

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

---

Кафедра авиатопливообеспечения  
и ремонта летательных аппаратов

О.Е. Зубов, О.А. Парфеновская

## УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА 2

### АВИАЦИОННО-МЕХАНИЧЕСКАЯ–2. СЛЕСАРНАЯ ОБРАБОТКА

**Учебное пособие**

*Утверждено редакционно-  
издательским советом МГТУ ГА  
в качестве учебного пособия*

Москва  
ИД Академии Жуковского  
2021

УДК 629.7:683.3

ББК 052-083

3-91

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Московского государственного технического университета ГА

Рецензенты:

*Самойленко В.М.* (МГТУ ГА) – д-р техн. наук;

*Курбатова И.А.* (ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет») –  
канд. техн. наук, доцент

### **Зубов О.Е.**

3-91 Учебная практика 2. Авиационно-механическая–2. Слесарная обработка [Текст] : учебное пособие / О.Е. Зубов, О.А. Парфеновская. – М. : ИД Академии Жуковского, 2021. – 64 с.

ISBN 978-5-907275-98-0

Данное учебное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Практика учебная 2. Авиационно-механическая–2. Слесарная обработка» по учебному плану для студентов механического факультета всех форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» направленности «Поддержание летной годности воздушных судов (Профиль 1)», направлению подготовки 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» направленности «Обеспечение полетов воздушных судов авиационными горюче-смазочными материалами и специальными жидкостями (Профиль 2)» и направления подготовки 25.05.05 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» направленности «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения».

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 11.03.2021 г. и методического совета 18.03.2021 г.

**УДК 629.7:683.3**

**ББК 052-083**

Св. тем. план 2021 г.  
поз. 14

ЗУБОВ Олег Евгеньевич, ПАРФЕНОВСКАЯ Ольга Алексеевна

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА 2.

АВИАЦИОННО-МЕХАНИЧЕСКАЯ–2. СЛЕСАРНАЯ ОБРАБОТКА

Учебное пособие

*В авторской редакции*

Подписано в печать 26.05.2021 г.

Формат 60x84/16 Печ. л. 4 Усл. печ. л. 3,72

Заказ № 768/0429-УП06 Тираж 35 экз.

Московский государственный технический университет ГА

125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского

125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А

Тел.: (495) 973-45-68 E-mail: zakaz@itsbook.ru

**ISBN 978-5-907275-98-0**

© Московский государственный технический  
университет гражданской авиации, 2021

## Содержание

Предисловие	4
1. Виды слесарных работ и область их применения	5
2. Рабочее место слесаря	6
3. Основы измерений	8
3.1 Инструменты для контроля плоскостности и прямолинейности	8
3.2 Штангенинструменты	10
3.3 Микрометрические инструменты	16
3.4 Шаблоны профильные. Щупы	20
3.5 Рычажно-механические приборы	22
3.6 Инструменты для измерения углов	26
4. Плоскостная разметка	30
4.1 Общие понятия	30
4.2. Приспособления для плоскостной разметки	31
4.3 Инструменты для плоскостной разметки	34
4.4 Подготовка к разметке	39
4.5. Приемы плоскостной разметки	40
4.6. Накернивание разметочных линий	43
5. Правка и рихтовка металла	47
5.1. Общие понятия	47
5.2. Правка металла	48
5.3. Оборудование для правки	53
5.4. Особенности правки сварных изделий	55
6. Гибка металла	56
6.1. Общие понятия	56
6.2. Гибка деталей из листового и полосового металла	58
6.3. Гибка труб	60
Литература	64

## Предисловие

Система высшего технического образования является главным источником пополнения авиационной отрасли специалистами высокой квалификации. Качество их подготовки должно удовлетворять непрерывно возрастающим требованиям динамично развивающегося производства, ремонта и эксплуатации авиационной техники.

Начало практического освоения студентами специальности происходит в специализированных мастерских учебного авиационного технического центра университета гражданской авиации (УАТЦ ГА). От того, как будет организован учебно-воспитательный процесс в период занятий в специализированных мастерских, непосредственно зависит качество подготовки специалиста. Поэтому постановке обучения в мастерских УАТЦ ГА уделяется большое внимание, ибо в них получают начальные профессиональные знания, умения и навыки, на которых, как на своеобразном фундаменте совершенствуют свою квалификацию специалисты авиационной отрасли.

Целью данного учебного пособия являются – обеспечение занятий в дисциплине «Практика учебная. Авиационно-механическая-2» для более качественного закрепления и углубления теоретических знаний, и привитие практических навыков по вопросам, связанных с выполнением основных слесарных операций, применяемых при производстве и ремонте авиационной техники.

Освоение типовых технологических операций по слесарной обработке деталей авиационной техники проводится студентами после теоретической подготовки и получения персонального задания, по специально разработанным технологическим (операционным) картам.

В целях повышения уровня учебно-познавательной активности студентов на занятиях в специализированных мастерских УАТЦ ГА рекомендуется практиковать самостоятельную работу. Студент, получив чертеж, тщательно продумывает, с чего начнет, как реализует и чем закончит изготовление детали или сборочной единицы. Это способствует формированию у него технологического мышления. Поэтому задача преподавателя (мастера) сформировать у каждого студента данные навыки. В качестве самого действенного средства для этого необходимо, чтобы каждый студент перед тем, как приступить к изготовлению какого-либо изделия, не только тщательно продумал последовательность выполнения предстоящей работы, но и самостоятельно разработал технологическую карту. С этой целью преподаватель (мастер) заблаговременно дает студентам домашнее задание на ее составление. Основу для разработки технологических карт преподаватель дает из соответствующих разделов данного пособия. Для успешной разработки технологических карт на изготовление изделия студент обязан, не только, досконально знать его рабочий чертеж, но и перечень слесарных операций, которые будут использоваться им в процессе изготовления. В ряде случаев может быть рекомендовано самостоятельное вычерчивание студентами рабочих чертежей и технологических карт изготавливаемых деталей или изделий.

## 1. Виды слесарных работ и область их применения

Под слесарной обработкой понимается обработка металла в холодном состоянии ручным способом различными режущими инструментами.

Слесарные работы включают различные операции, основными из которых являются: разметка деталей, рубка, резка и опиление металлов, шабрение, шлифование, полирование, сверление, развертывание, нарезание резьбы и т.д.

Основной целью слесарной обработки является получение из заготовок деталей определенных размеров, формы и чистоты поверхности, заданных чертежом. Это достигается за счет снятия слоя металла с заготовки, который называется припуском на обработку.

В настоящее время слесарные работы в авиационном машиностроении встречаются очень часто, где они весьма разнообразны по характеру и сложности выполнения.

Степень применения слесарной обработки зависит от особенностей производства. Воздушное судно (ВС) как объект производства имеет ряд специфических особенностей, прямо или косвенно влияющих на использование слесарных работ при изготовлении деталей, сборке и монтажу: 1) сложность формы элементов планера ВС и всей конструкции в целом; 2) малую жесткость большинства деталей планера; 3) большую номенклатуру деталей и покупных комплектующих изделий; 4) большую номенклатуру используемых материалов; 5) повышенные требования к качеству составных частей; 6) высокую степень насыщенности планера ВС бортовыми системами и протяженность коммуникаций; 7) мелкосерийность производства; 8) до 30 % от всего оснащения производства приходится затрачивать на оснащение сборочных работ, что значительно превышает аналогичное оснащение в отраслях общего машиностроения и др. Особенности производства ВС являются причиной для обоснованного применения в большом объеме ручного труда слесаря при выполнении сборочных, монтажных, регулировочных и испытательных работ;

Широко используются слесарные работы при ремонте техники (ремонтные цеха), при изготовлении инструментов (инструментальные цеха), опытных образцов техники (опытные заводы или цеха). Большое значение приобретают слесарные работы при ремонте авиационной техники и предметов наземного аэропортового оборудования. Владая навыками слесарной обработки, зная свойства различных материалов и представляя технологию изготовления различных машин и устройств можно, при минимуме инструмента и механизации процесса ремонта восстановить работоспособность большинства технических устройств и механизмов.

## 2. Рабочее место слесаря

**Слесарная обработка** - это разновидность обработки металлов резанием, при которой с помощью ручного слесарного инструмента деталям придаются заданная форма, размеры и шероховатость поверхности. Отдельные виды слесарной обработки могут быть механизированы.

Основными видами слесарных работ являются: разметка, рубка, резка, опиливание, сверление, зенкование, развертывание, нарезание резьбы, шабрение, притирка, правка, гибка и т.д. Все эти виды слесарных работ наиболее часто встречаются на производстве и в практике инженера.

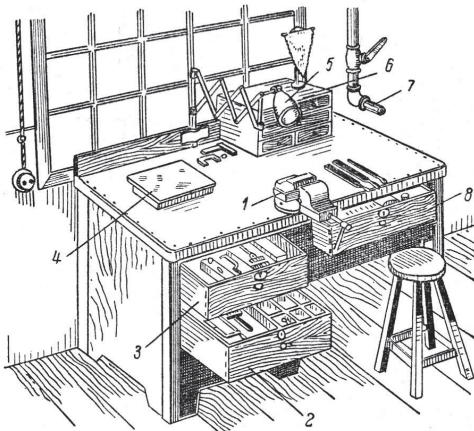


Рис.1 Слесарный верстак

- 1 – тиски; 2,3,8 – ящики; 4 – проверочная плита;  
5 – электролампа; 6 – этажерка;  
7 – воздухопровод.

Все слесарные работы производятся на рабочем месте слесаря. Рабочее место слесаря представляет собой верстак с закрепленными на нем тисками (рис.1). **Верстак** - специально оборудованный стол, на котором сверстано все необходимое для удобной и производительной работы. Верстак должен иметь защитное ограждение (металлическая сетка), предохраняющее работающих рядом от отделяемых частиц металла при работе, а также сорвавшегося инструмента. Верстак может быть на одно, два и несколько рабочих мест. Верстак имеет ящики с ячейками для хранения инструмента и заготовок.

В зависимости от характера выполняемых работ (сборка, разметка, ремонтные работы и др.) возможно использование разметочных плит и других видов принадлежностей и оборудования.

Инструмент на рабочем месте укладывается так, чтобы им можно было удобно пользоваться инструмент, которым работают правой рукой, кладется справа, которым работают левой рукой - слева. Инструмент, которым чаще пользуются, кладется ближе, реже используемый инструмент размещается дальше, чтобы он не мешал.

**Слесарные тиски** - это приспособление, применяемое для закрепления в них заготовки и детали перед слесарной обработкой. Различают три типа слесарных тисков: параллельные, ступовые и ручные (рис.2). Ручные тиски служат для закрепления мелких деталей при обработке их на шлифовальном круге, при сверлении отверстий и в других случаях.

Наиболее удобными и часто распространенными являются параллельные тиски. В них при раскрытии рифленые поверхности губок остаются параллельными между собой при любом расстоянии между ними.

Параллельные тиски бывают неповоротные и поворотные. Поворотные тиски снабжены в нижней части неподвижным поворотным кругом и могут быть повернуты вокруг вертикальной оси и закреплены специальным стопором в любом положении, удобном для работы. Устройство поворотных параллельных тисков представлено на рисунке 3.

**К организации рабочего места слесаря предъявляется ряд требований:**

– рабочее место должно быть чистым, на нем должны находиться только те предметы, которые нужны для выполнения задания;

– режущий или ударный инструмент, который берут правой рукой, кладут с правой стороны от тисков, тот, который берут левой рукой, - с левой стороны;

– режущие инструменты (напильники, метчики, сверла, развертки) следует предохранять от ударов и загрязнений, не складывать друг на друга;

– точные и измерительные инструменты должны храниться в специальных коробках или футлярах;

– после окончания работы весь инструмент и приспособления необходимо очистить от грязи. Верстак очистить от стружки и мусора, губки тисков развести на 4-5 мм и также очистить от стружки, грязи и пыли, а затем направляющие и резьбовые соединения смазать маслом.

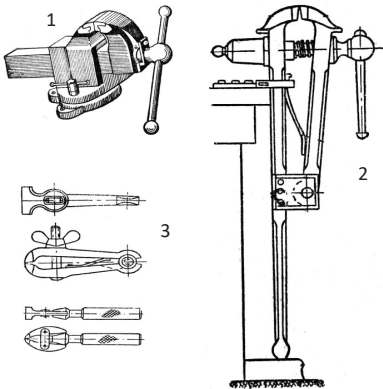


Рис.2 Слесарные тиски  
1 – параллельные; 2 – ступовые;  
3 – ручные.

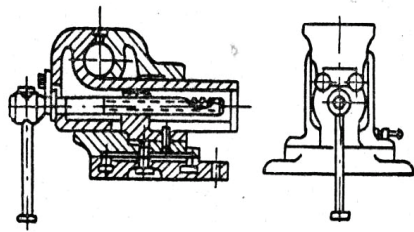


Рис. 3 Поворотные тиски

### 3. Основы измерений

Под измерением понимается сравнение одноименной величины (длины с длиной, угла с углом, площади с площадью и т. д.) с величиной, принимаемой за единицу.

