

АНАЛИЗ ЗАПОЛНЕНИЯ ПОЛОСТИ ШТАМПА В ПРОЦЕССЕ РАДИАЛЬНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Представлено моделирование процессов радиального выдавливания по различным кинематическим вариантам. Определена зависимость степени заполнения полости штампа при радиальном выдавливании от относительной высоты фланца. Определена схема радиального выдавливания, которая позволяет достичь наибольшую степень заполнения.

The simulation of radial extrusion processes with different kinematics of various are considered. The coefficient of filled shape in radial extrusion process is determined with different geometries and dimensions such as the relative height of the flange. Best coefficient of filled shape in schemes of radial extrusion process is defined.

Процесс радиального выдавливания отличается многовариантностью, обусловленной возможностью активного управления подачей металла в приемную полость посредством регулирования кинематики подвижного деформирующего инструмента. Процесс радиального выдавливания лишен таких недостатков, как образования осевой утяжины при получении низких фланцев на стержне (при прямом выдавливании) или, потеря устойчивости при получении относительно больших фланцев на тонком стержне за один переход (при операции высадки). Это позволяет рекомендовать радиальное выдавливание для изготовления деталей с массивными фланцами и утолщениями различной конфигурации [1–5].

Несмотря на преимущества, процессам радиального выдавливания присущ такой недостаток как незаполнение полости штампа. Из-за этого детали, получаемые радиальным выдавливанием, имеют неправильную форму, в виде гриба при радиальном выдавливании с односторонней подачей. При радиальном выдавливании с двухсторонней подачей фланец в разрезе имеет форму клина. Поэтому фланец на заготовке, который получают радиальным выдавливанием должен быть больше по высоте, чем фланец готового изделия [6–8].

Для того чтобы определить высоту фланца с отклонением формы, которую необходимо получить для изготовления детали с заданными размерами, необходимо определить степень заполнения полости штампа при выдавливании.

Целью данной работы было определение зависимости степени заполнения полости штампа при радиальном выдавливании и установление схемы радиального выдавливания с наилучшим заполнением полости штампа.

Схема радиального выдавливания обладает множеством кинематических вариантов. Поэтому проведено исследование заполнения полости штампа всех вариантов: с односторонней подачей, двухсторонней подачей, последовательной двусторонней с односторонней и последовательной двусторонней подачей (рис. 1).

В программе QForm 2D произведено моделирование процессов радиального выдавливания по различным кинематическим вариантам.

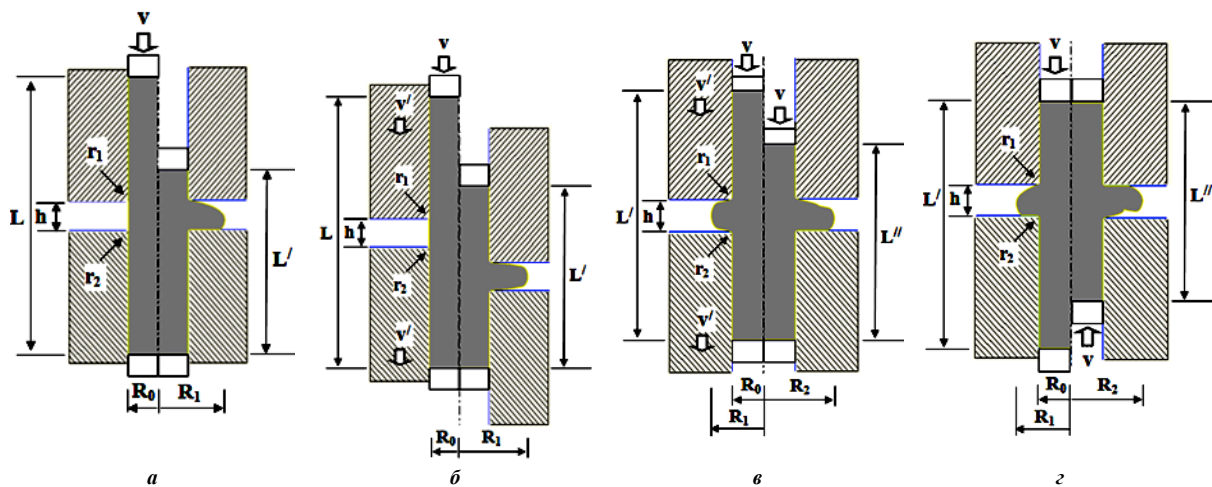


Рис. 1. Схемы расчета для различных кинематических вариантов радиального выдавливания:
а – с односторонней подачей; б – двухсторонней подачей, в – последовательной двусторонней с односторонней и г
– последовательной двусторонней подачей ($h/R_0=1,0$; $h/R_0=0,45$)

При моделировании процессов радиального выдавливания использовали следующие исходные данные:

- параметры механических свойств: материал заготовки АД31 (кривая истинных напряжений для которого описывается уравнением $\sigma_s(\varepsilon) = 247\varepsilon^{0,14}$), предел текучести $\sigma_{0,2} = 140$ МПа, модуль Юнга $E = 78000$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ и коэффициент трения между материалом заготовки и инструментом $\mu = 0,05$ (закон Зибеля);

- геометрические параметры процесса: R_0 – радиус заготовки, h и h' – высота приемной полости для выдавливаемого фланца, r_1 и r_2 – радиус закругления кромок инструмента, L – высота заготовки, L' и L'' – высота деталей, R_1 и R_2 – радиус фланца.

