

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ПРИ ШТАМПОВКЕ ДЕТАЛЕЙ С ФЛАНЦЕМ

Алиева Л. И., Деревенько И. А., Мартынов С. В., Гончарук К. В.

При деформировании, когда показатель напряжённого состояния не остаётся постоянным, пластичность принято оценивать на основе так называемых критериев разрушения. Сущность критериев разрушения заключается в применении модели накопления поврежденности металла, зависящей от величины накопленной деформации и напряжённого состояния. Рассмотрено процесс высадки фланцев на трубчатой заготовке. Моделирование проводилось с целью определения истощения ресурса пластичности в условиях холодного деформирования алюминиевого сплава АД31. Оценка проводилась с использованием программного продукта QForm 2D на основе метода конечных элементов. Проведя моделирование процесса высадки, было установлено, что течения материала расходится в двух направлениях. Граница разделения течения проходит приблизительно по центру заготовки, немного сдвигаясь в сторону наружного фланца. Это объясняется наличием дополнительных растягивающих напряжений в процессе радиального течения металла. На торцах фланца образуется сфера, что является следствием притормаживания наружных слоев металла (которые соприкасаются с инструментом) за счет контактного трения. Было выяснено, что критической зоной, в которой возможно разрушение, является периферия наружного фланца, которая далее и была исследована. В результате исследований получено логарифмическую степень деформации, при которой будет наблюдаться начало разрушения наружного фланца втулки.

При деформуванні, коли показник напруженого стану не залишається постійним, пластичність прийнято оцінювати на основі так званих критеріїв руйнування. Сутність критеріїв руйнування полягає в застосуванні моделі накопичення пошкодженості металу, яка залежить від величини накопленої деформації та напруженого стану. Розглянуто процес висадки фланців на трубчастій заготовці. Моделювання проводилося з метою визначення вичерпання ресурсу пластичності в умовах холодного деформування алюмінієвого сплаву АД31. Оцінка проводилася з використання програмного продукту Qform 2D на основі методу скінчених елементів. Провівши моделювання процесу висадки, було встановлено, що течії матеріалу розходиться в двох напрямки. Межа розподілу течії проходить приблизно по центру заготовки, трохи зрушуючи в бік зовнішнього фланця. Це пояснюється наявністю додаткових розтягуючих напружень в процесі радіального плину металу. На торцях фланця утворюється сфера, що є наслідком пригальмовування зовнішніх шарів металу (які контактують з інструментом) за рахунок контактного тертя. Було з'ясовано що критичною зоною, в якій можливе руйнування, є периферія зовнішнього фланця, яка далі і була досліджена. В результаті досліджень отримано логарифмічну ступінь деформації, при якій буде спостерігатися початок руйнування зовнішнього фланця втулки.

During the deformation, stress state when the index does not remain constant, plasticity usually estimated on the basis of the so-called failure criteria. The essence of failure criteria is to use the model of metal accumulation of damage, depending on the magnitude of accumulated strain and stress. Consider the process of landing on a tubular blank flanges. The simulation was performed to determine the plasticity resource exhaustion in cold deformation of aluminum alloy AD3. The evaluation was conducted with the use of a software product Qform 2D based on the finite element method. The simulation process of landing, it was found that the flow of material in two divergent directions. The boundary separating the flow is approximately centered workpiece slightly shift towards the outer flange. This is explained by the presence of additional tensile stress in the radial flow of the metal. At the ends of the flange formed a sphere that is a consequence of braking of the outer layers of metal (which are in contact with the tool) due to contact friction. It was found that the critical area in which the risk of fracture is the outer periphery of the flange, which has been investigated and further. The studies obtained logarithmic degree of deformation, which will occur at the beginning of the destruction of the outer flange of the sleeve.

Алиева Л. И.
Мартынов С. В.
Гончарук К. В.

канд. тех. наук, доц. ДГМА, leyla-ukr@mail.ru
ассистент, ДГМА, martynovdgm@gmail.com
аспирант, ДГМА, goncharuk_omd@mail.ua

Деревенько И. А.

канд. техн. наук, ассистент ВНБУ,
ira.derevenko@mail.ru

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск;
ВНАУ – Винницкий национальный аграрный университет, г. Винница.

