

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

Ротационная вытяжка деталей

Учебное пособие

Под редакцией М.А. Бабурина



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО

МГТУ им. Н.Э. Баумана

2 0 2 6

УДК 621.7
ББК 34.42
Р79

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://press.bmstu.ru/catalog/item/8616/>

Факультет «Специальное машиностроение»
Кафедра «Технологии ракетно-космического машиностроения»

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Авторы:
*М.А. Бабурин, В.Д. Баскаков,
О.В. Зарубина, М.А. Комков, В.А. Тарасов*

Рецензент
канд. техн. наук *С.В. Елисеев*

Ротационная вытяжка деталей : учебное пособие / [М. А. Бабурин
Р79 и др.]; под ред. М. А. Бабурина. — Москва : Издательство МГТУ
им. Н.Э. Баумана, 2026. — 55, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-6759-4

Рассмотрены процессы получения пустотелых осесимметричных деталей, точные заготовки которых изготавливаются ротационной вытяжкой из углеродистых, нержавеющей сталей и сплавов цветных металлов.

Изложены принципы проектирования технологического процесса, инструмента, установки и закрепления заготовок. Приведены характеристики металлических сплавов, применяемых для раскатки заготовок.

Учебное пособие предназначено для студентов технических вузов, обучающихся по направлениям подготовки 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», 24.05.04 «Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники», 17.05.01 «Боеприпасы и взрыватели», 17.05.02 «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие». Может быть полезно преподавателям и аспирантам.

УДК 621.7
ББК 34.42



*Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных
опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте:
press@bmstu.ru*

ISBN 978-5-7038-6759-4

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

Предисловие

Развитие ракетной, авиационной и специальной техники связано с созданием современных конструкций, требующих новых технологических решений, основанных на передовых достижениях науки и техники. Важную роль в работе ракетно-космической техники играют сосуды давления, которые используют в качестве баллонов, газовых аккумуляторов, топливных баков или прямо- и криволинейных трубопроводов в системах пневмоавтоматики, наддува, терморегулирования, управления и жизнеобеспечения, а также кольцевые детали и конические оболочки. Аналогичные конструкции применяются в автомобильной технике и изделиях специальной техники. При изготовлении таких и подобных им деталей ротационная вытяжка является одной из основных формообразующих технологических операций.

Настоящее учебное пособие предназначено для освоения учащимися разделов лекционных курсов, посвященных заготовительному производству, а также для выполнения курсовых проектов и выпускных квалификационных работ, связанных с изготовлением оболочечных или пустотелых осесимметричных деталей с помощью технологии ротационной вытяжки.

Основное внимание в пособии уделяется поэтапному проектированию технологического процесса, выбору оборудования, условиям обработки, разработке рационального технологического оснащения, а также рекомендациям по проектированию ротационной вытяжки.

После изучения учебного пособия студенты овладеют базовыми знаниями о процессах ротационного выдавливания заготовок; навыками проектирования технологического процесса формирования оболочечных листовых деталей; методикой проектирования инструмента и оснастки, расчета технологических режимов применительно к разным методам ротационной вытяжки.

Самостоятельная работа студентов с учебным пособием позволит сформировать у них интеллектуальные, личностные и профессиональные компетенции, необходимые для практической деятельности и выполнения трудовых функций при проектировании, разработке, создании технологий производства деталей и сборочных единиц ракетно-космической и специальной техники.

1. РОТАЦИОННАЯ ВЫТЯЖКА ДЛИННОМЕРНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

В соответствии с ГОСТ 18970—84 технология ротационной вытяжки (РВ) предусматривает вытяжку заготовки при ее вращении относительно инструмента. Технология РВ включает в себя давяльно-раскатные процессы, вытяжку деталей оживальной и цилиндрической форм (рис. 1.1). В данном учебном пособии рассмотрены особенности проектирования операции изготовления цилиндрических оболочек с утонением заготовок соответствующим

