

**ВІДНОВЛЕННЯ НАПЛАВЛЕННЯМ ЦЕМЕНТОВАНИХ ШТАМПІВ ПРЕС-ФОРМ
ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ І БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ****Т. О. Акритова, М. І. Андрущенко, М. М. Бриков, О. С. Капустян, М. Ю. Осипов**

Національний університет «Запорізька політехніка»

вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063, Україна. E-mail: akritova7@ukr.net

Останнім часом все більше підвищуються вимоги до конкурентоспроможності продукції вогнетривкого та будівельного виробництв на світовому, та зокрема, на українському ринках. Тому значно посилюються вимоги до якості формованих виробів цих галузей. Це зумовило збільшення тиску пресування, міцності і мікротвердості зерен абразивної маси, що призвело до значного підвищення інтенсивності зношування деталей прес-форм, особливо штампів. Штампи для пресування вогнетривких та будівельних виробів частіш за все виготовляють із сталі 20X з наступною цементацією на мартенситну структуру твердістю 62...65 HRC. Причинами виходу із ладу штампів є зношування робочої кромки та шаржування робочої поверхні абразивною масою. Порівняльний аналіз і дослідження можливих способів відновлення показав, що найбільш раціональним в даному випадку є наплавлення. Тому необхідним є вибір та обґрунтування технології наплавлення кромки штампів при збереженні на задовільному рівні опору шаржуванню робочої поверхні. Але ця задача ускладнюється присутністю на поверхні деталі цементованого шару, який містить до 1 % вуглецю. Метою даної роботи є удосконалення технології та пристосування, вибір матеріалів для відновлення наплавленням робочих кромки цементованих штампів із плоскою робочою поверхнею. Досліджено вплив процесу наплавлення кромки штампів на температуру та твердість робочої поверхні на різній відстані від наплавленого валика. Визначено, що в результаті теплового впливу зварювальної дуги спостерігається помітне зниження опірності шаржуванню частини робочої поверхні штампів, яка примикає до наплавленого металу. Показано, що для збереження опірності шаржуванню раціональним є збільшення швидкості охолодження робочої поверхні за допомогою мідних водоохолоджуваних кристалізаторів. Розроблено пристосування для відновлення наплавленням робочих кромки цементованих штампів, яке дозволяє зберегти на задовільному рівні опір шаржуванню робочої поверхні. Для наплавлення штампів обрано електроди ОМГ-Н.

Ключові слова: вогнетривкі вироби, будівельні вироби, прес-форма, цементовані штампи, зношування, шаржування, наплавлення.

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПЛАВКОЙ ЦЕМЕНТИРОВАННЫХ ШТАМПОВ ПРЕСС-ФОРМ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ****Т. А. Акритова, М. И. Андрущенко, М. Н. Брыков, А. Е. Капустян, М. Ю. Осипов**

Национальный университет «Запорожская политехника»

ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, 69063, Украина. E-mail: akritova7@ukr.net

В последнее время повышаются требования к конкурентоспособности продукции огнеупорного и строительного производств на мировом, и в частности, на украинском рынках. Поэтому значительно ужесточаются требования к качеству формируемых изделий этих отраслей. Это обусловило увеличение давления прессования, прочности и микротвердости зерен абразивной массы, что привело к значительному повышению интенсивности износа деталей пресс-форм, особенно штампов. Штампы для прессования огнеупорных и строительных изделий чаще всего изготавливают из стали 20X с последующей цементацией на мартенситную структуру твердостью 62...65 HRC. Причинами выхода из строя штампов является износ рабочей кромки и шаржирование рабочей поверхности абразивной массой. Сравнительный анализ и исследование возможных способов восстановления показал, что наиболее рациональным в данном случае является наплавка. Поэтому необходимым является выбор и обоснование технологии наплавки кромки штампов при сохранении на удовлетворительном уровне сопротивления шаржированию рабочей поверхности. Но эта задача осложняется присутствием на поверхности детали цементованного слоя, который содержит до 1% углерода. Целью данной работы является совершенствование технологии и приспособления, выбор материалов для восстановления наплавкой рабочих кромки цементированных штампов с плоской рабочей поверхностью. Исследовано влияние процесса наплавки кромки штампов на температуру и твердость рабочей поверхности на разном расстоянии от наплавленного валика. Определено, что в результате теплового воздействия сварочной дуги наблюдается заметное снижение сопротивления шаржированию части рабочей поверхности штампа, которая примыкает к наплавленному металлу. Показано, что для сохранения сопротивления шаржированию рациональным является увеличение скорости охлаждения рабочей поверхности с помощью медных водоохлаждаемых кристаллизаторов. Разработано приспособление для восстановления наплавкой рабочих кромки цементированных штампов, которое позволяет сохранить на удовлетворительном уровне сопротивление шаржированию рабочей поверхности. Для наплавки штампов выбраны электроды ОМГ-Н.

