

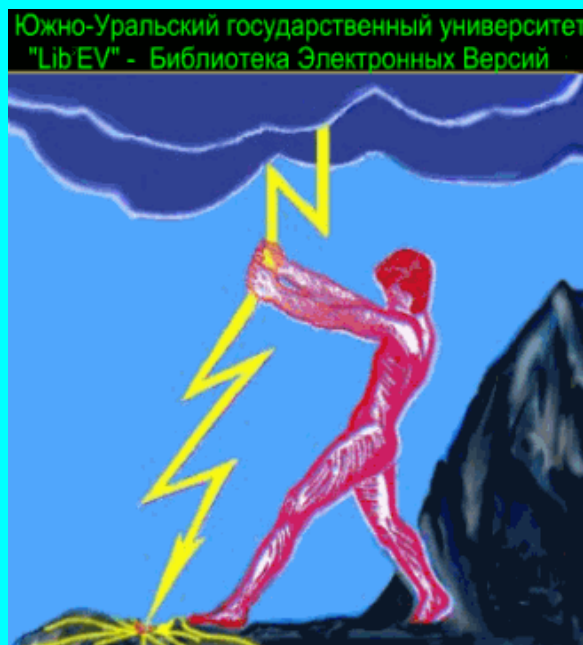
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Технология машиностроения»
Кафедра «Станки и инструмент»

621.7
3-176

Л.И. Зайончик, Г.И. Буторин, В.Ю. Шамин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

Текст лекций
Часть 1



Челябинск
2005

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Технология машиностроения»
Кафедра «Станки и инструмент»

621.7
3-176

Л.И. Зайончик, Г.И. Буторин, В.Ю. Шамин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК

Текст лекций

Часть 1

Компьютерная версия

Издание второе, переработанное и дополненное

Челябинск
Издательство ЮУрГУ
2005

УДК 621. 7(07)

Зайончик Л.И., Буторин Г.И., Шамин В.Ю. Проектирование в производство заготовок: Текст лекций. Компьютерная версия. — 2-е изд., перер. и допол. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — Ч.1. — 97 с.

Рассмотрены основные способы проектирования и производства поковок и отливок в условиях современного машиностроительного производства.

Учебное пособие разработано в соответствии с программой предмета "Проектирование и производство заготовок" с некоторыми дополнениями, учитывающими современное состояние САПР в области проектирования и производства заготовок.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальностям "Технология машиностроения" и "Металлорежущие станки и инструменты".

Ил. 85, список лит. — 10 назв.

Одобрено учебно-методической комиссией механико-технологического факультета

Рецензенты: И.В. Рябчиков, В.Н. Коноплев.

ВВЕДЕНИЕ

1. В технологии машиностроения большое внимание уделяется вопросам замены традиционных технологических процессов, основанных на резании металлов, более экономичными методами формообразования деталей, сокращению удельного веса механической обработки резанием за счет повышения точности заготовок и экономичности их изготовления. В связи с этим, с целью повышения технологической подготовки технологов-машиностроителей в области заготовительного передела, в учебный план введен специальный курс "Проектирование и производство заготовок".

2. **ЦЕЛЬ КУРСА** — повысить уровень технологического образования студентов в области заготовительного передела и способствовать более широкому внедрению в производство малоотходных и трудосберегающих технологических процессов.

3. **ЗАДАЧИ КУРСА.** В результате изучения курса студенты должны приобрести следующие знания и умения:

ЗНАТЬ современные способы получения заготовок деталей машин и оборудование для их осуществления;

УМЕТЬ выбрать наиболее рациональный в конкретных производственных условиях способ получения заготовки, разработать чертеж заготовки с простановкой размеров и допусков, учитывающих схему базирования при выполнении первой операции механической обработки, разработать конструкцию или конструктивную схему литейной или кузнечной оснастки.

4. **ОБЪЕМ КУРСА** включает лекционные и лабораторные занятия. Содержанке лабораторных работ: знакомство с основами проектирования технологической документации, разработка чертежей отливок и поковок с техническими требованиями и оснастки для их изготовления.

5. Учебное пособие выдержано в следующей рубрикации: **РАЗДЕЛЫ**, внутри разделов **ПАРАГРАФЫ** и **ПУНКТЫ**, в тексте каждого пункта крупным шрифтом выделены **ОПОРНЫЕ СЛОВА**. Для желающих изучать курс самостоятельно или с опережением лекционного материала предлагаются **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**, являющиеся одновременно алгоритмами ответов.

Раздел 1

ОСНОВЫ ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

1.1. Основные этапы проектирования и изготовления машины.

Конструкторская и технологическая документация.

Задачи, решаемые конструктором и технологом

1.1.1. В машиностроении выделяют ТРИ СФЕРЫ ТВОРЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ человека:

1.1.1.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИНЫ — РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ на машину. Осуществляется в проектных и конструкторских организациях;

1.1.1.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ изготовления машины — РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ на изготовление деталей и сборку машины. Осуществляется в проектных организациях и технологических службах заводов;

1.1.1.3. ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ И СБОРКА МАШИНЫ. Осуществляется в цехах завода.

1.1.2. Основным видом конструкторской документации является РАБОЧИЙ ПРОЕКТ, Ему предшествуют конструкторские разработки: "Техническое предложение", "Эскизный проект" и "Технический проект".

Рабочий проект содержит:

1.1.2.1. ЧЕРТЕЖИ ОБЩЕГО ВИДА — комплект документов, определяющих конструкцию всего изделия (машины) и взаимодействие его основных частей, а также поясняющих принцип работы изделия;

1.1.2.2. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ — документы, содержащие изображение одной сборочной единицы (узла) и сведения, необходимые для ее сборки и контроля;

1.1.2.3. РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ — документы, содержащие изображение одной детали и сведения, необходимые для ее изготовления и контроля.

ДЕТАЛЬ с точки зрения конструкторской документации представляет собой изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций.

1.1.3. КОНСТРУКТОР при разработке чертежа детали, исходя из условий ее служебного назначения, т.е. функции, которую деталь должна выполнять в узле или механизме машины, решает следующие вопросы, обеспечивающие ее РАБОТОСПОСОБНОСТЬ:

1.1.3.1. Образуется ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ФОРМУ и РАЗМЕРЫ ДЕТАЛИ на основе анализа по сборочному чертежу условий ее сопряжений с другими деталями;

1.1.3.2. Обеспечивает ПРОЧНОСТЬ и ТВЕРДОСТЬ поверхностей детали выбором соответствующего материала и способов термообработки;

1.1.3.3. Устанавливает требования по ШЕРОХОВАТОСТИ поверхностей детали, обеспечивающие ее взаимодействие с другими деталями;

1.1.3.4. Обеспечивает условия ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ специальными техническими требованиями на точность изготовления детали.

ЗАДАЧА КОНСТРУКТОРА — СОЗДАТЬ ОБРАЗ РАБОТОСПОСОБНОЙ ДЕТАЛИ в виде ее рабочего чертежа.

1.1.4. Технологическая документация включает:

1.1.4.1. РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖ ЗАГОТОВОК — документы, содержащие изображение заготовки и сведения, необходимые для ее изготовления и контроля;

1.1.4.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ — документы, в которых приведены пооперационные эскизы и описана последовательность выполнения операций при изготовлении заготовок и деталей, эскизы применяемого инструмента и приспособлений.

1.1.5. ТЕХНОЛОГ при разработке технологии решает следующие вопросы:

1.1.5.1. Выбирает СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ;

1.1.5.2. Назначает ПРИПУСКИ и НАПУСКИ;

1.1.5.3. Разрабатывает МАРШРУТ ОБРАБОТКИ — последовательность выполнения технологических операций;

1.1.5.4. Выбирает ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ и СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ размеров и качества поверхностей заготовок и деталей на операциях;

1.1.5.5. Разрабатывает РАБОЧИЙ ЧЕРТЕЖ ЗАГОТОВКИ;

1.1.5.6. Разрабатывает задание на проектирование ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ, ПРИСПОСОБЛЕНИЙ и СПЕЦИАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА.

ЗАДАЧА ТЕХНОЛОГА — ОБЕСПЕЧИТЬ ПОЛУЧЕНИЕ ДЕТАЛИ полностью соответствующей требованиям ее рабочего чертежа.

1.2. Деталь и заготовка. Припуски и напуски. Основные способы получения заготовок. Термины и определения

1.2.1. В машиностроении с точки зрения последовательности технологического процесса различают два вида изделий: детали и заготовки (рис. 1.1). ДЕТАЛЬ — готовое изделие, идущее непосредственно на сборку, ЗАГОТОВКА — полуфабрикат, предназначенный для дальнейшей обработки с целью получения готовой детали.

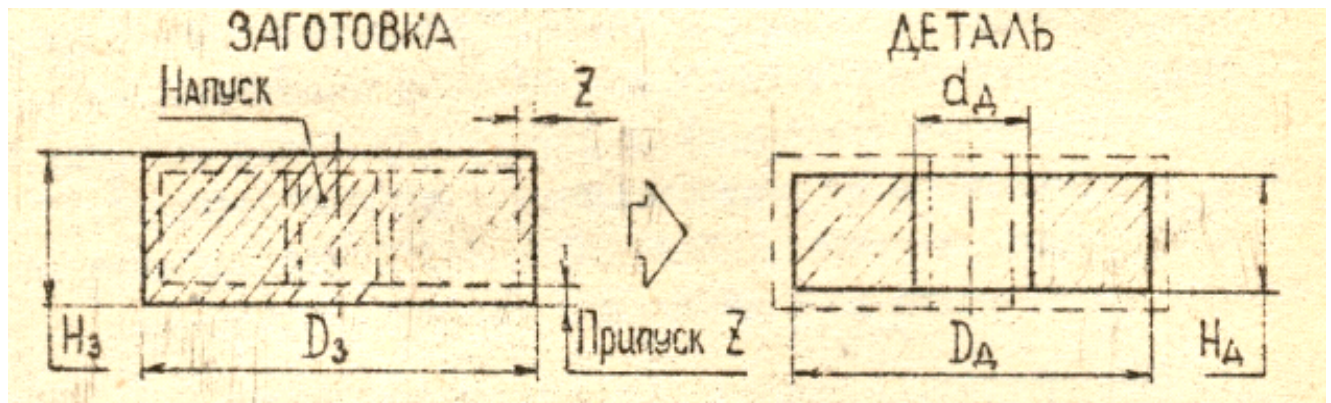


Рис. 1.1. Деталь и заготовка

1.2.2. ПРИПУСКОМ «Z» называют слой металла на поверхности заготовки, предназначенный для удаления при последующей механической обработке с целью получения заданных свойств обработанной поверхности детали. Чем меньше величина припуска, тем меньший объем металла заготовки переводится в струнку.

1.2.3. Существуют ТРИ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПУСКА:

1.2.3.1. ТАБЛИЧНЫЙ СПОСОБ. Применяют в мелкосерийном производстве. Припуск назначают по справочным таблицам ГОСТов независимо от маршрута технологического процесса механической обработки детали. Такой припуск в общем случае является завышенным и содержит резервы снижения расхода металла и трудоемкости изготовления детали.

1.2.3.2. РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД. Разработан В.М. Кованом. Суммарную величину припуска на заготовке определяют путем последовательного «наслаивания» на размер готовой детали операционных припусков на механическую обработку.

1.2.3.3. РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Дифференциально-аналитический метод расчета припусков, операционных размеров и размеров заготовки с минимально необходимыми припусками, использующий теорию расчета размерных цепей.

1.2.4. В общем случае односторонний МИНИМАЛЬНЫЙ ПРИПУСК $Z_{\text{мин}}$ (рис. 1.2) на выполняемом переходе равен:

$$Z_{\text{мин}} = R_z + D_f + \Delta + \varepsilon,$$

где R_z — ВЫСОТА НЕРОВНОСТЕЙ ПРОФИЛЯ поверхности, обработанной на предшествующем переходе;

D_f — ГЛУБИНА ДЕФЕКТНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ (обезуглероживание, отбел) на предшествующем переходе (см. приложение 1, с. 84);

Δ — суммарное ОТКЛОНЕНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ (допуски параллельности, перпендикулярности) и ФОРМЫ (допуск плоскостности) ПОВЕРХНОСТИ на предшествующем переходе;

ε — ПОГРЕШНОСТЬ УСТАНОВКИ на выполняемом переходе,

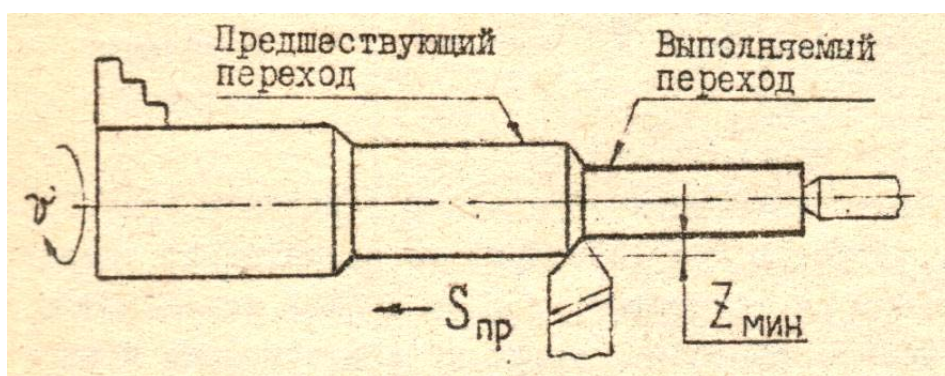


Рис. 1.2. Минимальный припуск на выполняемом переходе

1.2.5. НАПУСКОМ называют ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ МЕТАЛЛА ЗАГОТОВКИ (рис. 1.3), упрощающий ее конфигурацию (заполненные отверстия 1, местные углубления 2, переходы и уступы 3), связанный с технологическими особенностями ее изготовления (литейные и штамповочные уклоны 4, радиусы галтелей 5) или вызванный ее некратностью 6 при раскрое.

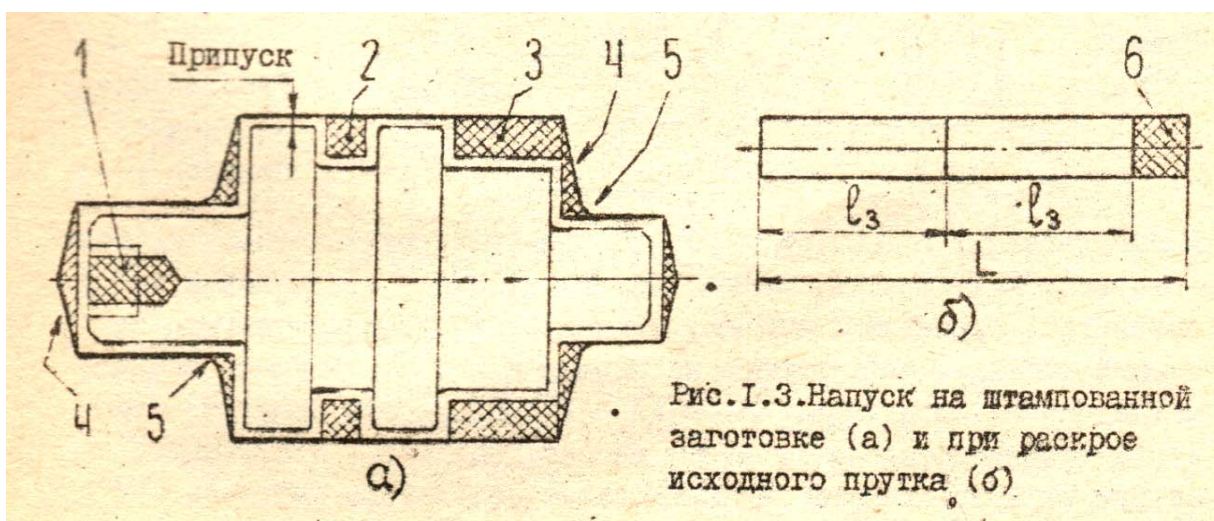


Рис. 1.3. Напуск на штампованной заготовке (а) и при раскрое исходного прутка (б)

1.2.6. Заготовки деталей машин получают, в основном, двумя способами: ЛИТЬЕМ и ОБРАБОТКОЙ ДАВЛЕНИЕМ.

1.2.6.1. В случае получения заготовок литьем (рис. 1.4) жидкий металл, РАСПЛАВ, ЗАЛИВАЮТ в заранее подготовленную ЛИТЕЙНУЮ ФОРМУ, соответствующую по конфигурации и размерам готовой детали, но с учетом припусков и напусков. После затвердевания металла получается изделие, называемое ОТЛИВКОЙ.

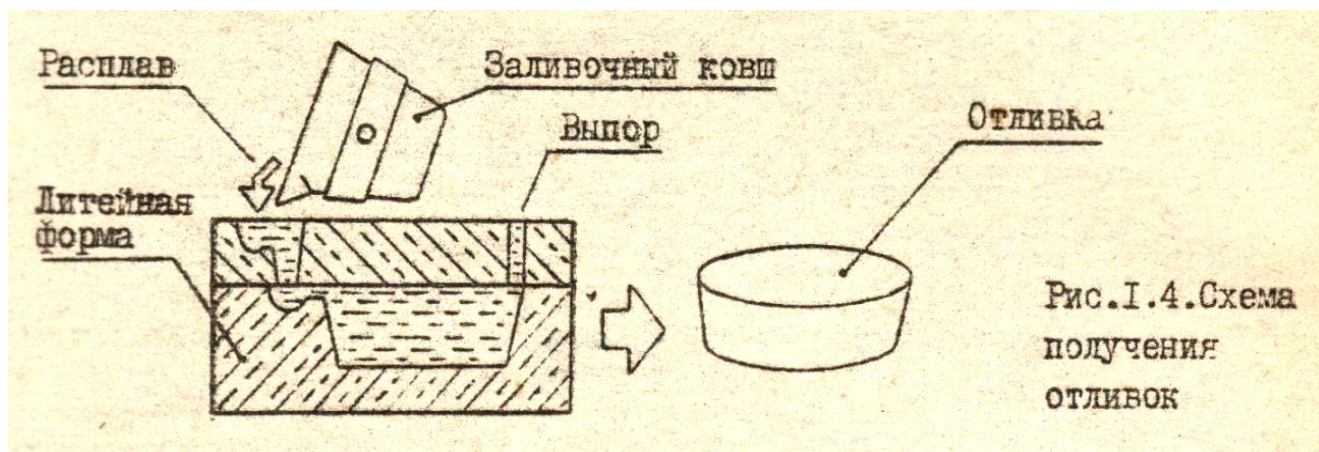


Рис. 1.4. Схема получения отливок

1.2.6.2. В случае получения заготовок обработкой давлением (рис. 1.5) ИСХОДНУЮ ЗАГОТОВКУ, нагретую или холодную, но обязательно твердую, ДЕФОРМИРУЮТ специальным инструментом, в виде БОЙКОВ или ШТАМПОВ и придают ей НОВУЮ ФОРМУ, соответствующую по конфигурации и размерам готовой детали, но с учетом припусков и напусков. Полученные изделия называют ПОКОВКАМИ или ШТАМПОВАННЫМИ ЗАГОТОВКАМИ.

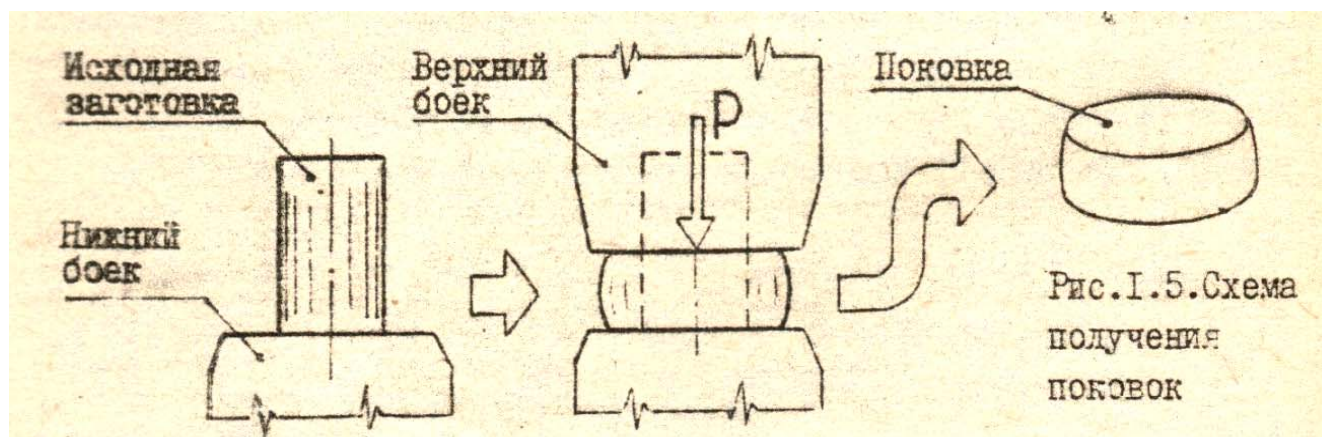


Рис. 1.5. Схема получения поковок

1.2.7. В соответствии с ГОСТами и установившимися традициями будем пользоваться следующей терминологией. ЗАГОТОВКА — это изделие заготовительного передела (отливка, поковка, штампованная заготовка,

мерный прокат), поступающее на первую и все последующие операции механической обработки. ИСХОДНАЯ ЗАГОТОВКА — это продукт металлургического передела (слиток прокат, расплав), поступающий на первую технологическую операцию заготовительного передела.

1.3. Общая характеристика литейного производства.

Устройство и основные элементы литейной формы.

Модельный комплект. Требования, предъявляемые к отливкам

1.3.1. ЛИТЕЙНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ называют технологический процесс получения фасонных деталей и заготовок путем заливки расплавленного металла в литейную форму. Методами литья изготавливают около 50% всех деталей машин. Большую часть отливок (~ 80%) получают литьем в песчаные формы, остальные — специальными способами литья. В качестве литейных сплавов используют чугун (~ 77%), сталь (~ 21%), цветные сплавы на основе алюминия, магния и меди.

ДОСТОИНСТВАМИ литейного производства перед другими способами получения заготовок являются: возможность получения изделий СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ и ЛЮБОЙ МАССЫ, а также ОТНОСИТЕЛЬНО НИЗКАЯ СТОИМОСТЬ отливок. НЕДОСТАТОК — ОТНОСИТЕЛЬНО НИЗКАЯ ПРОЧНОСТЬ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ввиду литой зернистой структуры в отличие от волокнистой структуры, которую имеют кованные и штампованные изделия.

1.3.2. Структурно-логическая схема технологической линии изготовления отливок в песчаных литейных формах дана на рис. 1.6 (см. с. 10). Устройство песчаной литейной формы рассмотрено (рис. 1.7, см. с. 10) на примере форм для чугунной и стальной отливок в виде втулки.

Изготовление отливок начинают с ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ее изготовления. На первом этапе проектирования разрабатывают технологическую документацию: ЧЕРТЕЖ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ и ЧЕРТЕЖ ОТЛИВКИ с учетом точности и техническими требованиями на ее изготовление (см. приложение 2, с 84). На чертеже элементов литейной формы специальными условными обозначениями дают указания, согласно которым в дальнейшем конструируют и изготавливают модельный комплект.

МОДЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ (рис. 1.8, см с. 11) — комплект приспособлений, которые служат:

МОДЕЛЬ ОТЛИВКИ — для формирования рабочей полости формы с отпечатками под стержневые знаки;

СТЕРЖНЕВОЙ ЯЩИК — для изготовления стержня;

МОДЕЛИ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ — для создания системы каналов в форме;

ПОДМОДЕЛЬНАЯ ПЛИТА — для оформления плоскости разъема литейной формы (при машинной формовке — МОДЕЛЬНЫЕ ПЛИТЫ).

МОДЕЛИ и СТЕРЖНЕВОЙ ЯЩИК используют многократно; поэтому их изготавливают из клееной древесины, гипса или алюминиевых сплавов.

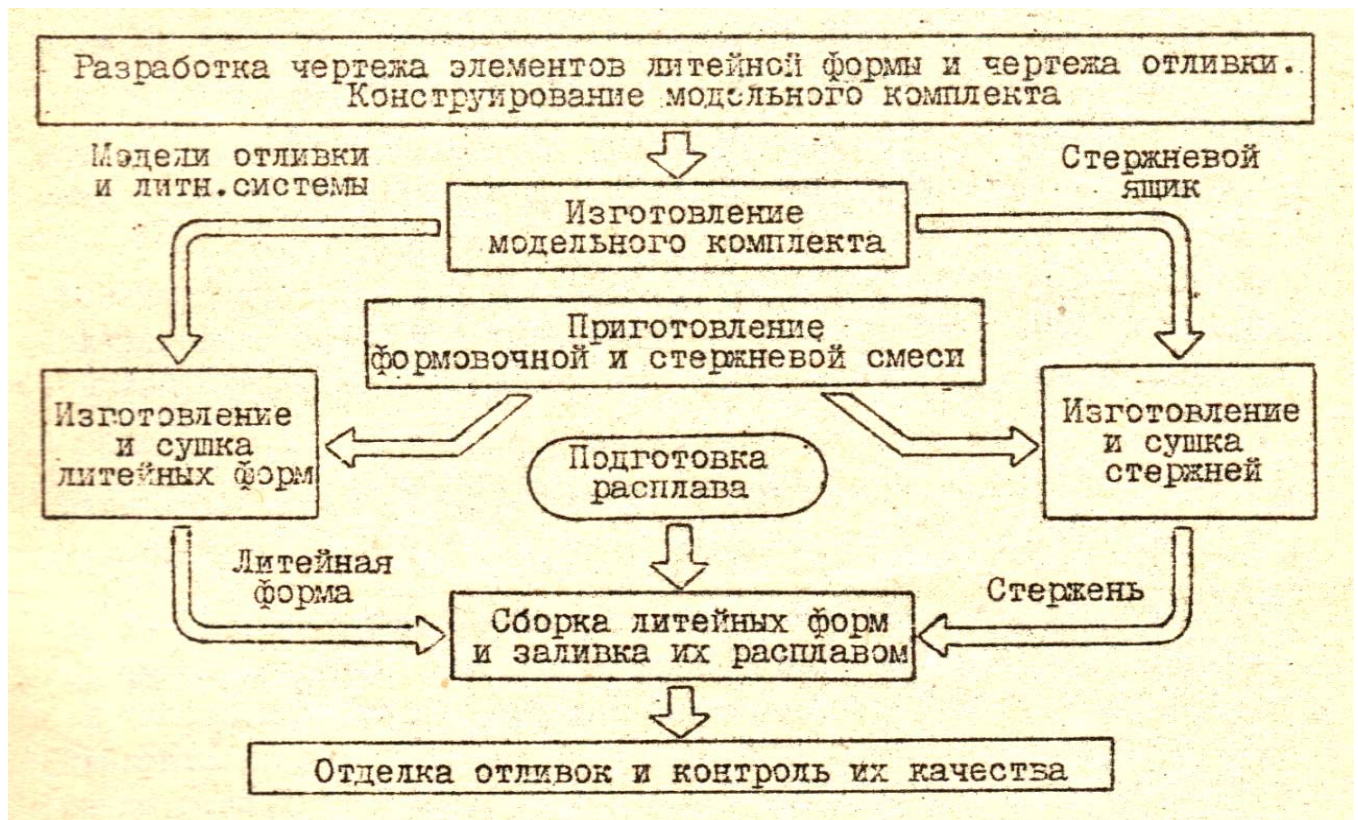


Рис. 1.6. Структурно-логическая схема технологической линии изготовления отливок

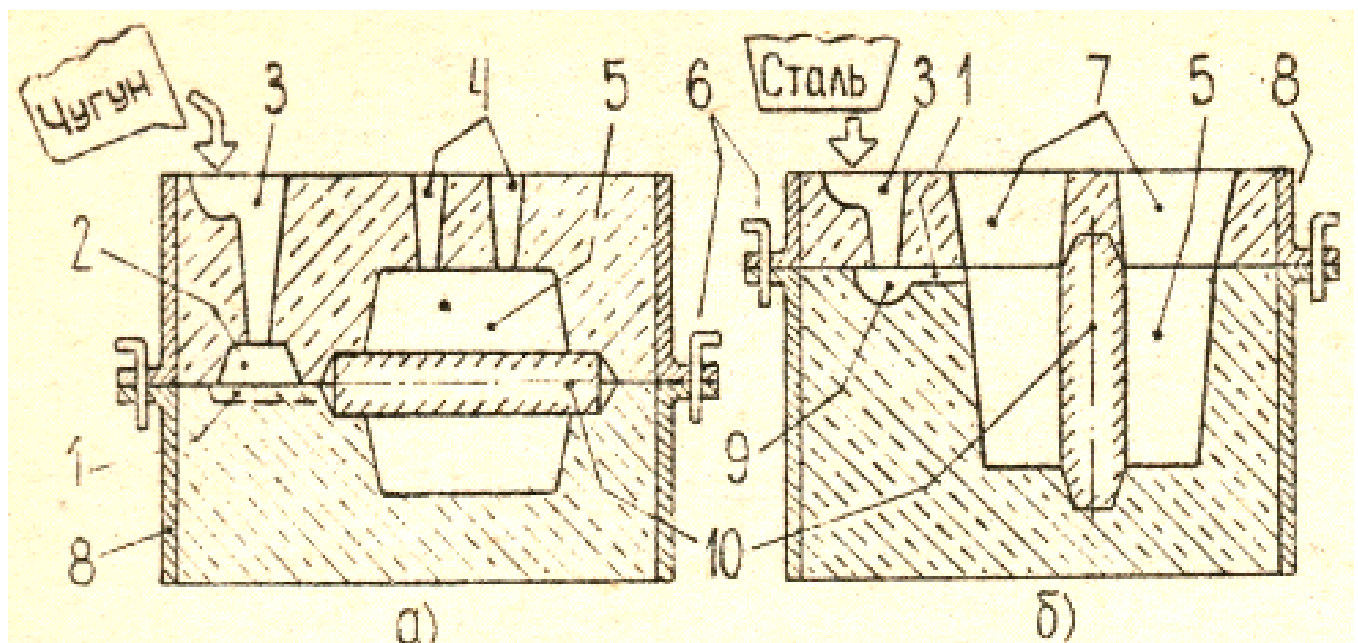


Рис. 1.7. Устройство и основные элементы песчаной литейной формы для чугуна (а) и стальной (б) отливок в виде втулки: 1 — питатель; 2 — шлакоуловитель; 3 — стояк; 4 — выпоры; 5 — рабочая полость формы; 6 — штырь; 7 — прибыли; 8 — опоки; 9 — зумпф; 10 — стержень

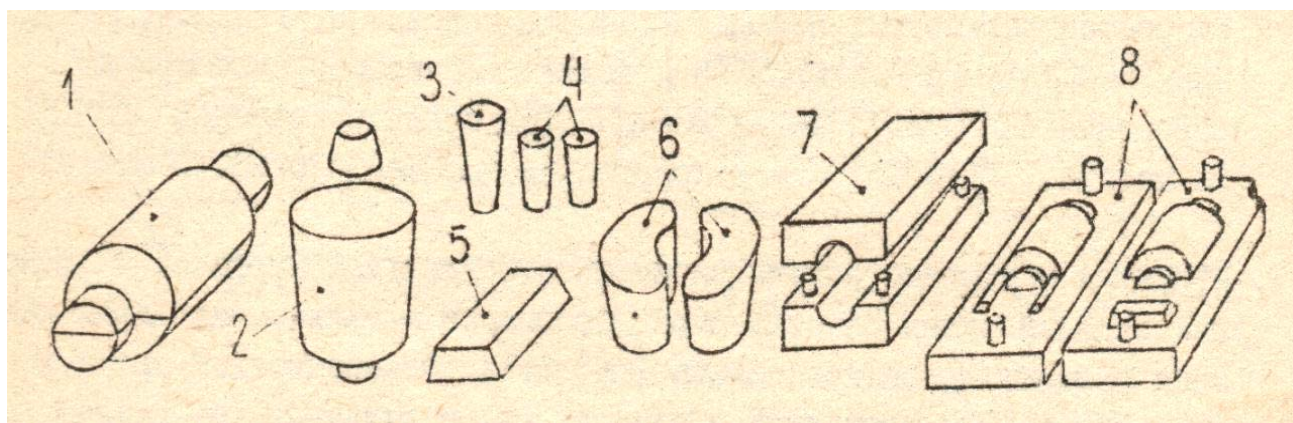


Рис. 1.8. Модельный комплект

ЛИТЕЙНЫЕ ФОРМЫ и СТЕРЖНИ служат один раз. Их изготавливают из формовочной и стержневой смеси вручную или машинным способом и сушат в сушильных камерах.

ФОРМОВОЧНУЮ и СТЕРЖНЕВУЮ СМЕСИ готовят на смесеприготовительном участке: песок и глину дробят, просеивают, смешивают в определенных пропорциях, добавляют воду, связующие и противопригарные добавки.

ЛИТЕЙНЫЙ СПЛАВ соответствующего состава выплавляют в электроплавильных печах.

Литерные формы, укомплектованные стержнями, устанавливают на тележки движущегося формовочно-заливочного конвейера, заливают расплавом, выдерживают до охлаждения сплава, а затем отправляют в отделение отделки. Здесь отливки освобождают от форм и стержней, очищают от формовочной смеси, удаляют литники и контролируют по размерам, геометрическим параметрам и качеству поверхностей.

1.3.3. При определенных условиях затвердевания и охлаждения отливки в ней могут образовываться ДЕФЕКТЫ в виде несоответствия размеров и конфигурации, наружных и внутренних раковин, пригаров формовочной смеси, трещин, коробления и неравномерной прочности в разных частях к сечениям. Одни из этих дефектов в дальнейшем поддаются исправлению, другие неисправимы. Забракованную отливку приходится отправлять в переплавку. На всех этапах технологического процесса должны быть обеспечены условия, исключающие образование дефектов, а полученная отливка удовлетворять заданным требованиям.

1.4. Способы получения машиностроительных профилей и фасонных заготовок обработкой металлов давлением

1.4.1. Процессы ОМД основаны на использовании ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ металлов, т.е. их способности под действием внешних сил изменять свою форму без разрушения. Основных способов ОМД шесть: прокатка, прессование, волочение, ковка, объемная и листовая штамповка.

Первые три под общим названием ПРОКАТНО-ВОЛОЧИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО используются в металлургической промышленности для получения МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ.

Вторые три — под общим названием КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО применяются в машиностроении для получения ФАСОННЫХ ИЗДЕЛИЙ.

Ряд процессов осуществляют с нагревом металла выше ПОРОГА РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ (0,4 от температуры плавления по абсолютной шкале) — ГОРЯЧАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, ряд без нагрева — ХОЛОДНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ.

ДОСТОИНСТВАМИ процессов ОМД являются:

ЭКОНОМИЯ металла за счет малых припусков и небольших технологических отходов на операциях;

ВЫСОКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ за счет больших скоростей обработки;

БОЛЬШАЯ ТОЧНОСТЬ изделий;

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ изделий за счет создания при деформировании МЕЛКОЗЕРНИСТОЙ и ВОЛОКНИСТОЙ целенаправленной СТРУКТУРЫ металла.

НЕДОСТАТОК — относительно ВЫСОКАЯ СТОИМОСТЬ изделий.

1.4.2. ПРОКАТКА — процесс получения машиностроительных профилей и фасонных изделий путем пластической деформации металла между вращающимися валками прокатного стана (рис. 1.9). Точность получения изделий из проката показана в приложении 3 (см. с. 90).

Основных схем прокатки три:

ПРОДОЛЬНОЙ прокаткой в гладких (а) и ручьевых (б) валках получают листы и ленты, прутки, балки, рельсы и трубы;

ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОКАТ (в, г) — цельнокатаные кольца, вагонные и зубчатые колеса;

ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОЙ ПРОКАТ — бесшовные гильзы, а периодические профили.

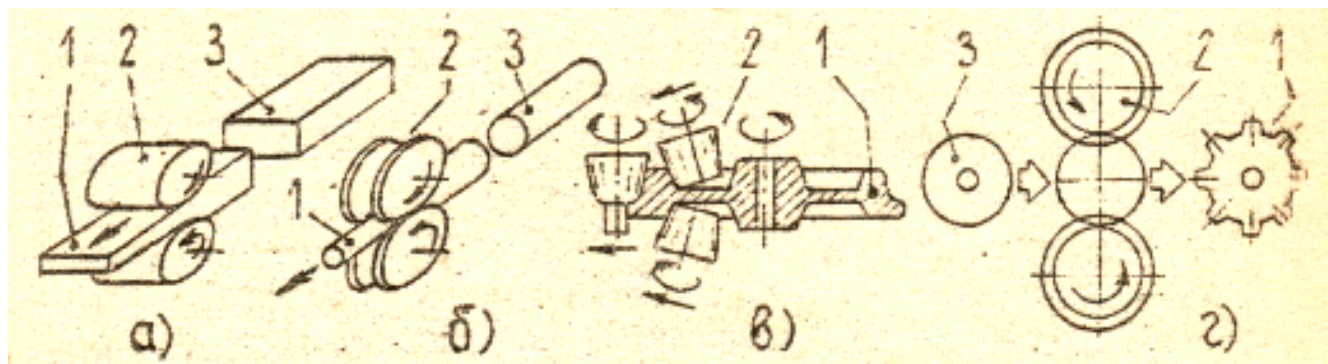


Рис. 1.9. Схема прокатки машиностроительных профилей (а, б) и фасонных изделий (в, г):

1 — изделие; 2 — валки; 3 — исходная заготовка

1.4.3. ПРЕССОВАНИЕ (рис. 1.10, а) — процесс получения машиностроительных профилей путем ВЫДАВЛИВАНИЯ металла из замкнутой полости через ПРОФИЛИРУЮЩЕЕ отверстие. Применяют три схемы прессования: прямое, обратное и комбинированное.

1.4.4. ВОЛОЧЕНИЕ (рис. 1.10, б) — процесс отделочной обработки машиностроительных профилей путем ПРОТЯГИВАНИЯ металла через КАЛИБРУЮЩЕЕ отверстие. Всегда без нагрева.

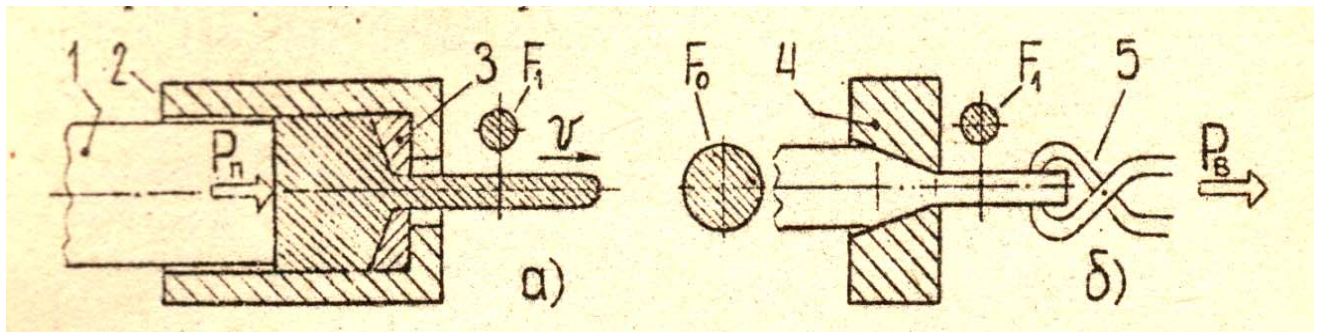


Рис. 1.10. Схема прессования (а) и волочения (б):
 1 — пуансон; 2 — контейнер; 3 — матрица; 4 — проволока;
 5 — захватное приспособление

1.4.5. СОРТАМЕНТ ПРОКАТА (рис. 1.11 (а), с. 14) включает четыре группы изделий:

ЛИСТОВОЙ — листы и ленты;

СОРТОВОЙ — прутки, балки и рельсы;

ТРУБЫ — бесшовные и сварные;

СПЕЦИАЛЬНЫЙ СТАЛЬНОЙ ПРОКАТ — вагонные и зубчатые колеса, биметаллы, периодические и гнутые профили;

ПРОДУКЦИЯ ПРЕССОВАНИЯ (см. рис. 1.11 (б), с. 14): прутки различного поперечного сечения, трубы гладкие и ребристые из труднодеформируемых высоколегированных сталей и сплавов на основе алюминия, магния и вольфрама;

ПРОДУКЦИЯ ВОЛОЧЕНИЯ (см. рис. 1.11, в): прутки различного поперечного сечения, трубы и проволока из цветных сплавов и стали.

1.4.6. КОВКА — процесс получения фасонных изделий путем целенаправленного многократного и последовательного деформирования нагретой исходной заготовки с помощью универсального подкладного инструмента (прошивки, обжимки, оправки, топоры) между бойками молота или прессы. Ковку осуществляют (см. рис. 1.12, с. 14) вручную, на пневматических и паровоздушных молотах и гидравлических ковочных прессах и применяют в мелкосерийном производстве, а также для получения тяжелых поковок массой более 200 кг. Основными операциями ковки являются (см. рис. 1.13, с. 15): ОСАДКА (а), ПРОТЯЖКА (б), ПРОШИВКА (в), ОТРУБА (г), ГИБКА (д).

