

Комбинированное выдавливание полых деталей с фланцем / Л.И. Алиева, Р.С. Борисов, Я.Г. Жбанков, Б.С. Мороз // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тематичний зб. наук. пр., Краматорськ, 2008. – С.45-48. 5. Алиев И.С. Теоретический анализ процесса комбинированного радиально-обратного выдавливания / И.С. Алиев, Н.С. Грудкина // Обработка материалов давлением. – 2008. – №1 (19). – С. 55-60.

Надійшла до редколегії 18.10.2012

УДК 621.774

Моделирование процесса комбинированного радиально-обратного выдавливания деталей типа стакан с фланцем / Алиева Л. И., Грудкина Н. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №47(953). – С. 3–9. – Бібліогр.:5 назв.

Запропоновано математичну модель процесу комбінованого радіально-зворотнього видавлювання деталей типу стакан з фланцем, що дозволяє визначити енергосилові параметри процесу, а також дослідити поетапне та остаточне формозмінення заготовки. Проведено порівняльний аналіз картин поетапного формозмінення на основі запропонованої розрахункової схеми, скінченно-елементного моделювання та експериментальних даних.

Ключові слова: штампування, фланець, видавлювання, енергосилові параметри, формозмінення.

The mathematical model of process of the combined radial-reverse squeezing out of details of type is offered glass with flange, allowing to determine the energypower parameters of process, and also to probe the stage-by-stage and eventual change of form of purveyance. The comparative analysis of pictures is conducted stage-by-stage change of form on the basis of the offered calculation chart, eventual-element design and experimental information.

Keywords: stamping, flange, squeezing out, energypower parameters, change of form.

УДК 621.73(035)

В. А. БУРКО, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК В РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ШТАМПОВКИ

В статье рассмотрены проблемы выбора критерия оценки неравномерности деформации различных по форме поковок в зависимости от силовых условий, режимов деформирования и строения металла. На основе проведенного анализа установлено, что количественные показатели неравномерности деформации при горячей осадке заготовок из цветных металлов являются неизученными. .

Ключевые слова: штамповка, деформация, профилирование, осадка, бочкообразование.

Введение. При горячей объемной штамповке распространенным способом снижения расхода основного материала является последовательное приближение формы заготовки к конфигурации поковки, т.е. профилирование, которое проводят в штампах паровоздушных штамповочных молотов или на дополнительном профилирующем оборудовании.

Деформирование заготовок в штампах и калибрах сопровождается изменением формы, причем сравнение конечных и начальных размеров заготовки позволяет говорить о величине конечных деформаций. Течение металла, не ограниченного формой инструмента, также может происходить неравномерно в разных направлениях ввиду объективных причин.

В данном случае оценка неравномерности деформации по величине конечной деформации также является удобной.

Появление неравномерности деформации, согласно представлениям Я.М. Охрименко и В.А. Тюрина [1,7], можно объяснить естественными (природными) причинами, связан-

© В. А. Бурко, 2012

ными со строением металла, и искусственными причинами, связанными с силовыми условиями и режимами деформирования. Теми же авторами в работе [1,11] предложена более широкая классификация для оценки неравномерности деформации (рис. 1).

Отклонение конфигурации заготовки от цилиндрической формы при свободной осадке не следует рассматривать только как негативное явление.

Содержание работы. Появление зон затрудненной деформации вблизи торцов (рис. 1) приводит к улучшению качества проработки центральных слоёв металла, заварке макродефектов, измельчению зернистой структуры материала. При подготовительной осадке заготовок под штамповку поковок типа дисков бочкообразование способствует лучшему заполнению штампов, т.е. служит для фасонирования заготовок.

