

УДК 621.7.044

О.В. МАНАНКОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАГОТОВКИ  
ПРИ ШТАМПОВКЕ-ВЫТЯЖКЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛОСКИХ ЗАГОТОВОК  
ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ**

Проведен анализ авиационных деталей, полученных из листовых заготовок штамповкой-вытяжкой. Установлены виды потери устойчивости заготовки. Проанализированы меры по борьбе с потерей устойчивости заготовки, имеющиеся в статике; даны рекомендации для импульсного нагружения. Сформулированы направления дальнейших исследований.

**гофры, потеря устойчивости, электродные пары направленного воздействия, многоместный рядный блок**

Существует широкая номенклатура авиационных деталей со сложной в плане конфигурацией, получаемых штамповкой-вытяжкой из листовых заготовок. Это в основном элементы каркаса самолета и элементы, применяющиеся в оборудовании (корпуса приборов, панели приборов и т.д.) [1]. Общим для этих деталей является наличие стенки, бортов и различных элементов, повышающих жесткость. Также некоторые из них представляют собой сложные замкнутые формы.

Разработка технологического процесса таких деталей представляет собой длительный и сложный процесс. Одна из причин сложности данного процесса – это потеря устойчивости фланцевой части заготовки (образование гофров), а в некоторых случаях и купольной части детали, что приводит к неисправимому браку. Сам же процесс потери устойчивости заготовки при штамповке-вытяжке сложный и многофакторный.

В настоящее время существует несколько традиционных способов борьбы с потерей устойчивости. В первую очередь, это борьба со складками, образующимися на фланцевой части заготовки. При штамповке в жестких матрицах и жестким пуансоном для предотвращения образования складок на фланце применяются следующие способы [2, 3]:

– *вытяжка с прижимом фланца заготовки* (рис. 1, а) – в этом случае для предотвращения образования складок заготовка принудительно прижимается к зеркалу матрицы перед началом вытяжки, т.е. к прижимной плите прикладывается усилие, достаточное для предотвращения потери устойчивости фланца;

– *вытяжка с ограничением высоты образующихся гофров* (рис. 1, б) – неподвижная плита (складкодержатель), которая в период деформирования заготовки находится от зеркала матрицы на расстоянии не более  $(0,1 \dots 0,2)s$ , где  $s$  – толщина заготовки, что ограничивает высоту возникающих на фланце гофров; при переходе через перетяжное ребро матрицы образовавшиеся невысокие пологие гофры разглаживаются в зазоре между пуансоном и матрицей; недостаток этого метода состоит в том, что необходимо точно выдерживать зазор между поверхностями фланца заготовки и складкодержателя, в противном случае на наружной кромке фланца наблюдается пластический изгиб, приводящий к образованию большого числа мелких складок;

– *вытяжка с перегибом фланца заготовки, реверсивная вытяжка* (рис. 1, в) – в процессе вытяжки, вследствие увеличения растягивающих напряжений и момента инерции фланца, последний не

теряет устойчивости почти до конца процесса деформирования; появляющиеся на периферии фланца в начальный момент вытяжки невысокие гофры разглаживаются в зазоре между пуансоном и матрицей; к сожалению, этот способ позволяет получить менее глубокие детали, чем два предыдущих способа.

При штамповке с помощью эластичной среды, когда один из инструментов представляет собой жидкость или резину, возникает угроза потери устойчивости купольной части заготовки из-за слабой ее жесткости.

Эта же проблема существует и при импульсной штамповке-вытяжке. Для предотвращения потери устойчивости при импульсном нагружении заготовки применяются различные мероприятия, часть из которых является такой же, как и при статике. Один из таких методов основан на применении профили-

рованной поверхности для бесприжимной штамповки [4] – метод реверсивной вытяжки (рис. 2). Штамповка по этому методу осуществляется обтяжкой пуансона заготовкой. При обтяжке наружная кромка заготовки скользит по неподвижной опоре специального профиля, при этом образуется глубокий рифт на фланце, увеличивающий его жесткость и предотвращающий потерю устойчивости. Этот метод трудно, а часто и невозможно применить при изготовлении динамическими способами вытяжки тонкостенных изделий, изделий из жестких, сильно упрочняющихся материалов. В этих случаях наиболее эффективно и практически незаменимо применение штампов с прижимным устройством. В работе [5] автором рассмотрен процесс потери устойчивости фланца при импульсной штамповке-вытяжке. Приведен механизм образования складок на фланце