УДК 621.777.01

Алиева Л. И., Деревенько И. А., Мартынов С. В., Гончарук К. В.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ПРИ ШТАМПОВКЕ ДЕТАЛЕЙ С ФЛАНЦЕМ

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 свойств изделий, вплоть до разрушения заготовок в процессе пластической обработки или изделий при эксплуатации. Поэтому обеспечение качества изделий при обработке методами ОМД невозможно без оценки способности металлов деформироваться без разрушения, при минимальном исчерпании ресурса пластичности [1, 2].

Главным фактором, влияющим на пластичность металлов в условиях холодного деформирования, является схема напряжённого состояния. Зависимость пластичности от параметров, характеризующих схему напряжённого состояния, называют диаграммой пластичности.

При деформировании, когда показатель напряжённого состояния не остаётся постоянным, пластичность принято оценивать на основе так называемых критериев разрушения. Сущность критериев разрушения заключается в применении модели накопления поврежденности металла, зависящей от величины накопленной деформации и напряжённого состояния.

Степень поврежденности металла называют использованным ресурсом пластичности (В. А. Огородников), который принято обозначать буквой Ψ . Величину Ψ недеформированного металла принимают равной нулю, а условие разрушения имеет вид $\Psi = 1$.

Используя информацию о НДС материала и обоснованно применив критерии разрушения, можно определить величину использованного и остаточного ресурсов пластичности и прогнозировать качество изделий, производимых методами локального деформирования.

Цель работы является определение ресурса пластичности, для получения втулки с фланцами при высадке (рис.1), на основе метода конечных элементов.

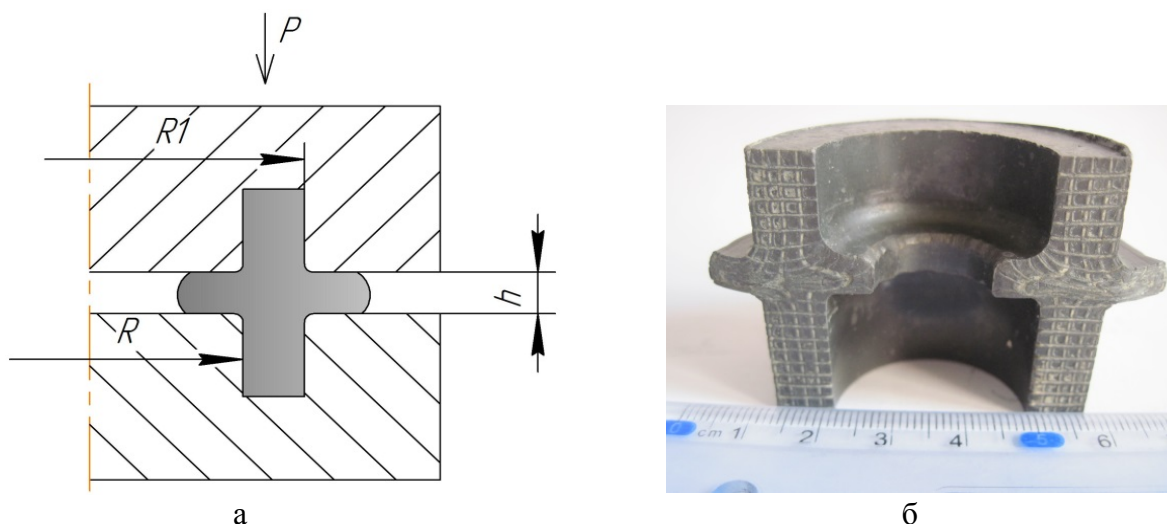


Рис. 1. Схема высадки (а), полученная деталь типа втулка с фланцем (б)

Моделирование процесса высадки в программном продукте QForm 2D (рис.2). Граничные условия для осесимметричной задачи были заданы в следующем виде: упрочнение алюминиевого материала АД31 описано кривой упрочнения $\sigma_s = 19155 \cdot e^{0,202}$ МПа при скорости

деформирования $0,25\epsilon^{-1}$, плотность материала 2800 кг/м^3 ; модуль Юнга 71000 МПа ; коэффициент Пуассона $0,3$; коэффициент трения по Леванову $\mu_s = 0,16$; скорость перемещения инструмента 1 мм/с ; инструмент абсолютно жесткий.

