

УДК 621.793

Ю.В. Кулешков, проф., д-р техн. наук, М.В. Красота, доц., канд. техн. наук, Т.В. Руденко, доц., канд. техн. наук, О.О. Матвієнко, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна
 E-mail: krasotamv@ukr.net

Використання мікродугового оксидування при зміцненні деталей з алюмінієвих сплавів, відновлених пластичним деформуванням

У статті приведений аналіз можливості використання нового способу зміцнення - мікродугового оксидування для підвищення зносостійкості деталей, виготовлених з алюмінієвих сплавів, зокрема корпусів шестеренних насосів типу НШ. У роботі викладена сутність процесу зміцнення деталей мікродуговим оксидуванням, представлені основні фізико-механічні характеристики зміцнюючого покриття. Відзначено, що міцність зчеплення і механічні властивості покриття багато в чому залежать від стану поверхні, що зміцнюється, зокрема від методу попередньої обробки. При цьому встановлено, що зміцнюючі покриття після пластичного деформування деталей мають вищу міцність зчеплення, твердість і більшу товщину. У роботі представлені основні відомості про мікродугове оксидування, які на думку авторів будуть сприяти застосуванню маловивченого способу зміцнення в ремонтному виробництві.

мікродугове оксидування, зміцнення алюмінієвих сплавів, пластичне деформування, міцність зчеплення, зносостійкість, мікротвердість покриття, металокераміка

Ю.В. Кулешков, проф., д-р техн. наук, М.В. Красота, доц., канд. техн. наук, Т.В. Руденко, доц., канд. техн. наук, А.А. Матвієнко, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, г.Кропивницький, Україна
Использование микродугового оксидирования при упрочнении деталей из алюминиевых сплавов, восстановленных пластическим деформированием

В статье приведен анализ возможности использования нового способа упрочнения рабочих поверхностей деталей - микродугового оксидирования для повышения износостойкости деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов, в частности корпусов шестеренных насосов типа НШ. В работе изложена сущность процесса упрочнения деталей микродуговым оксидированием, представлены основные физико-механические характеристики упрочняющего покрытия. Отмечено, что прочность сцепления и механические свойства покрытия во многом зависят от состояния упрочняемой поверхности, в частности от метода предварительной обработки. При этом установлено, что упрочняющее покрытие металла после пластического деформирования обладает более высокой прочностью сцепления, твердостью и имеет большую толщину. В работе представлены основные сведения о микродуговом оксидировании, которые, по мнению авторов, будут способствовать применению малоизученного способа упрочнения в ремонтном производстве.

микродуговое оксидирование, упрочнение алюминиевых сплавов, пластическое деформирование, прочность сцепления, износостойкость, микротвердость покрытия, металлокерамика

Постановка проблеми. У ремонтному виробництві для відновлення деталей широко застосовується пластичне деформування, в тому числі і для деталей, виготовлених з алюмінієвих сплавів. Цьому способу відновлення притаманний ряд таких переваг:

- висока продуктивність - процес пластичного деформування триває лічені секунди;
- здатність заліковувати мікротріщини, що виникли в процесі експлуатації;

© Ю.В. Кулешков, М.В. Красота, Т.В. Руденко, О.О. Матвієнко, 2017

- подрібнення зерна і вибудовування його вздовж силового впливу, що сприяє підвищенню міцності на 15...20%.

Однак, одним із суттєвих недоліків деталей, які виготовляються з алюмінієвих сплавів є надзвичайно низька їх зносостійкість, що пояснюється низькою твердістю цих сплавів. До останнього часу не існувало дієвих методів підвищення зносостійкості робочих поверхонь, виготовлених із алюмінієвих сплавів.

Більшість машин і агрегатів (85...90%) втрачають працездатність внаслідок зношування робочих поверхонь деталей. Тому, підвищення зносостійкості деталей машин є однією з важливих і актуальних проблем підприємств, що займаються як виготовленням, так і ремонтом техніки. Постійне збільшення вартості запасних частин і їх невисока якість також стимулюють розробку технологій виготовлення, відновлення і зміцнення, що дозволяє знизити знос деталей, вузлів і агрегатів техніки при її експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мікродугове оксидування (інші назви: мікроплазмове, анодно-іскрове, плазмове-електролітичне) - один з найперспективніших методів поверхневого зміцнення робочих поверхонь матеріалів. Суть методу полягає в тому, що при проходженні струму великої густини через межу розділу метал-електроліт створюються умови, коли напруженість на межі розділу стає вищою за діелектричну міцність, і на поверхні електроду виникають мікроплазмові розряди з високими локальними температурами і тисками. Результатом дії мікроплазмових розрядів є формування шару покриття, що складається з окислених форм елементів металу основи і складових електроліту. Залежно від режиму мікроплазмового оксидування і складу електроліту можна отримувати керамічні покриття завтовшки до 300 мкм з унікальними характеристиками і широким спектром застосування [1–8].