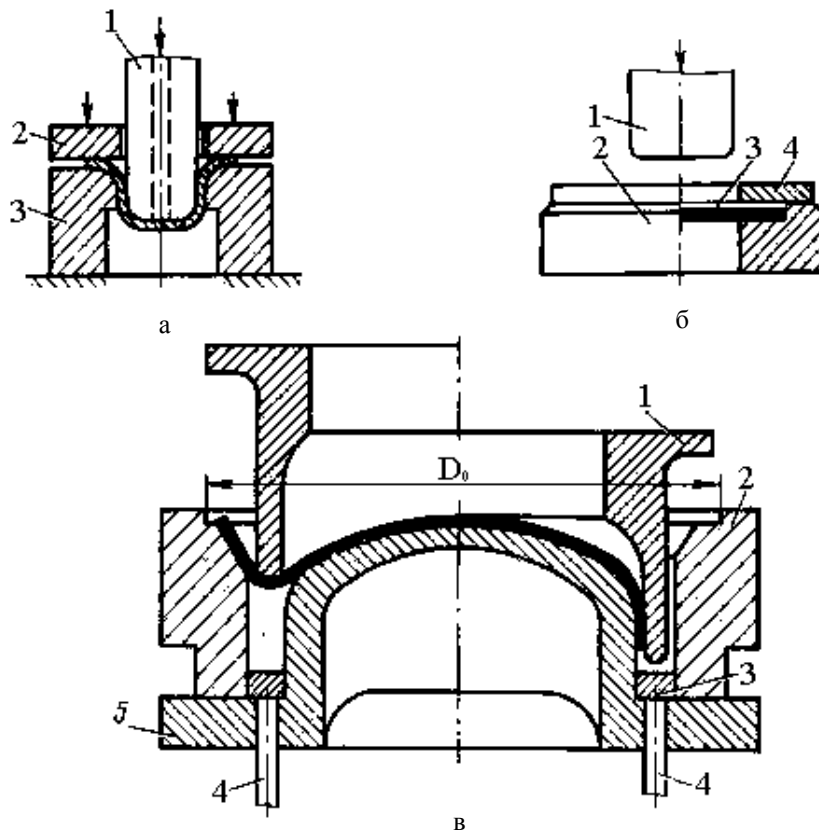


Рис. 1. Схема основных способов предотвращения образования складок на фланце:  
 а – вытяжка с прижимом фланца заготовки: 1 – пуансон, 2 – прижимное кольцо, 3 – матрица;  
 б – вытяжка с ограничением высоты образующих гофров: 1 – пуансон, 2 – матрица, 3 – заготовка,  
 4 – складкодержатель; в – вытяжка с перегибом фланца заготовки: 1 – верхняя круговая матрица,  
 2 – нижняя матрица, 3 – выталкиватель, 4 – штифты выталкивателя, 5 – пуансон,  $D_0$  – диаметр заготовки

при импульсной штамповке, приведены расчетные формулы усилия прижима необходимого для предотвращения складкообразования, а также несколько схем прижимных устройств для импульсной штамповки-вытяжки.

В работе [6] было установлено, что несимметричная форма детали в плане, а также наличие прямолинейных участков перетяжных ребер приводит к неравномерной скорости перемещения фланца заготовки по периметру. Прямолинейный участок фланца, обладая меньшей потребной энергией деформирования, втягивается в полость матрицы более интенсивно, чем на закруглениях. При этом на прямолинейный участок, кроме растягивающих сил, действуют сжимающие, обусловленные тангенциальными сжимающими напряжениями, возникающими на закруглениях фланца, которые при опережающем давлении прямолинейной части фланца и при недостаточном усилии прижима заготовки вызывают гофрообразование.

Кроме этого, если деталь имеет на поверхности различного рода выштамповки, потребная энергия деформирования которых значительно выше, чем на прямолинейных участках фланца, то отштамповать такую деталь за один переход не удастся, т.к. подобранный заряд, необходимый для деформирования выштамповки, получается убыточным для других элементов заготовки. Это приводит к указанным выше дефектам. В противном случае деталь получается недоштампованной. Имеются практические рекомендации по осуществлению процесса взрывной штамповки деталей сложной формы, часть из которых – это профилирование заготовки и разделение операции на несколько переходов.

В работе [7] при электрогидравлической штамповке (ЭГШ) крупногабаритных тонколистовых деталей с отношением диаметра заготовки к ее толщине более 200 – 300, предложен метод последовательных локальных нагружений. Основной трудностью получения таких деталей является возникнове-

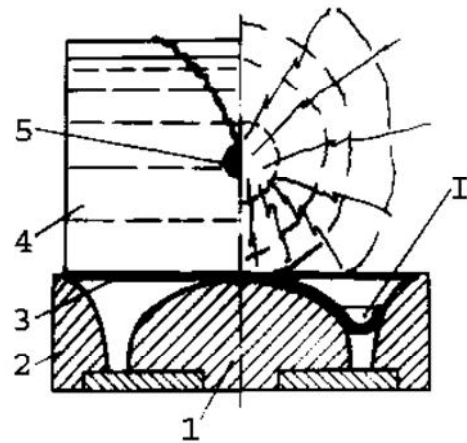


Рис. 2. Схема бесприжимной штамповки зарядом БВВ:

I – рифт на фланце заготовки; 1 – пуансон;  
2 – неподвижная опора; 3 – заготовка;  
4 – разовая емкость с передающей средой – водой; 5 – формообразующий заряд БВВ

ние местной потери устойчивости на фланцевой и купольной частях. Этот метод позволяет увеличить жесткость заготовки в районе перетяжного ребра матрицы путем первоначального нагружения этой зоны, при котором образуются участки с большой кривизной. Затем штампуется центральная часть. Такой метод возможно осуществить только импульсной штамповкой.

Точно такие же проблемы возникают и при электрогидравлической штамповке эллиптических днищ средних размеров  $\varnothing 300 - 400$  мм. Это связано с неустойчивостью кольцевого участка заготовки шириной 100 – 120 мм, свободного от прижима и примыкающего к внутреннему диаметру очага прижимной плиты. Неустойчивость возникает в связи с действующими сжимающими напряжениями в этой зоне при вытяжке фланца заготовки из-под прижима. Такая неустойчивость проявляется в образовании гофров, которые в дальнейшем могут перерасти в складки. Во избежание подобных явлений при вытяжке необходимо на первых стадиях деформирования повысить жесткость неустойчивого участка заготовки путем придания ему значительной кривизны. При этом материал, выходящий из-под прижима, будет опираться на вертикальную стенку матри-

цы. При обработке технологического процесса штамповки эллиптических днищ средних размеров на серийном прессе ПЭГ-25 на начальной стадии на фланце заготовки образуются гофры. Во избежание образования гофров на начальной стадии был использован концентратор силового поля конического типа [8]. Но применение концентратора силового поля усложняет штамповую оснастку и увеличивает время технологического процесса, так как концентратор силового поля необходим только на начальной стадии получения детали.

Созданный в 70-х годах в проблемной лаборатории ЭГШ МИНТ «ХАИ» многоместный разрядный блок (МРБ) для электрогидравлических установок позволил расширить номенклатуру деталей, получаемых электрогидравлической штамповкой. Основным элементом МРБ является электродные пары направленного воздействия (ЭПНВ). Благодаря близко расположенным ЭПНВ, за счет подключения

той или иной электродной пары, можно получить любое распределения нагрузки на поверхности заготовки.

Применение многоместного разрядного блока с ЭПНВ позволили штамповать эллиптические днища без применения концентраторов силового поля [9]. Так, при штамповке тех же эллиптических днищ на опытной установке УЭГШ-2, разработанной автором, оснащенной МРБ с 28 ЭПНВ, расположенных по концентрическим окружностям и одной центральной ЭПНВ. Создавалось поле высокого давления на неустойчивой зоне путем подключения шести ЭПНВ, расположенных на диаметре 360 мм, и шести ЭПНВ, расположенных на диаметре 420 мм (рис. 3). Но окончательно равномерное поле получить не удалось. В работах [10, 11] показано, что на равномерность поля при штамповке на ЭГШ с МРБ влияет большое количество факторов, большая часть которых связаны с конструкцией технологи-

