

DOI 10.32820/2079-1747-2019-23-115-121

УДК 621.791

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОДНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО РІЗАННЯ**©Ізотова. К.О.***Українська інженерно-педагогічна академія***Інформація про авторів:**

Ізотова Катерина Олександрівна: ORCID 0000-0002-6585-6681, itmzv@upia.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.

Метою розробки є створення електрода для електродугового різання металів і сплавів, що забезпечує підвищення продуктивності різання і покращення якості металу в зоні різку за рахунок зміни газошлакової системи електродного покриття.

Для оптимізації газошлакової системи електродного покриття в його склад, що містить мармур, глину, слюду, соду, калій хромовокислий і гематит додатково вводять оксид міді.

Результатом розробки нового складу покриття є забезпечення високих технологічних властивостей спеціальних електродів і покращення якості металу в зоні різку.

Оксид міді збільшує кількість виділеного кисню у зоні плавлення металу, що підвищує продуктивність процесу різання.

Технологія виготовлення електродів з розробленим складом покриття не відрізняється від серійної, яка використовується для аналогічних електродів.

Для перевірки технологічних властивостей і якості металу в зоні різку була проведена різка маловуглецевої сталі 20, чавуну марки СЧ 21 і нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Товщина зразків становила 10 мм.

Результати перевірки технологічних властивостей електродів і якості металу в зоні різку показують, що забезпечується підвищення продуктивності різання на 30%.

Якість металу в зоні різку висока, тріщин і інших дефектів не виявлено. Твердість металу на поверхні різку дозволяє наступну механічну обробку кромки різку.

Ключові слова: електроди, покриття, різання, струм, зварювання.

Ізотова Е.А. «Разработка электродного покрытия для электродугового резания».

Целью разработки является создание электрода для электродуговой резки металлов и сплавов, обеспечивающего повышение производительности резки и улучшения качества металла в зоне реза за счет изменения газошлаковой системы электродного покрытия.

Для оптимизации газошлаковой системы электродного покрытия в его состав, содержащий мрамор, глину, слюду, соду, калий хромовокислый и гематит дополнительно вводят оксид меди.

Результатом разработки нового состава покрытия является обеспечение высоких технологических свойств специальных электродов и улучшения качества металла в зоне реза.

Оксид меди увеличивает количество выделенного кислорода в зоне плавления металла, повышает производительность процесса резания.

Технология изготовления электродов с разработанным составом покрытия не отличается от серийной, используемой для аналогичных электродов.

Для проверки технологических свойств и качества металла в зоне реза была проведена резка малоуглеродистой стали 20 чугуна марки СЧ 21 и нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Толщина образцов составляла 10 мм.

Результаты проверки технологических свойств электродов и качества металла в зоне реза показывают, что обеспечивается повышение производительности резки на 30%.

Качество металла в зоне реза высокое, трещин и других дефектов не обнаружено.

Твердость металла на поверхности реза позволяет последующую механическую обработку кромок реза.

Ключевые слова: электроды, покрытие, резка, ток, сварка.

Izotova E. «Development of electro-coating for electric arc cutting».

The aim of the development is the creation of an electrode for arc cutting of metals and alloys, ensuring an increase in cutting performance and improving the quality of the metal in the cutting zone by changing the gas-slag electrode coating system.

To optimize the gas-slag system of the electrode coating, copper oxide is additionally introduced into its composition containing marble, clay, mica, soda, potassium chromoxidation and hematite.

The result of the development of a new coating composition is to ensure the high technological properties of special electrodes and to improve the quality of the metal in the cut zone.

Copper oxide increases the amount of oxygen released in the metal melting zone, improves the performance of the cutting process.

The technology of manufacturing electrodes with the developed composition of the coating does not differ from the standard used for similar electrodes.

