

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР**

**ХАРЬКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
им. Н. Е. Жуковского**

На правах рукописи

Для служебного пользования

экз. № **13**

САВЧЕНКО НИКОЛАЙ ФЕДОРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ
НОВОГО СПОСОБА ГИДРОВЗРЫВНОЙ
ШТАМПОВКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ
ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

(Специальность 05.07.04 — технология производства
летательных аппаратов и двигателей)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Харьков — 1979

Работа выполнена в Харьковском авиационном институте им. Н. Е. Жуковского на кафедре технологии металлов и авиационного материаловедения

Научный руководитель: доктор технических наук
АЛЕКСЕЕВ Ю. Н.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
ЗАВЬЯЛОВА В. И.;
лауреат Государственной премии УССР доцент, кандидат технических наук
БОБОРЫКИН Ю. А.

Ведущее предприятие: Рыбинское производственное объединение моторостроения

Защита диссертации состоится 22 июня 1979 г. в 12 час. 00 мин. на заседании специализированного совета по присуждению ученых степеней (шифр КО53.14.02) по специальности 05.07.04 — технология производства летательных аппаратов и двигателей в Харьковском авиационном институте им. Н. Е. Жуковского по адресу: 310191, г. Харьков, ул. Чкалова, 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан « 22 » июня 1979 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
доцент, к. т. н.



А. И. ВОЛКОВ

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

I. I. Актуальность работы

Решение основных задач развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 гг. в области промышленности, в частности в самолетостроении, требует постоянного совершенствования существующих и разработки новых технологических процессов и оборудования, обеспечивающих возможность улучшения качества продукции и снижения ее металлоемкости.

Одной из основных задач, стоящих перед производством летательных аппаратов и двигателей, является увеличение объема изделий, изготавливаемых прогрессивными методами штамповки-вытяжки и формовки.

Однако при изготовлении тонкостенных изделий (гибкость $\lambda = \frac{d_0}{\delta_0} > 200$, где d_0, δ_0 - диаметр или условный размер и толщина стенок детали) применение методов штамповки ограничивается потерей устойчивости в виде локальных утонений, превышающих допустимые, и гофров, трудно поддающихся последующей правке.

В особенности трудоемко изготовление крупногабаритных изделий, для которых либо требуется уникальное оборудование и оснастка, либо используются малопроизводительные техпроцессы с большим объемом доводочных работ, такие, как выколотка, обкатка и штамповка на падающих молотах. Однако по мере увеличения габаритов изделий эффективность существующих методов настолько снижается, что технологи и конструкторы сознательно заменяют цельнометаллические изделия сборными, штампованными или клепаными, что приводит к ухудшению качества деталей и увеличению их веса.

В настоящее время широко используются импульсные методы штамповки деталей из плоских заготовок, обладающие рядом преимуществ: низкими капитальными затратами, малыми сроками освоения и достаточно большими энергетическими возможностями. Однако и для них, в том числе и для гидравлической штамповки, наиболее предпочтительного метода получения крупногабаритных изделий, формоизменение тонкостенных заготовок технологически

сложно.

Поэтому создание новых технологических процессов изготовления из тонколистовых плоских заготовок крупногабаритных изделий актуально.

1.2. Цель исследования

Целью исследования является:
в области научной исследовать основные особенности управления процессом пластического формоизменения тонколистового металла при гидравлической штамповке изделий
в области практической – разработать новые технологические процессы изготовления из пространственных полуфабрикатов тонкостенных крупногабаритных деталей с применением энергии взрыва и устройства для их осуществления.

1.3. Методика исследований

Теоретические исследования направлены на определение особенностей управления процессом гидравлической штамповки тонколистовых деталей выполнены на основе инженерной теории пластичности, позволившей установить влияние на характер деформированного состояния размеров заготовки и полуфабриката, рациональное количество штамповочных переходов и условия двухосного растяжения полуфабриката, а также потребную работу пластической деформации. Для оценки условий управления параметрами внешней нагрузки (ее распределением по заготовке и длительностью действия) использованы положения линейной акустики.

