

НАПЛАВЛЕННЯ ПРЕСОВОГО ІНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРОБКИ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ САМОЗАХИСНИМ ПОРОШКОВИМ ДРОТОМ ПП-50Х6В2ГСМФА

І.О. Бойко¹, В.В. Пашинський², О.Г. Пашинська², М.М. Паровішник³

¹Технічний університет «Метінвест політехніка». 87500, м. Маріуполь, вул. Гайдара, 88

²ІЕЗ ім. С.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

³ТОВ «ЗКМ». 84500, м. Бахмут, вул. Героїв праці, 42

Робота присвячена розробці методу відновлення зношеного пресового інструмента зі сталі 3Х3М3Ф для екструзування кольорових сплавів шляхом механізованого наплавлення самозахисним порошковим дротом. Розглянуті переваги та недоліки різних класів наплавних матеріалів та запропоновано використати сталь 50Х6В2ГСМФА. У разі наплавлення самозахисним порошковим дротом легуюча частина цієї сталі забезпечує підвищену твердість при високих робочих температурах пресування завдяки комплексному зміцненню мартенситної матриці карбідами вольфраму, хрому і інших елементів, а також додатковому зміцненню нітридом ванадію. Це дозволило збільшити ресурс інструмента. Крім того, легування хромом на рівні 5,5...6,0 % підвищило схоплювання з оброблюваним металом. Розгаростійкість або термовтомна міцність наплавленого шару підвищена шляхом підбору та оптимізації газозлакоутворюючих компонентів. Промислові випробування напавленої сталі 50Х6В2ГСМФА, вперше застосованої для відновлення і зміцнення матриць для гарячого пресування зі сталі 3Х3М3Ф, проходили на ТОВ «ЗКМ» (м. Бахмут). Відновлені наплавленням матриці порівняно з новими ненапавленими матрицями, показали стійкість в 2,4...2,5 рази вище, а просадка робочого діаметра після 5 циклів пресування зменшилася втричі. Повна вартість відновлення матриці наплавленням в 1,5...20 рази нижче вартості нової матриці зі сталі 3Х3М3Ф. Бібліогр. 19, рис. 4.

Ключові слова: пресовий інструмент, зношування, розгаростійкість, стійкість до схоплювання, наплавка, самозахисний порошковий дріт, середньохромиста сталь, стійкість, собівартість відновлення

Вступ. Багаторічна боротьба за високий ресурс металургійного інструмента та обладнання набирає актуальності з кожним днем. В останні роки на підприємствах кольорової металургії, що спеціалізуються на випуску екструзованої продукції, загострилася проблема недостатньої стійкості пресового інструмента (матриць, прес-шайб, шплінтонів та прес-втулок). Вона проявляється, насамперед, у його передчасному зносі [1, 2].

Однією з проблем є недостатня, за сучасними вимогами, стійкість робочої поверхні інструмента в умовах великих теплових навантажень. У роботах [3, 4] розглянуті питання стійкості інструмента гарячого пресування, приведені рекомендації по вибору складу наплавленого металу. Визначено, що при обробці металів в гарячому стані розрізняють наступні специфічні види зносу: мікрорізання, глибинне виривання за рахунок схоплювання, атомарний знос, змяття робочої поверхні, окислювальний знос і сітка розгарних тріщин. Зниження стійкості також пов'язане з забрудненням неметалічними включеннями на ділянці прогріву та високих контактних напруг, утворенням хімічної та механічної неоднорідності робочого шару, що підтверджується нерівномірністю зношування інструмента.

Основними тенденціями подальшого розвитку матеріалів та технологій наплавлення [5–7] стало застосування високолегованих матеріалів на основі

системи Fe–C–Cr з додаванням сильних карбідотворюючих елементів застосування жароміцних сплавів на нікелевій основі. Досліджується також можливість модифікування металу наплавленого шару частками неметалічної фази (наночастками карбідів, оксидами рідкоземельних елементів) [8, 9]. Дуже велика увага приділяється також розвитку нових та вдосконаленню існуючих технологій наплавлення [7, 10]. Аналіз літератури показує, що незважаючи на деякі переваги новітніх технологій при напавленні складнолегованих матеріалів та їх високу продуктивність, для вирішення задач відновлення відносно невеликих об'ємів інструмента в умовах неспеціалізованого підприємства застосовують аргонодугове наплавлення [6, 11]. Це обумовлено високою технологічною гнучкістю процесу та його низькою собівартістю.