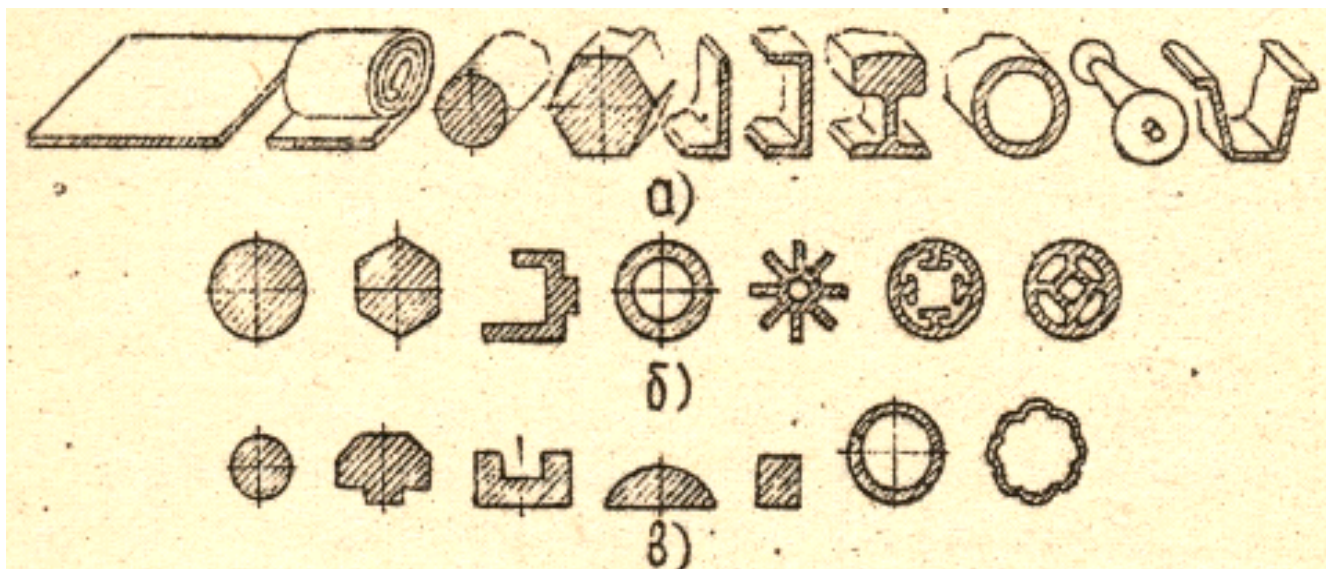


Рис. 1.11. Машиностроительные профили

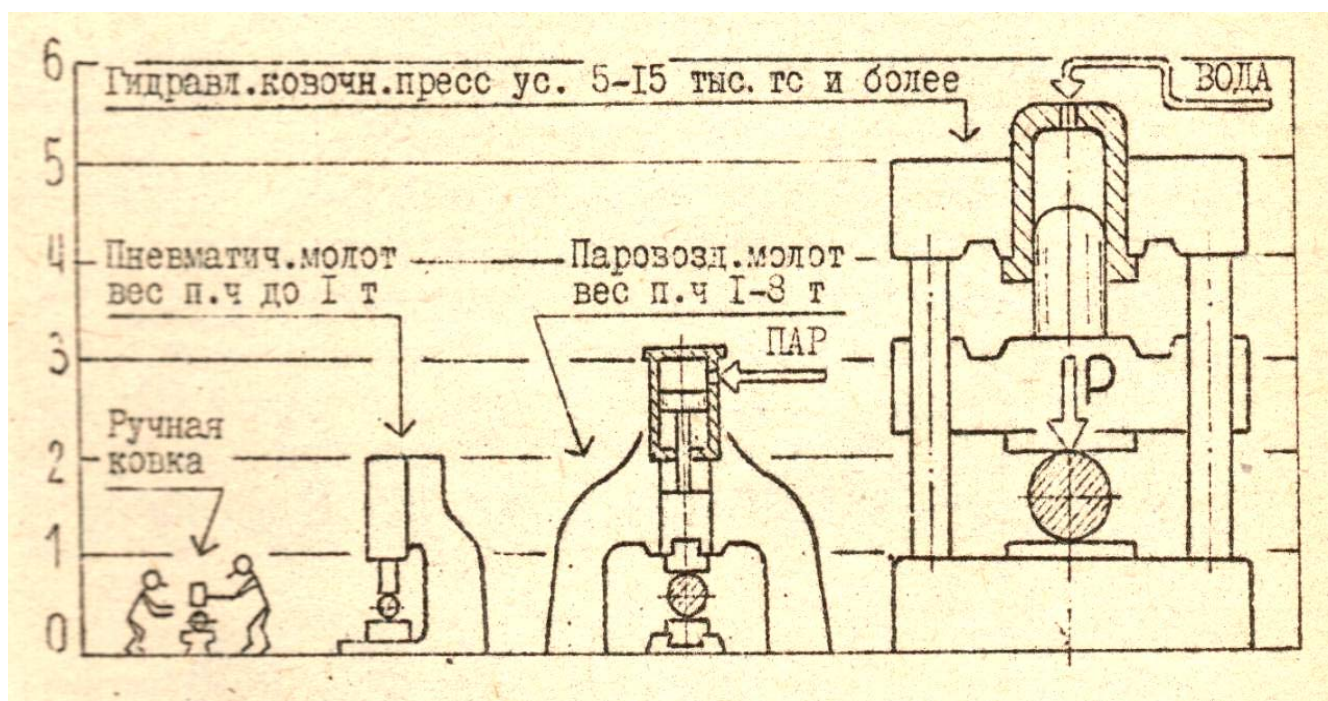


Рис. 1.12. Ковка ручная и машинная

1.4.7. ГОРЯЧАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА — процесс получения фасонных изделий путем деформирования нагретой исходной заготовки в РУЧЬЕ — замкнутой полости инструмента — ШТАМПА (см. рис. 1.14, с. 15). Конфигурация и размеры ручья полностью определяют конфигурацию и размеры получаемой поковки. Штамповку осуществляют на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах, применяют в массовом и крупносерийном производстве, где изготовление штампов экономически выгодно. Изделиями являются: валы, рычаги, шатуны, тяги, зубчатые колеса. Используют три разновидности конструкций штампов:

ОТКРЫТЫЙ ШТАМП (а);

ЗАКРЫТЫЙ ШТАМП С ОДНОЙ ПЛОСКОСТЬ РАЗЪЕМА (б);
 ЗАКРЫТЫЙ ШТАМП С ДВУМЯ ПЛОСКОСТЯМИ РАЗЪЕМА (в).

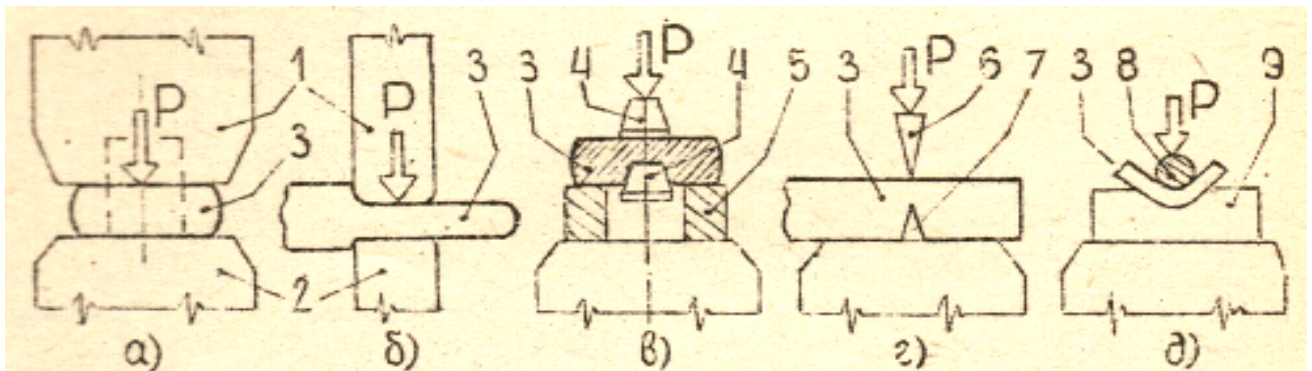


Рис. 1.13. Операцииковки: 1 и 2 — верхний и нижний бойки; 3 — поковка; 4 — прошивень; 5 — подкладное кольцо; 6 — топор; 7 — надрез; 8 — оправка; 9 — подкладной штамп

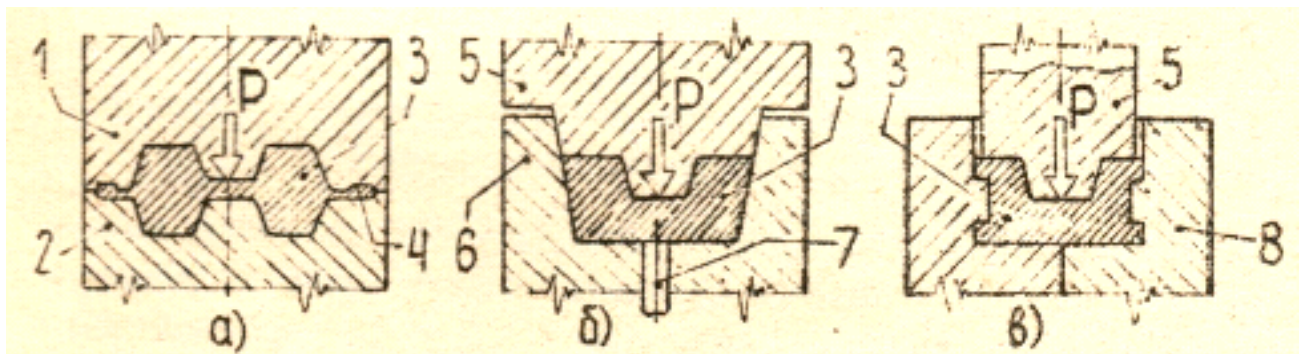


Рис. 1.14. Схема горячей объемной штамповки: 1 и 2 — верхний и нижний штампы; 3 — поковка; 4 — облой; 5 — пуансон; 6 — матрица; 7 — выталкиватель; 8 — матрица разъемная

1.4.8. ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА — процесс получения плоских и объемных тонкостенных изделий из листового материала на прессах с помощью штампов (см. рис. 1.15, с. 16). Основные операции: ОТРЕЗКА, ВЫРУБКА, ГИБКА, ВЫТЯЖКА, ОТБОРТОВКА, ОБЖИМ и ФОРМОВКА. Все без нагрева.

1.5. Классификация деталей машин по группам. Способы получения заготовок для групп деталей

1.5.1. В технологии машиностроения детали машины разделяют на следующие основные группы:

- Корпусные детали
- Валы;
- Зубчатые колеса;
- Рычаги;
- Плоские и объемные тонкостенные детали;
- Крепежные детали.

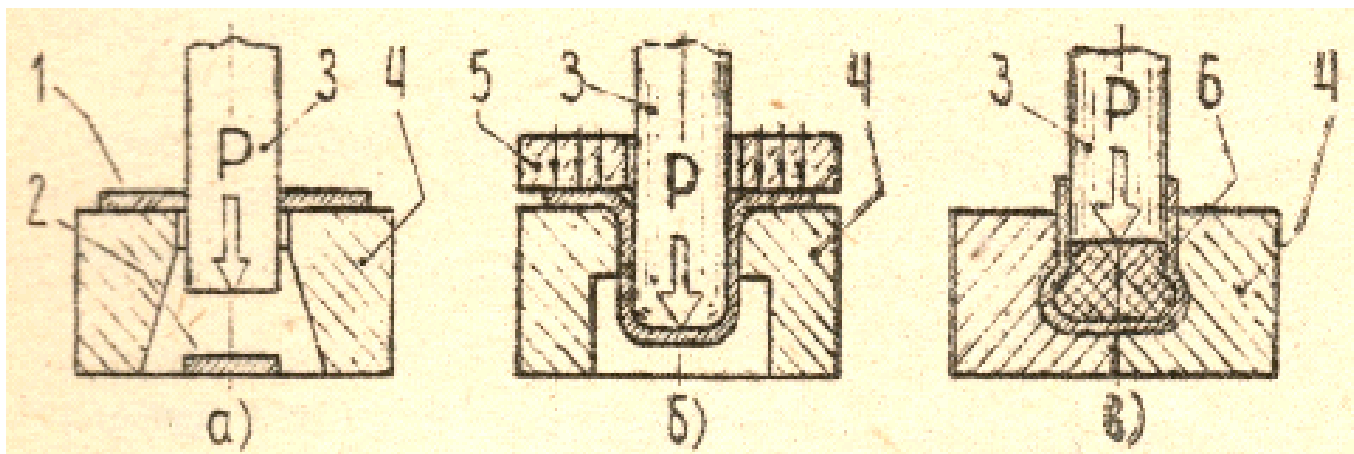


Рис. 1.15. Схема листовой штамповки:

- а — вырубка (1 — отход, 2 — изделие) и пробивка; б — вытяжка;
 в — формовка резиной; 3 — пуансон; 4 — матрица;
 5 — прижим; 6 — резина

Эти детали изготовляют из цветных сплавов, стали и чугуна. Заготовки для них получают в виде поковок и отливок. При выборе способа получения заготовки руководствуются принципом экономичности и учитывают материал детали, ее массу и размеры, а также условия производства (массовое, серийное или единичное).

1.5.2. КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ служат для размещения в них различных механизмов. Это станины станков и прокатных станов, корпуса редукторов и подшипников, фигурные крышки и др. Заготовки корпусных деталей изготовляют:

1.5.2.1. В условиях МАССОВОГО и КРУПНОСЕРИЙНОГО производства — из чугуна, алюминиевых и магниевых сплавов и стали литьем в песчаные и металлические формы (в кокиль и под давлением). Отливки, полученные в металлических формах, имеют более точные размеры, хорошую наружную поверхность и меньше внутренних дефектов.

1.5.2.2. В условиях ЕДИНИЧНОГО и МЕЛКОСЕРИЙНОГО производства — из стальных листов при помощи электросварки. Стенки у сварных заготовок более тонкие, чем у отливок и масса меньше, но трудоемкость изготовления и стоимость выше.

1.5.3. ВАЛЫ служат для передачи крутящего момента от одной группы деталей механизма к другой. В машиностроении используются валы различных конструкций.

1.5.3.1. ВАЛЫ ПРОСТОЙ КОНСТРУКЦИИ изготовляют стальными. ГЛАДКИЕ ВАЛЫ БЕЗ СТУПЕНЕЙ (см. рис. 1.16 (а), с. 17) — из калиброванного (точного) проката круглого профиля. Обрабатывают только шейки (посадочные места) обтачиванием на токарных станках.

СТУПЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ С МАЛЫМ ПЕРЕПАДОМ ДИАМЕТРОВ СТУПЕНЕЙ (см. рис. 1.16 (б) с. 17) — из горячекатаного проката обработкой на токарных станках.

СТУПЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ С УТОЛЩЕНИЕМ ПОСРЕДИНЕ (рис. 1.16, в) — из кованных и штампованных заготовок, которые для валов средних размеров (массой до 150 кг) в условиях массового производства получают горячей объемной штамповкой в открытых штампах на молотах и прессах или штамповкой на ротационно-ковочных машинах (см. рис. 3.22, с. 64). Для валов крупных размеров в условиях единичного производства — ковкой.

СТУПЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ С ОДНОСТОРОННИМ УТОЛЩЕНИЕМ, грибовидные (рис. 1.16, г) — из кованных и штампованных заготовок, которые для валов средних размеров в условиях массового производства получают штамповкой на ГКМ (см. рис. 3.20, с. 62), а для валов крупных размеров, а также в условиях единичного и мелкосерийного производства — ковкой.

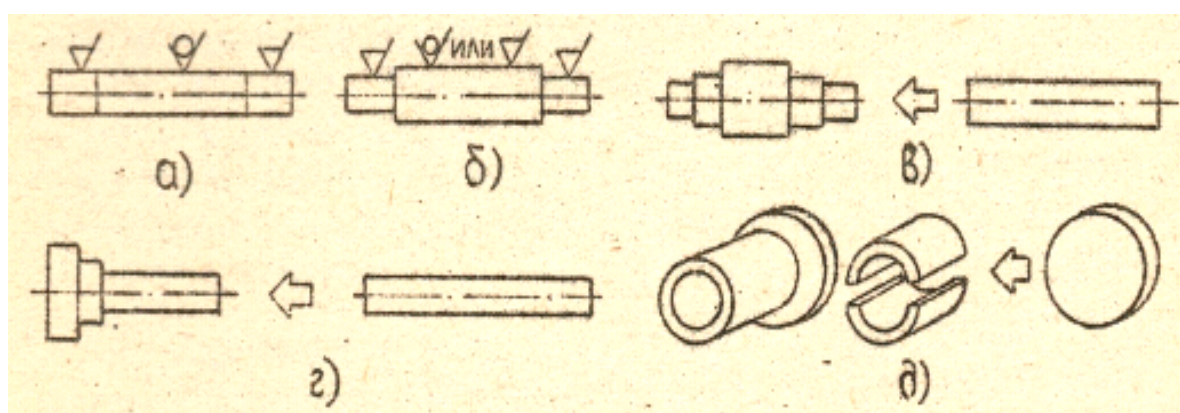


Рис. 1.16. Производство заготовок для валов

1.5.3.2. ВАЛЫ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ изготавливают из стали и чугуна.

КОЛЕНЧАТЫЕ И КУЛАЧКОВЫЕ ВАЛЫ (распределительные) изготавливают из поковок и отливок. Заготовки для валов стальных средних размеров в условиях массового производства получают горячей объемной штамповкой в открытых штампах на молотах и прессах, а для валов крупных размеров — ковкой. Заготовки для валов чугунных во всех случаях — литьем.

ВАЛЫ и ПОЛУОСИ ФЛАНЦЕВЫЙ ПОЛЫЕ: заготовки для этих валов из чугуна получают литьем, а валы из стали — ковкой или электросваркой под слоем флюса из двух полуцилиндров и фланца (рис. 1.16, д).

1.5.4. РЫЧАГИ. К деталям типа рычагов относят: рычаги, шатуны, серьги, тяги, вилки и др. Эти детали выполняют разнообразные функции, связанные с передачей движений от одной группы деталей машины или механизма к другой. Изготавливают их из стали и чугуна. Заготовки для этих деталей получают:

СТАЛЬНЫЕ РЫЧАГИ МЕЛКИХ и СРЕДНИХ РАЗМЕРОВ в условиях массового производства — горячей объемной штамповкой на молотах и прессах;

СТАЛЬНЫЕ РЫЧАГИ КРУПНЫХ РАЗМЕРОВ во всех случаях, мелких и средних размеров в условиях единичного и мелкосерийного производства — ковкой;

ЧУГУННЫЕ РЫЧАГИ во всех случаях — литьем.

1.5.5. **ЗУБЧАТКЕ КОЛЕСА** служат для передачи крутящего момента от одного вала механизма к другому. Их изготавливают, в основном, из стали.

1.5.5.1. В качестве заготовок используют для **СТАЛЬНЫХ КОЛЕС:**

МАЛЫХ РАЗМЕРОВ (диаметром до 50 мм) **ПРОСТОЙ КОНФИГУРАЦИИ** — горячекатаный прокат круглого профиля;

СРЕДНИХ РАЗМЕРОВ ПРОСТОЙ КОНФИГУРАЦИИ в условиях массового производства — поковки, полученные горячей объемной штамповкой в открытых и закрытых штампа на молотах и прессах;

СРЕДНИХ РАЗМЕРОВ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ (с хвостовиками) в условиях массового производства — поковки, полученные горячей объемной штамповкой на ГKM;

КРУПНЫХ РАЗМЕРОВ во всех случаях и средних размеров в условиях единичного и мелкосерийного производства — поковки, полученные ковкой.

1.5.5.2. Заготовки для **КОЛЕС С КРУПНЫМ МОДУЛЕМ** в условиях массового производства получают накаткой зубьев на специальных прокатных станах (см. рис. 1.9 и 3.26 (б), с. 12 и 66).

1.5.5.3. Заготовки для **КОЛЕС ИЗ ЧУГУНА и ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ** во всех случаях и из стали в условиях мелкосерийного производства и в сельскохозяйственном машиностроении получают литьем.

1.5.6. **ПЛОСКИЕ и ОБЪЕМНЫЕ ТОНКОСТЕННЫЕ ДЕТАЛИ** широко применяются в механизмах машин. Это различные прокладки, шайбы, стаканчики, колпачки, крышки и другие изделия из стали, цветных сплавов и неметаллических материалов. Заготовки для этих деталей, а также готовые изделия, получают листовой штамповкой на прессах с помощью штампов.

1.5.7. **КРЕПЕЖНЫЕ ДЕТАЛИ.** К крепежным деталям относят болты, шпильки, винты, гайки, заклепки и другие изделия. Эти детали выпускают стандартизовано на металлургических заводах в виде **МЕТИЗОВ**. Однако во многих случаях крепежные детали изготавливают непосредственно на машиностроительных предприятиях из прутков и проволоки способами холодной высадки головок (заклёпки, винты, болты) на холодновысадочных автоматах и накатки резьбы, а также механической обработкой на металлорежущих станках-автоматах, используя в качестве исходных заготовок сортовой прокат круглого и шестигранного профиля.

1.6. Методика выбора способа получения заготовки

1.6.1. Различают ТРИ ЭТАПА методики выбора способа получения заготовки: предварительный, при отработке конструкции изделия на технологичность и окончательный.

1.6.2. ПРЕДВАРИТЕЛЬНО способ получения заготовки выбирает технолог-механик проектной организации при первой технологической отработке рабочего чертежа детали. Он рекомендует конструктору внести в его чертеж изменения и дополнения, касающиеся литейных и штамповочных уклонов, значений шероховатости на необрабатываемых поверхностях и др.

1.6.3. ВТОРИЧНО к вопросу выбора способа получения заготовки возвращаются при отработке конструкции изделия на технологичность, заключающейся в том, что подвергают частичной переработке конфигурацию и материал детали с целью использования наиболее совершенной заготовки, сокращающей объем механической обработки (точное и кокильное литье, литье под давлением, холодная штамповка и др.). Так, например, с целью сокращения трудоемкости обработки и экономии металла, конструкция крышки держателя (рис. 1.17, а) заменена новой (рис. 1.17, б).

В первоначальном варианте использовали заготовку в виде диска отрезанного от катаного прутка, а в новом — заготовку получают из листа вытяжкой центральной части и вырубкой по контуру. Трудоемкость механической обработки снизилась в четыре раза, общая трудоемкость — в два, и в три раза сократился расход металла.

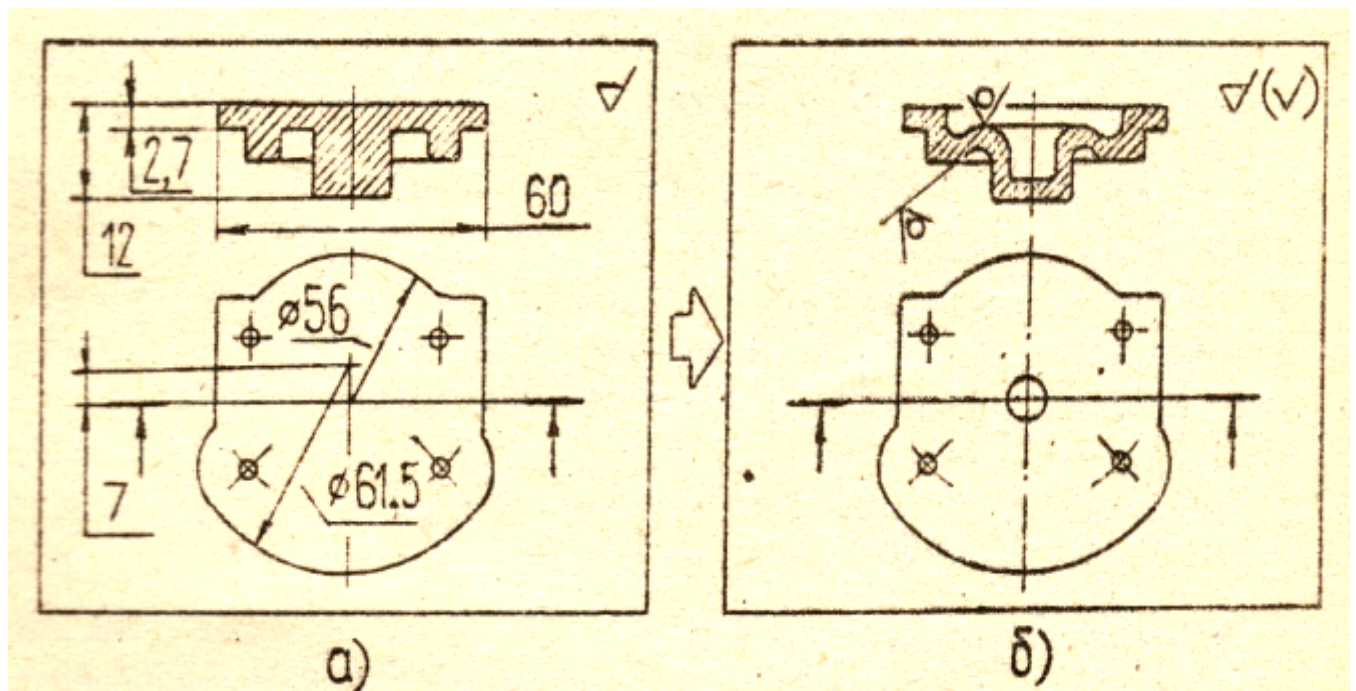


Рис. 1.17. Конструкция крышки держателя (металл — сталь 20)

1.6.4. **ОКОНЧАТЕЛЬНО** вопрос о выборе способа получения заготовки решает технолог-механик при разработке техпроцесса механической обработки детали. Это решение он подкрепляет технико-экономическим расчетом, в котором анализируются следующие факторы:

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА материала детали (литейные, ковкость, свариваемость, обрабатываемость);

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ изделия (макроструктура, расположение волокон, величина зерна);

КОНФИГУРАЦИЯ и **РАЗМЕРЫ** заготовки (чем крупнее деталь, тем дороже изготовление штампов);

ПРОГРАММА выпуска деталей; **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ** заготовительных цехов (наличие соответствующего оборудования);

ВРЕМЯ НА ПОДГОТОВКУ ПРОИЗВОДСТВА (необходимое и располагаемое);

РАСХОД МАТЕРИАЛА;

СЕБЕСТОИМОСТЬ изготовления отдельно детали и заготовки.

1.6.5. Выбранным способом получения заготовки должна обеспечиваться **МИНИМАЛЬНАЯ НОРМА РАСХОДА МАТЕРИАЛА** на деталь

$$H = m_d + M_{отх.з} + M_{отх.мех},$$

где m_d — масса детали, а $M_{отх.з}$ и $M_{отх.мех}$ — соответственно масса отходов на заготовительном переделе и при механической обработке. Снижение m_d достигают за счет отработки конструкции изделия на технологичность, применения более качественных материалов и экономических профилей проката. Величина $M_{отх.з}$ зависит от массы прибылей и литников у отливок, заусенца, выдр и угара металла при штамповке, $M_{отх.мех}$ — от размеров припусков и напусков металла, идущего в стружку, отходов пруткового материала из-за его некратности по длине или использования прутка большего диаметра.

1.6.6. От способа получения заготовки зависят не только стоимость материала C_m и себестоимость получения самой заготовки $C_з$, но и себестоимость обработки на последующих этапах техпроцесса $C_{мех}$. Поэтому выбор способа получения заготовки производят на основании технико-экономического расчета себестоимости детали

$$C_d = C_m + C_з + C_{мех}.$$

В случае многовариантной задачи, когда заготовка может быть получена несколькими способами, следует отдавать предпочтение способу, которым обеспечивается **НАИМЕНЬШАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ ДЕТАЛИ**.

1.7. Структурная схема образования отходов металла на заготовительном переделе и при механической обработке.
Средние значения потерь металла.

Понятие о коэффициенте использования материала

1.7.1. Структурная схема образования отходов металла на заготовительном переделе и при механической обработке приведена на рис. 1.18 (см. с. 22 и 23). На схеме рассмотрены основные способы получения заготовок, применяемые в машиностроении. Проанализируем источники потерь металла.

1.7.1.1. В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ потери металла образуются в виде литников и прибылей, угара металла и бракованных отливок. Величина этих потерь зависит от типа производства, уровня технологии, конфигурации отливок и других факторов. Потери металла в зависимости от вида материала при изготовлении отливок средних размеров составляют 35-54% (чугун 35%, легированные стали до 50%).

1.7.1.2. В КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ потери металла образуются в виде технологических отходов: заусенцы, выдра, обрезь, обсечки, угар металла при нагреве. Величина этих потерь зависит от многих факторов и, в частности, от вида исходных заготовок, типа производства и способа пластической деформации. Потери металла составляют от 5 до 40%, т.е. несколько ниже, чем в литейном производстве. Наибольшие потери при ковке на молотах (до 40%), наименьшие — при штамповке на ГКМ.

1.7.1.3. При МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ потери металла в стружку образуются из удаляемых припусков и напусков металла и вынужденных отходов в виду некратности пруткового проката. Величина этих потерь зависит, в основном, от способа получения заготовок и составляет от 7 до 50%. Наименьший процент потерь (7-10%) получается при использовании точных отливок (в кокиль, под давлением), наибольший (до 50%) — при использовании пруткового проката.

1.7.1.4. От КОНФИГУРАЦИИ детали потери металла зависят в значительной степени, причем как на заготовительном переделе так и при механической обработке. Так, например, потери металла при штамповке сложных по конфигурации изделий (рычаги, коленчатые валы, вилки, кулачки и цапфы) на молотах и прессах достигают 20%\$, при дальнейшей, механической обработке — 50%, и общие — до 70%.

1.7.2. Потери металла учитывают с помощью КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛА, представляющего собой отношение чистой массы готовой детали к массе исходной заготовки

$$К_{и.м} = m_d / m_{исх.з.}$$

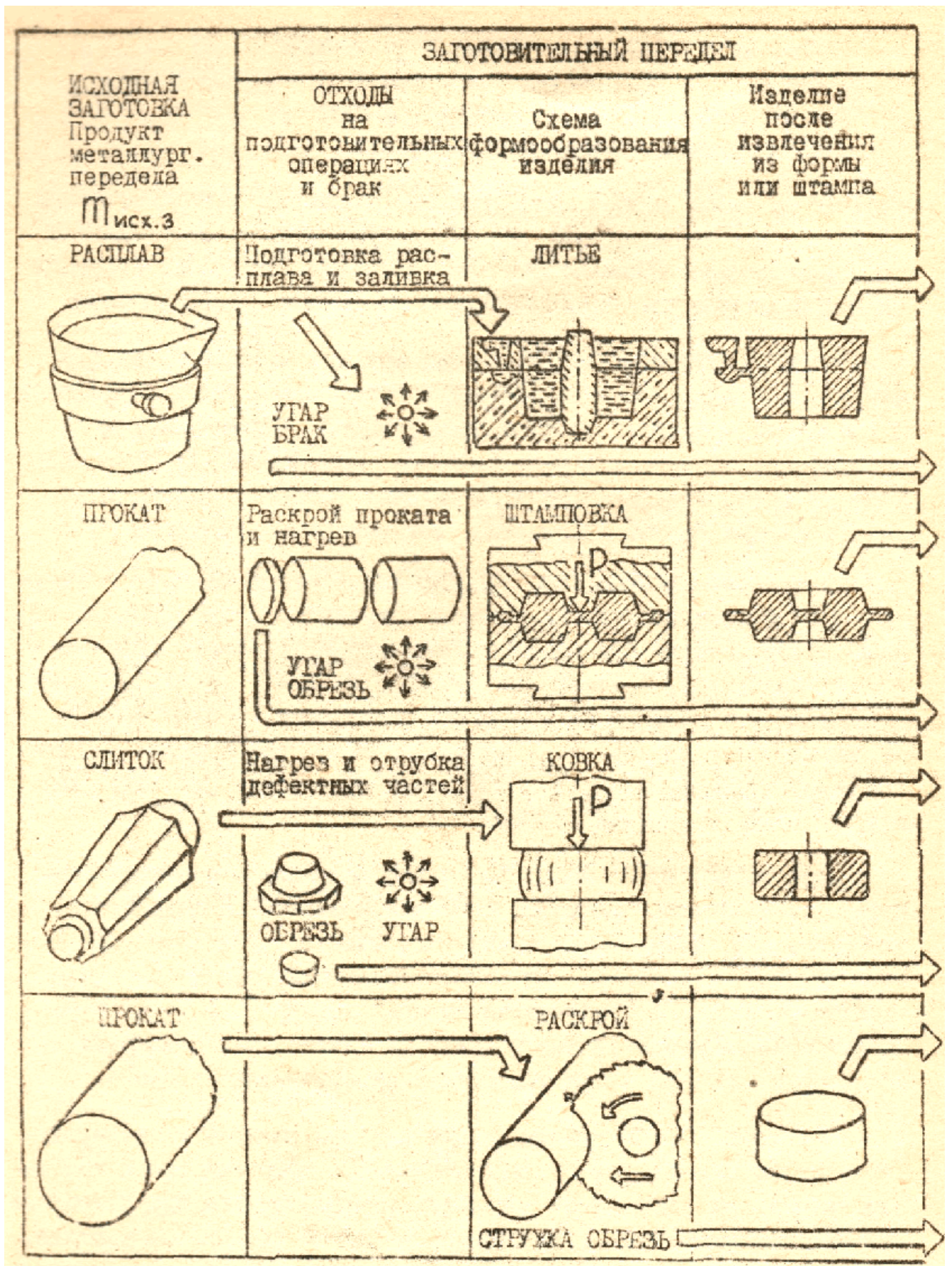
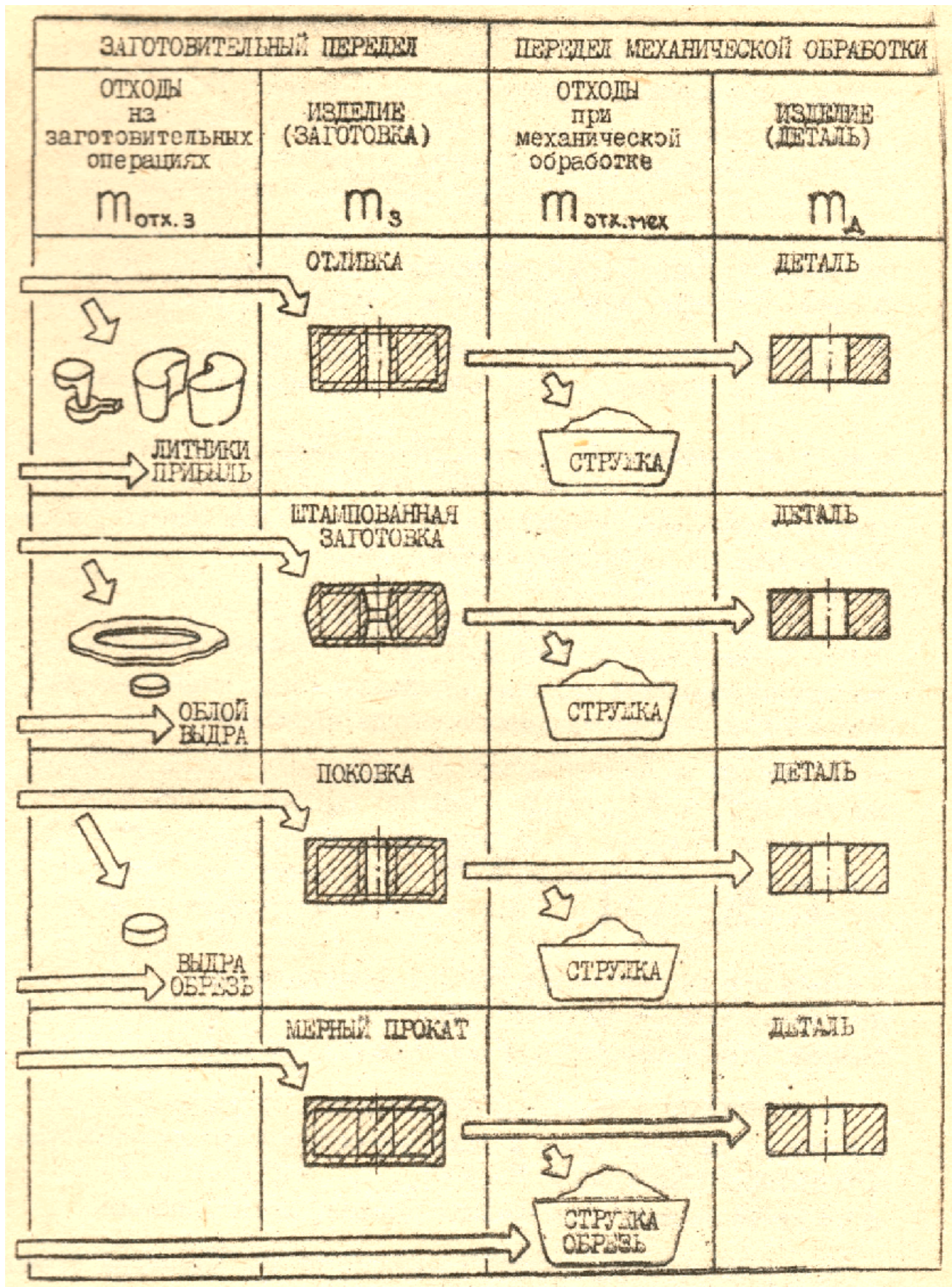


Рис. 1.18. Структурная схема образования отходов металла на заготовительном переделе и при механической обработке



Продолжение рис. 1.18

Чем ближе значение $K_{и.м}$ единице, тем меньше величина отходов.

Численные значения $K_{и.м}$ в различных отраслях машиностроения колеблются в широких пределах, так как зависят от многих факторов.

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ $K_{и.м}$ составляют:

в единичном производстве — 0,55-0,60;

в серийном — 0,65-0,75;

в массовом — 0,75-0,85.

1.7.3. В технологии машиностроения в силу сложившейся многолетней разобщенности заготовительного и окончательного производств возникло свое представление о коэффициентах использования металла, которое (в наших обозначениях) выглядит так:

$$K_{и.м}^{общ} = m_d / m_{исх.з}; K_{и.м}^{max} = m_d / m_з; K_{и.м}^3 = m_з / m_{исх.з};$$

Все эти коэффициенты являются отношением масс, полученных после обработки, к соответствующим массам до обработки.

Такая система на первый взгляд представляется весьма логичной, так как:

$$K_{и.м}^{общ} = K_{и.м}^3 \times K_{и.м}^{мех}$$

Однако механический коэффициент использования материала часто обозначают не $K_{и.м}$, а "КИМ", имея в виду (в наших обозначениях) $K_{и.м}^{мех}$. Его используют также для обозначения $K_{и.м}^{общ}$ и $K_{и.м}^3$, дополнительно оговаривая словами.

1.7.4. В литейном и в кузнечно-штамповочном производствах и в соответствующей литературе исторически используются свои коэффициенты, учитывающие расход металла и не соответствующие описанной системе.

1.7.4.1. В ЛИТЕЙНОМ и ПРОКАТНОМ ПРОИЗВОДСТВАХ, а также при КОВКЕ поковок из слитков отходы металла учитывают с помощью КОЭФФИЦИЕНТА ВЫХОДА ГОДНОГО

$$K_r = m_d / m_{исх.з}, \text{ где } K_r < 1.$$

Учет K_r ведут в целом по цеху и по группам проката, литья и поковок.

1.7.4.2. В КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ при получении изделий из пруткового и листового проката отходы металла учитывают с помощью РАСХОДНОГО КОЭФФИЦИЕНТА

$$K_p = m_{исх.з} / m_з, \text{ где } K_p > 1.$$

1.7.5. На ПЕРЕДЕЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ расход металла правильнее оценивать не коэффициентами КИМ или $K_{и.м}^{мех}$, а КОЭФФИЦИЕНТОМ ПРИПУСКОВ

$$K_{прип} = m_з / m_д ,$$

представляющим собой отношение массы заготовки к массе готовой детали. $K_{прип}$ позволяет оценить потери металла, связанные с превращением в стружку припусков и напусков. $K_{прип}$ можно определить непосредственно для каждой детали как отношение фактических масс заготовки и детали ($K_{прип}^{фак}$) или по чертежным размерам ($K_{прип}^{черт}$). При этом удобнее оперировать не массами, а объемами металла заготовки и детали. Эти объемы вычисляют по номинальным размерам заготовки и детали, указанным на их рабочих чертежах. Чтобы упростить расчеты, заготовку и деталь условно разбивают на элементарные объемы, представляющие собой объемы простейших геометрических тел.

1.7.6. С помощью $K_{и.м}$ можно проанализировать различные варианты получения заготовки и выбрать оптимальный по затратам на материал. Иногда логичное на первый взгляд утверждение о том, что из двух вариантов изготовления детали из индивидуальной штампованной заготовки и пруткового проката расход металла всегда меньше в первом случае, может оказаться ошибочным, так как при этом не учтены потери металла на заготовительном переделе и конфигурация детали. Так, например, для зубчатого колеса массой 3 кг сложной конфигурации (рис. 1.19, а) $K_{и.м}$ составляет при использовании индивидуальной заготовки 0,63 и пруткового проката — 0,38, а для колеса простой конфигурации (рис. 1.19, б) соответственно — 0,59 и 0,68.

