

УДК 621.891

DOI: 10.18372/0370-2197.2(91).15530

Є. А. ЗАХАРОВ, Ю. С. ПОПІЛЬ, В. М. КОРЖ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, Київ

ВПЛИВ ДЖЕРЕЛ НАГРІВУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВОДНЕВО-КИСНЕВОЇ СУМІШІ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ РЕЛІТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуті питання по використанню стрічкового реліта для наплавлення на малогабаритні деталі складної форми, з застосуванням в якості джерел енергії, газового полум'я, плазмового струменя де робочим газом є воднево-киснева суміш. Визначені умови, утворення та формування структури наплавленої поверхні в залежності від теплових характеристик концентрованих джерел енергії та технологічних параметрів процесів, представлені результати твердості матриці, характер розподілення твердих часток в ній.

Ключові слова: *стрічковий реліт, карбід вольфраму, плазмовий струмінь, структура*

Вступ. На сьогоднішній день в Україні і закордоном знаходиться застосування композиційні покриття для отримання підвищеної надійності, та довговічності деталей машин. Такі покриття можуть застосовуватись, як зносостійкі поверхні на виготовлених та відновлених виробках металургійного, гірничо-нафтодобувного, енергетичного, хімічного обладнання, штампового і пресового інструмента, в авіабудуванні, деталях автомобільного, залізничного і судового транспорту, газоперекачувальних установках, сільськогосподарській техніці та інше.

Ефективне використання сучасних технологій відновлення базується на можливості отримання зносостійких шарів, функціональних поверхонь з заданими властивостями, які забезпечують максимальну міцність і довговічність при мінімальній вартості.

Поєднання триботехнічних властивостей матеріалів і режимів отримання їх на поверхні виробу з застосуванням сучасних ресурсозберігаючих технологій - одна з основних задач сьогодення.

Вибір того чи іншого методу відновлення полягає в техніко-економічному аналізі до відновлених деталей з врахуванням умов їх експлуатації, матеріалів для наплавлення та наявність на виробництві джерел енергії. Одним з сучасних підходів до відновлення деталей є використання вискоелективних, концентрованих джерел енергії, для яких характерна мобільність, високий ресурс роботи.

Огляд публікацій та аналіз не вирішених проблем. найвищу зносостійкість при роботі в зазначених умовах мають композиційні покриття на основі тугоплавких сплавів.

Композиційні матеріали «зерна реліту - матриця на основі заліза» застосовують для підвищення зносостійкості бурового обладнання та інструменту, будівельної техніки, виготовлення ножів для роздільного різання металу і тощо. При цьому найвищу зносостійкість при роботі в зазначених умовах мають композиційні покриття на основі тугоплавких сплавів. Сучасні технології нанесення газотермічних покриттів направлені на підвищення абразивної зносостійкості, і не дозволяють їх експлуатувати в умовах комбінованого ударного абразивного

зношування, тому при роботі в зазначених умовах мають застосовуватись композиційні покриття на основі тугоплавких сплавів які наплавляються [1].

Найкращі зносостійкі властивості має реліт, евтектичний сплав моно і полукарбіду вольфраму WC+ W₂C(20-22 % WC+78-80 % W₂C) [2].

Основними способами отримання зносостійких поверхонь з використанням релітних композицій є: аргоно-дугове, плазмове, ацетилено-кисневе, індукційне наплавлення та інші, при застосуванні порошку карбіду вольфраму в сферичних гранулах крім високої твердості і міцності, має високу сипучість, що зумовлює його широке застосування при плазмово-порошковому і лазерному напавленні [3, 4].

Показником структурного складу і продуктивності наплавлення релітними композиціями є потужність електричної дуги, плазмового струменя, який впливає на формування напавлених шарів, основним показником є погонна енергія. Аналіз технічної літератури показує, що при напавленні стрічкового матеріалу за допомогою лазерного променя, погонна енергія складає від 267 до 320 Дж/мм, для напавлення в захисних газах складає від 870 до 960 Дж/мм, при напавці під флюсом від 1890 до 3780 Дж/мм [5]. Щільність енергії яка передається від плазмового струменя, до нагріваємої поверхні виробу в два рази більша ніж відкритої не стисненої дуги, при такій щільності енергії швидкість тепловідводу в деталь, більше швидкості теплопередачі, це дозволяє наплавляти за один прохід невелику товщину валика з малою долею присутності основного металу в напавленому шарі, та зменшення напружень і деформацій в виробі [6].