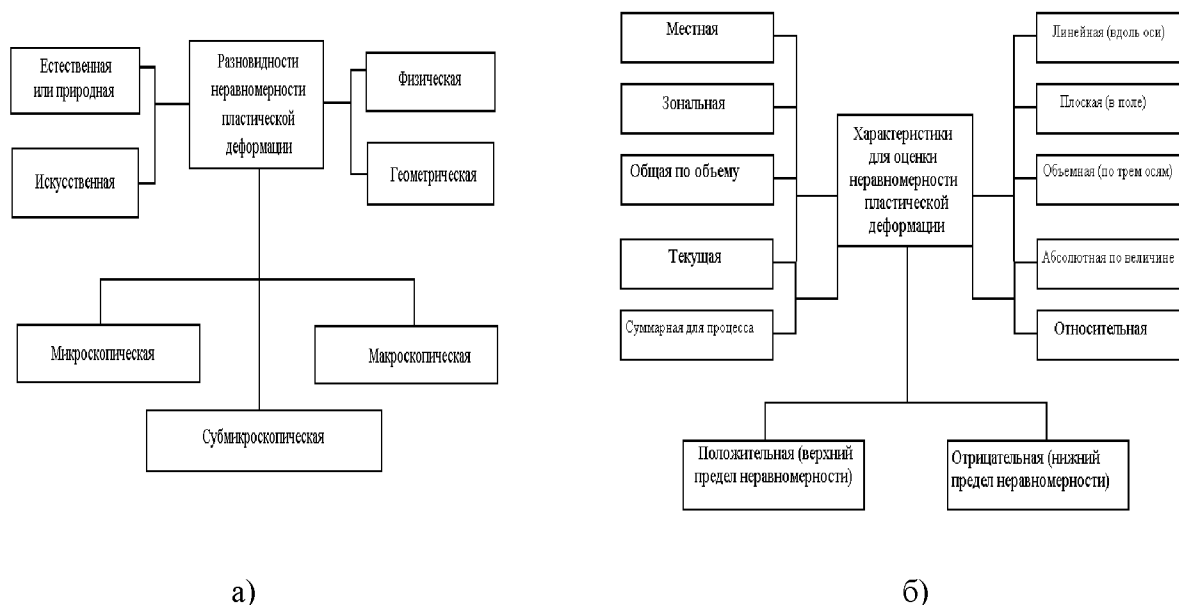


Рис. 1 – Классификация разновидностей неравномерности деформации
 а – разновидности неравномерности пластической деформации;
 б – характеристики неравномерности деформации в количественном отношении

С точки зрения приближения формы заготовки к конфигурации поковки на отдельно взятом переходе ведущую роль играет прогнозирование неравномерности деформации, на изучении которой концентрируют внимание при исследованиях. По Л.Н. Соколову [8], кроме соотношения H_0/D_0 , на неравномерность деформации оказывают влияние температура деформации, степень деформации, коэффициент трения и др. факторы.

Неравномерность деформации при осадке принято оценивать по коэффициенту бочкообразности (см.рис. 2-4), обозначаемому λ_{δ} [1, 3, 5, 11]: $\lambda_{\delta} = (V_{\delta} / V_{заг}) \cdot 100\%$, где $V_{заг}$ – объём заготовки; V_{δ} – объём, образующий бочку (см. рис. 2).

Закономерность бочкообразования при осадке (рис. 1) характеризуется возрастанием и последующим уменьшением в процессе обжатия и может быть описана выражением, предложенным Я.М. Охрименко [1, 3, 5]. Для определения λ_{δ} авторы [1, 3, 5] предлагают использовать экспериментальные графики (рис. 1), полученные для условий осадки свинцовых заготовок, или громоздкие приближенные эмпирические зависимости, описывающие полученное семейство кривых и действительные при $D_0/H_0 \leq 5$:

$$\lambda_{\sigma} = \frac{5a \left(15 - \frac{D_0}{H_0} \right) \left[\left(1 - 0,1 \frac{D_0}{H_0} \right) + 0,06 \frac{D_0}{H_0} a \right]_{\leq 0,15}}{(a+1)^2 \sqrt{D_0/H_0}}; \quad a = \frac{D_{uo}}{H_{\kappa}} - \frac{D_0}{H_0}. \quad (1)$$