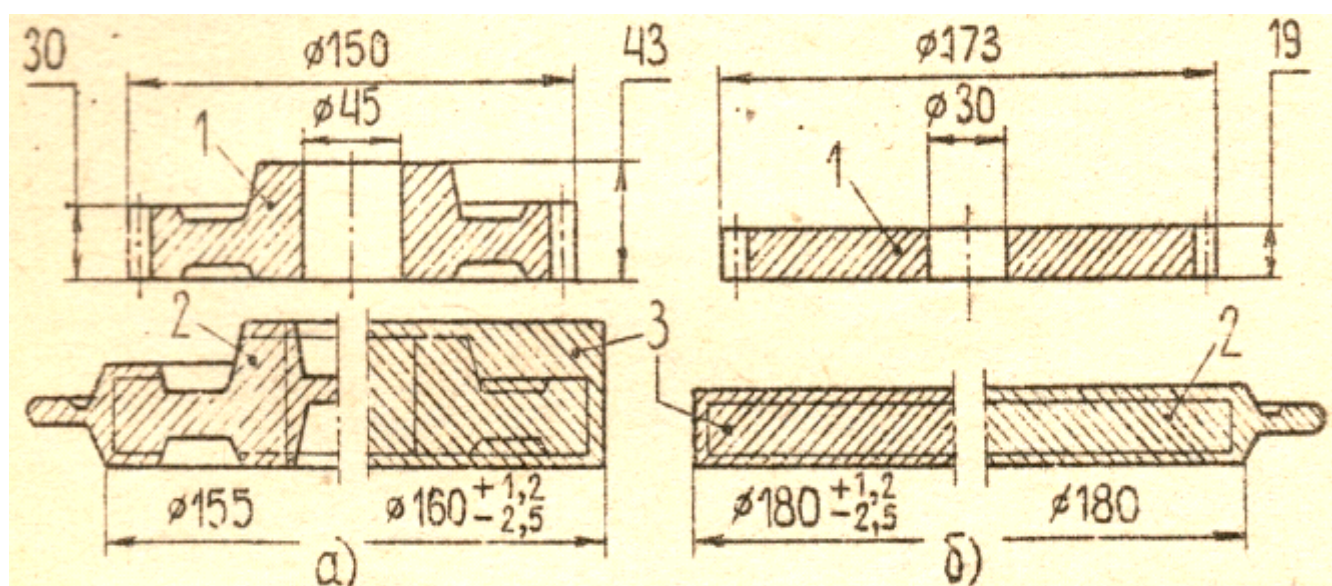


Рис. 1.19. К выбору заготовки для зубчатого колеса сложной (а) и простой (б) конфигурации: 1 — деталь; 2 — штампованная заготовка; 3 — прокат

1.8. Экономически целесообразные пределы применения различных способов получения заготовок в зависимости от размера программного задания

1.8.1. Выбор способа получения заготовок в значительной степени определяется РАЗМЕРАМИ ПРОГРАММНОГО ЗАДАНИЯ и техническими возможностями заготовительных цехов предприятия. Применение прогрессивных заготовок с малыми припусками снижает трудоемкость механической обработки, но дополнительные затраты на оснащение заготовительных цехов окупаются только при достаточных размерах программного задания.

Рассмотрим три примера зависимостей, устанавливающих экономически целесообразные пределы применения различных способов получения заготовки.

1.8.2. Пример 1. К выбору наиболее экономичного способа пластического деформирования для получения заготовки зубчатого колеса. Технология получения заготовок и конфигурация поковок даны на рис. 1.20. В зависимости от выбора способа получения заготовки — на рис. 1.21 (см. с. 27).

Способ получения заготовки	Технология	Конфигурация поковки
Ковка на гладких бойках (осадка и обкатка по диаметру)		
Ковка в подкладных штампах (осадка)		
Штамповка в открытом штампе на молоте или кувалде		

Рис. 1.20. Технология получения заготовок и конфигурация поковок

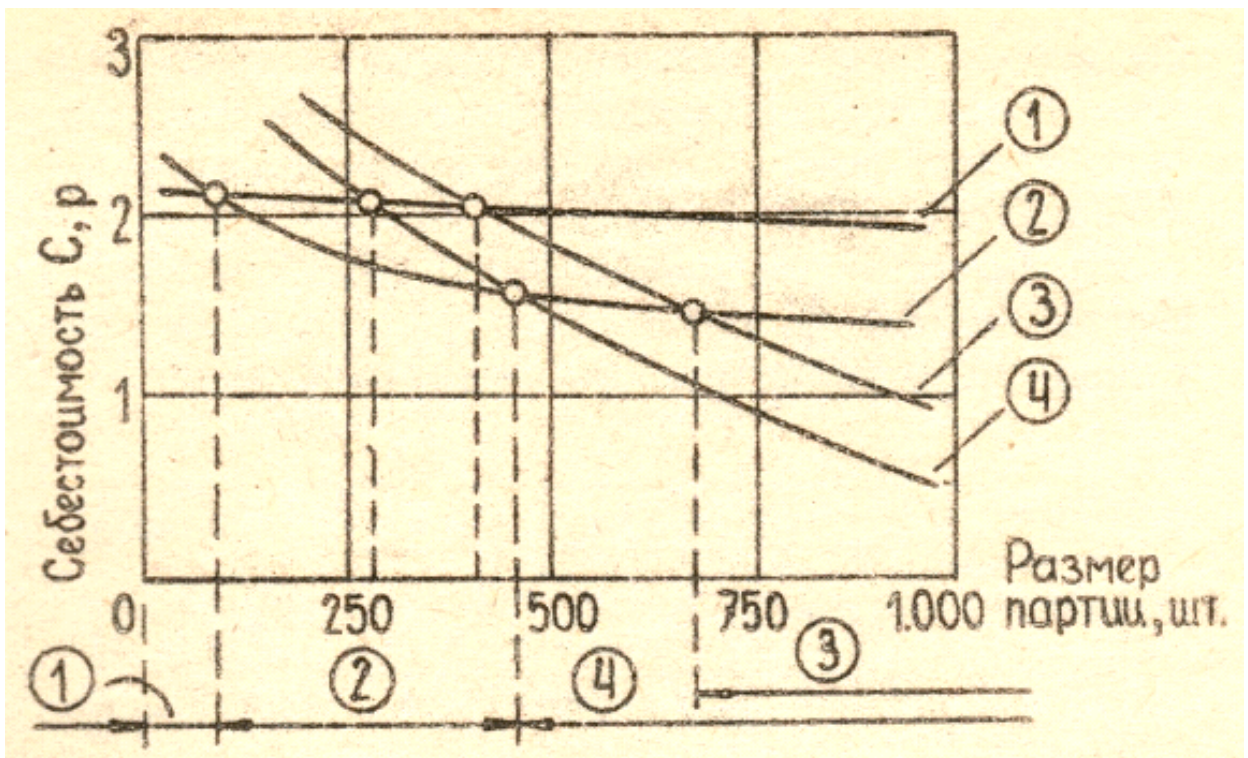


Рис. 1.21. Зависимости к выбору способа получения заготовки для зубчатых колес: 1 — ковка; 2 — ковка в подкладных штампах; 3 — штамповка на молотах; 4 — штамповка на ГКШП

1.8.3. Пример 2. К выбору наиболее экономичного способа получения заготовки для стального поводка из числаковки, штамповки и литья. Зависимости к выбору способа получения заготовки даны на рис. 1.22.

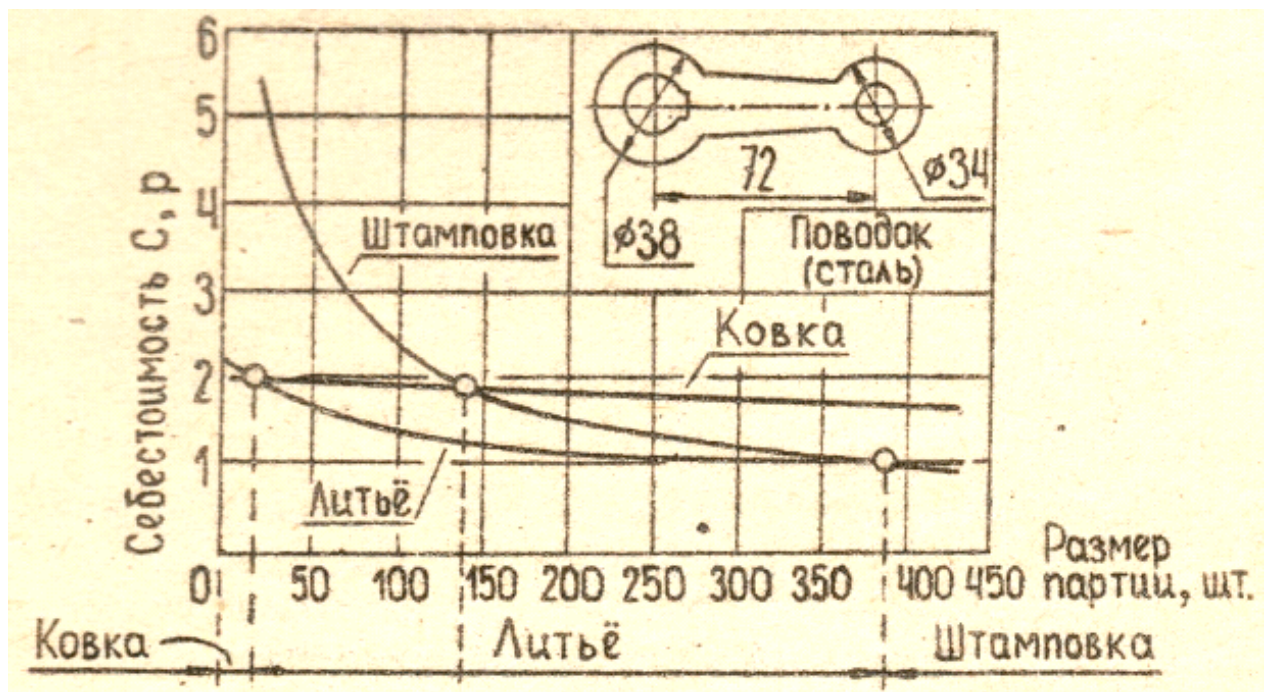


Рис. 1.22. Зависимости к выбору способа получения заготовки для поводка

1.8.4. Пример 3. К выбору наиболее экономичного способа получения заготовки эксцентрикового пальца с учетом затрат заготовительного и механического цехов. Чертеж этой детали представлен на рис. 1.23. Зависимости к выбору и диаграммы расходов — на рис. 1.24. Составляющие расходов: 1 — стоимость материала; 2 и 3 — зарплата и накладные расходы при штамповке; 4 и 5 — зарплата и накладные расходы при механической обработке; 6 — стоимость штампа.

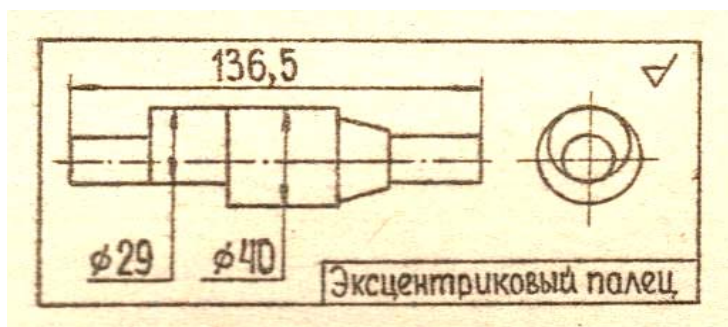


Рис. 1.23. Чертеж готовой детали

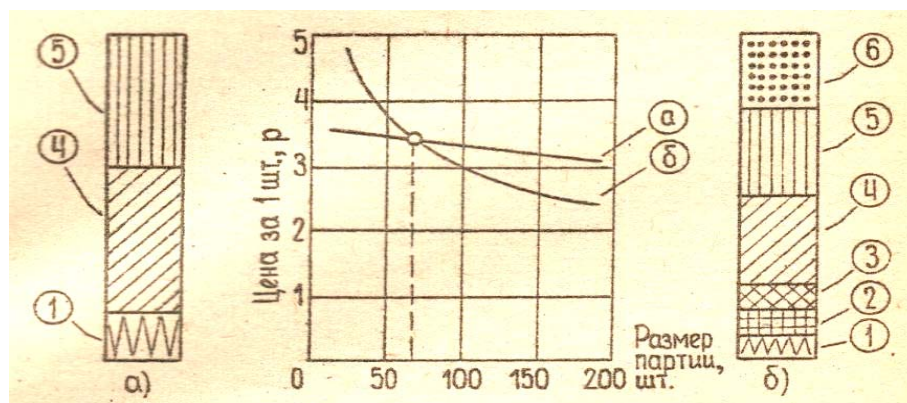


Рис. 1.24. Зависимости (кривые «а» и «б») к выбору способа получения заготовки для эксцентрикового пальца и диаграмма расходов при использовании в качестве заготовки пруткового проката (а) и индивидуальной штампованной заготовки

Диаграммы расходов составлены для точки пересечения кривых «а» и «б». Влево от этой точки рентабельно использовать прутковый прокат, вправо — индивидуальную штампованную заготовку.

1.9. Экономические показатели конкурентоспособности прогрессивных заготовок

1.9.1. Внедрение прогрессивных заготовок взамен получаемых традиционными способами, позволяет значительно снизить расход металла и трудоемкость на заготовительных операциях и при механической обработке, уменьшить массу готовых деталей, повысить качество изделий. Конкурентоспособность прогрессивных заготовок и новых технологий рассмотрим на трех примерах.

1.9.2. КОНКУРЕНЦИЯ ОТЛИВОК И ПОКОВОК. Если по условиям производства для ответственных деталей можно получать заготовки и горячей объемной штамповкой и литьем, то следует учитывать, что в среднем трудоемкость обработки литых заготовок на 15-20% ниже штампованных.

Например, стоимость литых чугунных коленчатых валов в 3-4 раза ниже стоимости стальных за счет уменьшения расхода материалов и трудоемкости механической обработки. Недостатками чугунных валов являются сравнительная трудоемкость обеспечения единообразия механических свойств в различных заготовках валов и возможность образования внутренних дефектов.

1.9.3. ТОЧНОЕ СТАЛЬНОЕ ЛИТЬЕ ВЗАМЕН ШТАМПОВКИ. Применение, в тех случаях, где это возможно по условиям прочности деталей, точного стального литья взамен штамповки позволяет существенно сократить отходы металла в стружку и снизить трудоемкость механической обработки. Такой опыт известен при изготовлении турбинных лопаток. Масса заготовки снизилась с 1,5 до 0,5, отходы в стружку с 1 до 0,05 кг. Количество операций механической обработки сократилось с 83 до 25.

1.9.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОКАТА. При использовании нормального пруткового проката отходы металла в стружку особенно велики. В этом случае потери связаны с разрезкой прутков, и с тем, что форма готовой детали может значительно отличаться от формы цилиндра.

В условиях массового производства находит применение специальный прокат, форма которого максимально приближена к форме изделия и требует минимальной обработки резанием. Отходы металла в стружку снижаются при этом до 5-10%. Такой прокат изготавливают централизованно на прокатных станах металлургических заводов или непосредственно в машиностроении вальцовкой (профилированием) на ковочных вальцах.

Раздел 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК

2.1. Основные требования, предъявляемые к отливкам, и пути их обеспечения

2.1.1. Основными техническими требованиями, предъявляемыми к отливкам, являются:

соответствие конфигурации и геометрической формы отливки, указанным на ее рабочем чертеже, без "недоливов", раковин и др. дефектов;

соответствие размеров отливки размерам, указанным на рабочем чертеже;

отсутствие на поверхности отливки пригаров формовочной смеси;

отсутствие трещин, возникающих в процессе кристаллизации сплава и охлаждения отливки;

отсутствие коробления отливки;

равномерная прочность отливки в разных частях и сечениях.

Выполнение этих требований обеспечивают в процессе конструирования отливки и при разработке технологического процесса ее изготовления за счет правильного выбора сплава для отливки, разработки ее конфигурации, учета литейных свойств сплава и подбора состава формовочных и стержневых смесей.

2.1.2. При выборе сплава для отливки учитывают его физико-механические свойства и, в первую очередь, прочность — способность противостоять без разрушения действующим нагрузкам.

2.1.3. При разработке конфигурации отливки и литейной формы учитывают литейные свойства сплава и условия кристаллизации металла в процессе затвердевания отливки.

К литейным свойствам сплава относятся:

ЖИДКОТЕКУЧЕСТЬ — способность сплава воспроизводить рельеф литейной формы;

ЛИТЕЙНАЯ УСАДКА — изменение размеров отливки при остывании;

ОБЪЕМНАЯ УСАДКА — склонность сплава к образованию усадочной раковины;

ЛИКВАЦИЯ — склонность сплава образовывать неодинаковые по химическому составу соединения в разных частях отливки.

Условия кристаллизации зависят от конфигурации отливки и скорости остывания и проявляются в характере расположения кристаллов макроструктуры и величине зерна.

2.1.4. Большую роль в обеспечении требований, предъявляемых к отливкам, играет правильный подбор формовочных и стержневых смесей, которые должны обладать:

ПЛАСТИЧНОСТЬЮ — способностью влажной смеси деформироваться и образовывать рельеф литейной формы;

ПРОЧНОСТЬЮ — способностью смеси выдерживать удары при транспортировке форм и стержней и при заливке металлом;

ПРОТИВОПРИГАРНОСТЬЮ — способностью смеси не сплавляться с металлом;

ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬЮ — способностью пропускать через себя газы, чтобы в отливках не образовывались раковины;

ПОДАТЛИВОСТЬЮ — способностью смеси сжиматься под действием сил со стороны отливки при остывании.

2.1.5. Пути обеспечения требований, предъявляемых к отливкам:

<p>Соответствие КОНФИГУРАЦИИ и геометрической формы отливки, указанным на ее рабочем чертеже без "недоливов", раковин и др. дефектам</p>	<p>Учет жидкотекучести сплава при конструировании отливки. Учет явления объемной усадки при конструировании отливки и разработке литейной формы. Создание условий для направленного затвердевания отливки. Обеспечение гладкой поверхности модели и стержневого ящика. Подбор состава формовочной и стержневой смеси, обеспечивающих достаточную газопроницаемость</p>
<p>Соответствие РАЗМЕРОВ отливки размерам, указанным на чертеже</p>	<p>Учет явления линейной усадки сплава при конструировании модели и стержневого ящика</p>
<p>Отсутствие на поверхности отливки ПРИГАРОВ формовочной смеси</p>	<p>Подбор состава формовочной и стержневой смеси, обладающих противопопригарными свойствами</p>
<p>Отсутствие ТРЕЩИН, возникающих в процессе кристаллизации сплава и охлаждения отливки</p>	<p>Учет явления линейной усадки сплава при конструировании отливки Подбор состава формовочной и стержневой смеси, обладающих податливостью</p>
<p>Отсутствие КОРОБЛЕНИЯ отливки</p>	<p>Учет явления линейной усадки при конструировании отливки</p>
<p>РАВНОМЕРНАЯ ПРОЧНОСТЬ материала отливки в разных частях и сечениях</p>	<p>Учет явления ликвации сплава при конструировании отливки Создание условий для направленного равномерного остывания отливки при разработке ее конфигурации и при разработке литейной формы</p>

2.2. Правила конструирования отливок с учетом литейных свойств сплава и особенностей кристаллизации металла

2.2.1. Конструкция литой детали должна обеспечить высокий уровень ее служебных характеристик, к которым относятся прочность, жесткость, герметичность, точность конфигурации и отсутствие внутренних дефектов. Часть этих требований может быть удовлетворена при конструировании отливки и разработке литейной формы. Для этого рекомендуется пользоваться следующими правилами.

2.2.2. Чтобы получить отливку с ТРЕБУЕМЫМИ РАЗМЕРАМИ не забудь при изготовлении модели и стержневого ящика эти размеры увеличить с учетом линейной усадки сплава (серый чугун 1%; легированная сталь 2%).

2.2.3. Для предотвращения «НЕДОЛИВОВ» и др. дефектов, связанных с недостаточной жидкотекучестью сплава, МИНИМАЛЬНО ДОПУС-

ТИМУЮ ТОЛЩИНУ СТенок отливки ВЫБИРАЙ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ ТАБЛИЦАМ (рис. 2.1). При литье в металлические формы толщина стенок должна быть больше.

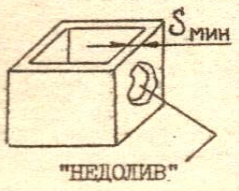
	Сплав	Минимальная толщина (мм) стенок в зависимости от габаритов отливок		
		мелкие	средние	крупные
	Низколегирован. стали	6-8	13-16	20-26
	Углеродистые стали	5-6	10-12	15-20
	Высокопрочный чугун	4-5	8-12	15-24
	Серый чугун	3-4	6-10	10-20
	Бронза	2-3	5-12	12-15

Рис. 2.1. Минимальная толщина стенок при литье в песчаные формы

2.2.4. Чтобы исключить КОРОБЛЕНИЕ отливки, поперечным сечениям ее длинных частей ПРИДАЙ ФОРМУ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФИГУРЫ СИММЕТРИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ОСИ (рис. 2.2).

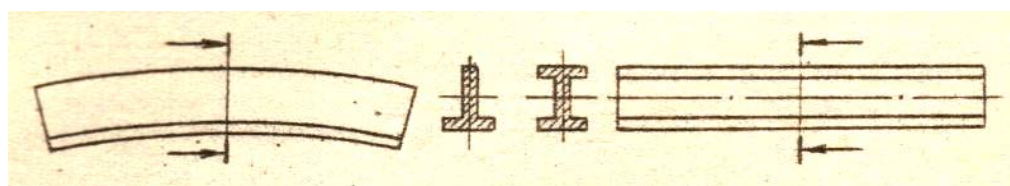


Рис. 2.2. Мероприятия по предотвращению коробления отливок (слева — неправильно, справа — правильно)

2.2.5. Для предотвращения ГОРЯЧИХ ТРЕЩИН в отливке обеспечь условия для ее свободной усадки в момент остывания в литейной форме: НЕ ДОПУСКАЙ ВЫСТУПОВ, препятствующих усадке отливки (см. рис. 2.3 (а), с. 33); ПРЕДУСМОТРИ ПЛАВНЫЕ ОКРУГЛЕНИЯ в местах перехода от толстой стенки к тонкой стенке (рис. 2.3, б); СДЕЛАЙ ИЗОГНУТЫМИ, а не прямыми донышки и радиальные спицы (рис. 2.3, в).

2.2.6. Для предотвращения УСАДОЧНЫХ РАКОВИН в теле отливки:

СОЗДАЙ УСЛОВИЯ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ МЕТАЛЛА в сторону прибыли, действуя с помощью правила: ОКРУЖНОСТЬ, ВПИСАННАЯ В ЛЕВУЮ ЧАСТЬ СЕЧЕНИЯ ОТЛИВКИ ДОЛЖНА БЕСПРЕПЯТСТВЕННО "ВЫКАТЫВАТЬСЯ" ПО НАПРАВЛЕНИЮ К ПРИБЫЛИ (см. рис. 2.4 (а), с. 33);

НЕ ДОПУСКАЙ МЕСТНОГО СКОПЛЕНИЯ МЕТАЛЛА в стенках отливки, для этого соотношение диаметров вписанных окружностей в близко расположенных стенках не должно превышать 1,5 (см. рис. 2.4 (б), с. 33).

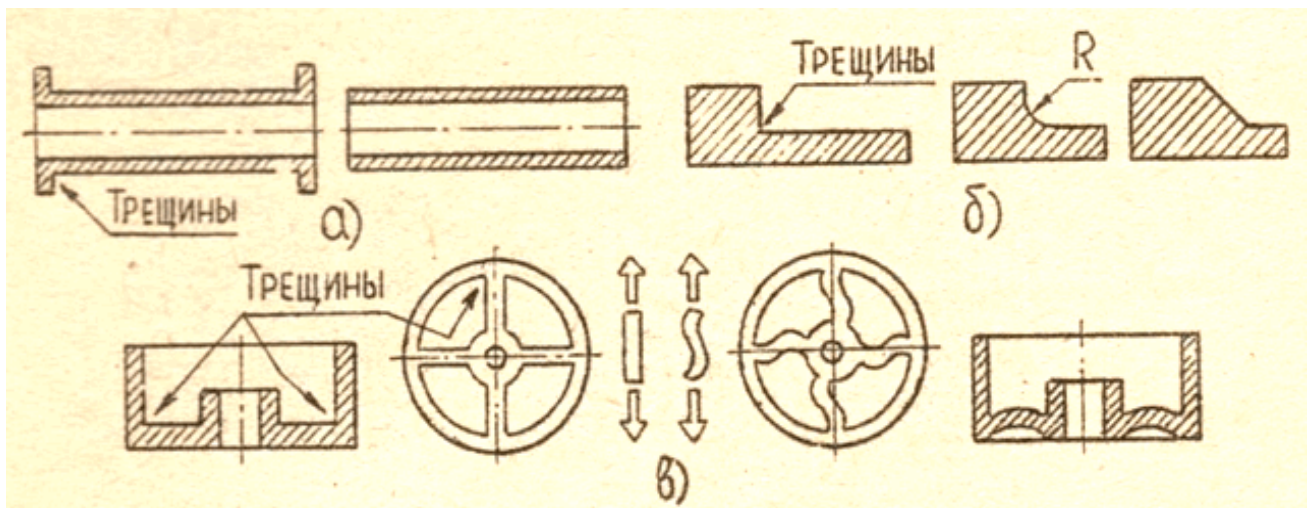


Рис. 2.3. Мероприятия по предотвращению горячих трещин в отливках (слева — неправильно, справа — правильно)

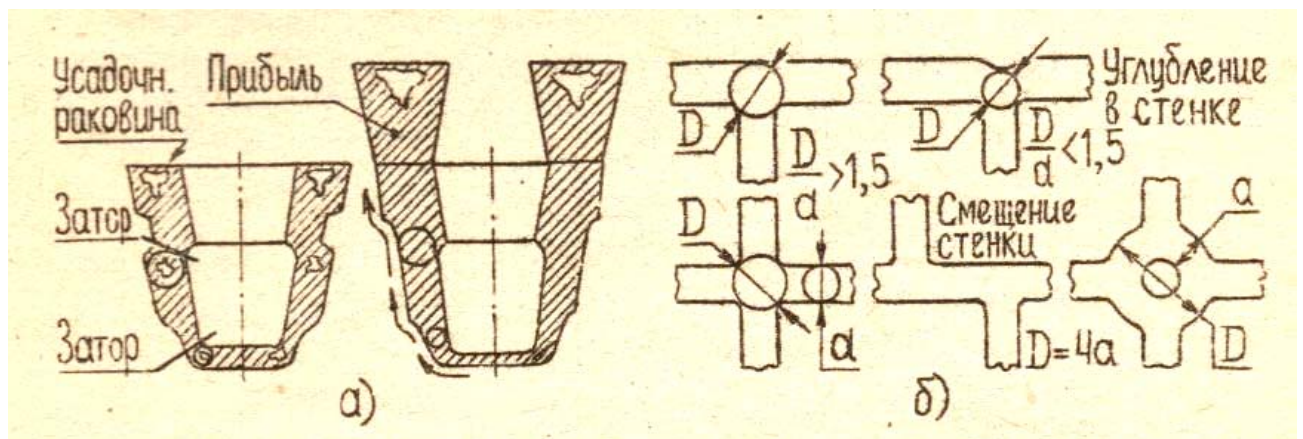


Рис. 2.4. Мероприятия по предотвращению усадочных раковин в отливках (слева — неправильно, справа — правильно)

2.2.7. Для обеспечения РАВНОМЕРНОЙ ПРОЧНОСТИ отливки в разных ее частях и сечениях, вызванной неодинаковой макроструктурой и зональной ликвацией, ПРЕДУСМОТРИ РАВНОМЕРНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ отливки за счет утонения ее массивных частей или размещения вблизи них "холодильников" (см. рис. 2.5, с. 34).

ХОЛОДИЛЬНИК ВНУТРЕННИЙ 1 (см. рис. 2.5, б) — стерженек из материала, отливки. Острым концом забивается в форму, частично или полностью расплавляется, остается в отливке или высверливается.

ХОЛОДИЛЬНИК НАРУЖНЫЙ 3 — массивный кусок металла, покрытый противопопригарной краской. Закладывается в литейную форму и извлекается при ее разрушении.

Ступица 2 колеса утонена в центре за счет утолщения центральной части стержня. Этим достигается равенство толщин стенок отливки и ее равномерное охлаждение.

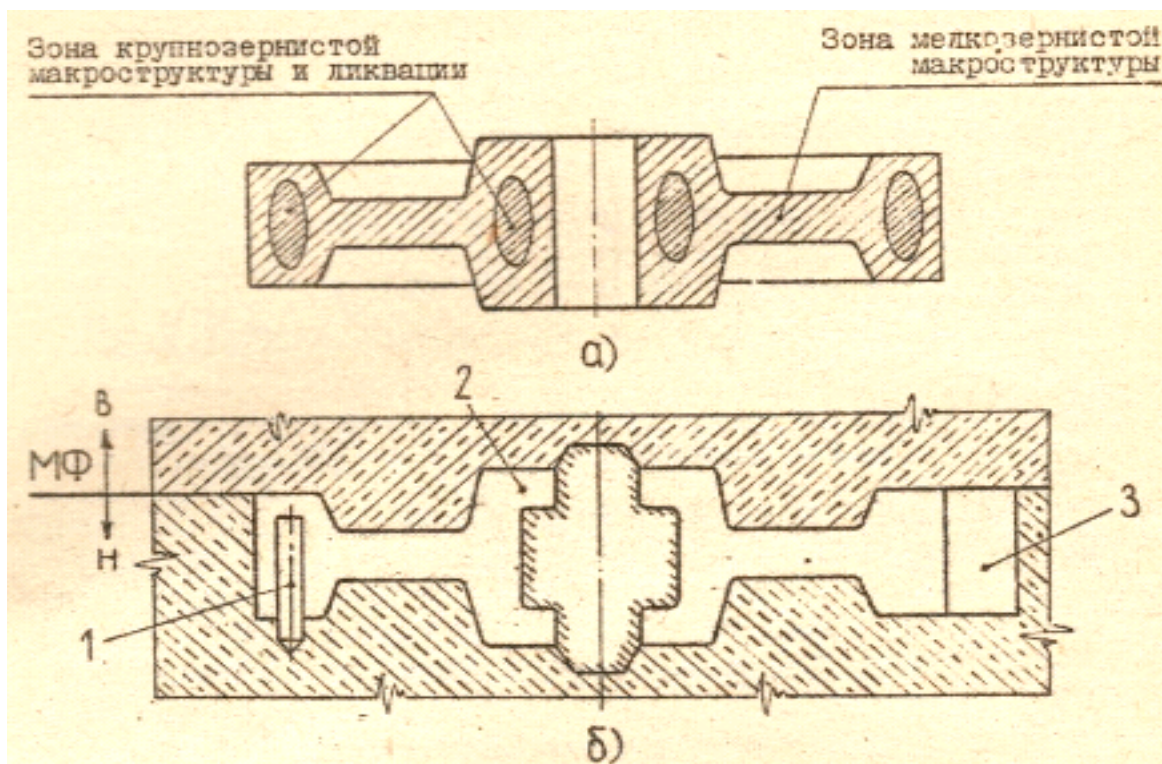


Рис. 2.5. Мероприятия по обеспечению равномерной прочности отливок (а — неправильно, б — правильно)

2.3. Правила конструирования отливки с учетом ее технологичности

2.3.1. Конструкция литой детали должна быть технологичной, т.е. удобной для изготовления и обработки.

2.3.2. Стремись контур отливки упростить до сочетания простых геометрических тел с преобладанием плоских прямолинейных поверхностей, сочлененных плавными переходами, а габариты сделать как можно меньше, особенно высоту, чтобы отливку можно было разместить в одной полуформе и чтобы разъем формы представлял собой плоскую поверхность (см. рис. 2.6 (а), с. 35).

2.3.3. Боковые поверхности отливки упрости, чтобы обеспечить формовку без применения дополнительных стержней (рис. 2.6, б).

2.3.4. Бобышки, приливы и другие выступающие части конструируй так, чтобы не затруднять извлечение модели из формы (рис. 2.6, в).

2.3.5. Полостям в отливке придай простую конфигурацию и снабди их окнами, служащими опорами для стержневых знаков и позволяющими в дальнейшем удалить стержень из отливки (рис. 2.6, г).

2.3.6. Не допускай на одной стенке отливки двухсторонней механической обработки, так как при этом удаляются наиболее прочные поверхностные слои металла (рис. 2.6, д).

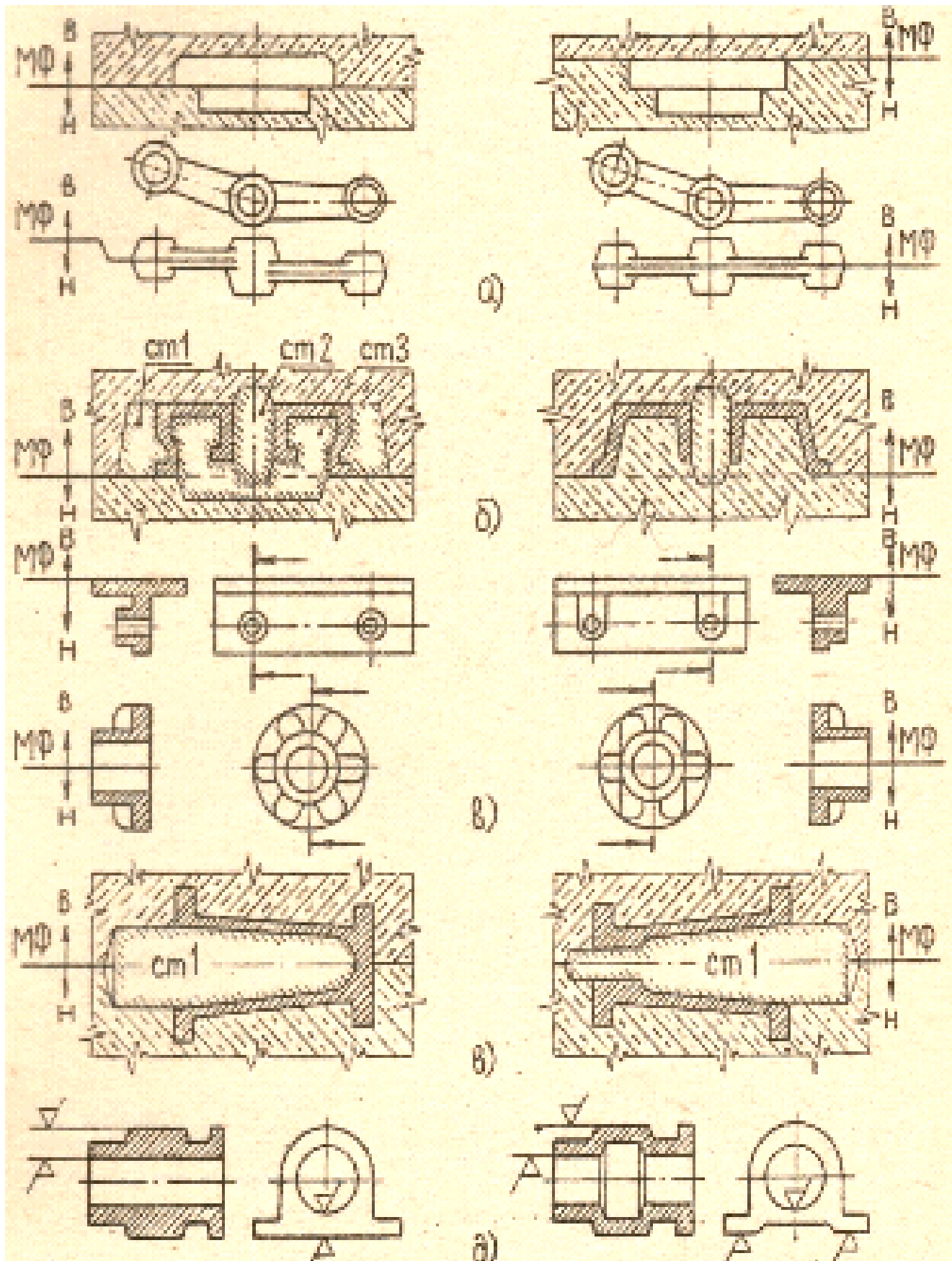


Рис. 2.6. Изменение конфигурации отливки с целью улучшения ее технологичности (слева неправильно, справа — правильно)

2.3.7. Отверстия в отливках выполняй, если их диаметры превышают:

в массовом производстве — 20 мм;

в серийном производстве — 30 мм;

в единичном производстве — 50 мм.

2.3.8. Крупногабаритную сложную отливку раздели на простые части, которые легче отлить, и соедини их электросваркой (литосварная конструкция рис. 2.7, а) или болтами (сборная конструкция рис. 2.7, б).

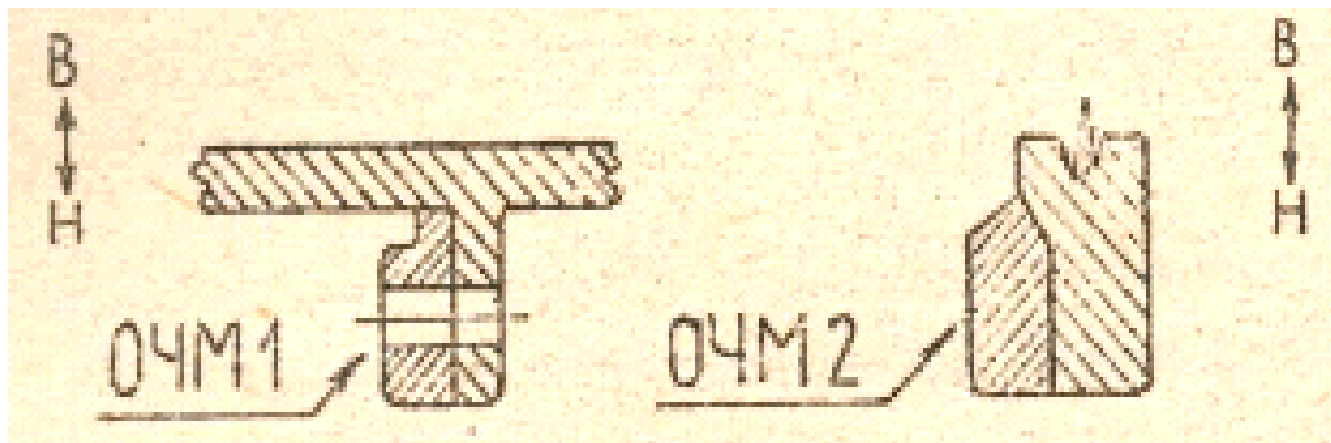


Рис. 2.7. Крупногабаритные сложные отливки:
а — станина прокатного стана; б — ползун

2.4. Дефекты в отливках, связанные с неудачным подбором состава формовочных и стержневых смесей.

Требования, предъявляемые к смесям

2.4.1. Песчаные литейные формы и стержни изготовляют из формовочных и стержневых смесей, в состав которых входят: песок, глина, вода, связующие с противопригарные добавки. Удачный подбор состава смеси обеспечивает ей хорошую пластичность, прочность, противопригарность, газопроницаемость и податливость. Неудачный — приводит к образованию в отливках дефектов в виде наружных и внутренних раковин, поверхностной корки и горячих трещин (рис. 2.8).

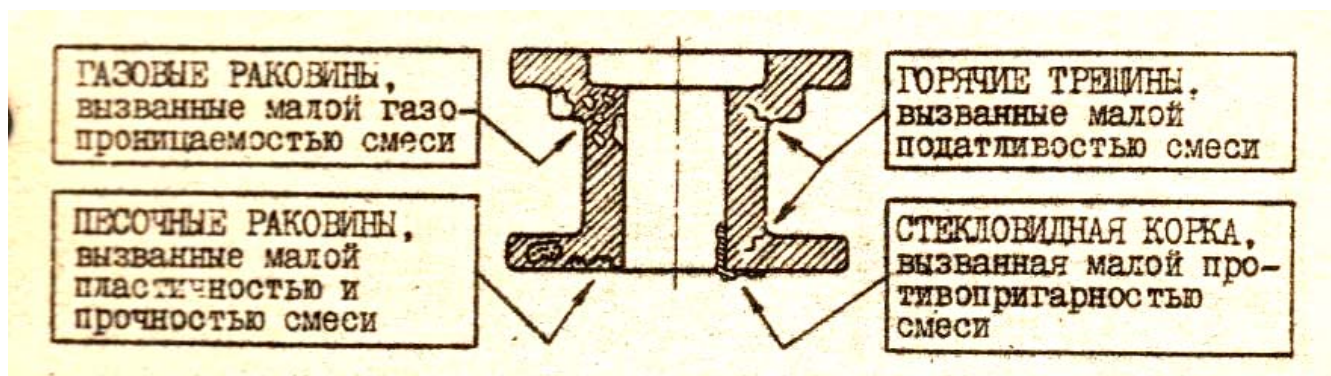


Рис. 2.8. Отливка с дефектами, вызванными неудачным составом смеси

2.4.2. При подборе состава формовочной и стержневой смеси для отливки пользуйся следующими рекомендациями:

Свойство, которым должна обладать смесь	Данное свойство проявляется в способности смеси:	Компоненты смеси, обеспечивающие данное свойство
ПЛАСТИЧНОСТЬ	Уплотняться и не рассыпаться в момент формовки и сохранять приданную ей форму	Вода до 3-5%, глина, песок с мелким зерном, связующие составы
ПРОЧНОСТЬ	В виде изготовленных из нее форм и стержней выдерживать внешние нагрузки при транспортировке и в момент заливки	Глина, песок с угловатыми зернами, связующие составы
ПРОТИВОПРИГАРНЕСТЬ	Не сплавляться и не спекаться с расплавленным металлом в момент заливки	Известь, каменноугольная пыль, мазут, краска
ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬ	Пропускать через себя газы в момент заливки сплава и охлаждения отливки	Песок с крупным зерном. Глина вредна
ПОДАТЛИВОСТЬ	Не препятствовать линейной усадке в момент остывания отливки	Песок с крупным круглым зерном. Глина вредна

2.5. Основные этапы проектирования технологии изготовления отливки. Состав комплекта технологической документации

2.5.1. ОСНОВНЫМИ ЭТАПАМИ проектирования технологии изготовления отливки являются:

выбор наиболее рационального способа изготовления отливки, обеспечивающего заданные эксплуатационные свойства литого изделия;

разработка чертежа элементов литейной формы и чертежа отливки с техническими требованиями на ее изготовление;

разработка технологического маршрута изготовления отливки и заполнение технологической карты;

разработка чертежа или эскиза литейной формы со всеми необходимыми разрезами и размерами;

разработка чертежей приспособлений, входящих в состав модельного комплекта.

Все перечисленные материалы составляют КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ на производство отливки.

2.5.2. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ должен обеспечить оптимальное решение двух порой противоречивых условий: наряду с высокими эксплуатационными свойствами литого изделия высокие технико-экономические показатели производства. При выборе способа и разработ-

ке техпроцесса учитывают: вид сплава и его литейные свойства, назначение и конструкцию детали, серийность производства, а также конкретные возможности литейного цеха — парк формовочных и стержневых машин, плавильных агрегатов, подъемно-транспортного оборудования и др.