Ключевые слова: огнеупорные изделия, строительные изделия, пресс-форма, цементированные штампы, изнашивание, шаржирование, наплавка

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Останнім часом все більше підвищуються вимоги до конкурентоспроможності продукції вогнетривкого та будівельного

виробництв на світовому ринку і, зокрема, на ринку України [1, 2]. Тому значно посилюються вимоги до якості формованих виробів цих галузей. Це зумови-

ло збільшення тиску пресування, міцності і мікротвердості зерен абразивної маси, що призвело до значного підвищення інтенсивності зношування деталей прес-форм, особливо штампів.

Штампи для пресування вогнетривких та будівельних виробів частіш за все виготовляють із сталі 20X з наступною цементацією на мартенситну структуру [3] твердістю 62...65 HRC [3, 4]. Причинами виходу з ладу штампів є зношування робочої кромки та шаржування робочої поверхні абразивною масою [5].

Історія досліджень проблеми зносостійкості, експлуатаційної надійності, способів відновлення штампів і матеріалів для цього складає не менше сорока років. Спочатку цими питаннями безпосередньо займалися спеціалісти виробництва, але пізніше гострота проблеми збільшувалась. Зусилля пресування підвищились до трьох разів, стали використовувати більше абразивів високої мікротвердості, зросли програми випуску виробів, ціни на сталі, електродні матеріали та інше. Тому підприємства почали запрошувати для виконання робіт наукові організації, які працювали в області триботехнічного матеріалознавства, зварювання та наплавлення. Значний обсяг таких робіт був виконаний в Національному університеті «Запорізька політехніка», зокрема доцентом кафедри «Обладнання та технологія зварювального виробництва» Ткаченко Ю.М.

Порівняльний аналіз показав, що найбільш раціональним серед можливих способів відновлення цементованих штампів є наплавлення. Техніко-економічна доцільність застосування наплавлення обумовлена тим, що ці деталі вимагають незначних обсягів матеріалів для наплавлення при порівняно великій основній своїй масі, достатньо технологічні, що гарантує високу економічну ефективність процесів їх відновлення [6].

Ткаченко Ю. М. та ін. [3] було досліджено можливість відновлення наплавленням штампів прес-форм для пресування шамотних формованих виробів. Було використано п'ять груп дослідних електродних матеріалів: 1) ПП-3Х2В8 (проміжні структури розпаду аустеніту); 2) ПП-АН 105 (аустенітна стабільна структура); 3) ПП-АН 103, ПП-АН 104, ПП-Х12Ф1-О (метастабільна аустенітна структура); 4) ПП-У30Х14СМФ, ПП-АН 125 (мартенситно-аустенітна структура з карбідною фазою в межах 3-7%); 5) ПП-АН 170, ПП-АН 101 (мартенситно-аустенітна структура з карбідною фазою 44% і 62% відповідно).