Экспериментальные исследования разработанных технологических процессов проводились с использованием высокоскоростной регистрирующей и измерительной аппаратуры. Штамповка модельных и натурных деталей осуществлялась в бассейне и бронекамере с применением универсального гидроразрыва.

1.4. Научная новизна

Разработана методика проектирования техпроцессов тонколистовой взрывной штамповки с учетом возможной потери устойчи-

ности заготовки в виде гофров в сжато-растянутых ее зонах, что позволило более точно оценить деформированное состояние тонкостенных деталей на всех этапах их формоизменения.

Проведен теоретический анализ деформированного состояния деталей при их изготовлении двухосным растяжением подуфабрикатов с учетом влияния на процесс формоизменения размеров заготовки и полуфабриката.

Исследованы и определены параметры внешней нагрузки при использовании различных устройств в виде экранов для перераспределения внешней нагрузки по заготовке, уменьшения дистанции взрыва и улучшения характера распределения утонений на стенках изделий.

Разработаны новые технологические процессы и устройства для осуществления.

1.5. Практическая ценность

На основе проведенных исследований разработаны новые технологические схемы штамповки взрывом и даны рекомендации по изготовлению крупногабаритных тонкостенных деталей детальных аппаратов и двигателей типа осесимметричных или близких к ним по форме днищ с толщиной $\lambda > 200$.

Новые процессы обеспечивают улучшение качества изделий за счет более равномерного распределения утонений на их стенках, а также полного устранения гофров.

Разработана оснастка для изготовления крупногабаритных деталей, удовлетворяющая требованиям мелкосерийного и серийного производства.

Результаты исследований могут быть широко использованы на авиационных предприятиях, а также в химическом машиностроении и других отраслях промышленности при изготовлении осебортонкостенных и крупногабаритных изделий.

1.6. Практическая реализация работы

Разработанные технологические процессы тонкостеновой штамповки крупногабаритных деталей внедрены на Архангельском

машиностроительном заводе им. Н. И. Саввина, Опытном производстве физико-технического института низких температур АН УССР (г. Харьков), моторостроительном проектно бюро (г. Казань).

1.7. Апробация работы

Основные результаты работы докладывались на научно-технических семинарах кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения и научно-технических конференциях Харьковского авиационного института в 1972-1978 гг., республиканских научно-технических конференциях молодых специалистов и ИТО в 1973-76 гг. (г. Киев), а также на всесоюзных научно-технических конференциях "Современные проблемы двигателей и энергетических установок летательных аппаратов" (г. Москва, 1976 г.) и "Технология и оборудование для импульсной обработки металлов давлением" (г. Казань, 1976 г.).

1.8. Публикации

Результаты исследований изложены в десяти статьях, двенадцати авторских свидетельствах и положительных решениях по заявкам на предполагаемые изобретения.

1.9. Объем работы

Реферируемая работа состоит из введения, четырех глав и выводов. Она изложена на 153 страницах машинописного текста, содержит 52 иллюстрации, 21 таблицу и список литературы из 80 наименований.

2. СО Д Е Р Ж А Н И Е

2.1. Постановка задачи

Увеличение народно хозяйственного значения авиации приводит к стремительному росту объема перевозок и связано с повышением производительности пассажирских самолетов и летательных аппаратов, достигаемой прежде всего за счет увеличения их

рейсовой скорости, грузоподъемности и габаритов. Это обуславливает существование тенденции к непрерывному увеличению доли крупногабаритных, цельноштампованных изделий в конструкторских деталях аппаратов и двигателей.

Вместе с тем обзор литературных источников показывает, что технологические возможности существующих техпроцессов и оборудования при изготовлении изделий диаметром более 1 м и гибкостью $\lambda > 200 \dots 500$ не удовлетворяют современным конструктивным требованиям. Имеющиеся технологические решения базируются на техпроцессах, в которых на всех стадиях формоизменения (реже - только на конечных) создается напряженно-деформированное состояние, близкое к объемному сжатию. К таким техпроцессам можно отнести штамповку истинным пуансоном в эластичную матрицу, пакетную штамповку, штамповку с применением дополнительных сил: держателей - сферических, конических и др. Эти методы сложны, требуют больших затрат на оснастку, а при прессовой штамповке их применение ограничивается отсутствием оборудования для изготовления деталей нужных габаритов.

