

DOI 10.32820/2079-1747-2019-24-66-73

УДК 621.791.042

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОДІВ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ МЕТАЛОРИЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

©Ізотова. К.О.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про автора:

Ізотова Катерина Олександрівна: ORCID 0000-0002-6585-6681, itmzv@upra.edu.ua, кандидат технічних наук, доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні і зварювального виробництва, Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Мета роботи полягає у продовженні строку служби металорізального інструменту шляхом наплавлення електродами легуваними W, C, B, Ti і рідкоземельними металами (РЗМ), для підвищення теплостійкості й зносостійкості різцевого й штампового інструменту.

Були виготовлені електроди із дроту Св-08А з рутил-фтористокальцієвим покриттям. У якості розкислювачів застосовували феромарганець і феротитан. Хром, молібден і ванадій вводили у вигляді феросплавів, а вуглець у вигляді графіту сріблястого й карбідів кремнію, титана й вольфраму. З метою зниження вартості електродів карбіди W, Ti, Si, а також кобальт вводили в шихту покриття у вигляді відходів від заточення твердосплавного інструмента зі сплавів Т30К4, Т15К6, ВК8 і ін.

Покриття наносилися на стрижні пресовим способом. Для досліджень робили наплавлення розміром 80х20х20 мм.

Твердість наплавленого металу перевіряли на поверхні восьмишарового наплавлення, виконаного для контролю хімічного складу наплавленого металу.

Нагрівання наплавлень під загартування здійснювався в соляній хлорбарієвій ванні до температури 1225°C. Витримка при цій температурі становила 20 хв. Загартування проводилося маслі. Дослідження ріжучих властивостей наплавлень проводилося з використанням методу торцевого обточування.

Електрод №1 призначений для зносостійкого наплавлення ріжучих крайок обрізних штампів. Електрод №3 призначений для наплавлення обрізних матриць. Електрод №2 для наплавлення робочої частини різців і ножів для різання металу. Зносостійкість різців наплавлених електродом №2 не поступається різцям, виготовленим зі сталі Р6М5. Стійкість же обрізних матриць зі сталі 45 із запропонованим наплавленням вище в 8-10 разів у порівнянні з матрицями зі сталі 5ХНМ.

Ключові слова: зносостійкість, легування, електроди, дугове наплавлення, металорізючий інструмент, твердість.

Ізотова Е.А. «Разработка электродов для наплавки рабочей части металлорежущего инструмента»

Цель работы заключается в продлении срока службы металлорежущего инструмента путем наплавки электродами легированными W, C, B, Ti и редкоземельными металлами (РЗМ), для повышения теплостойкости и износостойкости режцового и штампового инструмента.

Были изготовлены электроды из проволоки Св-08А с рутил-фтористокальциевым покрытием. В качестве раскислителей применяли ферромарганец и ферротитан. Хром, молибден и ванадий вводили в виде ферросплавов, а углерод в виде графита серебристого и карбидов кремния, титана и вольфрама. С целью снижения стоимости электродов карбиды W, Ti, Si, а также кобальт вводили в шихту покрытия в виде отходов от заточки твердосплавного инструмента из сплавов Т30К4, Т15К6, ВК8 и др.

Покрытие наносилось на стержни прессовым способом. Для исследований делали наплавки размером 80x20x20 мм.

Твердость наплавленного металла проверяли на поверхности восьмислойной наплавки, выполненной для контроля химического состава наплавленного металла.

Нагрев наплавки под закалку осуществляли в соляной хлорбариевой ванне до температуры 1225°С. Выдержка при этой температуре составляла 20мин. Закалка проводилась в масле.

Исследование режущих свойств наплавки проводилось с использованием метода торцевой обточки.