Завдяки тому, що процес ведуть в умовах іскрового плазмового розряду на поверхні оксидованої деталі при локальних температурах в зоні реакції 250...700°C, композиційні добавки, що знаходяться в електроліті у вигляді порошків, сплавляються з іншими компонентами покриття, створюючи міцний керамічний шар. Застосування цих електролітів дозволяє формувати покриття з використанням оксиду алюмінію, оксиду титану та інших матеріалів, введених до складу електроліту, що істотно розширює можливість отримання покриттів з функціональними різними властивостями.

До основних переваг МДО відносяться [1, 4, 9, 10]:

- можливість створення надміцних покриттів з унікальними характеристиками;
- отримання кількох захисних характеристик в комплексі;
- практично нескінченний термін служби електроліту;
- можливість обробки деталей із складним профілем;
- висока розсіююча здатність електроліту (покриття наноситься в отвори і порожнини з мінімальними труднощами);
- нанесення покриттів, однорідних за якістю і товщиною, як на зовнішні, так і на внутрішні поверхні деталей будь-якої форми;
- відсутність необхідності у спеціальній підготовці поверхні перед нанесенням покриття і механічній обробці після нанесення покриття;
- регулювання швидкості процесу в широкому діапазоні;
- отримання різних покриттів на одному матеріалі.

Однак, на сьогоднішній день в ремонтному виробництві вищевказаний спосіб широкого розповсюдження не отримав. Це пояснюється рядом причин, серед яких недостатня вивченість способу, особливо стосовно до відновлення і зміцнення

ливарних алюмінієвих сплавів, відсутність технологічних рекомендацій для відновлення конкретних деталей, тощо.

Постановка завдання. Одним з перспективних способів зміцнення робочих поверхонь деталей, які отримують все більше поширення, є зміцнення поверхні деталей мікродуговим оксидуванням (МДО), яке відносять до нанотехнологій. Але, в ремонтному виробництві цей спосіб зміцнення робочих поверхонь алюмінієвих деталей не знайшов відповідного поширення.

Метою досліджень є проведення аналізу науково-технічної інформації щодо зміцнення деталей з алюмінієвих сплавів мікродуговим оксидуванням, зокрема деталей, які були відновлені гарячим пластичним деформуванням.

Викладення основного матеріалу. Оскільки процес МДО відбувається в спеціальному електроліті, то основними напрямками досліджень є обґрунтування вибору складу електроліту та режимів нанесення покриття за допомогою МДО для одержання товстошарових керамічних покриттів.

Залежно від хімічного складу сплаву, режимів МДО і компонентів електроліту на деталях з алюмінієвих сплавів формуються складні за фазовим складом покриття, що включають високотемпературні модифікації оксидів Al_2O_3 . Такі покриття, сформовані з лужного електроліту, можна розглядати як композиційні, в яких оксид Al_2O_3 є зміцнюючою фазою. Мікротвердість таких покриттів досягає 20...25 ГПа [3-16].

Міцність зчеплення з основою (адгезія) покриттів, одержуваних способом МДО, досягає 350 МПа, що дає можливість застосовувати їх при великих контактних навантаженнях. Крім того, зносостійкість покриттів, отриманих способом МДО, порівнянна з зносостійкістю матеріалів на основі карбіду вольфраму.

