერალური წყლები ძლიერ აგრესიული არიან ტექნიკურ ლითონთა მიმართ. ყველაზე უფრო კოროზიამედეგი მინერალური წყლების არეში აღმოჩნდა ქრომმანგანუმთან უჟანგავი ფოლადი და თუჯი, აგრეთვე ზოგიერთი მარკის ბრინჯაო. დაახლოებით ერთნაირი შედგენილობის შენადნობები დეფორმირების გარეშე უფრო მედეგი აღმოჩნდა, ვიდრე დეფორმირებულ მდგომარეობაში.

ლითონის კოროზია მინერალური წყლებში, როგორც წესი, განხილული უნდა იქნეს კოროზიის შინაგან და გარეგან ფაქტორთა მთლიანობაში, მათი ურთიერთდამოკიდებულების პირობებში. შინაგან ფაქტორებში შედის სტრუქტურა, სისუფთავის ხარისხი, ზედაპირის დამუშავების ხასიათი და ა.შ. ლითონი თუ მინერალური წყალშია მოთავსებული, ამ შემთხვევაში გარეგანი ფაქტორები იქნება: თვით მინერალური წყლის ქიმიური შედგენილობა, ტემპერატურა, პ -ის

მნიშვნელობა, გაზების შემცველობა, წნევა, მიკროორგანიზმების შემცველობა, ექსპლუატაციის ხასიათი და ა.შ. ამ ფაქტორების ურთიერთმოქმედება განსაზღვრავს კოროზიის სიჩქარეს, მისი მიმდინარეობის ხასიათს და კოროზიული პროდუქტების სპეციფიკურობას. ცალკეულ ლითონთა კოროზიის სიჩქარე დიდად არის დამოკიდებული ანიონთა და კათიონთა მოქმედების თავისებურებაზე, კოროზიის პროდუქტების ხასიათზე, კერძოდ, ხსნადია თუ უხსნადი ეს პროდუქტები ბუნებრივ პირობებში, როგორია მათი კომპაქტურობა და ადჰეზია.

როგორც აღვნიშნეთ, მინერალური წყალი შეიცავს მრავალ სხვადასხვა მინერალს, მარილებისა და მჟავების სახით, რომლებიც დისოცირებულ მდგომარეობაშია. ყველა ეს მარილი ერთნაირად როდი ახდენს გავლენას ლითონის კოროზიაზე. მარილთა მოქმედების ხასიათი ლითონთა მიმართ შეგვიძლია დავყოთ რამდენიმე ჯგუფად: კოროზიის სტიმულატორები, კოროზიის ინჰიბიტორები და მარილები, რომლებიც უშუალოდ არ იწვევენ კოროზიას, მაგრამ თავიანთი შედგენილობით ხელს უწყობენ მას.

## 10. ნავთობითა და მისი პროდუქტებით გამოწვეული კოროზია

თხევადი სათბობის მთავარი წყაროა ნავთობი, რომლის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე ბევრად არის დამოკიდებული დანადგარის მომსახურების ხანგრძლიობა. ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნების აპარატურა დიდ ზიანს განიცდის ნავთობში შემავალ ნაირგვარ აგრესიულ ნივთიერებათა გავლენის შედეგად, ამას ემატება მაღალი ტემპერატურა და საბოლოოდ ზოგიერთი სახის კონსტრუქცია 2–3 კვირაში გამოდის წყობიდან. ასეთ ქარხნებში ადგილი აქვს როგორც ელექტროქიმიურ, ისე ქიმიურ კოროზიას. ელექტროქიმიური კოროზია ასეთ ობიექტებზე გამოწვეულია ქლორიდებით, რომლებიც ამა თუ იმ რაოდენობით თან ახლავს ნავთობს, აგრეთვე გოგირდ-წყალბადით, რომლის გამოყოფასაც განსაკუთრებით ადგილი აქვს ნავთობის გადამამუშავების დროს. გოგირდით მდიდარ ნავთობში გვხვდება არა მარტო გოგირდწყალბადი, არამედ ელემენტალური გოგირდიც კი. როგორც ერთი, ისე მეორე მოქმედებს ლითონზე, რის შედეგადაც წარმოიქმნება რკინის სულფიდი, კოროზიის პროდუქტის სახით. ამაში ადვილად შეგვიძლია დავრწმუნდეთ შემდეგი ცდით. ავიღოთ ვერცხლის რაიმე საგანი და ნავთობში მცირე დროით გავაჩეროთ, შემდეგ თითი გავუსვათ რამდენჯერმე, მალე შევნიშნავთ გამუქებას, რაც ვერცხლის სულფიდის წარმოქმნაზე მიუთითებს, ეს კი შედეგია გოგირდის მოქმედებისა. ელექტროქიმიურ კოროზიას ექვემდებარება ისეთი აპარატურა, რომელშიც შესაძლოა წყლის ორთქლის კონდენსაცია. ქიმიურ კოროზიას ექვემდებარება ძირითადად აპარატურა, რომელიც მუშაობს მაღალი ტემპერატურის პირობებში. ასეთია ღუმელის მილები, ამორთქლებელი დანადგარები,

ცხელი ნავთობპროდუქტების ცხელი ხაზები და სხვ. ქიმიური კოროზია ასეთ ობიექტებზე გამოწვეულია ძირითადად თვით გოგირდიანი ნავთობით, მისი დაშლის პროდუქტებით და მაღალი ტემპერატურით. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ელექტროქიმიური და ქიმიური კოროზია—ეს კოროზიული რღვევის ურთიერთდაკავშირებული პროცესია და მათ შორის მკვეთრი ზღვარის გავლება, დაუშვებელია. ყველა ნავთობი კოროზიულად აქტიური როდია. ზოგიერთ ნავთობს ნაადრევად გამოჰყავს წყობიდან ლითონის ცალკეული კონსტრუქცია. თუ ქიმიურად სუფთა ლითონს ავიღებთ, ის ლითონზე პრაქტიკულად ისევე იმოქმედებს, როგორც ბუნებრივი ნავთობი; ამის მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ იგი შეიცავს წყალს, ზოგ შემთხვევაში საკმაოდ მტკიცე ემულსიის სახითაც კი. ნავთობის წყალი, თავის მხრივ, ყოველთვის შეიცავს ნატრიუმის, კალციუმის, მაგნიუმისა და რკინის ქლორიდებს, ყველაზე მეტი რაოდენობა ქლორიდებიდან მოდის ნატრიუმის ქლორიდზე. ასეთ აგრესიულ ნივთიერებებს ემატება მარილები, რომლებიც წარმოქმნილი არიან ჭაბურღილების დამუშავებისას მარილმჟავათი. ნავთობზე ქლორიდების დამატება ხდება შემდეგნაირად: როდესაც ჭაბურღილების დამუშავებისას იყენებენ ინჰიბირებულ მარილმჟავას, ამ დროს მჟავას მოქმედებით კარბონატებზე იქმნება ხელსაყრელი პირობები ქლორიდების წარმოქმნისათვის, ასე, რომ ნავთობის მარილიანობა ამ გზითაც იზრდება.

ამრიგად, ნავთობის გადამუშავების პრაქტიკაში კოროზიის მთავარი ფაქტორებია: წყალი, გოგირდი მისი ნაერთებით, ქლორიდები და მაღალი ტემპერატურა. ამ ოთხი ძირითადი ფაქტორის ურთიერთმოქმედების შედეგად ადგილი აქვს ნავთობგადამამუშავებელი აპარატურის კოროზიას, რომელიც დაკავშირებულია დიდ სამეურნეო ზარალთან. შეიძლება თუ არა დაცული იქნეს ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის აპარატურა აღნიშნული აგრესიული ფაქტორებისაგან? სრულიად თავიდან აცილება კოროზიის ფაქტორებისა შეუძლებელია, ხოლო ნაწილობრივ მათი კოროზიული მოქმედების იზოლაცია შესაძლოა და აუცილებელიც.

აღსანიშნავია, რომ ნავთობგადამამუშავებელ დანადგარებში რიგ აგრესიულ ფაქტორთან ერთად თვალსაჩინო ადგილი უჭირავს ქლორირებულ ნახშირწყალბადებს, რომელთა კოროზიული მოქმედება დაკავშირებულია ტენიანობასთან. ცდებით დადასტურებულია, რომ ნახშირბადიანი ფოლადი და თუჯი არ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ისეთი აპარატურის დასამზადებლად, რომელთა ექსპლუატაცია გამიზნულია ტენიან ქლორირებულ ნახშირწყალბადში, განსაკუთრებით მაღალი ტემპერატურის პირობებში. ამ მოვლენის მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ ქლორირებული ნახშირწყალბადები განიცდიან ჰიდროლიზს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება აგრესიული ნივთიერებები, კერძოდ, ისეთი აგრესიული ნივთიერებებიც კი, როგორც მარილმჟავა, რომლის წარმოქმნის

პროცესი ქლორირებული ნახშირწყალბადების ჰიდროლიზისას დამოკიდებულია რიგ გარემოებაზე: ტემპერატურაზე, ტენიანობაზე, მძიმე ლითონებზე და მათ მარილებზე, რომლებიც ჰიდროლიზის დაჩქარებას უწყობენ ხელს. ტენიან ჰიდროლიზებულ ნახშირწყალბადებში ლითონის კოროზიული მდგომარეობა დამოკიდებულია თვით ლითონის მედეგობაზე მარილმჟავას მიმართ, მის კონცენტრაციაზე, ტემპერატურაზე, აერაციაზე, არის მოძრაობის სიჩქარეზე და ზოგიერთ დანამატებზე, რომელთაც კოროზიის პროცესში შეუძლიათ შეასრულონ როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი კატალიზატორის როლი. მხოლოდ დუდილის წერტილის ქვემოთ ქლორირებულ ნახშირწყალბადების პირობებში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სპილენძი, ალუმინი, ბრინჯაო, სპილენძ-ნიკელიანი შენადნობები.

კოროზიისაგან აპარატურის დაცვის ერთ-ერთი ხერხია ნავთობის გამომარილება. ამისათვის ნავთობს, რომელსაც გადასამუშავებლად ამზადებენ, გამოაცლიან, ცხადია, მაქსიმალური შესაძლებლობის ფარგლებში, წყალსა და მარილებს. მიუხედავად ასეთი ცდისა, მაინც რჩება ნავთობში მარილთა გარკვეული რაოდენობა. ნავთობი, რომელიც შეიცავს ლიტრზე 50-60 მილიგრამ მარილს, სერიოზულ საფრთხეს უქმნის კონდენსაციის სისტემებს. ამის გამო საჭირო ხდება მარილების კიდევ უფრო შემცირება 15-20 მილიგრამამდე ლიტრზე. ამ მიზნით მიმართავენ ნავთობში ისეთ ნივთიერებათა შეტანას, როგორცაა: ნატრიუმის ტუტე, საპნის სოდა ან მათი ნარევი. ამ ნარევის ერთად შეტანას, ცხადია, გარკვეული გაანგარიშებით, დიდი მნიშვნელობა აქვს. ნატრიუმის ტუტე აღნიშნულ ნივთიერებებში შექვთ წყლიანი ხსნარების სახით, სპეციალური მადოზირებელი ტუმბოთი. ნავთობში ტუტე რეაქციის შექმნით შესაძლო ხდება ქლორიდების აგრესიის თავიდან აცილება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ მარილმჟავას წარმოქმნისათვის უკვე არ არის ხელსაყრელი პირობები.

ამონიაკს იყენებენ მარილების კოროზიული გავლენის თავიდან ასაცილებლად. კონდენსატორების დაცვა ამონიაკის მიწოდების გზით ტექნოლოგიური თვალსაზრისით მარტივია. ამონიაკს, წნევის ქვეშ, სპეციალურ ჭურჭელში აწვდიან კონდენსატორებს, სადაც ადგილი აქვს კ-ის მნიშვნელობის რიცხობრივ ზრდას, რომელიც დაახლოებით 7-ის ტოლი ხდება. ე. ი. ადგილი აქვს ნეიტრალიზაციას. ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ღონისძიება აპარატურის დაცვისა მიმართულია მარილმჟავას კოროზიული მოქმედების, ამ ერთ-ერთი ძლიერი სტიმულატორის წინააღმდეგ.

გოგირდოვანი ნაერთების კოროზიულ აქტიურობას ებრძვიან სპეციალური დამცველი შრეების საშუალებით, სხვადასხვა მარკის შენადნობებით. ასეთია ლეგირებული ფოლადი, ე.ი. ფოლადი, რომელიც შეიცავს მცირე რაოდენობით სხვა რომელიმე ლითონს. ლეგირებული ფოლადი წარმოადგენს ერთ-ერთ ძვირფას მასალას

კოროზიისაგან დასაცავად, მაგრამ, თუ ის ფართოდ არაა გამოყენებული, ამის მიზეზი უნდა ვეძიოთ ჯერჯერობით მხოლოდ მის მაღალ ღირებულებაში. ჩვეულებრივი კონსტრუქციული ფოლადი გაცილებით უფრო იაფი ჯდება, ვიდრე ლეგირებული. კონსტრუქციების დასაცავად გამოყენებულია ორგანული ნაერთები. ამისათვის ლითონის ზედაპირს, რომლის დაფარვა სურთ ნაირგვარი შესაბამისი ლაქებით, კარგად გაასუფთავენ, რომ არ დარჩეს არსად ხენჯის, ჟანგის, ტენისა და ცხიმის ოდნავი ნარჩენიც კი, რათა ამით მიღწეულ იქნეს დამცავი ფურჩის მაღალი ეფექტი. ლაქის წასმამდე ტენს, ცხიმს და სხვა ზედმეტ ნივთიერებებს ასუფთავენ ბენზინში, აცეტონში და სხვა ორგანულ გამსხნელში გაჟღენთილი ჩვრებით. ლაქის წასმამდე ლითონის ზედაპირის ყველა ხარვეზი გამოსწორებულ უნდა იქნეს. ამისათვის მიმართავენ გლესვას საგოზავით, რომელშიაც შედის ლაქი შემავსებლით. შემავსებლად კარგია აზბესტი, როგორც მჟავებისადმი მტკიცე მასალა. კოროზიის წინააღმდეგ ორგანულ ნივთიერებათა ბაზაზე გამოყენებულია ბაკელიტის ლაქები. ლითონის ზედაპირის ამ ლაქებით დაფარვა მოითხოვს სათანადო ტექნოლოგიური წესების ზუსტად დაცვას. ბაკელიტური დაცვის შრეებს გააჩნია საკმაოდ კარგი მედეგობა 100 – 120<sup>0</sup>-ის პირობებშიც კი, რიგი მჟავების არეში.

ბენზინის ავზების კოროზიულ მედეგობას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ხანძარსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა თვალსაზრისითაც. მიუხედავად იმისა, რომ ავზებში ბენზინს ათავსებენ, სათანადო გაწმენდის შედეგად მაინც აქვს ადგილი ავზის კედლების კოროზიას აქტიური გოგირდოვანი ნაერთების გამო. ეს ნათლად ჩანს იქიდანაც, რომ როდესაც გასინჯეს ავზების სახურავები, მათ ზედაპირზე აღმოჩნდა ერთგვარი ნალექები. როგორც ანალიზმა უჩვენა, ეს ნალექები შეიცავდა 40% რკინას და 26% გოგირდს. ამის თავიდან ასაცილებლად ამჟამად მიღებულია ტუტით ორმაგი გაწმენდა, ნაცვლად ერთმაგისა, როგორც ეს იყო წინათ. ავზების კოროზიული მოვლენისაგან დასაცავად მიმართავენ შემდეგ საშუალებებს: ავზების ფსკერს აბეტონებენ, აქტიურ კოროზიას განიცდის ავზების სახურავის შიგა ზედაპირი, ამისათვის სპეციალურ ლაქებს იყენებენ, რომლებიც იმავე დროს გამოყენებულია ავზების ფსკერის დასაფარავად. ამ ლაქების გამოყენება ვერ აღწევს მიზანს 60<sup>0</sup>-ზე ზევით.