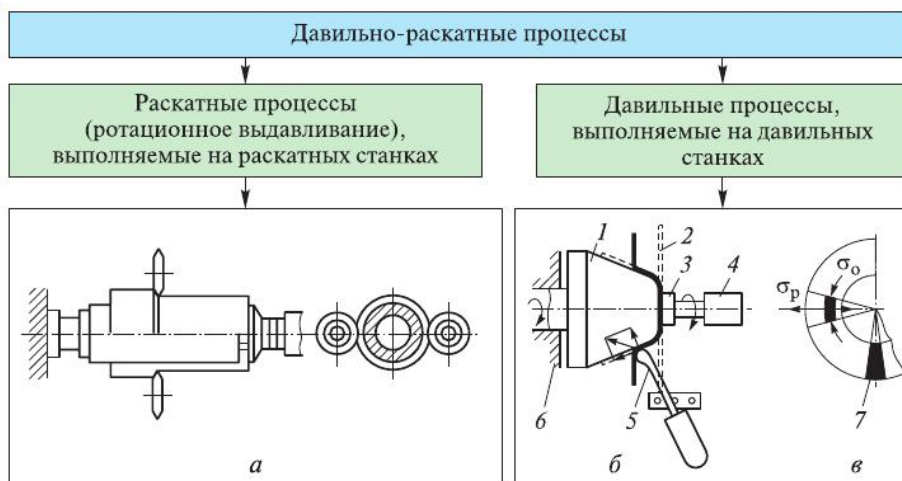


Рис. 1.1. Давильно-раскатные процессы:

а — общий вид процесса РВ; *б* — вид давяльного станка сбоку; *в* — заготовка; 1 — оправка; 2 — заготовка; 3 — прижим; 4 — задняя бабка; 5 — давяльник; 6 — передняя бабка; 7 — очаг деформации; σ_p — радиальное напряжение; σ_o — окружное напряжение



Рис. 1.2. Ротационно-давяльный станок фирмы LEIFELD

шей формы. Основная особенность процесса РВ — образование локальных очагов деформации и заданное значительное уменьшение толщины стенки заготовки с одновременным увеличением ее длины. Ротационная вытяжка осуществляется на ротационно-давильных станках (рис. 1.2).

Виды цилиндрических оболочек, изготавливаемых РВ с утонением, показаны на рис. 1.3. Формообразование детали (рис. 1.4) осуществляется из заготовки 1, закрепленной на вращающейся оправке 2 и зафиксированной прижимом 4, роликами 3, вращающимися от заготовки и перемещающимися вдоль образующей оправки 2. При соприкосновении роликов 3 с заготовкой 1 в месте их контакта возникает высокое локальное давление, которое вызывает пластическое течение металла заготовки 1 в зазор между роликом 3 и оправкой 2. Внутренняя поверхность заготовки принимает форму наружной поверхности оправки 2.

