

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского»

В. А. Килин

**ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом
Морского государственного университета
в качестве учебного пособия
для проведения лабораторных и практических работ

Владивосток
2009

УДК [621.7+621.9] (075.8)

ББК 34.5

Килин, В. А. Технология конструкционных материалов [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. А. Килин. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2009. – 111 с.

Пособие соответствует общепрофессиональной дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» и написано в соответствии с государственным стандартом для всех специальностей в рамках направления подготовки дипломированного специалиста 180400 «Эксплуатация водного транспорта и транспортного оборудования», а также отдельных специальностей других направлений.

Изложены технологические процессы изготовления деталей литьём и горячей объёмной штамповкой. Приведена методика выбора режимов газовой, стыковой и роликовой электрической контактной сварки. Рассмотрены геометрия токарных резцов, кинематика металлорежущих станков, тарировка токарного динамометра, методика нарезания цилиндрических зубчатых колес на фрезерном станке с помощью универсальной делительной головки, а также электрофизико-химические методы обработки.

Предназначено для студентов технических специальностей.

Ил. 47, табл. 26, библиогр. 10 назв.

Рецензенты:

Г.С. Филиппов, д-р транспорта, профессор,
зав. кафедрой технологии конструкционных материалов ДВГТРУ;

И.Н. Мутылина, доцент кафедры технологии
металлов и материаловедения ДВГТУ.

© Килин В.А.

© Морской государственный университет
им. адм. Г.И. Невельского, 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие написано в соответствии с учебной программой курса «Материаловедение. Технология конструкционных материалов», изучение которого предусмотрено в единой дисциплине и предназначено для студентов немашиностроительных специальностей технических вузов.

Изучение раздела «Технология конструкционных материалов» совместно с другими общепрофессиональными дисциплинами направлено на обеспечение общеинженерной подготовки. Одновременно оно способствует более глубокому усвоению профилирующих дисциплин, формирующих специальные знания будущих специалистов.

В основу настоящего пособия положен модульный курс, составленный в соответствии с требованиями государственного стандарта, включающий следующие этапы: изучение теоретического материала, его осмысление и закрепление, приобретение и развитие практических умений. Для развития поставленной задачи изложены современные рациональные и распространенные в промышленности методы формообразования заготовок и деталей машин литьем, обработкой давлением, сваркой и механической обработкой.

Учебное пособие предназначено для выполнения лабораторных и практических работ по основным разделам курса. Оно позволит студентам составить представление о разработке технологических процессов изготовления отливок в разовых песчано-глинистых формах, поковок в открытых и закрытых штампах, использования сварки в судостроении и судоремонте и механической обработки деталей на металлорежущих станках.

1. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ В РАЗОВОЙ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОРМЕ

Цель работы

Научиться по чертежу готовой детали разрабатывать чертёж отливки, модели, стержневого ящика и формы в сборе.

Задание

Для заданного чертежа детали выполнить следующее:

- а) выбрать плоскость разреза модели и формы с указанием положения отливки в форме – В (верх) и Н (низ);
- б) выполнить эскиз отливки с обозначением размеров припусков, уклонов, усадки металла и стержней;
- в) выполнить эскиз модели с указанием габаритных размеров;
- г) начертить эскиз стержневого ящика без указания размеров;
- д) привести эскиз собранной литейной формы в разрезе с указанием её элементов;
- е) дать краткое описание последовательных операций по изготовлению литейной формы и отливки.

1.1. Основные положения

Сущность литейного производства заключается в получении отливок – литых металлических изделий путём заливки расплавленного металла в специальную литейную форму, в которой он, остывая, затвердевает и сохраняет её очертания.

Для изготовления литейной формы применяют большое число различных приспособлений, которые называют литейной оснасткой. В её состав входят модели, стержневые ящики, опоки, подмодельные плиты и др.

Модели – приспособления, при помощи которых в формовочной смеси получают отпечатки полости, соответствующие наружной конфигурации отливки. Отверстия и полости внутри отливки, а также иные сложные контуры образуют при помощи стержней, устанавливаемых в формы при их сборке.

Размеры модели делают больше, чем соответствующие размеры отливки, на величину линейной усадки сплава. Если отливки подвергаются механической обработке, то в соответствующих размерах модели учитывают размер припусков – слоя металла, удаляемого при ме-

ханической обработке. Он зависит от размеров отливки и вида сплава. Припуск на верхние поверхности отливки должен быть больше, чем на нижние и боковые поверхности, так как наверху скапливаются шлаки, частички формовочной смеси и газовые включения.

Отверстия небольших размеров, полученные литьем, трудно очистить от спекшейся внутри стержневой смеси, которая отрицательно влияет на стойкость режущего инструмента при последующей механической обработке. Поэтому литьем следует выполнять отверстия, диаметр которых превышает 25...30 мм.

Чтобы легче удалить модель из формы, поверхности её, расположенные параллельно направлению движения при извлечении из формы, выполняют с формовочными уклонами, зависящими от высоты отливки до линии разъема. Без уклонов при извлечении модели может быть разрушение формы и осыпание формовочной смеси.

Для получения в форме отпечатков знаковых частей стержней, которыми стержень крепится в форме, модель имеет знаки – выступающие части. Сопряжение стенок в отливках должны быть плавными, без острых углов. Скругление внутренних углов называется галтелью, наружных – закруглением.

Модели делают из древесины, металлических сплавов и пластмасс. Деревянные модели изготавливают из плотной хорошо просушенной древесины (сосна, ясень, бук и др.). Для предотвращения коробления модель делают не из целого куска древесины, а склеивают из отдельных брусочков так, чтобы направление волокон было различным. Преимущество деревянных моделей – дешевизна, простота изготовления, небольшая масса; основной недостаток – недолговечность.

Во избежание деформирования модели во влажных формовочных смесях и для лучшей вытяжки из формы деревянные модели окрашивают модельным лаком; для чугунных отливок принят красный цвет, для стальных – синий, для цветных – желтый.

Металлические модели имеют значительно большую долговечность, высокую точность и чистую рабочую поверхность. Такие модели чаще всего делают из алюминиевых сплавов, которые имеют малую плотность, не окисляются, хорошо обрабатываются резанием.

Модели из пластмасс устойчивы к действию влаги, не подвергаются короблению, имеют небольшую массу. Перспективным является применение моделей из вспененного полистирола, газифицирующегося при заливке металла и их не надо вынимать из формы перед заливкой.

Стержневые ящики служат для изготовления стержней и должны обеспечивать равномерное уплотнение смеси и быстрое извлечение стержня. Как и модели, они имеют уклоны; при назначении размеров

ящика учитывают усадку сплава и припуск на обработку. Стержневые ящики делают из тех же материалов, что и модели, а по конструкции – неразъёмными (вытряхными) и разъёмными.

Опоки – прочные металлические рамы различной формы, предназначены для изготовления литейных полуформ из формовочных смесей. Их изготавливают из серого чугуна, стали, алюминиевых сплавов и могут быть литыми, сварными или сборными из отдельных литых частей. Стенки опоки часто делают с отверстиями для уменьшения их массы, удаления газов из формы и для лучшего скрепления формовочной смеси с опокой. Соединяют опоки штырями и центрирующими отверстиями в приливах. Для скрепления опок применяют скобы или другие приспособления.

1.2. Формовочные и стержневые смеси

В литейном производстве наиболее распространено получение отливок в разовых формах, изготовленных из песчано-глинистых и других смесей. Разовая форма пригодна для получения только одной отливки. При выемке (выбивке) готовой детали форму разрушают.

Формовочные и стержневые смеси должны обладать определенными механическими, технологическими и теплофизическими свойствами, основными из которых являются: прочность, поверхностная прочность, пластичность, податливость, непригораемость, газопроницаемость и др.

Прочность – способность смеси обеспечивать сохранность формы (стержня) без разрушения при её изготовлении и использовании. Формы не должны разрушаться от толчков при сборке и транспортировке, выдерживать давление заливаемого металла.

Поверхностная прочность (осыпаемость) – сопротивление истирающему воздействию струи металла. Если она недостаточна, то происходит отделение частиц формовочной смеси, которые попадают в отливку.

Пластичность – способность смеси воспринимать очертания модели (стержневого ящика) и сохранять полученную форму.

Податливость – способность смеси сокращаться в объёме под действием усадки металла. При недостаточной податливости в отливке возникают напряжения, которые могут привести к образованию трещин.

Непригораемость – способность смеси выдерживать высокую температуру заливаемого сплава без оплавления и химического с ним взаимодействия. Плёнки пригара ухудшают качество поверхности и затрудняют последующую обработку. При оплавлении смеси резко снижается её газопроницаемость.

Газопроницаемость – способность пропускать газы через стенки формы вследствие пористости. В расплавленном металле всегда содержатся растворённые газы, выделяющиеся при его охлаждении и затвердевании. Большое количество водяных паров и газов выделяется также из самих формовочных материалов при их нагревании. При недостаточной газопроницаемости в теле отливки могут образоваться газовые пузыри – раковины.

Для приготовления формовочных и стержневых смесей используют как природные, так и искусственные материалы.

Песок – основной исходный материал смесей. Наиболее часто применяют кварцевый песок, в основном состоящий из кремнезема, обладающего высокой прочностью, твёрдостью, огнеупорностью ($t_{пл} = 1713 \text{ }^\circ\text{C}$). Мелкозернистые пески используют для мелкого литья, что обеспечивает получение гладкой поверхности отливок. Для крупных отливок применяют крупнозернистые пески, обеспечивающие более высокую газопроницаемость формовочной смеси.

Реже для формовочных смесей применяют цирконовый песок ($t_{пл} = 2000 \text{ }^\circ\text{C}$), хромит (хромистый железняк $t_{пл} = 1850 \text{ }^\circ\text{C}$) и некоторые другие материалы. Они превосходят кварцевый песок по термохимической устойчивости, теплопроводности, но они более дорогие; их используют в особо ответственных случаях, например, для получения крупных стальных отливок с чистой поверхностью.

Глина – второй основной исходный материал в формовочных смесях. Она является связующим веществом, обеспечивающим их прочность и пластичность. На практике наиболее широко используют каолинитовые или бентонитовые глины. При наличии влаги на поверхности глинистых частиц образуются гидратные оболочки из молекул воды, которые обеспечивают сцепление частиц и вместе с тем лёгкое скольжение между ними. Чем больше глина удерживает на поверхности воды, тем выше её связующая способность, а также и пластичность формовочной смеси. При нагревании (сушке) по мере удаления влаги прочность смеси возрастает.

Кроме глины в качестве связующих веществ в формовочные, а особенно стержневые смеси, вводят жидкое стекло, синтетические смолы, декстрин, сульфитно-спиртовую барду и др. Их вводят в состав смеси в количестве 1...3%, но они значительно сокращают продолжительность затвердевания.

Для улучшения свойств песчано-глинистых смесей в них вводят добавки. В качестве противопригарных материалов для стального литья используют пылевидный кварц (маршалит), хромистый железняк; для

чугунного и цветного литья каменноугольную пыль, мазут. С целью увеличения податливости и газопроницаемости литейных форм в смеси добавляют древесные опилки.

По характеру использования формовочные смеси подразделяются на облицовочные, наполнительные и единые, а по состоянию литейной формы при её изготовлении и перед заливкой – на сырые и сухие.

Состав формовочной смеси выбирается в зависимости от литейного сплава с учётом его температуры плавления и усадки, а также массы, размеров и конфигурации отливки.

Для предотвращения пригара и улучшения чистоты поверхности отливок формы и стержни покрывают тонким слоем противопопригарных материалов. Для сырых форм применяют припылы.

В формах для чугунных отливок используют порошкообразную смесь оксида магния, древесного угля и бентонита, порошкообразный графит. В формах для стальных отливок применяют порошкообразную смесь оксида магния и огнеупорной глины, пылевидный кварц, циркон и другие материалы. Для сухих форм применяют противопопригарные краски, водные суспензии этих материалов с добавками связующих.

1.3. Литниковые системы

Литейную форму заливают металлом через литниковую систему, под которой понимают совокупность каналов и резервуаров, по которым расплав поступает из ковша в полость формы. Литниковая система должна обеспечивать непрерывное поступление металла в форму, питание отливки для компенсации усадки, предотвращать разрушение формы, попадание шлака и воздуха со струёй расплава.

Основными элементами литниковой системы являются литниковая чаша, стояк, шлакоуловитель, питатели (рис.1.1). Чаша уменьшает размывающее действие струи расплава, задерживает всплывающий шлак. Для лучшего задержания шлаковых включений в литниковые чаши или другие элементы литниковой системы иногда устанавливают фильтры (например, керамические сетки либо фильтры из специальной стеклоткани).

Стояк представляет собой вертикальный конический, обычно суживающийся к низу канал круглого сечения, по которому металл из литниковой чаши или воронки попадает в шлакоуловитель.

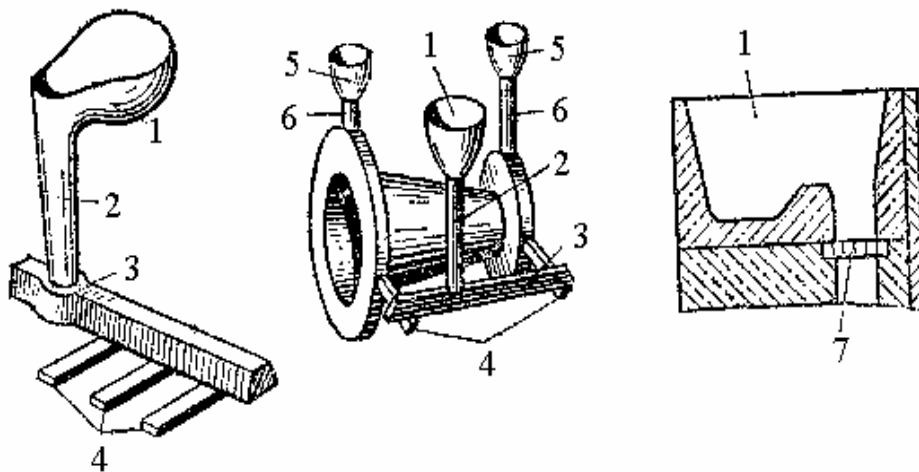


Рис. 1.1. Элементы литниковой системы:

1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатели; 5,6 – чаша и стояк выпоров (прибылей); 7 – фильтр из специальной стеклоткани

Шлакоуловитель служит для задержания попавших в металл шлака и других включений и представляет собой горизонтальный канал, обычно трапециевидного сечения, располагающийся в верхней полужоформе.

Питатели представляют собой каналы прямоугольного или трапециевидного сечения, которые примыкают к нижней части шлакоуловителя и предназначены для подвода металла непосредственно в полость формы. Их располагают в нижней полужоформе на некотором расстоянии от стояка и концов шлакоуловителя, так как в противном случае в них, а следовательно, и в полость формы, может попасть шлак. Для лучшего задержания шлака в литниковой системе выдерживается следующее соотношение размера сечения стояка, шлакоуловителя и питателей: $F_{ст} > F_{шл} > F_{пит}$.

Над самым высоким местом полости формы, на стороне, противоположной месту подвода в неё металла, делают выпоры – каналы для выхода из формы воздуха и газов и всплывающих неметаллических включений. Они содействуют нормальной усадке застывающего сплава и позволяют контролировать полноту заполнения формы металлом.

При изготовлении отливок из стали у наиболее массивных частей делают прибыли – наполненные жидким металлом полости, предназначенные для предупреждения образования в отливках усадочных раковин и рыхлот. Они должны всё время пополнять затвердевающую отливку жидким металлом и сами затвердевают последними.

В зависимости от формы, размера отливки, состава и свойств литейного сплава применяются верхняя, нижняя (сифонная) и ярусная литниковые системы. Верхняя система наиболее проста, её применяют

для мелких деталей небольшой высоты. С увеличением высоты происходит размывание формы струей металла, разбрызгивание и окисление его, увеличивается количество неметаллических включений в теле отливки.

Нижнюю систему применяют для средних и толстостенных отливок значительной высоты. Она обеспечивает спокойное заполнение формы металлом, но она более сложна.

Ярусная система обеспечивает последовательное питание отливки снизу вверх, и её применяют для крупных отливок. Недостатки ярусной системы – сложность в изготовлении и значительный расход металла на литники.

1.4. Порядок выполнения работы

Основой для разработки технологического процесса изготовления отливки является чертёж детали. На чертеж детали в соответствии с ГОСТ 3.1125-88 наносят технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы и стержня, и получают чертёж отливки с модельно-литейными указаниями.

На рис. 1.2 в качестве примера приведены эскизы стальной (а) и чугунной (б) деталей. Поверхности деталей, подвергающиеся механической обработке, условно обозначаются знаком \surd . Остальные поверхности механической обработке не подлежат, на что указывает знак $\surd(\surd)$ в правом углу эскиза.

При разработке эскиза отливки с модельно-литейными указаниями на эскиз детали условно наносят (рис. 1.3):

1. Плоскость разъёма модели и формы (1), её показывают отрезком, над которым указывается буквенное обозначение разъёма РМ. Направление разъёма показывается сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линии разъёма. Положение отливки в форме при заливке обозначается буквами В (верх) и Н (низ). Буквы проставляются у стрелок, показывающих направление разъёма.

При выборе плоскости разъёма наиболее ответственные поверхности отливки целесообразно располагать в нижней части формы или вертикально, так как в верхней части отливки скапливаются дефекты – газовые раковины и шлаковые включения. Плоскость разъёма выбирают с учётом удобства формовки и извлечения модели из формы. Кроме того желательно, чтобы отливка или, по крайней мере, её базовые поверхности для механической обработки были расположены в одной полуформе.

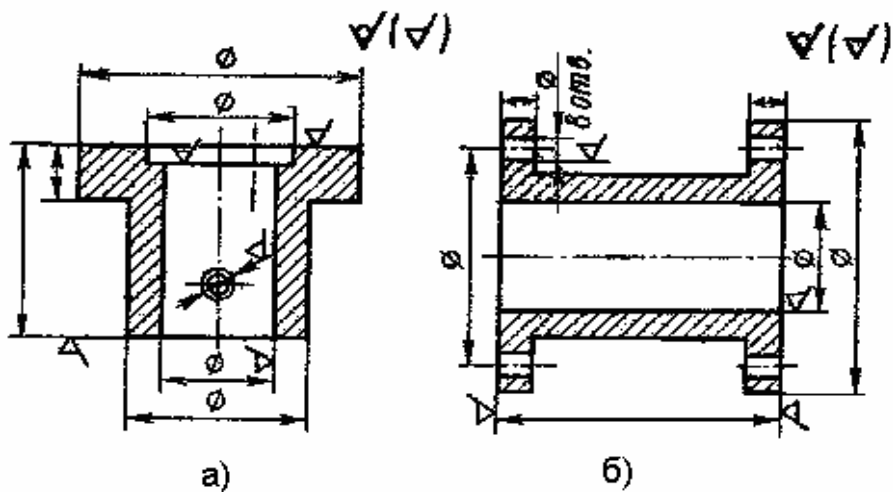


Рис. 1.2. Эскизы деталей:
а) стальной; б) чугунной

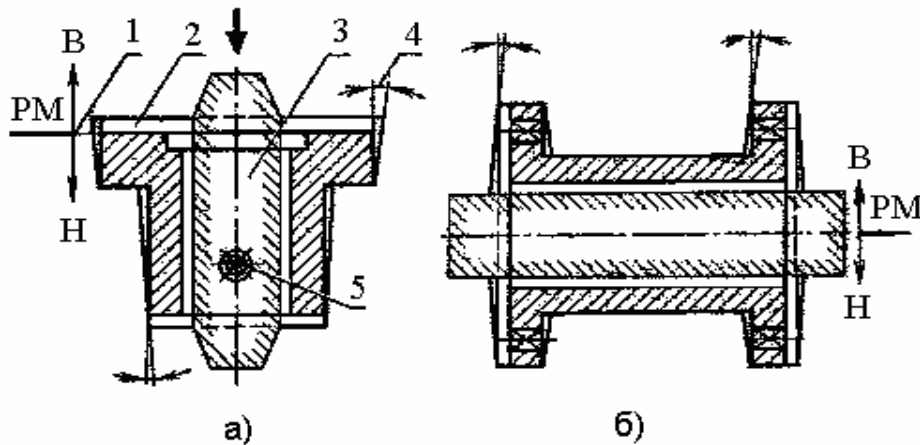


Рис. 1.3. Эскизы отливок:
а) стальной б) чугунной; 1 – разъем модели; 2 – припуск на механическую обработку; 3 – стержень; 4 – формовочные уклоны; 5 – необрабатываемые отверстия

2. Припуски на механическую обработку (2), их обозначают сплошными тонкими линиями у поверхностей, где указан знак обработки ∇ (допускается выполнять линию припуска красным карандашом). Величины припусков определены ГОСТ 26645-85 и при единичном производстве выбираются по III классу точности в зависимости от способа литья, материала отливки, положения обрабатываемой поверхности при заливке (верх, низ, бок), наибольшего габаритного и номинального размера отливки (табл. 1.1, 1.2). Под номинальным размером отливки подразумевается расстояние между двумя противоположными обрабатываемыми поверхностями или расстояние от установочной базовой поверхности до обрабатываемой.

Таблица 1.1

Припуски на механическую обработку отливок из серого чугуна
по III классу точности в мм (ГОСТ 26645-85)

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер в мм			
		До 50	51...120	121...260	261...500
До 120	верх	3,5	4,5		
	низ, бок	2,5	3,5		
121...260	верх	4,0	5,0	5,5	
	низ, бок	3,0	4,0	4,5	
261...500	верх	4,5	6,0	7,0	7,0
	низ, бок	3,5	4,5	5,0	6,0
501...800	верх	5,0	7,0	7,0	8,0
	низ, бок	4,0	5,0	5,0	6,0

Таблица 1.2

Припуски на механическую обработку фасонных отливок
из стали по III классу точности в мм (ГОСТ 26645-85)

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер в мм			
		До 120	121...260	261...500	501...800
До 120	верх	5			
	низ, бок	4			
121...260	верх	5	6		
	низ, бок	4	5		
261...500	верх	6	8	9	
	низ, бок	5	6	6	
501...800	верх	7	8	10	11
	низ, бок	5	6	7	7
801...1250	верх	9	10	11	12
	низ, бок	6	7	8	8

3. Отверстия, впадины, выемки, не выполняемые при литье, зачёркивают сплошными тонкими линиями (5), которые допускается выполнять красным карандашом.

4. Контуры стержня со стержневыми знаками (3) изображаются сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять синим цветом. Стержни в разрезе штрихуются только у контура. Размеры знаков стержней и зазоры между знаками стержней и модели принимаются по ГОСТ 3606-92.

5. Формовочные уклоны (4) на вертикальных стенках обозначаются тонкими линиями и выбираются в зависимости от высоты отливки, от плоскости разъёма (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Формовочные уклоны на отливках по ГОСТ 3212-92

Высота отливки от плоскости разъёма	Величина уклона		Высота отливки от плоскости разъёма	Величина уклона	
	мм	град.		мм	град.
До 20	3°	1,0	201...300	0° 30 ^I	2,5
21...50	1° 30 ^I	1,3	301...800	0° 30 ^I	4,5
51...100	1°	1,5	801...2000	0° 20 ^I	9,0
101...200	0° 45 ^I	2,0	св. 2000	0° 15 ^I	11,0

Помимо этих обозначений указывается процент усадки сплава, из которого изготавливают отливку, наносится литниковая система, прибыли, выпоры, которые на рассматриваемом эскизе для простоты не указаны.

На рис. 1.3, б приведён эскиз чугунной отливки с модельно-литейными указаниями. Для этой отливки используется горизонтальный стержень, имеющий цилиндрические стержневые знаки в отличие от вертикального стержня, у которого стержневые знаки конусные.

6. По эскизам отливок выполняются эскизы моделей (рис. 1.4). Модели имеют стержневые знаки (они закрашены чёрным цветом), формовочные уклоны для вертикального стержня и радиусы закруглений в местах перехода стенок (r). Размеры моделей выполняют с учётом размеров детали, припусков на механическую обработку, формовочных уклонов и усадки сплава, которую выбирают по табл. 1.4.

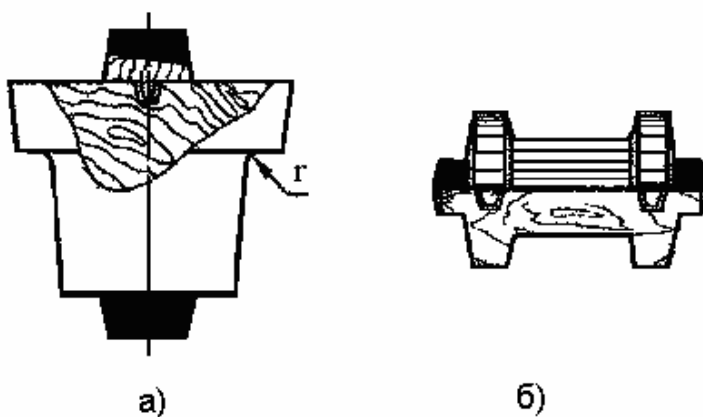


Рис. 1.4. Эскизы моделей

Таблица 1.4

Линейная усадка литейных сплавов

№ п/п	Литейный сплав	Линейная усадка, %
1.	Чугун серый	
	мелкие отливки (не более 100 кг)	1...1,25
	средние отливки (100...500 кг)	0,75...1,00
	крупные отливки (более 500 кг)	0,5...0,75
2.	Чугун ковкий	1,5...1,75
3.	Сталь углеродистая	
	мелкие отливки (не более 100кг)	1,8...2,2
	средние отливки (100...500 кг)	1,6...2,0
	крупные отливки (более 500 кг)	1,4...1,8
4.	Бронзы	1,0...1,8
5.	Латуни	1,0...2,0
6.	Алюминиевые сплавы	1,0...1,25

7. Для изготовления стержней служат стержневые ящики – разъёмные либо неразъёмные. На рис. 1.5 приведены эскизы стержневых ящиков для вертикального (а) и горизонтального (б) стержня.

8. Эскизы собранных литейных форм для чугуновой (а) и стальной (б) отливок даны на рис. 1.6. В форме для чугунового литья имеются шлакоуловитель и выпоры, а в форме для стального литья шлакоуловитель отсутствует, а для компенсации большой усадки стали и предупреждения усадочных раковин предусмотрены прибыли.

9. На рис. 1.7 приведены эскизы готовых чугуновой (а) и стальной (б) отливок с литниковой системой.

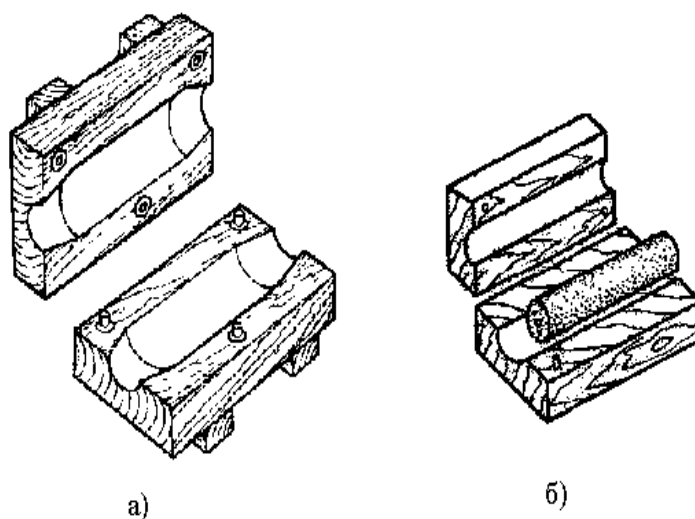
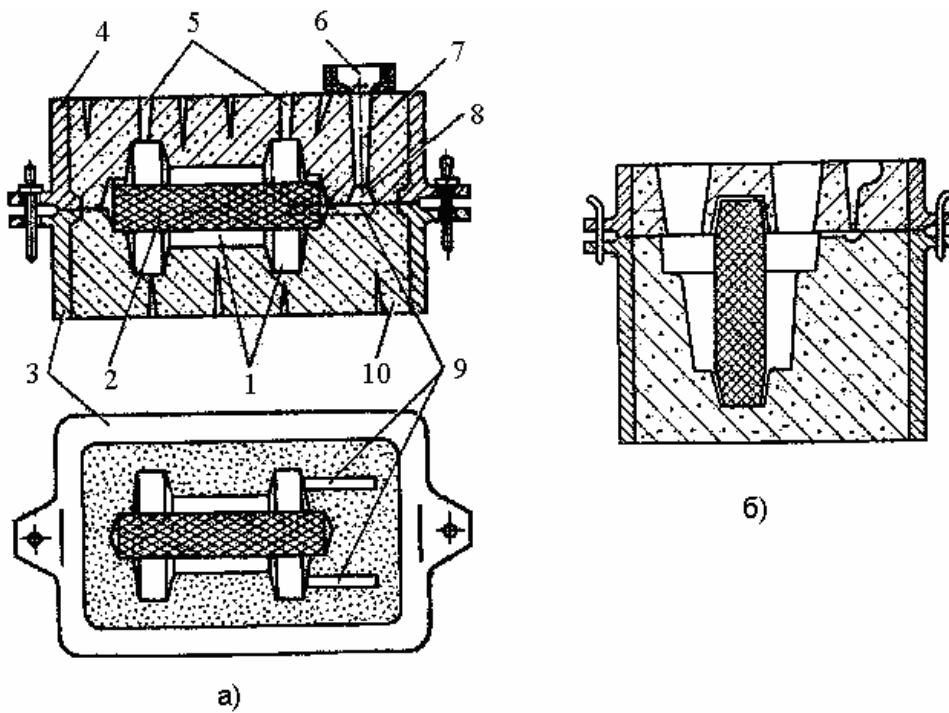


Рис.1.5. Эскизы стержневых ящиков:
а – для вертикального стержня; б – для горизонтального стержня

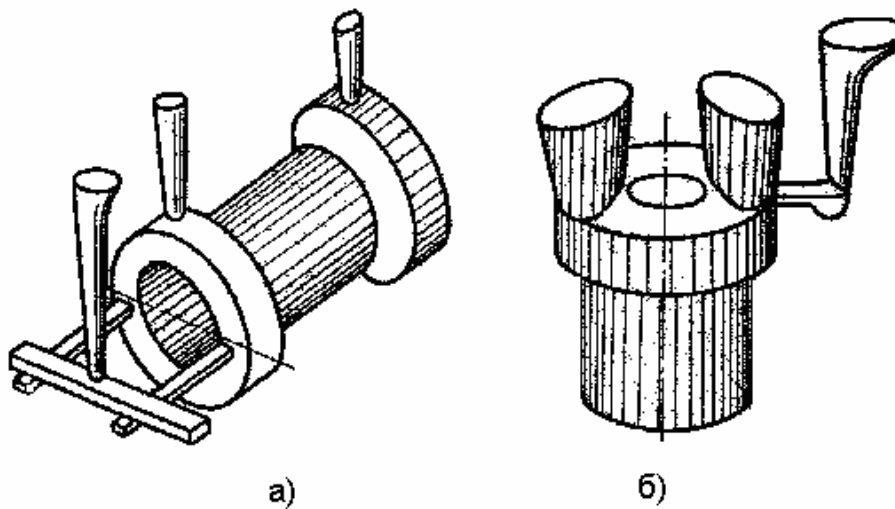


а)

б)

Рис.1.6. Эскизы собранных литейных форм:

1 – полость формы; 2 – стержень; 3 – нижняя опока; 4 – верхняя опока;
 5 – выпор; 6 – чаша; 7 – стояк; 8 – шлакоуловитель; 9 – питатели;
 10 – формовочная смесь



а)

б)

Рис.1.7. Эскизы готовых отливок с литниковой системой:

а – отливка из чугуна; б – отливка из стали

1.5. Изготовление литейной формы

Ручную формовку в опоках по разъёмной модели для изготовления отливки в разовой песчано-глинистой форме осуществляют в следующей последовательности:

Изготовление нижней полуформы. Нижнюю половину модели, имеющую центрирующих шипов, ставят плоскостью разъёма на подмодельную доску и устанавливают опоку. Поверхность модели и доски посыпают разделительным составом для уменьшения прилипания смеси к оснастке (сухой кварцевый песок, порошок талька или графита). На модель наносят слой облицовочной смеси толщиной 20...30 мм, уплотняют её руками вокруг всей модели. Затем заполняют остальной объём опоки наполнительной смесью и уплотняют её трамбовкой сначала у стенок опоки, а затем в средней части. Излишек смеси срезают линейкой. В формовочной смеси на расстоянии 40...50 мм друг от друга и на 10...15 мм от модели душником накалывают отверстия для выхода газов. Заформованную опоку покрывают второй подмодельной доской и переворачивают на 180°.

