

**Danilenko Alexandr**, PhD, associate professor, Department of computing and programming of the NTU "KHPI", Kharkiv national technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Address: Frunze st., 21, Kharkiv, Ukraine, 61002. Tel.: (0572)7076165; e-mail: aleksdanilenko@gmail.com.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук В.М. Михайловим.  
Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*

УДК 621.357:620.193

## **КОРОЗИЙНА СТІЙКІСТЬ АЛЮМІНІЄВОЇ ФОЛЬГИ В РОЗЧИНАХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН**

**С.О. Самойленко, І.М. Гурикова**

*Проведено корозійні випробування зразків алюмінієвої фольги у водних розчинах промислових поверхнево-активних речовин (ПАР). Визначено глибинний показник і швидкість корозії фольги в розчинах аніоноактивних та неіоногенних ПАР. Установлено ПАР, розчини яких не виявляють помітної корозійної дії на блискучу поверхню фольги.*

***Ключові слова:** корозійна стійкість, випробування, алюмінієва фольга, поверхнево-активні речовини, швидкість корозії.*

## **КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГИ В РАСТВОРАХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

**С.А. Самойленко, И.Н. Гурикова**

*Проведены коррозийные испытания образцов алюминиевой фольги в водных растворах промышленных поверхностно-активных веществ (ПАВ). Определены глубинный показатель и скорость коррозии фольги в растворах анионоактивных и неионогенных ПАВ. Установлены ПАВ, растворы которых не проявляют заметного коррозионного воздействия на блестящую поверхность фольги.*

***Ключевые слова:** коррозионная стойкость, испытания, алюминиевая фольга, поверхностно-активные вещества, скорость коррозии.*

## **CORROSION RESISTANCE OF ALUMINIUM FOIL IN THE SOLUTIONS OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES**

**S. Samoilenko, I. Gurikova**

*Application of surface-active substances in food technologies requires the need for corrosion testing of aluminum foil in aqueous solutions of industrial SAS.*

*The purpose of the work is to determine the corrosion resistance of aluminum foil in alkaline aqueous solutions of the surface-active substances.*

*The corrosion resistance of the foil samples was evaluated by the gravimetric and electrochemical methods. The foil samples were kept in aqueous solutions SAS for 48 hours at a temperature of 298K. During the test the samples of the foil were in an electrical contact with the steel plates. The corrosion rate of the foil was determined by the change in mass of the samples during the corrosion per unit of surface and time of the researches.*

*It is also found that the solutions of the nonionic SAS, such as "Syntamid-5" and "Dytalan E", show no appreciable corrosive action on the aluminum foil. After the tests the shiny foil surface remained intact in their solutions and had no visible signs of corrosion. According to the scale of the corrosion resistance of metals, the foil in such an environment is "very stable", the deep corrosion rate reached 0.010...0.013 mm/year.*

**Keywords:** *corrosive tests, aluminum foil, surface-active substances, corrosion rate.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Алюмінієва фольга застосовується в харчовій промисловості як пакувальний матеріал. Харчова алюмінієва фольга є достатньо інертним матеріалом для більшості напоїв та продуктів, не проникним для газів і рідин, але внаслідок високої хімічної активності алюмінію поверхня фольги легко піддається корозії, як у кислому так і лужному середовищах.

У водних розчинах багатьох органічних сполук блискуча поверхня фольги швидко втрачає декоративний вигляд, а за тривалої дії окисників фольга руйнується. За характером корозійних руйнувань для алюмінієвої фольги найбільш характерною є пітингова корозія – локалізована форма корозійного процесу, що призводить до утворення на фользі корозійних ям або дірок [1].

Як відомо, поверхнево-активні речовини (ПАР) широко застосовуються як диспергатори, стабілізатори емульсій та суспензій, піноутворювачі, змочувачі, солубілізатори тощо [2]. Застосування ПАР у харчових технологіях потребує необхідності проведення корозійних випробувань алюмінієвої фольги у водних розчинах промислових ПАР. Деякі з них здатні викликати корозію поверхні алюмінію, інші виявляють до неї властивості інгібіторів. Досліджень, присвячених корозійній дії водних розчинів оксиетілованих неіоногенних ПАР на блискучу поверхню алюмінієвих виробів, що знаходяться в контакті зі сталевими зразками, у літературі не виявлено.

**Мета статті.** Метою роботи було визначення корозійної стійкості алюмінієвої фольги марки АД під час її контакту зі сталевими виробами у слабко-лужних водних розчинах ПАР.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Корозійні випробування фольги проводили у водних розчинах поширених класів ПАР. Нижче наведено характеристику вказаних ПАР.

