

УДК 621.7.04

УПРАВЛЕНИЕ РАЗНОТОЛЩИННОСТЬЮ ПРИ ПНЕВМОТЕРМИЧЕСКОЙ ФОРМОВКЕ В РЕЖИМЕ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

© Осипов Сергей Александрович; Мироненко Владимир Витальевич;
Максименко Никита Владимирович

ГОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет». Россия, г. Иркутск. E-mail: osipov_sa@istu.edu

Котов Вячеслав Валерьевич, канд. техн. наук

Представительство компании ESI Group в РФ, исполнительный директор

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина». Россия, г. Екатеринбург

Статья поступила 22.01.2013 г.

Приведены результаты моделирования по методам управления разнотолщиной при пневмотермической формовке в режиме сверхпластичности. Даны рекомендации по использованию каждого из методов и на примере детали из титанового сплава BT-20 показаны распределения толщин на детали для каждого способа.

Ключевые слова: пневмотермическая формовка листовых деталей; эффект сверхпластичности; управление разнотолщиной.

При пневмотермической формовке в режиме сверхпластичности весьма актуальным является управление изменением толщины по площади детали. В отдельных случаях существует ограничение на уменьшение толщины в ответственных зонах поверхности детали. В результате моделирования разных вариантов процесса пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности показана возможность управления изменением толщины по площади детали.

Анализ разных способов проводили на примере формообразования детали типа «днище» толщиной 1 мм с тремя элементами конструкции типа «бобышка» на дне детали (рис. 1).

При моделировании использовалась упрощенная модель поведения материала в режиме сверхпластичности [1]

$$\sigma = K \dot{\epsilon}^m,$$

где K – коэффициент пропорциональности; $\dot{\epsilon}$ – скорость деформации; m – модуль скоростного упрочнения; σ – напряжение.

В качестве программного комплекса для моделирования процесса пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности использован комплекс PAM-STAMP 2G французской фирмы ESI Group. Для анализа формовки детали типа «днище» был выбран сплав BT20 со следующими параметрами:

- модуль Юнга – 112 ГПа;
- коэффициент Пуассона – 0,333;

- плотность – $4,5 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³;
- коэффициент пропорциональности – 0,597488 ГПа;
- скорость деформации – $0,0016$ с⁻¹ [2];
- модуль скоростного упрочнения – 0,42 [2].

Формообразование во всех способах ведется только за счет утонения заготовки.

Первый способ – «формовка». В этом случае давление подается на заготовку сверху, а внизу находится матрица, соответствующая контуру детали (рис. 2, а). В процессе формообразования деталь деформируется и принимает форму матрицы. Это классический способ получения деталей пневмотермической формовкой в режиме сверхпластичности (рис. 2, б, в).

В результате моделирования процесса «формовка» получено распределение толщины. Наибольшую толщину (1 мм) имеет фланец детали, а наименьшую (0,55 мм) – углы у дна и бобышки, так как они формуруются в конце процесса (рис. 3).

Второй способ пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности – формообразование деталей способом **обжима**. Суть данного метода заключается в том, что матрица соответствует контуру перевернутой детали. В остальном данный способ аналогичен «формовке» (рис. 4). Деталь деформируется так, что в первую очередь формуется ее дно. Этот способ используют в тех случаях, когда нужно получить максимальную толщину дна, а фланца – минимальную.

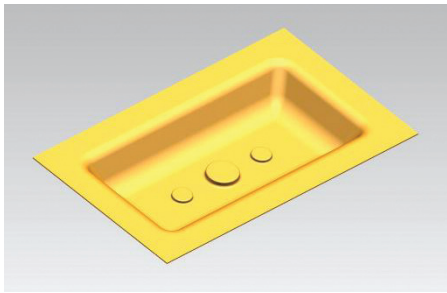


Рис. 1. Деталь типа «дноще»

