

**С.О. Самойленко**, канд. техн. наук (ХДУХТ, Харків)

**Г.Я. Якименко**, канд. техн. наук (НТУ/ХПІ, Харків)

## **КОРОЗИЙНА СТІЙКІСТЬ КОНСТРУКЦІЙНИХ МЕТАЛІВ У РОЗПЛАВАХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН**

*Проведено корозійні випробування і визначено глибинний показник та швидкість корозії полірованих зразків міді, латуні Л63, алюмінієвого сплаву Д16 і сталі 45 у розплавах поверхнево-активних речовин за підвищених температур. Встановлено, що найбільшу корозійну дію на вказані сплави виявляв поліетиленгліколь. У моноетаноламіді швидкість корозії була мінімальна. Найменшу корозійну стійкість виявили зразки з латуні, які під час випробування піддавалися інтенсивному знецинкуванню. За одержаними результатами випробувань запропоновано полірувальний засіб на основі досліджуваних ПАВ.*

*Проведены коррозионные испытания и определены глубинный показатель и скорость коррозии полированных образцов из меди, алюминиевого сплава Д16, латуни Л63 и стали 45 в расплавах поверхностно-активных веществ при повышенных температурах. Установлено, что наибольшее коррозионное воздействие на указанные сплавы оказывал полиэтиленгликоль. В моноэтаноламиде скорость коррозии образцов оказалась минимальной. Наименьшую стойкость к коррозии проявили образцы из латуни, которые в процессе испытаний подвергались интенсивному обезцинкованию. На основании полученных результатов предложен полирувательный состав на основе исследованных ПАВ.*

*Corrosion tests are made and the deep index and corrosion rate of samples of copper, aluminium alloy Д16, brass Л63 and the Steel 45 in melts of surface-active substances are defined at elevated temperatures. It is positioned, that the greatest corrosive attack to the specified alloys was rendered by polyethyleneglycol. In monoethanolamide corrosion rate of samples has appeared minimum. The least firmness to corrosion was displayed by samples from a brass, which at tests intensively lost zinc. On the basis of the received results the polishing composition containing investigated surface-active substances is offered.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** У процесах хіміко-механічної обробки та консервації поверхні металів і сплавів широко застосовуються різноманітні композиції, пасти і мастила, до складу яких неодмінно входять речовини жирової природи: жирні кислоти, масла, віск, парафін тощо. Очистка металевих деталей після обробки такими засобами здійснюється за допомогою

вогнебезпечних або токсичних вуглеводневих органічних розчинників. Останнім часом у таких засобах все більше застосовують синтетичні поверхнево-активні речовини (ПАР). Розроблено також низку шліфувально-полірувальних паст, зв'язка яких цілком складається з ПАР. Очистка поверхні деталей після обробки такими пастами здійснюється у водних розчинах і не потребує застосування органічних розчинників [1]. На жаль такі пасти за своїми експлуатаційними характеристиками поступаються традиційним пастам на жировій основі. У зв'язку з цим назріла необхідність розробки нових складів паст на основі водорозчинних ПАР, які б забезпечували високу якість обробленої металевої поверхні та разом з тим не потребували застосування органічних розчинників під час очистки оброблених виробів від залишків паст.

Під час розробки нових композицій для обробки або консервації поверхні металів завжди проводять корозійні іспити вказаних металів у компонентах паст. Оскільки більшість процесів механічної обробки поверхні металів супроводжується їх інтенсивним нагріванням, то виникає необхідність проводити корозійні випробування за підвищених температур, тобто у розплавах ПАР, які пропонують застосувати у зв'язках паст.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних даних дозволив виявити низку перспективних для цієї мети ПАР, що застосовуються в якості емульгаторів, диспергаторів, стабілізаторів суспензій і пін, знежирювачів тощо. Як правило, це колоїдні ПАР, молекули яких містять у вуглеводневому радикалі 12...18 атомів Карбону. Нижче наведені деякі характеристики і будова молекул обраних ПАР [2].