Ефективним способом підвищення стійкості деталей, що працюють в умовах абразивного зношування, є наплавлення самозахисним порошковим дротом (СПД) [12]. Існуючі порошкові дроти до певного етапу задовольняли вимогам виробництва, проте у зв'язку з необхідністю пресування міцніших сплавів, розширення температурного інтервалу пресування, з'являється необхідність подальшого підвищення стійкості наплавленого металу з одночасним поліпшенням зварювально-технологічних властивостей порошкового дро-

Бойко І.О. – <https://orcid.org/0000-0001-7742-4694>, Пашинський В.В. – <https://orcid.org/0000-0003-0118-4748>,

Пашинська О.Г. – <https://orcid.org/0000-0001-7102-1544>

© І.О. Бойко, В.В. Пашинський, О.Г. Пашинська, М.М. Паровішник, 2022

ту. Одним з напрямів підвищення якості наплавленого металу і варіювання його хімічного складу є застосування самозахисного порошкового дроту з оболонкою з вуглецевої термічно поліпшеної стрічки [13]. Наприклад, у роботах [14, 15, 16] показано, що самозахисний порошковий дріт для наплавлення пресового інструмента гарячої обробки кольорових металів марки ПП-5Х12В5 успішно виготовлявся та експлуатувався на заводі по обробці кольорових металів ЗКМ (м. Бахмут).

Був зроблений критичний аналіз вітчизняних і світових практик в області проектування і експлуатації наплавних матеріалів для інструмента гарячої обробки металів. Розглянуті методи боротьби з підвищеним вмістом неметалевих включень в металі, наплавленому самозахисним порошковим дротом. Попри те, що постійно удосконалюються технології виготовлення порошкових дrotів, склади наповнювачів, технології наплавлення, зміст неметалевих включень в металі наплавлення зазвичай залишається досить високим. Сумарна кількість неметалевих включень в металі, наплавленому порошковими дротами рутилового типу, складає 0,25...0,35 %, а в металі зносостійкого наплавлення, виконаним порошковим дротом з фтористо-кальцієвою основою, 0,2...0,25 %. Окрім цього, включення можуть коагулювати, утворюючи великі концентратори напружень, які істотно знижують термовтомну міцність матеріалу і можуть призводити до утворення тріщин.

За результатами багаторічної науково-практичної діяльності було запропоновано використати наплавну сталь 50Х6В2ГСМФА для відновлення і зміцнення інструмента гарячої обробки кольорових металів [13, 17]. Вдалося розробити і виготовити самозахисний порошковий дріт в оболонці зі сталі 65Г без графіту в осерді [18]. Способом наплавлення виступає механізоване наплавлення самозахисним порошковим дротом. Легуюча частина цієї сталі зможе забезпечити підвищену твердість при підвищених робочих температурах пресування завдяки комплексному зміцненню мартенситної матриці карбідами вольфраму, хрому та інших елементів, а також додатковому зміцненню нітридом ванадію у разі наплавлення самозахисним порошковим дротом. Стійкість до схоплювання з оброблюваним металом забезпечується за рахунок легування хромом на рівні 5,5...6,0 %, що при підвищеній гарячій твердості цієї сталі дозволить збільшити ресурс інструмента. Розгаростійкість або термовтомна міцність істотним чином залежить від якості сталі, тому одним з напрямів оптимізації є зниження шкідливих домішок. Це питання передбачається вирішити шляхом підбору та оптимізації газошлакоутворюючих компонентів для глибокої металургійної дії шлаку на метал краплі і ванни. Зниження витрат на термообробку (відпал перед механічною обробкою та загартування після неї) може бути досягнуте ре-

гулюванням термічного циклу наплавлення: режимами і попереднім та супутнім підігрівом.

Таким чином, виходячи з аналізу наявної науково-технічної інформації, одним з перспективних напрямком підвищення стійкості пресового інструмента для екструдуювання кольорових металів слід вважати механізоване наплавлення зносостійкими матеріалами з використанням самозахисної порошкової проволоки. Найбільш ефективними з точки зору співвідношення властивості/ціна є наплавні матеріали системи Fe-Cr з додатковим легуванням карбідоутворюючими компонентами. Але вибір ефективного складу матеріалу залежить від умов експлуатації інструмента.

