

Сизов Е. С., Бабурин М. А., Сизова К. Г.,
Рогожников Г. И., Алавердов В. Р.,
Сочиев В. Л., Суворина Е. В.,
Олениев Л. М., Федяниш А. В.

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ
ВЫТЯЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА
ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ
ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА**

Часть I

**ШТАМПОВКА-ВЫТЯЖКА
ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ
ПЛАСТИЧНЫМ МЕТАЛЛОМ**

Пермь, 1995

ББК 34.24

Р 59

УДК 616.31 — 089.28/29

**Рецензенты: доктор технических наук, профессор Г. А. Береснев,
кандидат технических наук В. С. Сотников**

Наивысшая эффективность перехода к технике последних поколений, изготавливаемой в условиях опытного, малосерийного и отчасти серийного производства возможна лишь на базе разработки и освоения основных направлений интенсификации соответствующих методов и средств производства.

В подготовленной к публикации серии работ по интенсификации вытяжного производства полых деталей из листового металла будут показаны возможности и особенности таких принципиально новых технологий листовой штамповки, как:

- штамповка-вытяжка листовых деталей пластичным металлом;
- глубокая вытяжка гидроэластичной матрицей с подвижным прижимом;
- гидромеханическая вытяжка листовых деталей;
- гидростатическая сверхглубокая вытяжка из листового металла;
- глубокая вытяжка с кольцевым гофрированием и разглаживанием фланца заготовки;
- пульсирующая глубокая вытяжка тонкостенных деталей из листового металла;
- вытяжка с колеблющимся и качающимся прижимом;
- глубокая вытяжка листовых деталей из профилированных по толщине заготовок;
- малоотходная технология вытяжных работ.

Этот материал актуален для производства изделий от авиакосмической до зубопротезной техники, а также для изготовления изделий торгового машиностроения и для ряда других отраслей.

Знакомство с разработками по интенсификации вытяжного производства полезно также и потому, что все они выполнены по отечественным изобретениям в области глубокой вытяжки листовых деталей.

Издание осуществлено по заказу Западно-Уральского отделения

Академии естественных наук Российской Федерации.

© Сизов Е. С. и др., 1995 г.

ВВЕДЕНИЕ

Научно-техническому прогрессу на современном этапе развития науки и техники присущи черты, усугубляющие усложнение конструкций машин и их комплексов, что, в свою очередь, предопределяет увеличение трудоемкости изготовления, себестоимости и сроков освоения новых изделий.

В условиях опытного мелкосерийного и серийного производства многие высокоразвитые страны выпускают до 80% общего количества продукции машиностроения и одной из важных проблем машиностроительного производства является экономическое и высокопроизводительное получение качественных тонкостенных деталей. В этом отношении характерны следующие данные: листовой штамповкой в самолетостроении изготавливается до 60—70% от общего количества деталей, в ракетостроении — 80—90%, в автотранспорте — до 50%, в приборостроении — до 85—90% (1,2).

Широкому применению процессов листовой штамповки и в том числе глубокой вытяжки способствует их достаточно высокая степень совершенства, которая может быть оценена совокупностью следующих технико-экономических показателей:

- высокой точностью и хорошим качеством штампаемых деталей;
- высоким уровнем производительности труда и низкой себестоимостью производства новых изделий;
- приспособляемостью к различным масштабам производства при сохранении высоких технико-экономических показателей;
- возможностью изготовления деталей с наиболее высоким коэффициентом использования металла;
- возможностью получения полых изделий из листа с минимальной металлоемкостью.

В работах (4, 5) показано, что глубокая вытяжка является эффективным средством для получения прогрессивных заготовок под механическую обработку. Это обстоятельство придает процессу вытяжки еще большую значимость.

Однако единичный и мелкосерийный характер производства, в условиях которого находится значительная часть предприятий отрасли, накладывает определенные ограничения на традиционные

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
I. ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ	
ДЕТАЛЕЙ С УНИВЕРСАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ШТАМПОВОЙ	
ОСНАСТКИ	11
1. Процесс штамповки-вытяжки с универсальной матрицей	13
2. Процессы штамповки-вытяжки с универсальным пuhanсоном	15
3. Процессы штамповки-вытяжки с матрицей и пuhanсоном в качестве универсальных элементов штампа.	16
4. Процессы штамповки-вытяжки с матрицей и складодержателем в качестве универсальных элементов штампа	17
5. Процессы штамповки-вытяжки с пuhanсоном и складодержателем в качестве универсальных элементов штампа	18
II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА	
ШТАМПОВКИ-ВЫТЯЖКИ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ	
ПЛАСТИЧНЫМ МЕТАЛЛОМ	20
1. Общие сведения	20
2. Определение напряжений от трения заготовки о рабочую поверхность матрицы	25
3. Определение напряжений от изгиба заготовки вокруг вытяжного ребра матрицы	27
4. Элементы расчета удельных давлений течения пластичного металла ...	28
5. Определение напряжений штамповки, возникающих в процессе вытяжки пластичным металлом	31
6. Определение напряжений пластического деформирования для различных схем свертки заготовки	33
6.1. Свертка плоской заготовки в полое коническое изделие	33
6.2. Свертка плоской заготовки в коническое изделие с плоским фланцем	40
6.3. Свертка плоской заготовки в цилиндрическое изделие через конический раструб	46
III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА	
ШТАМПОВКИ-ВЫТЯЖКИ ПЛАСТИЧНЫМ МЕТАЛЛОМ	53
1. Экспериментальное оборудование и оснастка	53
2. Механические свойства исследуемых материалов	57
3. Эксперименты по выдавливанию свинца в конические матрицы	60
4. Эксперименты по определению радиальных напряжений подпора в процессе штамповки-вытяжки пластичным металлом цилиндрических деталей	68
5. Штамповка-вытяжка деталей конической формы в инструментальном штампе без складодержателя	73
6. Штамповка-вытяжка пластичным металлом деталей конической формы	79
7. Утонение материала и точность деталей при штамповке-вытяжке пластичным металлом	90
8. Штамповка-вытяжка пластичным металлом производственных деталей	91

