

Відзначається [1], що за станом на 2024 р. до основних проблем ливарної галузі України відносяться наступні: забезпечення енергопостачання; забезпечення кваліфікованим робочим персоналом; складнощі з логістикою, особливо при експорті продукції; потреба унормування процедури оформлення замовлень; недостатня завантаженість виробничих потужностей.

Досвід роботи українських підприємств під час війни свідчить про те, що для забезпечення ритмічної роботи і максимальної завантаженості потужностей необхідно формувати замовлення на продукцію більше ніж на рік.

Література

1. Клименко С. І.. Ливарна галузь планує збільшити обсяги виробництва за підсумками 2024 року. – 26.08.2024. – GMK Center. <https://gmk.center/ua/opinion/lyvarna-haluz-planuie-zbilshyty-obsiahy-vyrobnytstva-zapidsumkamy-2024-roku/>.
2. Клименко С. І. За підсумками 2023 року ливарна галузь покаже зростання виробництва. – 10.01.2024. – GMK Center. <https://gmk.center/ua/opinion/zapidsumkamy-2023-roku-lyvarna-haluz-pokazhe-zrostannia-vyrobnytstva/>.
3. Держстат України. URL: <https://ukrstat.gov.ua/>.

Голубець В. М.¹, Пашечко М. І.², Шпуляр Ю. С.¹, Гасій О. Б.¹
(¹НЛТУ України, м. Львів; ²Люблінська політехніка, м. Люблін, Польща)
ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ ІЗ
ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ У КОНТАКТІ З ДЕРЕВИНОЮ
E-mail: o.hasiy@gmail.com

Питання підвищення ресурсу роботи дереворізальних інструментів є актуальним для деревообробних підприємств з огляду на значні витрати на їх придбання та загострювання. Інтенсифікація режимів оброблення може бути здійснена за рахунок виготовлення різальних елементів деревообробних інструментів з твердих сплавів. Але їх використання значно підвищує вартість інструментів і ускладнює технологію їх виготовлення. Тому вигіднішим є

застосування методів поверхневого зміцнення для підвищення зносостійкості різальних лез інструментів, виготовлених із однорідного матеріалу. Зміцнення лез інструментів відбувається шляхом нанесення на робочі поверхні покриттів, що відрізняються від матеріалу основи підвищеними фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками. Одним із шляхів зменшення витрат на вирішення цих проблем є вибір недорогих матеріалів та способів, які використовують у технологічному процесі зміцнення. Електроіскрове легування (ЕІЛ) є одним з найбільш ефективних методів нанесення на робочі поверхні лез метало- та дереворізальних інструментів покриттів визначеного хімічного складу, який дає можливість значно підвищити їх зносостійкість. Метод ЕІЛ, завдяки своїм перевагам, а саме: нанесення покриття відбувається без помітної деформації інструменту, відсутність нагрівання різальної частини, низька енергоємність процесу, має широке використання в промисловості.

Застосування порошкових дротів (ПД) для нанесення зносостійких покриттів на різальні леза інструментів з конструкційних, легованих та інструментальних сталей набуло широкого використання на сучасному етапі. Значна частина наукових досліджень спрямована на створення нових електродних матеріалів. Зокрема, для поверхневого зміцнення застосовують тверді сплави групи ТК чи ВК, ПД на основі Ni, Co, W та сплави системи WC–9Co–4Cr [1, 2]. З метою здешевлення процесу зміцнення ведуться роботи з розробки ПД на безвольфрамовій основі, які б не поступались за триботехнічними характеристиками. [3, 4]. Перспективними для наплавлення є сплави на основі заліза системи Fe–Cr–B–C. Їх вартість істотно нижча при збереженні достатньо високих показників зносостійкості [5-7]. Широкого розповсюдження набули ПД системи Fe–Cr–C [8] та ПД для електродугового напилення серії ФМІ на основі систем Fe–Cr–B–Al [9-11] та Fe–Mn–C–B [12, 13].

Слід зауважити, що зносостійкість ЕІП, нанесених електродами саме із порошкових дротів різного хімічного складу, вивчена недостатньо. Тому дослідження фрикційної поведінки ЕІП в умовах тертя та зношування є важливим

для їх ефективного практичного використання. Метою наших досліджень було встановлення закономірностей поведінки трибологічних характеристик ЕІП, отриманих з ПД різних систем у контакті з деревиною в умовах роботи трибоспряження при зворотно-поступальному рухові.

Експерименти проводили з використанням дерев'яних зразків розміром $50 \times 30 \times 10$ мм, які рухались по плоскій поверхні індентора розміром $10 \times 10 \times 8$ мм, виготовленого із загартованої легованої сталі 9ХС. На ту грань індентора, що контактувала зі зразком, або не наносили покриття, або наносили покриття із таких матеріалів: Т15К6, ПД на основі Fe-Mn-C-B, ПД80Х20Р3, ПД80Х20Р3+Г (з додаванням графіту). ЕІП зразків проводили на установці «Елітрон-20». Рух дерев'яного зразка відносно індентора був спрямований вздовж або поперек волокон деревини. Випробування проводили на установці для трибологічних та трибокорозійних досліджень ФМІ НАН України. В процесі експерименту фіксувалась сила тертя, через яку обраховували коефіцієнт тертя покриття по деревині. Зношування індентора визначали ваговим методом.

