



УДК 663/664:621.891

**CURRENT STABILITY OF CAST IRON IN THE CONDITIONS OF
PRODUCTION OF TOMATO PRODUCTS**
**КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ЧУГУНУ В УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА ТОМАТ-
ПРОДУКТІВ****Hulai O.I. / Гулай О.І.***d.p.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-1120-6165

Shemet V.Ya. / Шемет В.Я.*s.c.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-8952-5097

*Lutsk National Technical University, Lutsk, Lvivska Str., 75, 43018**Луцький національний технічний університет, Луцьк, вул. Львівська, 75, 43018*

Анотація. У роботі проведено аналіз впливу корозійних факторів на експлуатаційні властивості елементів вакуумних насосів, що використовуються у технологічному процесі виробництва томат-продуктів на підприємстві «Торчин-продукт». Досліджено корозійну стійкість чавуну, з якого виготовлено робочі елементи обладнання, у модельних хімічно активних середовищах. Встановлено, що в експлуатаційних умовах матеріал корпусу насосів нестійкий (бал стійкості 9-10). Зразки чавуну є достатньо стійкими лише у лужному та нейтральному середовищі. Зменшення корозійного руйнування можна досягнути шляхом оптимізації технологічного процесу та вдосконалення конструкції установки.

Ключові слова: чавун, обладнання харчової промисловості, хімічна стійкість, корозія.

Вступ. Харчова промисловість об'єктивно вважається базовою ланкою господарського комплексу Волинської області. Від розширеного відтворення її ресурсно-виробничого потенціалу залежить величина валового регіонального продукту, надходження до місцевих бюджетів та збільшення кількості робочих місць [1]. Проблема надійності роботи обладнання харчової промисловості важлива ще і тому, що виведення його з ладу спричиняє не лише зниження продуктивності технологічного процесу на підприємствах, але часто призводить до його повної зупинки та значних втрат внаслідок псування продуктів і вихідної сировини. Тому дослідження процесів корозійного зношування у технологічних середовищах харчових виробництв має виключно актуальне значення.

Сучасні технологічні процеси харчової промисловості вирізняються використанням підвищених температур і тисків, значними швидкостями потоків продукції, зміною кислотності середовищ у широкому діапазоні. Відповідно зростає корозійно-ерозійний вплив агресивних середовищ і механічних навантажень на конструкційні матеріали і покриття, що призводить до передчасного виходу з ладу машин і обладнання. У харчових виробництвах використовуються кислі, нейтральні і лужні середовища [2]. Значною агресивністю володіють середовища оборотного водопостачання виробничих підприємств. У охолоджувальних водах накопичуються солі, органічні речовини, живі мікроорганізми, і циркуляційні води стають корозійно-



агресивним електролітом [3]. У системах водовідведення і водопостачання осаджуються важкорозчинні сполуки, відбувається обростання стінок, що призводить не тільки до інтенсифікації корозійних процесів, але і погіршується теплопередача, підвищується опір середовищу, що рухається, у зв'язку зі зменшенням вільного перетину труб. У більшості випадків довговічність обладнання харчових виробництв пов'язана з проблемою спрацювання окремих деталей та вузлів [4]. Тому предметом дослідження обрано корозійну стійкість елементів вакуумних насосів в умовах виготовлення томат – продуктів на підприємстві «Торчин-продукт».

Методика досліджень. Спектральний аналіз хімічного складу зразків проводили на установці – багатофункціональному фотоелектричному спектрофотометрі МФС-7, який працює по методу обертового електрода. Дослідження структури чауна проводили на металографічному мікроскопі ММП – 14Ц. Для аналізу корозійної агресивності технічних рідин було визначено такі фізико-хімічні властивості, як густину (за допомогою ареометра), кислотність середовища (використовуючи рН–метр рН–301) та тимчасову жорсткість (титруванням стандартним розчином хлоридної кислоти).