To check the technological properties and quality of the metal in the cutting zone, sharp low-carbon steel 20 cast iron of grade SC 21 and stainless steel 12X18H10T was carried out. The thickness of the samples was 10 mm. The introduction of the proposed composition of the electrode coating in production will have a significant economic effect compared with mechanical or oxygen cutting due to the high technological properties of the electrodes, which allow to perform cuts defects in seams and casting, removal of grating, the construction of the surface of parts, cutting metal structures and the development of edges for welding parts.

The proposed composition of the electrode coating with copper oxide ensured an increase in the efficiency of electric arc cutting.

The quality of the metal in the cutting zone is high. The hardness of the metal on the cutting surface allows for the following machining of the edges under the welding operations.

The results of testing the technological properties of the electrodes and the quality of the metal in the cut zone show that the cutting performance is improved by 30%.

The quality of the metal in the cut zone is high, no cracks or other defects were detected. The hardness of the metal on the cut surface allows subsequent machining of the cut edges.

Key words: electrodes, coatings, cutting, current, welding.

1. Постановка проблеми

У сучасному зварювальному виробництві широко використовується технологія електродугового різання. По продуктивності електродугове різання може конкурувати з кисневою різкою малої товщини металу (приблизно до 10-15 мм). З подальшим збільшенням товщини металу продуктивність електродугового різання швидко падає і починає сильно відставати від продуктивності кисневого різання. Тому електродугове різання сталі значних товщин (понад 15-20 мм), як правило, є недоцільним.

Істотним недоліком електродугового дугового різання, в порівнянні з газокисневим, є збільшення ширина різі і менша чистота поверхні його крайок, недостатня продуктивність різання і якість металу в зоні різі.

2. Аналіз останніх досліджень

За роботами [1-3] відомі способи плазмового різання металів, що забезпечують необхідну продуктивність і якість різі, але вони потребують спеціального складного обладнання і дорогих витратних матеріалів і захисних газів.

Більш дешевим і доступним при ремонтних роботах є спосіб електродугового різання спеціальними покритими електродами.

У зварювальному виробництві відомі склади спеціальних електродних покриттів для електродугового різання [4 - 7], які вміщують гематит, карбонати металу, різні алюмосилікати, соду, органічні речовини, калієво-натрієве рідке скло та інші компоненти.

Найбільш близьким по складу компонентів до складу, що розробляється і взяте в якості прототипу є покриття [7], яке вміщує наступні компоненти, в мас. %: мармур 30 – 42, глина 2 – 6, слюда 3 – 6, сода 0,5 - 1,5, калій хромовокислий 0,5 - 1,5, калій хлорноватокислий 0,5 - 1,5, гематит – решта.

Це електродне покриття руднокислового виду, призначене для виробництва електродів, які використовуються для електродугового різання металів і сплавів на постійному та змінному струмі у всіх просторових положеннях.

Недоліком аналогічних електродів є недостатня продуктивність різання і якість металу в зоні різі, що не дозволяє використовувати згадані електроди для різання деталей у серійному виробництві, а лише для умов ремонту і будівництва.

Основними причинами, по яким неможливо отримати технічний результат, що досягається розробкою, є недосконалість газшлакова системи покриття електродів, що не дозволяє отримати високу продуктивність різання і якісний метал в зоні різання.

3. Постановка завдання досліджень

Метою дослідження є підвищення продуктивності різання і покращення якості металу в зоні різі шляхом зміни газшлакової системи електродного покриття.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачу збільшення концентрації кисню у зоні плавлення основного металу. Розробити методику експериментального дос-

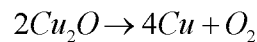
лідження технологічних характеристик електродугового різання. Виконати експериментальне дослідження продуктивності та якості електродугового різання різних матеріалів.

4. Експериментальна частина

Для оптимізації газшлакової системи покриття в його склад, що містить мармур, глину, слюду, соду, калій хромовоокислий і гематит пропонується додатково вести оксид міді у кількості 2-5%.