Удобным критерием для оценки отклонений формы утолщения (от правильной цилиндрической) может служить отношение выдавленного объема металла к расчетному объему полости, определенному по максимальному диаметру утолщения. Этот критерий назовем показателем степени заполнения ψ полости штампа.

В процессе исследования заполнения определялась зависимость показателя ψ от относительной высоты фланца h/R_0 :

$$\psi = 1,02 - K_H (h/R_0)$$

где h – высота полости штампа;

R_0 – радиус заготовки;

R_1 – радиус фланца;

K_H – коэффициент, зависящий от способа подачи металла;

K_H – при последовательной двусторонней подаче $K_H = 0,08$; при последовательной двусторонней и односторонней подаче $K_H = 0,12$; при односторонней подаче $K_H = 0,16$; при двусторонней подаче $K_H = 0,22$.

Результаты моделирования представлены в виде искаженных координатных сеток (рис. 2). Результаты моделирования заполнения полости штампа приведены на рис. 3.

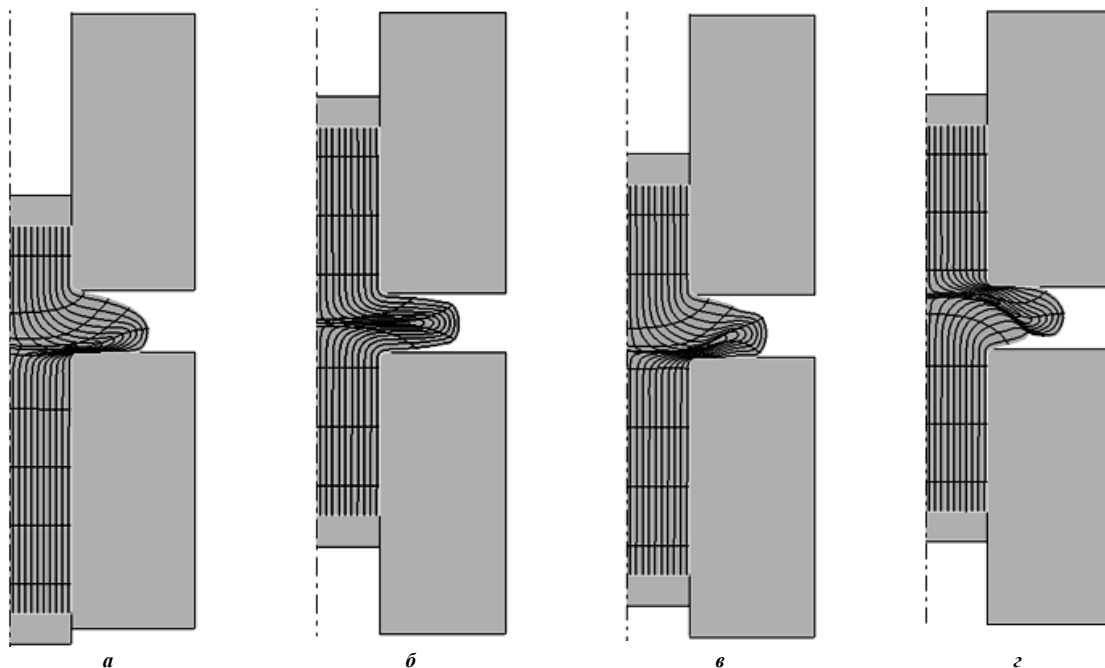


Рис. 2. Схемы искаженных координатных сеток для различных кинематических вариантов радиального выдавливания: а – с односторонней подачей; б – двухсторонней подачей, в – последовательной двухсторонней с односторонней и г – последовательной двухсторонней подачей ($h/R_0 = 1,0$; $h/R_0 = 0,45$)

Установлено, что наибольшая степень заполнения получается при выдавливании по схеме с двухсторонней подачей. Здесь, при росте высоты выдавливаемого фланца h/R_0 от 0,10 до 1,50 показатель ψ уменьшается с 1,0 до 0,64.

Более благоприятной схемой с точки зрения величины заполнения является схема с последовательной двухсторонней и односторонней подачей, здесь, при росте высоты фланца h/R_0 от 0,19 до 1,50 показатель ψ уменьшается с 1,0 до 0,7.

