

УДК.621.774.72

Середа В. Г.
Попова О. В.**КРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ
ПРЕДЕЛЬНЫХ ОБЖАТИЙ ПРИ ОБКАТКЕ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК**

В настоящее время вопрос развития и усовершенствования ресурсосберегающих процессов стоит как никогда актуально. Обкатка, как технологический процесс получения заготовок, характеризующийся малой металлоемкостью и трудоемкостью, соответствует выдвигаемым промышленностью требованиям для обеспечения конкурентоспособности выпускаемой продукции.

При получении обкаткой полых изделий из тонкостенных заготовок, возникают вопросы, связанные с устойчивостью деформируемой части заготовки, что ограничивает производительность процесса. Результаты исследований, приведенные в работах [1] и [2], показывают, что существенным при обкатке сферических днищ поворотным инструментом являются режимы обжатия. Однако полученные рекомендации применимы только для сферических деталей, что не позволяет использовать их при расчете изделий другой конечной формы, так как полученные результаты будут неадекватно описывать процесс.

Полнота количественных знаний, достаточна для любых теоретических исследований, достигается, если каждая из величин, существенных для исследуемого процесса определена, как функция переменных, известных непосредственно по постановке задачи. Это создает возможность не только найти значения всех переменных, соответствующих конкретным условиям задачи, но и проследить влияние изменения этих условий. При поиске аналитического решения задачи возникают трудности, связанные с невозможностью довести решение до конца без упрощений, которые добавляются в ходе вычисления или на первоначальном этапе решения. Это способствует ухудшению точности полученных результатов или полной неверности, что в последующем их использовании приводит к несоответствию с существующими канонами, заводя исследователя в тупик. Рассматривать же каждую величину отдельно не является возможным, так как ставится задача исследовать процесс в целом: связь между искомыми величинами и независимыми переменными не может быть непосредственной. Она должна быть выражена через другие величины-параметры, которыми определяется влияние собственных свойств системы на развитие процесса. Разрушение взаимосвязи между переменными системы приводит к изменению их действительной роли [3].

Применение теории подобия позволяет найти соотношения между величинами, которые описывают физическую природу исследуемого объекта, а так же роль и значимость каждой переменной на протекание процесса, улучшая результаты многочисленных, грубых допущений и математических упрощений.

Целью данной работы является анализ параметров очага деформаций различных изделий и получение обобщенной зависимости для расчета величины предельного обжатия.

В работе поставлена задача: выявить факторы необходимые для определения величины обжатия заготовок подобия в зависимости от технологических параметров очага деформации на основе теории размерностей, которая позволяет изучить процесс с учетом большого количества переменных. Таким образом, облегчается обработка данных, что значительно увеличивает ценность полученных результатов.

Рассматривая деформируемые поверхности трубных заготовок, получаемые обкаткой можно выделить два участка: сформированного изделия и деформируемую часть (рис. 1). Деформируемый участок не зависимо от формы днища при обкатке инструментом с линейной поверхностью имеет вид усеченного конуса, устойчивость которого определяет отсутствие гофрообразования при обкатке на заготовке. Диаметр основания конуса $D_{k.o}$ соответствует диаметру начала контакта заготовки с инструментом, а высота равна длине контакта заготовки с инструментом L_k при угле конусности φ .

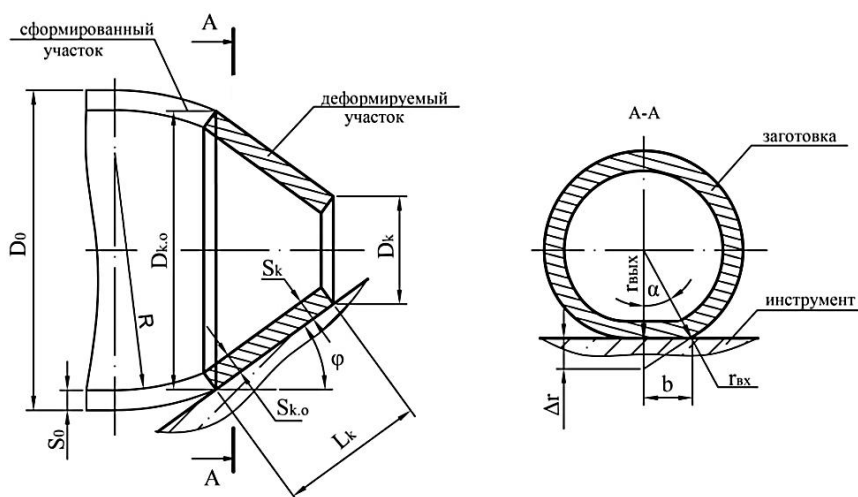


Рис. 1. Схема обжатий очага деформации при обкатывании дна

Устойчивость деформируемой части определяется не столько формой дна, сколько устойчивостью деформируемого участка, которая, в свою очередь, будет зависеть от соотношения геометрических размеров конической поверхности, режима обжатия и параметров очага деформации.