Все средства измерения и контроля, применяемые в слесарном деле, можно разделить на контрольно-измерительные инструменты и измерительные приборы.

К первой группе относят: инструменты для контроля плоскостности и прямолинейности;

плоскопараллельные концевые меры длины (плитки);

штриховые инструменты, воспроизводящие любое кратное или дробное значение единицы измерения в пределах шкалы (штангенинструменты, угломеры с нониусом);

микрометрические инструменты, основанные на действии винтовой пары (микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры).

К группе измерительных приборов (вторая группа) относят:

рычажно-механические (индикаторы, индикаторные нутромеры, рычажные скобы, миниметры);

оптико-механические (оптиметры, инструментальные микроскопы, проекторы, интерферометры);

электрические (профилометры и др.). Указанные выше измерительные средства являются точным, дорогостоящим инструментом, поэтому при пользовании им и хранении необходимо соблюдать правила, изложенные в соответствующих инструкциях.

#### 3.1 Инструменты для контроля плоскостности и прямолинейности

Лекальные линейки изготовляют трех типов: с двусторонним скосом (ЛД) длиной 80, 125, 200, 320 и 500 мм; трехгранные (ЛТ) 200 и 320 мм и четырехгранные (ЛЧ) 200, 320 и 500 мм (рис. 4, а, б, в). Проверка прямолинейности лекальными линейками производится по способу световой щели (на просвет) или по способу следа. При проверке прямолинейности по способу световой щели лекальную линейку накладывают острой кромкой (рис. 5, б) на проверяемую поверхность, а источник света помещают сзади линейки и детали. Линейку держат строго вертикально на уровне глаз (рис. 5, а), наблюдая за просветом между линейкой и поверхностью в разных местах по длине линейки. Наличие просвета между линейкой и деталью свидетельствует об отклонении от прямолинейности. При достаточном навыке такой способ контроля позволяет уловить просвет от 0,003 до 0,005 мм.

При проверке способом следа рабочим ребром линейки проводят по чистой проверяемой поверхности. Если поверхность прямолинейна, на ней останется сплошной след; если нет, то след будет прерывистым (пятнами).



Поверочные линейки с широкой рабочей поверхностью изготавливают четырех типов (сечений): прямоугольные (ШП) (рис. 6, а), двутавровые (ШД) (рис. 6, б), мостики (ШМ) (рис. 6, в), угловые трехгранные (УТ) (рис. 6, г)

В зависимости от допустимых отклонений от прямолинейности поверочные линейки типов ШП, ШД и ШМ делят на три класса: 0-й, 1-й и 2-й, а линейки типа УТ – на два класса: 1-й и 2-й. Линейки 0-го и 1-го классов применяют для контрольных работ высокой точности, а линейки 2-го класса – для монтажных работ средней точности.

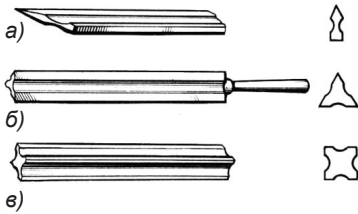


Рис. 4. Линейки лекальные:  
а) ЛД с двусторонним скосом, б) – ЛТ  
трехгранные; в) – ЛЧ четырехгранные

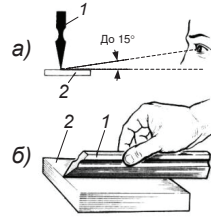


Рис. 5. Проверка лекальной линейкой  
по способу световой щели на просвет:  
а) положение глаза, б) установка линейки;  
1 – линейка, 2 – плита

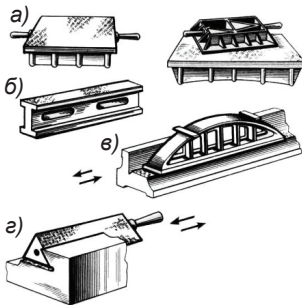


Рис. 6. Линейка с широкой рабочей  
поверхностью: а) прямоугольная ШП,  
б) двутавровая ШД, в) мостик ШМ,  
г) угловая трехгранная УТ

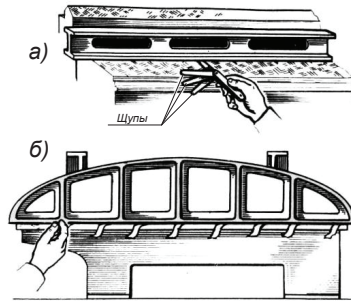


Рис. 7 Проверка прямолинейности  
линейками: а) — ШД при помощи щупа,  
б) — ШМ при помощи полосок  
папиросной бумаги

Проверка прямолинейности и плоскостности этими линейками производится по линейным отклонениям и по краске (способ пятен). При измерении линейных отклонений от прямолинейности линейку укладывают на проверяемую поверхность или на две мерные плитки одинакового размера. Просветы между линейкой и контролируемой поверхностью измеряют щупом (рис. 7, а).

Точные результаты дает применение полосок папиросной бумаги, которые с определенным интервалом укладывают под линейку. Вытягивая полоску из-под линейки, по силе прижатия каждой из них судят о величине отклонения от прямолинейности (рис.7 б).

При проверке на краску рабочую поверхность линейки покрывают тонким слоем краски (сажа, сурик), затем линейку накладывают на проверяемую поверхность и плавно без нажима перемещают по проверяемой поверхности. После этого линейку осторожно снимают и по расположению, и количеству, и величине пятен на поверхности судят о прямолинейности поверхности. При хорошей плоскостности пятна краски располагаются равномерно по всей поверхности. Чем больше количество пятен на проверяемой поверхности квадрата 25 x 25 мм, тем выше плоскостность. Трехгранные поверочные линейки изготавливают с углами 45, 55 и 60° (см. рис.6, г).

Поверочные плиты (см. рис. 6, а, б) применяют главным образом для проверки широких поверхностей способом на краску, а также используют в качестве вспомогательных приспособлений при различных контрольных работах в цеховых условиях. Плиты делают из серого мелкозернистого чугуна. По точности рабочей поверхности плиты бывают четырех классов: 0, 1, 2 и 3-й; первые три класса – поверочные плиты, четвертый – разметочные.

Плиты оберегают от ударов, царапин, загрязнения, окисления, после работы тщательно вытирают, смазывают минеральным маслом, скипидаром или вазелином и накрывают деревянным щитом (крышкой).

Линейки ШД, ШМ и УТ недопустимо хранить прислоненными друг к другу, к стене под некоторым углом: они прогибаются и становятся негодными.

### 3.2 Штангенинструменты

Штангенинструменты являются распространенными в машиностроении и технике видами измерительного инструмента. Их применяют для измерения наружных и внутренних диаметров, длин, толщин, глубин и т. д.

Штангенциркули (ШЦ) применяют трех типов: ШЦ-I, ШЦ-II и ШЦ-III.

Штангенциркули изготавливают с пределами измерений 0 – 125 мм (ШЦ-I); 0 – 160 (ШЦ-II); 0 – 400 (ШЦ-III) и с величиной отсчета 0,1 мм (ШЦ-I); 0,05 (ШЦ-II и ШЦ-III).

Штангенциркуль ШЦ-I (рис. 8) применяют для измерения наружных, внутренних размеров и глубин с величиной отсчета по нониусу 0,1 мм. Штангенциркуль имеет штангу 1, на которой нанесена шкала с основными миллиметровыми делениями. На одном конце этой штанги имеются измерительные губки 2 и 7, а на другом конце линейка 6 для измерения глубин. По штанге перемещается подвижная рамка 3 с губками. Рамку в процессе измерения закрепляют на штанге зажимом 4. Нижние губки 7 служат для измерения наружных размеров, а верхние 2 для внутренних размеров. На

скошенной грани рамки 3 нанесена шкала 5 с дробными делениями, называемая нониусом. Нониус предназначен для определения дробной величины цены деления штанги, т. е. для определения доли миллиметра. Шкала нониуса длиной 19 мм разделена на 10 равных частей; следовательно, каждое деление нониуса равно  $19 : 10 = 1,9$  мм, т. е. оно короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкалу штанги, на 0,1 мм ( $2,0 - 1,9 = 0,1$ ). При сомкнутых губках начальное деление нониуса совпадает с нулевым штрихом шкалы штангенциркуля, а последний 10-й штрих нониуса с 19-м штрихом шкалы.

При измерении губки 7 должны прилегать друг к другу без просветов.

Перед измерением при сомкнутых губках нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать. При отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при небольшом просвете (до 0,012 мм) должны совпадать нулевые штрихи нониуса и штанги.

При измерении деталь берут в левую руку, которая должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок (рис. 9, а). Правая рука должна поддерживать штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

Рамку закрепляют зажимом большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать нижнюю губку штанги (рис. 9, б).

При чтении показаний штангенциркуль держат прямо перед глазами. Целое число миллиметров отсчитывают по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса. Дробная величина (количество десятых долей миллиметра) определяется умножением величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого, совпадающего со штрихом штанги. Примеры отсчета показаны на рис. 10.

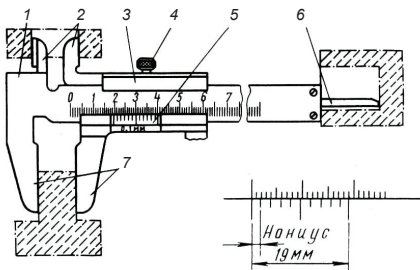


Рис. 8. Штангенциркуль ШПЦ-I:  
1 – штанга; 2, 7 – губки; 3 – подвижная рамка; 4 – зажим; 5 – шкала нониуса; 6 – линейка глубиномера

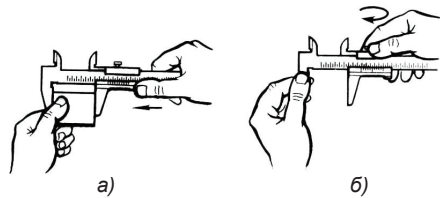


Рис. 9. Приемы измерения:  
а) – установка инструмента на деталь;  
б) – закрепление рамки

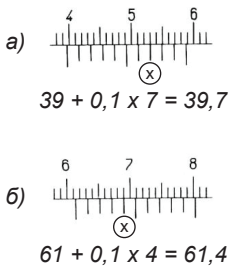


Рис. 10. Чтение показаний штангенциркуля:  
 а) пример отсчета размера 39,7 мм;  
 б) пример отсчета размера 61,4 мм

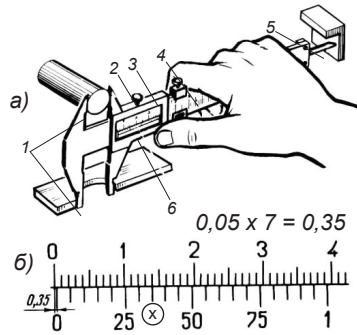


Рис. 11. Штангенциркуль ШЦ-П:  
 а) устройство; б) пример отсчета 0,35 мм;  
 1 – губки, 2 – зажим, 3 – рамка, 4 – штанга,  
 5 – глубиномер, 6 – шкала нониуса

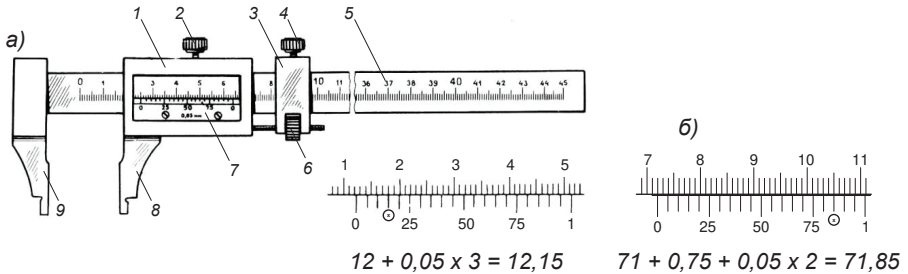


Рис. 12. Штангенциркуль ШЦ-Ш: а) устройство; б) примеры отсчета;  
 1 – подвижная рамка, 2 – зажим рамки, 3 – рамка микрометрической подачи, 4 – зажим рамки микрометрической подачи, 5 – штанга с делениями, 6 – микрометрическая подача, 7 – нониус, 8 – подвижная губка, 9 – неподвижная губка

Штангенциркуль ШЦ-П (рис. 11, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений и разметки. Это инструмент высокой точности. Верхние губки штангенциркуля заострены и используются для разметочных работ. Для точной установки подвижной рамки относительно штанги штангенциркуль снабжен микрометрической подачей (винт и гайка). Деления на штанге 4 нанесены через один миллиметр. Шкала нониуса 6 длиной 39 мм разделена на 20 равных частей. Следовательно, каждое деление нониуса равно 1,95 мм ( $39 : 20 = 1,95$ ), т.е. короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкале штанги, на 0,05 мм ( $2 - 1,95 = 0,05$ ).