2.5.3. ЧЕРТЕЖ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ и ЧЕРТЕЖ ОТЛИВКИ разрабатывают в соответствии с ГОСТ 2.423-73. "Правила выполнения чертежей литейной формы и отливки".

2.5.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА содержит свод указаний о порядке выполнения технологических операций, об изготовлении модельного комплекта, литейной формы и стержней, о заливке металла, выбивке отливок из формы, очистке их поверхностей, термообработке и контроле, о допустимых колебаниях свойств формовочных и стержневых смесей, температуры сплава в момент заливки, режима сушки стержней и форм.

2.5.5. ЧЕРТЕЖ (эскиз) ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ выполняют в определенном масштабе. На нем должно быть приведено расположение стержней, литниковой системы, холодильников, выпоров, прибылей.

2.5.6. ЧЕРТЕЖИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, входящих в состав модельного комплекта, разрабатывают индивидуально для каждой отливки.

2.6. Методика разработки чертежа элементов литейной форм

2.6.1. ЧЕРТЕЖИ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ разрабатывают непосредственно на копии чертежа готовой детали. Пользуясь специальными обозначениями, дают литейные указания в следующем порядке: место разъема модели и форм; положение отливки в форме при заливке; припуски на механическую обработку и на усадку сплава; литейные уклоны и другие напуски металла; места установки и контуры стержней; контуры модели отливки и моделей элементов литниковой системы, прибылей и холодильников.

Наименование "ЭЛЕМЕНТЫ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ" помещают над основной надписью чертежа.

Этот документ определяет все особенности технологического процесса и является основой для проектирования модельного комплекта и других необходимых для изготовления литейной формы приспособлений (опоки, шаблоны и др.).

Технологические литейные указания выполняют цветными карандашами:

КРАСНЫМ ЦВЕТОМ — припуски, литниковую систему, прибыли и выпоры, т.е. контуры отливки;

СИНИМ — разъем модели и формы, контуры стержней и их знаки;
ЗЕЛЕНЫМ — холодильники.

2.6.2. РАЗЪЕМ МОДЕЛИ и ФОРМЫ показывают отрезком или ломаной сплошной толстой линией и обозначают буквами МФ, а направление — стрелками перпендикулярными к линии разъема (рис. 2.9). Расположение разъема должно обеспечить беспрепятственное удаление модели из формы, точность геометрических размеров отливки и снижение затрат на очистку и дальнейшую обработку отливки. Части модели, которые при ее извлечении могут разрушить форму, делают отъемными.

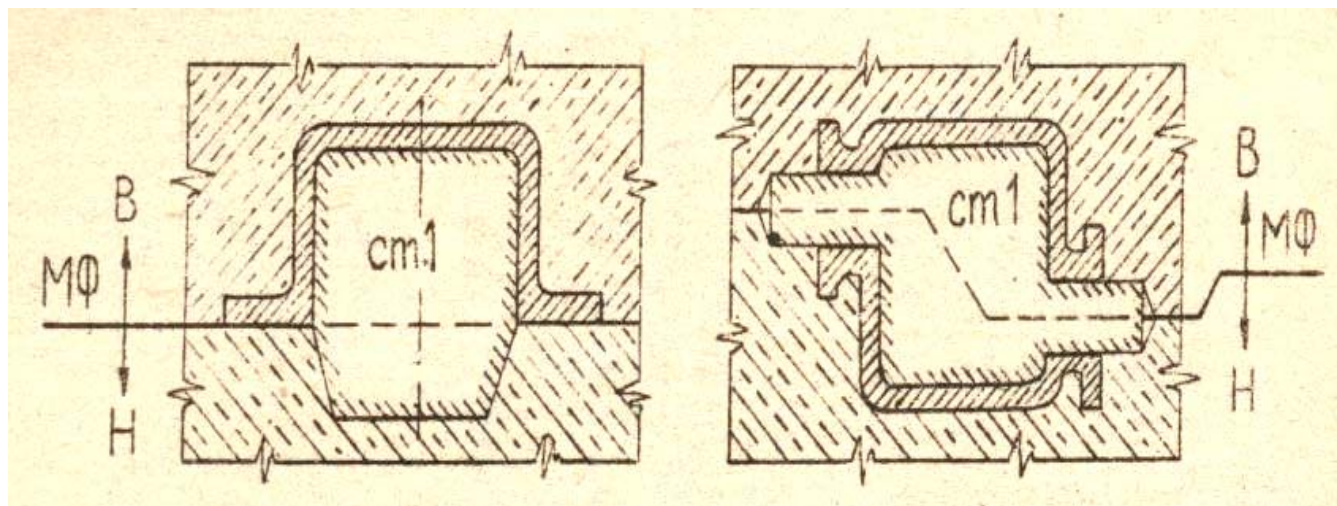


Рис. 2.9. Обозначение плоскости разъема модели и формы

2.6.3. ПОЛОЖЕНИЕ ОТЛИВКИ в форме при заливке обозначают стрелками и буквами «В» (верх) и «В» (низ). Оно зависит от требований, предъявляемых к отливке в части плотности металла и шероховатости поверхностей. Чтобы обеспечить направленную кристаллизацию металла массивные части отливки располагай вверху, ответственные поверхности — внизу или вертикально (рис. 2. 10). Поверхности базовые и обрабатываемые располагай в одной полуформе, не допуская пересечения их плоскостью разъема.

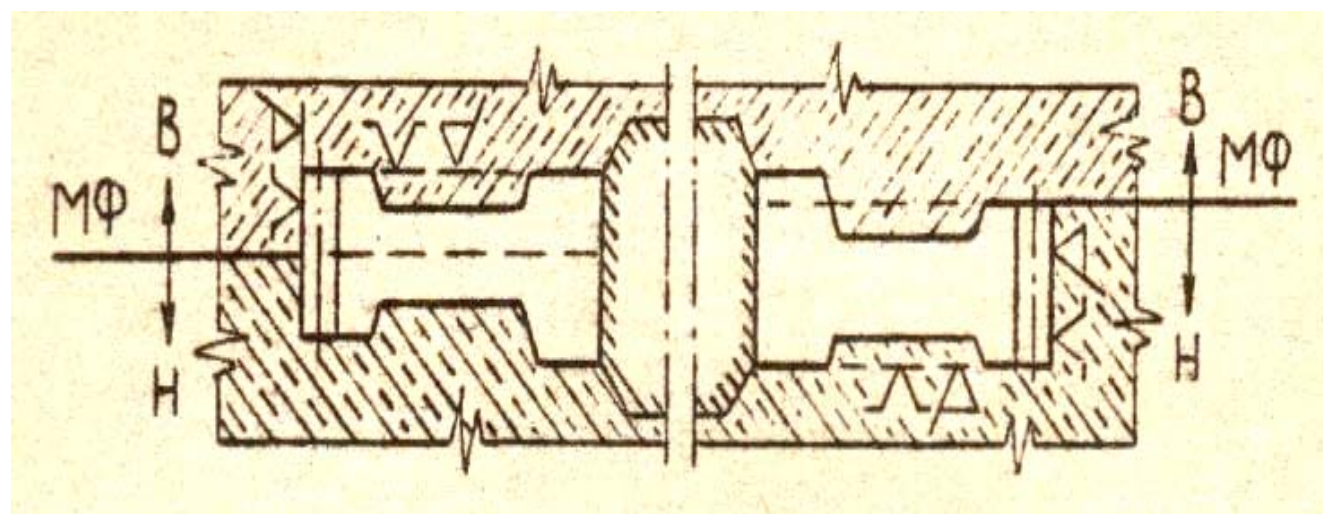


Рис. 2.10. Положение отливки в форме (слева — неправильно, справа — правильно)

2.6.4. ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ изображают сплошной тонкой линией. Величину припуска указывают цифрой перед знаком шероховатости или величиной уклона и линейными размерами (рис. 2.11, а). Величина припуска зависит от способа литья, типа металла и сплава, точности и габаритов отливки, а также от расположения данной поверхности в форме в момент заливки. Для верхней части отливки дают припуски больше, чем для нижней и боковой, так как там скапливаются шлаковые включения и появляются газовые раковины.

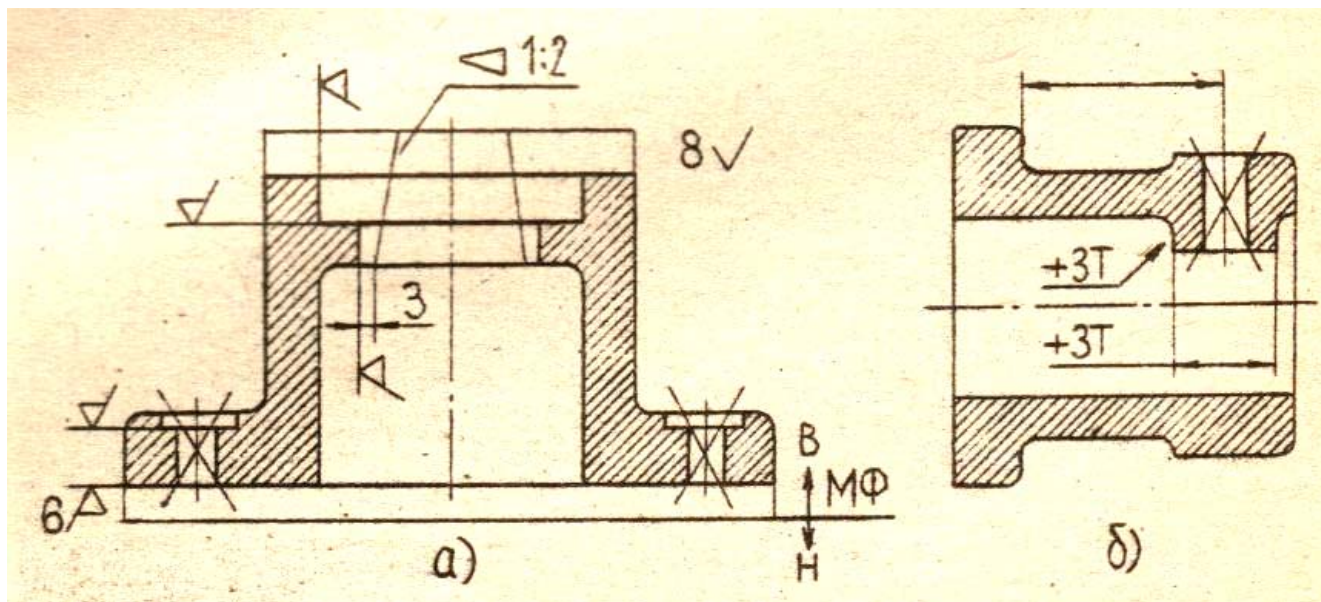


Рис. 2.11. Обозначение припусков и напусков на чертеже

2.6.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИПУСК указывают цифрой со знаком плюс (+) или минус (-) и буквой Т (технологический припуск) и проставляют на продолжении размерной линии или на полке линии-выноски, если надпись и цифру нельзя разместить на продолжении размерной линии (см. рис. 2.11, б).

2.6.6. НАПУСКИ — отверстия, впадины и др., не выполняемые литьем, зачеркивают сплошной тонкой линией накрест (рис. 2.11).

2.6.7. ПРИПУСКИ НА УСАДКУ СПЛАВА учитывают в размерах моделей и стержневых ящиков. Эту операцию выполняет модельщик, пользуясь усадочным метром, соответствующим проценту линейной усадки сплава, указанному на чертеже отливки. При этом учитывают не только линейную усадку сплава, а фактическую усадку отливки, т.е. с учетом торможения со стороны формы и стержней и неравномерности охлаждения. Такую усадку называют ЛИТЕЙНОЙ и определяют опытным путем.

2.6.8. СТЕРЖНИ и СТЕРЖНЕВЫЕ ЗНАКИ изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией и штрихуют только у контуров. Стержни обозначают «ст» и порядковым номером установки его в форму (см. рис. 2.12, с. 41). Если расположение проекций не позволяет изобразить знак стержня в масштабе, то его разрывают или изображают не в масштаба.

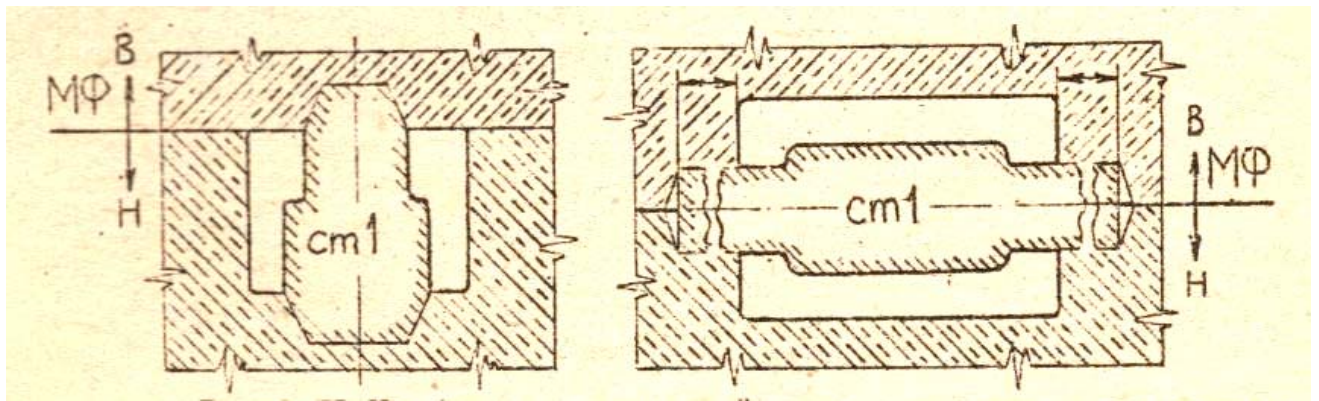


Рис. 2.12. Изображение стержней и стержневых знаков

2.6.9. **ЛИТЕЙНЫЕ УКЛОНЫ** обозначают тонкой сплошной линией и выполняют на всех вертикальных стенках формы (модели и стержневого ящика). Направляют линии в сторону разъема. Уклоны бывают величиной от 4° — для малых отливок и до $30'$ — для крупных отливок. На обрабатываемых поверхностях уклоны назначают сверх припуска путем увеличения размера, на необрабатываемых, но сопрягаемых поверхностях, — путем уменьшения или увеличения размера в зависимости от расположения сопрягаемой поверхности.

2.6.10. **ОТЪЕМНЫЕ ЧАСТИ МОДЕЛИ** обозначают буквами ОЧМ и порядковым номером. Поверхность соприкосновения отъемной части и модели показывают сплошной основной линией (рис. 2.13).

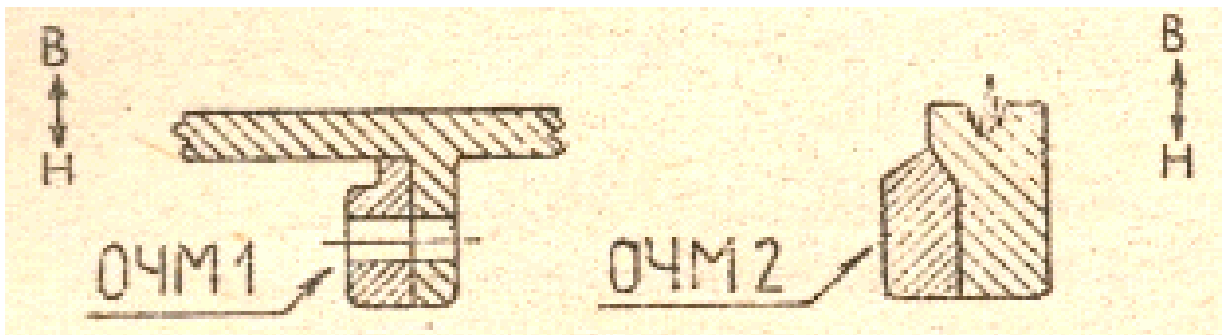


Рис. 2.13. Обозначение отъемной части модели

2.6.11. **ЛИТНИКОВУЮ СИСТЕМУ** (стояк, шлакоуловитель, питатели и выпоры), **ПРИБЫЛИ**, **ХОЛОДИЛЬНИКИ** и **УСАДОЧНЫЕ РЕБРА** изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией с указанием размеров (см. рис. 2.14, с. 42). Прибыли и холодильники обозначают словами "прибыль" и "хол.", порядковым номером и количеством штук одинаковых элементов.

2.7.1. Кроме литья в песчаные формы, в машиностроении применяют и другие, **СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ЛИТЬЯ**: в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением, центробежное литье, литье вакуумным всасыванием, непрерывное, литье выжиманием, жидкая штамповка. В двух первых способах используют **РАЗОВЫЕ ОБОЛОЧКО-**

ВЫЕ ФОРМЫ, в остальных (семи) — МНОГОРАЗОВЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФОРМЫ. Достоинствами специальных способов литья являются: более высокая точность получаемых отливок и сокращение припусков на механическую обработку,

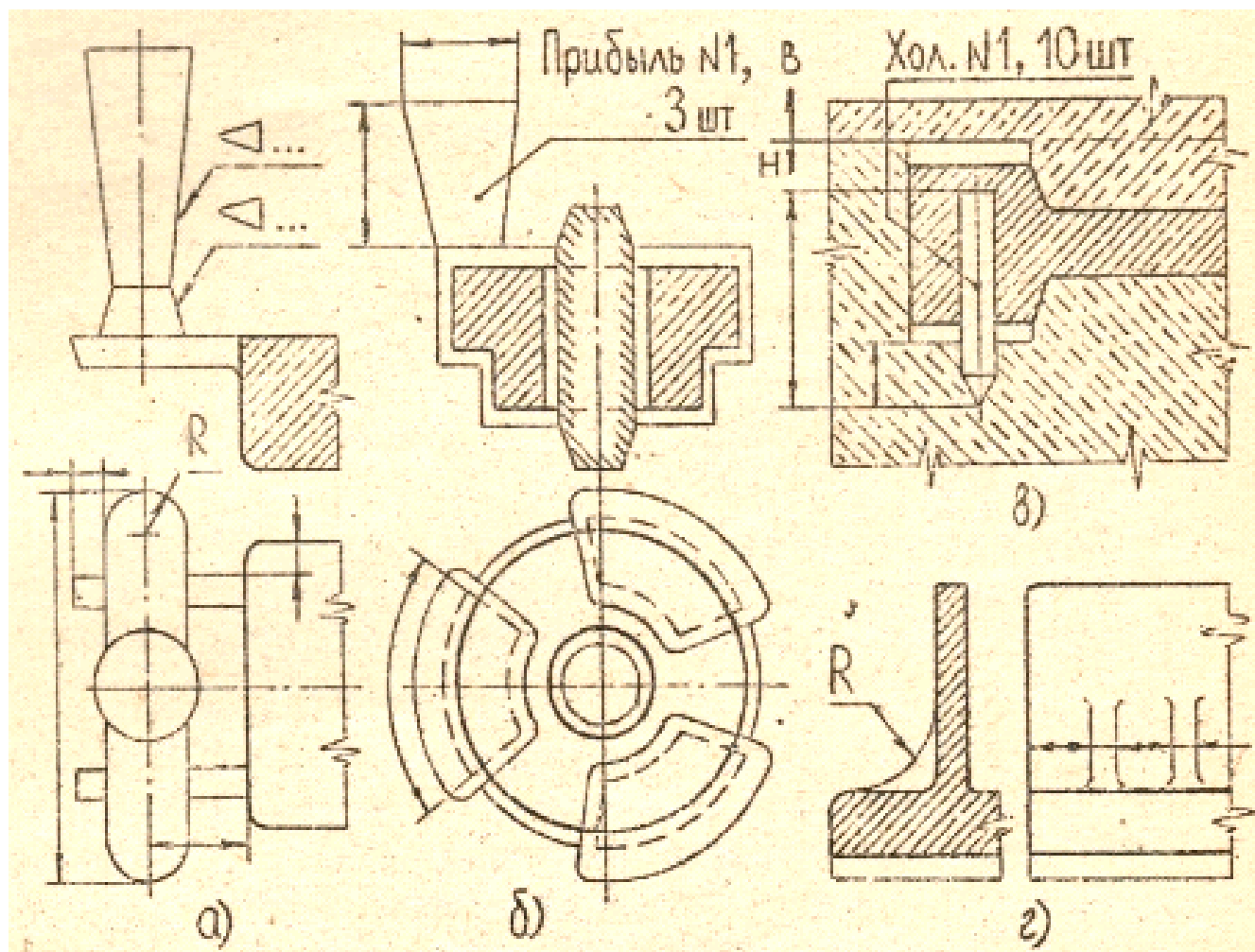


Рис. 2.14. Изображение литниковой системы (а), прибылей (б), холодильников (в) и усадочных ребер (г)

2.7. Изготовление прогрессивных отливок специальными способами литья

2.7.2. ЛИТЬЕ В ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ (см. рис. 2.15, с. 43) применяют для получения мелких и крупных отливок простой формы. Бункер 3, наполненный смесью 1 кварцевого песка и синтетической смолы, накрывают нагретой до 70°C модельной плитой 2 и переворачивают. Вблизи поверхности плита смола плавится, обволакивает зерна песка и образует оболочку 4. Бункер возвращают в исходное положение. Плиту снимают и помещают в электропечь. Оболочку отделяют от плиты. Две оболочки склеивают и размещают в опоке 5, свободное пространство заполняют чугунной дробью 6. В образовавшуюся литейную форму 8 заливают расплав 7. Отливку 9 извлекают из формы и удаляют литник 10.

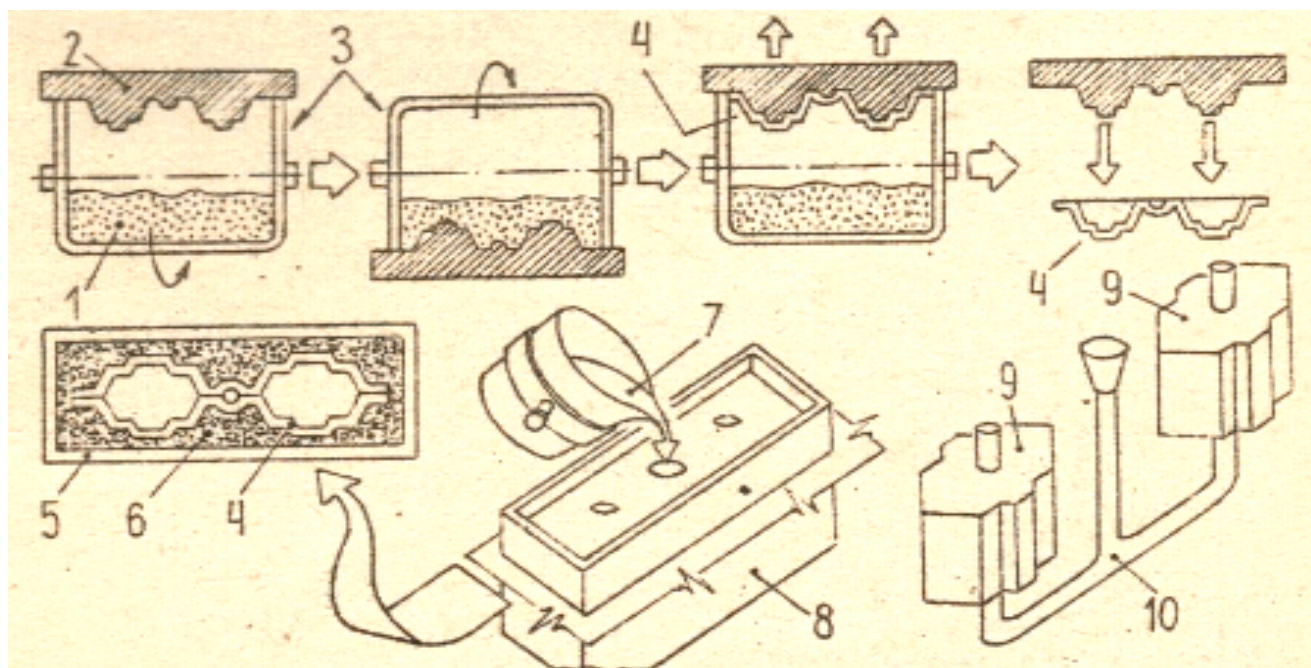


Рис. 2.15. Литье в оболочковую форму

2.7.3. ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ (рис. 2.16). Получают мелкие стальные детали простой и сложной конфигурации. Достоинства — точные отливки, не требующие механической обработки. Модели из смеси стеарина и парафина изготовляют в специальных пресс-формах, группируют в блок-гирлянду, имеющую общую литниковую систему. Блоки покрывают огнеупорной суспензией и обсыпают песком. Из образовавшейся керамической оболочки смесь парафина и стеарина выплавляют. Оболочку обжигают, а затем в нее заливают расплав.

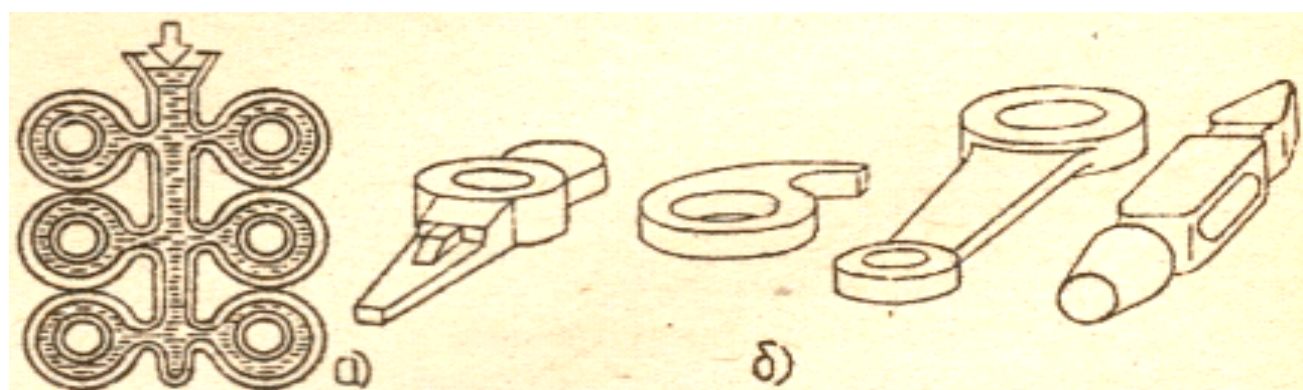


Рис. 2.16. Литье по выплавляемым моделям:
а — керамическая форма-оболочка; б — изделия

2.7.4. ЛИТЬЕ В КОКИЛЬ (см. рис. 2.17, с. 44), Кокиль — металлическая форма многоразового использования. Достоинства: большое число заливок, отсутствие формовочной смеси, улучшение условий труда. Кокильным литьем получают 45% всех алюминиевых отливок, 6% стальных, 11% чугуновых. Недостаток — высокая стоимость форм из-за малой стойкости.

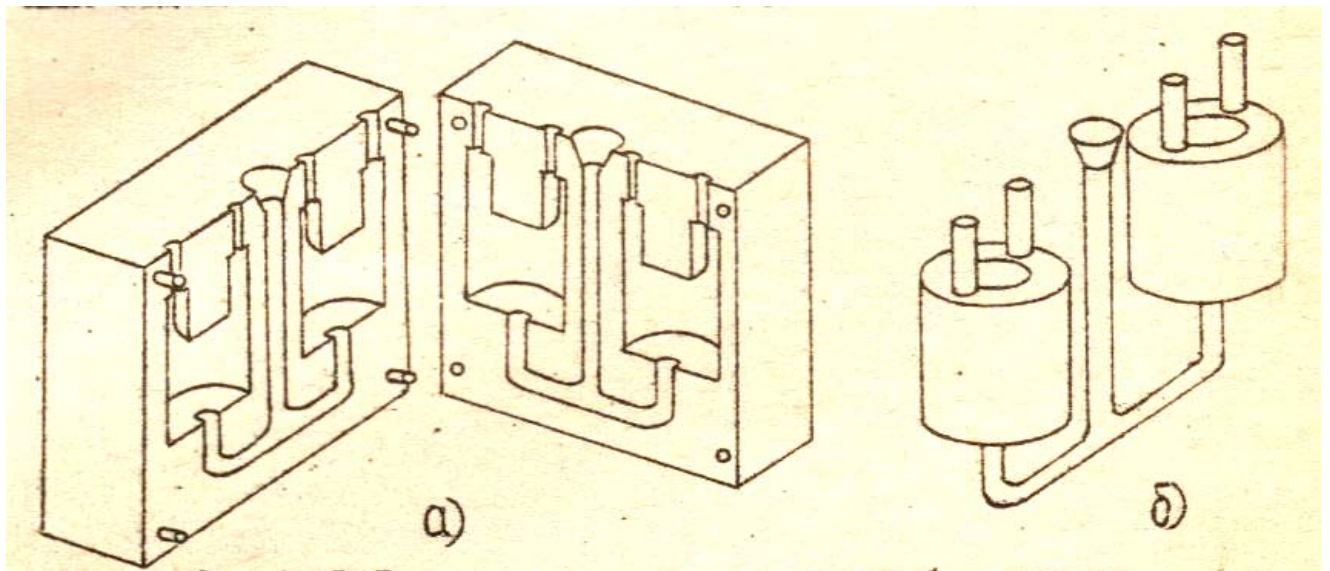


Рис. 2.17. Литье в кокиль: а — кокиль; б — отливка

2.7.5. ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ (рис. 2.18) применяют для получения тонкостенных отливок (корпуса приборов) из цветных сплавов, а также из чугуна и стали. Литье осуществляют на специальных машинах в пресс-формах. Достоинства: высокая производительность (200-400 отливок в час), не требуется механической обработки. Недостатки: сложная конструкция и высокая стоимость пресс-форм.

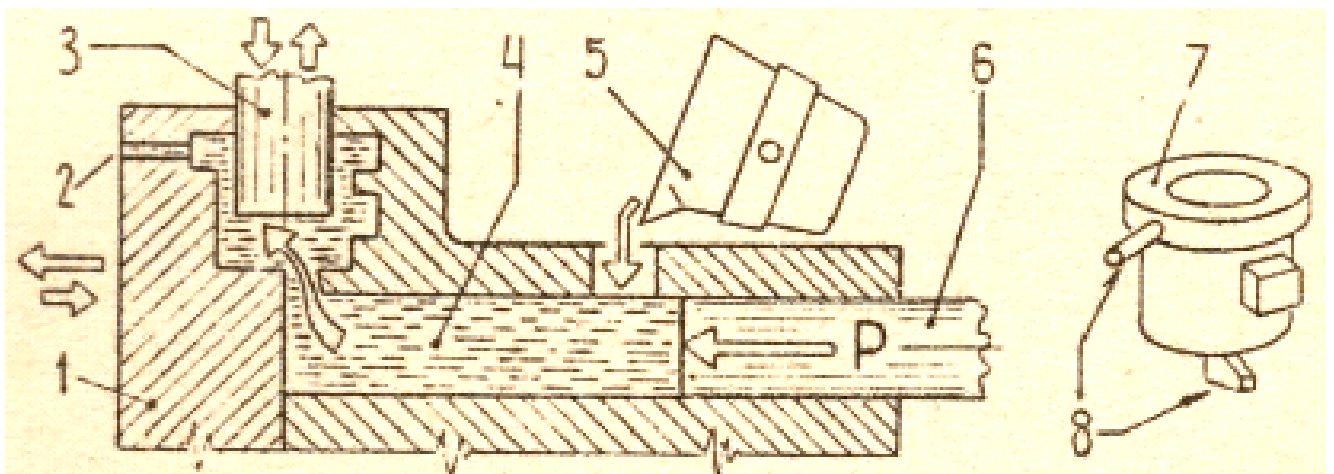


Рис. 2.18. Литье под давлением: 1 — подвижная часть пресс-формы; 2 — выпор; 3 — металлический стержень; 4 — камера сжатия; 5 — заливочный ковш; 6 — поршень, создающий давление; 7 — отливка; 8 — литники

2.7.6. ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЛИТЬЕ. Получают полые отливки без применения стержней, а также мелкие точные тонкостенные фасонные отливки за счет хорошего заполнения формы под действием центробежных сил. Формы приводят во вращение на машинах с горизонтальной (см. рис. 2.19 (а), с. 45) или вертикальной (рис. 2.19, б) осью вращения.

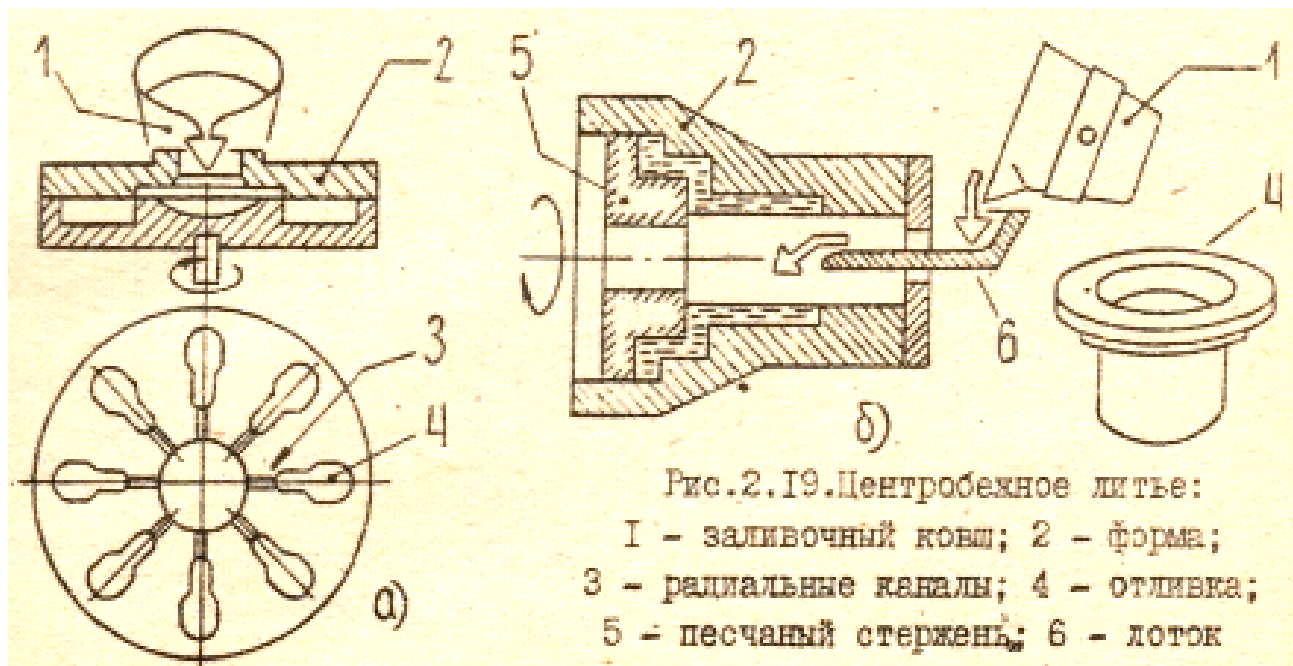


Рис. 2.19. Центробежное литье: 1 — заливочный ковш;
 2 — форма; 3 — радиальные каналы; 4 — отливка;
 5 — песчаный стержень; 6 — лоток

2.7.7. ЛИТЬЕ ВАКУУМНЫМ ВСАСЫВАНИЕМ (рис. 2.20). Отливают втулки, кольца, мелкие зубчатые колеса из медных сплавов. Патрубок 2 с водоохлаждаемой металлической формой 3 опускают в ванну 1 с расплавом и создают вакуум. Расплав втягивается в полость формы. После отключения вакуума неостывший расплав стекает обратно в ванну, а образовавшаяся отливка 5 удерживается керамической приставкой 4. Достоинства: отсутствие в отливках газовых раковин и пористости.

2.7.8. ЛИТЬЕ ВЫЖИМАНИЕМ осуществляют на специальных машинах в пресс-формах (рис. 2.21), имеющих подвижную матрицу 1. Используют песчаные стержни 2. Получают крупногабаритные тонкостенные отливки 3.

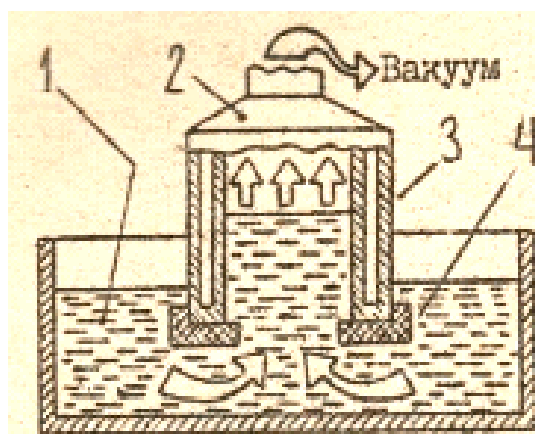


Рис. 2.20. Литье вакуумным всасыванием

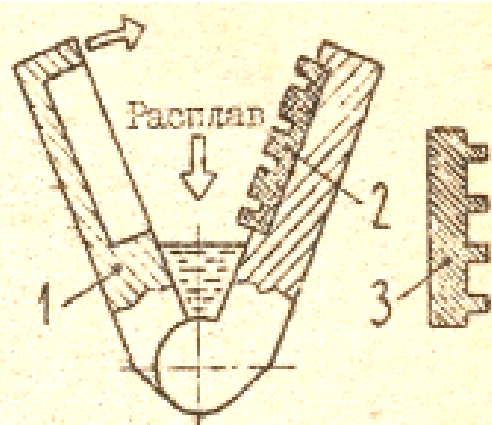


Рис. 2.21. Литье выжиманием

2.7.9. НЕПРЕРЫВНОЕ ЛИТЬЕ (рис. 2.22) осуществляют через вертикальный (а) или горизонтальный (б) кристаллизатор-изложницу. Получают прутки и трубы (в) различного поперечного сечения.

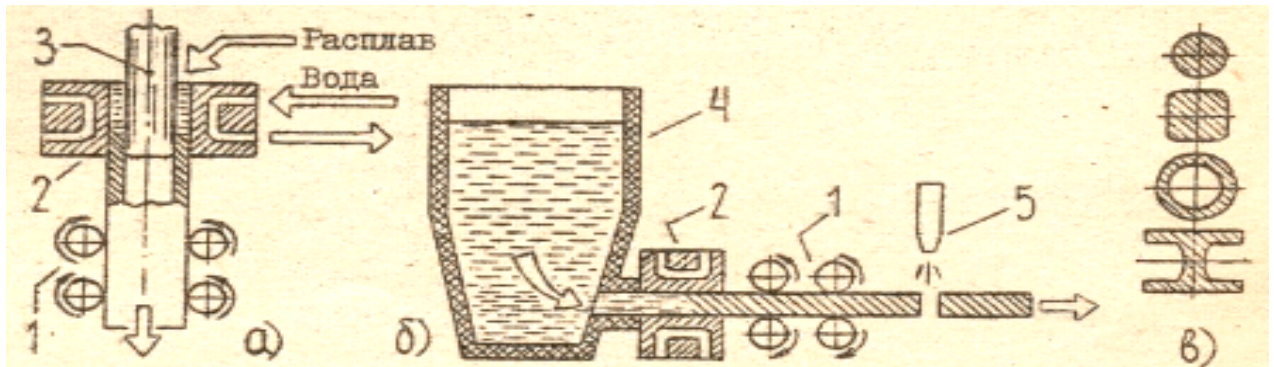


Рис. 2.22. Непрерывное литье: 1 — тянущие валки; 2 — воздухоохлаждаемая изложница; 3 — охлаждаемый стержень; 4 — тигель; 6 — резак

2.7.10. ЖИДКАЯ ШТАМПОВКА. Процесс сочетает элементы литья и пластического деформирования.

Подробно см. параграф 3.7, рис. 3.24(см. с. 65).

2.8. Задачи технического контроля и приемы исправления некоторых дефектов в отливках

2.8.1. ЗАДАЧИ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ: выявление причин отклонения качества отливок от заданного и нарушений выполнения операций технологического процесса от предусмотренных технической документацией. Контроль отливок, прежде всего, осуществляют визуально для выявления брака и отливок, подлежащих исправлению.

НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ДЕФЕКТЫ, обнаруженные в ответственных местах отливок, исправляют. В зависимости от характера, размеров и конфигурации отливки такие дефекты заделывают замазкой, пропитывают мастикой, металлизуют, высверливают и ввертывают пробки, заваривают жидким металлом или газовой и электрической сваркой, исправляют термообработкой.

2.8.2. РАКОВИНЫ на ответственной части детали заделывает бакелитовым лаком или замазкой, состоящей из графита и масла.

2.8.3. ПОРИСТОСТЬ чугунных деталей, работающих при небольших гидравлических давлениях, устраняют погружением их в раствор хлористого аммония. Пористость отливок, работающих под более значительным давлением, устраняют запрессовыванием в поры крепкого раствора хлористого железа и затем водного раствора аммиака. Для этой цели применяют и другие вещества: сурик, бакелитовый лак, а для уплотнения отливок из медных сплавов их пропитывают концентрированным водным раствором жидкого стекла или бакелитовым лаком.

2.8.4. НЕДОЛИВ крупных отливок иногда допускается исправлять наплавкой жидкого металла. Для этого дефектную часть тщательно очищают, обкладывают стержнями или формовочной смесью, образующими форму недоливной части, и устраивают приямок для слива металла. Вначале заливают металл для разогрева завариваемой части отливки, затем отверстие заделывают и оставляют металл в форме до остывания,

2.8.5. Дефекты отливок в местах, испытывающих большую нагрузку, исправляют газовой или электрической сваркой.

2.8.6. Если необходимо изменить твердость отливки, снять внутренние напряжения или преобразовать макроструктуру металла — отливки подвергают термообработке.

