

ции. Степень обжатия коническими бойками заметное влияние на максимальную величину накопленной деформации оказывает лишь при небольшой суммарной степени обжатия. При большом суммарном обжатии (60 %) максимальная величина накопленной деформации остается высокой и практически не меняется при варьировании трех других факторов.

Макродеформационный эффект действия конических бойков выражается в возможности регулировать глубину зоны затрудненной деформации в пределах от 25 до 50 % от высоты заготовки.

Относительная величина плоской рабочей площадки конического бойка оказывает значительное влияние на

регулирование величины зоны затрудненной деформации на торце осаженой заготовки в пределах от 42 до 70 %.

Применяя на практике разработанный графо-аналитический инструмент, технологи ОАО «Русполимет» рассчитывают четыре технологических параметра при осадке заготовок для получения колец.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тюрин В.А, Батяев Д.В. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2013. № 3. С. 8 – 10.

© 2013 г. В.А. Тюрин, И.В. Ларионов, Д.В. Батяев
Поступила 8 апреля 2013 г.

УДК 620.1+539.2

Г.Л. Колмогоров, Т.В. Чернова, Е.М. Аверьянова, М.В. Снигирева

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ОПТИМАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВОЛОЧИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация. Предложена методика определения оптимальной геометрии волоचильного инструмента, обеспечивающая минимальные значения напряжения волочения. Методика учитывает наличие калибрующего пояска волокна. Для стандартных волок предложена оптимальная вытяжка.

Ключевые слова: волочение, волочильный инструмента, оптимизация, оптимальная геометрия.

THE OPTIMAL GEOMETRY OF TECHNOLOGY DRAWING TOOL

Abstract. A method of determining the optimum geometry of the drawing tool that provides the minimum value of the voltage drawing. Method takes into account the presence of the sizing belt dies. For standard fiber offered the optimal extractor.

Keywords: draw, drawing tool, optimization, optimal geometry.

При обработке металлов давлением широкое применение находит процесс волочения, заключающийся в протягивании заготовки через конический технологический инструмента (рис. 1). При этом сечение про-

тягиваемой заготовки принимает форму и размеры минимального сечения технологического инструмента. Наиболее широкое применение данный процесс нашел при производстве проволоки и прутков, имеющих поперечное сечение в форме круга [1].

Как и любой процесс обработки металлов давлением, процесс волочения характеризуется определенной энергоемкостью, снижение которой является актуальной задачей. Энергосиловые параметры при волочении определяются главным образом геометрией волочильного инструмента, основными характеристиками при этом являются угол наклона образующей волочильного инструмента к оси волочения α_b и длина калибрующего пояска l_k . Оптимизация этих параметров позволяет обеспечить минимальные значения напряжения волочения, что приводит к снижению энергопотребления, уменьшению вероятности обрыва переднего конца заготовки, повышению единичных обжатий и стойкости волочильного инструмента.

Одним из основных параметров, характеризующих процесс волочения, является также коэффициент вытяжки

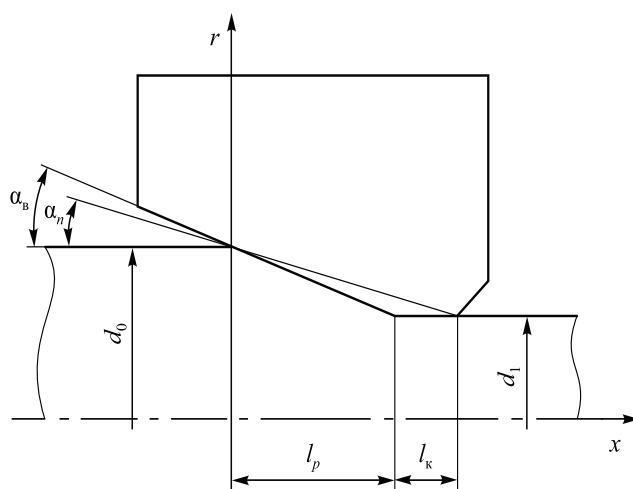


Рис. 1. Схема процесса волочения

$$\lambda = F_0/F_1 = d_0^2/d_1^2, \quad (1)$$

где F_0 и F_1 – площадь сечения до и после прохода соответственно; d_0 и d_1 – диаметр заготовки начальный и после прохода волочения.

