

УДК 621.7.04

ФОРМОВКА ТРОЙНИКА СО СЛОЖНЫМ ВНУТРЕННИМ ЖЕСТКОСТНЫМ КОНСТРУКТИВНЫМ НАБОРОМ В РЕЖИМЕ СВЕРХПЛАСТИЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ДИФфуЗИОННОЙ СВАРКИ

© **Шмаков Андрей Константинович**, канд. техн. наук; **Мироненко Владимир Витальевич**; **Киришина Кристина Константиновна**

ГОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет». Россия, г. Иркутск

Котов Вячеслав Валерьевич, канд. техн. наук

Исполнительный директор Представительства компании ESI Group в РФ,

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

E-mail: viacheslav.kotov@esi-group.com

Статья поступила 11.03.2013 г.

Описан метод изготовления детали типа тройник со сложным внутренним жесткостным конструктивным набором. Описаны основные этапы совмещенного процесса пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности с применением диффузионной сварки. Смоделирован процесс пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности после диффузионной сварки детали типа тройник и показаны результаты расчета.

Ключевые слова: пневмотермическая формовка листовых деталей; эффект сверхпластичности; трубные детали из листов.

Ввиду сложности системы распределения газа, системы кондиционирования жидкости в масляной системе существует необходимость в использовании сложных трубных деталей для разделения потоков с помощью внутренних конструктивных элементов. Детали такого типа могут заменить множество трубных деталей, не имеющих внутри конструктивных элементов для разделения потоков. В данной работе рассмотрен один из способов изготовления трубных деталей со сложным внутренним жесткостным конструктивным набором на примере детали типа тройник с большой трубой диаметром 30 мм и с разветвлением диаметром 25 мм (рис. 1).

Так как деталь отличается сложностью и уникальностью конструкции, ее изготовление классическим способом невозможно. Рассмотрим вариант получения такой детали совмещенным процессом пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности с применением диффузионной сварки. Деталь изготавливается из четырех листов, соединенных диффузионной сваркой.

Первый этап – зональное нанесение антисварочного покрытия на место, где будет происходить процесс диффузии.

На *следующем этапе* листы складываются сверху вниз в порядке, показанном на рис. 2, и

точечно свариваются по торцам. Затем заготовка помещается в оснастку гидравлического пресса для осуществления процесса пневмотермического формообразования в режиме сверхпластичности. Процесс протекает при температуре 910 °С и давлении порядка 1 МПа, в результате чего происходит процесс диффузионной сварки листов.

Процесс пневмотермического формообразования в режиме сверхпластичности смоделирован в программном комплексе PAM-STAMP 2G французской фирмы ESI Group. Для расчета используется модель материала, в которой напряжения зависят непосредственно от скорости деформации [1]

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

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

Для создания модели из сплава ВТ20 используются следующие параметры:

- 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 [2];
- модуль скоростного упрочнения – 0,42 [2].

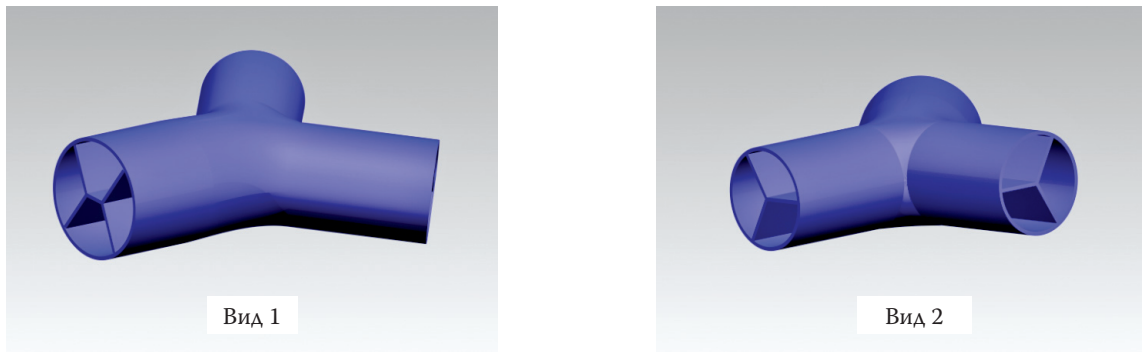


Рис. 1. Деталь типа тройник со сложным внутренним конструктивным набором для усиления жесткости