Випробування наплавлених штампів показали, що експлуатаційна надійність незадовільна, якщо в структурі наплавленого металу кількість карбідної фази перевищує 13%, навіть в тих випадках, коли вони знаходяться переважно в аустенітній матриці. Крім того, було визначено, що оптимальним сполученням зносостійкості й експлуатаційної надійності володіє наплавлений метал зі структурою нестабільного залишкового аустеніту, який у процесі абразивного зношування перетворюється в мартенсит деформації. Цим вимогам відповідає дослідний метал, наплавлений порошковим дротом ПП-Х12Ф1-О, розробленим в НУ «Запорізька політехніка». Але

через велику швидкість охолодження наплавленого металу неможливо було реалізувати його потенціальні можливості в повній мірі. Надмірно великий вміст вуглецю та хрому в аустеніті обумовлює достатньо низький рівень температури початку мартенситного перетворення M_n . Тому при охолодженні наплавленого металу до кімнатних температур в структурі залишається близько 100% стабільного аустеніту. Його стабільність до перетворення у мартенсит деформації в процесі безударного абразивного зношування надмірно висока. А отже, зносостійкість помітно нижча рівня, який досягається в сталях типу 140Х12Ф1, загартованих на структуру з 70-75% залишкового аустеніту [7]. Тому для зменшення швидкості охолодження в роботі [3] було запропоновано використання екзотермічного флюсу складу $KNO_3+Al+CaSi_2$.

Термокінетична діаграма охолодження наплавленого металу (рис. 1) дозволяє визначити, що використання екзотермічного флюсу зменшує швидкість охолодження у п'ять разів.

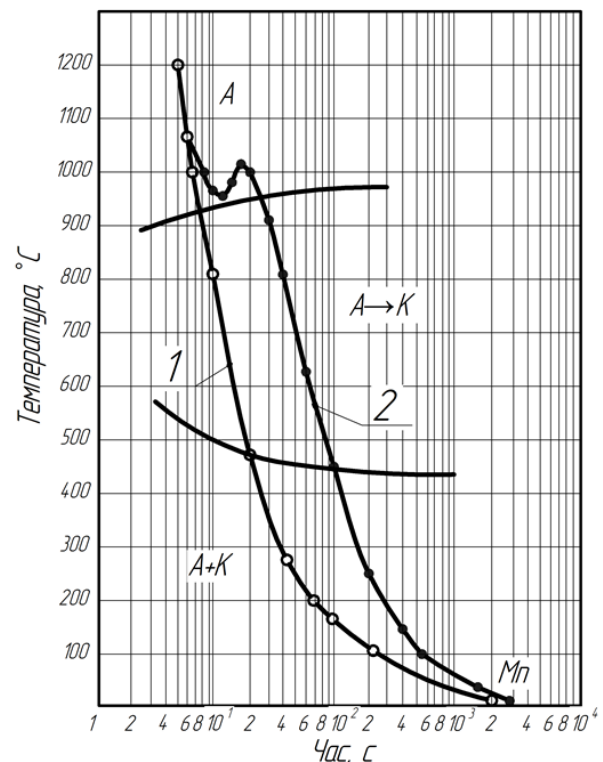


Рисунок 1 – Термокінетична діаграма охолодження наплавленого металу [3]:

1 – нормальна крива охолодження; 2 – крива охолодження металу, термообробленого екзотермічним флюсом за оптимальним режимом

Але слід зазначити, що результати дослідження, які наведені вище належали до нецементованих штампів прес-форм.

В роботах [8, 9] показана можливість наплавлення деталей із цементованою поверхнею. За нашими спостереженнями на підприємствах здійснюють відновлювальне наплавлення зношеної кромки цементованих штампів маловуглецевими нелегованими зварювальними матеріалами, наприклад, електродами АНО-4 при силі струму 160...220 А. Але

зносостійкість наплавленого металу з феритною структурою при цьому в рази нижча, ніж робочої кромки нового цементованого штампу. Крім того, в результаті теплового впливу зварювальної дуги спостерігається помітне зниження опірності шаржуванню частини робочої поверхні штампа, яка примикає до наплавленого валика.

Як один із підходів до вирішення проблеми шаржування відновлених штамтів існує можливість зменшення негативного термічного впливу на структуру біляшовної зони шляхом зниження погонної теплової енергії процесу наплавлення: ручне або напівавтоматичне наплавлення із застосуванням електродів або дротів малих діаметрів (2...3 мм і 1,2...1,4 мм відповідно) при порівняно невеликій силі струму 90...120 А. Однак, через низьку потужність дуги, зона сплавлення наплавленого металу з основним розташовується в межах цементованого шару, що призводить до сколювання фрагментів наплавленого валика в процесі роботи штамтів [6].

