

DOI 10.32820/2079-1747-2018-22-99-104

УДК 621.791.03

**РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОДІВ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ МІДІ**

©Калін М. А.

*Українська інженерно-педагогічна академія***Інформація про автора:**

**Калін Микола Андрійович:** ORCID: 0000-0002-4068-2718; [svargof@gmail.com](mailto:svargof@gmail.com); кандидат технічних наук; доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Метою роботи є створення електрода для зварювання міді з поліпшеними зварювально-технологічними властивостями і підвищення якості наплавленого металу, що забезпечуються за рахунок зміни системи розкислення, легування, шлакової і газової системи захисту металу шва компонентами електродного покриття.

Вирішення поставленого завдання досягається тим, що для оптимізації системи розкислення і газошлакової системи покриття в його склад, що містить крейду, польовий шпат, металічний марганець, кристалічний кремній і плавиковий шпат додатково вводять чавунний порошок. Для досліджень використовувалися металеві електроди для ручного дугового зварювання, що виготовляються способом обпресування. В якості електродних стрижнів використовували мідний зварювальний дріт марок МТ по ГОСТ 859-2001. Для визначення якості наплавленого металу й зварювально-технологічних властивостей електродів робили заварку оброблення глибиною 10 мм і довжиною 100 мм із кутом розкриття 60° на пластині із міді маркі М1 товщиною 15 мм.

Зварювання робили електродами діаметром 4 мм на постійному струмі зворотної полярності. Сила струму 160-180 А. Попередньо проводили підігрів мідної пластини газовим пальником до температури 600-650°C. Високі зварювально-технологічні властивості електродів дозволяють виконувати зварювання електродугове зварювання мідних деталей і заварку дефектів у виливках, створювати зварно-литі конструкції із забезпеченням високої якості швів.

**Ключові слова:** електроди, мідь, розкислення, струм, зварювання.

**Калін Н.А.** «Разработка электродов для сварки меди».

Целью работы является создание электрода для сварки меди с улучшенными сварочно-технологическими свойствами и повышение качества наплавленного металла, обеспечиваемые за счет изменения системы раскисления, легирования, шлаковой и газовой системы защиты металла шва компонентами электродного покрытия.

Решение поставленной задачи достигается тем, что для оптимизации системы раскисления и газошлаковой системы покрытия в его состав, содержащий мел, полевой шпат, металлический марганец, кристаллический кремний и плавиковый шпат дополнительно вводят чугунный порошок. Для исследований использовались металлические электроды для ручной дуговой сварки, изготавливаемые способом обпрессовки. В качестве электродных стержней использовали медную сварочную проволоку марок М1 по ГОСТ 859-2001. Для определения качества наплавленного металла и сварочно-технологических свойств электродов делали заварку

разделки глубиной 10 мм и длиной 100 мм с углом раскрытия  $60^\circ$  на пластине с меди марки М1 толщиной 15мм.

Сварку производили электродами диаметром 4 мм на постоянном токе обратной полярности. Сила тока 160-180 А. Предварительно проводили подогрев медной пластины газовой горелкой до температуры 600-650°C.

Высокие сварочно-технологические свойства электродов позволяют производить электродугую сварку медных деталей и заварку дефектов в отливках, создавать сварно-литые конструкции с обеспечением высокого качества швов.

**Ключевые слова:** электроды, медь, раскисление, ток, сварка.

**Kalin N.** «Development of electrodes for copper welding».

The aim of the work is to create an electrode for welding copper with improved welding and technological properties and improving the quality of welded metal, provided by changing the system of deoxidation, alloying, slag and gas system for protecting the weld metal with electrode coating components.

The solution of the stated task is achieved by the fact that in order to optimize the deoxidation system and the gas-slag coating system, a cast iron powder is additionally introduced into its composition containing chalk, feldspar, metallic manganese, crystalline silicon and fluorspar.

Metal electrodes for manual arc welding, manufactured by the crimping method, were used for the studies. As electrode rods used copper welding wire M1 grades in accordance with GOST 859-2001. To determine the quality of the weld metal and the welding-technological properties of the electrodes, the welding was done with a depth of 10 mm and a length of 100 mm with an opening angle of  $60^\circ$  on a plate with a copper grade of 15 mm thickness.

Welding was performed with electrodes with a diameter of 4 mm at a constant current of reverse polarity. The current strength was 160-180 A. Preliminary heating of the copper plate with a gas burner was carried out to a temperature of 600-650 ° C.

High welding-technological properties of electrodes allow to produce electric arc welding of copper parts and welding of defects in castings, to create welded-cast structures ensuring high quality of seams.