Стійкість карбідів залежить від температури дисоціації і плавлення. При стандартних способах напавлення карбіди вольфраму встигають дисоціювати і розчинитися в основній масі заліза, яке знаходиться в матриці. Утворюються в матриці термічно стійкі карбіди, які запобігають перегріванню карбіду вольфраму. Оскільки розчинення карбідів процес дифузійний, він відбувається в часі, це може відбуватися при довготривалих термічних процесах. Враховуючи, що при електродугових, плазмо-дугових процесах, процес дифузії короткочасний, тривалість нагрівання повного розчинення карбіду вольфраму може не відбутися і карбіди частково перейдуть в рідку ванну [7, 8, 9, 10, 11].

Матриця, її фізичні властивості, є основними показниками до ресурсу робочої релітної напавленої поверхні. Матриця відрізняється твердістю, яка визначається по методу Роквелла, HRC 10-20 дуже м'яка матриця, HRC 15-20-м'яка, HRC 25-30-середня твердість, HRC 30-35-тверда, HRC 50-55-дуже тверда. Більш тверда матриця призначається для створення інструменту для буріння більш твердих гірничих порід. Правильний вибір та отримання твердості матриці задає темп її зношування і оголення зерна [12]. Склад сплавів матриці представ в табл.1, для стрічкового реліту ЛС 6-7, основою матриці є залізо, може використовуватись нікель та інші метали .

Таблиця 1

Хімічний склад сплавів, використаних в якості матриці

Тип сплава	Вміст елементів, мас.%									HRC
	C	Si	B	Ni	Cr	V	Mo	Fe	Mn	
Ni-основа	0.5	2.6	2.2	основа	13.5	-	-	2.1	-	40
Fe-основа	2.2	0.6	-	2.7	18.2	7.8	2.5	основа	0.8	44

При наплавленні релітними композиціями основна увага приділяється легкому плавленні м'якої фази і не перегріванню твердої фази, що здійснюється за допомогою регулювання технологічних параметрів процесу, використання флюсів, захисних газів та інших прийомів. Швидкість занурення твердих частинок карбіду вольфраму в рідкому металі матриці розглянуто в роботі [13], температуру нагрівання зварювальної ванни в даній точці [13].

При виготовленні та відновленні виробів, які працюють в складних умовах, для створення зносостійких поверхонь з підвищеною функціональністю, крім фізичних властивостей, високі вимоги пред'являються до ефективності та мобільності технології наплавлення. Крім фізичних властивостей полум'я утворюючого середовища важливим показником є взаємодія середовища з рідким матеріалом. Воднево-киснева суміш (ВКС), яка виробляється в співвідношенні 2:1 носить окислювальний потенціал, і при наплавленні сталей відбувається інтенсивне окислення, що знижує механічні властивості наплавленого металу шва. Регулювати окислювально-відновлювальні реакції, можливо за рахунок введення в суміш вуглеводневих сполук, додаткових розкислювачів, через присадковий матеріал, або флюси [14]. При наплавленні реліту, чиста ВКС є найбільш ефективною, так як водень з одного боку захищає зварювальну ванну від окислювання, має високу теплопровідність і викликає помітні зменшення вуглецю в залізобуглецевих сплавах [15]. При використанні ВКС, як плазмоутворюючої суміші, за рахунок високих температур плазми більших 5000 К, та процесів в ядрі струменю, знижується можливість проникнення кисню на нагріту оброблювальну поверхню [16].

З цією метою на кафедрі смарт технологій з'єднань та інженерії поверхонь, ІМЗ ім. Є. О. Патона, КПІ ім. Ігоря Сікорського проводяться роботи з розробки технологій використання воднево-кисневого полум'я для наплавки зносостійких матеріалів в ручному режимі та механізованому з використанням воднево-кисневої плазми [17, 18].