На основе теоретического анализа и результатов исследований [2] общую зависимость процесса обкатки можно представить, как:

$$F(D_0, S_0, R, L, L_k, \varphi, B, b_t, \Delta r, V, \omega) = 0, \quad (1)$$

где D_0 – диаметр исходной заготовки;

S_0 – толщина стенки заготовки;

R – радиус формообразования дна или горловины;

L – длина образующей;

L_k – длина контакта металла заготовки с инструментом;

φ – угол деформирования;

B – вылет заготовки;

b_t – ширина контакта заготовки с инструментом;

Δr – величина обжатия;

V – скорость движения инструмента;

ω – частота вращения заготовки.

Проанализируем факторы зависимости (1) из условия однозначности и управляемости для ее преобразования согласно теореме подобия и вывода критериального уравнения определения величины обжатия.

Вылет заготовки можно вычислить из условия постоянства длины образующей обкатываемого дна [4]. Для куполообразного дна с радиусом формообразования R и плоским участком будет определяться как:

$$L = \frac{\pi R}{2} + \frac{D_0}{2} - R. \quad (2)$$

В этом случае длина контакта заготовки с инструментом, определяющим длину деформируемого участка, составит:

$$L_k = L - R\varphi. \quad (3)$$

Анализируя эти факторы, отметим, что длина контакта, базирующаяся на параметрах радиуса формоизменения R и длине образующей L , является рассчитываемой величиной, управляемой, а также однозначной при конкретном угле деформирования φ . Т. о. в уравнении (1) достаточно наличия параметра L_k для нахождения величины обжатия Δr .

Предельная величина обжатия Δr будет определяться устойчивостью участка заготовки в зоне контакта с инструментом, т. е. от ее ширины b_t и толщины S в зоне контакта.

Величина обжатия на торце определяется исходя из геометрических параметров очага деформации (см. рис. 1).

Ширина контактной поверхности на торце заготовки b_t в конкретный момент времени составит:

$$b_t = \sqrt{r_{ex}^2 - r_{вых}^2}, \quad (4)$$

где r_{ex} , $r_{вых}$ – радиусы входа и выхода металла в очаге деформации соответственно. Радиус входа определим, как:

$$r_{ex} = \frac{D_0}{2} - R(1 - \cos \varphi) - L_k \sin \varphi. \quad (5)$$

Радиус выхода зависит от величины обжатия Δr и находится, как:

$$r_{вых} = r_{ex} - \Delta r; \quad \Delta r = (L_k - R \frac{\Delta \varphi}{2}) \cos(\varphi + \frac{\Delta \varphi}{2}) \sqrt{2(1 - \cos \Delta \varphi)}. \quad (6)$$

Параметры D_0 и R являются размерами, заданными для получения днища и не входят в параметры деформируемой поверхности. При рассмотрении конической части устойчивость будет определяться диаметром основания $D_{k.o}$ и толщиной стенки $S_{k.o}$. Определим диаметральные размеры деформируемого участка заготовки.

Рассматривая конический участок заготовки (см. рис. 1), отметим, что диаметр большего основания конуса рассчитывается, как:

$$D_{k.o} = D_0 - 2R(1 - \cos \varphi). \quad (7)$$

Тогда, диаметр меньшего основания конуса составит:

$$D_k = D_0 - 2R(1 - \cos \varphi) - 2L_k \sin \varphi; \quad D_k = D_{k.o} - 2L_k \sin \varphi. \quad (8)$$

Радиус входа металла в очаг деформации r_{ex} равен половине диаметра меньшего основания конуса D_k .

Анализируя зависимости (4–8), отметим, что факторы, используемые для нахождения торца b_t , являются параметрами уравнения определения предельного допустимого обжатия Δr , поэтому параметр b_t можно исключить из уравнения (1).

