

## ПЛАСТИФИКАЦИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФОРМУЕМЫХ ЭКСТРУЗИЕЙ

Доц. Пятов В.В., ст. преп. Ковчур А.С., ст. преп. Ахтанин О.Н., ст. преп.  
Савицкий В.В. (ВГТУ)

Наиболее прогрессивными методами формования порошковых материалов являются непрерывные методы, обеспечивающие высокую степень автоматизации производства, повышенную производительность и возможность получения длинномерных изделий различного профиля. К таким методам относятся прокатка и экструзия порошков.

Экструзия представляет собой выдавливание материала через фильеру, имеющую необходимый профиль. Она может быть циклической (мундштучное прессование) или непрерывной (шнековое формование и т.н. *conform*-метод). Для осуществления экструзии порошковый материал должен обладать высокой пластичностью, что достигается его нагревом или введением пластифицирующих добавок.

Горячая экструзия требует мощного прессового оборудования, большого расхода энергии и осуществима лишь для пластичных металлов. Холодная экструзия пластифицированных порошков возможна для любых (даже хрупких керамических) материалов. При правильно подобранном пластификаторе она не требует больших усилий выдавливания, позволяет получать прочные прессовки и спеченные изделия с заданной пористостью.

К пластификатору предъявляются довольно жесткие требования. Кроме связующих, пластифицирующих и смазывающих свойств он должен быть дешевым и недефицитным, легко перемешиваться с порошком и легко извлекаться из прессовок, не препятствовать процессу спекания и не загрязнять готовых изделий [1].

В порошковой металлургии при производстве изделий сложной формы или использовании непрерывных методов формования применяются самые различные пластификаторы. Некоторые затраты, связанные с его введением и извлечением, компенсируются приближением формы прессовки к форме изделия, что позволяет избежать затрат на механическую обработку. Кроме того,

пластификатор значительно уменьшает усилие прессования и износ инструмента. Таким образом, правильно подобранный пластификатор не приводит к дополнительным затратам.

Из пластифицированных порошковых материалов изготавливают различные изделия: керамические, твердосплавные, из тугоплавких соединений, ферритов и металлических порошков. Изучены и описаны различные пластификаторы: воск, парафин, поливиниловый спирт, раствор синтетического каучука в бензине, полиэтилен, оксид полиэтилена, раствор поливинилацетата в ацетоне, метакрилат в виде раствора в трихлорэтаноле, полиэтиленгликоль, раствор диатанагаминоэтилового эфира алкилен янтарной кислоты, крахмальный клейстер, тефгон и стеарат, этиленстеарамид, поливинилбутирол и многие другие [1-3].

Из пластифицированных металлических порошков получают изделия сложной формы [4]: детали часов, ЭВМ. Существенно, что несмотря на наличие пластификатора (и повышенную усадку при спекании) описанная технология позволяет получать изделия точных размеров. Возможно прессование таких сложных изделий, как сверла, фрезы и развертки [5]. Если в качестве пластификатора используется парафин, то давление истечения смеси через очко мундштука оказывается минимальным.

Из органических пластификаторов наиболее подходящим представляется парафин: он не дефицитен, обладает хорошей связующей, пластифицирующей и смазывающей способностями, легко удаляется из прессовки и почти не загрязняет изделие углеродом. Парафин широко используют в твердосплавной промышленности, при производстве изделий из металлических порошков и других сыпучих материалов. На основе парафина создано множество пластифицирующих и связующих композиций.

Технология формования различных металлических порошков, пластифицированных парафином, описана в работах [6-9]. Исследованы порошки меди, железа, нержавеющей стали, титана, твердых и тяжелых сплавов, бронзы и многих других материалов. Получены пористые проницаемые трубы [6], стержни [7], многослойные изделия [8] и длинномерные изделия сложного профиля [9]. Показано, что формовать с парафином можно любые порошковые материалы, так как он химически инертен. Технологические свойства смеси

можно изменять в широких пределах изменяя количество вводимого пластификатора и температурный режим формования.

Установлено, что введение в порошок 7...15 % мас. парафина позволяет уменьшить коэффициенты внешнего и межчастичного трения в 5...10 раз, а уплотняемость материала при давлении 100 МПа увеличить с 62 % до 100 %. Отмечается, что при достижении определенной концентрации пластификатора в порошке давление выдавливания резко уменьшается и становится возможной холодной экструзия материала. Даны рекомендации, основанные на многочисленных экспериментах, по нахождению этой концентрации, однако теоретические обоснования отсутствуют.