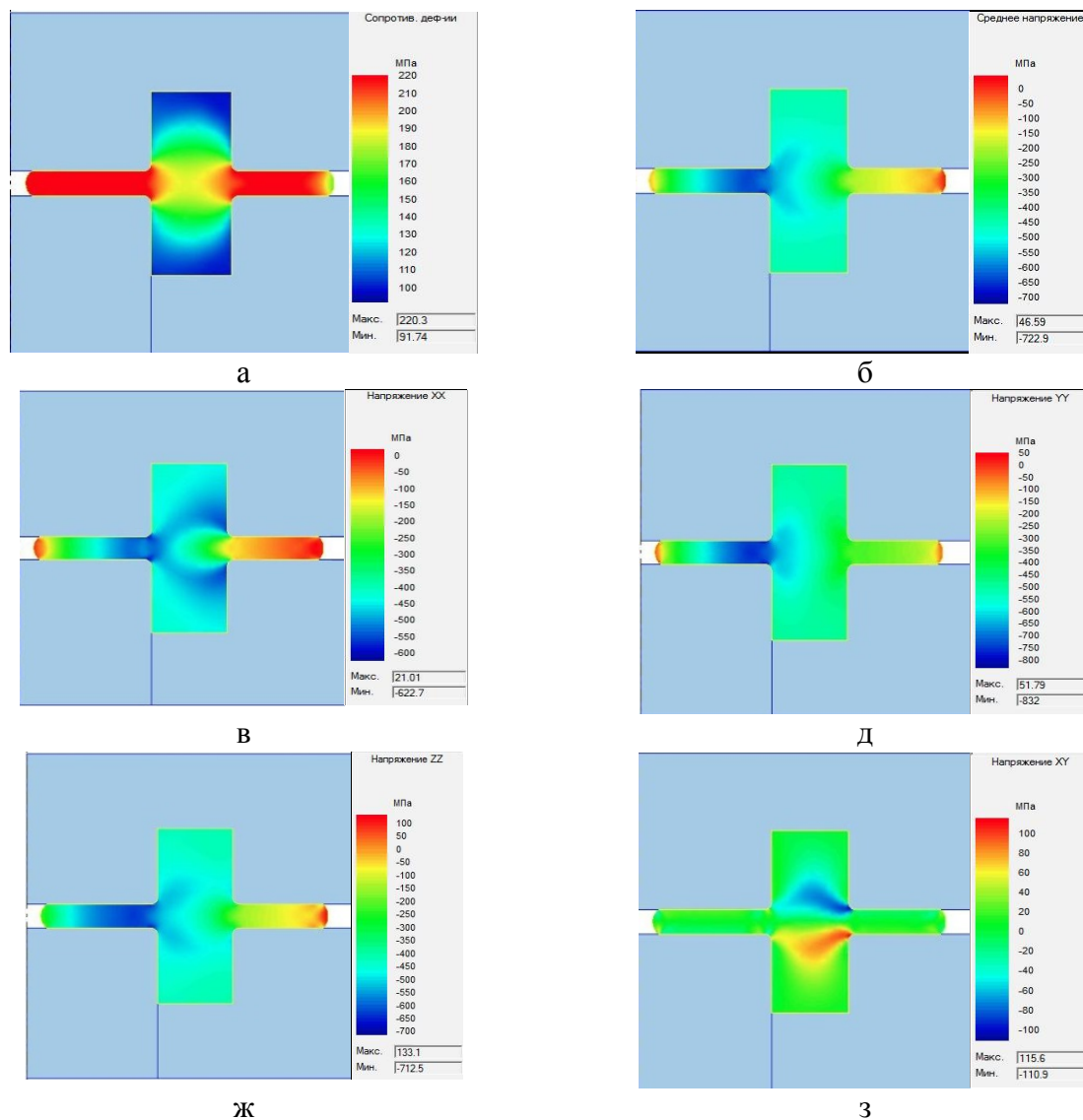


Рис. 2. Картины напряженно-деформированного состояния процесса высадки: сопротивление деформирования (а), среднее напряжение (б), напряжения σ_r (в), напряжения σ_z (д), напряжения σ_θ (ж), напряжения τ_{rz} (з)

Проведя моделирование процесса высадки, было установлено, что течения материала расходятся в двух направлениях. Граница разделения течения проходит приблизительно по центру заготовки, немного сдвигаясь в сторону наружного фланца. Это объясняется наличием дополнительных растягивающих напряжений в процессе радиального течения металла. На торцах фланца образуется сфера, что является следствием притормаживания наружных слоев металла (которые соприкасаются с инструментом) за счет контактного трения.