Раздел 3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПОКОВОК

3.1. Основные требования, предъявляемые к поковкам. Причины возникновения дефектов. Правила оформления чертежа поковки

3.1.1. При проектировании чертежа поковки и технологического процесса ее изготовления к ней предъявляют ряд **ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ**. Эти требования формулируют в рабочем чертеже поковки и контролируют в процессе производства и на заключительном этапе. К техническим требованиям, прежде всего, относятся: допускаемые дефекты формы и взаимного расположения поверхностей, прочность и твердость поковки, состояние наружных поверхностей.

3.1.2. **ДЕФЕКТЫ ФОРМЫ И ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ** связаны с браком исходной катаной заготовки (риски, трещины, закаты, плены, расслоения, шлаковые включения). Образуются в процессе штамповки (вмятины, забоины, недоштамповка, незаполнение фигуры, коробление поковок), некачественной обрезки заусенца и при очистке поковок от окалины. Часто эти дефекты связаны с ошибками при конструировании штампов. Иногда брак контролируемых поковок выявляется только при механической обработке. Чаще всего это: чернота на обрабатываемых поверхностях в результате недостаточного припуска на обработку или из-за кривизны поковки; остатки заштампованной окалины на дне отдельных углублений и раковин; тонкая стенка, обнаруживаемая при сверлении или обработке одной из плоскостей, что связано с неправильным выбором базовых поверхностей для механической обработки.

3.1.3. **НЕСООТВЕТСТВИЕ ПРОЧНОСТИ И ТВЕРДОСТИ ПОКОВОК** вызывается ошибочным использованием несоответствующей марки стали, неправильным расположением волокон макроструктуры и ошибками при нагреве заготовок и термообработке.

3.1.4. **НЕКАЧЕСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОКОВОК** проявляется в наличии окалины вследствие неправильно выбранного способа ее удаления или поспешной очистки, в появлении

ноздреватости металла из-за передержки поковок в травильной ванне, в механических повреждениях с изменением размеров при очистке поковок.

3.1.5. ЧЕРТЕЖ ПОКОВКИ разрабатывают в соответствии с ГОСТом 7505-74. "Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски". Поковку изображают (см. рис. 3.1, с. 49) в том положении, которое она занимает в штампе. МАСШТАБ ИЗОБРАЖЕНИЯ 1:1. Поковки простой формы и крупных размеров вычерчивают в масштабе 1:2 или 2:5, но сложные сечения повторяют в натуральную величину. Поковки сложных форм размером менее 50 мм изображают в масштабе 2:1, но наиболее характерную проекцию повторяют в натуральную величину.

КОНТУР ГОТОВОЙ ДЕТАЛИ вычерчивают тонкой сплошной линией, иллюстрируя наличие припуска на обработку резанием. Размеры готовой детали проставляют частично в скобках под размерами поковки.

РАЗМЕРЫ ПОКОВКИ с допусками проставляют от установочных баз для обработки резанием с учетом удобства контроля поковки шаблонами и проверки припусков на чертеже.

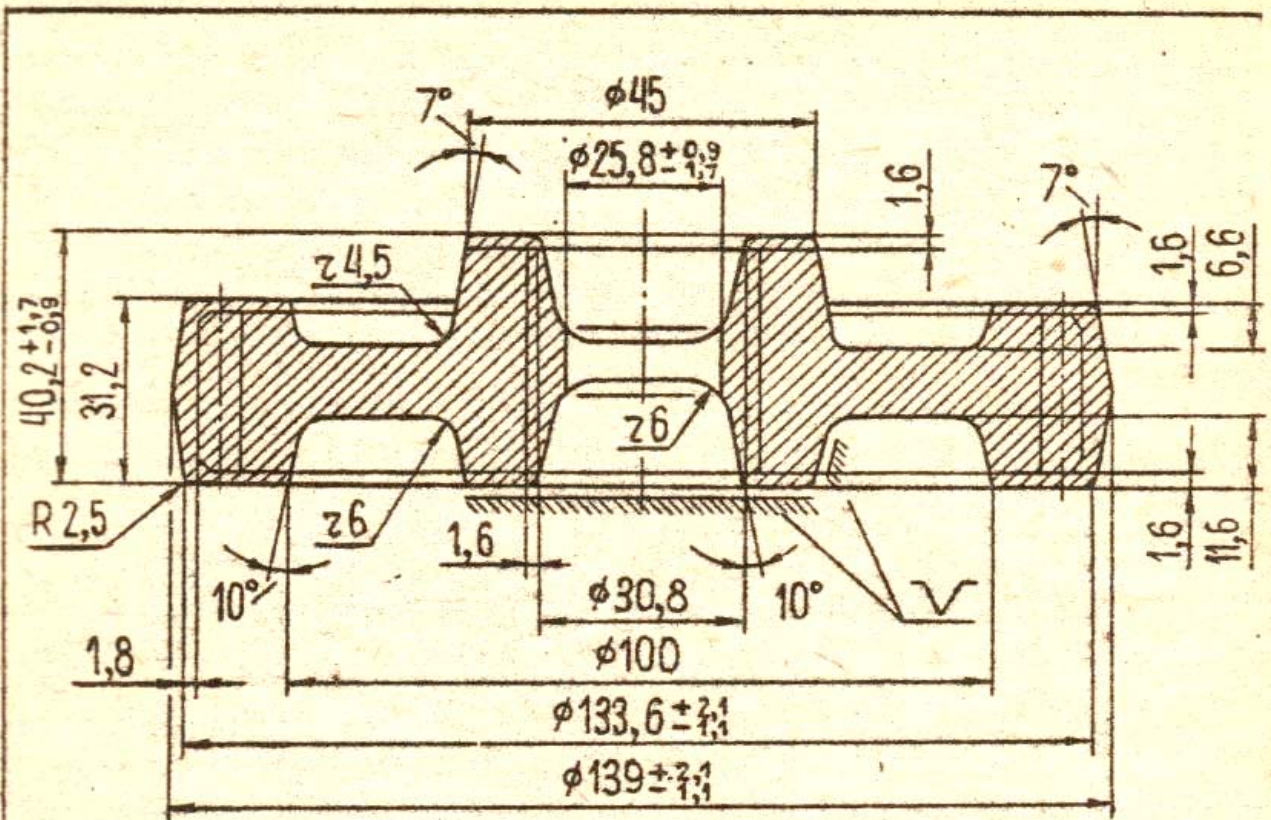
В ПРИМЕЧАНИЯХ дают указания о неоговоренных штамповочных уклонах, радиусах закруглений и другие необходимые сведения. Рекомендуется взамен простановки допусков на все размеры дать примечание о неоговоренных допусках, а на самом чертеже проставлять только те допуски, которые отличаются от указанных в примечании.

3.1.6. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ на чертеже поковки располагают над основной надписью чертежа без заголовка. Пунктам технических требований дают сквозную нумерацию. Каждый пункт записывают с красной строки. Рекомендуется следующая последовательность технических требований:

1. Вид термообработки и твердость поковки;
2. Допускаемая величина остатков заусенца;
3. Допускаемая величина смещения штампов;
4. Способ очистки поверхности поковки от окалины;
5. Допускаемая глубина внешних дефектов;
6. Допускаемые дефекты форда и отклонения взаимного расположения поверхностей, неуказанные в изображении поковки или условных обозначениях (сдвиг и эксцентricность сечений и отверстий, кривизна или стрела прогиба);
7. Группа и категория прочности поковки;
8. Класс точности поковки.

3.2. Правила конструирования поковки с учетом ее технологичности

3.2.1.. Конфигурация поковки в значительной степени определяется конфигурацией готовой детали, тем не менее, она должна быть максимально технологичной, т.е. удобной для изготовления и обработки.



1. Термообработка – отжиг, твердость \leq HB217.
2. Остатки заусенцев по периметру среза до 1,0.
3. Смещение по линии разъема штампа до 0,7.
4. На обрабатываемых поверхностях допускаются внешние дефекты не более 50% припуска на обработку.
5. Отклонение от соосности отверстия $\phi 25,8 \pm 0,09$ относительно $\phi 139 \pm 0,1$ до 1,5.
6. Очистка от окалины – дробеструйная.
7. Класс точности – II.

				Проектирование и производство заготовок			
				Зубчатое колесо		Масса	М-Б
				поковка		2,65	1:1
				Сталь 45 ГОСТ 1050-74		ЧГТУ Технология Металлов	
Разраб.		подп.	дата				
Провер.							

Рис. 3.1. Чертеж поковки

3.2.2. При штамповке в открытом штампе ПЛОСКОСТЬ РАЗЪЕМА выбирай так, чтобы поковка свободно извлекалась из обеих половин штампа. Для удобства контроля сдвига половин штампа, плоскость разъема должна пересекать вертикальную поверхность поковки (рис. 3.2, б). ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ РУЧЕЙ штампа или его участок лучше заполняются металлом при штамповке осаживанием (рис. 3.3, а), когда ручей шире заготовки, чем вдавливанием (рис. 3.3, б). При штамповке на молоте полости под высокие и тонкие РЕБРА и БОБЫШКИ располагай в верхнем штампе. При штамповке на КГШП — в нижнем штампе.

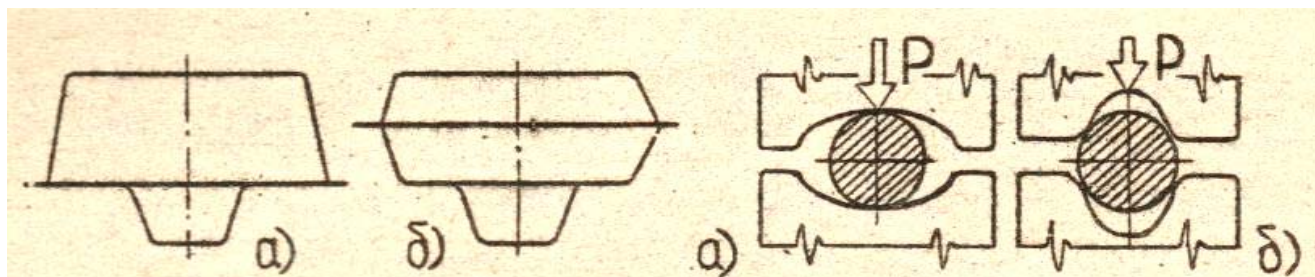


Рис. 3.2. К выбору полости разъема штампа: а — неправильно; б — правильно

Рис. 3.3. Схема заполнения ручья штампа осаживанием (а) и вдавливанием

3.2.3. Максимально упрости КОНФИГУРАЦИЮ ПОКОВКИ путем назначения напусков, уклонов и радиусов закруглений с тем, чтобы облегчить заполнение формы окончательного ручья или для упрощения заготовительных переходов штамповки (рис. 3.4).

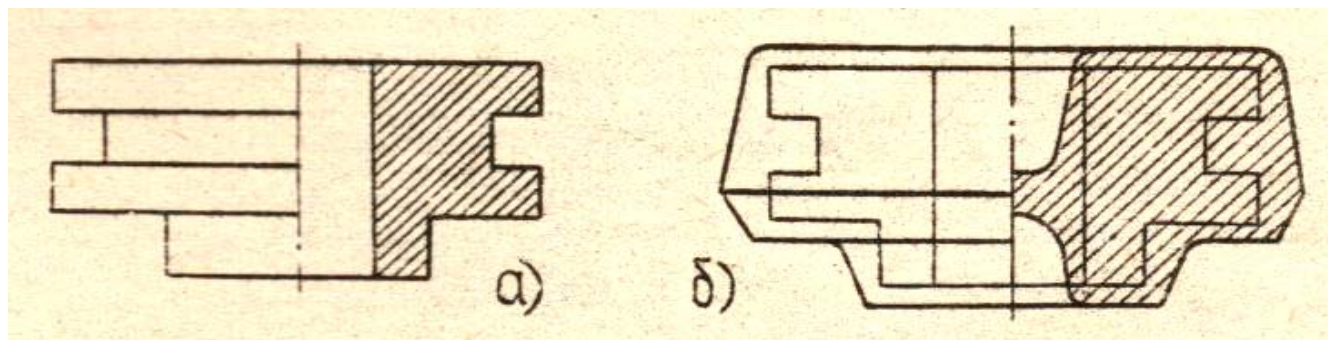


Рис. 3.4. Вариант упрощения конфигурации поковки:
А — деталь; б — поковка

3.2.4. Постарайся УНИФИЦИРОВАТЬ несколько поковок для различных деталей за счет частичного изменения их конфигурации и сделать одну.

3.2.5. С целью максимального приближения заготовки к конфигурации готовой детали, РАЗДЕЛИ СЛОЖНУЮ ПОКОВКУ на две (см. рис. 3.5 (а), с. 51) или более частей для штамповки их порознь с последующей сваркой.

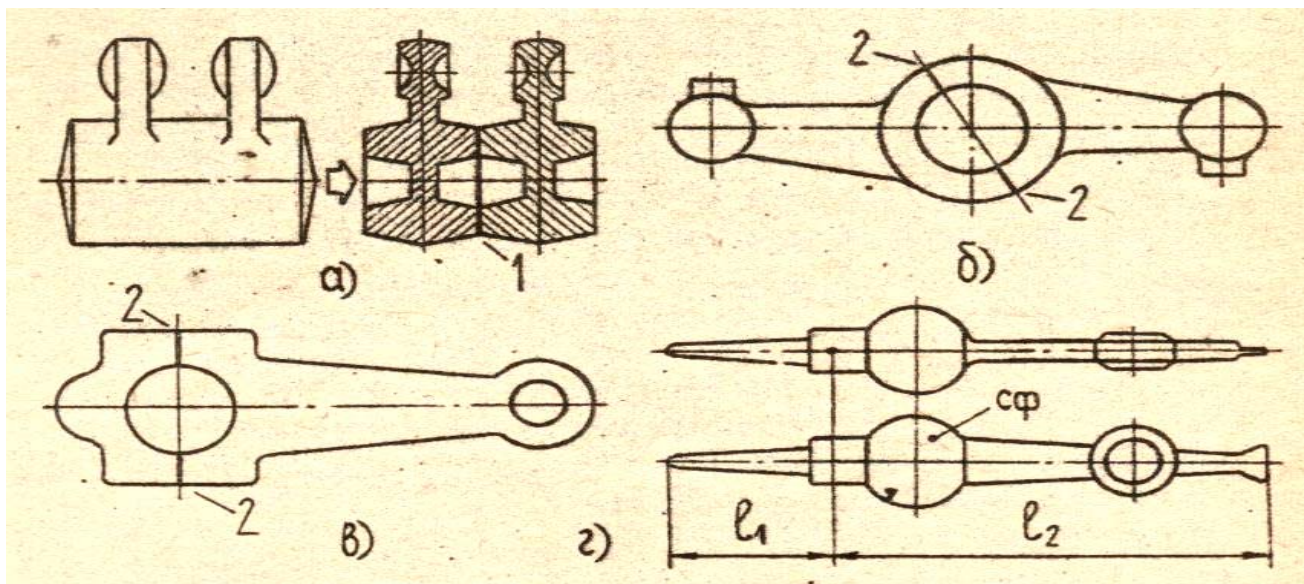


Рис. 3.5. Комбинированные заготовки:

- а — заготовка, сваренная из двух поковок; б — поковка объединяет два несимметричных рычага; в — поковка шатуна вместе с крышкой; г — поковка, полученная обработкой на нескольких кузнечных машинах; сф — сфера, высаживаемая на ГКМ; l_1 — участок вальцовки; l_2 — часть, штампуемая на молоте; 1 — место сварки; 2 — место разрезки

3.2.6. ОБЪЕДИНИ В ОДНУ ПОКОВКУ две несимметричные детали с последующей разрезкой после штамповки (рис. 3.5, б).

3.2.7. ОБЪЕДЕНИ В ОДНОЙ ПОКОВКЕ две детали, подлежащие соединению при сборке (рис. 3.5, в).

3.2.8. Предусмотри возможность получения некоторых частей поковки, кроме штамповки на молоте, обработкой на других кузнечных машинах (рис. 3.5, г), а также возможность замены штамповки литьем или замены поковки листоштампованным изделием (см. рис. 1.16, с. 17).

3.3. Правила выбора правильной технологии горячей обработки с учетом образования волокнистой структуры металла

3.3.1. Изделия, полученные способами пластической деформации, имеют более высокую прочность и другие эксплуатационные свойства по сравнению с отливками. Достигается это за счет более плотной и мелкозернистой макроструктуры и ее волокнистого строения. Для того чтобы получить требуемую макроструктуру необходимо руководствоваться определенными правилами технологии горячей обработки.

3.3.2. Металлы и сплавы состоят из зерен и межзеренных прослоек. Зерна представляют собой кристаллиты металла, имеющие неправильную геометрическую форму, а межзеренные прослойки — неметаллические включения. При деформировании исходного литого металла зерна и прослойки вытягиваются, и металл приобретает волокнистое строение. Если

деформирование производят с нагревом выше 0,4 абсолютной температуры плавления металла, то внутри деформированных зерен происходят структурные превращения — РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ — повторный рост мелких равноосных зерен. Но, независимо от этого, волокна, образовавшиеся из оболочек первичных зерен, остаются в металле навсегда. При помощи последующей пластической деформации можно лишь изменить их направление (рис. 3.6).

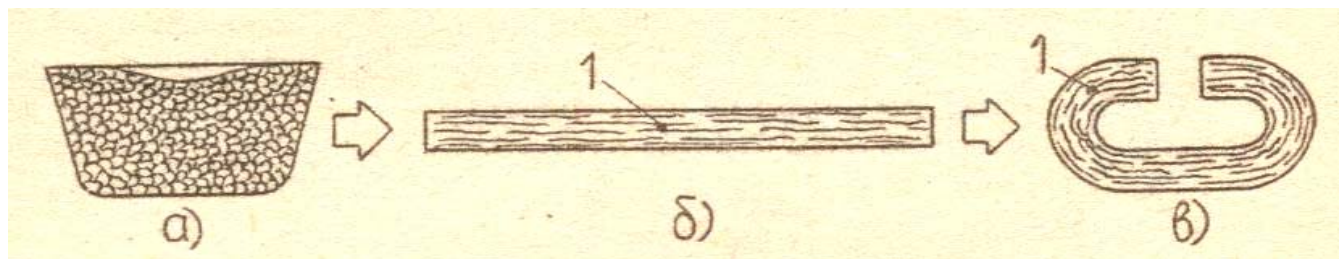


Рис. 3.6. Схема, иллюстрирующая образование и устойчивость волокон макроструктуры металла: а — слиток с первичной литой структурой; б — пруток получен пластической деформацией слитка; в — кольцо получено гибкой прутка; 1 — волокна макроструктуры

3.3.3. Изделие, имеющее волокнистую макроструктуру, подобно дереву, обладает неодинаковыми механическими свойствами в различных направлениях: хорошо сопротивляется растяжению вдоль волокон и разрушается, если его растягивать поперек волокон. Эту особенность, проявляющуюся только в случае горячей деформации сталей, используют для повышения прочности и эксплуатационных свойств изделий.

3.3.4. Технологический процесс горячей обработки следует проектировать с учетом условий, в которых будет работать данная деталь, и руководствоваться следующими правилами:

3.3.4.1. Внешние нагрузки, действующие на деталь, должны РАСТЯГИВАТЬ, СЖИМАТЬ или ИЗГИБАТЬ волокна, но не разрывать их и не расщеплять (рис. 3.7, а);

3.3.4.2. Волокна должны ОБЖАТЬ контур детали и НЕ ПЕРЕРЕЗАТЬСЯ при последующей механической обработке (рис. 3.7, б).

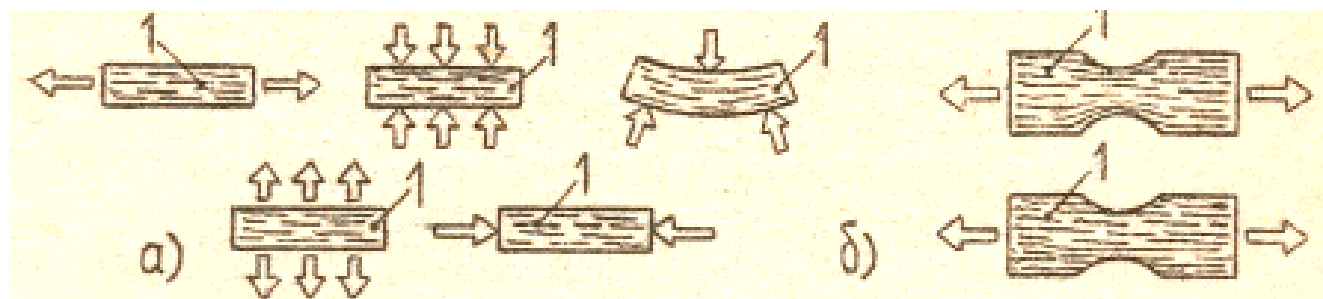


Рис. 3.7. Схемы, иллюстрирующие правила выбора правильной технологии горячей обработки (вверху — правильно, внизу — неправильно): 1 — волокна макроструктуры

3.3.5. На рис. 3.8 даны варианты технологии получения заготовок для грузового крюка и зубчатого колеса. Пользуясь изложенными выше правилами, сделайте выбор правильной технологии получения заготовок.

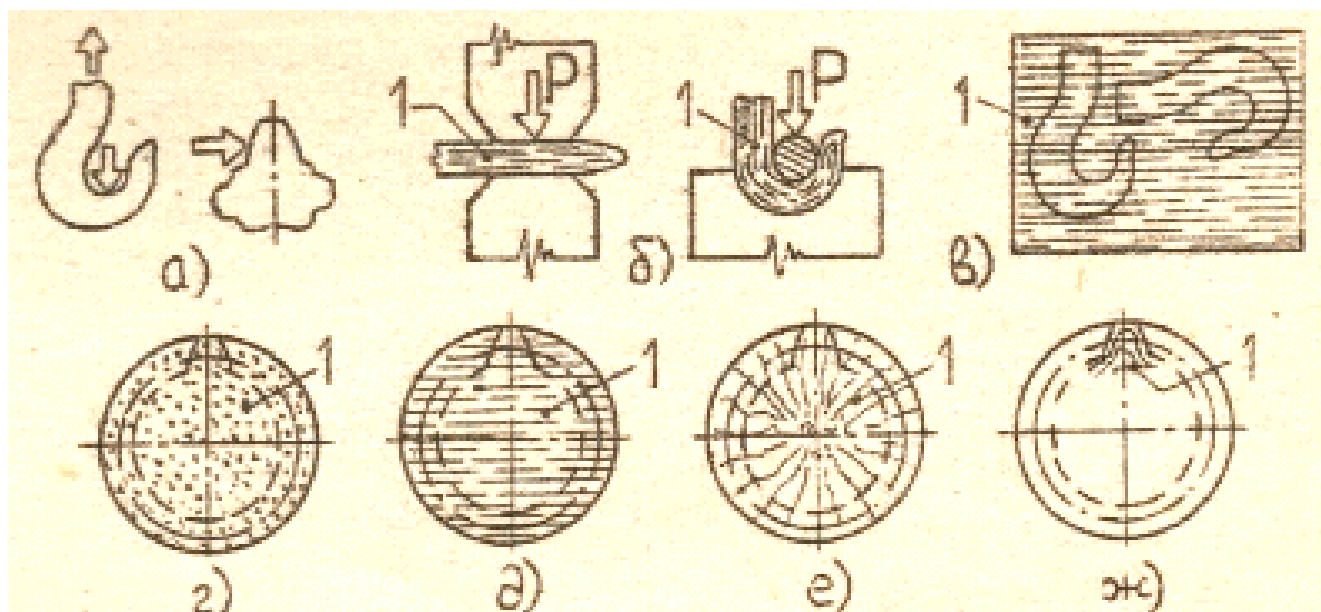


Рис. 3.8. Варианты технологии получения заготовок для грузового крюка и зубчатого колеса: а — схема действия сил на крюк и зубья колеса при эксплуатации; б — ковка (протяжка и гибка); в — вырезка из катаного листа; г — катаный пруток; д — ковка катаного прутка плашмя; е — ковка катаного прутка в торец; ж — горячая накатка зубьев; 1 — волокна макроструктуры

3.4. Технология штамповки на молотах. Виды поковок

3.4.1. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПАРОВОЗДУШНОГО ШТАМПОВОЧНОГО МОЛОТА. Молот — машина динамического действия, работающая ударом (см. рис. 3.9, с. 54). Мощности молота определяется весом падающих частей:

$$G_{пч} = G_{поршня} + G_{штока} + G_{бабы} + G_{в.штампа} .$$

Молоты выпускают с $G_{пч}$ от 0,63 до 16 т. Управление молотом осуществляет сам кузнец при помощи ножной педали.

3.4.2. ОСОБЕННОСТИ ПРЕССА и ФОРМА ПОКОВОК. При штамповке на молоте можно регулировать силу и частоту ударов. Это позволяет выполнять такие, операции как протяжка, что невозможно на КГШП. Большие скорости деформирования способствуют хорошему заполнению штампа, особенно его верхней части. На молотах штампуют ПОКОВКИ сложных очертаний: круглые в плане, вытянутые прямые и изогнутые, с отростками и развилинами, в виде крестовин (см. рис. 3.10, с. 54).

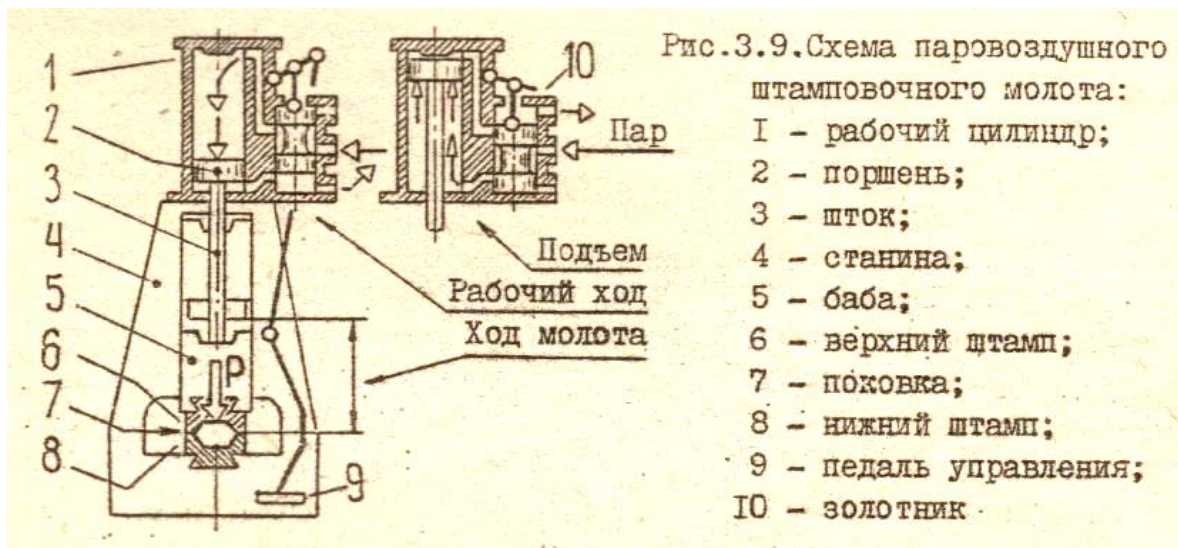


Рис. 3.9. Схема паровоздушного штампового молота

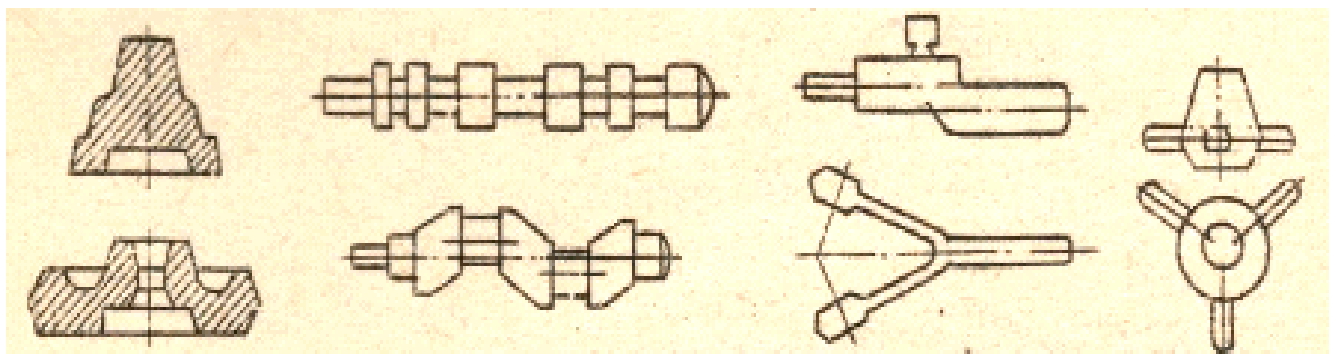


Рис. 3.10. Поковки, штампуемые на молотах

3.4.3. МОЛОТОВОЙ ШТАМП (рис. 3.11) состоит из двух половин — верхней и нижней. Каждая половина выполнена из цельного куска штамповой стали. К бабе и станине штампы крепят с помощью специального выступа, называемого ЛАСТОЧКИН ХВОСТ.

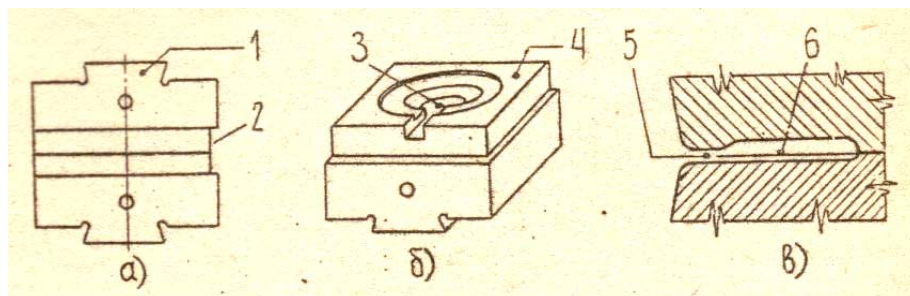


Рис. 3.11. Конструкция молотового штампа: а — штамп в сборе; б — нижний штамп; в — облойная канавка; 1 — ласточкин хвост; 2 — контрольный угол; 3 — ручей; 4 — зеркало; 5 — мостик; 6 — магазин

Плоские поверхности соприкосновения штампов называют ЗЕРКАЛОМ, а весь рельеф штампа вместе с ручьями — ГРАВЮРОЙ ШТАМПА.

Для того, чтобы точно совместить гравюры нижнего и верхнего штампов, на боковой поверхности штампов выполняют КОНТРОЛЬНЫЕ УГОЛ. Штампы бывают одно- и многоручьевыми. Сложные поковки штампуют в несколько технологических переходов: в заготовительных ручьях (протяжной, формовочный ручей и др.); в предварительном ручье (черновом) и в окончательных (чистовых) ручьях. Для вытекания лишнего металла в предварительном и окончательном штамповочных ручьях выполняют ОБЛОЙНУЮ КАНАВКУ (см. рис. 3.11 (в), с. 54), состоящую из мостика и магазина-накопителя. Мостик способствует лучшему заполнению рельефа штампа.

3.4.4. ПЕРЕХОДЫ ШТАМПОВКИ и ФОРМУ РУЧЬЕВ проектируют индивидуально для каждой поковки. Методика проектирования рассмотрена на примере штамповки фасонной поковки типа шатуна (см. рис. 3.12, с. 56). Штамповку осуществляют в шесть переходов. Из одной прутковой заготовки получают три поковки.

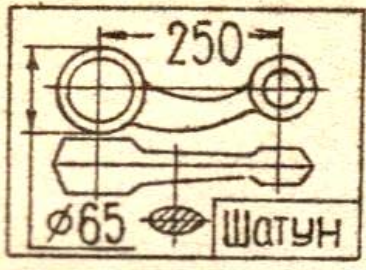
3.4.5. КОНСТРУИРОВАНИЕ ГРАВЮРЫ ШТАМПА. Штамповочные и заготовительные ручьи располагают на зеркале штампа, руководствуясь следующими соображениями (рис. 3.12 (г), с. 56): штамповочные ручьи, в которых возникают максимальные усилия, располагают в центре штампа, остальные — с учетом минимума лишних движений кузнеца.

3.5. Технология штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе. Вида поковок

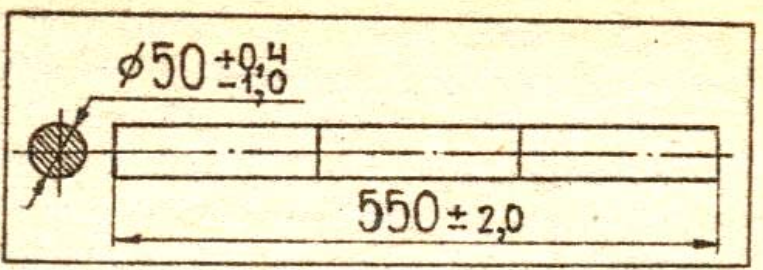
3.5.1. УСТРОЙСТВО И РАБОТА КГШП. Кривошипный горячештамповочный пресс (см. рис. 3.13, с. 57) представляет собой машину статического действия, в основе конструкции которой использован кривошипно-шатунный механизм. Мощность КГШП определяется его усилием. Выпускаемые прессы имеют усилие 6,3–100 МН. Эти прессы успешно замещают штамповочные молоты.

3.5.2. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА и ФОРМА ПОКОВОК. Жесткий ход, равный удвоенному радиусу кривошипа, и наличие выталкивателей в столе и ползуне прессы, которые срабатывают автоматически во время холостого хода, позволяют осуществлять штамповку за ОДИН РАБОЧИЙ ХОД, значительно уменьшить ШТАМПОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ, и применить ЗАКРЫТЫЕ ШТАМПЫ. Но металл плохо заполняет рельеф ручья, особенно его верхнюю половину. Поэтому требуется БОЛЬШОЕ ЧИСЛО ПЕРЕХОДОВ, а при штамповке поковок сложной формы использовать ПРОФИЛИРОВАННУЮ ЗАГОТОВКУ. Можно штамповать ВСЕ ТИПЫ ПОКОВОК, штампуемых на молотах, и использовать ШТАМПЫ ВСЕХ КОНСТРУКЦИЙ, в том числе матрицы с горизонтальным и вертикальным разъемом. В отличие от штамповка на молоте, на КГШП можно осуществлять штамповку ВЫДАВЛИВАНИЕМ (см. рис. 3.14, с. 57).

Типовые поковки, изготавливаемые выдавливанием, даны на рис. 3.15 (см с. 57).



а) б)



Номер перехода Переход (Ручей)	Эскиз перехода	Эскиз ручья
1 Протяжка (Протяжной)		
2 Подкатка (Подкатной)		
3 Гибка (Гибочный)		
4 Предварит. шт-ка (Черновой)		
5 Окончат. шт-ка (Чистовой)		
6 Отрубка (Отрубной)		

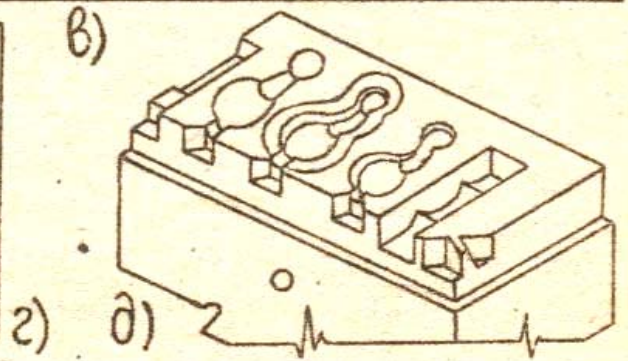
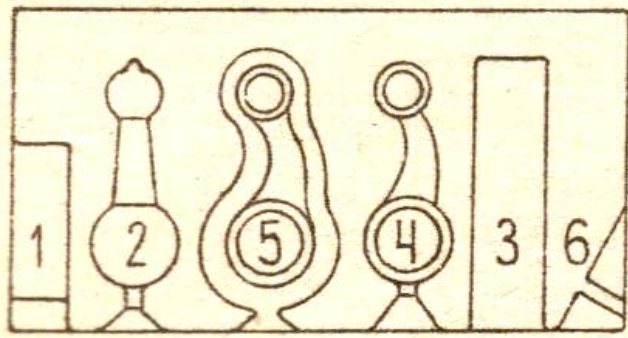


Рис. 3.12. Методика проектирования технологии штамповки фасонной поковки: а — рабочий чертеж поковки; б — карта раскроя исходной заготовки; в — переходы штамповки и форма ручьев; г — расположение ручьев на зеркале штампа; д — гравюра нижнего штампа

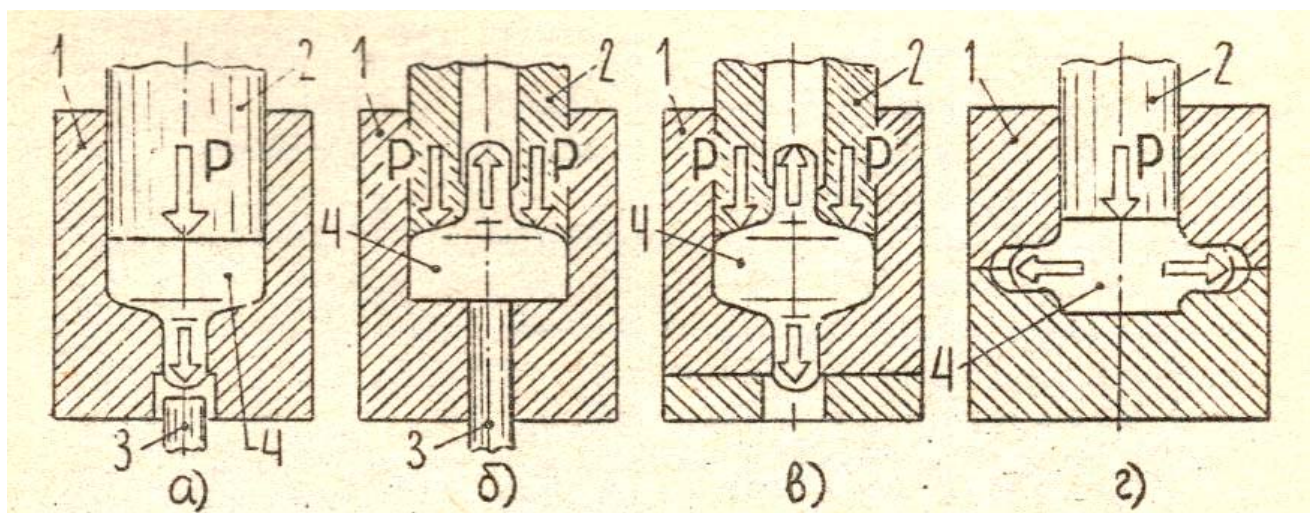
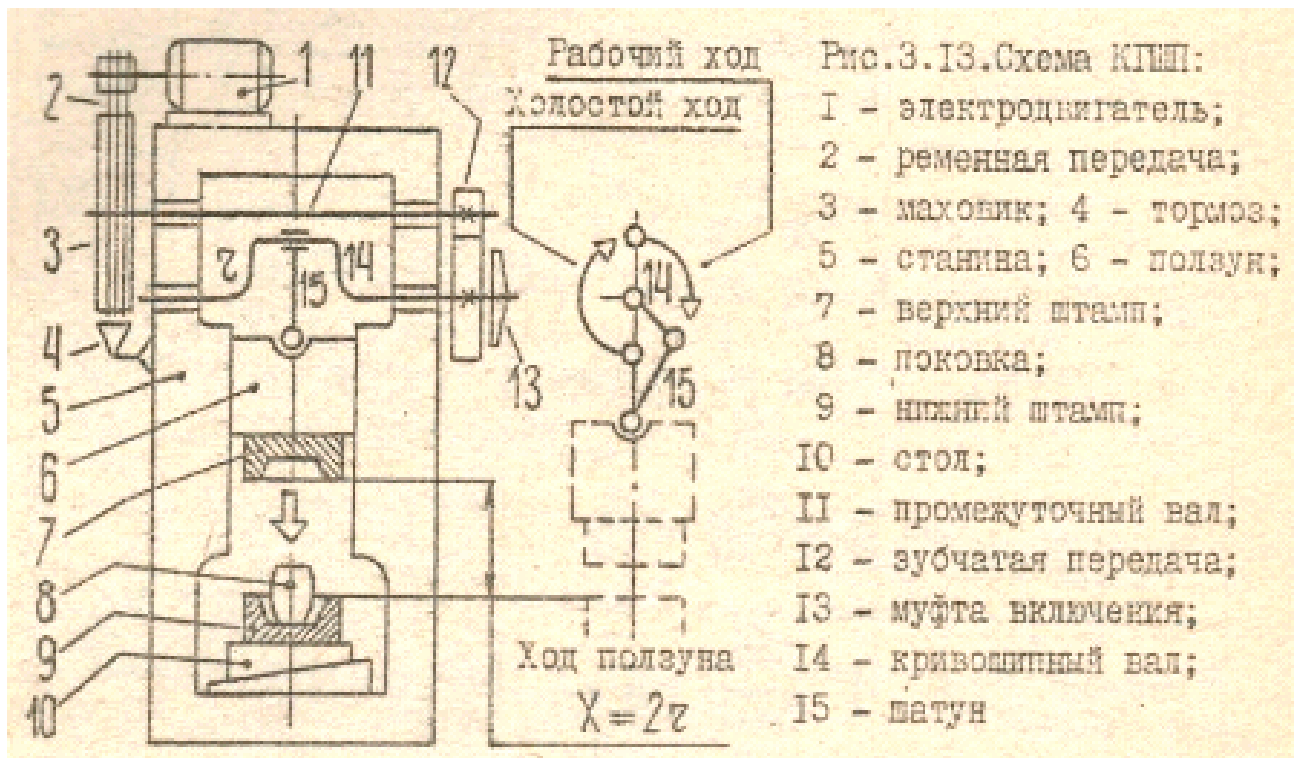


Рис. 3.14. Схема штамповки выдавливанием: а — прямое; б — обратное; в — комбинированное; г — поперечное в разъемной матрице; 1 — матрица; 2 — пуансон; 3 — выталкиватель; 4 — поковка

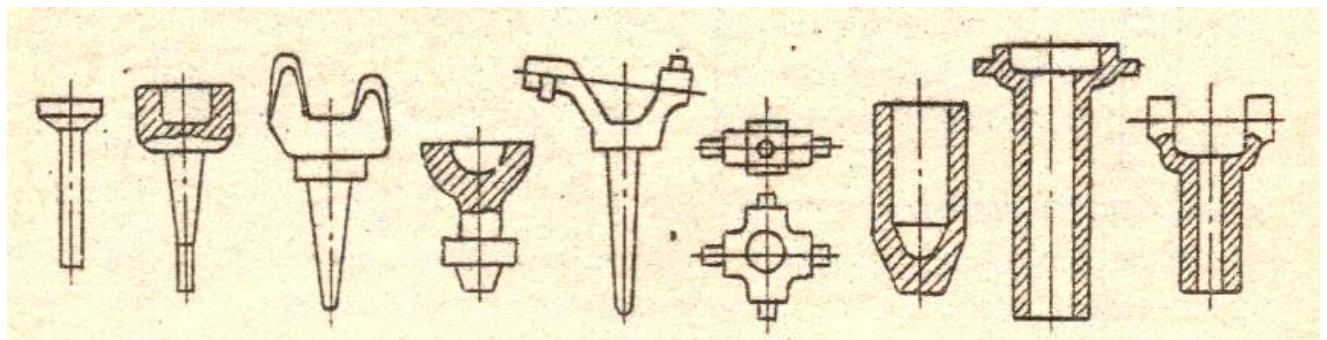


Рис. 3.15. Типовые поковки, изготавливаемые выдавливанием

3.5.3. ШТАМПЫ КГШП (рис. 3.16) отличаются от молотковых штампов. Штампы изготовляют СОСТАВНЫМИ: центральная часть ВСТАВКА — сменная из инструментальной стали, а БЛОК — из углеродистой стали. ПЛОСКОСТЬ РАЗЪЕМА располагают вблизи верхнего торца поковки, так как металл лучше заполняет нижние части ручья. Штампы не должны смыкаться, поэтому ОБЛОЙНУЮ КАНАВКУ ДЕЛАЮТ ОТКРЫТОЙ. Жесткая рама прессы и отсутствие ударов позволяют связать половины штампов НАПРАВЛЯЮЩИМИ КОЛОНКАМИ, исключая сдвиг штатов.