Более предпочтительны по экономическим соображениям методы штамповки в условиях плоского напряженного состояния: требуются меньшие удельные давления при формоизменении заготовки, снижается стоимость оснастки.

Установлено, что для изготовления крупногабаритных (диаметром $d_0 > 0,5 \dots 1$ м) тонкостенных деталей из существующих техпроцессов наиболее перспективна гидроэрозивная штамповка, научный фундамент которой создан целым рядом советских ученых (Р.В.Пихтовников, Ю.С.Навагин, Ю.Н.Аленовев, М.А.Анучин, В.И.Завьялова, Е.И.Исаченков, В.Г.Конюханко, С.М.Полли и др.), а также зарубежными исследователями.

Однако их широкое применение ограничивается из-за взвешивания гофров и локальных утонений изготовлением изделий с гибкостью $\lambda < 200$.

Поэтому для получения тонкостенных крупногабаритных деталей либо искусственно увеличивает толщину стенок (до $\lambda = 150$) с последующим ее уменьшением химическим растворением или механической обработкой, либо изделия изготавливают сборной из отдельных секций с применением сварки или клепки.

Такие решения нетехнологичны и требуют больших производственных затрат. Поэтому для расширения технологических возможностей тонколистовой штамповки был разработан способ получения крупногабаритных деталей из плоских заготовок (п.о. № 601866).

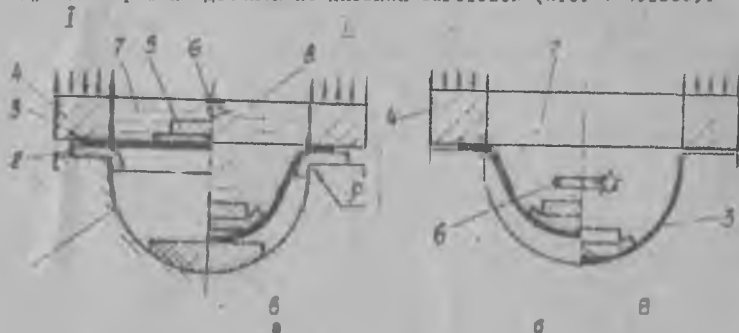


Рис. I. Способ взрывной штамповки тонкостенных крупногабаритных деталей: 1-матрица; 2-сменные матричные кольца; 3-заготовка (деталь, рис. IБ); 4-прижимное кольцо; 5-экран; 6-заряд взрывчатого вещества; 7-передающая среда; 8-эластичные шейки.

Особенностью способа является в отличие от существующих получение штамповкой из плоской заготовки пространственного полуфабриката (рис. Iа, пов. II), близкого по форме и размерам к готовой детали, с последующей его доштамповкой в матрицу (рис. Iб) до окончательных размеров в условиях двухосного растяжения.

Для управления параметрами внешней нагрузки используется экран, предусматривающий не только увеличение длительности внешней нагрузки, что известно из трудов Ю.С. Яковлева, Б.В. Замышляева и применительно к взрывной штамповке разработано Л.А. Михайловым, но и управление характером ее распределения по заготовке.

Предложенный способ улучшает получение изделий без гофров, так как в процессе их штамповки схема напряженно-деформированного состояния более благоприятная, чем для других техпроцессов.

Однако для практической реализации способа необходимо исследовать влияние размеров полуфабриката на качество изделий. Кроме того, нужно систематически изучать рациональные условия получения полуфабриката, так как его изготовление требует разработки специальных мероприятий по интенсификации процесса, среди которых наиболее существенная роль принадлежит вопросам управления параметрами внешней нагрузки.

Исходя из этого в работе поставлены следующие задачи:

1. Определить рациональные режимы формоизменения тонколистовых заготовок при гидровзрывной штамповке с учетом характера деформированного состояния. Предложить схемы устройств для осуществления технологических процессов.

2. Установить основные особенности управления параметрами внешней нагрузки при применении экранов. Оценить их технологические преимущества и влияние на улучшение качества деталей. Определить основные технологические параметры.