При выполнении технологических расчетов для определения напряжения волочения наибольшей известностью пользуется формула И.Л. Перлина [1]

$$\sigma_{\text{вол}} = \ln \frac{F_0}{F_1} [\sigma_{TC} + f \text{ctg} \alpha_n (\sigma_{TC} - \sigma_0)] + \sigma_0, \quad (2)$$

где σ_{TC} – усредненное по зоне деформации сопротивление деформации протягиваемого металла; f – коэффициент внешнего трения между обрабатываемым металлом и волочильным инструментом; α_n – приведенный угол волокна, учитывающий наличие калибрующего пояска ($\text{tg} \alpha_n = 0,65 \text{tg} \alpha_B$); σ_0 – напряжение противонапряжения.

Определенным недостатком формулы (2) является то, что она не позволяет определить оптимальный угол волокна, поскольку не учитывает дополнительную деформацию сдвига при входе в волочильный инструмент и выходе из него. В качестве степени деформации при этом принимается $\ln F_0/F_1 = \ln \lambda$.

В работе [2] предложена уточненная методика определения степени деформации при волочении, учитывающая дополнительные деформации сдвига на входе в волоку и выходе из нее

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \text{tg} \alpha_B. \quad (3)$$

С учетом формулы (3) в работе [2] предложена усовершенствованная формула (2) для определения напряжения волочения

$$\sigma_{\text{вол}} = \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \text{tg} \alpha_B \right) \times [\sigma_{TC} + f \text{ctg} \alpha_n (\sigma_{TC} - \sigma_0)] + \sigma_0. \quad (4)$$

В формулу (4) входит приведенный угол волокна, который определяется длиной калибрующего пояска волокна. Из геометрических соотношений рис. 1 следует

$$\text{tg} \alpha_n = \frac{\text{tg} \alpha_B}{1 + \bar{l}_K}, \quad (5)$$

где $\bar{l}_K = l_K/l_p$ – относительная длина калибрующего пояска волокна.

Соотношению (5) соответствует

$$\text{ctg} \alpha_n = \frac{1 + \bar{l}_K}{\text{tg} \alpha_B}. \quad (6)$$

С учетом соотношения (6) напряжение волочения оказывается равным

$$\sigma_{\text{вол}} = \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \text{tg} \alpha_B \right) \times \left[\sigma_{TC} + f \frac{1 + \bar{l}_K}{\text{tg} \alpha_B} (\sigma_{TC} - \sigma_0) \right] + \sigma_0. \quad (7)$$

В отличие от формулы (2) формула (7) позволяет определить оптимальные углы конусности волочильного инструмента из условия минимума напряжения волочения, которое записывается в виде

$$\frac{\partial \sigma_{\text{вол}}}{\partial \text{tg} \alpha_B} = 0. \quad (8)$$

Продифференцировав выражение (7) согласно условию (8), после преобразований и упрощений получим уравнение для определения оптимального значения угла конусности инструмента

$$\text{tg} \alpha_B^{\text{опт}} = 1,414 \sqrt{f \ln \lambda \left(1 - \frac{\sigma_0}{\sigma_s} \right) (1 + \bar{l}_K)} \quad (9)$$

и соответственно

$$\alpha_B^{\text{опт}} = \arctg \left[1,414 \sqrt{f \ln \lambda \left(1 - \frac{\sigma_0}{\sigma_s} \right) (1 + \bar{l}_K)} \right]. \quad (10)$$

Следует отметить, что при отсутствии противонапряжения ($\sigma_0 = 0$), что характерно для большинства случаев, оптимальный угол не зависит от сопротивления деформации и определяется соотношением

$$\alpha_B^{\text{опт}} = \arctg \left[1,414 \sqrt{f \ln \lambda (1 + \bar{l}_K)} \right]. \quad (11)$$

На рис. 2 приведены расчетные значения оптимальных углов волочильного инструмента, из которого следует, что с увеличением вытяжки оптимальные углы возрастают. Увеличение коэффициента трения также приводит к увеличению оптимальных углов. Аналогич-

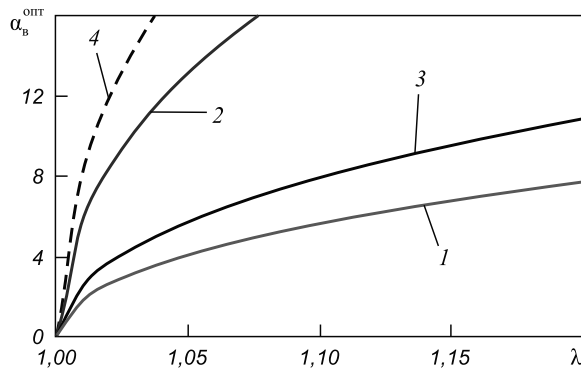


Рис. 2. Значения оптимальных углов технологического инструмента:
при $f = 0,05$: 1 – $\bar{l}_K = 0,01$; 2 – $\bar{l}_K = 10$;
при $f = 0,1$: 3 – $\bar{l}_K = 0,01$; 4 – $\bar{l}_K = 10$

но влияние длины калибрующего пояска, т. е. с увеличением \bar{l}_k значения оптимальных углов возрастают.

