

**ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ ТВЕРДОГО СПЛАВА
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ В РАЗНЫХ СРЕДАХ**

М.И. Дворник, Е.А. Михайленко

Институт материаловедения ХНЦ ДВО РАН (г. Хабаровск)

mea80@list.ru

**PREPARATION OF POWDERS OF A SOLID ALLOY BY THE METHOD OF ELECTRO-
EROSION DISPERSION IN DIFFERENT MEDIA**

M.I. Dvornik, E.A. Mikhailenko

Federal State Budgetary Institution Institute of Materials Science, Kola Scientific Center FEB RAS

(Khabarovsk). mea80@list.ru

DOI: 10.2250/PFARE.2019.117-119

Вольфрамокобальтовые твердые сплавы были и остаются наиболее распространенным материалом металлорежущих инструментов. Вольфрамокобальтовые сплавы изготавливают методами порошковой металлургии. Порошки для спекания твердых сплавов получают разными способами. В данной работе использован метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), который является способом получения порошка твердого сплава преимущественно сферической формы с размером от нескольких нм до сотен мкм [1, 2]. ЭЭД WC-Co сплавов является способом получения порошков наноструктурного и ультрамелкозернистого твердого сплава с высокой производительностью, низкими затратами и высокой экологичностью [3]. В основе ЭЭД находится действие искрового разряда между анодом и катодом, при котором приповерхностные слои эродируют в жидкой, паровой и твердой фазах. Химический состав получаемого порошка изменяется из-за реагирования с рабочей жидкостью, в которой происходит диспергирование. В качестве рабочей жидкости для диспергирования в данной работе применяли дистиллированную воду и трансформаторное масло (производитель Фоху, ТУ 38.1011025-85). Диспергирование проводили в насыпном слое, так как это единственный способ промышленного получения порошков. Рабочая жидкость без замены многократно проходила через зону разрядов. Такая рециркуляция приводит к тому, что частицы подвергаются разряду неоднократно и средний размер их уменьшается. Проведены комплексные исследования состава порошков после ЭЭД твердых сплавов с различным содержанием кобальта (WC-8% Co, WC-10% Co, WC-15%Co) в насыпном слое в воде и масле.

Порошки, полученные электроэрозионным диспергированием в дистиллированной воде и трансформаторном масле, обладают разным содержанием углерода. ЭЭД в воде приводит к потерям углерода за счет окисления продуктов эрозии твердого сплава, а диспергирование в масле приводит к повышению содержания углерода в образующемся порошке за счет взаимодействия с продуктами пиролиза масла. Содержание углерода в полученном порошке измеряли с помощью анализатора ЕМІА-320V2. Отжиг производился в вакуумной трубчатой печи Carbolit STF при температуре 1000°C в вакууме и при температуре 900°C. в атмосфере СО для порошков полученных в воде и атмосфере СО₂ для порошков, полученных в трансформаторном масле.

Гранулометрический анализ показал, что методом ЭЭД в насыпном слое получают порошки достаточно однородные по размеру (рис. 1). Наночастицы образованные кристаллизацией паровой

фазы и другие мелкие частицами циркулируют в рабочей жидкости, повторно попадая в зону разряда и многократно подвергаясь термохимическому воздействию. Средний размер частиц порошка уменьшается при увеличении доли кобальта в используемых электродах, что связано с более низкой температурой плавления кобальта (рис. 2).

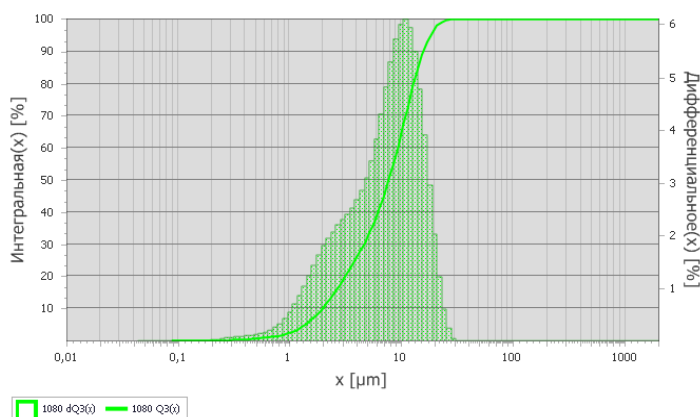


Рис. 1. Гранулометрический состав порошка, полученного ЭЭД сплава WC-15Co в масле до отжига при 900°C ($d=8.4$ мкм).

