

Студенты гр. 1044415 Липницкий А.С., Лисовский М.А.

Научный руководитель – Ложечников Е.Б.

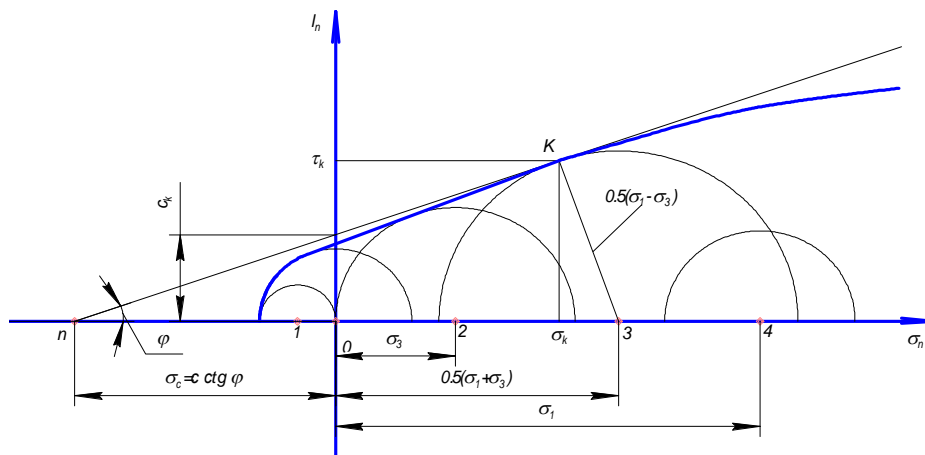
Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Силы трения и сцепления обуславливают способность порошка воспринимать внешнюю нагрузку без или с необратимой структурной деформации. Величина этой нагрузки зависит как от физических свойств порошка, определяющих удельную прочность сцепления частиц и коэффициент межчастичного трения, так и сил, действующих перпендикулярно контактным поверхностям частиц. Последнее является существенным отличием условий пластичности связносыпучей среды от твердых тел, деформация которых совершается, в основном, вследствие внутрикристаллических сдвигов. В связи с этим разность главных напряжений, при которой уравниваются внешние и внутренние силы, для связносыпучей среды не постоянно. Напряжение, нормальное к поверхности трения частиц, определяет величину сил межчастичного трения, а вследствие деформации частиц порошка – и площадь контактной поверхности и величину сил сцепления частиц.

Огибающая кругов Мора (рис. 1) для связно-сыпучей среды представляет кривую линию, что является следствием изменения параметров прочности и трения порошка в зависимости от вида и величины напряжений. Однако для конкретного условия огибающую можно заменить прямой, касательной к ней линией. Тогда разность главных напряжений, соответствующих предельному состоянию связносыпучей среды для этих условий, может быть приведена к виду

$$\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi + 2c \cos \varphi, \quad (1)$$



0 – чистый сдвиг, $\tau_n = c$; 1 – одноосное растяжение, $\sigma_n = -\sigma_1$;
 2 – одноосное сжатие, $\sigma_n = \sigma_1$; 3 – двухосное сжатие; 4 – двухосное сжатие без сдвига

Рисунок 1 – Диаграмма кругов предельного напряжения Мора

С ростом напряжений угол φ уменьшается, сцепление же частиц возрастает. И при $\varphi=0$ выражение (1) обращается в условие пластичности Сен-Венана-Трески, в котором $2c = \sigma_c$.

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_c, \quad (2)$$

Существенной особенностью свойства связносыпучей среда является зависимость разности главных напряжений и сопротивление сдвигу не только от величины, но и от направления (знака) напряжений.

Поскольку частицы порошка представляют твердые тела, пластическая деформация с возможным разрушением которых наступает при разности главных напряжений, описываемых условием (2), такая же разность главных напряжений должна быть в массе этих частиц, представляющих обрабатываемый давлением порошок, условие деформации которых зависят от величины среднего напряжения, что вытекает из условия (1). Подстановкой значений разности главных напряжений из (2) в (1) получено выражение $\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3)\sin\varphi + 2c \cos\varphi$, в результате преобразований которого определена величина среднего напряжения, вызывающего деформацию и разрушение частиц

$$\sigma = (k_c \sigma_c - 2c \cos\varphi) \vartheta_c / 2 \sin\varphi. \quad (3)$$

Введенная в числителе (3) относительная плотность, $\vartheta_c = \rho_c / \rho$, где ρ – плотность (удельный вес) материала частиц, учитывает реальную площадь сечения обрабатываемого давлением порошка. $k_c = \sigma_B / \sigma_c$ – коэффициент, учитывающий деформируемость материала частиц. Для хрупких материалов $k_c \approx 1$. Больше главное напряжение при этом

$$\sigma_1 = \sigma(1 + \sin\varphi) - \sigma_c.$$

Деформация связносыпучей дисперсной среды, происходящая в результате внешнего силового воздействия, заключается во взаимном перемещении и более плотной упаковке частиц (уплотнение среды) с их деформацией и полным или избирательным измельчением.

По величине среднего σ и большего главного напряжений σ_1 рассчитывается технологическое, со стороны размольных сил усилие и мощность привода измельчения.