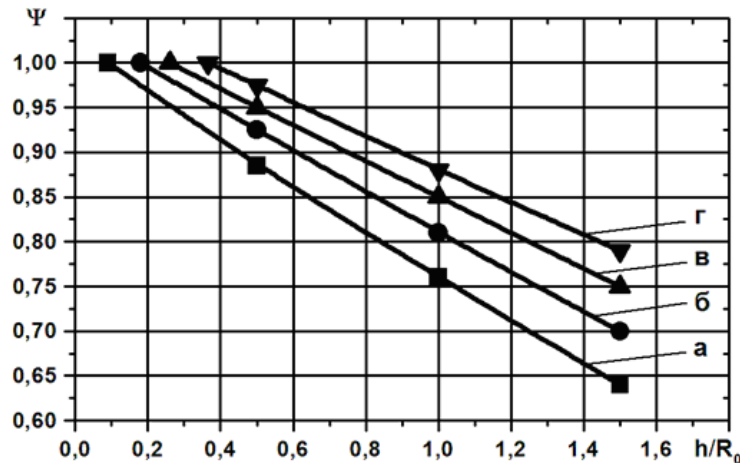


Рис. 3. Залежність ступеня заповнення круглої порожнини при радіальному видавлюванні с двухсторонней (а), двухсторонней и односторонней (б), односторонней (в) и последовательной двухсторонней (г) подачей металла

Схема радіального видавлювання с односторонней подачей имеет лучшие показатели, нежели предыдущая. Так, в исследуемом диапазоне высот фланцев ($h/R_0 = 0,24 \dots 1,50$) показатель ψ снижается с 1,0 до 0,75.

Наибольшую степень заповнення позволяет достичь схема радіального видавлювання с последовательной двухсторонней подачей. Здесь показатель ψ изменяется от 1,0 до 0,78 при видавлюванні фланцев размером 0,39 до 1,5.

Поэтому можно рекомендовать последнюю схему для малоотходного производства деталей с фланцем.

Проведено экспериментальное исследование заповнення порожнини штампа при радіальному видавлюванні стержневых деталей с фланцем. Сравнение показывает небольшое отклонение теории от эксперимента в пределах 7% [9].

Выводы.

В ходе исследований установлено, что наименьшую степень заповнення порожнини при радіальному видавлюванні позволяет достичь схема радіального видавлювання с последовательной двухсторонней подачей. Показатель ψ при данной схеме видавлювання изменяется от 1,0 до 0,78 при получении фланцев размером 0,39 до 1,5. Это позволяет рекомендовать схему с двухсторонней подачей металла для малоотходного производства деталей с фланцем.

Сравнение показывает небольшое отклонение теории от эксперимента в пределах 7%.

Список литературы.

1. Абхари П. Определение величины утяжины в процессе радиального выдавливания / П. Абхари // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : Матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції. – Краматорськ, 2009. – 4 с.
2. Алиева Л.И. Формоизменение в процессе радиального выдавливания высоких фланцев / Л.И. Алиева, П. Абхари, Я.Г. Жбанков // Вісник ДДМА. – 2009. – № 1(15). – С. 27–32.
3. Алиев И. С. Моделирование процесса радиального выдавливания фланцев с применением противодействия / И. С. Алиев, Я. Г. Жбанков, Е. И. Коцюбовская // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тематичн. зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА, 2006. – С. 53-58.
4. Алиева Л.И. Прогнозирование незаполнения полости штампа в процессе радиального выдавливания / Л.И. Алиева, П. Абхари, Я.Г. Жбанков // Вісник ДДМА. – 2009. – №1(4E). – С. 8–14 – Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009_1/article/09AISCEP.pdf.
5. Алиева Л.И. Формообразование утолщений на полых и сплошных заготовках / Л.И. Алиева, Р.С. Борисов // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Тематич. зб. наук. пр. – Краматорськ-Слов'янськ: ДДМА, 2003. – С. 262-267.
6. Оценка деформируемости заготовок при радиальном выдавливании с противодействием / Е.И. Коцюбовская, И.О. Сивак, Л.И. Алиева, С.В. Куценко // Обработка металлов давлением. Сборник научных трудов. – Краматорськ: ДГМА, 2008. – № 1(19). – С. 29–33.
7. Игнатенко В. Н. Применение холодной объемной штамповки в заготовительном производстве / В. Н. Игнатенко // Обработка металлов давлением. Сборник научных трудов. – Краматорськ: ДГМА, 2008. – № 1(19). – С. 168–170.
8. Алиева Л.И. Исследование процессов радиального выдавливания методом конечных элементов / Л.И. Алиева, П. Абхари, Я.Г. Жбанков // Обработка материалов давлением: Сборник научных трудов. – Краматорськ: ДГМА, 2009. – № 1 (20). – С. 19–24.
9. Алиева Л. И. Прогнозирование незаполнения полости штампа в процессе радиального выдавливания / Л. И. Алиева, П. Абхари, Я. Г. Жбанков // Вестник ДГМА. – 2009. – № 1(4E). – С. 8–14 – Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009_1/article/09AISCEP.pdf.