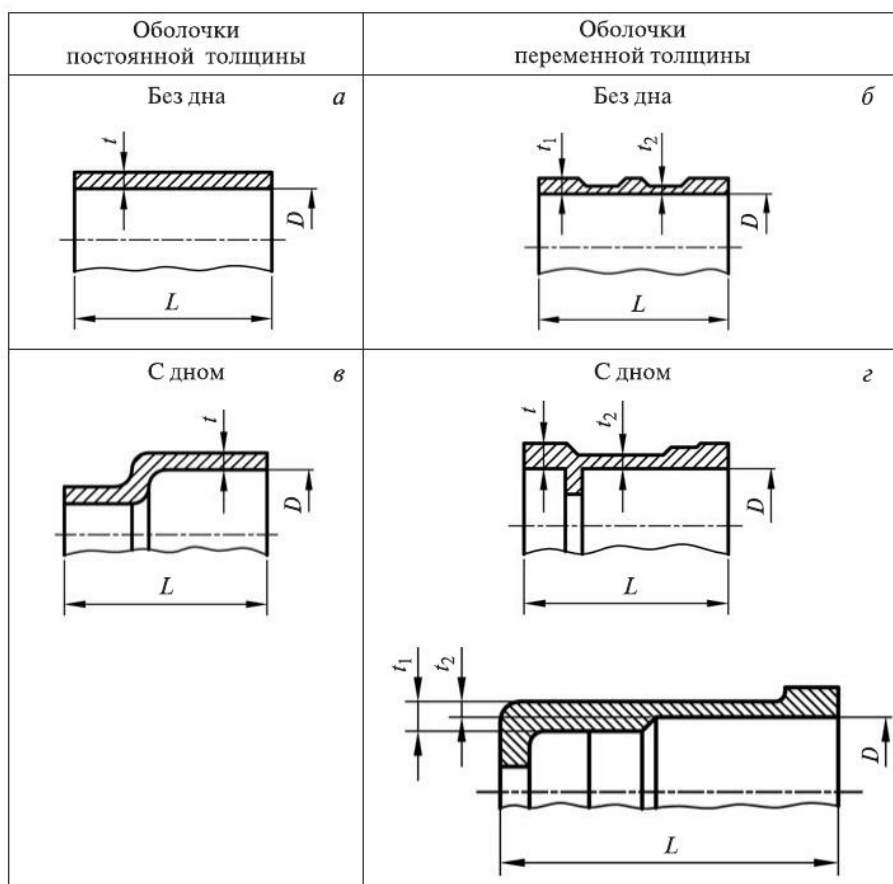


Рис. 1.3. Виды цилиндрических оболочек, изготавливаемых РВ, без дна (а, б); с дном (в, г)

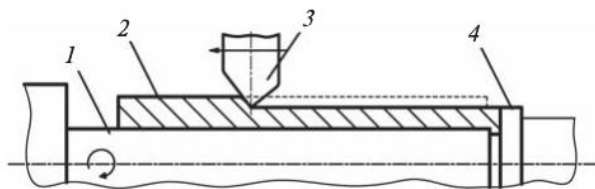


Рис. 1.4. Прямой способ ротационной вытяжки
1 — оправка; 2 — заготовка; 3 — ролик; 4 — прижим

Существуют следующие способы формоизменения заготовок:

- прямой (см. рис. 1.4), при котором направление увеличения длины заготовки совпадает с направлением осевой подачи роликов;
- обратный, при котором направление увеличения длины заготовки противоположно направлению осевой подачи роликов (рис. 1.5);
- комбинированный (рис. 1.6).

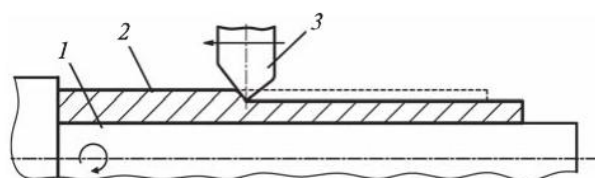


Рис. 1.5. Обратный способ ротационной вытяжки:
1 — оправка; 2 — заготовка; 3 — ролик

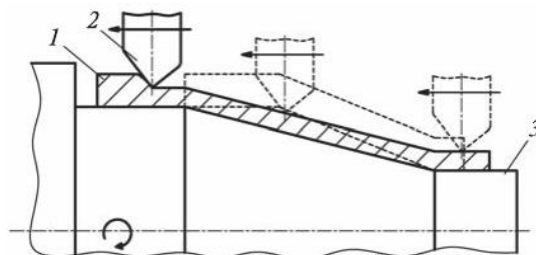


Рис. 1.6. Комбинированный способ ротационной
вытяжки:
1 — заготовка; 2 — ролик; 3 — оправка

Для исключения местного выпучивания заготовки операцию РВ проводят двумя или тремя роликами. В результате РВ с утонением изготавливают цилиндрические детали типа тонкостенных корпусных оболочек, пустотелых валов газотурбинных двигателей, цилиндров пневматической (гидравлической) аппаратуры и разнообразных втулок.

