

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Бусыгин Сергей Леонидович
аспирант,
Сибирский федеральный университет
660041, РФ, г. Красноярск, пр. Свободный, 79

MANUFACTURING AND TESTING TECHNOLOGY OF CONTACT WELDING ELECTRODES

Sergey Busygin
postgraduate,
Siberian Federal University
660041, Russia, Krasnoyarsk, 79 Svobodny Prospect

Аннотация. В статье описаны основные функции, которые выполняют электроды контактной сварки, а также области, в которых они применяются. Оценена сложность способов изготовления электродов контактной сварки с заданным комплексом физико-механических свойств, а также сложность управления макро- и микроструктурой, прочностными и эксплуатационными характеристиками, изменением структурно-энергетического состояния сплава. Описан способ ввода легирующих элементов в распла. Отработана на практике технология плавки и последующей штамповки электродов. Определены режимы последующих термических операций после штамповки электродов контактной сварки для достижения наиболее высокого уровня физико-механических свойств. Исследована микроструктура образца электрода. Проведен энергодисперсионный анализ образцов электродов. Проведены испытания полученных образцов электродов на машине контактной сварки и оценено их качество. Подобраны оптимальные режимы контактной сварки. Оценено влияние наноструктурированных частиц хрома на твердость, электропроводность и стойкость электродов контактной сварки. Построены зависимости степени износа электродов от количества сваренных точек для различных материалов, применяемых при изготовлении электродов контактной сварки.

Abstract. The article describes the main functions performed by contact welding electrodes, as well as the areas in which they are used. The complexity of methods for manufacturing contact welding electrodes with a given set of physical and mechanical properties, as well as the complexity of controlling the macro-and microstructure, strength and performance characteristics, and changes in the structural and energy state of the alloy is estimated. A method for introducing alloying elements into the melt is described. The technology of melting and subsequent stamping of electrodes has been worked out in practice. The modes of subsequent thermal operations after stamping contact welding electrodes to achieve the highest level of physical and mechanical properties are determined. The microstructure of the electrode sample was investigated. Energy dispersion analysis of electrode samples was performed. Tests of the received samples of electrodes on the contact welding machine are carried out and their quality is estimated. Optimal modes of contact welding are selected.

Ключевые слова: индукционная печь, литье, штамповка, наноструктурированные частицы, контактная сварка, старение.

Keywords: induction furnace, casting, stamping, nanostructured particles, contact welding, aging.

Одним из наиболее распространенных способов сварки в различных отраслях техники является контактная сварка. Основными сферами ее применения являются: машиностроение, автомобилестроение, ракетно-космическая промышленность, строительство и др. Электроды контактной сварки являются основным инструментом, технически осуществляющим процесс образования сварной точки. Они выполняют функцию проводников электрического тока и являются силовыми элементами, передающими значительные усилия в процессе сжатия. Электроды одновременно являются элементами вторичного контура трансформатора, силовыми конструктивными элементами контактной машины и сменным технологическим инструментом. В процессе эксплуатации, рабочая часть электродов испытывает высокую токовую нагрузку, высокие градиенты температур, циклические напряжения и упругопластические деформации сжатия, сдвига и изгиба. Кроме того, на рабочей поверхности действуют силы трения качения и скольжения [1].

Создание металлических материалов с заданным комплексом физико-механических свойств может быть реализовано с применением комплексного подхода, сочетающего получение заданного химического состава, технологию получения и упрочняющую обработку, обеспечивающие получение требуемого фазового состава и определенного структурного состояния монолитных и порошковых материалов. Свойства сплавов определяются не только химическим составом и микроструктурой, но и в значительной степени типом, размерами, формой и характером распределения фаз различной природы и происхождения.

Применение различных технологий, позволяют управлять макро- и микроструктурой, прочностными и эксплуатационными характеристиками, изменяя структурно-энергетическое состояние сплава. Современное представление об эффективном управлении свойствами материалов основывается на возможности создания условий, при которых происходит самоорганизация заданного структурно-фазового состояния [2].