Мета роботи. Дослідити вплив фізико-хімічних процесів в струмені плазми, полум'я при використанні в якості, плазмоутворювальної, пальної, воднево-кисневої суміші (ВКС), на механічні властивості наплавленого шару релітних композицій, за рахунок зміни структури та розподілення зерен карбіду вольфраму в якій частині композиту. Розробити технологію наплавлення з послідувальною механічною обробкою наплавленого шару на малогабаритних деталях складної форми.

Методи дослідження. В якості зносостійкого матеріалу використовувався стрічковий реліт ЛС 6-7 з розміром частки реліта основної фракції 0,45-0,63мм.

Фіксувалися технологічні параметри процесу, швидкість наплавлення, продуктивність, геометрія валика, втрати на розбризування, ефективність використання теплової енергії визначали через ефективний К.К.Д. наплавлення. Ефективна теплова потужність джерела нагрівання вклада в поверхню металічного зразка досліджувалась калориметром та розраховувалась. Для обґрунтування технологічних процесів формування шару за критерій була обрана погонна енергія джерела енергії.

З наплавлених валиків вирізали повздовжні зразки для дослідження структури та фазового складу металу швів, а також вимірювання мікротвердості. Для травлення шліфів використовували 4% розчин азотної кислоти в спирті. В процесі травлення, на досліджуваній об'єкт здійснювалося тимчасовий вплив, за

умови однакового температурного впливу в діапазоні 20-25 °С. Час травлення варіювався від 15 до 60 с, залежно від хімічного складу зразка. Протравлені шліфи оглядалися і фотографувалися на спеціальному оптичному металографічному мікроскопі Olympus GX51, який має в своєму складі аналізатор зображень SIAMS 700, твердоміром ИТ5010-01 вимірювалась мікротвердість наплавленого реліту у різних композиційних шарах.

Використовувалася таке обладнання: Для порівняння та аналізу режимів наплавлення в дослідженні застосовувалися обладнання для аргонно-дугового TIG процесу наплавлення, газополуменового, ацетилено-кисневого та наплавлення з ВКС використанням стандартних пальників. Для підвищення ефективності та механізації процесу наплавлення застосовували воднево-кисневий плазманий струмінь рис.1. Електролізно-водяний генератор моно полярного типу А1803УХЛЧ, з максимальною продуктивністю по виробленню воднево-кисневої суміші - 1,6 м³/г., Джерело живлення інверторного типу для плазмового різання СУТ - 40, з напругою холостого ходу 300 В і максимальним струмом 40А. За основу конструкції плазмотрона був узятий катодний вузол мікроплазмового пальника з вихідним діаметром сопла 3мм. Розміщення плазмотрону та механізоване переміщення здійснювалось на установці АСІІІ-70.

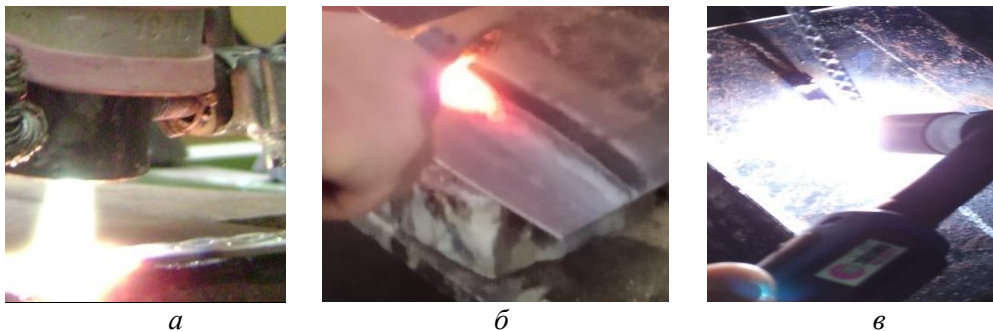


Рис. 1. Процеси наплавлення стрічковим релітом: *а* – воднево-кисневим плазманий струменем, *б* – воднево-кисневим полум'ям, *в* – TIG