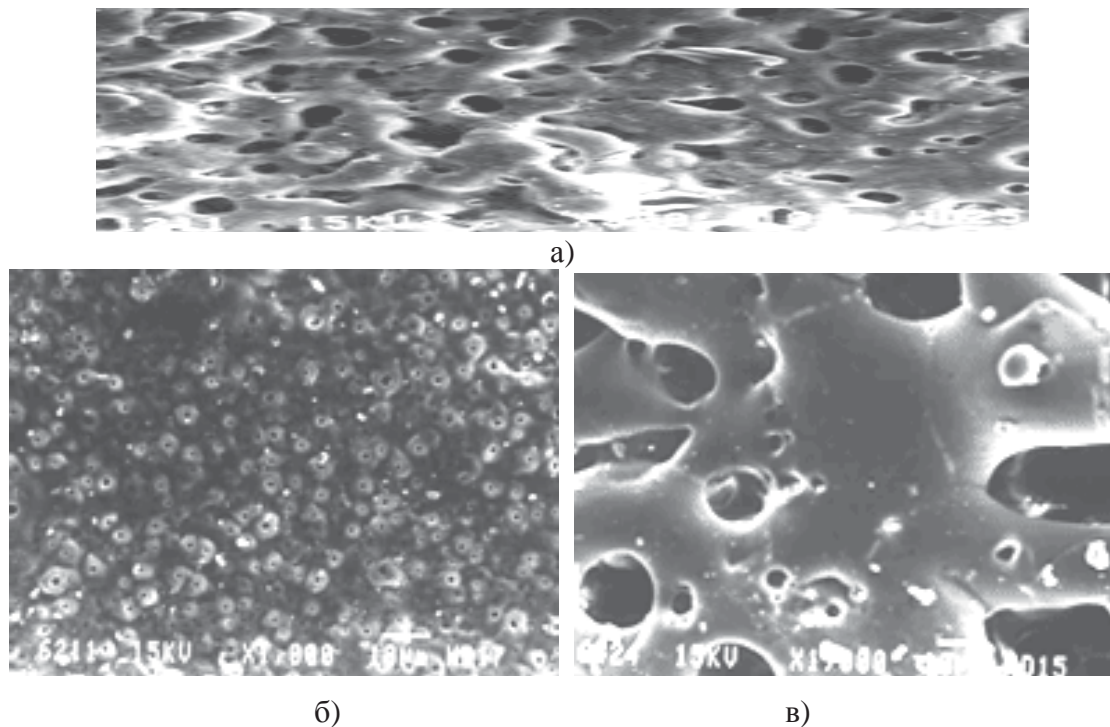
Покриття, що були отримані мікродуговим оксидуванням являють собою кераміку складного складу. Покриття при мікродуговому оксидуванні утворюється за рахунок окислення поверхні металу, при цьому формуються оксидні і гідроксидні форми цього металу. З іншого боку товщина покриття зростає за рахунок включення до його складу елементів з електроліту. Елементи електроліту входять в покриття у вигляді солей, оксидів і гідроксидів складного складу. При необхідності, технологія мікродугового оксидування дозволяє ввести в покриття будь-який потрібний хімічний елемент. Чим триваліша обробка деталі, тим більше елементів з електроліту накопичується в поверхневому шарі. Нижній шар покриття, що прилягає до металу-основи, складається переважно з його оксидних сполук.

Товщина покриттів визначається декількома основними чинниками. Це склад електроліту, матеріал сплаву металу, режим обробки і час процесу. Мікродугове оксидування дозволяє отримувати покриття товщиною від часток до сотень мікрометрів. Необхідна товщина покриття залежить від призначення і умов експлуатації деталі. Для нанесення підшару під фарбування досить 5-10 мкм, для підвищення електроізоляційних властивостей або високої зносостійкості необхідно 50...100 мкм. Декоративні властивості та антикорозійні властивості в атмосферних умовах забезпечують 20...40 мкм покриття.

Пористість покриттів варіюється в інтервалі 5...50%, розміри від 0,01 до 10 мкм. Будова пор при товщині покриття більше 5...10 мікрон складна, вона характеризується розгалуженням з безліччю окремих відгалужень і замкнутих просторів (рис. 1). Покриття, що не містять пор отримати неможливо, що обумовлено природою процесу. При необхідності пористість може бути знижена за допомогою просочення різними матеріалами або за допомогою нанесення шару полімеру. Найчастіше застосовується просоченням фторопластами і нанесення полімерних порошкових фарб. У ряді випадків пористість є позитивним фактором. При роботі покриття на зношування в

умовах змащення, мастило заходить в пори і поступово виділяється в зоні тертя.

У медицині біоактивні покриття, що були отримані мікродуговим оксидуванням, можуть містити в порах лікарські препарати [7, 11].