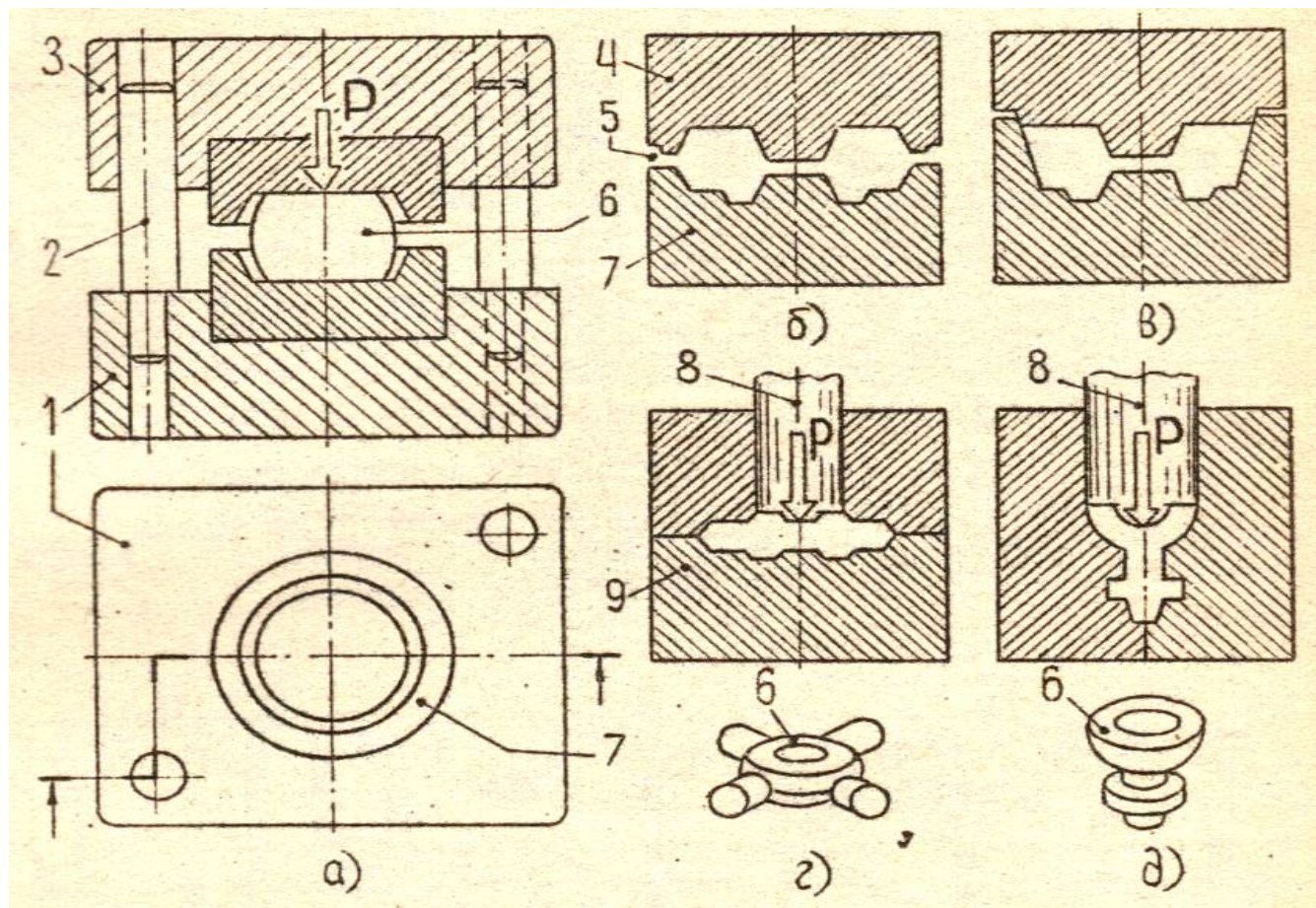


Рис. 3.16. Схема штампа для КГШП и конструкции вставок:
 а — схема штампа; б — вставка для открытой штамповки;
 в — вставка для закрытого штамповки; г, д — вставки с разъемными матрицами; 1 — нижний блок; 2 — направляющая колонка; 3 — верхний блок; 4 — верхняя вставка; 5 — облойная канавка; 6 — поковка; 7 — нижняя вставка; 8 — пуансон; 9 — нижняя вставка — разъемная матрица

3.5.4. ПРЕИМУЩЕСТВА КГШП перед молотами. Производительность выше в 1,5-2 раза. Более точные поковки по высоте и смещения штампов. Экономия металла за счет уменьшения штамповочных уклонов. Бесшумные и более благоприятные условия работы. Процесс поддается механизации и автоматизации.

3.5.5. НЕДОСТАТКИ КГШП. Ввиду жесткого хода нельзя применять такие протяжные и подкатные ручки. Это требует использования заранее профилированной заготовки. Плохое заполнение ручьев требует большего количества переходов. Заготовку после извлечения из нагревательной печи надо тщательно очищать от окалины, так как нет последующих ударов, и окалина не отлетает. Стоимость КГШП в 3-4 раза выше стоимости эквивалентного по мощности молота.

3.6. Технология штамповки на горизонтально-ковочной машине. Виды поковок

3.6.1. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГКМ. ГКМ представляет собой горизонтальный кривошипный пресс, дополненный боковым механизмом для перемещения одной из половин разъемной матрицы. Схема, иллюстрирующая устройство и работу ГКМ, дана в виде сверху в исходном положении (рис. 3.17, а) и в момент окончания штамповки (рис. 3.17, б).

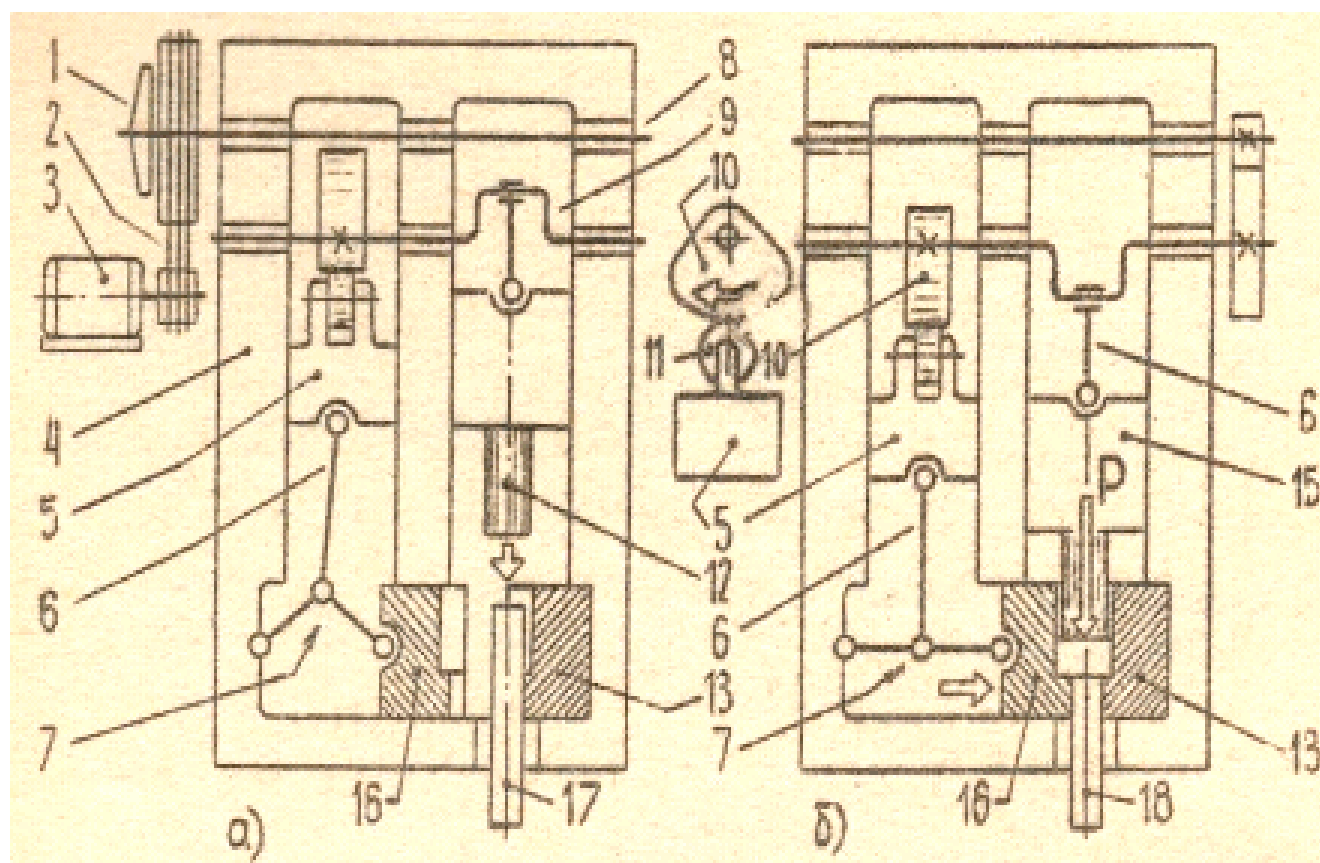


Рис. 3.17. Схема горизонтально-ковочной машины:

- 1 — маховик и муфта включения; 2 — клиноременная передача;
- 3 — электродвигатель; 4 — станина; 5 — боковой ползун; 6 — шатун;
- 7 — колено-шарнирный механизм; 8 — промежуточный вал;
- 9 — кривошипный вал; 10 — кулачок; 11 — ролик; 12 — пуансон;
- 13 — неподвижная матрица; 14 — зубчатая передача;
- 15 — главный ползун; 16 — подвижная матрица; 17 — заготовка;
- 18 — поковка

3.6.2. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА и ФОРМА ПОКОВОК. Штамповка осуществляется способом ВЫСАДКИ конца прутковой заготовки. Жесткий ход и конструкция штампов с двумя плоскостями разреза позволяют получать поковки без заусенцев и штамповочных уклонов, с малыми припусками, точными размерами, благоприятной макроструктурой металла и высокой производительностью. ПОКОВКИ по их технологическим особенностям подразделяют на 5 групп (рис. 3.18),

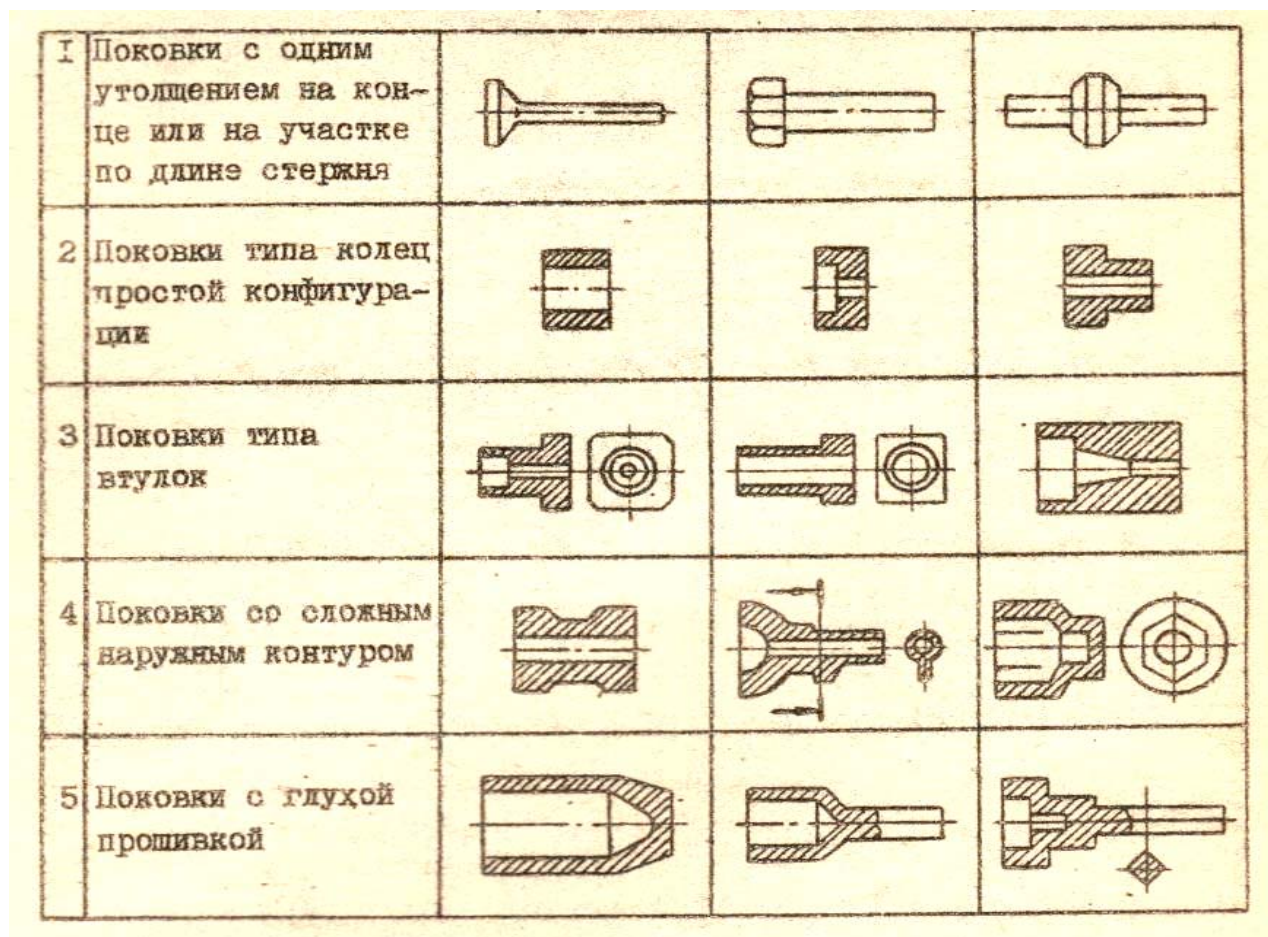


Рис. 3.18. типовые поковки, изготавливаемые на ГКМ

3.6.3. ШТАМПЫ ГКМ состоят из неподвижной и подвижной половин матрицы и блока пуансонов. Штамповку осуществляют в нескольких ручьях. На рис. 3.19 (см. с. 61) конструкция штампа и переходы штамповки показаны на примере получения поковки в виде гайки с шестигранной головкой.

3.6.4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ при штамповке в одном из ручьев дана на рис. 3,20 (см. с. 62).

3.6.5. ДОСТОИНСТВА и НЕДОСТАТКИ ГКМ. Достоинства: высокая производительность (200 и более поковок в час), возможность получения поковок сложной формы (с выступами, впадинами и сквозными отверстиями), экономия металла за счет отсутствия заусенцев и малых штамповочных уклонов. Недостатки: сложная конструкция и быстрый износ штампов.

3.7. Способы получения прогрессивных поковок

3.7.1. ПРОГРЕССИВНЫМИ называют поковки, которые получают с помощью новых малоотходных технологических приемов и на более совершенном оборудовании, в отличие от обычных поковок, штампуемых по традиционной технологии на молотах, КГШП и ГКМ.

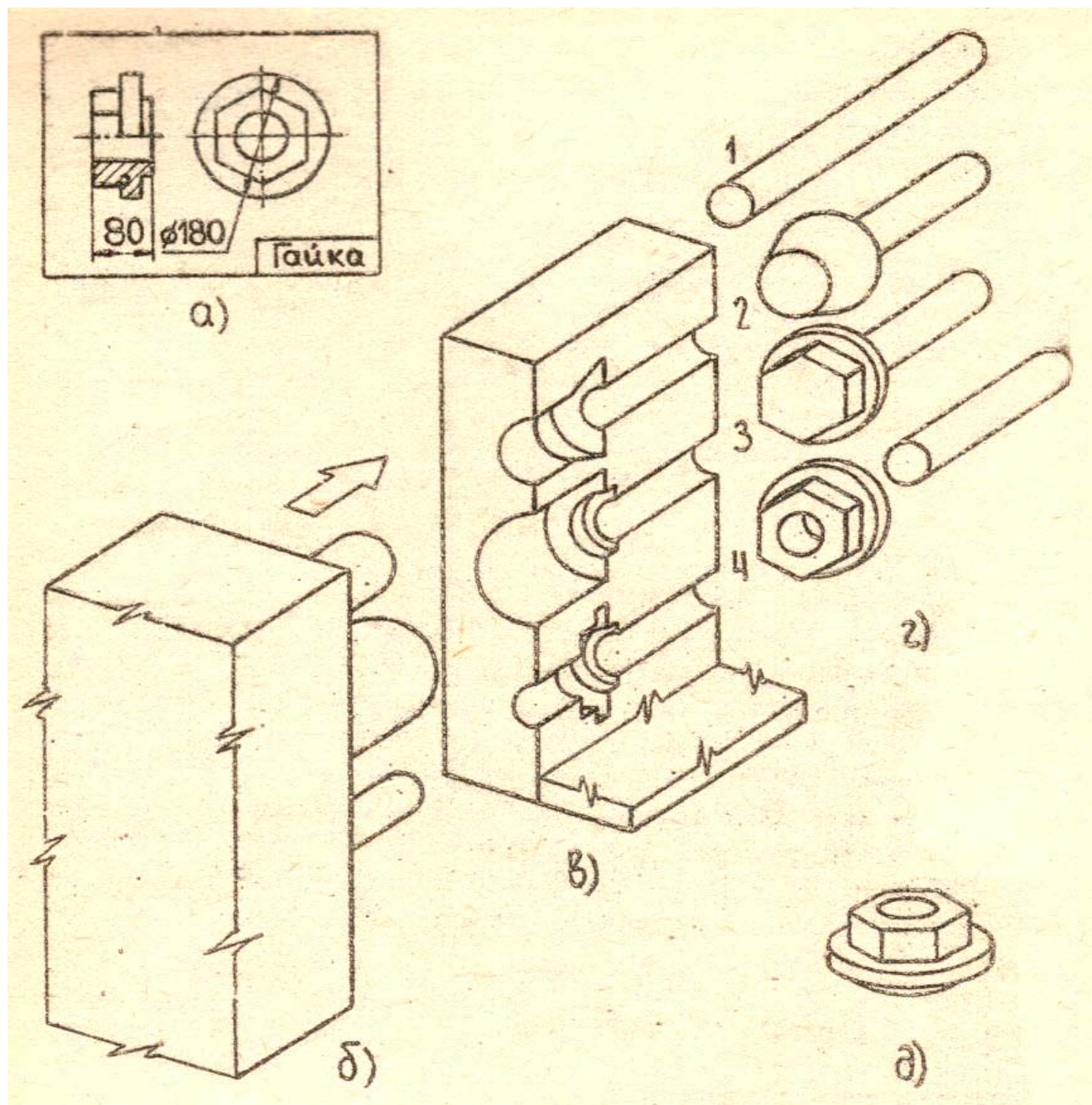


Рис. 3.19. Конструкция штампа и схема штамповки на ГКМ: а — чертеж поковки; б — блок пуансонов; в — неподвижная матрица (подвижная матрица частично удалена); г — переходы штамповки; д — поковка; 1 — исходная заготовка; 2 — набор металла, высадка конуса; 3 — формирование поковки; 4 — прошивка отверстия и отделение поковки от заготовки

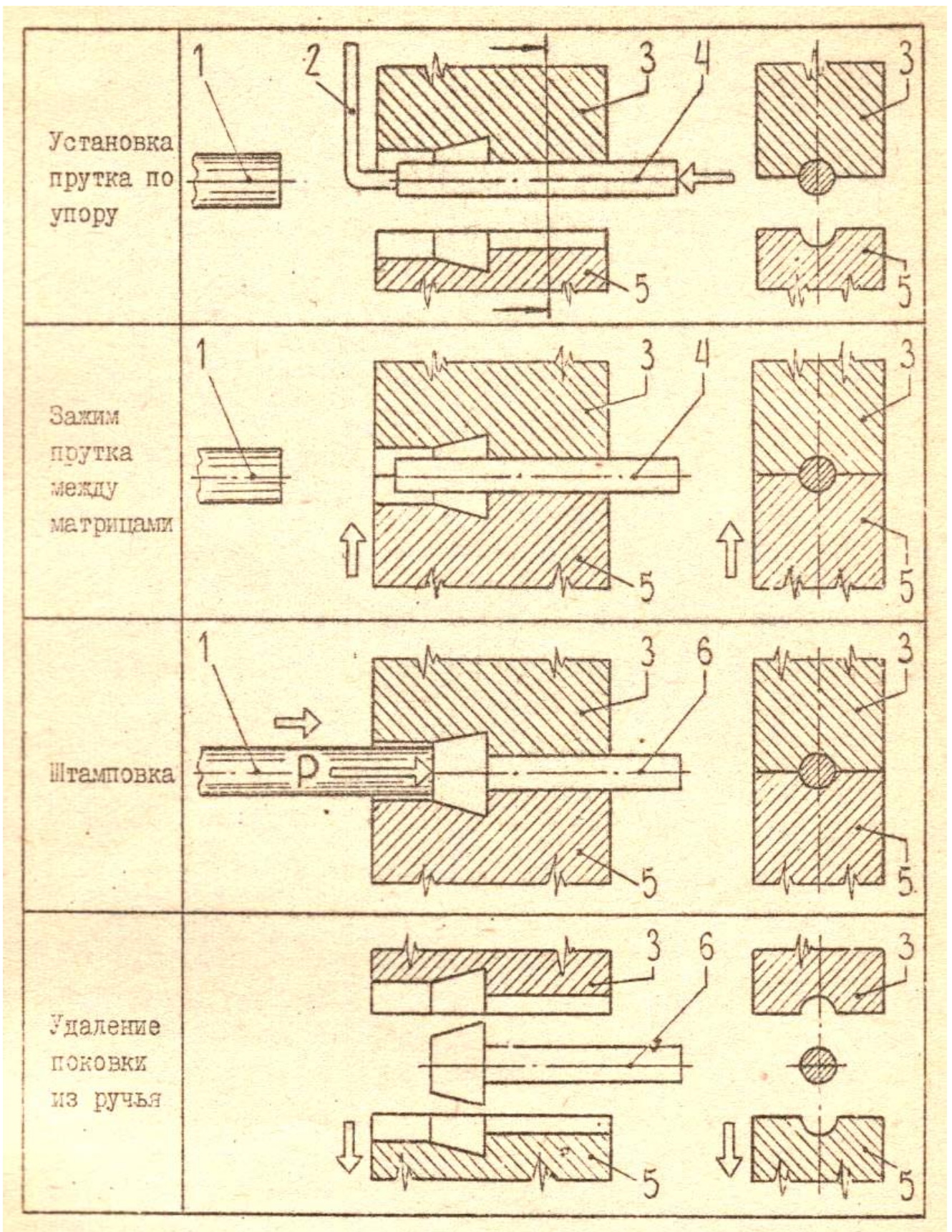


Рис .3.20. Последовательность операций при штамповке в одном ручье: 1 — пуансон; 2 — упор отводной; 3 — неподвижная матрица; 4 — заготовка; 5 — подвижная матрица; 6 — поковка

3.7.2. КОМБИНИРОВАННЫЕ ЗАГОТОВКИ — поковки усовершенствованной и более технологичной конфигурации, полученной за счет приемов соединения и расчленения нетехнологичных деталей, а также за счет использования при их изготовлении различных кузнечных машин для разных операций (см. рис. 3.5, с. 51).

3.7.3. ПРОФИЛИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК НА КОВОЧНЫХ ВАЛЬЦАХ (рис. 3.21). Деформирующим инструментом является ШТАМПЫ-СЕКТОРЫ, которые крепятся к вращающимся навстречу друг другу валкам. Обработка напоминает продольную прокатку в ручьевых валках. Нагретую прутковую заготовку подают в ручей в тот момент, когда штампы расходятся. При повороте валков заготовка обжимается по форме ручья и выталкивается обратно — в сторону подачи.

Изделиями являются заготовки звеньев цепей, гаечных ключей, рычагов, а также предварительно профилированные заготовки для последующей штамповки на КГШП, ГКМ и винтовых прессах. Кроме консольных вальцов, применяют двухопорные вальцы.

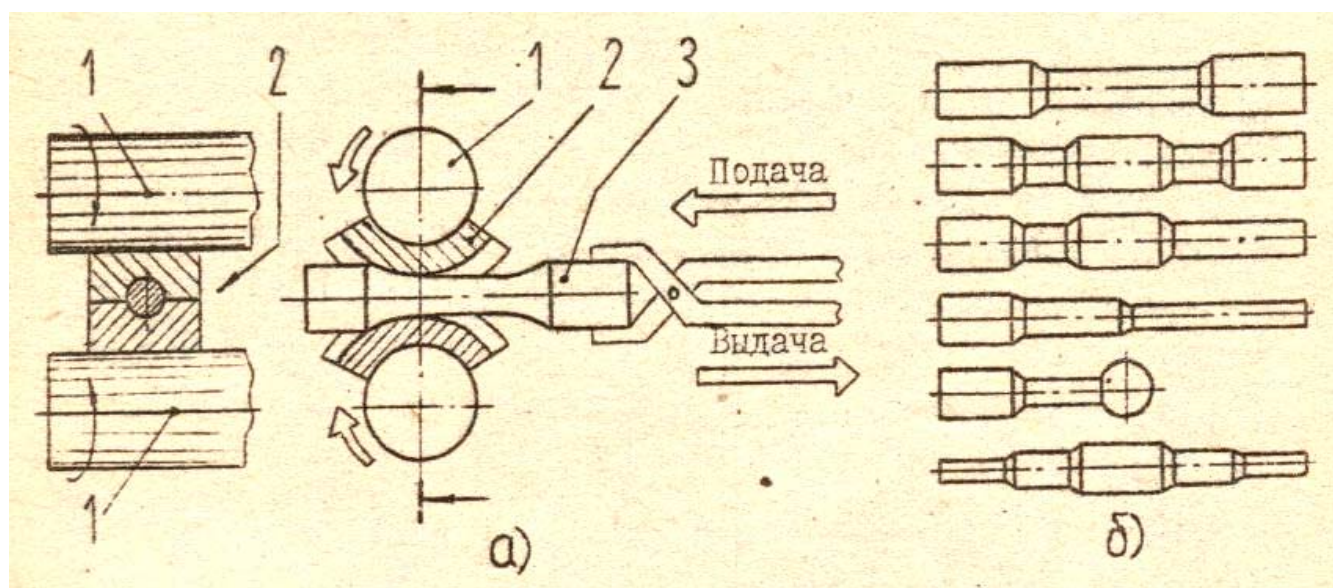


Рис. 3.21. Схема вальцовки на консольных ковочных вальцах (а) и типовые поковки (б): 1 — валки; 2 — штампы-секторы; 3 — обрабатываемая заготовка

3.7.4. ПРОФИЛИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК НА ОБЖИМНЫХ КОВОЧНЫХ МАШИНАХ (см. рис. 3.22, с. 64). Обработка подобна операции протяжки и заключается в местном обжатии заготовки по ее периметру под действием двух или четырех радиально сходящихся бойков, которые одновременно с этим вращаются вокруг оси заготовки. Изделиями являются сплошные и полые ступенчатые цилиндрические или конические поковки, а также прутки квадратного и многогранного профиля.

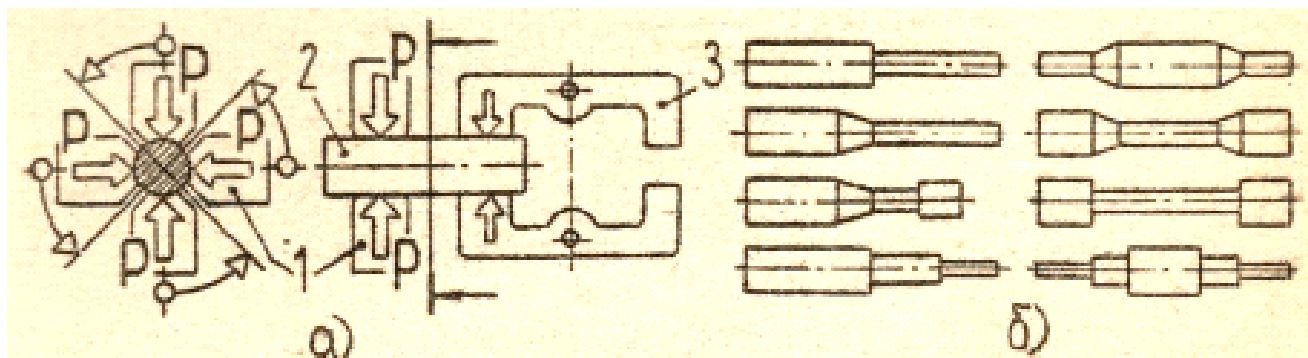


Рис. 3.22. Схема профилирования на обжимной ковочной машине (а) и типовые поковки (б): 1 — бойки; 2 — обрабатываемая заготовка; 3 — клещевой захват

3.7.5. ШТАМПОВКА НА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ШТАМПОВОЧНЫХ МОЛОТАХ. Высокоскоростные штамповочные молоты за счет ускоренного разгона ударных частей давлением газа (воздуха) и другими энергоносителями развивают к началу рабочего хода скорость движения рабочего инструмента до 20-50 м/с против 5-8 м/с у обычных паровоздушных молотов. За счет этого создаются благоприятные условия для штамповки из труднодеформируемых сплавов поковок с тонкими быстроостывающими ребрами, стенками и отроствами (рис. 3,23).

Штамповка осуществляется, как правило, за один удар. Однако, наряду с достоинствами, эти молоты уступают паровоздушным в универсальности, возможности многоручьевого штамповкой, менее производительны и сложны в обслуживании.

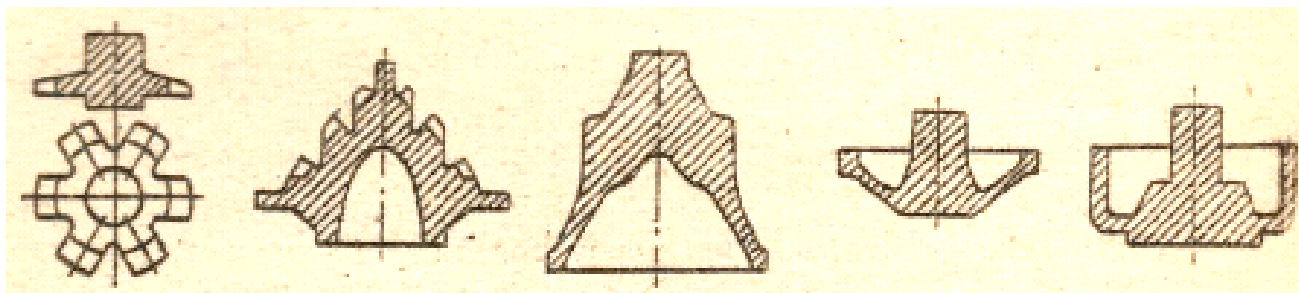


Рис. 3.23. Типовые поковки, изготавливаемые на высокоскоростных штамповочных молотах

3.7.6. ШТАМПОВКА В РАЗЪЕМНЫХ МАТРИЦАХ (см. рис. 3.16, с. 58). Осуществляется на КГШП, гидравлических и винтовых прессах. Получают поковки сложных форм (крестовины, тройники, чаши) с глухой и сквозной прошивкой из стали и цветных сплавов.

3.7.7. ШТАМПОВКА ЖИДКОГО МЕТАЛЛА (см. рис. 3.24, с. 65). Процесс сочетает элементы литья и обработки пластическим деформированием. Технология включает следующие операции: плавление металла в специальной печи, дозированная разливка расплава в ручей штампа, ус-

тановленного на прессе, сжатие кристаллизирующегося сплава, извлечение изделия, подготовка к следующей заливке. Достоинства: небольшие усилия штамповки, экономия металла, возможность получения тонкостенных изделий, малые припуски.

3.7.8. ХОЛОДНАЯ ШТАМПОВКА ВЫСАДКОЙ и ВЫДАВЛИВАНИЕМ.

Выдавливание (см. рис. 3.14, с. 57) осуществляют на пресс-автоматах, получают заготовки и детали стержневого типа, осесимметричные сплошные и полые (толкатели, фигурные втулки). Высадку выполняют на холодновысадочных автоматах от прутка или проволоки. Получают детали с местным утолщением сплошные и с отверстиями (заклепки, болты, винты, гайки). Все переходы штамповки (рис. 3.25) выполняются автоматически.

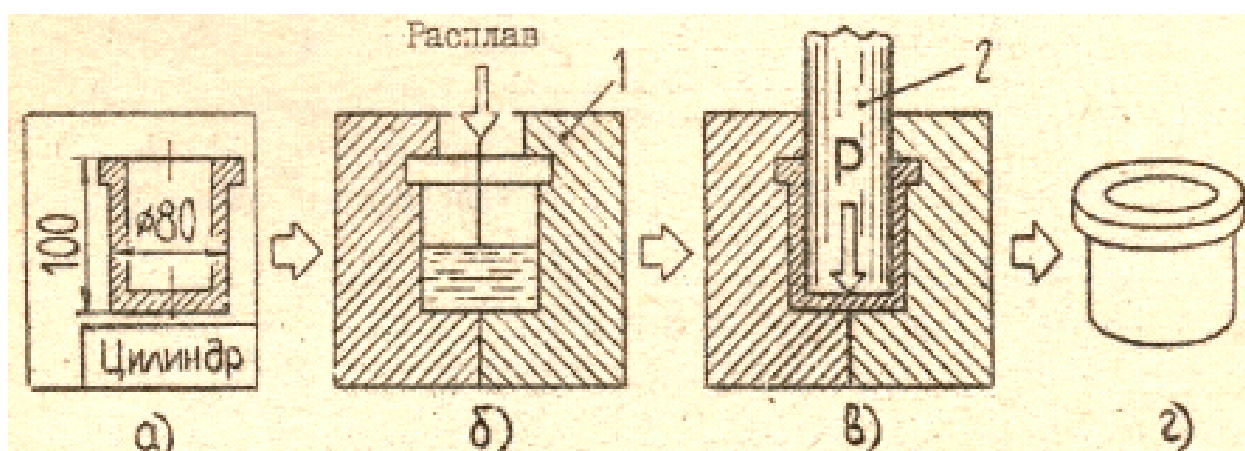


Рис. 3.24. Штамповка жидкого металла: а — чертеж изделия; б — заливка расплава; в — штамповка; г — изделие; 1 — разъемная матрица; 2 — пуансон

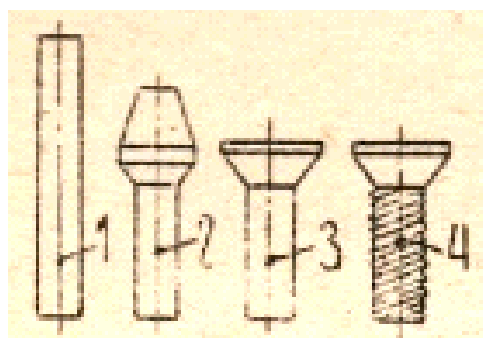


Рис. 3.25. Переходы штамповки винта на холодновысадочном автомате: 1 — заготовка; 2 — предварительная высадка; 3 — высадка головки; 4 — накатка резьбы

3.7.9. ПОЛУЧЕНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ (точных) ЗАГОТОВОК РАСКАТКОЙ (вагонные колеса и кольца для подшипников качения) и НАКАТКОЙ (зубья зубчатых колес, шлицы и винтовые резьбы). Винтовые резьбы накатывают на станах (см. рис. 3.26 (а), с. 66) с валками, имеющими негативную нарезку по отношению к изделию, зубчатые колеса — на зубона-

катных станах (рис. 3.26, б), вагонные колеса и кольца обрабатывают на раскатных станах-автоматах.

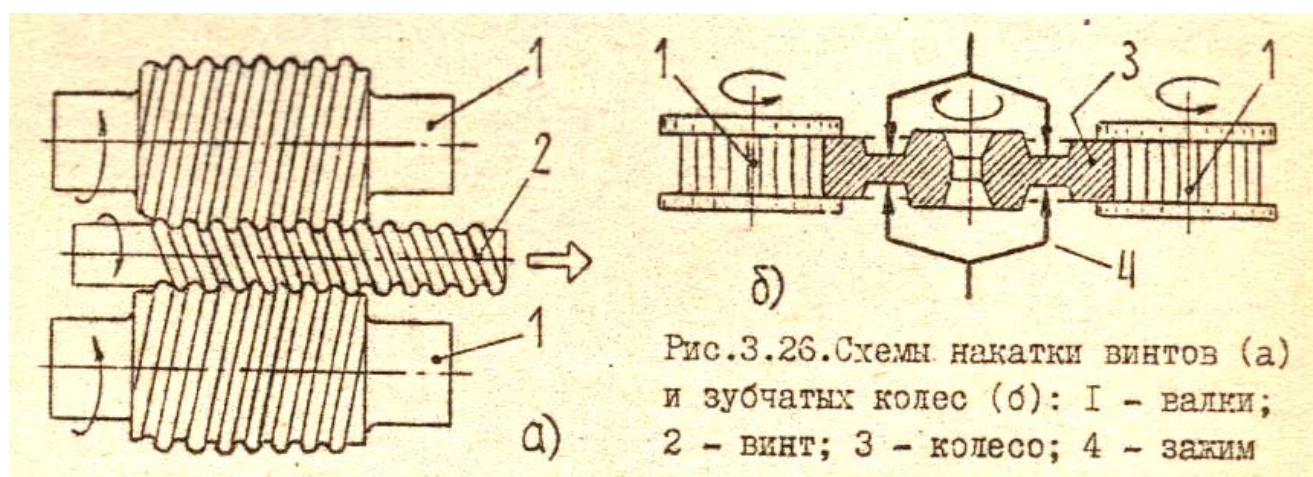


Рис. 3.26. Схемы накатки винтов (а) и зубчатых колес (б):
1 — валки; 2 — винты; 3 — колеса; 4 — зажим

3.7.10. МАЛООТХОДНАЯ ШТАМПОВКА. Примером малоотходной технологии является совмещенная штамповка двух различных поковок (рис. 3.27). Поковки подбирают так, чтобы размеры перемычки в отверстии большей из них соответствовали размерам наружного контура меньшей. Экономия металла достигается за счет исключения облоя на меньшей поковке и перемычки на большей. Поковки разделяют в обрезном штампе.

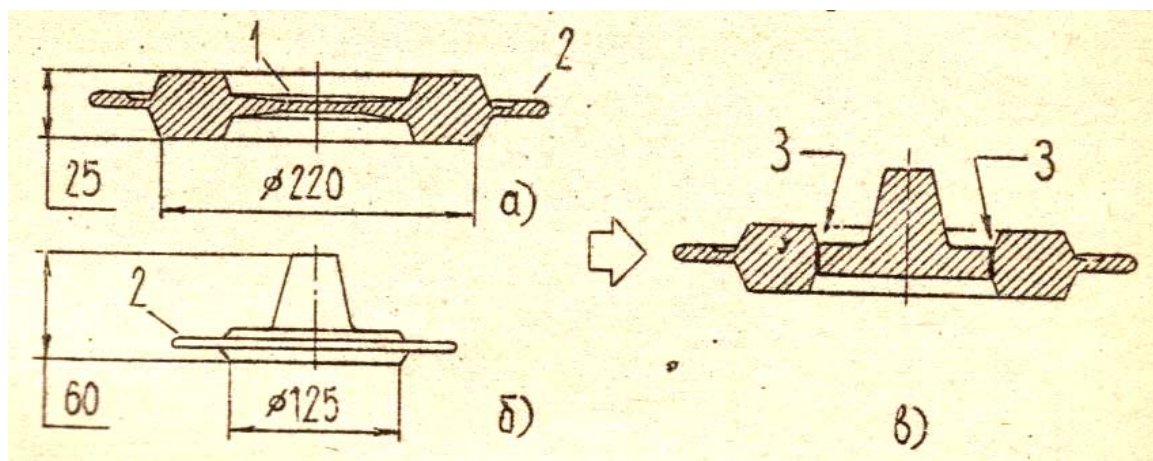


Рис. 3.27. Изготовление поковок совмещенной штамповкой:
а и б — поковки, изготовленные раздельной штамповкой в двух штампах; в — совмещенное изготовление поковок в одном штампе;
1 — перемычка; 2 — облой; 3 — место разрезки

3.8. Отделка и очистка поковок

3.8.1. После штамповки поковки подвергают отделочным операциям: обрезка облоя и прошивка перемычек, термообработка, очистка от окалины, правка и калибровка. После этого поковку подвергают контролю.