В роботі [8] показано, що для збереження опірності шаржуванню робочої поверхні штампу прес-форм зі сталей типу 20Х раціональним є збільшення швидкості охолодження робочої поверхні, яка примикає до наплавленого валика, шляхом використання мідних водоохолоджуваних кристалізаторів.

В загальному вигляді основні вимоги, які пред'являються до матеріалів і процесу відновлення наплавленням зношених кромки цементованих штамтів, наступні:

- повинен забезпечуватись достатній рівень опірності крихкому руйнуванню та пластичній деформації (зминанню) робочої кромки при її взаємодії з облицювальною пластиною прес-форм;

- процес відновлення наплавленням робочих кромки не повинен призводити до істотного зниження опірності шаржуванню робочої поверхні штамтів.

Отже, актуальним є вибір та обґрунтування технології відновлення робочої кромки штамтів наплавленням, при збереженні на задовільному рівні опору шаржуванню робочої поверхні. Але наявність на робочих поверхнях деталей шару з високим вмістом вуглецю (до 1 %) висуває ряд питань, пов'язаних з технологією відновлення, вибором матеріалів для наплавлення та способів управління структурним станом наплавленого металу.

Метою статті є вибір технології відновлення наплавленням робочих кромки цементованих штамтів з плоскою робочою поверхнею та обґрунтування конструкції мідних водоохолоджуваних кристалізаторів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Дослідження температурного режиму наплавлення з використанням хромель-копелевих термопар, приварених до поверхні штампу (рис. 2) показали, що в зоні, де відбувається різке зниження опірності шаржуванню, температура поверхні досягає 550...700° С.

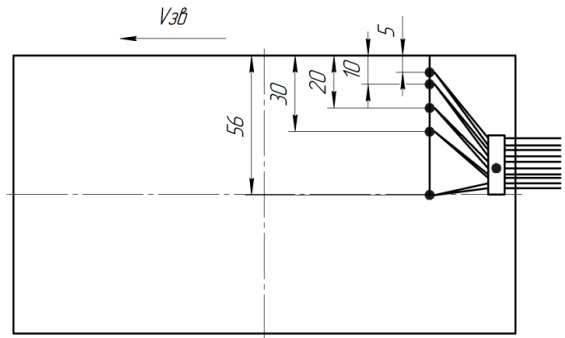


Рисунок 2 – Схема розташування хромель-копелевих термопар, приварених на робочу поверхню штампа

Охолодження при цьому відбувається досить повільно. Це обумовлює небажані структурні зміни в цементованому шарі, а саме перетворення мартенситу в перліт, що призводить до зниження твердості до 20...25 HRC (табл. 1). Випробування на агрегатну твердість досліджуваних зразків проводили на приладі TP-5006.

Таблиця 1 – Зміна температури і твердості робочої поверхні на різних відстанях від кромки штампу, наплавленої без примусового охолодження

Відстань від кромки штампу, мм	5	10	20	30	56
Температура, t°С	700	630	510	400	170
Твердість, HRC	20	32	55	62	65

Роботи по відпрацюванню конструкції пристосування з кристалізатором для наплавлення штамтів з плоскою робочою поверхнею, показали, що в загальному вигляді вона повинна відповідати схемі, наведеній на рис. 3.

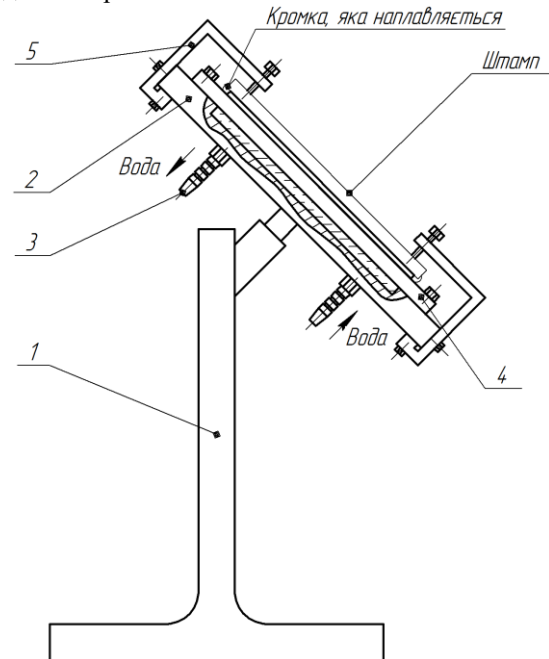


Рисунок 3 – Схема пристосування з мідним водоохолоджуваним кристалізатором для наплавлення робочих кромки штамтів