а –х400 ; б –х100 ; в -х500

Рисунок 1 - Мікрофотографії покриттів, що були отримані мікродуговим оксидуванням

Покриття, що були отримані мікродуговим оксидуванням використовуються як зносостійкі в різних вузлах і агрегатах машин і механізмів. За рахунок цього, в багатьох випадках вдається застосовувати деталі з алюмінію - металу досить м'якого і складного для традиційних методів поверхневої обробки (наприклад, гальваніки). Проводилися порівняльні випробування зразків покриттів, що були отримані мікродуговим оксидуванням на алюмінії та сталевому зразку з нанесеним зносостійким шаром хрому. Питоме навантаження при випробуванні становило 0,64 МПа. Покриття, отримане мікродуговим оксидуванням показало менший знос, особливо при підвищених температурах.

Очевидно, причини високої зносостійкості покриттів, отриманих МДО, слід пов'язувати з їх структурним станом. Можна припустити, що структурні модифікації оксиду алюмінію в покриттях утворюють між собою найміцніший тип міжмолекулярного зв'язку. Ряд авторів [3, 14-17] також вказують на те, що оксидне покриття, отримане МДО, по суті, представляє собою композиційний матеріал, який вдало поєднує в собі відносну пластичність матриці, що складається з твердого розчину муллита $3 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ із незначною кількістю γ - Al_2O_3 і складнооксидних сполук елементів основи із зміцнюючою фазою α - Al_2O_3 (до 65%), яка, головним чином, і забезпечує високу зносостійкість покриттів. У роботах [18 - 20] зазначено, що зносостійкість покриттів, сформованих способом МДО, порівнянна з зносостійкістю композиційних матеріалів на основі карбідів вольфраму, що традиційно застосовуються проти абразивного зношування матеріалів.

Таким чином, проведені порівняльні дослідження зносостійкості дозволили

встановити, що покриття, отримані мікродуговим оксидуванням, мають високу зносостійкість. В результаті можна зробити висновок, що дані керамічні покриття можуть бути рекомендовані для відновлення і зміцнення алюмінієвих деталей шестеренних насосів типу НШ.

Покриття, отримані мікродуговим оксидуванням мають підвищену стійкість до термічних і термоциклічних навантажень. Покриття можуть без обмежень працювати при температурах від -40 до $+60$ °С. При поступовому нагріванні деталі термостійкість покриттів, отриманих мікродуговим оксидуванням, обмежується температурою плавлення металу самої деталі, оскільки ці значення для металу завідомо нижчі, ніж для кераміки. Дослідження показали, що покриття можуть витримувати до 280 термоциклів $310-15$ °С і до 25 термоциклів $500-15$ °С. При таких випробуваннях, зразок з покриттям нагрівається до заданої температури в печі, а потім занурюється в холодну воду.

В процесі обробки шорсткість поверхні, зміцненої мікродуговим оксидуванням, підвищується зі збільшенням часу обробки. Можна отримати покриття з шорсткістю до Ra 0,8. Шорсткість поверхні залежить від матеріалу сплаву, стану його поверхні і режиму обробки. На рис. 2 наведено зразок 3D-профілометрії поверхні, зміцненої мікродуговим оксидуванням.

Зміцнення мікродуговим оксидуванням дозволяє отримувати покриття, стійкі в атмосферних умовах і в різних корозійних середовищах - хімічно агресивних розчинах, парах, морській воді та ін. Так як покриття, зміцнені мікродуговим оксидуванням являють собою кераміку складного складу, то корозійна стійкість матеріалу покриття досить висока. Захист від корозії металу-основи можна забезпечити товщиною покриття і регулюванням кількості і будови пор. Додатковий захист надає просочення пор інертним матеріалом (найчастіше фторопластом). Проведені прискорені випробування за стандартними методиками алюмінієвих зразків з полімерно-керамічним покриттям, отриманим мікродуговим оксидуванням показали, що зазначені покриття можуть експлуатуватися як корозійностійкі протягом 15 років.