3. Разработать инженерную методику проектирования технологических процессов гидровзрывной штамповки тонкостенных деталей с управлением процессом пластического формоизменения на всех этапах деформирования плоской и пространственной заготовки.

4. Экспериментально исследовать разработанные техпроцессы и подтвердить полученные теоретические зависимости по определению основных технологических параметров.

5. Дать практические рекомендации для внедрения в промышленность разработанных техпроцессов и устройств с обоснованием их технико-экономической эффективности.

2.2. Определение основных технологических параметров гидровзрывной тонколистовой штамповки

Основными параметрами, определения которых дает возможность проектировать рациональные техпроцессы тонколистовой штамповки деталей летательных аппаратов и двигателей, являются размеры заготовки и полуфабриката, работа пластического деформирования при штамповке полуфабриката и последующей его доформовке, и потребный вес заряда взрывчатого вещества (ВВ), дистанция взрыва и характер распределения деформаций на стенках изделий.

Исследование процесса пластического формоизменения с учетом утонений стенок при штамповке полуфабриката и его двухосном растяжении может быть отнесено к числу наиболее сложных задач пластичности. Это обусловлено значительным изменением геометрии

заготовки и полуфабриката при их формоизменении, неопределенностью границ пластических зон и различным характером напряженно-деформированного состояния периферийных и купольных зон детали.

Поэтому в работе для определения основных технологических параметров принят ряд допущений: процесс предполагается осесимметричным, такие эффекты, как "утяжка" фланца и неравномерная, обусловленная анизотропностью материала, вытяжка, отсутствуют; при оценке параметров внешней нагрузки, регулируемой с помощью экранов, считаем, что распространение ударных волн происходит в соответствии с законом линейной акустики.

На основе вышеизложенного деформирование полуфабриката в условиях его двухосного растяжения описывается схемой (рис.2).

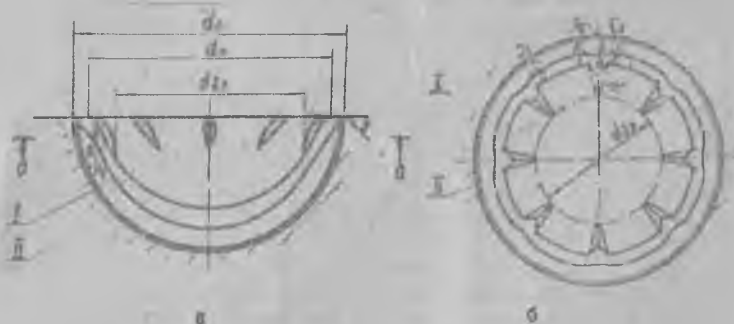


Рис.2. Схема двухосного растяжения полуфабриката:

а) - характер изменения формы полуфабриката в meridionalном сечении и б) - в поперечном.

В соответствии с принятой схемой, подтвержденной экспериментально, процесс формоизменения полуфабриката разделяется на два этапа:

- а) изгиб кольцевого участка вокруг протяжного ребра матрицы без или при малом изменении формы купольной зоны полуфабриката;
- б) совместное деформирование купольной и периферийной зон полуфабриката.

На первом этапе деформации купольной зоны, обусловленные ее разгибанием и растяжением, не превосходят 3%. Полуфабрикат

Количество штамповочных переходов зависит от степени вытяжки фланца, относительной глубины штамповки и допустимого утонения детали, $\lambda = 2 \dots 3$. Приводится методика определения степени вытяжки с учетом уменьшения до минимума величин технологического припуска.

Разработаны приемы интенсификации зарядной штамповки-вытяжки. Учтено, что перемещение материала осуществляется в период разгона и торможения. При этом окончание периода разгона совпадает с оформлением заготовки в пространственный полуфабрикат, глубине штамповки которого линейно зависит от величины радиуса закругления протяжного ребра ρ . Определена радиальная его величина

$$\rho = [\beta k_0 - \gamma] d_n, \quad (17)$$

где β и γ - коэффициенты, полученные на основании статистических обработанных результатов; $\beta = 0,375$; $\gamma = 0,5$.

Другим приемом интенсификации штамповки является улучшение характера распределения внешней нагрузки по заготовке.

