

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-

дольная прокатка полос переменной толщины, являясь нестационарным процессом, характеризуется изменяющимися по длине проката размерами и формой поперечного сечения, т.е. толщиной и шириной.

При прокатке полос переменной толщины, используемых в качестве заготовок для малолистовых рессор, вследствие интенсивного обжатия на концах полосы и потери жесткого конца (внешних зон) существенно увеличивается уширения на этих участках по сравнению с центральной частью заготовки. Это приводит к получению полос с большим уширением на концах, что не допускается чертежом изделия и требует дополнительной механической обработки.

Наиболее простым способом регулирования уширения полосовых заготовок является применение различных ограничительных устройств и приспособлений для придания необходимой ширины прокатной заготовке. Рядом зарубежных и отечественных фирм используются прокатные клетки, в которых наряду с горизонтальными катающими по толщине валками применяют вертикальные обжимные валки, служащие для устранения уширения полосы. В ряде случаев используют валки с упорными ограничительными ребрами, также препятствующими развитию уширения.

Недостатком перечисленных способов является невозможность обеспечения закругленной формы боковых кромок полос, что является одним из основных требований к качеству такого типа проката, поскольку закругленная форма боковых кромок снимает появление концентраторов напряжений.

Существенное влияние на величину уширения оказывает переднее натяжение при прокатке, так как оно активизирует деформацию металла в вытяжку. Однако наличие переднего натяжения может вызывать зарождение микротрещин в металле в процессе прокатки из-за снижения продольной составляющей объемной схемы всестороннего неравномерного сжатия, что отрицательно скажется на долговечности рессорной подвески в целом.

Уменьшение диаметра валков также приведет к снижению величины уширения. Однако это уменьшение ограничено не только снижением жесткости самих валков, но и условиями захвата металла. Известно, что при установившемся процессе прокатки в приводных (не приводных) валках продольное значение угла прокатки выражается соотношением $\alpha \leq 2f$, где f – коэффициент контактного трения.

При несоблюдении данного требования валки начинают буксировать по металлу, что приводит к остановке процесса прокатки. Это обстоятельство вызывает необходимость дробления суммарной деформации, что возможно при использовании прокатной клетки с несколькими парами валков.

Одним из действенных факторов, оказывающих влияние на снижение уширения, является увеличение коэффициента контактного трения в направлении ширины (в поперечном направлении). Для этого предложено на поверхности деформируемого инструмента (профилированной катающей оправки) наносить продольные канавки небольшой (глубинной до 1 мм) глубины (рис.).

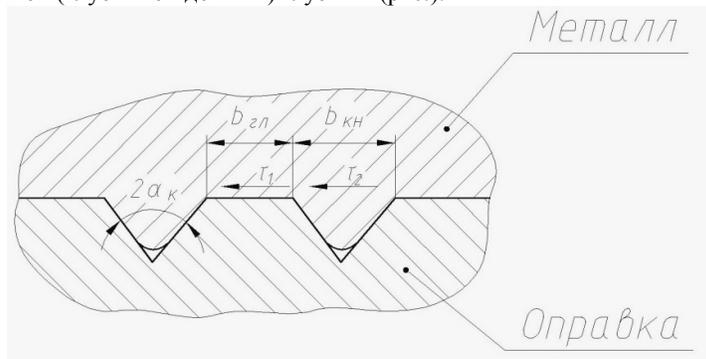


Рисунок – Схема для расчета коэффициента контактного трения поперек полосы.

Так как контакт поверхности оправки с металлом дискретен и неоднороден, то суммарная сила трения складывается из элементарных сил трения, возникающих на отдельных площадках касания

$$T_{\Sigma} = \Sigma T_1 + \Sigma T_2, \quad (1)$$

где T_1 – сила трения, действующая на гладкой площадке касания шириной $b_{гп}$;

T_2 – сила трения, действующая в области продольных канавок шириной $b_{кн}$.

Выражение (1) можно представить как

$$T_{\Sigma} = \tau_1 b_{гп} n + \tau_2 b_{кн} m, \quad (2)$$

где τ_1 – касательное напряжение, действующие на гладкой площадке касания;

τ_2 – то же в области канавки;

n – количество гладких площадок шириной $b_{гп}$;

m – количество канавок шириной $b_{кн}$.

На гладкой площадке касательное напряжение принимаем по условию Зибеля

$$\tau_1 = f\sigma_T,$$

а в области канавки

$$\tau_2 = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}},$$

т.е. контактного трения;

где σ_T – предел текучести металла полосы имеет предельно значение; f – коэффициент трения.

Тогда выражение (2) примет вид

$$T_{\Sigma} = f\sigma_T b_{\Sigma} n + \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}} b_{\Sigma} m.$$

Среднее значение касательных напряжений, действующих на площадках по ширине полосы, будет

$$\tau_{ср} = \frac{T_{\Sigma}}{B_{\Sigma}}, \quad (3)$$

где B_{Σ} – суммарная ширина касания

Тогда усредненный коэффициент контактного трения, действующий в конкретном направлении, согласно (3) будет

$$f_{\text{нп}} = \frac{\tau_{ср}}{\sigma_T}$$

В продольном направлении коэффициент контактного трения $f_{\text{нп}}$ можно принять таким же как и для случая прокатки на гладкой бочке.

В связи с этим $\frac{f_{\text{нп}}}{f_{\text{нп}}} > 1$, что и обеспечивает снижение уширения во столько же раз по сравнению с гладким деформирующим инструментом.

Таким образом, изменяя значение коэффициента контактного трения в очаге деформации поперек полосы можно управлять явлением уширения.

УДК 621.07.06

Пресс-автомат с самоподачей ленты

Студенты гр. 104425 Белявская В. Н., гр. 104416 Лапицкий В. А., гр. 104426 Малько М. А.
Научный руководитель – Овчинников П. С.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Целью настоящей работы является проектирование пресс-автомата для листовой штамповки.

В промышленности широко используются пресс-автоматы для листовой штамповки. Эти прессы оснащены валковыми, клещевыми, револьверными подачами. Узел подачи довольно сложный и дорогостоящий. Для его привода расходуется около 20% мощности привода прессы. Подача работает дискретно, такой характер работы ограничивает производительность машины.

Пресс-автоматы с валковой подачей имеют производительность 400-600 ходов в минуту. При большей производительности подача выходит из строя.

В данной работе рассматривается конструкция пресс-автомата, которой не требуется узла подачи. На рисунке приведен чертеж этого прессы.

Станина прессы 1 сварная, закрытого типа. Сверху на станине установлен электродвигатель 3, от которого крутящий момент клиноременной передачей передается маховику. С маховиком связана фрикционная муфта 4, передающая крутящий момент эксцентриковому валу 7. На левом конце этого вала смонтирован ленточный тормоз 2.

Эксцентриковый вал проходит сквозь ползун 6, который при вращении вала совершает круговые движения. Ползун размещен в раме 5, которая перемещается в направляющих станины в горизонтальном направлении. Верхняя половина штампа с прижимом-съемником крепится к ползуну, а нижняя – к раме. При перемещении ползуна вниз относительно рамы в определенный момент лента зажимается штампом и дальше транспортируется вместе с ним. Затем производится штамповка и извлечение пуансонов из штампуемого материала.

Такой пресс можно использовать как пресс-автомат с самоподачей ленты, ему не требуется специальное подающее устройство. Если сравнить данный механизм с кривошипно-шатунным, применяемым у традиционных прессы, крутящий момент привода будет на 20 % больше у последнего, чем у рассмотренного здесь пресс-автомата.