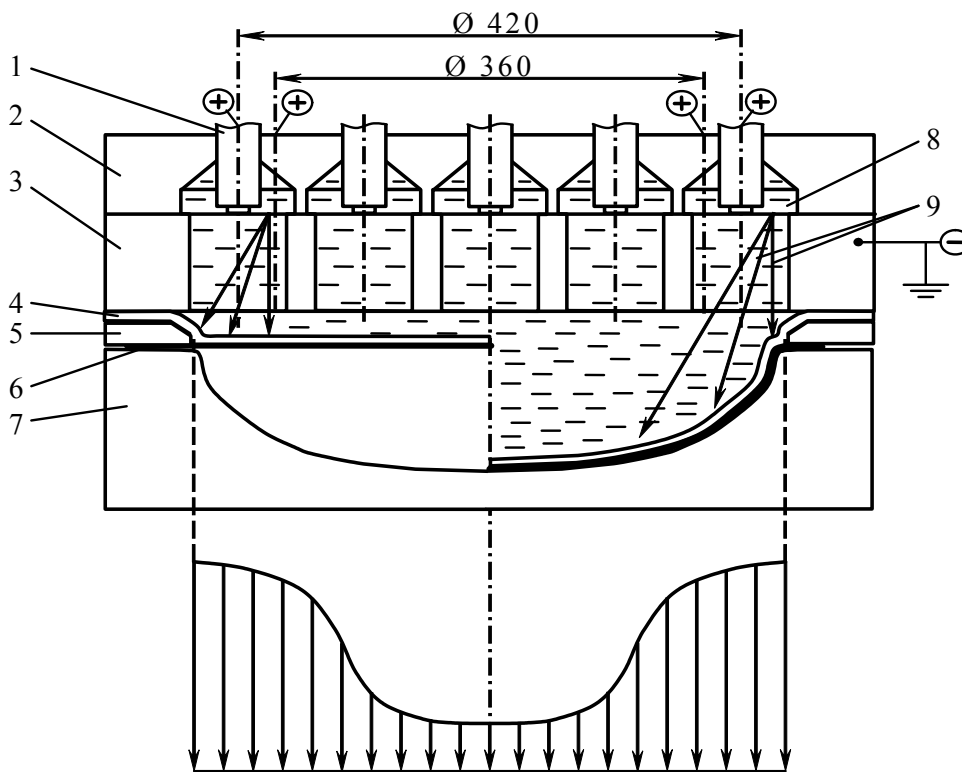


Рис. 3. Схема штамповки и эпюра результирующего давления при штамповке в МРБ: 1 – электрод; 2 – плита с отражателями; 3 – плита с направляющими полостями – «массовый» электрод; 4 – эластичная диафрагма; 5 – прижимная плита; 6 – заготовка; 7 – матрица; 8 – вода; 9 – ударные волны

ческого блока (профиль разрядной камеры, осевое положение электрода в разрядной камере, расстояние от края МРБ до заготовки). В работе [11] было предложено несколько новых перспективных схем МРБ для получения равномерного поля давления на заготовке.

До настоящего времени процесс штамповки-вытяжки деталей на электрогидравлических прессах с многоместным разрядным блоком практически не изучен. Существует только некоторое теоретическое описание процесса вытяжки для определенного класса деталей или практические рекомендации для получения некоторых типов деталей. Обобщенной же теории штамповки-вытяжки деталей на электрогидравлических установках с многоместным разрядным блоком не существует. Данный процесс представляет интерес для дальнейшего более глубокого изучения с целью получения качественных и количественных характеристик и обобщения теории штамповки-вытяжки деталей на электрогидравлических прессах с многоместным разрядным блоком. Это позволит усовершенствовать параметры штамповки-вытяжки при электрогидравлической штамповке на установках с МРБ.

### Литература

1. Современные технологии авиастроения / А.Г. Братухин, Ю.Л. Иванов, В.И. Марьин и др. / Под ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.
2. Шофман Л.А. Теория и расчеты процессов холодной штамповки. – М.: Машиностроение, 1964. – 375 с.
3. Технология самолетостроения / А.Л. Абибов, Н.М. Бирюков, В.В. Бойцов и др. / Под ред. А.Л. Абибова. – М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.
4. Волков А.И. Бесприжимная штамповка взрывом осесимметричных листовых деталей: Дис. канд. техн. наук. – Х., 1965. – 193 с.
5. Чебанов Ю.И. Исследование работы прижимных устройств при высокоскоростной штамповке-вытяжке: Дис. ... канд. техн. наук. – Х., 1966. – 247 с.
6. Горбань В.П. Исследования, разработка и внедрение процесса листовой штамповки деталей авиационных конструкций энергией взрыва: Дис. ... канд. тех. наук: 05.16.05. – Х., 1974. – 122 с.
7. Тараненко М.Е., Чебанов Ю.И., Шипилов Ю.В. О повышении эффективности электрогидроимпульсной штамповки (ЭГИШ) // Импульсная обработка металлов давлением. Темат. сборник науч. тр. – Х.: ХАИ. – 1981. – № 9. – С. 49 – 54.
8. Беляев Ю.П., Витиевский В.И., Смеляков Е.П. Интенсификация электрогидроимпульсной штамповки с помощью концентраторов силового поля // Кузнечно-штамповочное производство. – 1976. – № 6. – С. 10 – 12.
9. Князев М.К. Исследование, разработка и внедрение технологических процессов электрогидравлической штамповки с применением многоэлектродных разрядных блоков: Дис...канд. техн. наук: 05.03.05. – Х., 1995. – 223 с.
10. Князев М.К., Кириенко П.Г., Гадяцкая И.Ю. Оптимизация конструкции разрядных блоков для электрогидравлической штамповки листовых деталей летательных аппаратов // Вопросы проектирования и производства летательных аппаратов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2002. – Вып. 30 (3). – С. 67 – 76.
11. Князев М.К., Чебанов Ю.И., Мананков О.В. Согласование параметров оборудования с характером технологических задач электрогидравлической листовой штамповки // Вопросы проектирования и производства конструкций ЛА. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2004. – Вып. 36 (1). – С. 95 – 102.

*Поступила в редакцию 5.10.2005*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.Я. Мовшович, Научно-исследовательский институт технологии машиностроения, Харьков.