

Висновки:

1. Результати імітаційного моделювання розпилювання колод розвальним способом на пиломатеріали засвідчили, що зміна кута повороту колоди відносно її поздовжньої осі істотно впливає на об'ємний вихід пиломатеріалів. Різниця граничних значень діапазону зміни об'ємного виходу пиломатеріалів для досліджуваних варіантів в межах однієї схеми розпилювання колод становила 1,52-23,58 %.
2. Встановлено, що закономірності впливу кута повороту (базування) колоди відносно її поздовжньої осі на об'ємний вихід пиломатеріалів не мають чітко виражених тенденцій, а залежать виключно від форми і розмірно-якісної характеристики колод, прийнятої схеми розпилювання та базування колод у процесі їх розпилювання. Це підтверджує доцільність розрахунку всіх ймовірних варіантів розпилювання колоди на пиломатеріали перед прийняттям раціонального рішення щодо її фактичного розпилювання.

Література

1. Todoroki C.L. Lumber volume and value from elliptical western hemlock logs / C.L. Todoroki, R.A. Monserud, D.L. Parry // Forest Products Journal. – 2007. – Vol. 57. Issue 7/8. – Pp. 76-82.
2. Миськів Є.М. Підвищення ресурсоадаптивності виробництва пиломатеріалів тангенціального та радіального розпилювання : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.06 / Миськів Євстахій Михайлович. – Львів, 2011. – 282 с.
3. Mayevskyy V.O. Mathematical simulation of surface shape for real log / V.O. Mayevskyy, A. Ya. Vus // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2010. – Вип. 36. – С. 48-56.
4. Маєвський В.О. Розроблення моделі реальної колоди для імітації її розпилювання на пилопродукцію / В.О. Маєвський // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.3. – С. 322-328.
5. Маєвський В.О. Моделювання розпилювання колоди розвальним способом на пиломатеріали з урахуванням її реальної форми / В.О. Маєвський, А.Я. Вус // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 711. – С. 91-100.
6. Lin W. A three-dimensional optimal sawing system for small sawmills in central Appalachia / W. Lin, J. Wang, E. Thomas // Proceedings of the 17th Central Hardwood Forest Conference GTR-NRS-P-78. – 2011. – Pp. 67-76.
7. Fritz van Zyl. Determining the optimal log position during primary breakdown using internal wood scanning techniques and meta-heuristic algorithms / Fritz van Zyl. // Thesis submitted in Engineering at the University of Stellenbosch. – 2011. – 116 p.
8. Вади деревини та дефекти обробки. Терміни і визначення: ДСТУ 2152-93. – [Чинний від 1993-07-01]. – К. : Держ. ком. стандарт. метрол. та сертиф. України, 1993. – 49 с. – (Національний стандарт України).

Маєвський В.О., Маслий В.В., Миськів Є.М., Мацьшын Я.В. Влияние угла поворота бревна относительно его продольной оси на объемный выход пиломатериалов

По результатам распиловки бревен на пиломатериалы в производственных условиях созданы модели этих бревен. Осуществлено имитационное моделирование распиловки каждого бревна развальным способом на пиломатериалы с учетом поворота бревна относительно его продольной оси. Установлено, что угол поворота бревна относительно его продольной оси существенно влияет на объемный выход пиломатериалов. Разница предельных значений диапазона изменения объемного выхода пиломатериалов в пределах одной схемы распиловки составляла 1,52-23,58 % для исследуемых вариантов.

Ключевые слова: угол поворота бревна, схема распиловки, объемный выход, модель пиломатериала, модель бревна, имитационное моделирование.

Mayevskyy V.O., Masliy V.V., Myskiv Ye.M., Matsyshyn Ya.V. The Influence of the Angle of Log Rotation Concerning its Longitudinal Axis on the Lumber Volume Yield

The log models are created based on the results of log sawing into lumber in working conditions. The simulation of sawing for each log into lumber by through-and-through method with consideration of log rotation concerning its longitudinal axis was performed. It is determined that the angle of log rotation concerning its longitudinal axis can considerably influence lumber volume yield. The difference of limit values in the range of change for lumber volume yield of investigated variants was 1.52-23.58 %.

Keywords: angle of log rotation, sawing pattern, volume yield, lumber model, log model, simulation.