## თავი VI

### ლითონთა დაცვა კოროზიისაგან გარემოს დამუშავებით

#### 1. ლითონთა კოროზიის ინჰიბიტორები

რკინის ნაკეთობა, თუ ის ხანგრძლივად გამოუყენებელია, ანდა მოუვლელია, იფარება ჟანგით, რომელიც უკარგავს მას გარეგან სილამაზეს და ხარისხს. თუ, მაგალითად, დანა ადრე მჭრელი იყო, ბლაგვი ხდება. დროთა განმავლობაში ცნობილი გახდა, რომ რკინის ცხელი დამუშავებისას (სამუშაო თუ საბრძოლო იარაღის გაკეთებისათვის) რკინა იფარებოდა ე.წ. ხენჯით. ცხადია, როგორც ჟანგი, ისე რკინის ხენჯი, ორივე კოროზიის პროდუქტია და ორივეს მოცილება ნაკეთობის ზედაპირიდან აუცილებელია. ამიტომ თავდაპირველად მიმართავდნენ ლითონის ზედაპირის გაფხეკას კოროზიის პროდუქტებისაგან, რაც თავის მხრივ იწვევდა ლითონის მექანიკური თვისებების გაუარესებას. ამ გზით ზედაპირის სრული გასუფთავების მიღწევაც შეუძლებელი ხდებოდა. უფრო გვიან პრაქტიკამ მოხელეები მიიყვანა მჟავას გამოყენების აუცილებლობამდე კოროზიის პროდუქტების მოსაცილებლად. მჟავას მოქმედებით ლითონის ზედაპირი ჩინებულად პრიალებდა, მაგრამ მალე იმაშიც დარწმუნდნენ, რომ მჟავა, მართალია კოროზიის პროდუქტებს აცილებს ლითონს, მაგრამ ამავე დროს თვითონაც მოქმედებს ლითონზე და იწვევს მის დაშლას; საყურადღებოა, რომ ამ მდგომარეობიდანაც გამოსავალი მალე იქნა ნაპოვნი, სახელდობრ, გამოცდილებით ნათელი გახდა, რომ, თუ მჟავაში მცირე რაოდენობით ფქვილს ან ფქვილის გამონაცარს შევურევთ, მჟავა რამდენადმე კარგავს ლითონის ხსნადობის უნარს, მოგვიანებით ზოგიერთი მცენარის ფოთლების გამოყენებაც კი დაიწყო. ამრიგად, ქიმიურმა მეთოდმა კოროზიის პროდუქტების მოსაცილებლად თანდათანობით მოიკიდა ფეხი პრაქტიკაში. მჟავას გამოყენების საშუალებით შეგვიძლია მრავალი სხვადასხვა ხელსაწყო - იარაღის აღდგენა და წარმოებაში დაბრუნება. ყველა იმ ნივთიერებას, რომელთაც უნარი აქვთ შეაფერხონ რეაქციის სიჩქარე ამა თუ იმ აგრესიულ არეში, უარყოფითი კატალიზატორები, ანუ ინჰიბიტორები უწოდეს (ლათინური სიტყვიდან „ინჰიბიტორი“, რაც ნიშნავს დამუხრუჭებას). ამგვარი ნაერთების შესწავლას მეცნიერებამ ფართო მასშტაბით მოჰკიდა ხელი გაცილებით გვიან, როცა პრაქტიკამ მწვავედ დააყენა საკითხი ლითონის მარაგის დაცვისა და ზრდის შესახებ.

ყველა ორგანული ინჰიბიტორი, იმის მიხედვით, თუ როგორი არის პირობებში მოქმედებს, იყოფა შემდეგ ძირითად ჯგუფებად: მჟავას კოროზიის ინჰიბიტორები, ტუტეანი ხსნარის ინჰიბიტორები, ნეიტრალური არის, უწყლო არის



(ბენზინი, ნავთი, ოთხქლოროვანი ნახშირბადი და სხვ.) და ატმოსფერული კოროზიის ინჰიბიტორები. უკანასკნელი 10-15 წლის მანძილზე ფართო გამოყენება ჰპოვა ატმოსფერული კოროზიის ინჰიბიტორებმა.

ინჰიბიტორებისაგან თავიანთი მოქმედების ხასიათით გამოირჩევიან ე.წ. პასივატორები, რომლებიც შედიან მჟავას კოროზიის მაყოვნებელთა ჯგუფში. ასეთებია: ქრომატები, ფოსფატები, სოდა, ნიტრატები და სხვ. ისინი შედიან რეაქციაში ლითონთან და მასთან ერთად წარმოქმნიან ლითონის ზედაპირზე მოცემულ არეში ცუდად ხსნად ან პრაქტიკულად უხსნად ნივთიერებას, რომელიც გადაეკვრება ლითონის ზედაპირს. ეს შრე წარმოადგენს ერთგვარ გამყოფ შრეს ლითონსა და მოქმედ არეს შორის, რის შედეგადაც ადგილი აქვს კოროზიული პროცესის შეწყვეტას. ნივთიერებებს, რომლებიც იწვევენ ლითონის ზედაპირზე ლითონის გამაპასიურებელი შრეების წარმოქმნას, პასივატორებს უწოდებენ.

პრაქტიკაში მეტწილად ფართო გამოყენება ჰპოვა ინჰიბიტორებმა. ტექნიკაში ჩვენ გვჭირდება ქიმიური თუ ბიოქიმიური პროცესების არა მარტო დაჩქარება, არამედ პირიქით, დამუხრუჭებაც; მაგალითად, ავილოთ ლითონთა კოროზია. გვსურს, რომ კოროზია სრულად არ ხდებოდეს, მაგრამ ამის სავსებით თავიდან აცილება შეუძლებელია, ამის გამო დაინტერესებული ვართ, რაც შეიძლება შევასუსტოთ კოროზიის პროცესი, საამისოდ კი ვიყენებთ ინჰიბიტორებს.

ავილოთ რეზინი, რამდენადაც ძველდება იგი, იმდენად უფრო მყიფე ხდება – ადვილად იმსხვრევა, ჩვენ კი დაინტერესებული ვართ რაც შეიძლება შენეღდეს ასეთი პროცესი, რომ გავახანგრძლივოთ მისი გამოყენება. რეაქციის შენელება შეგვიძლია რეაქციაში შემავალ ნივთიერებათა კონცენტრაციის შემცირებით, ტემპერატურის დაწევით. რეაქციას საგრძნობლად შევანელებთ აგრეთვე ინჰიბიტორების გამოყენებით. ინჰიბიტორების მოქმედების ეფექტურობა დამოკიდებულია თვით ინჰიბიტორისა და ლითონის შედგენილობაზე, მჟავას კონცენტრაციასა და ქიმიურ ბუნებაზე, ტემპერატურაზე. რაც უფრო ნაკლები იქნება ამა თუ იმ ლითონის ხსნადობა მჟავაში მოცემული ინჰიბიტორის პირობებში, იმდენად მეტია ასეთი ინჰიბიტორის დაცვითი ეფექტიანობა.

ინჰიბიტორებს მეტწილად მიეკუთვნება ორგანული ნაერთები, რომელთაც პირობით ჰყოფენ სამ მთავარ ჯგუფად.

ინჰიბიტორებს თავიანთი მოქმედების ხასიათით ყოფენ რამდენიმე ქვეჯგუფად. არის ისეთი ინჰიბიტორები, რომლებიც ადსორბირებენ ლითონის ზედაპირზე, ქმნიან დამცავ ფურჩს და ამით თიშავენ ლითონს მჟავას გავლენისაგან, ზოგიერთი ინჰიბიტორი კი ადსორბირებს არა მთელ ზედაპირზე, არამედ ლითონის კათოდის ან ანოდის უბნებზე. პირველს კათოდურ ინჰიბიტორებს უწოდებენ, ხოლო მეორეს – ანოდურს. ინჰიბიტორის ეფექტურობა იცვლება ელექტროლიტის კონცენტრაციის და ტემპერატურის ზრდასთან დაკავშირებით.

ტემპერატურის მომატება იწვევს არა მარტო ადსორბციის შეფერხებას, არამედ მოქმედებს თვით ინჰიბიტორზედაც, სახელდობრ, იწვევს მის დაშლას. განსაკუთრებით ეს შეეხება ორგანულ ინჰიბიტორებს.

აღსანიშნავია, რომ ინჰიბიტორების უნარი შესწევს არა მარტო რთულ ნაერთებს, არამედ იონებსაც კი; მაგალითად, შესწავლილია, რომ მძიმე ლითონთა იონები, ისეთ აგრესიულ მჟავებში, როგორცაა გოგირდმჟავა და მარილმჟავა, იწვევენ ლოკალური კათოდების პოტენციალის დაწევას, რასაც მივყევართ კათოდის ხსნადობის შემცირებისაკენ. პროცესის არსი ფაქტიურად იმაში მდგომარეობს, რომ აღნიშნულ მჟავებში, ფოლადის კოროზიის დროს ადგილი აქვს გოგირდწყალბადის წარმოქმნას. ტყვიისა და კალის იონები შედიან რა რეაქციაში გოგირდწყალბადთან, იწვევენ ლითონის ზედაპირზე ძნელად ხსნადი სულფიდების წარმოქმნას, რომლებიც ქმნიან დამცავ ფურჩს ლითონის ზედაპირზე. ამ მოვლენის სისწორეს ასაბუთებს ის, რომ ტყვიისა და ფოლადის იონების კონცენტრაცია ხსნარში მცირდება. რაც უფრო მეტია ფოლადში გოგორდის შემცველობა, იმდენად იზრდება მძიმე ლითონთა დამცველი მოქმედება.

გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ ინჰიბიტორი არ არის იზოლირებული მჟავას წყალბადიონების და ლითონის იონების ურთიერთგავლენისაგან. ამ საკითხზე მრავალი სხვადასხვა შეხედულება არსებობს. ფაქტია, რომ ინჰიბიტორები, ეკვრიან რა ლითონის ზედაპირს, წარმოშობენ ერთგვარ დამცავ ფურჩს, რომელიც ხელს უშლის ლითონის ხსნადობას.

ინჰიბიტორების გამოყენება მაშინ აღწევს უმაღლეს ეფექტს, როდესაც ცნობილია მისი მოქმედების მექანიზმი. ზოგიერთი ავტორი ინჰიბიტორებს მოქმედების მექანიზმის მიხედვით ყოფს კათოდურ და ანოდურ ინჰიბიტორებად, აგრეთვე შერეულ ინჰიბიტორებად. ამგვარი დაყოფა, ცხადია სრული არ არის, რადგან ინჰიბიტორების მექანიზმი მეტად რთული პროცესია და მისი სპეციფიკურობა არსებითად განისაზღვრება კონკრეტული მდგომარეობის მიხედვით. მხედველობაში გვაქვს თვით სისტემის სპეციფიკა, რომელიც განხილული უნდა იქნეს ლითონის, აგრესიული არის და ინჰიბიტორის ურთიერთმოქმედების მთლიანობაში.

## 2. ინჰიბიტორის მოქმედების კანონზომიერება

ყოველი მოვლენა, როგორც მარტივიც არ უნდა იყოს იგი, როგორც წესი, ემორჩილება გარკვეულ კანონზომიერებას. ასევე ინჰიბიტორის მოქმედება, მით უმეტეს, რომელიც რთულ პროცესს წარმოადგენს, მიმდინარეობს გარკვეული წესისამებრ. როგორც საკითხის შესწავლამ ნათელყო, ინჰიბიტორული ეფექტი ბევრად არის დამოკიდებული თვით ნივთიერების მოლეკულურ წონაზე.

### 3. შერეული ინჰიბიტორები

პრაქტიკამ ნათელყო, რომ შერეული ინჰიბიტორები უფრო ხელსაყრელია ლითონის დასაცავად, ვიდრე ინჰიბიტორები ინდივიდუალურ მდგომარეობაში. როდესაც ინჰიბიტორების ნარევი ვლავარაკობთ, მხედველობაში უნდა მივიღოთ შემდეგი გარემოება. ვთქვათ, ინჰიბიტორი შედგება ორი სხვადასხვა ნივთიერებისაგან: ერთი ლითონის ხსნადობას ანელებს 70-ჯერ, მეორე 30-ჯერ. თუ გამოვიტანეთ ისეთი დასკვნა, რომ საბოლოო ჯამში ხსნადობა 100-ჯერ უნდა შემცირდეს, ცხადია, ეს არ იქნებოდა სწორი. ინჰიბიტორების შერევა არ ნიშნავს მათი ინჰიბიტორების უნარიანობის შეჯამებას. ნარევი ინჰიბიტორები წარმოადგენენ თვისობრივად განსხვავებულ სისტემებს, რაც უდაოდ მიუთითებს გარკვეულ ქიმიურ ურთიერთობაზე, როგორც კომპონენტთა შორის, ისე ამ კომპონენტების ურთიერთობაზე აგრესიულ არესთან და ლითონის იონებთან.

### 4. კოროზიის სტიმულატორები

ავიღოთ სამი ქიმიური ჭიქა, სამივეში ჩავასხათ ერთი და იმავე კონცენტრაციის გოგირდმჟავა, ჭიქები დავნომროთ. ერთ ჭიქაში მცირე რაოდენობით რაიმე ნიტრონაერთი დავუმატოთ, მაგალითად, ნიტროტოლოლი, ხოლო მეორე ჭიქაში კი იმავე რაოდენობით დავუმატოთ, ვთქვათ, ფორმალდეჰიდი, მესამე ჭიქა დავტოვოთ საკონტროლოდ. ამის შემდეგ თითოეულ ჭიქაში ჩავდოთ წინასწარ კარგად გაპრიალებული და აწონილი ფოლადის ფირფიტები და გავაჩეროთ ისინი ასეთ პირობებში, ვთქვათ, ხუთი საათის განმავლობაში. შემდეგ ამოვიღოთ ჭიქებიდან, გავრეცხოთ წყლით, გავაშროთ და ოთხი საათის განმავლობაში შევინახოთ ექსიკატორში, ამის შემდეგ ავწონოთ. ვნახავთ, რომ წონაში ყველაზე მეტი დაუკარგავს იმ ფირფიტას, რომელიც გოგირდმჟავაში იყო, შემდეგ დანაკარგის მიხედვით მას მიყვება სუფთა გოგირდმჟავაში მოთავსებული, ხოლო ყველაზე მცირე დანაკარგს გვიჩვენებს ის ფირფიტა, რომელიც ფორმალდეჰიდიან გოგირდმჟავაში გვქონდა. აღნიშნული გარემოება მიუთითებს იმაზე, რომ არის ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც ლითონის ხსნადობას მჟავაში პირიქით აჩქარებენ და ამდენად ინჰიბიტორების საწინააღმდეგო უნარით ხასიათდებიან. ასეთ ნივთიერებებს კოროზიის სტიმულატორები ეწოდება.

აღსანიშნავია, რომ როგორც სტიმულატორები, ასევე ინჰიბიტორები ვერ ცვლიან ფოლადის ხსნადობის კანონზომიერებას მჟავაში, ისინი მხოლოდ შესაბამისად აჩქარებენ ან ანელებენ ხსნადობის სიჩქარეს. ასეთი თავისებურება სტიმულატორებისა და ინჰიბიტორებისა იმით აიხსნება, რომ ისინი პრაქტიკულად

ვერავითარ უშუალო გავლენას, თვით მყავას თვისებებზე, ვერ ახდენენ, მოქმედებენ მხოლოდ ლითონის ზედაპირზე.

## 5. ინჰიბირებული საპოხი ნივთიერებები ატმოსფერული კოროზიისაგან დასაცავად

ანტიკოროზიული საპოხი მასალები პრაქტიკაში დიდი ხანია გამოყენებულია, მაგრამ მათი მიღების ტექნოლოგია, შედგენილობა და გამოყენების ტექნიკა ამჟამად მეცნიერულ დონეზეა და, მაშასადამე, უფრო რაციონალურია და ეფექტურიც.

ატმოსფერული კოროზიისაგან დასაცავად მრავალ სხვადასხვა საშუალებას შორის თვალსაჩინო ადგილი უჭირავს აგრეთვე საპოხი მასალებსაც, რომელთა თხელი შრე, მსგავსად ნაირგვარი საღებავი მასალებისა, აფერხებს კოროზიის აგენტების შეღწევადობას ლითონის ზედაპირზე. საპოხი მასალები არ უნდა შედიოდნენ ქიმიურ რეაქციაში ლითონთან, ატმოსფეროსა და ტემპერატურის გავლენით არ უნდა განიცდიდნენ იმგვარ გავლენას, რომ ხელი შეეწყოს აგრესიული ფაქტორის მოქმედებას. ლითონისადმი, რიგ ავტორთა გამოკვლევით, მაღალხარისხოვანი საპოხი მასალები უფრო ეფექტური აღმოჩნდა, ვიდრე ლაქსაღებავები.

საპოხი მასალების გამოყენება მოითხოვს დიდ მეთვალყურეობას და შეიძლება საჭირო გახდეს ძველი საპოხი მასალის ჩამოცილება და ახლით დამუშავება, ეს კი მეტად შრომატევადი სამუშაოა. თუ საპოხი მასალათა გამოყენებას სათანადო კონტროლი არ დაუწესდა, შესაძლოა თვით საპოხი ნივთიერება იქცეს კოროზიის სტიმულატორად, რადგან საპოხი მასალები ადვილად შრებიან, იჟანგებიან და ამრიგად, კარგავენ კონსერვაციის უნარს. საპოხი მასალათა დამცველუნარიანობის შესწავლისათვის იყენებენ მარტივ, მაგრამ ეფექტურ ხელსაწყოს, რომელიც იძლევა სხვადასხვა პირობებში მათი ვარგისიანობის შესწავლის შესაძლებლობას.

