



## მილსადენი სისტემების კოროზია, როგორც ეკოლოგიური ბალანსის რღვევის ერთ-ერთი ფაქტორი

ბერძენიშვილი ი.გ., კამკამიძე კ.ნ., მათეშვილი ი.ი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

*ანოტაცია:* ნაჩვენებია, რომ მილსადენი სისტემების კოროზია არის ეკოლოგიური ბალანსის რღვევის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი. კოროზია განპირობებულია ლითონების თერმოდინამიკური არამდგრადობით. ლითონთა ქიმიური კოროზიული პროცესების შესაძლებლობის პროგნოზირებისა და შეფასებისათვის გამოყენებულია ჯიბსის თავისუფალი ენერჯის მინიმოზაციის მეთოდი. აღნიშნულია ეფექტური პრევენციული სტრატეგიის შემუშავების აუცილებლობა.

*საკვანძო სიტყვები:* მილსადენი სისტემების კოროზია

ენერგეტიკული რესურსების უსაფრთხო ტრანსპორტირება სტრატეგიული მნიშვნელობისაა საქართველოსათვის, ხოლო სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გაუმჯობესება აუცილებელი ფაქტორია ქვეყნის ეკონომიკური და სოციალური განვითარებისათვის.

გადასატუმბ მილსადენებს მუშაობა უხდება მძიმე საექსპლუატაციო პირობებში – კოროზიულად აქტიურ გარემოში ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილების, დინამიკური დარტყმების და დიდი დაწოლის პირობებში. სწორედ ამიტომ ფოლადის მილებისაგან აგებული კონსტრუქცია-ნაგებობები ადვილად განიცდის კოროზიას, რაც მისი საექსპლუატაციო რესურსის შემცირების ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია. რთულ საექსპლუატაციო პირობებში მილსადენი სისტემების მდგომარეობა უახლოვდება კრიტიკულს და ნავთობ- და გაზსადენებზე მომხდარი ავარიები იწვევენ მძიმე შედეგებს, რაც დაკავშირებულია ადამიანთა მსხვერპლთან, მატერიალურ დანაკარგებთან, ეკოლოგიური ბალანსის რღვევასთან და სხვ [1-4].

მილსადენი სისტემის დაზიანება იმის შედეგია, რომ ძირითადი საკონსტრუქციო მასალები თერმოდინამიკურად არამდგრადი ლითონები და მათი შენადნობებია. გარემოს გავლენით ისინი განიცდიან თვითნებურ რღვევას და გადადიან ქიმიურ ნაერთებში, რაც კოროზიის არაკონტროლირებად ქმედებას წარმოადგენს [1, 5].

სტატისტიკური მონაცემებით მსოფლიოში კოროზიის შედეგად ლითონთა დანაკარგი წელიწადში 20 მილიონ ტონაზე მეტს შეადგენს, რითაც მნიშვნელოვან ეკონომიურ

ზიანს აყენებს საზოგადოებას მთლიანად. კოროზიით გამოწვეული ზარალი განვითარებულ ქვეყნებში ყოველწლიურად ეროვნული შემოსავლის 2-4 %-ს შეადგენს [2, 5].

ამგვარად, ლითონების კოროზია – ლითონების რღვევის პროცესი გარემოს ქიმიური ან ელექტროქიმიური ზემოქმედების შედეგად, ხოლო ქიმიური კოროზია გულისხმობს ლითონის ზედაპირზე კოროზიულად აქტიური გარემოს ისეთ მოქმედებას, რომლის შედეგად ელექტროდენი არ წარმოიქმნება [1, 5].

ტერმინი „კოროზია“ წარმოიშვა გვიან. ლათინურიდან „*corrosio*“, რაც „ამოჭმას“ ნიშნავს. არ უნდა აგვერიოს ერთმანეთში ისეთი ცნებები, როგორიცაა „კოროზია“ და „ჟანგი“. კოროზია არის პროცესი, ხოლო ჟანგი – მისი შედეგი.