УДК 621.791

Ст. наук. співроб. Г.В. Похмурська, д-р техн. наук; аспір. А.А. Войтович – НУ "Львівська політехніка"

УДАРНО-АБРАЗИВНЕ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ, НАПЛАВЛЕНИХ ПОРОШКОВИМИ ДРОТАМИ СИСТЕМИ Fe-Cr-B-C

Наплавлення сплавів на основі заліза широко використовують для захисту машинного обладнання, що працює в умовах ударно-абразивного, абразивного зношування. Наплавлені шари отримано з порошкового дроту 80X20P3T двох виробників Велтек (ПД 1) та Торез (ПД 2). За результатами аналізу мікроструктури визначено, що у наплавлених шарах мікроструктура характеризується як дендритна, є різниця за розмірами та однорідністю твердих фаз. Зносостійкість наплавлених шарів з ПД 1 в 1,6-2 рази вища за ударно-абразивного навантаження. Встановлено, що за абразивного зношування наплавлені шари з ПД 1 володіють в 1,5 рази вищою тривкістю, ніж шари, наплавлені з ПД 2.

Ключові слова: зносостійкість, ударно-абразивне навантаження, мікроструктура, порошкові дроти.

Вступ. Створення технологій захисту деталей машин від зношування і для відновлення зношених елементів – актуальне завдання сучасного матеріалознавства, що спрямоване на продовження ресурсу елементів конструкцій. Одним із шляхів його вирішення є обґрунтування вибору матеріалів, які використовують у технологічному процесі зміцнення чи відновлення, щоб зменшити технологічні затрати. Відновлення вихідних розмірів деталей та зміцнення їх поверхні відбувається внаслідок нанесення на поверхню металу шару, що відрізняється від основи за механічними характеристиками. Є багато матеріалів для наплавлення, зокрема і порошкові дроти (ПД). Наплавлені шари з ПД на основі Ni, Co, W досліджено за різних умов абразивного зношування і показано їх ефективність. Це високовартісні матеріали, що мотивують створення дешевших систем, які не поступаються за зносостійкістю [1, 2]. Для наплавлення вважають перспективними сплави на основі заліза (системи С-Сr-В-Fe) [3, 4]. Їх вартість істотно нижча, проте зносостійкість залишається високою за різних умов зношування [5-8]. Матеріали цієї системи наплавляють багатьма способами, зокрема під шаром флюсу, в захисних газах, порошковим та лазерним наплавленням [9-12]. У мікроструктурі наплавлених шарів матеріалами системи С-Сr-В-Fe виділяють первинні Fe/Cr карбіди твердістю 1500 HV_{0,1} та карбобориди заліза Fe₂₃(C, B)₆, твердістю 1690 HV_{0,1} на фоні евтектичної матриці з твердістю 1000 HV_{0,1} [13-15]. Однак на зносостійкість наплавлених шарів істотно вплива-

ють тип, форма та розподіл твердих фаз [16]. Мета цієї роботи – порівняти за зносостійкістю поверхні, наплавлені ПД 80Х20Р3Т вітчизняних виробників, за різних умов абразивного навантаження.

Методика проведення дослідження. На поверхню підкладки зі сталі СтЗсп автоматичним методом наплавляли шар металу товщиною 6 мм, використавши самозахисний порошковий дріт (ПД) 80Х20Р3Т фірм "Велтек" (надалі – ПД 1) та "Горез" (надалі – ПД 2). Основні характеристики наплавлення: струм 300 А, напруга 28 В, швидкість подавання дроту 136 м/год. Наплавлені шари шліфували на плоскошліфувальному верстаті. Мікротвердість вимірювали мікротвердоміром ПМТ-3 із навантаженням 200 г.

