

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ПРИ ШТАМПОВКЕ СТАКАНОВ С ФЛАНЦЕМ

Алиева Л. И., Мартынов С. В., Грудкина Н. С., Комиренко А. Д.

Исследовано напряжённо-деформированное состояния в очаге деформации при комбинированном радиально-обратном выдавливании стакана с фланцем. Изучены особенности распределения гидростатического давления и показателя жёсткости напряжённого состояния в зависимости от положения трассируемой точки. Определена наиболее опасная точка с точки зрения исчерпания ресурса пластичности в зоне на наружной поверхности фланца у нижнего торца. Моделирование процесса осуществлялось в пакете Qform2/3D до полного исчерпания ресурса пластичности материала $\psi \geq 1$. Результаты представлены в виде зависимости ресурса пластичности от логарифмической степени деформации. На основе проведенных исследований дана оценка ресурса исчерпания пластичности во фланцевой зоне для различных материалов.

Досліджено напружено-деформований стан в осередку деформації при комбінованому радіально-оберненому видавлюванні стакана з фланцем. Вивчено особливості розподілу гідростатичного тиску та показника жорсткості напруженого стану в залежності від положення трасуємої точки. Визначена найбільш небезпечна точка з точки зору вичерпання ресурсу пластичності у зоні на зовнішній поверхні фланця у нижнього торця. Моделювання процесу здійснювалося у пакеті Qform2/3D до повного вичерпання ресурсу пластичності матеріалу $\psi \geq 1$. Результати представлені у вигляді залежності ресурсу пластичності від логарифмічною ступеня деформації. На основі проведених досліджень дана оцінка ресурсу вичерпання пластичності у фланцевій зоні для різних матеріалів.

The stress-strain state of billet in the heart of deformation during combined radial-backward extrusion was investigated. Were studied the features of distribution the hydrostatic pressure and the stiffness index of stress state in dependence on disposition of traceability points. Was determined the most dangerous point from the viewpoint of metal fracture which is located on external surface of billet flange near the bottom end. Simulation of forming process was made by the FEM in Qform 2/3D software. During simulation the plasticity resource of metal completely exhausted $\psi \geq 1$. The results of investigations represented as dependences of plasticity resource from true strain. Based on the conducted investigations it was made the valuation of plasticity resource depletion in the flange zone for different materials.

Алиева Л. И.

канд. техн. наук, доц., докторант каф. ОМД ДГМА

Мартынов С. В.

ассистент каф. ОМД ДГМА

martynovdigma@gmail.com

Грудкина Н. С.

ассистент каф. ВМ ДГМА

nata.grudkina@gmail.com

Комиренко А. Д.

инженер-конструктор ПАО «СКМЗ»

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.983

Алиева Л. И., Мартынов С. В., Грудкина Н. С., Комиренко А. Д.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ПРИ ШТАМПОВКЕ
СТАКАНОВ С ФЛАНЦЕМ**

Полюе детали типа стаканов с фланцами различных конфигураций весьма распространены в машиностроении. Традиционные методы изготовления подобных деталей на предприятиях машиностроения – это литье и механическая обработка резанием, основными недостатками которых являются соответственно низкое качество заготовок и потери металла на стружку. Комбинированное выдавливание является наиболее эффективным способом получения деталей типа стакан с фланцем.

Штамповка выдавливанием затруднена из-за появления трещин на границе раздела течения металла [1]. В процессе холодного пластического деформирования наряду с упрочнением металла происходит накопление в нём поврежденностей, приводящее к разуплотнению материала и снижению показателей остаточной пластичности. В результате этого наблюдается ухудшение служебных характеристик изделий вплоть до разрушения заготовок в процессе пластической обработки или при эксплуатации готовых изделий. Поэтому обеспечение качества изделий при обработке методами ОМД невозможно без оценки деформируемости металлов, т. е. их способности деформироваться без разрушения, при минимальном исчерпании ресурса пластичности.

Цель работы – исследование напряженно-деформированного состояния в очаге деформации при комбинированном радиально-обратном выдавливании стакана с фланцем из цельной заготовки и оценка ресурса исчерпания пластичности «стакана с фланцем».