Перед измерением необходимо убедиться в совпадении нулевого штриха нониуса с нулевым штрихом штанги.

Для грубых измерений рамку 3 перемещают по штанге до плотного прилегания губок 7 к поверхности измеряемой детали и после закрепления зажимом 2 производят отсчет. Для точной установки штангенциркуля и точных измерений пользуются микрометрической подачей. На рис. 11, б показан пример определения доли миллиметра нониуса штангенциркуля с величиной отсчета 0,05 мм.

Дробная величина 0,35 мм получена в результате умножения величины отсчета (0,05 мм) на порядковый номер штриха нониуса, т.е. седьмого (крестиком указан 7-й штрих нониуса), совпадающего со штрихом штанги, не считая нулевого деления:  $0,05 \times 7 = 0,35$  мм. Для ускорения отсчета используют цифры нониуса 25, 50 и т.д., обозначающие сотые доли миллиметра.

Штангенциркуль ШЦ-III (рис. 12, а) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм предназначен для наружных и внутренних измерений.

Штангенциркуль ШЦ-III состоит из подвижной рамки 7, зажима 2 этой рамки, рамки микрометрической подачи 3, зажима рамки микрометрической подачи 4, штанги 5 с миллиметровыми делениями, гайки и винта микрометрической подачи 6, нониуса 7, подвижной измерительной губки 8 и неподвижной измерительной губки 9. Измерение и порядок отсчета выполняют так же, как и по штангенциркулю ШЦ-II (рис. 12, б).

Штангенциркули с величиной отсчета по нониусу 0,02 мм промышленностью не выпускаются, но на производстве еще их используют. Нониус в этом штангенциркуле имеет длину 49 мм (рис. 13, а), разделен на 50 частей. Одно деление нониуса составляет:  $49 : 50 = 0,98$  мм, что на 0,02 мм меньше миллиметра. Устройство нониуса этого штангенциркуля показано на рис. 13, а, а примеры отсчета на рис. 13, б. При измерении штангенциркулями внутренних размеров к показаниям штангенциркуля добавляется толщина губок, указанная на них.

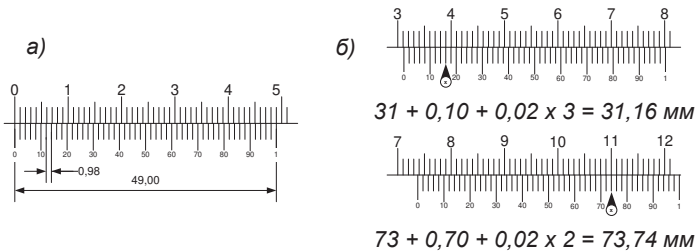


Рис. 13. Нониус штангенциркуля с величиной отсчета 0,02 мм (а), примеры отсчета (б)

Штангенглубиномер служит для измерения высот, глубины глухих отверстий, канавок, пазов, выступов и различных углублений. Штангенглубиномеры изготовляют с пределами измерений 0 – 250 (величина отсчета по нониусу 0,05 мм) и 0 – 500 мм (величина отсчета по нониусу 0,1 мм).

Штангенглубиномер (рис. 14, а) состоит из основания 9 с рамкой 8 и нониусом 7, зажима рамки 2, штанги 5 с миллиметровыми делениями, микрометрической подачи (винт 6 и гайка 7) и зажима 3. Измерительными поверхностями штангенглубиномера служит плоское основание 9 и торец 10 штанги.

Перед измерением штангенглубиномером проверяют нулевое положение инструмента. При соприкосновении измерительных поверхностей основания и штанги с плитой (рис. 14, в) или лекальной линейкой (рис. 14, б) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать.

При измерении основание 9 (рис. 14, а) ставят на измеряемую поверхность (рис. 14, г) детали, от которой начинается измерение, и прижимают основание левой рукой к измеряемой поверхности, а правой рукой штангу 5 передвигают от упора в другую поверхность, до которой измеряют расстояние. В этом положении рамку 4 микрометрической подачи стопорят зажимом 3. Затем вращают гайку 7, после чего рамку 8 стопорят зажимом 2.

Результат измерения отсчитывается так же, как и по штангенциркулю, — по основной шкале (целые миллиметры) и по нониусу 1 (дробные доли миллиметра). В некоторых случаях для измерения труднодоступных мест применяют штанги с изогнутым концом.

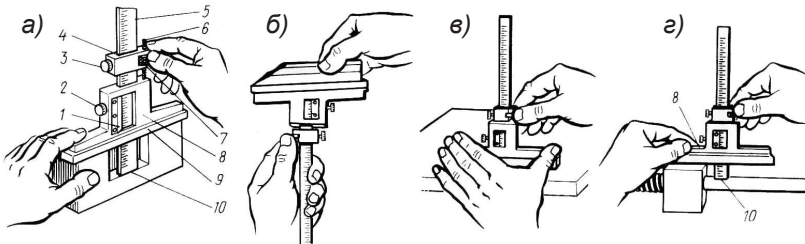


Рис. 14. Штангенглубиномер: а) устройство; б) проверка нулевого положения лекальной линейкой; в) проверка нулевого положения на плите; г) прием измерения; 1 – нониус, 2, 3 – зажимы, 4 – рамка микрометрическая, 5 – штанга, 6 – винт микроподачи, 7 – гайка, 8 – рамка, 9 – основание, 10 – торец штанги

Штангенрейсмасы предназначены для измерения высот от плоских поверхностей и точной разметки.

Штангенрейсмас (рис. 15, а, б) состоит из основания 9, в котором жестко закреплена штанга 3 со шкалой; рамки 7 с нониусом 5 и стопорным винтом 6; устройства для микрометрической подачи 4, включающего движок, винт, гайку и стопорный винт; сменных ножек 7 для разметки с острием и для измерения высоты, с двумя измерительными поверхностями (нижней плоской и верхней в виде острых ребер шириной не более 0,2 мм); стопорного винта 2 для закрепления ножки 7 и державки 3 на выступе рамки 7 для игл различной длины.

При измерении (см. рис. 15, а) левой рукой прижимают основание к плите и подводят ножку к проверяемой поверхности, затем правой рукой при помощи микрометрической подачи 4 доводят измерительную ножку до соприкосновения нижней части ножки с проверяемой поверхностью. При разметке (см. рис. 15, б) правой рукой устанавливают требуемый размер (высоту), слегка прижимают левой рукой основание к плите, перемещая штангенрейсмас относительно размечаемой детали. Острием ножки наносят риски.

Показания штангенрейсмаса читают так же, как и штангенциркуля. При измерении высоты верхней измерительной плоскостью необходимо к полученному размеру прибавить высоту ножек.

Для проверки нулевого отсчета перед использованием штангенрейсмаса устанавливают на поверочную плиту и рамку опускают вниз до соприкосновения измерительной поверхности ножки с плитой (рис. 16, а), при этом нулевой штрих шкалы нониуса должен совпадать с нулевым штрихом шкалы. Если штангенрейсмас имеет нижние пределы измерения выше 40 мм, то проверка производится установкой под ножку плоскопараллельных плиток (рис. 16, б). При отсутствии зазора между ножкой и плитой (или концевой мерой, равной нижнему пределу) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпасть.

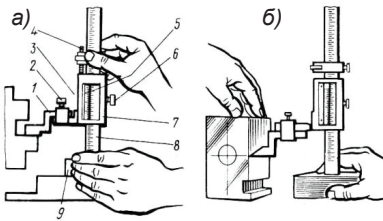


Рис. 15. Штангенрейсмас: а) прием измерения; б) прием разметки; 1 – сменные ножки для измерения, 2, 6 – стопорные винты, 3 – державка, 4 – микроподача, 5 – нониус, 7 – рамка, 8 – штанга, 9 – основание

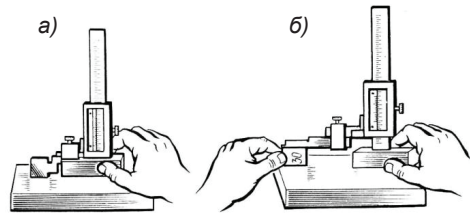


Рис. 16. Проверка нулевого положения штангенрейсмаса: а) на плите, б) при помощи плоскопараллельных концевых мер длины (плиток)

### 3.3 Микрометрические инструменты

Микрометр – прибор для измерения линейных размеров контактным способом. Изготавливают следующие типы микрометров:

МК – микрометры гладкие для измерения наружных размеров;

МЛ – микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ – микрометры трубные для измерения толщины стенок труб;

МЗ – микрометры зубомерные для измерения зубчатых колес.

Микрометры типа МК выпускают с пределами: 0 – 5; 0 – 10; 0 – 15; 0 – 25; 25 – 50; 50 – 75; 75 – 100; 100 – 125; 125 – 150; 150 – 175; 175 – 200; 200 – 225; 225 – 250; 250 – 275; 275 – 300; 300 – 400; 400 – 500; 500 – 600 мм.

Микрометры с верхним пределом измерений 50 мм и более снабжают установочными мерами (цилиндрические стержни, имеющие точную форму).

Микрометр (рис. 17, а) имеет скобу 1 с пяткой 2 на одном конце, втулку-стебель 5 на другом, внутрь которой ввернут микрометрический винт 3. Торцы пятки и микрометрического винта являются измерительными поверхностями. На наружной поверхности стебля проведена продольная линия, ниже которой нанесены миллиметровые деления, а выше ее полумиллиметровые деления. Винт 3 жестко связан с барабаном 6, на конической части барабана нанесена шкала (нониус) с 50 делениями.

На головке микрометрического винта имеется устройство (трещотка) 7, обеспечивающее постоянное измерительное усилие. Трещотка соединена с винтом так, что при увеличении измерительного усилия свыше 900 гс она не вращает винт, а проворачивается. Для фиксирования полученного размера детали служит стопор 4. Шаг микрометрического винта 3 равен 0,5 мм (рис. 17, б). Так как на скосе барабан 6 по окружности разделен на 50 равных частей (рис. 17, в), то при повороте на одно деление барабана микрометрический винт 3, соединенный с барабаном 6, перемещается вдоль оси на  $1/50$  шага, т.е.  $0,5 : 50 = 0,01$  мм.

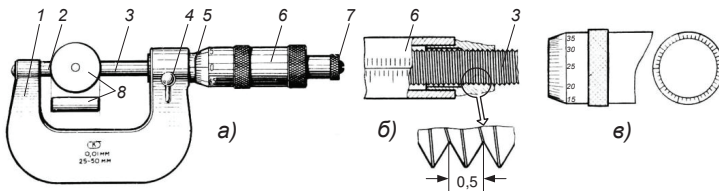


Рис. 17. Микрометр: а) устройство; б) микрометрический винт; в) барабан;  
1 – скоба, 2 – пятка, 3 – винт, 4 – стопор, 5 – стебель, 6 – барабан, 7 – трещотка,  
8 – установочные меры



Перед измерением проверяют нулевое положение микрометра. При проверке микрометра с пределами измерения 0 – 25 мм протирают замшей измерительные плоскости пятки и микрометрического винта, затем медленно сводят их до соприкосновения. Для этого медленно вращают трещотку 7, пока она не начнет проворачиваться, издавая характерный треск. Медленное вращение трещотки необходимо потому, что скорость вращения винта влияет на величину измерительного усилия.

При проверке микрометров с пределами измерения 25 – 50, 50 – 75 мм и т. д. между измерительными плоскостями микрометрического винта и пятки помещают либо установочную меру 8, либо мерительную плитку, соответствующую нижнему пределу измерения, т.е. 25, 50, 75 и т.д. Измерительные плоскости сближаются так же, как и у микрометров с пределом измерения 0 – 25 мм. Если при проверке окажется, что нулевое деление барабана 6 не совпадет с продольным штрихом на стебле 5, еще раз выполняют установку на нуль в таком порядке: закрепляют микровинт стопором; разъединяют барабан с микровинтом; устанавливают барабан и закрепляют его; проверяют нулевое положение. Перекос измерительных поверхностей микрометрического винта при зажатии стопором не должен превышать у микрометров с пределами измерения до 100 мм – 1 мкм, а для микрометров с пределами измерения более 100 мм – 2 мкм.

Перед измерением проверяемую деталь закрепляют в тисках или в приспособлении, протирают измерительные поверхности и устанавливают микрометр на размер несколько больше проверяемого, затем микрометр (рис. 18, а, в) берут левой рукой за скобу 7, а измеряемую деталь 3 помещают между пяткой 2 и торцом микрометрического винта 4. Плавно вращая трещотку, прижимают торцом микрометрического винта 4 деталь 3 к пятке 2 до тех пор, пока трещотка 5 не начнет проворачиваться и пощелкивать.