Об'ємний (волюмометричний) метод дослідження швидкості корозії металів ґрунтується на тому, що при переході металу в продукти корозії виділяється еквівалентна кількість водню (процес з водневою деполяризацією) або поглинається кисень, розчинений в електроліті (процес кисневої деполяризації). За обсягом виділеного водню (або поглиненого кисню), вимірюваного за допомогою встановленого над зразком евідометра, можна обчислити втрати маси металу. Гравіметричний метод полягає у вимірюванні різниці маси контрольних металевих зразків до і після експозиції в корозійному середовищі [5].

Результати дослідження. Для дослідження отримано елементи з двох вакуумних насосів, що вийшли з ладу. Для встановлення впливу корозійноактивного середовища на процес корозійного руйнування проаналізовано технічну воду, що подавалася у насос, конденсат, що утворювався у результаті роботи установки виготовлення томат-продуктів. Оскільки томат-продукт безпосередньо не контактував із насосом, його аналіз не проводили. За результатами дослідження (табл. 1) встановлено основний фактор, що зумовлює посилену корозію елементів вакуумних насосів, – високу кислотність конденсату (рН становить 3,227, а за ДСТУ 2368 – 2004 має становити 6,899).

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості технічних рідин

| Назва | Густина, г/мл | рН | Тимчасова жорсткість, ммоль/л |
|-----------|---------------|-------|-------------------------------|
| Вода | 1,000 | 6,478 | 6,72 |
| Конденсат | 1,000 | 3,277 | 2,08 |

Результати аналізу хімічного складу зразків наведено у табл. 2. Склад металу зразків не відповідає ГОСТовим значенням (насоси виробництва Республіки Польща), однак за вмістом Карбону, Силіцію та Мангану та



структурою близький до сірого чавуну марки СЧ-15. Таким чином, встановлено, що матеріал корпусу насосів – сірий чавун, вид чавуну (сплав заліза з вуглецем), що не містить ледебуриту, в ньому весь вуглець (або частина його) знаходиться в вигляді графіту.

Таблиця 2

Хімічний склад зразків

| Зразок | C | Si | Mn | Cr |
|--------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 1 | 3,5 | 1,76 | 0,57 | 0,097 |
| 2 | 3,2 | 2,07 | 0,55 | 0,13 |
| СЧ-15 | 3,5...3,7 | 2,0...2,4 | 0,5...0,8 | - |
| СЧ-20 | 3,3...3,5 | 1,4...2,4 | 0,7...1,0 | - |

Виявлено значне корозійне пошкодження робочих частин насосів (рис. 1). Продуктами корозії покрито близько 90 % поверхні, корозійні каверни досягають глибини 12 мм, місцями є наскрізними. Мікроструктура зрізу наведена на рис. 2.



Рис. 1. Корозійні пошкодження робочого елемента вакуумного насоса

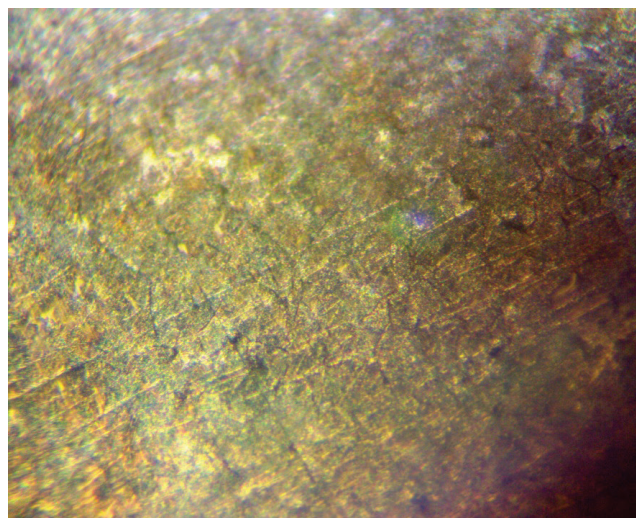


Рис. 2. Мікроструктура поверхні зразка чавуну

Оцінка корозійної стійкості зразків чавуну у розчинах кислот проводилась



волюметричним методом. Протягом певного часу проводилась реєстрація виділення водню, що утворився внаслідок катодного процесу з водневою деполаризацією. Розраховано об'ємний K_{H_2} , масовий K_m та глибинний $K_{П}$ показники корозії. Результати обчислень та визначені на їх підставі бали корозійної стійкості наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Корозійна стійкість зразків чавуну у розчинах кислот

