

**О. С. Аніщенко<sup>1</sup>**  
**В. В. Кухар<sup>1</sup>**  
**А. Г. Присяжний<sup>1</sup>**

## **ІЗОТЕРМІЧНЕ ДЕФОРМУВАННЯ ЛИСТОВИХ АНОДІВ ЗАХИСТУ КОРПУСІВ ВІЙСЬКОВИХ СУДЕН ВІД КОРОЗІЇ**

<sup>1</sup>Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь

### **Анотація**

Наведена нова технологія виготовлення анодів для захисту корпусів суден від корозії. Технологія вміщує нагрів та деформування в ізотермічних умовах пакетів титан+мідь з подальшою витримкою під тиском в ізотермічному штамповому блоці, а також наступну прокатку пакету до розмірів біметалічного листового аноду. Технологія виключає прокатку в інертній атмосфері, що зменшує собівартість анодів та поліпшує умови праці

**Ключові слова:** аноди, біметал, ізотермічне деформування, інертна атмосфера, прокатка

### **Abstract**

New technology for the fabrication of anodes to protect ship hulls from corrosion as presented. Technology holds the heating and deformation under isothermal conditions packet titanium+copper followed by endurance under pressure in an isothermal die block and rolling the following package sizes to a bimetallic anode sheet. In technology there rolling operation in an inert atmosphere, which reduces the cost of anodes and improved working conditions.

**Keywords:** anodes, bimetal, isothermal deformation, inert atmosphere, rolling

Для захисту корпусів від корозії, налипання водоростей, молюсків та інше на військових суднах, ще з часів Радянського Союзу, використовується система катодного захисту. Через аноді та катоді, що встановлені відповідно в носовій та кормовій частинах, а також морську воду між ними пропускають електричний струм, який і забезпечує досягнення вищенаведеної мети.

Спочатку аноди представляли собою вузькі біметалічні листи титан+мідь, титан+платина. В удосконаленому варіанті стали використовувати аноди ніобій+платина, в яких плакуючий шар платини товщиною 120 мкм при пересуванні судна випускав електрони в напрямку катодів, поступово зникаючи з поверхні ніобію за 1,5-2 роки експлуатування.

Найбільш поширена технологія біметалу ніобій+платина, яка передбачає електролітичне осадження платини на поверхню ніобієвої підкладки, не забезпечувала належні експлуатаційні властивості анодів. В зв'язку з цим, аноди виготовляли гарячою прокаткою ніобієвих штабиків та платинової фольги в атмосфері аргону.

Технологію здійснювали в камері «Атмосфера-9», що населена. В камері заходились одноклітьовий стан дуо-230 і нагрівальна піч. Після подвійного очищення камери від повітря і заповнення її особливо чистим аргонем прокатники, що знаходилися в ній у водолазних скафандрах, нагрівали штабикі в електричній печі, накладали фольгу на штабик і прокатували анод за кілька проходів в гладких валках стана.

Технологічний процес характеризувався високою трудомісткістю та небезпекою для життя прокатників. Ліквідувати ці недоліки можна було б, якби не використовувати камеру, що населена. Але міцне з'єднання штабиків з фольгою можливо лише при гарантованій відсутності окислення нагрітих поверхонь, що з'єднують, тобто в інертному навколишньому середовищі.

Нами запропоновано змінити термомеханічний режим деформування анодів шляхом суміщення нагріву і плакування ніобію платиною в інертній атмосфері в штамповому блоці ізотермічного деформування металів [1] та подальшої прокатки біметалічної заготовки до кінцевих розмірів анода у відсутності інертної атмосфери, тобто поза камерою, що населена.

В зв'язку з високою вартістю ніобію і платини експерименти проводили на заготовках з титану та міді товщиною відповідно 10 і 1 мм. Пакет заготовок встановлювали в глуху порожнину кільцевої матриці, що була розташована в ізотермічному штамповому блоці БИГ-280 газового нагріву заготовок, який був розміщений на спеціалізованому гідропресі для ізотермічного деформування моделі ПА 2638 зусиллям 6,3 МН. Через отвір в боковій стінці в порожнину матриці подавали аргон, який створював інертну атмосферу в блоці. Після нагріву до 820...850 °С пакет титан+мідь осаджували в ізотермічних умовах на 10...20 % з швидкостями деформування 0,2...1,0 мм/с, а потім витримували під тиском впродовж 15...600 секунд.

Діапазон температур нагріву був вибраний таким чином, щоб виключити створення рідкої евтектики при ізотермічному деформуванні (бінарна система ніобій+платина передбачає наявність евтектик з температурами плавлення 870 і 1083 °С, в системі титан+мідь евтектика плавиться при температурі 870 °С).

Експерименти і наступні металографічні дослідження перерізу біметалу показали, що несучільності з'єднання титана та міді відсутні при термомеханічних режимах деформування, що близькі до мінімальної швидкості деформування і максимально припустимих температур нагріву,

а також ступеня деформації та терміну витримки під тиском. До того ж обов'язковою умовою було використання вельми хімічно чистого аргону (склад домішок в об'ємних відсотках – не більш ніж 0,001 O<sub>2</sub>, 0,01 N<sub>2</sub> і 0,003 H<sub>2</sub>O). Аргон стандартної чистоти в балонах не забезпечував повне очищення поверхні титана і міді від окремих молекул повітря, які були потім центрами створення несучільностей при деформуванні пакету.

Але ці режими серед можливих обумовлювали найбільшу трудомісткість виготовлення біметалу титан+мідь. Наступна оптимізація технології в напрямку зменшення трудомісткості при збереженні якості з'єднання металів дозволила визначити найліпші режими термомеханічної обробки: температура нагріву і деформування – 850<sub>-10</sub> °С, швидкість деформування – 0,8 мм/с, ступінь деформації при осаджуванні пакета – 20 %, час витримки під тиском 1,3...1,5 МПа – 500 секунд.

Виготовлені біметалічні заготовки в подальшому були прокатані нагарячо та нахолодно на повітрі. Суцільність з'єднання шарів біметалу була збережена при прокатці заготовок з нагрівом з сумарним обтиском 36 %, холодних заготовок – з сумарним обтиском 16 %. Таким чином була доведена принципова можливість виготовлення анодів з розмірами, що перевищують габаритні розміри робочого простору штампа.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анищенко А. С. Изотермическая и сверхпластическая деформация металлов. Теория, эксперимент, технология / А. С. Анищенко.- Saarbrucken: LAP, 2014.- 129 с.

*Анищенко Александр Сергійович*, кандидат технічних наук, ст. наук. співроб., доцент кафедри обробки металів тиском (ОМТ), Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, e-mail: as4@ya.ru

*Кухар Володимир Валентинович*, доктор технічних наук, професор, професор кафедри ОМТ, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, e-mail: kvv\_mariupol@mail.ru

*Присяжний Андрій Григорович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри ОМТ, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, e-mail: prisyazhnyj@rambler.ru

*Anishchenko Oleksandr*, Ph. D., associate professor, senior researcher, assistant professor of MF department, Pryazovskyi State Technical University (PSTU), Mariupol, e-mail: as4@ya.ru

*Kukhar Volodymyr*, Sc. D., professor, professor of MF department, PSTU, Mariupol, e-mail: kvv\_mariupol@mail.ru

*Pryisyazhnyi Andrii*, associate professor, assistant professor of MF department, PSTU, Mariupol, e-mail: prisyazhnyj@rambler.ru