Данное аналитическое описание графической зависимости (см. рис. 1.18) не имеет зависимости от температуры металла, его химического состава, сил трения и даже скорости деформации. При этом, как утверждает Я.М. Охрименко: «... Бочкообразование может быть большим или меньшим, но его максимум отвечает примерно одной и той же величине коэффициента контакта D_0/H_0 в процессе осадки». При инженерных расчетах для определения конечных размеров заготовки предварительно находят показатель λ_{σ} . Далее проводят расчеты [5, 7, 12]:

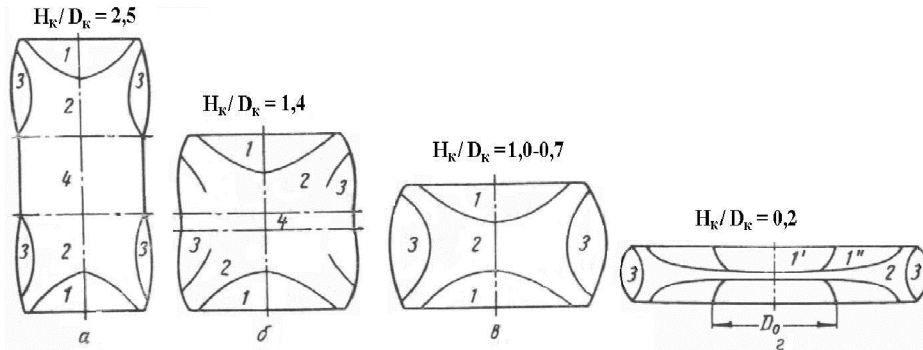


Рис. 2 – Характерные зоны по объёму осаживаемой заготовки [1, 8]:

а, б, в, г – стадии осадки заготовки до различных конечных размеров; H_{κ} и D_{κ} – конечные высота и диаметр осаживаемой заготовки; 1 – клиновидная (или куполообразная) зона затруднённой деформации, 2 – зоны локализованной деформации, в которых действуют максимальные тангенциальные напряжения под углом 45° к оси образца, 3 – зоны максимальной деформации, в которых действуют кольцевые растягивающие напряжения, 4 – зона равномерной деформации; 1/ – средняя затруднённая область, 1// – периферийная часть с металлом, перешедшим из зоны 3

$$D_T = D_{uo} \sqrt{1 - \lambda_{\sigma}'}; \quad C = \frac{3}{4} D_T \left(\sqrt{1 + \frac{\lambda_{\sigma}'}{1 - \lambda_{\sigma}'}} - 1 \right) \Rightarrow D_{\sigma} = D_T + 2C, \quad (2)$$

где $\lambda_{\sigma}' = 0,01 \lambda_{\sigma}$, D_T , D_{uo} , D_{σ} – см. рис. 3.

Отсутствие учета материала и условий деформации оказывает влияние на точность прогнозирования формы осажённых заготовок, что особенно актуально при массовом производстве поковок из дорогостоящих марок сталей или цветных металлов и сплавов, а также при ковке крупных поковок, где потери металла ощутимы и существенно повышают себестоимость продукции.

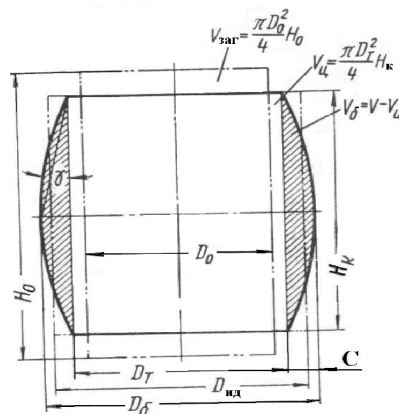


Рис. 3. – Форма и размеры осажённой цилиндрической заготовки [1]:

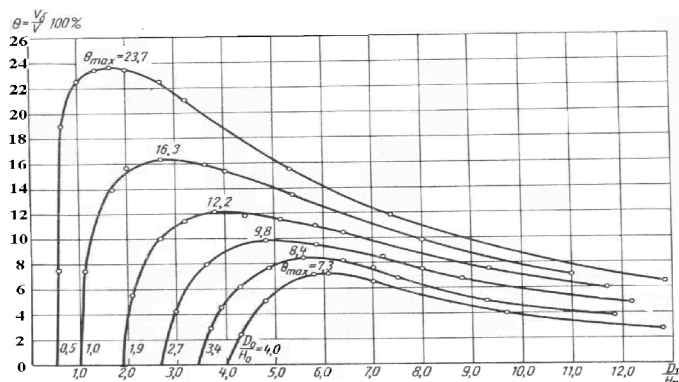


Рис. 4. – Изменение коэффициента бочкообразности (здесь $\theta = \lambda_{\delta}$) в зависимости от увеличения текущего коэффициента контакта D_T/H_K по ходу осадки цилиндрических заготовок плоскими плитами [1, 5, 6]

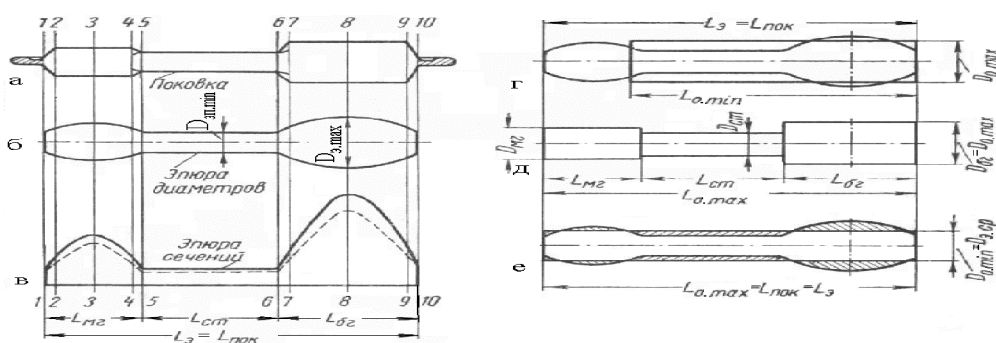


Рис. 5. – Неравномерность деформации при осадке и варианты заготовок для штамповки: а – поковка; б – эпюры диаметров; в – эпюры сечений; г – заготовка требующая протяжки, д – заготовка фасонная, е – заготовка требующая подкатки [1,3]

Многие технологические расчеты переходов штамповки заключаются в определении критериев технологической сложности поковок, на основании которых назначают соответствующую совокупность операций (подкадка, протяжка и т.п.). Основная мера оценки технологичности поковок – это анализ их геометрических характеристик. Классическим примером является построение расчетных заготовок, так называемых «эпюр диаметров» и «эпюр сечений» (см. рис. 5), для поковок продолговатой формы с перепадами поперечного сечения по длине.

Критерии оценки технологической сложности поковки или профилированной заготовки характеризуют меру работы, которую необходимо затратить на формоизменение [1, 3, 6]:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \frac{D_{\text{э, max}}}{D_{\text{э, ср}}}, & \beta &= \frac{L_{\text{э}}}{D_{\text{э, ср}}}, & K &= \frac{D_K - d_K}{L_{\text{ст}}}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где α и β – коэффициент, пропорциональный работе на преобразование заготовки простой формы в фасонную, и величина, учитывающая расход работы на пути перемещения металла соответственно;

K – конусность стержневой части поковки;

$D_{\text{э, max}}$ и $L_{\text{ст}}$ – наибольший диаметр эпюры диаметров и длина стержня;

$D_{\text{э, ср}} = 1,13 \cdot \sqrt{V_{\text{заг}} / L_{\text{э}}}$ – средний диаметр эпюры, численно равный наименьшему диаметру заготовки, из которой можно изготовить поковку;

$V_{\text{заг}}$ и $L_{\text{э}}$ – объем заготовки и длина эпюры диаметров соответственно;

D_k и d_k – больший и меньший диаметры эпюры соответственно.