Электрод №1 предназначен для износостойкой наплавки режущих кромок обрезных штампов. Электрод №3 предназначен для наплавки обрезных матриц. Электрод №2 для наплавки рабочей части режцов и ножей для резки металла. Износостойкость режцов наплавленных электродом №2 не уступает режцам, изготовленным из стали Р6М5. Стойкость же обрезных матриц из стали 45 с предложенной наплавкой выше в 8-10 раз по сравнению с матрицами из стали 5ХНМ.

Ключевые слова: износостойкость, легирование, электроды, дуговая наплавка, металлорежущий инструмент, твердость.

Izotova E. «Development of electrodes for surfacing the working part of a metal-cutting tool»

The purpose of the work is to extend the service life of metal cutting tools by surfacing with alloyed electrodes W, C, B, Ti and rare-earth metals (REM), to increase the heat resistance and wear resistance of the cutting and stamping tools.

Electrodes were made from Sv-08A wire with rutile-fluorocarbon coating. Ferromanganese and ferrotitanium were used as deoxidants. Chromium, molybdenum and vanadium were introduced in the form of ferroalloys, and carbon in the form of silver graphite and silicon carbides, titanium and tungsten. In order to reduce the cost of electrodes, carbides W, Ti, Si, as well as cobalt were

introduced into the charge of the coating in the form of waste from sharpening carbide tools from alloys T30K4, T15K6, VK8, etc.

The coating was applied to the rods by a press method. For research did surfacing size 80x20x20 mm.

The hardness of the deposited metal was checked on the surface of the eight-layer surfacing, made to control the chemical composition of the deposited metal.

The surfacing for hardening was carried out in a salt chlorobarium bath to a temperature of 1225 ° C. The exposure at this temperature was 20 min. Quenching was carried out in oil.

The study of the cutting properties of surfacing was carried out using the end turning method.

The №1 electrode is designed for wear-resistant surfacing of cutting edges of cut dies. Electrode No. 3 is intended for surfacing of edged dies.. №2 electrode for surfacing the working part of cutters and knives for metal cutting. The wear resistance of the cutters surfaced by the №2 electrode is not inferior to the cutters made of P6M5 steel. The resistance of the cut matrices from steel 45 with the proposed surfacing is 8-10 times higher compared to the matrices from 5XHM steel.

Keywords: wear resistance, alloying, electrodes, arc surfacing, metal cutting tool, hardness.

Постановка проблеми

За останні роки досягнуті значніші успіхи в економії дорогих металів і твердих сплавів при виготовленні складних різальних інструментів.

Продуктивним і ефективним способом виготовлення складного інструмента, у якому робоча частина складається зі швидкорізальної сталі або твердого сплаву, а неробоча частина - з інструментальної вуглецевої або конструкційної сталі, є електродугове наплавлення. Крім того, наплавлення - найбільш універсальний метод відновлення зношених робочих поверхонь інструмента, що дозволяє поліпшити якість і знизити вартість відновлених деталей [1].

Найчастіше наплавляють робочі зносостійкі шари штампів, призначених для холодного й гарячого деформування металу, робочі поверхні різців, крайки ножів для різання й обрубки металу з метою підвищення властивостей робочої частини інструмента або їхнього відновлення. Наплавлення робочого шару повинне забезпечити головним чином збільшення зносостійкості та теплостійкості.

Для цієї мети розробляються й впроваджуються нові наплавочні матеріали, леговані тугоплавкими з'єднаннями, що характеризуються високою твердістю, підвищеним опором зношування, значною теплостійкістю, тому розробка нових економнолегованих наплавочних електродів є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень

Матеріал різального інструменту повинен мати високу твердість для надійної роботи протягом тривалого часу. Значне підвищення твердості інструментального матеріалу по по-

рівняння із твердістю оброблюваної заготівлі повинне зберігатися й при нагріванні інструмента в процесі різання.

Оскільки штампи холодного висадження й обрубки сприймають значні динамічні навантаження варто обмежувати граничну твердість, як правило, не вище HRC 60.