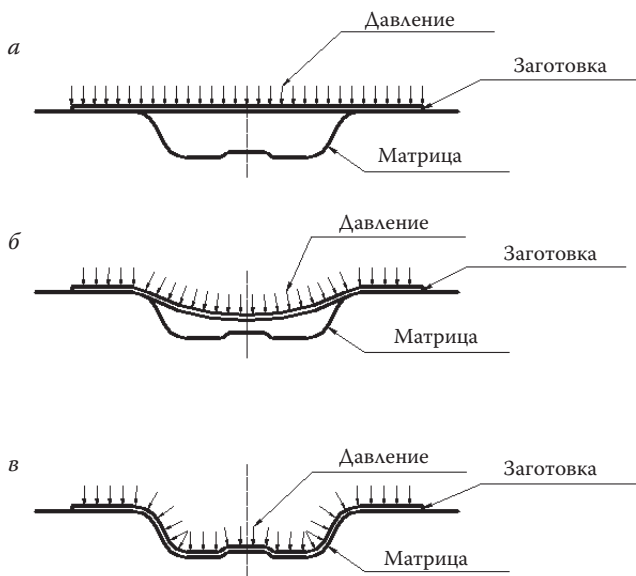


Рис. 2. Схема формообразования способом пневмотермической формовки («формовка»)

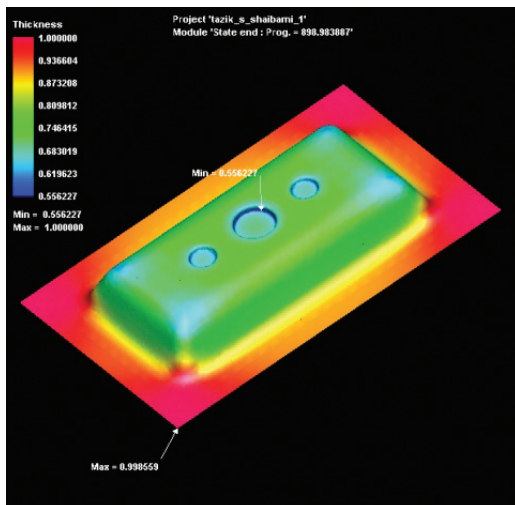


Рис. 3. Распределение толщины при формообразовании способом пневмотермической формовки («формовка»)

В результате моделирования процесса формообразования по схеме «обжим» наибольшую толщину (0,92 мм) имеет дно детали, а наименьшую

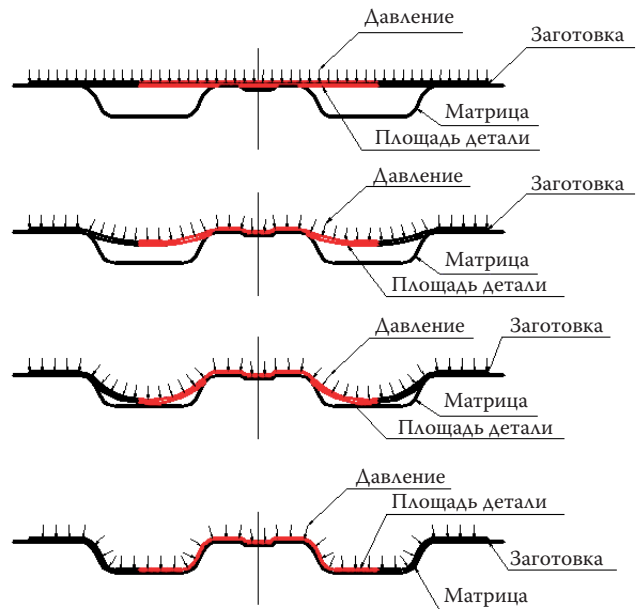


Рис. 4. Схема формообразования «обжим»

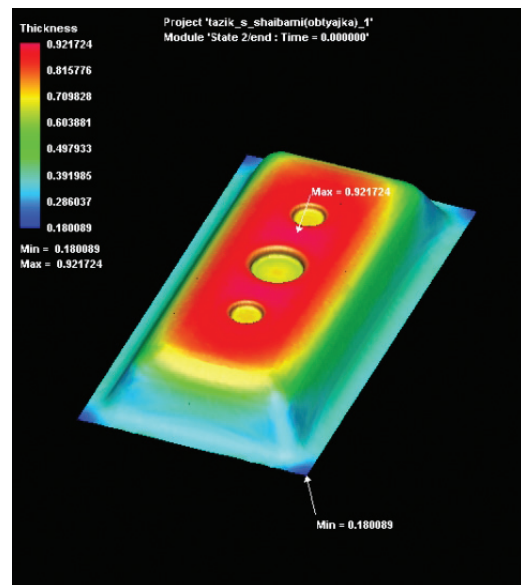


Рис. 5. Распределение толщины по схеме формообразования «обжим»

(0,18 мм) – фланцы (рис. 5). В этой схеме дно детали соприкасается с матрицей раньше, поэтому его толщина меняется менее интенсивно (за счет действия сил трения), чем в местах, где заготовка формируется свободно.