Технологии, используемые в настоящее время для получения медно-хромовых сплавов и дисперсно-упрочненных композиционных материалов, требуют сложных в обслуживании и в то же время дорогих плавильных агрегатов. Авторами разработан ресурсосберегающий способ [3] приготовления хромовых бронз и получения электродов контактной сварки на специализированной установке (рис. 1) совмещенным способом литья и штамповки, что позволяет перерабатывать вторичное сырье, технологически упростить и экономически удешевить процесс изготовления электродов.



Рис. 1. Специализированная установка

Технология плавки. Для получения медного расплава, использовали отходы медного лома типа А 1/1 по ГОСТ 1639-93. Масса загружаемого в графитовый тигель индукционной печи металла составляла 1 кг. Плавку осуществляли под слоем древесного угля, толщина слоя 25-30 мм, при рабочей частоте печи 44 ± 4 кГц. Медный расплав раскисляли фосфором, который добавляли в виде лигатуры МФ 9 ГОСТ 4515-93 в количестве 0,7 %. Затем в раскисленный расплав вводили легирующий элемент в виде таблетки (рис. 2), состоящей из 83% медного порошка марки ПМС-1 ГОСТ 4960-75 и 17% наноструктурированных частиц хрома Х99 ГОСТ 5905-79.



Рис. 2. Легирующий элемент

Перемешивание жидкого металла происходило под действием переменного электромагнитного поля с частотной модуляцией тока. Это дает возможность получать в индукционной печи однородный по химическому составу сплав [4].

Технология получения электродов. Заливку расплавленного металла осуществляли в матрицу технологической оснастки (рис. 3). После остывания сплава до температуры $850-900$ °С, штамповали (рис. 4) пуансоном охлаждающий канал в электроде, затем открывали подвижным клином дно матрицы и проталкивали электрод пуансоном в охлаждающую камеру, находящуюся в основании пресса для закалки в проточной воде. Полученный образец электрода представлен на рис. 5.



Рис. 3. Заливка расплавленного металла



Рис. 4. Штамповка охлаждающего канала



Рис. 5. Образец полученного электрода

Старение электродов осуществляли в муфельной печи СНОЛ-1.62.5.1/11-ИЗ при температуре 450 °С в течение 4 часов, при котором достигается наиболее высокий уровень физико-механических свойств (твердость и электропроводность).

Исследование микроструктуры в композиционном контрасте с картированием и точечными спектрами. Исследование микроструктуры проводили с помощью оптического микроскопа Carl Zeiss Axio Vision, оснащенного устройством визуализации изображения.

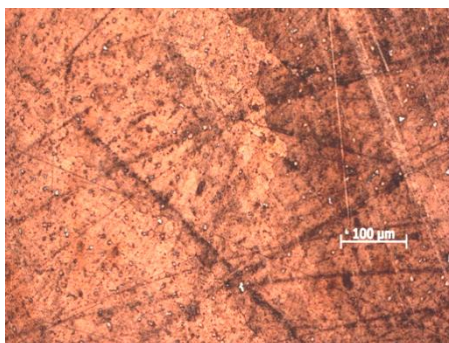


Рис. 6. Микроструктура электрода после термической обработки

Следует отметить достаточно равномерное распределение вторичной фазы в объеме электрода (рис. 6). Это свидетельствует об интенсивном перемешивании расплава в процессе индукционной плавки сплава.

Энергодисперсионный анализ выполняли на растровом электронном микроскопе JEOL JSM-7001F. Суммарная площадь исследования составила около 5 мм² и показывает примерное содержание основных элементов в сплаве (табл. 1).