Результати роботи та їх обговорення. Розподілення зерен карбїду вольфраму в об'ємі зварювальної ванни залежить від характеру розповсюдження тепла. При збільшенні кількості енергії що вноситься в зварювальну ванну, збільшується час перебування її у рідкому стані. Через те, що карбїд вольфраму в декілька разів має більшу щільність ніж сплав матриці, він встигає осісти в нижню частину ванни. Як показують досліди, саме об'єм зварювальної ванни впливає на просторове розподілення твердих частинок карбїду вольфраму в наплавленому шарі з використанням релітних композицій. При швидкому нагріванні і охолодженні реліт розміщується по всій периферії шва, при більш довготривалому нагріванні тверда частина опускається в низ, що ущільнює нижню частину твердої фази, а м'яка композиція на основі В-Fe-Cr, яка має меншу температуру плавлення знаходиться в поверхневому шарі. При наплавленні стрічковим релітом використовувалися флюси, такі як (бура) тетраборат натрію $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, присутність бору в якій фазі сплаву, достатньо для інтенсивного змочування та розтікання по твердих частинках релітних зерен і поверхні металу на який наплавається шар, та захисту від високотемпературного окислення вольфраму.

Результати досліджень представлені в табл.2.

Таблиця 2

Результати досліджень

Наплавлення	Режими	Габарити пластини, товщина мм, маса г.	Час напл., с	Ширина валика, мм	Висота валика, мм	Довжина шва. мм.	Маса напл. металу, г.	Погонна енергія. Дж/мм
TIG	70А, 28V. $V_{Ar} =$ 6-8л/хв.	3×900	153	6	2	200	14	975
Ацетилено-кисневе	200л/г.	3×900	110-130*	10-13*	1	200	16-35*	855-1010*
Воднево-кисневе	1000л/г.	3×900	55-100*	14.5-13*	3	200	28-48*	428-778*
Воднево-киснева плазма	600л/г 40 А, 100 V.	3×900	40	14	3	200	90	680

* данні для правого та лівого способу наплавлення

В ході експериментів з технології наплавлення, та мікроструктури шарів кращі результати показало наплавлення з застосуванням воднево-кисневого плазмового струменю. Завдяки таким своїм унікальним властивостям, як не висока температура, висока ентальпія, висока теплопровідність, та екологічність це плазмове середовище найкраще підходить до механізованої та ручного наплавлення стрічковим релітом. Ентальпія плазмового струменю регулюється за рахунок витрат плазмоутворювальної суміші та прикладеній електричній потужності. Для запобігання перегрівання карбідів вольфраму високими температурами і не допущення їх розчинення в залізній матриці композиту, температура регулювалась в технологічному плані, зміною відстані від сопла-анода до об'єкту нагрівання. Що по відношенні з дуговим наплавленням покращує контроль та візуальне спостереження за процесом наплавлення.

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що при наплавленні стрічковим релітом існує оптимальна технологічна область, в якій кількість вкладеного тепла достатня для існування рідкої ванни, в якій відбувається рівномірне розподілення карбіду вольфраму, і не буде розчинення та зменшення розмірів. Що забезпечить високі механічні властивості наплавленого шару. Такою областю для газополуменевої обробки з використанням воднево-кисневого полум'я є $V = 1000$ л/г та швидкість наплавлення $W = 2 - 3,6$ мм/с та плазмової обробки з воднево-кисневим плазмовим струменем $I = 40$ А, $V = 100$ В, та швидкістю наплавлення $W = 5$ мм/с.

На фотографіях, отриманих за допомогою оптичної металографії, після травлення на межі зерен і на тіло зерна рис. 2, показано структуру наплавленого металу при десятикратному збільшенні.