Картины напряженно-деформированного состояния при выдавливании стакана с фланцем из материала М2, полученные в пакете Qform 2/3D, приведены на рис. 1. Кривая упрочнения материала описывается уравнением $\sigma_s = 392,11 \cdot e^{0,3591}$, коэффициент трения составляет 0,16 по Леванову. В соответствии с проведенным моделированием было установлено, что очаг деформации находится под пуансоном. По линии от кромки пуансона до закругления полуматрицы происходит разделение течения металла в радиальном и обратном направлениях. Форма фланца имеет форму «носка сапога». Наличие бочкообразности на внешней поверхности фланца и отклонение поверхности нижнего торца от плоскостности объясняется наличием сил трения, а также особенностями кинематики течения частиц металла в полость, образованной полуматрицей и противополопуансоном.

Результаты расчетов напряженно-деформированного состояния были использованы для оценки значений использованного ресурса пластичности Ψ , который определяли по критерию И. О. Сивака (1) [2–4]:

$$\Psi = \int_0^{e_u} \frac{de_u}{e_p(\eta, \mu_\sigma)}, \quad (1)$$

где $e_p(\eta, \mu_\sigma) = 1,022 \cdot e^{(0,38 \cdot \mu_\sigma - 0,45 \cdot \eta)}$ – поверхность граничных деформаций для М2 [5];

$\mu_\sigma = \frac{2 \cdot \sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}$ – параметра Надаи-Лоде;

$\eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_i}$ – показатель жесткости напряженного состояния.

Главные напряжения определяются из решения характеристического уравнения, которое в общем случае является кубическим (2):

$$\sigma^3 - I_1 \cdot \sigma^2 + I_2 \cdot \sigma - I_3 = 0, \quad (2)$$

где σ – искомые главные напряжения;

I_1, I_2, I_3 – первый, второй и третий варианты тензора напряжений.

Для расчета использованного ресурса пластичности в конечно-элементной модели задавалось поле трассируемых точек (по высоте, толщине, в радиальном направлении по 20 точек). Следует отметить, что программа дополнительно добавляет две точки по краям контура, т.е. по вертикали и горизонтали ставится 22 точки. Рассматривалась кривая, построенная по трассируемым точкам, расположенным под переходной кромкой пуансона, в середине стенки стакана, вблизи радиуса закругления полуматрицы и на поверхности фланца.

Графики распределения исходных параметров для расчета использованного ресурса пластичности (рис. 2–4) приведены в зависимости от номера трассируемой точки.

Интенсивность деформации (рис. 2, а) уменьшается от кромки пуансона до закругления полуматрицы, а затем незначительно увеличивается в направлении внешней поверхности фланца. Распределение значений сопротивления деформирования (рис. 2, б) соответствует распределению значений интенсивности деформаций. Распределение значений гидростатического давления (рис. 3, а) возрастает от кромки пуансона до внешней поверхности фланца. Из решения характеристического уравнения получены распределения главных напряжений. Максимальные значения параметра Надаи-Лоде наблюдаются на внешней поверхности фланца у нижнего торца (рис. 4, а). Показатель жесткости напряженного состояния также имеет максимальные значения на внешней поверхности фланца (рис. 3, б).