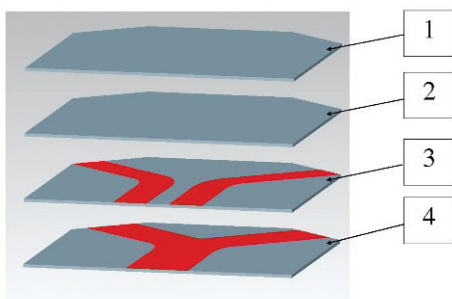


Рис. 2. Нумерация заготовок

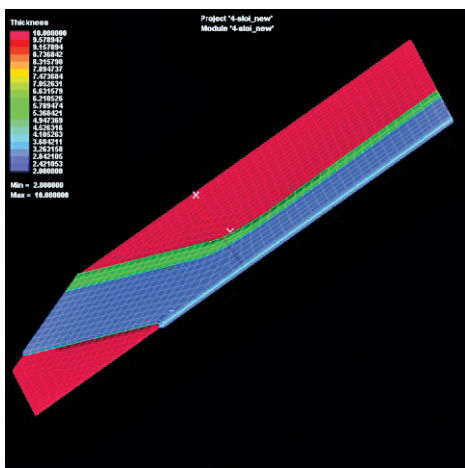
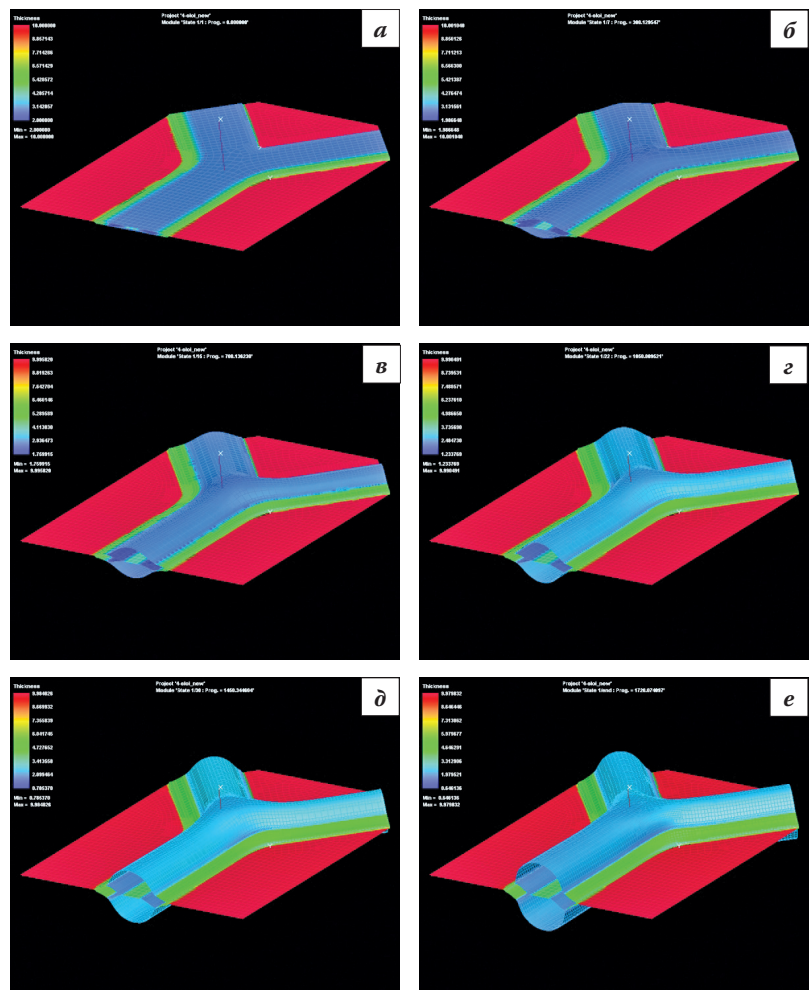


Рис. 3. Распределение толщин пакета заготовок в разрезе после диффузионной сварки



Вид	Время, с	Толщина, мм	
		Максимальная	Минимальная
<i>a</i>	0	10	2
<i>б</i>	300	10	1,98
<i>в</i>	705	10	1,75
<i>г</i>	1050	10	1,23
<i>д</i>	1450	10	0,78
<i>e</i>	1720	10	0,64