Установка микрометра на нуль показана на рис. 18, б.

При измерении диаметра цилиндрической детали линия измерения должна быть перпендикулярна образующей и проходить через центр (рис. 18, в).

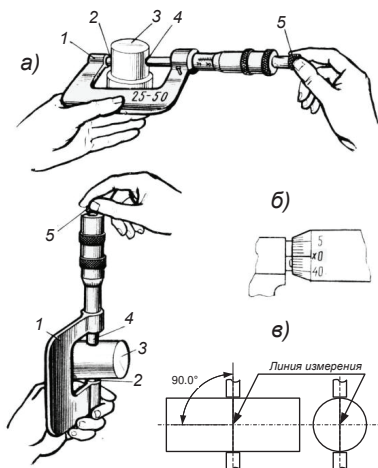


Рис. 18 Приемы использования микрометра: а) измерение деталей в вертикальном и горизонтальном положениях, б) установка микрометра на нуль, в) установка микрометра на деталь

При чтении показаний микрометра целые миллиметры отсчитывают по краю склоа барабана по нижней шкале, полумиллиметры – по числу делений верхней шкалы стебля. Сотые доли миллиметра определяют на конической части барабана по порядковому номеру (не считая нулевого) штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля. Примеры отсчета показаны на рис. 19.

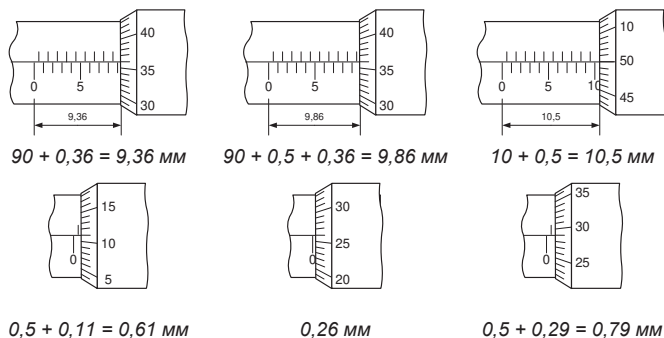
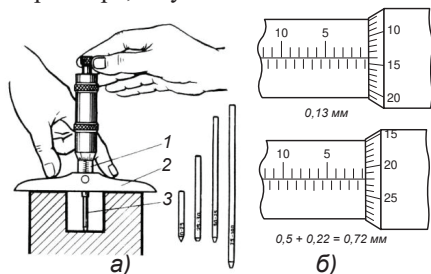


Рис. 19: Примеры отсчета показаний микрометра

Микрометрический глубиномер с точностью измерения 0,01 мм (рис. 20, а) применяют для измерения глубины пазов, отверстий и высоты уступов до 100 мм. Глубиномеры изготовляют со сменными измерительными стержнями для измерений в пределах 0 – 25; 25 – 50; 50 – 75 и 75 – 100 мм. Изменение пределов измерения достигается присоединением сменных стержней. Шаг резьбы микрометрического винта 7 (стебель) – 0,5 мм. Изменение пределов измерений достигается присоединением сменных измерительных стержней 3.

Перед измерением проверяют нулевое положение глубиномера. При измерении левой рукой прижимают основание 2 глубиномера к верхней поверхности детали, а правой при помощи трещотки в конце хода доводят измерительный стержень до соприкосновения с другой поверхностью детали. Затем стопорят микрометрический винт и читают размер.

При чтении показаний надо иметь в виду, что при ввинчивании микрометрического винта глубиномера показания не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Поэтому цифры на шкале стебля и барабана



указаны в обратном порядке: на стебле цифры увеличиваются справа налево, а на барабане – по часовой стрелке (рис. 20, б).

Рис. 20. Микрометрический глубиномер: а) устройство; б) примеры отсчета; 1 – стебель, 2 – основание, 3 – сменные стержни

Микрометрический нутромер (штихмасс) с ценой деления 0,01 мм (рис. 21, а) предназначен для измерения внутренних размеров от 50 до 10000 мм. Микрометрические нутромеры изготавливают с пределами измерений: 50 – 75; 75 – 175; 75 – 600; 150 – 1250; 800 – 2500; 1250 – 4000; 2500 – 6000; 4000 – 10000 мм. Нутромеры с пределами измерений 1250 – 4000 мм и более поставляют с двумя головками: микрометрической и микрометрической с индикатором. Шаг резьбы микрометрической винтовой пары нутромера равен 0,5 мм. Микрометрический нутромер имеет стебель 2 (рис. 21, а), в отверстие которого вставлен микрометрический винт 4. Концы стебля и микрометрический винт имеют сферические измерительные поверхности 7. На винт насажен барабан 5 с установочной гайкой 6. В установленном положении микровинт закрепляют стопором 3.

Для измерения отверстий размером более 63 мм используют удлинительные стержни (рис. 21, б) с размерами: 25; 50; 100; 150; 200 и 600 мм. Без удлинителей можно измерять размеры от 50 до 63 мм. Перед навинчиванием удлинителя со стебля свинчивают гайку 6, после присоединения удлинителя ее навинчивают на резьбовой конец последнего стержня. Перед измерением микрометрическую головку (рис. 21, в) устанавливают по установочной мере (скобе) на исходный размер, проверяют нулевое положение, затем выбирают наименьшее количество соответствующих удлинителей.

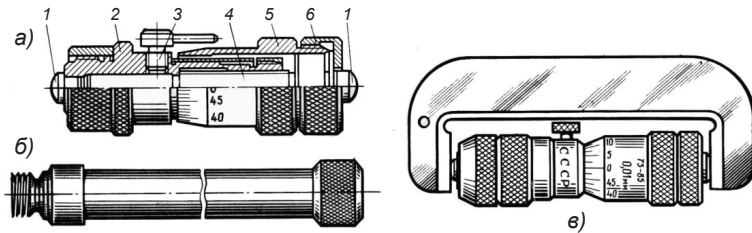


Рис. 21 Микрометрический нутромер (штихмасс): а) устройство; б) удлинительный стержень; в) проверка нулевого положения; 1 – измерительные поверхности, 2 – стебель, 3 – стопор, 4 – микрометрический винт, 5 – барабан, 6 – гайка

Измерение нутромером отверстий производят по двум взаимно перпендикулярным диаметрам.левой рукой прижимают измерительный наконечник к одной поверхности, а правой рукой вращают барабан до легкого соприкосновения с другой поверхностью (рис. 22, а, б). Отыскав наибольший размер, стопорят микровинт и читают размер. Правильное положение микрометрического нутромера находят покачиванием головки нутромера при легком контактировании измерительных поверхностей с деталью.

Для отсчета показаний на стебле нутромера имеется шкала длиной 13 мм с полумиллиметровыми и миллиметровыми делениями. Вторая шкала нанесена

на конической части барабана, она имеет 50 делений по окружности. По этой шкале и отсчитывают сотые доли миллиметра.

Показания микрометрического нутромера (рис. 22, в) читают так: к предельному размеру микрометрической головки (75 мм) прибавляют показания на стебле (в данном случае 3 мм), а затем показания на скосе барабана (0,21 мм). Следовательно, показание будет

$$75 + 3 + 0,21 = 78,21 \text{ мм.}$$

При чтении показаний с удлинителями (рис. 22, г) к показанию микрометрической головки прибавляют длину удлинителей, например: к микрометрической головке присоединены удлинители 200 и 100 мм. Показание будет:

$$75 + 200 + 100 + 6 + 0,16 = 381,16 \text{ мм.}$$

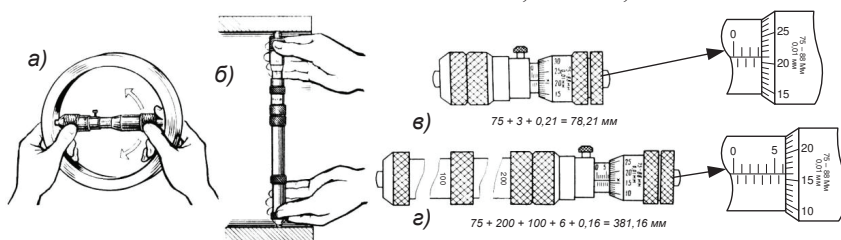


Рис. 22. Приемы измерения: а) цилиндрических отверстий; б) параллельности деталей; в) пример отсчета без применения удлинителя г) пример отсчета с применением удлинителей

### 3.4 Шаблоны профильные. Щупы

Для проверки сложных профилей применяют шаблоны, изготавливаемые из листовой или полосовой стали толщиной 0,5 – 6 мм с содержанием углерода не менее 0,5%. Иногда шаблоны делают из высококачественных углеродистых инструментальных сталей У7А и У8А. Шаблоны могут иметь самую разнообразную форму, которая зависит от формы и профиля проверяемой детали.

Проверяют детали шаблонами двумя способами:

первый – шаблон прикладывают к проверяемой поверхности и по величине просвета судят о точности и правильности изготовления изделия. Точность такой проверки примерно 0,01 мм при наличии опыта и выше;

второй – когда нет возможности проверить на просвет, прибегают к проверке на краску, например при контроле выемок, глухих мест и т.д. В этом случае проверяемые места покрывают тонким слоем краски, затем накладывают шаблон на проверяемую поверхность. По следам краски, остающимся на поверхности шаблона, определяют, правильно ли обработана деталь.

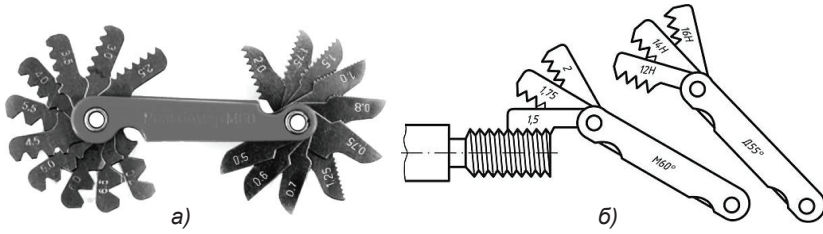


Рис. 23. Резьбовой шаблон (а) и его использование (б)

Резьбовые шаблоны являются сортирующим прикладным инструментом для определения шага и профиля резьбы (рис. 23). Они представляют собой закрепленные в обоймы наборы тонких стальных пластин толщиной 1 мм с точными зубьями резьбы. Шаблоны комплектуются в два набора: для метрической резьбы с углом  $60^\circ$ , для дюймовой резьбы с углом  $55^\circ$ . На каждой пластине указана величина шага или количество ниток на дюйм, а на накладке обоймы обозначена резьба метрическая ( $60^\circ$ ) или дюймовая ( $55^\circ$ ), т.е. М $60^\circ$  или Д $55^\circ$ . Пластины поочередно прикладывают к проверяемой резьбе до тех пор, пока резьба пластины точно (без просветов) не совпадет с резьбой детали.

Радиусные шаблоны служат для проверки радиусов выпуклых и вогнутых поверхностей от 1 до 25 мм. Шаблоны (рис. 24, а) в наборах располагаются в порядке нарастания измерительного радиуса. Величина радиуса закруглений определяется совпадением того или другого шаблона с проверяемым профилем (на просвет – рис. 24, б).

Щупы представляют собой набор заключенных в обойму мерных стальных, точно обработанных пластинок (рис. 25, а). Щупы изготовляют 1-го и 2-го классов точности. Применяют щупы для проверки величины зазоров между поверхностями детали или сопряженными деталями (рис. 25, б). Можно использовать как одну, так и несколько сложенных вместе пластинок.

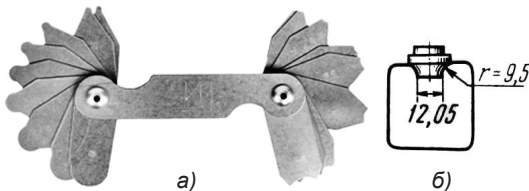


Рис. 24. Набор радиусных шаблонов (а) и контроль профильным шаблоном (б)

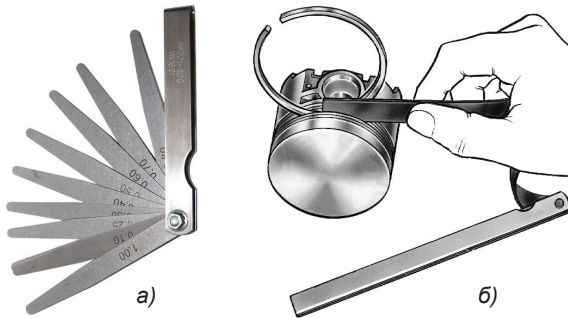


Рис. 25. Щупы в обойме (а) и проверка зазора щупом (б)

### 3.5 Рычажно-механические приборы

Принцип действия рычажно-механических приборов (инструментов) основан на использовании специального передаточного механизма, который преобразует незначительные перемещения измерительного стержня в увеличенные и удобные для отсчета перемещения стрелки по шкале.