Результаты расчетов напряженно-деформированного состояния были использованы для оценки значений использованного ресурса пластичности Ψ , который определяли по формуле 1 [3–5]:

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

где $e_p(\eta, \mu_\sigma)$ – поверхность граничных деформаций;

$$\mu_\sigma = \frac{2 \cdot \sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3} \text{ – параметр Надаи-Лоде.}$$

Для расчета использованного ресурса пластичности в конечно-элементной модели задавалось поле трассируемых точек (по высоте 20 точек, по толщине 50 точек). Рассматривались кривые, построенные по трассируемым точкам, расположенным по контуру наружного фланца и по границе раздела течения металла. Графики распределения исходных параметров для расчета использованного ресурса пластичности и полученные значения (рис. 3) приведены в зависимости от номера трассируемой точки.

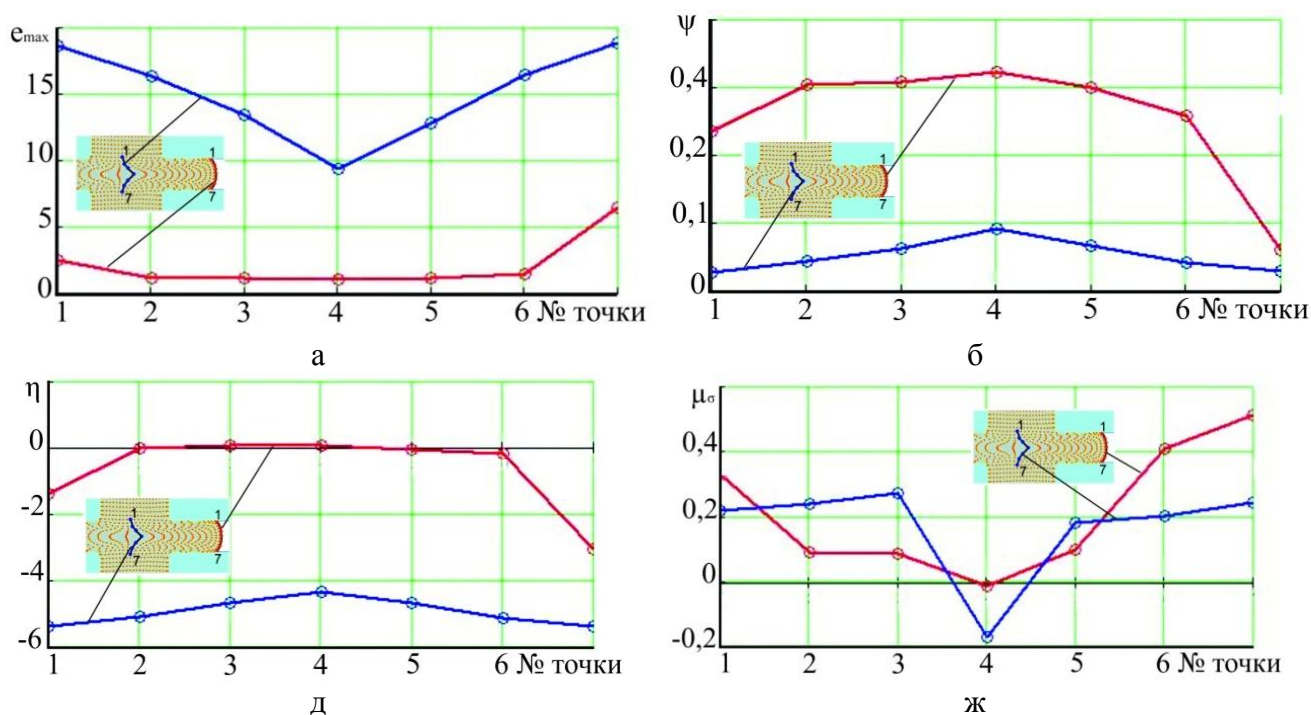


Рис. 3. График распределения значений максимальной логарифмической деформации (а), ресурса пластичности (б), показателя жесткости напряженного состояния (в) и показателя Надаи-Лоде (д) в зависимости от положения трассируемой точки