საერთოდ, უნივერსალური ხასიათის საპოხი მასალათა მიღება შეუძლებელია, რადგან კლიმატური პირობები მეტად ცვლადია და ძნელი ხდება ისეთი მასალის სინთეზი, რომელიც ყველა პირობებში კარგად დაიცავს ლითონის ნაკეთობას, მაგრამ, ცხადია, ეს სრულიადაც არ ნიშნავს იმას, რომ ხელი ავიღოთ მაღალეფექტურ საპოხი მასალათა სინთეზზე. რიგი ცდებით დადასტურებულია, რომ ის დამცველი საშუალებები, რომლებიც მოცემულ პირობებში კოროზიული მოვლენების შესწავლის მასალების ბაზაზეა მიღებული, ბევრად უფრო ამართლებენ თავიანთ დანიშნულებას, ვიდრე ისეთი მასალები, რომელთა დამცველუნარიანობისათვის არაა გათვალისწინებული ლითონისა და გარემოს სპეციფიკურობა. ამ ბოლო ხანებში ბევრი ახალი მეთოდია შემოღებული ნაკეთობათა დასაცავად ატმოსფეროს პირობებში, სახელდობრ, ამ მხრივ ყურადღებას იპყრობს ატმოსფერული კოროზიის აქროლადი ინჰიბიტორები. გარდა ამისა,

ცნობილია ინჰიბირებული საპოხი მასალები. საერთოდ, როგორც ერთს, ისე მეორეს, დიდი მნიშვნელობა აქვს ნაკეთობათა შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს.

## 6. დაჟანგვის პროდუქტებისაგან გაწმენდის ქიმიური ხერხები

ცალკეულ ნაკეთობათა ჟანგის ან ხენჯისაგან გაწმენდის მექანიკური ხერხი ამჟამადაც გამოყენებულია, მაგრამ მას გააჩნია ნაკლოვანი მხარეებიც, სახელდობრ, მოითხოვს დიდ შრომასა და დროს, გარდა ამისა ნაკეთობის თითოეული კუნჭულის გაწმენდა ჟანგისაგან, როგორი ლითონის ჯაგრისებიც არ უნდა ვიხმაროთ, ძნელი ხდება. ზოგჯერ ამ ხერხით ადგილი აქვს აგრეთვე მექანიკური თვისებების შელახვასაც. ამიტომ ახლა ფართოდაა გამოყენებული ქიმიური ხერხი. საერთოდ, მინერალურ მჟავებში კარგად იხსნება ჟანგი და ხენჯი. კარგად იხსნება აგრეთვე თვით ლითონიც, ეს უკანასკნელი საფეხური უკვე საზიანოა და იგი თავიდან რომ იქნეს აცილებული, ამიტომ უნდა მოვიშველიოთ ინჰიბიტორები, რომელთაგან ზოგიერთის მოქმედება იმდენად ეფექტურია, რომ ჟანგის ხსნადობისას თითქმის არ იცვლება ლითონის ზედაპირის პრიალი, ინჰიბირებული მჟავათი გაწმენდა განსაკუთრებით ხელსაყრელია წვრილი ნაწილებისათვის, რომელთა მიმართ მექანიკური ხერხი უძლურია. ინჰიბიტორებს ფართოდ იყენებენ ხენჯის მოსაცილებლად, რომელიც ჩნდება ლითონის ცხელი დამუშავების დროს. ასეთ ღონისძიებას ატარებენ ყოველწლიურად ასეულ ათასობით ტონა ლითონის მიმართ. დავუშვათ, რომ ხენჯის მოცილება ჩატარდა ინჰიბიტორების გარეშე, მაშინ სუფთა მჟავა, გარდა იმისა, რომ ლითონს განკუთვნილ ზომას შეუცვლის, გამოიწვევს ლითონის დანაკარგს.

როდესაც ჟანგს ქიმიური ხერხით ვაცილებთ ლითონის ზედაპირს, ამ დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე სხვა ფაქტორებთან ერთად ტემპერატურის ფაქტორს. სახელდობრ, მაღალი ტემპერატურის პირობებში ჟანგის ხსნადობა გაცილებით ჩქარია, მაგრამ ამ დროს თვით ლითონის ხსნადობის სიჩქარეც მატულობს. საერთოდ, მიღებულია, რომ როდესაც მიმართავენ ქიმიურ ხერხს, ცდილობენ მჟავას ტემპერატურა მერყეობდეს 20-40<sup>0</sup>-მდე.

ჟანგისაგან გაწმენდის დრო დამოკიდებულია თვით ლითონის რაობაზე, მის ზედაპირზე და ჟანგისაგან დაზიანებაზე. მაგალითად, 20%-იან გოგირდმჟავაში ჟანგი გაპრიალებული ზედაპირიდან მოცილდება 20-30 წუთის განმავლობაში, ხოლო, თუ ლითონის ზედაპირი ხორკლიანია, მაშინ იმავე პირობებში შედარებით მეტი დრო სჭირდება, დაახლოებით 1,5-2 საათი. თუ ისეთი ნაკეთობაა, რომ ფოლადი თუთიითაა დაფარული, მაშინ ჟანგის პროდუქტებისაგან გაწმენდა ამავე ხერხით მოითხოვს დიდ სიფრთხილეს. თუთია რკინასთან შედარებით დაახლოებით ათასჯერ ჩქარა იხსნება გოგირდმჟავას და მარილმჟავაში.

ამის გამო საჭიროა გავუფრთხილდეთ თუთიას, ეს კი შეიძლება მაღალი ეფექტური ინჰიბიტორების გამოყენებით. გარდა ამისა უნდა გვახსოვდეს, რომ თუთიით დაფარული ფოლადი მჟავაში—ეს უკვე გაღვანური ელემენტია, რომელშიც თუთია, როგორც ანოდი, გადავა ხსნარში, ე.ი. თუთიას, როგორც ლითონის დამცავ ფურჩს, დავკარგავთ. ამისათვის ამ საქმეშიც ვიშველიებთ ინჰიბიტორს. არის ზოგჯერ ისეთი შემთხვევა, რომ მანქანის ესა თუ ის ნაწილი მეტად დიდია და არ ჩაეტევა აბაზანაში (აბაზანებად ხმარობენ ჩვეულებრივ მინანქრიან აბაზანებს, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აგრეთვე ხის აბაზანებიც, ხოლო შიგნიდან იგი დაფარული უნდა იყოს ბიტუმის შრით). ასეთ შემთხვევაში იყენებენ პასტებს, საგოზავ ნივთიერებებს, რომლებიც შეიცავენ ინჰიბირებულ მჟავებს, ანდა შემოახვევენ სპეციალურად ინჰიბირებულ მჟავაში დასველებულ ჩვრებს.

განვიხილოთ, თუ როგორ ხდება ორთქლის ქვაბებისა და წყალგამყვანი მილების გაწმენდა მინადულის ან ნალექებისაგან. საერთოდ, ორთქლის ქვაბებს დიდად აზიანებს მინადულის წარმოქმნა. ამიტომაც, რომ ორთქლის ქვაბებისათვის სპეციალურად იყენებენ რბილ წყალს, სადაც ამის საშუალება არის, მიმართავენ წინასწარ წყლის დარბილებას, რათა როგორმე თავიდან აიცილონ მინადულის წარმოქმნა. ფაქტია, რომ მინადული ზიანს აყენებს თვითონ ქვაბს (აჩენს ბზარს). ამასთან, რაც უფრო სქელია მინადულის შრე, იმდენად მეტია სითბოს დანაკარგი. ასე, მაგალითად, გამოანგარიშებულია, რომ თუ მინადულის სისქე 6 მმ-ია, მაშინ გვეკარგება დახარჯული სითბოს 15% და თუ 8 მმ-ს აღწევს, მაშინ ვკარგავთ 20%-ს. ხშირად იმდენად მომაბეზრებელი ხდება მინადული, რომ იძულებული ხდებიან დროგამოშვებით გააჩერონ დანადგარი, ამოიღონ ქვაბი და გაწმინდონ იგი სხვადასხვა მექანიკური ხერხით, რაც ზოგჯერ იწვევს ქვაბის შეუმჩნეველ დაზიანებას და წყობიდან მის ნაადრევად გამოსვლას. ახლა, როდესაც შემოღებულია ქვაბების გაწმენდის ქიმიური ხერხი, მინადული უკვე ისეთ საშიშროებას აღარ წარმოადგენს.

## 7. წყლის აგრესიულობის შესუსტება გარემოს დამუშავებით

როგორც აღინიშნა, ლითონისა და გარემოს ურთიერთობისას ლითონის კოროზიის თავისებურებაზე, როგორც პროცესის მიმდინარეობის, ისე სიჩქარის ხასიათზე, დიდი გავლენა აქვს ლითონისა და გარემოს რაობას, მათს ურთიერთ დამოკიდებულებას.

როდესაც საუბარია გარემოს დამუშავებაზე, ამ დროს მხედველობაში უნდა მივიღოთ ჯერ ერთი, გარემოს დამუშავება ისეთი ნაერთებით, რომლებიც იწვევენ მოცემული გარემოს აგრესიის საგრძნობ შეფერხებას და მეორე, გარემოს დამუშავებას, წინასწარ, ვიდრე იგი მოვიდოდეს ლითონთან ურთიერთობაში. როდესაც,

მაგალითად, მყავას ვიყენებთ ლითონის რომელიმე ნაკეთობის გასაწმენდად კოროზიის პროდუქტებისაგან, მაშინ, როგორც ცნობილია, ვიყენებთ ამა თუ იმ ინჰიბიტორს, რომელიც არ შედის რეაქციაში გარემოსთან და არც თვით ლითონთან. მაგრამ სულ სხვაა, როდესაც კოროზიის გამომწვევ ფაქტორებს ვებრძვით არა უშუალოდ პროცესის მიმდინარეობის დროს, არამედ პროცესის დაწყებამდე. თუ, მაგალითად, ჩამქრალ კირს გამოვიყენებთ კალციუმისა და მაგნიუმის კათიონების დასაღებად იმ მიზნით, რომ თავიდან ავიცილოთ წყლის სიხისტე, ეს უკვე ჩამქრალი კირის ინჰიბიტორული მოქმედებით არ აიხსნება. ეს იქნება გარემოს წინასწარი დამუშავება აგრესიის თავიდან აცილების მიზნით.

ცნობილია, რომ ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაში არც ერთ ნივთიერებას ისეთი გამოყენება არ აქვს, როგორც წყალს. არ არსებობს მეურნეობის არც ერთი ისეთი დარგი, რომელშიც წყალს ამა თუ იმ დანიშნულებისათვის პირდაპირი თუ არაპირდაპირი გამოყენება არ ჰქონდეს. ავიღოთ ორთქლის ნაირგვარ ძრავათა დანადგარები, ორთქლის ტურბინების კონდენსატორები, თბოგადამცემი სხვადასხვა ტიპის აპარატები და მრავალი სხვა. ყველა ეს აპარატი წყლის გამოყენების ბაზაზეა აგებული, ამიტომაც წყლის სისუფთავეს უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს. ცნობილია, რომ ბუნება ტექნიკისათვის საჭირო წყალს მზამზარეულად არ გვაწვდის, ამიტომ საჭიროა მისი წინასწარ გაწმენდა, წყლის გაწმენდა კი იმას ნიშნავს, რომ ჩამოვაცილოთ მათ გაზები, როგორცაა ჟანგბადი, ნახშირორჟანგი და აზოტი. პირველი ორი და განსაკუთრებით ჟანგბადი, ყველაზე დიდი სტიმულატორია კოროზიის, წყალში გახსნილ გაზთა შორის. იმ მიზნით, რომ თავიდან იქნეს აცილებული მისი აგრესია, მიმართავენ წყლის დეაირაციას სპეციალური დანადგარების საშუალებით.

დეაირაციისათვის წყალს ადუღებენ, რის შედეგადაც ადგილი აქვს მასში გახსნილ გაზების გამოყოფას, მაგრამ აღსანიშნავია, რომ ჩვეულებრივ ატმოსფერული წნევის ქვეშ, მიუხედავად წყლის დუღილისა, არ ხდება გახსნილი ჟანგბადის მთლიანად გამოყოფა და ამის გამო საჭიროა წყლის ადუღება მოხდეს შემცირებული წნევის ქვეშ. დანადგარს, რომელშიაც ხდება დეაირაცია, დეაირატორს უწოდებენ. წყალი ჩამოდის დეაირატორის ზემო ნაწილიდან, საიდანაც წვეთ-წვეთობით მოედინება და ეცემა მილებს, რომელშიც გადის ორთქლი. წყალი ამ დროს ცხელდება და მასში გახსნილი ჟანგბადიც გამოეყოფა, ან ამოქაჩავენ მას. ამრიგად, დეაირატორის ქვემო ნაწილში გროვდება ჟანგბადგამოცლილი წყალი. ცხადია, ჩვენ არ შეგვიძლია აბსოლუტურად გამოვაცილოთ წყალს მასში გახსნილი ჟანგბადი, ასეა თუ ისე, წყალში მაინც რჩება იგი მცირე რაოდენობით. უნდა აღინიშნოს, რომ წყალი ნორმალურ ტემპერატურაზე გაცილებით სუსტად ახდენს ლითონზე კოროზიულ მოქმედებას, ვიდრე იგივე წყალი მაღალ ტემპერატურაზე.

თუ, მაგალითად, მილები კარგად მოთუთიებულია, ჩვეულებრივ წყალს არ შეუძლია მილს მიაყენოს ზიანი 20-30 წლის განმავლობაშიც კი, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ზოგიერთ გამონაკლისს.

ხისტ წყალს მარილებს აცლიან როგორც ადულებით (ეს შეეხება გარდამავალ ან დროებით ხისტ წყლებს), ე.ი. წმინდა ფიზიკური ხერხით, აგრეთვე ქიმიური ხერხითაც. ცნობილია, რომ ორთქლის ქვაბებს უჩნდება მინადული. განსაკუთრებით ამ მხრივ ცუდია სულფატები და ბუნებრივი სილიკატები. ჩვეულებრივ წყალში, რომელსაც იყენებენ ორთქლის ქვაბებისათვის, მეტ-ნაკლები რაოდენობით შედის უმთავრესად კალციუმისა და მაგნიუმის სულფატები, კარბონატები, ბიკარბონატები და ქლორიდები. ეს მარილები იწვევენ წყლის სიხისტეს.

მინადული, რომელიც ქვაბის კედლებზე წარმოიქმნება, ყველა ერთნაირი შედგენილობის არ არის, მაგალითად, მინადული, რომელიც შედგება თაბაშირისაგან, უფრო მტკიცე და მკვრივია, ვიდრე კალციუმის კარბონატისაგან შემდგარი მინადული. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით არჩევენ მინადულის შემდეგ ტიპებს:

1. კარბონატულს, ასეთი მინადული 50%-ზე მეტ კალციუმის კარბონატს შეიცავს. იგი წვრილი კრისტალების სახითაა მიკრული.
2. თაბაშირულს, შეიცავს კალციუმის სულფატს 50%-ზე მეტს; შედგება მყარი და მკვრივი წვრილი კრისტალებისაგან.
3. სილიკატურს, შეიცავს არანაკლებ 20-26% ში 2-ს, მყარი, მეტწილად ამორფული მასის სახით.
4. ალუმინოსილიკატურს, შეიცავს ში 2 და ლ2 2. ასეთი მინადული წარმოიქმნება უმთავრესად დიდი წნევის ქვეშ ქვაბებში.
5. შერეულს, ამაში შედის ყველა ზემოთ აღნიშნული ტიპი. ასეთი ნალექების აღნაგობა დამოკიდებულია იმ მარილებზე, რომლებიც წყალში ჭარბადაა. საერთოდ მინადული ასუსტებს კედლების თბოგამტარობას, ამცირებს მილების დიამეტრს, იწვევს სათბობის გადახარჯვას; მაგალითად, 1 მმ სისქის მინადულის პირობებში სათბობი იხარჯება ზედმეტად, დაახლოებით 5%-მდე. ზოგ შემთხვევაში მინადული იწვევს ქვაბებისა და მილების დაზიანებასაც, რადგან წყლისაგან იზოლირებული ქვაბის კედლები ძლიერ ხურდება. ამ დროს რკინა თანდათანობით იჟანგება, რის გამოც კედლები კარგავენ სიმტკიცეს. ქვაბი იქნება ის თუ მილი, ადვილად სკდება. ხისტი წყალი უვარგისია აგრეთვე რიგი ტექნოლოგიური პროცესებისთვისაც, მაგალითად, სამღებრო საქმისათვის, რეცხვისა და, საერთოდ ისეთი ოპერაციების ჩასატარებლად, რომელთა დროსაც ადგილი აქვს საპნის გამოყენებას. სახიფათოა, როგორც კოროზიის აქტივატორი, ქლორმაგნიუმი, რის გამოც ზღვის წყალი უფრო ძლიერია, როგორც კოროზიის ფაქტორი. ამის ძირითადი მიზეზი იმ მარილის შემცველობით აიხნება, რომელიც ზღვის წყალში უფრო მეტი რაოდენობითაა, ვიდრე მტკნარ წყალში. ამ მარილის ასეთი რღვევითი მოქმედება იმითაა გამოწვეული, რომ ორთქლის ქვაბში ტემპერატურისა და წნევის გამო ეს მარილი წყალში ჰიდროლიზს



განიცდის, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მაგნიუმის ჟანგის ჰიდრატი და მარილმჟავა, ეს კი იწვევს ლითონის გამლიერებულ კოროზიას.