Отримані в процесі трибологічних досліджень усереднені значення зносу пар тертя «деревина-сталь 9ХС з ЕІП» засвідчують, що найбільш ефективним для використання в технології електроіскрового легування щодо зносостійкості є електрод ПДГ із порошкового дроту 80Х20Р3Т системи Fe-Cr-B-C з додаванням графіту. Вибір вказаного електроду обумовлений його широким використанням для відновлення зношених поверхонь наплавленням, низькою вартістю та задовільною зносостійкістю наплавленого матеріалу, який суттєво міняє інженерію поверхневого шару. На підставі проведених експериментів встановлено, що найкращу зносостійкість виявлено у зразків з електроіскровим покриттям, нанесеним електродом ПД80Х20Р3+Г, яке характеризується найнижчим коефіцієнтом тертя в контакті з деревиною. Однак для більш глибокого пояснення механізму процесу зміцнення вищенаведені твердження потребують підтвердження детальними металографічними дослідженнями.

Проведені дослідження дають підстави стверджувати про доцільність використання технології ЕІЛ із застосуванням нових електродних матеріалів для підвищення зносостійкості дереворізальних інструментів.

Література

1. Исследование структуры и свойств газотермических покрытий системы WC-Co-Cr, полученных высокоскоростными методами напыления / Ю. С. Борисов, Е. А. Астахов, А. П. Мурашов, А. П. Грищенко, Н. В. Вигилянская, М. В. Коломыщев. *Автоматическая сварка*. 2015. № 10. С. 26–29.
2. Murthy J. K. N., Venkataraman B. Abrasive Wear Behaviour of WC–Co–Cr and Cr₃C₂–20(NiCr) Deposited by HVOF and Detonation Spray Processes. *Surface and Coatings Technology*. 2006. Vol. 200. Iss. 8. P. 2642–2652.
3. Харламов Ю.А., Полонский Л.Г. Газотермическое напыление. Современное состояние и перспективы развития. *Вестник Восточноевропейского национального университета имени Владимира Даля*. 2016. № 226 (2). С. 5–19.
4. Moreau C., Bisson J.-F., Lima R. S., Marple B. R. Diagnostics for advanced materials processing by plasma spraying. *Pure and applied chemistry*. 2005. №77 (2). P. 443–462.
5. Борисова А.Л., Миц И.В., Кайда Т.В. Структура и свойства электродуговых покрытий на основе ферробора, полученных из порошковых проволок. *Автоматическая сварка*. 1991. № 9. С. 66–68.
6. Борисов Ю.С., Козьяков И.А., Коржик В.Н. Структура и свойства газотермических покрытий, полученных с использованием порошковых проволок системы Fe–Cr–B, Fe–Cr–B–C. *Автоматическая сварка*. 1996. № 5 (518). С. 21–24.
7. Козьяков И.А., Коржик В. Н., Борисов Ю. С. Трибологические характеристики аморфизированных газопламенных покрытий, напыляемых порошковыми проволоками системы Fe–B. *Автоматическая сварка*. 1996. № 10. С. 24–28.
8. Борисова М.З., Стручков Н.Ф., Винокуров Г.Г. Анализ структуры износостойкого покрытия, полученного электродуговой металлизацией

порошкової проволоки с тугоплавкими добавками. *Наука и образование*. 2016. № 2. С. 76–80.

9. Похмурский В.В., Студент М.М., Гвоздецкий В.М., Похмурская А.В. Порошковые проволоки серии ФМИ для электродугового напыления покрытий (Обзор). *Автоматическая сварка*. 2011. № 9. С. 52–57.

10. Pokhmurska A., Student M., Bielanska E. et al. Tribological Properties of Arc Sprayed Coatings Obtained from FeCrB and FeCr Based Powder Wires. *Surface & Coating Technology*. 2002. № 151–152. P. 490–494.

11. Pokhmurskii V., Dovhunya V., Student M. et al. Triboelektrochemiczne wlasciwosci powlok natryskiwanych lukowo na stopy aluminium. *Inzynieria Powierzchni*. 2008. № 1. P. 9–13.

12. Wear Resistance of Electrospark-Deposited Coating in Dry Sliding Friction Conditions / V. M. Holubets', M. I. Pashechko, J. Borc, O. V. Tisov, Yu. S. Shpuliar. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. 2021. Vol. 60. P. 90-96.

13. Pashechko M., Lenik K.. Segregation of Atoms of the Eutectic Alloy Fe–Mn–C–B–Si–Ni–Cr at Friction Wear. *Wear*. 2009. Vol. 267. Issues 5–8. P. 1301–1304.

Голубець В. М.¹, Пашечко М. І.², Шпуляр Ю. С.¹, Гасій О. Б.¹
(¹НЛТУ України, м. Львів; ²Люблінська політехніка, м. Люблін, Польща)
ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ ІЗ
ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ ПІД ЧАС ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЕРЕВИНИ
E-mail: o.hasiy@gmail.com

Основною вимогою до сталей, які використовують для виготовлення різального інструмента є високі значення твердості, зносо- і теплостійкості, міцності та в'язкості. Вказані характеристики взаємопов'язані. Так, зі збільшенням твердості сталі, яка залежить від термообробки, зростає зносотривкість. Міцнісні характеристики інструменту зумовлені механічними, фізико-хімічними, режимами, тепловими та іншими процесами, які відбуваються у зоні контакту з оброблювальним виробом під час різання. Важливою характеристикою для інструментальних сталей є їх прогартовуваність. Під час роботи різального