

УДК 621.7.004.94

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОГО ПРЕССОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОЛОЧКИ

Михаил Павлович Куприков

*Магистр 1 года,
кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»
Московский политехнический университет*

*Научный руководитель: В.С. Юсупов,
доктор технических наук, профессор кафедры «Обработка материалов давлением и
аддитивные технологии»*

Порошковая технология получения металлических материалов широко применяется для производства различных тугоплавких и специальных сплавов. Для получения компактной заготовки из порошковой смеси используются такие технологические процессы как: спекание (в т.ч. под давлением), прессование (в т.ч. экструзия), горячее изостатическое прессование, высокотемпературная газовая экструзия и др. При этом наиболее производительным и эффективным способом получения компактной заготовки с высокой плотностью (близкой к теоретической) и механическими характеристиками является экструдирование порошковой массы без предварительного спекания. Для осуществления данного процесса необходимо использование специальной оболочки, в которую помещается порошковая смесь перед экструзией. Использование оболочки и необходимость ее последующего удаления путем механической или химической обработки заметно затрудняют технологический процесс получения компактной заготовки. При производстве металлических изделий вышеуказанными методами неизбежно образуется значительное количество отходов. Однако только небольшая часть этих отходов выбирается и повторно используется в производственных процессах. Поэтому переработка и повторное использование отходов порошковой металлургии, а также от аддитивного производства, получившего активное развитие, на сегодняшний день является важной научно-технологической задачей.

В рамках решения данных задач предлагается использование нового способа компактирования металлических порошков методом экструзии, без использования оболочки, в восстановительной атмосфере. Возможность получения компактных заготовок из порошковой смеси различных металлических материалов при экструзии без использования оболочки обеспечивается за счет применения специальной прессовой оснастки и режимов экструзии.

В данной работе проведено компьютерное моделирование разрабатываемого процесса экструзии без использования оболочки в программном комплексе *QForm3D* с целью изучения его основных технологических и энергосиловых параметров. Использование компьютерного моделирования позволяет уменьшить затраты на проектирование оснастки и производственные эксперименты, а также определить наиболее перспективные режимы, обеспечивающие оптимальное течение материала, и достижение требуемого структурного состояния конечной заготовки.

В качестве модельного материала использовали быстрорежущую сталь марки 10P6M5-МП в виде пористого материала с относительной плотностью 0,7. Использование быстрорежущей стали в качестве модельного материала объясняется, во-первых, распространённостью порошковой технологии ее получения и доступности порошка, что облегчает проведение последующего физического эксперимента и обеспечивает возможность сравнения механических свойств стали, полученной

классическим и разрабатываемым методами. Во-вторых, выбранная сталь обладает высоким сопротивлением деформации, что позволяет проанализировать предельно допустимые нагрузки на разрабатываемую оснастку. Моделирование прессования проводили с использованием конической матрицы с неизменным углом наклона конической части матрицы равным 60° с выходным диаметром и 5, и 10 мм. Внутренний диаметр стакана для прессования, в который помещается порошок, варьировали: он составлял 40, 30 и 20 мм. В рамках проведения моделирования температура заготовки составляла 950°C . При расчётах, исходя из возможностей программы, был использован закон трения по Леванову. Коэффициент трения составил 0,4.

Все исследуемые режимы деформации, а также коэффициенты вытяжки, рассчитанные по формуле 1 приведены в таблице 1.

$$\lambda = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \quad (1)$$

где D – диаметр исходной заготовки (контейнера), мм;

d – диаметр получаемого прутка, мм.

Таблица 1. Исследуемые режимы прессования

№ п/п	Входной диаметр, мм	Выходной диаметр, мм	Коэффициент вытяжки λ
1	40	10	16
2	30	10	4
3	30	5	36
4	20	10	4
5	20	5	16

На основании полученных результатов установлено, что использование заявленного метода прессования позволяет получить из исходного металлического порошка полуфабрикат быстрорежущей стали с относительной плотностью 0,84-1. Максимальная интенсивность напряжений на стадии компактирования порошка до начала процесса выпрессовки наблюдается при использовании начального диаметра заготовки 40 мм. Наиболее равномерное распределение напряжений наблюдается при использовании выходного диаметра матрицы 5 мм. Полученные результаты изменения сопротивления деформации коррелируют с результатами распределения интенсивности напряжений. Максимальные значения сопротивления деформации 650 МПа наблюдаются после прессования заготовки диаметром 20 мм в матрицы с выходным диаметром 5 мм. После остальных режимов прессование сопротивление деформации не превышает 450 МПа. Наиболее равномерное распределение пластической деформации наблюдается после прессования исходной заготовки диаметром 30 мм и выходном диаметром матрицы 5 мм, что говорит о перспективности данного режима прессования с точки зрения равномерной проработки исходной заготовки.

По результатам моделирования процесса прессования без оболочки также были получены величины усилий прессования F в зависимости от выбранного режима. Использование диаметра 40 мм в случае работы на прессе усилием 250 т не целесообразно, поскольку усилие прессования приближается к 200 т и может выйти за пределы допустимых значений при поздней остановке процесса и допрессовке пресс-остатка. Для остальных рассматриваемых диаметров заготовки и матрицы усилие прессования находится в допустимых пределах.

Разработаны проектные чертежи, по которым изготовлена оснастка для компактирования металлических порошков методом экструзии без использования оболочки для проведения последующих физических экспериментов.

Литература

1. QForm — Quantor Form. URL: <http://www.qform3d.ru/products>.
2. *Гиршов В. Л.* Современные технологии в порошковой металлургии [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки магистров образовательной области "Металлургия, машиностроение и материалобработка" / В. Л. Гиршов, С. А. Котов, В. Н. Цеменко ; М-во образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т, Нац. исслед. ун-т. - Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического ун-та, 2010. - 384 с. : ил., табл.; 20 см.; ISBN 978-5-7422-3070-0.
3. *Смирнов В. С.* Теория обработки металлов давлением [Текст] : Учебник для студентов вузов. - Москва : Металлургия, 1973. - 496 с. : ил.; 22 см.