წყლის დარბილებას, ე.ი. კალციუმისა და მაგნიუმის მარილების გავლენის თავიდან აცილებას, ახდენენ სხვადასხვა ხერხით. ცნობილია თერმული ხერხი, რაც მდგომარეობს წყლის ადუღებაში, მაგრამ ამ ხერხმა ვერ ჰპოვა ფართო გამოყენება. ჯერ ერთი იმის გამო, რომ პროცესი ნელა მიმდინარეობს და მეორეც იმიტომ, რომ ყველა წყლისათვის ის არ გამოდგება. მაგალითად, თუ წყალში კალციუმის სულფატია, ასეთი წყლის ადუღებით ვერაფერს ვერ გავხდებით. უფრო გავრცელებულია წყლის გაწმენდის ქიმიური ხერხი. ამ მიმართებით გამოყენებაშია კირი, რომელსაც იყენებენ ჩამქრალი კირის სახით, ან კირის რძის სახით. ამ დროს კალციუმისა და მაგნიუმის ბიკარბონატები გადადიან კარბონატებში.

გარდა აღნიშნულისა, წყლის დასამუშავებლად ზოგჯერ იყენებენ ბარიუმის კარბონატს, ბარიუმის ალუმინატს და სხვ. ეს უკანასკნელი რეაქტივი ძლიერ აქტიურია და ძვირიც. ბარიუმის ალუმინატის მოქმედებით ნალექში მიიღება ალუმინის ჟანგის ჰიდრატი, ნალექი, რომელსაც ადსორბციის უნარი გააჩნია, ამის გამო ეს ნალექი თან წარიტაცებს ორგანული და კოლოიდური ნივთიერებების ნაწილს, რადგან ბარიუმის მარილები უხამიანია, მათი გამოყენება დაუშვებელია ისეთი წყლის გასაწმენდად, რომელიც გამოყენებულია საკვები პროდუქტებისათვის. კოროზიული არის დამუშავებას ზოგიერთი ნივთიერების შერევის გზით ახდენენ არა მარტო წყლის, არამედ რიგი სხვა ელექტროლიტებისთვისაც. განსაკუთრებით ეს უნდა ითქვას მჟავების მიმართ, რადგან მჟავებს ფართოდ იყენებენ ლითონის ზედაპირიდან ხენჯისა და ჟანგის პროდუქტების მოსაცილებლად.

## თ ა გ ი VII

### ლითონთა კოროზიისაგან დაცვის ხერხები

#### 1. ლითონთა ზედაპირის მომზადება დასაფარავად

კოროზიისაგან ლითონთა დაცვა რა ხერხითაც და როგორი წარმოშობის ფურჩით არ უნდა ხდებოდეს, აუცილებელია, რომ პირველ რიგში, ნაკეთობის ზედაპირი იყოს რაც შეიძლება სუფთა ყოველგვარი ნივთიერებისაგან. წინააღმდეგ შემთხვევაში თუნდაც უმაღლესი ხარისხის საფარიც კი თავის დანიშნულებას ვერ გაამართლებს. პირიქით, შესაძლოა კიდევაც დააჩქაროს კოროზიული პროცესები. ამისათვის აუცილებელია ლითონთა ზედაპირის წინასწარი გასუფთავება.

ლითონთა ზედაპირის გასუფთავებისათვის არსებობს მექანიკური და ქიმიური ხერხი. პირველში შედის სილა-ჭავჭავური გაწმენდა, ხეხა, გაპრიალება. ამ დროს იყენებენ ისეთ მაგარ და ინერტიულ ნივთიერებებს, როგორცაა სილა, კორუნდი, ზუმფარა, დიატომიტი და სხვ. მეორეში კი შედის ზედაპირის ქიმიური დამუშავება. ამ უკანასკნელს მიეკუთვნება, მაგალითად, ცხიმგაცლა, რომელიც მექანიკური წმენდის შემდეგ უნდა ჩატარდეს. პრაქტიკაში ხშირად ორივე ხერხს იყენებენ.

ცხიმგაცლას ახდენენ მწვავე ტუტის ცხელი ხსნარით (70-80<sup>0</sup>), ან რომელიმე ორგანული გამხსნელით, როგორცაა ბენზინი, ნავთი და სხვ. ლითონის ზედაპირის სხვადასხვა ნივთიერებისაგან გასუფთავებისათვის გამოყენებულია აგრეთვე ულტრა-ბგერითი მეთოდი, რომლის უპირატესობა სხვა მეთოდებთან შედარებით და, კერძოდ, ქიმიურ მეთოდებთან შედარებით იმაში მდგომარეობს, რომ ის ნაკლებად შრომატევადია, მომსახურე პერსონალის ჯანმრთელობისათვის არ არის საზიანო და, გარდა ამისა, გამორიცხულია წყალბადური სიმყიფე და დეტალის გაწმენდის ხარისხი გაცილებით მაღალია.

კოროზიის პროდუქტების თუ ცხიმგაცლის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია თვით დეტალის გაჭუჭყიანების მდგომარეობაზე, მის სიდიდეზე, ფორმასა და თერმული დამუშავების ხასიათზე.

როდესაც ლითონის ზედაპირს გავასუფთავებთ, ამის შემდეგ ზედაპირის ხელით შეხება დაუშვებელია, რადგან ცხიმოვანი შრე, როგორი თხელიც არ უნდა იყოს იგი, ხელს შეუშლის ფურჩის მიკვრას ლითონის ზედაპირზე.

## 2. დამცავი ფურჩები

ანტიკოროზიულ ტექნიკაში ლითონთა ზედაპირზე დამცავი ფურჩების წარმოქმნას ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს. დამცავი ფურჩების საშუალებით საგრძნობლად ავიცილებთ თავიდან დიდძალი მანქანა-იარაღების, ხელსაწყოებისა და დანადგარების კოროზიას. დამცავი ფურჩების წარმოქმნის არსი ლითონისა და გარემოს კოროზიული ფაქტორების გათიშვაშია და რაც უკეთ არის მიღწეული ასეთი მდგომარეობა, იმდენად ხანგრძლივი და ეფექტურია დაცვა. დამცავი ფურჩები იქმნებიან როგორც ბუნებრივ პირობებში, ისე ხელოვნურადაც. ცნობილია, მაგალითად, დამცავი ფურჩების წარმოქმნის მრავალი საშუალება გაზების, ხსნარების და მყარ ნივთიერებათა გამოყენებით. თუ ავიღებთ იოდის ორთქლს ან გოგირდწყალბადს და ვიმოქმედებთ ვერცხლზე, მივიღებთ დამცავ ფურჩებს—პირველ შემთხვევაში ვერცხლის იოდიდს, ხოლო მეორე შემთხვევაში ვერცხლის სულფიდს. თუ ახლა ვერცხლის ნიმუშზე ვიმოქმედებთ იოდის სპირტიანი ხსნარით და გოგირდწყალბადმჟავათი, მივიღებთ იმავე შედეგნილობის ისეთსავე ფურჩს. ვერცხლის წარმოქმნილი ფურჩები კოროზიული არის ორმხრივი დიფუზიის შედეგია და რაც უფრო ჩქარია ასეთი დიფუზია, ფურჩის წარმოქმნაც შესაბამისად დაჩქარდება, ხოლო დიფუზიის სიჩქარე თავის მხრივ დამოკიდებულია ნივთიერების რაობაზე, მის კონცენტრაციაზე და ტემპერატურაზე. სიჩქარის მიხედვით იცვლება ფურჩის ფერიც, როდესაც უკვე პრაქტიკულად შენელებულია კოროზიული მოქმედება, ფურჩიც მიიღებს ასე თუ ისე შედარებით მუდმივ ფერს. ზოგჯერ ფურჩის ფერის მიხედვითაც შეგვიძლია ერთგვარი წარმოდგენა გვექონდეს მისი ასაკის შესახებაც. მაგალითად, კარგად გაპრიალებული ფოლადის ფირფიტა ცის ქვეშ რომ დავტოვოთ, პირველად იგი დაიფარება ღია ყვითელი ფერის ფურჩით, რამდენიმე ხნის შემდეგ ფურჩს ფერი გამოეცვლება და გახდება ყვითელი, უფრო გვიან ღია ყავისფერი და ბოლოს კი მუქი ყავისფერი. ლითონის სუფთა ზედაპირსა და ჟანგბადს შორის ქიმიური ურთიერთობა და საერთოდ ოქსიდაციის პროცესი ყველაზე ძლიერია პირველ მომენტში, ხოლო როდესაც წარმოიქმნება მონომოლეკულური ოქსიდური ფურჩი, ამ დროს ჟანგბადის ნაწილაკების შეღწევადობა შედარებით ფერხდება და ბოლოს მიაღწევს ისეთ ზღვარს, რომ დიფუზია პრაქტიკულად შეწყდება კიდევ, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია ფურჩის ქიმიურ შედეგნილობაზე, მის კომპაქტურობაზე და ადჰეზიის ხარისხზე. ფურჩის სისქე დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე, რომელთა შორის ძირითადია ლითონის რაობა, მისი ზედაპირის ხასიათი, ტემპერატურა, გარემოს შედეგნილობა და მისი ქიმიური მოქმედების უნარი ლითონის მიმართ. მაგალითად, ალუმინის, თუთიის და სხვა ფერადი ლითონის ზედაპირზე წარმოქმნილი ფურჩი უფრო

თხელია, ვიდრე შავი ლითონის ზედაპირზე წარმოქმნილი. ალუმინის ფაზარი ზედაპირის ფურჩი უფრო სქელი იქნება, ვიდრე ნიმუშის გაპრიალებული ზედაპირის, რადგან ფაზარ ზედაპირს დროის ერთეულში შეხების მეტი ფართობი გააჩნია, ამიტომაც მისი ოქსიდაცია უფრო ჩქარია. 20-25<sup>0</sup>ჩ-ის პირობებში მოთავსებულ ალუმინის ფირფიტებზე გადაკრული ფურჩი უფრო თხელია, ვიდრე 50-60<sup>0</sup>-ის პირობებში წარმოქმნილი ფურჩი.

არჩევნ სამი სხვადასხვა სისქის ფურჩს:

1. თ ხ ე ლ ი ფ უ რ ჩ ი. ამ ფურჩის დანახვა შეუძლებელია. იგი იმდენად თხელია, რომ ლითონი პრაქტიკულად არ კარგავს ბრჭყვიალის უნარს. ასეთი ფურჩები იქმნება უმთავრესად 10-დან 25<sup>0</sup>-მდე და მათი სისქე 400 მიკრონზე ნაკლებია.

2. ს ა შ უ ა ლ ო ს ი ს ქ ი ს ფ უ რ ჩ ი გადაეკვრება ლითონის ზედაპირს ე.წ. ჟღალა ფერის ფურჩის სახით, რომლის სისქე 400-დან 500 მიკრონამდე აღწევს.

3. ს ქ ე ლ ი ხ ი ლ ვ ა დ ი ფ უ რ ჩ ი ისეთია, რომ მისი სისქე 5000 მიკრონზე მეტია.

სისქის მისედვით ფურჩების ამგვარი დაყოფა ფარდობითია. ფურჩის ხარისხი-ანობა დამოკიდებულია იმ შინაგან და გარეგან ფაქტორთა კომპლექსზე, რომლებმაც განაპირობეს მისი წარმოქმნა. დამცავ ფურჩებს უნდა გააჩნდეთ შემდეგი ძირითადი თვისებები:

1. დამცავი ფურჩი უნდა იყოს ინერტული და კომპაქტური.

2. ლითონისა და ფურჩის გაფართოების კოეფიციენტები ერთმანეთს უნდა უახლოვდებოდეს. რაც მეტია ეს სიახლოვე, იმდენად უფრო კარგია ფურჩი, როგორც დამცავი საშუალება.

3. ფურჩს უნდა ახასიათებდეს სიმტკიცე და პლასტიკურობა. ეს ორი თვისება კარგად უნდა იყოს შეხამებული, წინააღმდეგ შემთხვევაში იქმნება ხელსაყრელი პირობები შინაგანი დამაბულობის წარმოქმნისათვის.

4. ფურჩი მექანიკური ზემოქმედებისადმი უნდა იჩენდეს წინააღმდეგობას და სხვა ლითონთან შეხებისას არ უნდა ქმნიდეს გაღვანურ წყვილს.

5. ფურჩს უნდა გააჩნდეს ზედაპირისადმი მტკიცედ მიკვრის უნარი (ადჰეზია), მაგრამ მიკვრასაც გააჩნია. თუ ლითონსა და დამცავ ფურჩს შორის მკვეთრი ზღვარია, მაშინ ადჰეზია ნაკლებია, ხოლო თუ ლითონისა და დამცავი ფურჩის ზედაპირები ერთმანეთში ფესვებისგვარად შეჭრილია და მათ შორის გამყოფი ზღვარი გამორიცხულია, ასეთ შემთხვევაში ადჰეზია საიმედოა.

ფურჩის ზემოაღნიშნული თვისებები წარმოდგენილი უნდა იყოს მთლიანობაში. რომელიმე მათგანის გამოთიშვა ნიშნავს დამცავი ფურჩის ხარისხის სერიოზულ დაქვეითებას. დამცავი ფურჩები ზიანდებიან სხვადასხვა მიზეზით, ზოგი ადრე და ზოგიც გვიან. ეს დამოკიდებულია შინაგანი და გარეგანი ფაქტორების გავლენაზე. შინაგანი ფაქტორებია: ძაბვა, რომელიც ფურჩს გააჩნია. ძაბვაში ვგულისხმობთ ფორებს, ბზარებს, სხვაობას ლითონისა და ფურჩის გაფართოების კოეფიციენტებს შორის. ეს უკანასკნელი იწვევს ფურჩის დასკდომას და მის განშრევებას. გარეგან ფაქტორებში კი შედის ყველა ის ფაქტორი, რომლებიც გარეგანი ფიზიკური თუ ქიმიური ზემოქმედებით არის გამოწვეული. მაგ., ტემპერატურის გადიდებისას ლითონში ადგილი აქვს კრისტალური სტრუქტურის გარკვეულ ცვლილებებს. დეფორმაციის პირობებში თუ ფურჩი საკმაოდ პლასტიკური ვერ აღმოჩნდა, ის დაზიანდება.

ფურჩს აზიანებს ქიმიური საშუალებებიც. მაგ., ალუმინის ზედაპირზე არსებული დამცავი ფურჩი, რომელიც ატმოსფეროს პირობებში მედეგია, ადვილად ზიანდება ტუტე არეში. დამცავი ფურჩები თავიანთი წარმოშობის მიხედვით სხვადასხვანაირია.

ლითონთა დაცვა ლაქსა და ებავებით. ადამიანმა ლაქსაღებავების გამოყენება ლითონთა დასაცავად უძველესი დროიდან დაიწყო. ტექნიკის განვითარების კვალდაკვალ ლაქსაღებავებმა სულ უფრო და უფრო ფართო გამოყენება ჰპოვეს. ეს გარემოება ორი ძირითადი მიზეზით აიხსნება. პირველი, დიდძალი ლითონი ჩადგა ადამიანის სამსახურში და მეორე ისიც, რომ ლაქსაღებავებით დაცვა უფრო იაფი და მოსახერხებელია სხვა ხერხებთან შედარებით.

როგორც სტატისტიკური მონაცემები გვიჩვენებს, 65% ყველა დამცავი ფურჩისა ლაქსაღებავების ფურჩებზე მოდის. ლაქსაღებავების დიდი უმრავლესობის მთავარ მასას მაღალმოლეკულური სინთეზური ნაერთები წარმოადგენს. მათ, გარდა იმისა, რომ ჰიდროფილური თვისებები გააჩნიათ, არ აქვთ საკმაოდ მტკიცე სტრუქტურა, ამიტომაცაა, რომ ისინი გარემოდან თავიანთ შრეში ატარებს სხვადასხვა თხევად და გაზობრივ ნივთიერებებს, როგორცაა, მაგალითად, მჟავები, მარილთა ხსნარები, ჟანგბადი, წყლის ორთქლი, ე. ი. ყველა იმ ნივთიერებას, რომელიც კოროზიის პროცესის წარმომშობი და დამაჩქარებელია. გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ ლაქსაღებავების დამცველუნარიანობა ძირითადად გამოწვეულია იმით, რომ ისინი ხელს უშლიან კოროზიული პროცესის დაწყებას. ამდენად ისინი ღირშესანიშნავ ნივთიერებებს წარმოადგენენ.

