

ляной HCl в соотношении 1:3 по объёму). Изображения травленной поверхности приведены на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, образец имеет явную аустенитную структуру. Как известно, аустенит является немагнитным, что подтверждается простым тестом воздействия постоянного магнита на образец. Формирование аустенитной структуры происходит благодаря легированию стали никелем, который расширяет область γ -фазы, количество никеля в данной стали 12% (таблица 1).

Средний размер зерен фаз определяли методом секущих. Средний размер зерна аустенита составил 25 мкм, средний размер двойника – $20 \times 3,5$ мкм². Микротвердость спеченного образца составила 82 кг/мм² (по Виккерсу).

Заключение. Таким образом, проведенные исследования в работе структуры стали 03X17H12B, полученной методом порошковой металлургии заключаются во влиянии каждого легирующего элемента на свойства полученной стали. Подготовлена поверхность образца для металлографических исследований, в результате которой на нетравленной поверхности была проведена оценка остаточной пористости образца, которая составила 12%. Также, на травленной поверхности была определена аустенитная структура стали. Посчитан средний размер зерна и двойников.

Работа выполнена за счёт средств ООО "Куранты" г. Москва

Авторы выражают благодарность Кулькову С.Н. за предоставление материалов и обсуждение полученных результатов.

Список литературы

1. Либенсон Г.А. Процессы порошковой металлургии: учебник: в 2 т. / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. - Москва: МИСиС, 2001-2002 Т. 2: Формование и спекание. - 2002. - 320 с.
2. Основы металлургического производства : учебник / Бабич В. К. [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Металлургия, 2000. - 240 с
3. Браун М. П. Влияние легирующих элементов на свойства стали / М. П. Браун. - Киев: Гостоптехиздат УССР, 1962. - 192 с.: ил. - Библиогр.: с. 190-191.

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИДСТОКОВ

А. А. СОСНОВСКАЯ, А. О. ВОРОБЬЕВ, Е. А. ДАРЕНСКАЯ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

RESEARCH OF BINDERS WETTING PROPERTY FOR PREPARATION OF FEEDSTOCKS

A.A. SOSNOVSKAYA, A.O. VOROBYOV, E.A. DARENSKAYA

National Research Tomsk Polytechnic University

E-mail: darenskaya@tpu.ru

Annotation. The article describes the research of binders wetting property for preparation of feedstocks. The compositions of binders such as: 15% of polypropylene+85% of paraffin wax, 35% of polypropylene+65% of paraffin wax and 65% of polypropylene+35% of paraffin wax were determined. It is found that the wetting property of all binders' compositions is acceptable.

Введение. Технология инъекционного формования смесей расплавов полимеров с металлическими порошками «Metal Ingection Molding» (МИМ-технология, или МИМ-технология) – перспективная порошковая технология. Эта технология успешно используется в зарубежных странах (Германия, Австрия, Италия, Япония, Малайзия, США, Китай) уже на протяжении более 30 лет для серийного производства малогабаритных деталей сложной формы взамен традиционной трудоемкой технологии изготовления деталей путем механической обработки монолитных металлических заготовок [1]. МИМ-технология позволяет избавиться от таких недостатков традиционной технологии порошковой металлургии, как простые, несложные формы получаемых деталей и их сравнительно большая остаточная пористость. Детали, изготовленные инъекционным формованием из металлических порошков, находят применение в автомобильной, химической, аэрокосмической, биомедицинской отраслях промышленности, при производстве оргтехники, деталей компьютеров, стрелкового оружия и др. Как правило, они не очень большие – масса 80 % выпускаемых в мире по МИМ-технологии деталей не превышает 40 г, и цена детали определяется в основном трудозатратами, а не стоимостью материала [1]. Такой способ обработки материалов считается сегодня самым низкзатратным и имеет ряд других преимуществ по сравнению с традиционными методами, такими как механическая обработка, литье по выплавляемым моделям и др.

В последнее время промышленные предприятия РФ прорабатывают вопрос освоения современной инновационной технологии инъекционного прессования и спекания деталей из металлических и керамических порошков. Однако, к сожалению, возможности отечественных предприятий в выполнении данной задачи ограничены отсутствием в России сырьевой базы, т. е. отечественного гранулята (фидстоков), для реализации высокоэффективного процесса инъекционного формования деталей из мелкодисперсных порошков металла или керамики. Немногочисленные частные компании, изготавливающие в России детали по данной технологии, работают на дорогостоящем импортном грануляте (фидстоке), в основном производства фирмы BASF (Германия). В результате большая часть прибыли от внедрения МИМ-технологии остается у изготовителя сырья. Таким образом, именно отсутствие отечественного гранулята как сырья для МИМ-технологии является наиболее острой проблемой, тормозящей ее развитие в России.

Гранулят или фидсток представляет собой смесь мелкодисперсных металлических порошков, термопластичного связующего (пластификатора) и специальных смазок [1]. Одним из важнейших факторов, определяющих успех производства деталей методом инъекционного формования, является связующее. В значительной степени точный состав гранулята и технология его изготовления до сих пор остаются патентованными секретами; однако в большинстве случаев связующие представляют собой смеси органических компонентов, главными составляющими которых являются натуральные воски и синтетические полимеры. Другие вещества могут быть добавлены для модификации свойств [2].

Методология. На практике наибольшее применение нашли двухкомпонентные (высокомолекулярное и низкомолекулярное) связующие с добавкой ПАВ. Вид и соотношение компонентов связующего варьируется, однако содержание главного (каркасного) компонента (высокомолекулярного) добавляют в пределах от 80 до 20 % объем. [1]. Содержание каркасного компонента должно обеспечивать достаточную жесткость изделию после удаления низкомолекулярного компонента связки и хорошую газопроницаемость для последующего удаления высокомолекулярного

компонента. Кроме этого связующее должно хорошо смачивать порошки металла для получения однородного по составу фидстока. Степень смачивания характеризуется углом смачивания, называемым также краевым углом смачивания.