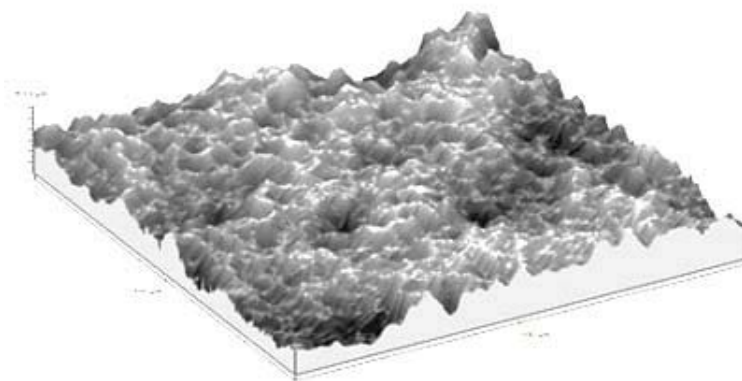


Рисунок 2 - 3 D-профілометрія поверхні, зміцненої мікродуговим оксидуванням

Покриття, отримані мікродуговим оксидуванням мають чудове зчеплення з металом-основою, що забезпечується наявністю перехідного шару на межі метал - покриття. Перехідний шар формується як всередину металу, так і назовні, а також має профіль з безліччю вигинів.

Твердість покриттів, отриманих мікродуговим оксидуванням досягає 21 ГПа. Вимірювання твердості проводили за допомогою приладу Nano Hardness Tester, при навантаженні на інденторі - 200 Н. Твердість покриттів розраховували виходячи із глибини проникнення індентора [6, 8, 13, 14, 21].

Для отримання високої зносостійкості покриття на пластично деформованих алюмінієвих сплавах Ал-9 і АОЗ-7 був запропонований електроліт складу: Na_2SiO_3 - 14 г / л. При використанні вищевказаних складу електроліту і режимів МДО загальна товщина зміцненого шару складе 0,12 мм, мікротвердість покриттів на сплаві Ал-9 - 10 ГПа, а на АОЗ-7 - 12 ГПа. При цьому товщина зовнішнього зміцненого шару збільшується на 50%, внутрішнього зміцненого шару зменшується на 25%, а мікротвердість зростає на 15...30%, в порівнянні з МДО сплаву вихідного стану.

Дослідження залишкових внутрішніх напружень показали, що на відновленій пластичною деформацією внутрішній поверхні корпусу насоса присутні стискаючі напруження рівні -50 МПа. Залишкові внутрішні напруження в покритті МДО також є стискаючими і складають -310 МПа, що має позитивний вплив на його зносостійкість.

Випробування на зношування дозволили встановити, що знос пар тертя з покриттями, сформованими на раціональному складі електроліту і режимах МДО в з'єднаннях «корпус-шестерня» (сплав Ал-9), в 2,5 рази вище, а в з'єднанні «втулка-цапфа шестерні» (сплав АОЗ-7) в 3,0 рази вище, ніж у аналогічних без покриттів, прийнятих за еталон порівняння.

Лабораторні випробування шестеренних насосів НШ-32У-2 показали, що зносостійкість з'єднань «корпус-шестерня» і «втулка-цапфа шестерні» насосів НШ-32У-3 з відновленими пластичним деформуванням і зміцненими МДО деталями в 2,5 ... 3 рази вище, ніж у з'єднань серійних насосів.

На підставі проведених досліджень розроблено технологічний процес зміцнення МДО відновлених пластичним деформуванням корпусу і втулки насоса НШ-32У-3. Експлуатаційні випробування підтвердили результати прискорених стендових випробувань на зношування.

При напрацюванні 1000...1100 мото-год., що становить 30% від гарантованої заводом-виробником, зносостійкість з'єднань шестерень з відновленими і зміцненими за пропонованою технологією корпусами і втулками шестеренних насосів НШ-32У-3 була в 2,5...3 рази вища, ніж у з'єднаннях із серійними деталями.

Висновки. В роботі запропонований метод підвищення зносостійкості деталей машин з ливарних і антифрикційних алюмінієвих сплавів, відновлених пластичним деформуванням, за рахунок застосування технології зміцнення МДО, що представляє суттєве значення для ремонтного виробництва. При цьому встановлено, що мікроструктура ливарного алюмінієвого сплаву Ал-9 після пластичного деформування і термічної обробки впливає на товщину покриття, сформованого МДО, таким чином, що товщина внутрішнього зміцненого шару буде менша, а товщина зовнішнього зміцненого шару більше в порівнянні з покриттям, отриманим на недеформованому сплаві.

В процесі вивчення способу зміцнення МДО було встановлено, що мікроструктура сплаву після пластичного деформування і термічної обробки суттєво впливає на розташування і властивості зміцненого шару щодо дійсного розміру деталі.