Определение условий перераспределения внешней нагрузки с помощью экранов обосновано на основании расчетов условий распространения акустических лучей и их рефракции (преломления) на границе раздела экран-передающая среда.

Теоретически определены поля давлений для параболического, в виде акустической линзы, и плоского экрана. Установлена возможность получения плоских (экран-параболическая линза), эллиптических (экраны в виде плоской преграды) и других типов волновых полей в зависимости от геометрии экрана и распространяющихся в нем волн (продольной, поперечной и релеевской).

Проведена оценка технологической эффективности экранирования: влияние поля давлений на распределение деформаций на стенках полуфабрикатов и изделий, на величину степени вытяжки фланца и на величину гофров и характер их устранения при раздвиге.

Определены потребная работа пластической деформации полуфабриката, вес заряда ВВ.

2.3. Экспериментальные исследования гидроударной тонкостенной штамповки

Глава содержит экспериментальные исследования нового технологического процесса гидроударной штамповки тонкостенных деталей. Описана методика и оборудование, применяемое при отработке технологического процесса и проверке основных теоретических результатов.

Для исследования характера деформированного состояния изделий при их получении двукратным растяжением полуфабрикатов, изучения особенностей интенсификации процесса штамповки как на первых, так и вторых переходах использовали заготовки толщиной от 0,1 до 0,5 мм (из Д16АМЛ0,5; АМц л 0,5; ОТ-4 л 0,4; ВТИ-0 л 0,4; 12Х18Н10Т л 0,12; АД0 л 0,12). Это позволило на модельных образцах и оснастке исследовать особенности изготовления изделий с широким диапазоном изменения гибкости $\lambda = 200-1000$ и механических характеристик.

Эксперименты по изучению условий управления параметрами внешней нагрузки проводили с экранами, толщина которых менялась в широких пределах от (0,1...10) $C_0 \theta$ (C_0 - скорость звука в гидросреде, θ - характерное время действия экспоненциального импульса). В качестве материалов для экранов использовались сталь ст.3 и сплав Д16АТ.

Для исследования условий перераспределения ударных волн по заготовке применялась скоростная фоторегистрирующая аппаратура с хорошей развешивающей способностью (теневого прибор ИАБ-451) в комплексе со сверхскоростной фоторегистрирующей установкой (СФР-2М). Эксперименты подтвердили правильность теоретических предположений при расчете эпил трансформированных ударных волн: применение экранов, выполняемых как акустическая линза - в виде параболической оболочки, обращенной выпуклостью и вглубь взрывчатого вещества, - позволяет преобразовывать сферические ударные волны в плоские; с помощью плоских и проф. лировачных экранов (в виде резервуара с размещением внутри его полости Γ -удлов ВВ и параболического сегмента) подтверждено возможность получения эллипсоидальных, конических и П-образных (их интенсивность минимальна под экраном) эпил внешней нагрузки.

С помощью специальных пьезоэлектрических датчиков давления с акустической развязкой проведена оценка величины и изменения во времени трансформированной экраном ударной волны.

Построены графики, характеризующие зависимость давлений в трансформированной волне от соотношения акустических сопротивлений экрана и передающей среды и толщины экрана и условной длиной прямой ударной волны ($C_0 \theta$).

Проведенные исследования показали возможность существенного уменьшения дистанции взрыва до (0,05...0,1) d_0 (d_0 - диаметр детали) и позволяют разработать рекомендации при проектировании техпроцессов по выбору высоты оборудования (басейнов и бронеканалов), учесть влияние экранов на характер распределения и величину гофров на поверхности полуфабрикатов. Установлено, что применение экранов в качестве жестких присоединенных масс размером, на 5...20% большим, чем диаметр вышнего двухосного растягивания, позволяет уменьшить размеры зон заготовки, подверженных потере устойчивости в виде гофров, и снижает, а при $\lambda < 400$ практически полностью исключает возможность их возникновения.

Изучение влияния схем деформирования и экранирования зарядов ВВ на штамповку тонкостенных изделий осуществлялось в опытке со специальными матричными кольцами, допускающими изготовление модельных изделий диаметром от 0,05 до 0,3м. Штамповались заготовки с начальными коэффициентами вытяжки $k_0 = 1,3...1,8$.