Изготовление верхней полуформы. На нижнюю половину модели по центрирующим шипам устанавливают верхнюю половину модели, модели шлакоуловителя, стояка и выпоров. Поверхность разъёма формы посыпают тонким слоем сухого кварцевого песка для того, чтобы формовочная смесь в верхней опоке не прилипла к смеси в нижней опоке. Верхнюю опоку устанавливают по центрирующим штырям на нижнюю. Наполняют её формовочными смесями так же, как и нижнюю. После уплотнения смеси вокруг стояка гладилкой прорезают литниковую чашу.

Извлечение моделей. Модели стояка и выпоров раскачивают и удаляют из верхней полуформы. Верхнюю опоку снимают и поворачивают на 180° разъёмом вверх. В плоскости разъёма нижней полуформы гладилкой прорезают питатели. Из полуформ после лёгкого раскачивания удаляют половины моделей и модель шлакоуловителя. Устраняют возможные дефекты формы, возникшие при извлечении моделей, обдувают обе полуформы сухим сжатым воздухом для удаления возможного засора. Поверхность полуформ припыливают молотым древесным углём или графитом.

Сборка литейной формы. В нижнюю полуформу, если требуется, устанавливают стержень и накрывают её верхней полуформой. Полуформы фиксируют штырями или скобами и на верхнюю полуформу устанавливают груз, для предотвращения ухода жидкого металла через разъём формы во время заливки. Производится заливка металла в

форму до тех пор, пока он, поднимаясь снизу, не заполнит до верха выпоры.

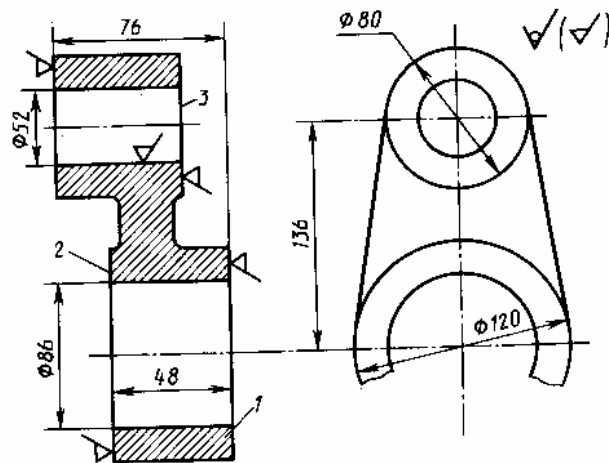
1.6. Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Эскиз детали.
3. Эскиз отливки.
4. Эскиз модели.
5. Эскиз стержневого ящика.
6. Эскиз собранной литейной формы.
7. Описание последовательности изготовления литейной формы.

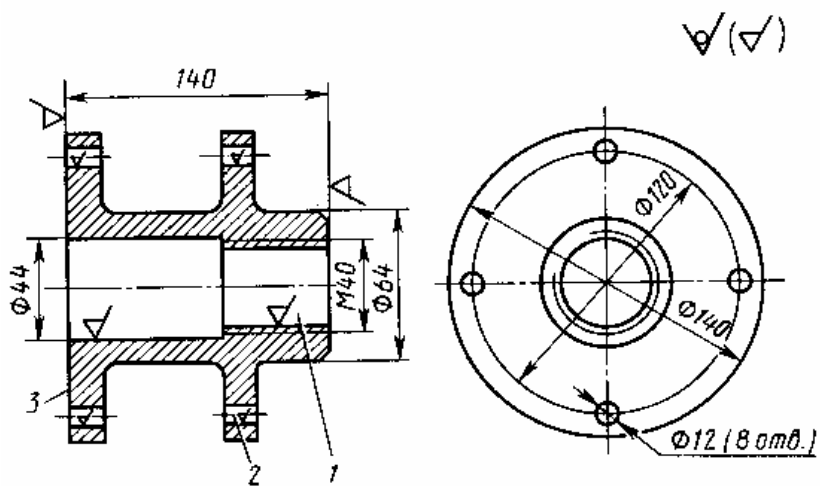
1.7. Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чём состоит сущность литейного производства?
2. Что такое модель и из каких материалов она изготавливается?
3. Чем модель отличается от отливки?
4. Какую часть детали отражает модель и стержень?
5. Как изготавливаются отверстия в отливках?
6. Из каких материалов изготавливаются формовочные и стержневые смеси и какие требования предъявляются к ним?
7. Для чего назначаются формовочные уклоны?
8. В чём заключается назначение стержневых знаков?
9. Для чего предназначается литниковая система и из каких элементов она состоит?
10. Что такое усадка металла и как она учитывается при изготовлении литейной формы?
11. Что такое литейная форма и какие элементы образуют её?
12. В какой последовательности осуществляется разработка эскиза отливки?
13. Какова последовательность изготовления литейной формы?

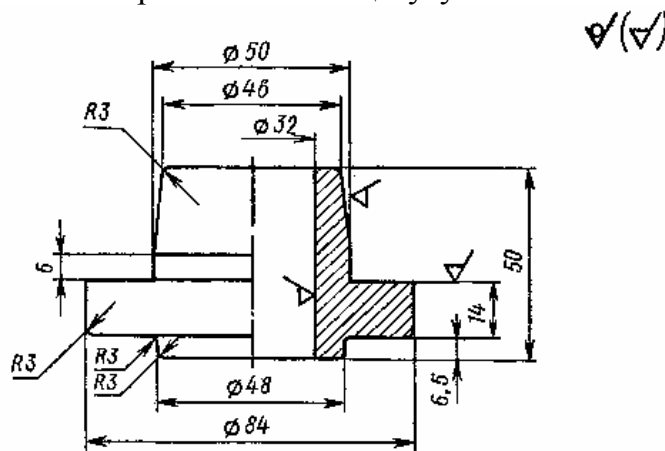
1.8. Варианты задания



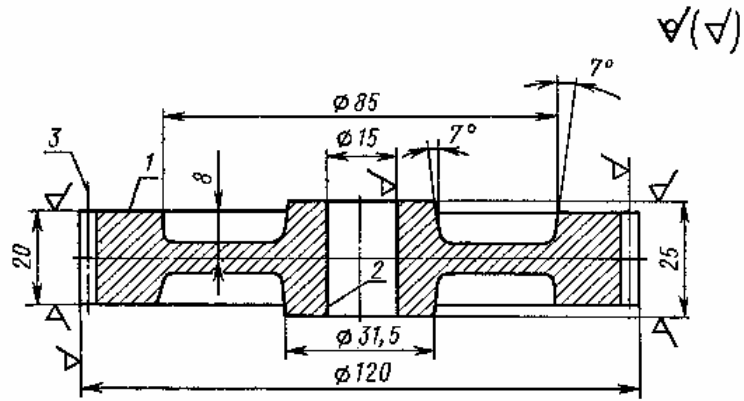
Вариант 1. Серьга Сталь 30Л



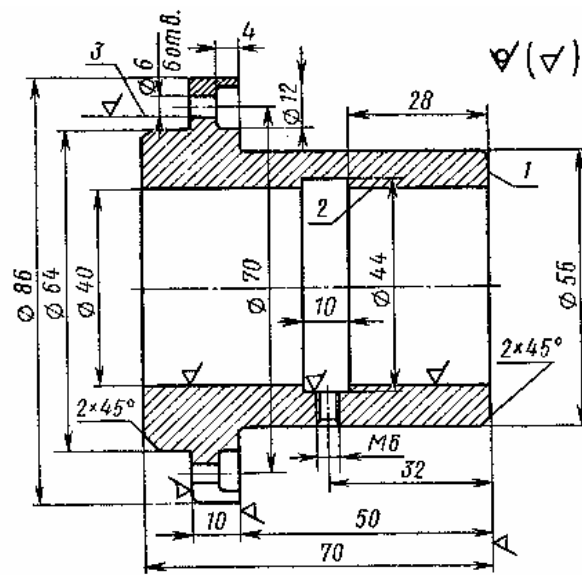
Вариант 2. Фланец Чугун СЧ 10



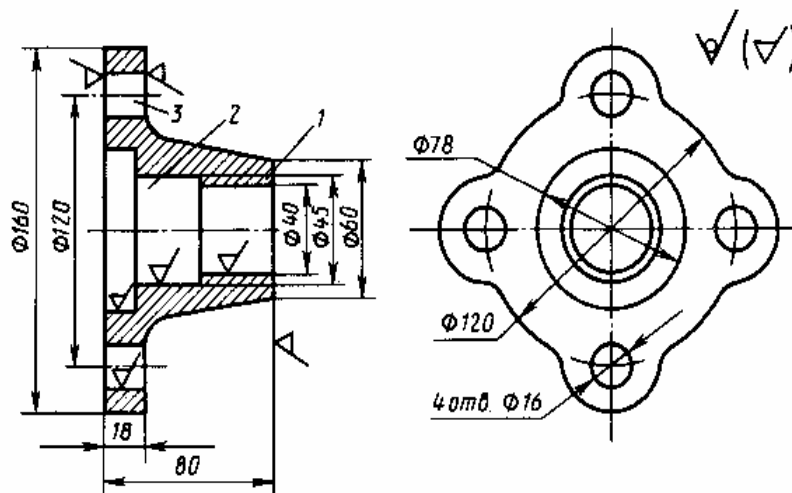
Вариант 3. Ступица Сталь 40Х



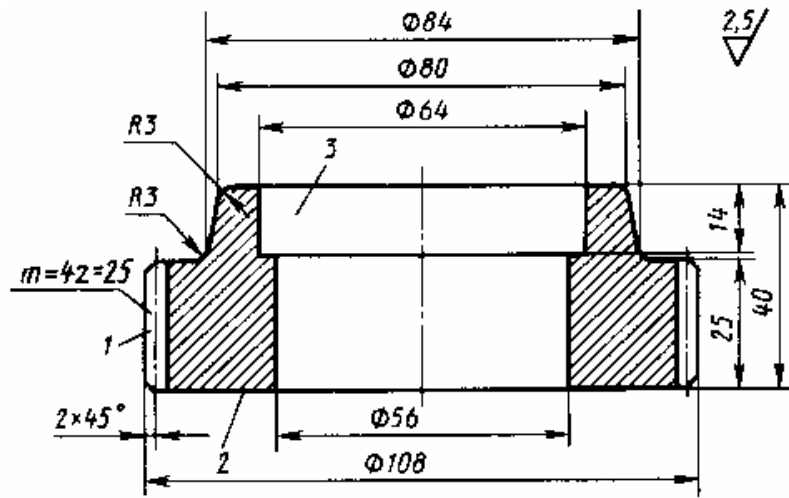
Вариант 4. Шестерня Сталь 40



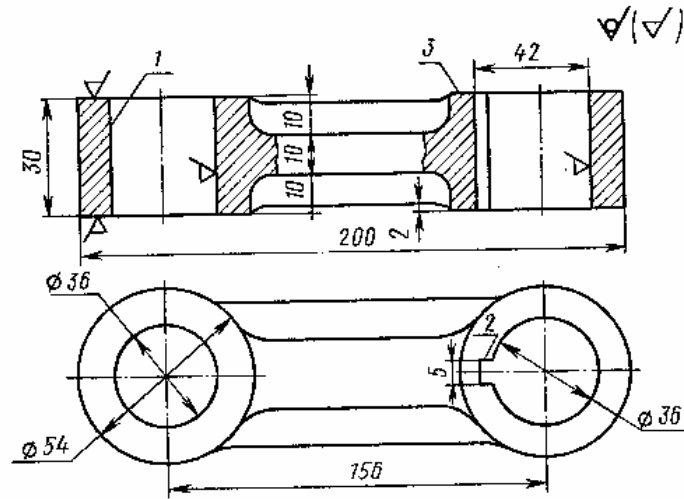
Вариант 5. Втулка Сталь 25Л



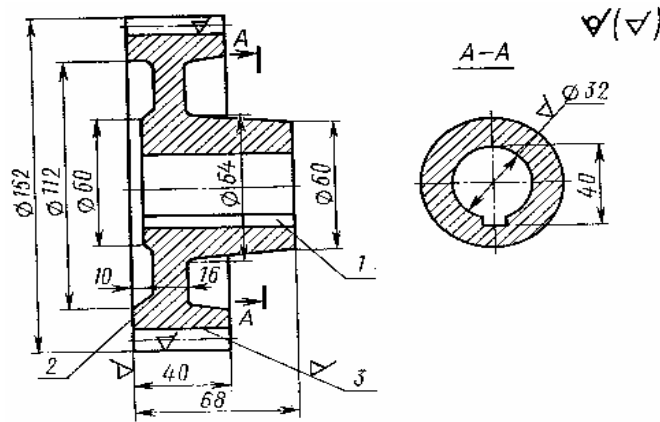
Вариант 6. Крышка Чугун СЧ 20



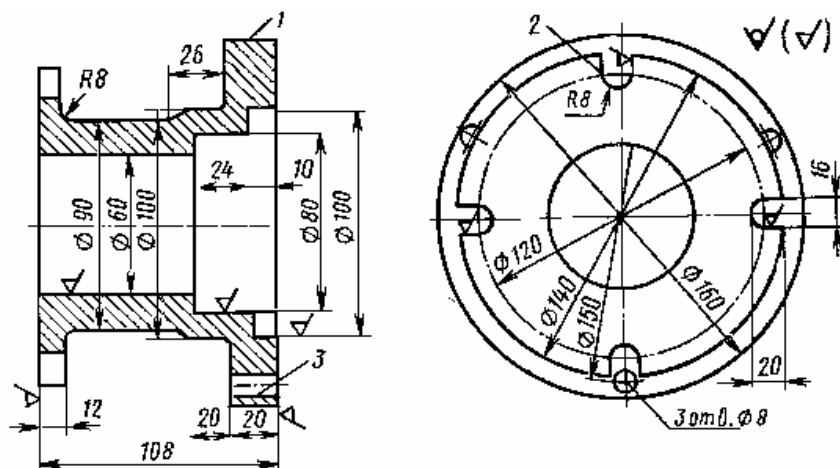
Вариант 7. Шестерня Сталь 45



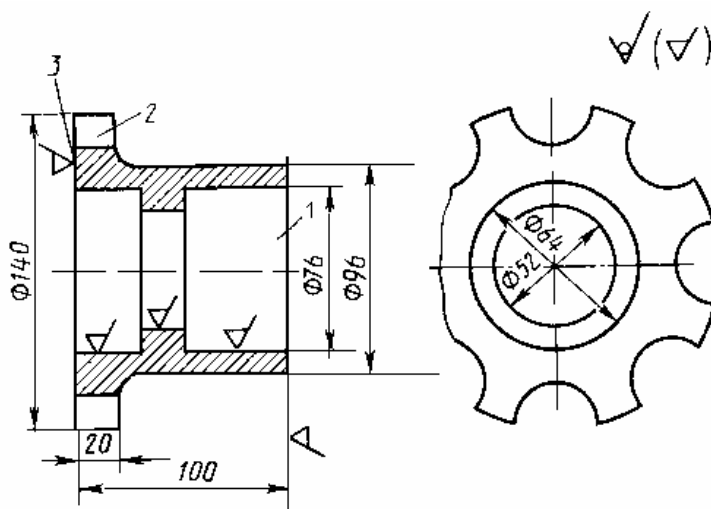
Вариант 8. Серьга Чугун КЧ 36-6



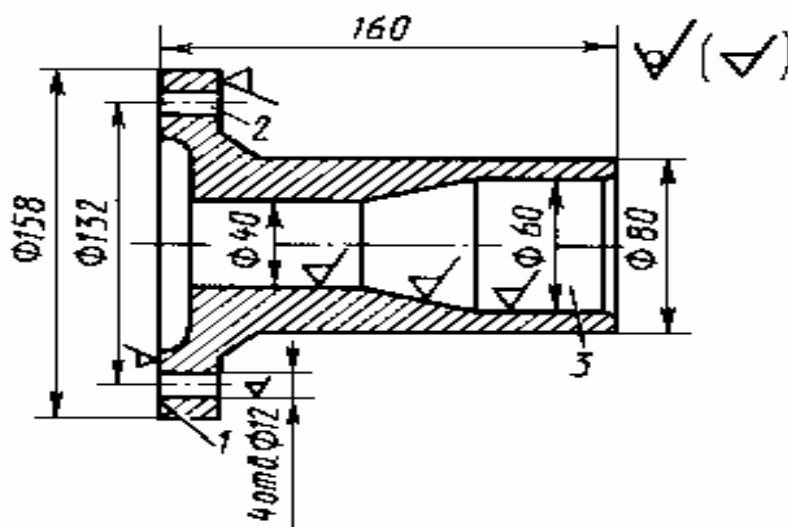
Вариант 9. Колесо Сталь 50



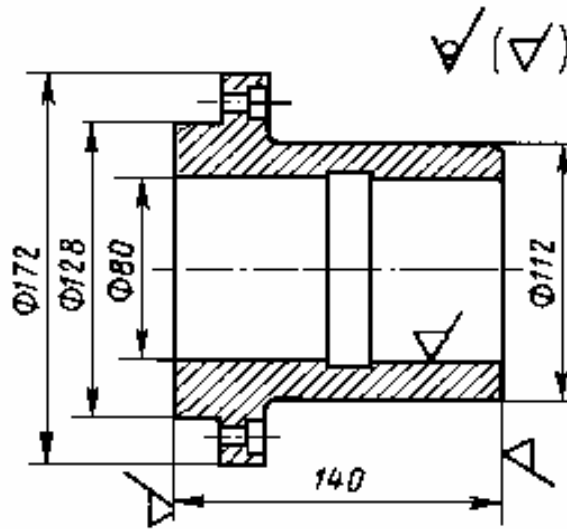
Вариант 10. Корпус Сталь 40Л



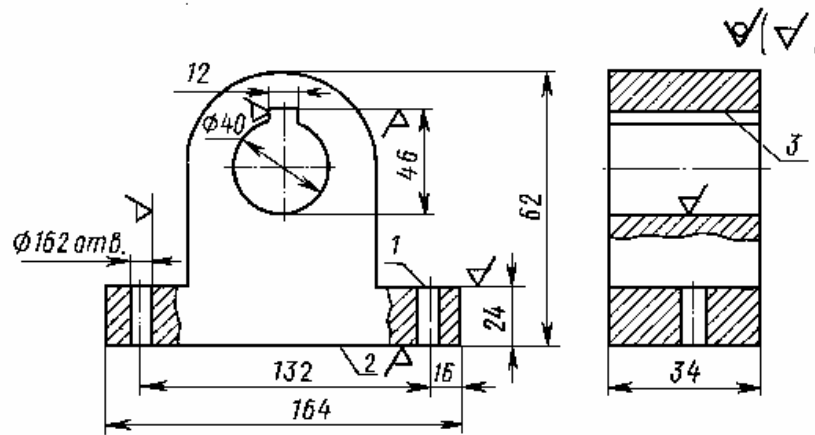
Вариант 11. Переходник Чугун СЧ 10



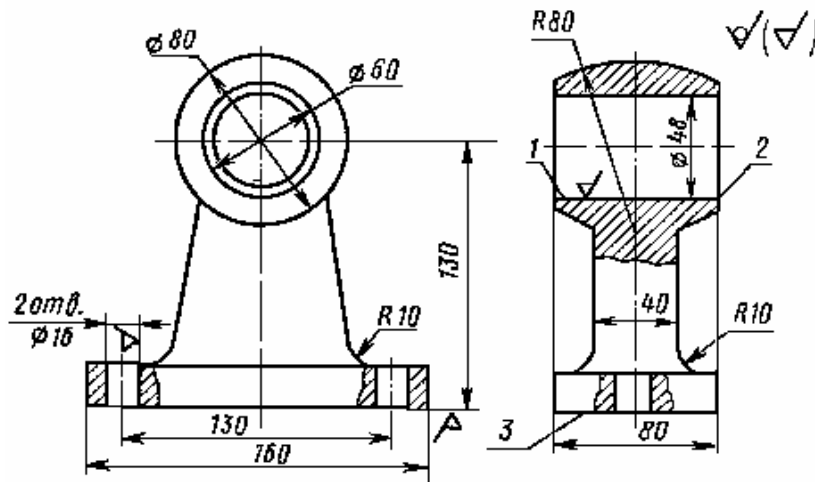
Вариант 12. Втулка Сталь 30



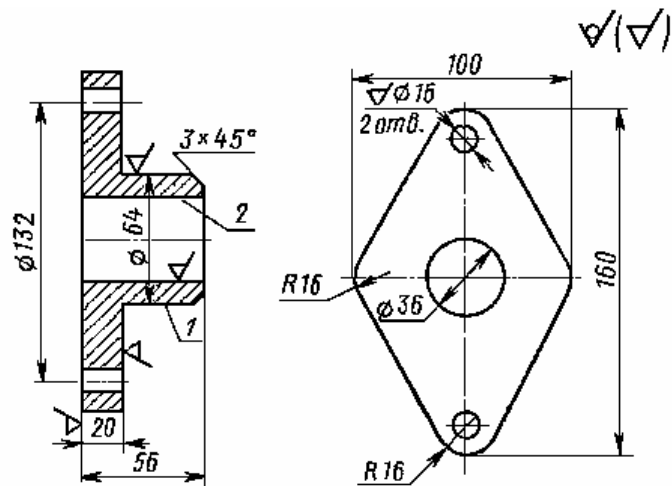
Вариант 13. Стакан Сталь 40ХН



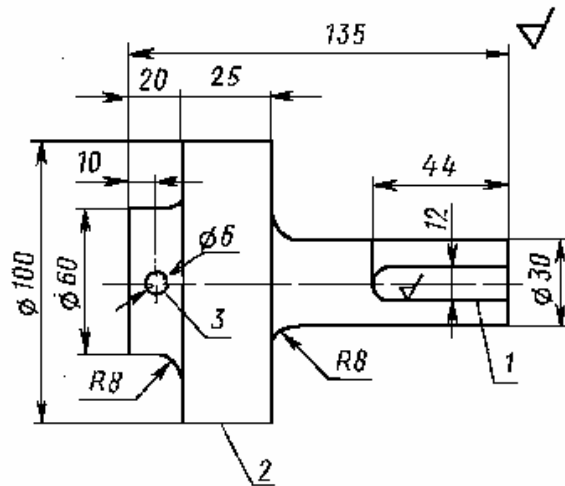
Вариант 14. Опора Чугун СЧ 25



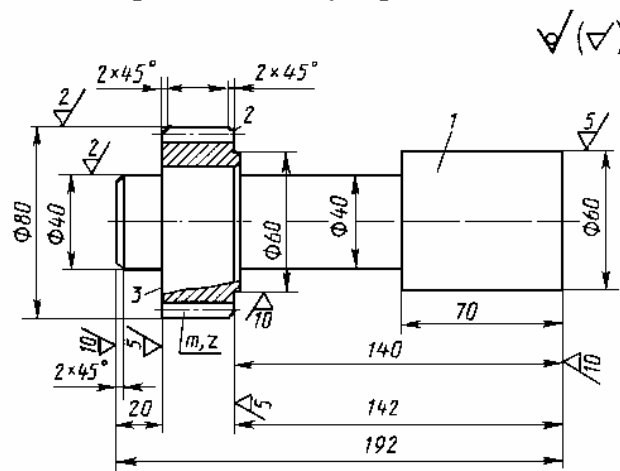
Вариант 15. Корпус Чугун СЧ 20



Вариант 16. Фланец Сталь 30Л



Вариант 17. Штуцер Сталь 20



Вариант 18. Вал промежуточный Сталь 45

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Цель работы

Закрепить знания полученные на теоретических занятиях по обработке металлов давлением. Разработать технологический процесс получения поковки горячей объемной штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе в открытом штампе.

Задание

1. В соответствии с вариантом задания начертить эскизы заданной готовой детали, поковки и открытого штампа.
2. Выбрать температурный интервал обработки.
3. Определить время нагрева заготовки.
4. Произвести расчет параметров горячей объемной штамповки (табл. 2.1).

2.1. Основные положения

Процесс обработки металлов давлением (ОМД) заключается в придании материалу требуемой формы, размеров и физико-механических свойств без нарушения его сплошности путем пластической деформации. В зависимости от полноты восстановления исходной формы и размеров тела после прекращения воздействия внешних сил различают упругую и пластическую деформацию, которые в процессе ОМД сопутствуют друг другу.

Изменение формы и размеров твердого тела в результате действия внешних сил оценивается степенью деформации. Наибольшая допустимая степень деформации зависит от пластичности обрабатываемого материала и его сопротивления деформированию. В свою очередь, они определяются химическим составом сплава, температурой обработки, скоростью деформирования и схемой нагружения.

Так, пластичность повышается, а сопротивление деформированию понижается в следующих случаях:

1. С понижением содержания углеродов и легирующих элементов в стали.
2. С повышением температуры обработки.
3. С понижением скорости деформирования (изменением степени деформирования в единицу времени). Однако при очень больших скоростях (например, при электромагнитной и взрывной штамповке) для многих металлов допустима чрезвычайно большая степень деформации, при которой не происходит разрушения.

4. При применении схемы нагружения создающей всестороннее неравномерное сжатие. Поэтому, например, при прессовании, объемной штамповке металл проявляет большую способность к пластическому деформированию, чем при волочении.

Следовательно, пластичность и технологические возможности ОМД следует рассматривать не как неизменное свойство какого-либо материала, а как его состояние, зависящее от конкретных условий обработки. Возможно создание комплекса условий (мелкозернистая структура металла, соответствующие температура и скорость деформации), при которых ряд металлов переходит в состояние сверхпластичности.

Пластическая деформация вызывает коренное изменение структуры и свойств металла; при этом зерна дробятся и вытягиваются в направлении пластического течения металла, создавая волокнистое строение. В результате холодной пластической деформации в 1,5...2 раза увеличивается твердость и прочность при одновременном снижении пластичности, изменяется электропроводность и магнитная проницаемость. Упрочнение металла в результате холодной пластической деформации называется *наклепом* или *нагартовкой*.

Наклеп переводит металл в неустойчивое структурное состояние, что связано с искажением кристаллической решетки. При нагреве холоднотемпературнодеформированного и деформации предварительно нагретого металла в нем происходят разупрочняющие процессы, называемые *возвратом* и *рекристаллизацией*.

Возврат для чистых металлов проявляется при температуре выше $0,3 T_{пл}$, где $T_{пл}$ – температура плавления, К. Увеличение амплитуды тепловых колебаний атомов искаженной кристаллической решетки позволяет им вернуться в положение устойчивого равновесия. При этом несколько увеличивается пластичность, а волокнистая структура не меняется.

Рекристаллизация происходит при увеличении температуры до $0,4 T_{пл}$ для чистых металлов. При этом подвижность атомов достаточна для их перегруппировок, приводящих к возникновению и росту новых равноосных зёрен с неискаженной кристаллической структурой взамен деформированных. Наклеп полностью снимается, а волокнистая структура превращается в равноосную. ОМД, проводимая выше температуры рекристаллизации, называется *горячей*, ниже – *холодной*.

Волокнистое строение деформированного металла приводит к анизотропии его свойств (прочность и ударная вязкость вдоль его волокон выше, чем поперек). Поэтому течение металла при обработке

давлением следует направлять так, чтобы волокна совпадали с направлением наибольших напряжений в детали при ее эксплуатации.

ОМД существенно влияет на свойства материалов. Она позволяет улучшить качество литого металла, так как литая дендритная структура преобразуется в относительно мелкое зерно. При горячем деформировании ликвидируются пустоты и микротрещины внутри слитка, уменьшается его ликвация (неоднородность химического состава) вследствие значительных перемещений слоев металла.

2.2. Нагрев металла при обработке давлением

При горячей деформации пластичность металла выше, а сопротивление деформации ниже, чем при холодной, поэтому она сопровождается меньшими энергетическими затратами. Вследствие этого холодную деформацию применяют только в том случае, если горячая деформация неприемлема.

Нагрев металла при ОМД влияет на качество и стоимость продукции. Основные требования к нагреву: необходим равномерный прогрев заготовки по сечению и длине до соответствующей температуры за минимальное время с наименьшей потерей металла в окалину и экономным расходом топлива. Неправильный нагрев вызывает различные дефекты: трещины, обезуглероживание, повышенное окисление, перегрев и пережог.

При медленном нагреве снижается производительность, увеличивается окисление и обезуглероживание поверхности заготовки. При перегреве (нагрев выше оптимального интервала ОМД) происходит рост зерна, что снижает механические свойства. Он исправляется нормальным отжигом путем нагрева до оптимальной температуры, выдержки и последующего медленного охлаждения вместе с печью. При пережоге, т. е. при нагреве до температуры близкой к температуре плавления, происходит оплавление границ зерен и появление трещин, что является неисправимым браком.

Каждый металл и сплав имеют свой определенный температурный интервал горячей обработки давлением, который выбирается по таблицам в зависимости от марки сплава. Так, например, для углеродистых сталей температуру начала горячего деформирования выбирают по диаграмме состояния железо – цементит на 100...200 °С ниже температуры плавления стали заданного химического состава, а температуру конца деформирования принимают на 50...100 °С выше температуры рекристаллизации.

Заготовки и слитки перед обработкой давлением нагревают в горнах или печах. Горны используют для нагрева мелких заготовок при ручной ковке и отапливаются каменным углем, коксом или мазутом. Печи подразделяются на пламенные и электрические, а по распределению температуры – на камерные и методические.

2.3. Порядок выполнения работы

Проектирование технологического процесса горячей объёмной штамповки заключается в разработке чертежа поковки, выполняемого на основании чертежа готовой детали (рис. 2.1, 2.2), и расчёте основных параметров штамповки, которые заносятся в табл. 2.1.

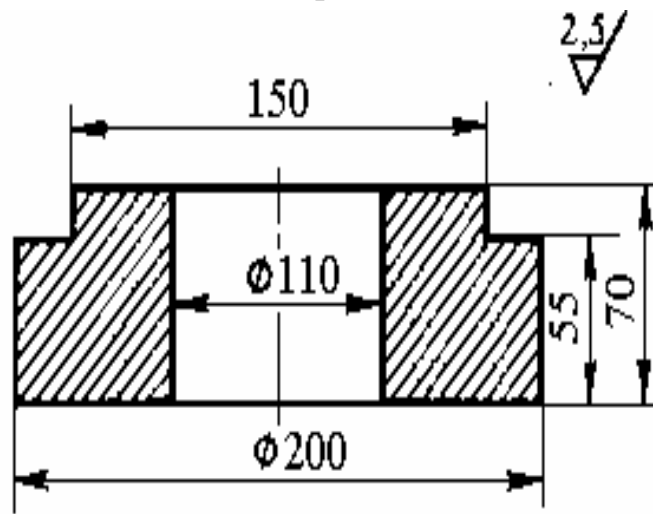


Рис. 2.1. Эскиз детали

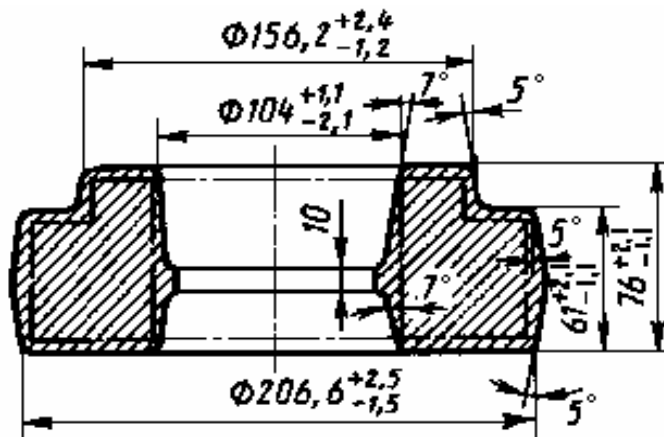


Рис. 2.2. Эскиз поковки

Перед разработкой эскиза поковки предварительно определяется масса заданной детали по формуле

$$G_d = V \cdot \gamma,$$

где G_d – масса детали, кг; V – объем детали, см^3 ; γ – плотность металла (для стали $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$).