**Key words:** electrodes, copper, deoxidation, current, welding.

## **1. Постановка проблеми**

Розробка відноситься до зварювання, зокрема до складів електродних покриттів, що застосовуються для зварювання міді. У зварювальному виробництві відомі складі покриттів, наприклад електродів марок «Комсомолец 100», ЗТ, ЦБ-1 та ін., а також складі електродних покриттів по авторським свідоцтвам [1, 2], які вміщують мармур, криоліт, плавиковий шпат, польовий шпат, феросиліцій, феромарганець, графіт, калієво-натрієве рідке скло та інші компоненти.

## **2. Аналіз останніх досліджень**

Найбільш близьким по вмісту компонентів до складу, що розробляється і взяте в якості прототипу є покриття [3], яке вміщує наступні компоненти, в мас. %:

Крейда	8 - 12
Польовий шпат	8 - 12
Металічний марганець	35 - 38
Кристалічний кремній	18 - 20
Ітрій	0,05 – 0,5
Плавиковий шпат	решта

Електродне покриття основного виду, призначене для виробництва зварювальних електродів, які використовуються для дугового зварювання міді на постійному струмі. Використання складу електродного покриття дозволяє проводити зварювання мідних деталей і заварку дефектів мідного литва із забезпеченням високої міцності металу шва.

Недоліком аналогічних електродів, у тому числі і прототипу, є недостатня якість металу шва і низькі зварювально-технологічні властивості електродів а також використання дорогих і дефіцитних для України матеріалів, зокрема ітрію, що ускладнює їх виробництво. Це не дозволяє використовувати згадані електроди для зварювання в промислових об'ємах.

Основними причинами, по яким в аналогах і прототипі неможливо отримати технічний результат, що досягається цією розробкою, є недосконала система розкислення, легування і газошлакова система покриття електродів, що не дозволяє отримати якісний метал шва при зварюванні міді в промислових умовах.

## **3. Постановка проблеми**

Технічним завданням розробки є створення електрода для зварювання міді з поліпшеними зварювально-технологічними властивостями і підвищення якості наплавленого металу, що забезпечуються за рахунок зміни системи розкислення, легування, шлакової і газової системи захисту металу шва компонентами електродного покриття.

## **4. Експериментальна частина**

Вирішення поставленого завдання досягається тим, що для оптимізації системи розкислення і газошлакової системи покриття в його склад, що містить крейду, польовий шпат, металічний марганець, кристалічний кремній і плавиковий шпат додатково вводять чавунний порошок, при наступному співвідношенні компонентів покриття, мас. %:

Крейда	8 - 12
Польовий шпат	8 - 12
Металічний марганець	35 - 38
Кристалічний кремній	18 - 20
Чавунний порошок	5 - 10
Плавиковий шпат	решта

Новим, у порівнянні з прототипом, є введення до складу покриття чавунного порошку у кількості 5-10 %.

Істотність відмін складу покриття, що розробляється полягає в невідомості використання в ньому чавунного порошку в якості розкислювача і газу шлакоутворюючого компонента, що забезпечує додаткове розкислення і легування металу шва, підвищення його якості. Чавунний порошок отримують шляхом розмолу стружки сірого чавуну у шаровому млині і просіву її через сито № 0315 по ГОСТ 6613.

Чавунний порошок вводиться до складу електродного покриття у кількості 5–10 %, як сплав Fe-C, який містить зв'язаний вуглець. Він виконує роль розкислювача металу крапель і зварювальної ванни при плавленні електрода. Додаткове розкислення вуглецем зменшує кількість кисню і неметалічних включень у наплавленому металі, що підвищує механічні властивості металу шва. Крім того, залізо, що утворюється під час плавлення електродів надає міді в металі шва міцності і подрібнює його структуру.

Введення чавунного порошку до складу покриття в кількості менше 5 % не забезпечує повного розкислення металу шва і не забезпечує помітне підвищення якості металу шва.

При введенні чавунного порошку у склад покриття в кількості більше 10 % спостерігається збільшення вмісту вуглецю в наплавленому металі, що може привести до утворення гарячих тріщин в металі шва, а також пороутворенню за рахунок окислення вуглецю у зварювальній ванні, з виділенням CO.

Введенням до складу покриття електродів чавунного порошку, у кількості 5-10% досягається оптимальний газшлаковий захист мідного сплаву, що утворюється при плавленні електрода.

Шлаки, що утворюються, характеризуються гарною газопроникністю, необхідною в'язкістю й відмінною віддільністю, що забезпечує можливість заварки розробок і дефектів у відливках із міді без пошарового очищення шлаків.

Технологія виготовлення електродів із розробленим покриттям не відрізняється від відомої. В якості електродних стрижнів використовується мідний зварювальний дріт марок М1 по ГОСТ 859-2001.