На рис.3 приведены модельные полуфабрикат и деталь типа "параболический обтекатель" ($\lambda = 320$), отштампованная за два перехода на полуфабриката с относительной высотой гофров $h_r \leq 0,6$.

Неравномерность утонений в купольной и периферийных зонах заготовки не превосходит 10...12%.

Исследовано влияние высоты гофров, их размещения на величину



Рис.3. Модельная деталь из алюминия типа обтекателя с $\lambda = 320$, $f = 0,4$, $d_0 = 160$, отштампована из полуфабриката с гофрами

дит 10...12%.

Исследовано влияние высоты гофров, их размещения на величину

утолщений в горизонтальном сечении детали.

Приводятся графики распределения деформаций на стенках типовых модельных деталей. Замеры деформаций производили методом сетки и рисун.

Установлено, что по сравнению с традиционными методами ("однооперационными") разнотолщинность стенок деталей за счет более интенсивного растяжения периферийных зон заготовки на 5...10% меньше.

Эксперименты подтвердили технологическую эффективность разработанного способа для изготовления штамповкой плоских заготовок крупногабаритных тонкостенных деталей.

2.4. Практическая реализация разработанных техпроцессов и их экономическая эффективность

Глава посвящена проектированию типовых технологических процессов оснастки и оборудования для гидровырывной штамповки тонкостенных крупногабаритных деталей.

Наиболее предпочтительная область применения разработанного техпроцесса - это изготовление осесимметричных и близких к ним по форме изделий двойной кривизны с относительной глубиной $f \leq 0,5$: стандартные эллиптические, параболические и сферические днища топливных баков, вытеснительные мембраны, корпуса приборных отсеков, чаши и обтекатели.

Детали с относительной глубиной $f \leq 0,4$ штампуются за два штамповочных перехода, более глубокие изделия - за три: первый переход - штамповка-вытяжка - обеспечивает оформленные полуфабриката;

второй и последующий - доштамповку полуфабриката в условиях двухосного растяжения; при трехоперационной штамповке второй переход предусматривает интенсификацию процесса получения полуфабриката за счет вытяжки и более интенсивного растяжения периферийных зон заготовки.

При штамповке тонкостенных изделий с жесткостью $\lambda > 400$ целесообразно ограничить величину совместного смещения экрана и заготовки для предупреждения ее просечки. Для этого разработаны и рекомендуются оригинальные устройства, в которых максимальное смещение экрана относительно заготовки регулируется

с помощью эластичных прокладок.

Для уменьшения стоимости крупногабаритной оснастки предложено использовать сменные формовальные элементы в виде круг, размещаемых в универсальном контейнере. Для увеличения КИМ'а на 10...15% рекомендуется снижение технологических припусков за счет уменьшения радиусов протяжных и тупоконечных матриц до (2...3) раз на конечных штамповочных переходах.

Все рекомендации по выбору параметров техпроцесса приведены в удобном для практического применения виде, номограммами и графиками.

Внедрение новых процессов осуществлялось на Арсеньевском машиностроительном заводе, где штамповались детали гибкостью

$\lambda = 340$, диаметром $d_0 \leq 0,8$ м и относительной глубиной $f = 0,4$. Детали диаметром от 0,5 до 0,8 м штамповались из алюминиевых сплавов АМц и АМг3 за 2...3 перехода. Степень раздачи полуфабрикатов на вторых переходах не превосходила значений $K_1 = 1,08...1,12$. Получаемые детали по точности и качеству соответствовали техническим условиям. При этом уменьшена в 2...3 раза стоимость оснастки по сравнению со стоимостью оснастки при штамповке на падающих молотах и в 7...10 раз - трудоемкость процесса.

Аналогичные детали штамповались также для физико-технического института низких температур АН УССР (г. Харьков) и моторостроительного конструкторского бюро (г. Кавань). Изготовление деталей ($\lambda = 240$, диаметр 0,740...1,1 м) осуществлялось в оснастке, собранной из отдельных пластин, без вакуумирования. В качестве экранов использовали листовые прокладки из стали ст.3 толщиной 5...10 толщин заготовки (до 0,03...0,04 м).