| Розчин | $K_{H_2}, \text{см}^3 / (\text{см}^2 \cdot \text{год.})$ | $K_m, \text{г} / (\text{м}^2 \cdot \text{год.})$ | $K_{П}, \text{мм} / \text{рік}$ | Бал | Група стійкості |
|----------------------|--|--|---------------------------------|-----|-----------------|
| HCl | 5,5 | 13,713 | 138,158 | 9 | Нестійкі |
| CH ₃ COOH | 0,353 | 0,881 | 9,053 | 10 | Мало-стійкі |

За допомогою гравіметричного методу було визначено корозійну стійкість матеріалів не тільки у кислих робочих середовищах, але й у нейтральному та лужному. Протягом 180 год. зразки витримували в 5 видах розчинів при сталих зовнішніх факторах: температура +15...+17 °С, тиск в приміщенні – 750...754 мм/рт.ст. Криві зміни маси наведено на рис. 3. Максимальну зміну маси зразків спостерігали у розчинах кислот і натрій хлориду. Матеріал насоса є нестійким у середовищі хлоридної кислоти, малостійким у середовищах оцтової кислоти та натрій хлориду. Достатньо стійкий матеріал у нейтральному та лужному середовищах. Однак зміна маси зразків пов'язана не лише із переходом йонів заліза у розчин, але й із утворенням на поверхні нерозчинних у воді продуктів корозії. Тому ваговий метод має певні обмеження у оцінюванні корозійної стійкості.

Основні фактори що впливають на корозію, – це пори та ушкодження оксидної плівки, що вкриває поверхню металу. Катодом корозійного мікрогальванічного елемента є оксидна плівка, а оголена поверхня металу – анодом, тобто внаслідок корозії руйнується метал [6]. На основі металографічних досліджень встановлено, що чавун робочих елементів насосів містить включення графіту. Неметалічні включення під час корозії є катодами, а чавун виступає у ролі анода.

Якщо на поверхні металу знаходяться сторонні частинки, наприклад, такі, як крапельки вологи, бульбашки будь-якого газу, частинки бруду, то під ними швидко вичерпується кисень повітря. Ці ділянки поверхні металу є анодами корозійних елементів, а більш забезпечені киснем ділянки є катодами. Оскільки площа поверхні анода набагато менша за площу поверхні катода, густина корозійного струму на анодних ділянках значно збільшується. Через те, що розчинення металу зосереджується на маленькій площі поверхні металу, осередки корозії мають вигляд булавочних уколів (пітингова корозія).

Таким чином, у процесі експлуатації робочих елементів вакуумних насосів, що використовують для виробництва томат-продуктів на підприємстві «Торчин-продукт», має місце кожен із наведених механізмів корозійного пошкодження. Це зумовлює катастрофічне руйнування металу і передчасний вихід з ладу обладнання.