Перераховані експлуатаційні властивості інструмента можна досягти шляхом легування. Вміст карбідоутворюючих елементів і вуглецю повинен забезпечити одержання найбільш багатих по легуванню карбідів при мінімальному переході легуючих елементів у твердий розчин основи [2].

Виходячи з вартості різних легуючих добавок і властивостей утворених ними твердих фаз, найбільш раціональними для створення зносостійких, теплостійких і міцних наплавлень прийнято вважати хром, марганець, нікель, бор. Такі елементи як Mo, W, V, C, Ti застосовувалися в менших обсягах у зв'язку з тим, що вони дефіцитні й дорогі. Однак останнім часом спостерігається тенденція до все більшого використання цих легуючих елементів [3, 4].

В останні роки для поліпшення ряду властивостей наплавочних матеріалів почали застосовувати мікродобавки рідкоземельних металів (РЗМ). Мікролегування рідкоземельними металами істотно впливає на величину зерна, на стан границь зерен.

У цей час для одержання наплавочних матеріалів для робочих частин ріжучого й штампового інструмента усе більш широке поширення одержують такі системи легування: W-V-B; Fe - C-Cr; Cr-Mo-W-Co-B-T [5].

Структура таких наплавлених металів складається з легованого твердого розчину (мартенситу й залишкового аустеніту), насиченого зміцнюючими карбідоборидними й інтерметалідними фазами, чим і обумовлюється висока зносостійкість, теплостійкість і теплопровідність цих сплавів [5, 6].

Для відновлення й зміцнення швидкозношуваних деталей штамтів (матриць, пуансонів) рекомендуються електроди марок ЭН-60М, ОЗШ-1.

Однак названі електроди не забезпечують належної стійкості інструмента через викрашування наплавлень у процесі експлуатації, появи тріщин на замкнутих швах. Наплавлення даними електродами дозволяє підвищити стійкість обрубних штамтів усього лише на 20% [6,7].

Застосування для зміцнення ріжучих крайок інструмента електродів ОЗИ - 1, ОЗИ - 2, ОЗИ - 3, ЦИ - 1М, ОЛН - 1 і їм подібних економічно недоцільно, через великий вміст у їхньому покритті дефіцитних дорогих елементів - ванадію, вольфраму, молібдену й ін.

Постановка завдання досліджень

Завданням даного дослідження являється продовження строку служби металоріжучого інструменту шляхом наплавлення спеціальними електродами.

Електрод також повинен мати гарні технологічні властивості, дозволяти робити багаторазове наплавлення деталей, зберігаючи при цьому необхідні експлуатаційні характеристики інструмента. При цьому треба дослідити вплив легуючих елементів на твердість напла-

вленого металу. Дослідити можливість введення в шихту покриття відходів від заточення твердосплавного інструмента. Розробити склад газшлакоутворюючої частини шихти покриття електродів. Дослідити вплив термічної обробки на твердість наплавленого металу. Дослідити ріжучі властивості дослідних наплавлень.

Експериментальна частина

Для досліджень були виготовлені 5 варіантів електродів із дроту Св-08А з покриттям, легованим різними елементами. У якості розкислювачів застосовували феромарганець і феротитан. Хром, молібден і ванадій вводили у вигляді феросплавів, а вуглець у вигляді графіту сріблястого й карбідів кремнію, титана й вольфраму. Для підвищення зносостійкості, а також зниження газонасиченості до складу покриття вводили 0,5-1,0% Y_2O_3 . З метою поліпшення оброблюваності наплавленого металу до складу покриття електрода вводили бор. Твердість наплавленого металу перевіряли на поверхні восьмишарового наплавлення, виконаного для контролю хімічного складу наплавленого металу.

У табл. 1 наведені склад шихти покриття дослідних електродів. З метою зниження вартості електродів карбіди W, Ti, Si, а також кобальт вводили в шихту у вигляді відходів від заточення твердосплавного інструмента зі сплавів Т30К4, Т15К6, ВК8 і ін. Покриття наносилися пресовим способом. Для досліджень робили наплавлення розміром 80x20x20 мм. Нагрівання наплавлень під загартування здійснювався в соляній хлорбарієвій ванні до температури 1225°C. Витримка при цій температурі становила 20 хв. Загартування проводилося маслі.

