

The process of dividing the design of dies for cutting sheet metal blanks. The methods of formalizing knowledge of the design process model dies with a systematic approach based on the hierarchical structure, consisting of a parameterized mechanisms and components..

Keywords: design dies for cutting sheet blanks, design parameterization, formalizing the knowledge base.

УДК 621.7.044

Р. Г. ПУЗЫРЬ, канд. техн. наук, доц., КрНУ, Кременчуг

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ЗОНЫ ВОЗМОЖНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ НА ПЕРВОЙ ОПЕРАЦИИ РАЗДАЧИ ПРИ ПРОФИЛИРОВАНИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК

Теоретическим анализом установлена возможная граница потери устойчивости заготовки при раздаче коническими пуансонами цилиндрической заготовки. Для анализа использовали инженерный метод определения напряженного состояния в очаге деформации и теоретические методы теории цилиндрических оболочек. Полученные зависимости могут быть использованы для проектирования технологических процессов деформирования трубных заготовок.

Ключевые слова: цилиндрическая заготовка, устойчивость, напряжения, изгибающий момент, деформация.

Введение. Радиально-ротационное профилирование считается высокопроизводительным технологическим процессом производства ободьев колес транспортных средств из стальных листовых заготовок. Для интенсификации этого процесса и уменьшения зон локализации деформаций перед профилированием применяют операцию раздачи цилиндрической заготовки коническими пуансонами с двух сторон.

Анализ последних исследований и литературы. Обзор литературных источников, патентной информации показал, что процессу раздачи, изучению напряженно-деформированного состояния, условий потери устойчивости заготовки от различных показателей деформирования посвящено большое количество работ [1, 2, 3, 4], что свидетельствует о достаточной изученности вопроса. Критическая степень деформации при раздаче регламентируется двумя видами потери устойчивости – возникновением складки на некотором расстоянии от зоны передачи усилия и появлением шейки в одном или сразу в нескольких участках кромки деформируемой части заготовки с дальнейшим возникновением трещины.

Максимальное меридиональное напряжение без учета утонения и упрочнения материала, действующее в стенках недеформированной части заготовки равно [3]

$$\sigma_{\rho \max} = -\sigma_s \left[\left(1 + \frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \left(\frac{R_u}{r_3} - 1 \right) + \sqrt{\frac{2s}{R_u}} \sin \alpha \right] (3 - 2 \cos \alpha), \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения;

R_u – радиус свободного изгиба;

r_3 – радиус заготовки;

s – толщина стенки заготовки.

Из зависимости (1) следует, что с увеличением угла конуса пуансона, толщины заготовки и коэффициента раздачи сжимающие напряжения увеличиваются.

Цель исследований, постановка проблемы. Целью исследований является определение размеров зоны начала складкообразования при раздаче коническим пуансоном с целью формирования рекомендаций для устойчивого деформирования цилиндрических заготовок.

Зависимость (2) определяет распределение меридиональных напряжений в стенке цилиндрической заготовки на выходе из очага деформации и в стенках недеформированной части заготовки. Т.е. сжимающие напряжения по длине недеформированной части заготовки всюду равны и способны вызвать потерю устойчивости в любой ее части. Но, на самом деле, складкообразование происходит вблизи зоны передачи усилия, что подтверждают исследования [1, 2, 3]. Это может объясняться воздействием не только меридиональных напряжений, но и другого силового фактора – изгибающего момента, который при деформировании цилиндрических заготовок носит колебательный затухающий характер.

Материалы исследований. Дифференциальное уравнения равновесия элемента заготовки при осесимметричной деформации было получено А.А. Ильюшиным [5]:

$$\frac{d^4 \bar{w}}{dx^4} + 4\bar{w} = \bar{p} + \lambda \delta t + \lambda \frac{d^2 \delta m}{dx^2}, \quad (2)$$

где $\bar{w} = \frac{w}{ae_s}$;

w – радиальное перемещение элемента оболочки;

δt – вариация безразмерного усилия;

δm – вариация безразмерного момента в меридиональном направлении.

Приближенным решением данного уравнения [5] можно назвать такое, при котором вариации сил и моментов тождественно равны нулю $\delta t=0$, $\delta m=0$ и отсутствует поверхностная нагрузка, так как участок свободного изгиба не соприкасается с инструментом, тогда получаем следующее уравнение:

$$w' = e^{-\beta x} (A_1 \sin \beta x + A_2 \cos \beta x), \quad (3)$$

где A_1 и A_2 – постоянные, определяемые по граничным условиям при;

$$\beta = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2ah}}.$$

Для определения напряжений, действующих в очаге деформации, воспользуемся уравнениями равновесия в цилиндрических координатах

