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: 10.17223/9785946218412/344

ВЛИЯНИЕ СВЯЗУЮЩЕГО НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛОПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ БИМОДАЛЬНОГО ПОРОШКА СПЛАВА 316L

Торопков Н.Е., Глазкова Е.А., Родкевич Н.Г., Первиков А.В., Лернер М.И.

*Институт физики прочности и материаловедения
Сибирского отделения Российской академии наук, Томск*

В настоящее время существует острая потребность в расширении имеющейся номенклатуры металлопорошковых композиций, используемых для производства деталей сложной формы инъекционным формованием (Powder injection molding (PIM)). Технология PIM включает смешение металлического порошка со связующим органическим веществом (фидсток), впрыскивание полученной композиции в форму (зеленая деталь), удаление связующего (дебиндинг, коричневая деталь) и последующее спекание для получения готовой детали. При разработке металлопорошковых композиций важное значение уделяется выбору связующего. Основные требования к связующему – обеспечение фидстока необходимой текучестью, высокая прочность формованных деталей, быстрое удаление связующего при дебиндинге [1]. В данной работе исследовано влияние состава связующего на свойства металлопорошковой композиции, процессы дебиндинга и спекания формованных деталей.

В работе были использованы бимодальные порошки стали 316L, полученные электрическим взрывом проволоки, и содержащие в своем составе наночастицы размером 50 – 150 нм и микрочастицы с максимальным размером 5 мкм (рисунок 1).

Рис. 1. СЭМ (а) и ПЭМ (б) изображения бимодального порошка сплава 316L

В данной работе использованы три состава связующих: многокомпонентные связующие, включающие термопластичные полимеры PLA/PMMA (I состав), парафин/PE-LD/PMMA (II состав) и парафин (III состав). Кроме того, были использованы процессинговые добавки – дибутилфталат для увеличения пластичности полимеров, и стеариновая кислота для улучшения совместимости бимодальных порошков со связующим. Характеристики полимеров – компонентов связующего – приведены в таблице 1. Для получения металлопорошковой композиции сначала смешивали между собой компоненты связующего, а затем добавляли бимодальный порошок. Исследования образцов многокомпонентного связующего показало, что при содержании PMMA не более 30 об.% наблюдается хорошее совмещение компонентов между собой. Содержание бимодального порошка в фидстоках составляло 91-93 мас. %.

Таблица 1. Характеристики полимеров.

Полимер	ρ , г/см ³	T нач.пл., °C	T деградации, °C	ПТР, г/10 мин
Полиметилметакрилат (PMMA)	1,190	160	350-450	12
Полилактид (PLA)	1,135	140	270-350	12
Полиэтилен низкой плотности (PE-LD)	0,924	95	300-420	20
Парафин	0,950	90	200-330	30

Температура плавления фидстоков со связующим I и II состава зависит от содержания РММА. С увеличением содержания РММА в связующем от 5 до 30 об.% температура плавления фидстока I увеличивается от 210 до 230 °С, фидстока II – от 140 до 200 °С. Температура плавления фидстока III составляет около 120 °С. Кроме того, с увеличением содержания РММА возрастает жесткость (прочность) формованных изделий. Однако увеличение температуры формования изделий из фидстока I и II приводит к деградации низкотемпературных компонентов фидстоков. Поэтому оптимальное содержание РММА в связующем для этих композиций составляет 15 об.%. Фидсток III содержит только парафин в качестве связующего, в этом случае «зеленые» детали получаются очень хрупкие и требуют бережного отношения при перемещении, дебиндинге и спекании. Показатель текучести расплава для фидстока I составляет 12,6 г/10 мин, фидстока II – 9,0 г/10 мин, фидстока III – 12,1 г/10 мин.

Термический дебиндинг в вакууме «зеленых» деталей, полученных из фидстоков I и II, приводит к удалению низкотемпературных компонентов связующего, при этом в «коричневых» деталях содержащийся РММА удерживает частицы сплава до спекания. При дебиндинге «зеленых» деталей, полученных из фидстока III, связующее (парафин) удаляется практически полностью, а «коричневые» детали сохраняют форму только за счет низкотемпературного спекания наночастиц. Поэтому для данной композиции требуется увеличить содержание бимодального порошка до 95 мас.%, что приводит к существенному снижению текучести расплава фидстока. При спекании «коричневых» деталей при 1350 °С наблюдается усадка от 20 до 23 %, а плотность спеченных деталей достигает 0,95-0,98 от теоретической.

Проведенные исследования позволили разработать 2 состава связующих для металлопорошковых композиций. Состав I включает PLA (72,5 об.%), РММА (15 об.%), дибутилфталат (4,5 об.%) и стеариновую кислоту (8 об.%). Состав II включает парафин (60,5 об.%), PE-LD (12 об.%) и те же количества РММА, дибутилфталата и стеариновой кислоты.

Таким образом, использование бимодальных порошков, включающих как нано-, так и микрочастицы, и многокомпонентных связующих позволяет получать металлопорошковые композиции для аддитивных и PIM-технологий. Изменение соотношения компонентов в фидстоке позволяет регулировать режимы формования, дебиндинга и спекания образцов для получения деталей с плотностью 0,98.

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

1. J.-W. Lee, S. Timilsina, G.-W. Kim, J.S. Kim. A new strategy for novel binder discovery in nano and μ powder injection molding: A metaheuristics-assisted virtual combinatorial materials search // Powder Technology. 2016. 302. P. 187–195.