Метою роботи є підвищення стійкості пресового інструмента для обробки кольорових металів за рахунок наплавлення порошковим дротом зі сталі 50Х6В2ГСМФА.

Матеріал та методика дослідження. Для правильного підбору хімічного складу наплавного металу, здатного задовольнити сучасні вимоги до інструмента гарячої обробки кольорових металів і сплавів, необхідно виявити особливості процесу його зносу, що відбуваються при роботі інструмента. Також необхідно виділити найважливіші властивості матеріалу інструмента, що дають здатність протистояти зносу (висока твердість, підвищений опір схоплюванню, а також розгаростійкість). На основі цього вибрати тип матеріалу, що наплавляється, та виконати коригування його складу для досягнення максимальної ефективності. Для підтвердження ефективності прийнятих рішень необхідно виконати визначення параметрів стійкості інструмента в реальних умовах виробництва.

Дослідження випадків виходу пресового інструмента з ладу та виявлення причин низької стійкості інструмента, які потрібні для вдосконалення технології відновлення методом наплавлення робочої поверхні, виконували шляхом моніторингу процесу експлуатації інструмента в умовах реального виробництва ТОВ «ЗКМ» з фіксацією умов експлуатації та причин виходу з ладу.

Вибір базового складу матеріалу для подальшої його модифікації проводили на основі аналізу літературних даних і досвіду експлуатації наплавлених деталей в умовах ТОВ «ЗКМ» (м. Бахмут).

Наплавлення деталей для проведення визначення стійкості в умовах діючого виробництва виконували по схемі «за гвинтовою лінією».

Визначення твердості дослідних сталей в лабораторних умовах проводили за методом Роквелла (HRC) на твердомірі ТК-2м. В цехових умовах для цього використовували портативний твердомір ТКМ-459м. Гарячу твердість вимірювали за методикою [19].

Мікроструктуру дослідного металу та вміст неметалевих включень досліджували методом оптичної металографії на мікроскопі фірми ZEISS

в діапазоні збільшень $\times 100 \dots \times 1000$ з подальшим аналізом в програмі ProgRes CapturePro 2.1.

Результати дослідження та їх обговорення.

Аналіз причин виходу з ладу пресового інструмента ТОВ «ЗЦМ» показав, що основними причинами зняття інструмента з експлуатації є:

- відхилення від гранично допустимих розмірів формоутворюючого профілю внаслідок зношування по механізму мікрорізання робочої поверхні матеріалом, що екстрадується, наприклад, заготовкою з Л68 (рис. 1);
- катастрофічний вихід з ладу внаслідок налипання матеріалу, що екстрадується, наприклад, це стосується заготовки з Л68 (рис. 2).

Дослідження показали, що налипання розвивається за двома механізмами:

- внаслідок «схоплення» поверхні інструмента та матеріалу, що обробляється, через розвиток процесів адгезії;
- внаслідок попереднього формування сітки тріщин термічної втоми, що утруднює відносне переміщення матеріалу по поверхні інструмента і створює активні осередки для розвитку процесів адгезії.

Якщо для зменшення явища мікрорізання потрібно збільшувати твердість робочої поверхні інструмента, то для запобігання налипанню матеріал має мати властивості, які, в деякій мірі, вступають у протиріччя. Підвищення стійкості до налипання вимагає підвищення твердості та формування стійкої плівки оксидів на поверхні, тоді як опір термічній втомі вимагає підвищення характеристик в'язкості. Також для цього необхідно формування однорідної структури з мінімізованим вмістом неметалевих включень.

Тому вибір існуючого, або розробка нового матеріалу для наплавлення, є комплексною задачею. Аналіз [3, 4, 14, 15] показує, що середньолеговані мартенситні середньовуглецеві сталі з карбідним зміцненням вже більше 50-ти років займають лідируючі позиції у виробництві і ремонті інструмента для гарячої обробки кольорових сплавів, зважаючи на відносно високу технологічність, низьку вартість і найбільш прийнятний баланс властивостей сталі, здатної протистояти основним видам зносу. Такі сталі як 5ХМФ, 3ХЗМЗФ, 3Х5ВМФ, 38ХНЗМФА, 4Х5МФ1С та ін. застосовуються для виробництва матриць, прес-вту-



Рис. 1. Мікрорізання заготовкою з Л68 робочої поверхні прес-втулки зі сталі 38ХНЗМФА внаслідок її недостатньої твердості



Рис. 2. Налипання матеріалу заготовки Л68 на матрицю зі сталі 3ХЗМЗФ

лок і прес-шайб. Проте, наприклад, матриця зі сталі 3ХЗМЗФ розміром $160 \times 107, 3 \times 40$ мм за даними ТОВ «ЗЦМ» здатна витримати в середньому всього 30...40 пресувань при виробництві круглої заготовки з латуні марки Л68 до збереження початкового розміру калібруючої частини матриці.