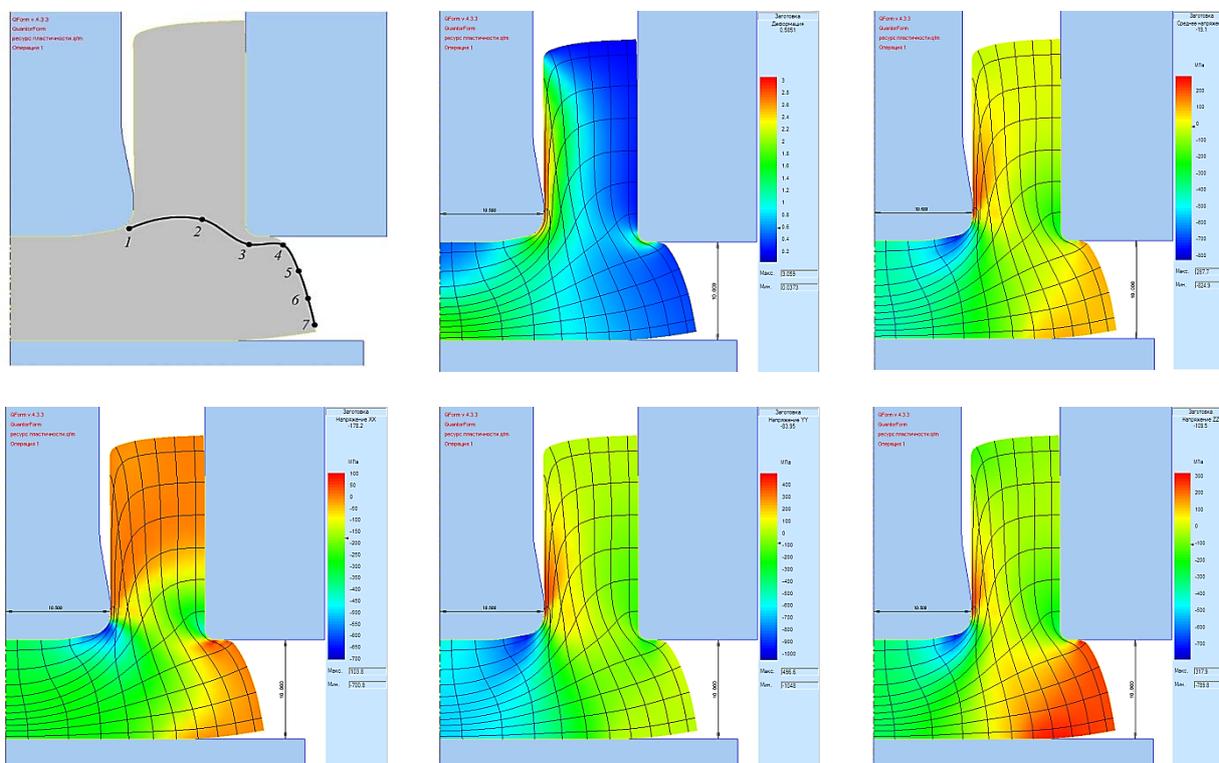


Рис. 1. Картины напряжённо-деформированного состояния при комбинированном выдавливании стакана с фланцем из медного сплава М2

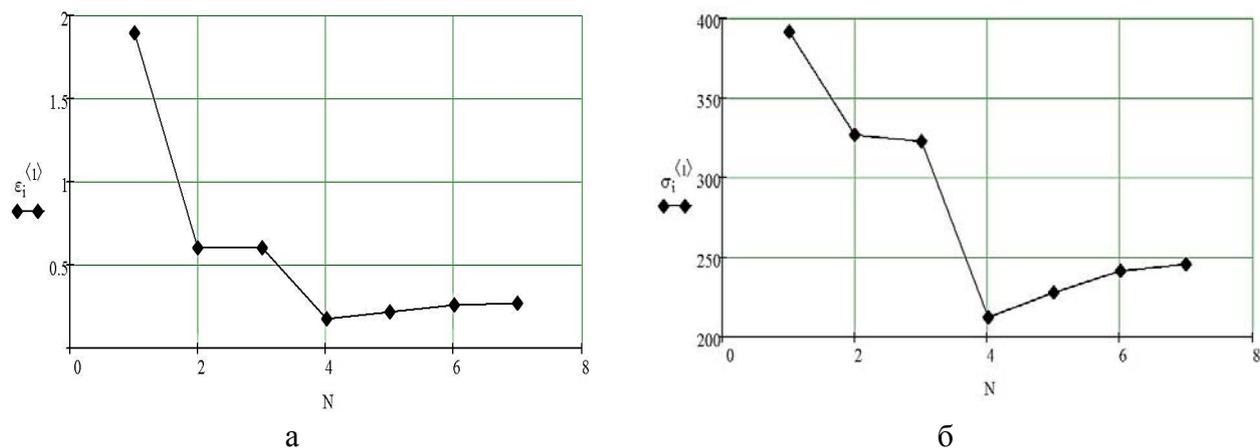


Рис. 2. Графики распределения интенсивности деформации (а) и сопротивления деформированию (б) в зависимости от положения трассируемой точки