### 3. შესაღები საგნის წინასწარი მომზადება და შეღებვა

შეღებვის მაღალი ხარისხი დამოკიდებულია შესაღები საგნის წინასწარ მომზადების, საღებავის ხარისხზე და თვით შეღებვის წესების ზუსტად დაცვაზე. თუ შეღებვის ტექნოლოგია ყველა თავისი აუცილებელი საფეხურით არ ჩატარდა, ეს იმას ნიშნავს, რომ საღებავი, როგორც დამცავი ფურჩი დიდი ხნით ვერ გამოდგება. თუ მაგალითად, საგანი ისე შევლევით, რომ მის ზედაპირზე დარჩა ხენჯი, ჟანგი, ტენი, მარილები და სხვ., ასეთ პირობებში კოროზია პირიქით, დაჩქარდება. როდესაც ლითონის ზედაპირს გავასუფთავებთ, მაშინვე მშრალ ზედაპირზე უნდა გავატაროთ გრუნტის შრეც. შრის გატარება შეიძლება მოხდეს სამღებრო ფუნჯის საღებავში ამოვლებით, საღებავის გაფრქვევით. ამ უკანასკნელით უკეთესია გრუნტის გავლება, რადგან ზედაპირი თანაბარი შრით იფარება. როდესაც საგანი მომზადდება შესაღებად, სასურველია შევურჩიოთ მშრალი ამინდი, რადგან ამ დროს გაცილებით ნაკლებია ტენიანობა ლითონის ზედაპირზე და ამ ფაქტორს კი გარკვეული მნიშვნელობა აქვს. შეღებვის დროს უნდა ვეცადოთ, რომ საღებავი იყოს იმგვარად შეზავებული, რომ შესაძლო გახდეს თხელი ფურჩის მიღება. მოსაზრება, თითქოს სქელი საღებავი უკეთესია ლითონთა დასაცავად, არაა სწორი, რადგან ასეთი საღებავი წარმოქმნის სქელ ფურჩს, რომელიც ისე თანაბარი არ არის, როგორც თხელი. გარდა ამისა, დიდხანს არ შრება, უჩნდება ნაოჭები, სქელი შრე დროთა განმავლობაში კარგავს პლასტიკურობას, იძენს სიმციფის თვისებებს, უჩნდება ბეწვისმაგვარი ნაბზარები, რომლებიც თანდათანობით იზრდება. ასეთ პირობებში შრე იძენს ტენისა და გაზების უკეთესად შეღწევადობის თვისებას.

საღებავის შედგენილობა მრავალგვარია. ის განისაზღვრება იმის მიხედვით, თუ რა დანიშნულებისაა ესა თუ ის ნაკეთობა, რომელსაც ღებავენ და როგორ აგრესიულ არეში გამოსაყენებლად იგი გათვალისწინებული. მაგალითად, გემის წყალქვეშა ნაწილის შეღებვა მიზნად ისახავს როგორც კოროზიისაგან დაცვას, ასევე დაცვას გარშემოზრდისაგანაც. ამ უკანასკნელის თავიდან აცილების მიზნით საღებავს ურევენ სხვადასხვა შხამიან ნივთიერებას, რომელიც სრულიად არაა საჭირო გემის წყალზედა ნაწილების შეღებვისათვის, ან კიდევ ზოგჯერ შეღებვას სხვა დანიშნულებაც აქვს. მაგალითად, ავილოთ საწვავი მასალის ავზები. ჩვეულებრივ მათ ღებავენ თეთრი საღებავით. ასევე თეთრი საღებავით ღებავენ რიგ საგნებს. ასეთი საღებავი, გარდა იმისა, რომ ლითონის დაცვის დანიშნულება აქვს, გამიზნულია სხივთა არეკვლისათვის.

#### 4. კლიმატური პირობების გავლენა ლაქსაღებავებზე

საღებავის ვარგისიანობის განსაზღვრისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს არა მარტო ის, თუ ექსპლუატაციის რა პირობებში იქნება გამოყენებული ნაკეთობა, არამედ აუცილებლად უნდა იქნეს მხედველობაში მიღებული კლიმატური პირობებიც. მანქანა-იარაღები, რომლებიც იგზავნება აზიისა და აფრიკის ქვეყნებში, საჭიროებენ სპეციალური ხარისხის ლაქსაღებავებს და შესაბამის ტექნოლოგიას. ამ მიზნით შეარჩევენ სპეციალური შედგენილობის საგრუნტო მასალასაც. საღებავი უნდა იყოს ელასტიკური, ატმოსფეროსა და სინათლის გავლენისაგან მედეგი.

ყველა საღებავი, როგორი მაღალი ხარისხისაც არ უნდა იყოს იგი, დროთა განმავლობაში ძველდება, იზრდება მასში ტენისა და გაზების ადსორბციის უნარი, უჩნდება ბეწვისმაგვარი ნაბზარები, რომლებიც თანდათანობით იზრდება. ასეთი მოვლენები გაცილებით ჩქარა ვითარდება ტროპიკულ და სუბტროპიკულ ქვეყნებში და იგი დაკავშირებულია როგორც ატმოსფერული ნალექების, ისე ულტრაიისფერი სხივების სიუხვესთან და მათ აგრესიულ მოქმედებასთან.

#### 5. მოლითონება

ატმოსფერული კოროზიის წინააღმდეგ ფართოდაა გამოყენებული ლითონის დაცვა ისევე ლითონით, რასაც მოლითონება ეწოდება. პრაქტიკით დადასტურებულია, რომ მოლითონება ერთ-ერთი საუკეთესო საშუალებაა ლითონთა ნაკეთობების ექსპლუატაციის გახანგრძლივებისათვის და მას დიდი ხნის ისტორია აქვს. ამჟამად ცნობილია მოლითონების მრავალი საშუალება.

მოლითონებას წაეყენება შემდეგი ძირითადი მოთხოვნები: დამცავ ლითონს უნდა გააჩნდეს ანტიკოროზიული თვისებები: იყოს ერთგვაროვანი და კომპაქტური, ფორმის გარეშე; უნდა ახასიათებდეს ძირითად ლითონთან მტკიცედ მიკვრის თვისება; გაფართოების კოეფიციენტი დამცავ და ძირითად ლითონს შორის ერთმანეთთან რაც შეიძლება ახლოს უნდა იყოს; უნდა ღირდეს იაფი და მარტივი გამოსაყენებელი უნდა იყოს; უნდა გააჩნდეს გარეგნული სილამაზე. მართალია, მოლითონების ძირითადი მიზანი კოროზიისაგან დაცვაა, მაგრამ ამავე დროს ყურადღება ექცევა დანაფარის დეკორატიულ მხარესაც. მოლითონებას რიგ დადებით მხარეებთან ერთად გააჩნია ზოგიერთი ნაკლიც, სახელდობრ, ლაქსაღებავებთან შედარებით დიდ შრომას მოითხოვს, უფრო ძვირი ჯდება და ამძიმებს ნაკეთობას, ეს უკანასკნელი კი არასასურველია ზოგიერთი დანიშნულებისათვის. მოლითონებას იყენებენ უმთავრესად ისეთი ნაკეთობებისათვის, რომელთა გამოყენება გამიზნულია მანქანთმშენებლობაში, გემთმშენებლობაში და ქიმიურ მრეწველობაში. ქიმიურ მრეწველობაში მისი გამოყენება რამდენადმე შეზღუდულია,

რადგან ლითონთა შრეები მეტწილად ფორიანია, ხოლო ფორებში ადვილად ატანს ელექტროლიტის ხსნარები, რასაც შედეგად მოსდევს გალვანური ელემენტის მუშაობა და ეს კი იწვევს ლითონის გაძლიერებულ რღვევას. მოლითონება ხდება მრავალი სხვადასხვა გზით, შეეჭერდებით მხოლოდ ზოგიერთზე, რომლებიც უფრო ფართოდაა გამოყენებული.

## 6. მოლითონება გამღვალ ლითონში ამოვლებით

ამ მეთოდს სხვაგვარად ცხელ მეთოდს უწოდებენ; მისი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ დასაცავ ნაკეთობას ამოვლებენ გამღვალ ლითონში, რომელიც მის დასაცავადაა განკუთვნილი. იმ მიზნით, რომ დამცავი ფურჩი მაღალხარისხოვანი იყოს, საჭიროა ლითონს, რომლიდანაც ფურჩი კეთდება, ჰქონდეს ლღობის ტემპერატურა გაცილებით დაბალი, ვიდრე ძირითად ლითონს აქვს. ეს იმიტომაცაა საჭირო, რომ თუ დამცავი ლითონის ლღობის ტემპერატურა უახლოვდება ძირითადი ლითონის ლღობის ტემპერატურას, მაშინ ადგილი ექნება ამ უკანასკნელის მექანიკური თვისებების საგრძნობ გაუარესებას.

ცხელი მეთოდი გამოყენებულია უმთავრესად მოთუთიებისა და მოკალვის საქმეში. ამ მეთოდით დამცავი ფურჩი მტკიცედ ეკვრის ძირითად ლითონს, რაც იმიტომაცაა გამოწვეული, რომ მაღალი ტემპერატურის პირობებში დამცავი და ძირითადი ლითონები ურთიერთ შორის იძლევიან შენადნობებს. რაც უფრო მკვეთრადაა ეს თვისება გამოხატული, იმდენად მტკიცეა ფურჩი-დანაფარი. მოთუთიების პროცესი მიმდინარეობს რკინის აბაზანებში, რომლებიც ხურდება სხვადასხვა საშუალებით. აბაზანები იზოლირებულია აგურების წყობით. გამღვალი თუთიის ტემპერატურა უნდა იყოს 450 გრადუსამდე. იღებენ წინასწარ დამუშავებულ ნაკეთობას ან რომელიმე ნახევარფაბრიკატს-თუნუქს, მავთულს, მილს და ამოვლებენ გამდნარ თუთიაში. ფურჩის სისქის რეგულირებას ახდენენ გამღვალი ლითონის ტემპერატურის მიხედვით, ნაკეთობის აბაზანაში გაჩერების დროის ხანგრძლივობით. გარდა ამისა, გამღვალი ლითონის სიბლანტის შესამცირებლად აბაზანაში შეაქვთ ალუმინი დაახლოებით 0,25%-მდე. ამის შემდეგ თუთიის ფურჩი უფრო თხელი ხდება, ერთგვაროვანიც და ნათელი. ამრიგად, ალუმინის დამატებით ვაღწევთ თუთიის ეკონომიას, ფურჩის ერთგვაროვნებას და დეკორატიული თვისებების გაუმჯობესებას. გარდა ალუმინისა, ანალოგიური თვისებები გააჩნია კალას.

მოთუთიებას იყენებენ უმთავრესად წყალსადენის მილების, სახურავი თუნუქის, საოჯახო საგნების და სხვათა დასაცავად კოროზიისაგან. მოთუთიების მსგავსად მიმდინარეობს მოკალვის პროცესებიც. მოკალვას ახდენენ რკინის ან თუჯის აბაზანებში, რომლებიც ხურდება ცეცხლით ან ელექტროდენით. გამღვალი



კალის ტემპერატურა უნდა იყოს 270-300 °F-ის ფარგლებში. უფრო მაღალი ტემპერატურა აქვეითებს მოკალვის ხარისხს და იწვევს კალის გადახარჯვასაც.

ცნობილია თეთრი თუნუქი. იგი კალაგადაკრული რკინის ან ფოლადის ფურცელია, რომელსაც ფართოდ იყენებენ საკვები ტარისათვის. ცნობილია აგრეთვე სპილენძის ჭურჭლეულის მოკალვა სპილენძის შხამიანი მარილების წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად და ა.შ. თუ მოსაკალავი ნაკეთობა არ არის განკუთვნილი კვების პროდუქტებისათვის, მაშინ ხმარობენ არა სუფთა კალას, არამედ კალის შენადნობს ტყვიასთან. ტყვიით დაფარვას მიმართავენ მაშინ, როდესაც ნაკეთობა განკუთვნილია მეტწილად ქიმიური მრეწველობის აპარატურის დეტალებისათვის. ცხელი მეთოდის უპირატესობა ის არის, რომ ფურჩის წარმოქმნის პროცესი სწრაფად ხდება, მაგრამ მისი ნაკლია ის, რომ ადგილი აქვს ფერადი ლითონების გადახარჯვას, ფურჩის არაერთგვაროვან წარმოქმნას და, გარდა ამისა, მისი გამოყენება შეიძლება მხოლოდ ისეთი ლითონისათვის, რომელსაც ლღობის დაბალი ტემპერატურა გააჩნია, როგორცაა თუთია, კალა, ტყვია, კადმიუმი და მათი შენადნობები.

## 7. მოლითონება გაფრქვევით

ეს არის პროცესი, რომელიც მდგომარეობს ლითონის ან არალითონის ზედაპირზე დამცველი საფარის წარმოქმნაში გამდნარი ლითონის ან მისი შენადნობის გაფრქვევის გზით. ცნობილია მეტალიზაცია არა მარტო ლითონისა, არამედ არალითონური წარმოშობის საგნებისაც. მაგალითად, ხის, მუყაოს, თაბაშირის, ზოგიერთი სპეციალური დანიშნულების ქსოვილის მეტალიზაციისათვის იყენებენ ალუმინს, თუთიას, ტყვიას, სპილენძს. ამ მეთოდის არსი იმაშია, რომ იმ ლითონს, რომლითაც სურთ დაიცვან ძირითადი ლითონი, გაატარებენ მავთულის ან ფხვნილის სახით სამეტალიზაციო დამზაჩაში. აცეტონჟანგბადის ალის, ანუ ელექტრორკალის გამოყენებით მფარავი ლითონი სწრაფად ღლვება, გამღვალი მასის გაფრქვევა ხდება შეკუმშული ჰაერით ან ინერტული გაზით. უკეთესია ინერტული გაზი, რადგან ამ გაზით დამცავი ფურჩი ყველაზე ნაკლები რაოდენობით შეიცავს ჟანგეულებს. როდესაც სამეტალიზაციოდ ამზადებენ ნაკეთობას, ცდილობენ, რომ ზედაპირი იყოს ფაშარი, რადგან ასეთ პირობებში გაფრქვეული ნაწილაკები სოლივით იჭრებიან ზედაპირის ფორებში და ამის გამო უკეთ ეკვრიან ზედაპირს. ეს მეთოდი კარგი გამოდგა აგრეთვე სხმულის წუნის თავიდან ასაცილებლად. წუნი კი შესაძლოა წარმოიქმნას არასწორი ჩამოსხმის დროს და აგრეთვე დეტალის მუშაობის დროსაც, ზედაპირის გაცვეთის გამო. ასეთ დროს მიმართავენ მეტალიზაციას რკინით, ფოლადით ან სხვა რომელიმე ლითონით. მეტალიზაციის დროს დამცავ და საცავ ლითონს შორის პრაქტიკულად შედნობას არა აქვს ადგილი, რადგან

ლითონის გაფრქვეული ნაწილაკები თითქმის ცივ მდგომარეობაში ეკვრის ძირითადი ლითონის ზედაპირს. მეტალიზაციის დროს ფურჩის სისქეს იმის მიხედვით საზღვრავენ, თუ რომელ აგრესიულ არეშია გათვალისწინებული ნაკეთობის გამოყენება. მაგალითად, თუ ნაკეთობის გამოყენება მტკნარ წყალშია გამიზნული, მაშინ ფურჩის სისქე უნდა იყოს 0,1 მმ, იმ შემთხვევაში, თუ წყალი ცივია, ხოლო მაღალი ტემპერატურის პირობებში შრის სისქე უნდა იყოს 0,5 მმ.

მეტალიზაციის მეთოდმა პრაქტიკაში საკმაოდ ფართოდ მოიკიდა ფეხი და მას იყენებენ დიდი გაბარიტის მქონე დანადგარების დასაცავად კოროზიისაგან.

## 8. დიფუზიური დაფარვა

გარემოდან დიფუზიის წესით ნაკეთობის ზედაპირის გაჯერებას რომელიმე დამცავი ლითონით დიფუზიური დაფარვა, ანუ დიფუზიური მეტალიზაცია ეწოდება. ეს ხერხი საკმაოდ ფართოდაა გამოყენებული ფოლადისა და თუჯის ნაკეთობათა დასაცავად კოროზიისაგან. იმის მიხედვით, თუ რომელი ლითონით ფარავენ, პროცესსაც შესაბამის სახელს არქმევენ. მაგალითად, თუ ნაკეთობის დაცვა ხდება ალუმინით, მაშინ პროცესს ალიტირებას უწოდებენ, თუ ქრომიით—თერმოქრომირებას და ა. შ. ალიტირებული ნაკეთობანი გამოირჩევიან დიდი ცეცხლგამძლეობით და კოროზიამდეგობით გოგირდიანი ნაერთებისადმი. ალიტირებას მიმართავენ ისეთი დეტალებისათვის, რომელთაც მუშაობა უხდებათ მაღალი ტემპერატურის პირობებში (ღუმელებისა და ქვაბების არმატურისა და აგრეთვე ზოგიერთი ქიმიური აპარატურისათვის). თუ ფოლადის ან თუჯის დაფარვა სურთ ალუმინით, მაშინ აიღებენ ნარევს, რომელიც შედგება 50% ალუმინის ფხვნილისაგან, 48% ალუმინის ჟანგისა და 2% ნიშადურისაგან. ამგვარი შედგენილობის ნარევს ჩაყრიან ყუთებში, რომლებშიც მოთავსებულია ნაკეთობა ისე, რომ მთელი მისი ზედაპირი დაფარულია ნარევის ფხვნილით. ყუთს ჰერმეტიულად დახურავენ და გაახურებენ მას სპეციალურ ღუმელში 1000 °C-ის პირობებში 3-4 საათის განმავლობაში, ზოგჯერ მეტ ხანსაც, ეს დამოკიდებულია ნაკეთობის დანიშნულებაზე. დიფუზიური შრის სისქე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და პროცესის ხანგრძლიობაზე.