Найважливішим критерієм стійкості інструментальних сталей для гарячої обробки, що випробовують окислення, термічну втому (термоциклування), схоплювання та інші види зносу, служить їх твердість при високих температурах. Для виготовлення, відновлення та зміцнення пресового інструмента можна виділити основні напрями оптимізації:

- зниження початкової вартості сталі у поєднанні з прийнятною стійкістю;
- підвищення стійкості до схоплювання з оброблюваним металом;
- підвищення розгаростійкості;
- зниження початкової твердості для поліпшення оброблюваності різанням;
- зниження витрат на термообробку.

Для виготовлення самозахисного порошкового дроту типу ПП-50Х6В2ГСМФА застосовується стрічка зі сталі 65Г у відпаленому стані. Легування наплавленого металу вуглецем здійснюється через оболонку порошкового дроту, виконану зі сталі 65Г. Коефіцієнт маси оболонки складає $0,65 \dots 0,7$, що забезпечує перехід вуглецю в наплавлений метал з оболонки в межах $0,4 \dots 0,45$ %. Додаткове легування вуглецем до рівня $0,48 \dots 0,52$ % здійснюється через феросплави, в яких, в даному випадку, вуглець є корисною домішкою. Перелічені вище заходи дозволяють не використати найбільш тугоплавкий компонент шихти – графіт, який істотно знижує швидкість плавлення осердя порошкового дроту і призводить до осипання неоплавленої його частини в зварювальну ванну. Окрім підвищення рівня неметалевих включень, цей процес погіршує гомогенність наплавленого металу, а також знижує стійкість до тріщиноутворення, тому виключення графіту як головного вуглецьутворюючого компонента порошкового дроту, є дуже важливим напрямом в розвитку наплавних матеріалів.

Шихта самозахисного порошкового дроту типу ПП-50Х6В2ГСМФА в оболонці зі сталі 65Г складається з газошлакоутворюючої, легуючої та розкислюючої частини, та баластного компоненту



Рис. 3. Загальний вигляд наплавленої матриці зі сталі 3Х3М3Ф для пресування, виконане сплавом 50Х6В2ГСМФА в три шари кругом

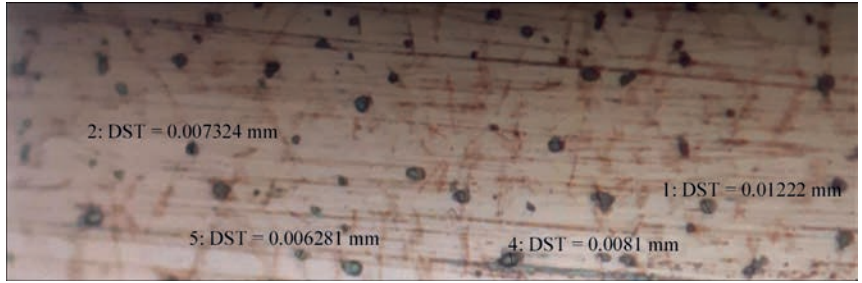


Рис. 4. Мікроструктура (×1000) наплавленого металу типу 50Х6В2ГСМФА

газошлакоутворюючої частини шихти це: плавиковий шпат, рутиловий концентрат, карбонат кальцію, які взяті в пропорції 5-4-2. Для покращення віддільності шлакової корки до складу шихти додатково вводиться диоксид цирконію, маса якого дорівнює масі карбонату кальцію. Розкислення металу зварювальної ванни відбувається за рахунок феротитану, а також ферокремнію та феромарганцю. Основне легування наплавленого металу здійснюється за рахунок введення до складу шихти металевого хрому, порошоків вольфраму, ферованадію та молібдену.