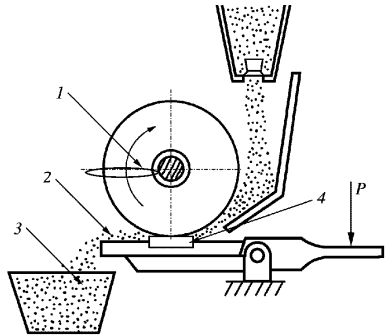


Рис. 1. Принципова схема установки для дослідження абразивного зношування:
1) гумовий диск; 2) пісок; 3) ємність для збирання абразиву; 4) зразок

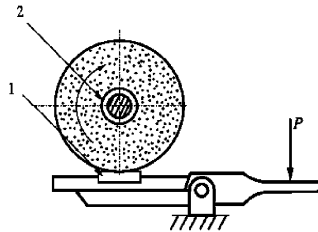


Рис. 2. Принципова схема установки для дослідження зношування зразків жорстко закріпленим абразивом:
1) зразок; 2) абразивний круг

Абразивне зношування незакріпленим абразивом оцінено згідно з ГОСТ 23.208-79 (рис. 1). Просушений кварцовий пісок з розміром часточок 200...1000 мкм безперервно подавали у зону контакту гумового диска і зразка. Швидкість обертання диска становила 25 (м/с), а сила його притискання до зразка 2,4 кН. Для оцінювання зношування закріпленим абразивом (рис. 2) використали абразивний круг СМ-2 на керамічній зв'язці. Лінійна швидкість тертя при цьому становила 0,4 м/с, навантаження в зоні лінійного контакту 1,5 кН. Втрату маси зразків визначали з точністю до 2×10^{-4} г на електронній вазі.

Ударно-абразивне зношування оцінювали за сили удару 20 кН кульки Ø25 мм зі сталі ШХ 15, яка падає на досліджувану поверхню з частотою 40 с^{-1} . Крім цього, в зону контакту подавали абразив (кар'єрний пісок, зернистість якого не виходила за межі 200...1000 мкм). Тривалість експерименту 1800 с. Для порівняння оцінили також ударне зношування без використання абразиву. Тривалість експерименту 3600 с. Мікроструктуру наплавлених шарів дослідили на електронному мікроскопі EVO 40 XVP.

Мікроструктура наплавлених шарів. Мікроструктура наплавлених шарів мала типову морфологію, яка формується на поверхні під час кристалізації розплаву з направленим відведенням тепла. У наплавлених шарах, ПД 1 дендрити з осями 1-го, 2-го і навіть 3-го порядків (рис. 3, Б), тоді як в шарах, наплавлених ПД 2 – дендрити 1- і 2-го порядків (рис. 3, Б). У мікроструктурі шарів,

наплавлених ПД 2, виявили велику кількість тріщин, які сформували своєрідну структуру у вигляді мережі розтріскування (рис. 3, А). На поверхні, наплавленій ПД 1, кількість тріщин незначна. До складу наплавлених шарів входять тугоплавкі елементи Сг та В, які виділяються у вигляді карбоборидів та боридів.

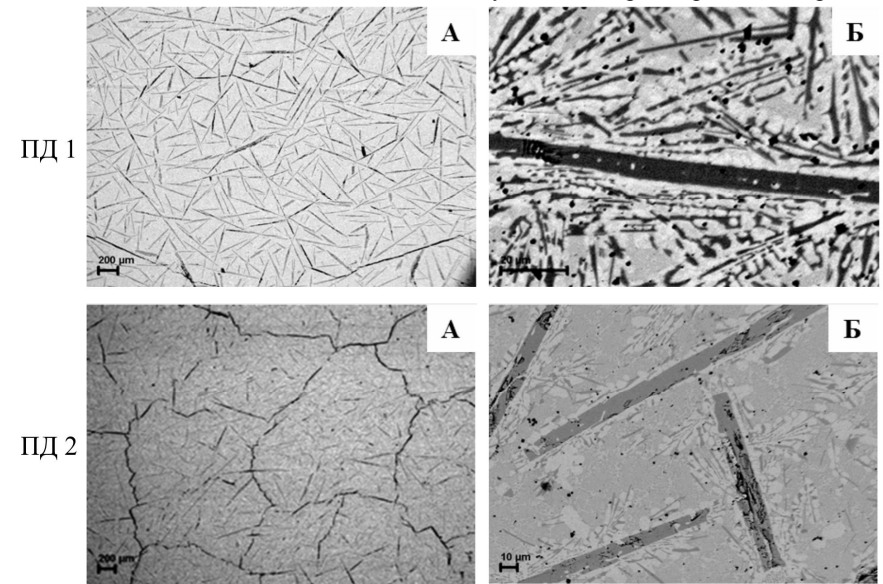
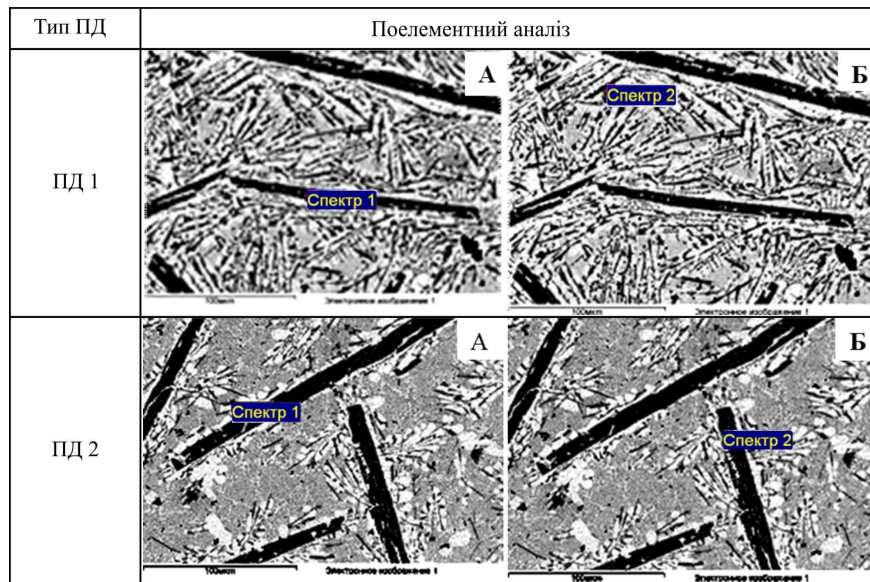