Индикаторы предназначены для относительного, или сравнительного, измерения и проверки отклонений от формы, размеров, а также взаимного расположения поверхностей детали. Этими инструментами проверяют горизонтальность и вертикальность положения поверхностей отдельных деталей (столов, станков и т.п.), а также овальность, конусность валов, цилиндров и др. Кроме того, индикаторами проверяют биение зубчатых колес, шкивов, шпинделей и других вращающихся деталей (рис. 26).

Индикаторы бывают часового и рычажного типов; шире применяют индикаторы часового типа, которые в сочетании с нутромерами, глубиномерами и другими инструментами используются для измерения внутренних и наружных размеров, параллельности, плоскостности и т.д.

Конструкцию индикатора часового типа с зубчатой передачей с ценой деления 0,01 мм изготавливают двух типов: ИЧ – с перемещением измерительного стержня параллельно шкале; ИТ – торцовые с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале.

Индикаторы типа ИЧ изготавливают следующих типоразмеров: с пределами измерений 0 – 2, 0 – 5 и 0 – 10 мм.

Индикаторы типа ИТ изготавливают с пределами измерений 0 – 2 мм.

Широко применяемый индикатор ИЧ (часового) типа (рис. 26) имеет металлический корпус 1 в форме часов, в котором заключен механизм прибора. Через корпус индикатора проходит измерительный стержень 8 с выступающим

наружу наконечником 9, всегда находящимся под воздействием пружины. Если нажать на стержень снизу вверх, он переместится в осевом направлении и при этом повернет стрелку 5, которая передвинется по циферблату, имеющему шкалу в 100 делений, каждое из которых соответствует перемещению стержня на  $1/100$  мм. При перемещении стержня на 1 мм стрелка 5 сделает по циферблату полный оборот. Для отсчета целых оборотов служит стрелка указателя 6.

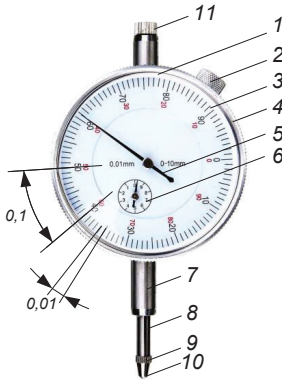


Рис. 26. Индикатор часового типа:

- 1 – корпус,
- 2 – стопор,
- 3 – циферблат,
- 4 – ободок,
- 5 – стрелка,
- 6 – указатель,
- 7 – гильза,
- 8 – измерительный стержень,
- 9 – наконечник,
- 10 – съемный шарик,
- 11 – головка

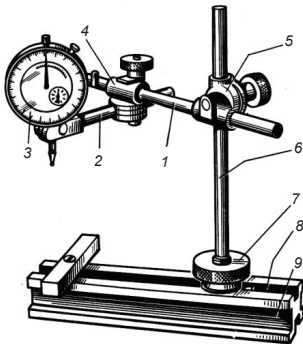


Рис. 27. Универсальная индикаторная стойка:

- 1, 2 – стержни,
- 3 – индикатор,
- 4, 5 – муфты,
- 6 – вертикальный стержень,
- 7 – гайка,
- 8 – паз,
- 9 – призма

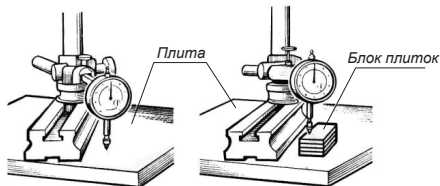


Рис. 28. Установка индикатора в начальное положение: а) соприкосновением с поверхностью плиты, б) с поверхностью установочной меры

При измерениях индикатор должен быть закреплен жестко относительно исходной измеряемой поверхности.

На рис. 27 изображена универсальная стойка для крепления индикатора. Индикатор 3 при помощи стержней 1 и 2, муфт 4 и 5 закрепляется на вертикальном стержне 6, укрепленном в пазу 8 призмы 9 гайкой 7 с накаткой. При помощи муфт индикатор может быть установлен в любом положении и под разными углами.

При абсолютном (рис. 28, а) или относительном (рис. 28, б) измерении показание индикатора приводят в некоторое начальное положение. При измерении относительным методом закрепленный на стойке индикатор настраивают по блоку плоскопараллельных концевых мер. Для этого измерительный наконечник 9 (см. рис. 26) со съемным шариком 10 (он имеет форму проверяемой поверхности) приводят в соприкосновение с поверхностью стола – плиты (см. рис. 28, а) или установочной меры (см. рис. 28, б). Индикатор подводят так, чтобы стрелка его сделала один-два оборота. Таким образом, стержню индикатора дается натяг, чтобы в процессе измерения индикатор мог показать как отрицательные, так и положительные отклонения от начального положения установочной меры. Стрелка при этом устанавливается против какого-либо деления шкалы. Дальнейшие отсчеты ведут от этого показания стрелки, как от начального. Для облегчения отсчетов индикатор устанавливают на нуль поворотом циферблата 3 (см. рис. 26) за рифленый ободок 4 или поворотом головки 11 (при неподвижном циферблате). Установку ободка относительно стрелки фиксируют стопором 2.

Для измерения отклонения от заданного размера к детали подводят наконечник индикатора до соприкосновения с измеряемой поверхностью и замечают начальное показание стрелки 5 и указателя 6 на циферблате. Затем перемещают индикатор относительно измеряемой поверхности или измеряемую поверхность относительно индикатора (рис. 29, а, б).

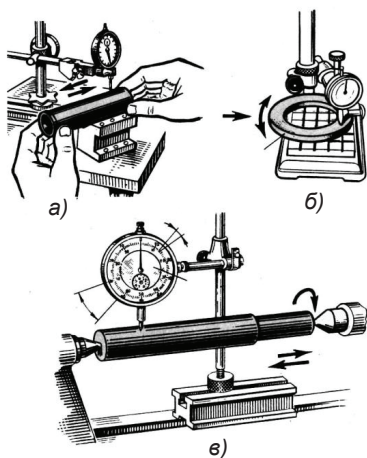


Рис. 29. Приемы проверки индикатором: а, б) перемещением деталей; в) в центрах

Отклонение стрелки 5 (см. рис. 26) от начального положения покажет величину отклонения в сотых долях миллиметра, а отклонение стрелки указателя 6 – в целых миллиметрах. Для более точной проверки деталь 2 устанавливают в центрах (рис. 29, в) или других приспособлениях.

Индикаторные нутромеры предназначены для внутренних измерений деталей.



Индикаторный нутромер (рис. 30, а) имеет корпус 4, в который вставлена направляющая втулка 2. С одной стороны втулки помещен неподвижный измерительный стержень 1, а с другой подвижный измерительный стержень 3.

В процессе измерения стержень 3 перемещается и его движение через толкатель 5 передается установленному в трубку 7 вертикальному штоку 6, к которому прижимается наконечник 8 индикатора 9. Прибор снабжается комплектом сменных неподвижных стержней 10.

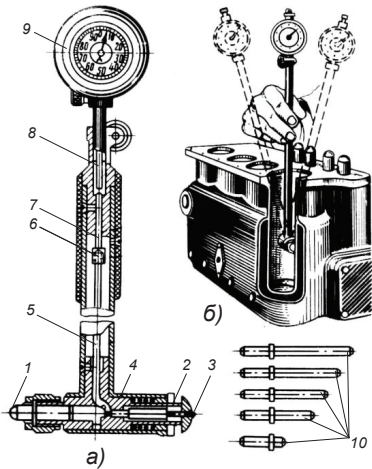
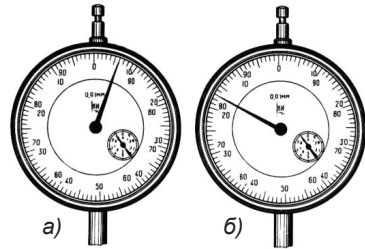


Рис. 30. Индикаторный нутромер:

- а) устройство;  
 б) прием измерения;  
 1, 3 — измерительные стержни,  
 2 — направляющая втулка,  
 4 — корпус,  
 5 — толкатель,  
 6 — шток,  
 7 — трубка,  
 8 — наконечник,  
 9 — индикатор,  
 10 — сменные стержни

Рис. 31 Примеры отсчета на индикаторном нутромере:

- а) положительное отклонение,  
 б) отрицательное отклонение



При измерении в зависимости от размера проверяемой детали нутромер ориентировочно настраивают по микрометру, блоку плоскопараллельных концевых мер или установочному кольцу, устанавливая показание на нуль.

Настроенный нутромер правой рукой берут за трубку вводят в измеряемое отверстие и небольшим покачиванием (рис. 30, б) определяют отклонение от размера, на который был установлен индикаторный нутромер. Допустим, что нутромер был настроен на размер 68 мм (рис. 31, а). Положительные отклонения (0,06), полученные при прямом ходе, отнимают (рис. 31, а), а отрицательные (0,17) прибавляют (рис. 31, б).

Индикаторные глубиномеры с ценой деления 0,01 мм (рис. 32, а) предназначены для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов и т. д. Они снабжены набором измерительных стержней.

Измерительные стержни выбирают в зависимости от проверяемого размера и устанавливают в глубиномере. Затем устанавливают индикаторный глубиномер на нуль вращением ободка до совпадения большой стрелки с нулевым штрихом циферблата. При измерении левой рукой слегка нажимают основание 7 (рис. 32, б) глубиномера, а правой рукой опускают измерительный стержень 4 и после его прикосновения ко дну проверяемой детали определяют отклонение. Отсчет производят так же, как у индикаторных нутромеров: положительное отклонение, полученное при прямом ходе, отнимают от размера, по которому была произведена установка глубиномера, а отрицательное прибавляют.

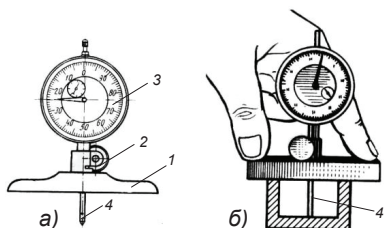


Рис. 32. Индикаторный глубиномер:  
а) устройство; б) прием проверки; 1 – основание, 2 – державка, 3 – индикатор, 4 – измерительный стержень

### 3.6 Инструменты для измерения углов

Для измерения наружных и внутренних углов в слесарном деле применяют угольники, угломеры и угломерные плитки.

Угольники поверочные изготавливают следующих типов: УЛ – лекальные плитки (рис. 33, а), УЛП – лекальные плоские (рис. 33, б), УЛШ – лекальные с широким основанием (рис. 33, в), УЛЦ – лекальные цилиндрические (рис. 33, г), УП – слесарные плоские (рис. 33, д), УШ – слесарные с широким основанием (рис. 33, е).

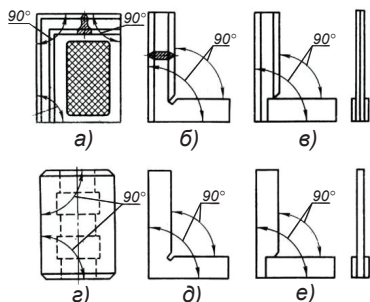


Рис. 33. Угольники:  
а) УЛ – лекальные плитки,  
б) УЛП – лекальные плоские,  
в) УЛШ – лекальные с широким основанием,  
г) УЛЦ – лекальные цилиндрические,  
д) УП – слесарные плоские,  
е) УШ – слесарные с широким основанием.

Угольники с широким основанием (аншлажные) отличаются тем, что короткое их основание толще длинной полки. Таким угольником удобно определять отклонения в углах проверяемого изделия способом световой щели (на просвет) при установке изделия на поверочной плите.

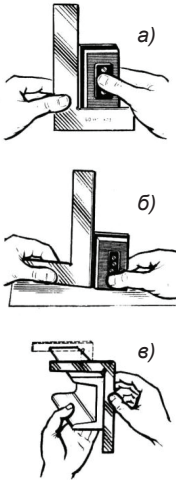


Рис. 34. Проверка углов

Угольники цилиндрические применяют для этой же цели.

Для проверки прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь внутренней частью (рис. 34, а), а для проверки внутреннего угла — наружной частью (рис. 34, б). Наложив и слегка прижимая угольник, совмещают другую сторону угольника с проверяемой стороной детали и по просвету (иногда щупом) судят о точности прямого угла. Измерение производится в нескольких местах (рис. 34, в).

Угломеры предназначены для измерения углов. Изготавливают следующих типов: УН — для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180°, УМ — для измерения наружных углов от 0 до 180°.

Угломер типа УМ (рис. 35, а) с величиной отсчета по шкале нониуса 2' (2 угловых минуты) предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180°. Угломер имеет полукруглое основание (полудиск) 5 со шкалой угловых градусов, соединенное со съемной линейкой 4 и подвижной линейкой 10, вращающейся на оси 2 вместе с сектором 3. Точность установки подвижной линейки 10 осуществляется при помощи микрометрической подачи 6 вращением гайки 7 и фиксированием стопором 9.