«Алкілсульфати» належать до аніоноактивних ПАР і становлять собою натрієві солі алкілсульфатів первинних жирних спиртів. Вони виробляються у вигляді добре розчинної у воді жовтої пасти. Емпірична формула продукту –  $C_n H_{2n+1} SO_3 Na$ , де  $n = 16...18$ .

«Синтанол ДС-10» належить до неіоногенних ПАР і становить собою суміш моноалкільних етерів поліетиленгліколю вищих жирних спиртів загальної формули  $R-O-(C_2 H_4 O)_m H$ , де  $m = 8...10$ . Карбоновий радикал  $R$  містить 14...18 атомів Карбону. Виробляється «Синтанол ДС-10» у вигляді розчинної у воді світло-жовтої пасти.

«Змочувач НБ» належить до аніоноактивних ПАР і становить собою натрій бутілнафталінсульфонат. Його емпірична формула має такий вигляд –  $C_4 H_9 C_{10} H_6 SO_3 Na$ . Виробляється «Змочувач НБ» у вигляді добре розчинної у воді пасти ясно-коричневого кольору.

«Препарат ОС-20» належить до неіоногенних ПАР і становить собою суміш поліоксіетиленгліколевих етерів вищих жирних спиртів:  $R-O(C_2 H_4 O)_{20} H$ . Радикал  $R$  містить 14...18 атомів Карбону. Виробляється у вигляді блідо-жовтої, м'якої, як віск маси, добре розчинної у воді та спирті.

«Препарат ОП-10» належить до неіоногенних ПАР і становить собою суміш алкілфенільних етерів поліетиленгліколю на основі полімердистилату. Виробляється продукт у вигляді світло-жовтої пасти, добре розчинної у воді та етанолі. Емпірична формула «Препарату ОП-10»:  $R-C_6 H_4 O-(C_2 H_4 O)_m H$ , де  $m = 9...10$ . Радикал  $R$  містить 8...10 атомів Карбону.

«Диталан Е» становить собою суміш натрієвих солей етерів сульфатної кислоти та вищих жирних спиртів фракції  $C_{10}-C_{16}$ . Виготовляється у порошкоподібному стані.

«Синтамід-5» належить до неіоногенних ПАР і становить собою поліетиленгліколеві естери моноетаноламідів синтетичних жирних кислот. Виготовляється «Синтамід-5» у вигляді жовтої пастоподібної маси, добре розчинної у воді. Емпірична формула продукту –  $C_n H_{2n+1} CONHCH_2(C_2 H_4 O)_m H$ , де  $n = 10...16$ ,  $m = 5...6$ .

Усі вказані ПАР становлять собою малотоксичні речовини, що не викликають подразливої дії на шкіру та слизові оболонки. Їх розчини мають слабколужну реакцію, причому величина їх  $pH$  за час корозійних випробувань практично не змінювалася.

Корозійну стійкість зразків фольги АД оцінювали гравіметричним та електрохімічним методами. Зразки фольги для випробувань виготовляли на основі алюмінієвого сплаву АД-31.

Підготовка зразків здійснювалася відповідно до ГОСТ 9.913-90. Продукти корозії з поверхні видаляли відповідно до ГОСТ 9.907.

Поверхня фольги перед корозійними випробуваннями була дзеркальною з  $R_a = 0,2$  мкм. Випробуванням піддавали зразки розміром  $20 \times 20 \times 0,1$  мм. Зразки фольги витримували у водних розчинах ПАР протягом 48 годин за температури 298 К. Під час випробувань зразки знаходилися в електричному контакті з пластинами, виготовленими із сталі Ст.3.

Зміну блиску поверхні фольги під час випробувань оцінювали приладом «Glossmetr-6 70» (США) відносно еталонних зразків. Еталоном служили зразки фольги до їх корозійних випробувань.

Швидкість корозії фольги визначали за зміною маси зразків під час корозії, віднесеною до одиниці поверхні і часу випробувань:

$$K = \frac{m_0 - m}{S \cdot \tau}, \quad (1)$$

де  $m_0$  – вихідна маса зразка фольги до випробувань, г;  $m$  – маса зразка фольги після випробувань, г;  $S$  – загальна площа поверхні зразка фольги,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  – час випробувань, год.