Власне кристалізатор складається із мідної пластини 4, притиснутої через резиновий ущільнювач до сталюї плити 2. В плиті виконано заглиблення (порожнина) для проточної води, яка подається і відводиться через штуцери 3. Для рівномірності омивання водою мідної пластини, в заглибленні плити на рівній відстані від штуцерів залишається, при його фрезеруванні, перегородка (ребро), між кряями якої і стінками порожнини існують зазори (3..5 мм) для циркуляції води.

Для забезпечення щільності прилягання поверхні штампа до мідної пластини призначені дві струбцини 5, які прикріплені гвинтами до плити. Кристалізатор з'єднаний зі стояком 1 через шарнірну муфту, що передбачає можливість установки кристалізатора зі штампом в зручне для наплавлення положення.

Особливістю конструкції мідної пластини є те, що поверхня, до якої притискається штамп для наплавлення кромки, виконана в двох площинах. Та з них, до якої притискається основна частина робочої поверхні штампу підноситься над площиною в зоні наплавлення кромки на 1,0...1,5 мм. Це обгрунтовано тим, що при напавленні кромки без такого перепаду площин кристалізатора після видалення шлаку з напавленого валика, його частина, яка примикає до робочої поверхні буде нижча рівня необхідного для формування заданої геометрії кромки. При напавленні кромки на мідному формувачі з перепадом його поверхонь цей недолік не проявляється (рис. 4).



Рисунок 4 – Геометрична форма валиків, напавлених на робочу кромку цементованого штампа із сталі 20Х з використанням мідного водоохолоджуваного кристалізатора

При напавленні на струмах до 200 А, температура поверхні штампу на відстані 5...10 мм від перехідної зони досягає 450° С. Але завдяки швидкому охолодженню це не призводить до істотного зниження твердості і опірності шаржуванню (табл. 2).

Таблиця 2 – Зміна температури і твердості робочої поверхні на різних відстанях від кромки штампу, напавленої із примусовим охолодженням

Відстань від кромки штампу, мм	5	10	20	30	56
Температура, t °С	580	470	330	220	–
Твердість, HRC	46	57	63	64	65

При цьому досягається підвищена до трьох разів, в порівнянні з попереднім варіантом, глибина проплавлення. Велика частина зони сплавлення формується за участю відносно пластичної маловуглецевої ферито-перлітної серцевини цементованої деталі. Це забезпечує достатню надійність експлуатації відновлених деталей [6]. Геометрія напавленого валика дозволяє механічною обробкою сформувати необхідну форму робочої кромки.

Важливою складовою технології відновлення штамів є вибір електродних матеріалів для напавлення. В таблиці 3 наведені марки електродів та тип напавленого металу із зазначенням його властивостей та типових структур. Структура напавленого металу змінюється від заевтектичної до практично повністю аустенітної.

Структура металу, напавленого матеріалами першої групи (табл. 3), характеризується великою кількістю фаз, які зміцнюють (карбіди та карбоборіди). Але, не дивлячись на достатньо високу зносостійкість напавленого металу (рис. 5), використання цих електродних матеріалів не перспективне через схильність до крихкого руйнування напавленої кромки. Тому ці електроди не прийнятні для напавлення кромки штамів. Матеріали другої групи (табл. 3) з переважно мартенситною структурою також не володіють експлуатаційною надійністю. Достатньо високу надійність при експлуатації кромки можна забезпечити при напавленні матеріалом з переважно аустенітною структурою (табл. 3), але зносостійкість при цьому нижче, ніж цементованого шару на низьколегованих ферито-перлітних сталях. Серед цих матеріалів найбільшою зносостійкістю характеризується метал, напавлений електродом ОМГ-Н. Тому на даному етапі для напавлення цементованих штамів можна рекомендувати саме ці електроди.

