

# ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОВОЛОКИ ИЗ БРОНЗЫ БрХЦрК

*Пестерева Т.М., Железняк Л.М.*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург  
**tpestereva88@mail.ru**

Выявлены трудности изготовления проволоки электротехнического назначения из хромоциркониевокальциевой бронзы, связанные с высоким уровнем её физико-механических свойств. В условиях производства найдено продуктивное решение непростой технологической задачи существенного улучшения служебных характеристик проволоки – повышения её электропроводности и временного сопротивления.

Ключевые слова: хромоциркониевокальциевая бронза, высокоответственная электротехническая проволока, служебные свойства, технологические режимы, совершенствование, промышленный выпуск.

Для производства проволоки высокоответственного электротехнического назначения продуктивно используют хромоциркониевокальциевую бронзу со строго регламентированными пределами содержания легирующих, наличие и весьма точное количество которых обеспечивает требуемый уровень положительных свойств сплава, а именно: повышаются температура разупрочнения и сопротивление деформации при температурах эксплуатации, превышающих температуру начала рекристаллизации меди.

Известно, что надлежащий уровень электропроводности сплава Cu-Cr-Zr обусловлен минимальной концентрацией легирующих в твердом растворе. Сплав имеет удовлетворительные прочностные свойства в интервале рабочих температур и разупрочняется довольно медленно; с целью повышения механических характеристик и электропроводности в него дополнительно вводят кальций. При этом даже невысокое содержание легирующих компонентов может привести к превышению предельно допустимого значения удельного электросопротивления, что связано с химическим взаимодействием между ними.

К материалу указанной проволоки предъявляют жесткие требования, обоснованные условиями её эксплуатации, однако соблюдение этих требований объективно крайне затруднительно. Требуемые характеристики прочности и пластичности, а также повышенная температура разупрочнения сплава должны сочетаться с его высокой электропроводностью, однако повышение температуры начала рекристаллизации одновременно сопровождается неизбежным ростом электросопротивления.

С целью значительного улучшения служебных свойств проволоки путем одновременного повышения электропроводности и временного

сопротивления в производственных условиях реализовали комплекс следующих мероприятий.

1. Жёстко регламентировали химический состав сплава, мас. %: Cr 0,15–0,25; Zr 0,15–0,25; Ca 0,03–0,1; Cu–основа.

2. Закалку промежуточной заготовки провели с температуры 800°C; это позволило достичь надлежащих физико-механических свойств проволоки и стабилизировать безобрывное волочение промежуточной заготовки вследствие существенного измельчения зерна.

3. Для получения проволоки самых малых диаметров и с целью реализации многократного, без промежуточных отжигов волочения между закалкой и низкотемпературным отпуском, его проводили с высоким суммарным относительным обжатием 88 – 96%, достигаемым благодаря повышенной пластичности сплава.

4. Низкотемпературным отпуском (по сути – старением) при 480–500°C в течение 3,5–4ч обеспечили достижение наименьшего электросопротивления.

5. Чистовое волочение провели с суммарным относительным обжатием  $\geq 84\%$ .

6. Высокотемпературный отделочный отпуск готовой проволоки при 540–550°C и времени нахождения проволоки в рабочем пространстве протяжной печи  $\geq 15$ с необходим для предотвращения роста электросопротивления, вызванного одновременным присутствием в сплаве хрома и циркония и увеличением вследствие этого растворимости в меди каждого из этих легирующих в присутствии другого. При этом не наблюдается понижения временного сопротивления сплава, т. к. он, как отмечено выше, разупрочняется довольно медленно.

В результате организовали выпуск промышленных партий проволоки из бронзы БрХЦрК 0,2–0,2–0,1 с существенно скорректированным химическим составом, который может быть квалифицирован как близкий к оптимальному. Сплав обладает электропроводностью на уровне 91–97% от электропроводности электротехнической меди и имеет временное сопротивление 540–590МПа. Таким образом, значительно улучшены потребительские качества продукции путем повышения показателей электропроводности и прочности проволоки высокоответственного назначения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Николаев А.К., Розенберг В.М. Сплавы для электродов контактной сварки. М.: Металлургия, 1978. 96 с.

2. Николаев А.К., Новиков А.И., Розенберг В.М. Хромовые бронзы. М.: Металлургия, 1983. 177 с.

3. А. с. 440907 СССР, МКИ С22С9/00. Сплав на основе меди/ В.Н.Фёдоров, В.М. Розенберг, Е.П. Данелия и др. Оpubл. 25.01.1979. Бюл. №7.

4. ТУ 48-21-680–2002. Проволока из бронзы марки БрХЦрК. Код ОКП 184960. Группа В74.

5. Микролегирование – перспективное направление в создании новых теплопрочных медных сплавов. Обзорная инф. Вып. 3. М.: ЦНИИЦВЕТМЕТ экономики и информации, 1988. 58 с.

6. Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы. М.: Metallургия, 1974. 484 с.

7. Пат. 2347007 РФ, МПК С22F1/08, В21С21/00. Способ термомодеформационной обработки проволоки из бронзы БрХЦрК/ Н.С. Арсентьева, Л.М. Железняк, Л.Н. Марущак и др. Оpubл. 20.02.2009. Бюл. №5.