3.8.2. УДАЛЕНИЕ ОБЛОЯ и ПЕРЕМЫЧЕК осуществляют в обрезных штампах в горячем или холодном состоянии. Горячую обрезку производят сразу же после штамповки на обрезном прессе, холодную — на отдельном участке. Как для горячей, так и для холодной обрезки применяют обрезные штампы различных конструкций (рис. 3.28). Для обрезки поковку укладывают в матрицу на облой (заусенец). Затем пуансон проталкивает поковку сквозь матрицу, острые кромки которой срезают облой. При пробивке поковка опирается на матрицу, а прошивной пуансон прорезает перемычку и проталкивает ее сквозь матрицу.

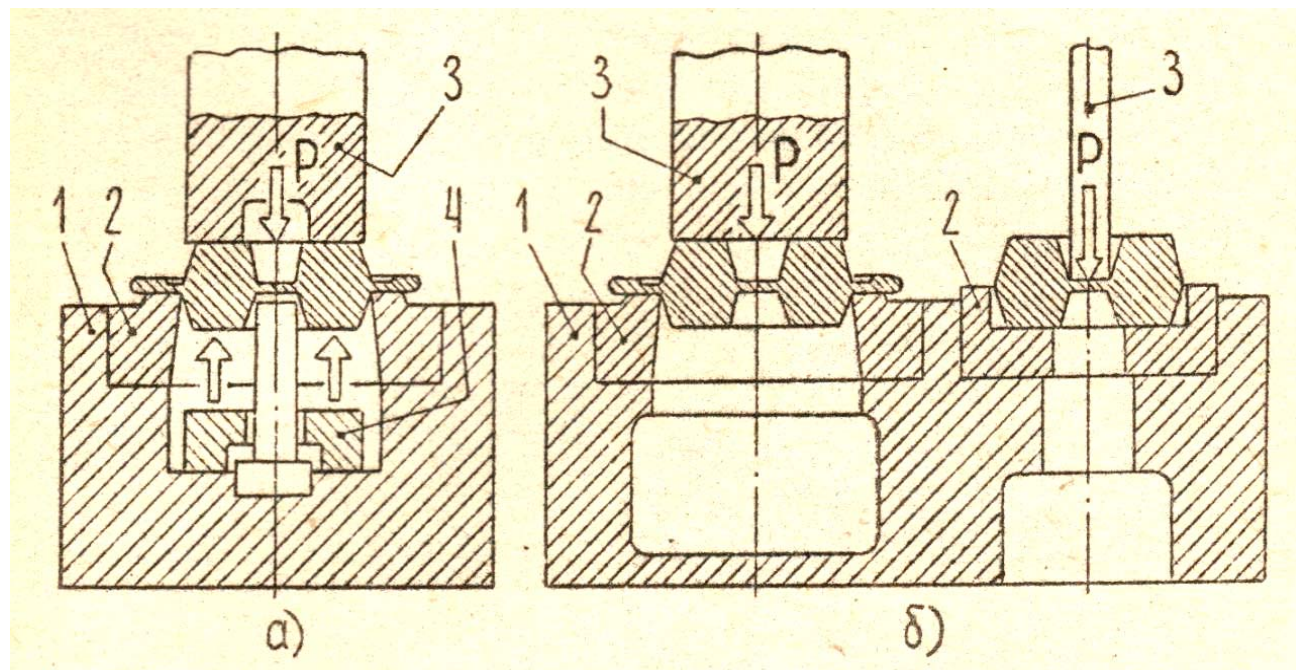


Рис. 3.28. Конструкции обрезных штампов:

а — комбинированный штамп; б — последовательный;
1 — башмак; 2 — матрица; 3 — пуансон; 4 — выталкиватель

3.8.3. ТЕРМООБРАБОТКУ (отжиг, нормализацию) поковок производят для снятия остаточных напряжений, возникающих при нагреве и изготовлении поковок, а также для улучшения обрабатываемости материала на металлорежущих станках. Если термообработка является окончательной, то она должна обеспечить структуру и механические свойства металла, какими должен обладать материал готовой детали.

3.8.4. ОЧИСТКУ ОТ ОКАЛИНЫ производят травлением поковок в растворе кислот, галтовкой в барабанах и в дробеметных камерах. В галтовочные барабаны загружают поковки средних и мелких размеров, не имеющие отверстий. Барабан вращается, поковки перекатываются и соударяются. Для эффективности очистки в барабан засыпают литые звездочки. В дробеметной камере поковки перемещаются на ленточном транспортере или подвесном конвейере под струей чугуно или стальной дроби, выбрасываемой с большой скоростью.

3.8.5. ПРАВКУ поковок производят в горячем или холодном состоянии для устранения искривлений, полученных в процессе изготовления, транспортировки, обрезки облоя и при термообработке. Используют гидравлические и винтовые прессы.

3.8.6. КАЛИБРОВКУ поковок, очищенных от окалины, производят для повышения точности размеров. Различают калибровку плоскостную и объемную (рис. 3.29), а по температурным условиям — горячую и холодную (чеканку). Плоскостная калибровка обеспечивает точный вертикальный размер на одном или нескольких участках поковки, объемная — более точную форму поковки.

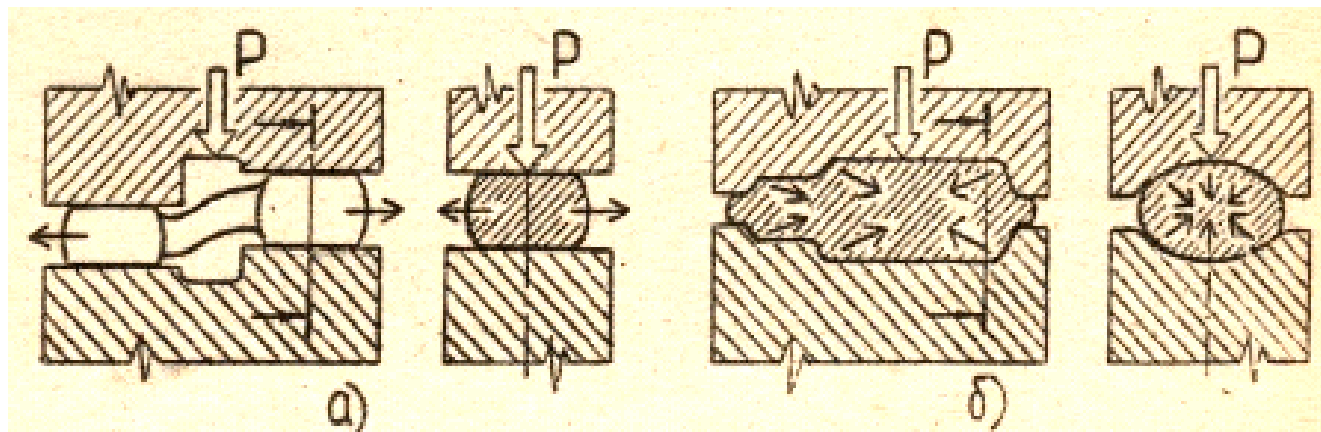


Рис. 3.29. Калибровка поковок (стрелками показаны направления течения металла): а — плоскостная; б — объемная

3.8.7. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА. ПОКОВОК предусматривает проверку их геометрических размеров и механической прочности. Проверку размеров осуществляют универсальными и специальными измерительными инструментами и контрольными приспособлениями (шаблонами, скобами, высотомерами и др.). При контрольных измерениях поковку устанавливают на те же базы, что и при обработке резанием. Одновременно с измерениями выявляют различные дефекты.

3.9. Получение изделий из металлических порошков

3.9.1. Промышленно выпускаются ПОРОШКИ железа, меди, никеля, хрома, кобальта, вольфрама, олова, серебра и других металлов. Из этих порошков способами безотходной технологии, включающей операции холодного или горячего прессования и спекания, получают различные ИЗДЕЛИЯ общего назначения типа зубчатых колес, седла и корпуса клапанов, муфт, храповиков, собачек, втулок, шайб, фланцев и др., а также изделия со специфическими свойствами: высокопористые (фильтры), самосмазывающиеся и антифрикционные подшипники скольжения, фрикционные тормозные ленты и диски и другие изделия.

3.9.2. ДОСТОИНСТВА технологии получения порошковых изделий:

3.9.2.1. Возможность осуществления безотходной технологии.

3.9.2.2. Низкая себестоимость изделий.

3.9.2.3. Возможность создания ПСЕВДОСПЛАВОВ из неплавляющихся металлов (медь-вольфрам, серебро-вольфрам и др.), обладающих особыми электромагнитными свойствами.

3.9.2.4. Возможность получения изделий с высокими эксплуатационными (жаростойкость, износостойкость) и специальными (пористость — фильтры, антифрикционность — подшипники скольжения) свойствами.

3.9.3. НЕДОСТАТКАМИ порошковых изделий является ограниченность размеров и относительно простая форма, что обусловлено спецификой формования порошков. Использование порошковых изделий в качестве деталей машин ограничивается наличием остаточной пористости, не позволяющей в некоторых случаях получить такие же физико-механические свойства, как при изготовлении литьем или пластическим деформированием.

3.9.4. ТЕХНОЛОГИЯ получения порошковых изделий включает: ПРИГОТОВЛЕНИЕ смеси (предварительный отжиг порошков, сортировка просеиванием по размерам зерен, смешивание с добавками, улучшающий спекание); ДОЗИРОВАНИЕ; ПРЕССОВАНИЕ; СПЕКАНИЕ в случае холодного прессования, при горячем — процессы прессования и спекания совмещаются; КАЛИБРОВАНИИ для исключения операций механообработки, Калибрование позволяет получать детали высокой точности. Эту операцию производят в специальных пресс-формах или приспособлениях. Схемы прессования и калибрования изделий из порошков даны на рис. 3.30 (см. с. 70).

Раздел 4

ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

4.1. Металлорежущий инструмент.

К выбору способа получения заготовок

4.1.1. Технология производства режущих инструментов базируется на общих принципах технологии машиностроения. Наряду с этим в производстве инструмента имеются специфические особенности, связанные с применением дорогостоящих инструментальных материалов, обладающих высокой твердостью и прочностью.

Прежде всего, это вызывает необходимость максимальной экономии быстрорежущих и легированных сталей. С этой целью широко распространено изготовление составного и сборного инструмента с использованием сварки, различных видов наплавки и пайки, а также способов механического крепления режущей части к корпусу (державке). Применяются литой режущий инструмент, обработка методами горячей и холодной пластической деформации.

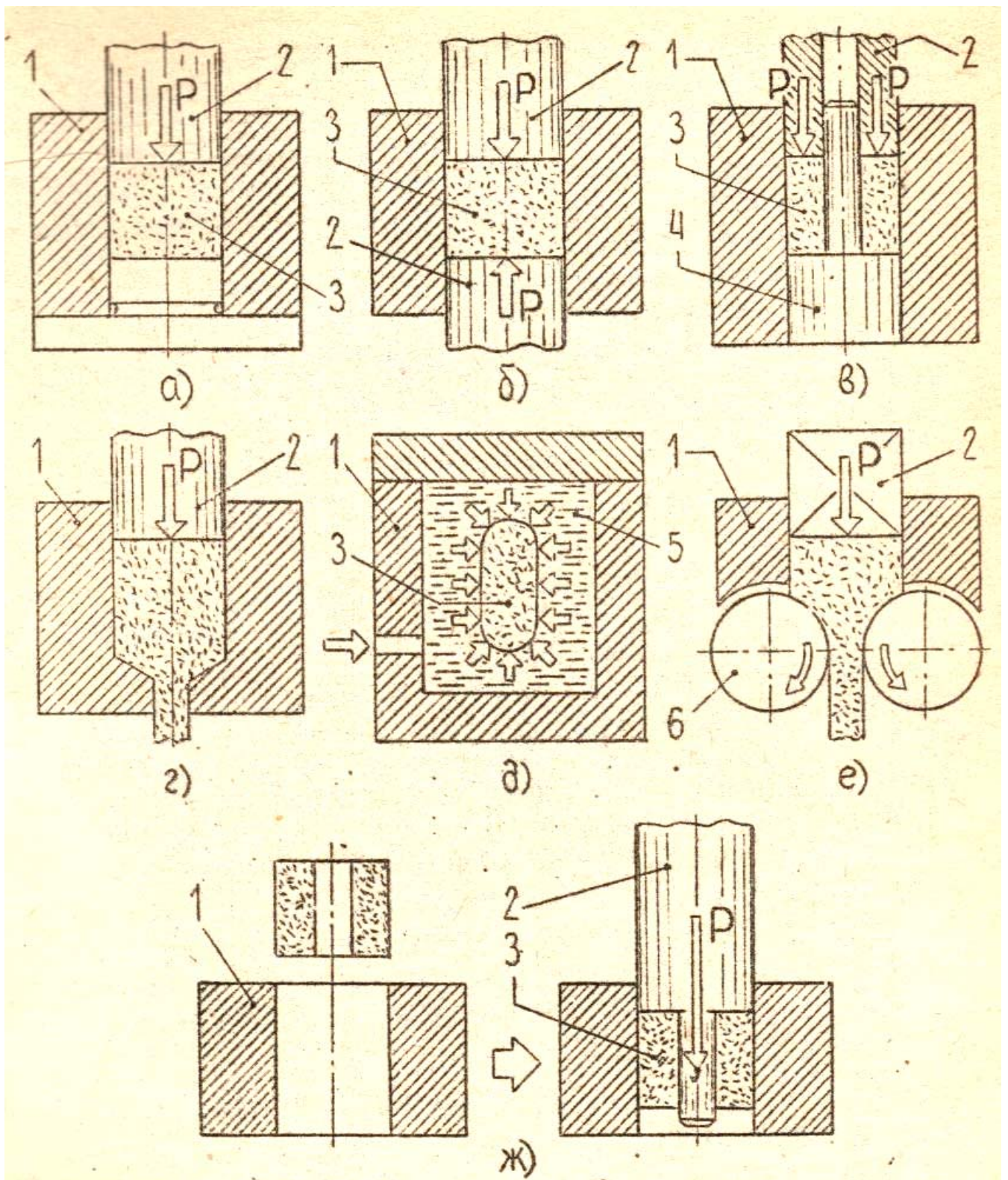


Рис. 3.30. Схема прессования и калибровки изделий из порошков:
 а — одностороннее; б — двухстороннее; в — с оправкой;
 г — гидростатическое; е — прокатное;
 ж — калибровка изделий в виде втулки; 1 — пресс-форма;
 2 — пуансон; 3 — порошковое изделие; 4 — оправка;
 5 — жидкость; 6 — валки

4.1.2. При выборе заготовки для инструмента предпочтение должно отдаваться прогрессивным методам обработки: калибровке, штамповке, литью в металлические и оболочковые формы и по выплавляемым моделям, стыковой и контактной сварке и др. Целесообразно использовать материалосберегающие технологии: горячую и холодную прокатку, экструзию, холодную штамповку, накатывание резьбы и др.

4.1.3. Способ получения заготовки в значительной степени определяет величину припуска на обработку, точность геометрических размеров и качество поверхностей металлорежущего инструмента.

4.1.4. В качестве исходных заготовок при производстве металлорежущих инструментов используют изделия из углеродистых, быстрорежущих и легированных инструментальных сталей. Эти материалы поставляются в виде кованных, горячекатаных и холоднотянутых прутков круглого, прямоугольного и квадратного профиля, листов, кованных и штампованных фасонных поковок, а также расплавы модифицированного, ковкого и серого чугуна, используемого, в основном, для получения отливок корпусов инструментов.

4.2. Технология производства заготовок для металлорежущих инструментов

4.2.1. ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ при производстве заготовок для металлорежущих инструментов:

правка, отрезка, ковка, штамповка, сварка, редуцирование, ротационное обжатие, секторная и поперечная прокатка, завивание, продольно-винтовая прокатка, накатывание резьбы.

4.2.2. ПРАВКУ применяют для повышения прямолинейности горячекатаной и холоднотянутой стали. Проволоку и прутки малых и средних размеров правят на правильных станках:

проволоку диаметром 0,2-1,0 мм, применяемую для изготовления мелкоразмерных сверл, — протягиванием через вращающийся барабан 1 (рис. 4.1, а) между смещенными относительно оси правки роликами 2, длинные прутки диаметром от 1 до 40 мм — между приводными валками со скрещенными осями (рис. 4.1, б). Один из валков 3 имеет вогнутую гиперболическую поверхность, а второй 4 — выпуклую. Прутки больших диаметров и длиной менее 2 м правят на прессах между бойками.

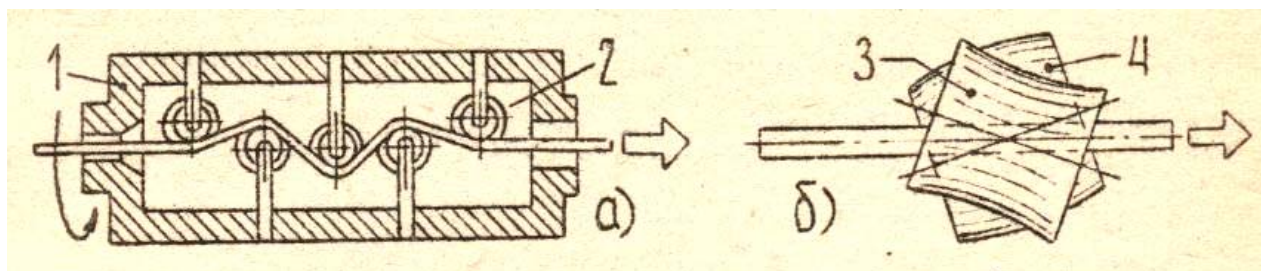


Рис. 4.1. Схемы правки проволоки и прутков на правильных станках

4.2.3. ОТРЕЗКУ заготовок производят на станках ножовочных, с дисковыми и ленточными пилами, абразивно-отрезных и анодно-механических, на токарно-отрезных полуавтоматах и автоматах, а также на механических и гидравлических прессах. Выбор способа отрезки зависит от масштаба производства и наличного оборудования.

ОТРУБКОЙ на эксцентриковых прессах (рис. 4.2) разделяет прутке диаметром от 6 до 55 мм. Прутки из инструментальной стали, во избежание образования трещин, подогревают до 270-300°C.

4.2.4. КОВКУ используют в условиях производства инструмента небольшими партиями, а также для улучшения структуры металла и устранения карбидной неоднородности в заготовках из быстрорежущей стали путем всесторонней деформации попеременно осадкой и протяжкой (см. рис. 1.13 (а) и (б), с. 15).

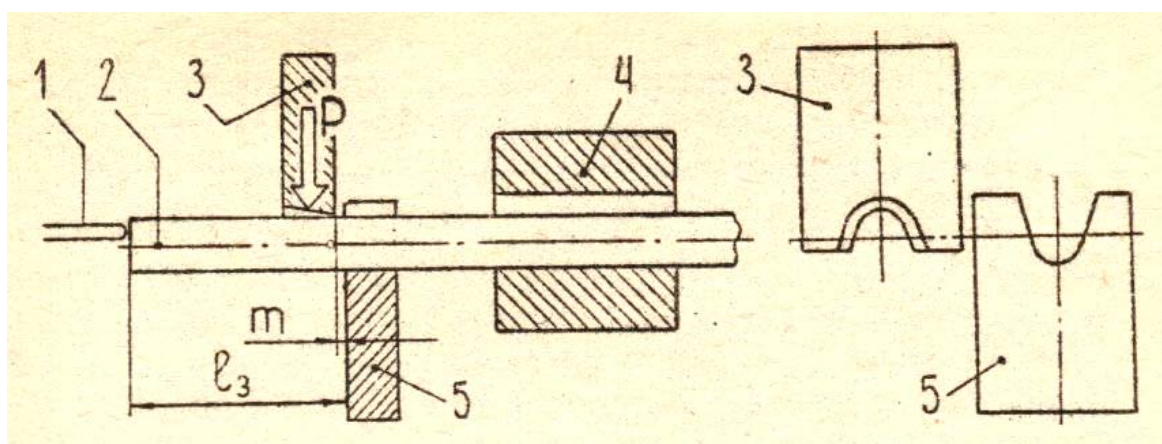


Рис. 4.2. Схема отрубki прутков:

1 — упор; 2 — пруток; 3 — верхний нож; 4 — направляющая втулка;
5 — нижний нож; m — зазор; l_3 — длина заготовки

4.2.5. ШТАМПОВКУ в закрытых штампах (см. рис. 1.14 (б), с. 15) применяют в условиях серийного и массового производства инструмента (долбяки, фрезы) с целью наибольшего приближения конфигурации заготовок к конфигурации готового изделия и улучшения макроструктуры металла.

4.2.6. СВАРКУ стыковую и контактную широко применяют при изготовлении составных заготовок, как для хвостового, так и для призматического инструмента.

4.2.7. РЕДУЦИРОВАНИЕМ уменьшают поперечное сечение заготовки (профилирование хвостовиков метчиков). Процесс напоминает волочение (см. рис. 1.10, б). Заготовку проталкивают через отверстие твердосплавной матрицы.

4.2.8. РОТАЦИОННОЕ ОБЖАТИЕ. Заготовку подвергает воздействию пульсирующей нагрузки в радиальном направлении, и деформируют, придавая ей профиль, соответствующий профилю бойков (см. рис. 3.22, с. 64).

4.2.9. СЕКТОРНАЯ ПРОКАТКА. Напоминает профилирование заготовок на ковочных вальцах (см. рис. 3.21, с. 63). На рис. 4.3 показано изменение поперечного сечения заготовки сверла в ручьях стана секторной прокатки. После прокатки заготовку ЗАВИВАЮТ в спираль на завивочном станке.

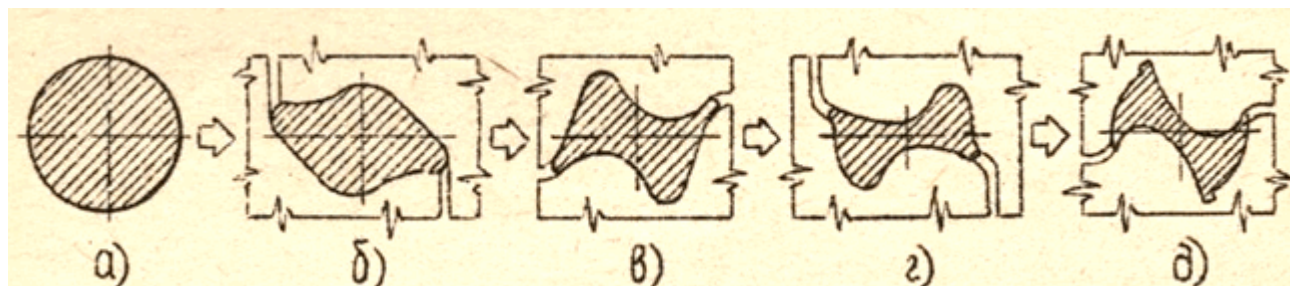


Рис. 4.3. Формоизменение заготовки сверла в ручьях стана секторной прокатки: а — исходная заготовка; б–д — формоизменение заготовки в ручьях стана

4.2.10. ПРОДОЛЬНО-ВИНТОВАЯ ПРОКАТКОЙ получают заготовки спиральных сверл. Полный профиль сверла получают за один проход и с одного нагрева прокаткой между двумя парами валков (рис. 4.4), одна из которых 1 профилирует стружечные канавки, а другая 2 — спинку сверла. Оси валков повернуты относительно оси заготовки на угол подъема винтовой канавки. Этим способом обеспечивается получение сверл с более прочной сердцевиной и в одну операцию, так как профилирование и закручивание осуществляются одновременно.

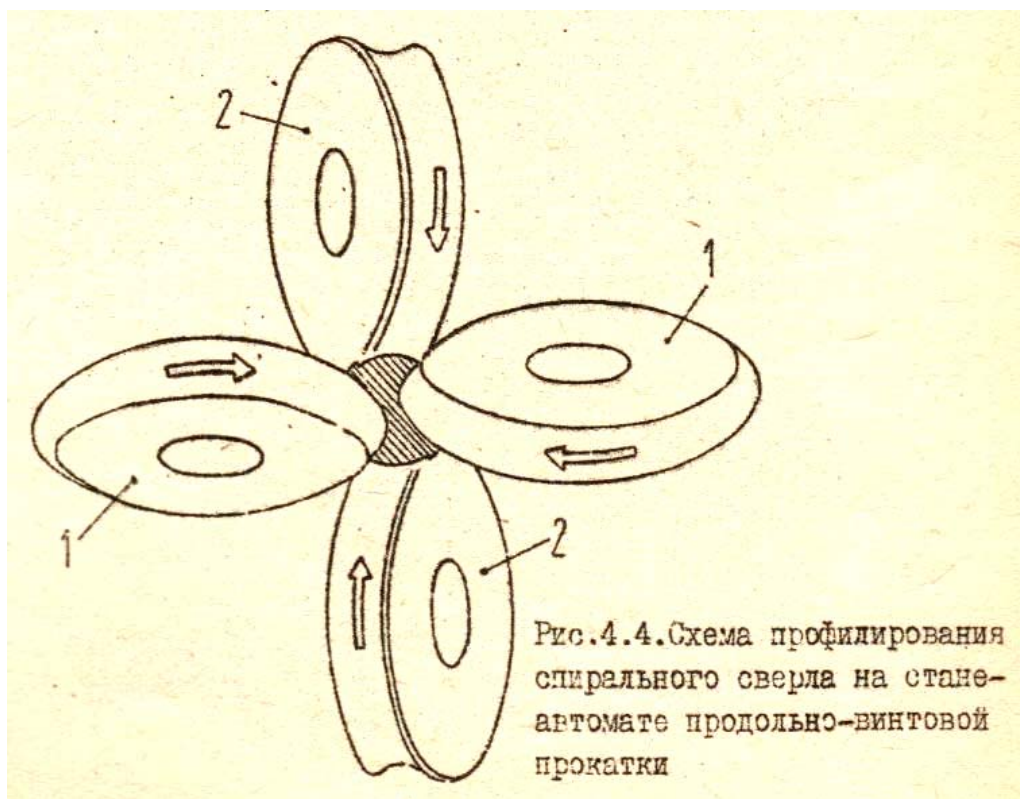


Рис.4.4.Схема профилирования спирального сверла на стане-автомате продольно-винтовой прокатки

4.2.11. НАКАТЫВАНИЕ РЕЗЬБЫ (кинетопластическое формообразование) применяют при изготовлении ручных метчиков как окончательный метод обработки и как предварительный метод образования резьбы на гачных и машинноручных метчиках под шлифование резьбы. Резьбу накачивают роликами (см. рис. 3.26 (а), с. 66). Преимущества накачивания: высокая производительность, экономия металла, хорошее качество поверхностей и высокая точность резьбы.

Раздел 5

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАГОТОВОК (САПР ТП ПЗ)

5.1. Этапы проектирования ТП ПЗ. Место и задачи САПР ТП ПЗ в системе технологической подготовки производства

5.1.1. ТРАДИЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАГОТОВОК ВРУЧНУЮ ОСУЩЕСТВЛЯЮТСЯ В ЧЕТЫРЕ ЭТАПА (рис. 5.1).

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ: чертеж детали, технические требования (ТТ) на изготовление заготовки и организационно-технические факторы (наличный парк оборудования, программа выпуска изделий и др.).

ПРОДУКЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: чертеж заготовки с ТТ на ее изготовление, технологические и маршрутные карты, чертежи оснастки.

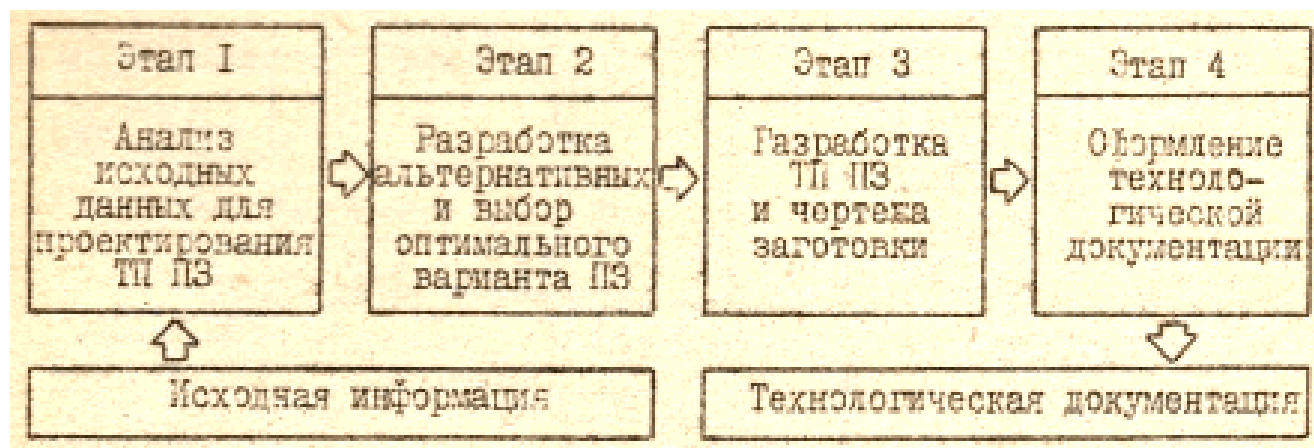


Рис. 5.1. Основные этапы традиционного проектирования ТП ПЗ

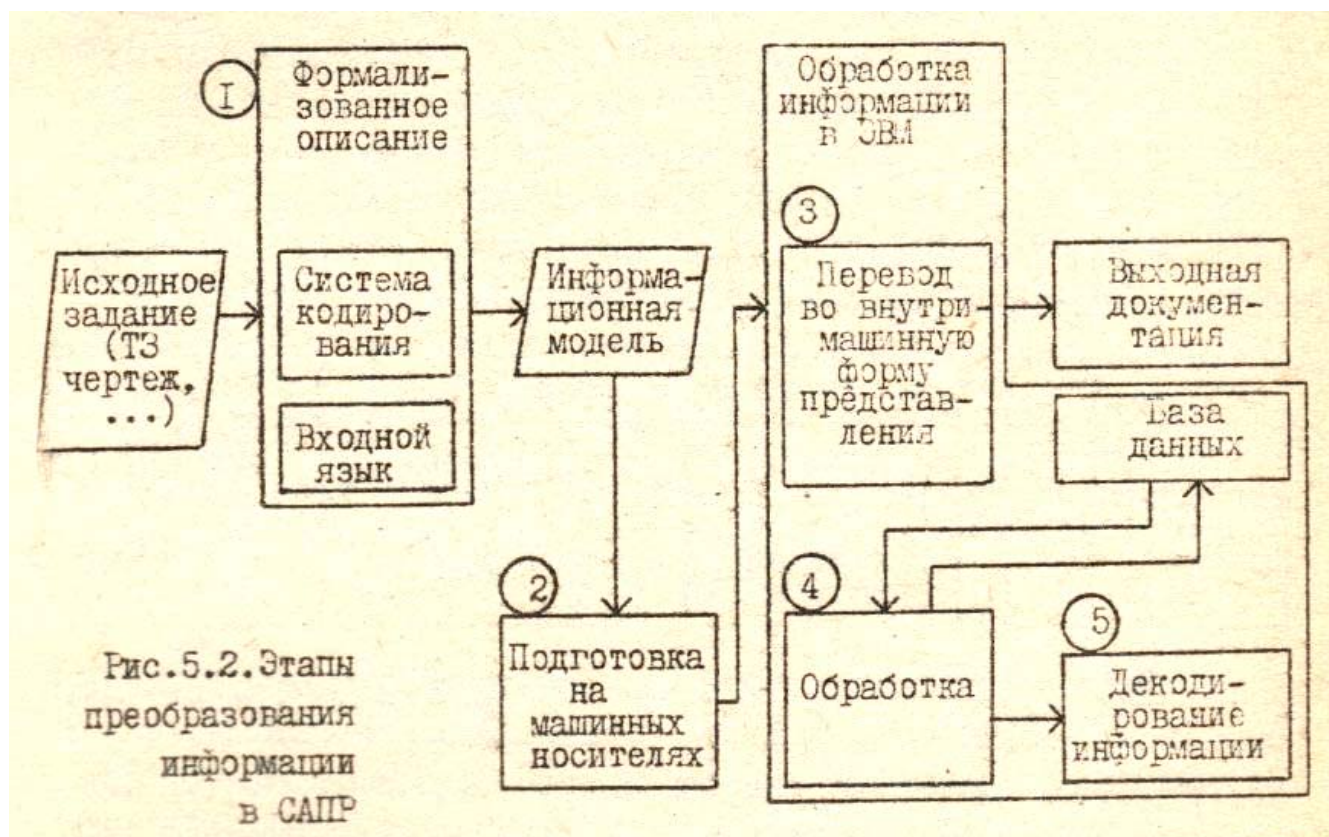
5.1.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТП ПЗ является наиболее ответственной и трудоемкой частью системы технологической подготовки производства, включающей само проектирование и изготовление средств технологической оснастки. Оно представляет собой творческий процесс получения описаний, необходимых для создания, не существующего еще объекта и

технологии его изготовления, и требует от человека, наряду с творческим началом, выполнения трудоемких рутинных работ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ТП ПЗ ПОЗВОЛЯЕТ СУЩЕСТВЕННО ПОВЫСИТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ПРОЕКТИРОВЩИКА И КАЧЕСТВО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. Достигается это за счет автоматизации выполнения рутинных работ (расчеты, использование банка справочных данных, автоматизированное оформление документации и др.) и возможности проанализировать на стадии проектирования множество вариантов проектных решений.

5.2. Преобразование информации в САПР. Функциональная схема САПР ТП ПЗ

5.2.1. ИНФОРМАЦИЯ, поступающая в САПР, ПОДВЕРГАЕТСЯ РЯДУ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ. Процесс ее преобразования и обратный перевод результатов обработка осуществляют в пять этапов (рис. 5.2): 1-й и 2-й с участием человека, с 3-го по 5-й — автоматизированные этапы.

5.2.2. ЛЮБАЯ САПР ТП ИМЕЕТ В СВОЕЙ СТРУКТУРЕ КОНТУР ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ. Исторически методы автоматизированного проектирования ТП развивали на основе создания вначале простых систем, использующих принцип "фотографирования" действий технолога, а затем — "сквозных", объединяющих автоматизированное конструирование, проектирование ТП, разработку программ для оборудования с ЧПУ и производство изделий — все без участия человека. В случае САПР ТС ПЗ такими изделиями может быть, например, штамповая оснастка.



На всех этапах развития автоматизации: проектирования ТП широко использовали методы типизации отдельных элементов и на основе этого строили соответствующие информационные массивы. Практически каждый шаг принятия решений в таких системах предусматривает обязательное обращение к массиву типовых решений и только в случае отсутствия требуемого типового решения — синтез нового.

5.2.3. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА САПР ТП ПЗ, действующая с учетом описанного выше принципа — обязательного поиска типового варианта перед разработкой нового, приведена на рис. 5.3. Входом является чертеж детали, для которого требуется спроектировать заготовку и технологию ее изготовления. Функциональный блок 1 расчленяет деталь на конструктивные элементы и сравнивает их с соответствующими классификационными группами массива типовых конструктивных элементов, сосредоточенными в блоке II.

Методом перебора имеющихся типовых решений устанавливается путь дальнейшего проектирования ТП: на базе типовых ТП (блок III), на базе ТП аналога (блок IV) или на базе индивидуального проектирования (блок V). Блок VI, группируя технологически подобные операции на выходе САПР ТП, может создавать оптимальные формы группового производства, формировать специализированные участки, оптимальную форму организации производства, рациональные схемы размещения оборудования и грузопотоков и др.

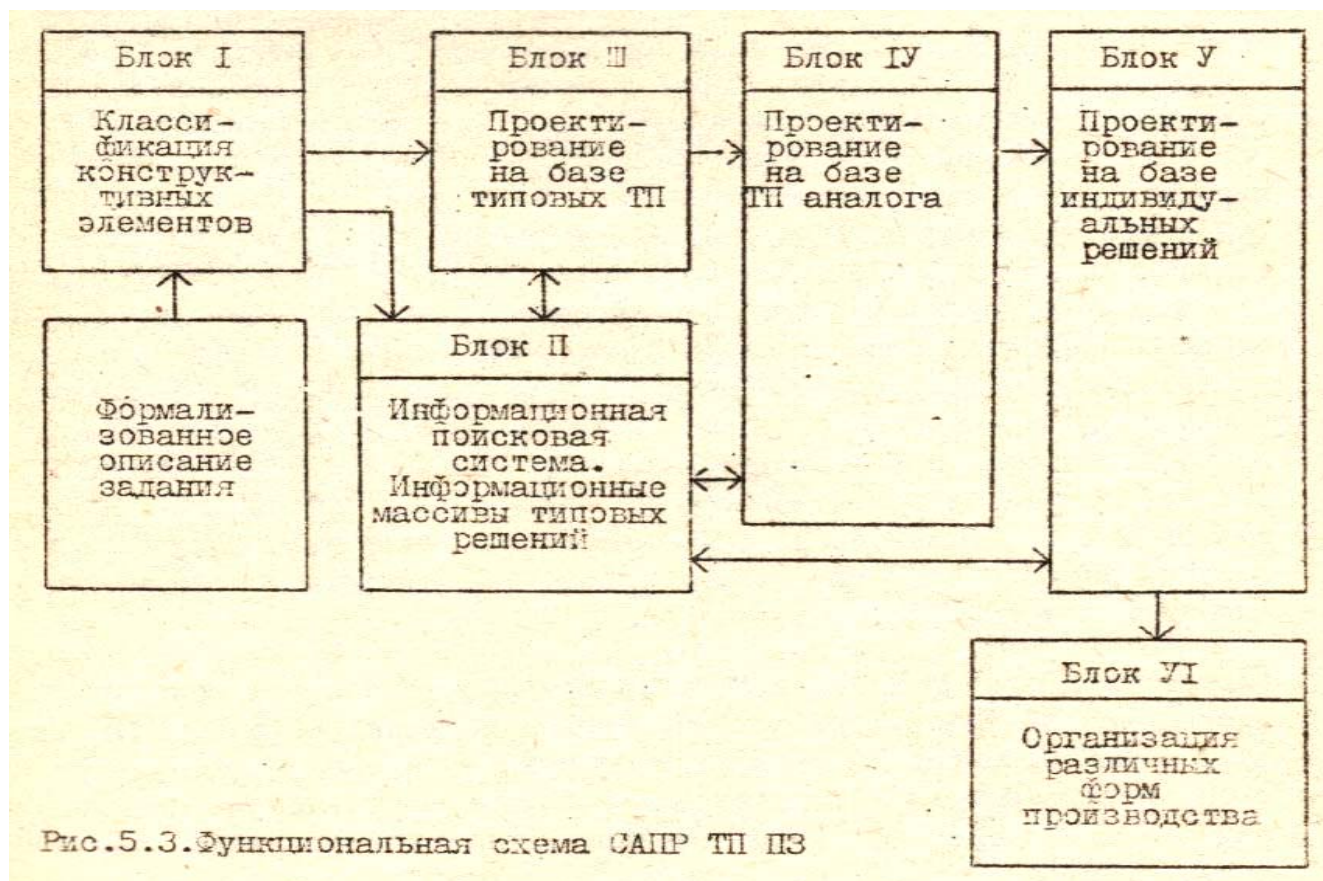


Рис. 5.3. Функциональная схема САПР ТП ПЗ

5.3. Элементы САПР технологии горячей объемной штамповки

5.3.1. В настоящее время широко известны системы автоматизированного проектирования технологии горячей объемной штамповки круглых в плане поковок и поковок типа тел вращения. Общая последовательность выполнения процедур проектирования ТП штамповки на молотах и КГШП показана в виде структурной схемы да рис. 5.4.