Высокие значения параметров α , β и K обычно свидетельствуют о низкой технологичности поковки. Квадрат величины α называют коэффициентом подкатки [7, 13]: $K_{по} = D_{э, \max}^2 / D_{э, ср}^2$. Е.И. Семенов в работе [2] обобщил данные по выбору подготовительных операций и представил их в виде таблицы с указанием, в каком ручье, какой коэффициент подкатки можно получить. Так предварительному ручью соответствует ручьевой коэффициент подкатки $K_{п.р} = 1,1$, окончательному – $K_{п.р} = 1,05$, подкатному закрытому – $K_{п.р} = 1,6$ и т.д. Достижение расчетной величины $K_{по}$ возможно при использовании нескольких ручьев в различном их сочетании. При этом необходимо, чтобы произведение значений $K_{п.р}$ отдельных ручьев технологической цепочки не было меньшим коэффициента подкатки $K_{по}$ поковки.

Такие специалисты как В.М. Шнейберг и И.Л. Акаро [6] дополнительно используют в качестве показателя технологической сложности критерий М.Г. Ратнера: $a_R = F_{\max} / F_{\min}$, где F_{\max} и F_{\min} – наибольшая и наименьшая площади поперечных сечений в направлении, нормальном к главной оси заготовки.

Следует отметить, что свободная осадка цилиндрической заготовки с выпучиванием боковой поверхности и формированием бочкообразной формы может быть рассмотрена, как операция подкатки с соответствующей оценкой неравномерности деформации. При оценке формоизменения заготовок, профилирование которых ведут комбинированными плитами или инструментом новой конфигурации, целесообразным остается оценка неравномерности деформации по геометрическим показателям, что требует разработки схемы обмера заготовок после фасонирования и представления данных показателей в относительных величинах.

Использование профилирования заготовок способами осадки плоскими плитами достаточно распространено при штамповке поковок круглых в плане, при этом существуют мнения как о вредности, так и о полезности проявляющейся при осадке бочкообразности заготовки. Количественные показатели бочкообразования при горячей осадке медных заготовок являются неизученными, а известные из исследований Я.М. Охрименко зависимости изменения коэффициента бочкообразности по ходу осадки, полученные для свинцовых заготовок, нельзя использовать для прогнозирования и уточнения методик расчета формоизменения меди. Это обусловлено различием условий на контакте (коэффициент трения, температура и др.) свинцовых и медных заготовок со стальными осадочными плитами и разными реологическими свойствами деформируемых материалов.

Список литературы: 1. Охрименко Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства / Я. М. Охрименко. – М.: Машиностроение, 1966. – 599 с. (2) 2. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. Т. 2. Горячая объемная штамповка / под ред. Е.И. Семенова. – М.: Машиностроение, 1986. – 592 с. (7) 3. Охрименко Я. М. Основы технологии горячей штамповки / Я. М. Охрименко. – М.: Машгиз, 1957. – 328 с. 27 4. Норицын И.А. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов и заводов / И. А. Норицын, В. Я. Шехтер, А. М. Мансуров. – М.: Высшая школа, 1977. – 424 с. 55 5. Ребельский А. В. Основы проектирования процессов горячей объемной штамповки / А. В. Ребельский. – М.: Машиностроение, 1965. – 248 с. 59 6. Шнейберг В. М. Кузнечно-штамповочное производство Волжского автомобильного завода / В. М. Шнейберг, И.Л. Акаро. – М.: Машиностроение, 1977. – 304 с. 83 7. Охрименко Я. М. Теория процессов ковки / Я. М. Охрименко, В. А. Тюрин. – М.: Высш. школа, 1977. – 295 с. 95 8. Теория и технология ковки / Л. Н. Соколов [и др.]. – К.: Выща школа, 1989. – 317 с. 96 9. Кириллов П. Г. Теория обработки металлов давлением / П. Г. Кириллов. – М.: Высшая школа, 1965. – 296 с. 106 10. Соколов Л. Н. Распределение деформаций при ковке поковок прямоугольного сечения для схемы протяжки круг-уголок-пластина / Л. Н. Соколов [и др.]. // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: зб. наук. пр. – Краматорськ, 2001 – С. 341–346. 110 11. Охрименко Я. М. Технологическая неравномерность деформации / Я. М. Охрименко, В. А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1968. – № 12. – С. 3–7. 114 12. Ковка и объемная штамповка стали: справочник: в 2 т. Т. 2. / под ред. М. В. Сторожева. – М.: Машиностроение, 1968. – 448 с. 115 13. Али-