Расчёт объёма и массы детали следует выполнять по эскизу поковки, разбивая весь объём на элементы, представляющие собой правильные геометрические тела.

Таблица 2.1

Результаты расчетов

Наименование параметра	Численное значение
Способ производства (массовое, серийное, единичное)	
Масса детали G_d , кг	
Масса поковки G_p , кг	
Масса исходной заготовки G_z , кг	
Коэффициент использования металла, К %	
Время нагрева заготовки в печи T , ч	
Усилие деформирования P_o , кг	
Усилие прессы на обрезку облоя P_o , кг	
Температурный интервал нагрева заготовки, °С	

При составлении эскиза поковки габаритный контур готовой детали показывают тонкими линиями. Контур поковки вычерчивают сплошными линиями. Цифры над размерной линией обозначают номинальные размеры поковки и допустимые предельные отклонения.

Разработка эскиза поковки осуществляется в следующей последовательности:

1. Выбирается плоскость разъёма штампа. Она должна обеспечивать возможность свободного извлечения поковки из штампа, препятствовать возможному сдвигу одной части штампа относительно другой, плоскость разъёма должна пересекать вертикальные поверхности поковки.

2. На поверхности поковки, подлежащей механической обработке (обозначенные знаком ∇), назначают припуски. Их выбирают по таблицам из ГОСТов в зависимости от габаритных размеров и массы детали и от требований к поковкам (табл. 2.2).

3. По тем же таблицам назначают допуски – допустимые отклонения размеров поволоков из-за возможной их недоштамповки по высоте, сдвига штампов и их износа.

Таблица 2.2

Припуск и допуск на механическую обработку поковок на сторону

Масса детали, кг	Штамповка на прессах						Элементы допусков, определяемые по массе детали, мм		
	Толщина (высота), длина или ширина детали, мм						по недоштамповке	по износу штампа	по смещению
	до 50	50...120	120...180	180...260	260...360	360...500			
До 0,25	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,6	0,3	0,2
0,25...0,63	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	0,8	0,4	0,25
0,64...1,60	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,2	0,5	0,3
1,61...2,50	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,4	0,6	0,35
2,51...4,00	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	0,7	0,4
4,01...6,30	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,7	0,8	0,5
6,31...10,0	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	1,8	0,9	0,6
10,1...16,0	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,0	1,0	0,6
16,1...25,0	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,2	1,1	0,7
25,1...40,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,5	1,2	0,7

4. Штамповкой не всегда можно получить сложную конфигурацию поковки. Поэтому для упрощения формы поковки назначают напуски, представляющие собой часть объёма поковки, добавляемую для облегчения её изготовления. К напускам также относят штамповочные уклоны, внутренние радиусы закруглений, перемычки отверстий.

5. В штампах с одной плоскостью разреза нельзя получить сквозное отверстие в поковках. Поэтому в них делают наметку отверстия сверху и снизу, а между ними остается перемычка, толщина которой $S = 0,1 d_{\text{отв}}$ поковки. Отверстия диаметром менее 30 мм в поковках не делают, их получают сверлением.

6. На боковые поверхности поковки (перпендикулярные плоскости разреза штампа) для облегчения извлечения её из штампа назначают штамповочные уклоны. Различают наружные α и внутренние β уклоны. Внутренние уклоны на $2...3^\circ$ больше наружных, так как при охлаждении поковки её внутренние поверхности прижимаются к штампу, а наружные отходят от стенок штампа, уменьшая вероятность застревания поковки в штампе (табл. 2.3, рис. 2.3).

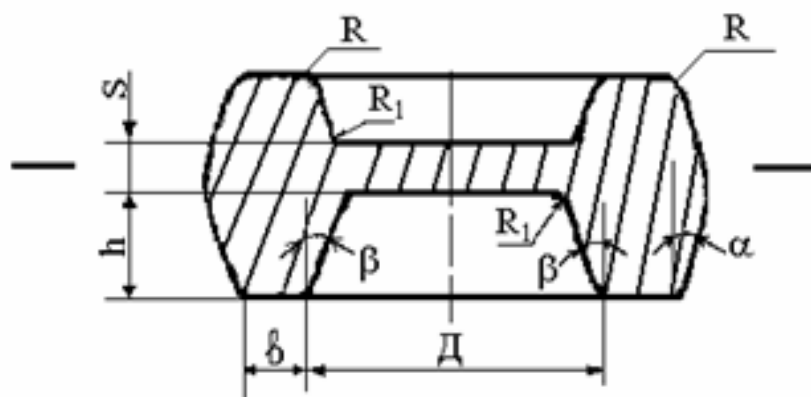


Рис. 2.3. Наружные R и внутренние R_1 радиусы закругления поковок, плоская перемычка S под прошивку, наружные α и внутренние β штамповочные уклоны

Таблица 2.3

Штамповочные уклоны

Штамповочное оборудование	Допустимо		
	h / b	Внешний угол, α°	Внутренний угол, β°
Гидравлические и механические прессы	до 2	3	5
	2 – 5	5	7
	5 – 7	7	10

7. На пересекающиеся поверхности поковки назначаются внутренние и наружные радиусы закруглений (рис. 2.3), которые необходимы для лучшего заполнения полости штампа металлом, предохранения его от преждевременного изнашивания и поломок, а также для получения качественных поковок. Величина радиусов закруглений регламентируется ГОСТ 7505-89.

Практически достаточно, если наружные радиусы будут на 0,5...1 мм больше величины припуска на механическую обработку данной поковки, а внутренние радиусы закруглений в 2...3 раза больше наружных. Для облегчения изготовления штампа радиусы следует для каждой поковки унифицировать, т. е. выбрать одно значение радиусов наружных и одно значение радиусов внутренних из следующего ряда чисел 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5.

8. Эскиз поковки составляется на основе эскиза детали с учётом припуска на механическую обработку, допусков на размеры и технологических напусков (штамповочных уклонов, перемычек в отверстиях, внутренних радиусов закруглений и др.).

9. Расчёт объёма и массы поковки следует выполнять по эскизу поковки, разбивая весь объём на элементы, представляющие собой правильные геометрические тела.

10. Определение массы исходной заготовки осуществляется по формуле

$$G_3 = G_{\text{п}} + G_y + G_o,$$

где G_3 – масса исходной заготовки, кг; $G_{\text{п}}$ – масса поковки, кг; G_y – масса металла идущего на угар при нагреве заготовки, кг (угар при нагреве в пламенных печах принимают равными 3% от массы поковки); G_o – масса облоя, кг (принимается равной 10...15% от массы поковки).

11. Исходя из массы детали и заготовки определяется коэффициент использования металла в процентах по формуле

$$K = G_{\text{д}} \cdot 100 / G_3.$$

12. Температурный интервал горячей штамповки определяется по табл. 2.4.

13. Время выдержки заготовки в печи производится по формуле

$$T = K \cdot \alpha \cdot D \cdot \sqrt{D},$$

где T – общее время нагрева, включая выдержку, ч; K – коэффициент, учитывающий степень легирования стали (принимается равным 10 для углеродистой стали и 20 – для легированной); α – коэффициент, зависящий от способа укладки заготовок в печи: для штучных заготовок круглого сечения, нагреваемых со всех сторон (единичное производство) $\alpha = 1$, а для плотноуложенных (массовое или серийное производство) $\alpha = 2$; D – диаметр (размер стороны), м.

Таблица 2.4

Температурные интервалы горячей объёмной штамповки

Марка стали	Предел прочности σ_B , кг / мм ²	Температура, °С			Рекомендуемый интервал, °С
		Начало	Конец		
			не выше	не ниже	
10	33	1280	800	720	1250...750
15	38	1250	850	760	1220...800
30	50	1280	830	720	1250...750
35	54	1280	830	720	1250...750
45	61	1260	850	760	1220...800
70	105	1220	850	770	1180... 800
65Г	100	1220	850	760	1180...800
9Х	78	1150	850	800	1110...825
20Х	80	1250	870	800	1200...800
40Х	100	1200	870	800	1180...830
50ХН	82	1200	870	800	1180...830
18ХГТ	100	1250	850	800	1220...830
12ХН3А	95	1200	870	760	1180...800
12Х2Н4ВА	115	1200	850	800	1220...830

14. Необходимое усилие деформирования определяется по формуле

$$P_{\partial} = z \cdot m \cdot k \cdot F,$$

где P_{∂} – усилие деформирования, кг; z – коэффициент, учитывающий условия деформирования (табл. 2.5); m – коэффициент, учитывающий объём заготовки (табл. 2.5); k – удельное давление деформирования (для конструкционных сталей принимается равным 6000 кг / см²); F – площадь проекции штампуемой поковки на плоскость разъёма штампа (без учёта облоя), см².

Таблица 2.5

Поправочные коэффициенты

Условия деформирования	Z	Объём заготовки, см ³	m
Штамповка заготовок простой конфигурации	1,5	до 25	1
		25...100	1...0,9
Штамповка заготовок сложной конфигурации	1,8	100...1000	0,9...0,8
		1000...5000	0,8...0,7

15. Усилие прессы для обрезки облоя определяется по формуле

$$P_o = n \cdot \sigma_{cp} \cdot F_{cp},$$

где P_o – усилие прессы, кг; n – коэффициент, учитывающий притупление режущих кромок ($n = 1,6 \dots 1,8$); σ_{cp} – предел прочности материала поковки на срез, кг / мм²:

$$\sigma_{cp} = 0,8 \cdot \sigma_{\sigma},$$

где σ_{σ} – предел прочности материала поковки, кг / мм² (табл. 2.4);

F_{cp} – площадь среза, мм², подсчитывается как

$$F_{cp} = l \cdot h,$$

где l – периметр обрезаемого слоя, мм; $h = 3 \dots 4$ мм – толщина облоя.

16. Штамповка может быть осуществлена в открытых и закрытых штампах (рис. 2.4).

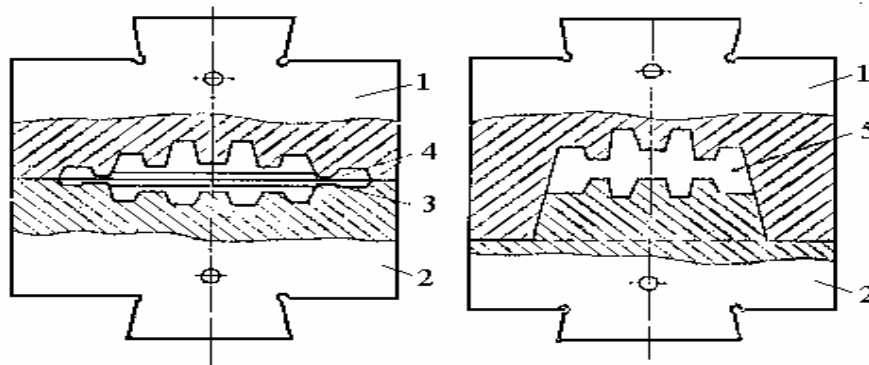


Рис. 2.4. Эскизы открытого (а) и закрытого (б) штампа:
1 – верхняя половина штампа; 2 – нижняя половина штампа;
3 – конфигурация поковки; 4 – магазин; 5 – мостик

Открытыми называют штампы, у которых вдоль всего внешнего контура штамповочного ручья сделана специальная облойная канавка, в которую на заключительной стадии штамповки вытесняется избыток металла, и состоящая из узкого зозора – «мостика» и расширенной части – «магазина». Так как облойную канавку делают очень узкой, то течение металла в облой затруднено и возможно только при значительном давлении металла, находящегося в полости штампа. По мере затекания металла в облойную канавку давление нарастает и заставляет металл плотно заполнять все, даже очень небольшие и неудобные для заполнения элементы формы ручья штампа, обеспечивая хорошее формообразование поковки.

Закрытыми или безоблойными называют штампы, в которых металл деформируется в замкнутом пространстве. В отличие от открытых штампов, имеющих поверхность разъёма в виде плоскости, закрытые штампы имеют разъём по сложной поверхности с направляющими, обеспечивающими точное соударение половин штампа в конце штамповки. При безоблойной штамповке расход металла уменьшается на 20%, кроме того, исключаются затраты на обрезку облоя. Однако закрытые штампы для деталей сложной формы конструктивно трудновыполнимы, дороги и быстро выходят из строя. Кроме того, при безоблойной штамповке необходимы точное соблюдение размеров заготовки и установка её по центру ручья штампа, иначе возможен брак – односторонние торцовые заусенцы и не заполнение полости штампа.

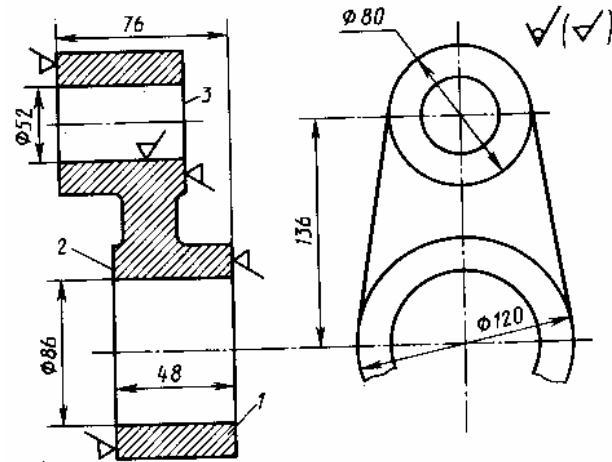
2.4. Содержание отчёта

1. Название работы
2. Цель работы
3. Эскиз детали
4. Эскиз поковки
5. Эскиз открытого штампа
6. Расчёт основных параметров горячей объёмной штамповки (табл. 2.1).

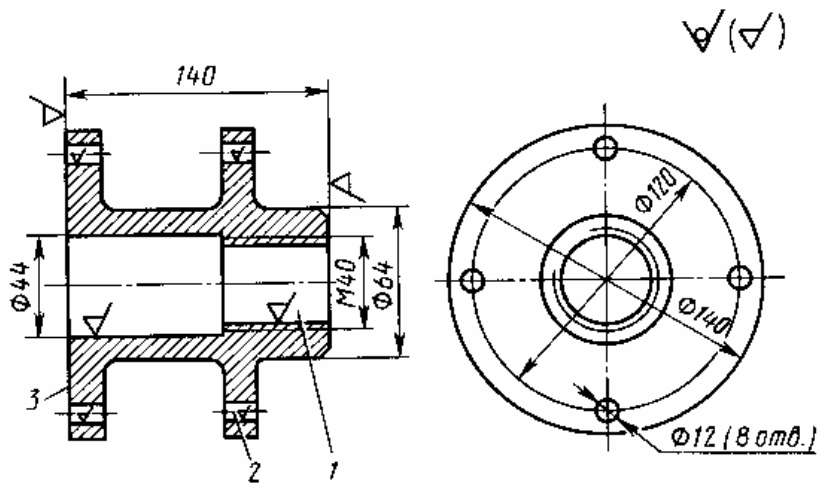
2.5. Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чём заключается сущность обработки металлов давлением?
2. От чего зависит наибольшая допустимая степень пластической деформации?
3. Какие факторы влияют на пластичность металла и его сопротивление деформированию?
4. Что называется наклёпом?
5. Как изменяются свойства металла при наклёпе?
6. Что такое рекристаллизация металлов?
7. При какой температуре обработка металлов давлением считается горячей?
8. Какие дефекты могут возникнуть при неправильном нагреве?
9. От чего зависит время нагрева заготовок?
10. Для чего назначаются штамповочные уклоны и радиусы закруглений?
11. Какие штампы называются открытыми?
12. Чем закрытые штампы отличаются от открытых?
13. В чём заключаются преимущества и недостатки закрытых штампов?

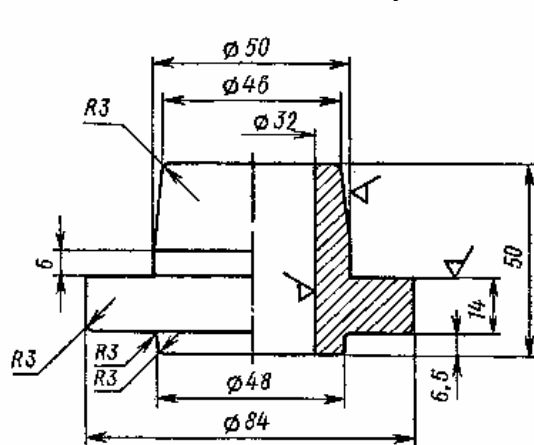
2.6. Варианты задания



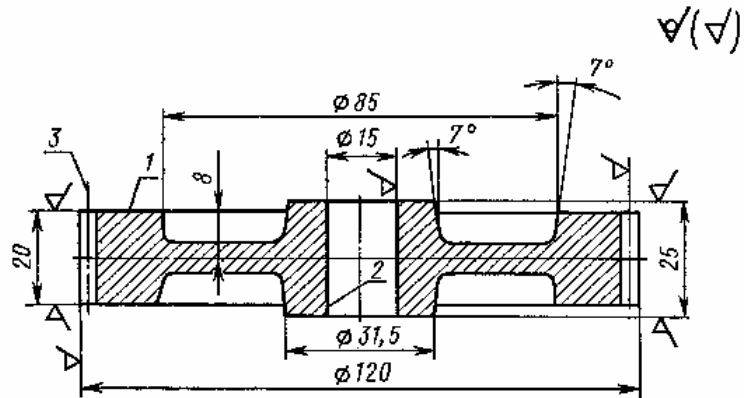
Вариант 1. Серьга Сталь 30. Производство единичное



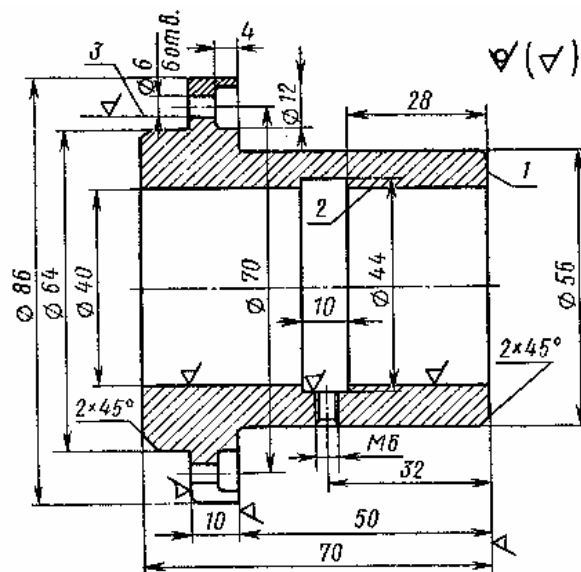
Вариант 2. Фланец Сталь 10. Производство единичное



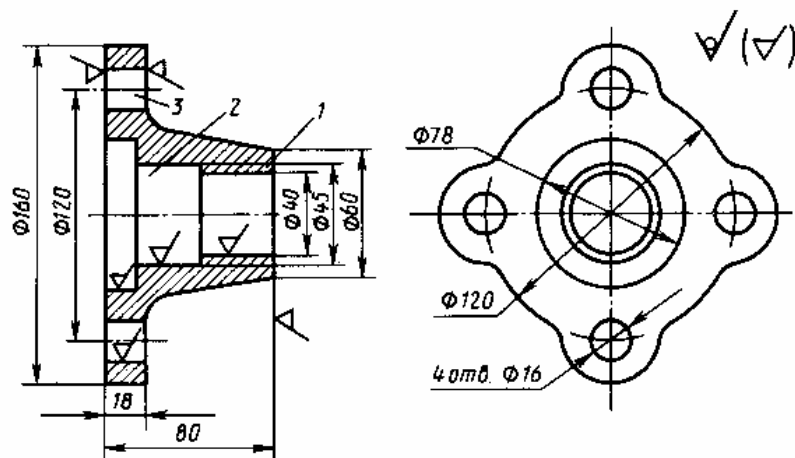
Вариант 3. Ступица Сталь 15. Производство массовое



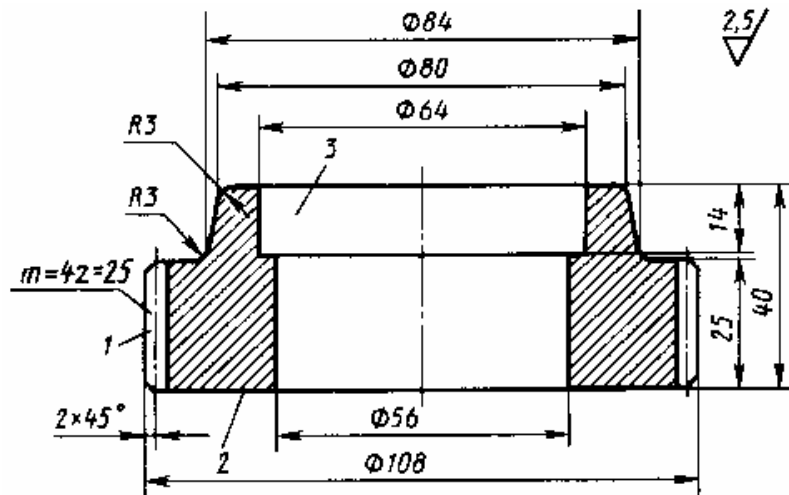
Вариант 4. Шестерня Сталь 30. Производство серийное



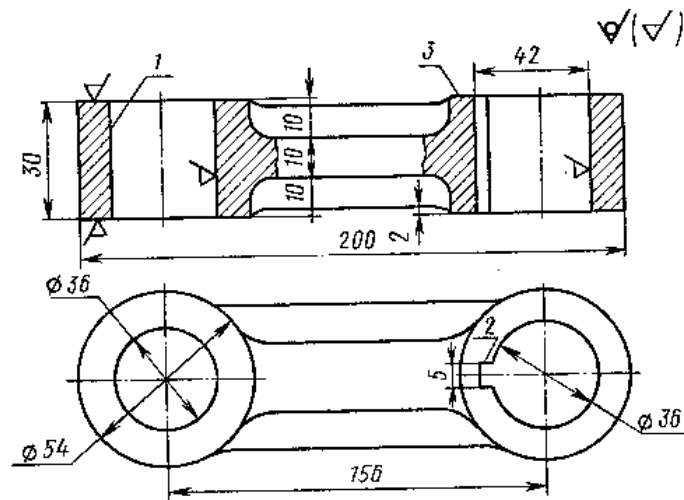
Вариант 5. Втулка Сталь 35. Производство единичное



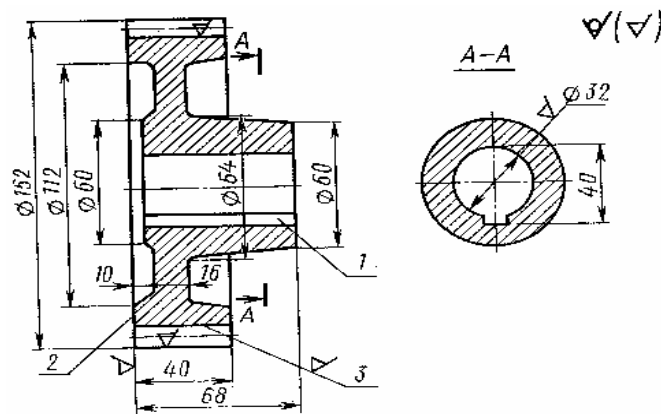
Вариант 6. Крышка Сталь 45. Производство массовое



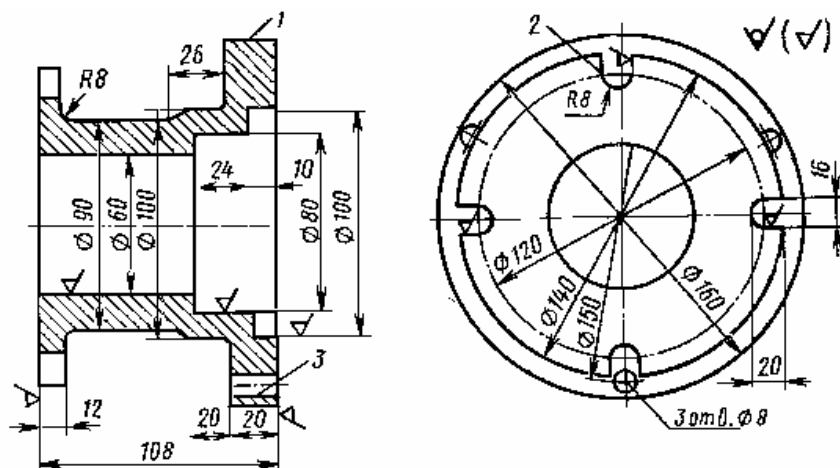
Вариант 7. Шестерня Сталь 70. Производство серийное



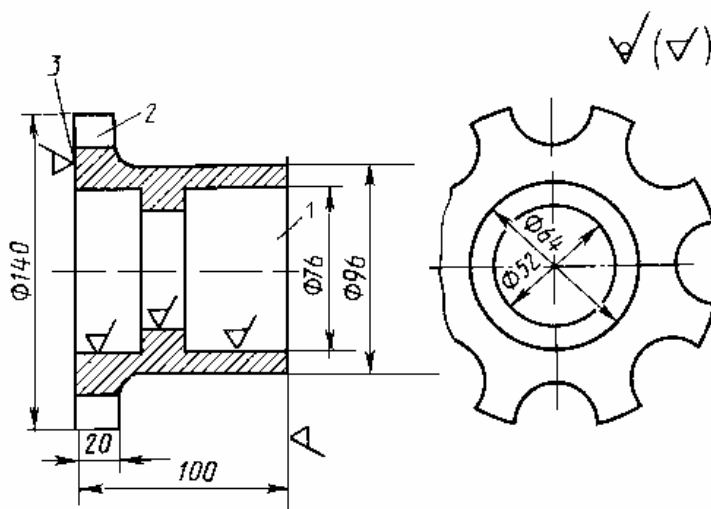
Вариант 8. Серьга Сталь 9Х. Производство единичное



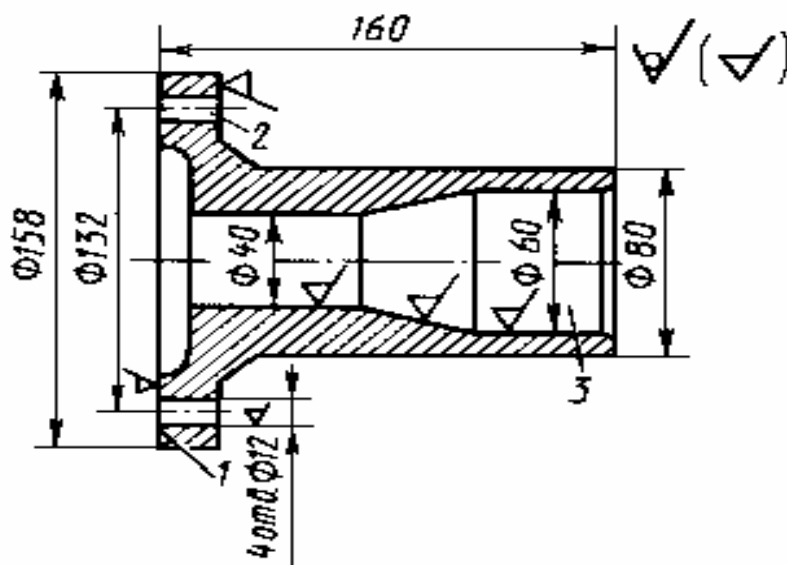
Вариант 9. Колесо Сталь 40Х. Производство массовое



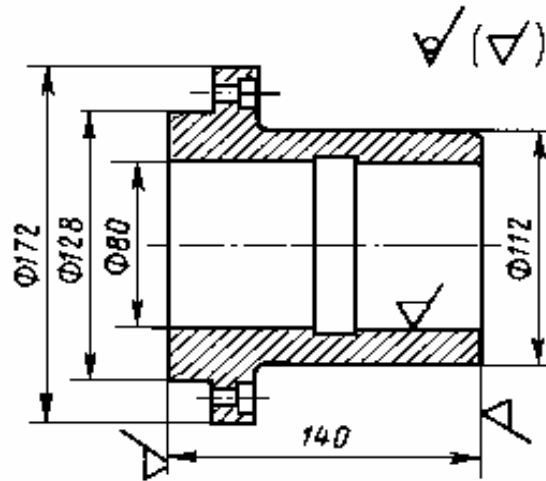
Вариант 10. Корпус Сталь 20Х. Производство единичное



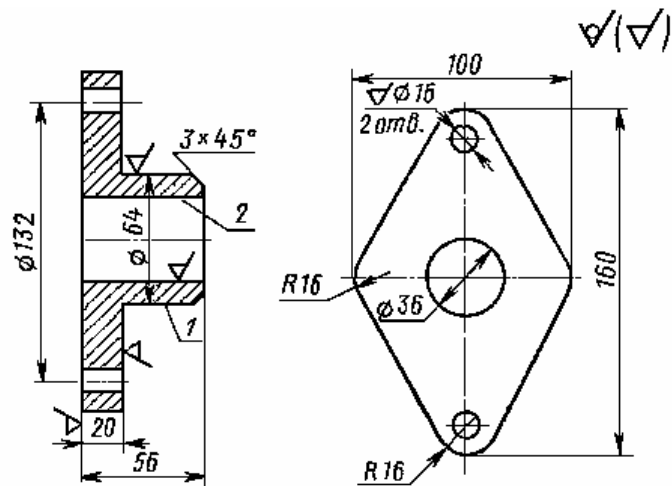
Вариант 11. Переходник Сталь 50ХН. Производство единичное



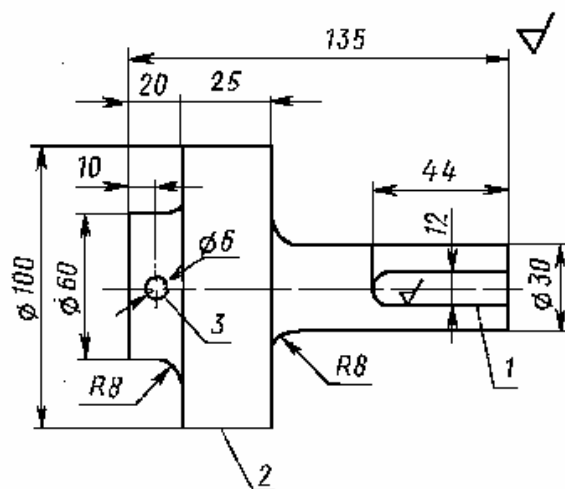
Вариант 12. Втулка Сталь 18ХГТ. Производство массовое



Вариант 13. Стакан Сталь 50ХН. Производство массовое



Вариант 14. Фланец Сталь 30. Производство массовое



Вариант 15. Штуцер Сталь 40Х. Производство единичное

3. ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Цель работы

Ознакомиться с оборудованием, применяемыми материалами и технологией газовой сварки.

Задание

В соответствии с вариантом задания (табл. 3.3) для газовой сварки малоуглеродистой стали в нижнем положении описать технологию, подобрать режим сварки, рассчитать полный расход горючего газа.

3.1. Основные положения

При газовой сварке расплавление кромок свариваемого изделия и присадочной проволоки осуществляется теплом, выделяющимся при сжигании горючего газа в смеси с кислородом. Газовую сварку применяют при изготовлении сварных изделий из тонколистовой стали, медных и алюминиевых сплавов, при исправлении дефектов в чугунных и бронзовых отливках, а также при различных ремонтных работах.

Кислород, используемый для сварочных работ, получают из воздуха методом глубокого охлаждения и поставляют к месту потребления в стальных баллонах голубого цвета с черной надписью «Кислород». Водяная емкость баллона 40 литров и при давлении 15 МПа он вмещает 6 м³ газообразного кислорода.

