

УДК 621.762.4

Л.Л. Роганов д.т.н., Л.В. Попивненко

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск

## СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРЕССОВКАХ ВНУТРИ МАТРИЦ ЗАКРЫТЫХ ПРЕСС-ФОРМ

*У статті запропоновані способи пресування порошкових матеріалів у закритих прес-формах, що дозволяють виконувати релаксацію напружень, що виникли в тілі пресовки у процесі ущільнення, усередині матриці до початку етапу випресовки. Така технологія пресування забезпечує гарантоване одержання якісних пресовок (без розшаровуючих тріщин або сколів) практично з будь-яких порошкових матеріалів з достатньою пористістю до 4 - 2%. Подальший процес спікання дає можливість одержувати вироби, щільність яких близька до щільності компактних тіл.*

*The methods of compaction powder materials in the closed compression moulds, which allow to carry out a relaxation of stresses occurring in the compact body in the compaction process inside the matrix prior to ejection phase are offered in the article. This technology of compaction provides a guaranteed reception of qualitative compacts (without stratified cracks or choppings) from any powder materials with a residual porosity of 4 - 2 %. Further sintering process makes it possible to obtain products, which density is close to the density of compact bodies.*

Из практики прессования порошковых материалов известно, что наиболее распространенным способом их уплотнения является прессование в закрытых пресс-формах. К преимуществам метода относят высокую производительность, сравнительную простоту штамповой оснастки, простоту реализации процесса, возможность использовать прессовое оборудование широкой номенклатуры и т.д. [1 - 4]. Однако при всех своих достоинствах способ прессования порошковых материалов в закрытых пресс-формах имеет существенный недостаток: невозможность получать качественные прессовки (без расслаивающих трещин или сколов) высокой плотности (более 0,9 - 0,95 относ. ед.). Указанный недостаток имеет существенное значение при уплотнении смесей, состоящих из порошков с высокими прочностными свойствами, которые имеют частицы сферической, осколочной или чешуйчатой формы. Причиной появления расслаивающих трещин или зон сколов у прессовок, полученных в закрытых пресс-формах при высоких давлениях прессования, является значительное по величине упругое последствие.

Явление упругого последствия проявляется внутри матрицы после снятия давления прессования, а также при выходе прессовки из матрицы пресс-формы в процессе операции выпресовки. Давление выталкивания пропорционально давлению прессования и зависит от коэффициента внешнего трения и коэффициента Пуассона пресуемого порошка. Из практики прессования порошковых материалов известно, что чем больше давление прессования, тем больше боковое давление, действующее на стенку матрицы и распирающее её, и тем выше вероятность растрескивания прессовки на выходе из матрицы вследствие проявления эффекта упругого последствия [1].

Величина упругого последствия зависит от ряда факторов: от характеристик пресуемого порошка (дисперсности, формы и состояния поверхности частиц, содержания окислов, механических свойств металла), величины давления прессования, наличия смазки, упругих свойств матрицы пресс-формы и пуансонов и других факторов [1, 3].

В настоящее время для уменьшения вероятности появления расслаивающих трещин в процессе выпресовки прессовок, имеющих относительные плотности в диапазоне 0,75–0,9 (в первую очередь это касается конструкционных материалов), в пресуемую шихту вводят различные смазки (стеараты, дисульфид молибдена, графит, парафин и др.) и ПАВ (поверхностно-активные вещества: растворы мыла, спирты и др.). Однако даже введение в порошковую шихту смазок и ПАВ не позволяет получать в закрытых пресс-формах прессовки высокой плотности близкую к плотности компактных тел: порядка 0,95–0,98 относ. ед. Кроме того, любые добавки смазочных веществ в исходную шихту увеличивают себестоимость готового изделия.

Согласно данным источника [2] порошковые изделия высокой плотности можно получать путем их допрессовки в холодном или горячем состоянии после операции спекания сырых прессовок. Используя допрессовку спеченных прессовок можно добиться получения практически беспористого изделия. Однако применение операции допрессовки существенно удлиняет технологический цикл изготовления изделия, и значительно повышает его конечную цену.