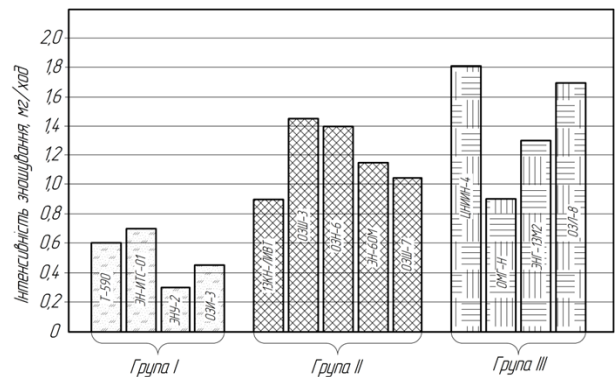
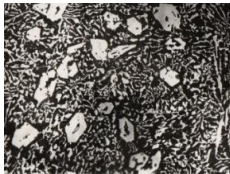




Рисунок 5 – Інтенсивність зношування металу, напавленого електродом матеріалами трьох груп

Виробничі дослідження процесу напавлення цементованих штамів прес-форм із використанням мідних кристалізаторів показали, що режими напавлення повинні бути наступними: зварювальний струм – 150...200 А; напруга на дузі – 29...32 В; рід струму – постійний, зворотної полярності; швидкість напавлення 0,4...0,8 м/хв, обирається зварювальником в залежності від величини зносу кромки і відповідного необхідного розміру валика, який наплавляється; витрата води 2...3 л/хв.

Таблиця 3 – Марки електродів, тип наплавленого металу, його властивості та характерна структура [10, 11]

№ гр	Марка електродів	Тип наплавленого металу	Твердість HRC	Мікротвердість H _{0,5} , ГПа	Експлуатаційна надійність	Характерна структура наплавленого металу
I	T-590	320X25C2ГР	55-58	8,7	–	
	ЭН-ИТС-01	350X33Р	54-56	7,5	–	
	ЭНУ-2	350X15Г3Р1	55-57	8,9	–	
II	13КН-ЛИВТ	80X4С	47-51	7,5	–	
	ОЗШ-3	37X9С2	56-58	7,9	–	
	ОЗН-6	50С4Г3Х2Р	57-59	7,6	–	
	ЭН-60М	70X3СМГ	58-60	8,2	–	
	ОЗШ-7	40X11С3М	57-61	7,8	–	
III	ЦНИИН-4	X14Г14Н3Г	16-20	3,2	+	
	ОМГ-Н	65X11Н3	27-29	7,0	+	
	ЗНГ-13М2	110Г13	16-20	5,4	+	
	ОЗЛ-8	07X20Н9	–	2,6	+	

ВИСНОВКИ. Відновлення наплавленням робочих кромek штампів необхідно проводити порівняно потужною дугою, щоб забезпечити глибину проплавлення в 2 – 3 рази вище, ніж глибина насиченого вуглецем шару. При цьому, для запобігання значного зниження опірності шаржуванню, необхідно здійснювати прискорене примусове охолодження наплавленого валика і робочої поверхні штампа шляхом застосування мідних водоохолоджуваних кристалізаторів. Серед електродних матеріалів для наплавлення найбільшою надійністю в експлуатації характеризується метал, наплавлений електродами третьої групи, який має переважно аустенітну структуру. В якості проміжного варіанту для наплавлення штампів можна вибрати електроди ОМГ-Н. Задача збільшення зносостійкості в порівнянні з цим матеріалом потребує подальших пошуків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Характеристика українського ринку огнеупоров. *Металл-кур'єр*. 2018. № 3 (36). С. 50–54.
2. Нелюбова В. В., Строкова В. В. Технологія силікатних пресованих матеріалів. *Обзор новаций для развития производства. Строительные материалы*. 2019. № 8. С. 6–13.
3. Зносостійкість сплавів, відновлення та зміцнення деталей машин: навч. посіб. Запоріжжя: ВАТ «Мотор Січ», 2006. 420 с.
4. Олешук І. Г., Босяков М. Н., Моисеєнко А. Н., Федорук Г. Ф. Ускоренное формирование науглероженного слоя методом ионно-плазменной цементации. *Современные методы и технологии создания и обработки материалов*. Минск, 2019. С. 255–267.