Таблиця 1 - Склад шихти покриття електродів

Компоненти покриття	Варіанти електродів				
	1	2	3	4	5
Мармур	24,0	24,0	20,0	28,0	26,0
Плавіковий шпат	10,0	10,0	10,0	10,8	10,0
Рутил	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5
FeSi	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
FeMn	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5
FeCr	7,0	7,0	6,0	6,2	6,5
FeMo	10,0	10,0	10,0	15,0	15,0
FeV	5,0	5,0	6,0	5,0	5,0
Графіт	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0
Слюда	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0
Сода	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Y_2O_3	1,0	(Y)1,0	0,5	(Y)0,3	(Y)0,3
FeTi	3,0	3,0	2,0	немає	немає
FeBaI	0,3	1,0	немає	немає	(FeB)3
Реліт	12,0	12,0	немає	немає	немає
Відходи	13,2	13,2	32,0	(Т30К4)20,0	(ВК8)20,0

Після загартування наплавлення піддавалися відпалу. Згідно вольфрамомолібденові сталі здобувають максимальну вторинну твердість після відпалу при 540-660°C.

Залишковий аустеніт сталей з молібденом також менш стійкий проти відпалу, у порівнянні з вольфрамовими сталями, і перетворюється головним чином при однократному відпалі. Дня зняття напруг у сталей, що містять більше 3-4% Мо достатній двократний відпал.

Досліджувані наплавлення піддавалися двократному відпалу при температурі 560°C с витримкою при цій температурі 1 годину й наступному охолодження на повітрі. З метою зниження вартості електродів карбіди W, Ti, Si, а також кобальт вводили в шихту покриття у вигляді відходів від заточення твердосплавного інструмента зі сплавів Т30К4, Т15К6, ВК8 і ін.

Хімічний склад використовуваних відходів зазначений у табл. 2.

Таблиця 2 - Хімічний склад відходів

№ п/п	Елементи	Кількість, %
1	Карбід кремнію зелений	50,0 – 60,0
2	Монокарбід вольфраму	7,0 – 11,0
3	Монокарбід титана	0,7 – 1,2
4	Вільний вуглець	0,1
5	Кобальт	0,8 – 1,2
6	Залізо	28,0 – 36,0

Дослідження ріжучих властивостей наплавлень проводилося з використанням існуючого методу торцевого обточування, що володіє рядом переваг перед іншими експресними методами.

Результати досліджень

Результати аналізу хімічного складу наплавленого металу представлені в табл. Мікроструктура металу, наплавленого електродом №1, після термічної обробки являє собою високолегований мартенсит, карбіди орієнтовані по сітці, залишковий аустеніт < 5%. Твердість наплавлення - *HRC* 54-56.

Таблиця 3 – Хімічний склад металу, наплавленого дослідними електродами.

№ п/п	C	Mn	Si	Cr	Mo	W	V	Ti	B	Co	Al
1	0,9	0,42	1,71	0,35	3,1	8,7	1,2	0,11	0,35	-	0,27
2	1,11	0,43	1,99	0,35	3,5	9,3	1,2	0,15	0,25	-	0,18
3	1,0	0,3	0,8	3,0	6,0	7,0	1,5	-	1,2	0,5	-
4	0,9	0,5	0,3	3,0	6,0	5,0	1,3	1,0	0,01	0,2	-
5	0,9	0,4	1,9	1,3	3,0	2,2	1,0	0,05	0,01	0,2	-

Метал, наплавлений електродом №2, після термообробки також має структуру голчастого мартенситу, карбіди сітчастого розташування, крім того, дрібні карбіди усередині зерна й залишковий аустеніт у кількості 5-7%. Твердість наплавленого металу *HRC* 55-57.

