

Рисунок 1 – Влияние размера частиц на выход сферического продукта: а - TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (x- плазмотрон УШР-2; o- плазмотрон установки УМП-8), б - CrB<sub>2</sub> (1), TiB<sub>2</sub> (2) (плазмотрон УШР-2)

Сфероидизированные боридные порошки использовали для нанесения покрытий сверхзвуковым плазмотроном на ООО «Техплазма». Впервые сформированы плазменные покрытия из боридов, используемых без металлической связки. Рисунок 2 иллюстрирует высокое качество напыленного слоя из порошка дихорида хрома не только по высоте покрытия, но и по границе раздела со сталью.

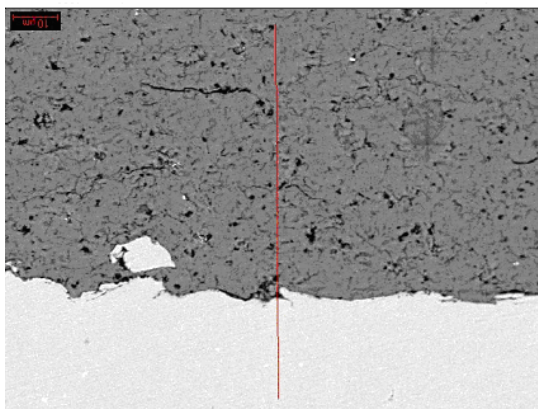


Рисунок 2 – Микроструктура покрытия из порошка CrB<sub>2</sub>, напыленного сверхзвуковым плазмотроном.

УДК 621.81

**Исследование влияния состава и содержания добавок на структуру и свойства композиционных порошковых материалов на основе меди**

Студент гр.104613 Сманцер Р.В.  
 Научный руководитель – Керженцева Л.Ф., Дьячкова Л.Н.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Целью работы явилось исследование влияния состава и содержания добавок на структуру и свойства композиционных порошковых материалов на основе меди.

Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

- исследовать влияние состава и содержания добавок на структурообразование порошковых материалов на основе меди,
- исследовать влияние введения добавок на механические и триботехнические свойства порошковых материалов на основе меди,

Научно-технический прогресс в различных отраслях народного хозяйства требует создания антифрикционных материалов, способных улучшить параметры изделий, повысить их надежность и долговечность, а также снизить материалоемкость. Проблема чрезвычайно остро встает перед странами с ограниченными сырьевыми ресурсами, к которым относится Республика Беларусь. Неограниченными перспективами в достижении необходимого комплекса свойств обладают методы порошковой металлургии, позволяющие вводить в материалы антифрикционные добавки, которые невозможно ввести при литье.

В качестве объекта исследований использовался порошковый материал на основе меди, легированный 10 % олова с добавками оксида алюминия в количестве 2; 5; 10 % или смеси оксидов алюминия и никеля с содержанием оксида никеля 5 и 20 % и оксидов алюминия, никеля и меди с содержанием  $Ni_2O$  20 %,  $Cu_2O$  5 %. Для повышения триботехнических свойств в материал  $Cu$  - 10 %  $Sn$  - 5 %  $Al_2O_3$  вводили 10 % железа.

Порошки меди, железа, олова использовали в состоянии поставки, оксида, смеси оксида алюминия и оксида никеля, оксида алюминия, оксида никеля и оксида меди получали размолотом в атриторе.

Для определения прочности при сжатии и триботехнических свойств использовали образцы диаметром 10 мм, высотой 10 мм, прочности при трехточечном изгибе – призматические образцы высотой 5 мм, шириной 10 мм, длиной 55 мм спрессованные до плотности 90–93 % и спеченные в атмосфере эндогаза при температуре 770-790 °С.

Механические свойства определяли на испытательной машине «Инстрон» со скоростью нагружения 2 мм/мин, твердость - на твердомере по Бринелю, шариком диаметром 2,5 мм при нагрузке 187,5 Н. Триботехнические свойства определяли на машине трения МТ-2 которая предназначена для испытаний на изнашивание и определение коэффициента трения. В качестве контртела использовали диск из закаленной стали 45 твердостью 45-50 HRC Испытания выполняли при скорости скольжения 2,5 м/с. Износ образцов измеряли на оптиметре. Образцы замеряли до и после испытания. Микроструктуру образцов изучали на шлифах на металлографическом микроскопе «МЕФ-3» при увеличении 50, 100, 200, 500.

Проведенные исследования показали, что для эффективного использования добавок оксидов их целесообразно вводить в виде ультрадисперсного порошка размером 0,3-0,5 мкм, которые получали размолотом в атриторе в течение 3 ч.