В рамках данной статьи предлагается ряд способов прессования порошковых материалов в закрытых пресс-формах, которые позволяют выполнять релаксацию напряжений, возникших в теле прессовки в процессе прессования, внутри матриц до начала этапа выпресовки. Это даёт возможность получать качественные прессовки (без расслаивающих трещин или зон скола) с относительной плотностью до 0,98 относительных единиц.

На рис. 1 показаны этапы прессования порошковой шихты в закрытой пресс-форме, у которой контактные поверхности матрицы и бандажа выполнены взаимноцилиндрическими.

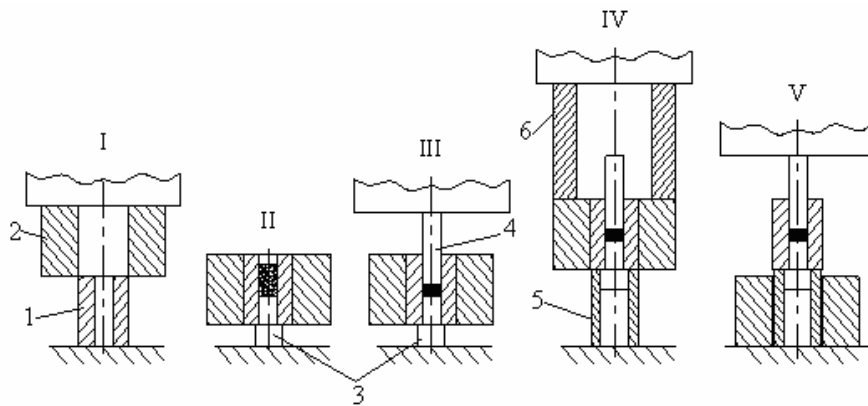


Рис. 1. Этапы цикла прессования порошковых материалов в пресс-форме с взаимноцилиндрическими контактными поверхностями матрицы и бандажа: I – запрессовка матрицы в бандаж; II – засыпка порошка в матрицу; III – прессование; IV – снятие бандажа с матрицы; V – выпрессовка; 1 – матрица; 2 – бандаж; 3 – пуансон нижний; 4 – пуансон верхний; 5, 6 – втулки

Конструкция пресс-формы, представленная на рис. 1, предусматривает возможность запрессовки и распрессовки матрицы 1 в бандаж 2 по мере необходимости. Первым этапом цикла прессования является запрессовка матрицы 1 в бандаж 2 с небольшим натягом (см. рис. 1, этап I). Натяг в соединении матрицы с бандажом необходим для обеспечения прилегания всей наружной боковой поверхности матрицы к соответствующей контактной поверхности бандажа.

После этапа запрессовки матрицы в бандаж в матрицу вставляют нижний пуансон 3, после чего указанные элементы пресс-формы устанавливают на стол пресса и засыпают в матрицу порошковую шихту (см. рис. 1, этап II). Затем в матрицу 1 вставляют верхний пуансон 4 и осуществляют прессование (см. рис. 1, этап III). Уплотнение порошковой шихты выполняют по требуемому давлению. В процессе прессования порошковой шихты, вследствие действия бокового давления, матрица раздается в плоскости перпендикулярной направлению прессования, что ведет к увеличению натяга в соединении матрица-бандаж. Величина раздачи матрицы, и как следствие величина натяга, зависит от величины давления прессования.

Следующим этапом цикла прессования является снятие бандажа 2 с матрицы 1 при помощи двух втулок 5 и 6 (см. рис. 1, этап IV). Результатом распрессовки бандажа и матрицы будет значительное уменьшение напряжений, возникших в теле прессовки в процессе прессования, что позволяет существенно уменьшить влияние упругого последдействия в процессе операции выпрессовки.