Самозахисний порошковий дріт діаметром 2,0 мм перед наплавленням прокалюється при температурі 200...220 °С протягом 1,5...2,0 год для зневоднювання та нейтралізації волоочильного мастила. Даний процес відбувається в муфельній електропічі попереднього підігріву разом з деталями, які будуть наплавлятися, що суттєво економить електричну енергію.

Наплавлення матриці для пресування зі сплаву 50Х6В2ГСМФА виконували в три шари кругом. В якості основи виробу використовувалася зношена матриця зі сталі 3Х3М3Ф, заздалегідь розточена під наплавлення, яка пройшла ультразвуковий контроль. Перед наплавленням проводилося попереднє підігрівання до температури 230...250 °С, а після нього виріб поміщався в муфельну електропіч для зняття внутрішніх напружень і подальшого гомогенізуючого відпалу при 650...680 °С. Зовнішній вигляд наплавленої матриці представлений на рис. 3. Мікроструктура наплавленого металу типу 50Х6В2ГСМФА – на рис. 4.

Промислові випробування наплавленої середньохромистої високоякісної сталі 50Х6В2ГСМФА, вперше застосованої для відновлення та зміцнення матриць для гарячого пресування, проходили на ТОВ «ЗКМ». Наплавлені сфероконічні матриці розміром 160×60 мм випробовувалися на горизонтальному гідравлічному пресі зусиллям 3150 т для пресування круглої заготовки зі сплаву МНЖ-5-1. Порівняно з новими матрицями зі сталі 3Х3М3Ф, відновлені наплавленням матриці показали стійкість в 2,4...2,5 рази вище, а просадка робочого діаметра після 5 циклів пресування зменшилася

– залізного порошку. Основні компоненти

втричі. Повна вартість відновлення матриці наплавленням в 1,5...2,0 рази нижче вартості нової матриці зі сталі 3Х3М3Ф, таким чином вартість одного штапоудару зменшилась втричі.

Висновки

1. Аналіз сучасного стану використання різних видів сталей для виготовлення та (або) відновлення та зміцнення пресового інструмента показав суттєві переваги хромистих сталей.

2. Подальше вдосконалення наплавних матеріалів для інструмента гарячої обробки мідних сплавів дозволило визначити склад порошкового дроту ПП-50Х6В2ГСМФА.

3. Використання оболонки порошкового дроту зі сталі 65Г та супутнього легування вуглецем з феросплавів дозволяє не використовувати графіт в якості головного вуглецьутворюючого компонента шихти.

4. Наплавлена порошковим дротом сталь 50Х6В2ГСМФА дозволяє підвищити стійкість пресових матриць для екструзування сплавів міді в умовах ТОВ «ЗКМ» у 2,4...2,5 рази з одночасним зниженням собівартості у 1,5...2,0 рази.

Список літератури/References

- Гринь А.Г., Пресняков В.А., Бойко И.А., Волков С.М. (2011) Анализ причин износа рабочих втулок при пресовании заготовок с заготовок на гидравлических прессах. [Электронный ресурс]. *Научный Вестник Донбасской державной машиностроительной академии, Краматорск*, 1(7Е), 27–32. Режим доступу: http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/TITUL.html
- Grin, A.G., Presnyakov, V.A., Boiko, I.A., Volkov, S.M. (2011) Analysis of causes of working bushing wear in pressing of billets on hydraulic presses. *Visnyk DGMA, Krमतatorsk*, 1(7E), 27–32 [in Russian]. http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/TITUL.html
- Rajieva, R., Sadagopan, P., Shanmuga, Prakasha R. (2020) Study on investigation of hot forging die wear analysis – An industrial case study. *Materials Today: Proceedings*, 27, 3, 2752–2757.
- Юзвенко Ю.А., Кирилук Г.А., Мальцев Н.А. (1976) Выбор состава для износостойкой наплавки пресового инструмента. *Сварочное производство*, 1, 22–23.
- Yuzvenko, Yu.A., Kirilyuk, G.A., Maltsev, N.A. (1976) Selection of composition for hardfacing of extrusion tool. *Svarochn. Proizvodstvo*, 1, 22–23 [in Russian].
- Карпенко В.М., Кошевой А.Д., Катренко В.Т. и др. (1980) Оптимизация состава наплавленного металла для пресового инструмента. Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавка деталей и оборудования металлургии и энергетики. Киев, ИЭС им. Е.О. Патона АН УССР, сс. 42–48.
- Karpenko, V.M., Koshevoj, A.D., Katrenko, V.T. et al. (1980) Optimization of deposited metal composition for extrusion tool. In: *Theoretical and technological fundamentals of surfacing. Surfacing of parts and equipment of metallurgy and power engineering*. Kyiv, PWI, 42–48 [in Russian].