В данной статье приводится краткий теоретический анализ процесса экструзии, позволяющий получить соотношение для расчета количества пластификатора, необходимого для холодной экструзии порошкового материала.

Выдавливание материала через фильеру возможно, если в процессе его деформации не образуется динамический свод (отсутствует т.н. арочный эффект). В противном случае начинается пластическая деформация частиц порошка и их наклеп, усилие выдавливания при этом делается практически недостижимым. Как уже отмечалось, снизить это усилие можно двумя способами: нагреть порошок выше температуры рекристаллизации материала (т.е. осуществить горячую экструзию, усилие выдавливания при этом все равно большое) или ввести пластификатор. Количество пластификатора, необходимое для разрушения динамического свода, может быть определено следующим образом.

В формующее устройство (мундштучную прессформу, бункер шнекового пресса...) порошок поступает в состоянии свободной насыпки. По мере продвижения его к зоне выдавливания происходит утряска и уплотнение материала. С некоторыми допущениями можно считать, что плотность материала на входе в фильеру близка к плотности утряски (для достижения большей плотности требуется деформация частиц, что, как отмечалось, при холодной экструзии крайне нежелательно).

Динамический свод не образуется, если хотя бы в одном поперечном сечении такого свода будет разрыв между частицами порошка. Очевидно, этот разрыв должен быть заполнен пластификатором, иначе соседние частицы сомкнутся под действием приложенного давления. Более того, эта прослойка из пластификатора не должна выдавливаться из зоны образования возможного

свода, то есть она не должна граничить с пустым пространством (с порами). Реализовать описанное состояние можно только одним способом — заполнить все межчастичное пространство пластификатором.

Из вышесказанного можно сделать важный вывод: холодная экструзия пластифицированного порошкового материала возможна только тогда, когда в зоне формования он спрессован до компактного состояния. Такой материал не имеет пор и практически несжимаем.

Необходимое для этого количество пластификатора находится из соотношения, что он должен занимать все межчастичное пространство в порошке, находящемся в состоянии утряски:

$$V = V_n + V_m \quad (1)$$

где  $V$  — произвольный объем материала, находящегося в зоне формования;  $V_n$  и  $V_m$  — части этого объема, занимаемые пластификатором и порошковым материалом соответственно.

Учитывая, что

$$V = m_m / \rho_y, \quad V_n = m_n / \rho_n, \quad V_m = m_m / \rho_m \quad (2)$$

окончательно получаем

$$m_n = m_m \rho_n (1 / \rho_y - 1 / \rho_m) \quad (3)$$

где  $m_n$  — масса пластификатора, необходимая для пластификации порошка массой  $m_m$ ;  $\rho_y$ ,  $\rho_m$  и  $\rho_n$  — плотность утряски, пикнометрическая плотность порошкового материала и плотность парафина соответственно.

Таким образом, получено соотношение, позволяющее определить количество пластификатора, обеспечивающее возможность холодной экструзии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Высокотемпературные неметаллические нагреватели/ П.С. Кислый, А.Х. Бадян, В.С. Киндышева, Ф.С. Габриян.- Киев: Наук. думка, 1981.- 160 с.
2. Самсонов Г.В., Кислый П.С. Высокотемпературные неметаллические термпары и наконечники.- Киев: Наук. думка, 1985.- 182 с.
3. Бульчев В.П., Тюрленев В.И. Роль пластификатора при мундштучном прессовании заготовок из карбида циркония// Порошковая металлургия.- 1982. - № 2. - с. 21-27.

4. Injection moulding for near-net-shape PM components/ Hadfield D.// "Metals and Mater.", 1985.- 1.- No 10.- p. 609-612.
5. Либенсон Г.А. Производство спеченных изделий.- М.: Металлургия, 1982. - 256.
6. Алексеев И.С. Разработка процесса непрерывного формования пористых длинномерных изделий из порошковых материалов методом экструзии шнеком: Дисс. канд. техн. наук: 05.16.05.- Мн., 1985.
7. Кулагин В.И. Разработка теории и технологии непрерывного формования сплошных профилей: Дисс. канд. техн. наук: 05.16.05.Мн., 1985.
8. Жемчужный М.И. Разработка способов и технологии формования из порошковых композиций изделий с переменными свойствами Дисс... канд. техн. наук: 05.16.05.- Мн., 1986.
9. Пятов В.В. Разработка процесса непрерывного формования пористых изделий сложного профиля экструзией порошков на шнековом прессе. Дисс... канд. техн. наук: 05.16.05.- Мн., 1988.