

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы «Свойства порошково-полимерных смесей для инъекционного формования заготовок деталей из хромомолибденовой стали», представленной А.Н. Мурановым на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность диссертации. Технология литья под давлением порошковых материалов (PIM – Powder Ingection Moulding) – это результат объединения метода литья полимерных материалов под давлением с технологиями порошковой металлургии. Специализированными направлениями PIM-технологии являются:

- литье порошков металлов и сплавов «Metal Ingection Moulding – MIM»;
- литье керамических порошков «Ceramic Ingection Moulding – CIM».

Metal Injection Molding – это технология изготовления деталей методом литья и прессования специальной смеси, состоящей из металлического порошка и наполнителя, в пресс-форму, используя термопластавтомат. Изготовление деталей из металлов и сплавов путем прессования пластических масс (MIM) – довольно новый метод в изготовлении высокоточных деталей. Тем не менее, детали, изготовленные этим методом, уже широко используются в автомобильной промышленности, медицине, в производстве оружия, а также в других отраслях.

Важным отличием PIM-технологии от горячего «парафинового» шликерного литья и формования порошковых материалов с использованием термореактивных связок, является то, что в PIM-технологии формование осуществляется под высоким давлением (от 75 до 200 МПа и выше) с использованием автоматизированного оборудования в виде машин литья под давлением (ЛПД) и высокоточных пресс-форм, благодаря чему эффективно обеспечивается массовый выпуск высокоточных порошково-полимерных заготовок будущих деталей с воспроизводимой плотностью и однородной структурой, а также требуемыми размерными допусками; кроме того важной отличительной особенностью PIM-технологии является то, что благодаря подбору состава связующего возможно его последующее полное удаление до момента начала спекания заготовки детали.

Сырьем для изготовления деталей этим методом являются мелкодисперсные металлические порошки с советующей лигатурой, имеющие размер до 20-40 мкм, смешанные с термопластичным связующим (пластификатором). Такая композиция называется гранулят или фидсток. Запрессованные детали затем спекаются и при необходимости выполняются финишные операции. В МІМ-процессе используются стандартные порошковые металлы и сплавы, которые применяются в порошковой металлургии. Дополнительно этот процесс позволяет модифицировать свойства материала в соответствии с требованиями, предъявляемыми к той или иной детали.

Основное преимущество технологии «МІМ» заключается в том, что она предполагает точное повторение геометрии детали, высокую точность размеров и прочность, а также изготовление деталей в массовых объёмах и довольно низкую их себестоимость. Технология позволяет изготавливать деталь без дополнительных операций, таких как механическая обработка, сверление отверстий, полировка и т.д. МІМ-технология – это процесс массового изготовления деталей, несмотря на это он обеспечивает высокую размерную точность деталей, которая достигает $\pm 0,05\%$. Технология позволяет обеспечить высокий класс чистоты поверхности.

В настоящее время по МІМ-технологии производятся детали длиной до 250 миллиметров с толщиной стенки от 0,4 до 30 миллиметров. Экономически МІМ-технология достаточно выгодна. МІМ процесс снимает многие ограничения по сложности формы изготавливаемой детали, что было принципиально невозможно реализовать из-за ограничений традиционных методов порошковой металлургии и механической обработки. Конструкторы и дизайнеры получили возможность ставить на первое место при проектировании целевые приоритеты, а не имеющиеся возможности традиционных технологических процессов.

Всё это определяет актуальность работ, направленных на развитие МІМ-технологии в Российской Федерации, чему посвящена диссертация А.Н. Муранова.

Цель и задачи диссертации

Целью диссертационной работы являлось определение комплекса характеристик порошково-полимерных смесей (фидстоков) и разработка на его основе технологических рекомендаций для повышения качества спеченных деталей из стали 38ХМА, формируемых методом инжекционного литья.

Для достижения цели в диссертации решались следующие задачи:

1. Исследование химического состава, микроструктуры и качества спеченных деталей из порошковых аналогов стали 38ХМА, полученных МІМ-методом инжекционного литья полимерно-порошковых смесей.

2. Исследование свойств полимерно-порошковых смесей (фидстоков), определяющих их технологичность и качество полученных методом инжекционного литья изделий из аналогов стали 38ХМА.

3. Сравнительный анализ технологичности фидстоков на основе порошков аналогов стали 38ХМА и полимерных связующих смесей, предназначенных для различного способа удаления (дебиндинга).

4. Разработка вариантов состава полимерного связующего для фидстоков на основе российской компонентной базы.

Практическая ценность результатов диссертации.

1. Проведена квалификация полимерно-порошковых смесей (фидстоков) МІМ-4140 и Catamold 42CrMo4: определены их теплофизические, механические, реологические и pVT -характеристики. Полученные результаты могут служить основой для компьютерного моделирования и совершенствования процессов литья зеленых заготовок различной номенклатуры деталей из аналогов стали 38ХМА.

2. Определены рациональные диапазоны температур для всех стадий процесса формования зеленых деталей из фидстоков МІМ-4140 и Catamold 42CrMo4.

3. Получена зависимость изменения давления от температуры $p(T)$, при которой фидсток МІМ-4140 не претерпевает изменения своего удельного объема при формовании (нуль-изохора), что является необходимым условием для компенсации объемной усадки материала на стадии подпитки и уплотнения зеленой детали-отливки.

