

PACS: 62.50.+p, 68.55.-a

В.П. Коржов

## СПЕЧЕННЫЕ ПОРОШКОВЫЕ ЗАГОТОВКИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПЛАВА Cu–30% Cr, ПЛАКИРОВАННЫЕ ЛИТЫМ СПЛАВОМ ТОГО ЖЕ СОСТАВА

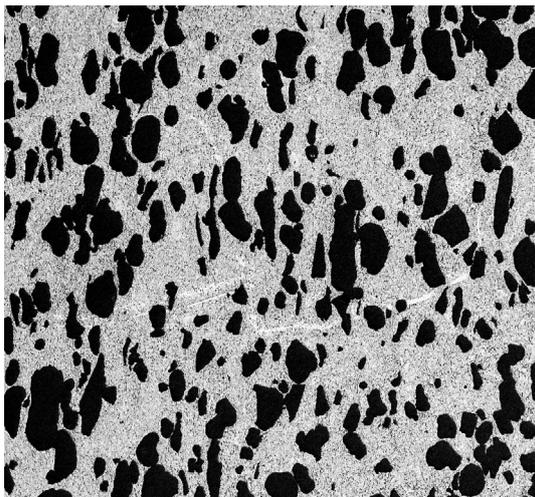
Институт физики твердого тела РАН

ул. Институтская, 2, г. Черноголовка, Московская обл., 142432, Россия

Email: korzhov@issp.ac.ru

*Исследовано получение относительно тонкого слоя желаемой структуры на поверхности спеченной заготовки из сплава Cu–30% Cr. Использован метод плакирования поверхности заготовки фольгой из того же сплава, имеющего литую структуру. Плакирование осуществлялось с помощью прокатки на вакуумном прокатном стане с предварительным нагревом до температуры 900 °С. Толщина получившегося слоя равнялась 0.38 мт.*

Согласно диаграмме состояния [1] медь и хром в твердом состоянии плохо взаимно растворимы, вследствие чего трудно приготовить их сплавы плавильными способами. Поэтому для получения сплавов системы Cu–Cr используют преимущественно метод



**Рис. 1.** Микроструктура спеченной контактной заготовки из сплава Cu–30% Cr

порошковой металлургии. Структура сплава, спеченного из порошков, представляет собой матрицу из твердого раствора хрома в меди с более или менее равномерно распределенными в ней зернами хрома размером от 30 до 150  $\mu\text{m}$  (рис. 1) [2–4]. Часто возникает необходимость изменить структуру поверхности изделий из таких сплавов, не нарушая структуру остального объема. Представляется, что для этого более предпочтительной является структура с мелкодисперсными выделениями хрома в медной матрице, какой может быть литая

структура сплава с выделениями хрома на 1–2 порядка меньше тех, что наблюдались на рис. 1.

В настоящей работе рассмотрена возможность получения относительно тонкого слоя желаемой структуры на поверхности спеченной заготовки из сплава Cu–30% Cr (здесь и далее mass%). Для этой цели использовали метод плакирования поверхности заготовки фольгой из того же сплава, имеющего литую структуру.

Сплав Cu–30% Cr применяется в электротехнике для изготовления контактов в вакуумных выключателях [5–7], поэтому данная работа может представлять интерес для специалистов, занятых в этой области.

### 1. Методика, исходные материалы и заготовки для экспериментов по плакированию

Исходными материалами для изготовления спеченных заготовок были электролитический порошок меди марки ПМС-1 производства ОАО «Урал-электромедь» и электролитический рафинированный порошок хрома марки ЭРХ-ПМ производства фирмы «Delachaux» (Франция) дисперсностью 30–150  $\mu\text{m}$ . Частицы Cu-порошка представляли собой дендриты длиной 40–50  $\mu\text{m}$ , частицы хрома имели форму гранул.

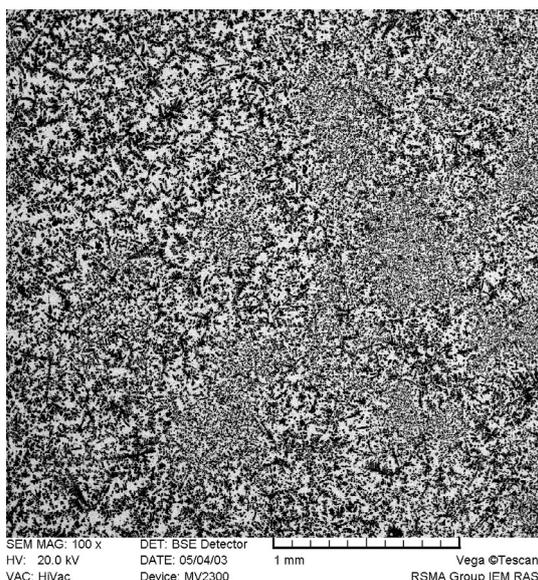
Порошковую смесь состава 70% Cu + 30% Cr после перемешивания в течение 10–15 min прессовали в диски диаметром 50 и толщиной  $\sim 5$  mm на гидравлическом прессе с максимальным усилием  $\sim 4.9 \cdot 10^6$  N. При прессовании использовали бандажированную разбирающуюся стальную пресс-форму. Давление прессования 250 МПа. Полученные порошковые заготовки подвергали термообработке в потоке водорода чистотой 99.999%, включавшей обезгаживание при 350°C в течение 3 h и спекание при 950°C в течение 5 h. Для экспериментов по плакированию применяли заготовки из сплава Cu–30% Cr – Cu<sub>30</sub>Cr.

