

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН»
АО Научно-производственное объединение «МКМ»

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ: КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ, ЭКСПЕРИМЕНТ, ТЕХНОЛОГИИ

Тезисы
VIII Международной конференции
11–12 апреля 2019 года

УдмФИЦ УрО РАН

Ижевск
2019

УДК 669.017.3:681.3.06 (043.3)
ББК 34.3

Главный редактор П. К. Галенко
Ответственный редактор Л. В. Камаева

К26

Кристаллизация: компьютерные модели, эксперимент, технологии: Тезисы VIII Международной конференции. – Ижевск: Изд-во УдмФИЦ УрО РАН, 2019. – 240 с.

Solidification: computer simulation, experiments and technology: Abstracts of the VIII internationale conference. – Izhevsk: UdmFRC UB RAS Publ., 2019. – 240 p.

ISBN 978-5-6042700-0-4

Настоящий сборник содержит тезисы докладов участников VIII международной конференции «Кристаллизация: компьютерные модели, эксперимент, технологии» (КРИС-2019, 11–12 апреля 2019 года, УдГУ), посвященной актуальным проблемам теории, эксперимента и разработки компьютерных технологий процессов макро- и микроскопической кристаллизации.

Рассмотрены процессы структурообразования в сплавах, процессы высокоскоростной кристаллизации, современные проблемы в областях атомистической динамики, аморфных систем, старения сплавов и процессов в твердой кристаллической фазе, также связанные с аддитивными технологиями.

ISBN 978-5-6042700-0-4

УДК 669.017.3:681.3.06 (043.3)
ББК 34.3

© Коллектив авторов, 2019
© УдмФИЦ УрО РАН, 2019

**Исследование закономерностей образования пористой структуры в
объемных материалах, полученных послойным электроимпульсным
спеканием металлических порошков на основе Cu и Ti**

И. А. Елькин¹, В. А. Волков¹, К. С. Столбов^{2,1}, Д. А. Колодкин³, А. А. Чулкина¹,
А. Н. Бельтюков¹

¹Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, отдел физики и химии наноматериалов, лаборатория физики неравновесных металлических систем, 426067 Россия, г. Ижевск ул. им. Татьяны Барамзиной, 34

²Удмуртский государственный университет, Институт математики, информационных технологий и физики, лаборатория общей физики, 426034 Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1

³Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, отдел магнитных материалов, лаборатория ферромагнитных сплавов, 620108 Россия, г. Екатеринбург ул. С. Ковалевской, 18

В данной работе представлена методика последовательного поточечного спекания металлических порошков импульсным электрическим током [1]. Методика заключается в нанесении слоя металлического порошка на поверхность формируемой детали, сжатию порошка в точке между деталью и электродом и спекании в этой точке за счет пропускания электрического импульса. В результате прохождения электрического тока происходит разогрев главным образом контактов между порошинками и сваривание частиц порошка по их границам. При многократном повторении процедуры спекания удается получать объемные материалы. Поскольку данный метод консолидации металлических порошков находится в стадии разработки, то целью работы являлось исследование влияния режимов получения и материалов используемых порошков на пористость формируемых материалов.

Для получения объемных образцов применялись порошки, приготовленные из разных металлических материалов, обладающих различным структурно-фазовым состоянием, различной формой и размером частиц. Использовались порошки меди ПМС-1, титана ПТМ-1, бронзы БрО20 (Cu-20 вес.% Sn). Порошок бронзы состава Cu-20 вес.% Sn получали в результате механосплавления порошков меди и олова в шаровой планетарной мельнице Fritch Pulverisette-7 в течение 18 ч, в атмосфере аргона. У частиц порошка меди была дендритная форма, порошка титана – гантелеобразная, порошка бронзы – камневидная. Структурное состояние и фазовый состав образцов после механического сплавления и последующего спекания исследовали методами рентгеновской дифракции (MiniFlex 600, излучение Co-K α), электронной микроскопии (Quanta-200), измерения микротвердости (микротвердомер ПМТ-3). Анализ электронно-микроскопических фотографий с целью определения величины пористости осуществлялся при помощи программы ImageJ, для этого определялась доля

площади темных участков от площади всего изображения. Плотность определялась методом гидростатического взвешивания.

