

МЕТОД РАСЧЕТА ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ НАНОПОРОШКОВ

*Л.А. БОРЫНЯК, доктор физ.-мат. наук, профессор
(НГТУ, г. Новосибирск)*

*А.П. ЧЕРНЫШЕВ, канд. техн. наук, доцент
(ИХТТuM СО РАН, г. Новосибирск)*

Статья поступила 12 марта 2013 года

Борыняк Л.А. – 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
Новосибирский государственный технический университет,
e-mail: borynyak-leonid@mail.ru

Рассматриваются особенности спекания ультрадисперсных порошков и их смесей с грубодисперсными порошками. Показана необходимость учета зависимости коэффициента диффузии и температуры плавления от дисперсности нанопорошков для оптимизации технологических процессов порошковой металлургии. Разработана методика выбора оптимальной температуры спекания нанопорошков и их смесей с грубодисперсными порошками. Проведены расчеты для спекания грубодисперсного вольфрама с добавлением нанопорошка никеля или вольфрама. Дополнительно проведен расчет спекания нанопорошка вольфрама, железа и смеси ультрадисперсного и грубодисперсного порошков железа. Сопоставление результатов расчетов с литературными данными показало высокую эффективность предложенной авторами методики.

Ключевые слова: спекание, нанопорошки, температура плавления нанопорошков, температура спекания нанопорошков.

Введение

Качество изделий порошковой металлургии в значительной мере зависит от условий протекания процесса спекания. Для экономии энергоресурсов необходима оптимизация процесса спекания – наиболее длительная и энергоемкая операция в порошковой металлургии. Одним из способов снижения энергетических затрат и улучшения качества спеченных изделий является использование ультрадисперсных порошков (нанопорошков). При линейных размерах частиц порошка менее 100 нм наблюдается зависимость физических свойств порошков от их дисперсности (от характерного размера и распределения по размерам частиц, образующих порошок).

Существенная усадка нанопорошков происходит при температуре на несколько сотен градусов ниже температуры усадки аналогичных грубодисперсных порошков [3]. Так, для порошков на основе железа, имеющих средний характерный размер частиц менее 50 нм, процессы

спекания происходят в интервале температур 350...500 °С, а для вольфрама 900–1600 °С. Плотность нанопорошковых заготовок после простого спекания обычно не превосходит 70 % от теоретической плотности соответствующего материала [2, 3]. Нанопорошки хуже прессуются, но лучше спекаются [2]. Это обусловлено тем, что в структуре прессовки сохраняется большое количество пор. Наблюдается также существенный рост зерна даже при низкотемпературном спекании.

Цель данной работы — разработка метода расчета температуры спекания ультрадисперсных порошков для оптимизации температурного режима получения изделий порошковой металлургии.

1. Теория

Важными для спекания характеристиками как грубодисперсных, так и ультрадисперсных порошков являются средний размер частиц