5. Акритова Т., Андрущенко М., Капустян О., Куликовський Р., Осіпов М. Технологія зміцнення штампів прес-форм для виготовлення вогнетривких і будівельних виробів шляхом цементації. *Технічні науки та технології*. 2020. №2 (20). С. 62–73.

6. Куликовський Р. А. Восстановление наплавкой штампов пресс-форм. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. 2012. № 2. С. 67–70.

7. Ткаченко Ю. М. Влияние скорости охлаждения на структуру высокоуглеродистого наплавленного металла. *Автоматическая сварка*. 2000. № 8. С. 28–29.

8. Андрущенко М. И., Осіпов М. Ю., Куликовський Р. А., Капустян А. Е., Магда Е. С. Материалы, технология и специальная оснастка для упрочнения и восстановления штампов для прессования полых цилиндрических огнеупоров. Часть 2. Особенности упрочнения и восстановления штампов наплавкой в производственных условиях. *Проблемы трибологии (Problems of Tribology)*. 2017. № 1. С. 90–96.

9. Хайдарова А. А., Гнусов С. Ф. Влияние параметров сварки модулированным током на структуру аустенитного металла, наплавленного на сталь 45X25H35СВ со стороны науглероженного слоя. *Сварка и Диагностика*. 2011. № 4. С. 32–37.

10. Рябцев И. А., Сенченков И. К. Теория и практика наплавочных работ. К.: Екотехнология, 2013. 400 с.

11. Чейлях А. П., Чейлях Я. А., Самотугина Ю. С. Перспективные упрочняющие технологии обработки материалов: уч. пособие. Мариуполь: ООО «ППНС», 2016. 378 с.

RESTORING THE CARBURIZED STAMP OF PRESS-MOLDS FOR MANUFACTURING THE REFRACTORY AND CONSTRUCTION PRODUCTS BY SURFACING

T. Akrytova, M. Andrushchenko, A. Kapustian, M. Brykov, M. Osipov
Zaporizhzhia Polytechnic National University
vul. Zhukovsky, 64, Zaporizhzhia, 69063, Ukraine. E-mail: akritova7@ukr.net

Purpose. Recently the requirements to product competitiveness of refractory and construction industries are rising on the world markets and in particular, on the Ukrainian one. Therefore, the requirements are getting significantly tougher to quality of formed products in these industries. It caused that pressing pressure, strength and microhardness of abrasive grains are increase, which led to a significant increase in the wear rate of mold parts, especially carburized stamps. Stamps for pressing refractory and building products are most often made of 20X steel, followed by cementation to a martensite structure with a hardness of 62 ... 65 HRC. The reasons for the failure of the stamps are: firstly, wear of the working edge, secondly, saturation of the working surface with an abrasive mass, which leads to the formation of an abrasive crust. Restoration and hardening of stamps will improve the quality of the formed products and increase the service life of the press-mold. The purpose of this work is to select a device and materials for restoration by surfacing of carburized stamps. **Methodology.** The temperature regime of stamp surfacing was studied using thermocouples welded to the surface of the part. The tests for aggregate hardness of samples were carried out using the standard procedure on a TR-5006 device. The temperature and hardness values were measured at a certain distance from the convex bead: 5, 10, 20, 30, 56 mm. **Findings.** It is determined that as a result thermal effect of the welding arc there is a reduced resistance of stamp working part to saturation of the surface layer with abrasive particles. This is especially true of the work surface, which adjoins convex bead. Therefore, to increase the cooling rate of working surface while surfacing it requires using a device with a water-cooled copper crystallizer. **Originality.** The devices and materials for surfacing of carburizing stamps are selected, with containing about 1% carbon in the surface layer. **Practical value.** The device for restoration of working edges of carburized stamps by surfacing was developed, which allows you to save at a satisfactory level resistance saturation of the working surface with an abrasive mass. **Conclusions.** There are both selected technology and developed device obtained for restoring the carburized stamp of press- molds by surfacing, which are used in refractory and construction industries.