Исследования прочностных свойств материала на основе меди с добавками оксидов выявили, что увеличение добавки оксида алюминия приводит к снижению прочности порошкового медного сплава, причем наиболее существенное (в 1,5 раза), снижение прочности наблюдается при введении 5 % оксида алюминия. Повышение содержания оксида алюминия до 10 % практически не изменяет предел прочности на изгиб материала и незначительно снижает предел упругости при сжатии.

Введение 5 % смеси оксидов позволяет повысить прочность материала, так, при содержании в смеси 5 % оксида никеля предел прочности на изгиб повысился на 20 МПа, а при 20 % оксида никеля - на 40-50 МПа. Такая же зависимость наблюдается и для предела упругости при сжатии. Исследование структуры материала подтвердило положительное влияние добавки оксида никеля к оксиду алюминия. Повышение содержания оксида никеля в смеси до 20 % способствует образованию более однородной и мелкозернистой структуры, а также уменьшению пористости.

Легирование медного сплава с добавкой оксида алюминия железом вызвало повышение предела прочности при изгибе на 50-70 МПа

Исследование триботехнических свойств порошкового медного сплава с добавками оксидов показало, что минимальным коэффициентом трения и максимальной предельно допустимой нагрузкой обладает порошковый сплав с добавкой 10 % оксида алюминия (рис. 1). Низкий коэффициент трения и у материала с добавкой 2 % оксида алюминия, однако, материал выдерживает меньшую нагрузку (рис. 1, кривая 1). Введение 5 % оксида алюминия привело к некоторому повышению коэффициента трения и снижению практически в 1,5 раза предельной нагрузки (рис. 1, кривая 2). По-видимому, при 5 % добавки оксида алюминия происходит изменение механизма износа, т.е. это содержание добавки является критическим. Если при содержании 2 % оксида алюминия в процессе трения происходит истирание преимущественно основы и выход из строя материала обусловлен процессами схватывания (рис. 2 а), то при 5 % оксида алюминия износ материала связан с процессами разрушения границ зерен, по которым преимущественно располагаются керамические добавки, и их выкрашиванием (рис. 2 б).

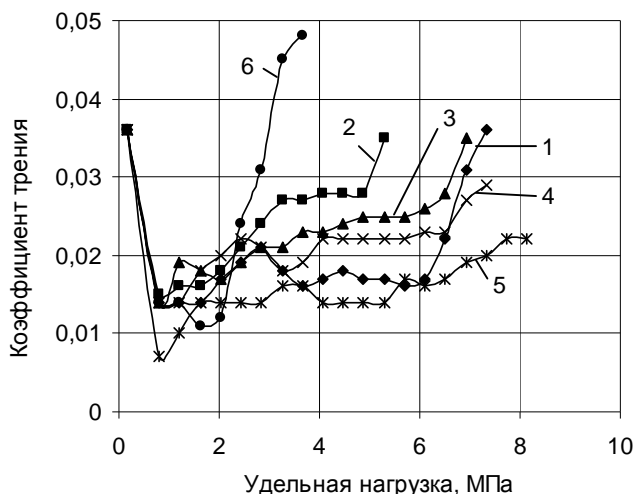


Рисунок 1 - Зависимость коэффициента трения порошкового материала медь – 10 % Sn с добавками оксидов от удельной нагрузки: **1** - 2 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; **2** - 5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; **3** - 5 % (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+5 % Ni<sub>2</sub>O); **4** - 5 % (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+20 % Ni<sub>2</sub>O); **5** - 10 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; **6** - 5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+10 % Fe

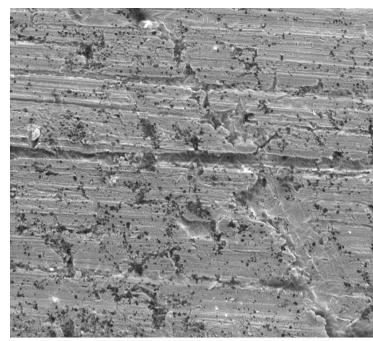
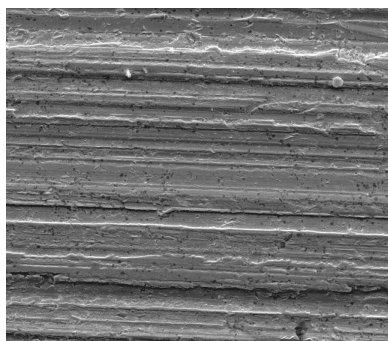


Рисунок 2 – Поверхности износа материала медь + 10 % Sn+2 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (а) и медь +10 % Sn+5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (б)