Завершающим этапом цикла прессования является выпрессовка прессовки из матрицы (см. рис. 1, этап V) и удаление её из пресс-формы.

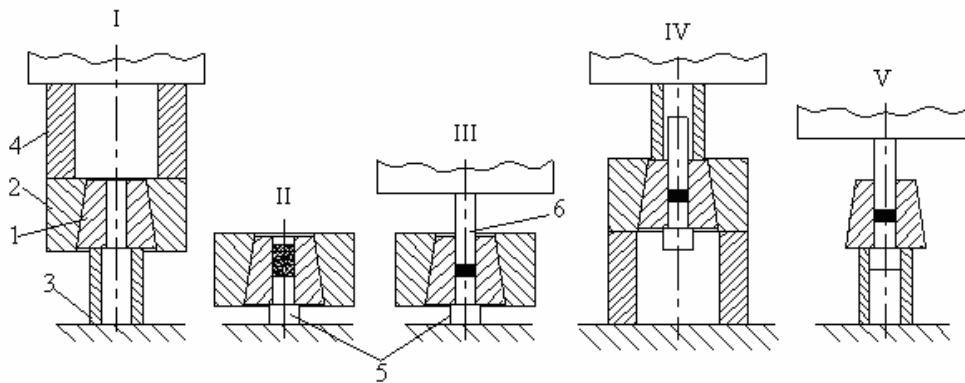
Второй способ прессования порошковой шихты является более предпочтительным и перспективным, чем выше описанный [5]. Предлагается контактные поверхности матрицы и зажимной втулки выполнить взаимноконическими. Это позволит регулировать величину предварительной (до начала этапа прессования) деформации матрицы в радиальном направлении (величину зазора между пуансонами и матрицей). Этапы прессования порошковой шихты в закрытой пресс-форме с взаимноконическими контактными поверхностями матрицы и зажимной втулки приведены на рис. 2.

Первоначально, до этапа прессования, на матрицу 1 напрессовывают зажимную втулку 2 (см. рис. 2, этап I). Результатом этого является контролируемое уменьшение размеров матрицы в направлении перпендикулярном плоскости прессования на расчетную величину, которая определяется в зависимости от свойств шихты и требуемой величины давления прессования. Далее этапы цикла прессования порошковой шихты аналогичны описанному в первом способе (см. рис. 2, этапы II - V). При распрессовке зажимной втулки 2 и матрицы 1 (см. рис. 2, этап IV) релаксация напряжений в теле прессовки произойдет внутри матрицы еще до начала этапа выпрессовки. Таким образом, при выходе прессовки из матрицы её размеры в радиальном направлении изменяться не будут, что обеспечит гарантированное отсутствие расслаивающихся трещин и зон скола.

Конструктивное исполнение закрытой пресс-формы, показанное на рис. 2, благодаря возможности контролируемого изменения зазора между пуансонами и матрицей, позволяет выполнять прессование порошковых материалов в диапазоне давлений прессования 50 - 1800 МПа. Ограничение прилагаемого давления прессования величиной 1800 МПа объясняется исключительно механическими свойствами материалов пуансонов пресс-формы (предлагается использовать сталь X12M). В случае применения материалов с более высокими механическими свойствами диапазон давлений прессования можно расширить.

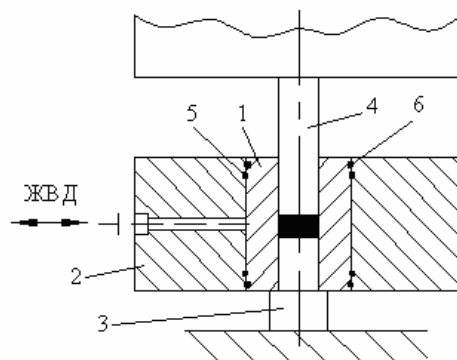
К неоспоримым преимуществам предлагаемого конструктивного решения (см. рис. 2) следует отнести: простота реализации процесса; увеличение срока службы пресс-формы за счет контролируемого изменения зазора между пуансонами и матрицей, что позволяет существенно уменьшить абразивный износ рабочих поверхностей при выпрессовке; возможность прессования практически любых порошковых материалов при высоких давлениях с минимальным применением смазок; возможность получать неспеченные прессовки с остаточной пористостью 4 - 2%, что при последующем жидкофазном спекании позволит получать материалы, плотность которых близка к плотности компактных тел.