В качестве горючих газов могут быть использованы ацетилен, водород, природный и нефтяной газ, пары бензина и керосина. Наибольшее применение получил ацетилен, так как он дает при горении в технически чистом кислороде самую высокую температуру пламени, достигающую 3150 °С.

Ацетилен (C₂H₂) – бесцветный газ с характерным запахом, воспламеняется при 420 °С, становится взрывоопасным при сжатии свыше 0,18 МПа, а также при длительном соприкосновении с медью и серебром. Ацетилен получают в ацетиленовых генераторах при взаимодействии карбида кальция с водой:



К месту сварки ацетилен поставляется в стальных баллонах вместимостью 40 литров, в которых при максимальном давлении 1,9 МПа содержится примерно 5,5 м³ газа. Для обеспечения безопасного хранения и транспортировки ацетилена, баллон заполнен пористым активированным углем, который пропитан ацетоном. В одном объеме аце-

тона растворяется 23 объема ацетилена. Баллон окрашен в белый цвет с надписью «Ацетилен» красного цвета.

Схема газового поста с питанием от баллонов показана на рис. 3.1.

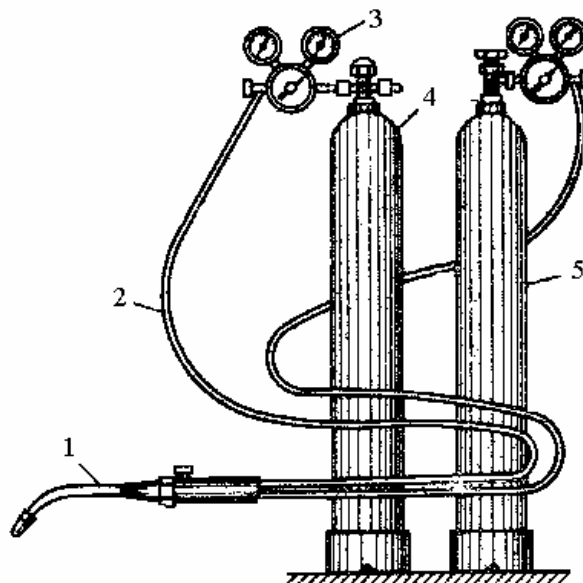


Рис. 3.1. Схема газосварочного поста с питанием от баллонов:

1 – сварочная горелка; 2 – гибкий шланг; 3 – редуктор;
4 – баллон с ацетиленом; 5 – баллон с кислородом

К вентилям баллонов крепятся газовые редукторы, которые предназначены для снижения давления газа, поступающего из баллона к горелке, и поддержания постоянства установленного давления во время работы. Газовые редукторы имеют обычно два манометра, один из которых измеряет давление газа на входе в редуктор, второй – на выходе из него. Редукторы для различных газов отличаются лишь устройством присоединительной части, которая соответствует устройству вентиля соответствующего баллона и исключает ошибочную установку, например, ацетиленового редуктора на кислородный баллон. Корпус редуктора окрашивают в определенный цвет, например, голубой для кислорода, белый для ацетилена. К сварочной горелке кислород и ацетилен от редукторов подаются через специальные резиновые шланги.

Газосварочные горелки служат для смешивания в требуемой пропорции кислорода и ацетилена, подачи горючей смеси к месту сварки и создания концентрированного пламени требуемой мощности. По принципу действия горелки подразделяются на инжекторные и безинжекторные (рис. 3.2). В инжекторных горелках поступление горючего газа (ацетилена) происходит за счет подсоса его струей кислорода, который, вытекая с большой скоростью из сопла инжектора, создает

разряжение в каналах, по которым поступает ацетилен. Давление кислорода должно быть при этом равным 0,2...0,4 МПа, а давление ацетилена на входе в горелку может быть 0,001...0,002 МПа.

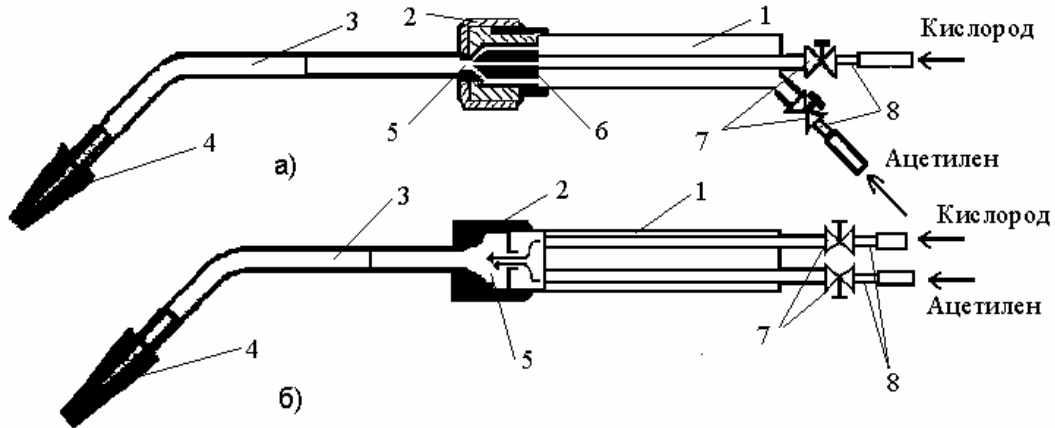


Рис. 3.2. Схемы ацетиленовых горелок:

- а – инжекторные; б – безинжекторные; 1 – ствол горелки; 2 – гайка;
3 – наконечник; 4 – мундштук; 5 – смешивательная камера; 6 – инжектор;
7 – вентиль; 8 – штуцер присоединительный

Горелки этого типа имеют сменные наконечники с различными диаметрами выходных отверстий инжектора и мундштука, что позволяет регулировать в широких пределах мощность ацетилено-кислородного пламени, поддерживая достаточно высокую скорость истечения газов из горелки. Наиболее распространенные инжекторные горелки «Звезда» и ГС-3 имеют семь номеров сменных наконечников (табл. 3.1).

Горелки большой мощности и многопламенные, работающие в тяжелых условиях, при высокой температуре, обычно делаются безинжекторными, в них оба газа – кислород и ацетилен – поступают под одинаковым давлением в пределах 0,01...0,15 МПа.

Таблица 3.1

Техническая характеристика инжекторных горелок «Звезда» и ГС-3

Толщина свариваемого металла, мм (сталь малоуглеродистая)						
0,5...1,5	1...2,5	2,5...4	4...7	7...11	10...18	17...30
Номера наконечников						
1	2	3	4	5	6	7
Давление кислорода, МПа						
0,1...0,4	0,15...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4	0,2...0,4
Давление ацетилена, МПа						
Не ниже 0,001						

В зависимости от соотношений объемов ацетилена и кислорода, подаваемых в горелку, изменяется состав пламени. Если на 1 объем ацетилена подается примерно 1...1,2 объема кислорода, то весь ацетилен полностью сгорает и такое пламя называется нормальным. Пламя состоит из трех зон: ядра пламени 1, восстановительной зоны 2 и факела 3 (рис. 3.3).

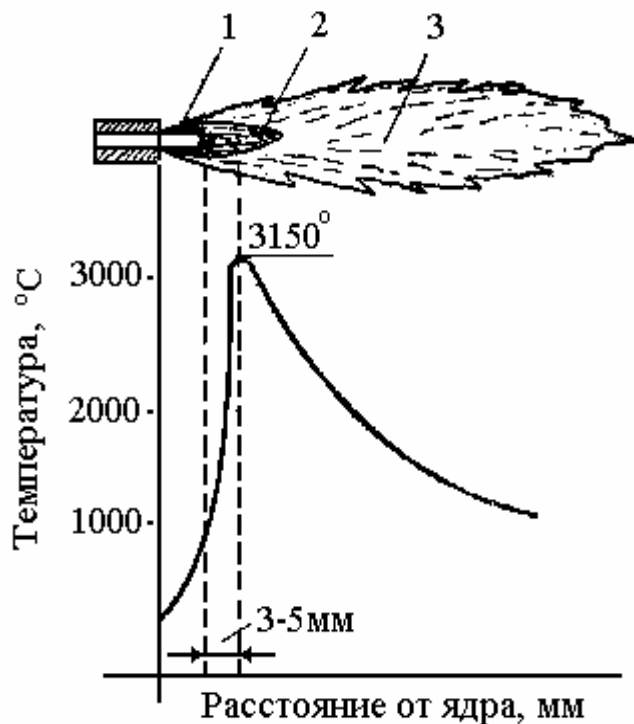


Рис. 3.3. Строение сварочного ацетилено-кислородного пламени:
1 – ядро; 2 – восстановительная зона; 3 – факел пламени

Ядро ослепительно белого цвета, имеет форму конуса с закругленным концом. В ядре происходит постепенный нагрев до температуры воспламенения газовой смеси, поступающей из мундштука. Восстановительная зона имеет значительно более темный цвет, чем ядро, и наиболее высокую температуру на расстоянии 3...5 мм от края ядра. В факеле протекает горение ацетилена за счет атмосферного кислорода. Нормальное пламя используют для сварки малоуглеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей, а также меди, магниевых сплавов, алюминия, цинка, свинца и др.

При увеличении содержания кислорода ($O_2 / C_2H_2 > 1,2$) пламя приобретает голубоватый оттенок и имеет заостренную форму ядра. Такое пламя называется окислительным и может быть использовано только при сварке латуни. В этом случае избыточный кислород образует с цинком, содержащимся в латуни, тугоплавкие оксиды, пленка которых препятствует дальнейшему испарению цинка.

При увеличении содержания ацетилена ($O_2 / C_2H_2 < 1$) пламя становится коптящим, удлиняется и имеет красноватый оттенок. Такое пламя называют науглероживающим и применяется для сварки высокоуглеродистых сталей, чугуна, цветных металлов и наплавке твердых сплавов, так как в этом случае компенсируется выгорание углерода и восстанавливаются оксиды цветных металлов.

3.2. Расчет режимов газовой сварки

Качественный сварной шов обеспечивается правильным подбором тепловой мощности сварочного пламени, видом пламени, способом сварки, углом наклона горелки, применением соответствующего присадочного материала и флюса.

Тепловая мощность сварочного пламени оценивается по расходу ацетилена (л/ч) и определяется по формуле

$$q = A \cdot S ,$$

где A – коэффициент тепловой мощности (для малоуглеродистой стали $A = 100 \dots 130$ л/ч·мм); S – толщина свариваемого металла, мм.

По мощности пламени определяют номер наконечника горелки.

При использовании газовой сварки для изготовления металлических изделий предпочтительным типом соединения является стыковое. Наклепочное и тавровое соединения, вследствие возникновения в изделии значительных собственных напряжений, нежелательны, а при сварке изделий большой толщины недопустимы.

Сварка сталей толщиной до 2 мм осуществляется без скоса кромок и без зазора между листами или с отбортовкой кромок без присадочного металла. При толщине листа 2...5 мм соединение встык выполняют без скоса кромок, но с соответствующим зазором. Сталь толщиной более 5 мм сваривают только встык с применением одностороннего или двухстороннего скоса кромок.

При толщине металла более 5 мм применяют правый способ сварки, при котором горелка движется впереди сварочной проволоки слева направо (рис. 3.4, а). Пламя направлено на наплавленный металл, что способствует более качественному формированию шва, увеличивает производительность, уменьшает расход ацетилена, но при малых толщинах может привести к прожогу металла.

При толщине металла до 5 мм применяют левый способ сварки (рис. 3.4, б), при котором горелка движется справа налево. Присадочный пруток находится слева от горелки и передвигается впереди пламени, направленного от наплавленного металла в сторону основного ме-

талла, на нагрев которого расходуется значительная часть тепла, в результате чего наплавленный металл быстро охлаждается.

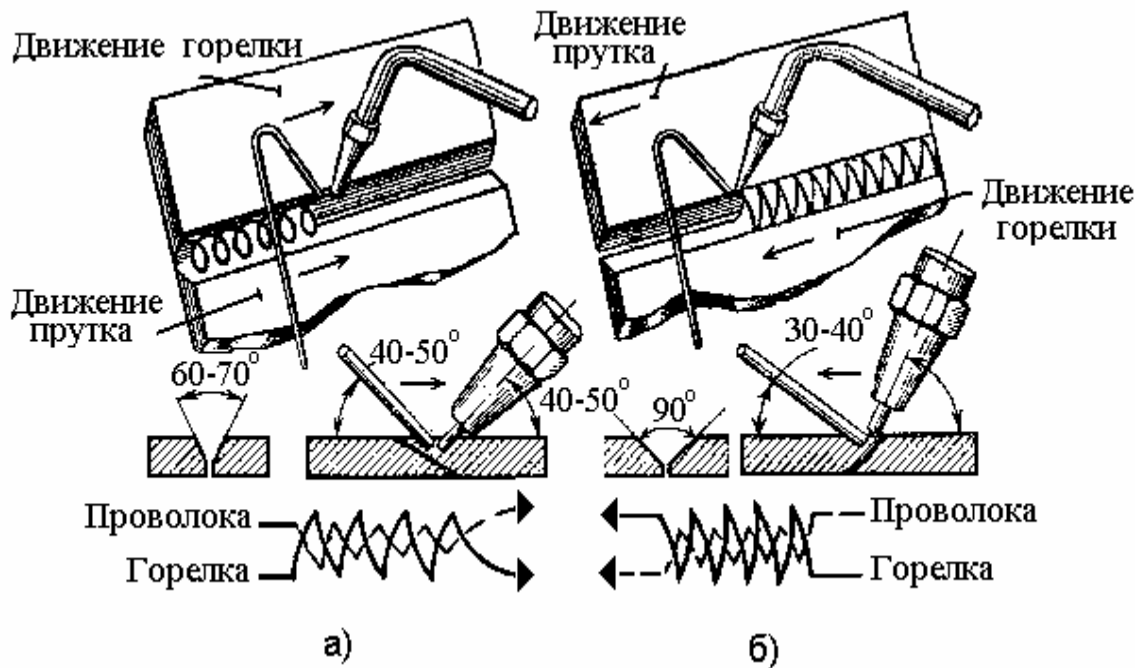


Рис. 3.4. Способы газовой сварки:
а – правый; б – левый

Угол наклона горелки к свариваемой поверхности зависит от толщины металла. При её увеличении нужна большая концентрация тепла и соответственно большой угол наклона горелки (рис. 3.5).

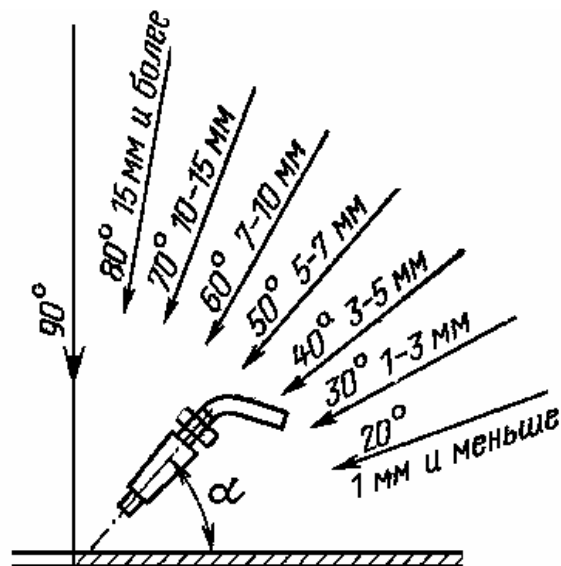


Рис. 3.5. Изменение угла наклона горелки в зависимости от толщины свариваемого металла

Диаметр присадочной проволоки d (мм) определяют в зависимости от выбранного способа сварки и толщины свариваемого металла S (мм) по следующим формулам:

$$d = S / 2 + 1 \text{ – при левом способе;}$$

$$d = S / 2 \text{ – при правом способе.}$$

После расчета выбирается ближайший из следующего ряда стандартных диаметров: 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10 и 12. При сварке изделия толщиной более 15 мм диаметр проволоки принимают не более 6...8 мм.

В качестве присадочного материала следует применять проволоку или прутки, близкие по химическому составу к металлу свариваемых изделий. Для сварки чугуна применяют специальные литые чугунные стержни; для наплавки износостойких покрытий – литые стержни из твердых сплавов. Для сварки цветных металлов и некоторых специальных сплавов используют флюсы, которые могут быть в виде порошков и паст; для сварки меди и её сплавов – кислые флюсы (буру, буру с борной кислотой); для сварки алюминиевых сплавов – бескислородные флюсы на основе фтористых, хлористых солей лития, калия, натрия и кальция. Роль флюса состоит в растворении оксидов и образовании шлаков, легко всплывающих на поверхность сварочной ванны, а также предохранении расплавленного металла от дальнейшего окисления в процессе сварки, покрывая его тонкой пленкой. Во флюсы можно вводить элементы, раскисляющие и легирующие наплавленный металл.

Скорость сварки V (м/ч) определяется глубиной проплавления и зависит от свойств металла:

$$V = C / S ,$$

где C – коэффициент скорости сварки, м · мм/ч (для углеродистых сталей $C = 12...15$); S – толщина металла, мм.

Время сварки t (ч) определяют из уравнения

$$t = L / V ,$$

где L – длина шва, м; V – скорость сварки, м/ч.

Полный расход горючего газа Q (л) определяется по формуле

$$Q = q \cdot t ,$$

где q – тепловая мощность сварочного пламени, л/ч; t – время сварки, ч.

3.3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Рисунки: 3.1, 3.3, 3.4.
4. Результаты расчетов (табл. 3.2.).
5. Краткое описание сущности и технологии газовой сварки.
6. Выводы по выполненной работе.

Таблица 3.2

Исходные данные и результаты расчетов

№ п/п	Параметр	Расчетная формула	Численное значение
1.	Толщина свариваемого металла S , мм	Табл. 3.3	
2.	Длина шва L , мм	Табл. 3.3	
3.	Способ сварки (правый, левый)		
4.	Коэффициент тепловой мощности A , л/ч·мм		
5.	Тепловая мощность пламени q , л/ч		
6.	Угол наклона мундштука горелки, град	Рис. 3.5	
7.	Диаметр присадочной проволоки d , мм		
8.	Номер наконечника горелки	Табл. 3.1	
9.	Коэффициент скорости сварки C , м·мм/ч		
10.	Скорость сварки V , м/ч		
11.	Вид пламени		
12.	Время сварки t , ч		
13.	Полный расход горючего газа Q , л		

3.4. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Сущность газовой сварки.
2. Область применения газовой сварки.
3. Получение, хранение и транспортировка ацетилена.
4. Состав газосварочного поста.
5. Характеристика применяемых газов.
6. Характеристика горелок и их назначение.
7. Назначение газовых редукторов.
8. Строение ацетилено-кислородного пламени.
9. Виды пламени и область их применения.
10. Основные параметры режима газовой сварки.
11. Давление кислорода и ацетилена в баллонах и перед горелками.
12. Основные способы газовой сварки и их характеристика.
13. Сварочные материалы.

Таблица 3.3

Исходные данные для выполнения работы

Номер варианта	Толщина свариваемого металла S, мм	Длина шва L, мм	Номер варианта	Толщина свариваемого металла S, мм	Длина шва L, мм
1	0,5	250	16	8,0	500
2	1,0	260	17	8,5	470
3	1,5	270	18	9,0	440
4	2,0	280	19	9,5	410
5	2,5	290	20	10,0	380
6	3,0	300	21	11,0	350
7	3,5	320	22	12,0	320
8	4,0	340	23	13,0	290
9	4,5	360	24	14,0	260
10	5,0	380	25	15,0	230
11	5,5	400	26	16,0	220
12	6,0	420	27	17,0	240
13	6,5	440	28	18,0	310
14	7,0	460	29	19,0	330
15	7,5	480	30	20,0	350

5. ВЫБОР РЕЖИМОВ СТЫКОВОЙ И РОЛИКОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Цель работы

Изучить технологию контактной сварки и области её применения, научиться рассчитывать параметры режима сварки.

Задание

1. Привести схемы процессов контактной сварки с кратким их описанием.
2. В соответствии с вариантом задания (табл. 4.6) рассчитать параметры режима стыковой сварки сопротивлением для прутков от 3 до 20 мм из углеродистой стали и непрерывной роликовой сварки заготовок из низколегированной листовой стали толщиной от 0,2 до 3мм.

4.1. Основные положения

Контактная сварка относится к способам сварки давлением, при которой заготовки в месте соединения нагреваются теплом, выделяющимся при прохождении электрического тока, и сжимаются определенным усилием. Для получения качественных сварных деталей металл в месте контакта нагревают до расплавления и лишь в отдельных случаях (например, при стыковой сварке сопротивлением) до пластического состояния, обеспечивающего требуемую пластическую деформацию заготовок. В процессе этой деформации происходит удаление окислов из места соединения, устранение раковин и уплотнение металла.

При пропускании электрического тока через свариваемые заготовки максимальное количество теплоты выделяется в месте свариваемого контакта и определяется по закону Джоуля-Ленца:

$$Q = 0,24 \cdot J^2 \cdot R \cdot T ,$$

где Q – количество теплоты, выделяемое в сварочном контуре, Дж;
 J – сила сварочного тока, А; R – полное сопротивление, Ом; T – время протекания тока, с.

Полное сопротивление сварочного контура R состоит из сопротивления выступающих концов свариваемых заготовок $R_з$, сопротивления сварочного контакта $R_к$ и сопротивления между электродами и заготовками $R_э$:

$$R = R_з + R_к + R_э.$$

Сопротивление сварочного контакта $R_к$ является наибольшим, так как поверхности стыка заготовок даже после тщательной обработки

имеет неровности и соприкасаются только в отдельных точках. Благодаря этому происходит резкое уменьшение действительного сечения металла, через которое проходит ток, и в зоне контакта возникают большие плотности тока. Кроме того, на поверхности свариваемого металла имеются плёнки окислов и загрязнения с малой электропроводностью, которые также увеличивают электросопротивление.

В результате высокой плотности тока в точках контакта металл нагревается до термопластичного состояния или до оплавления. При непрерывном сдавливании нагретых заготовок образуются новые точки соприкосновения, и так до тех пор, пока не произойдет полное сближение до межатомных расстояний, т. е. сварка поверхностей.

Однако, при сварке неочищенных поверхностей контактные сопротивления изменяются в широких пределах, что приводит к изменению температур нагрева заготовок, снижению стабильности прочностных показателей сварных соединений, увеличению износа электродов и возникновению дефектов.

Режим нагрева при контактной сварке определяется силой тока и временем протекания его через свариваемые изделия. Обычно стремятся к получению интенсивного нагрева в возможно малый промежуток времени. Такой режим сварки называется жёстким и обеспечивает повышение производительности, экономию электроэнергии, уменьшение окисления деталей, уменьшение величины зоны термического влияния и возможность сварки металлов с высокой теплопроводностью и специальных легированных сталей.

Однако, если есть опасность возникновения закалочных структур, которые могут привести к образованию трещин в зоне сварного соединения, применяют мягкие режимы сварки, характерные увеличением длительности протекания тока при соответственном уменьшении его величины.

Процесс контактной сварки характеризуется не только явлением нагрева, но и пластической деформацией при сжатии деталей. Слои нагретого металла, подвергаемые сжатию, претерпевают структурные изменения, выражающиеся в переориентировке кристаллов сварного соединения, что оказывает большое влияние на качество соединения. Величина оптимального давления находится в зависимости от температуры нагрева. С увеличением температуры необходимое усилие сжатия уменьшается.

Контактная сварка находит широкое применение в промышленности, что обусловлено следующими её преимуществами: высокой производительностью; возможностью механизации процесса; возможностью соединения различных металлов и сплавов, а также разнородных металлов; минимальной деформацией свариваемых изделий.

4.2. Основные виды контактной сварки и их применение

Наиболее широкое применение получили следующие основные виды контактной сварки: стыковая (рис. 4.1), точечная (рис. 4.2) и (шовная) роликовая (рис. 4.3). Каждый из этих видов сварки может осуществляться различными способами, отличающимися по техническим признакам, роду используемой электроэнергии и способу подвода тока к свариваемым заготовкам.

Стыковая сварка. Заготовки сваривают по всей плоскости их касания. Для осуществления стыковой контактной сварки применяют специальные машины ручного или автоматического действия (рис. 4.1). На станине 1 машины расположены плиты 2 и 3, несущие на себе зажимы 4 и 5, предназначенные для закрепления свариваемых деталей и подвода к ним тока от вторичного витка трансформатора 6. Левая плита 2, обычно неподвижная, изолирована от станины. Правая плита 3 может перемещаться прямолинейно по направляющим станины вручную с помощью рычага, штурвала или пружин.

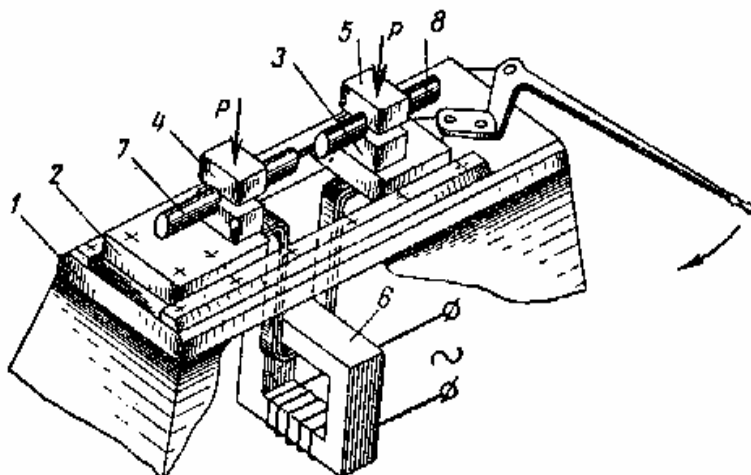


Рис. 4.1. Схема машины для стыковой контактной сварки

В зависимости от марки металла, площади сечения заготовки и требований к качеству соединения стыковую сварку можно выполнять несколькими способами: сопротивлением, непрерывным оплавлением и оплавлением с подогревом (табл. 4.4).

При стыковой сварке сопротивлением заготовки, установленные и закреплённые в стыковой машине, прижимают одну к другой усилием определенной величины, после чего по ним пропускают электрический ток. При нагревании металла в зоне сварки до пластичного состояния производится осадка. Ток выключают до окончания осадки. Этот способ сварки требует механической обработки и тщательной за-

чистки поверхностей торцов заготовки. Неравномерность нагрева и окисление металла на торцах понижают качество сварки сопротивлением, что ограничивает область её применения. С увеличением сечения заготовок качество сварки снижается особенно заметно, главным образом из-за образования окислов в стыке.

Этим способом соединяют заготовки малого сечения (до 100 мм²), одинаковыми по форме с малоразвитым периметром (круг, квадрат, прямоугольник с малым отношением сторон). Металл соединяемых заготовок должен быть однородным. Сварка сопротивлением даёт хорошие результаты для металлов, обладающих хорошей свариваемостью в пластичном состоянии – низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей, алюминиевых и медных сплавов.

Стыковая сварка непрерывным оплавлением состоит из двух стадий: оплавления и осадки. Заготовки устанавливают в зажимах машины, затем включают ток и медленно сближают их. При этом торцы заготовок касаются в одной или нескольких точках. В местах касания образуются перемычки, которые мгновенно испаряются и взрываются. Взрывы сопровождаются характерным выбросом из стыка мелких капель расплавленного металла. При дальнейшем сближении заготовок образование и взрыв перемычек происходят на других участках торцов. В результате заготовки прогреваются на небольшую глубину, а на торцах возникает тонкий слой расплавленного металла, облегчающий удаление окислов из стыка. В процессе оплавления заготовки укорачиваются на заданный припуск. Оплавление должно быть устойчивым (непрерывное протекание тока при отсутствии короткого замыкания заготовок), особенно перед осадкой.

При осадке скорость сближения заготовок резко увеличивают, осуществляя при этом пластическую деформацию на заданный припуск. Переход от оплавления к осадке должен быть мгновенным, без малейшего перерыва. Осадку начинают при включенном токе и завершают при выключенном.

Стыковая сварка оплавлением с подогревом отличается от сварки непрерывным оплавлением тем, что перед началом процесса оплавления заготовки подогревают в зажимах машины периодическим смыканием и размыканием при постоянно включенном токе. При этом происходит процесс прерывистого оплавления и заготовки укорачиваются на заданный припуск. Выдержка при замыкании составляет около 0,5...3 с, а при размыкании – 2...6 с. Количество замыканий может быть от одного до нескольких десятков в зависимости от размеров сечения заготовок.

Применение стыковой сварки оплавлением с подогревом позволяет предупредить резкую закалку и, следовательно, получить более

пластичные стыки при сварке закаливающих сталей; снизить требуемую мощность машины или на машине данной мощности сварить заготовки с большими площадями сечения; осуществить осадку при меньшем усилии; сократить общий припуск на сварку.

Стыковую контактную сварку в судостроении используют при изготовлении якорных цепей, змеевиков холодильников рефрижераторных судов, штуцерно-торцевых соединений трубопроводов, стыковых соединений профильной стали, режущего инструмента и других изделий.

Точечная сварка. Заготовки соединяют сваркой в отдельных местах, условно называемыми точками (рис. 4.2). Размеры и структура точки, определяющие прочность соединения, зависят от формы и размеров контактной поверхности электродов, силы сварочного тока, времени его протекания через заготовки, усилия сжатия и состояния поверхностей заготовок. Качественная сварная точка характеризуется наличием общего для обеих заготовок литого ядра определенных размеров.

Для осуществления точечной сварки, схема которой представлена на рис. 4.2, а, свариваемые детали 1 зажимаются между электродами 2 и 3, к которым через электрододержатели 4, 5 и хоботы 6 и 7 подведен ток от вторичного витка трансформатора 8. Нижний хобот 6 делается неподвижным, а верхний 7 перемещается механизмом сжатия Р, который создаёт давление при сварке. После сжатия заготовок включают ток и заготовки быстро нагреваются; особенно быстро нагреваются участки металла, прилегающие к контакту между заготовками, так как они имеют повышенное электросопротивление. Кроме того, они менее подвержены охлаждающему действию электродов. В момент образования в зоне сварки расплавленного ядра заданных размеров ток выключают. Затем заготовки кратковременно выдерживают между электродами под действием усилия сжатия, в результате чего происходит охлаждение зоны сварки, кристаллизация расплавленного металла и уменьшение усадочной раковины в ядре сварной точки. Перед сваркой место соединения очищают от окисных плёнок (наждачным кругом или травлением).

На практике иногда применяются односторонняя одноточечная и двухточечная сварки (рис. 4.2, б), либо двухточечная контактная сварка с двухсторонним подводом тока (рис. 4.2, в), дающая более надёжные соединения.

Точечной сваркой можно сваривать листовые заготовки одинаковой или разной толщины, пересекающиеся стержни, листовые заготовки со стержнями или профильными заготовками (уголками, швеллерами, таврами и т. д.). Ее применяют для соединения заготовок из сталей различных марок (углеродистой, легированной, нержавеющей, жаро-

стойкой и др.), цветных металлов и их сплавов, а так же разнородных металлов. Толщина каждой из заготовок может быть от сотых долей миллиметра до 35 мм.

С помощью точечной сварки в судостроении изготавливают судовую мебель, каютные двери, кабельные кассеты, ящики под приборы и запасные части, крепят набор к переборкам, выгородкам, настилам и к стенкам надстроек.