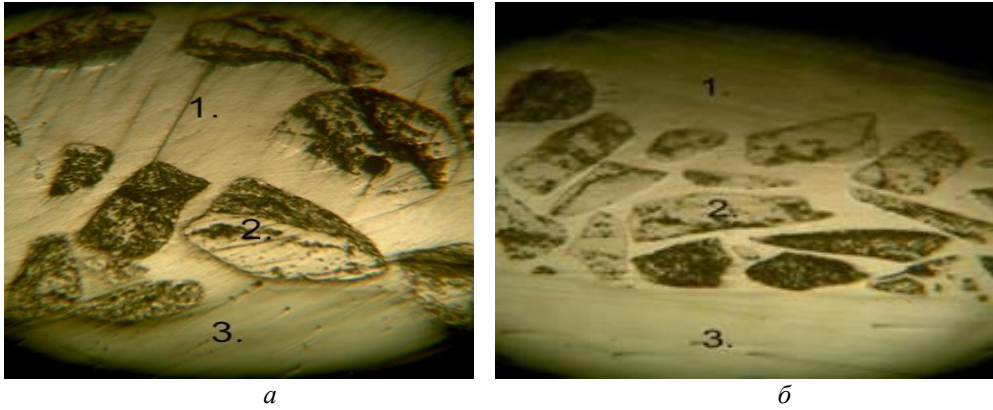


Рис. 2. Мікроструктури для різних способів наплавлення: а - наплавлення з використанням ацетилено-кисневого полум'я $V_{C_2H_2} = 0,2 \text{ м}^3/\text{г}$; б – наплавлення з використанням воднево-кисневого полум'я $V_{H_2} = 1 \text{ м}^3/\text{г}$. 1 – матриця, 2 – зерна реліту, 3 – основний метал Ст. 5

Як видно з результатів мікроструктурного аналізу рис. 2, а, наплавлення ацетилено-кисневим полум'ям, зерна карбіду вольфраму розміщуються, як в верхній, так і в нижній частинах зварювальної ванни. Між цими шарами існує проміжок м'якої матриці, що вказує на те, що час існування рідкої ванни був недостатній, верхня частина карбідів не встигла зануритись. При такій же ефективній тепловій потужності на рис. 2, б, відбувається процес осідання, що можна пояснити високою теплопровідністю газової суміші та рівномірному нагріву з вирівнюванням температур по всій площі ванни. При розгляді мікроструктури рис. 3, а, напавленої з використанням струміню воднево-кисневої плазми, при високій швидкості наплавлення, та недостатній ефективній тепловій потужності, карбіди вольфраму розміщуються по всій площині напавленого валика. При збільшенні потужності практично в два рази, і зменшуючи час наплавлення, рис. 3, б, мікроструктура показала, що це достатньо для більшого часу існування рідкої фази, і повного осідання в нижню частину зварювальної ванни. Ефективна теплова потужність яка вкладалася при напавленні з використанням струменя воднево-кисневої плазми в 2,5 разів більше ніж при інших способах наплавлення, це пояснюється більш щільним розміщенням релітних зерен в напавленому шві.

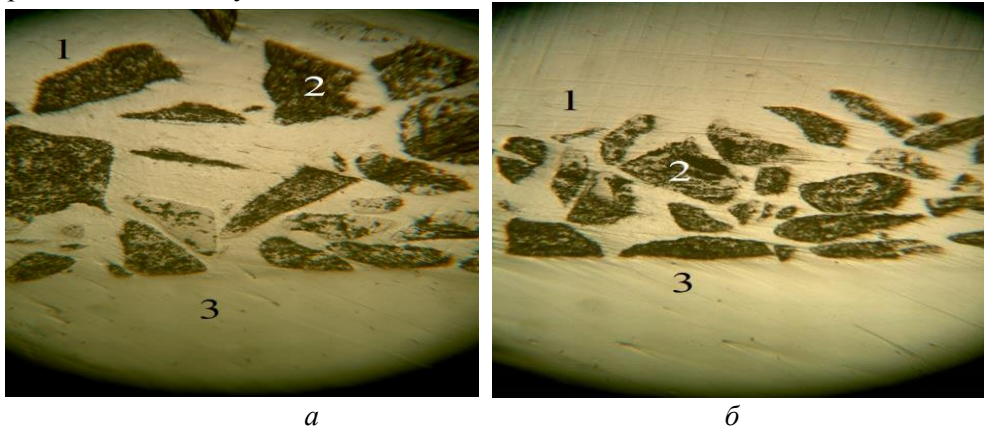


Рис. 3. Мікроструктури наплавлення: а – напавлення струменем воднево-кисневої плазми $V = 0,2 \text{ м}^3/\text{г}$, $I = 20 \text{ А}$; б – $V_{H_2} = 1 \text{ м}^3/\text{г}$, $I = 40 \text{ А}$. 1 – матриця, 2 – зерна реліту, 3 – основний метал Ст. 5

За результатами досліджень можна констатувати, що розподілення карбідів вольфраму в м'якій матриці в залежності від часу перебування в рідкому стані в зварювальній ванні, може відбуватися по наступній схемі рис 4.