Моноетаноламід являє собою N-(2-гідроксиетил)амід синтетичних жирних кислот. Виготовляється у вигляді лусочок жовтуватого кольору розміром 5...10 мм. Моноетаноламід добре розчиняється у воді і більшості органічних розчинників. Температура плавлення моноетаноламиду  $75^{\circ}\text{C}$ . Емпірична формула продукту  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CONH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ , де  $n = 10...16$ .

Препарат ОС-20 марки Б являє собою суміш моноалкілових етерів поліетиленгліколю на основі первинних жирних спиртів. Виготовляється у вигляді блідо-жовтої маси, м'якої як віск, яка добре розчиняється у теплій воді, спирті, бензолі. Температура застигання ОС-20 становить  $33...36^{\circ}\text{C}$ , температура спалаху –  $171^{\circ}\text{C}$ , температура запалення –  $322^{\circ}\text{C}$ . ПДК у воді 0,1 мг/л. Емпірична формула продукту  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_{20}\text{H}$ , де  $n = 10...18$ .

Оксанол ЦС-21 являє собою естер поліетиленгліколю на основі цетилстеаринового спирту. Виготовляється у вигляді лусочок білого кольору, які добре розчиняються у гарячій воді. Температура плавлення ЦС-21 становить  $35^{\circ}\text{C}$ , температура спалаху –  $243^{\circ}\text{C}$ , температура запалення –  $300^{\circ}\text{C}$ . ГЛБ = 15. Емпірична формула ЦС-21  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_{20}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ , де  $n = 16\dots 18$ .

Поліетиленгліколь ПЕГ-115, являє собою продукт полімеризації оксиду етилену з молярною масою  $\sim 5000$  г/моль. Виготовляється у вигляді лусочок білого кольору густиною  $1,2$  г/см<sup>3</sup>, які добре розчиняються у воді. Температура плавлення ПЕГ-115 –  $48\dots 53^{\circ}\text{C}$ , температура спалаху у відкритому тиглі –  $273^{\circ}\text{C}$ , температура запалення –  $303^{\circ}\text{C}$ . ПЕГ-115 має таку емпіричну формулу  $\text{HO}-(\text{C}_2\text{H}_4-\text{O})_{115}\text{H}$ .

Вибір вищевказаних ПАР зумовлений тим, що значення ГЛБ надавали їм можливість легко розчинятися у воді та виявляти хімічну активність що до оброблюваних металів. Усі обрані ПАР відносяться до малотоксичних речовин (4 клас, VII група), не викликають сенсифілізуючої та подразливої дії на шкіру та слизові оболонки.

Для корозійних випробувань були обрані метали і сплави, які зарекомендували себе як стійкі конструкційні матеріали. Зразки металів і сплавів, що піддавалися корозійним випробуванням, мали такий вміст компонентів. Алюмінієвий сплав Д16 містив, мас. %: алюмінію – 93,6...93,9; міді – 4,1...4,5; магнію – 1,5...1,8; марганцю – 0,5...0,9. Латунь марки Л63 містила, мас. %: міді – 64,3...64,8; цинку – 35,1...35,4; свинцю – 0,06...0,08. Сталь марки Сталь 45 містила, мас. %: заліза – 98,4...98,8; вуглецю – 0,45...0,49; кремнію – 0,17...0,37; марганцю – 0,5...0,8. Мідь марки М2 містила, мас. %: міді – 99,3...99,6, а також доміси, насамперед: срібло, нікель, миш'як і деякі ін.