У деяких випадках, наприклад під час нерівномірної корозії алюмінієвих сплавів, корозійну стійкість зразків характеризують глибиною проникнення корозії:

$$P = \frac{8,76K}{\rho}, \quad (2)$$

де  $P$  – глибинний показник, мм/рік;  $K$  – швидкість корозії,  $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{рік}$ ;  $\rho$  – густина алюмінію,  $2,7 \text{ г}/\text{см}^3$ ; 8,76 – коефіцієнт переходу від вагового показника швидкості корозії у розрахунку на 1 год до глибинного показника у перерахунку на 1 рік.

Значення електрорушійної сили (ЕРС) гальванопари «сталь Ст.3–фольга АД» вимірювали за допомогою потенціостату ПШ-50-1. Більш докладно методу гравіметричних та електрохімічних досліджень наведено в [3].

Паралельно для оцінки корозійної стійкості зразків фольги користувались якісними показниками, зокрема визначали час появи потемніння (втрати блиску) поверхні та вимірювали площину корозійних уражень.

Було встановлено, що в розчинах таких ПАР, як «Синтамід-5» і «Диталан Е», алюмінієва фольга практично не піддавалася корозії, тобто швидкість її корозії становила  $3 \dots 4 \cdot 10^{-3} \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ . Після

випробувань блискуча поверхня фольги залишалася без змін і не мала видимих слідів корозії. За шкалою оцінки корозійної стійкості металів зразки фольги у цих розчинах відповідали 2-му балу – групі «вельми стійкі», глибинний показник корозії дорівнював 0,001...0,005 мм/рік. Слід зазначити, що після витримки фольги в розчині «Диталану Е» на її поверхні спостерігалася поява слабких кольорів мінливості, блиск поверхні при цьому зменшувався на 8...10%.

Висока корозійна стійкість фольги у розчинах «Диталану Е» та «Синтамід-5» пов'язана насамперед з їх більш низькими порівняно з іншими розчинами значеннями  $pH$ , а також тим, що вказані продукти належать до етерів жирних спиртів та етаноламідів. Останні, як відомо, здатні виявляти слабкі властивості інгібіторів.

Незначною виявилася корозія фольги в розчинах аніоноактивних ПАР – алкілсульфатах та «Змочувачі НБ». Поверхня фольги після випробувань поступово тьмяніла, втрачаючи блиск, швидкість корозії при цьому не перевищувала 0,008 г/м<sup>2</sup>-год; стійкість зразків відповідає 4-му балу шкали корозійної стійкості металів – група «стійкі».

**Таблиця – Результати корозійних випробувань алюмінієвої фольги АД у водних розчинах ПАР (10 г/л)**

Назва ПАР	$pH$ розчину	Швидкість корозії, г/м <sup>2</sup> -год	Глибинний показник, мм/рік	ЕРС, В		Вигляд поверхні
				$E_0$	$E_p$	
Синтамід-5	7,9	0,003	0,010	0,46	0,18	без змін
Диталан Е	8,0	0,004	0,013	0,46	0,20	без змін
Синтанол ДС-10	8,3	0,014	0,045	0,52	0,40	чорна
Препарат ОП-10	8,3	0,008	0,026	0,51	0,38	чорна
Змочувач НБ	8,4	0,006	0,019	0,50	0,24	тускла
Препарат ОС-20	8,5	0,029	0,094	0,53	0,44	чорна
Алкілсульфати	8,6	0,005	0,016	0,48	0,25	тьмяна

Під час випробувань у розчинах таких ПАР, як ОП-10, ОС-20 та ДС-10, спостерігалась інтенсивна корозія зразків фольги: швидкість корозії фольги сягала 0,014...0,023 г/м<sup>2</sup>-год. Фольга поступово

вкривалася чорною масткою плівкою, після видалення якої на поверхні було виявлено значну кількість пітингів. Загальна площа корозійних уражень не перевищувала 8...10%.

Як видно з таблиці, вихідні значення ЕРС гальванопари «сталь Ст.3–фольга АД» у розчинах ПАР знаходяться в інтервалі 0,46...0,53 В. Під час випробувань у розчинах ПАР, які не виявляли агресивної дії щодо поверхні досліджуваних зразків, ЕРС гальванопари поступово зменшувалася на 0,2...0,3 В. Це підтверджує висновок про поступове припинення процесу корозії та пасивацію поверхні фольги в досліджуваних розчинах.

У розчинах ОП-10, ДС-10 та ОС-20 за час випробувань не вдалося досягти стабілізації значень ЕРС. Тому в таблиці для цих розчинів значення рівноважних  $E_p$  наведені на момент закінчення випробувань, що підтверджує результати гравіметричних досліджень процесів корозії фольги.