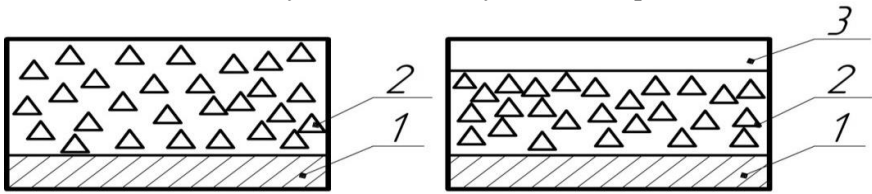


Рис. 4. Характери розподілення зерна карбиду вольфраму в твердій матриці:
1 – підложка, 2 – релітні зерна, 3 – матеріал матриці

Зерна реліту в матриці розміщуються в середньому шарі, а в зоні сплавлення з основним металом і поверхневий шар вільний від твердих часток, що забезпечує механічну обробку. Трьох зона будова наплавленого шару, утворюється в ванні, за рахунок ковзання по її стінкам, зерен реліту. Площа твердих часток в перетині схожа на форму параболи і зосереджені на дні ванни. Така структура забезпечує стійкість проти виникнення тріщин та зменшення витрат стрічкового реліту.

Наплавлений валік включає три концентричних шари: верхній м'яка і матриця, середній зерна реліту в нижньому шарі основа Ст. 5. середній шар складається з великих зерен неоднорідної будови. Твердість різних фаз наплавленого металу вказано в табл. 3.

Таблиця 3

Твердість наплавленого шару

Матеріал	Діагональ відбитка пірамідки, d мкм	Навантаження, (1 кг/с)	Час, С	HV
Матриця	0,150	10 кгс	15	824
Границя зерна реліту	0,115	10 кгс	15	1355
Границя зерна реліту	0,117	10 кгс	15	1402
Основний метал Ст. 5	0,256	10 кгс	15	283

Дослідження, твердості матриці, підтвердили, що під час термічних процесів, нагрівання матриці і плавлення, значного гартування не відбувається, за рахунок поступового нагрівання та охолодження. Така твердість достатня для стійкого тримання сплавом композиту зерен карбиду вольфраму.

В якості прикладу представлені деталі наплавлені релітною стрічкою з використанням воднево-кисневого плазмового струменю представлені на рис.5.



Рис. 5. Загальний вигляд наплавлених деталей: а - ножі для різання квітів, б - молотки млина для виготовлення ліків.

Висновки:

1. Застосування високоентальпійних плазмових сумішей в якості концентрованого джерела енергії, яким є воднево-киснева плазма дозволяє більш ефективно впроваджувати технології з наплавленням деталей стрічковим релітом на малогабаритні деталі складної форми.

2. Розподілення зерен карбіду вольфраму при наплавленні релітною стрічкою в об'ємі зварювальної ванни залежить від характеру розповсюдження тепла і часу існування рідкої фази сплаву матриці, при використанні воднево-кисневого плазмового струменю оптимальним параметром для наплавлення малогабаритних деталей є погонна енергія 680 Дж/мм.

3. За рахунок зміни ефективної теплової потужності джерела нагріву, можна керувати дислокаціями композицій сплав матриці - карбід вольфраму в наплавленому шарі, створювати поверхні з різними зносостійкими властивостями і використовувати наплавлені шари, без обробки, так і з можливістю механічної обробки наплавлених шарів, з меншими втратами маси інструменту та часу обробки.