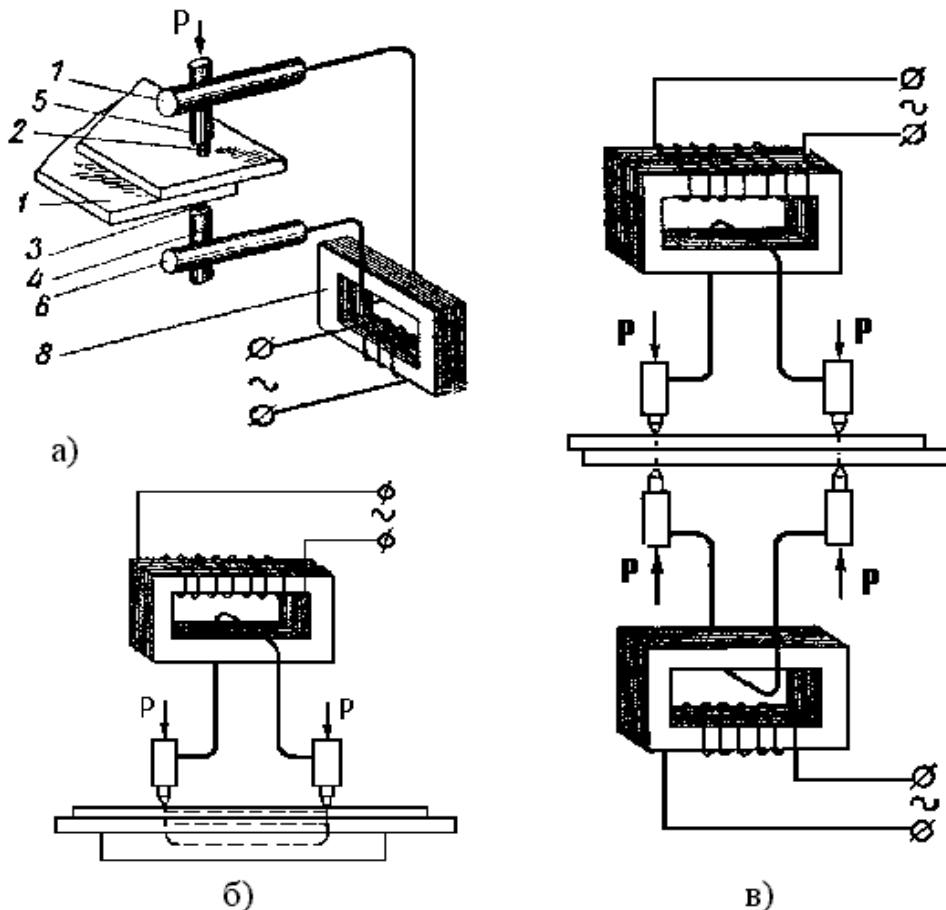


Рис. 4.2. Схемы точечной контактной сварки:
 а – двухсторонняя одноточечная; б – односторонняя двухточечная;
 в – двухсторонняя двухточечная

Роликовая (шовная) сварка (рис. 4.3). Заготовки соединяют непрерывным прочно-плотным сварным швом, состоящим из ряда точек, в котором каждая последующая точка частично перекрывает предыдущую. В отличие от точечной сварки заготовки устанавливают между вращающимися роликами (или между роликами и оправой), на которые действует усилие механизма давления P и подведён электрический ток. Толщина свариваемых листов составляет 0,2...3 мм. Характеристика и области применения способов роликовой сварки приведе-

ны в табл. 4.5. Этим методом сваривают низкоуглеродистые, легированные конструкционные стали, легкие сплавы, некоторые медные и титановые сплавы, а также стальные листы с покрытием (оцинкованные, луженые, освинцованные).

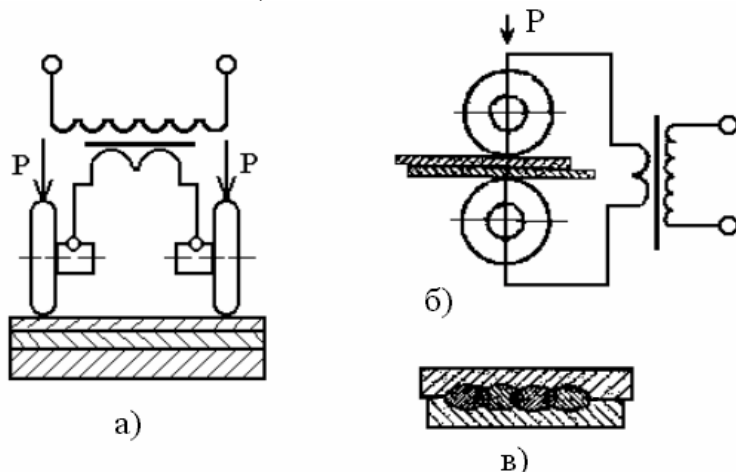


Рис. 4.3. Схема роликовой контактной сварки:
а – односторонняя; б – двухсторонняя; в – разрез сварного шва

В судостроении с помощью роликовой сварки изготавливают емкости, трубы вентиляции, сифонные компенсаторы, стыки легких переборок и выгородок.

4.3. Технология контактной сварки

4.3.1. Стыковая сварка сопротивлением

Основные параметры стыковой сварки сопротивлением: сила сварочного тока I , усилие осадки P_{OC} , установочная длина L_H , припуск на осадку C_{OC} , время нагрева t_{CB} – время нагрева (табл. 4.2).

Сила сварочного тока I (А) подсчитывается по формуле

$$I = F \cdot j,$$

где F – площадь сечения свариваемого прутка, мм^2 ; j – плотность тока, $\text{А}/\text{мм}^2$, (определяется по табл. 4.1 в зависимости от площади сечения прутка).

Величину усилия осадки P_{OC} , (кгс) подсчитывают как произведение удельного давления осадки p ($\text{кгс}/\text{мм}^2$) на площадь сечения свариваемого прутка F (мм^2):

$$P_{OC} = p \cdot F.$$

При сварке малоуглеродистой стали удельное давление принимается равным $2 \dots 5 \text{ кгс}/\text{мм}^2$.

Таблица 4.1

Ориентировочные величины плотности тока и времени нагрева прутка при стыковой сварке сопротивлением

Площадь сечения прутка, мм ²	Плотность тока, А/мм ²	Время нагрева, с
6	300	0,2...0,3
25	200	0,6...0,8
50	160	0,8...1,0
100	140	1,0...1,5
150	120	1,2...2,0
200	100	1,4...2,5
250	80	1,6...3,0
300	60	1,8...3,5
350	40	2,0...4,0
400	20	2,2...4,5

Установочная длина L_H (мм) – расстояние от торца заготовки до внутреннего края электрода стыковой машины, измеренное до начала сварки. Длина L_H зависит от теплофизических свойств металла, конфигурации стыка и размеров заготовки. При недостаточной установочной длине детали прогреваются недостаточно, так как тепло интенсивно отводится в губки. Завышение ее сопровождается перегревом деталей и увеличением длины деформируемого участка. Кроме того, возможны перекосы или несоосность торцов вследствие потери устойчивости. Для углеродистых сталей установочная длина равняется

$$L_H = (0,5 \dots 0,7) \cdot d,$$

где d – диаметр свариваемого прутка, мм.

Припуск на осадку C_{OC} (мм) распределяется на осадку под током и осадку без тока. Если осадка недостаточна, в стыке остаются окислы и раковины, наблюдаются непроваренные участки. При завышении величины осадки качество стыков также понижается вследствие искривления волокон и перегрева металла.

Для прутков припуск на осадку определяется:

$$C_{oc} = 0,7 \cdot \sqrt[3]{d} + 0,07 \cdot d$$

Время нагрева t_{CB} (с) – время прохождения тока через заготовки зависит от плотности тока и площади сечения свариваемого прутка (табл. 4.1.). Завышенное время нагрева является одной из причин возникновения окислов в стыке и образования малопластичной перегретой структуры металла.

Таблица 4.2

Расчет параметров стыковой сварки сопротивлением

№ п/п	Наименование параметра	Расчетная формула	Численное значение
1	Диаметр свариваемого прутка d , мм	Табл. 4.6	
2	Площадь сечения прутка F , мм ²		
3	Плотность тока j , А/мм ²	Табл. 4.1	
4	Сила сварочного тока I , А		
5	Удельное давление осадки p , кгс/мм ²		
6	Усилие осадки $P_{ос}$, кгс		
7	Установочная длина L_H , мм		
8	Припуск на осадку $C_{ос}$, мм		
9	Время нагрева t_{CB} , с	Табл. 4.1	

4.3.2. Роликовая сварка

Типы соединений для роликовой сварки выбирают с учетом толщины и материала заготовки, а также условий работы изделия.

При изготовлении сосудов предпочтительнее соединение с отбортовкой. При таком соединении деталь во время сварки не вводится в сварочный контур машины, следовательно, сохраняется постоянной величина силы сварочного тока.

Введение в сварочный контур машины магнитных материалов, например, заготовок из низкоуглеродистых сталей, вызывает рост индуктивного сопротивления, в результате чего уменьшается сила сварочного тока. Ширина отбортовки для стальных заготовок толщиной 1...2 мм находится в пределах 12...18 мм.

Широко применяют соединение внахлестку, которое при роликовой сварке обеспечивает высокую прочность и плотность швов. Величину нахлестки берут в пределах 10...18 мм.

Рекомендуемые параметры режима непрерывной роликовой сварки следующие (табл. 4.3):

1. Диаметр отдельных точек d_m (мм), зависящий от толщины свариваемых деталей:

$$d_m = 2 \cdot S + 2,$$

где S – толщина более тонкой из свариваемых деталей, мм.

2. Площадь контакта F , мм²:

$$F = \pi \cdot d_m^2 / 4.$$

3. Сила сварочного тока I , (А) зависит от плотности тока j (А/мм²) и площади контакта электрод – деталь и определяется по формуле

$$I = F \cdot j$$

4. Шаг точек (расстояние между центрами точек) a , мм определяется из уравнения

$$a = (0,5 \dots 0,7) \cdot d_m.$$

Примечание: Уравнение приведено для плотных швов; в неплотных швах точки могут не перекрываться и для получения плотного шва расстояние между центрами сварных точек при больших скоростях сварки берётся не более 2...3 мм (шаг точек).

5. Скорость сварки V_{CB} (м/мин) определяется по формуле

$$V_{CB} = 2f \cdot 60 \cdot a / 1000,$$

где $f = 50$ – частота тока, Гц; a – шаг точек, мм.

6. Усилие сжатия $P_{CЖ}$ (кгс:

$$P_{CЖ} = p \cdot F,$$

где p – удельное, кгс/мм² (при сварке малоуглеродистой стали толщиной до 3 мм составляет 4...12 кгс/мм²). Большие значения соответствуют сварке деталей большей толщины и более жестким режимам.

7. Ширина рабочей контактной поверхности роликовых электродов $Bэ$ (мм) зависит от толщины свариваемого металла S (мм) и определяется по формуле

$$Bэ = 5 \cdot \sqrt{S} + 2.$$

Желательный диаметр электродов 150...200 мм, так как при меньшем диаметре увеличивается их износ. При сварке металлов толщиной менее 0,5 мм применяют электроды диаметром 40...50 мм. Для изготовления электродов для точечной и роликовой сварки используется медь марки М1, кадмиевая, хромистая, бериллиевая бронзы и другие сплавы.

Таблица 4.3

Расчет параметров роликовой сварки

№ п/п	Наименование параметра	Расчетная формула	Численное значение
1	Толщина свариваемого металла S , мм	Табл.4.6	
2	Плотность тока j , А/мм ²	Табл.4.6	
3	Диаметр отдельных точек d_m , мм		
4	Площадь контакта F , мм ²		
5	Сила сварочного тока I , А		
6	Шаг точек a , мм		
7	Скорость сварки V_{CB} , м/мин		
8	Удельное давление осадки p , кгс/мм ²		
9	Ширина рабочей контактной поверхности роликового электрода $Bэ$, мм		
10	Усилие сжатия $P_{сж}$, кгс		

4.4. Содержание отчета

1. Титульная часть.
2. Цель работы.
3. Схемы процессов контактной сварки с кратким их описанием.
4. Результаты расчетов параметров стыковой и роликовой контактной сварки (табл. 4.2 и 4.3).
5. Краткие выводы.

4.5. Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем заключается сущность контактной сварки?
2. Как определяется полное сопротивление сварочного контура?
3. Почему сопротивление сварочного контакта является наибольшим?
4. Перечислите основные виды контактной сварки?
5. В чем заключается сущность стыковой контактной сварки?
6. Какими способами осуществляется стыковая контактная сварка?
7. Чем отличается стыковая сварка оплавлением с подогревом от сварки непрерывным оплавлением?
8. Где используется стыковая контактная сварка?
9. В чем заключается сущность точечной контактной сварки?
10. Какие детали свариваются точечной сваркой?
11. Сущность роликовой (шовной) контактной сварки.
12. Какие детали и материалы соединяются роликовой сваркой?
13. Перечислите основные параметры стыковой контактной сварки.
14. От чего зависит сила сварочного тока при контактной сварке?
15. Какие факторы влияют на скорость роликовой сварки?

Таблица 4.4

Области применения различных способов стыковой сварки

Свариваемые заготовки			Способ стыковой сварки
Металл	Форма сечения	Размеры сечения	
Сталь, ни-хром, медь, алюминий, сплавы меди и алюминия	Компактное (круглое, квадратное)	Проволока диаметром до 6...8 мм, звенья цепей диаметром до 20 мм, трубы диаметром до 40 мм при специальной подготовке кромок	Сопротивлением
Сталь, медь, алюминий и их сплавы; заготовки из разнородных материалов	Стержни, трубы, листы, уголки и другой профильный прокат;ковки, штамповки	Стальные стержни и толстостенные трубы до 3000 мм ² , стальные листы и тонкостенные трубы до 6000 мм ² и выше, рельсы	Непрерывным оплавлением
Сталь	Рельсы, трубы, прокат	Большое поперечное сечение (40000 – 60000 мм ² и выше)	Непрерывным оплавлением
Сталь незакаливается	Прутки, трубы	В мелкосерийном производстве более 300 мм ² , в массовом более 1000 мм ²	Оплавлением с подогревом
Сталь закаливается	Прутки, трубы, прокат	От 20 мм ² и выше	Оплавлением с подогревом

Таблица 4.5

Способы роликовой (шовной) сварки и их применение

Способ и его сущность	Толщина листа, мм не более	Характеристика и применение
Непрерывная – непрерывное включение тока при непрерывном вращении роликов	1,0	Сварка неответственных изделий из малоуглеродистых сталей. Перегрев роликов и заготовок, невысокое качество сварки, относительно низкая стойкость электродов
Прерывистая – прерывистое включение тока при непрерывном вращении роликов	3,0	Сварка различных сталей. Прерывистое включение тока снижает перегрев роликов и заготовок, повышает качество сварки и стойкости роликов, наиболее распространенный способ
Шаговая – включение тока при неподвижных роликах, вращение роликов при выключенном токе	3,0	Сварка алюминиевых сплавов и плакированных металлов, осуществляемая при больших силах тока. Наименьший перегрев роликов и заготовок

Таблица 4.6

Исходные данные для выполнения работы по контактной сварке

№ варианта	Стыковая сварка	Непрерывная роликовая сварка	
	Диаметр свариваемого прутка d, мм	Толщина свариваемого металла S, мм	Плотность тока j, А / мм ²
1	3,0	0,2	400
2	3,5	0,3	390
3	4,0	0,4	380
4	4,5	0,5	370
5	5,0	0,6	360
6	5,5	0,7	350
7	6,0	0,8	340
8	6,5	0,9	330
9	7,0	1,0	320
10	7,5	1,1	310
11	8,0	1,2	300
12	8,5	1,3	290
13	9,0	1,4	280
14	9,5	1,5	270
15	10,0	1,6	260
16	10,5	1,7	250
17	11,0	1,8	240
18	11,5	1,9	230
19	12,0	2,0	220
20	12,5	2,1	210
21	13,0	2,2	205
22	13,5	2,3	200
23	14,0	2,4	195
24	14,5	2,5	190
25	15,0	2,6	185
26	16,0	2,7	180
27	17,0	2,8	170
28	18,0	2,9	165
29	19,0	3,0	160
30	20,0	3,1	150

5. ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Цель работы

Ознакомиться с основными типами, назначением и элементами токарных резцов, научиться пользоваться приборами для измерения геометрических параметров резцов.

Задание

1. Произвести измерение геометрических параметров, предоставленных резцов.
2. Расшифровать марки материалов режущих пластин.
3. Определить области применения данных резцов.

5.1. Основные положения

Обработка металлов резанием – это процесс снятия режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла для получения необходимой геометрической формы, точности размеров и шероховатости поверхности детали.

В процессе обработки на заготовке различают: обрабатываемую поверхность, с которой срезается слой металла; обработанную поверхность, с которой слой металла срезан и превращён в стружку; поверхность резания, образованную главным режущим лезвием инструмента и являющуюся переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями (рис. 5.1).

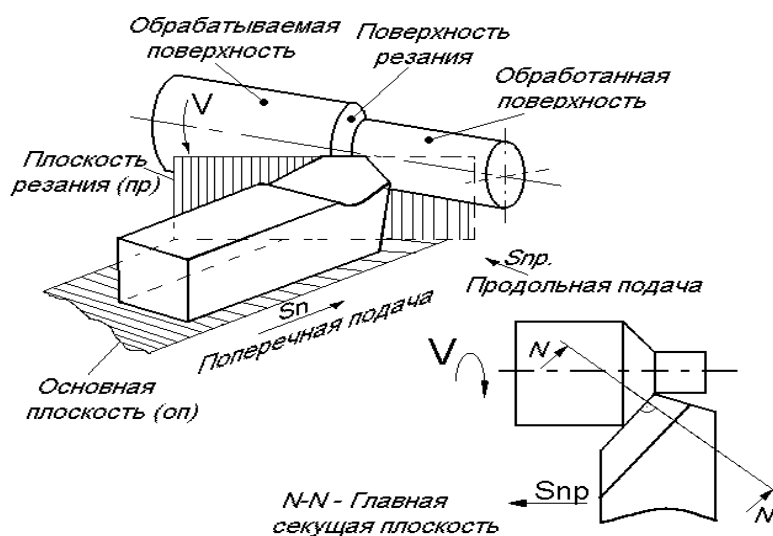


Рис. 5.1. Поверхности и координатные плоскости

При работе на токарных станках наиболее часто используют проходные прямые, проходные отогнутые, проходные упорные и отрезные резцы (рис. 5.2).

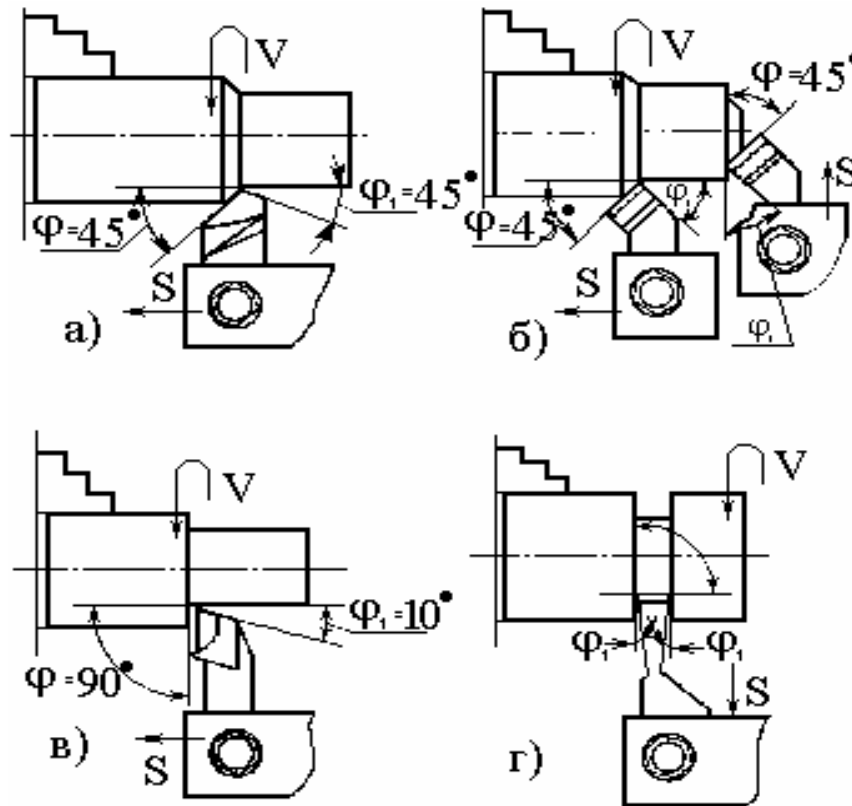


Рис. 5.2. Основные типы токарных резцов:
а – проходной прямой; б – проходной отогнутый; в – проходной упорный;
г – отрезной

Проходные резцы предназначены для обработки наружных поверхностей с продольной подачей (рис. 5.2, а).

Проходной отогнутый резец наряду с обтачиванием с продольной подачей может применяться для подрезания торцов с поперечной подачей (рис. 5.2, б).

Проходной упорный резец применяется для наружного обтачивания с подрезкой уступа под углом 90° к оси (рис. 5.2, в).

Отрезной резец предназначен для отрезания частей заготовок и протачивания кольцевых канавок (рис. 5.2, г).

Токарный резец состоит из стержня, служащего для закрепления его в резцедержателе станка и головки резца (рис. 5.3).

Различают следующие элементы режущей части резца: передняя поверхность, по которой сходит стружка; главная задняя поверхность, обращенная к поверхности резания заготовки; вспомогательная задняя поверхность, обращенная к обработанной поверхности заготовки;

главная режущая кромка – линия пересечения передней и вспомогательной задней поверхности; вспомогательная режущая кромка – линия пересечения передней и главной задней поверхностей; вершина резца – точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок. Для увеличения износостойкости резца и повышения чистоты обработанной поверхности, вершину иногда закругляют или срезают прямолинейной переходной кромкой.

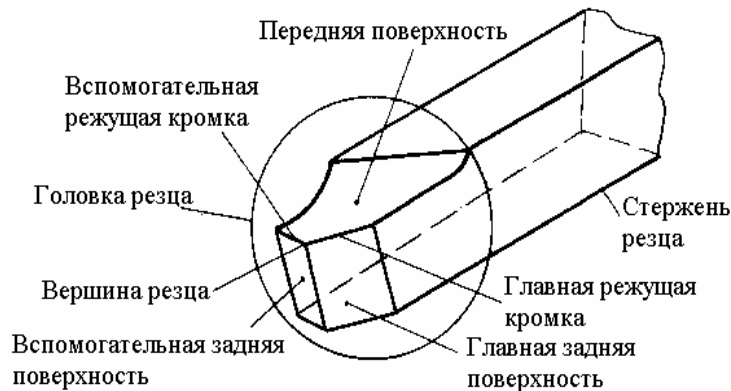


Рис. 5.3. Элементы токарного резца

Для выполнения работы резания, рабочей части резца необходимо придать форму клина. С этой целью резец затачивают по передней и задней поверхностям. Для определения углов, под которыми располагаются относительно друг друга поверхности рабочей части инструмента, вводят координатные плоскости (рис. 5.1).

Основная плоскость (ОП) – плоскость, параллельная направлениям продольной и поперечной подачи. У токарных резцов за основную плоскость принимают нижнюю опорную поверхность резца.

Плоскость резания (ПР) – плоскость, проходящая через главную режущую кромку резца касательно к поверхности резания заготовки.

Главная секущая плоскость (N – N) – плоскость, перпендикулярная к проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

Все три плоскости взаимно перпендикулярны.

В главной секущей плоскости измеряют: главный передний угол γ ; главный задний угол α ; угол заострения β и угол резания δ (рис. 5.4). Главный передний угол γ образован плоскостью, перпендикулярной плоскости резания, и передней поверхностью. Главный задний угол α – плоскостью резания и главной задней поверхностью. Угол заострения β – передней и главной задней поверхностями ($\beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma)$). Угол резания δ образован плоскостью резания и передней поверхностью ($\delta = 90^\circ - \gamma$).

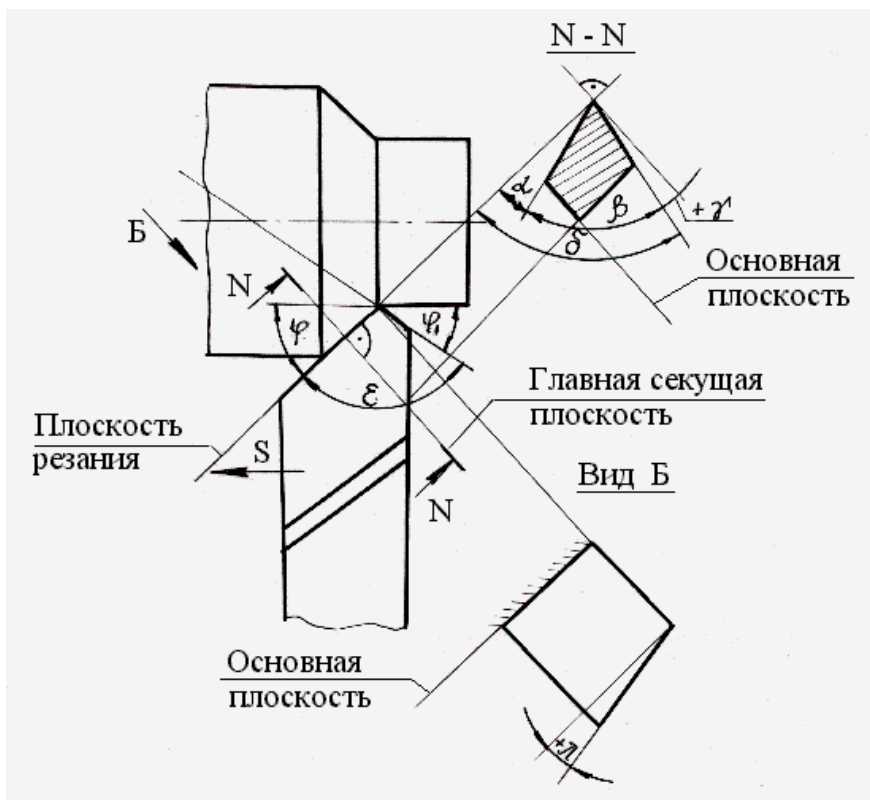


Рис. 5.4. Углы проходного резца

В основной плоскости измеряют: главный угол в плане φ , вспомогательный угол в плане φ_1 и угол при вершине ε (рис. 5.4). Главный угол в плане φ образован проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. Вспомогательный угол в плане φ_1 – проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением, обратным подаче. Угол при вершине ε – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость: $\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1)$.

В плоскости резания измеряется угол наклона главной режущей кромки λ – угол между главной режущей кромкой и плоскостью, параллельной основной.

Углы резца имеют следующее основное назначение:

1. Главный передний угол γ оказывает большое влияние на процесс резания материала. С увеличением угла γ уменьшается деформация срезаемого слоя, так как инструмент легче врезается в материал, понижается сила резания и расход мощности при одновременном улучшении условия схода стружки и повышения качества обработанной поверхности заготовки. Однако чрезмерное увеличение угла γ ведёт к понижению прочности режущего инструмента. На практике величину угла γ берут в зависимости от твердости и прочности обраба-

тываемого и инструментального материалов. При обработке хрупких и твёрдых материалов для повышения прочности и увеличения стойкости (времени работы инструмента до переточки) следует назначать углы $\gamma = - (5...10)^\circ$, при обработке мягких и вязких материалов передний угол $\gamma = + (10...25)^\circ$.

2. Угол α способствует уменьшению трения между обрабатываемой поверхностью заготовки и главной задней поверхностью резца. Величина его назначается в пределах от 6° до 12° .

3. Угол ϕ влияет на шероховатость обработанной поверхности заготовки: с уменьшением угла ϕ шероховатость уменьшается, однако при малых значениях угла ϕ возможно возникновение вибраций в процессе резания, что снижает качество обработки.

4. С уменьшением угла ϕ_1 шероховатость обработанной поверхности уменьшается, одновременно увеличивается прочность и снижается износ вершины резца.

5. Угол наклона главной режущей кромки λ может быть положительным, отрицательным и равным нулю (рис. 5.5), что влияет на направление схода стружки. Если вершина резца является высшей точкой главной режущей кромки, то λ отрицателен и стружка сходит в направлении подачи. Если главная режущая кромка параллельна основной плоскости, то $\lambda = 0$ и стружка сходит по оси резца. Если вершина резца является низшей точкой главной режущей кромки, то λ положителен и стружка сходит в направлении обратной подачи. При обработке заготовок на токарных автоматах стружку необходимо отводить так, чтобы она не мешала работе инструментов на соседних позициях.

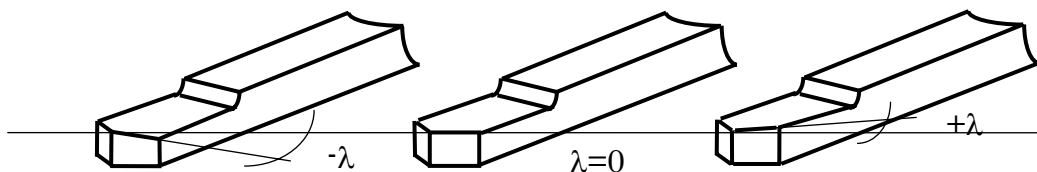


Рис. 5.5. Углы наклона главной режущей кромки

Геометрические параметры токарных резцов зависят от свойств обрабатываемого материала, марки материала режущего инструмента и условий резания.

В качестве материала для режущего инструмента наиболее часто используют спечённые твёрдые сплавы, состоящие из карбидов вольфрама (WC), титана (TiC), тантала (TaC), связанных кобальтом, и которые подразделяются на вольфрамовые (BK3, BK6, BK8, BK2),

титановольфрамовые (Т30К4, Т15К6, Т5К10), титанотанталовольфрамовые (ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ20К9). В марках первые буквы обозначают группу, к которой относится сплав; цифры в вольфрамовой группе – количество (процентный объём) кобальта, а остальное – карбид вольфрама; первые цифры в титановольфрамовой группе – количество карбида титана, вторые – количество кобальта, а остальное – карбид вольфрама. Первые цифры в титанотанталовольфрамовой группе – суммарное процентное количество карбидов титана и тантала, вторые – количество кобальта, а остальное – карбид вольфрама.

Твёрдые сплавы используют в виде пластинок определённой формы и размеров, которые получают путём прессования порошков карбидов и кобальта в изделия необходимой формы и последующего спекания при 1250...1450 °С в атмосфере водорода или в вакууме. Твёрдосплавные пластинки припаивают к державкам инструментов медными или латунными припоями или крепят механическим способом. Марку материала твердосплавной пластинки вместе с товарным знаком завода-изготовителя клеймят на боковой поверхности стержня. Теплостойкость твёрдых сплавов 800...1000 °С.

Карбиды вольфрама и титана обеспечивают сплавам высокую твёрдость, теплостойкость и износостойкость, а добавка тантала увеличивает усталостную прочность, снижает склонность к трещинообразованию при циклических изменениях температуры; кобальт – обеспечивает сплавам необходимую прочность и связывает порошки карбидов.

Инструментами из сплавов группы ВК обрабатывают чугуны, цветные металлы, пластмассы, а также весьма прочные закалённые стали.

Сплавы ТК имеют высокую износостойкость и теплостойкость, и поэтому их применяют для обработки сталей, дающих сливную стружку.

Трёхкарбидные сплавы применяют при тяжёлых условиях резания, например, строгании сталей с большими сечениями срезаемого слоя металла, а также чистовой и получистовой обработке жаропрочных сталей.

5.2. Методика измерения углов

Углы реза измеряют с помощью универсального настольного угломера, состоящего из основания, в котором закреплена вертикальная стойка с измерительным устройством. При настройке угломера измерительное устройство перемещают по вертикальной стойке и в нужном положении фиксируют стопорным винтом.

Для измерения главного переднего угла γ планку угольника b поворачивают до соприкосновения с передней поверхностью резца. При этом риска на указателе покажет значение угла (рис. 5.6).

При измерении главного заднего угла α пользуются вертикальной планкой угольника a , которой касаются главной задней поверхности резца.

Необходимо помнить, что главные углы резца α и γ измеряют в плоскости, нормальной к проекции главной режущей кромки на основную плоскость. Полученные значения заносят в табл. 5.1.