Істотність відмін складу покриття, що досліджується полягає у використанні в ньому оксиду міді (Cu_2O) в якості окислювача і наповнювача електродного покриття, що забезпечує додаткове окислення металу шва і покращення якості металу в зоні різу.

За рахунок відновлення міді з оксиду міді у електричній дузі при температурі вище $1800^{\circ}C$ виділяється кисень по реакції:



Додатковий кисень у зоні плавлення металу підвищує продуктивність процесу різання шляхом активації процесу окислення заліза. Крім того, мідь, що відновлюється з оксиду під час плавлення електродів надає металу зони різу спеціальні властивості-зменшує твердість і схильність до утворення тріщин, тим самим покращуючи якість металу в зоні різу.

Максимальна кількість оксиду міді, яку можна ввести до складу покриття 5% обмежується залишковим вмістом міді в металі зони різу, що становить величину не більше 0,1 %. Залишкова кількість міді в наплавленому металі залежить від окислювального потенціалу покриття, яке в свою чергу залежить від вмісту гематиту.

Введення оксиду міді до складу покриття в кількості менше 2 % не забезпечує повного окислення металу в зоні різу і підвищення продуктивності процесу. Крім того, не забезпечується помітне підвищення якості металу в зоні різу, що проявляється в високій твердості металу і наявності тріщин.

4. Експериментальна частина

Методика дослідження включає в себе технологію виготовлення електродів зі складом покриття, що досліджується, шляхом обпресування покриття на пресі високого тиску.

У якості електродних стрижнів використовувався зварювальний дріт діаметром 5 мм по ГОСТ 2246-70 марки Св-08А.

Було виготовлено 5 варіантів електродів з дослідним складом покриття і прототип.

Варіанти складу покриття виготовлених електродів діаметром наведені у табл. 1.

Для перевірки технологічних властивостей і якості металу в зоні різу була проведена різка маловуглецевої сталі 20, чавуну марки СЧ 21 і нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Товщина зразків становила 10 мм.

Оптимальний режим різання при застосуванні електродів діаметром 5 мм склав 340-380А. Випрямляч ВДУ-504 УЗ. Струм постійний, полярність пряма.

Продуктивність процесу електродугового різання визначається кількістю виплавленого металу в одиницю часу:

$$G_v = a_v I t, \text{ звідки } a_v = G_v / (I t), \text{ г / А год}$$

де G_v - кількість металу, виплавленого в годину, г

I - величина струму при різанні, А;

t - час горіння дуги для визначення продуктивності, год;

a_v - коефіцієнт виплавки, г / А год.

Продуктивність залежить від сили струму і кута нахилу електрода відносно поверхні оброблюваного металу.

Встановлено, що найбільша продуктивність буде при куті нахилу 10° (рис.1). При такому куті нахилу підвищується ефективна теплова потужність дуги за рахунок зменшення втрат тепла в навколишній простір. Характеристика твердості металу в зоні різання залежить від розмірів відбитка, що залишається металевією кулькою, вдавненою в поверхню різання. Дослідження проводили на стаціонарному приладі - пресі Бринеля і регламентованого ГОСТ 9012. Вимірювання проводили на зразках з шорсткістю поверхні 1,25 - 2,5 Ra.