Рис. 3. Мікроструктура наплавлених шарів ПД 80Х20Р3Т обох виробників

За результатами хімічного аналізу шарів, наплавлених ПД 1, з'ясовано, що в його мікроструктурі переважають карбобориди заліза та карбіди хрому. Вміст Сг у карбоборидах досягає 39 мас. %, а В – 9 мас. % (рис. 4, А). У шарах, наплавлених ПД 2, вміст Сг у карбоборидах становить 35 мас. %, а В – 16 мас. % (рис. 4, Б).

Це свідчить, що у першому випадку утворюються дендрити 1-го порядку FeCrB та дрібні включення FeCrB₂, тоді як в другому – дендрити 1-го порядку FeCrB₂ із дрібними включеннями Fe₃C [17]. Металева матриця обох наплавлених шарів містить Сг до 19 мас. %, що забезпечує їй високу корозійну тривалість. Нерівномірність мікроструктури впливає на розподіл мікротвердості по наплавлених шарах.

На рис. 5 представлено розподіл мікротвердості по поверхні наплавлених шарів із ПД1, ПД2. У наплавлених шарах із ПД 1 присутні фази із твердістю до 800 HV_{0,1}, однак переважають структурні складові, в яких мікротвердість становить від 500 до 600 HV_{0,1}. Можна припустити, що це фази FeCrB₂, але точний вимір неможливий через дисперсний розмір структури. Посилаючись на те, що у наплавленому шарі із ПД 2 карбобориди FeCrB₂ більшого розміру, тоді значення їхньої мікротвердості становить до 720 HV_{0,1}. Варто зауважити, що мікротвердість з рис. 4 ПД 1 є більш рівномірною, що означає кращу гомогенність розташування твердих часточок у наплавленому шарі.



Спектр	Cr	B	Fe
ПД 1, спектр 1	39,5	8,3	52,1
ПД 1, спектр 2	27,1	13,7	55,0
ПД 2, спектр 1	32,0	2,6	54,5
ПД 2, спектр 2	35,3	16,8	44,0