დამცავი დაფარვის მეთოდთა ჯგუფში შედის ანოდური და კათოდური დაცვა, რამდენადაც აქ საქმე გვაქვს ლითონის ზედაპირზე დანაფარის წარმოქმნასთან.

## 9. ანოდური და კათოდური დაცვა

ასეთი დაცვა იმაზედაცაა დამოკიდებული, თუ დამცავი ლითონი აქტიურობის რიგში დასაცავი ლითონის მარჯვნივაა თუ მარცხნივ. მაგალითისათვის განვიხილოთ რკინის ანოდური დაცვა, როგორც ვიცით, ლითონები: თუთია, კადმიუმი რკინის მარცხნივაა, ე.ი. რკინასთან შედარებით უფრო უარყოფითი ელექტრული პოტენციალი გააჩნიათ. თუ, მაგალითად, რკინას დაუზიანდა ფურჩი, ვთქვათ თუთიისა, ასეთ შემთხვევაში დაზიანების უბნებზე მდგომარეობა შეიცვლება ორი ლითონის უშუალო კონტაქტის გამო ელექტროლიტის პირობებში. თუთია გადასვლას დაიწყებს იონურ მდგომარეობაში, ე.ი. მოხდება მისი რღვევა, ხოლო რკინა, რომლის პოტენციალი უფრო მაღალია თუთიასთან შედარებით, იქცევა კათოდად, სადაც ადგილი აქვს წყალბადიონების განმუხტვას, ამის შედეგად მათ მობილიზაციას და საბოლოოდ კი, გაზის სახით გამოყოფას. ამრიგად, ხდება დამცავი ლითონის გაძლიერებული კოროზია, ხოლო რკინა მისგან დაცული რჩება. ანოდური დაცვა მეტწილად გამოყენებულია ისეთი ნაკეთობებისათვის, რომლებსაც მუშაობა უხდებათ ატმოსფეროს პირობებში:

ანოდური დაცვა ისეთი დაცვაა, როდესაც დამცველად ლითონია, რომელსაც ძირითად ლითონთან შედარებით უარყოფითი პოტენციალი გააჩნია, და თუ ასეთი ლითონი ძირითადი ლითონის კარგი დამცველია, ეს მიეწერება იმ კომპაქტურ ფურჩს, რომელიც დამცავი ლითონის ზედაპირზე წარმოიქმნება.

განხილულ მაგალითში ანოდია თუთია, ხოლო კათოდია ძირითადი ლითონი - რკინა.

კათოდური დაცვა ეს ლითონის დაცვის ისეთი ხერხია, რომლის დროსაც დამცავი ლითონი მოცემულ არეში ძირითად ლითონთან შედარებით უფრო დადებითი ელექტროდული პოტენციალით ხასიათდება.

ლითონის კათოდური დაცვა უდავოდ ხელსაყრელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დამცავი ფურჩი მთლიანი და კომპაქტურია. წინააღმდეგ შემთხვევაში ძირითად ლითონთან აგრესიული აგენტების შეღწევადობა გამოიწვევს გალვანური ელემენტის წარმოქმნას, რაც კოროზიის დაჩქარების საწინდარია. კათოდურ დაცვას უმთავრესად იყენებენ ქიმიური აპარატურის დასაცავად. გამოყენების მასშტაბის მიხედვით იგი ჩამორჩება ანოდურ დაცვას.

## 10. გალვანური საფარი

გალვანური საფარი თავისი წარმოშობის მექანიზმით ელექტროქიმიური პროცესის შედეგია. მაგრამ იმის გამო, რომ ლითონის დაცვა ხდება დამცავი საფარის

გზით, ის ზემოთ მოყვანილი პირობითი კლასიფიკაციის პირველ ჯგუფში გაერთიანდა. გალვანური საფარის ხარისხი არსებითად დამოკიდებულია იმ მოსამზადებელ სამუშაოზე, რომელიც წინ უძღვის საფარის წარმოქმნას. მოსამზადებელ სამუშაოში ნაკეთობის ყოველმხრივი მომზადება იგულისხმება, სახელდობრ, ის უნდა გასუფთავდეს არა მარტო კოროზიის პროდუქტებისაგან, არამედ ისე უნდა იყოს გაპრიალებული, რომ მის ზედაპირზე არ დარჩეს ბორცვაკების, ხორკლების და ფორების ნაკვალევები კი. გარდა ამისა, აუცილებელია ნაკეთობის ზედაპირი იყოს კარგად ცხიმგაცლილი, ამას კი აღწევენ სპეციალური ორგანული გამხსნელების გამოყენებით. ცხიმგაცლისათვის ამზადებენ სპეციალურ კალათებს რკინის ბადისაგან, ხოლო მჟავური ამოჭმისათვის კალათებს ამზადებენ ალუმინისაგან, ვინიპლასტისაგან, ტყვიისა და სხვა მასალებისაგან. კალათის ტიპები, რომელთაც გამოყენება აქვთ ნაკეთობათა მოსამზადებლად გალვანური ანუ ქიმიური დაფარვისათვის, ნაირგვარია. ყოველმხრივ უნდა ვერიდოთ მუშაობის პროცესში ნაკეთობის შიშველი ხელით შეხებას, რადგან ხელიდან გადასული ცხიმი თუ ოფლი აქვეითებს დანაფარის ადჰეზიას.

გალვანური საფარის მაღალი ხარისხი არსებითად დამოკიდებულია დასაცავი ლითონის რაობაზე და მის მომზადებაზე გალვანური საფარისათვის, ელექტროლიტის შედგენილობაზე, დენის სიმკვრივეზე, აბაზანის ტემპერატურაზე. საფარის წარმოქმნის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს თვით დანაფარის სისქეს. საერთოდ, დანაფარის სისქეს განსაზღვრავს როგორც ნაკეთობის დანიშნულება, ისე კლიმატური პირობები, რომელშიაც განკუთვნილია მისი გამოყენება. მაგალითად, ტროპიკული ქვეყნებისათვის გალვანური დალექვისას ცილობენ დანაფარის სისქე მეტი იყოს, ვიდრე ეს ჩვეულებრივ არის მიღებული.

თუ ნაკეთობა დეკორატიული მნიშვნელობისაა, მაშინ მიმართავენ მის რაც შეიძლება გულდასმით ხეხასა და გაპრიალებას. საამისოდ იყენებენ სპეციალურ დანადგარებს. გალვანურმა მეთოდმა ფართო გამოყენება ჰპოვა. მან რიგი დარგებიდან თითქმის სრულიად გამოაძევა ცხელი მეთოდი. ამჟამად ამ მეთოდით ახდენენ მოთუთიებას, მონიკვლებას, მოსპილენძებას, მოკალვას, კადმირებას, ქრომირებას და სხვ. ამ მეთოდითვე შეგვიძლია მივიღოთ ნებისმიერი სისქის ფურჩი. ამ უკანასკნელის რეგულირებას ახდენენ სპეციალური აპარატის გამოყენებით. ფურჩის სისქის რეგულაცია ხდება დენის სიმკვრივის ცვლილების მიხედვით, ხოლო დენის სიმკვრივის რეგულირებას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს გალვანური საფარის ხარისხისათვის. დენის სიმკვრივე იცვლება ლითონის რაობისა და ნაკეთობის დანიშნულების შესაბამისად. თუ გვსურს მოვერცხვლა ან მოოქროვება, მაშინ დენის სიმკვრივე არ უნდა აღემატებოდეს ამპერის მეათედებსა და მეასედებს, ხოლო მოქრომვისათვის დენის სიმკვრივე უფრო მეტია საჭირო და ა.შ.

გალვანურ დალექვას ახდენენ მუდმივი დენის მოქმედებით სპეციალურად მოწყობილ ფოლადის აბაზანაში. იმ მიზნით, რომ ელექტროლიტმა არ იმოქმედოს ფოლადზე და ამით არ შეიცვალოს ელექტროლიტის შედგენილობა, აბაზანას შიგნიდან აქვს ქიმიურად და მექანიკურად მედეგი ინერტული მასალა, საამისოდ წინათ იყენებდნენ ტყვიას და ახლა იგი წარმატებით შეცვალა უფრო იაფმა ნივთიერებამ, როგორც ვინიპლასტია და სხვადასხვა სახის რეზინმა. აბაზანაში ათავსებენ სპეციალური რეცეპტით შეზავებულ ელექტროლიტის ხსნარს. ანოდად იყენებენ ფისს, დამზადებულს იმ ლითონისაგან, რომლითაც ფარავენ ამ ნაკეთობას. ვთქვათ, სურთ რაიმე ნაკეთობის მონიკელება. ამისათვის აიღებენ ნიკელის მარილს და გარკვეული რეცეპტით გახსნიან წყალში. მოსანიკელებელ ნაკეთობას გამოიყენებენ ერთ-ერთ ელექტროდად, სახელდობრ, ის იქნება კათოდი. ნიკელის იონები დენის გავლენით გაემართებიან კათოდისაკენ, სადაც მოხდება მათი განმუხტვა და კათოდის ზედაპირზე დალექვა.

ქ ი მ ი უ რ ი ხ ე რ ხ ი თ წ ა რ მ ო ქ მ ნ ი ლ ი ფ უ რ ჩ ე ბ ი. ქიმიური თუ ელექტროქიმიური გზით მიღებული დამცავი ფურჩები გამოდგება მხოლოდ ატმოსფეროს პირობებში და შეიძლება აგრეთვე სუსტ აგრესიულ არეებშიაც. ამგვარი ფურჩების უპირატესობა ისაა, რომ მათი ანტიკოროზიული თვისებები გაცილებით მაღალია, ვიდრე ძირითადი ლითონისა. პრაქტიკაში ხშირად მიმართავენ როგორც შავი, ისე ფერადი ლითონების ზედაპირზე ქიმიური გზით ფურჩების წარმოქმნას, მაგალითად, ცნობილია ამ მხრივ უმთავრესად ოქსიდირება და ფოსფატირება.

ოქსიდირების არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ნაკეთობის ზედაპირზე ხელოვნურად წარმოქმნიან ჟანგეულებისაგან შემდგარ ფურჩს. ოქსიდური ფურჩი ლითონისა და ჟანგბადის ქიმიური ურთიერთობის შედეგია. ასეთი ფურჩით იცავენ ფოლადის, ალუმინის, მაგნიუმისა და რიგ სხვა ლითონს და მათ შენადნობებს. ფოლადის ნაკეთობანი ოქსიდაციის შედეგად იძენენ მუქ ლურჯ ან შავ ფერს. ოქსიდური ფურჩი შავ ლითონებზე შეიძლება წარმოქმნას სხვადასხვა ხერხით. ოქსიდირების ხერხს იყენებენ უმთავრესად ელექტროტექნიკური აპარატურის დეტალებისათვის, ოპტიკური ხელსაწყოების, ინსტრუმენტების და ფართო მოხმარების ნაკეთობებისათვის. მაგალითად, ტუტე არეში ოქსიდირება ხდება ცხელი კონცენტრული მწვავე ტუტის ხსნარში, რომელიც შეიცავს დამჟანგავ ნივთიერებებს. აღსანიშნავია, რომ ერთსა და იმავე ლითონს სხვადასხვა ტემპერატურის პირობებში ოქსიდირებისას გააჩნია სხვადასხვა სახის შეფერილობა და ფურჩის სისქე. ოქსიდაციის დროს მიღებული ფურჩის სისქე ზოგჯერ აღწევს ერთიდან 3 მიკრონამდე. ასეთი ფურჩები, მართალია, პლასტიკურია, მაგრამ არ არის მტკიცე და ამის გამო არ გამოდგება ისეთი დეტალებისათვის, რომლებიც ხახუნის პირობებში მუშაობენ.

ოქსიდაციისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ხსნარის კომპონენტების შერჩევას. მაგალითად, თუ ხსნარში ტუტის რაოდენობა უფრო მეტია, ვიდრე ეს საჭიროა, ამ დროს წარმოიქმნება სქელი, მაგრამ არაკომპაქტური ფურჩი-იგი ფაშარია და, ცხადია, როგორც დამცველი სუსტია. თუ ხსნარში ჭარბი რაოდენობით წყალია, ესეც არ ვარგა, ამ დროს წარმოქმნილი ფურჩი ნაკლები ხარისხისაა. ყველაზე ფართო გავრცელება ჰპოვა ფოლადის ოქსიდირებამ ტუტე ხსნარში, რომელიც შედგება 650-700 გ მწვავე ნატრიუმისა და 200-250 გ ნატრიუმის ნიტრატისაგან ერთ ლიტრ წყალზე. ასეთ ხსნარში ნაკეთობას ათავსებენ 137-140 °C-ის პირობებში.

შესწავლილია, რომ არსებობს გარკვეული დამოკიდებულება ფოლადში ნახშირბადის შემცველობასა და ხსნარში ყოფნის დროის ხანგრძლიობას შორის, სახელდობრ, რაც უფრო მეტია ნახშირბადის შემცველობა, მით ნაკლები დროა საჭირო ოქსიდაციისათვის. მაგალითად, თუ ფოლადში ნახშირბადის შემცველობა მერყეობს 0,4-0,7%-ს შორის, მაშინ 30 წუთია საჭირო ოქსიდაციისათვის, ხოლო თუ უფრო ცოტაა ნახშირბადი - 0,1-0,4%-ს შორის, მაშინ თითქმის ერთი საათია საჭირო. ოქსიდური ფურჩები კარგია აგრეთვე როგორც საგრუნტო დანაფარი ლაქსაღებავების ქვეშ.

ოქსიდაციის შემდეგ დიდი ყურადღება ექცევა ნაკეთობის წესიერად გარეცხვას, რადგან თუ ლითონის ზედაპირზე დარჩა მარილები, მათ შეუძლიათ კოროზიის დაჩქარება. გარეცხვის ხარისხიანობას ამოწმებენ ფენოლფტალეინით; თუ ტუტე მარილებია დარჩენილი, ნაკეთობის ზედაპირი მიიღებს ჟოლოს ფერს. ოქსიდირება შეიძლება ჩატარებული იქნას ელექტროქიმიური ხერხითაც, მას სხვაგვარად ანოდირებას უწოდებენ. ამ ხერხს დიდი მნიშვნელობა აქვს ალუმინისა და მისი შენადნობების ოქსიდაციისათვის. ამ გზით ჩვენ ვღებულობთ გაცილებით სქელ ფურჩს, ვიდრე ეს მიიღება ბუნებრივ პირობებში. იმის მიხედვით, თუ როგორი დანიშნულებისაა ნაკეთობა და როგორია მისი შედგენილობა, ანოდირებას ახდენენ სხვადასხვა შედგენილობის ხსნარის ტემპერატურის და ხანგრძლიობის პირობებში. ოქსიდაცია შეიძლება მოხდეს არა მარტო შავი ლითონების და მისი შენადნობების, არამედ რიგი სხვა ფერადი ლითონებისაც. ცხადია, ამის მიხედვით შემუშავებულია თითოეული ლითონისათვის საოქსიდაციო ხსნარისა და რეჟიმის შესაბამისი წესები.

მშრალი ჰაერის პირობებში ოქსიდური ფურჩი კარგი დამცველია, ხოლო წყალში და ტენიან ატმოსფეროში მისი დამცველუნარიანობა შედარებით სუსტია.