Таблица 1

Содержание химических элементов в спектре, %			
Cr	P	Cu	Total
1,01	0,12	98,87	100

Распределение химических элементов в характеристическом излучении по площади шлифа (рис. 7) достаточно равномерное, что положительно отражается на твердости и электропроводности образцов.

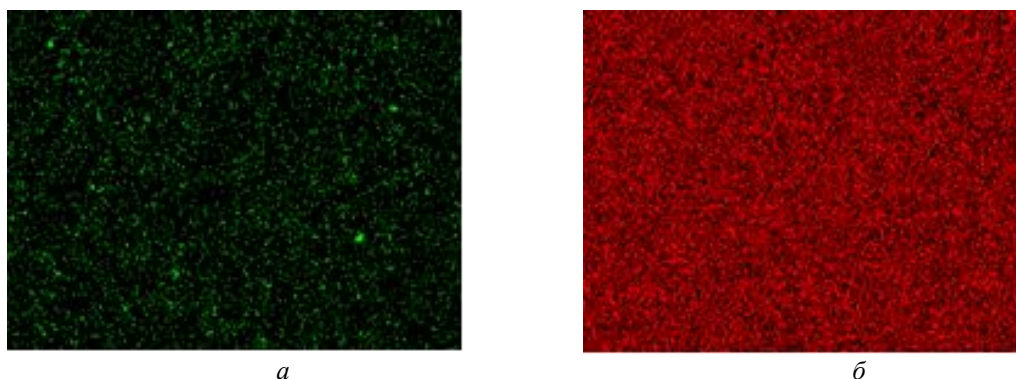


Рис. 7. Карты химических элементов в характеристическом излучении (x3000):
а – Cr (хром); б – Cu (медь).

Испытания экспериментальных образцов электродов. Качество электродов контактной сварки определяется их стойкостью, т.е. способностью сохранять в определенных пределах исходные размеры и форму рабочей поверхности. В конечном счете, от формы и размеров рабочей части электродов зависит качество сварного соединения.

Чтобы исключить влияние как можно большего количества факторов и обеспечить требуемую объективность оценки работоспособности электродов, испытания проводили на одной сварочной машине, сваривая материал одной марки, разной толщины и качества поверхности, задаваясь при этом вполне определенными параметрами сварки (температура сварки, энергетические параметры, давление на электроды, условия охлаждения).

Испытание проводили на контактной машине МПТУ-300. Сваривали в крест стержни арматуры диаметрами 10+40 мм из стали 35ГС. Схема крестового соединения стержней арматуры представлена на рис. 8, а процесс сварки на рис. 9.

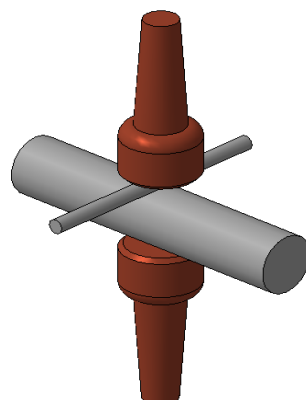


Рис. 9. Крестовое соединение стержней



Рис. 9. Сварка арматуры вкрест

В процессе сварки двух стержней арматуры из стали 35ГС диаметрами 10+40 мм вкрест были подобраны оптимальные режимы, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Усилие на электродах, кН	Сварочный ток, кА	Скорость сварки, т/мин	Время сварки, с
5,8	23,6	30	0,25-0,72

Испытания проводили до полного износа электродов (рис. 10).



Рис. 10. Износ электрода контактной сварки

Исследование зависимости степени износа электродов от количества точек (рис. 11) указывает, что полученные электроды изнашиваются на 50–70 % меньше, чем электроды из аналогичных сплавов (М1, БрХ1), а следовательно дольше работают до полного износа, что в значительной мере снижает конечную стоимость продукции.