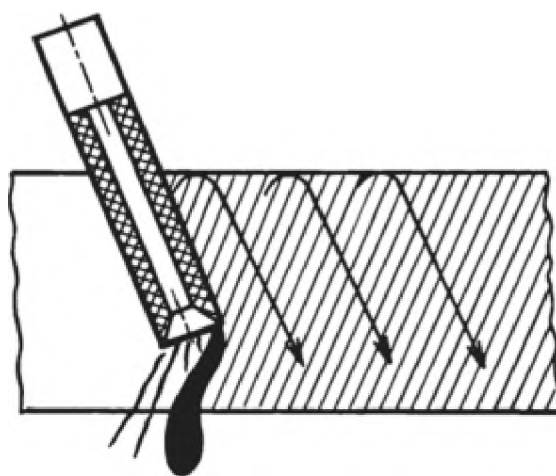


Рис.1. Схема дугового різання металевим електродом

Зовнішній вигляд зразків металу вирізаних електродами з дослідним покриттям представлено на рис.2. і в табл.1. Як видно, низьковуглецева сталь 20 ріжеться з меншою продуктивністю і має не рівні краї різання, а нержавіюча сталь ріжеться більш продуктивно, але має внизу залишок ґрату, що утворився при окисленні легуючих елементів сталі хрому і нікелю. Ґрат необхідно видаляти механічним способом.



а



б

Рис. 2 – Зовнішній вигляд зразків вирізаних зі сталі 20 (а) та нержавіючої сталі (б) марки 12X18H10T

Характеристика твердості металу в зоні різання залежить від розмірів відбитка, що залишається металевією кулькою, вдавненою в поверхню різання. Дослідження проводили на стаціонарному приладі - пресі Бринеля і регламентовано ГОСТ 9012. Вимірювання проводили на зразках з шорсткістю поверхні 1,25 - 2,5 Ra.

Таблиця 1 – Склад дослідних покриттів електродів для електродугового різання

Компоненти покриття	Склади електродних покриттів, мас. %					
	Прототип	1	2	3	4	5
Мармур	40	29	30	40	42	43
Глина	3	1	2	3	6	7
Слюда	4	2	3	4	6	7
Сода	1	0,4	0,5	1	1,5	2
Калій хромовокислий	1	0,4	0,5	1	1,5	2
Калій хлорноватокислий	5	2	3	5	10	11
Оксид міді		1	2	4	5	6
Гематит	решта	решта	решта	решта	решта	решта

Наявність дефектів у зоні різання виявляли зовнішнім оглядом та методом магнітопорошкової дефектоскопії на наявність тріщин.

Результати перевірки технологічних властивостей електродів і якості металу в зоні різання (див. табл. 2) показують, що оптимальними є 2, 3 і 4 варіанти складу покриття, які забезпечують підвищення продуктивності різання на 30%.

Якість металу в зоні різання висока, тріщин, пор і інших дефектів не виявлено. Низька твердість металу на поверхні різання дозволяє виконувати наступну механічну обробку кромки різання.

Таблиця 2 – Результати технологічних випробувань дослідних електродів

Варіант електродів	Продуктивність різання, кг/год виплавленого металу			Якість металу у зоні різання					
				Твердість на поверхні, НВ			Наявність дефектів		
	Ст.20	СЧ-21	12Х18Н10Т	Ст.20	СЧ-21	12Х18Н10Т	Ст.20	СЧ-21	12Х18Н10Т
Прототип	16	17	21	200	380	200	нема	тріщ.	нема
1	17	17,5	21,5	195	375	200	нема	тріщ.	нема
2	20	18	22	190	370	200	нема	нема	нема
3	21	18,8	24	180	360	190	нема	нема	нема
4	20,8	19	23	185	355	195	нема	нема	нема
5	20,5	19,8	22,5	200	380	200	нема	нема	нема

Склади електродних покриттів варіантів 1 і 5, що вміщують відповідно занижену і завищену кількість заявлених компонентів не забезпечують досягнення вказаного технічного завдання.

Впровадження запропонованого складу електродного покриття у виробництво дасть значний економічний ефект у порівнянні з механічним або кисневим різанням за рахунок високих технологічних властивостей електродів, що дозволяють виконувати вирізку дефектів

швів і литва, видалення ґрату, строжку поверхні деталей, різання металоконструкцій і розробку кромки під зварювання деталей.

Висновки

Запропонований склад електродного покриття з оксидом міді забезпечив підвищення продуктивності електродугового різання на 30%. Якість металу в зоні різки висока. Твердість металу на поверхні різки дозволяє виконувати наступну механічну обробку кромки під виконання зварювальних робіт.

