

УДК 621.762  
СТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ  
ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО,\* Г. Ф. ЛОВШЕНКО, И. А. ЛОЗИКОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

\* Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Минск, Беларусь

Одним из способов производства высококонцентрированной лигатуры для выплавки бронз электротехнического назначения является реакционное механическое легирование. В данной работе исследовано влияние процесса механического легирования на структуру и фазовый состав механически легированных гранулированных композиций на основе меди с высоким содержанием легирующих элементов.

В качестве исходных компонентов для получения материалов применяли стандартный порошок меди ПМС-1 с размером частиц 63–45 мкм и порошки технически чистых металлов – хрома и циркония с размером частиц менее 45 мкм. Концентрация хрома и циркония в исследуемой композиции определялась возможностью получения 10 % -ой лигатуры, рекомендованной для выплавки наиболее широко применяемых хромовых и хромоциркониевых бронз.

Металлографический анализ проводился на металлографическом комплексе МКИ-2М (Беларусь), сканирующем электронном микроскопе «Tescan VEGA II SBH» (Чехия). Исследование элементного состава проводилось на микроскопе «Tescan VEGA II SBH» (Чехия) с системой энергодисперсионного микроанализа «INCA ENERGY 350/XT» с безазотным детектором X-Act ADD (OXFORD Instruments NanoAnalysis, Великобритания) при линейном непрерывном и шаговом сканировании, а также сканировании по площади. Субструктура и фазовый состав материалов изучались на просвечивающем электронном микроскопе Tesla BS-540 с использованием гониометрических приставок. При этом исследование структуры гранулированной композиции проводилось путем осаждения мелких осколков гранул на угольные реплики.

Форма и топография гранул изучались на фракции 250–500 мкм. Гранулы композиций, содержащих до 5 % легирующих элементов, имеют равноосную форму и представляют собой единое образование. По мере увеличения содержания легирующего элемента с 5 до 20 %, гранулы становятся более сложными образованиями и представляют собой компози-

ционные частицы, состоящие из нескольких более мелких гранул сложной формы.

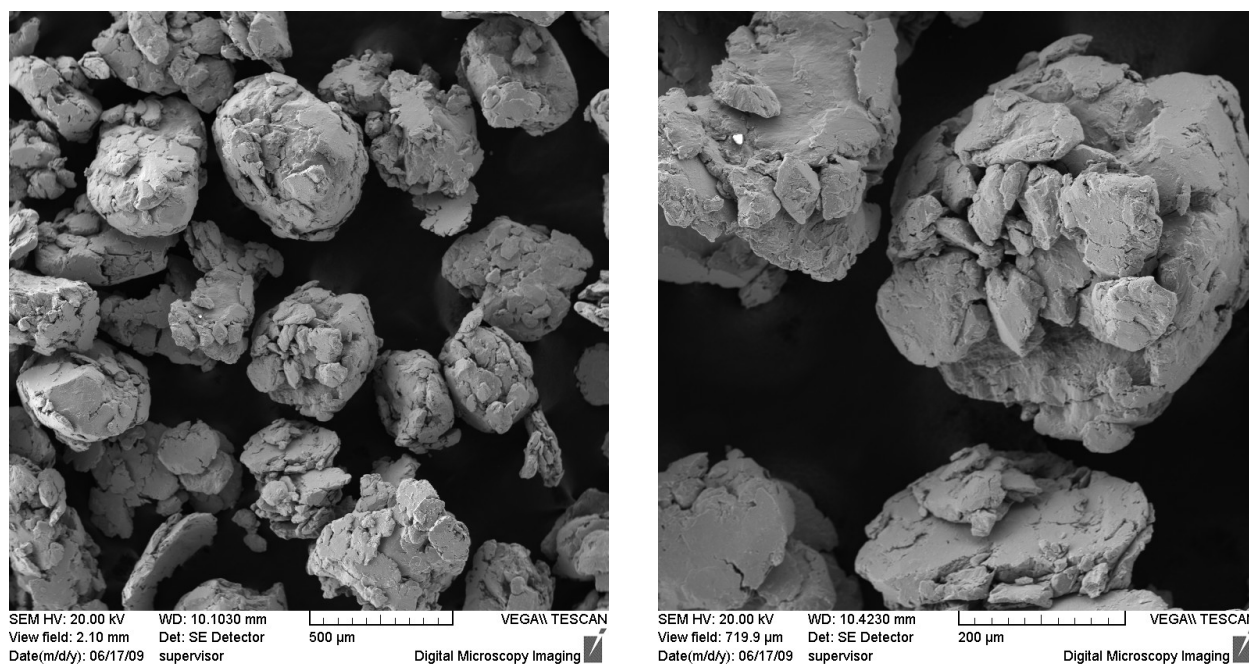


Рис. 1. Форма и топография поверхности гранул композиции Cu–15 % Cr

Гранулы характеризуются равномерным распределением элементов. Микроструктура исследована на полированных гранулах, подвергнутых травлению 36 % раствором хлорида железа (III)  $FeCl_3$ . Установлено, что размер зерен основы не превышает 0,5 мкм. Зерна, в свою очередь, разделены на блоки размером сотые доли микрометра. В структуре гранул травлением выявляются вытянутые включения частиц легирующего элемента – Cr (светлые выступающие включения) размером в большем направлении до 20 мкм шириной 2–5 мкм.

Растворимость легирующих элементов (Zr, Cr) при комнатной температуре в равновесных условиях близка к нулю, что подтверждается соответствующими диаграммами состояния двойных сплавов Cu-Cr и Cu-Zr. Электронографическим методом (ПЭМ) установлено наличие в материале таких фаз Cr, Zr, Fe. Фаза  $Cu_3Zr$  в гранулированных композициях непосредственно после механического легирования не выявлялась, т.к. механическое легирование к завершению фазовых превращений не приводило, они заканчивались формированием промежуточных соединений типа зон Гинье-Престона.