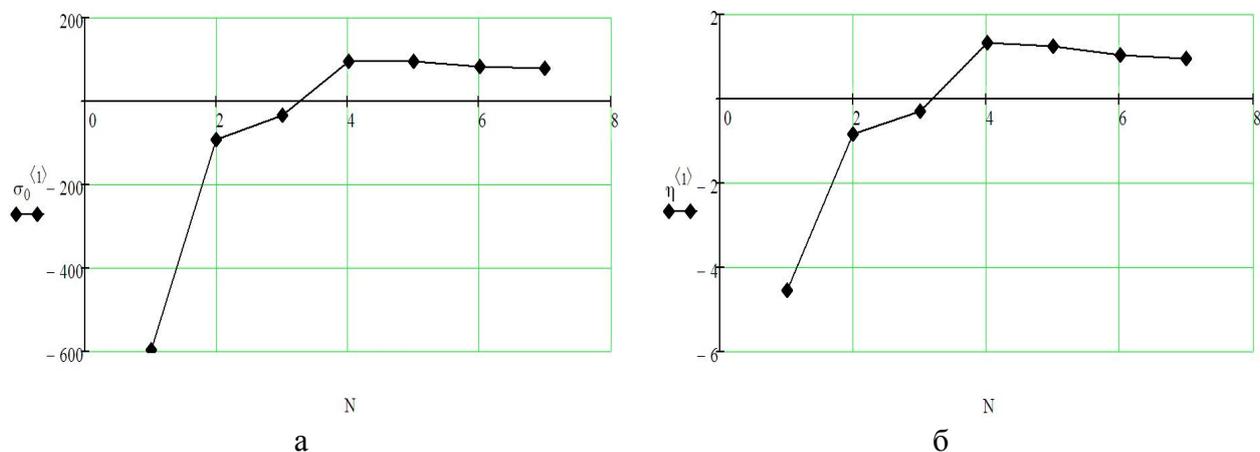


Рис. 3. Графики распределения гидростатического давления (а) и показателя жёсткости напряжённого состояния (б) в зависимости от положения трассируемой точки

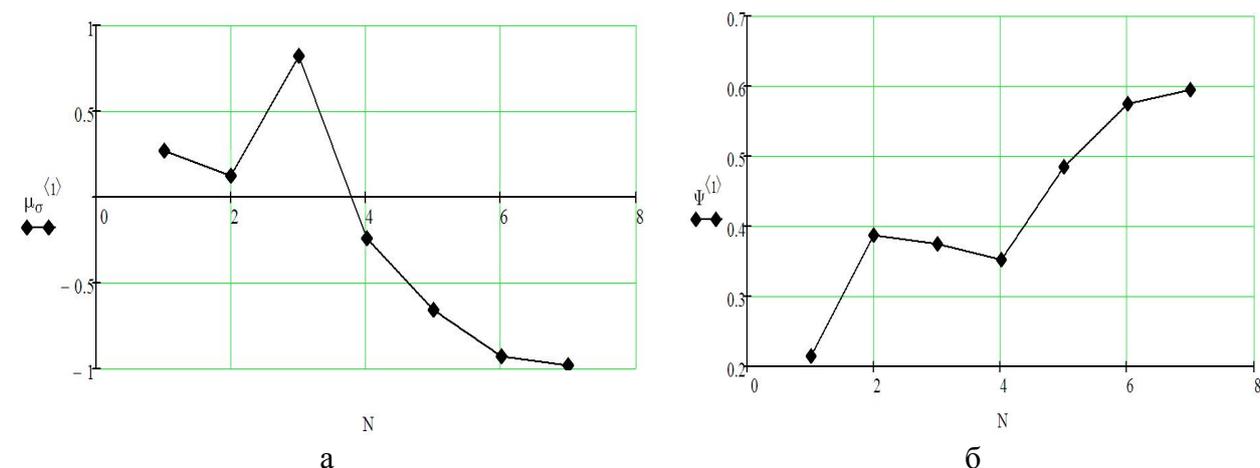


Рис. 4. Графики распределения показателя Надаи-Луде (а) и ресурса пластичности (б) в зависимости от положения трассируемой точки

Наличие больших, по модулю, отрицательных значений показателя в области стенки стакана говорит о благоприятном напряженном состоянии, но при этом расчет использованного ресурса пластичности приходится производить в экстраполированной области

диаграммы пластичности (границы построения плоскости предельных деформаций по $\eta \in -2..1$). Наиболее опасной с точки зрения исчерпания ресурса пластичности ($\Psi = 0,59$) является зона на внешней поверхности фланца у нижнего торца (рис. 4, б). Исходя из полученных результатов, проводилось дальнейшее изучение пластических способностей таких материалов: М2, АД31 и Сталь 10. Моделирование процесса осуществлялось до полного исчерпания ресурса пластичности материала $\psi \geq 1$. Результаты для приведенных выше материалов представлены в виде зависимости ресурса пластичности от логарифмической степени деформации (рис. 5).