**Висновки.** У роботі визначено швидкість і глибинний показник корозії алюмінієвої фольги АД у водних розчинах аніоноактивних та неіоногенних ПАР. Установлено, що під час випробувань у розчинах «Синтанолу ДС-10», «Препарату ОП-10» та «Препарату ОС-20» поверхня фольги втрачала блиск, на ній спостерігалася пітингова корозія. Швидкість корозії фольги сягала 0,014...0,023 г/м<sup>2</sup>·год. У той же час розчини «Синтаміду-5» і «Диталану Е» не виявляли помітної корозійної дії на алюмінієву фольгу. Після випробувань її блискуча поверхня залишалася без змін і не мала видимих слідів корозії. За шкалою корозійної стійкості металів фольга в такому середовищі була «вельми стійкою». Швидкість її корозії не перевищувала 0,004 г/м<sup>2</sup>·год.

### Список джерел інформації / References

1. Семенова И. В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.  
Semenova, I.V., Florianovich, G.M., Horoshilov, A.V. (2002), Corrosion and corrosion protection [Korroziya i zaschita ot korrozii], FIZMATLIT, M., 336 p.
2. Холмберг К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Холмберг, Б. Йёнссон, Б. Кронберг, Б. Линдман – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с.  
Holmberg, K. Jönsson, B. Kronberg, B. Lindman, B. Surfactants and Polymers in Aqueous Solution, John Wiley & Sons, Ltd, 528 p.
3. Фокин М. Н. Методы коррозионных испытаний металлов / М. Н. Фокин, К. А. Жигалова. – М. : Металлургия, 1986. – 79 с.  
Fokin, M.N., Zhigalova K.A. (1986), Methods of corrosive tests of metals [Metodyi korrozionnyih ispytaniy metallov], Metallurgy, M. 79 p.

**Самойленко Сергій Олексійович**, канд. техн. наук, доц., факультет товарознавства та торговельного підприємництва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Миру, 108, кв. 21, м. Харків, Україна, 61047. Тел.: 393-22-78, 0675404766; e-mail: [sam.h22@mail.ru](mailto:sam.h22@mail.ru).

**Самойленко Сергей Алексеевич**, канд. техн. наук, доц., факультет товароведения и торгового предпринимательства, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Мира, 108, кв. 21, г. Харьков, Украина, 61047. Тел.: 393-22-78, 0675404766; e-mail: [sam.h22@mail.ru](mailto:sam.h22@mail.ru)

**Samoylenko Sergey**, PhD. Sc. Associate Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: 108-21 Mira str., Kharkiv, Ukraine, 61047. Tel.: 393-22-78, 0675404766; e-mail: [sam.h22@mail.ru](mailto:sam.h22@mail.ru).

**Гурикова Ірина Миколаївна**, ст. викл., факультет товарознавства та торговельного підприємництва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: пр. 50-річчя ВЛКСМ, 59, кв. 268, м. Харків, Україна, 61018. Тел.: 34-94-566, 0666972928; e-mail: [gurikovairina@mail.ru](mailto:gurikovairina@mail.ru).

**Гурикова Ирина Николаевна**, ст. преп., факультет товароведения и торгового предпринимательства, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: пр. 50 лет ВЛКСМ, 59, кв. 268, г. Харьков, Украина, 61018. Тел.: 34-94-566, 0666972928; e-mail: [gurikovairina@mail.ru](mailto:gurikovairina@mail.ru)

**Gurikova Irina**, senior Lecturer, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: 59-268 oulevard is 50 of VLKSM, Kharkiv, Ukraine, 61018. Tel.: 34-94-566, 0666972928; e-mail: [gurikovairina@mail.ru](mailto:gurikovairina@mail.ru).

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук Н.І. Погожих, канд. техн. наук Н.В. Мурликіною.*

*Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*

УДК: 661.187-404

## **ЗБАГАЧЕННЯ РІДКОГО МИЛА ТОКОФЕРОЛОМ ТА ВІДЛУЩУЮЧИМИ РЕЧОВИНАМИ**

**О.В. Доманова, Т.К. Ванчина**

*Розглянуто способи розширення асортиментної групи та поліпшення споживчих властивостей рідкого мила, яке було збагачене скрабом у вигляді кісточок абрикоса для відлущення відмерлих клітин та очищення шкіри. Запропоновано додавання вітаміну Е для пом'якшення дії скрабу, враховуючи щоденне використання рідкого мила.*