Эффективность предложенных методов также подтверждена штамповкой тонкостенных деталей из молибдена марки МЧ с $\lambda = 220$. Штамповались детали малых прогибов. Их изготовление традиционным методом штамповки не представлялось возможным из-за хрупкого разрушения на первом или последующем штамповочном переходе.

По данным предприятий экономическая эффективность разработанных техпроцессов составит 115000 рублей.

ВЫВОДЫ

1. Изучение технологических особенностей формообразования из токолистовой заготовки крупногабаритных деталей летательных аппаратов позволило установить, что перспективным направлением дальнейшей интенсификации процесса является способ гидро-взрывной штамповки с двухосным растяжением части поверхности предварительно полученных полуфабрикатов.

2. По результатам теоретического и экспериментального исследований определены основные закономерности формоизменения двухосным растяжением пространственных полуфабрикатов, позволившие разработать основные приемы управления процессом штамповки путем регулирования размеров зон деформации, создания благоприятных кинематических условий штамповки, обеспечения рациональной геометрии оснастки и использования акустических экранов.

Установлено, что оптимальные размеры получаемых деталей должны превосходить размеры полуфабрикатов на более чем на 20%.

3. Установлено, что наиболее значительное влияние на характер деформированного состояния токоистенных деталей оказывают соотношения размеров полуфабриката и детали, относительная высота гофров на поверхности и максимальное утонение.

4. Исследованы теоретически и решены практически вопросы перераспределения внешней нагрузки по заготовке с помощью акустических экранов, показана возможность получения с их помощью плоских, эллипсоидальных и П-образных эпюр трансформированных ударных волн, обеспечивающих необходимое механическое воздействие на заготовку в требуемых участках.

5. Для практической реализации научных результатов определены основные технологические параметры процесса и устройства для гидро-взрывной штамповки, в которых размеры зон двухосного растяжения регулируются сменными матричными кольцами и экранами в виде жестких присоединенных масс.

6. Предложенные способ и технология получения крупногабаритных деталей летательных аппаратов обеспечивают повышение качества изделий, снижение в 2...7 раз их трудоемкости, уменьшение стоимости оснастки и оборудования на 30...50%, что подтверждено в результате внедрения на ряде предприятий отрасли.

Экономический эффект от внедрения составит 115000 рублей.

Основное содержание диссертации изложено в опубликованных работах

1. Савченко Н.Ф. О проектировании техпроцессов гидравриной тонколистовой штамповки-вытяжки крупногабаритных деталей типа днищ. Сб. "Импульсная обработка металлов давлением", М', Машиностроение, 1977, с.51-57.
2. Савченко Н.Ф. Экранирование зарядов ВВ как метод регулирования параметрами внешней нагрузки при тонколистовой штамповке: Тезисы докладов отраслевой НТК "Технология и оборудование для импульсной обработки металлов давлением", Ка-завь, 1976, с 121.
3. Савченко Н.Ф., Рава Л.С. Увеличение степени вытяжки при импульсной тонколистовой штамповке. Сб.Импульсная обра-ботка металлов давлением, вып.6, ХАИ, Харьков, 1977, с.8-12.
4. Савченко Н.Ф., Краснокутский А.М. Об оценке максимальных давлений при экранировании импульсного источника. Сб. "Импульсная обработка металлов давлением", вып.6, ХАИ, Харьков, 1977, с. 27-30.
5. Савченко Н.Ф., Горбань В.П. Штамповка взрывом тонкостен-ных днищ. Тезисы докладов НТК молодых специалистов и НТО, Киев, 1973, с.236-238.
6. Савченко Н.Ф., Молодых С.И., Сабакарь А.И., Бардиев О.Ш. Технологические параметры импульсной тонколистовой штам-повки. Тезисы докладов НТК молодых специалистов и НТО, Киев, 1974, с.167-168.
7. Борисевич В.К., Савченко Н.Ф. К вопросу совершенствования тонколистовой штамповки крупногабаритных деталей. Межд. респ. Сб. Обработка металлов давлением в машиностроении, вып.13, изд. ХГУ, Харьков, 1976, с.91-94.
8. Борисевич В.К., Савченко Н.Ф., Бычков С.А. Определение предельного коэффициента вытяжки при штамповке гидравлическим пуансоном. Межд. респ. Сб. Обработка металлов дав-лением в машиностроении, вып.13, Харьков, 1976, с.89-91.
9. Кириченко Л.Р., Савченко Н.Ф. Типовая бронеканера для штамповки листового металла взрывом безбассейновым спо-собом. Сб. "Импульсная обработка металлов дав. знием", вып.3, Харьков, ХАИ, 1971, с.72-74.