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} r + \tau_{xr} + \frac{\partial \tau_{xr}}{\partial r} &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} r + \frac{\partial \tau_{rx}}{\partial x} r + (\sigma_r - \sigma_\theta) &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Решаем совместно данную систему с условием пластичности по гипотезе максимальных касательных напряжений:

$$\sigma_\theta - \sigma_r = \sigma_s, \quad (5)$$

при этом учитываем, что $\sigma_r = 0$ ввиду малости, по сравнению с другими напряжениями и

τ_{xr} не зависит от координаты r , но зависит от толщины линейно: $\tau_{rx} = \frac{\tau_k x}{s}$, тогда

$\frac{\partial \tau_{rx}}{\partial x} = \frac{\tau_k}{s}$ и $\tau_k = \frac{\sigma_\theta s}{r}$; $\tau_{rx} = \frac{\sigma_\theta x}{r}$, получим следующее уравнение равновесия

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} r + \frac{\sigma_\theta x}{r} = 0. \quad (6)$$

Производя интегрирование и учитывая граничные условия при $x = 0, \sigma_x = 0$ находим

$$\sigma_x = -\sigma_s \frac{x^2}{r^2}, \quad (7)$$

где σ_x - напряжения, действующие по оси заготовки;

r - радиус заготовки,

тогда из условия пластичности (5)

$$\sigma_\theta = \sigma_s \left(1 - \frac{x^2}{r^2} \right). \quad (8)$$

Найдем прогиб в зоне свободного изгиба в направлении радиуса заготовки, который появляется при действии выше полученных напряжений. Известно [5], что тангенциальная деформация равна $\varepsilon_\theta = \frac{w}{R}$, где w - прогиб заготовки в направлении радиуса. Из связи напряжений и деформаций по деформационной теории пластичности при плоском напряженном состоянии:

$$\varepsilon_\theta = \frac{\varepsilon_i}{2\sigma_i} (2\sigma_\theta - \sigma_\rho), \quad (9)$$

Подставляя в данное уравнение значения напряжений из (14) и (15), перейдем к следующему выражению для прогиба

$$w = \frac{r\sigma_s}{E} \left(1 - \frac{3x^2}{2r^2} \right). \quad (10)$$

Результаты исследований. Полное выражение для прогиба с учетом краевого эффекта для оболочек будет иметь вид

$$w = \frac{r\sigma_s}{E} \left(1 - \frac{3x^2}{2r^2} \right) + e^{-\beta x} (A_1 \sin \beta x + A_2 \cos \beta x). \quad (11)$$

Производя несложные преобразования и определив постоянные из граничного условия $x = l + a, w = 0, \frac{dw}{dx} = 0$ (рис.) окончательно получим

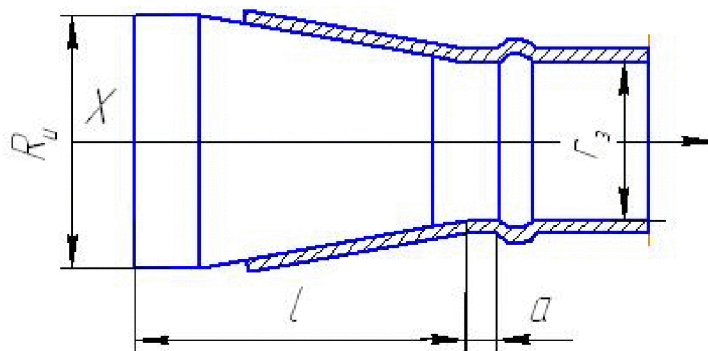


Рис. - Потеря устойчивости при раздаче

$$w = \frac{r\sigma_s}{E} \left(1 - \frac{3x^2}{2r^2} \right) + e^{\beta(l+a-x)} \left(\begin{array}{l} - \left(\frac{3\sigma_s(l+a)}{\beta E r} + \frac{r\sigma_s}{E} \left(1 - \frac{3(l+a)^2}{2r^2} \right) \right) \sin \beta(l+a-x) - \\ - \left(\frac{r\sigma_s}{E} \left(1 - \frac{3(l+a)^2}{r^2} \right) \right) \cos \beta(l+a-x) \end{array} \right). \quad (12)$$

Найдем расстояние a от участка свободного изгиба, где может при определенных условиях начаться потеря устойчивости заготовки при раздаче в виде кольцевой складки. При $x = l$ и, вследствие малости расстояния a по сравнению с l , в формуле (19) слагаемое содержащее \sin будет стремиться к нулю, слагаемое, содержащее \cos к единице, тогда

$$w = \frac{r\sigma_s}{E} \left(1 - \frac{3l^2}{2r^2} \right) + e^{\beta a} \left(- \frac{r\sigma_s}{E} \left(1 - \frac{3l^2}{r^2} \right) \right) \quad (13)$$

отсюда, учитывая, $\varepsilon_\theta = \frac{R-r}{r} = \frac{w}{r}$ найдем

$$a = \ln \frac{1}{\beta} \left(\frac{(R-r)E}{r\sigma_s \left(1 - \frac{3l^2}{2r^2} \right)} - 1 \right). \quad (14)$$