**Мета та завдання роботи.** Метою роботи було проведення корозійних випробувань зразків із найбільш поширених конструкційних металів і сплавів у розплавах ПАР, які можуть бути застосовні для хіміко-механічної обробки поверхні обраних металів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Корозійні випробування проводились на зразках розміром  $30\times 15\times 1$  мм, виготовлених із електротехнічної міді, латуні Л63, неплакірованого алюмінієвого сплаву Д16 і Сталі 45. Зразки перед випробуваннями попередньо полірувалися до  $R_a = 0,5$ мкм, очищувалися у водних розчинах СМЗ, висушувалися і зважувалися на аналітичних терезах ВРЛ-200 з точністю до 0,1мг.

Методика досліджень полягала у визначенні швидкості корозії вказаних зразків у розплавах ПАР, які витримували за температури

150° С протягом 8 годин після чого охолоджували до кімнатної температури. Вибір такого режиму випробувань був викликаний тим, що під час інтенсивного полірування деталей на шліфувальних верстатах вони можуть нагріватися до вказаних температур. За вказаної температури усі ПАР являли собою рухомі рідини.

Під час проведення корозійних випробувань дуже важливо обрати найбільш доцільний метод оцінки корозійної стійкості досліджуваних зразків [3]. У даній роботі корозійна стійкість характеризувалася швидкістю корозії зразків у розплавах ПАР і глибиною проникнення корозії у метал. Швидкість корозії визначалася гравіметричним методом за зміною маси зразка у процесі корозії, віднесеною до одиниці поверхні і одиниці часу випробування:

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

де  $m_0$  – вихідна маса зразка, г;  $m$  – маса зразка після видалення продуктів корозії, г;  $S$  – поверхня зразків до випробування,  $m^2$ ;  $\tau$  – час випробувань, год.

У деяких випадках, наприклад під час нерівномірної корозії гетерогенних сплавів, корозійну стійкість металевих зразків зручно характеризувати глибиною проникнення корозії:

$$П = \frac{K}{1000 \cdot \rho}, \quad (2)$$

де  $П$  – проникність або глибинний показник, мм/рік;  $K$  – швидкість корозії,  $г/м^2 \cdot рік$ ;  $\rho$  – густина металу,  $г/см^3$ .

Зміну світловідбивної здатності (блиску) поверхні досліджуваних металів вимірювали приладом «Glossmetr-670» (США) відносно еталонних зразків. Еталоном служили поліровані зразки досліджуваних металів і сплавів до їх корозійних випробувань.

Результати проведених корозійних випробувань приведені у таблиці. Корозія металів і сплавів у розплавах досліджуваних ПАР перебігала за хімічним механізмом і визначалася процесами окиснення металів, в яких основну роль відігравали атоми Оксигену, що утворюються під час термічної деструкції молекул ПАР.

Так, поверхня термостійкого сплаву Д16 під час корозійних випробувань вкривалася тонкою оксидною плівкою, з ростом товщини якої швидкість окиснення поступово сповільнювалася. За підвищених

температур корозійна стійкість алюмінієвих сплавів визначається насамперед їх чутливістю що до локальної корозії. Для деформованих алюмінієвих сплавів, які не зміцнені термічною обробкою, таких як сплав Д16, локальна корозія спостерігається за температур нижче критичних, за яких у сплавах починається розчинення зон Гин'є-Престона (критична температура розчинення зон у сплаві Д16 дорівнює  $\sim 195^{\circ}\text{C}$ ) [4]. Анізотропія глибини і швидкості корозії при витримці за таких температур практично не змінюється.

Найбільша швидкість корозії сплаву Д16 спостерігалася у ПЕГ-115 – до  $0,2\text{ г/м}^2\text{-год}$ , в етерах жирних спиртів вона була меншою у 2-3 рази, а в моноетаноламіді – на цілий порядок. Візуально помітних продуктів корозії на поверхні сплаву після випробувань не спостерігалася, але блиск полірованої поверхні змінювалася. Після витримки у розплаві поліетиленгліколю ПЕГ-115 на 10...12 %, після витримки у розплавах ОС-20 і ЦС-21 – на 4...6 %. Розплав моноетаноламід у блиск поверхні сплаву Д16 практично не впливав.