На секторе 3 закреплен лимб нониуса 8, на лимбе сектора — шкала угловых минут. Угол между крайними штрихами шкалы нониуса, равный 29°, разделен на 30 частей (рис. 35, б). Угол между соседними штрихами нониуса  $60 \times 29 : 30 = 58$ , т. е. на 2' меньше 1°.

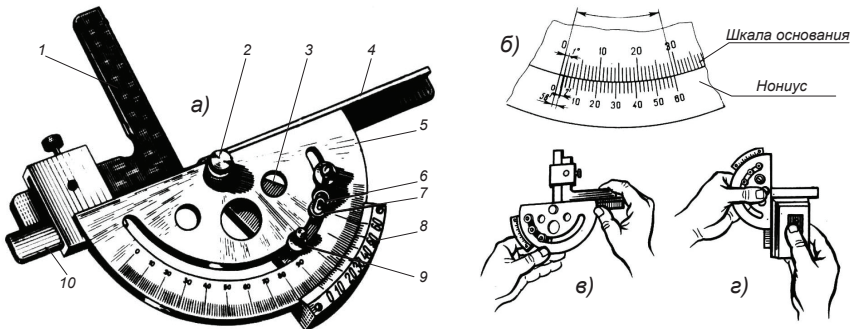


Рис. 35. Угломер УМ и его проверка: а) общий вид, б) устройство нониуса; в) проверка соединением измерительных поверхностей, г) проверка лекальным угольником;

1 — угольник, 2 — ось, 3 — сектор, 4 — линейка съемная, 5 — основание (полудиск) с градуированной шкалой, 6 — микрометрическая подача, 7 гайка, 8 — нониус, 9 — стопор, 10 — линейка подвижная.

Перед применением угломер протирают и проверяют нулевое положение: нулевые штрихи основания и нониуса должны совпадать.

При совпадении штрихов нониуса и основания между измерительными поверхностями угломера не должно быть просвета. Это проверяется соединением измерительных поверхностей (рис. 35, в) или при помощи лекального угольника (рис. 35, г).

При измерении угломер накладывают на проверяемую деталь так, чтобы линейки 4 и 10 были совмещены со сторонами измеряемого угла. Прижимая слегка правой рукой деталь к измерительной поверхности линейки основания, перемещают деталь постепенно, уменьшая просвет до полного соприкосновения. После этого (если нет просвета) фиксируют положение стопором и читают показание. Целое число градусов отсчитывают по шкале основания слева направо нулевым штрихом нониуса.

После этого находят штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы основания, и ближайшую к нему слева цифру нониуса. К этой цифре прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер совпадающего штриха нониуса, считая его от найденной цифры нониуса. При чтении угломер держат прямо перед глазами. Например, нулевой штрих нониуса прошел 34-е деление шкалы основания, но не дошел до 35-го, при этом со штрихом основной шкалы совпадает 20-й (не считая нулевого) штрих шкалы нониуса. Следовательно, измеряемый угол составляет  $34 + 20 \times 2 = 34^{\circ}40'$ .

Для измерения углов от 0 до  $90^{\circ}$  угломер соединяют с угольником (рис. 36, а), а для измерения углов от  $90$  до  $180^{\circ}$  угломер применяют без угольника (рис. 36, б) и к его показаниям прибавляют  $90^{\circ}$ .

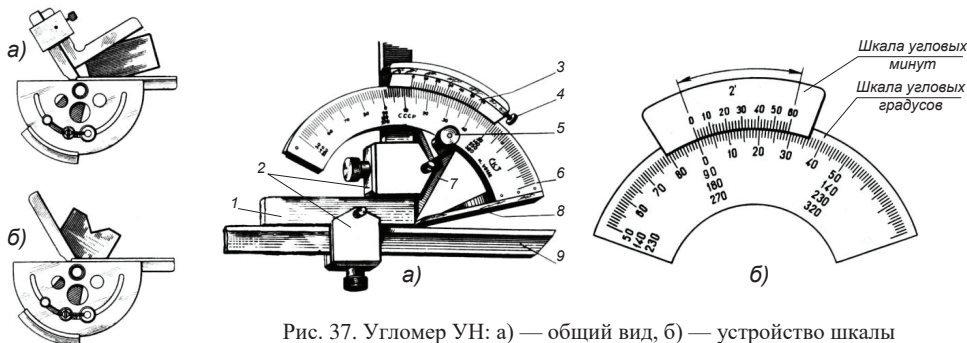


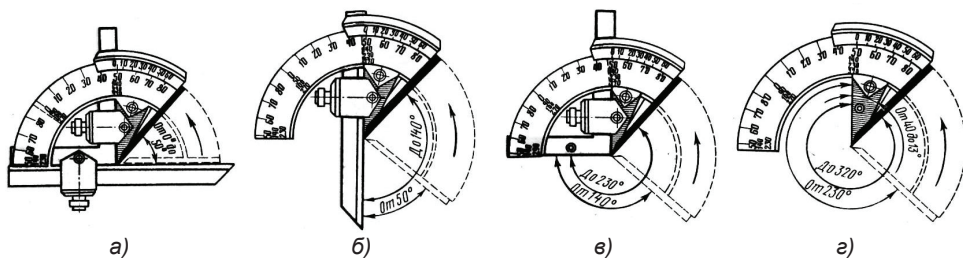
Рис. 37. Угломер УН: а) — общий вид, б) — устройство шкалы нониуса; 1 — угольник, 2 — державки, 3 — нониус, 4 — винт нониуса, 5 — стопор, 6 — основание, 7 — сектор, 8 — линейка основания, 9 — линейка съемная

Рис. 36. Измерение углов: а) от 0 до  $90^{\circ}$ , б) от  $90$  до  $180^{\circ}$

Угломер типа УН с величиной отсчета по нониусу 2 или  $5'$  угловых минут (рис. 37, а, б), конструкции Семенова, является наиболее удобным для измерения наружных углов от 0 до  $180^{\circ}$  и внутренних углов от  $40$

до  $180^\circ$ . Угломер имеет полукруглое основание 6, на котором закреплена линейка 8 основания. Сектор 7 с нониусом 3 перемещается по основанию 6 и после установки закрепляется стопором 5. Микрометрическая подача нониуса осуществляется вращением микрометрического винта 4. К сектору 7 при помощи державок 2 крепится угольник 1, а к нему присоединяется съемная линейка 9.

У угломера типа УН, так же как и угломера УМ, угол между крайними штрихами нониуса равен  $29^\circ$  и разделен на 30 частей, но он в отличие от угломера УМ построен на дуге большего радиуса, следовательно, расстояние между штрихами больше, что облегчает чтение показаний (рис. 37, б). На дуге нанесена основная шкала для отсчета целых градусов, которая построена несколько иначе, чем у угломера УМ. Слева направо на шкале нанесены сначала деления от 50 до  $90^\circ$ , затем от 0 до  $50^\circ$ . Ниже расположены цифры, позволяющие по этой шкале производить отсчеты от 140 до  $230^\circ$ , а еще ниже —



от  $230$  до  $320^\circ$ .

Рис. 38. Установка угломера для измерения углов:  
а) от 0 до  $50^\circ$ , б) от  $50$  до  $140^\circ$ , в) от  $140$  до  $230^\circ$ , г) от  $230$  до  $320^\circ$

Если на угломере установлены угольник и линейка (рис. 38, а), то можно измерять углы от 0 до  $50^\circ$ . Если убрать угольник и на его месте закрепить линейку, можно измерять углы от  $50$  до  $140^\circ$  (рис. 38, б), если убрать линейку и оставить только угольник (рис. 38, в), можно измерять углы от  $140$  до  $230^\circ$ . При отсутствии линейки и угольника (рис. 38, г) можно измерять углы от  $230$  до  $320^\circ$ .

Точность отсчета, полученного при измерении угловых величин или при установке заданного угла, проверяют по градусной шкале и нониусу. По шкале градусов, размещенной на дуге основания, определяют, на каком целом делении (или между ними) остановилось нулевое деление нониуса, которое соответствует числу целых градусов угловой величины. По шкале нониуса определяют, какое из его делений совпало с делением шкалы градусов, по цифрам нониуса определяют число минут.

## 4. Плоскостная разметка

### 4.1 Общие понятия

Заготовки для деталей машин поступают на обработку в механические цеха в виде поковок сортового металла. В зависимости от назначения деталей одни заготовки остаются необработанными, другие обрабатываются частично или полностью. При обработке с поверхности заготовки удаляется определенный слой металла, в результате чего уменьшается ее размер. Разность между размерами заготовки до и после ее обработки называется **припуском на обработку**. Чтобы знать, где и до каких размеров вести обработку, заготовку сначала размечают.

**Разметкой** называется операция нанесения на обрабатываемую заготовку разметочных линий (рисок), определяющих контуры будущей детали или места, подлежащие обработке. Разметку выполняют точно и аккуратно, потому что ошибки, допущенные при разметке, могут привести к тому, что изготовленная деталь окажется бракованной. Может быть и наоборот: неточно отлитую и поэтому забракованную заготовку можно исправить тщательной разметкой, перераспределив припуски для каждой разметочной поверхности. Точность, достигаемая при обычных методах разметки, составляет примерно 0,5 мм. При точной разметке ее можно повысить до сотых долей миллиметра. Разметка применяется преимущественно в единичном и мелкосерийном производстве. На заводах крупносерийного и массового производства надобность в разметке отпадает благодаря использованию специальных приспособлений – кондукторов, упоров и т. п. В зависимости от формы размечаемых заготовок и деталей разметка делится на плоскостную и пространственную (объемную).

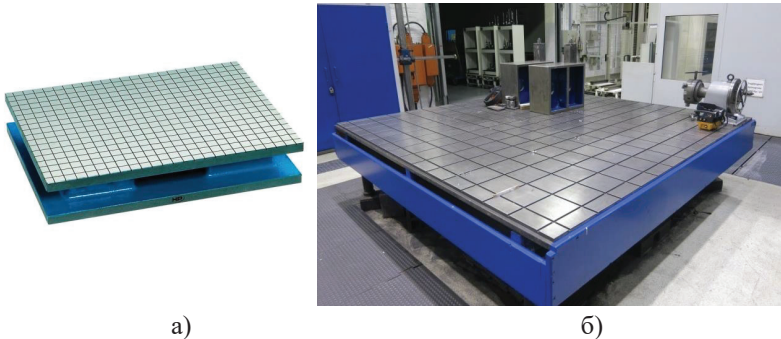
**Плоскостная разметка**, выполняемая обычно на поверхностях плоских деталей, на полосовом и листовом материале, заключается в нанесении на заготовку контурных параллельных и перпендикулярных линий, окружностей, дуг, углов, осевых линий, разнообразных геометрических фигур по заданным размерам или контуров различных отверстий по шаблонам. Однако приемами плоскостной разметки нельзя разметить даже самое простое тело, если поверхности его не прямолинейны.

**Пространственная разметка** по приемам существенно отличается от плоскостной. Трудность пространственной разметки заключается в том, что приходится не просто размечать отдельные поверхности детали,

расположенные в различных плоскостях и под различными углами друг к другу, а увязывать разметки этих отдельных поверхностей между собой.

#### 4.2. Приспособления для плоскостной разметки

Для выполнения разметки используют разметочные плиты, подкладки, поворотные приспособления, домкраты и др. На разметочной плите устанавливают подлежащие разметке детали и располагают все приспособления и инструмент. Разметочная плита отливается из мелкозернистого серого чугуна. В нижней ее части имеются ребра жесткости, предохраняющие плиту от возможного прогиба под действием силы тяжести самой плиты и размечаемых деталей. Верхнюю, рабочую поверхность и боковые стороны плиты точно обрабатывают на строгальных станках и затем шабруют. На рабочей поверхности больших плит иногда делают продольные и поперечные канавки, находящиеся на равных расстояниях одна от другой (200 – 250 мм) и образующие равные квадраты. Канавки, имеющие глубину 2 – 3 мм и ширину 1 – 2 мм, они облегчают установку на плите различных приспособлений. Размер плиты выбирают так, чтобы ее ширина и длина были на 500 мм больше соответствующих размеров размечаемой заготовки. Плиты больших размеров, например 6000 x 10000 мм, изготавливают составными из двух или четырех плит, которые скрепляют болтами и шпонками. Малые плиты устанавливают на верстаки, столы или тумбы (рис.39, а), большие ставят на фундаменты (рис. 39, б) или домкраты, размещенные на фундаменте. Высота от рабочей поверхности до пола должна составлять 800 – 900 мм для небольших плит и 700 – 800 мм для плит большого размера. Рабочая поверхность плиты устанавливается по уровню строго горизонтально.