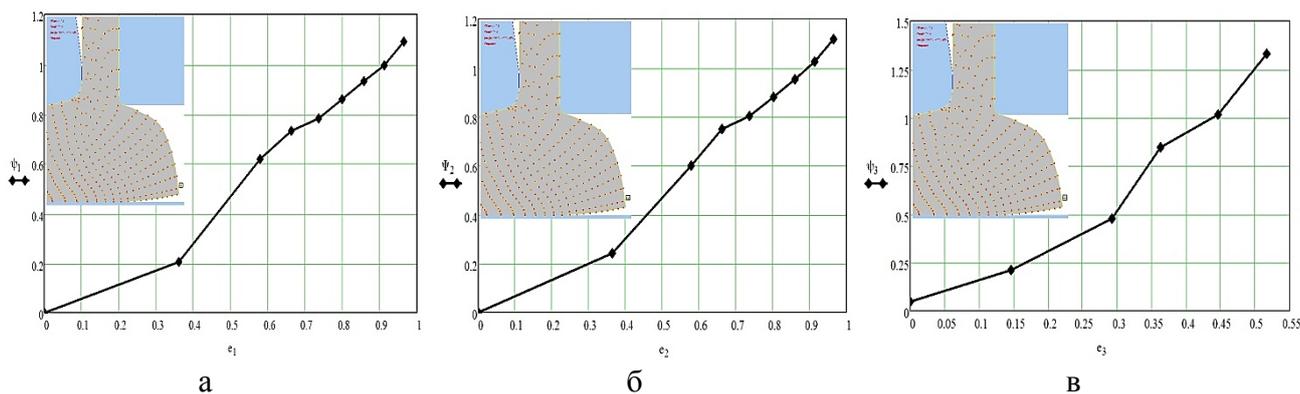


Рис. 5. График зависимости ресурса пластичности от логарифмической степени деформации для меди М2 (а), для алюминиевого сплава АД31 (б), для Стали 10 (в)

Из графиков видно, что наиболее пластичным материалом является М2 – ресурс пластичности исчерпывается при степени деформации 0,91, для алюминия АД31 – при 0,9, а для Стали 10 – при 0,44.

ВЫВОДЫ

Исследовано напряженно-деформированное состояние в очаге деформации при радиально-обратном выдавливании детали типа стакан с фланцем и оценен ресурс исчерпания пластичности для материалов М2, АД31, Сталь 10. Анализ показал, что наиболее опасной с точки зрения исчерпания ресурса пластичности является зона на наружной поверхности фланца у нижнего торца. Наиболее пластичным материалом является М2 – ресурс пластичности исчерпывается при степени деформации 0,91, для алюминия – при 0,9, а для Стали 10 – при 0,44.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиева Л. И. Характеристика формоизменения металла при выдавливании / Л. И. Алиева, Р. С. Борисов, Е. Л. Скрипниченко // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : темат. зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2003. – С. 340–345.
2. Сивак И. О. Поверхность предельной пластичности / И. О. Сивак // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : темат. зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 1999. – С. 9–15.
3. Сивак И. О. Пластичность металлов при объёмном напряжённом состоянии / И. О. Сивак, Е. И. Коцюбивская // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : темат. зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – С. 73–76.
4. Оценка технологической деформируемости при холодном выдавливании втулок с фланцем [Электронный ресурс] / Алиев И. С., Алиева Л. И., Мартынов С. В., Ткаченко Н. Ю. // Научный Вестник ДГМА. – 2010. – № 1 (6E). – С. 8–14. – Режим доступа : http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/VDDMA/2010_1/article/10AISSWF.pdf.
5. Кириця І. Ю. Удосконалення процесів холодного пластичного деформування при отриманні вісесиметричних заготовок з глухим отвором : дис. канд. техн. наук : 05.03.05 / Кириця Інна Юрійвна. – Вінниця, 2007. – 220 с.