კოროზიის პროცესი ლითონის ზედაპირიდან იწყება და შემდეგ სიღრმეში ვრცელდება. ამ დროს ლითონის გარეგანი სახე იცვლება: მის ზედაპირზე ჩნდება სიღრუეები, რომლებიც კოროზიის პროდუქტებითაა ამოვსებული (ნახ. 1).



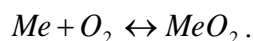
ნახ. 1. ლითონის კოროზიული რღვევა

იმ ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების არსი, რომლებსაც ლითონი ქიმიური კოროზიის დროს განიცდის, არის ლითონის დაჟანგვა ანუ ლითონის უშუალოდ შეერთება აგრესიული გარემოს შემადგენელ კომპონენტთან:

ლითონი + გარემოს მჟანგავი კომპონენტი = რეაქციის პროდუქტი.

იმის გათვალისწინებით, რომ ბუნებრივ გარემოზე კოროზიული პროცესების ნეგატიური ზემოქმედების სექტორი მუდმივად ფართოვდება და არის მეტად აქტუალური, წინამდებარე ნაშრომში ჯიბსის თავისუფალი ენერჯიის მინიმუმაციის მეთოდის გამოყენებით განხორციელდა ლითონთა ქიმიური კოროზიული პროცესების პროგნოზირება და შეფასება.

ლითონის ჟანგვის პროცესი მშრალი ჟანგბადის ატმოსფეროში შეიძლება გამოისახოს შემდეგი რეაქციით:



ლითონების ჟანგბადთან სწრაფვის რაოდენობრივ საზომს ამ რეაქციის ჯიბსის თავისუფალი ენერჯიის ცვლილება ( $\Delta G$ ) წარმოადგენს, რომელიც იანგარიშება რეაქციის იზოთერმის განტოლების საფუძველზე [6-8]:

$$\Delta G_T = -RT(\ln K - \Delta \ln a),$$

სადაც  $K$  – რეაქციის წონასწორობის კონსტანტა,  $\Delta \ln a$  – რეაგენტებისა და პროდუქტების საწყის აქტიურობათა ლოგარითმების ალგებრული ჯამი,  $R$  – აირის უნივერსალური მუდმივა,  $T$  – ტემპერატურა.

თუ ლითონი და მისი ოქსიდი სუფთა ნივთიერებებია, მაშინ

$$\Delta G_T = -RT \left( \ln \frac{1}{P_{O_2}} - \ln \frac{1}{P_{O_2}} \right) \quad \text{ან}$$

$$\Delta G_T = -RT (\ln p_{O_2} - \ln P_{O_2}).$$

აქ  $P_{O_2}$  ჟანგბადის წონასწორული წნევაა სისტემაში, ხოლო  $p_{O_2}$  – ჟანგბადის საწყისი წნევა აირად ფაზაში.

მიღებულ განტოლებებს მეტად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება, რადგან  $\Delta G_T$ -ს სიდიდისა და ნიშნის განსაზღვრით შესაძლებელია იზობარულ პირობებში მიმდინარე ლითონის ჟანგვის რეაქციის შესაძლებლობისა და სპონტანურობის პროგნოზირება.

იმ შემთხვევაში, თუ  $p_{O_2} > P_{O_2}$ , მაშინ  $\Delta G_T < 0$  და პროცესი თერმოდინამიკურად შესაძლებელია. დაჟანგვის პროცესი შეუძლებელია, თუ  $P_{O_2} > p_{O_2}$ , რადგან ამ დროს  $\Delta G_T > 0$ .

კოროზიული სისტემა იმყოფება თერმოდინამიკური წონასწორობის მდგომარეობაში მხოლოდ მაშინ, როდესაც  $p_{O_2} = P_{O_2}$  და  $\Delta G_T = 0$ .