5. Correa, E.O., Alcántara, N.G., Valeriano, L.C. et al. (2015) The effect of microstructure on abrasive wear of a Fe–Cr–C–Nb hardfacing alloy deposited by the open arc welding process. *Surface and Coatings Technology*, 276, 25 August, 479–484. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.06.026>
6. Eremin, E.N., Losev, A.S. (2015) Wear Resistance Increase of Pipeline Valves by Overlaying Welding Flux-cored Wire. *Procedia Engineering*, 113, 435–440. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.324>
7. Patricio F. Mendez, Nairn, Barnes, Kurtis, Bell et al. (2014) Welding processes for wear resistant overlays. *Journal of Manufacturing Processes*, 16, 1, 4–25, <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2013.06.011>
8. Xiaoru, Hou, Bin, Zhao, Jian, Yang et al. (2014) Fe–0.4wt.% C–6.5 wt.%Cr hardfacing coating: Microstructures and wear resistance with La₂O₃ additive. *Applied Surface Science*, 317, 30 October, 312–318. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.08.118>
9. Xiang Luo, Zidong Wang, Xiaohua Chenc Yanlin Wangb Guang Xu. (2021) Modifying of microstructure and toughness in the weld metal prepared by welding wire containing nanosized titanium oxides. *Materials Science and Engineering: A*, 807, 11 March. 140897, <https://doi.org/10.1016/j.msea.2021.140897>
10. Jurandir Marcos, Sá de Sousa, Mauro Quaresma Lobato et al. (2021) Abrasion resistance of Fe–Cr–C coating deposited by FCAW welding process. *Wear*, 476, 15 July. 203688 <https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.203688>
11. Karsten Gunthe, Jean Pierre Bergmann, Dirk Suchodoll. (2018) Hot wire-assisted gas metal arc welding of hypereutectic Fe–Cr–C hardfacing alloys: Microstructure and wear properties. *Surface and Coatings Technology*, 334, 25 January, 420–428. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.11.059>
12. Dashuang, Liu, Jiayou, Wang, Yu, Zhang et al. (2019) Effect of Mo on microstructure and wear resistance of slag-free self-shielded metal-cored welding overlay. *Journal of Materials Processing Technology*, 270, August, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2019.02.024>
13. Гринь А.Г., Бойко І.А., Дегтяренко Н.Е. (2010) Влияние углеродообразующего компонента порошковой проволоки на образование неметаллических включений в наплавленном металле. Краматорск, *Вестник ДГМА*, 2, 19, 83–87. Grin, A.G., Boiko, I.A., Degtyarenko, N.A. (2010) Influence of carbon-forming component of flux-cored wire on nonmetallic inclusions in deposited metal. *Visnyk DGMA*, 2(19), 83–87 [in Russian].
14. Карпенко В.М., Кошевой А.Д., Катренко В.Т. и др. (1989) Порошковая проволока для наплавки пресового инструмента. Экспресс-информация. *Сварка, термообработка, покрития*, 3, 1–7.
- Карпенко, В.М., Кошевой, А.Д., Катренко, В.Т. (1989) Flux-cored wire for hardfacing of extrusion tool: Express-information. *Сварка, Термообработка, Покрития*, 3, 1–7 [in Russian].
15. Кошевой А.Д., Карпенко В.М., Пресняков В.А. (2000) Исследование процесса легирования металла при наплавке самозащитной порошковой проволокой пресового инструмента. Захист металургійних машин від поломок: Міжвузівськ. темат. зб. Маріуполь, 5, 271–276. Koshevoj, A.D., Karpenko, V.M., Presnyakov, V.A. (2000) *Study of metal alloying process in hardfacing by self-shielded flux-cored wire of extrusion tool*. *Zakhyst Metalurg. Mashyn vid Polomok, Mariupol*, 5, 271–276 [in Russian].
16. Бильик Г.Б., Карпенко В.М., Дорофеев Ю.Д., Богущий А.Д. (1979) Оптимизация состава газослакообразующих компонентов самозащитной порошковой проволоки. *Автоматическая сварка*, 2, 42–50. Bilyk, G.B., Karpenko, V.M., Dorofeev, Yu.D., Bogutsky, A.D. (1979) Optimization of composition of gas-slag-forming components of self-shielded flux-cored wire. *Avtomatich. Svarka*, 2, 42–50 [in Russian].
17. Гринь А.Г., Бойко І.А. (2012) Исследование влияния хрома и углерода в наплавленном металле на прочность схватывания с медным сплавом при горячем прессовании. *Там само*, 3(28), 100–103. Grin, A.G., Boiko, I.A. (2012) Examination of chromium and carbon influence in deposited metal on strength of adhesion with copper alloy in hot pressing. *Visnyk DGMA*, 3(28), 100–103 [in Russian].
18. Гринь О.Г., Бойко І.О., Пресняков В.А., Гаврилов О.В., Оленич О.А., Волков С.М., Паровішник М.М. (2006) Склад порошкового дроту; власник Донбас. держ. машинобуд. акад. Патент на корисну модель 75517 Україна МПК В23К 35/30 (2006.01). № u201204055; заяв. 02.04.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23. Gryn, O.G., Boiko, I.O., Presnyakov, V.A. et al. (2006) *Composition of flux-cored wire*. Pat. on utility model 75517, Int. Cl. B23K 35/30 (2006.01), No. u201204055; fill., 02.04.2012; publ. 10.12.2012 [in Ukrainian].
19. Бойко І.О., Гринь О.Г. (2006) Спосіб визначення твердості матеріалу при підвищених температурах. Патент на корисну модель 78770 Україна МПК G01N 3/40 (2006.01), G01N 3/54 (2006.01); власник Донбас. держ. машинобуд. акад. № u201212755; заяв. 09.11.2012; опубл. 25.03.2013, Бюл. № 6. Boiko, I.O., Gryn, O.G. (2006) *Method of determination of material hardness at higher temperatures*. Pat. on utility model 78770 Int. Cl. G01N 3/40 (2006.01), G01N 3/54 (2006.01); No. u201212755; fill. 09.11.2012; publ. 25.03.2013 [in Russian].