Список використаних джерел:

1. Балановский А. Е. Особенности структурообразования в сталях при плазменном упрочнении / А. Е. Балановский. – Иркутск, ИрГТУ, 2014. – 450 с.
2. Балановский А. Е. Основные вопросы теории плазменного поверхностного упрочнения металлов (Обзор. Часть 1) / А. Е. Балановский // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2015. – № 12. – С. 18-30.
3. Назарова О. И. Крылов-Олефиренко В.В. Состояние стали после плазменной резки // Физика и химия обработки материалов, – 2014. – №1. – С. 63-65.
4. А.с. СССР № 712223. В23К 35/365. Состав электродного покрытия / А. Е. Аснис, Л. М. Гутман, И. Р. Явдошин, Г. И. Осадчук, В. Р. Покладий, Я. М. Юзькив, В. А. Поздняков, Д. Г. Дубинский. – № 2497417; заяв. 16.06.1978 ; опубл. 30.01.1980, Бюл. № 4. – 3 с.
5. А.с. СССР № 831466. В23К 35/365. Электродное покрытие / Р. Г. Шнейдеров, В. А. Бирюков, В. Г. Сергеев, П. В. Чувашов, А. Л. Боголюбский, А. П. Куликов, Г. Ш. Лазовская, П. К. Мартыненко. – № 2721864/25-27 ; заяв. 07.02.1979 ; опубл. 23.05.1981, Бюл. № 19. – 4 с.
6. Mei, L., et al., Research on laser welding of high-strength galvanized automobile steel sheets. *Optics and Lasers in Engineering*, 2009. 47(11): p. 1117-1124.
7. Joaquin, A., Elliott, A.N.A, Jiang, C., Vaidyanath Rajan, Hartman, D., Chris Karas, Gas Metal Arc Welding of Coated Advanced High Strength Steel (AHSS) – Developments for Improved Weld Quality. *SAE World Congress & Exhibition*, 2007. 2007-01-1360.

References

1. Balanovskij, AE 2014, Osobennosti strukturoobrazovaniya v staljah pri plazmennom uprochnenii, Irkutskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, Irkutsk.
2. Balanovskij, AE 2015, 'Osnovnye voprosy teorii plazmennogo poverhnostnogo uprochnenija metallov (Obzor. Chast 1)', Uprochnjajushhie tehnologii i pokrytija, no. 12, pp. 18-30.
3. Nazarova, OI & Krylov-Olefirenko, VV 2014, 'Sostojanie stali posle plazmennoj rezki', Physics and chemistry of materials processing, no 1, pp. 63-65.
4. Asnis, AE, Gutman, LM, Javdoshin, IR, Osadchuk, GI, Pokladij, VR, Juzkiv, JaM, Pozdnjakov, VA & Dubinskij, DG 1980, A.s. SSSR № 712223. B23K 35/365. Sostav jelektrodnogo pokrytija, no. 2497417.
5. Shnejderov, RG, Birjukov, VA, Sergeev, VG, Chuvashov, PV, Bogoljubskij, AL, Kulikov, AP, Lazovskaja, GSh & Martynenko, PK 1981, A.s. SSSR № 831466. V23K 35/365. Jelektrodoe pokrytie, no. 2721864/25-27.
6. Mei, L., et al., Research on laser welding of high-strength galvanized automobile steel sheets. *Optics and Lasers in Engineering*, 2009. 47(11): p. 1117-1124.
7. Joaquin, A., Elliott, A.N.A, Jiang, C., Vaidyanath Rajan, Hartman, D., Chris Karas, Gas Metal Arc Welding of Coated Advanced High Strength Steel (AHSS) – Developments for Improved Weld Quality. *SAE World Congress & Exhibition*, 2007. 2007-01-1360.

Стаття надійшла до редакції 8 травня 2019 р.