10. Борисевич В.К., Губский А.А., Исаенко В.И., Сабанарь А.И., Савченко Н.Ф. Оценка размеров волн длухооного растяжения при тонкостеновой штамповке тонкостенных деталей типа "дима" Об. "Современные проблемы двигателей и энергетических установок летательных аппаратов", Тезисы докладов Всесоюзной конференции, М., 1976, с.134.
11. А.И.Волнов, В.К.Борисевич, А.А.Губский, В.Е.Еременко, В.П.Горбань, Н.Ф.Савченко Способ получения крупногабаритных изделий из плоских заготовок. Авт.свид-во №601866 от 21.12.73.
12. Борисевич В.К., Савченко Н.Ф., Еременко В.Е., Канивец А.М., Дорофеев В.Г. Устройство для импульсной штамповки. Авт. свид-во №530495 от 13.01.75.
13. Борисевич В.К., Губский А.А., Савченко Н.Ф., Коваленко П.М., Кулин С.Н. Устройство для импульсной штамповки. Авт.свид-во №611352 от 7.01.75.
14. Алексеев Ю.Н., Борисевич В.К., Кириченко Л.Р., Савченко Н.Ф., Сабанарь А.И., Семшов Н.И., Исаенко В.И., Молодых С.И. Устройство для штамповки взрывом. Авт.свид-во №583567 от 3.12.75.
15. Молодых С.И., Кириченко Л.Р., Сабанарь А.И., Савченко Н.Ф., Взрывной патрон. Авт.свид-во №588699 от 2.04.76.
16. Сабанарь А.И., Савченко Н.Ф., Семшов Н.И. Передающая среда для взрывной металлообработки. Авт.свид-во №593356 от 19.11.75.
17. Савченко Н.Ф., Борисевич В.К., Губский А.А., Суровцев Н.И., Фартель В.В., Лабанди В.С. Устройство для взрывной штамповки тонкостенных деталей. Авт.свид-во №623304 от 1.03.77.
18. Борисевич В.К., Белан Н.В., Савченко Н.Ф., Аносов И.М., Коровкин В.И., Степанушкин Н.П. Способ гидровзрывной штамповки листовых заготовок. Полож.решение о выдаче автор. свид-ва по заявке №2603682/27 от 30.03.79.
19. Савченко Н.Ф., Турчин С.П., Суровцев Н.И., Бердиев О.Ш., Гончаров Н.Н. Устройство для импульсной штамповки крупногабаритных деталей. Полож.решение о выдаче авт.свид-ва по заявке №2603680/25-27 от 30.3.79.

20. Савченко Н.Ф., Борович В.К., Фролов Е.А. и др. Устройство для взрывной штамповки. Авт.свид-во №640488 от 15.5.78.
21. Савченко Н.Ф., Фролов Е.А., Авдеев Р.М., Суровцев Н.И., Кулиш С.Н. Устройство для импульсной штамповки деталей сложной формы. Авт.свид-во №646509 от 20.09.77.
22. Савченко Н.Ф., Исаев В.И., Борович В.К., Воронов Н.С., Губин И.В., Подопригора А.П. Устройство для взрывной штамповки. Полож.рем. о выдаче автор.свид-ва по заявке №2611728/27 от 13.04.79.



Отвѣтственный за выпуск с.и.о. к.т.н. МОЛОДЫХ С.И

Подписано в печати 15.05.79

Уд.п.п. I. Заная 53. Тираж 100. Бесплатно
Изготовлено на ротавинте в типографии ХАН
Харьков - ПП9, ул.Чкалова, 17