Третий способ основан на том же эффекте, что и «обжим», только в данном случае это достигается не формой оснастки, а движущимся элементом, который всегда находится в контакте с заготовкой (рис. 6). Этот способ используется в случаях, когда на определенной площади стенок детали необходимо получить бóльшую толщину.

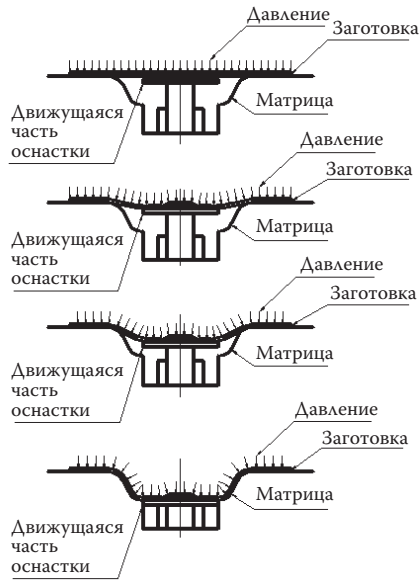


Рис. 6. Схема формования «формовка контактной площадью»

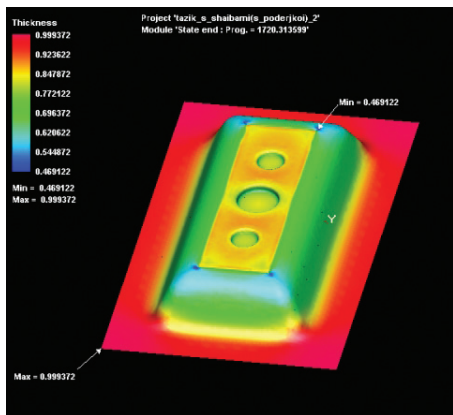
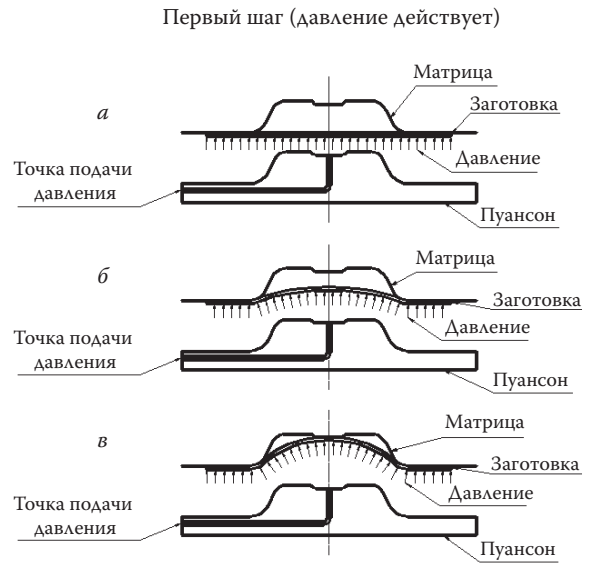
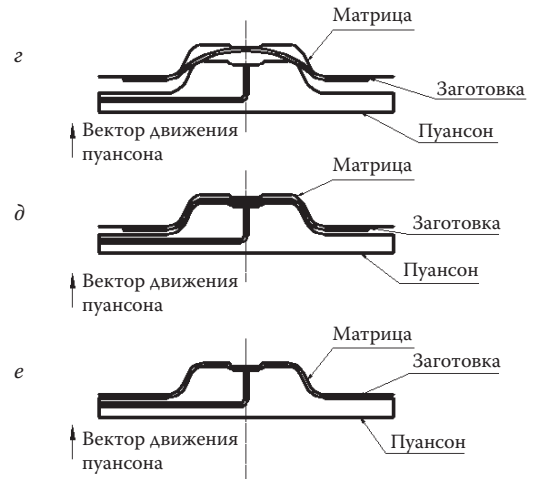


Рис. 7. Распределение толщины по схеме формования «формовка контактной площадью»: толщина максимальная – 1 мм; минимальная – 0,45 мм