Метал, наплавлений електродом №3, після термообробки також має структуру голчастого мартенситу, карбіди сітчастого розташування, крім того, дрібні карбіди усередині зерна й залишковий аустеніт у кількості 5-7% (рис. 1). Твердість наплавленого металу *HRC* 55-57.

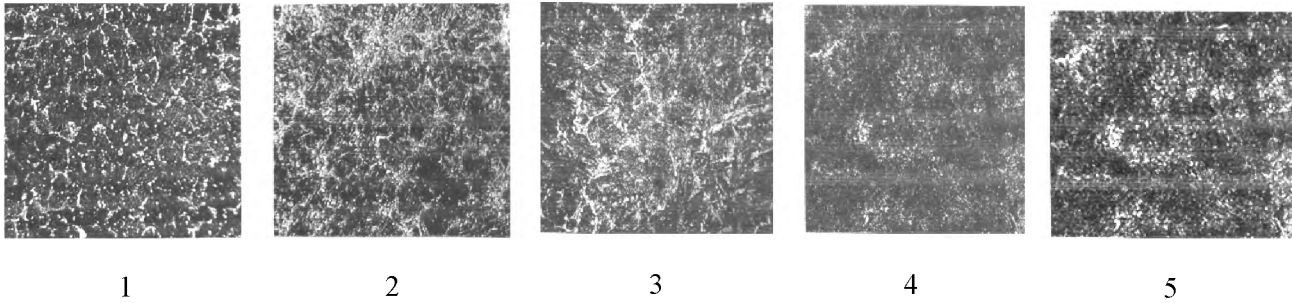


Рис.1 - Мікроструктура металу, наплавленого електродами 5 варіантів після термічної обробки; ($\times 450$)

Мікроструктура металу, наплавленого електродом №4, являє собою мартенсит, велике кількість дрібних карбідів сферовидної і пластинчастої форми, голчасті бориди. Твердість наплавленого металу *HRC* 64-67.

Термооброблене наплавлення, виконане електродом №5 має структуру мартенситу й карбіди сітчастого розташування. Незначна кількість залишкового аустеніту виявлено рентгенографічно. Твердість наплавленого металу *HRC* 58-60.

Випробування дослідних різців на зносостійкість. Обробка результатів експериментів дозволила представити наступні висновки:

Найкращою стійкістю володіють різці, ріжуча частина яких наплавлена електродами №1. Після термічної обробки рівень стійкості їх $V_{60}=45$ м/хв. Однак, слід зазначити підвищену крихкість ріжучої крайки, що обумовлено вмістом великої кількості бору - 1 - 1,2 %.

Трохи уступають їм по стійкості різці, наплавлені електродом №2. Після термічної обробки рівень стійкості їх $V_{60}=42$ м/хв.

Стійкість різців, наплавлених електродом №2 після термічної обробки $V_{60}=40$ м/хв.

Різці, наплавлені електродами №3 і №4 після термічної обробки мають приблизно однаковий рівень стійкості $V_{60}= 30-31$ м/хв.

Очевидно, це обумовлено відсутністю в наплавленому металі хрому.

Висновки

Розроблено електрод №1 призначений для зносостійкого наплавлення ріжучих крайок обрізних штампів.. Електрод №3 призначений для наплавлення обрізних матриць. Електрод №2 для наплавлення робочої частини різців і ножів для різання металу. Зносостійкість різців наплавлених електродом №2 не поступається різцям, виготовленим зі сталі Р6М5. Стійкість же обрізних матриць зі сталі 45 із запропонованим наплавленням вище в 8-10 разів у порівнянні з матрицями зі сталі 5ХНМ.