HARDACING OF PRESS TOOL FOR NON-FERROUS METALS USING SELF-SHIELDED FLUX-CORED WIRE 50Kh6V2GSMFA

I.O. Boiko¹, V.V. Pashynskyi², O.G. Pashynska², M.M. Parovishnik³

¹Technical University «Metynvest Polytekhnyka». 88 Gaidar Str., 87500, Mariupol, Ukraine.

²E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.

E-mail: office@paton.kiev.ua

³LLC «ZCM». 42 Heroiv pratsi Str. 84500, Bakhmut, Ukraine

The work is devoted to development of the method of restoration of worn press tools from 3Kh3M3F steel for extrusion of non-ferrous alloys by mechanized hardfacing with self-shielded flux-cored wire. The advantages and disadvantages of different classes of hardfacing materials are considered and use of 50Kh6V2GSMFA steel is proposed. In the case of hardfacing with self-shielded flux-cored wire the alloying part of this steel provides a higher hardness at high working temperatures of pressing, due to a complex hardening of the martensite matrix with carbides of tungsten, chromium and other elements, as well as additional hardening by vanadium nitride. It allowed increasing the tool life. Moreover, alloying by chromium at the level of 5.5 – 6.0% improved adhesion to the processed metal. Resistance to thermal erosion and thermal fatigue strength of the deposited layer was increased by selection and optimization of gas-slag-forming components. Industrial trails of hardfaced steel 50Kh6V2GSMFA, first applied for restoration and hardening of the hot pressing matrices from 3Kh3M3F steel, were conducted at LLC “ZCM” (city of Bakhmut). Compared to new unsurfaced matrices, those restored by hardfacing demonstrated 2.4...2.5 times higher durability, while working diameter drawdown after 5 pressing cycles decreased three times. Total cost of matrix restoration by surfacing is 1.5 – 20 times lower than that of a new matrix from 3Kh3M3F steel. 19 Ref., 4 Fig.

Keywords: press tools, wear, resistance to thermal erosion, adhesion resistance, hardfacing, self-shielded flux-cored wire, medium-chrome steel, durability, restoration cost

Надійшла до редакції 25.05.2022