Для примера рассчитаем параметр a для таких начальных условий: $R_u = 80$ мм; $r_s = 55$ мм; $\alpha = 30^\circ$; $\mu = 0,3$; $h = 3$ мм; $\sigma_s = 40$ кгс/мм².

$$a = \ln \frac{\sqrt{2 \cdot 55 \cdot 3}}{\sqrt{3}} \left(\frac{25 \cdot 21000}{55 \cdot 40 \left(1 - \frac{43^2}{55^2} \right)} - 1 \right) \approx 9 \text{ мм.}$$

Выводы. Путем теоретического анализа процесса раздачи цилиндрической заготовки при принятых допущениях установлена граница начала потери устойчивости с образованием окружной складки. Образование складки происходит на некотором расстоянии от зоны свободного изгиба заготовки, которое зависит от размеров заготовки β , характерных для теории оболочек, предела текучести и упругости материала и коэффициента раздачи. Полученные данные можно использовать для интенсификации операции раздачи, путем установки жестких элементов подпора в определенных местах возможной потери устойчивости.

Список литературы: 1. Шофман Л. А. Элементы теории холодной штамповки / Л. А. Шофман – М.: Оборонгиз, 1952. – 335 с. 2. Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с. 3. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки / Е. А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 278 с. 4. Сторожев М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с. 5. Ильюшин А. А. Пластичность. Упругопластические деформации. Ч. 1 / А. А. Ильюшин. – М.: ОГИЗ, 1948. – 377 с.

Надійшла до редколегії 19.10.2012

УДК 621.7.044

Визначення межі зони можливої кільцевої втрати стійкості на першій операції роздачі при профілюванні циліндричних заготовок / Пузырь Р.Г. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №47(953). – С.83-87. – Бібліогр.: 5 назв.

Теоретичним аналізом встановлена можлива межа втрати стійкості заготовки при роздачі конічними пуансонами циліндричної заготовки. Для аналізу використовували інженерний метод визначення напруженого стану в осередку деформації і теоретичні методи теорії циліндричних оболонок. Отримані залежності можуть бути використані для проектування технологічних процесів деформування трубних заготовок.

Ключові слова: циліндрична заготовка, стійкість, напруження, згинальний момент, деформація.

The possibility of a theoretical analysis of the boundary of instability in the distribution of blank conical punch cylindrical billet. Used for the analysis of the engineering method of determining the stress state in the deformation and theoretical methods of the cylindrical shells. The dependences obtained can be used for the design process of deformation of billets.

Keywords: cylindrical storage, stability, stress, bending moment, deformation.

УДК 621.961.1.001

Ю. Т. СЫЧУК, инж., ЗНТУ, Запорожье;

В. В. ЧИГИРИНСКИЙ, докт. техн. наук, проф., ЗНТУ, Запорожье

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ЗОНЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПРОБИВКЕ РИФЛЕННЫМИ ПУАНСОНАМИ

Рассмотрены особенности формирования поверхности разделения при пробивке рифленными пуансонами; установлен момент образования скальвающих трещин в зонах контакта заготовки с впадинами и выступами рифлений. Представлены результаты экспериментального исследования методом координатных сеток интенсивности деформаций и вида деформированного состояния пробиваемой заготовки вдоль профиля рифлений. Установлено уменьшение площади блестящего пояса и силовых затрат при пробивке рифленными пуансонами. Применение полученных результатов при изготовлении рифленными пуансонами ряда деталей показали снижение износа рабочих частей пуансонов в 3...5 раз, обеспечение требуемого качества деталей, повышение производительности труда за счет сокращения простоев для замены пуансонов..

Ключевые слова: пуансон, впадина рифления, выступ рифления, растяжение, сдвиг, сжатие, скальвающие трещины.

Вступление. Изыскание возможностей повышения износостойкости рабочего инструмента при разделительных операциях является одной из основных задач листоштамповочного производства. Наибольшую важность эта задача приобретает при изготовлении деталей из горячекатаных конструкционных сталей повышенной толщины.

Анализ последних исследований и литературы. Одним из направлений повышения износостойкости разделительного инструмента является оптимизация условий работы его контактной поверхности, которую можно обеспечить путем придания последней рационального макрорельефа [1,2]. В работах [2,3] показано, что макрогеометрия рабочей части пробивных пуансонов в виде совокупности продольных рифлений оказывает существенное влияние на силовые затраты и величину зоны пластической деформации, определяющие нагрузку на рабочие кромки пуансонов. При этом не было определено влияние указанной макрогеометрии на деформированное состояние заготовки вдоль поверхности разделения по толщине последней. Между тем, величина деформаций в указанной зоне определяет силовой режим пробивки и связанную с ним износостойкость пуансонов.

Цель исследования, постановка проблемы. Целью предложенной статьи является экспериментальное исследование деформированного состояния в зоне разделения при

© Ю. Г. Сычук, В. В. Чигиринский, 2012