а) б)  
Рис. 39. Разметочные плиты: а) для тумбы, б) на фундаменте

Поверхность плиты всегда должна быть сухой и чистой. После работы плиту обметают щеткой, тщательно протирают тряпкой, смазывают маслом для предохранения от коррозии и накрывают деревянным щитом. Не менее одного раза в неделю плиту промывают скипидаром или керосином. Нельзя передвигать по плите размечаемые заготовки во избежание появления забоин и царапин.

Необработанные заготовки устанавливают не непосредственно на плиту, а на специальные подкладки или домкраты. Применяемые при разметке инструменты и приспособления передвигают по плите плавно. Рабочую поверхность плиты рекомендуется натирать графитовым порошком. Для особо крупных деталей целесообразно устанавливать несколько разметочных плит рядом на одном уровне.

Плоскостность разметочных плит проверяют с помощью точной поверочной линейки и щупа (или папиросной бумаги). Линейку прикладывают ребром к рабочей поверхности разметочной плиты. Зазор между поверхностями линейки и разметочной плиты контролируют щупом. Толщина щупа, который проходит в щель между линейкой и разметочной плитой, не должна превышать 0,03...0,06 мм (в зависимости от размера плиты). Рабочие поверхности шабренных плит, предназначенных для точной разметки, проверяют на краску с помощью поверочной линейки. Число пятен в квадрате 25X25 мм должно быть не менее 20.

Плиты размещают в наиболее светлой части помещения или под световым фонарем, в местах, где на них не может влиять вибрация от работающих станков. Прежде чем приступить к разметке, заготовку устанавливают и выверяют на разметочной плите, пользуясь для этого опорными подкладками, призмами и домкратами различных конструкций.

**Подкладки** служат для обеспечения правильной установки деталей при разметке, а также для предохранения разметочных плит от царапин и забоин. Самыми простыми являются плоские опорные подкладки. Подкладки больших размеров выполняют пустотелыми цилиндрическими, призматическими, двутаврового сечения и др. (рис. 40, а).

Клиновидные подкладки (рис. 40, б) представляют собой два соединенных, точно обработанных стальных клина 2 и 3. Размечаемую заготовку устанавливают на верхней поверхности клина 2. Подъем и опускание заготовки производят вращением винта 1, находящегося в теле клина 3. Имея набор клиньев разной толщины, регулируют положение размечаемых заготовок по высоте. На боковой поверхности нижнего клина нанесена шкала,



позволяющая контролировать и точно регулировать высоту клина. Перемещение клина на одно деление равно 0,1 мм.

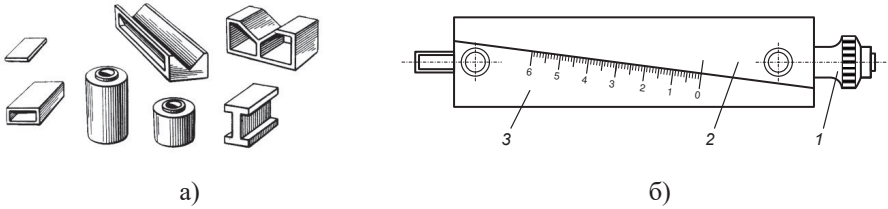


Рис. 40. Подкладки: а) плоские, призматические и др.; б) клиновидные

**Домкраты** применяют для установки громоздких и тяжелых заготовок; они позволяют выверять и регулировать положение размечаемых заготовок по высоте. На рис. 41, а показан винтовой домкрат. На верхнем конце винта закрепляют головки различной формы: шариковую (рис. 41, б) для установки необработанных деталей, призматическую (рис. 41, в) для цилиндрических деталей. Подъем и опускание заготовки осуществляют вращением винта. Роликовый домкрат (рис. 41, г) дает возможность не только регулировать положение заготовки по высоте, но и свободно поворачивать ее в горизонтальной плоскости, что необходимо при разметке тяжелых заготовок.

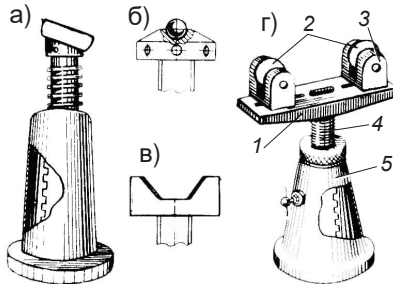


Рис. 41. Винтовой домкрат с плоской (а), шаровой (б), призматической (в) и роликовой (г) головками

Домкрат имеет корпус 5 с широким основанием и отверстием с резьбой, в которое ввертывается винт 4. На винте установлена плита 1 с кронштейнами 3, в которых вращаются шлифованные закаленные бочкообразные ролики 2. Последние можно сдвигать и раздвигать соответственно размерам размечаемых деталей (заготовок).

**Выдвижные центры** применяют для разметки цилиндрических деталей.

### 4.3 Инструменты для плоскостной разметки

**Чертилки** (иглы) служат для нанесения линий (рисок) на размечаемую поверхность с помощью линейки, угольника или шаблона. Изготавливают чертилки из инструментальной стали У10 или У12. Для разметки на стальной, хорошо обработанной поверхности применяют чертилки из латуни; на алюминий риски наносят остро заточенным карандашом. Широко применяют четыре вида чертилок – круглую, с отогнутым концом, со вставной иглой и карманную.

Круглая чертилка представляет собой стальной стержень длиной 150 – 200 мм и диаметром 4 – 5 мм, один конец которого закален на длине 20 – 30 мм и заострен под углом  $15^\circ$ , а другой согнут в кольцо диаметром 25 – 30 мм (рис. 42, а).

Чертилка с отогнутым концом представляет собой заостренный с двух сторон стальной стержень, один конец которого отогнут под углом  $90^\circ$  (рис. 42, б). Средняя часть чертилки утолщена и для удобства на ней сделана накатка. Отогнутым концом наносят риски в труднодоступных местах.

Чертилка со вставной иглой (рис. 42, в) выполнена по типу часовых отверток; в качестве вставной иглы могут быть использованы стальные заточенные и закаленные стержни.

Карманная чертилка (рис. 42, г) выполнена в виде карандаша с убирающимся острием. На рабочий наконечник напаян стержень из твердого сплава ВК 6, заточенный на конус с углом  $20^\circ$ .

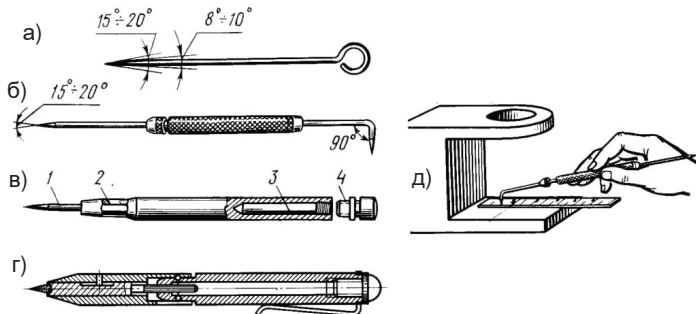


Рис. 42. Чертилки:

- а) – круглая; б) – с отогнутым концом; в) – со вставными иглами (1 – игла, 2 – корпус, 3 – запасные иглы, 4 – пробка); г) – карманная.

Чертилки должны быть остро заточенными. Их коническая поверхность должна быть хорошо обработанной (гладкой), не царапать линейку, угольник. Чем острее рабочая часть чертилки, тем тоньше будет разметочная риска и тем, следовательно, выше точность разметки. Затачивают чертилки на заточных станках (рис. 43). Чертилку берут левой рукой за середину, а правой рукой за конец, противоположный затачиваемому. Выдерживая постоянный угол наклона относительно абразивного круга, с легким нажимом прикладывают чертилку конусом к вращающемуся кругу, равномерно вращая ее пальцами правой руки. Во избежание отпуска острие чертилки периодически охлаждают в жидкости.

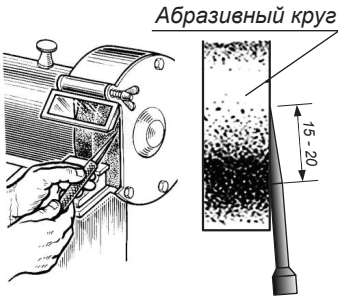


Рис. 43. Заточка чертилки

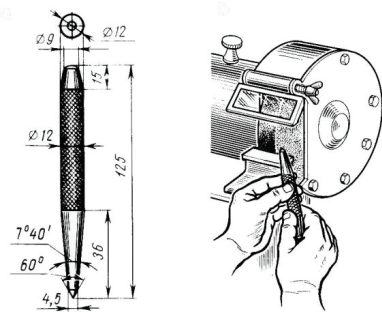


Рис. 44. Обыкновенный кернер (а) и его заточка (б)

**Кернер** – слесарный инструмент, применяющийся для нанесения углублений (кернов) на предварительно размеченных линиях (керны делают для того, чтобы риски были отчетливо видны и не стирались в процессе обработки детали). Кернеры изготавливают из инструментальной углеродистой или легированной стали У7А, У8А, 7ХФ или 8ХФ. Рабочую часть кернеров (конус) термически обрабатывают на длине 15 – 30 мм до твердости HRC 55 – 59, а ударную часть — на длине 15 – 25 мм до твердости HRC 40 – 45. Средняя часть кернера имеет рифление (накатку) для удобства работы. Различают кернеры обыкновенные, специальные, пружинные (механические), электрические и др.

Обыкновенный кернер (рис. 44, а) представляет собой стальной стержень длиной 100, 125 или 160 мм и диаметром соответственно 8, 10 или 12 мм; его боек имеет сферическую поверхность. Острие кернера затачивают на периферии шлифовального круга под углом 50 – 60° (рис. 44, б). При более точной разметке пользуются малыми кернерами с острием, заточенным под

углом  $30 - 45^\circ$ . У кернеров для разметки центров отверстий, подлежащих сверлению, острие затачивают под углом  $75^\circ$ .

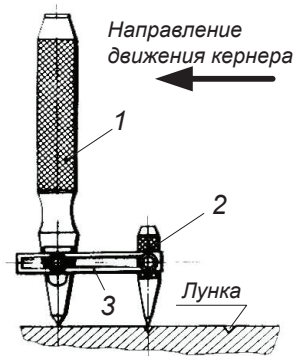


Рис. 45. Специальный шаговый кернер для накернивания дуг окружности

Кернер для шаговой разметки (рис. 45) состоит из двух кернеров - основного 1 и вспомогательного 2, скрепленных общей планкой 3. Расстояние между ними регулируется планкой 3 в зависимости от шага размечаемых отверстий. Первое углубление накернивают кернером 1. Затем в полученное углубление вставляют кернер 2 и ударом молотка по кернеру 1 накернивают углубление. После этого кернер 2 переставляют в следующее положение. Шаг между отверстиями выдерживается автоматически, чем достигается точность разметки.

Пружинный (механический) кернер (рис. 46) применяют для точной разметки тонких и ответственных изделий. Принцип его действия основан на сжатии и мгновенном освобождении пружины.

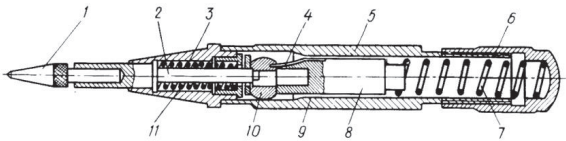


Рис. 46. Пружинный кернер

Электрический кернер (рис. 47) состоит из корпуса 6, пружин 2 и 5, ударника 3, катушки 4 и кернера 1.

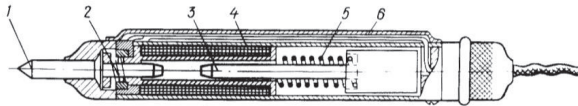


Рис. 47. Электрический кернер

При нажатии установленным на риске острием кернера электрическая цепь замыкается и ток, проходя через катушку, создает магнитное поле. Ударник при этом мгновенно втягивается в катушку и наносит удар по стержню кернера. Во время переноса кернера в другую точку пружина 5 размыкает цепь, а пружина 2 возвращает ударник в исходное положение. Электрический кернер отличается высокой производительностью.

**Циркули** используют для разметки окружностей и дуг, деления отрезков и окружностей, а также для геометрических построений. Циркулями пользуются и для переноса размеров с измерительных линеек на деталь. Разметочные циркули бывают простыми или с дугой, точными (рис. 48, а) и пружинными (рис. 48, б). Простой циркуль состоит из двух шарнирно соединенных ножек целых или со вставными иглами (рис. 48, в); нужный раствор ножек фиксируется винтом. Особенностью конструкции циркуля, показанного на рис. 48, а, является устройство 3 для установки циркуля непосредственно по его шкале с точностью до 0,2 мм.