*Таблиця – Швидкість корозії металів і сплавів у розплавах ПАР*

ПАР	Швидкість корозії, $\text{г/м}^2\text{-год}$			
	Мідь	Латунь Л63	Сплав Д16	Сталь 45
Поліетиленгліколь	0,065	0,262	0,204	0,127
Моноетаноламід	0,001	0,121	0,018	0,003
Препарат ОС-20	0,041	0,221	0,103	0,084
Оксанол ЦС-21	0,023	0,182	0,093	0,088
	<i>Глибинний показник, мм/рік</i>			
Поліетиленгліколь	0,073	0,270	0,742	0,163
Моноетаноламід	0,001	0,125	0,067	0,004
Препарат ОС-20	0,046	0,229	0,375	0,106
Оксанол ЦС-21	0,026	0,189	0,335	0,110

Швидкість корозії металів звичайно розраховують за втратою маси зразками. Цей показник має значення лише у тих випадках коли превалює процес розчинення. У даному випадку не викликає сумніву можливість розчинення анодних складових алюмінієвого сплаву Д16, який містить до 7 % легуючих елементів. Але наряду з процесами витравлення чужорідних включень, наявність яких зумовлена гетерогенною структурою сплаву, перебігав і процес утворення

оксидної плівки на його поверхні, що впливало на зміну маси зразків під час корозійних випробувань. У даному випадку зміна маси зразків є адитивною величиною, на яку впливали обидва чинники.

У розплавах ПАР, як з'ясувалося під час корозійних випробувань, швидкість корозії сталевих зразків виявилась значно меншою, ніж у інших сплавів. Так, у зразків Сталі 45, що витримували у розплавах моноетаноламідів і препарату ОС-20, не виявлено помітних змін зовнішнього вигляду поверхні. Розраховані значення глибинного показника підтвердили, що у розплавах досліджуваних ПАР не спостерігалось найбільш небезпечного виду корозії сталевих виробів – корозійного розтріскування. Бликс поверхні сталевих зразків після корозійних випробувань практично не змінювався, за винятком зразків, що витримували у розплаві ПЕГ-115. У останніх на поверхні спостерігалась поява слабких кольорів мінливості, блиск поверхні при цьому зменшувався на 8...10 %.

Зразки латуні після корозійних випробувань у розплавах досліджуваних ПАР (за винятком моноетаноламідів) змінювали своє забарвлення і набували рожевого кольору. Зміна кольору латуні Л63, яка містить ~35 цинку, пов'язана з її знецинкуванням, тобто переходом у розплав іонів цинку і накопиченням на катодних ділянках міді. Для латуні характерною є виборча корозія, до якої і відноситься процес її знецинкування. Найбільш інтенсивно знецинкування відбувалося у розплавах поліетиленгліколю і препарату ОС-20, де швидкість корозії сягала 0,22...0,26 г/м<sup>2</sup>·год. У розплаві моноетаноламідів знецинкування візуально не спостерігалось.

Мідь виявилась найбільш корозієстійким металом у розплавах обраних ПАР. У розплаві моноетаноламідів вона практично не піддавалася корозії, зміна маси зразків була на межі можливості визначення. На полірованій поверхні міді не спостерігалось утворення оксидних плівок, і вона зберігала свій блиск. У розплавах інших ПАР швидкість корозії міді була незначною (на порядок меншою, ніж у інших досліджуваних сплавів).

За 10-бальною шкалою корозійної стійкості металів і сплавів поліровані зразки міді у моноетаноламідів виявилися абсолютно стійкими (1-й бал), у розплавах інших ПАР – стійкими (4-й і 5-й бали). Для порівняння – зразки із Сталі 45 і сплаву Д16 у моноетаноламідів були дуже стійкими (2-й бал) і стійкими (5-й бал) відповідно, а в розплавах інших ПАР – знижено стійкими (6-й і 7-й бали); зразки латуні Л63 виявились знижено стійкими в розплавах усіх досліджуваних ПАР (6-й і 7-й бали).