Рис. 4. Хімічний склад наплавлених шарів

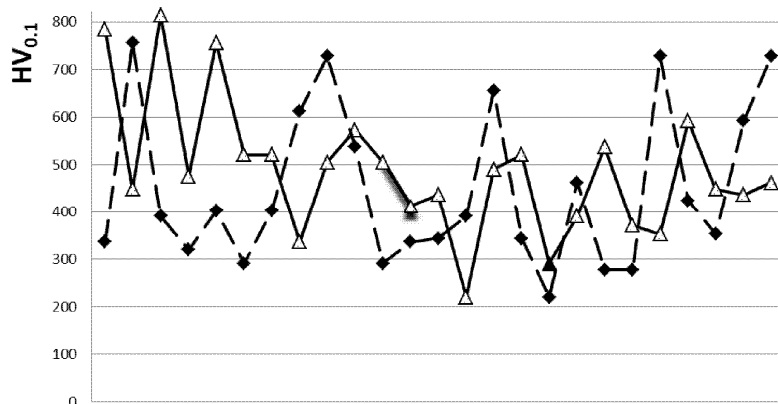


Рис. 5. Розподіл мікротвердості по поверхні наплавлених шарів із ПД 1, ПД 2

Механізм руйнування. Дослідження поверхонь після випробування на ударно-абразивне зношування виявили, що дрібні частинки піску твердістю (784...1080) HV під час удару об поверхню закріплюються у матриці між твердими

включеннями. Оскільки дрібнодисперсні часточки піску мають високу твердість, тому під час удару вони проникають в глибину наплавленого шару, руйнуючи при цьому поверхневий наплавлений шар. Ці ділянки визначено темним кольором на рис. 6. Хімічний склад спектра 1 (рис. 6; А, Б) становить близько до 48 мас. % О та 52 мас. % Si. Це підтверджує проникання піску, що сприяє руйнуванню наплавленого матеріалу. Руйнування спричиняють також поверхневі тріщини, що виникли під час наплавлення. Особливості пошкодження поверхневих шарів, наплавлених ПД 80Х20Р3Т обох виробників, внаслідок ударного зношування, показано на рис. 6. Механізм руйнування наплавлених шарів із ПД 1 відповідає більш пластичному, як видно із рис. 6 А. Світлі ділянки є згладженими. У наплавлених шарах із ПД 2 присутній інший механізм руйнування, оскільки на світлих ділянках є ребристість, що відповідає крихкому руйнуванню (див. рис. 6, Б).

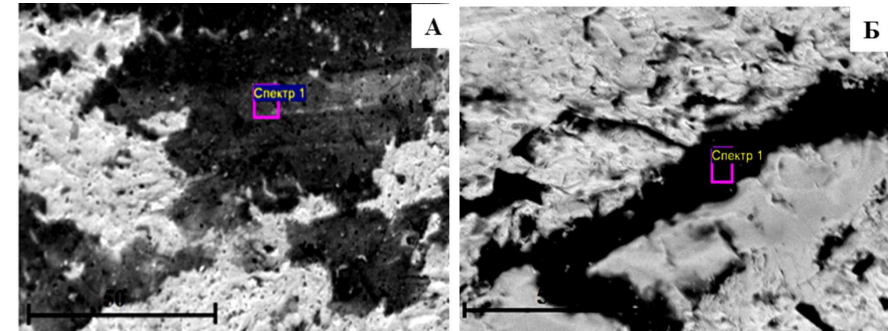


Рис. 6. Поверхні наплавлених (ПД 1 А), (ПД 2 Б) шарів після ударно-абразивного зношування

Оцінка зносостійкості ваговим методом виявила, що внаслідок ударно-абразивного зношування втрата маси за наплавлення ПД 1 зменшується у 1,4...2 рази, порівняно з отриманою за наплавлення ПД 2. Отже, за рівномірного розташування осей дендритів, що відповідають фазам з високою твердістю (наплавлення ПД 1), ударно-абразивне зношування наплавленого металу менше, ніж за наявності тільки осей дендритів 1-го і 2-го порядків (наплавлення ПД 2). Підвищенню зносостійкості сприяє також рівномірна мікротвердість структурних фаз (наплавлення ПД 1) 550 HV1. Висока твердість структурних складових (наплавлення ПД 2) 720 HV1 сприяє викришуванню матеріалу, цим самим швидшому руйнуванню.

Результати випробування на абразивну зносостійкість за різних схем зношування наведено в табл.

Табл. Абразивна зносостійкість шарів, наплавлених ПД 80Х20Р3Т

Наплавлення ПД 80Х20Р3Т	Втрати маси під час зношування, 10 ⁻⁴ г				Середня твердість наплавлених шарів, HV _{0,2} (кг/мм ²)
	закріпленним абразивом	не закріпленним абразивом	ударно-абразивним	ударом шарика	
ПД 1	53	73	31	22	620
ПД 2	85	75	20	41	920
Сталь ШХ15 (HRC 60)	220	150	–	–	–

Встановлено, що зносостійкість наплавлених шарів із ПД 1 за зношування закріпленим абразивом в 1,6 раза вища, ніж з ПД 2. У разі зношування не закріпленим абразивом зносостійкість шарів, наплавлених обома ПД, була практично однаковою з втратою маси $(73...75) \cdot 10^{-4}$ г.