ев И. С. Закономерности формоизменения заготовок при поперечном выдавливании / И. С. Алиев, А. М. Калинов, К. Крюгер // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: зб. наук. пр. – Краматорськ, 2000.– С. 66–70.

Надійшла до редколегії 20.10.2012

УДК 621.73(035)

Критерии оценки неравномерности деформации профилированных заготовок в ресурсосберегающих технологиях штамповки / Бурко В.А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №47(953). С. 9-14. Библиогр.: 13 назв.

У статті розглянуті проблеми вибору критерію оцінки нерівномірності деформації різних формою поковок залежно від силових умов, режимів деформації і будови металу. На основі проведеного аналізу встановлено, що кількісні показники нерівномірності деформації при гарячому осіданні заготовок з кольорових металів є невивченими.

Ключові слова: штампування, деформація, профілізація, осідання, фасонування, бочкоутворення.

In article deals with the problem of choosing the criterion of evaluation of uneven deformation of different forgings depending on security conditions, modes of deformation and metal buildings. On the basis of the carried out analysis found that quantitative indicators of uneven deformation of hot sludge preparations from nonferrous metals are unexplored.

Keywords: stamping, bending, profiling, draught, end forming.

УДК 621.77.014

А. В. ГРУШКО, канд. техн. наук, доц., ВНТУ, Вінниця

МЕТОД ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ

Метод эквивалентной оценки силовых характеристик процессов обработки давлением позволяет считать деформирующую силу для натурального материала на основе данных силовых характеристик для двух модельных материалов по известным кривым течения. Кривые течения в методе аппроксимированы степенной функцией по Людвигу. Проверку предложенного метода осуществляли сопоставлением с теоретическими решениями и моделирования методом конечных элементов различных процессов обработки давлением.

Ключевые слова: силовые характеристики, метод конечных элементов, модельный материал, натуральный материал, степенная функция, кривая течения.

Введение. Определение энергосиловых характеристик процессов обработки металлов давлением (ОМД) является одной из важнейших задач, связанной с выбором оборудования, расчетом на прочность инструмента и проектирования оснастки. На сегодняшний день предложено достаточно большое количество методов определения деформирующих усилий, в основе которых лежат аналитические решения – инженерные методы, линий скольжения, верхней оценки и т.д. Как правило, решения базируются на предположении идеально пластического материала и, при необходимости, с дальнейшим учетом упрочнения осредненной оценкой [1]. При исследовании процессов ОМД экспериментально-аналитическими методами, методом конечных элементов, проведением прямого эксперимента получаемые результаты, как правило, не содержат в явном виде механических характеристик, косвенно входящих в результат решения [1-4]. Т.е. результаты будут справедливы лишь для одного материала, на котором проводилось исследование. Переход на материал, с иными механическими свойствами, определяемыми кривой течения [5], требует проведения параллельных экспериментов, что естественно является существенным недостатком при таком подходе моделирования процессов ОМД.

© А. В. Грушко, 2012