Вивчення фізико-механічних властивостей покриттів, отриманих на деталях з алюмінієвих сплавів, відновлених пластичним деформуванням, дозволить значно збільшити їх зносостійкість, а, отже, довговічність і є перспективним напрямком розвитку ремонтного виробництва в сучасних умовах.

Список літератури

1. Николаев, А.В. Новое явление в электролизе [Текст] / А.В. Николаев, Г.А. Марков, В.И. Пещевский // Изв. СО АН СССР. Серия "Химические науки". - 1977. - Вып. 5, № 12, - С. 32-34.
2. Яковлев, С.Я. Микродуговой электролиз на угольных материала [Текст] / С.Я. Яковлев, Г.Л. Кравецкий, П.Н. Другов // Вестник МВТУ им. Баумана. Серия "Машиностроение", 1992. - С. 25-34.

3. Павлюс, С.Г. Диэлектрические свойства анодно-искровых силикатных покрытий на алюминии [Текст] / С.Г. Павлюс, В.Я. Соборнитский, Ю.А. Шепрут // Электронная обработка материалов. – 1987. – № 3. – С. 34-36.
4. Марков, Г.А. Микродуговое оксидирование [Текст] / Марков Г.А., Белеванцев В.И., Терлеева О.П., Шулейко Е.К., Слонова А.И. // Вестник МВТУ им. Баумана. Серия "Машиностроение". – 1992. – № 1. – С. 34- 56.
5. Батищев, А.Н. Восстановление алюминиевых деталей сельскохозяйственной техники микродуговым оксидированием [Текст] / Батищев А.Н., Новиков А.Н., Кузнецов Ю.А.// Инженерно-техническое обеспечение АПК. – 1996. – № 4. – С. 18-19.
6. Черненко, В.И. Получение покрытий анодно-искровым электролизом [Текст] / В.И. Черненко, Л.А. Снежко, И.И. Потапова. – Москва: Химия, 1991. – 128 с.
7. Снежко, Л.А. Энергетические параметры процесса получения оксидных покрытий на алюминии в режиме искрового разряда [Текст] / Л.А. Снежко, В.И. Черненко // Электронная обработка материалов. – 1983. – № 2. – С. 25-28.
8. Ван Тран Бао. Механизм анодного искрового осаждения металлов [Текст] / Ван Тран Бао и др. // Реферативный журнал "Химия". – 1978. – № 1. – С. 41.
9. Снежко, Л.А. Свойства анодно-искровых покрытий, сформированных на сплавах алюминия из щелочных электролитов [Текст] / Л.А.Снежко, Ю.В. Удовиченко, Л.С. Тихая // Физика и химия обработки материалов. – 1989. – № 3. – С. 93-96.
10. Федоров, В.А. Модифицирование микродуговым оксидированием поверхностного слоя деталей [Текст] / Федоров В.А. // Сварочное производство. – 1992. – № 8. – С. 29-30.
11. Каракозов, Э.С. Микродуговое оксидирование - перспективный процесс получения керамических покрытий [Текст] / Каракозов Э.С., Чавдаров А. В., Барыкин Н.В.// Сварочное производство. – 1993. – № 6. – С. 4-7.
12. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей из алюминиевых сплавов микродуговым оксидированием [Текст] / А.Н. Новиков, А.Н. Батищев, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко. – Орел: Орел ГАУ, 2001. – 99 с.
13. Влияние микродугового оксидирования на фазовый состав и свойства покрытий алюминия [Текст] / [И.А. Казанцев, О.Е. Чуфистов, Голованова и др.] // Мат. 4-го собрания металлословесов России. – Ч. I. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 1998. – С. 105-107.
14. Кузнецов, Ю.А. Износостойкость покрытий при микродуговом оксидировании алюминиевых сплавов [Текст] / Ю.А. Кузнецов // Использование научного потенциала вузов в решении проблем научного обеспечения АПК в России. Материалы Международной научно-практической конференции. – ОрелГАУ, 2001. – С. 229-230.
15. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами [Текст] / А.Н. Новиков. – Орел: ОрелГАУ, 2001. – 233 с.
16. Федоров, В.А. Влияние микродугового оксидирования на износостойкость алюминиевых сплавов [Текст] / В.А. Федоров, Н.Д. Великосельская // Трение и износ. – 1989. – Т. 10, №3. – С. 521-524.
17. Снежко, Л.А. Импульсный режим для получения силикатных покрытий в искровом разряде [Текст] / Л.А. Снежко//Защита металлов. – 1988. – Т. 16, № 3. – С. 365.
18. Малышев, В.Н. Физико-механические характеристики и износостойкость покрытий, нанесенных методом микродугового оксидирования [Текст] / В.Н. Малышев, С.Н. Булычев, Г.А. Марков // Физика и химия обработки материалов. – 1985. – № 1. – С. 82-87.
19. Федоров, В.А. Взаимосвязь фазового состава и свойств упрочненного слоя, получаемого при микродуговом оксидировании алюминиевых сплавов [Текст] / В.А. Федоров, Н.Д. Великосельская // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1991. – №3. – С. 29-30.
20. Петросянц, А.А. Кинетика изнашивания покрытий, нанесенных методом микродугового оксидирования / А.А. Петросянц, В.Н. Малышев, В.А. Федоров, Г.А. Марков // Трение и износ. – 1984. – Т. 5, № 2. – С. 350-354.
21. Кузнецов, Ю.А. Восстановление деталей газотермическими покрытиями с последующим упрочнением микродуговым оксидированием [Текст] / Ю.А. Кузнецов, А.Я. Коровин // Развитие села и социальная политика в условиях рыночной экономики: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию МГАУ. – Москва: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2001. – Ч. 1. – С. 143-144.
22. Коровин, А.Я. Технология восстановления и упрочнения деталей гидравлических шестеренных насосов типа НШ-У микродуговым оксидированием: насоса [Текст] : дис. ... канд. технич наук / Коровин Александр Яковлевич, Орловский государственный аграрный университет. – Орел, 2003. – 137 с.