Технические характеристики оболочек, изготавливаемых РВ, приведены ниже:

Диаметр, мм	50–2000
Длина, мм	До 3200
Толщина стенки, мм	0,3–5,0
Квалитет	9–12
Предельное отклонение толщины стенки, мм	$\pm(0,01-0,1)$
Шероховатость наружной поверхности, мкм	$Ra\ 0,16-Rz\ 20$
Шероховатость внутренней поверхности, мкм	$Ra\ 0,16-Ra\ 2,5$

Процесс деформирования металла заготовки при РВ носит сложный характер и до конца не изучен. При РВ заготовка деформируется по толщине в продольном направлении. Кроме того, экспериментально установлен сдвиг металла в окружном направлении, а также выявлена неравномерность деформации заготовки по толщине. В связи с этим при проектировании технологической операции РВ широко используется приближенный подход к оценке деформации заготовки, предполагающий, что ее мерой является относительное изменение толщины заготовки.

Наиболее сложные этапы проектирования технологического процесса РВ цилиндрических заготовок связаны с их расчетом, определением рационального числа рабочих ходов, выбором режимов обработки, охлаждающей жидкости, технологических смазок. Ротационную вытяжку цилиндрических заготовок из малопластичных сплавов проводят с подогревом. В этом случае необходимо определить его температуру.

Важная роль в обеспечении качества цилиндрических оболочек, получаемых РВ, принадлежит технологической оснастке, и прежде всего оправке и роликам. На этапе проектирования технологии разрабатывают конструкцию оправки и выбирают геометрические параметры рабочих поверхностей роликов.

1.1. Последовательность расчета заготовки для РВ цилиндрических деталей с утонением

При РВ цилиндрических оболочек чаще всего используют заготовки, которые получают горячим объемным штампованием, вытяжкой, а также трубчатые и кольцевые заготовки. Для выбора заготовки конкретной детали требуется определить ее тип, вид полуфабриката, рассчитать исходные размеры и изготовить ее. Рекомендуется применять полуфабрикаты из материалов, имеющих мелкозернистую или равнозернистую структуру. Заготовка может быть монолитной или сварной.

Бесшовные заготовки могут быть получены механической обработкой из штампованных стаканов, чашек, поковок, прессованной или катаной трубы. Сварные заготовки изготавливают методом гибки из листа, проката или

Оглавление

Предисловие	3
1. Ротационная вытяжка длинномерных цилиндрических оболочек	4
1.1. Последовательность расчета заготовки для РВ цилиндрических деталей с утонением	7
1.2. Расчет силы, возникающей при РВ цилиндрических заготовок	11
1.3. Выбор количества рабочих ходов при РВ цилиндрических деталей	12
1.4. Определение температуры нагрева заготовки	14
1.5. Назначение технологических режимов	14
1.6. Выбор технологических сред и оборудования для ротационной вытяжки	15
1.7. Выбор оправки для ротационной вытяжки цилиндрических деталей	17
1.8. Особенности конструкции роликов для ротационной вытяжки цилиндрических деталей	20
1.9. Примеры расчета длины заготовки для типовых случаев	23
2. Ротационная вытяжка кольцевых деталей	25
2.1. Выбор оправки для ротационной вытяжки кольцевых деталей	27
2.2. Особенности конструкции роликов для ротационной вытяжки кольцевых цилиндрических деталей	28
2.3. Требования, предъявляемые к заготовкам для ротационной вытяжки кольцевых деталей	31
2.4. Выбор степени деформации и установление режимов ротационной вытяжки кольцевых деталей	32
3. Ротационная вытяжка роликовыми раскатными устройствами	34
3.1. Особенности конструкция рабочих элементов роликов раскатных устройств	35
3.2. Проектирование рабочих элементов роликовых раскатных устройств	36
3.3. Разработка технологического процесса ротационной вытяжки роликовыми раскатными устройствами	38
4. Ротационная вытяжка деталей конической и оживальной формы	39
4.1. Особенности конструкции деталей конической и оживальной форм (рупорообразные)	40
4.2. Проектирование процесса ротационной вытяжки, расчет и конструирование заготовок рупорообразной формы	42
4.3. Приемы изготовления полой заготовки для конуса с переменной толщиной стенки	45
4.4. Пример расчета полой заготовки с постоянной толщиной стенки	46

4.5. Особенности конструкции роликов и выбор оправки для ротационной вытяжки деталей конической формы	48
4.6. Расчет силы для ротационной вытяжки деталей конической и оживальной формы	50
Контрольные вопросы	52
Литература	53