9. Практические рекомендации по штамповке-вытяжке	
пластичным металлом	100
IV. ПУТИ РАЗВИТИЯ ЛИСТОВОЙ	
ШТАМПОВКИ ДЕТАЛЕЙ ДЕФОРМИРУЮЩИМИСЯ СРЕДАМИ	103
1. Штамповка-вытяжка пластично-эластичной средой	103
2. Оптимизация геометрии вытяжных матриц при вытяжке	
пластично-эластичной средой	105
3. Глубокая вытяжка с подпором со стороны эластичной среды	107
4. Штамповка трубчатых заготовок пластичной средой	
с подпором со стороны эластичной среды	111
5. Создание полезных сил трения при штамповке-вытяжке	
пластичным металлом	115
6. Криогенная штамповка-вытяжка пластичным металлом	116
6.1. Криогенная штамповка-вытяжка пластичным металлом	
тонкостенных деталей	117
6.2. Криогенная штамповка титановых сплавов	119
7. Штамповка пластичным металлом листовых деталей	
сложных форм с постоянной толщиной изделия	121
8. Применение методов листовой штамповки	
в ортопедической стоматологии	125
8.1. Штамповка пластично-эластичной средой базиса	
съемного зубного протеза	125
8.2. Разработка наиболее эффективной конструкции	
металлического базиса зубных протезов на верхнюю челюсть .	128
9. Определение рациональной конструкции металлического базиса	
съемного протеза из сплава ВТ1-00 с использованием	
математической модели при функциональной нагрузке	133
9.1. Постановка задачи	133
9.2. Математическая постановка задачи определения	
напряженно-деформированного состояния базиса	
за один цикл нагружения	134
9.3. Алгоритм решения задачи определения	
напряженно-деформированного состояния базиса	
за один цикл нагружения	138
9.4. Определение долговечности базиса	153
9.5. Результаты исследования долговечности базиса	
различных конструкций	160
10. Усовершенствование технологии изготовления металлического базиса	
съемных протезов	176
10.1. Способ получения жестких пuhanсонов (моделей)	176
10.2. Приспособление для штамповки металлических базисов	
в закрытом объеме	177
10.3. Устройство для изготовления	
тиановых полуфабрикатов	179
10.4. Блок для неглубокой вытяжки тонколистовых деталей,	
толщиной 0,14—0,16 мм	181
10.5. Блок для неглубокой вытяжки листовых деталей	
толщиной 0,30—0,40 мм	183

11. Рациональные конструкции съемных протезов	
с металлическим штампованным базисом	184
11.1. Малый седловидный протез	184
11.2. Пластиночные протезы	
со скрытыми эластичными кламмерами	187
11.3. Применение металлической фольги	
при лечении пациентов с непереносимостью акрилатов	192
12. Обеспечение простоты изготовления матриц	
и разглаживателей при штамповке пластичным металлом	194
12.1. Применение составных матриц для штамповки-вытяжки	
пластичным металлом	194
12.2. Использование матричных рамок для штамповки	
неглубоких деталей	198
13. Штамповка полых деталей сложных форм	200
14. Штамповка листовых деталей нагретым пластичным металлом	202
15. Штамповка-вытяжка полых листовых деталей	
с фланцем деформирующемся металлом	203
V. СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТАНОВОК	
И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ШТАМПОВКИ-ВЫТЯЖКИ	
ПЛАСТИЧНЫМ МЕТАЛЛОМ	210
1. Разработка и освоение специальных установок	
для штамповки-вытяжки пластичным металлом	210
2. Разработка спецустановок для совмещенного формообразования	
деталей свинцом и его разглаживания	212
3. Одноколонный гидропресс для серийного производства	
вытяжных деталей	217
4. Создание оборудования для опытного	
и мелкосерийного производства	221
5. Разработка оборудования ударного действия	
для штамповки пластичным металлом	223
VI. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	229
VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	231
Л И Т Е Р А Т У Р А	233

Сизов Е. С., Бабурин М. А., Сизова К. Г.,
Рогожников Г. И., Алавердов В. Р.,
Сочнев В. Л., Супорина Е. В.,
Олениев Л. М., Федянин А. В.

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ
ВЫТЯЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА
ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ
ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА**

**Часть I
ШТАМПОВКА-ВЫТЯЖКА
ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ
ПЛАСТИЧНЫМ МЕТАЛЛОМ**

Подписано в печать 22. 05. 95. Формат 60 × 84 $\frac{1}{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура школьная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 15. Заказ 452.

ТОО «Типография «Книга».
614068, г. Пермь, ул. Коммунистическая, 57.

Российская академия естественных наук.
Западно-Уральское отделение.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ВЫТЯЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

Часть Ш

Штамповка-вытяжка листовых деталей
при сверхвысоком давлении жидкости
и эластичной среды

Москва-Пермь, 1997