ფ ო ს ფ ა ტ ი რ ე ბ ა. ფოსფატირება არის ქიმიური პროცესი, რომლის დროსაც ლითონის თუ მისი შენადნობის ზედაპირზე ადგილი აქვს წყალში უხსნადი ფოსფატების თხელი ფურჩის წარმოქმნას ფოსფორმჟავა მარილების ცხელ ხსნარში. საამისოდ იყენებენ ფოსფორმჟავა რკინასა და მანგანუმის მარილებს. ფოსფატირებას იყენებენ როგორც შავი, ისე ფერადი ლითონებისა და მათი

შენადნობების დასაცავად. ფოსფატირების შედეგად წარმოქმნილ ფურჩს აქვს კრისტალური აღნაგობა, საკმაო სიმაგრე და მედეგობა ატმოსფერული კოროზიის მიმართ და აგრეთვე ისეთ სითხეებში, როგორცაა ზეთი, ნავთი, ბენზინი და ტოლუოლი; იშლება მხოლოდ მჟავე და ტუტე არეებში. ფოსფატური ფურჩი საუკეთესო საგრუნტო მასალას წარმოადგენს ლაქსაღებავების დანაფარის ქვეშ. ფოსფატური ფურჩის მედეგობას აძლიერებს ნატრიუმის ან კალიუმის ბიქრომატის მოქმედება. რადგან ფოსფატურ ფურჩს კრისტალური აღნაგობა გააჩნია, მას უნარი აქვს აღნიშნული ლითონების ბიქრომატის ადსორბციისა წყლიანი ხსნარიდან. ბიქრომატი აქ ერთგვარად ფოსფატური ფურჩის ფორების შემავსებელი ხდება.

ფოსფატირებისათვის იღებენ ხსნარს, მანგანუმისა და რკინის ფოსფატების ნარევეს 28-30 გ ლიტრზე, და 0,2-0,3 გ ლიტრზე სპილენძის ქანგს. ფოსფატირებას ახდენენ 95-98<sup>0</sup>-ზე. ამ გზით ფოლადის ზედაპირზე მიიღება ფურჩი, რომელიც შედგება მანგანუმის, რკინისა და სპილენძის ფოსფატებისაგან. არსებობს ფოსფატირების სხვა ხერხებიც როგორც ქიმიური, ისე ელექტროქიმიური, მაგალითად, ცვლადი დენის გამოყენებით. ფოსფატირებას ახდენენ თუთიის ფოსფატის ხსნარში 60-70<sup>0</sup>-ის პირობებში, პროცესის ხანგრძლიობა 4-5 წუთია.

ფოსფატირების ერთ-ერთი უარყოფითი მხარე ის არის, რომ ამ დროს იზრდება ფოლადის სიმყიფე, რაც გამოწვეულია ფოლადში წყალბადის დიფუზიით. ფოსფატური ფურჩი ადვილად ცვდება ხახუნის შედეგად. იმის მიხედვით, თუ როგორია ნაკეთობის დანიშნულება და ექსპლუატაციის ხასიათი, იცვლება ფოსფატირების ხსნარის შედგენილობაც.

## 11. პლასტმასები

ბუნებასა და ტექნიკაში პლასტმასები საკმაოდ ფართოდ გავრცელებულ ნივთიერებებს წარმოადგენენ. ისინი მაღალმოლეკულური წონის ნივთიერებებია, ე.ი. მათი მოლეკულური წონა 5000-ზე მეტია; წარმოქმნილი არიან დაბალი მოლეკულური წონის მქონე ნივთიერებებისაგან, სულერთია ის ბუნებრივი პლასტმასაა, თუ ხელოვნური. ქიმიური პროცესების შედეგად ერთნაირი მოლეკულები უერთდებიან ერთმანეთს გარკვეული კანონზომიერებით, რასაც შედეგად ნაწილაკების გამსხვილება მოსდევს და ამას კი თვისობრივად ახალი პროდუქტის წარმოქმნა. ასეთ მოვლენას პოლიმერიზაცია ეწოდება. პოლიმერიზაციის უნარი გააჩნიათ ორგანულ ნაერთებს, რომლებიც უნაჯერო კავშირით ხასიათდებიან. პოლიმერიზაციის პროდუქტს პოლიმერი ეწოდება, რომელიც თავისი ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით განსხვავდება საწყისი ნივთიერებებისაგან. პოლიმერის სახელწოდება წარმოდგება ძირითადი რგოლის სახელწოდებიდან, რომელსაც წინ ემატება „პოლი“. მაგალითად, ავიღოთ სახელწოდება „პოლისტიროლი“. იგი გვიჩვენებს, რომ

პოლიმერის ელემენტარულ რგოლს წარმოადგენს სტიროლის მოლეკულა. პოლიმერიზაციის რეაქციას ჩვეულებრივ ადგილი აქვს მაღალი ტემპერატურის პირობებში. ამ დროს მონომერების ორმაგი ან სამმაგი კავშირი წყდება და განთავისუფლებული კავშირის ბაზაზე პოლიმერი წარმოიქმნება. პლასტმასების თავისებურება რიგ სხვა დამახასიათებელ თვისებებებთან ერთად კიდევ იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი წნევისა და გახურების გავლენით ადვილად იღებენ მიცემულ ფორმას და ინარჩუნებენ კიდევ მას. აღსანიშნავია აგრეთვე ისიც, რომ ისინი გამოირჩევიან სხვა ნივთიერებისაგან შემდეგი სპეციფიკური თვისებებით: ახასიათებთ დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობის უნარი ისე, როგორც ყველა მყარ სხეულს, წინააღმდეგობისადმი, ისე როგორც სითხეებს, ახასიათებთ დრეკადობის თვისება ისე, როგორც გაზებს და ა.შ. ცხადია ეს თვისებები ისე მკვეთრად არა აქვთ გამოხატული, როგორც მყარ, თხევად და გაზისებრი სხეულებს, მაგრამ, საკმარისია მათი ფართოდ გამოყენებისათვის ტექნიკაში. ამას კიდევ ის ემატება, რომ მათ აქვთ მცირე კუთრი წონა, მაღალი ქიმიური, მექანიკური და ბიოქიმიური მედეგობა. ისეთი პლასტმასები, როგორცაა პოლივინილქლორიდი, პოლიეთილენი, პოლიამიდი და სხვები, თავიანთი სიმტკიცით უტოლდებიან ზოგიერთი ხარისხის ფოლადს, დურალუმინს და სხვა მაღალხარისხიან შენადნობს. ეს ნივთიერებები მსუბუქია, დრეკადი და ადვილად შეიძლება მათი გადამუშავება რთული პროფილის ნაკეთობებად.

პლასტმასები თანდათანობით განიცდიან მოძველებას. მათი მედეგობა დამოკიდებულია პირველ რიგში ფისის ქიმიურ შედგენილობაზე, პლასტიფიკატორებზე, გარდა ამისა, აღნიშნულ კომპონენტთა რაოდენობრივ ფარდობაზე. პლასტმასების მედეგობაზე უარყოფითად მოქმედებს ენერჯის ისეთი სახეები, როგორცაა ფოტოქიმიური, ელექტრონული, მექანიკური და სხვა. ეს ფაქტორები ასუსტებენ კავშირს ფისსა და შემვსებს შორის, ცვლიან სტრუქტურას, ააქტიურებენ შინაგან დეფექტებს. პლასტმასების დაშლა შეუძლია გამოიწვიოს სინათლემ და ელექტროქიმიურმა გამოსხივებამ. ადსორბირებული ენერჯია პოლიმერში იწვევს კავშირის გაწყვეტას ყველაზე სუსტ უბნებში, ზოგიერთ პოლიმერზე ტენიანობა ცუდად მოქმედებს, იწვევს მის ჰიდროლიზს და რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, ეს პროცესიც იმდენად უფრო ჩქარია, ზოგიერთი პოლიმერისათვის კი წყალი სასარგებლო გამოდგა, რადგან მან პლასტიფიკატორის როლი შეასრულა, მშრალ მდგომარეობაში კი, პირიქით, ასეთი პოლიმერი მყიდვია.

განვიხილოთ მოკლედ ზოგიერთი პლასტმასა.

ვ ი ნ ი ჰ ლ ა ს ტ ი ერთ-ერთ საუკეთესო კონსტრუქციულ მასალას წარმოადგენს. მისგან ამზადებენ მილებს, არმატურას, აპარატებს, ვენტილატორებს, ტუმბოებს და სხვა ტექნიკური დანიშნულების ნაკეთობებს. ვინიპლასტი ადვილად ექვემდებარება მექანიკურ დამუშავებას, შედუღებას და შეწებებას. გარდა ამისა, რომ



ვინიპლასტი ბევრ ადგილას ცვლის ლითონს, მას აგრეთვე იყენებენ ლითონთა დასაცავად. თავისი ქიმიური მედეგობით ის აღემატება ბევრ არალითონური წარმოშობის ანტიკოროზიულ მასალას. პრაქტიკულად თითქმის გამორიცხულია ვინიპლასტზე მჟავების, ტუტეების და მარილთა ხსნარების მოქმედება, თუ არ მივიღებთ მხედველობაში კონცენტრულ აზოტმჟავას, რომლის მოქმედებითაც ვინიპლასტი იშლება. ანალოგიურ მდგომარეობას აქვს ადგილი კონცენტრული გოგირდმჟავას - ოლეუმის მოქმედებისას.

ჩვეულებრივ პირობებში ვინიპლასტი მყარი მასაა, მაგრამ თანდათანობით გახურებით 80-150<sup>0</sup>-მდე იგი რბილდება და ხდება პლასტიკური.

ორგანული მინა, ისე როგორც ვინიპლასტი, მიეკუთვნება თერმო-პლასტიკურ ჯგუფს. გარეგნულად ჩვეულებრივ სილიკატურ მინას ჩამოგავს, გამჭვირვალეა და საკმაოდ მედეგი. მას ღებულობენ ორგანული ნაერთების პოლიმერიზაციით. ისე, როგორც სხვა პლასტიკურ მასებს, ორგანულ მინასაც ამზადებენ ნაირგვარი მარკისას. სპეციალური მარკის ორგანული მინები ბევრად აღემატება თავისი გამჭვირვალეობით, სხივისა და სინათლის გამტარუნარიანობით საუკეთესო სილიკატურ მინებს. გატეხვის შემთხვევაში ასეთი მინის ნამსხვრევები ისეთი საშიში არ არის, როგორც ჩვეულებრივი მინისა.

ორგანულ მინებს სიმყიფის შემცირებისა და პლასტიკურობის გაძლიერებისათვის უმატებენ სპეციალური დანიშნულების ნივთიერებებს, ე.წ. პლასტიფიკატორებს. ორგანული მინა ადვილად იხერხება, იბურდება, ითლება, იხეხება, პრიალდება, კარგად ილუნება. გარდა იმისა, რომ ორგანულ მინას გამოყენება აქვს ანტიკოროზიულ ტექნიკაში, მისგან დიდი რაოდენობით ამზადებენ საყოფაცხოვრებო საგნებს.

პოლიორგანოსილოქსანის კარგი საფარი მასალაა. იგი მედეგია ჟანგბადის, ოზონის, ტენიანი ატმოსფეროს და ულტრაიისფერი სხივების მიმართ. ამ ნაერთის შემავსებლად ძირითადად იყენებენ ფხვნილისებრ ალუმინს, ტიტანს, ბორს. პოლიორგანოსილოქსანისაგან შემდგარ შრეს შეუძლია დაიცვას კოროზიისაგან საკვამლე მიწები, ტუმბოები.

პოლიპროპილენს, როგორც ანტიკოროზიულ მასალას, დიდი მომავალი აქვს. მას ღებულობენ ნავთობის გაზებიდან. იგი დნება 170<sup>0</sup>-ზე. მედეგია ორგანულ გამხსნელებში. 80%-იანი გოგირდმჟავა მას ვერ შლის. ასევე მედეგია მწვავე ნატრიუმის არეში. გარდა ამ თვისებებისა, მას ყინვაგამძლეობაც ახასიათებს. პოლიპროპილენის ფინი პრაქტიკულად გაზგაუმტარია.

## 12. მასალები კაუჩუკის ბაზაზე

ანტიკოროზიულ ტექნიკაში საკმაოდ ფართო გამოყენება აქვს ვულკანიზაციის პროდუქტებს, როგორცაა რეზინი და ებონიტი. როგორც ერთი, ისე მეორე ხელოვნურად მიღებული ნივთიერებებია კაუჩუკის ბაზაზე. კაუჩუკი მაღალმოლეკულური ნაერთია. იგი მცირე ქიმიური მედეგობითა და ცვლადი ფიზიკური თვისებებით ხასიათდება. მაგალითად, სიბხეში ელასტიკურია, ხოლო სიცივეში მყიფე. ამრიგად, მას ტექნიკისათვის საჭირო თვისებები არ გააჩნია, რისთვისაც ახდენენ მის გადამუშავებას. მიუხედავად იმისა, რომ რეზინი პრაქტიკაში დიდი ხანია გამოყენებულია, ჯერ კიდევ კარგად არ არის ცნობილი მისი ქიმიური სტრუქტურა. ფიქრობენ, რომ კაუჩუკის ვულკანიზაციის დროს უნდა ხდებოდეს გოგირდის მიერთება შესუსტებულ ქიმიური კავშირების უბნებში, რაც იწვევს ფიზიკური და ქიმიური თვისებების მკვეთრ ცვალებადობას. რეზინის მედეგობა აგრესიულ არეთა მიმართ უდავოდ მაღალია. რბილ რეზინს ახასიათებს მაღალი ელასტიკურობა, აქვს დიდი უნარი დეფორმაციისადმი მედეგობისა, რაც სხვა მასალებს არ გააჩნია, ხასიათდება აგრეთვე გაცვეთისადმი დიდი წინაღობით და, გარდა ამისა, დიდად ამცირებს რყევადობას. ბევრი არაორგანული ნაერთის მიმართ ქიმიურად ინერტულია, თუ არ მივიღებთ მხედველობაში ისეთ დამჟანგავ ნივთიერებებს, როგორცაა აზოტმჟავა, ქრომის მჟავა, კონცენტრული გოგირდმჟავა, წყალბადის ზეჟანგი და სხვ.

გოგირდის სხვადასხვა წონითი რაოდენობით შეტანა კაუჩუკში იწვევს სხვადასხვა პროდუქტის წარმოქმნას. მაგალითად, რბილი რეზინის მისაღებად კაუჩუკს 120-140<sup>0</sup>-ის პირობებში შეურევენ 2-4% გოგირდს, ხოლო თუ გოგირდის რაოდენობა მერყეობს 30-40%-ის შუალედებში, მაშინ ღებულობენ ებონიტს, რომელიც რბილ რეზინთან შედარებით, ძალიან მაგარია, და ქიმიური მედეგობითაც ბევრად მაღლა დგას. ცხადია, რომ ვულკანიზაციისათვის მარტო გოგირდი და კაუჩუკი არ კმარა, ე.წ. რეზინის ნარევი შეაქვთ სხვადასხვა ნივთიერება, მაგალითად, ვულკანიზაციის დამაჩქარებელი საღებავები, ნაადრევი სიძველის საწინააღმდეგო საშუალებები. გარდა აღნიშნული ნივთიერებებისა, რეზინის ნარევი შეაქვთ ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც აუმჯობესებენ რეზინის ქიმიურ მედეგობას მჟავაში. ასეთია, მაგალითად, კაოლინი, ბარიტი და სხვ.

თუ რეზინის ნარევი შეიტანენ ისეთ ნივთიერებებს, რომლებიც ვულკანიზაციის ტემპერატურის პირობებში იშლებიან გაზების გამოყოფით (მაგ., ამონიუმის კარბონატი), ასეთ პირობებში მიიღებენ ღრუბლისმაგვარ ან ფორებიან რეზინს. რეზინზე აგრესიული არის ქიმიური მოქმედების ერთ-ერთი მთავარი მაჩვენებელი გაჯირჯვებაა, რასაც თან სდევს წონაში და მოცულობაში მატება. ამ მოვლენის დროს რეზინის კომპაქტურობა ირღვევა, რის გამოც მისი მექანიკური სიმტკიცე სუსტდება. ებონიტს კი გაჯირჯვების მოვლენები უფრო სუსტად აქვს გამოხატული. როგორც

ყველა მაღალმოლეკულური ნაერთი, ისე რეზინიც დროთა განმავლობაში კარგავს თავის თვისებებს და იძენს ახალს, რის შედეგადაც მისი გამოყენება განკუთვნილი დანიშნულებისათვის უკვე შეუძლებელი ხდება. მაღალმოლეკულური ნაერთების თვისებების ამგვარ ცვლილებას დამკველებს უწოდებენ.

### 13. მომინანქრება

მინანქარი მინერალური წარმოშობის მინისებრი ნივთიერებაა. დანიშნულების მიხედვით ცნობილია მისი რამდენიმე სახე. მინანქრის თითოეული სახისათვის დამახასიათებელია გარკვეული ფერი, სიმაგრე და გამჭვირვალობა. ცხადია, თვისებათა ამგვარი თავისებურება დაკავშირებულია მის შედგენილობასთან.

მომინანქრების ტექნოლოგიური პროცესი უძველესი დროიდანაა ცნობილი. თავდაპირველად მას დეკორატიული მნიშვნელობა ჰქონდა. ჩვენამდე მოღწეულია ძველი ეგვიპტური მომინანქრებული სამკაულები: ოქრო, ვერცხლისა და სპილენძის. შემდეგ ხანებში მომინანქრების ხელოვნება მაღალ საფეხურზე აუყვანიათ ბიზანტი-აში, აქედან კი იგი ევროპის სხვა ქვეყნებში გავრცელებულა. მას უფრო ფართო მასშტაბი მიუღია განსაკუთრებით საეკლესიო ნივთების მოპირკეთების საქმეში. ჩვენს წინაპრებს მინანქრის წარმოება და მინანქრის ტექნიკა საკმაოდ მაღალ დონეზე აუყვანიათ. ამას ადასტურებს ჩვენამდე მოღწეული მატერიალური კულტურის შესანიშნავი ნიმუშები.