Определение краевого угла смачивания связующего с металлом в диапазоне температур $0,8-1,2 T_{пл}$ связующего проводилось по описанной ниже методике, составленной на основе ГОСТ 23904-79 [3]. Измерение краевого угла смачивания проводили после охлаждения образца. В качестве образца использовали стальную пластину, т. к. связующее разрабатывается для фидстоков на основе железа. Количество образцов для испытаний – не менее 3 для каждого состава связующего. Краевой угол смачивания фиксировали при достижении связующим следующих значений температуры: $0,8 T_{пл}$; $1 T_{пл}$; $1,2 T_{пл}$. После достижения связующим необходимой температуры, образец охлаждали и производили съёмку фотокамерой.

Измерение краевого угла смачивания производили в следующем порядке:

- на снимке капли проводили касательную в точке пересечения конура капли с поверхностью образца (рисунок 1), измеряли угол наклона касательной;

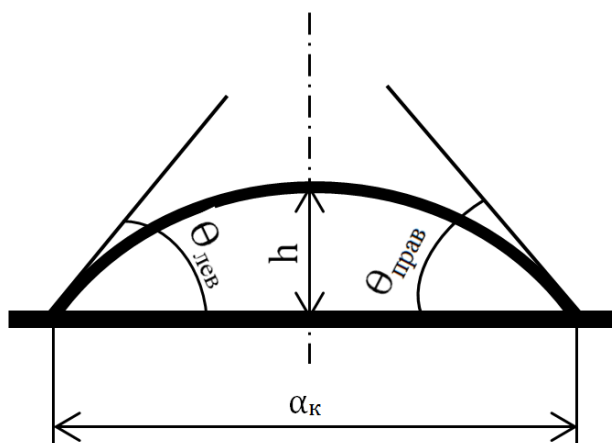


Рисунок 1 – Измерение краевого угла смачивания

- краевой угол для каждой проекции капли измеряли с левой и правой сторон;
- вычисление краевого угла смачивания (Θ) для данной капли проводили по формуле (1)

$$\Theta = \frac{\theta_{лев} + \theta_{прав}}{2} \quad (1)$$

где $\theta_{лев}$, $\theta_{прав}$ – измеренные значения краевого угла смачивания с левой и правой сторон соответственно.

Смачиваемость считается приемлемой, если краевой угол смачивания меньше 90 град.

Результаты исследования. В данной работе рассмотрены три состава связующего, представленные в таблице 1. Составы связующих были выбраны не случайно. Связующее № 1 содержит меньше высокомолекулярного соединения примерно в 2 раза, а связующее № 3 – больше примерно в 2 раза, чем связующее № 2, которое довольно широко используется для получения фидстоков в настоящее время [2].

Увеличение количество полипропилена в связующем привело к росту температуры плавления, так у связующего № 1 она составила около 110°C , связующего

№ 2 – 130°C, связующего № 3 – 180°C. Значения $T_{пл}$, $0,8 T_{пл}$ и $1,2 T_{пл}$ и углы краевого смачивания при этих температурах для каждого исследуемого связующего приведены в таблице 2.

Таблица 1

№ связующего	Содержание, % масс.	
	Полипропилен	Парафиновый воск
1	15	85
2	35	65
3	65	35

Все рассматриваемые связующие в интервале температур от $0,8 T_{пл}$ до $1,2 T_{пл}$ имеют краевой угол смачиваемости $\Theta \leq 80$ град., т.е. они все смачивают стальную подложку. С ростом температуры краевые углы смачиваемости уменьшаются; связующие № 1 и № 2 при температуре $1,2 T_{пл}$ полностью смачивают поверхность стальной пластины.

Таблица 2

Точки измерения	Связующее № 1		Связующее № 2		Связующее № 3	
	T, °C	Θ , град.	T, °C	Θ , град.	T, °C	Θ , град.
$0,8 T_{пл}$	88	72,25	104	74,33	144	80
$T_{пл}$	110	16	130	16,25	180	54,5
$1,2 T_{пл}$	133	6,75	155	7,75	216	24,67

Выводы. По результатам данной работы можно сделать следующие выводы. У всех исследуемых двухкомпонентных связующих, состоящих из полипропилена и парафинового воска, при температурах $0,8 T_{пл}$, $1 T_{пл}$, $1,2 T_{пл}$ краевые углы смачиваемости меньше 90° , что свидетельствует об их приемлемой смачиваемой способности. Практически полную смачиваемость стальных пластин наблюдали при температурах $1,2 T_{пл}$ для связующих № 1 и № 2, однако при таких значениях температуры может начаться выгорание низкомолекулярного компонента связующего (парафинового воска). Увеличение доли полипропилена в связующем приводит к росту температуры плавления и как следствие к увеличению температуры инжекционного формования фидстока. Оптимальными являются связующие, содержащие 15 и 35 % масс. полипропилена. Они хорошо смачивают стальную пластину при температурах 110°C и 130°C соответственно.

Список литературы

1. German R. M., Bose A. Injection molding of metals and ceramics. Princeton (New Jersey, USA): MPIP, 1997.
2. Пархоменко А. В., Амосов А. П., Самборук А. Р., Игнатов С. В., Костин Д. В., Шульტიмова А. С., Разработка отечественного порошкового гранулята со связующим на основе полиформальдегида для мим-технологии. Самарский государственный технический университет (СамГТУ), 2013 г.
3. ГОСТ 23904-79 Пайка. Метод определения смачивания материалов припоями.