Таким чином найбільшу корозійну активність до досліджуваних сплавів виявив поліетиленгліколь. Особливо це виявилось під час випробувань сплаву Д16 і латуні Л63, глибинний показник корозії яких у розплаві ПЕГ-115 сягав 0,74 і 0,27 мм/рік відповідно, що у декілька разів більше, ніж в інших ПАР. Значно меншу корозійну агресивність виявили ОС-20 і ЦС-21. В їх розплавах спостерігалася незначна корозія сплаву Д16, сталі 45 і знецинкування латуні Л63. У розплаві моноетаноламід практично не спостерігалось корозії мідних і сталевих зразків, а швидкість корозії латуні Л63 і алюмінієвого сплаву Д16 була мінімальна.

Грунтуючись на результатах корозійних випробувань була створена зв'язка твердої полірувальної пасти. Основним компонентом зв'язки було обрано моноетаноламід, який практично не виявляв корозійної активності до оброблюваних металів. Під час хіміко-механічної обробки металів та сплавів він виконує корозійно-захисні властивості і поліпшує блиск обробленої поверхні. Що стосується поліетиленгліколю, то не зважаючи на його корозійну активність, наявність ПЕГ-115 у пастах для хіміко-механічної обробки металів необхідна. Поліетиленгліколь знайшов широке застосування як загусник рідких композицій, кремів, таблеток. У даному випадку він стабілізує форму полірувальних паст, надає їм твердість і здатність утримуватися на полірувальних кругах та поверхні деталей, що обробляються. Препарат ОС-20 і оксанол ЦС-21 під час механічної обробки поверхні металів виконують аналогічні завдання – сприяють інтенсифікації процесу полірування і можуть бути взаємозамінні. За корозійною дією на досліджувані сплави вони також мало відрізняються. Усі поверхнево-активні компоненти зв'язки є легко розчинними у воді сполуками.

Зв'язка пасти містила, мас. %: моноетаноламід – 54, поліетиленгліколь ПЕГ-115 – 26, препарат ОС-20 – 20. Швидкість корозії досліджуваних сплавів у розплаві зв'язки становила,  $\text{г/м}^2\cdot\text{год}$ : міді – 0,008; латуні Л63 – 0,141; сплаву Д16 – 0,045; Сталі 45 – 0,012. Як видно з одержаних результатів наявність значної кількості моноетаноламід у зв'язці сприяє помітному зниженню швидкості корозії зразків, порівняно з їх корозією у розплавах інших ПАР.

На основі цієї зв'язки було розроблено полірувальну пасту, яка містила, крім вказаної вище зв'язки, ще й абразивний мікропорошок БС-3, вміст якого становив 65 % від маси усієї пасти.

Треба мати на увазі, що під час інтенсивної механічної обробки поверхні металів, а також деякий час після її закінчення, перебіг корозійних процесів у разі контакту металів з рідкими або

пастоподібними ПАР має низку особливостей. Цей вид корозії також перебігає за хімічним механізмом, але вплив змінних напруг, температури і корозійного середовища призводить до появи корозійної втоми металів. Треба знати, що механічні напруги, які виникають при цьому можуть призводити до появи локальних руйнувань, зокрема до корозійного розтріскування. Цей вид корозії металів полягає в окисненні активним Оксигеном розкритої поверхні металу з наступним (при подальшій обробці) здиранням утвореної на поверхні плівки оксиду. Вищевказані чинники часто призводять до прискорення корозійних процесів [5].