При обкатке толщина днища вдоль образующей увеличивается пропорционально уменьшению диаметра и описывается зависимостью:

$$S_i = S_0 \sqrt{\frac{D_0}{D_i}}, \quad (9)$$

где S_i – толщина стенки в рассматриваемом сечении диаметром D_i .

Для конической поверхности толщина стенки в основании конуса $D_{k.o}$ будет равна:

$$S_{k.o} = S_0 \sqrt{\frac{D_0}{D_{k.o}}}. \quad (10)$$

Поэтому параметры D_0 , S_0 можно также исключить из уравнения (1), поскольку они выражаются через $D_{k.o}$ и $S_{k.o}$.

С учетом проведенного анализа уравнения (1) можно записать, что предельно допустимые обжатия Δr будет функцией следующих факторов:

$$\Delta r = f(D_{k.o}, S_{k.o}, L_k, \varphi, V, \omega). \quad (11)$$

В системе единиц СИ основными механическими единицами измерения приняты единицы массы, длины, времени с размерностями М, L, Т соответственно. Построим конкретный вид зависимости для уравнения (11), применяя степенные формулы, как чисто расчетные прием, не требующий теоретического обоснования [5].

$$\Delta r = A(D_{k.o}^a)(S_{k.o}^b)(L_{k.o}^c)(\omega^d)(V^e)\varphi^f. \quad (12)$$

Здесь коэффициенты A, a, b, c, d, e, f – безразмерные величины, подлежащие определению в дальнейшем.

Размерность левой и правой частей равенства (12) известна, поэтому представим его в таком виде:

$$L = A(L^a L^b L^c T^{-d})(LT)^e; \quad L = A(L^{a+b+c+e} T^{-(d+e)}). \quad (13)$$

Приравнявая показатели степени у одинаковых единиц, получаем:

$$\begin{cases} a + b + c + e = 1; \\ e = -d. \end{cases} \quad (14)$$

Отсюда видно, что для верности равенства (13), и соответственно, равенства (12) необходимо, чтобы показатели степени у величин с одной и той же размерностью были одинаковы, поэтому преобразуя уравнения системы (14) получаем, что:

$$\begin{cases} a = 1 - b - c + d; \\ e = -d. \end{cases} \quad (15)$$

Таким образом, уравнение представим:

$$\begin{aligned} \Delta r &= A(D_{k.o})^{1-b-c+d} (S_{k.o})^b (L_{k.o})^c (\omega)^{-d} (V)^d; \\ \frac{\Delta r}{D_{k.o}} &= A\left(\frac{S_{k.o}}{D_{k.o}}\right)^b \left(\frac{L_{k.o}}{D_{k.o}}\right)^c \left(\frac{D_{k.o}\omega}{V}\right)^d \varphi^f. \end{aligned} \quad (16)$$

Факторы, входящие в критериальную зависимость (16), необходимы для определения значения обжатий, требуют дальнейшей проверки путем сравнения с данными опытов, проведенных в условиях, не отличающихся от тех, для которых они выведены.

ВЫВОДЫ

Устойчивость заготовки определяется, не зависимо от заложенной в расчет конечной формы изделия, устойчивостью конического деформирующего участка. Полученная критериальная зависимость позволяет определить относительное предельное обжатие в зависимости от технологических параметров процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капорович В. Г. *Обкатка в производстве металлоизделий* / В. Г. Капорович. – М. : Машиностроение, 1973. – 168 с.
2. Сокуренок В. П. *Выбор режима деформаций при изготовлении тонкостенных баллонов способом закатки* / В. П. Сокуренок, А. И. Иванов, Я. И. Литвинский // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2002. – № 8–9. – С. 410–412.
3. Гухман А. А. *Введение в теорию подобия* / А. А. Гухман. – М. : Высшая школа, 1963. – 254 с.
4. Попова О. В. *Определение предельных обжатий при обкатке выпуклых днищ* / О. В. Попова, В. Г. Серeda // *Наука и современность* : сб. материалов XIII Международной научно-практической конференции. – Новосибирск : НГТУ, 2011. – Часть 2. – С. 243–247.
5. Серeda В. Г. *Моделирование технологических процессов статистическими методами* : монография / В. Г. Серeda, В. А. Паламарчук, Я. Е. Пыц. – Краматорск : ДГМА, 2010. – 84 с.

Серeda В. Г. – канд. тех. наук, доц. кафедры МТО ДГМА;

Попова О. В. – аспирант ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: mto@dgma.donetsk.ua

Статья поступила в редакцию 10.04.2012 г.