На рис. 3 изображена закрытая пресс-форма, у которой предварительное деформирование матрицы осуществляют не механическим способом, а при помощи жидкости высокого давления, которую подают в зазор между матрицей и бандажом.



**Рис. 2. Этапы цикла прессования порошковых материалов в пресс-форме с взаимноконическими контактными поверхностями матрицы и зажимной втулки: I – зажим матрицы в зажимной втулке; II – засыпка порошка в матрицу; III – прессование; IV – выпрессовка матрицы из зажимной втулки; V – выпрессовка; 1 – матрица; 2 – втулка зажимная; 3, 4 – втулки; 5, 6 – пуансон нижний и верхний соответственно**

Источником жидкости высокого давления (ЖВД) является мультипликатор с насосным приводом. Цикл прессования порошковой шихты в пресс-форме, изображенной на рис. 3, осуществляется следующим образом. После засыпки порошковой шихты в матрицу 1 и установки верхнего пуансона 4, в зазор между матрицей 1 и бандажом 2 подается ЖВД требуемого давления, что вызывает контролируемую деформацию матрицы до начала этапа прессования на заранее рассчитанную величину. По завершению стадии уплотнения осуществляют сброс давления, что ведет к релаксации напряжений в теле прессовки внутри матрицы. После этого осуществляют операцию выпрессовки прессовки из матрицы.



**Рис. 3. Пресс-форма с регулируемой степенью обжатия матрицы при помощи жидкости высокого давления: 1 – матрица; 2 – бандаж; 3 – пуансон нижний; 4 – пуансон верхний; 5, 6 – уплотнения**

### Выводы

Предлагаемые способы прессования порошковых материалов в закрытых пресс-формах позволяют выполнять релаксацию напряжений в теле прессовок внутри матрицы до этапа выпрессовки, что обеспечивает гарантированное получение качественных неспеченных изделий с остаточной пористостью порядка 4 - 2%. Применение выше описанных способов прессования не потребует значительной доработки универсального прессового оборудования, увеличит срок службы рабочих поверхностей матриц и пуансонов, сократит время изотермической выдержки в процессе спекания, значительная часть которой необходима для процесса «залечивания» пор, позволит отказаться от операции допрессовки спеченных брикетов, а также в значительной мере от смазок и ПАВ, вводимых в шихту. Таким образом, рассмотренные способы прессования порошковых материалов в закрытых пресс-формах являются перспективными и экономически целесообразными.

### Список литературы

1. Кипарисов С.С. Порошковая металлургия / С.С. Кипарисов, Г.А. Либенсон. – М.: Металлургия, 1971. – 528 с.
2. Ермаков С.С. Порошковые стали и изделия / С.С. Ермаков, Н.Ф. Вязников. – Л.: Машиностроение, 1990. – 319 с.
3. Либенсон Г.А. Процессы порошковой металлургии. Т.2: Формование и спекание / Г.А. Либенсон, В.Ю. Лопатин, Г.В. Комарницкий. – М.: МИСИС, 2002. – 318 с.
4. Федорченко И.М. Основы порошковой металлургии / И.М. Федорченко, Р.А. Андреевский. – Киев: Изд-во АН УССР, 1962. – 420 с.
5. Пат. u200807063, МПК В30В 15/02, 11/02. Прес-форма для пресования порошковых матеріалів / Л.Л. Роганов, Л.В. Попівненко. – № 39020; Заявл. 21.05.2008; Опубл. 26.01.2009, Бюл. № 12.