Список літератури

1. Шеенко, И. Н. Современные наплавочные материалы / И. Н. Шеенко, В. Д. Орешкин, Ю. Д. Репкин. – Киев: Наук, думка, 1970. – 238 с.
2. Дзыкович В. И., Жудра А. П., Белый А. И. Свойства порошков карбидов вольфрама, полученных по различным технологиям // Автомат. сварка. – 2010. – № 4. – С. 28–31.
3. Харламов Ю.О. Влияние условий детонационного газового напыления на свойствах покрытий на основе карбида вольфрама и хрома. – Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля №1 (249) 2019. –с. 77–83.
4. Сом А. И. Плазменно-порошковая наплавка композиционных сплавов на базе литых карбидов вольфрама // Автомат. сварка. – 2004. – № 10. – С. 49–54.
5. Карасев М. М., Работинский Д. Н., Павленко Г. В., Сорока В. Л., Шолохов М. А. Новые разработки НПО «СЭЛМА-ИТС» в области дуговой сварки в защитных газах – Автоматическая сварка, №5, 2004, – С. 40–46.
6. Самотугин С.С., Ковальчук А.В., Овчиников В.Н. Обработка поверхности спеченных сплавов высококонцентрированной плазменной струей // Сварочное производство, 1994. №2. –С.17–20.
7. Дворук В.І. Триботехнологія формування композиційних матеріалів. Вісник НАУ. 2001. №3, – с. 32–35.
8. М. П. Пелех, І. І. Верхола. Вплив режимів високотемпературного окислення твердих сплавів WC-Co на їх експлуатаційну і пробивну здатність // Військово-технічний збірник. – 2017. – № 17. – С. 27–31.
9. Liujiu Xu, Jiandong Xing, Shizhong Wei, Yongzhen Zhang, RuiLong. Study on relative wear resistance and wear stability of highspeed steel with high vanadium content // Wear. – 2007. – V. 262. –P. 253–261
10. Пантелеенко Ф.И., Лялякин В.П., Иванов В.П., Константинов В.М. Восстановление деталей машин. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
11. Дворук В. І. Вплив легування матриці на структуру і абразивну зносостійкість макрогоетерофазного композиційного сплаву / В. І. Дворук, М. В. Кіндрачук // Проблеми тертя та зношування. – 2011. –Вип. 55. – С. 106–111.
- 12.Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ: учеб.пособие /В.В.Нескромных.- Красноярск: СФУ, 2015. – 396 с.
13. Еременко В.Н., Натанзон Я.В. Кинетика растворения металлов в металлических расплавах в условиях внешней задачи. – Порошковая металлургия, 1970, №8, – С.39–54.
14. Багрянский К.В. Теория сварочных процессов. – К.: Высшая школа. 1988. –559 с.

-
15. Корж В.Н, Попіль Ю.С. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем, К.: «Екотехнологія», 2010. – 194 с.
16. Петров С.В. , Сааков А.Г. Плазма продуктов сгорания в инженерии поверхности. К. Топас. 2000. – 218 с.
17. Пат. 107568.Україна. Спосіб отримання воднево-кисневого плазмового струменя /В.М.Корж,Ю.С.Попіль,Н.Ю.Попіль, Д.В.Москаленко. –10.06.2016.
18. Ю.С.Попіль, В.М.Корж, В.Я.Черняк, Є.А. Захаров. Діагностика воднево-кисневого плазмового струменя для застосування в газотермічному напиленні // Автомат. зварювання. –2020. – №11. –С.41–45.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2021.

Захаров Євгеній Анатолійович – аспірант, кафедри смарт технологій з'єднань та інженерії поверхонь, ІМЗ ім. Є. О. Патона, національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського». evheniy.zakharow@gmail.com, м.т +380-93-960-89-17.

Попіль Юрій Станіславович – доцент, к.т.н., доцент кафедри смарт технологій з'єднань та інженерії поверхонь, ІМЗ ім. Є. О. Патона, національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського». Popill_kri@ukr.net, м.т. +380-66-406-32-68, р.т.204-92-56.

Корж Віктор Миколайович – професор, д.т.н. професор кафедри кафедри смарт технологій з'єднань та інженерії поверхонь, ІМЗ ім. Є. О. Патона, національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

E. ZAKHAROV, Y. POPIL, V. KORZH

INFLUENCE OF HEATING SOURCES USING HYDROGEN-OXYGEN MIXTURE ON STRUCTURE FORMATION DURING SURFACE OF RELETIC MATERIALS

Scanning of power supplies to create a tape relita for surfacing on small parts of warehouse forms, solidification in boxes of energy sources, gas flame, plasma flow in the working gas in the hydrogen-oxygen mixture. Visual skills, formation and formulation of the structure of the welded surfaces in the premises in the thermal characteristics of the concentrated parameters of energy consumption and technological parameters, the presented results of solid matrices, the characteristics of the solid reflection in it.