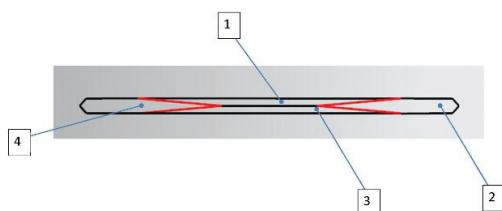


Рис. 4. Схематическое обозначение полостей

Рис. 5. Последовательность формовки на первом этапе

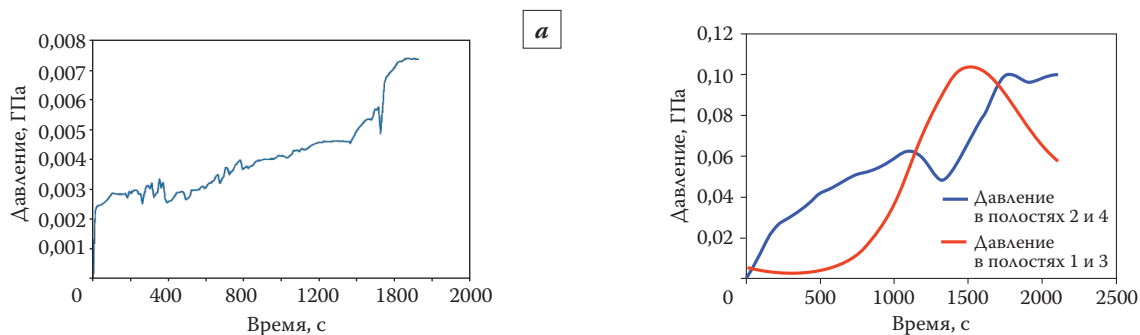


Рис. 6. График изменения давления на первом (а) и на втором (б) этапах формовки

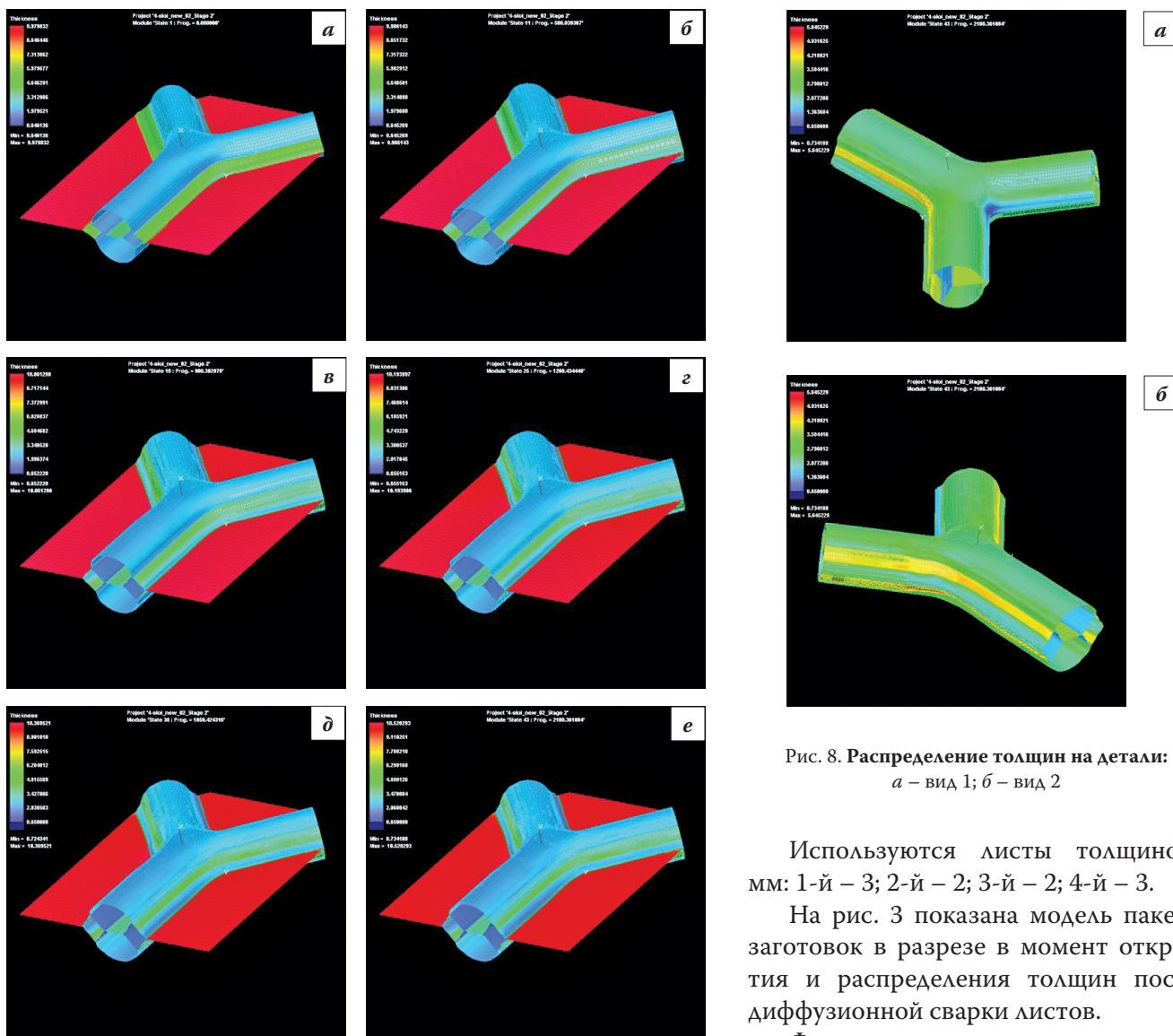


Рис. 8. Распределение толщин на детали: а – вид 1; б – вид 2

Вид	Время, с	Толщина, мм	
		Максимальная	Минимальная
а	0	10	0,64
б	500	10	0,64
в	900	10	0,65
г	1200	10,2	0,65
д	1850	10,3	0,65
е	2100	10,5	0,64

Рис. 7. Последовательность формовки на втором этапе

Используются листы толщиной, мм: 1-й – 3; 2-й – 2; 3-й – 2; 4-й – 3.