Микроструктуру поперечного сечения плакированной спеченной заготовки исследовали с помощью растровой электронной микроскопии на цифровом электронном сканирующем микроскопе CamScan MV2300.

### 2. Плакирование поверхности сплава

Метод плакирования основан на эффекте «схватывания» двух соприкасающихся поверхностей при деформации [8]. Схватывание происходило за счет образования чистых, так называемых ювенильных поверхностей, характеризующихся отсутствием адсорбированных атомов и, следовательно, наличием свободных атомных связей.

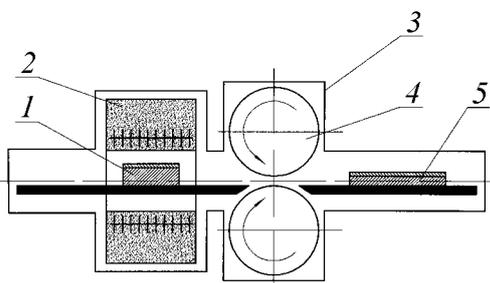
В данном случае предстояло плакировать поверхность круглой спеченной заготовки Cu<sub>30</sub>Cr. Перед плакированием ее прокатывали в полосу толщиной 3.8 mm. Для улучшения деформируемости заготовку предварительно нагревали до 400°C. Материал, которым плакировали, представлял собой ленту толщиной 0.5 mm из сплава того же состава, но с литой структурой. Ее по-



**Рис. 2.** Микроструктура слитка сплава Cu–30% Cr, полученного плавкой на воздухе с нагревом ТВЧ и разливкой в Cu-изложницу

предварительным нагревом до 900°C в течение ~ 5 min и степенью деформации ~ 28%. Конечная толщина пакета 3.1 mm. После прокатки пакет представлял собой монолитную заготовку.

Принципиальная схема вакуумного прокатного стана показана на рис. 3. Он устроен таким образом, что в вакуумной камере 3 находятся валки 4. Прокатываемый пакет 1 с помощью манипулятора из приемного шлюза сначала подается в печь 2 для предварительного нагрева, а затем – в валки. С обратной стороны валков прокатанный пакет 5 подхватывается другим манипулятором и перемещается в следующий шлюз, откуда после остывания вынимается на воздух.



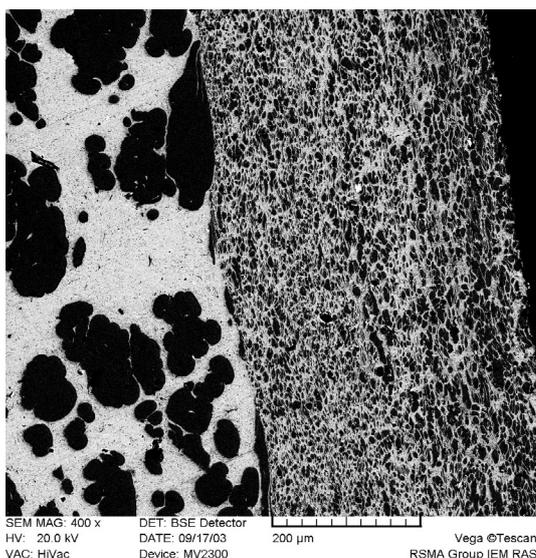
**Рис. 3.** Схема вакуумной прокатки пакета: 1 – пакет до прокатки, 2 – печь, 3 – вакуумная камера, 4 – валки прокатного стана, 5 – монолитная заготовка после прокатки

лучали прокаткой слитка из сплава Cu–30% Cr, приготовленного плавкой с нагревом током высокой частоты (ТВЧ) на воздухе и разливкой в массивную медную изложницу [9]. До прокатки слиток имел литую структуру из эвтектической матрицы с мелкодисперсными дендритными включениями хрома (рис. 2).

Из заготовки Cu30Cr и ленты сплава Cu–30% Cr собирали пакет, который на концах скрепляли заклепками. Соприкасающиеся поверхности заготовки и ленты перед сборкой тщательно очищали от жировой пленки и подвергали механической обработке металлическими щетками. Собранный таким образом пакет подвергали прокатке на вакуумном прокатном стане с

предварительным нагревом до 900°C в течение ~ 5 min и степенью деформации ~ 28%. Конечная толщина пакета 3.1 mm. После прокатки пакет представлял собой монолитную заготовку.