Предложенным в работе способом были получены объемные образцы в виде пластин различных размеров, толщиной 1 мм на основе порошка меди и бронзы, а также толщиной 0,7 мм на основе порошка титана. Образец на основе титана состоял из 7 спеченных слоев, образцы из меди и бронзы - из 10 слоев каждый. Не возникало принципиальных затруднений для получения образцов большей толщины.

Полученные образцы имели пористую структуру. На пористость полученных образцов существенным образом влиял тип использованного порошка. Из рис. 1 б видно, что наименьшим размером пор характеризуется образец на основе титана (размер пор 2-6 мкм, пористость 9%), а наибольшим - образец на основе бронзы (рис. 1 в) (размер пор 33-95 мкм, пористость 24%). Образец на основе медного порошка (рис. 1 а) имеет поры размером от 12 до 30 мкм и наибольшую пористость - 35%. Судя по полученным данным, пористость образцов и размер пор увеличиваются с увеличением размера частиц порошков. Полученные в работе результаты показали, что в наибольшей степени на пористость спеченных образцов влияет морфология порошков. Дисперсные порошки компактной формы способствуют получению более плотных образцов. Шаг перемещения электрода в пределах размеров его контактного пятна слабо влияет на пористость и микротвердость получаемых материалов.

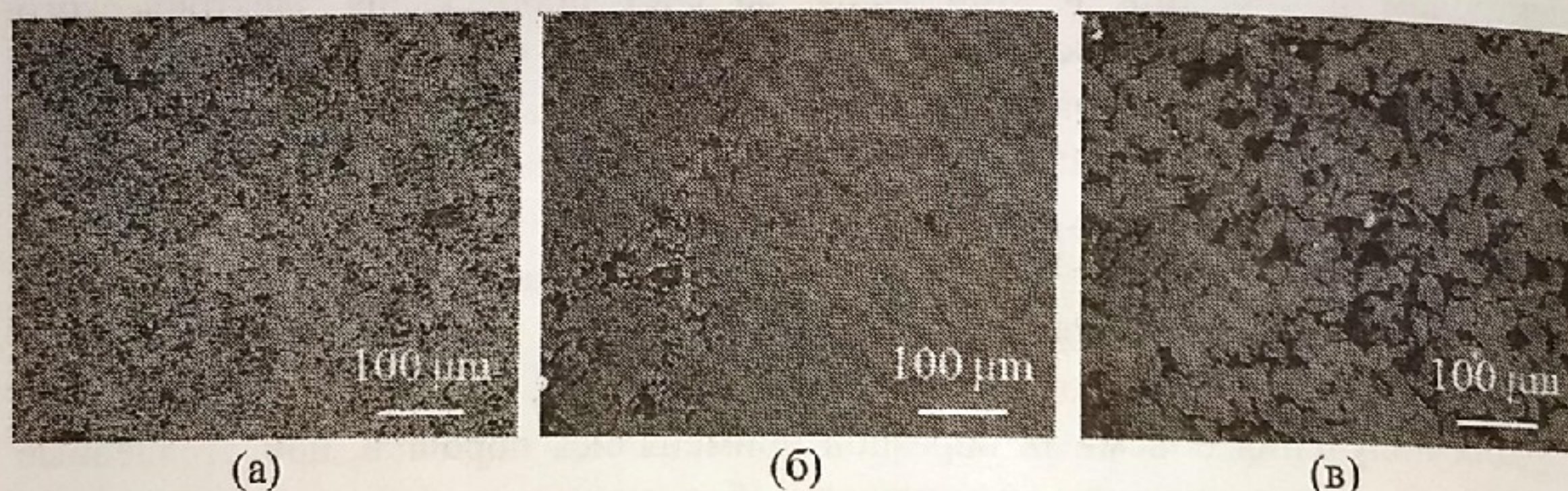


Рисунок. 1. Электронно-микроскопические изображения пористой структуры образцов, спеченных на основе порошка меди (а), титана (б), МС бронзы (в)

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-33-80031 «мол_эв_а» и в рамках НИР рег. № АААА-А17-117022250038-7 гос. задания Правительства России.

- [1] Елькин И. А., Волков В.А., Столбов К.С., Колодкин Д.А., Чулкина А.А., Бельтюков А.Н. Особенности консолидации металлических порошков в результате послойного электроимпульсного спекания // Письма о материалах, 2018. Т. 8. № 3. С. 335-340.