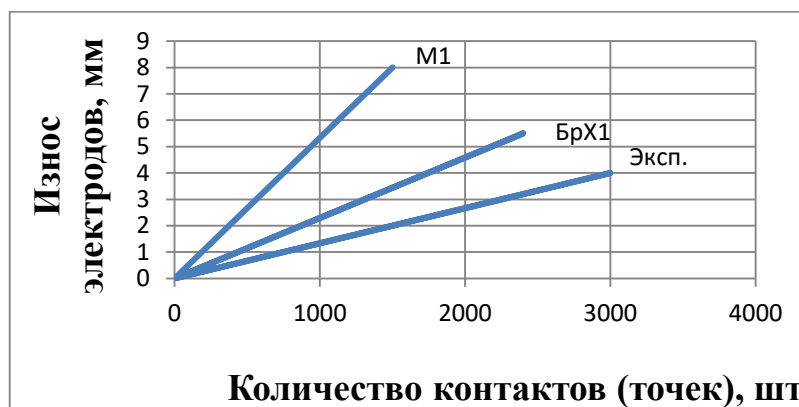


Рис. 11. График зависимости степени износа электродов от количества точек

Заключение. Результаты выполненной работы дают основание сделать выводы:

1. Применение модификаторов, состоящих из брикетированного порошка меди наноструктурированных частиц хрома, позволяет получать нужный по химическому составу сплав и исключить сложные, дорогостоящие операции приготовления лигатуры Cu-Cr.

2. Предложенная методика плавки, обеспечивает равномерное распределение хрома в сплаве, что положительно отражается на прочностных и электропроводных свойствах электродов.

3. Использование совмещенного способа литья и штамповки, а также операций по термообработке, позволяют получать электроды, по твердости, электропроводности и стойкости, превосходящие электроды из аналогичных сплавов, полученных по традиционной технологии.

4. Применяемая ресурсосберегающая технология, позволяет получать электроды контактной сварки из вторичного сырья, повышая экологичность производства.

5. Износ экспериментальных образцов электродов на 50–70 % меньше, чем электродов из сплавов М1 и БрХ1, что в значительной мере снижает их стоимость.

Список литературы:

1. Применение ресурсосберегающей технологии металлургической переработки меди и медных сплавов для получения электродов контактной сварки / С. Л. Бусыгин, А. П. Рукосуев, С. К. Крушати́на и др. // Вестник СибГАУ. 2010. Вып. 6 (32). С. 119–121.

2. Получение электродов контактной сварки совмещенным способом литья и штамповки / С. Л. Бусыгин, А. М. Синичкин, А. М. Токмин // Металлургия машиностроения. 2013. Вып. № 2. С. 39–43.

3. Пат. 2412035 Российская Федерация, В23К 35/40, В23К 11/30. Способ изготовления электродов для контактной сварки / С. Л. Бусыгин, А. И. Демченко, А. С. Рафальский. № 2010108888/02; заявл. 09.03.2010; опубл. 20.02.2011, бюл. №5. 5 с.

4. Николаев А. К., Новиков А. И., Розенберг В. М. Хромовые бронзы. М.: Металлургия, 1983. 176 с.

References:

1. Busygin S.L., Rukosuev A.P., Krushatina S.K., Demchenko A.I., Rafalskii A.S. The use of resource-saving technology of metallurgical processing of copper and copper alloys for obtaining resistance welding electrodes. Vestnik SibGAU, 2010, 6, 119-121 (in Russian).

2. Busygin S.L., Sinichkin A.M., Tokmin A.M. Obtainment of resistance welding electrodes by a combined method of casting and stamping. Metallurgiiia mashinostroeniia, 2013, 2, 39-43 (in Russian).

3. Busygin S.L., Demchenko A.I., Rafalskii A.S. A method of manufacturing electrodes for resistance welding. Patent of the Russian Federation №2412035. Bulletin 5, 2011 (in Russian).

4. Nikolaev A.K., Novikov A.I., Rozenberg V.M. Chromium bronze. Moscow, Metallurgiiia, 1983, 176 p. (in Russian).