

3. Индукционный нагрев заготовки до температуры 1150-1200°C с применением генераторов ТВЧ различной мощности и частоты в зависимости от размеров заготовки.

4. Продольно-поперечная прокатка.

5. Объемная штамповка монтажной части детали.

6. Термообработка. Охлаждение в закалочной ванне или в спрейерном устройстве сформованной детали при температуре 870-920°C. В зависимости от материала изделия выбирается охлаждающая среда – масло, вода с добавками, водо-воздушная смесь под давлением и др.

7. Высокий отпуск. Интервал температур для отпуска достаточно широк от 200 до 650 °С. Высокий отпуск (650°C) необходим для деталей, работающих с ударными нагрузками для обеспечения наивысшей ударной вязкости. Так для стали 30ХГСА, применяемой для изготовления зуба борона, отпуск при 650 °С обеспечивает твердость HRC 36-38 и ударную вязкость $a_n \approx 1 \text{ МДж/м}^2$. Для сравнения обычная закалка этой стали без деформации с последующим отпуском при температуре 650 °С дает значение HRC 32-34 и $a_n \approx 0,4 \text{ МДж/м}^2$.

Приведенная комбинированная технология в настоящий момент внедряется на предприятиях Республики Беларусь.

УДК 621.762

Механика измельчения твердых порошковых материалов в валковых мельницах

Студент гр.104415 Шегидевич А.А.

Научный руководитель – Гавриленя А.К.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

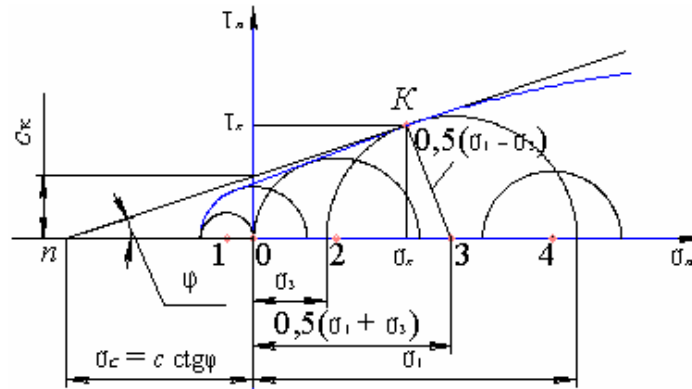
Находящийся между встречно вращающимися валками материал испытывает с ними силовое взаимодействие, определяемое граничными условиями и его физическими свойствами и состоянием.

Различие свойств твердых компактных и порошковых связносыпучих материалов предопределяет отличия условий и механизмов их деформации. Частицы твердых компактных материалов, представляющие в массе порошок, находятся в контактом взаимодействии, определяемым критерием прочности Мора-Кулона – математическим описанием криволинейной огибающей кругов напряжения (рисунок 1):

$$\tau_n = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + c = (\sigma_n + \sigma_c) \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где τ_n и σ_n – касательное и нормальное напряжения к поверхностям сдвига; φ и c – соответственно угол межчастичного трения и сцепление частиц;

$$\sigma_c = c \operatorname{ctg} \varphi [1,2].$$



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 состояния Мора

Увеличение внешней нагрузки сопровождается ростом контактных между частицами напряжений, деформацией частиц и увеличением плотности твердого порошкового материала, описываемым выражением, [3,4]

$$\rho_\sigma = \rho_n + k p^m, \quad (2)$$

где ρ_σ , ρ_n – под давлением и насыпная плотности твердого порошкового материала; k и m – определяемые экспериментально параметры.

Пластическая деформация частиц, представляющих твердые компактные материалы, определяется условием пластичности Сен-Венана–Треска [5]:

$$\sigma_{\sigma_1} - \sigma_{\sigma_3} = \beta \sigma_s, \quad (3)$$

где σ_{σ_1} и σ_{σ_3} – большее и меньшее главные напряжения; $\beta = 1-1,15$ – коэффициент напряженного состояния; σ_s – предел текучести материала.

Условие структурной (межзерной) деформации твердых порошковых материалов в виде разности главных напряжений, значение которой вытекает из рисунка 1, имеет вид

$$\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi + 2c \cos \varphi. \quad (4)$$

Из этого следует, что условие деформации твердых порошковых материалов определяется не только их свойствами, но и величиной меньшего, а следовательно, и среднего $\sigma = 0,5(\sigma_1 + \sigma_3)$ напряжений. Это, как и изменение объема (плотности) обрабатываемого давлением твердого порошкового материала, представляет собой отличие условий его деформации от твердых компактных материалов, уменьшающееся с увеличением давления прессования. В пределе по достижении компактного состояния вследствие $\varphi \rightarrow 0$, а $2c \rightarrow \sigma_s$ выражение (4) преобразуется в (3).

Поскольку сцепление частиц уплотненного твердого порошкового материала меньше прочности его частиц ($2c \leq \sigma_s$), условие (4) свидетельствует о возможности межзерной деформации ранее уплотненного твердого порошкового материала внешним нагружением, меньшим предшествующей обработки при условии уменьшения среднего и меньшего главного напряжений. В этом случае деформация вызывает разрыв ранее образовавшихся и образование новых контактов между частицами, площадь и прочность сцепления которых определяются действующими между ними напряжениями с возможностью разрушения уплотненного твердого порошкового материала на частицы, размер которых меньше исходного.

Условие деформации и разрушения частиц обрабатываемого давлением твердого порошкового материала определили совместным решением выражений (3) и (4): $\sigma_s = (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi + 2c \cos \varphi$, преобразованием которого получена величина среднего напряжения, вызывающего деформацию и измельчение твердого порошкового материала:

$$\sigma = (k_\sigma \sigma_s - 2c \cos \varphi) v_\sigma / 2 \sin \varphi, \quad (5)$$

где $k_\sigma = \sigma_n / \sigma_s$ – коэффициент, учитывающий деформационную способность материала частиц; относительная плотность материала v_σ учитывает реальную площадь его сечения. При этом большее главное напряжение определяется из известного соотношения напряжений в твердом порошковом материале:

$$\sigma_1 = \sigma(1 + \sin \varphi) - \sigma_c. \quad (6)$$

Затем по известным формулам [3] рассчитывают усилие на валки, крутящий момент и мощность привода валков.

Литература

1. Соколовский, В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский. – М.: Физматгиз, 1966. – 243 с.
2. Харр, М.Е. Основы теоретической механики грунтов / М.Е. Харр. – М.: Стройиздат, 1971. – 320 с.
3. Ложечников, Е.Б. Прокатка в порошковой металлургии / Е.Б. Ложечников. – М.: Металлургия, 1987. – 185 с.
4. Жданович, Г.М. Теория прессования металлических порошков / Г.М. Жданович. – М.: Металлургия, 1968. – 268 с.
5. Целиков, А.И. Теория продольной прокатки / А.И. Целиков, Г.С. Никитин, С.Е. Рокотян. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.

УДК 621.771.63

Способы управления явлением уширения при прокатке полос

Студенты гр.104416 Валентюкевич А.А., Евсеев М.М.
 Научный руководитель – Исаевич Л.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г.Минск

Уширение при прокатке в гладких валках в большинстве случаев является отрицательным фактором, так как требует увеличения суммарного обжатия в процессе уменьшения поперечного сечения полосы. Про-