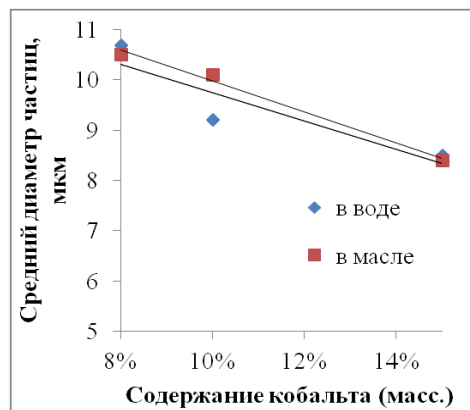


Рис. 2. Зависимость среднего диаметра частиц от содержания кобальта.

При ЭЭД в дистиллированной воде происходит окисление поверхности и получаемых частиц порошка. Потеря углерода при отжиге в вакууме значительнее в порошках, полученных из электродов с большим содержанием кобальта. (рис. 3). Такого содержания (менее 1%) недостаточно для создания сплавов с необходимыми эксплуатационными свойствами.

Для предотвращения обезуглероживания отжиг порошков, полученных в воде проводили в атмосфере газа CO в течение 30 минут при температуре 900°C, при этом содержание углерода изменилось с 2,8% до 4,2%. Порошок с таким содержанием углерода уже можно использовать для создания градиентных твердых сплавов, в качестве слоя с недостатком углерода.

При ЭЭД в масле из-за деструкции масла под действием разрядов образуется свободный углерод. Содержание углерода в полученных порошках не зависит от содержания кобальта в исходных электродах и составляет примерно 9%. Изменение содержания углерода после отжига в вакууме при 1000°C находится в пределах погрешности (рис. 4).

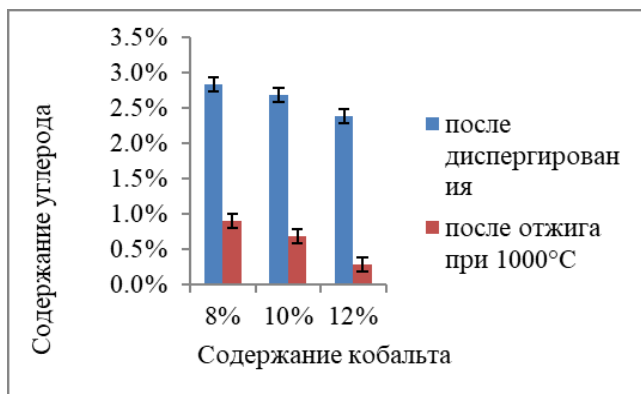


Рис. 3. Содержание углерода в порошках, полученных ЭЭД в воде до и после отжига в вакууме.

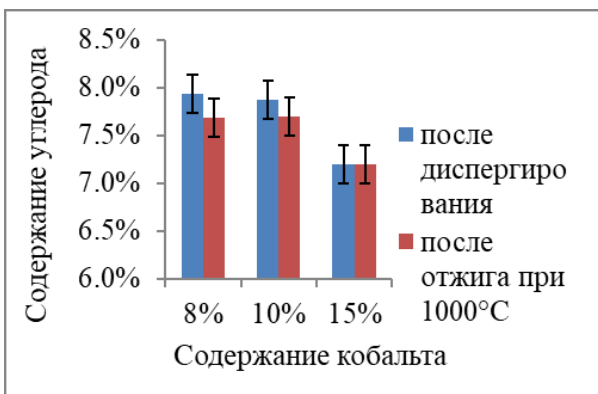


Рис. 4. Содержание углерода в порошках, полученных ЭЭД в масле до и после отжига в вакууме.

Отжиг в атмосфере CO₂ приводит к уменьшению содержания углерода в порошках, полученных в масле. Причем конечное содержание углерода в порошках зависит от времени обезуглероживания.

Таким образом, отжиг в атмосфере оксидов углерода приводит к уменьшению разницы в содержании углерода в порошках, полученных в разных средах.

Рентгенофазовый состав порошков сильно зависит от среды диспергирования (рис. 5). В воде преимущественно образуется вольфрам W и карбид W_2C . В масле образуется карбид вольфрама WC и значительное количество графита. Из порошков, полученных ЭЭД, прошедших отжиг в атмосфере CO или CO_2 , можно изготавливать твердые сплавы с необходимыми эксплуатационными свойствами [4].

