

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПАКТНЫХ ИЗДЕЛИЙ С МЕТАСТАБИЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ ИЗ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ ПОРОШКОВ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНЫМ СПЕКАНИЕМ

М. Н. Верещагин, С. И. Кирилюк

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Метастабильные кристаллические и аморфные порошки при их компактировании в холодном состоянии с сохранением аморфной структуры в компактных изделиях требуют удельных давлений не ниже 4,4 ГПа, причем плотность прессовки растет до величины 0,68–0,74 от плотности массивного материала. Дальнейшее повышение давления практически не влияет на плотность получаемого изделия. Горячее компактирование таких порошков при температуре нагрева ниже температуры кристаллизации позволяет достичь относительной плотности 0,87–0,98 при давлении 0,75–4 ГПа в течение 5–20 мин. Взрывное компактирование этих порошков со временем импульса  $2,5 \cdot 10^{-5}$ – $9 \cdot 10^{-6}$  с и давлении 4–28 ГПа позволяет получить компактные изделия из данных порошков с плотностью, близкой к плотности массивного образца, но требует применения дорогостоящей оснастки для работы при очень высоких давлениях.

Одним из перспективных методов компактирования порошков с неравновесной структурой является метод электроимпульсного прессования – спекание порошковых композиций путем пропускания импульсов электрического тока. Оно основано на комбинированном действии электрической энергии и механического давления и позволяющее осуществлять одновременное спекание и прессование порошковых материалов. При этом за время прохождения импульса, несколько миллисекунд, материал в местах контакта нагревается и сплавляется, образуя компактное изделие. Так как время прохождения импульса не велико, то основная масса материала не успевает нагреться, приобрести температуру выше температуры кристаллизации и по сути сохраняет исходное метастабильное состояние. Места расплавов в точках контакта быстро охлаждаются за счет увода тепла в объем частиц и тем самым тоже сохраняют метастабильную структуру. Приложенное давление деформирует и уплотняет спекаемый порошок.

Для спекания использовали метастабильные порошки, полученные из быстро-закаленных лент, полученные методом спиннингования на медный диск. Скорость закалки составляла  $10^5$ – $10^6$  К/с. Ленту, полученную методом спиннингования, измельчали в атриторе, до получения порошка размером 50–160 мкм, который в дальнейшем использовали для электроимпульсного спекания. Дифференциально-термический и рентгеновский анализы показали, что структура аморфных сплавов исходного порошка не содержит в себе кристаллической фазы. На дифрактограмме

## **72    Секция Б. Материаловедение и технология обработки материалов**

---

отсутствовали максимумы кристаллической фазы, а на кривых ДТА при нагреве наблюдался сдвоенный экзотермический пик, эндотермический аналог которого при охлаждении отсутствовал, что подтверждает образование аморфной структуры.

На лабораторной установке из исходных метастабильных порошков были получены компактные образцы путем электроимпульсного спекания. Компактные изделия имели плотность  $\approx 68\text{--}78,5$  % от плотности исходного материала. При этом плотность электрического тока составляла  $\approx 39$  А/мм<sup>2</sup>, при длительности импульса 0,05 с, приложенное давление  $\approx 4$  МПа. Количество импульсов – один. Прессовки, полученные данным методом, обладают высокими механическими характеристиками, при металлографическом исследовании – участки металла фактически не травятся, что говорит об аморфной, метастабильной структуре полученных образцов.