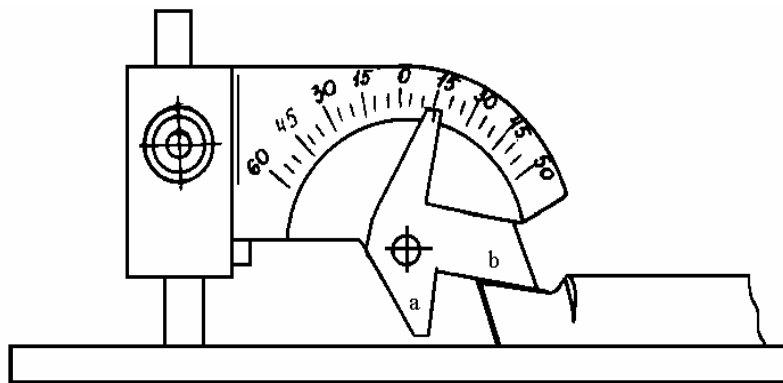


Рис. 5.6. Схема измерения углов в главной секущей плоскости

Перед измерением углов в плане φ и φ_1 измерительное устройство поворачивают на 180° и снова фиксируют (рис. 5.7). При измерении главного угла в плане φ резец прижимают к упору стола, а поворотную планку разворачивают до соприкосновения с главной режущей кромкой. Тогда указатель покажет значение угла φ .

Аналогично измеряют вспомогательный угол в плане φ_1 , только в этом случае поворотную планку разворачивают до соприкосновения со вспомогательной режущей кромкой.

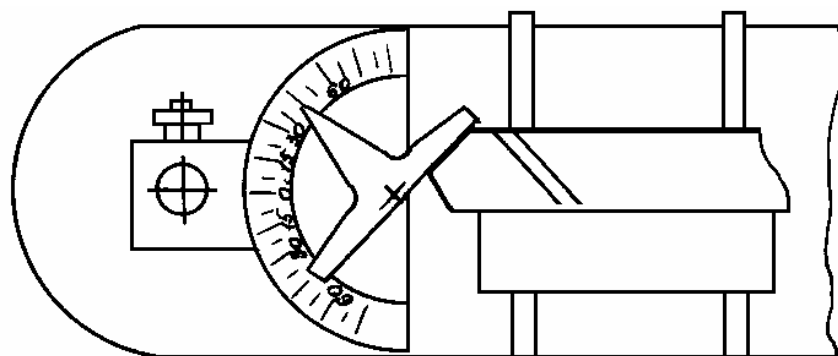


Рис. 5.7. Схема измерения углов в основной плоскости

Для определения величины угла λ , регулируя положение измерительного устройства по высоте, горизонтальную планку приводят в соприкосновение с главной режущей кромкой без зазора (рис. 5.8).

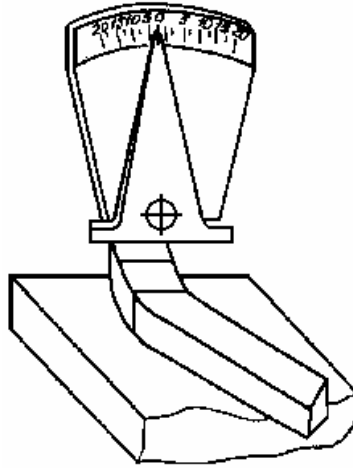


Рис. 5.8. Схема измерения угла λ

Практическое выполнение работы завершают расчётом по соответствующим зависимостям углов при вершине ϵ , заострения β и резания δ .

Таблица 5.1

Значения углов резцов

Наименование резцов	Углы в градусах									
	Главный передний угол	Главный задний угол	Угол заострения	Угол резания	Главный угол в плане	Вспомогательный угол в плане	Угол при вершине	Угол наклона режущей кромки	Размер резца	Материал твёрдосплавной пластины
	γ	α	β	δ	ϕ	ϕ_1	ϵ	λ	$B \times h$	—
Проходной отогнутый										
Проходной упорный										
Отрезной										

5.3. Содержание отчёта

1. Краткое описание координатных плоскостей, частей и элементов токарного резца.
2. Рисунки 5.1, 5.3, 5.4.
3. Результаты измерения геометрических параметров резцов (табл. 5.1).
4. Выводы по результатам измерений.

5.4. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое обработка металлов резанием?
2. Какие поверхности различают на обрабатываемой заготовке?
3. Назовите основные типы токарных резцов.
4. Перечислите поверхности на режущей части резца.
5. Для чего вводятся координатные плоскости и как они располагаются?
6. Какие углы измеряются в основной плоскости?
7. Какой угол измеряется в плоскости резания?
8. Какие углы измеряются в главной секущей плоскости?
9. На что влияет и от чего зависит величина угла в главной секущей плоскости?
10. На что влияет правильный подбор геометрических параметров резца?
11. Как маркируются спечённые твердые сплавы?

6. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

Цель работы

Ознакомиться с кинематическими схемами металлорежущих станков, их классификацией и маркировкой.

Задание

Изучить отдельные элементы, составить общее уравнение и рассчитать основные параметры кинематической цепи станка. Расшифровать цифровой индекс заданной модели станка.

6.1. Основные положения

В основу классификации металлорежущих станков, принятой у нас в стране, положен технологический принцип обработки – назначение станка, характер обрабатываемых поверхностей, схема обработки и др. Эта классификация построена по десятичной системе. Все станки (за исключением специальных) подразделяются на десять групп, каждая группа на десять типов и каждый тип на десять типоразмеров. В группы объединяются станки по общности технологического метода обработки или близкие по назначению.

Основные признаки деления станков на типы: вид обработки, применяемый инструмент, степень автоматизации, число важнейших рабочих органов станка и их расположение, технологические, конструктивные, эксплуатационные характеристики и прочее.

Все группы и типы станков можно представить в виде табл. 6.1 (классификатор станков).

Система нумерации (условного обозначения) станков отечественного производства основана на присвоении каждой модели станка определённого номера. Обозначение модели станка состоит из трёх (или четырёх) цифр иногда с добавлением прописных букв, обозначающих дополнительную характеристику станка. Первая цифра индекса определяет группу станка (см. табл. 6.1); вторая указывает на тип станка в пределах данной группы, третья (а при четырёхцифровом обозначении – третья и четвёртая) условно характеризует основную техническую характеристику станка (например, высоту центров для токарно-винторезных станков, наибольший диаметр сверления для сверлильных станков, условный размер стола для фрезерных и строгальных станков и т. д.).

Таблица 6.1

Классификация металлорежущих станков

Группа станков	Шифр группы	Шифр типа										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Резервные	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы			Револьверные	Сверлильноотрезные	Карусельные	Винторезные и лобовые	Многорезцовые	Специализированные	Разные токарные	
		Специализированные	Одношпиндельные	Многошпиндельные								
Сверлильные и расточные	2	–	Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатнорасточные	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные	
				Одношпиндельные	Многошпиндельные							
Шлифовальные и доводочные	3	–	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочношлифовальные	Специализированные	–	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные и полировальные	Разные, работающие абразивом	
Комбинированные	4	–	Универсальные	Полуавтоматы	Автоматы	Электрохимические	Электроискровые	–	Электроэрозионные	Анодно-механические	–	
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Резьбо-нарезные	Зубодолбежные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес	Зубофрезерные для нарезания червячных пар	Для обработки торцов зубьев	Резьбофрезерные	Зубоотделочные и проверочные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбо- обрабатывающие	
Фрезерные	6	–	Вертикальные консольные	Непрерывного действия	–	Копировальные и гравировальные	Вертикальные бесконсольные	Продольные	Консольные широко-универсальные	Горизонтальные консольные	Разные фрезерные	
Строгальные, долбежные и протяжные	7	–	Продольные		Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	–	Протяжные вертикальные	–	Разные строгальные	
			Одно-стоечные	Двух-стоечные								
Разрезные	8	–	Разрезные, работающие			Правильно-ноотрезные	Пилы			–	–	
			Резцом	Абразивным кругом	Гладким диском		Ленточные	Дисковые	Ножовочные			
Разные	9	–	Опиловочные	Пилонасекательные	Правильно-обдирочные	Балансировочные	Для испытания сверел	Делительные	–	–	–	

Например, индекс 162 означает токарно-винторезный станок с высотой оси шпинделя над станиной 200 мм, что позволяет обрабатывать детали максимальным диаметром 400 мм.

1336 – токарно-револьверный станок с максимальным диаметром обрабатываемого прутка 36 мм.

612 – фрезерный, вертикально-консольный, стол номер 2 (размер стола 320×1250 мм).

2135 – вертикально-сверлильный станок с наибольшим диаметром сверления 35 мм.

Для отличия новой модели станка, от выпускавшейся ранее, к цифровому индексу добавляют букву. Буква за первой или второй цифрами указывает на изменение технической характеристики (модернизацию), например, токарный станок модели 1А62 имеет максимальную частоту вращения шпинделя 1200 об/мин и электродвигатель мощностью 7 кВт, а станок модели 1К62 соответственно 2000 об/мин и 10 кВт.

Буква в конце цифрового индекса определяет модификацию (видоизменение основной модели) и точность станка.

Различают станки нормальной точности – класс Н (в большинстве случаев не указывается), повышенной точности – класс П, высокой точности (прецизионные) – класс В, особо высокой точности – класс А, и особо точные (мастер станки) – класс С. Для обеспечения надёжной работы станков классов А, В, С их необходимо устанавливать в помещении с постоянной температурой окружающего воздуха.

По степени универсальности и специализации станки делят на универсальные, широкого назначения, специализированные и специальные.

Универсальные станки предназначены для выполнения самых различных работ при обработке деталей многих наименований (токарно-винторезные, сверлильные, фрезерные, шлифовальные и т. д.).

Станки широкого назначения – для выполнения определённых видов работ на заготовках многих наименований (сверлильно-отрезные, фрезерно-центровочные, центровочные и т. д.).

Специализированные станки предназначены для обработки деталей одного наименования или немногих наименований, сходных по конфигурации, но имеющих различные размеры, например, ступенчатых валков, колец подшипников качения, коленчатых валов и т. п.

Специальные станки служат для обработки одной определённой детали (или деталей одного типоразмера), например, лопаток газовых турбин.

По массе станки разделяют на лёгкие (до 1 т), средние (до 10 т), тяжёлые (до 100 т) и уникальные (свыше 100 т).

По степени автоматизации подразделяются на станки с ручным управлением, полуавтоматы, автоматы и станки с программным управлением.

Для анализа движений различных органов станков применяются упрощённые, условные графические схемы механизмов, дающие наглядное представление о кинематике станков и в некоторой степени представление об их конструкции. Такие схемы называются кинематическими, и для их вычерчивания применяют условные обозначения согласно ГОСТ 2.770–68.

Кинематическая схема станка состоит из отдельных кинематических цепей. Под кинематической цепью станка понимают совокупность ряда передач, обеспечивающих передачу движений от начального звена к конечному, например, от электродвигателя к шпинделю. Кинематические цепи состоят из отдельных элементов, называемых звеньями. Два взаимодействующих между собой звена составляют кинематическую пару или передачу. Передачи передают движение от одного звена к другому, или преобразуют одно движение в другое, например, вращательное в поступательное.

В передаче элемент, передающий движение, называется ведущим, а получающий движение – ведомым. Основным параметром передачи является передаточное отношение i , которое показывает во сколько раз частота вращения ведомого элемента n_2 больше или меньше частоты вращения ведущего элемента n_1 :

$$i = n_2/n_1$$

Передаточное отношение кинематической цепи равно произведению передаточных отношений всех последовательно соединённых передач, составляющих данную цепь:

$$i_{ц} = i_1 \times i_2 \times i_3 \times \dots \times i_n.$$

Наиболее часто применяются шесть типов передач, комбинации которых позволяют создать самые разнообразные машины и механизмы – ремённые, цепные, зубчатые с цилиндрическими (оси параллельны) и коническими (оси перпендикулярны) колёсами, червячные, реечные и винтовые (рис. 6.1).

Ременная передача (рис. 6.1, а) осуществляется клиновидными, плоскими или круглыми ремнями. Передаточное отношение ременной передачи:

$$i = d_1 \times \eta / d_2 = n_2 \times \eta / n_1,$$

где $\eta = 0,98$ – коэффициент, учитывающий проскальзывание ремня; d_1 – диаметр ведущего шкива; d_2 – диаметр ведомого шкива; n_1, n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого валов.

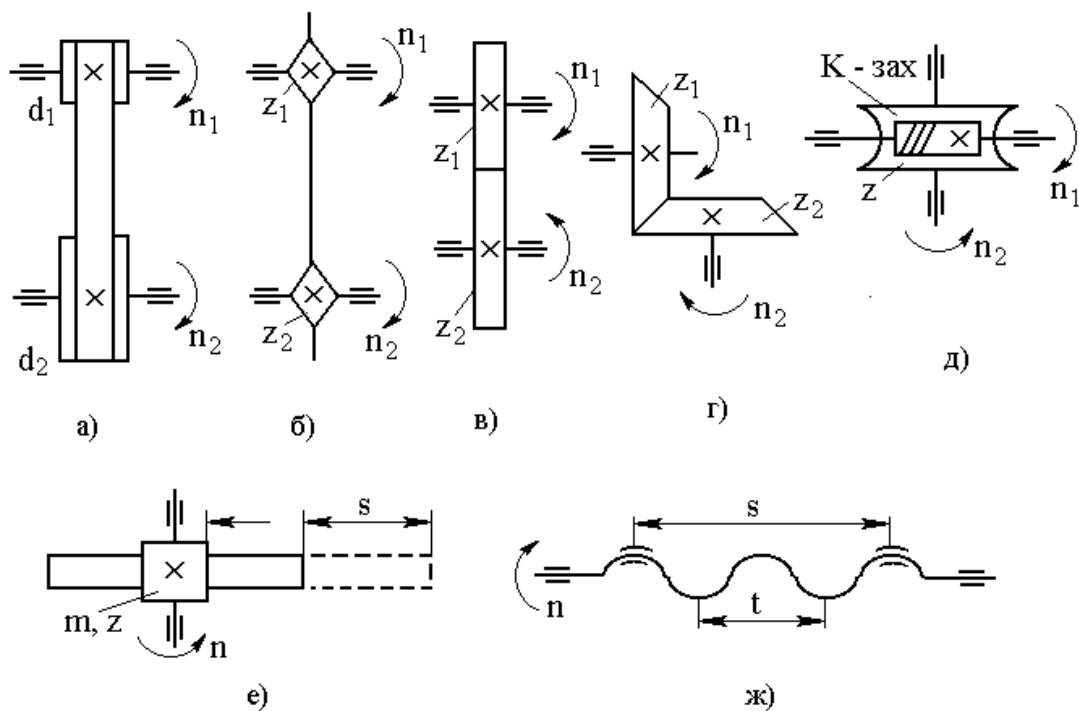


Рис 6.1. Основные типы передач металлорежущих станков:
а – ременная; б – цепная; в, г – зубчатые; д – червячная; е – реечная; ж – винтовая

Цепная передача (рис. 6.1, б) осуществляется двумя звёздочками и соединяющей их роликовой цепью. Передаточное отношение цепной передачи равно:

$$i = z_1 / z_2 = n_2 / n_1,$$

где z_1, z_2 – количество зубьев ведущей и ведомой звёздочек; n_1, n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого валов.

Зубчатая передача (рис. 6.1, в, г) состоит из пары цилиндрических или конических зубчатых колёс. Передаточное отношение зубчатой передачи равно:

$$i = z_1 / z_2 = n_2 / n_1,$$

где z_1, z_2 – количество зубьев ведомого и ведущего зубчатых колёс; n_1, n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого валов.

Червячная передача (рис. 6.1, д) состоит из червячного колеса и червяка и применяется для резкого снижения частоты вращения. Червяк всегда является ведущим, а червячное колесо ведомым элементом.

Если число заходов червяка равно K , а червячное колесо имеет z зубьев, то передаточное отношение равно:

$$i = K / z.$$

Реечная передача (рис. 6.1, е) состоит из рейки и зубчатого колеса и служит для преобразования вращательного движения зубчатого колеса в поступательное движение рейки. Если число зубьев на колесе

равно z , а модуль (величина зуба) и шаг (расстояние между вершинами соседних зубьев) рейки соответственно m и t , то при n оборотах шестерни рейка пройдёт путь:

$$S = t \times z \times n = \pi \times m \times z \times n.$$

Винтовая передача (рис 6.1, ж) состоит из винта и гайки. Она преобразует вращательное движение винта в поступательное движение гайки. Если шаг винта (расстояние между вершинами соседних витков) t , то путь гайки S (в мм) за n оборотов винта равен

$$S = t \times n.$$

Для обеспечения регулирования частоты вращения шпинделя в кинематических цепях металлорежущих станков используются следующие механизмы (рис. 6.2):

1. Паросменные колёса (рис. 6.2, а), устанавливающиеся с помощью шпоночных или шлицевых соединений на ведущем 1 и ведомом 2 валах. Для изменения частоты вращения ведомого вала колёса снимают с валов и меняют местами или устанавливают другую пару колёс.

2. Блоки подвижных колёс (рис. 6.2, б) обеспечивают быстрое переключение скоростей. Колёса z_1, z_3, z_5 жёстко насажены на вал 1. Блок, объединяющий колёса z_2, z_4, z_6 , перемещаясь по валу 2, обеспечивает три передаточных отношения:

$$i_1 = z_1 / z_2 ; i_2 = z_3 / z_4 ; i_3 = z_5 / z_6.$$

Используются подвижные блоки с двумя, тремя и, реже, с четырьмя колёсами.

3. Механизм перебора (рис. 6.2, в) обеспечивает передачу вращения от ведущего шкива прямо на шпиндель 1 (муфта M включена $i_1 = 1$), либо через шестерни перебора и вал 2 (муфта M выключена):

$$i_2 = (z_1 / z_2) \times (z_4 / z_3).$$

Перебор позволяет резко снизить частоту вращения шпинделя, например, при нарезании резьбы.

4. Реверсивный механизм из цилиндрических зубчатых колёс (рис. 6.2, г) обеспечивает вращение ведомого вала 2 в прямом и обратном направлении. С помощью кулачковой муфты M вращение от вала 1 к валу 2 передаётся либо через колёса z_1, z_n, z_2 , тогда направление вращения вала 2 совпадает с направлением вращения вала 1, либо через колёса z_3, z_4 , тогда направление вращения вала 2 не совпадает с направлением вращения вала 1.

5. Реверсивный механизм с коническими зубчатыми колёсами (рис. 6.2, д) применяется в тех случаях, когда ведомый и ведущий валы перпендикулярны друг другу. Вращение от ведущего вала 1, через коническое колесо z_1 , передаётся на ведомые колёса z_3 и z_2 , которые свободно вращаются на ведомом валу 2 навстречу друг другу. Муфта M ,

входя в зацепление с коническими колёсами z_2 или z_3 , обеспечивает вращение вала 2 в прямом или обратном направлении.

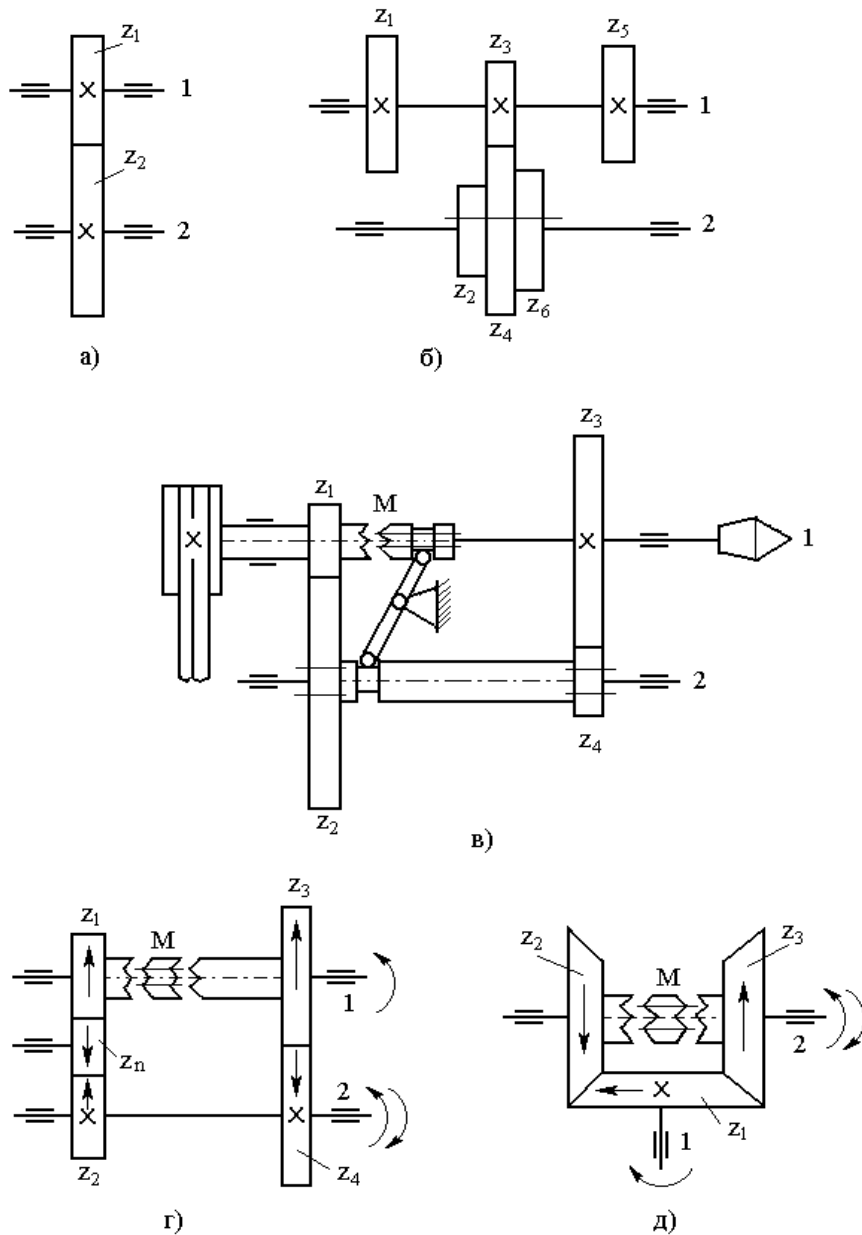


Рис. 6.2. Механизмы металлорежущих станков:
 а – паросменные колёса; б – блок подвижных колёс; в – механизм перебора;
 г, д – реверсивные механизмы

В металлорежущих станках (со ступенчатым регулированием) частоты вращения шпинделя назначаются по закону геометрического ряда, т. е.

$$n_{\min} = n_1; n_2 = n_1 \times \varphi; n_3 = n_2 \times \varphi = n_1 \times \varphi^2; \dots; n_i = n_1 \times \varphi^{i-1},$$

где φ – знаменатель геометрической прогрессии.

Отношение наибольшей частоты вращения шпинделя станка к наименьшей называется диапазоном регулирования станка R:

$$R = n_{\max} / n_{\min}.$$

Величина R показывает универсальность станка. Если число частот вращения шпинделя равно Z, то $n_{\max} = n_{\min} \times \varphi^{Z-1}$, а величина знаменателя геометрического ряда определяется:

$$\varphi = \sqrt[Z-1]{n_{\max} / n_{\min}} = \sqrt[Z-1]{R}.$$

Относительное изменение частот вращения Δn между двумя соседними частотами вращения n_1 и n_2 , выраженное в %, представляет собой перепад скоростей A:

$$A = 100 \times (n_2 - n_1) / n_2 = 100 \times (\varphi - 1) / \varphi = \text{const}.$$

Значения знаменателей геометрического ряда частот вращения и перепады скоростей металлорежущих станков стандартизированы и приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Стандартные значения знаменателей геометрического ряда и перепадов скоростей металлорежущих станков

φ	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2
A, %	5	10	20	30	40	45	50

В современных металлорежущих станках частота вращения шпинделя регулируется при помощи коробок скоростей. Их конструируют встроенными в станину или переднюю бабку станка.

На рис 6.3 представлена схема двенадцатиступенчатой коробки скоростей. Для передачи вращения от электродвигателя вала 1 служит клиноременная передача; от вала 1 валу 2 – механизм с тройным блоком, обеспечивающий передаточное отношение 27/55, 21/61 или 34/48; от вала 2 валу 3 – механизм с двойным блоком, обеспечивающий передаточное отношение 22/60 или 41/41; от вала 3 валу 4 – цилиндрическая зубчатая передача (52/38), а далее либо прямо на шпиндель ($i = 1$), если муфта включена, либо через механизм перебора ($i = 20/56 \times 20/56$), если муфта выключена.

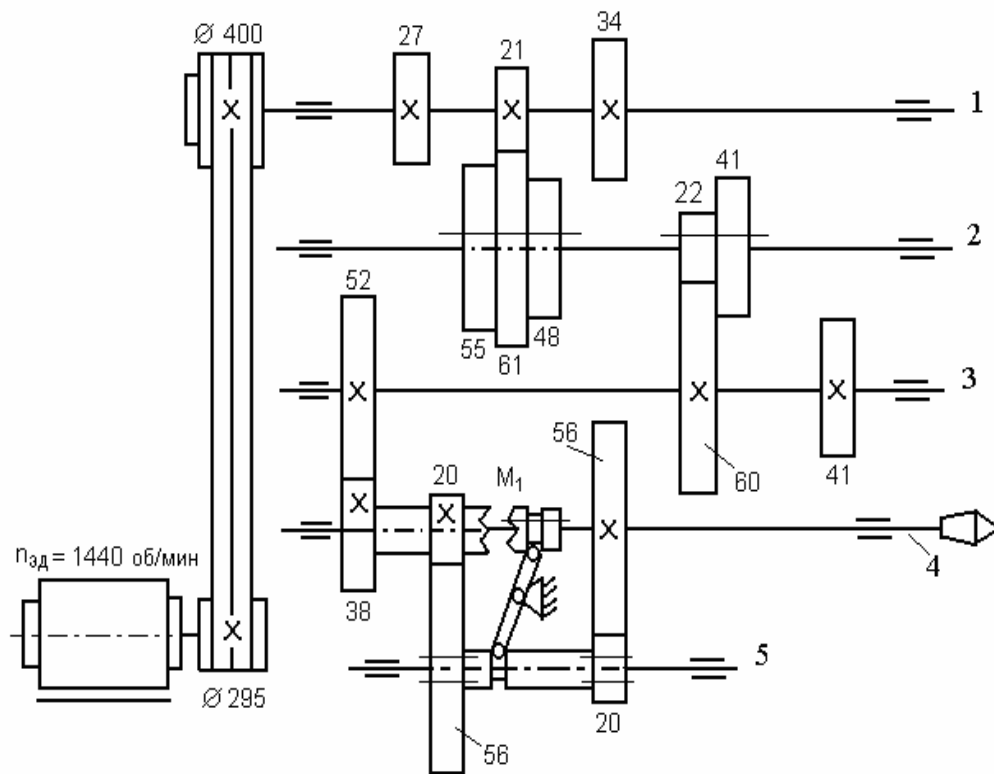


Рис. 6.3. Двенадцатиступенчатая коробка скоростей

Для расчёта всех частот вращения шпинделя ($n_{ш}$) составляется уравнение кинематической цепи, представляющее собой произведение частоты вращения приводного электродвигателя ($n_{э.д.}$) на передаточное отношение всех последовательных передач от электродвигателя к шпинделю:

$$n_{ш} = 1440 \cdot \frac{295}{400} \cdot 0,98 \cdot \frac{27/55}{34/48} \cdot \frac{41/41}{22/60} \cdot \frac{52}{38} \cdot \frac{1}{\frac{20}{56} \cdot \frac{20}{56}} ;$$

$$n_{ш} = 1440 \cdot 0,74 \cdot 0,98 \cdot \frac{0,49}{0,71} \cdot \frac{1}{0,37} \cdot 1,37 \cdot \frac{1}{0,127} .$$

Таким образом, данная кинематическая цепь, благодаря одному механизму с тройным блоком, одному механизму с двойным блоком и механизму перебора, обеспечивает ($3 \times 2 \times 2 = 12$) частот вращения шпинделя:

$$\begin{aligned}
n_1 &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,49 \times 1 \times 1,37 \times 1 = 701; \\
n_2 &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,71 \times 1 \times 1,37 \times 1 = 1015; \\
n_3 &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,34 \times 1 \times 1,37 \times 1 = 486; \\
n_4 &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,49 \times 0,37 \times 1,37 \times 1 = 259; \\
n_5 &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,71 \times 0,37 \times 1,37 \times 1 = 376; \\
n_6 &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,34 \times 0,37 \times 1,37 \times 1 = 180; \\
n_7 &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,49 \times 1 \times 1,37 \times 0,127 = 89; \\
n_8 &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,71 \times 1 \times 1,37 \times 0,127 = 129; \\
n_9 &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,34 \times 1 \times 1,37 \times 0,127 = 62; \\
n_{10} &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,49 \times 0,37 \times 1,37 \times 0,127 = 33; \\
n_{11} &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,71 \times 0,37 \times 1,37 \times 0,127 = 48; \\
n_{12} &= 1440 \times 0,74 \times 0,98 \times 0,34 \times 0,37 \times 1,37 \times 0,127 = 23.
\end{aligned}$$

Полученные частоты вращения шпинделя переписываем в порядке возрастания:

$$n_{\min} = n_1 = 23; n_2 = 33; n_3 = 48; n_4 = 62; n_5 = 89; n_6 = 129; n_7 = 180; n_8 = 259; n_9 = 376; n_{10} = 486; n_{11} = 701; n_{12} = n_{\max} = 1015.$$

После этого определяется диапазон регулирования R , величина знаменателя геометрического ряда φ и перепад скоростей A :

$$R = n_{\max} / n_{\min} = 1015 / 23 = 44,1;$$

$$\varphi = n_2 / n_1 = n_5 / n_4 = n_{12} / n_{11}, \text{ или } \varphi = \sqrt[11]{\frac{1015}{23}} = 1,41 ;$$

$$A = (\varphi - 1) \times 100\% / \varphi = (1,41 - 1) \times 100\% / 1,41 = 29\%.$$

6.2. Содержание отчета

1. Эскиз кинематической схемы станка.
2. Расшифровка индекса данного станка.
3. Уравнение кинематической цепи станка
4. Расчёт уравнения кинематической цепи.

6.3. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как классифицируются металлорежущие станки?
2. Что определяет индекс металлорежущего станка?
3. Что называется кинематической схемой станка?
4. Какие передачи наиболее часто встречаются в металлорежущих станках?
5. Что называется передаточным отношением?
6. Чему равно передаточное отношение кинематической цепи?
7. Какие механизмы используются для регулирования частоты вращения?
8. Какие механизмы применяются для изменения направления вращения валов?
9. Для чего служит механизм перебора?

7. НАРЕЗАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ПОМОЩЬЮ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

Цель работы

1. Ознакомиться с устройством и работой универсальной делительной головки.
2. Освоить сущность способа простого деления, применяемого при обработке зубчатых колёс методом копирования.

Задание

1. Настроить универсально-фрезерный станок 6Н80 на требуемый режим обработки.
2. Рассчитать настройку универсальной делительной головки УДГД 160 на нарезание прямозубого цилиндрического колеса и настроить её на работу.
3. Установить на станок и выверить заготовку и инструмент, обработать деталь.
4. Проверить результаты обработки и составить отчёт.

Оборудование, приспособления, инструмент

1. Универсально-фрезерный станок 6Н80.
2. Универсальная делительная головка УДГД–160.
3. Набор дисковых модульных фрез.
4. Заготовки зубчатых колёс.
5. Штангенциркуль, индикатор.

7.1. Основные положения

Одной из важнейших функций делительной головки является нарезание с её помощью прямозубых, винтовых и червячных зубчатых колёс. Приступая к работе необходимо ознакомиться с элементами зубчатого колеса (рис. 7.1).

Делительная (начальная) окружность d_d (в мм), по которой происходит качение зубчатой пары без скольжения – для нормального зуба и угла профиля $\alpha \alpha \tilde{\alpha}$

Шаг зацепления t , мм – расстояние между одноимёнными сторонами двух соседних зубьев, измеренное по дуге делительной окружности. Шаг зацепления равен сумме толщины зуба S (мм) и ширины впадины S_b (мм):

$$t = S + S_b.$$

Толщина зуба S и ширина впадины S_b по дуге делительной окружности нормального колеса теоретически равны.