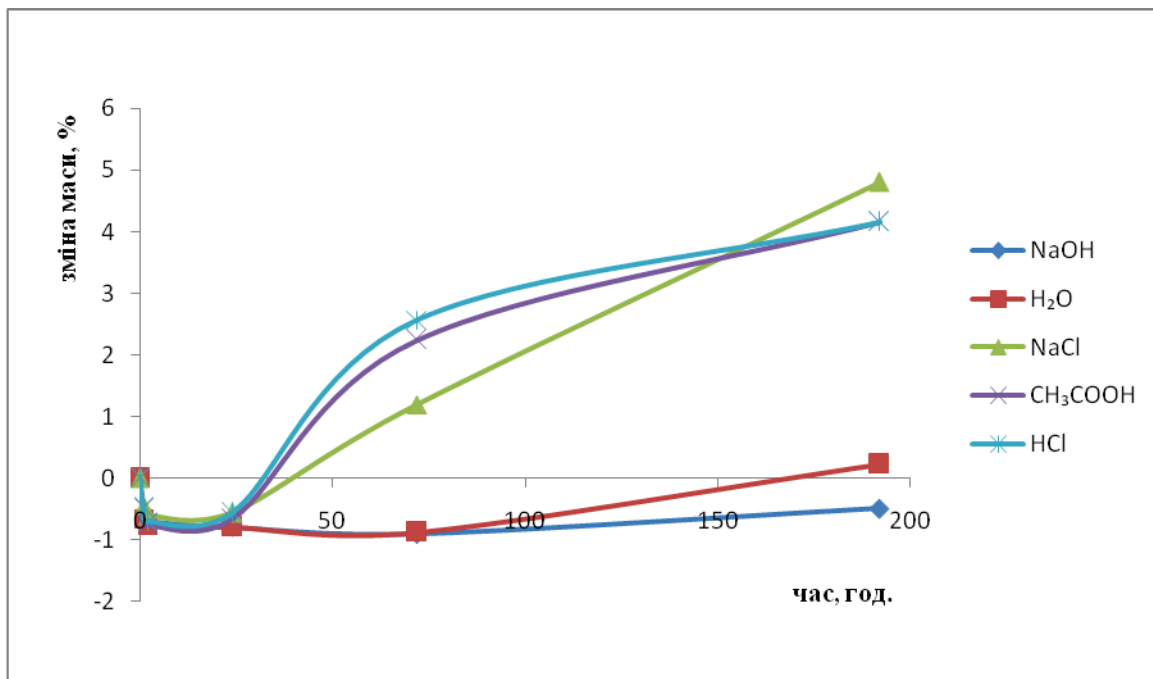


Рис. 3. Масовий показник швидкості корозії

Висновки. Сучасні технологічні процеси харчової промисловості вирізняються використанням підвищених температур і тисків, значними швидкостями потоків продукції, зміною кислотності середовищ у широкому діапазоні. Ці фактори зумовлюють підвищені вимоги до корозійної стійкості обладнання. У результаті досліджень матеріалу елементів вакуумних насосів та умов виготовлення томат-продуктів на підприємстві «Горчин-продукт» встановлено, що основним зовнішнім фактором, що спричиняє корозію, є висока кислотність конденсату, який утворюється у процесі виробництва.

Склад металу зразків не відповідає ГОСТовим значенням (насоси виробництва Республіки Польща), однак за вмістом Карбону, Силіцію та Мангану та структурою близький до сірого чавуну марки СЧ-15. Виявлено значне корозійне пошкодження робочих частин насосів (продуктами корозії покрито близько 90 % поверхні, корозійні каверни досягають глибини 12 мм, місцями є наскрізними).

Досліджено корозійну стійкість чавуну, з якого виготовлено робочі елементи обладнання, у модельних хімічно активних середовищах. Проведено порівняльний аналіз корозійної стійкості, визначеної різними методами (гравіметричним, волюмометричним та фотоелектроколориметричним). Найбільш точні результати дає волюмометричний метод, однак він обмежений лише кислими середовищами. Встановлено, що максимальну швидкість корозії зразків спостерігали у 3 % розчині хлоридної кислоти –13,71 (за об'ємом водню, визначеним волюмометрично). У таких умовах матеріал корпусу насосів нестійкий (бал стійкості 10). У 3 % розчині оцтової кислоти, що моделює розчин конденсату, матеріал корпусу насосів малостійкий (бал стійкості 9). Зразки чавуну є достатньо стійкими лише у лужному та нейтральному середовищі.

На основі аналізу літературних джерел та результатів експериментальних



досліджень встановлено незадовільну стійкість матеріалу робочих елементів вакуумних насосів в умовах виготовлення томат-продуктів на підприємстві «Торчин-продукт». Зменшення корозійного руйнування можна досягнути шляхом оптимізації технологічного процесу (зниження тиску, видалення кисню) та вдосконалення конструкції установки, використавши фільтр для поглинання кислотних випарів з конденсату.