Висновки. Досліджено мікроструктуру наплавлених шарів із ПД 80X20P3T виробництва двох фірм – "Велтек" та "Торез". Виявлено відмінності структури наплавлених шарів, отриманих з їх використанням. Якщо, в разі використання ПД фірми "Велтек" переважає структура з однорідно розподіленими дендритами 1-3-го порядків, то у структурі з ПД фірми "Торез" менш однорідно розподілені дендрити 1-го і 2-го порядків. За складом осі дендритів 1-го порядку в наплавленому шарі з використанням ПД фірми "Велтек" відповідають фази FeCrB, а дрібніші – включенням FeCrB₂, тоді як з використанням ПД фірми "Торез" – FeCrB₂ та Fe₃C.

Встановлено, що зносостійкість шарів, наплавлених обома ПД, вища, ніж прототипу (високоміцна сталь ШХ15). Зносостійкість шарів, наплавлених обома ПД, за випробуванням не закріпленим абразивом, практично, не змінюється. За зношування закріпленим абразивом, ударним чи ударно-абразивним способом зносостійкість шару, наплавленого із ПД фірми "Велтек" від 1,5 до 2,0 разів вища, ніж наплавленого ПД 80X20P3T фірми "Торез". Це пояснюється рівномірним розподілом фаз з високою твердістю в шарі, наплавленому ПД фірми "Велтек".

Література

1. Pelleg J. Reactions in the matrix and interface of the Fe-SiC metal matrix composite system / Pelleg J // Mater Sci Eng. – 1999. – Pp. 269. – Pp. 225-41.
2. Badisch E. Abrasive wear of high speed steels: influence of abrasive particles and primary carbides on wear resistance / E. Badisch, C. Mitterer // Tribol Int. – 2003. – № 36. – Pp. 765-70.
3. Siva K. Optimization of weld bead geometry in plasma transferred arc hardfaced austenitic stainless steel plates using genetic algorithm / K. Siva, N. Murugan, R. Logesh // Int J Adv Manuf Technol. – 2009. – № 41. – Pp. 24-30.
4. Francucci G. Abrasion resistance of ductile iron austempered by the two step process // G. Francucci, J. Sikora, R. Dommarco // Mater Sci Eng A. – 2008. – № 485. – Pp. 46-54.
5. Kassim S.R. Equivalent hardness concept and two-body abrasion of iron-base alloys / S.R. Kassim // Wear. – 2000. – № 243. – Pp. 92-100.
6. Bressan J.D. Influence of hardness on the wear resistance of 17-4 PH stainless steel evaluated by the pin-on-disc testing / J.D. Bressan, D.P. Baros, A. Sokolowski, R.A. Mesquita, C.A. Barbosa // J Mater Process Technol. – 2008. – № 205. – Pp. 9-353.
7. Celik O. High temperature abrasive wear behavior of an as-cast ductile iron / O. Celik, H. Ahlatci, E.S. Kayali, H. Cimenoglu // Wear. – 2005. – № 258. – Pp. 189-93.
8. Shan-Ping Lu. Microstructure and wear property of Fe-Mn-Cr-Mo-V alloy cladding by submerged arc welding / Shan-Ping Lu, Oh-Yang Kwon, Tae-Bum Kim, Kwon-Hu Kim // Journal of Materials Processing Technology. – 2004. – № 147. – Pp. 191-196.
9. Liyanage T. Microstructures and abrasive wear performance of PTAW deposited Ni-WC overlays using different Ni-alloy chemistries / T. Liyanage, G. Fisher, A. Gerlich // Wear. – 2012. – № 274-275. – Pp. 345–354.
10. Katsich C. Erosive wear of hardfaced Fe-Cr-C alloys at elevated temperature / C. Katsich, E. Badisch, M. Roy, G.R. Heath // Wear. – 2009. – № 267. – Pp. 1856-1864.
11. Amushahi M. Characterization of boride-rich hardfacing on carbon steel by arc spray and GMAW processes / M. Amushahi, F. Ashrafzadeh, M. Shamanian // Surface & Coatings Technology. – 2010. – № 204. – Pp. 2723-2728.
12. Badisch E. Wear behaviour of hardfaced Fe-Cr-C alloy and austenitic steel under 2-body and 3-body conditions at elevated temperature / E. Badisch, C. Katsich, H. Winkelmann, F. Franek // Tribology International. – 2010. – № 43. – Pp. 1234-1244.