სტანდარტულ პირობებში კოროზიული პროცესის მიმდინარეობის შესაძლებლობა განისაზღვრება განტოლებით [6-8]:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$$

ან შეიძლება შეფასდეს რეაქციაში მონაწილე ნივთიერებათა სტანდარტული მოლური ენთალპიების ( $\Delta H^\circ$ ) და სტანდარტული მოლური ენტროპიების ( $S^\circ$ ) გამოყენებით:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ.$$

აღსანიშნავია, რომ თერმოდინამიკური ანალიზის საშუალებით დგინდება მხოლოდ ლითონების კოროზიული პროცესის მიმდინარეობის შესაძლებლობა, კოროზიის რეალურ სიჩქარეზე კი იგი მონაცემებს არ იძლევა.

კოროზიულ პროცესებს ძალზე მრავალფეროვანი გამოვლინებები და გამომწვევი მიზეზები აქვს. ამიტომ ლითონების რეალური კოროზიამედეგობის დასადგენად მნიშვნელოვანია კონკრეტული სიტუაციების და მიზეზების შესწავლა, რომელთა მიხედვით თერმოდინამიკურად შესაძლებელი პროცესი ერთ შემთხვევაში ნელა მიმდინარეობს, მეორეში კი – სწრაფად.

კოროზიის წინააღმდეგ ბრძოლა თანამედროვე ტექნიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

ამრიგად, ნავთობისა და ბუნებრივი აირის უდანაკარგო ტრანსპორტირებისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით, კონსტრუქციული მასალები წინასწარ უნდა გამოიცადოს მათი საექსპლუატაციო საიმედოობის დასადგენად.

რისკების მთელი სპექტრის ეფექტური მართვის და ბუნებრივი ეკოლოგიური ბალანსის შენარჩუნების თვალსაზრისით, აუცილებელია შემუშავდეს თანამედროვე მეცნი-

ერულ ცოდნაზე დაფუძნებული შემარბილებელი ღონისძიებები და პრევენციული ექსპერტური სტრატეგია.

### ლიტერატურა

1. Roberge P.R. Corrosion Engineering: Principles and Practice. Publisher: McGraw-Hill Education; 1st Edition (April 15, 2008). – 754 p.
2. Koch G.H., Brongers M.P.H., Thompson N.G. Corrosion – a natural but controllable process. PUBLICATION No. FHWA-RD-01-156, 2010, p. 3, 4.
3. Berdzenishvili I., Siradze M. To the Issue of Increasing the Efficiency of Operation of Energy Transmission Systems. Journal of Energy and Power Engineering. USA, August 2016, Volume 10, Number 8, pp. 486-488.
4. ASM Handbook Volume 13C, Corrosion: Environments and Industries (ASM International) 2006, 1026-1036 p.
5. კამკამიძე კ., ბერძენიშვილი ი., კამკამიძე ე. გაზსადენი სისტემები, რისკების შეფასება და საიმედოობის უზრუნველყოფა. – თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2014. – 160 გვ.
6. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Основы физической химии. Изд. 3-е, – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 407 с.
7. Berdzenishvili I. Thermochemical measurements. – Tbilisi: Technical University, 2017. – 135 p.
8. Basic Chemical Thermodynamics, 5th Edition by E. Brian Smith, – London: Imperial College Press, 2004. – 166 p.

## **CORROSION OF PIPELINE SYSTEMS AS ONE OF THE FACTORS OF DISTURBANCE OF ECOLOGICAL BALANCE**

**Berdzenishvili I.G., Kamkamidze K.N., Mateshvili I.I.**

*Summary: It is shown, that the corrosion of pipeline systems is one of the significant factors of disturbance of ecological balance. Corrosion is conditioned by thermodynamic instability of metals. To predict and assess the possibility of chemical corrosion of metals Gibbs free energy minimization method is used. The necessity of developing an effective preventive strategy is noted.*