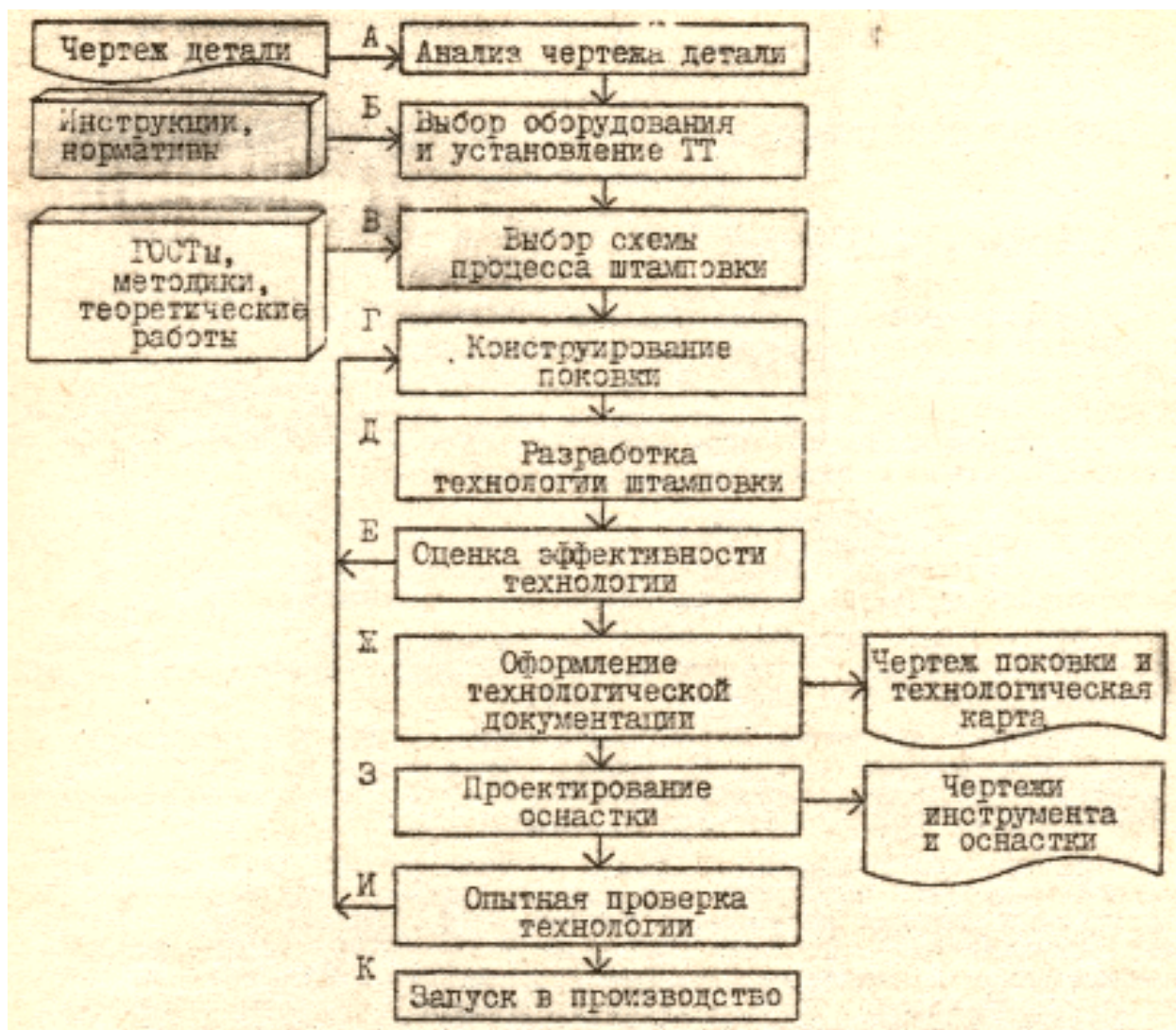


Рис. 5.4. Схема проектирования технологии штамповки

В соответствии с этой схемой после анализа чертежа детали (блок А), технолог, руководствуясь нормативными данными и личным опытом, выбирает штамповочное оборудование и предварительно устанавливает ТТ к будущей поковке и ТП (блок Б), подбирает типовую схему процесса и метод его проектирования (блок В), конструирует поковку (блок Г), проектирует технологию штамповки (блок Д). После оценки технических характеристик спроектированного процесса и его экономической эффективности, как правило, проводят корректирование (линия обратной связи блока Е с блоком Г) отдельных параметров поковки (радиусов, напусков и др.)

или процесса (размеров исходной заготовки, типоразмеров оборудования и др.) с целью подбора такого сочетания параметров, которое обеспечит требуемое качество поковок и высокие технико-экономические показатели процесса штамповки. После того как будет получено наилучшее с точки зрения проектировщика сочетание параметров, изготавливают соответствующую документацию — чертёж поковки и технологическую карту (блок Ж), конструируют необходимый инструмент и оснастку (блок З). Для единичного и мелко-серийного производства на этом технологическая и конструкторская подготовка производства может быть закончена, для крупносерийного и массового производства осуществляется, кроме того, опытная проверка технологии и ее совершенствование (блок И), в процессе которых требуется повторное выполнение (или корректирование решений) этапов Г и Д. Только после того как технологический процесс ТП отработан и отвечает требуемому уровню, осуществляется запуск технологии в производство (блок К).

5.3.2. Алгоритмы и приемы автоматизированного проектирования описаны в специальной литературе. Схема, приведенная на рис. 5.5, иллюстрирует этапы преобразования контура поковки в процессе назначения припусков, штамповочных уклонов и радиусов закруглений. По программе этапы осуществляют поочередно, контур поворачивают относительно центра тяжести, обход осуществляют по часовой стрелке.

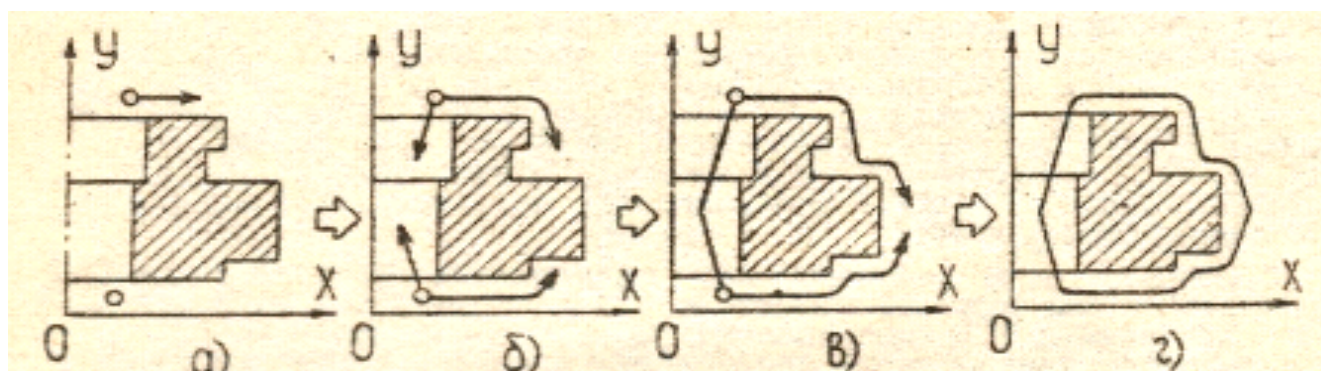


Рис. 5.5. Преобразование контура поковки в процессе назначения припусков, штамповочных уклонов и радиусов закругления:
а — контур детали; б-г — этапы преобразования контура

Раздел 6

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ С ОПЕРЕЖЕНИЕМ И САМОКОНТРОЛЯ. АЛГОРИТМ ОТВЕТА

6.1. Вопросы к разделу 1

6.1.1. Сформулируйте задачи, решаемые конструктором и технологом при разработке конструкторской и технологической документации. Перечислите состав конструкторской и технологической документации.

6.1.2. Дайте определение понятиям: деталь, заготовка, исходная заготовка, припуск и напуск. Сформулируйте сущность способов получения заготовок литьем и обработкой давлением.

6.1.3. Дайте общую характеристику литейному производству, его месту и роли в машиностроении. Изобразите литейную форму, объясните назначение ее элементов. Перечислите состав модельного комплекта. Охарактеризуйте дефекты, которые могут образовываться в отливках.

6.1.4. Дайте характеристики способам получения машиностроительных профилей и фасонных заготовок обработкой: металлов давлением. Охарактеризуйте получаемые изделия.

6.1.5. Перечислите группы и подгруппы деталей машин в соответствии с классификацией по конструктивным и технологическим признакам, принятой в технологии машиностроения. Укажите способы получения заготовок для каждой из подгрупп деталей.

6.1.6. Дайте характеристику каждому из трех этапов методики выбора способа получения заготовки. Раскройте сущность процесса отработки конструкции изделия на технологичность. Попробуйте проиллюстрировать эти действия с помощью приведенного примета. Какие факторы анализируются в технико-экономическом расчёте, подкрепляющем решение об окончательном выборе способа получения заготовки? Проанализируйте структурные составляющие формул для расчета минимальной нормы расхода материала на одну деталь и себестоимости детали.

6.1.7. Изобразите структурную схему образования потерь металла на заготовительном переделе и при механической обработке при использовании применяемых в машиностроении способов получения заготовок. Проанализируйте основные источники и величину потерь металла. Как учитывают потери металла с помощью коэффициента использования материала и других расходных коэффициентов? В качестве решения конкретного примера проанализируйте и выберите оптимальный по затратам на материал способ получения заготовки для зубчатого колеса простой и сложной конфигурации.

6.1.8. Сформулируйте закономерность зависимости способов получения заготовок от размеров программного задания. Какой из факторов является критерием при выборе способа? Объясните принципы методики выбора наиболее экономичного способа для случаев, когда известны графические зависимости и когда неизвестны.

6.1.9. Сформулируйте логику рассуждений и критерия при оценке конкурентоспособности прогрессивных заготовок. Проиллюстрируйте это с помощью приведенных примеров или взятых из своего опыта и литературных источников.

6.2. Вопросы к разделу 2

6.2.1. Сформулируйте основные технические требования, предъявляемые к отливкам. Каким путем, и на каком этапе проектирования технологии и изготовления отливки обеспечивают выполнение каждого из них?

6.2.2. Сформулируйте и проиллюстрируйте правила конструирования отливок с учетом литейных свойств сплава и особенностей кристаллизации металла, обеспечивающие получение отливок с требуемыми размерами, без "недоливов", короблений, горячих трещин, усадочных раковин, обладающих равномерной прочностью в разных частях и сечениях.

6.2.3. Сформулируйте и проиллюстрируйте правила конструирования отливки с учетом ее технологичности (конфигурация и габариты отливки, боковые поверхности, бобышки к приливы, полости и отверстия, прочные поверхностные слои, крупногабаритные отливки).

6.2.4. Перечислите дефекты в отливках, связанные с неудачным подбором состава формовочных и стержневых смесей, свойства, которыми должны обладать смеси, и компоненты, обеспечивающие эти свойства.

6.2.5. Перечислите основные этапы проектирования технологии изготовления отливки, раскройте содержание каждого из них. Какие материалы (чертеж, эскизы, технологические карты) образуют комплект технологической документации на изготовление отливки?

6.2.6. Перечислите и проиллюстрируйте методические приемы и правила, используемые при разработке чертежа элементов литейной формы.

6.2.7. Охарактеризуйте специальные способы литья, применяемые в машиностроении для получения прогрессивных отливок. Опишите и проиллюстрируйте технологию каждого из них, достоинства и недостатки, получаемые изделия.

6.2.8. Сформулируйте задачи технического контроля отливок. Перечислите дефекты, подлежащие исправлению. Опишите и проиллюстрируйте приемы исправления этих дефектов.

6.3. Вопросы к разделу 3

6.3.1. Сформулируйте основные технические требования, предъявляемые к поковкам. Вскройте причины возникновения дефектов. Перечислите правила оформления чертежа поковки. В каком порядке записывают требования на чертеже? Изобразите чертеж поковки, пользуясь приведенным примером или взятым из личного опыта.

6.3.2. Сформулируйте и проиллюстрируйте правила конструирования поковки с учетом ее технологичности (выбор плоскости разъема, конфигурация, комбинированные поковки).

6.3.3. Объясните физическую сущность процесса образования волокнистой макроструктуры при горячей обработке стали. Как используют это явление для повышения прочности и эксплуатационных свойств изделия? Сформулируйте и проиллюстрируйте правила выбора правильной технологии горячей обработки. Проанализируйте условия эксплуатации (схемы действия сил) грузового крюка и зубчатого колеса и характер расположения волокон макроструктуры при различных вариантах технологии получения заготовок. Выберите варианты правильной технологии получения заготовок для этих деталей.

6.3.4. Изобразите схему и объясните устройство и принцип работы паровоздушного штамповочного молота, сформулируйте особенности процесса штамповки и охарактеризуйте форму получаемых поковок. Как устроен молотовый штамп? С помощью приведенного примера раскройте суть методики разработки переходов многоручьевого штамповки и конструирования формы ручьев и гравюры штампа.

6.3.5. Изобразите схему и объясните устройство и принцип работы кривошипного горячештамповочного пресса. Сформулируйте особенности процесса штамповки. Охарактеризуйте форму получаемых поковок, конструкцию штампов, преимущества и недостатки КГШП перед молотами.

6.3.6. Изобразите схему и объясните устройство и принцип работы горизонтально-ковочной машины. Сформулируйте особенности процесса штамповки и устройство штампов. Охарактеризуйте форму получаемых поковок, достоинства и недостатки ГКМ.

6.3.7. Охарактеризуйте способы получения прогрессивных поковок, применяемые в машиностроении. Опишите и проиллюстрируйте технологию каждого из них, достоинства и недостатки, получаемые изделия.

6.3.8. Перечислите операции технологического процесса изготовления поковок, которые относят к отделочным операциям. Изобразите схемы обрезных штампов, применяемых для удаления облоя и перемычек, объясните принцип их работы. Сформулируйте назначение операции термообработки, удаления окалины, правки и калибровки поковок. Какие задачи преследует контроль качества поковок?

6.3.9. Охарактеризуйте изделия из металлических порошков, которые используют в качестве деталей машин. В чем заключается идея безотходной технологии? Сформулируйте достоинства и недостатки порошковых изделий. Перечислите операции технологического процесса изготовления порошковых изделий. Изобразите схемы прессования и калибрования изделий из порошков.

6.4. Вопросы к разделу 4

6.4.1. Сформулируйте требования, предъявляемые к заготовкам для металлорежущих инструментов, связанные со специфическими конструктивными особенностями инструментов. Охарактеризуйте стали и другие инструментальные материалы и изделия из них, используемые в качестве исходных заготовок.

6.4.2. Перечислите основные технологические операции, используемые при производстве заготовок для металлорежущих инструментов, сформулируйте назначение каждой из них, проиллюстрируйте сущность и технологические особенности.

6.5. Вопросы к разделу 5

6.5.1. Перечислите основные этапы проектирования ТП ПЗ. Сформулируйте место и задачи САПР ТП ПЗ в системе технологической подготовки производства. С какой целью осуществляют преобразование информации в САПР? Сформулируйте назначение каждого из блоков функциональной схемы САПР ТП ПЗ. Перечислите последовательность действий технолога при проектировании ТП ПЗ в диалоговом режиме с ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя: Справочник в 2-х томах / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К.Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1985. — Т.1. — 656 с.
2. Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов. /А.М. Дальский, И.А. Артюнова, Т.М. Барсукова и др. — М.: Машиностроение, 1977. — 664 с.
3. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985. — 496 с.
4. Титов Н.Д., Степанов Ю.А. Технология литейного производства: Учебник для машиностроительных техникумов. — 3-е изд., перераб. и допол. — М.: Машиностроение, 1985. — 400 с.
5. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х томах / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. — Машиностроение, 1986. — Т.2. Горячая штамповка /Под ред. Е.И. Семенова. — 1986. — 592 с.
6. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка. — М.: Машиностроение, 1975. — 408 с.
7. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и допол. — М.: Машиностроение, 1976. — 560 с.
8. Палей М.М. Технология производства металлорежущих инструментов: Учебное пособие для студентов втузов, обучающиеся по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". — 2-е изд., перераб. и допол. — М.: Машиностроение, 1982. — 256 с.
9. Кривомазов Д.В., Шалаев П.А. Стандартизация в области систем автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие. — М.: Издательство стандартов, 1987. — 152 с.
10. Алиев Ч.А., Тетерин Г.Л. Система автоматизированного проектирования технологии горячей объемной штамповки. — М.: Машиностроение, 1987. — 224 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Шероховатость Rz и величина дефектного слоя Df поверхностей

1.1. Заготовительные операции

Загот. операция	Rz, мкм	Df, мкм	Загот. операция	Rz, мкм	Df, мкм
Л и т ь е:			К о в к а	300...500	400...600
Центробежное по выплавляемым моделям	40...100	100...200	Штамповка:		
В ф о р м ы:			обычн. точности	100...250	200...400
оболочковые	10...40	80...150	повыш. точности	80...200	150...300
металлические	20...80	150...250	П р о к а т:		
под давлением	100...200	100...300	горячекатаный:		
Песчаноглинистые при формовке	10...40	80...150	обычн. точности	80...150	100...150
ручной	100...500	200...600	повыш. точности	50...100	80...150
машинной	80...300	150...400	Холоднотянутый	40...80	50...100
			Рубка на прессах и ножницах	100...300	100...150
			Резка мех. пилами	80...160	100...150

1.2. Заготовки получены различными методами механической обработки

Метод обработки	Rz, мкм	Df, мкм	Метод обработки	Rz, мкм	Df, мкм
Точение: черновое	80...160	50...100	Развер.: предвар.	10...20	15...25
получист	30...50	40...60	чистовое	6...10	5...10
чистовое	15...25	20...30	Растач. алмазное	3,2...6,3	4...10
тонкое	6...10	10...20	Протяг.: чистовое	20...50	40...60
Строг.: предвар.	80...150	100...150	тонкое	3,2...6,3	10...30
окончат.	15...25	20...30	Шлифов.: черновое	20...40	30...50
Фрезер.: обдироч.	80...150	80...100	чистовое	5...10	15...25
чистовое	20...50	40...60	тонкое	1,3...3,5	5...10
тонкое	3,2...6,3	10...30	Хонингование	1...3	3...6
Сверл.: черновое	80...150	50...100	Суперфиниширован.	0,2...0,8	3...5
глубокое	15...30	25...50	Притирка предв.	0,8...3,2	3...5
Зенкер.: черновое	30...50	40...50	Притирка оконч.	0,05...0,4	3...5
чистовое	20...30	35...40	Полирование	0,05...0,4	2...3

Приложение 2

2.1. ГОСТ 26645-85 (ИСО 8062-84) взамен ГОСТ 1855-55, 2009-55.

Классы точности для отливок из черных и цветных металлов и сплавов

Интервалы номинальных размеров, мм	Допуски линейных размеров отливок, мм							
	Не более, для классов точности размеров отливок							
	1	2	3Т	3	4	5Т	5	
	Примерное соответствие классов точности квалитетам ГОСТ 25346-89							
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	
4... 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	
6... 10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	
10... 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	
16... 25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	
25... 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	
40... 63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	
63... 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	
100... 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	
160... 250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	
250... 400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	
400... 630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	

Продолжение приложения 2.1

Интервалы номинальных размеров, мм		Допуски линейных размеров отливок, мм Не более, для классов точности размеров отливок						
		6	7Т	7	8	9Т	9	10
		Примерное соответствие классов точности квалитетам ГОСТ 25346-89						
До	4	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
4...	6	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
6...	10	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
10...	16	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
16...	25	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
25...	40	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20
63...	100	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80
100...	160	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20
160...	250	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60
250...	400	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00
400...	630	1,10	1,40	1,80	2,20	2,80	3,60	4,40

Окончание приложения 2.1

Интервалы номинальных размеров, мм		Допуски линейных размеров отливок, мм Не более, для классов точности размеров отливок							
		11Т	11	12	13Т	13	14	15	16
		Примерное соответствие классов точности квалитетам ГОСТ 25346-89							
До	4	1,60	2,00	-	-	-	-	-	-
4...	6	1,80	2,20	2,80	-	-	-	-	-
6...	10	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	-	-	-
10...	16	2,20	2,80	3,60	4,40	5,60	7	-	-
25...	40	2,80	3,60	4,40	5,60	7,00	9	11	14
40...	63	3,20	4,00	5,00	6,40	8	10	12	16
63...	100	3,60	4,40	5,60	7,00	9	11	14	18
100...	160	4,00	5,00	6,40	8,00	10	12	16	20
160...	250	4,40	5,60	7,00	9,00	11	14	18	22
250...	400	5,00	6,40	8,00	10	12	16	20	24
400...	630	5,60	7,00	9,00	11	14	18	22	28

Примечания:

1. Допуски не учитывают смещение и коробление отливок.
2. Допуски размеров элементов, образованных одной частью формы или одним стержнем, устанавливают на 1...2 класса точнее;
3. Допуски размеров элементов, образованных тремя и более частями формы, несколькими стержнями или подвижными элементами формы, а также толщины стенок, ребер и фланцев устанавливают на 1...2 класса грубее;
4. Допускается устанавливать симметричные и несимметричные предельные отклонения размеров. При этом предпочтительно следующее расположение полей допусков: а) несимметричное одностороннее "в тело" — для размеров элементов отливки (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке.

При этом для охватывающих элементов (отверстия) поле до пуска располагают "в плюс", а для охватываемых (валы) — "в минус"; б) симметричные для размеров всех остальных элементов отливок, не подвергаемых механической обработке.

2.2. Выбор класса точности в зависимости от способа литья

Способ литья	Тип металла или сплава				Ква- ли- тет
	наиболь- ший га- баритный размер отливки, мм	цветные с темпе- ратурой плавле- ния ниже 700 С	цветные с температу- рой плав- ления вы- ше 700 С, сер. чугу.	ковкий, высоко- прочный легиров. чугун, сталь	
	Классы точности размеров				
Литье под давлением в металлические формы	До 100	3Т-5	3-6	4-7Т	12-14
	Св. 100	3-6	4-7Т	5Т-7	13-15
Литье в керамические формы и по выплавляемым моделям	До 100	3-6	4-7Т	5Т-7	13-15
	Св. 100	4-7	5Т-7	5-8	13-15
Литье в кокиль и под низким давлением в металлические фор- мы без и с песчаными стержня- ми, литье в песч. формы, отвер- ждаемые в контакте с оснасткой	До 100	4-9	5Т-10	5-11Т	13-17
	До 630	5Т-10	5-11Т	6-11	14-17
	Св. 630	5-11Т	6-11	7Т-12	14...
Литье в песчаные формы, от- верждаемые вне контакта с оснасткой, центробежное, в сырые и сухие песчано-гли- нистые формы	До 630	6-11	7Т-12	7-13Т	15...
	До 4000	7-12	8-13Т	9Т-13	16...
	Св. 4000	8-13Т	9Т-13	9-14	16...

2.2. Средняя статистическая точность координат и расположения осей отверстий в отливках, мм

В и д л и т ь я	Расстояние от торца или между отверстиями, мм				Удельн. Перпендикуляр- ность или параллель- ность от базы, мкм/мм			
	Диаметр отверстия							
	До 50	50... 120	120... 260	260... 500	До 10	10... 30	30... 50	Св. 50
Песчаноглинистые формы	+1,00	+1,50	+2,00	+2,50	-	20... 10	15... 5,0	10... 3
Металлические формы	+0,30	+0,50	+0,75	+1,00	-	-	-	-
Под давлением, в обо- лочковые формы, по выплавляемым моделям	+0,15	+0,20	+0,25	+0,35	4... 2	3... 1,5	2... 1	1,5... 0,7

3.1. Сталь горячекатаная круглая (ГОСТ 2590-71)

Диаметры, мм	Предельные отклонения (мм) по диаметру при точности прокатки					
	высокой		повышенной		обычной	
5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7...9	+0,1	-0,2	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
10...19	+0,1	-0,3	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
20...25	+0,2	-0,3	+0,2	-0,5	+0,4	-0,5
26...48	+0,2	-0,5	+0,2	-0,7	+0,4	-0,7
50; 52...58	+0,2	-0,8	+0,2	-1,0	+0,4	-1,0
60; 62...63; 65; 67...68; 70; 72	+0,3	-0,9	+0,3	-1,1	+0,5	-1,1
75; 78; 80; 82; 85; 90; 95	+0,3	-1,1	+0,3	-1,3	+0,5	-1,3
100; 105; 110; 115	-	-	+0,4	-1,7	+0,6	-1,7
120; 125; 130; 135; 140; 150	-	-	+0,6	-0,2	+0,8	-2,0
160; 170; 180; 190; 200	-	-	-	-	+0,9	-2,5
210; 220; 230; 240; 250	-	-	-	-	+1,2	-3,0

Примечания: 1. Сталь диаметром до 9 мм поставляется в мотках, свыше 9 мм в прутках. 2. Кривизна прутка не должна превышать 0,5% длины; по требованию потребителя должны поставляться прутки с кривизной, не превышающей 0,2% длины. 3. Допустимая кривизна реза прутка не должна превышать 0,1 диаметра — для прутков диаметром до 30 мм; 5 мм — для прутков диаметром 30 мм.

3.2 Сталь горячекатаная квадратная (ГОСТ 2591-71)

Размер квадрата, мм	Предельные отклонения (мм) стороны квадрата при точности прокатки					
	высокой		повышенной		обычной	
5...9	+0,1	-0,2	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
10...19	+0,1	-0,3	+0,2	-0,5	+0,3	-0,5
20...25	+0,2	-0,3	+0,2	-0,5	+0,4	-0,5
26...48 (нет 43; 44; 47)	+0,2	-0,5	+0,2	-0,7	+0,4	-0,7
50; 52; 55; 58	+0,2	-0,8	+0,2	-1,0	+0,4	-1,0
80; 85; 90; 93; 95	+0,3	-1,1	+0,3	-1,3	+0,5	-1,3
100; 105; 110; 115	-	-	+0,4	-1,7	+0,6	-1,7
120; 125; 130; 135	-	-	+0,6	-2,0	+0,8	-2,0
140; 145; 150	-	-	+0,6	-2,0	+0,8	-2,0
160; 170; 180; 190; 200	-	-	-	-	+0,9	-2,5

Примечания: 1. Кривизна прутка не должна превышать 0,5% длины. По требованию потребителя должны поставляться прутки, кривизна которых не превышает 0,2% длины. Взаимное скручивание прутка вокруг продольной оси не допускается. 2. Допустимая косина реза не должна превышать: 0,1 стороны квадрата — при стороне квадрата до 30 мм; 5 мм — при стороне квадрата свыше 30 мм.

3.3. Сталь горячекатаная шестигранная (ГОСТ 2879-69)

Размер вписанного круга, мм	Предельные отклонения (мм) при точности прокатки					
	высокой		повышенной		обычной	
8; 9	-	-	+0,1	-0,3	+0,3	-0,5
10...19 (через 1 мм)	-	-	+0,2	-0,3	+0,3	-0,5
20; 21; 22; 24; 25	-	-	+0,2	-0,4	+0,4	-0,5
26; 28; 30; 32; 34; 36	-	-	+0,2	-0,6	+0,4	-0,7
38; 40; 45; 48	-	-	+0,2	-0,6	+0,4	-0,7
50; 52; 55	-	-	+0,2	-0,9	+0,4	-1,0
60; 63; 65; 70; 75	-	-	+0,3	-1,0	+0,5	-1,1
80; 85; 90; 95	-	-	+0,4	-1,2	+0,5	-1,3
100	-	-	+0,5	-1,5	+0,6	-1,7

Примечания: 1. Местная кривизна прутка из шестигранной стали не должна превышать 5 мм на 1 м длины; общая кривизна не должна превышать произведения предельной местной кривизны 1 м длины на длину прутка в метрах. По соглашению сторон могут поставляться прутки, кривизна которых не превышает 2 мм на 1 м длины. 2. Скручивание прутка вокруг продольной оси не допускается.

3.4. Полоса стальная горячекатаная (ГОСТ 103-76)

Ширина полосы, мм	Предельные отклонения (мм) при точности			
	повышенной		обычной	
63; 65	+0,3	-1,1	+0,5	-1,3
70; 75	+0,3	-1,3	+0,5	-1,4
80; 85	+0,5	-1,4	+0,7	-1,6
90; 95	+0,6	-1,8	+0,9	-1,8
110	+0,8	-2,2	+1,0	-2,2
120; 125	+0,9	-2,4	+1,1	-2,4
От 130 до 150	+1,0	-2,5	+1,2	-2,8
Св. 150 до 180	+1,2	-2,8	+1,4	-3,2
Св. 180 до 200	+1,4	-3,2	+1,7	-4,0
Толщина полосы, мм	Предельные отклонения (мм) по толщине полосы, при точности			
	повышенной		нормальной	
От 4 до 6	+0,2	-0,3	+0,2	-0,5
6...16	+0,2	-0,4	+0,2	-0,5
16...25	+0,2	-0,6	+0,2	-0,8
25...32	+0,2	-0,7	+0,2	-1,2
36; 40	+0,2	-1,0	+0,2	-1,6
45; 50	+0,2	-1,5	+0,3	-2,0
60...60	+0,2	-1,8	+0,3	-2,4

Примечания: 1. Притупление углов полос не должно превышать 0,2% толщины, но не более 3 мм; 2. В зависимости от серповидности полосы изготавливают двух классов: класс 1 — серповидность полосы 0,2% длины; класс 2 — 0,5% длины.

3.5. Допуски на длину заготовок, получаемых из проката

Диаметр или сторона квадрата, мм	Допуски при длине заготовки, мм (отклонения симметричные (+-))			
	До 300	300...600	600...1000	Св. 1000
При разрезке на пресс-ножницах				
До 25	До 0,8	0,8...1,0	1,0...1,5	1,5...2,0
25...40	0,8...1,0	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5
40...70	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0
70...100	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5
100...150	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5	3,5...4,0
150...200	2,5...3,0	3,0...3,5	3,5...4,0	4,0...4,5
При разрезке в штампах на прессах				
До 10	0,5...0,6	0,6...0,7	0,7...0,8	0,8...0,9
10...20	0,6...0,7	0,7...0,8	0,8...0,9	0,9...1,0
20...30	0,7...0,8	0,8...0,9	0,9...1,0	1,0...1,2
30...40	0,8...0,9	0,9...1,0	1,0...1,1	1,2...1,5
При разрезке на дисковых, ленточных и ножовочных механических пилах				
До 50	До 0,8	0,8...1,0	1,0...1,3	1,3...1,5
50...70	0,8...1,0	1,0...1,3	1,4...1,5	1,5...1,8
70...100	1,0...1,3	1,3...1,5	1,5...1,8	1,8...2,0
100...130	1,2...1,4	1,4...1,6	1,6...1,8	1,9...2,1
130...160	1,3...1,5	1,5...1,8	1,8...2,0	2,0...2,5

ГОСТ 7505-89. Классы точности поковок

4.1. Определение исходного индекса поковки

Исходный индекс = G + M + C + T									
Масса, кг			G	Группа стали	M	Степень сложности	C	Класс точности	T
Св.	До	0,5	1	M1	0	C1	0	T1	0
	до	1,0	2						
Св.	1,0	до 1,8	3	M2	1	C2	1	T2	2
Св.	1,8	до 3,2	4						
Св.	3,2	до 5,6	5						
Св.	5,6	до 10,0	6						
Св.	10,0	до 20,0	7	M3	3	C3	2	T3	4
Св.	20,0	до 50,0	8						
Св.	50,0	до 125,0	9						
Св.	125,0	до 250,0	10						

Группа стали	Массовая доля углерода, %	Массовая доля легирующих элементов, %
M1	До 0,35	До 2,0
M2	От 0,35 до 0,65	От 2,0 до 5,0
M3	Св. 0,65	Св. 5,0

Степень сложности	Отношение Gп/Gф	Или	Число переходов при изготовлении на ГКМ
C1	Св. 0,32	До	2
C2	От 0,32 до 0,63		3
C3	От 0,16 до 0,32		4
C4	До 0,16	Св. 4	или на двух ГКМ

Примечание: Gп — масса поковки; Gф — масса простой фигуры, в которую вписывается поковка; степень C4 устанавливают для поковок с тонкими элементами

Основное деформирующее оборудование	Классы точности поковок				
	T1	T2	T3	T4	T5
Технологические прессы					
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Кривошипные горячештамповочные прессы:					
открытая облойная штамповка;				+	+
выдавливание;			+	+	
закрытая штамповка		+	+		
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Калибровка объемная (горячая, холодная)	+				
Калибровка плоскостная (горячая, холодная)	+				
Прецизионная штамповка	+				

Примечание. При пламенном нагреве точность T2...T4 снижается на один класс

4.2. Допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм

Ис-ход-ный индекс	Наибольшая толщина поковки									
	До 40	40...63	63...100	100...160	160...250	Св. 250				
	длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки									
	До 40	40...100	100...160	160...250	250...400	400...630	630...1000	1000...1600	1600...2500	
1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,5	-	-	-	-	-
	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-	-	-	-	-
2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	-	-	-	-
	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-	-	-	-
3	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	-	-	-
	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,5	-	-	-
4	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	-	-	-
	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-	-	-
5	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	-	-
	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-	-
6	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,6
	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9
7	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+1,8
	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0
8	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,2
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,1
9	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,4
	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,2
10	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+2,7
	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,3
11	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,0
	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,5
12	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,3
	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,7
13	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+3,7
	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-1,9
14	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,2
	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,1
15	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+4,7
	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,4
16	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+5,3
	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-2,7
17	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,0
	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,0
18	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+6,7
	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,3
19	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+7,4
	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,7	-3,7
20	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,0
	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,0
21	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6	+8,6
	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,4	-4,4
22	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6	+9,2	+9,2
	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,4	-4,8	-4,8
23	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6	+9,2	+10,0	+10,0
	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,4	-4,8	-6,0	-6,0

Примечание. Допускаемые отклонения внутренних размеров поковок устанавливаются с обратными знаками; допускаемые отклонения размеров, отражающие односторонний износ штампов, равны 0,5 табличных; допускаемые отклонения размеров толщины, учитывающие недоштамповку, устанавливаются по наибольшей толщине поковки и распространяются на все размеры ее толщины; допуск размеров, не указанный на чертеже поковки, принимается равным 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

4.3. Допуски на толщину поковок, подвергаемых холодной и горячей калибровке, мм

Площадь, подвергаемая калибровке, кв. см	Поле допуска при "К"	
	До 0,5	Св. 0,5
Св. 2,5 до 6,3	0,32	0,26
Св. 6,3 до 10,0	0,36	0,32
Св. 10,0 до 16,0	0,40	0,36
Св. 16,0 до 25,0	0,44	0,40
Св. 25,0 до 40,0	0,50	0,44
Св. 40,0 до 80,0	0,60	0,50
	0,80	0,60

Примечания: 1. Коэффициент "К" определяют отношением расстояния между калиброванными плоскостями к ширине калибруемой поковки или ее элементами. 2. При горячей калибровке допуски могут увеличиваться до 1,5 раз. 3. Ширина, длина и диаметр поковки или ее элементов, изменяющихся при калибровке, устанавливаются по согласованию между изготовителем и потребителем. При этом величина одно стороннего увеличения размеров не должна превышать удвоенного положительного отклонения, а уменьшения — удвоенного отрицательного отклонения размера до калибровки. 4. Отклонения от параллельности, плоскостности и прямолинейности калиброванных плоскостей устанавливаются в пределах допуска раз мера после калибровки.

4.4. Допускаемые отклонения от concentричности пробитого отверстия, мм

Наибольший размер поковки, мм	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Св. 100 до 160	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Св. 160 до 250	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
Св. 250 до 400	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
Св. 400 до 630	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
Св. 630 до 1000	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	1,2	2,0	2,5	3,0	4,0

Примечание: Приведенные отклонения соответствуют началу пробивки (со стороны входа пуансона в поковку). В конце пробивки (со стороны выхода пуансона) эти отклонения могут быть увеличены на 25%

4.5. Допускаемые отклонения от плоскостности и прямолинейности поковок, мм

Наибольший размер поковки, мм	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Св. 100 до 160	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Св. 160 до 250	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Св. 250 до 400	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Св. 400 до 630	0,6	0,8	1,0	1,6	1,6
Св. 630 до 1000	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
Св. 1000 до 1600	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
Св. 1600 до 2500	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Примечания: 1. В приведенных величинах не учитываются перепады по высоте, толщине или ширине поковки; 2. Длинномерные поковки с размерами свыше 1000 мм подвергают правке перед механической обработкой; 3. Допуск радиального биения цилиндрических поверхностей не должен превышать удвоенной величины, указанной в данной таблице

4.6. Допускаемые отклонения межосевого расстояния, мм

Межосевое расстояние			Класс точности				
			T1	T2	T3	T4	T5
Св.	До 60	до 100	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30
Св.	60 до 100	до 160	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30	+0,50
Св.	100 до 160	до 250	+0,20	+0,25	+0,30	+0,50	+0,80
Св.	160 до 250	до 400	+0,25	+0,30	+0,50	+0,80	+1,20
Св.	250 до 400	до 630	+0,30	+0,50	+0,80	+1,20	+1,60
Св.	400 до 630	до 1000	+0,50	+0,80	+1,20	+1,60	+2,00
Св.	630 до 1000	до 1600	+0,80	+1,20	+1,60	+2,00	+3,00
Св.	1000 до 1600	до 2500	+1,20	+1,60	+2,00	+3,00	+4,50
Св.	1600 до 2500		+1,60	+2,00	+3,00	+4,50	+7,00

4.7. Допускаемые отклонения угловых элементов поковки

Длина элемента, мм			Класс точности				
			T1	T2	T3	T4	T5
Св.	До 25	до 60	+0г10м	+0г15м	+0г20м	+0г25м	+0г30м
Св.	25 до 60	до 100	+0г15м	+0г20м	+0г25м	+0г30м	+0г50м
Св.	60 до 100	до 160	+0г20м	+0г25м	+0г30м	+0г50м	+0г80м
Св.	100 до 160		+0г25м	+0г30м	+0г50м	+0г80м	+1г20м
Св.	160		+0г30м	+0г50м	+0г80м	+1г20м	+1г60м

Примечания: 1. г — градусы, м — минуты; 2. Допускаемые отклонения угловых размеров поковок, скручивание или гибка элементов которой производится на отдельном оборудовании, увеличивается на 50%.

4.8. Допуск радиусов закругления внутренних и наружных углов поковки, мм

Длина элемента, мм			Класс точности				
			T1	T2	T3	T4	T5
Св.	До 4	до 6	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
Св.	4 до 6	до 10	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0
Св.	6 до 10	до 16	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
Св.	10 до 16	до 25	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
Св.	16 до 25	до 40	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
Св.	25 до 40	до 60	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0
Св.	40 до 60	до 100	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0
Св.	60 до 100		8,0	12,0	20,0	30,0	50,0

4.9. Штамповочные уклоны, градусы

Оборудование	На наружной поверхности	На внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, ГКМ	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

4.10. Отклонение от перпендикулярности торцов относительно оси и боковых поверхностей относительно основания поковок и штампованных заготовок

Вид обработки	Диаметр или толщина детали, мм				
	До 20	20...50	50...100	100...200	300..500
Ковка	2,00	2,50	4,00	6,00	8,50
Штамповка горячая объемная	0,65	1,15	1,50	3,75	6,50

4.11. Средняя статистическая точность координат и расположения осей отверстий в поковках и штампованных заготовках, мм

Вид обработки	Расстояние от торца или между отверст.			
	До 50	50...120	120...260	260...500
Ковка	+1,50	+2,00	+2,50	+3,00
Штамповка обычной точности	+0,50	+0,70	+1,00	+1,50
Штамповка повышенной точности	+0,30	+0,50	+0,75	+1,00

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВЫ ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ	
1.1. Основные этапы проектирования и изготовления машины. Конструкторская и технологическая документация. Задачи, решаемые конструктором к технологом	4
1.2. Деталь и заготовка. Припуски и напуски. Основные способы получения заготовок. Термины и определения	6
1.3. Общая характеристика литейного производства. Устройство и основные элементы литейной формы. Модельный комплект. Требования, предъявляемые к отливкам	9
1.4. Способы получения машиностроительных профилей и фасонных заготовок обработкой металлов давлением	11
1.5. Классификация деталей машин по группам. Способы получения заготовок для групп деталей	15
1.6. Методика выбора способа получения заготовок	19
1.7. Структурная схема образования отходов металла на заготовительном переделе и при механической обработке. Средние значения потерь металла. Понятие о коэффициенте использования материала ..	21
1.8. Экономически целесообразные пределы применения различных способов получения заготовок в зависимости от размера программного задания	26
1.9. Экономические показатели конкурентоспособности прогрессивных заготовок	28
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК	
2.1. Основные требования, предъявляемые к отливкам, и пути их обеспечения	29
2.2. Правила конструирования отливок с учетом литейных свойств сплава и особенностей кристаллизации металла	31
2.3. Правила конструирования отливки с учетом ее технологичности	34
2.4. Дефекты в отливках, связанные с неудачным подбором состава формовочных, а стержневых смесей. Требования, предъявляемые к смесям	36
2.5. Основные этапы проектирования технологии изготовления отливки. Состав комплекта технологической документации	37

2.6.	Методика разработка чертежа элементов литейной формы	38
2.7.	Изготовление прогрессивных отливок специальными способами литья	42
2.8.	Задачи технического контроля и приемы исправления некоторых дефектов в отливках	46
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПОКОВОК		
3.1.	Основные требования, предъявляемые к поковкам. Причины возникновения дефектов. Правила оформления чертежа поковки	47
3.2.	Правила конструирования поковки с учетом её технологичности	48
3.3.	Правила выбора правильной технологии горячей обработки с учетом образования волокнистой структуры металла	51
3.4.	Технология штамповки на молотах. Виды поковок	53
3.5.	Технология штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе. Виды поковок .	55
3.6.	Технология штамповки на горизонтально-ковочной машине. Виды поковок	59
3.7.	Способы получения прогрессивных поковок .	61
3.8.	Отделка и очистка поковок	66
3.9.	Получение изделий из металлических порошков	68
4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАГОТОВОК ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА		
4.1.	Металлорежущий инструмент. К выбору способа получения заготовок	69
4.2.	Технология производства заготовок для металлорежущих инструментов	71
5. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАГОТОВОК (САПР ТП ПЗ)		
5.1.	Этапы проектирования ТП ТЗ. Место и задачи САПР ТП ПЗ в системе технологической подготовки производства .	74
5.2.	Преобразование информации в САПР. Функциональная схема САПР ТП ПЗ	76
5.3.	Элементы САПР технологии горячей объемной штамповки	77

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ С ОПЕРЕЖЕНИЕМ И САМОКОНТРОЛЯ. АЛГОРИТМ ОТВЕТА	
6.1. Вопросы к разделу 1	78
6.2. Вопросы к разделу 2	80
6.3. Вопросы к разделу 3	80
6.4. Вопросы к разделу 4	82
ЛИТИРАТУРА	83
ПРИЛОЖЕНИЯ	84
Приложение 1	84
Приложение 2	84
Приложение 3	87
Приложение 4	90

Лев Иосифович Зайончик
Геннадий Иванович Буторин
Владимир Юрьевич Шамин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК

Текст лекций
Часть 1

Компьютерная версия
Издание второе, переработанное

Техн. редактор А.В. Миних

Издательство Южно-Уральского государственного
университета

Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 6,1. Уч.– изд. л. 5,6.

УОП Издательства. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76