Геометрия волочильного инструмента стандартизирована, поэтому для стандартных углов могут быть рекомендованы оптимальные значения коэффициента вытяжки, обеспечивающие минимальное напряжение волочения. Разрешая соотношение (10) относительно λ , получим оптимальную вытяжку

$$\lambda^{\text{опт}} = \exp\left(0,5 \frac{\text{tg}^2 \alpha_b}{f(1 - \sigma_0 / \sigma_{TC})(1 + \bar{l}_k)}\right). \quad (12)$$

Выводы. В работе предложена методика определения оптимальных углов волочильного инструмента,

учитывающая наличие калибрующего пояска волокна и обеспечивающая минимальное значение напряжения волочения. Для стандартных волокон с фиксированным углом конусности волокна предложена формула для определения оптимальной вытяжки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. – М.: Металлургия, 1972. – 448 с.
2. Колмогоров Г.Л. Гидродинамическая смазка при обработке металлов давлением. – М.: Металлургия, 1986. – 168 с.

© 2013 г. Г.Л. Колмогоров, Т.В. Чернова,
Е.М. Аверьянова, М.В. Сизирева
Поступила 25 декабря 2012 г.

УДК 669.15-194:621.771-413

А.Б. Максимов

Керченский государственный морской технологический университет

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТРЕЩИН В ТРУБАХ ИЗ НЕОДНОРОДНОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация. Распространение трещин в термически армированном листовом прокате имеет ряд особенностей и освещено в литературе недостаточно полно. Термически армированный листовой прокат является примером неоднородного материала. В данной работе моделировалось разрушение трубы под действием внутреннего избыточного давления из неоднородного материала. Рассмотрен характер разрушения частных случаев неоднородного материала. Установлены некоторые закономерности разрушения неоднородных материалов, подтверждающие его волновую природу. Предложены схемы армирования листового материала, обеспечивающие минимизацию последствий разрушения.

Ключевые слова: неоднородный материал, длина трещины, ветвление трещины, отклонение трещины, разрушение, труба, напряженное состояние.

PROPAGATION OF CRACKS IN THE PIPES OF THE INHOMOGENEOUS MATERIAL

Abstract. Crack propagation in thermally reinforced rolled sheet has a number of features and highlighted in the literature sufficiently. Heat-reinforced sheet metal is an example of an inhomogeneous material. In this study simulated the destruction of the pipe under internal pressure of the non-homogeneous material. Considered special cases of the fracture behavior of heterogeneous material. Some regularities of the destruction of heterogeneous materials, confirming its wave nature. Schemes of reinforcing sheet material to ensure the minimization of the consequences of failure.

Keywords: heterogeneous material, the length of the crack, the crack branching, crack deflection, demolition, pipe, tensity.

Исследовано распространение трещин на моделях труб, изготовленных из неоднородного материала. Установлены некоторые закономерности разрушения труб из такого материала под действием избыточного внутреннего давления.

Исследования по изучению распространения трещин под действием приложенных нагрузок в материалах с однородной структурой широко представлены в литературе [1, 2]. В ряде работ [3, 4] теоретически и экспериментально установлено различие в характере распространения трещин в гетерофазных материалах. Как известно [5], характер разрушения в значительной мере зависит от напряженно-деформированного состояния, т.е. от условий эксплуатации изделия. В действительности не всегда условия испытания мате-

риала соответствуют эксплуатационному напряженно-деформированному состоянию конструкции или изделия. Поэтому целесообразно исследование свойств металла проводить при напряженно-деформированном состоянии, соответствующем эксплуатационному.

В работах [3, 4, 6] предложен термически армированный толстолистовой прокат для изготовления, например, труб большого диаметра для магистральных газо- и нефтепроводов. В литературе отсутствуют сведения, касающиеся механизма разрушения труб, изготовленных из термически армированного листа. Термически армированный лист можно рассматривать как пример неоднородного материала.

Целью настоящей работы является изучение характера распространения трещин в трубах из неоднород-