Моделирование процесса осуществлялось до полного исчерпания ресурса пластичности материала $\Psi \geq 1$ [5, 6]. Поверхность граничных деформаций для АДЗ1: $e_p(\eta, \mu_\sigma) = 1.1 \cdot e^{(0,42 \cdot \mu_\sigma - 0,51 \cdot \eta)}$.

График на рис. 3, а показано, что максимальную деформацию претерпевает металл, находящийся на границе разделения течения материала во внутренний и наружный фланцы. На рис. 3, б видно, что согласно ресурсу пластичности точка 4 имеет максимальное значения, а значит, именно в этой точке прогнозируется разрушения. Проведя исследования данной точки, получили график распределения ресурса пластичности от степени деформации (рис. 4).

Согласно заявленным условиям, разрушения наступает при $\Psi = 1$. На графике видно, что при достижении логарифмической степени деформации $e=0,79$ произойдет исчерпание ресурса пластичности, т. е. разрушение [6]. При проведении процесса высадки со степенями логарифмической деформации выше 0,79 будет происходить развитие трещин.

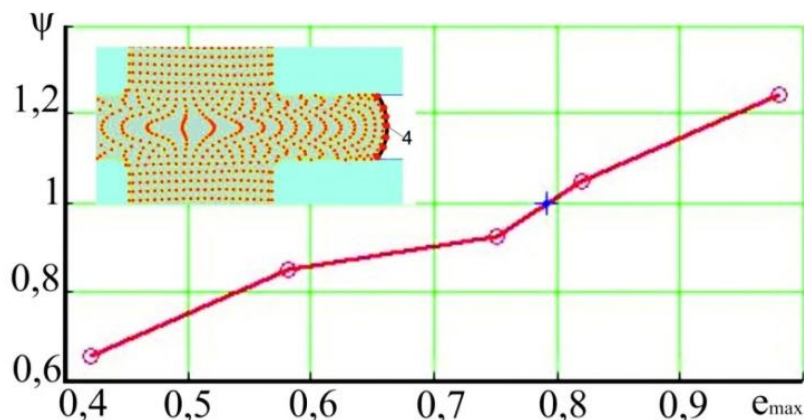


Рис. 4. Распределения ресурса пластичности в точке вероятного разрушения

ВЫВОДЫ

Проведено моделирование процесса высадки детали типа втулка с фланцами методом конечных элементов при помощи программного продукта QForm 2D. Были рассмотрены условия течения материала и определено напряженно-деформированное состояние на границе разделения течения металла и торце наружного фланца. Используя показатель ресурса пластичности, было получено значение максимальной степени деформации для данного процесса, которое составляет $e = 0,79$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников – К. : Вища школа, 1983. – 175 с.
2. Богатов А. А. Ресурс пластичности при обработке давлением / А. А. Богатов, О. И. Мижирицкий, С. В. Смирнов. – М. : Металлургия, 1984. – 144 с.
3. Сивак И. О. Оценка пластичности металлов при холодной пластической деформации / И. О. Сивак, Е. И. Сивак, С. И. Сухоруков // Изв. Тул.ГУ. Серия : Механика твёрдого деформируемого тела и обработка металлов давлением. – Тула : Тул. ГУ, вып. 2, 2004. – С. 114–121.
4. Алиева Л. И. Ресурс пластичности в процессах комбинированного выдавливания / Л. И. Алиева, И. А. Деревенько, Р. И. Сивак // Обработка металлов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2013. – № 1 (34). – С. 11–17.
5. Сивак Р. И. Влияние неравномерности пластической деформации на использованный ресурс пластичности / Р. И. Сивак // Обработка металлов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2012. – № 3 (32). – С. 40–44.
6. Алюшин Ю.А. Теоретические основы энергетических методов расчета процессов обработки металлов давлением : Учебное пособие / Ю. А. Алюшин, С. А. Еленев – РИСХМ. Ростов н/Д., 1987 – 106 с.