Key words: belt relit, tungsten carbide, plasma jet, structure

References

1. Sheenko, I. N. *Sovremennye naplavochnye materialy* / I. N. Sheenko, V. D. Ore-shkin, Ju. D. Repkin. – Kiev: Nauk, dumka, 1970. – 238 s.
2. Dzykovich V. I., Zhudra A. P., Belyj A. I. Svoystva poroshkov karbidov vol'frama, poluchennyh po razlichnym tehnologijam // *Avtomat. svarka*. – 2010. – № 4. – S. 28–31.
3. Kharlamov Yu.O. Vplyv umov detonatsiinoho hazovoho napylnennia na vlastyivosti pokryttiv na osnovi karbidu volframu i khromu. – *Visnyk skhidnoukrainskoho natsional-noho universytetu imeni Volodymyra Dalia №1 (249) 2019*. –s. 77–83.
4. Som A. I. Plazmenno-poroshkovaja naplavka kompozicionnyh splavov na baze li-tyh karbidov vol'frama // *Avtomat. svarka*. – 2004. – № 10. – S. 49–54.
5. Karasev M. M., Rabotinskij D. N., Pavlenko G. V., Soroka V. L., Sholohov M. A. *Novye razrabotki NPO «SJeLMA-ITS» v oblasti dugovoj svarki v zashhitnyh gazah – Avtomaticheskaja svarka, №5, 2004*, – S. 40–46.
6. Samotugin S.S., Koval'chuk A.V., Ovchinikov V.N. *Obrabotka poverhnosti spechennyh splavov vysokokoncentrirovannoj plazmennoj struej // Svarochnoe proizvodstvo, 1994. №2*. –S.17–20.
7. Dvoruk V.I. *Trybotekhnolohiia formuvannia kompozytsiinykh materialiv. Visnyk NAU. 2001. №3*, – s. 32–35.
8. M. P. Pelekh, I. I. Verkhola. Vplyv rezhymiv vysokotemperaturnoho okyslennia tverdikh splaviv WC-Co na yikh ekspluatatsiinu i probyvnu zdatnist // *Viiskovo-tekhnichnyi zbirnyk*. – 2017. – № 17. – S. 27–31.
9. Liujie Xu, Jiandong Xing, Shizhong Wei, Yongzhen Zhang, RuiLong. Study on relative wear resistance and wear stability of highspeed steel with high vanadium content // *Wear*. – 2007. – V. 262. –P. 253–261
10. Panteleenko F.I., Ljaljakin V.P., Ivanov V.P., Konstantinov V.M. *Vosstanov-lenie detalej mashin*. – M.: Mashinostroenie, 2003. – 672 s.
11. Dvoruk V. I. Vplyv lehuвання matrytsi na strukturu i abrazivnu znosostiikist makroheterofaznogo kompozytsiinoho splavu / V. I. Dvoruk, M. V. Kindrachuk // *Problemy tertia ta znoshuvannia*. – 2011. –Vyp. 55. – S. 106–111.12.Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ: учеб.пособие /В.В.Нескромных.- Красноярск: СФУ, 2015. – 396 с.
13. Eremenko V.N.,Natanzon Ja.V. *Kinetika rastvorenija metallov v metallicheskih rasplavah v uslovijah vneshnej zadachi*. – Poroshkovaja metallurgija, 1970, №8, – S.39–54.
14. Bagrjanskij K.V. *Teorija svarochnykh processov*. – K.: Vysshaja shkola. 1988. –559 s.
15. Korzh V.N, Popil' Ju.S. *Obrabotka metallov vodorodno-kislorodnym plame-nem, K.: «Ekotehnologija», 2010*. – 194 s.
16. Petrov S.V. , Saakov A.G. *Plazma produktov sgoranija v inzhenerii poverhnosti. K. Topas. 2000*. – 218 s.17. Pat. 107568.Ukraina. Sposib otrymannia vodnevo-kysnevoho plazmovoho strume-nia /V.M.Korzh,Iu.S.Popil,N.Iu.Popil, D.V.Moskalenko. –10.06.2016.
18. Yu.S.Popil, V.M.Korzh, V.Ia.Cherniak, Ye.A. Zakharov. *Diahnostyka vodnevo-kysnevoho plazmovoho strumenia dlia zastosuvannia v hazotermichnomu napylneni // Avtomat. zvariuvannia*. –2020. – №11. –S.41–45.