ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/187

МЕТАЛЛОПОРШКОВАЯ КОМПОЗИЦИЯ НА ОСНОВЕ БИМОДАЛЬНОГО ПОРОШКА КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО СПЛАВА 316L

¹Торопков Н.Е., ¹Глазкова Е.А., ¹Родкевич Н.Г.,

¹Первиков А.В., ¹Лернер М.И., ²Мужецкая С.Ю.

¹*Институт физики прочности и материаловедения*

Сибирского отделения Российской академии наук, Томск

²*ООО «ПЕРЕДОВЫЕ ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ», Томск*

Технология литья металлопорошковых композиций под давлением (Powder injection molding (PIM)) хорошо себя зарекомендовала для производства деталей сложной формы. В последнее время при разработке металлопорошковых композиции (фидстоков) большое внимание уделяется использованию бимодальных порошков, содержащих как нано-, так и микрочастицы [1]. Применение бимодальных порошков приводит к снижению температуры спекания, увеличению плотности спеченных деталей, улучшению механических свойств, снижению усадки и шероховатости поверхности деталей [2]. Немаловажную роль играет выбор связующего, которое должно обеспечивать высокую текучесть, пластичность композиции, хорошую прочность «зеленых» образцов и эффективный дебиндинг. Это достигается использованием многокомпонентного связующего, включающего полимеры, пластификаторы и поверхностно-активные вещества. Целью работы является исследование влияния состава связующего на свойства металлопорошковой композиции, а также режимы формования и спекания сложнопрофильных деталей, полученных методом литья под давлением.

Бимодальные порошки, полученные электрическим взрывом стальной проволоки сплава 316L, представлены наночастицами размером 70 – 130 нм и микрочастицами размером 1 – 5 мкм (рисунок 1). При использовании бимодальных порошков, включающих нано- и микрочастицы могут возникнуть трудности, связанные с окислением и агломерацией наночастиц. Поэтому перед использованием проводили деагломерацию и микрокапсуляцию бимодального порошка в растворе поверхностно-активного вещества – 1,5-диаминоантрахинона. Кроме того, в состав связующего входит термопластичные полимеры – полиметилметакрилат (ПММА) и полиэтилен низкой плотности (PE-LD), пластификатор дибутилфталат и парафин, применяемый для снижения температуры плавления связующего. Содержание связующего в металлопорошковой композиции составляло 7-9 мас. %.

Рис. 1. СЭМ-изображения бимодального порошка сплава 316L (а) и излома гранулы фидстока (б)

Увеличение содержания ПММА в связующем от 5 до 30 об.% приводит к росту температуры плавления фидстока от 140 до 200 °С. Следует отметить, что формованные изделия с содержанием ПММА 5–10 об.% деформировались при извлечении из прессформы. Содержание ПММА 15–30 об.% обеспечивает достаточную жесткость формованных изделий.

Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

Повышенное содержание ПММА приводит к увеличению прочности «коричневых» образцов после дебиндинга. Однако, повышение температуры плавления фидстока до 200 °С нежелательно из-за деградации парафина и PE-LD при формовании изделий. Оптимальное содержание ПММА в связующем – 15–20 об.%. При формовании деталей при 165 °С и давлении 5–7 МПа достигается бездефектное заполнение прессформы.

Для определения режимов удаления связующего проводили синхронный термический анализ фидстока с оптимальным составом связующего (15 об.% ПММА) в интервале температур 25–1000 °С при скорости нагрева 10 °С/мин (рис. 2).

Рис. 2. Синхронный термический анализ металлопорошковой композиции

С учетом данных термического анализа дебиндинг образцов проводили на воздухе, в атмосфере азота и в вакууме: при скорости нагрева – 1 °С/мин, температуре – 210 °С, времени обработки – 90 мин. Минимальное содержание углерода в образцах достигается при обработке образцов в вакууме. Спекание образцов в вакууме при 1300 °С позволяет получать изделия с плотностью более 0,95. Зависимость плотности и усадки спеченных образцов от содержания ПММА в связующем проходит через максимум, при содержании ПММА 15 мас.% достигается плотность 0,98, усадка при спекании составляет 23 %.

Таким образом, использование многокомпонентного связующего для получения металлопорошковой композиции на основе бимодальных порошков сплава 316L позволяет оптимизировать процесс получения фидстока, а также режимы формования и спекания изделий для достижения максимальной плотности спеченных изделий 0,98 от теоретической плотности сплава.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение № 14.604.21.0158, идентификационный номер проекта RFMEFI60417X0158).

1. J.W. Oh, R. Bollina, W.S. Lee, S.J. Park. Effect of nanopowder ratio in bimodal powder mixture on powder injection molding // Powder Technology. 2016. 302. P. 168–176.
2. J. Rajabi, N. Muhamad, A.B. Sulong, A. Fayyaz, M.R. Raza. The effect of nano-sized stainless steel powder addition on mechanical and physical properties of micropowder injection molded part // Materials and Design. 2014. 63. P. 223–232.