На рис. 3 показана модель пакета заготовок в разрезе в момент открытия и распределения толщин после диффузионной сварки листов.

Формовка производится путем создания давления во всех полостях пакета листов с постоянной скоростью деформации по графику для первого этапа. Эта операция производится для того, чтобы части пакета, отмеченные красным цветом (рис. 4), деформировались только в результате перемещения внешних листов, что обеспечивается путем воздействия

давлением на эти листы с двух сторон одновременно.

На рис. 5 показана последовательность формовки детали на первом этапе и на графике рис. 6, а – изменение давления на этом этапе.

На втором этапе давление подается в полости 1 и 3 по графику красного цвета, а в полости 2 и 4 – по графику синего цвета (рис. 6, б).

На рис. 7 представлена последовательность формовки на втором этапе при заданных графиках нагружения (см. рис. 6, б).

В результате моделирования формовки по данному способу получают деталь с минимальной толщиной стенки 0,65 мм и 0,64 мм (рис. 8).

Заключение. Результаты моделирования можно использовать при получении детали данного типа. Внедрение деталей со сложным внутренним жесткостным конструктивным набором

позволит обеспечить проектирование самолетных систем, которые связаны с распределением газа и жидкости, так как это дает возможность разделить потоки благодаря внутреннему жесткостному конструктивному набору. За счет внутренних элементов такие детали будут иметь повышенные прочностные характеристики, что позволит повысить надежность самолетных систем в целом.

Библиографический список

1. Чумаченко Е.Н., Смирнов О.М., Цепин М.А. Сверхпластичность: материалы, теория, технологии. М. : КомКнига, 2005. 320 с.
2. Смирнов О.М. Обработка металлов давлением в состоянии сверхпластичности. М. : Машиностроение, 1979. 184 с.

MOLDING OF TEE PART WITH COMPLEX INTERNAL STIFFNESS STRUCTURAL SET AT MODE OF SUPERPLASTICITY DEFORMATION AND DIFFUSION WELDING

© Shmakov A.K., PhD; Mironenko V.V.; Kirishina K.K.; Kotov V.V., PhD

The method of manufacturing of a detail of type the tee-joint with a difficult internal constructive set is presented. The basic stages of the combined process pneumothermal forming in a regime of superplasticity with diffusion welding application used for manufacturing of the given detail are presented. Process pneumothermal forming in a superplasticity regime following after diffusion welding of a detail of type the tee-joint is simulated and results of calculation are shown.

Keywords: pneumothermal forming sheet details; effect of superplasticity; trumpet details from sheets.

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

ОМК поставила более 1700 т труб для строительства стадиона «Спартак»

Объединенная металлургическая компания (ЗАО «ОМК», Москва) поставила более 1700 т прямошовных труб диаметром от 508 до 1422 мм и толщиной стенок от 10 до 42 мм для строительства стадиона «Спартак» в Москве.

Трубы произведены в соответствии с DIN EN 10219-1 из стали S460 ML на Выксунском металлургическом заводе, входящем в состав ОМК. Отличительной особенностью данного заказа стало выполнение требования по мерной длине труб (допуск на длину составлял $-0/+20$ мм) и повышенные требования к их механическим свойствам. В частности, требование по ударной вязкости предъявлялось при температуре испытания минус 50°C , а также требование Z35 по стандарту DIN EN 101164.

Трубы будут служить опорами для навеса стадиона (козырька). Его конструкция включает две продольные фермы, установленные вдоль футбольного поля, и две поперечные фермы, образующие над стадионом перекрестную взаимосвязанную систему. Длина пролетов — 219 и 180 метров. Согласно проекту, стадион будет представлять собой комплекс, состоящий из футбольного поля с трибунами, вместимостью 44 тыс. человек. Комплекс станет домашней ареной столичного футбольного клуба «Спартак».

Объединенная металлургическая компания продолжит поставки металлопродукции для строительства спортивных объектов. Поставки труб для московского стадиона «Спартак» стали первым проектом в этом ряду.

Пресс-служба ОМК