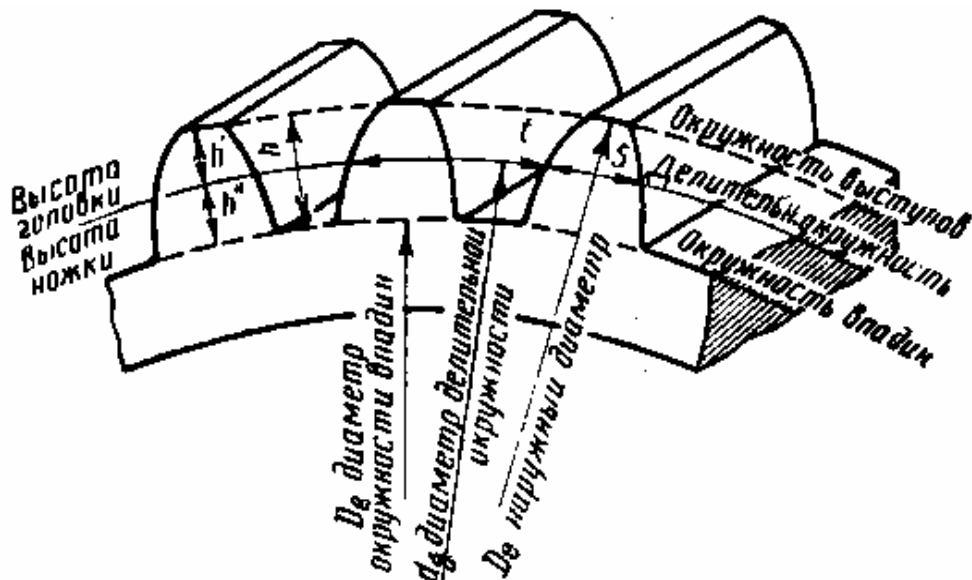


Рис. 7.1. Элементы цилиндрического зубчатого колеса

Из определения шага следует, что длина делительной окружности зубчатого колеса равняется

$$\pi \cdot d_d = t \cdot Z,$$

где Z – число зубьев.

Следовательно:

$$d_d = t \cdot Z / \pi.$$

Шаг зацепления t так же, как длина окружности d_d , включают в себя трансцендентное (не удовлетворяющее никакому алгебраическому уравнению с целыми коэффициентами) число π , а поэтому шаг – число так же трансцендентное.

Для удобства расчётов и измерения зубчатых колёс в качестве основного расчётного параметра принято рациональное число t/π , которое называется *модулем зацепления* m , мм:

$$m = t / \pi,$$

тогда $d_d = m \cdot Z$ или $m = d_d / Z$.

Следовательно, модулем зацепления m называется часть диаметра делительной окружности, приходящаяся на один зуб. Модуль является основной характеристикой размеров зубьев и его значения регламентированы ГОСТом.

Высота головки и ножки зуба.

Делительная (начальная) окружность рассекает зуб по высоте на головку h' и ножку h'' .

Для создания радиального зазора C

$$h'' = h' + C, \text{ мм.}$$

Для нормального (некорригированного) зацепления

$$h' = m, \text{ мм}; \quad h'' = 1,2 \cdot m, \text{ мм.}$$

Высота зуба $h = h' + h'' = 2,2 \cdot m, \text{ мм.}$

Наружный диаметр зубчатого колеса D_e измеряется по окружности выступов и определяется:

$$D_e = d_d + 2 \cdot h' = m \cdot Z + 2 \cdot m = m \cdot (Z + 2).$$

7.2. Сущность метода копирования при нарезании зубьев зубчатых колёс

Метод копирования заключается в образовании зубьев фасонным инструментом (модульными фрезами), профиль режущей части которого в осевой плоскости соответствует профилю впадины зуба (рис. 7.2, в).

Основные схемы обработки зубьев по методу копирования модульными дисковыми и пальцевыми (применяются реже) фрезами показаны на рис. 7.2, б и 7.2, а.

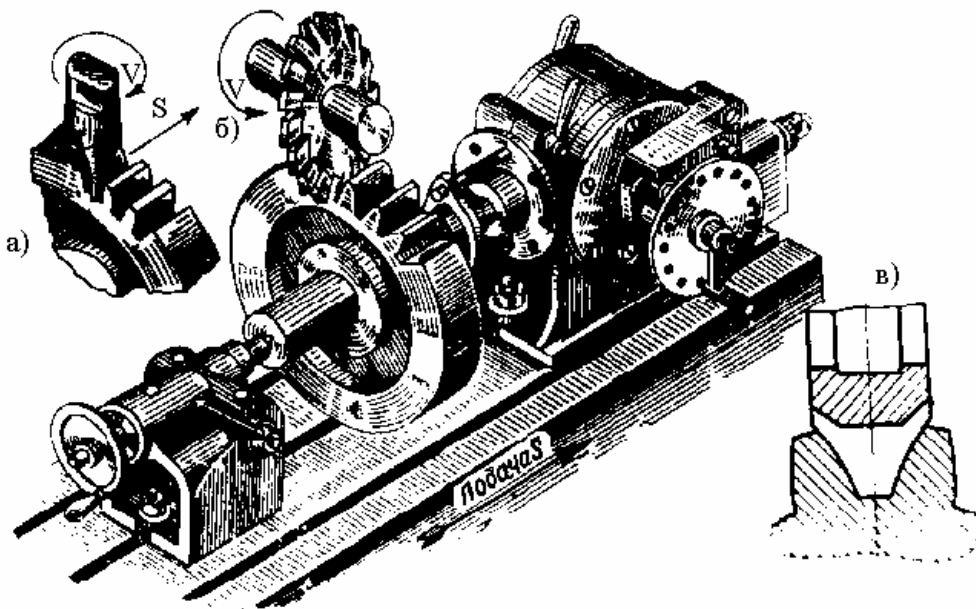


Рис. 7.2. Обработка впадины зуба по методу копирования

Заготовку устанавливают на оправке делительной головки. Для нарезания зубьев на заготовке колеса необходимы три движения (рис. 7.2):

1. Главное движение – вращение фрезы.
2. Движение подачи – относительное перемещение инструмента вдоль образующей зуба.
3. Движение деления – периодический поворот заготовки на один зуб после обработки очередной впадины.

Обычно нарезание зубьев производится дисковыми модульными фрезами (рис. 7.3), имеющими затылованные зубья, обеспечивающими сохранение профиля зуба при переточке по передней поверхности.

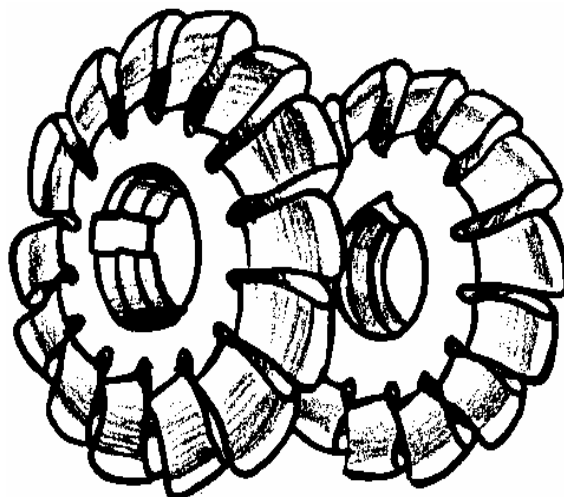


Рис. 7.3. Дисковые модульные фрезы

Так как профиль зуба колеса зависит от модуля и числа зубьев, то для каждого модуля надо было бы иметь специальную фрезу для каждого числа зубьев. На практике обычно пользуются наборами фрез различного профиля (набор из 8, 15 или 27 фрез) для каждого модуля. Каждая фреза набора имеет свой номер и предназначена для нарезания ряда значений числа зубьев. Для набора из 8 фрез (наиболее распространённого) предусмотрено следующее распределение фрез между числами зубьев изготавливаемых колёс (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Набор из восьми дисковых модульных фрез

№ фрезы	1	2	3	4	5	6	7	8
Интервал чисел зубьев нарезаемых колёс	12–13	14–16	17–20	21–25	26–34	35–54	55–134	135 и более

Профиль каждой фрезы набора изготовлен по наименьшему числу зубьев интервала (например, у фрезы № 2 по $Z = 14$), следовательно, наибольшая погрешность получается при изготовлении колёс с наибольшим числом зубьев каждого интервала. Кроме погрешности, связанной с неточностью инструмента, всегда имеет место погрешность в работе делительной головки.

Метод копирования применяется только в индивидуальном и иногда в мелкосерийном производстве.

7.3. Наладка станка

Заготовку зубчатого колеса закрепляют на оправке гайкой. Оправку зажимают в трёхкулачковом патроне, который навинчивается на шпиндель делительной головки. Второй конец оправки поддерживают задней бабкой (рис. 7.2).

Соответствующую дисковую модульную фрезу крепят на оправке шпинделя станка и устанавливают ее по центру заготовки. Для этого стол поднимают до тех пор, пока центр оправки заготовки не окажется на одном уровне с нижней частью фрезы. Затем стол передвигают в поперечном направлении до тех пор, пока центр оправки заготовки не совпадёт с вершиной зуба фрезы. После этого стол опускают и подводят заготовку под фрезу (продольной подачей) так, чтобы лист тонкой бумаги, помещённый между ними, закусывался. После этого заготовку отводят от фрезы, сообщая столу продольную подачу, и поднимают стол на глубину фрезерования, производя отсчёт по лимбу.

Прежде чем приступить к нарезанию зубьев, необходимо проверить наладку и настройку станка. Режимы резания – скорость резания и подача находятся по таблицам для обработки данного материала.

Глубина резания равна высоте зуба: $t = h$.

7.4. Универсальные делительные головки

Делительные головки являются важными принадлежностями консольно-фрезерных станков, особенно универсальных, и применяются при необходимости фрезерования граней, пазов, шлицев, зубьев колёс и инструментов, расположенных под определённым углом друг относительно друга. Их можно использовать для простого и дифференциального деления.

Для подсчёта требуемого угла поворота шпинделя 1 делительной головки (рис. 7.4), а следовательно, и оправки 7 с закреплённой на ней обрабатываемой деталью 6, служит делительный диск (лимб) 4, имеющий с обеих сторон несколько рядов отверстий, расположенных

на концентрических окружностях. Отверстия на диске предназначены для фиксации рукоятки А в определённых положениях при помощи стержня фиксатора 5.

Передача от рукоятки к шпинделю делительной головки осуществляется по двум кинематическим цепям.

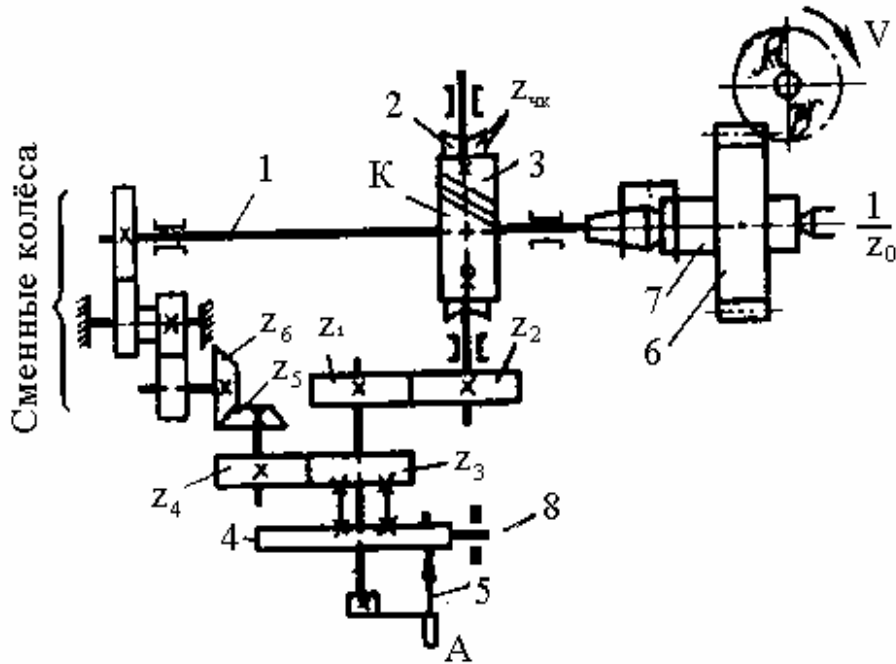


Рис. 7.4. Кинематическая схема универсальной делительной головки

При дифференциальном делении освобождается стопор 8, крепящий лимб к корпусу делительной головки, отключается червячная пара 2, 3 и при вращении рукоятки с лимбом передача к шпинделю осуществляется по цепи

$$Z_3 / Z_4 \cdot Z_5 / Z_6 \cdot i_{см},$$

где $i_{см}$ – передаточное отношение сменных зубчатых колёс).

При простом делении сменные зубчатые колёса отключены, лимб неподвижен, стержень фиксатора утоплен в рукоятке, при вращении которой движение к шпинделю передаётся по цепи

$$Z_1 / Z_2 \cdot K / Z_{чк}.$$

Характеристикой делительной головки N называется величина, обратная передаточному отношению червячной пары (обычно $N = 40$).

7.5. Настройка делительной головки на простое деление

При настройке делительной головки на простое деление сменные зубчатые колёса удаляются и уравнение кинематической цепи настройки имеют следующий вид:

$$b / a \cdot Z_1 / Z_2 \cdot K / Z_{\text{чк}} = 1 / Z_0,$$

где Z_0 – число делений, которые необходимо выполнить; a – число отверстий на соответствующей расчёту концентрической окружности делительного диска 4; b – число отверстий, на которые перемещается рукоятка А; $Z_{\text{чк}}$ – число зубьев червячного колеса; K – число заходов червяка.

Из уравнения следует:

$$b / a = Z_{\text{чк}} / Z_0 \cdot K \cdot Z_2 / Z_1,$$

где $Z_{\text{чк}} = 40$; $K = 1$; $Z_1 = Z_2$, отсюда:

$$b / a = 40 / Z_0.$$

К делительной головке (УДГД-160) прилагается делительный диск, имеющий по семь концентрических окружностей с отверстиями на каждой стороне. Число отверстий делительного диска: на одной стороне – 16, 19, 23, 30, 33, 39 и 49; на другой стороне – 17, 21, 29, 31, 37, 41 и 54.

Максимальный диаметр обрабатываемой детали – 160 мм.

Пример настройки

Настроить делительную головку для обработки зубчатого колеса $Z_0 = 34$:

$$b / a = 40 / 34 = 20 / 17 = 1(3 / 17).$$

Следовательно, для осуществления данного деления необходимо произвести один полный оборот рукоятки и на окружности с числом отверстий 17 повернуть рукоятку на угол, соответствующего 3 + 1 отверстию, и зафиксировать её в этом положении.

Для установки рукоятки с фиксатором на требуемую окружность делительного диска (рис. 7.5) нужно отпустить зажимную гайку, повернуть рукоятку так, чтобы стержень фиксатора попал в отверстие окружности, и вновь закрепить гайку.

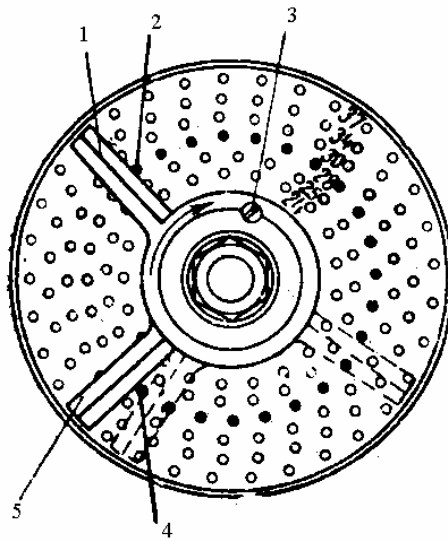


Рис. 7.5. Делительный диск (лимб)

Для отсчётов делений пользуются раздвижным сектором, состоящего из двух линеек 1 и 5, зажимного винта 3 для крепления их под требуемым углом и пружинной шайбы, удерживающей сектор от произвольного поворота.

После определения необходимой окружности на делительном диске и расчётного числа отверстий, на которое следует переставить фиксатор, сектор устанавливают так, чтобы число отверстий между линейками было на единицу больше числа, полученного при подсчёте (позиции 2 и 4), и поворачивают его сразу после перестановки фиксатора. Сектор должен находиться в данном положении до следующего деления, причём подводить его к отверстию следует плавно и осторожно так, чтобы фиксатор, снятый с предохранителя, вошёл в отверстие под действием пружины.

Если рукоятка переведена дальше требуемого отверстия, её отводят назад на четверть или полуоборота и вновь доводят до соответствующего отверстия. Для точности деления рукоятку с фиксатором следует вращать всегда в одном направлении.

Число оборотов рукоятки при простом делении на любое число частей от 2 до 43 приведено в табл. 7.3, при дифференциальном делении на число частей от 43 до 400 – в табл. 7.4.

7.6. Контроль размеров зуба

Нарезав первый зуб, необходимо измерить его толщину штангенциркулем или штангензубомером и высоту зуба – глубомером.

$$\text{Толщина зуба } S = m \cdot a,$$

где m – модуль зубчатого колеса в мм; a – поправочный коэффициент (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Зависимость величины поправочного коэффициента от числа зубьев

Число зубьев	a	Число зубьев	a
12...13	1,0514	26...34	1,0237
14...16	1,0440	35...54	1,0176
17.20	1,0362	55...134	1,0112
21...25	1,0292	135 и более	1,0047

7.7. Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Эскиз детали (с приведением расчёта параметров зубчатого колеса) и кинематическая схема делительной головки.
4. Расчёт настройки делительной головки на простое деление
5. Расчёт элементов режима резания (глубины резания t , мм; подачи S , мм/об; скорости резания V , м/мин).
6. Краткие выводы по выполненной работе.

7.8. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Каковы основные элементы зубчатого колеса?
2. В чём заключается сущность метода копирования при нарезании цилиндрических зубчатых колёс?
3. Какие движения участвуют в образовании зуба при нарезании?
4. Как выбираются дисковые модульные фрезы для обработки заданного числа зубьев
5. Как настроить станок на заданные режимы резания?
6. Назначение, устройство и кинематическая схема универсальной делительной головки.
7. Какая величина является характеристикой делительной головки?
8. В чём заключается сущность метода простого деления и расчёт деления окружности на заданное количество частей?
9. Каков порядок наладки станка и делительной головки на обработку цилиндрических зубчатых колёс с прямым зубом?
10. Как проверяется наладка станка, делительной головки, обрабатываемой детали и инструмента перед нарезанием зубьев?
11. В чём заключается контроль качества выполненной работы по нарезанию зубчатого колеса?

Таблица 7.3

Число оборотов рукоятки делительного диска при простом делении

Число частей, на которое требуется разделить деталь	Число полных оборотов рукоятки	Число отверстий отсчитываемых сектором на окружности делительного диска	Число отверстий на выбранной окружности делительного диска	Число частей, на которое требуется разделить деталь	Число полных оборотов рукоятки	Число отверстий отсчитываемых сектором на окружности делительного диска	Число отверстий на выбранной окружности делительного диска
2	20	–	–	23	1	17	23
	13	11	33		1	22	33
3	13	10	30	24	1	20	30
	13	13	39		1	26	39
4	10	–	–	25	1	18	30
5	8	–	–	26	1	21	39
	6	22	33	27	1	26	54
6	6	20	30	28	1	21	49
	6	26	39		1	9	21
7	5	35	49	29	1	11	29
	5	15	21		1	11	33
8	5	–	–	30	1	10	30
9	4	24	54		1	13	39
10	4	–	–	31	1	9	31
11	3	21	33	32	1	4	16
12	3	13	39	33	1	7	33
	3	10	30	34	1	3	17
13	3	3	9	35	1	7	49
14	2	42	49		1	3	21
	2	18	21	36	1	6	54
15	2	22	33	37	1	3	37
	2	20	30	38	1	1	19
	2	26	39	39	1	1	39
	2	8	16	40	1	–	–
16	2	15	30	41	–	40	41
	2	27	54	42	–	20	21
17	2	6	17				
18	2	12	54				
19	2	2	19				
20	2	–	–				
21	1	19	2				
22	1	27	33				

Таблица 7.4

Число оборотов рукоятки делительного диска
при дифференциальном делении

Число частей, на которое требуется разделить деталь	Число отверстий, на которое требуется повернуть рукоятку	Число отверстий на выбранной окружности делительного диска	Число зубьев сменных шестерён				Число паразитных шестерён
			на шпинделе	1-ый промежуточный	2-ой промежуточный	на валу привода делительного диска	
			а	б	в	г	
43 ^x	40	43	–	–	–	–	–
43	48	54	80	30	40	60	–
44	30	33	–	–	–	–	–
45	48	54	–	–	–	–	–
46	20	23	–	–	–	–	–
47 ^x	40	47	–	–	–	–	–
47	25	30	50	–	–	60	1
48	25	30	–	–	–	–	–
49	40	49	–	–	–	–	–
50	24	30	–	–	–	–	–
51	24	30	40	–	–	50	2
52	30	39	–	–	–	–	–
53	24	30	60	–	–	25	2
54	40	54	–	–	–	–	–
55	24	33	–	–	–	–	–
56	35	49	–	–	–	–	–
	15	21	–	–	–	–	–
57	22	33	60	–	–	30	1
58	20	29	–	–	–	–	–
59	22	33	40	–	–	60	1
	22	33	–	–	–	–	–
60	26	39	–	–	–	–	–
	36	54	–	–	–	–	–
61	22	33	40	–	–	60	2
62	20	31	–	–	–	–	–
63	22	33	60	–	–	30	2
64	10	16	–	–	–	–	–
65	24	39	–	–	–	–	–
66	20	33	–	–	–	–	–
67	28	49	60	–	–	35	1
68	10	17	–	–	–	–	–
69	28	49	40	–	–	70	1
70	28	49	–	–	–	–	–
	12	21	–	–	–	–	–
71	12	21	40	–	–	70	2
	28	49	40	–	–	70	2
72	30	54	–	–	–	–	–
73	12	21	60	–	–	35	2
	28	49	60	–	–	35	2
74	20	37	–	–	–	–	–
75	16	30	–	–	–	–	–

8. ТАРИРОВКА ТОКАРНОГО ДИНАМОМЕТРА

Цель работы

Ознакомиться с устройством однокомпонентного токарного динамометра, рассмотреть зависимость между показаниями индикатора и значением вертикальной составляющей силы резания.

8.1. Основные положения

Деформирование и срезание с заготовки слоя металла происходит под действием внешней силы P , приложенной со стороны инструмента к обрабатываемой заготовке, направление которой совпадает с направлением скорости резания V . Произведение $P \times V$ представляет собой работу, затрачиваемую на деформацию и разрушение материала заготовки:

$$A = A_y + A_{\text{п}} + A_{\text{т}},$$

где A_y – работа, затраченная на упругое деформирование металла; $A_{\text{п}}$ – работа, затраченная на пластическое деформирование металла и его разрушение; $A_{\text{т}}$ – работа, затраченная на преодоление сил трения задней поверхности инструмента о заготовку и стружки о переднюю поверхность инструмента.

В результате сопротивления металла деформированию возникают реактивные силы, действующие на резец: нормального давления и трения. Реактивные силы – это силы упругого P_{y1} и пластического $P_{\text{п}1}$ деформирования, действующие перпендикулярно передней поверхности резца, и силы P_{y2} и $P_{\text{п}2}$, действующие перпендикулярно главной задней поверхности резца (рис. 8.1, а). Наличие нормально действующих сил обуславливает возникновение силы трения $T_1 = f_1 \times (P_{y1} + P_{\text{п}1})$, действующей вдоль передней поверхности резца $T_2 = f_2 \times (P_{y2} + P_{\text{п}2})$, действующей вдоль главной задней поверхности резца (f_1 и f_2 – коэффициенты трения стружки о резец и резца о заготовку).

Указанную систему сил приводят к одной силе R – равнодействующей силе резания. Условно считают, что точка приложения силы R находится на рабочей части главной режущей кромки резца (рис. 8.2, б).

Абсолютная величина, точка приложения и направление в пространстве равнодействующей силы резания R в процессе обработки являются переменными. Это объясняется неоднородностью структуры и переменной поверхностной твердостью материала заготовки, непостоянством сечения срезаемого слоя (наличие штамповочных и литейных уклонов, галтелей и т. д.), изменением углов γ и α в процессе резания и т. д.

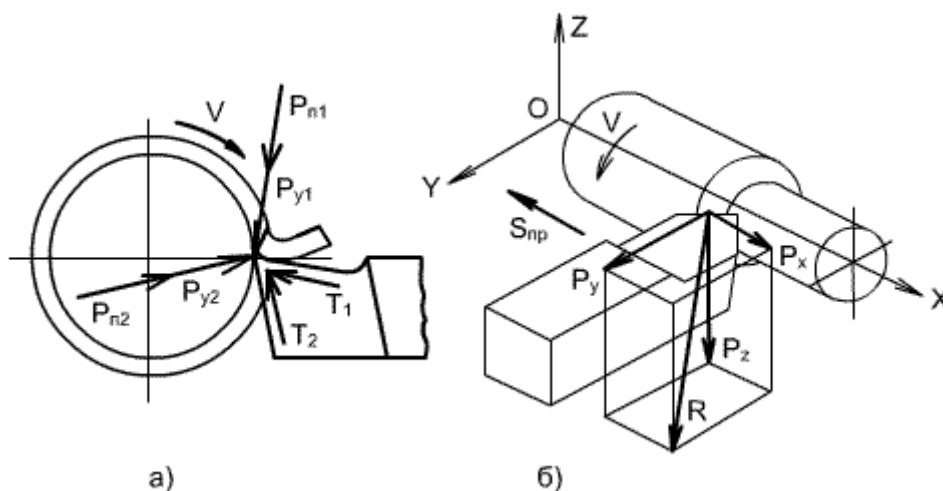


Рис. 8.1. Схема сил, действующих на резец (а), и разложение силы резания на составляющие (б)

Для практических расчетов используют не равнодействующую силу резания, а ее составляющие, действующие по трем взаимно перпендикулярным направлениям: координатным осям металлорежущего станка. Такими осями для токарного станка являются: ось x – линия центров станка, ось y – линия, перпендикулярная к оси центров станка, ось z – линия, перпендикулярная к плоскости $x - y$ (рис. 8.1, б).

Вертикальная составляющая силы резания P_z действует в плоскости резания в направлении главного движения (по оси z). По силе P_z определяют крутящий момент на шпинделе станка (заготовке), эффективную мощность резания, деформацию изгиба заготовки в плоскости $x - z$, изгибающий момент M_z , действующий на стержень резца; по силе P_z ведут динамический расчет механизмов коробки скоростей станка.

Радиальная составляющая силы резания P_y действует в плоскости $x - y$ перпендикулярно оси заготовки. По силе P_y определяют упругое отжатие резца от заготовки и деформацию изгиба заготовки в плоскости $x - y$. Она способствует вибрации и влияет на точность и качество обработанной поверхности.

Осевая составляющая силы резания P_x действует в плоскости $x - y$ вдоль оси заготовки. По силе P_x рассчитывают механизмы коробки подач и фартука станка, изгибающий момент M_x , действующий на стержень резца.

По величине деформации заготовки от сил P_z и P_y рассчитывают ожидаемую точность размерной обработки заготовки и погрешность ее геометрической формы. По величине суммарного изгибающего момента от сил P_z и P_x рассчитывают стержень резца на прочность.

Величина и направление равнодействующей силы резания определяется как диагональ параллелепипеда, построенного на составляющих силах:

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2}.$$

Соотношение между силами $P_z : P_y : P_x$ не остается постоянным и зависит от геометрии режущей части резца, режима резания, износа резца физико-механических свойств обрабатываемого материала и условий обработки.

На практике обычно определяют лишь силу P_z , а значение сил P_y и P_x берут в частях от P_z . При обработке стали резцом с $\gamma = 15^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0^\circ$ без охлаждения отношение соответствующих сил можно принять равным:

$$P_z : P_y : P_x = 1 : 0,45 : 0,35.$$

Отношения $P_y : P_z : P_x$ возрастают с увеличением износа резца; с уменьшением угла φ увеличивается отношение $P_y : P_z$; с увеличением подачи возрастает отношение $P_x : P_z$ и т. д.

Крутящий момент на шпинделе станка M_k (Н × м):

$$M_k = P_z \times D_{\text{заг.}} / 2 \times 1000,$$

где $D_{\text{заг.}}$ – диаметр обрабатываемой заготовки, мм; 1000 – коэффициент перевода миллиметров в метры.

Эффективной мощностью резания N_e называют мощность, расходуемую на процесс деформирования и срезание с заготовки слоя материала.

При точении цилиндрической поверхности на токарно-винторезном станке эффективная мощность резания N_e (кВт):

$$N_e = P_z \times V / 60 \times 10^3 + P_x \times n \times S_{\text{пр.}} / 60 \times 10^6,$$

где V – скорость резания, м/мин; n – частота вращения заготовки, об/мин; $S_{\text{пр.}}$ – продольная подача, мм/об.

Мощность электродвигателя станка $N_э$ (кВт)

$$N_э = N_e / \eta,$$

где η – к.п.д. механизмов станка.

Значение вертикальной составляющей силы резания P_z можно измерить однокомпонентным инерционным динамометром ДК-1.

8.2. Токарный динамометр ДК-1

Принцип действия динамометра основан на измерении упругой деформации торсионных элементов, величина которой согласно закону Гука, пропорциональна приложенной нагрузке.

Динамометр ДК-1 (рис. 8.2) устанавливают на суппорте токарного станка вместо предварительно снятого резцедержателя и закрепляют болтом, проходящим через отверстие 4. Корпус динамометра 3 выполнен таким образом, что державка 7, в которой закрепляется резец 1, оказывается соединенной с остальной частью динамометра посредством торсионных брусков 2. Под действием вертикальной составляющей силы резания P_z резец слегка поворачивается вокруг горизонтальной оси, закручивая торсионные бруски, при этом свободный конец длинной планки 6, прикрепленной к державке 7, поднимается и нажимает на ножку индикатора 5. Ножка индикатора перемещается пропорционально деформации торсионных брусков и, следовательно, вертикальной составляющей силы резания P_z .

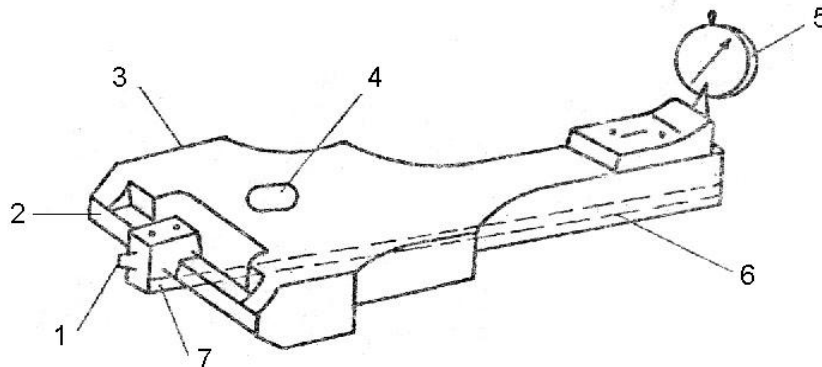


Рис. 8.2. Токарный динамометр ДК-1

8.3. Тарировка динамометра

Для определения цены деления индикатора динамометр тарируют, т. е. устанавливают зависимость между силой P_z , действующей на резец динамометра, и показанием индикатора δ . Для этого вместо резца в оправке динамометра закрепляют штангу с подвеской для грузов (рис. 8.3), стрелку индикатора устанавливают в нулевое положение, а на подвеску поочередно навешивают грузы, заносая в табл. 8.1 показания индикатора и массу грузов. По окончании нагрузки штангу постепенно разгружают, показания индикатора и массу грузов также заносят в табл. 8.1.