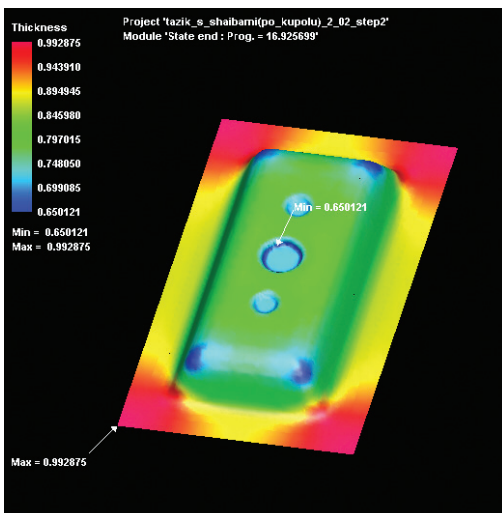


Первый шаг (давление действует)

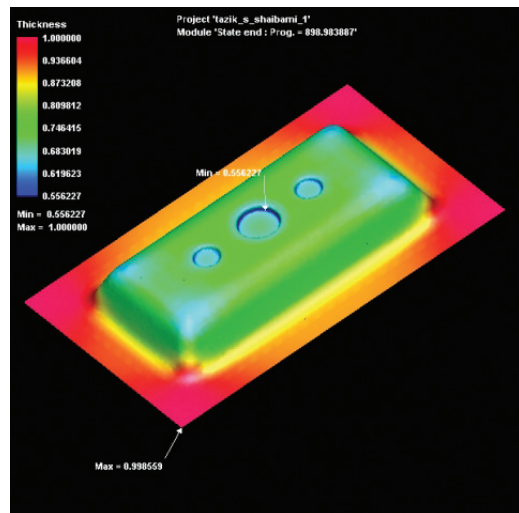


Второй шаг (давление не действует)

Рис. 8. Схема формования «комбинированная за два шага»



а



б

Рис. 9. Сравнение распределения толщины детали по схемам формования «комбинированная за два шага» (а) и «формовка» (б): а – толщина максимальная – 1 мм; минимальная – 0,65 мм; б – толщина максимальная – 1 мм; минимальная – 0,55 мм

В результате моделирования процесса по схеме «**формовка контактной площадью**» видно, что толщина в области контакта с движущимся элементом равна исходной толщине заготовки, одинакова по всей площади контакта и ограничена площадью этого элемента (рис. 7). Преимущество данного способа состоит в том, что можно задавать зоны с различной толщиной, кроме того, можно варьировать расположение и размеры этих зон.

Четвертый способ является комбинированным решением – «**формовка за два шага**», дающим в целом лучшее распределение толщины по всей площади детали. Данный способ заключается в том, что сначала заготовка формуется свободно (под давлением газа) в матрицу до касания с первым элементом детали по схеме «формовка» (рис. 8, а–в), а на втором шаге деталь формируется за счет движения пуансона к матрице (рис. 8, г–е).

В результате моделирования процесса формовки по схеме «**комбинированная за два шага**» удалось получить распределение толщины, подобное полученному при схеме «формовка» с одним отличием: при этой схеме минимальная толщина равна 0,65 мм, что больше,

чем в способе «формовка» – 0,55 мм (рис. 9). Следовательно, полученный уровень толщины по всей площади детали, формируемой по схеме «комбинированная за два шага», больше. Данный способ формообразования рекомендуется в качестве альтернативы схеме «формовка», однако при этом усложняются система и конструкция оснастки.

Заключение. Анализ полученных моделей показывает, что существуют достаточно эффективные способы управления разнотолщинностью при пневмотермической формовке в режиме сверхпластичности. Они позволяют как локально, так и на больших площадях и в разных зонах или сохранить исходную толщину детали, или уменьшить ее с обеспечением необходимой прочности детали в этом месте.

Библиографический список

1. Чумаченко Е.Н., Смирнов О.М., Цепин М.А. Сверхпластичность: материалы, теория, технологии. М. : КомКнига, 2005. 189 с.
2. Смирнов О.М. Обработка металлов давлением в состоянии сверхпластичности. М. : Машиностроение, 1979. 320 с.

MANAGEMENT OF THICKNESS VARIATION AT PNEUMOTHERMAL FORMING IN MODE OF SUPERPLASTICITY

© Osipov S.A.; Mironenko V.V.; Maksimenko N.V.; Kotov V.V., PhD

Results of modeling on management methods of thickness are resulted at pneumothermal forming in a superplasticity regime. Recommendations about use of each of methods and on an instance of a detail from titanic alloy BT-20 are made as well as distributions of detail thickness for each way are shown.

Keywords: pneumothermal forming sheet details; effect of superplasticity; management thickness.