Key words: refractory products, construction products, press-mold, carburized stamps, surfacing.

REFERENCES

1. "Kharakteristika ukrainskogo rynku ogneporov" [Characteristics of the Ukrainian refractories market] (2018), *Metall-kur'yer* [Metal courier], issue 3 (36), pp. 50–54.
2. Neliubova, V. V., Strokova, V. V. (2019), "Tekhnologiya silikatnykh pressovannykh materialov. Obzor novatsii dlia razvitiia proizvodstva" [Silicate pressed materials technology. Overview of innovations for the development of production], *Stroitelnye materialy* [Construction Materials], issue 8, pp. 6–13.
3. *Wear resistance of alloys, restoration and strengthening of machine parts* (2006), Zaporizhzhia: VAT «Motor Sich», 420 p.
4. Oleshuk, I. G., Bosiakov, M. N., Moysenko, A. N., Fedoruk, G. F. (2019), "Uskorennoe formirovanie nauglerozhennogo sloia metodom ionno-plazmennoi tsementatsii" [Accelerated formation of carburized layer by ion-plasma cementation method]. *Sovremennye metody i tekhnologii sozdaniia i obrabotki materialov* [Modern methods and technologies for creating and processing materials], Minsk, pp. 255–267.
5. Akrytova, T., Andrushchenko, M., Kapustian, O., Kulykovskiy, R., Osipov, M. (2020), "Tekhnologiya zmitsnennia shtampiv pres-form dlia vyhotovlennia vohnetryvnykh i budivelnykh vyrobiv shliakhom tsementatsii" [Hardening technology of stamps molds for the manufacture of refractory and building products by cementation], *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii* [Technical sciences and technologies], issue 2 (20), pp. 62–73.
6. Kulykovskiy, R. A. (2012), "Vosstanovlenie naplavkoi shtampov press-form" [Recovery stamps molds by surfacing], *Novi materialy i tekhnolohii v metalurhii ta mashynobuduvanni* [New materials and technologies in metallurgy and mechanical engineering], issue 2, pp. 67–70.
7. Tkachenko, Yu. M. (2000), "Vliianie skorosti okhlazhdeniia na strukturu vysokouglerodistogo naplavlennogo metalla" [Influence cooling rates on high-carbon deposited metal structure], *Avtomaticheskaia svarka* [Automatic welding], issue 8, pp. 28–29.
8. Andrushchenko, M. I., Osipov, M. Yu., Kulykovskiy, R. A., Kapustian, A. Ye, Mahda, E. S. (2017), "Materialy, tekhnologiya i spetsialnaia osnastka dlia uprochneniia i vosstanovleniia shtampov dlia pressovaniia polykh tcilindricheskikh ogneporov. Chast 2. Osobennosti uprochneniia i vosstanovleniia shtampov naplavkoi v proizvodstvennykh usloviiah" [Materials, technology and special equipment for strengthening and restoration of dies for pressing the hollow cylindrical refractory. Part 2. Features of hardening and restoration of welding dies in a production environment], *Problemy tribologii* [Tribology problems], issue 1, pp. 90–96.
9. Khaidarova, A. A., Hniusov, S. F. (2011), "Vliianie parametrov svarki modulirovannym tokom na strukturu austenitnogo metalla, naplavlennogo na stal 45Kh25N35SB so storony nauglerozhennogo sloia" [Influence of parameters of modulated current welding on structure of austenitic metal, which surfacing on steel 45x25n35sb from the side of the carburized layer], *Svarka i Diagnostika* [Welding and diagnostics], issue 4, pp. 32–37.
10. Riabtsev, I. A., Senchenkov, I. K. (2013), *Teoriia i praktika naplavochnykh robot* [Theory and practice of surfacing works], Kiev: Ekotehnology, 400 p.
11. Cheiliakh, A. P., Cheiliakh, Ya. A., Samotuhyna, Yu. S. (2016), "Perspektivnye uprochniiaushchie tekhnologii obrabotki materialov" [Advanced hardening's technologies of material processing], Mariupol: PPNS, 378 p.

Стаття надійшла 02.06.2020.