Виготовлено й випробувано електроди п'яти варіантів із розробленим покриттям і електрод-прототип. Варіанти виготовлених електродів наведені в табл. 1, а результати технологічної перевірки дослідних електродів і прототипу наведені в табл. 2.

Для визначення якості наплавленого металу й зварювально-технологічних властивостей електродів робили заварку оброблення глибиною 10 мм і довжиною 100 мм із кутом розкриття 60° на пластині із міді марки М1 товщиною 15мм.

Зварювання робили електродами діаметром 4 мм на постійному струмі зворотної полярності. Сила струму 160-180 А. Попередньо проводили підігрів мідної пластини газовим пальником до температури 600-650°С.

**Таблиця 1** – Склад покриття електродів

Компоненти покриття		Вміст компонентів, мас % (по варіантам електродів)				
	Прототип	1	2	3	4	5
Крейда	10	7	8	10	12	13
Польовий шпат	10	7	8	10	12	13
Металічний марганець	37	34	35	37	38	39
Кристалічний кремній	19	17	18	19	20	21
Ітрій	0,2	-	-	-	-	-
Чавунний порошок	-	4	5	8	10	11
Плавикий шпат	решта	решта	решта	решта	решта	решта

Результати випробувань зварювально-технологічних властивостей і якості наплавленого металу показують, що оптимальним є склад покриття варіантів 2, 3 і 4, що забезпечує високу якість наплавленого металу (відсутність тріщин, пор, зашлаковок) та гарні зварювально-технологічні властивості електродів при зварюванні міді.

**Таблиця 2** – Результати технологічних випробувань електродів

Варіант електроду	Зварювально-технологічні властивості	Кількість пор на 100 мм шва, шт	Кількість тріщин на 100 мм шва, шт
Прототип	Формування шва задовільне, схильні до утворення пор і тріщин. Обробка шва утруднена.	5	3
1	Формування шва задовільне, схильність до утворення пор і тріщин низька. Обробка шва задовільна.	2	1
2	Формування шва добре, схильність до утворення пор і тріщин низька. Обробка шва хороша.	нема	нема
3	Формування шва відмінне, не схильні до утворення пор і тріщин. Обробка шва хороша.	нема	нема
4	Формування шва хороше, не схильні до утворення пор і тріщин. Обробка шва хороша.	нема	нема
5	Формування шва задовільне, схильні до утворення зашлаковок. Обробка шва хороша.	3 зашлаковки	нема

Електродне покриття варіантів 1 і 5, що містить відповідно знижену й підвищену кількість компонентів, що заявляються, не забезпечує досягнення поставленої мети.

Таким чином, використання в покритті зазначених компонентів у певнім сполученні й певних пропорціях, забезпечують досягнення поставленої мети - високих зварювально-технологічних властивостей електрода і якості наплавленого металу, дозволяють виконувати електродугове зварювання мідних деталей і заварку дефектів у виливках, створювати зварно-литі конструкції із забезпеченням високої якості швів.

### **Висновки**

Розроблені електроди для зварювання відповідальних конструкцій з міді на постійному струмі. Забезпечуються необхідні зварювально-технологічні і механічні характеристики наплавленого металу.

### **Список використаних джерел:**

1. А. с. 266109 СССР, МПК В 23К 35/365, В 23К 35/04. Электродное покрытие / Ю. А. Шелкунов, Ю. Г. Новосельцев, В. В. Ильин. – № 1311745/25-27 ; заявл. 19.03.1969 ; опубл. 17.03.1970, Бюл. № 11. – 1 с.
2. А. с. 282554 СССР, МПК В 23К 35/365, В 23К 35/04. Электрод для сварки меди / Л. Д. Веретник, М. Г. Бычко, Н. Г. Ефименко. – № 1363582/25-27 ; заявл. 15.09.1969 ; опубл. 28.09.1970, Бюл. № 30. – 1 с.
3. А. с. 586975 СССР, МПК В 23К 35/365. Состав электродного покрытия / Н. Г. Ефименко, Н. С. Лычагин, К. К. Евдокимов, В. Я. Бригидин, Н. А. Калинин. – № 2108046/25-27 ; заявл. 24.02.1975 ; опубл. 05.01.1978, Бюл. № 1. – 2 с.

### **References**

1. Shelkunov, JuA, Novoselcev, JuG Ilin, VV 1970, *Jelektrodnoe pokrytie*, USSR Patent 266109.
2. Veretnik, LD, Bychko, MG & Efimenko, NG 1970, *Jelektrod dlja svarki medi*, USSR Patent 282554.
3. Efimenko, NG, Lychagin, NS, Evdokimov, KK, Brigidin, VJa & Kalin, NA 1978, *Sostav jelektrodnogo pokrytija*, USSR Patent 586975.

Стаття надійшла до редакції 6 грудня 2018 р.