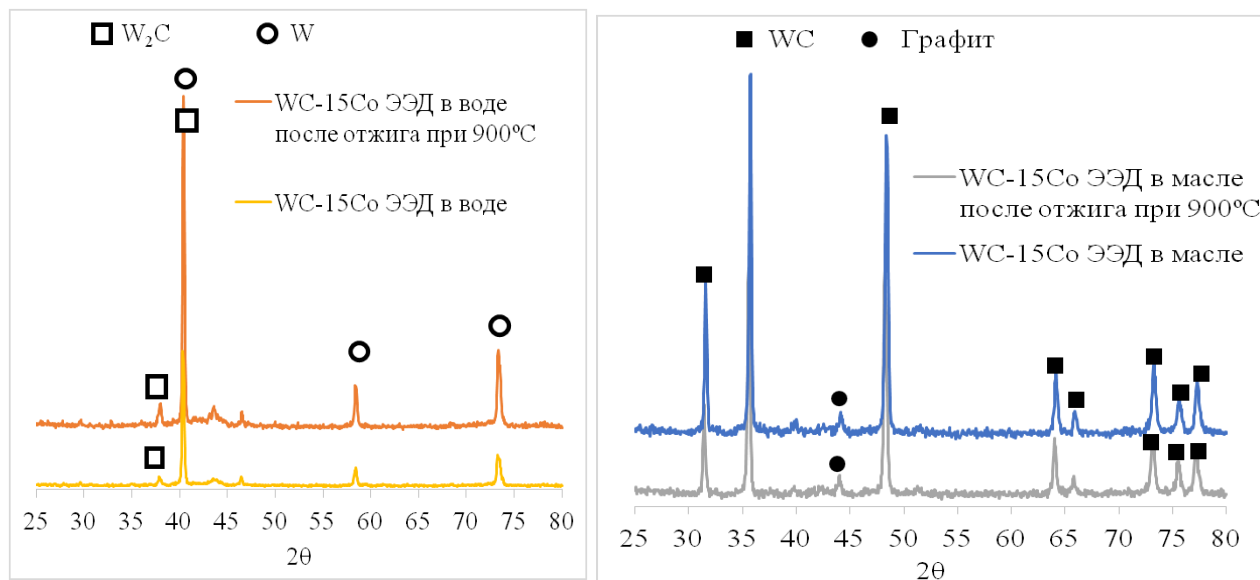


Рис. 5. Фазовый состав порошков, полученных в воде и в масле.

Выводы

ЭЭД в ограниченном объеме рециркулируемой жидкости приводит к значительному изменению состава получаемых порошков, формированию устойчивых фаз (α -W или α -WC). Крупные частицы, образованные хрупким разрушением, не выносятся из зоны диспергирования. Полученные порошки преимущественно состоят из сферических частиц образованных кристаллизацией из жидкого состояния.

При диспергировании твердого сплава WC-15Co в воде содержание углерода снижается с 5.2% до 2.4%. После отжига в вакууме при 1000°C содержание углерода снижается до 0.3% в результате восстановления оксидов. При уменьшении содержания кобальта количество сохранившегося углерода увеличивается. Полученные порошки состоят преимущественно из вольфрама (α -W) с небольшим содержанием W_2C .

При диспергировании твердого сплава WC-15Co в масле содержание углерода увеличивается с 5.2% до 8.4%. После отжига содержание углерода не изменяется. При уменьшении содержания кобальта количество углерода увеличивается. Фазовый анализ показал наличие лишь α -WC.

1. Панов, В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них/ В.С. Панов, А.М. Чувилин. – М.: МИСИС. 2001. – С. 452.

2. Третьяков, В.И. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. – М.: Металлургия. 1976. – С. 512.

2. Dvornik, M., Mikhailenko, E. Control of carbon content in ultrafine cemented carbide by heat treatment in reducing atmospheres containing carbon oxides // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2018. – Vol. 27, № 7. – P. 3610-3618.

3. Dvornik, M., Mikhailenko, E. Fabrication of Nanostructured Gradient Tungsten-Cobalt Alloy Using Carbon Deficiency Powder // Defect and Diffusion Forum. – 2018. – Vol. 386. – P. 370-376.