У зв'язку з цим були проведені виробничі іспити, наближені до реальних умов застосування пасти. Зразки із досліджуваних сплавів піддавали поліруванню запропонованою пастою на шліфувальних верстатах. Гарячі поліровані вироби змазували розплавом зв'язки і залишали охолоджувати просто неба. Після промивання у теплому водному розчині миючого засобу проводився візуальний контроль полірованої поверхні зразків. Поверхня усіх оброблених даною пастою виробів залишалася блискучою, без плям і видимих слідів корозії. Сама паста під час подальших виробничих випробувань показала високу ріжучу здатність і забезпечувала інтенсивне знімання металу.

**Висновки.** Корозійні випробування зразків міді, латуні Л63, алюмінієвого сплаву Д16 і Сталі 45 у розплавах ПАР показали, що найбільшу корозійну активність що до досліджуваних металів і сплавів виявив розплав поліетиленгліколю ПЕГ-115. У той же час у розплаві моноетаноламід у корозії міді та Сталі 45 не спостерігалася, а швидкість корозії латуні і сплаву Д16 була незначною. Блиск полірованої поверхні зразків після випробувань зменшувався, за винятком тих зразків, що витримували у моноетаноламіді. Латунь Л63 під час корозійних випробувань у розплавах поліетиленгліколю і препарату ОС-20 піддавалася інтенсивному знецинкуванню. На основі досліджуваних ПАР була створена зв'язка полірувальної пасти, в якій швидкість корозії оброблюваних металів була мінімальною. Розроблена полірувальна паста під час подальших виробничих випробувань показала високу продуктивність і забезпечила чистоту і блиск обробленої полірованої поверхні, зв'язка пасти при цьому не виявляла корозійної дії на поверхню оброблених металів.

#### *Список літератури*

1. Електрохімічне нанесення металевих, конверсійних та композиційних покриттів [Текст]/ В. Т. Яворський, О.І. Кутий, М. С. Хома. – Львів : Львівська політехніка, 2000. – 216 с.



2. Поверхностно-активные вещества [Текст]: Справочник / А. А. Абрамзон. 2-е изд. – Л. : Хімія, 1981. – 385 с.
3. Методы коррозионных испытаний металлов [Текст] / М. Н. Фокин, К. А. Жигалова. – М. : Металлургия, 1986. – 79 с.
4. Коррозия и защита алюминиевых сплавов [Текст]/ В. С. Синявский, В. С. Вальков, Г. М. Будов. – М. : Металлургия, 1989. – 224 с.
5. Довідник гальваніка [Текст]/ Б. І. Байрачний [та ін.]. – Харків : Прапор, 1988. – 174 с.

Отримано 30.09.2009. ХДУХТ, Харків.  
© С.О. Самойленко, Г.Я. Якименко, 2009.

УДК 635.2:641.544.8

**О.Г. Терешкін**, канд. техн. наук  
**Д.В. Дмитревський**, асп.

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ КОРЕНЕПЛОДІВ ПІД ЧАС ЇХ ОЧИЩЕННЯ ПАРОЮ**

*Надано залежність глибини проварювання поверхневого шару коренеплодів від тиску пари та тривалості обробки нею продукту під час очищення.*

*Представлена зависимость глубины провара поверхностного слоя корнеплодов от давления пара и длительности обработки им продукта во время очистки.*

*Dependence of depth fusion penetration blanket of root crops from pressure of steam and duration of processing is presented them of a product during clearing.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Серед процесів обробки плодів та овочів одним з найбільш важливих є процес їх очищення. Під час виробництві харчових продуктів з картоплі майже половина сировини, що переробляється йде у відходи і, в основному, під час очищення. У зв'язку з цим спосіб очищення бульб відіграє суттєву роль в економіці промислового виробництва харчових продуктів з картоплі, оскільки вартість сировини складає приблизно 75% собівартості продуктів, що виробляються. Очищення картоплі від шкірки є однією з найважливіших операцій у підготовчих технологічних процесах переробки цієї сировини. Видалення шкірки, яка є малоцінною у харчовому відношенні, є невід'ємною умовою наступної обробки продукту.