Література:

1. Гордійчук А. Перспективи розвитку харчової промисловості прикордонного регіону / А. Гордійчук // Прикладна економіка. – 2013. – №9. – С. 63-65. 10.
2. Тищенко Г.П. Корозія і захист від корозії в харчовій промисловості / Тищенко Г.П., Бурмістр М.В. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2002. –461 с.
3. Сухенко Ю.Г. Захист обладнання харчових підприємств від корозії / Ю. Г. Сухенко, В. Ю. Сухенко, М. М. Муштрук // Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development '2015. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://www.sworld.education/conference/year-conference-sw/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/oct-2015>.
4. Показники надійності обладнання харчових виробництв від зносу – та корозійної стійкості базових деталей / Ю.Г. Сухенко, В. Ю. Сухенко, В. П. Василів та ін. // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2013. – Вип. 44. – Том. 2. – С.362-365.
5. Хімічні основи корозії конструкційних матеріалів / С. І. Козак, М. Г. Котур, М. В. Никипанчук, В. В. Григораш. – Львів: Ліга праці, 2001. – 240 с.
6. Домбровська М. Корозійне руйнування обладнання харчової промисловості / М. Домбровська, М.Д. Мельничук, О.І. Гулай// IV Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених та студентів: “Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи”. Луцький національний технічний університет, Луцьк, 28 – 29 жовтня, 2016. – с. 222-223.

Abstract. The work is carried out the analysis of the effect of corrosive factors on the operating properties of the elements of vacuum pumps that is used in the technological process of production of tomato products on an enterprise "Torchyn-product". Corrosive firmness of cast iron from that the working elements of equipment are made is investigational, in model chemically active environments. It is set that in operating terms material of corps of pumps is unsteady (point of firmness 9-10). Samples of cast iron are sufficiently stable only in an alkaline and neutral environment. Reducing corrosion damage can be achieved by optimizing the technological process and improving the design of the installation.

Key words: cast iron, equipment of food industry, chemical firmness, corrosion.

References:

1. Gordiychuk A. (2013). Perspektyvy rozvytku kharchovoi promyslovosti prykordonnoho rehionu [Prospects for the development of the food industry of the border region] in Prykladna ekonomika [Applied economics], №9, P. 63-65
2. Tischenko G.P., Burmistr M.V. (2002). Koroziiia i zakhyst vid korozii v kharchovii



promyslovosti [Corrosion and corrosion protection in the food industry] in Dnipropetrovsk: UDKhTU [Dnipropetrovsk: UDKhTU], 461 p.

3. Sukhenko Yu. G., Sukhenko V. Yu., Mushtruk M. M. (2015) Zakhyst obladnannia kharchovykh pidpriemstv vid korozii [Corrosion protection of equipment of food enterprises] in Elektronnyi resurs [Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development '2015], <http://www.sworld.education/conference/year-conference-sw/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/oct-2015>

4. Sukhenko Yu. G., Sukhenko V. Yu., Vasiliev V. P. (2013) Pokaznyky nadiinosti obladnannia kharchovykh vyrobnytstv vid znoso- ta koroziiinoi stiikosti bazovykh detalei [Reliability of equipment of food productions indexes from wear resistance and corrosive firmness of base details] in Naukovi pratsi ONAKhT [Scientific works ONACHT], Odessa, № 44, T. 2, P. 362-365

5. Kozak S. I., Kotur M. G., Nikipanchuk M. V., Grigorash V. V. (2001) Khimichni osnovy korozii konstruktsiinykh materialiv [Chemical basis of corrosion of structural materials] in Liha pratsi, Lviv [League of Labor, Lviv], 240 p

6. Dombrovskaya M., Melnichuk M. D., Hulay O. I. (2016) Koroziiine ruinovannia obladnannia kharchovoi promyslovosti [Corrosive destruction of food industry equipment] in IV Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia molodykh vchenykh ta studentiv: "Fizyka i khimiiia tverdoho tila. Stan, dosiahnennia i perspektyvy", Lutskiyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet, Lutsk [IV All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists and students: "Physics and chemistry of solid state. State, achievements and prospects", Lutsky Natsionalnyi tekhnichnyi universytet, Lutsk] , pp. 222-223.

Стаття відправлена: 10.03.2018 г.

© Гулай О.І., Шемет В.Я.