

ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫЙ ПОРОШКОВЫЙ МАТЕРИАЛ

Пятов В.В., Ковчур А.С.

В этой статье изложена концепция ППМ и приведены общие соображения, позволяющие приступить к построению теории его деформации.

Главное требование, предъявляемое к ППМ - обеспечить возможность холодной экструзии без пластической деформации частиц порошка. На рис.1 схематически изображена зависимость давления прессования от содержания пластификатора.



Рис. 1. Зависимость давления прессования от содержания пластификатора при экструзии.

Если концентрация пластификатора в шихте становится меньше величины c_n , то начинается пластическая деформация частиц или их разрушение. Давление при этом резко возрастает и холодная экструзия невозможна: прессовки не сохраняют форму, имеют нарушения сплошности; велики затраты энергии; сильно изнашивается инструмент. Эти явления объясняются образованием динамического свода (арок) при выдавливании в условиях недостатка пластификатора.

Чтобы избежать образования динамического свода, пластификатор в зоне формирования должен заполнять все межчастичное пространство. Отсюда можно сделать важный вывод: материал в зоне формирования практически несжимаем. Критическая концентрация пластификатора в этом случае находится из соотношения

$$c_n = \frac{\rho_{пл}(\rho_n - \rho)}{\rho_{пл}(\rho_n - \rho) + \rho_n \rho} \quad (1)$$

где $\rho_{пл}$, ρ_n и ρ - плотность пластификатора, пикнометрическая и насыпная плотности порошка соответственно.

Уплотнение ППМ происходит в канале, соединяющем бункер какого-либо устройства для непрерывного прессования с зоной формирования. Такой канал имеет подвижные и неподвижные поверхности; возникающие силы трения на них, действуя в противоположных направлениях, и уплотняют материал. В сущности, все существующие способы непрерывного выдавливания отличаются лишь конструкцией такого канала. Так, при шнековом прессовании это винтовой канал шнека, неподвижной поверхностью которого является внутренняя поверхность гильзы. Здесь канал направлен под углом к направлению выдавливания. В confoгm-

методе канал выполнен на боковой поверхности вращающегося колеса, неподвижная поверхность принадлежит специальному башмаку. Направление канала совпадает с направлением выдавливания. Продолжая рассуждения, можно сформулировать общее требование к устройствам для непрерывного формования: материал на выходе из канала должен быть уплотнен до несжимаемого состояния.

ППМ обладает определенной прочностью из-за связующего действия пластификатора даже при сравнительно небольших давлениях. Это принципиально отличает его от непластифицированного порошка, в котором прочность появляется лишь при высоких давлениях, обеспечивающих возникновение межчастичных связей. Прочность ППМ растет с увеличением плотности, так как она определяется суммарной площадью контакта порошка с пластификатором. Максимальную прочность имеет несжимаемый материал, причем дальнейшее увеличение давления к упрочнению не ведет, потому что пластическая деформация частиц отсутствует, а связь порошок-пластификатор не упрочняется. Таким образом, материал в канале упрочняется, а в зоне формования - нет.

Это различие объясняет несоответствие законов внешнего трения в зонах уплотнения и формования. Нами экспериментально показано, что лучше всего связь между нормальными и касательными напряжениями на поверхности трения задается соотношениями

$$\tau = a + b\delta - c\delta^2 \quad (2)$$

для случая, когда имеет место уплотнение материала и

$$\tau = (d\epsilon + e)\delta \quad (3)$$

для деформации без уплотнения.

Существенно, что коэффициенты a , b , c , d и e не зависят от нормальных напряжений.

Если относительная плотность $e = 1$ (материал несжимаем), то выражение (3) упрощается:

$$\tau = f\delta \quad (4)$$

где коэффициент трения $f = d + e$.

Итак, трение в зоне формования определяется выражением (4), а связь между нормальными и касательными напряжениями на поверхностях канала хотя и нелинейна, но может быть описана с помощью постоянных коэффициентов. Из вышесказанного ясно, что для зоны формования условие пластичности может быть взято в простейшей форме

$$b_{11} - b_{33} = b_s, \quad (5)$$

а для зоны уплотнения оно сложнее, так как там имеет место как упрочнение, так и объемное течение. ППМ считается изотропным, если он состоит из равноосных частиц и анизотропным в противном случае (что имеет место, например, при армировании дискретными волокнами). Изложенная концепция позволяет перейти к построению теории деформации ППМ, исследовать существующие методы формования и создавать ковше.