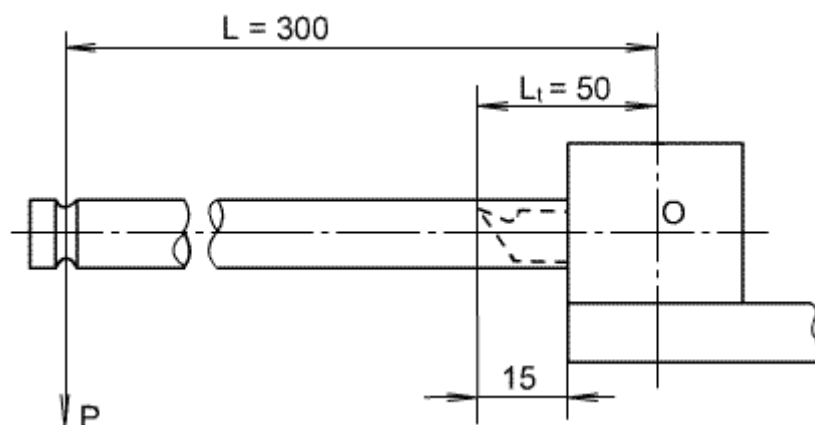


Рис. 8.3. Схема тарировки

Таблица 8.1

Тарировочные значения

№ п/п	Масса груза на штанге Q, кг	Показания индикатора δ , мм		Сила резания P_z , кг
		нагрузка	разгрузка	
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Штанга имеет фиксированную длину $L = 300$ мм, значительно большую, чем длина резца $L_t = 50$ мм, что позволяет, используя грузы умеренной массы Q (кг), создавать достаточные моменты относительно торсионных брусков: $M = Q \times L$.

Вертикальная составляющая силы резания P_z рассчитывается из условий равенства сил Q и P_z относительно оси торсионных брусков:

$$Q \times L = P_z \times L_t, \text{ следовательно: } P_z = Q \times L / L_t.$$

По данным таблицы строится тарировочный график динамометра – зависимость показаний индикатора δ (мм) от значения вертикальной составляющей силы резания P_z (рис. 8.4) и рассчитывается значение тарировочного коэффициента α из уравнения

$$P_z = \alpha \times \delta, \alpha = P_z / \delta.$$

При исследовании влияния элементов режима резания при точении на величину вертикальной составляющей силы резания P_z вместо резца в оправке динамометра устанавливают резец, производят обработку, при которой снимаются показания индикатора, и определяют величину P_z , умножая показания индикатора на тарировочный коэффициент.

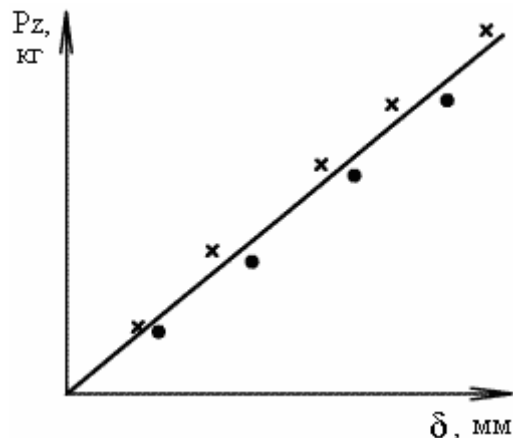


Рис. 8.4. Тарировочный график:
 • – нагрузка; × – разгрузка

8.4. Содержание отчета

1. Краткое описание составляющих сил резания.
2. Схема составляющих сил резания (рис. 8.1, б) и схема тарировки динамометра (рис. 8.3).
3. Результаты тарировки, занесенные в табл. 8.1.
4. Тарировочный график.
5. Выводы по результатам тарировки.

8.5. Контрольные вопросы для самопроверки

1. На какие составляющие раскладывается равнодействующая сила резания?
2. В какой плоскости действует вертикальная составляющая сила резания, и какие показатели по ней рассчитываются?
3. На что влияет радиальная сила резания?
4. Что рассчитывают по осевой составляющей силы резания?
5. От чего зависит величина радиальной составляющей силы резания?
6. Какой принцип положен в основу работы токарного динамометра?
7. По величине какой составляющей силы резания рассчитываются крутящий момент на шпинделе и эффективная мощность резания?
8. По величине деформации заготовки от каких сил рассчитывают ожидаемую точность размерной обработки заготовки и погрешность ее геометрической формы?
9. По величине суммарного изгибающего момента от каких сил рассчитывают стержень резца на прочность?
10. Для чего производится тарировка токарного динамометра?

9. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ

Цель работы

Изучить физическую сущность, основные способы и область применения электрофизических и электрохимических методов обработки.

9.1. Основные положения

В современном машиностроении возникают технологические проблемы, связанные с обработкой новых материалов и деталей, форму и состояние поверхностного слоя которых трудно получить известными механическими методами. К ним относится обработка весьма прочных, весьма вязких и хрупких материалов, тонкостенных нежестких деталей, а также пазов и отверстий, имеющих размеры в несколько микрометров; получение поверхностей деталей с малой шероховатостью, с очень малой толщиной дефектного поверхностного слоя и т. д.

Подобные проблемы в большинстве своем решаются электрофизическими и электрохимическими (ЭФЭХ) методами обработки. Для осуществления размерной обработки заготовок этими методами используют электрическую, химическую, звуковую, световую, лучевую и другие виды энергии.

ЭФЭХ методы успешно дополняют механическую обработку резанием, а в отдельных случаях имеют преимущества перед ней. При данных методах обработки механические нагрузки либо отсутствуют, либо настолько малы, что практически не влияют на суммарную погрешность обработки. Они позволяют изменять не только форму обрабатываемой поверхности заготовки, но одновременно влиять и на состояние поверхностного слоя. Так, в отдельных случаях обработанная поверхность не упрочняется, а дефектный слой незначителен, удаляются прижоги поверхности, полученные при шлифовании и т. п. При этом повышаются износо- и коррозионостойкость, прочностные и другие эксплуатационные характеристики поверхностей деталей. Можно обрабатывать очень сложные наружные и внутренние поверхности заготовок.

ЭФЭХ методы обработки являются универсальными и обеспечивают непрерывность процессов при одновременном формообразовании всей обрабатываемой поверхности. На обрабатываемость заготовок этими методами (за исключением ультразвукового и некоторых других методов) твердость и вязкость обрабатываемого материала практически не влияют.

К электрофизическим способам обработки относят: электроискровую, электроимпульсную, высокочастотную электроискровую, электроконтактную обработку, которая иногда называется электроэрозионной.

9.2. Электроэрозионные методы обработки

Эти методы основаны на явлении эрозии (разрушении) электродов из токопроводящих материалов при пропускании между ними импульсного электрического тока.

Разряд между электродами происходит в газовой среде или при заполнении межэлектродного пространства диэлектрической жидкостью (керосин, минеральное масло и т. д.).

При наличии разности потенциалов на электродах происходит ионизация межэлектродного пространства. При определенном значении разности потенциалов в среде между электродами образуется канал проводимости, по которому устремляется электрическая энергия в виде импульсного искрового или дугового разряда. Благодаря высокой концентрации энергии, реализуемой во времени за $10^{-5} \dots 10^{-8}$ с, мгновенная плотность тока достигает $8000 \dots 10000$ А/мм², в результате чего на поверхности заготовки температура возрастает до $10000 \dots 12000$ °С.

При этой температуре происходит мгновенное оплавление и испарение элементарного объема металла и на обрабатываемой поверхности образуется лунка. Удаленный металл застывает в диэлектрической жидкости в виде гранул диаметром $0,01 \dots 0,005$ мм.

При непрерывном подведении к электродам импульсного тока процесс эрозии продолжается до тех пор, пока не будет удален весь металл, находящийся между электродами на расстоянии, при котором возможен электрический пробой ($0,01 \dots 0,05$ мм) при заданном напряжении импульса. Для продолжения процесса необходимо сблизить электроды до указанного расстояния. Электроды сближаются автоматически с помощью следящих систем.

Электроискровая обработка. Эта обработка основана на использовании импульсного искрового разряда между двумя электродами, один из которых является обрабатываемой заготовкой (анод), а другой – инструментом (катод). Принципиальная схема электроискрового станка с генератором импульсов RC приведена на рис. 9.1.

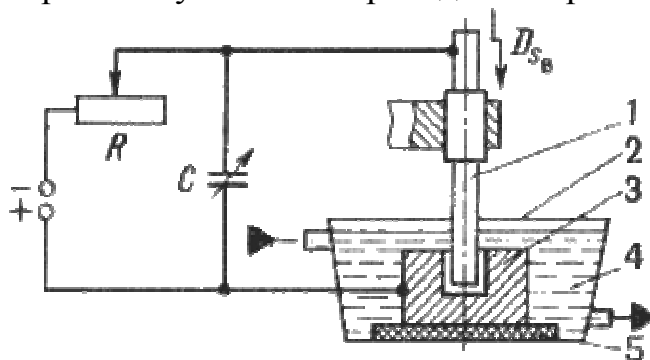


Рис. 9.1. Схема электроискрового станка:

1 – электрод-инструмент; 2 – ванна; 3 – заготовка-электрод; 4 – диэлектрическая жидкость; 5 – изолятор

Конденсатор C заряжается через резистор R от источника постоянного тока напряжением 100...200 В. Когда напряжение на электродах 1 и 3 достигает пробойного образуется канал сквозной проводимости, через который осуществляется искровой разряд энергии, накопленной конденсатором. Продолжительность импульса 20...200 мкс.

При обработке заготовок на мягких режимах достигают размеров с точностью до 0,002 мм, при шероховатости поверхности Rz 0,63...0,16 мкм.

Заготовки обрабатывают в ваннах, заполненных диэлектрической жидкостью, которая исключает нагрев электродов (инструмента и заготовки), охлаждает продукты разрушения, уменьшает величину боковых разрядов между инструментом и заготовкой, что повышает точность обработки.

Электроискровым методом обрабатывают все токопроводящие материалы. Целесообразно обрабатывать твердые сплавы, труднообрабатываемые металлы и их сплавы, тантал, вольфрам, молибден и др.

Данным методом получают сквозные отверстия любой формы поперечного сечения, глухие отверстия и полости, отверстия с криволинейными осями, вырезают заготовки из листа при использовании проволочного или ленточного инструмента-электрода, выполняют плоское, круглое и внутреннее шлифование, нарезают заготовки и т. д.

Электроискровую обработку широко применяют для изготовления штампов, пресс-форм, фильер, режущего инструмента, деталей топливной аппаратуры, сеток и сит, нарезания резьбы и т. д.

Схемы электроискровой обработки представлены на рис. 9.2.

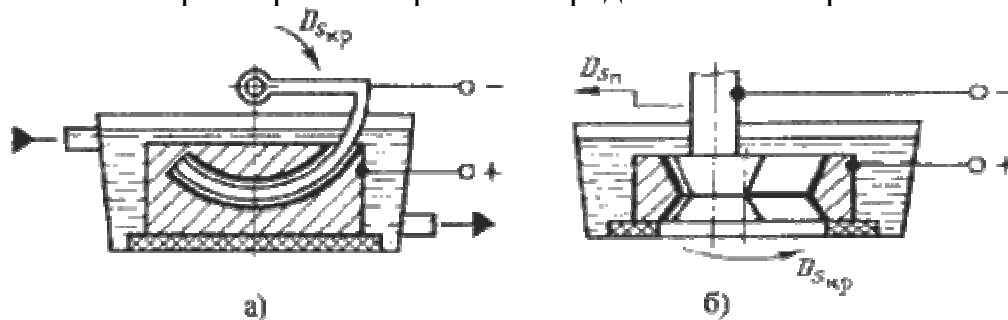


Рис. 9.2. Схемы электроискровой обработки:

а – прошивание отверстия с криволинейной осью; б – шлифование внутренней поверхности фильеры

Электроискровую обработку применяют для упрочнения поверхностного слоя металла. На поверхность изделия наносят тонкий слой металла или композиционного материала. Подобные покрытия повышают твердость, износостойкость, жаростойкость, эрозионную стойкость и так далее.

К достоинствам метода следует отнести простоту обработки и несложность оборудования. Однако метод имеет сравнительно низкую производительность; кроме того, быстро разрушаются инструменты-электроды.

Электроимпульсная обработка. Этот метод основан на том, что полярный эффект при импульсах малой и средней продолжительности приводит к повышенной эрозии анода, что используется при электроискровой обработке. При импульсах большой продолжительности (дуговой разряд) значительно быстрее разрушается катод. Поэтому при электроимпульсной обработке применяют обратную полярность включения электродов и обрабатывают при действии импульсов, создаваемых электромашинным (рис. 9.3) или электронным генератором.

Продолжительность импульсов в зависимости от типа генератора составляет 500...10000 мкс. Большие мощности импульсов от электронных генераторов обеспечивают высокую производительность обработки.

При электроимпульсной обработке инструменты-электроды изнашиваются значительно меньше, чем при электроискровой обработке.

Электроимпульсную обработку целесообразно применять при предварительной обработке штампов, турбинных лопаток, фасонных отверстий в деталях из твердых, коррозионно-стойких и жаропрочных сплавов. Точность размеров и шероховатость обработанных поверхностей зависят от режима обработки.

При электроимпульсной обработке съем металла в единицу времени в 8...10 раз больше, чем при электроискровой обработке.

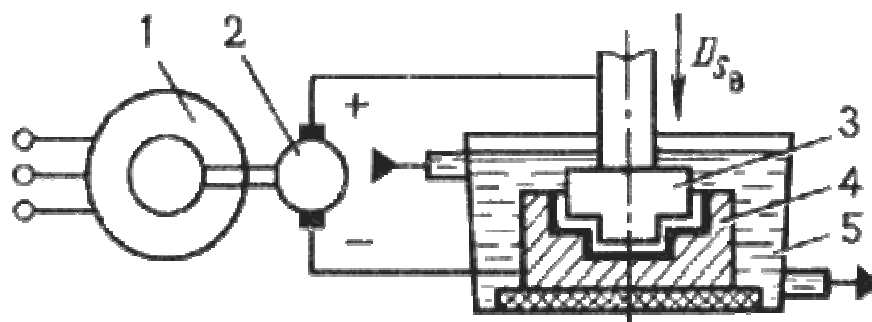


Рис. 9.3. Схема электроимпульсной обработки:

- 1 – электродвигатель; 2 – импульсный генератор постоянного тока;
3 – инструмент-электрод; 4 – заготовка-электрод; 5 – ванна

Электроконтактная обработка. Этот метод основан на локальном нагреве заготовки в месте контакта с электродом-инструментом и удалении размягченного или расплавленного металла из зоны обработки механическим способом за счет относительного движения заготовки и инструмента. Источником теплоты служат импульсные дуговые разряды.

Инструментом-электродом является чугунный или медный диск, имеющий вращательное движение. Обрабатывают на постоянном или переменном токе напряжением 10...40 В. В процессе обработки диск охлаждается (рис. 9.4).

Этот вид обработки рекомендуется для крупных деталей из углеродистых и легированных сталей, чугуна, цветных сплавов, тугоплавких и специальных сплавов.

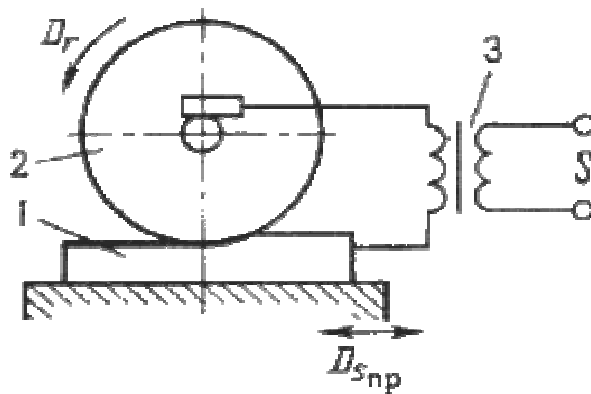


Рис. 9.4. Схема электроконтактной обработки плоской поверхности: 1 – обрабатываемая заготовка; 2 – инструмент-электрод; 3 – трансформатор

Электроконтактную обработку применяют при точении, сверлении и других заготовительных операциях: разрезании слитков, обдирке сложных фасонных и плоских поверхностей, очистке деталей от окалины, зачистки отливок от заливок, отрезки литниковых систем, зачистки проката, шлифования коррозионных деталей из труднообрабатываемых сплавов.

Метод не обеспечивает высокой точности низкой шероховатости, но высокопроизводителен вследствие использования больших электрических мощностей.

9.3. Электрохимические методы обработки

Электрохимическая обработка основана на явлении анодного растворения металлов при электролизе. При прохождении постоянного электрического тока через электролит на поверхности заготовки, включенной в электрическую цепь и являющейся анодом, происходят химические реакции и поверхностный слой металла превращается в химическое соединение. Продукты электролиза переходят в раствор или удаляются механическим способом.

Производительность процессов зависит от электрохимических свойств электролита, обрабатываемого токопроводящего материала и плотности тока.

Электрохимическое полирование. Схема обработки показана на рис. 9.5. Обработка осуществляется в ванне, заполненной электролитом (растворы кислот и щелочей).

Обрабатываемую заготовку подключают к аноду; вторым электродом-катодом служит металлическая пластинка из свинца, меди, стали и т. д. Для большей производительности электролит подогревают до температуры 40...80 °С.

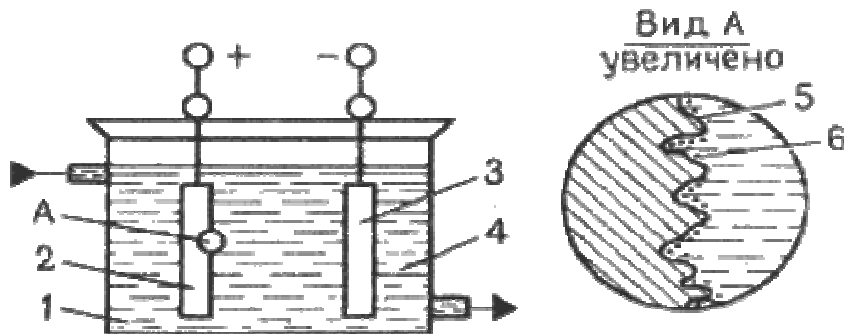


Рис. 9.5. Схема электрохимического полирования:

1 – ванна; 2 – обрабатываемая заготовка; 3 – пластина-электрод; 4 – электролит;
5 – микровыступ; 6 – продукты анодного растворения

При подаче напряжения на электроды начинается процесс растворения металла заготовки-анода. Растворение происходит, в основном, на выступах микронеровностей поверхности вследствие более высокой плотности тока на вершинах. Кроме того, впадины между микровыступами заполняются продуктами растворения: окислами или солями, имеющими пониженную проводимость. В результате избирательного растворения, т. е. большей скорости растворения выступов, микронеровности сглаживаются, и обрабатываемая поверхность приобретает металлический блеск.

Улучшаются электрофизические характеристики деталей: уменьшается глубина микротрещин, поверхностный слой не деформируется, исключаются упрочнения и термические изменения структуры, повышается коррозионная стойкость.

Электрохимическое полирование позволяет одновременно обрабатывать партию заготовок по всей их поверхности. Этим методом получают поверхности деталей под гальванические покрытия, доводят рабочие поверхности режущего инструмента, изготавливают тонкие ленты и фольгу, очищают и декоративно отделывают детали.

Электрохимическая размерная обработка. Особенностью метода является обработка в струе электролита, прокачиваемого под давлением через межэлектродный промежуток, образуемый обрабатываемой заготовкой-анодом и инструментом-катодом.

Струя электролита, непрерывно подаваемого в межэлектродный промежуток, растворяет образующиеся на поверхности продукты анодного растворения (соли) и удаляет их из зоны обработки. Высокая

производительность процесса заключается в том, что одновременно обрабатывается вся поверхность заготовки.

Участки, не требующие обработки, изолируют. Инструменту придают форму, обратную форме обрабатываемой поверхности. Формообразование происходит по методу копирования (рис. 9.6).

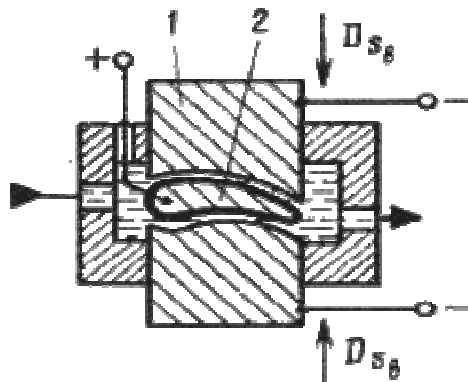


Рис. 9.6. Схема электрохимической размерной обработки:
1 – инструмент – катод; 2 – заготовка – анод

Для размерной электрохимической обработки используют нейтральные электролиты. Наиболее широко применяют растворы солей NaCl , NaNO_3 и Na_2SO_4 , нейтральность которых обеспечивается добавлением в электролит слабого раствора соляной кислоты.

Точность обработки повышается при уменьшении рабочего зазора. Для его контроля используют высокочувствительные элементы, которые встраивают в следящую систему.

Этот способ рекомендуют для обработки заготовок из высокопрочных сплавов, карбидных и труднообрабатываемых материалов. Также можно обрабатывать нежесткие тонкостенные детали с высокой точностью и качеством обработанной поверхности (отсутствует давление инструмента на заготовку).

9.4. Комбинированные методы обработки

Электроабразивная обработка. Особенность данного метода обработки состоит в том, что инструментом-электродом служит шлифовальный круг из абразивного материала на электропроводящей связке (бакелитовая связка с графитовым наполнителем).

Между заготовкой-анодом и шлифовальным кругом катодом имеется зазор за счет зерен, выступающих из связки, куда подается электролит. Продукты анодного растворения заготовки удаляются абразивными зернами, для чего шлифовальный круг имеет вращательное движение, а заготовка — возвратно-поступательное, т. е. движения соответствующие процессу механического шлифования (рис. 9.7).

При электроабразивной обработке около 85...90% припуска удаляется за счет анодного растворения и лишь 10...15% за счет механического шлифования.

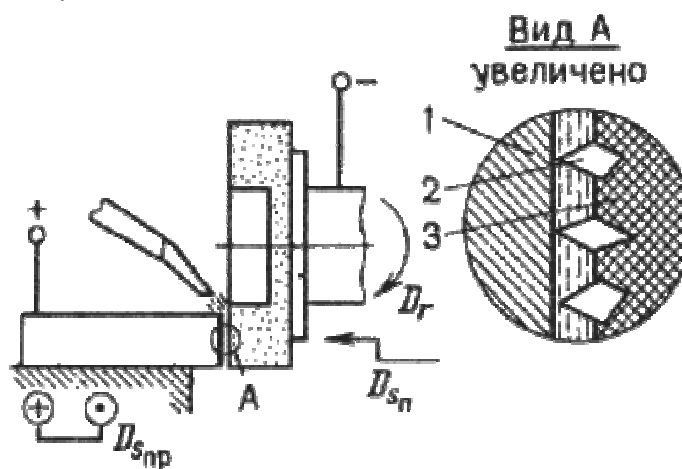


Рис. 9.7. Схема электроабразивного шлифования:

1 – заготовка; 2 – абразивные зёрна; 3 – связка шлифовального круга

Электроалмазную обработку ведут по той же схеме, но с применением электропроводящих алмазных кругов. При этом методе обработки около 75% припуска удаляется за счет анодного растворения и 25% за счет механического воздействия алмазных зёрен. Производительность электроалмазной обработки выше, чем электроабразивной.

Введение в зону резания ультразвуковых колебаний повышает производительность в 2...2,5 раза при улучшении качества поверхности. Эти методы применяются для отделочной обработки заготовок из труднообрабатываемых материалов, а также нежестких заготовок, так как силы резания незначительны. Шероховатость обработанной поверхности меньше, чем при обычном шлифовании абразивными или алмазными кругами.

9.5. Анодно-механическая обработка

Анодно-механическая обработка основана на сочетании электротермических и электромеханических процессов и занимает промежуточное место между электроэрозионными и электрохимическими методами.

Заготовку подключают к аноду, а инструмент – к катоду. В качестве инструмента используют металлические диски, цилиндры, ленты, проволоку (рис. 9.8). Обработку ведут в среде электролита (водный раствор жидкого натриевого стекла). Заготовке и инструменту задают движения как при механической обработке резанием, т. е. скорость резания и подачу. Электролит в зону обработки подают через сопло.

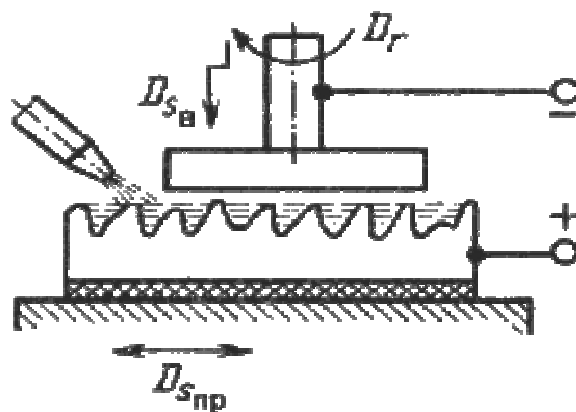


Рис. 9.8. Схема анодно-механической обработки плоской поверхности.

Так как заготовка является анодом, а инструмент катодом, то при пропускании через раствор электролита постоянного электрического тока происходит процесс анодного растворения, присущий электрохимической обработке.

При соприкосновении инструмента с микронеровностями заготовки происходит процесс электроэрозии, присущий электроискровой обработке. Металл заготовки в месте контакта с инструментом разогревается, как это имеет место при электроконтактной обработке, и обрабатываемый материал размягчается. Продукты электроэрозии и анодного растворения удаляются из зоны обработки за счет относительных движений инструмента и заготовки.

Обрабатывают на переменных электрических режимах. При предварительной обработке заготовки задают жесткий режим, при котором превалирует процесс электроэрозии, обеспечивающий высокую производительность. При окончательной обработке переходят на мягкий режим, при котором превалирует процесс анодного растворения, обеспечивающий высокую точность и качество обрабатываемой поверхности.

Этим способом обрабатывают все токопроводящие заготовки из высокопрочных и труднообрабатываемых металлов и сплавов, твердые сплавы, вязкие материалы и. д.

Анодно-механической обработкой нарезают заготовки на части, прорезают пазы и щели, обрабатывают поверхности тел вращения, шлифуют плоские поверхности и поверхности, имеющие форму тел вращения, полируют поверхности, затачивают режущий инструмент.

9.6. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Схемы обработки.
4. Краткое описание сущности и областей применения способов.

9.7. Контрольные вопросы для самопроверки

1. Преимущества ЭФЭХ перед механическими способами обработки.
2. Сущность электроэрозионных методов обработки.
3. Области применения электроискровой обработки.
4. Сущность электроимпульсной обработки и ее применение.
5. Электроконтактная обработка, ее сущность и применение.
6. Сущность электрохимических методов обработки.
7. Как выполняется электрохимическая размерная обработка?
8. Какие методы ЭФЭХ относятся к комбинированным?
9. Сущность анодно-механической обработки и ее применение.
10. Какие материалы нельзя обрабатывать данными методами?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов, Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки [Текст] : учеб. для вузов / Б.И. Горбунов. – Киев: Машиностроение, 1981. – 287 с.
2. Дриц, М.Е. Технология конструкционных материалов и материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / М.Е. Дриц, М.А. Москалев. – М.: Высш. шк., 1990. – 447 с.
3. Металловедение и технология металлов [Текст] : учеб. для вузов / Ю.П. Солнцев [и др.]; под ред. Ю.П. Солнцева. – М.: Металлургия, 1988. – 512 с. – ISBN 5-229-00084-8.
4. Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту [Текст] : учеб. пособие / Н.А. Нефедов, К.А. Осипов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 444 с.
5. Технология конструкционных материалов [Текст] : учеб. для вузов / А.М. Дальский [и др.]; под общ. ред. А.М. Дальского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 448 с. – ISBN 5-217-01116-5.
6. Технология металлов и материаловедение [Текст] : учеб. для вузов / Б.В. Кнорозов [и др.]; под общ. ред. Л.Ф. Усовой. – М.: Металлургия, 1987. – 800 с.
7. Технология обработки конструкционных материалов [Текст] : учеб. для вузов / П.Г. Петруха [и др.]; под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Высш. шк., 1991. – 512 с. – ISBN 5-06-000703-0.
8. Фетисов, Г.П. Материаловедение и технология металлов [Текст] : учеб. для студентов вузов / Г.П. Фетисов и др. – М.: Высш. шк., 2001. – 637 с.
9. Чернов, Н.Н. Металлорежущие станки [Текст] : учеб. для вузов / Н.Н. Чернов – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.
10. Китаев, А. М. Китаев Я. А. Справочная книга сварщика [Текст] / А.М. Китаев, Я.А. Китаев. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Разработка технологического процесса изготовления отливки в разовой песчано-глинистой форме.	4
1.1. Основные положения.	4
1.2. Формовочные и стержневые смеси.	6
1.3. Литниковые системы.	8
1.4. Порядок выполнения работы.	10
1.5. Изготовление литейной формы.	16
1.6. Содержание отчета.	17
1.7. Контрольные вопросы для самопроверки.	17
1.8. Варианты задания.	18
2. Разработка технологического процесса горячей объемной штамповки.	24
2.1. Основные положения.	24
2.2. Нагрев металла при обработке давлением.	26
2.3. Порядок выполнения работы.	27
2.4. Содержание отчета.	34
2.5. Контрольные вопросы для самопроверки.	34
2.6. Варианты задания.	35
3. Технология газовой сварки.	40
3.1. Основные положения.	40
3.2. Расчет режимов газовой сварки.	44
3.3. Содержание отчета.	46
3.4. Контрольные вопросы для самопроверки.	47
Исходные данные.	48
4. Выбор режимов стыковой и роликовой электрической контактной сварки.	49
4.1. Основные положения.	49
4.2. Основные виды контактной сварки.	51
4.3. Технология контактной сварки.	55
4.3.1. Стыковая сварка сопротивлением.	55
4.3.2. Роликовая сварка.	57
4.4. Содержание отчета.	59
4.5. Контрольные вопросы для самопроверки.	59
Исходные данные.	61
5. Измерение геометрических параметров токарных резцов	62
5.1. Основные положения.	62
5.2. Методика измерения углов.	67
5.3. Содержание отчета.	70
5.4. Контрольные вопросы для самопроверки.	70

6. Исследование кинематической цепи металлорежущего станка.	71
6.1. Основные положения.	71
6.2. Содержание отчета.	80
6.3. Контрольные вопросы для самопроверки.	80
7. Нарезание цилиндрических зубчатых колес на фрезерном станке с помощью универсальной делительной головки.	81
7.1. Основные положения.	81
7.2. Сущность метода копирования при нарезании зубьев зубчатых колес.	83
7.3. Наладка станка.	85
7.4. Универсальные делительные головки.	85
7.5. Настройка делительной головки на простое деление.	87
7.6. Контроль размеров зуба.	88
7.7. Содержание отчета.	89
7.8. Контрольные вопросы для самопроверки.	89
8. Тарировка токарного динамометра.	92
8.1. Основные положения.	92
8.2. Токарный динамометр ДК-1.	95
8.3. Тарировка динамометра.	95
8.4. Содержание отчета.	97
8.5. Контрольные вопросы для самопроверки.	97
9. Электрофизические и электрохимические методы обработки (ЭФЭХ).	98
9.1. Основные положения.	98
9.2. Электроэрозионные методы обработки.	99
9.3. Электрохимические методы обработки.	102
9.4. Комбинированные методы обработки.	104
9.5. Анодно-механическая обработка.	105
9.6. Содержание отчета.	107
9.7. Контрольные вопросы для самопроверки.	107
Список литературы.	108

Позиция № 285
в плане издания
учебной литературы
МГУ на 2009 г.

Учебное издание

Виктор Алексеевич Килин

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Компьютерная верстка А.П. Герасимова

6,9 уч.-изд.л.
Тираж 125 экз.

Формат 60×84¹/₁₆
Заказ №

Отпечатано в типографии ИПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского
690059, Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а