Yuriy Kuleshkov, Prof., DSc., Mikhail Krasota, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Timofey Rudenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Alexander Matvienko, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Application of micro-arc oxidation for a part hardening made of aluminium alloys and repaired by plastic deformation

The objective of the research is to analyse the scientific and technical information on hardening of parts of aluminium alloys by micro-arc oxidation, particularly the parts, which were repaired by hot plastic deformation.

This article presents the analysis of the possibility to apply a new method of hardening of working surfaces of parts by micro-arc oxidation to increase wearability of working surfaces of the parts made of aluminium alloys, in particular the bodies of gear pumps. The work presents the essence of the process of hardening of details by micro-arc oxidation and the main physical and chemical characteristics of the hardening coating. It was stated that the adhesive strength and mechanical characteristics of the coating largely depend on the condition of the surface under hardening, in particular on the method of preparatory processing.

It was established that the hardening coating of metal after plastic deformation gets better adhesive strength, thickness and hardness. The work presents basic information on micro-arc oxidation which will facilitate further application of the hardening method in repair industry.

micro-arc oxidation, hardening of aluminium alloys, plastic deformation, adhesive strength, wearability, micro-hardness of coating, ceramic metal

Одержано 25.01.17

УДК 621.74

В.М. Ломакін, доц., канд. техн. наук, В.В. Клименко, проф., д-р техн. наук, А.В. Ломакін

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

E-mail: spherical@mail.ru

В.І. Дубодєлов, проф., д-р техн. наук, М.С. Горюк, ст. наук. сп-к., канд. техн. наук

Фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України, м.Київ, Україна

Дослідження впливу температури і швидкості руху розплаву на процес розчинення легуючих добавок в рідкому чавуні

Досліджено та вивчено вплив тепло-кінетичних та масо-обмінних процесів в магнітодинамічному міксері-дозаторі моделі МДН-6Ч на швидкість розчинення ферохрому у рідкому чавуні. Виконано розрахунки конвективної дифузії хрому та експериментальним шляхом встановлено раціональний режим роботи магнітодинамічної установки при отриманні розплавів легованого чавуну легований чавун, хром, магнітодинамічний міксер, конвекція розплаву, дифузія

В.Н. Ломакин, доц., канд. техн. наук, В.В. Клименко, проф., д-р техн. наук, А.В. Ломакин

Кировоградский национальный технический университет, г. Кропивницкий, Украина

В.И. Дубоделов, проф., д-р техн. наук, М.С. Горюк, ст. наук. с-к, канд. техн. наук

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев, Украина

Исследование влияния температуры и скорости движения расплава на процесс растворения легирующих добавок в жидком чугуна