ფოლადისა და თუჯის მომინანქრება დაიწყო უფრო გვიან, როდესაც შავი ლითონებისაგან დამზადებულმა ნაკეთობებმა ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებაში ფრიად მნიშვნელოვანი ადგილი დაიკავა. კერძოდ, ხმარებაში შემოვიდა მომინანქრებული საოჯახო ჭურჭლეული, შემდეგ კი თანდათანობით დაიწყეს დიდი მოცულობის მქონე ნაკეთობათა მომინანქრება. ასე მაგალითად, ცნობილია მომინანქრება ქიმიური და კვების მრეწველობისათვის განკუთვნილი ცისტერნებისა და მილების, სამრეწველო მასშტაბის მაცივრების დანადგარებისა და სარეცხი მანქანების, სანიტარულ-ტექნიკური მოწყობილობების. მასობრივად იქნა გამოშვებული მინანქრიანი აპარატურა, რეზერვუარები, რეაქტორები, ავტოკლავები, ვაკუუმაპარატები და მრავალი სხვ.

ამჟამად თუჯის, ფოლადის და ფერადი ლითონების ანტიკოროზიულ ტექნიკაში მომინანქრებას თვალსაჩინო ადგილი უჭირავს. წარმოების ამ დარგის განვითარება ჩვენში ძირითადად დაკავშირებულია ქიმიური, ქიმიურ-ფარმაცევტული და კვების მრეწველობის განვითარებასთან. მინანქრიანი აპარატურა არა მარტო მრეწველობის აღნიშნულ დარგშია გამოყენებული, არამედ მას ფართოდ იყენებენ ცელულოზის წარმოებაში, კინოფირის, ლაქსადებავების და მრეწველობის სხვა დარგებში. მინანქრების გამოყენების ასეთი დიდი მასშტაბი იმით არის გამოწვეული, რომ მათ

ტექნიკისათვის ბევრი შესანიშნავი დამახასიათებელი თვისება გააჩნია. ასე, მაგალითად, სპეციალური მარკის მინანქრებმა მჟავაგამძლეობის მაღალი ეფექტი გვიჩვენა. როგორი მჟავაც არ უნდა იყოს, მინერალური თუ ორგანული, მჟავაგამძლე მინანქარზე იგი არ მოქმედებს. სუსტ ტუტე ხსნარებში კი მინანქრები საკმაოდ მედეგობას იჩენენ. მინანქარი, გარდა იმისა, რომ ნაკეთობას იცავს კოროზიისაგან, ხელს უწყობს ზედაპირის სისუფთავეს, რაც აადვილებს მის გაწმენდას გამოყენების დროს, თბომედეგობას, მექანიკურ სიმტკიცეს, გარკვეულ სილამაზეს და ა.შ. მინანქარმა, როგორც აღვნიშნეთ, უფრო ადრე გამოყენება ჰპოვა კეთილშობილი ლითონების მომინანქრებაშიც.

არჩევნ ორი სახის მინანქარს: საგრუნტოს და დასაფარავს. მინანქრის მინისებრ თხელ შრეს, რომელსაც ავლებენ ლითონის ზედაპირზე, უწოდებენ მინანქრის დასაფარავს. თუ ფოლადის ან თუჯის მომინანქრებას ახდენენ, მაშინ იყენებენ ორივე სახის მინანქარს როგორც საგრუნტოს, ისე დასაფარავს. საგრუნტო შრეს სხვაგვარად ძირითად შრეს უწოდებენ. იგი ხელს უწყობს დასაფარავ შრეს ადჰეზიაში ძირითად ლითონთან. დასაფარავი შრე, თავის მხრივ იცავს მექანიკური დაზიანებისაგან საგრუნტო შრეს და, გარდა ამისა, რაც მთავარია იცავს ნაკეთობას აგრესიული არეების კოროზიული გავლენისაგან.

აღსანიშნავია, რომ ფერადი და კეთილშობილი ლითონების მომინანქრებისას საგრუნტო შრეს არ იყენებენ. მიღებულია, რომ საგრუნტო მინანქრის დნობის ტემპერატურა უნდა იყოს დასაფარავ შრეზე 50-100<sup>0</sup>-ით მაღალი. დნობის ტემპერატურის ასეთი თანაფარდობა ხელს უწყობს მინანქართან შრეთა ურთიერთშორის მტკიცე მიკვრას. მაშინ, როდესაც დასაფარავი მინანქარი გამდნარ მდგომარეობაშია, ამ დროს გრუნტის მინანქარი რბილდება. დიდი მნიშვნელობა აქვს მინანქრის თერმული გაფართოების კოეფიციენტის თავისებურებას. მიღებულია, რომ მინანქრის თერმული გაფართოების კოეფიციენტი რკინასთან შედარებით ნაკლები უნდა იყოს. დასაფარავი მინანქრის გაფართოების კოეფიციენტი რკინასთან შედარებით ნაკლები უნდა იყოს და უნდა უახლოვდებოდეს რკინისას. რაც უფრო მეტია ეს სიახლოვე იმდენად უკეთესია მინანქრის კომპაქტურობისათვის. მინანქრის უარყოფითი მხარე იმაში მდგომარეობს, რომ ის ძლიერ მყიფე ნივთიერებაა, ადვილად ტყდება, საკმარისია ნაკეთობა, რომელიც დაფარულია 10 მმ სისქის მინანქრით, გადავზნიქოთ 2<sup>0</sup>-იანი კუთხით, რომ ის გაიზაროს. მინანქარი ვერ იტანს ტემპერატურის მკვეთრ ცვალებადობას. ფოლადის მინანქრიანი აპარატურის ყინვამედეგობა აღწევს 70<sup>0</sup>-ს, ხოლო თუჯისა ორჯერ ნაკლებს. მაღალი ტემპერატურა უარყოფით გავლენას ახდენს მინანქრის მთლიანობაზე. საერთოდ, მინანქრიანი აპარატურა მოითხოვს განსაკუთრებული სიფრთხილით მოვლას, თუ ეს პირობა უზრუნველყოფილია, იგი დიდხანს ემსახურება ადამიანს, დაახლოებით 20 წლამდე. საერთოდ, მომინანქრებული ნაკეთობის ექსპ-

ლუატაციის ხანგრძლიობა, გარდა იმისა, რომ დაკავშირებულია მოვლაზე, დაკავშირებულია აგრეთვე უშუალოდ მინანქრების ტექნოლოგიაზე, თვით მინანქრის შედგენილობაზე, ექსპლუატაციის რეჟიმზე. აქედან გამომდინარე ექსპლუატაციის პერიოდი მერყეობს საკმაოდ დიდ შუალედებში, ერთი თვიდან, როგორც აღვნიშნეთ 20 წლამდე. მინანქრიანი აპარატურის ტრანსპორტირების, შენახვისა და ექსპლუატაციის დროს საჭიროა დავიცვათ შემდეგი წესები:

ა) მინანქრიანი აპარატურის შენახვა და ტრანსპორტირება მიღებულია ხის ყუთებში, რათა თავიდან იქნეს აცილებული დარტყმით გამოწვეული დაზიანება; ბ) არ შეიძლება მათი ძლიერ გაყინვა, რადგან ხაზობრივი გაფართოების კოეფიციენტში სხვაობა ძირითად ლითონსა და მინანქარს შორის იწვევს ამ უკანასკნელებში ბზარების წარმოქმნას; გ) თავიდან უნდა ავიცილოთ მინანქრის ნაკეთობაზე ლითონის ან სხვა რაიმე მაგარი საგნის დარტყმა; დ) თავიდან უნდა იქნეს აცილებული ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილება.

ვიდრე მინანქრიან ნაკეთობას ექსპლუატაციაში გაუშვებდნენ, ახდენენ მისი მომინანქრების ხარისხის შემოწმებას. ასე, მაგალითად, მინანქრის შრის მიკვრის ხარისხის შემოწმება ხდება შემდეგნაირად: მინანქრიან ზედაპირზე 250 გ-იანი ხის ჩაქუჩის დაკაკუნებით. თუ ამ დროს მინანქარი არ გაიბზარა და ატკეცა არ მოხდა, მინანქრის ადჰეზია ძირითად ლითონთან დამაკმაყოფილებელია.

საერთოდ, უნდა აღინიშნოს, რომ მინანქრიანი აპარატების წარმოება ჩვენში ყოველწლიურად იზრდება, მაგრამ ჯერჯერობით მთლიანად ვერ აკმაყოფილებს იგი მრეწველობის გაზრდილ მოთხოვნილებას. ამ საქმის მკვეთრად წინ წაწევა, თავის მხრივ, დიდად შეუწყობს ხელს როგორც სპეციალური ფოლადის, ისე ფერადი ლითონების ეკონომიას, ასევე პროდუქციის მაღალხარისხიანობას და თვითღირებულების საგრძნობლად შემცირებას.

#### 14. ელექტროქიმიური დაცვა

ელექტროქიმიური დაცვა გაცილებით გვიანდელი მეთოდია, ვიდრე დამცავი დაფარვის მეთოდი რიგი თავისი ხერხებით. ელექტროქიმიურმა დაცვამ მრეწველობაში გამოყენება ჰპოვა უმთავრესად ამ უკანასკნელი 6-7 ათეული წლის განმავლობაში.

თავდაპირველად კათოდურ დაცვას იყენებდნენ მიწისქვეშა მილსადენებისა და კაბელების დასაცავად, ახლა კი მისი გამოყენების მასშტაბი დიდად გაიზარდა. მას იყენებენ ყველგან, სადაც კი ადგილი აქვს ლითონისა და ელექტროლიტის მუდმივ კონტაქტს. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ ძლიერ ელექტროლიტებში მისი გამოყენება მიზანს ვერ აღწევს. ის კარგია არამძლიერ ელექტროლიტებში, როგორცაა ზღვის წყალი, ნიადაგი, მდინარის წყალი. კათოდური დაცვა გამოყენებულია

ლითონის წყალქვეშა ნაგებობათა, თბოგადაცემი აპარატურის, ავზების ფსკერის და სხვათა დასაცავად. საწვავ მასალათა გადასატანად დიდძალი რაოდენობის მიღებია გამოყენებული წყალქვეშა გაყვანილობისათვის. პრაქტიკაში ზოგიერთი დანიშნულების გამო დანერგილია ცალკეული მაგისტრალების გაყვანა ზღვის ფსკერზე საკმაოდ დიდ მანძილზე. ასეთი მიღების კოროზიას შეუძლია გამოიწვიოს საგრძნობი ზიანი, რადგან ცალკეული კოროდირებული უბნებიდან შეიძლება ხანგრძლივად და პირველ ხანებში შეუმჩნევლად მოხდეს ძვირფასი პროდუქტების გაჟონვა და შემდეგ კი დენადობა.

კათოდური დაცვის ძირითადი პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ ელექტროქიმიური კოროზიის თავიდან აცილების მიზნით ისევ ელექტროდებს ვიყენებთ. ამისათვის დასაცავ ლითონის ნაკეთობას ვუერთებთ მუდმივი დენის გარე წყაროს, ან შეიძლება ორი სხვადასხვა ლითონის კონტაქტით მიღწეულ იქნეს ელექტროდაცვა. პრინციპში ორივე ხერხი ერთი და იგივეა, მაგრამ განსხვავდებიან ისინი დაცვის ხასიათის მიხედვით.

შესწავლილია, რომ კათოდური დაცვის ხერხით შესაძლოა კოროზიის სიჩქარის შენელება 85-90%-ით. ამ ხერხის უპირატესობა იმაშია, რომ მისი გამოყენება მაშინაც კი შეიძლება, როდესაც კონსტრუქციას უკვე მიღებული აქვს კოროზიული დაზიანება. ზოგიერთი ავტორის მონაცემების მიხედვით კათოდურმა დაცვამ ცალკეულ შემთხვევაში შეძლო ლითონის 100%-ით დაცვა. კათოდური დაცვა გამოყენებულია მიწისქვეშ არსებული ბევრი მილსადენის დასაცავად.

პ რ ო ტ ე ქ ტ ო რ უ ლ ი ( ე ლ ე ქ ტ ო დ უ ლ ი ) დ ა ც ვ ა . ეს ხერხი გამოყენებულია უმთავრესად ლითონთა იმ კონსტრუქციებისათვის, რომელთაც მუშაობა უხდებათ ზღვის წყლის მუდმივი ან პერიოდული მოქმედების პირობებში, როგორცაა, მაგალითად, გემის კორპუსის წყალქვეშა ნაწილები, ჰიდროთვითმფრინავები და რიგი სხვა კონსტრუქციები. ამ ხერხს იყენებენ აგრეთვე მიწისქვეშა კოროზიის წინააღმდეგაც. ატმოსფეროსა და მტკნარი წყლის პირობებში პროტექტორული დაცვა არ გამოდგა, რადგან დასახელებული კოროზიული არეები დენის ცუდი გამტარია; გამოირკვა ისიც, რომ ძლიერ აგრესიულ არეშიც ამ მეთოდის გამოყენება მიზანს ვერ აღწევს ანოდის ენერგიულად რღვევის გამო. პროტექტორული დაცვის არსის ნათელსაყოფად განვიხილოთ შემდეგი მაგალითი. ვთქვათ, გვსურს მარილიან წყალში რკინის დაცვა კოროზიისაგან პროტექტორული მეთოდით. ამისათვის ავიღებთ რკინასთან შედარებით, თუთიის მცირე ფირფიტას და დავამაგრებთ რკინაზე. ცნობილია, რომ თუთიის პოტენციალი რკინასთან შედარებით ელექტროუარყოფითია, მარილიან წყალში ასეთი შეერთება გამოიწვევს თუთიის - ანოდის რღვევას და რკინის - კათოდის დაცვას. აღსანიშნავია, რომ პროტექტორის ქსელში წარმოქმნილი დენი ახშობს და ზოგჯერ სრულიად წყვეტს კიდევ დენის გავლას მიკროელემენტების ჯაჭვში. პროტექტორის მოქმედების

რადიუსი, გარდა რიგი სხვა ფაქტორისა, ბევრად არის დამოკიდებული როგორც ელექტროლიტის რაობაზე, ისე მის კონცენტრაციაზე.

პროტექტორს, რომელსაც ვარჩევთ ლითონის დასაცავად, წაეყენება შემდეგი მოთხოვნებს:

1. მისი პოტენციალი დასაცავი ლითონის პოტენციალთან შედარებით უნდა იყოს უარყოფითი და რაც მეტია პოტენციალთა შორის სხვაობა, მით უფრო უკეთესია.

2. პროტექტორი არ უნდა იფარებოდეს კოროზიის პროდუქტების მკვრივი ქერქით, რადგან ამ დროს პროტექტორის ფუნქცია სუსტდება.

პროტექტორის მოქმედების ეფექტიანობა დამოკიდებულია თვით პოტენციალთა სხვაობაზე დამცველ და დასაცავ ლითონთა შორის, პროტექტორის სისუფთავეზე და ელექტროლიტის მიერ დენის გამტარობის უნარზე. ეს უკანასკნელი კი განსაზღვრავს პროტექტორის მოქმედების რადიუსს. თუ აგრესიული არე დენის კარგი გამტარია, მაშინ პროტექტორის სიდიდე შეიძლება შედარებით ნაკლები იყოს. ნიადაგში, მაგალითად პროტექტორის მოქმედების რადიუსი პირდაპირ დამოკიდებულიებაშია ნიადაგის ელექტროგამტარობის უნართან, რაც მეტია ნიადაგის ელექტროგამტარობა, იმდენად ეფექტურია პროტექტორის მოქმედებაც და პირიქით. დიდი მნიშვნელობა აქვს პროტექტორის ფორმისა და სიდიდის შერჩევას. ეს უნდა მოხდეს აგრესიული არის და ექსპლუატაციის კონკრეტული პირობების გათვალისწინებით. კარგი პროტექტორია თუთია, აგრეთვე მაგნალი - შენადნობი ალუმინისა მაგნიუმთან და კადმიუმისა თუთიასთან. ბრინჯაოს, თითბრის და სპილენძის კონსტრუქციების დასაცავად მარილიან ხსნარებში იყენებენ თუთიის პროტექტორს. პროტექტორული დაცვის საუკეთესო მაჩვენებლებს იძლევა ალუმინის შენადნობი თუთიის და მაგნიუმის ბაზაზე. პროტექტორის აგრესიული ბაზიდან იზოლაციის თავიდან ასაცილებლად მიღებულია მისი ხშირი, საშუალოდ თვეში ერთხელ, გასუფთავება.