Список використаних джерел:

1. Рыбин В. В. Большие пластические деформации и разрушение металлов / В. В. Рыбин. – М. : Металлургия, 1986. – 224 с.
2. Кальянов В. Н. Свариваемость наплавляемых мартенситных сталей с инструментальными сталями / В. Н. Кальянов, В. А. Багров // *Сварочное производство*. – 1998. – №4. – С. 14-15.
3. Рыбакова Л. М. Структура и износостойкость металла / Л. М. Рыбакова, Л. И. Куksenova. – М. : Машиностроение, 1982. – 212 с.
4. Кальянов В. Н. выбор наплавочных материалов в зависимости от вида износа / В. Н. Кальянов, В. А. Багров // *Состояние и перспективы развития сварочных материалов в странах СНГ: Сб. докладов I-й Международной конференции по сварочным материалам стран СНГ Краснодар, 22-26 июня 1998 г.* – М. : 1998. – С. 173-175.
5. Tuttle R. Effect of rare earth addition on grain refinement of plain carbon steels / R. Tuttle // *International Journal of Metalcasting*. – 2012. – Vol. 6 (2). – Pp. 51-63.
6. Effect of Ce on inclusions and impact property of 2Cr13 stainless steel / X. Liu, J.-C. Yang, L. Yang // *Journal of Iron and Steel Research International*. – 2010. – Vol. 17. – Pp. 59-64.

References

1. Rybin, VV 1986, *Bolshie plasticheskie deformacii i razrushenie metallov*, Metallurgija, Moskva.
2. Kaljanov, VN & Bagrov, VA 1998, 'Svarivaemost naplavljaemyh martensitnyh stalej s instrumentalnymi staljami', *Svarochnoe proizvodstvo*, no. 4, pp. 14-15.
3. Rybakova, LM & Kuksenova, LI 1982, *Struktura i iznosostojkost metalla*, Mashinostroenie, Moskva.
4. Kaljanov, VN & Bagrov, VA 1998, 'Vybor naplavochnyh materialov v zavisimosti ot vida iznosa', *Sostojanie i perspektivy razvitija svarochnyh materialov v stranah SNG*, Moskva, pp. 173-175.
5. Tuttle, R 2012, 'Effect of rare earth addition on grain refinement of plain carbon steels', *International Journal of Metalcasting*, no. 1, pp. 51-63.
6. Liu, X, Yang, JC, Yang, L & Gao, XZ 2010, 'Effect of Ce on inclusions and impact property of 2Cr13 stainless steel', *Journal of Iron and Steel Research International*, no. 17, pp. 59-64.
- Puzrjakov, AF 2003, *Teoreticheskie osnovy tehnologii plazmennogo napylenija*, Izdatelstvo Moskovskogo Gosudarstvennogo Tehnicheskogo Universiteta imeni N. Je. Baumana, Moskva.
2. Rusev, GM et al. 2000, 'Tehnologija vosstanovlenija i uprochnenija naruzhnyh i vnutrennih poverhnostej plazmennym napyleniem', *Avtomaticeskaja svarka*, no. 12, pp. 61-62.
3. Luzan, SO & Deriabkina, ES 2009, *Sposib napyliuvannia hazotermichnoho poroshkovoho pokryttia*, UA Patent 44994.
4. Poljanskij, AS, Luzan, SA & Derjabkina, ES 2011, 'Obosnovanie vozmozhnosti podgotovki poverhnosti metallichesкими shhetkami dlja gazotermicheskogo napylenija pokrytij', *Pratsi Tavriiskoho derzhavnogo ahrotekhnolohichnoho universytetu, Melitopol*, iss. 11, vol. 1, pp. 34-42.
5. Robert Eriksson, "Thermal Barrier Coatings – Durability Assessment and Life Prediction," *Linköping Studies in Science and Technology*, Dissertation No.1527, August-2013.
6. S. Matthews and B. James, "Review of Thermal Spray Coating Applications in the Steel Industry: Part 1—Hardware in Steel Making to the Continuous Annealing Process," *Journal of Thermal Spray Technology*, Volume 19(6), December 2010, pp.1267.

Стаття надійшла до редакції 16 жовтня 2019 р.