13. Kirchgäßner M. Behaviour of iron-based hardfacing alloys under abrasion and impact / M. Kirchgäßner, E. Badisch, F. Franek // Wear. – 2008. – № 265. – Pp. 772-779.
14. Yuksel N. Wear behavior-hardness – microstructure relation of Fe-Cr-C and Fe-Cr-C-B based hardfacing alloys / N. Yuksel, S. Sahin // Materials and Design. – 2014. – № 58. – Pp. 491-498.
15. Buchely M. The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys / M. Buchely, J. Gutierrez, L. Leon, A. Toro // Wear. – 2005. – № 259. – Pp. 52-61.
16. Лившиц Л.С. Металловедение для сварщиков (сварка сталей) / Л.С. Лившиц. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1979. – 253 с.
17. Добровольский А.Г. Абразивная износостойкость материалов : справ. пособ. / А.Г. Добровольский, П.И. Кошеленко. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1982. – 352 с.

Похмурская Г.В., Войтович А.А. Ударно-абразивный износ поверхностных слоев, наплавленных порошковой проволокой системы С-Сr-В-Fe

Наплавка сплавов на основе железа широко используется для защиты машинного оборудования, работающего в условиях ударно-абразивного, абразивного износа. Наплавленные слои получены из порошковой проволоки 80X20P3T двух производителей Велтек (ПД 1) и Торез (ПД 2). По результатам анализа микроструктуры определено, что в наплавленных слоях микроструктура характеризуется как дендритная, присутствует разница по размерам и однородности твердых фаз. Износостойкость наплавленных слоев из ПД 1 в 1,6-2 раза выше при ударно-абразивной нагрузке. Установлено, что при абразивном износе наплавленные слои из ПД 1 имеют прочность в 1,5 раза выше, чем слои, наплавленные из ПД 2.

Ключевые слова: порошковая проволока, наплавки, износостойкость, ударные нагрузки, дендритная структура.

Pokhmurska G.V., Voitovych A.A. Impact-abrasive Wear of Surface Layers Weld with Cored Wire of C-Cr-B-Fe System

Iron-based hardfacing alloys are widely used to protect machinery equipment exposed either to pure abrasion or to a combination of abrasion and impact-abrasion. Hardfaced layers were obtained by core wire, 80Cr20B3Ti chemical composition, the two manufacturers Torex and Veltec. Based on the analysis of the microstructure, the difference in Cr amount in primary carbides was obtained. The tests of wear showed difference in wear resistance at wear types. Wear resistance of deposited layers with core wire Veltec was 1.6- 2 times higher at impact-abrasive load. Durability of deposited layers with core wire Veltec is increased by homogeneity and less size solid phase structures. The average hardness solid phase was 550 HV1.

Keywords: wear resistance, deposited layers, core wire, impact, iron-based.

УДК 66.094.942

Доц. Ю.Р. Мельник¹, канд. техн. наук; доц. С.Р. Мельник¹, д-р техн. наук; аспір. З.Ю. Палюх¹; лаборант О.С. Надала²

ПЕРЕРОБЛЕННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ ШЛЯХОМ ЇХ АЛКОГОЛІЗУ ІЗОПРОПІЛОВИМ СПИРТОМ

Наведено результати алкоголізу соняшникової та ріпакової олій ізопропіловим спиртом. Досліджено вплив природи каталізатора – катіоніту KV-2-8 із іммобілізованими іонами металів – на ступінь перетворення рослинної олії. За результатами хроматографічного аналізу та визначення оптичної густини реакційної суміші оцінено можливість перебігу побічних реакцій у присутності зазначених каталізаторів. Зроблено висновки про вплив на перебіг реакції алкоголізу рослинних олій ізопропіловим спиртом природи іону металу, іммобілізованого на поверхні катіоніту, і виду олії. Отримані ре-

¹ НУ "Львівська політехніка";

² Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного