

Notes: *Self-lubricating mode; there are antifriction films on the surface; *Friction with liquid lubricant

Studies have shown that Cu–Ni–Al–Si–CaF₂ composite has high antifriction properties at rotational speeds up to 2,000 rpm and loads up to 3.0 MPa in air in contrast to CuZn36 cast brass. Such properties are achieved due to the formation of smooth and homogeneous antifriction films on the contact surfaces under operating conditions without liquid lubricant, when solid lubricant is added to the initial mixture.

[1] Jamroziak K., Roik T. Contribution Self-lubrication Mechanism of New Antifriction Copper-Based Composites in the Vehicles' Heavy-Loaded Friction Units//*Fracture, Fatigue and Wear*, FFW 2021: Proceedings of the 9th International Conference on Fracture, Fatigue and Wear, Part of the “*Lecture Notes in Mechanical Engineering*”, book series (LNME), pp 273-283, First Online: 12 March 2022. DOI: [10.1007/978-981-16-8810-2_20](https://doi.org/10.1007/978-981-16-8810-2_20)

[2] Ouyang J.-H., Li Y.-F., Zhang Y.-Z., Wang Y.-M., Wang Y.-J. High-Temperature Solid Lubricants and Self-Lubricating Composites: A Critical Review// MDPI, *Lubricants*, 2022, 10, 177. <https://www.mdpi.com/2075-4442/10/8/177>

[3] Kayode Olaleye, Tetiana Roik, Adam Kurzawa, Oleg Gavrysh, Dariusz Pyka, Mirosław Bocian, Krzysztof Jamroziak. Tribosynthesis of Friction Films and Their Influence on the Functional Properties of Copper-Based Antifriction Composites for Printing Machines// *Materials Science-Poland*, 40(4), 2023, pp. 147-157. <https://doi.org/10.2478/msp-2022-0051> . DOI: 10.2478/msp-2022-0051. <https://sciendo.com/pl/article/10.2478/msp-2022-0051>

УДК 621.791

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ВИНИКНЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ТА МЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОЇ НАПЛАВКИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА НАПЛАВЛЕНИЙ МЕТАЛ

STUDY OF THE WAYS OF NON-METALLIC AND METALLIC INCLUSIONS OCCURRENCE DURING THE ELECTROSLAG SURFACING PROCESS AND THEIR IMPACT ON THE DEPOSITED METAL

*Д.т.н., професор О.В. Сайчук¹, доктор наук з державного
управління, професор А.О. Науменко¹, аспірант А.В. Захаров²*

¹Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В.І. Вернадського
(м. Харків)

²Державний біотехнологічний університет (м. Харків)

*Doctor of Technical Sciences, professor O.V. Saichuk¹, Doctor of Science in Public
Administration, Professor A.O. Naumenko¹, PhD student A.V. Zakharov²*

¹V.I. Vernadskiy Kharkiv State Professional and Pedagogical Applied College (Kharkiv)

²State Biotechnological University (Kharkiv)

Неметалеві включення утворюються в результаті хімічної взаємодії модифікуючих домішок з основним металом і легуючими добавками під час процесу кристалізації. Неметалеві включення можуть так само переходити в

наплавлений метал з переплавляємого, лише змінюючи розміри. До неметалевих включень які найчастіше виникають в процесі електрошлакової наплавки відносяться оксиди, сульфідиди, фосфідиди, карбідиди, нітридиди, інтерметалідиди та ін.

Неметалеві включення відіграють у сплавах двояку роль. За певного вмісту деякі з них (наприклад карбідиди) підвищують експлуатаційні характеристики металу: зносостійкість та міцність. Однак більшість неметалевих включень шкідливі, оскільки можуть підвищувати крихкість металу (нітридиди, оксидиди, фосфідиди), спричиняти утворення кристалізаційних тріщин (сульфідиди, фосфідиди, оксидиди).

Кількість і розміри неметалевих включень визначаються складом основного і наплавлюваного металів, складом застосовуваного флюсу, а також швидкістю кристалізації наплавлюваного металу. Збільшення вмісту в металі і флюсі домішок (кисню, сірки, фосфору, азоту) призводить до збільшення кількості неметалевих включень, а зменшення швидкості кристалізації - до збільшення їхніх розмірів. Заходи боротьби проти неметалевих включень полягають у зменшенні вмісту в основному в наплавочних матеріалах одних домішок (кисню, сірки, фосфору, азоту, вуглецю) [1-2].

При ЕШН металеві включення з'являються в наплавленому шарі внаслідок порушення технології наплавлення. Зокрема, під час наплавлення прокатних валків зернистим присадним матеріалом у струмопідвідному кристалізаторі спостерігається поява двох типів таких включень.

Поява включень першого типу спостерігається під час наплавлення поверхні ґрунтообробних органів сільськогосподарської техніки та пов'язана з неправильною механічною обробкою під наплавлення. Різниця в хімічному складі і температурі, а також у кристалізації металевій ванні і призводять до того, що такі макрочастинки основного металу не встигають розчинитися в наплавленому металі, Включення першого типу призводять до утворення зон локального зносу на наплавленій поверхні. Оскільки твердість включень на 15...30% нижча за твердість наплавленого металу, то в місцях цих включень спостерігається більший знос. Аналогічні явища іноді спостерігаються під час наплавлення деталей машин рідким присадним металом у струмопідвідному кристалізаторі [3].

Включення другого типу являють собою нерозплавлені частинки зернистого присадного металу. З огляду на те, що між цими частинками і наплавленим металом немає шлакового прошарку, вони не знижують міцнісних властивостей наплавленого металу, а в деяких випадках можуть їх навіть підвищувати. Однак для деталей ґрунтообробних машин такі включення неприпустимі, оскільки в процесі експлуатації вони зношуються менше, ніж основна маса наплавленого шару. Для виключення появи дефектів другого типу необхідно суворо дотримуватися всіх параметрів режиму наплавлення [4].

За заданих електричних режимів наплавлення повинна витримуватися певна масова швидкість подачі модифікуючого матеріалу необхідного фракційного складу, що забезпечує його повне розплавлення в металевій ванні. Металеві

включення другого типу можуть утворюватися і під час процесу ЕШН компактним матеріалом [5].

За великих швидкостей подачі електродного дроту, або надмірно великого «сухого» вильоту електрода в наплавленому металі можуть з'являтися металеві включення у вигляді шматків нерозплавленого дроту. Такі ж дефекти можуть виникати під час наплавлення порожнистим електродом-трубою з порошковим наповнювачем.

[1] Сайчук, О., Рибалко, І., & Захаров, А. (2022). Електрошлакове наплавлення на постійному струмі в струмопідвідному кристалізаторі електродом великого перерізу. Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Modern Directions and Movements in Science» (October 6-8, 2022; Luxembourg, Grand Duchy of Luxembourg), 229-237

[2] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Металургійні процеси плавлення і перенесення електродного та присадного матеріалів у шлаковій ванні при електрошлаковому наплавленні. Вісник ЛТЕУ. Технічні науки, (33), 12-18.

[3] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Дослідження особливостей очищення наплавленого металу від неметалевих домішок під час процесу електрошлакового наплавлення. Молода наука - роботизація і нанотехнології сучасного машинобудування. Краматорськ: ДДМА, 101-105

[4] Захаров, А. В., Рибалко, І. М., & Сайчук, О. В. (2023). Механічна обробка металу наплавлених деталей ЕШН. Нові матеріали і технології в машинобудуванні - 2023, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського (15), 141-146

[5] Рибалко, І. М., & Захаров, А. В. (2023). Дослідження утворення дефектів в зоні сплавлення і наплавленому металі після ЕШН, їх походження і попередження. «Молоді вчені 2023 - від теорії до практики»: Матеріали. Електронне видання. Дніпро, Журфонд, (8), 23-28.

УДК 669.295.539.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ЕЛЕКТРОЛІТУ НА ВЛАСТИВОСТІ МДО-ПОКРИТТІВ

STUDY OF THE EFFECT OF ELECTROLYTE COMPOSITION ON THE PROPERTIES OF MDO COATINGS

***О.В. Субботін, канд. фіз-мат. наук І.М. Колупаєв,
канд. техн. наук В.В. Білозеров, докт. техн. наук В.В. Субботіна***
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)

***O.V. Subboti, I.M. Kolupaev, PhD (Physical and mathematical), V.V. Bilozerov,
PhD (Tech.), V.V. Subbotina, Doctor PhD (Tech.)***
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (Kharkiv)

Найбільш перспективним методом для зміцнення поверхні виробів з вентильних матеріалів є метод мікродугового оксидування (МДО). МДО-електрохімічний процес модифікування поверхні, який дозволяє синтезувати високотемпературні поліморфні модифікації окислів елементів матеріалу основи. Оксидні шари формують кераміко-подібні покриття, які міцно зчеплені з основою та мають багатофункціональні властивості, які знайшли застосування в багатьох галузях промисловості.

Дослідження показують, що високоякісні покриття під час мікродугового оксидування виникають за певних умов електролізу, однією з яких є склад