4. Предложен и опробован вариант состава смеси полимерного связующего для фидстоков на основе отечественной компонентной базы.

Научная новизна результатов диссертации.

1. В работе показано, что возможными дефектами спеченных стальных МІМ-деталей, могут являться наследственные технологические дефекты, предупреждение возникновения которых возможно лишь за счет выбора

рациональных технологических режимов литьевого формования полимерно-порошковых-смесей, что возможно лишь на основе изучения свойств формуемого материала – фидстока и свойств его жидкой при литье дисперсионной составляющей – смеси полимерного связующего.

2. Показано, что фидстоки на основе полимерной смеси связующего для каталитического способа удаления более технологичны по своим теплофизическим и термомеханическим свойствам, чем фидстоки с полимерной смесью связующего для растворно-термического дебиндинга. Кинетические эффекты в тепловых процессах при переработке таких фидстоков менее значимы, что облегчает их формуемость; скорость выравнивания температурного поля для них, напротив, – выше, что приводит к меньшим пространственным градиентам температурного поля в зеленой детали из фидстоков каталитического типа. Температурный диапазон осуществления технологических операций, связанных с механическим воздействием на зеленую деталь из фидстока каталитического типа шире, а при извлечении из пресс-формы зеленых деталей, обладающих более высокими механическими характеристиками, повреждения отливок снижены.

3. Установлено, что температурная зависимость вязкости фидстоков – шликеров со связующим на основе смеси полимеров определяется факторами с переменной мощностью, т.е. изменение вязкости с температурой происходит по различным механизмам с собственными релаксационными спектрами. Исходя из чего, показано, что принцип температурно-временной суперпозиции для фидстоков растворно-термического типа не применим, а исследование вязкости таких материалов должно выполняться в широком диапазоне скоростей сдвига и температур исключительно экспериментальными методами.

4. Для полимерно-порошковых смесей с двухкомпонентной системой связующего исследованы pVT -зависимость и гистерезис величины удельного объема при фазовых переходах плавления и кристаллизации компонентов связующего при нагреве и охлаждении. В результате для каждого из компонентов связующего фидстоков определено влияние давления на температуру фазового перехода и установлена такая зависимость изменения давления от температуры $p(T)$, при которой фидсток не претерпевает изменения своего удельного объема при

формовании (нуль-изохора), что является необходимым условием компенсации объемной усадки материала на стадии подпитки и уплотнения отливки.

Достоверность и обоснованность результатов диссертации.

Достоверность научных положений обеспечивается значительным объемом и воспроизводимостью экспериментальных данных, применением современных методов изучения структуры и свойств материалов, а также промышленным апробированием отдельных результатов на АО «Композит», о чем в диссертации представлен Акт внедрения.

Структура диссертации.

Диссертация А.Н. Муранова имеет классическую структуру состоит из введения, пять глав, заключения и общих выводов по работе. Диссертация А.Н. Муранова изложена на 153 страницах, содержит 92 рисунка и 21 таблицу, список литературы содержит 167 литературных источников.

Публикации по теме диссертации.

Основные результаты диссертации опубликованы в 19 научных работах (7 тезисах докладов и материалах конференций и 12 статьях), из них 3 статьи в БД Scopus и 9 статей в журналах из списка ВАК РФ.

К недостаткам диссертации следует отнести следующее:

1. В диссертации не исследовано влияние режимов и кинетики спекания на свойства и структуру спеченного материала.

2. В диссертации не уделено должного внимания исследованию структуры и свойств порошков, используемых в фидстоках, а именно:

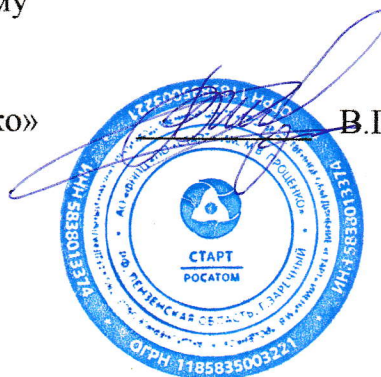
– не проведено исследование влияния гранулометрического состава, удельной поверхности, дендритных параметров и параметров субструктуры (плотность дислокаций, микродеформация кристаллической решетки, дефектность кристаллической структуры и пр.) порошков на структуру и свойства спеченного материала, кинетику спекания.

– кроме того, представляется перспективным более детально исследовать влияние величины удельной поверхности, насыпной плотности, гранулометрического состава порошков на реологические и термомеханические свойства фидстоков.

Заключение по отзыву.

Приведенные замечания не снижают положительную оценку диссертации. Диссертант владеет современными экспериментальными и расчетными методами исследования. Работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям, а её автор – А.Н. Муранов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Заместитель генерального директора по
научно-техническому и технологическому
развитию – технический директор
АО ФНПЦ ПО «Старт им. М.В. Проценко»



В.П. Пархоменко

Заместитель главного металлурга
по перспективным технологиям
АО ФНПЦ ПО «Старт им. М.В. Проценко»,
кандидат технических наук

А.С. Никиткин

Контактная информация:

Адрес: 442960, Пензенская обл., г. Заречный, проспект Мира, д. 1;

Тел.: +7 (8412) 65-18-09;

E-mail: gK@startatom.ru