Структура поперечного сечения контактной заготовки Cu30Cr, поверхность которой плакирована слоем из литого сплава Cu–30% Cr, показана на рис. 4. Видно, что микроструктура плакирующего слоя представляет собой матрицу с множеством овальных включений хрома. Их размер значительно меньше, чем в основном объеме заготовки. Такая структура покрытия образовалась из литой структуры с дендритными частицами хрома как следствие их коагуляции, иницииро-



**Рис. 4.** Микроструктура поперечного сечения спеченной заготовки Cu30Cr, плакированной слоем сплава Cu–30% Cr с литой структурой

В заключение отметим, что плакирующий слой из сплава Cu–30% Cr с литой структурой можно совместить с порошковой заготовкой того же сплава еще на стадии ее прессования. Это позволит не делать прокатку дисковой спеченной заготовки сначала в полосу, а потом уже, если понадобится, из биметаллической полосы снова вырезать круглую заготовку.

### Вывод

С помощью вакуумной прокатки при температуре 900°C произведено плакирование поверхности спеченной заготовки из сплава Cu–30% Cr фольгой из того же сплава. Плакирующий слой имел литую структуру, характеризующуюся мелкодисперсными выделениями хрома. Толщина слоя ~ 0.4 mm.

1. М.Е. Дриц, Н.Р. Бочвар, Л.С. Гузей, Е.В. Лысова, Е.М. Падежнова, Л.Л. Рохлин, Н.И. Туркина, Двойные и многокомпонентные системы на основе меди, Наука, Москва (1979).
2. A. Lamperti, P.M. Ossi, V.P. Rotshtein, Surface and Coatings Technology **200**, 6373 (2006).
3. Kim Mi-Jin, Doh Jung-Mann, Park Jong-Ku, Jung Jae-Pil, in: Proc. of the 15th International Plansee Seminar, Plansee Holding AG, Reutte, **1**, 29 (2001).
4. H. Hässler, H. Kippenberg, H. Schreiner, in: Proc. of the Ninth International Conference on Electric Contact Phenomena and the 24th Annual Holm Conference on Electric Contacts, Chicago, US (1967), p. 39.
5. F. Heitzinger, H. Kippenberg, K.E. Saeger, R.-H. Schröder, in: Proc. of the 15th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (1992), p. 273.

6. *H. Kippenberg*, in: Proc. of the 13th International Conference on Electric Contacts. Zurich (Lausanne), Switzerland (1986), p. 140.
7. *Kato, Masaru* (Amagasaki, JP), US Patent. 4 37 2783; Publication Date: 02/08/1983; Priority Date: 07/27/1979.
8. *П.Ф. Засуха, В.Д. Корщиков, О.Б. Бухвалов, А.А. Еришов*, Биметаллический прокат, Металлургия, Москва (1971).
9. *В.П. Коржов, М.И. Карпов*, Материалы V Международной конференции «Фазовые превращения и прочность кристаллов», 17–21 ноября 2008 г., Черноголовка (2008).
10. *В.П. Коржов, М.И. Карпов, В.И. Внуков, С.И. Малаховский, П.А. Фролов*, Материалы V Международной конференции «Фазовые превращения и прочность кристаллов», 17–21 ноября 2008 г., Черноголовка (2008).

*В.П. Коржов*

#### СПЕЧЕНІ ПОРОШКОВІ ЗАГОТОВКИ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПЛАВУ Cu–30% Cr, ПЛАКОВАНІ ЛИТИМ СПЛАВОМ ТОГО Ж СКЛАДУ

Досліджено отримання відносно тонкого шару бажаної структури на поверхні спеченої заготовки із сплаву Cu–30% Cr. Використано метод плакування поверхні заготовки фольгою з того ж сплаву, що має литу структуру. Плакування здійснювалося за допомогою прокатки на вакуумному прокатному стані з попереднім нагрівом до температури 900°C. Товщина отриманого шару дорівнювала 0.38 mm.

*V.P. Korzhov*

#### SINTERED POWDER BILLETS OF ELECTROCONTACT Cu–30% Cr ALLOY CLAD BY CAST ALLOY OF THE SAME COMPOSITION

The obtaining of a relatively thin layer of necessary composition on the surface of sintered billet from the Cu–30% Cr alloy has been investigated. The method of billet surface cladding by foil of the same alloy having the cast structure has been applied. The cladding was realized by rolling with the help of a vacuum rolling mill with a preheating to a temperature of 900°C. The obtained layer was 0.38 mm thick.

**Fig. 1.** The microstructure of sintered contact billet of the Cu–30% Cr alloy

**Fig. 2.** The microstructure of the ingot of the Cu–30% Cr alloy obtained by melting in air with high-frequency heating and casting in Cu-ingot mould

**Fig. 3.** Scheme of the vacuum rolling of the packet: 1 – packet before rolling, 2 – furnace, 3 – vacuum chamber, 4 – mill rolls, 5 – monolithic billet after rolling

**Fig. 4.** The microstructure of the cross-section of sintered Cu30Cr billet clad by the layer of Cu–30% Cr alloy with the cast structure