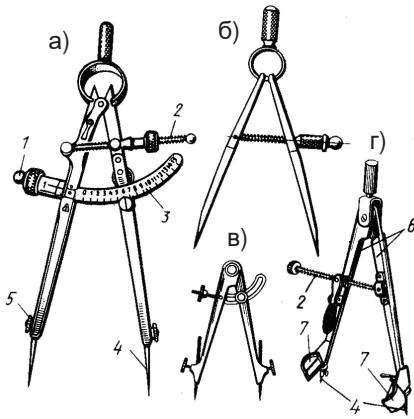


Рис. 48. Слесарные циркули: а) точный, б) пружинный, в) со вставными иглами, г) с линзами

Микрометрические винты 1 и 2 повышают точность этой установки. Сменные иглы 4 затягиваются гайками 5. Стремясь повысить точность разметки. Л.С. Новиков разработал конструкцию циркуля (рис. 48, г), состоящего из двух ножек 6, снабженных на концах закаленными иглами 4, и двух разъемных линз 7 с 5-кратным увеличением.

Для точной установки размеров циркуль имеет микрометрический винт 2. Преимущества этого циркуля — удобство и высокая точность установки. Однако его детали требуют особо аккуратного обращения и хранения в закрытом футляре.

**Разметочный штангенциркуль** показанный на рис. 49, предназначен для точной разметки прямых линий и центров.

Разметочный штангенциркуль показанный на рис. 50 служит для разметки окружностей больших диаметров. Он имеет штангу 3 с миллиметровыми делениями и две ножки — неподвижную 2 со стопорным винтом 1 и подвижную 8 с рамкой 5 и нониусом 6, стопорным винтом 4 для закрепления рамки 5. Стопорный винт 7 служит для крепления вставной иглы 9, которая перемещается вниз и вверх и может устанавливаться на разных уровнях.

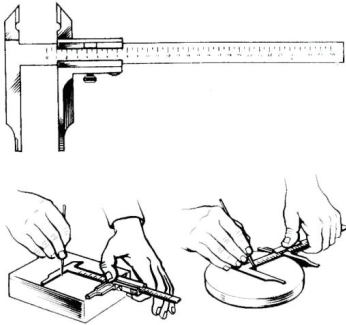


Рис. 49 Разметочный штангенциркуль и его применение

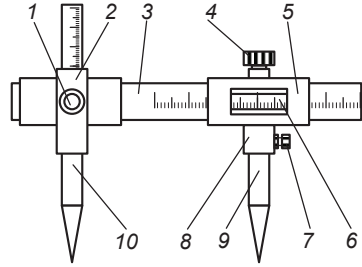


Рис. 50. Штангенциркуль для разметки окружностей, больших диаметров

На рис. 51 показан усовершенствованный разметочный штангенциркуль для разметки окружностей. Он имеет штангу 9 с утолщенным концом, в котором устанавливается резец 2. По штанге перемещается рамка 6 с нониусом. В нижней части рамки находится вставка 13, в отверстие которой вставляется сменная центрирующая коническая опора, закрепляемая зажимом 12.

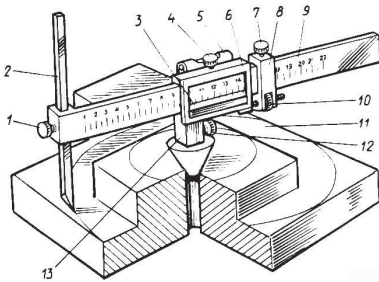


Рис. 51. Усовершенствованный разметочный штангенциркуль: 1-стопорный зажим, 2 - резец, 3 - нониус, 4, 12 - зажимы, 5 - уровень, 6 - рамка, 7 - винт, 8 - хомутик, 9 - штанга, 10- гайка, 11 - микрометрический винт, 13 - вставка, 14, 15 - сменные опоры, 16 – удлинитель

Рамка 6 с помощью микрометрического винта 11, соединенная с хомутиком 8, перемещается по штанге вручную и закрепляется зажимом 4. Микрометрическая подача рамки осуществляется поворотом гайки 10 при закреплённом винте 7 хомутике.

Перед разметкой вначале устанавливают центрирующую опору, соответствующую базовому отверстию, затем на плоскость размечаемой детали устанавливают резец. После этого проверяют горизонтальное положение штангенциркуля по уровню 5, закрепляют резец стопорным зажимом 1 и производят разметку.

**Рейсмас** является основным инструментом для пространственной разметки и служит для нанесения параллельных, вертикальных и

горизонтальных линий, а также для проверки установки деталей на плите. Он состоит из чугунного основания 2 (рис. 52, а), вертикальной стойки (штатива) 5, винта с гайкой 6 для крепления чертилки 4, установочного винта 3. для подводки иглы на точную установку размера, планки 1 и муфты 7. Применение рейсмаса показано на рис. 52, б.

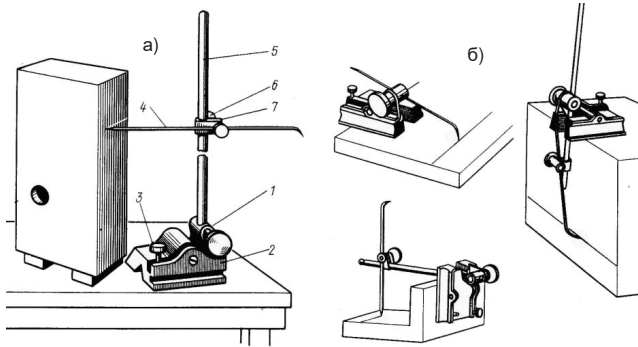


Рис. 52. Рейсмас (а) и его применение (б)

#### 4.4 Подготовка к разметке

Перед разметкой необходимо выполнить следующее:

- очистить заготовку от пыли, грязи, окалины, следов коррозии стальной щеткой и др.;
- тщательно осмотреть заготовку; при обнаружении раковин, пузырей, трещин и т.п. точно измерить их и, составляя план разметки, принять меры к удалению этих дефектов в процессе дальнейшей обработки (если это возможно); все размеры заготовки должны быть тщательно рассчитаны, чтобы после обработки на поверхности не осталось дефектов;
- изучить чертеж размечаемой детали, выяснить ее особенности и назначение; уточнить размеры; мысленно наметить план разметки (установку детали на плите, способ и порядок разметки); особое внимание уделить припускам на обработку (их берут из справочников в зависимости от материала и размеров детали, ее формы, способа обработки);
- определить базовые поверхности (базы) заготовки, от которых следует откладывать размеры в процессе разметки; при плоскостной разметке базами могут служить обработанные кромки заготовки или осевые линии, которые наносят в первую очередь;
- подготовить поверхности к окрашиванию.

**Окрашивание поверхностей.** Для окрашивания используют различные красители. Состав, представляющий собой мел, разведенный в воде (1:8), доводят до кипения. Затем, чтобы слой красителя не стирался, в него добавляют жидкий столярный клей (50г на 1 кг мела). После добавления клея состав ещё раз кипятят. Во избежание порчи состава (особенно в летнее время) в раствор добавляют немного льняного масла и сиккатива, ускоряющего высыхание красителя. Таким красителем покрывают черные необработанные заготовки. Окрашивание производят малярными кистями или с помощью распылителей (пульверизаторов), которые кроме ускорения работы обеспечивают равномерную и прочную окраску.

Обыкновенным сухим мелом натирают размечаемые поверхности. Окраска получается менее прочной. Этим способом окрашивают необработанные поверхности мелких неотчетливых заготовок.

Раствор медного купороса получают, растворив в стакане воды три полные чайные ложки кристаллического медного купороса. Очищенную от пыли, грязи и масла поверхность либо покрывают раствором медного купороса (кистью), либо смачивают водой и натирают куском медного купороса. Разметку делают после высыхания купороса. На поверхности заготовки осаждается тонкий слой меди, на который хорошо наносятся разметочные риски. Этим способом окрашивают только стальные и чугунные заготовки с предварительно обработанными под разметку поверхностями.

Окрашивание спиртовым лаком, представляющим собой раствор шеллака в спирте с добавлением фуксина, применяют только при точной разметке обработанных поверхностей небольших изделий.

Быстросохнущие лаки и краски применяют для покрытия поверхностей больших обработанных стальных и чугунных отливок.

#### **4.5. Приемы плоскостной разметки**

**Нанесение разметочных рисок.** Разметочные риски наносят в такой последовательности: сначала проводят горизонтальные, затем – вертикальные, после этого – наклонные и последними – окружности, дуги и закругления. Вычерчивание дуг в последнюю очередь дает возможность проконтролировать точность расположения прямых рисок: если они нанесены точно, дуга замкнет их и сопряжения получатся плавными.



Риски проводят только один раз. Если риска нанесена некачественно, ее закрашивают, дают красителю высохнуть и проводят риску вновь.

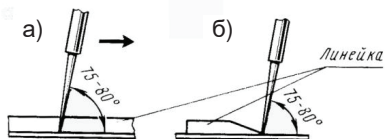


Рис. 53. Приемы нанесения прямых рисок: а) с наклоном чертилки в сторону ее перемещения, б) с наклоном чертилки в сторону от линейки

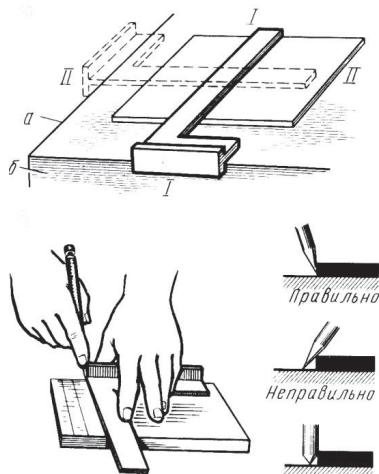


Рис. 54. Нанесение рисок: а) перпендикулярных, б) параллельных

Отыскание центров окружностей осуществляют с помощью центроискателей и центронаметчиков. Простейший центроискатель (рис. 55, а) представляет собой угольник с прикрепленной к нему линейкой, являющейся биссектрисой прямого угла. Установив угольник-центроискатель на наружную поверхность изделия, проводят чертилкой прямую. Она пройдет через центр окружности. Повернув угольник на некоторый угол (около  $90^\circ$ ), проводят вторую прямую. На их пересечении и находится искомый центр.

При малом диаметре размечаемого торца центроискателями используют кернер-центроискатель.

*Прямые риски* наносят чертилкой, которая должна быть наклонена по направлению ее перемещения (рис. 53, а) и в сторону от линейки (рис. 53, б). Углы наклона должны соответствовать указанным на рисунке и не изменяться в процессе нанесения рисок, иначе риски не будут параллельны линейке. Чертилку все время прижимают к линейке, которая должна плотно прилегать к детали.

*Перпендикулярные риски* наносят с помощью угольника. Деталь (заготовку) кладут в угол плиты и слегка прижимают грузом, чтобы она не сдвигалась в процессе разметки. Первую риску проводят по угольнику, полку которого прикладывают к боковой поверхности б (рис. 54, а) разметочной плиты (положение угольника I - I). После этого угольник прикладывают полкой к боковой поверхности а (положение II - II) и проводят вторую риску, которая будет перпендикулярна первой.

*Параллельные риски* наносят с помощью угольника (рис. 54, б), перемещая его на нужное расстояние.

**Кернер-центроискатель** (рис. 55, б) применяют для нанесения центров на цилиндрических деталях диаметром до 40 мм. Он имеет обыкновенный кернер 1 помещенный в воронке (колоколе) 3. В воронку вставлен фланец 2 с отверстием, в котором легко скользит кернер. Разметка заключается в том, что воронку прижимают к торцу изделия и молотком ударяют по головке 5 кернера. Под действием пружины 4 кернер всегда находится в нижнем положении.

**Шарнирный центроискатель** (рис. 55, в). С его помощью находят положение центровых линий не только цилиндрических, но и конических, прямоугольных и других отверстий. Центроискатель имеет четыре шарнирно связанные между собой планки, соединенные пружинами. При работе центроискателя пружины прижимают концы планок к стенкам отверстия. Точки А и Б, нанесенные на оси шарниров, указывают положение взаимно перпендикулярных линий.

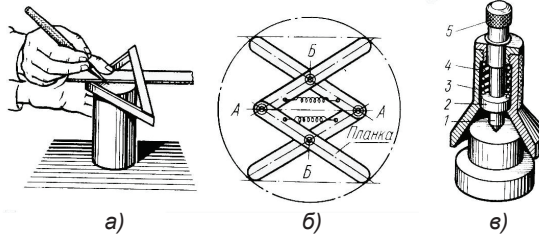


Рис. 55. Отыскание центров окружностей простейшим центроискателем (а), шарнирным центроискателем (б) и кернером-центроискателем (в)

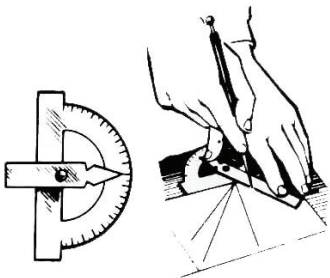


Рис. 56. Транспортир для разметки углов и уклонов и его применение

*Разметка углов и уклонов* производится с помощью транспортиров (рис. 56), штангенциркулей, угломеров. При разметке транспортир устанавливают на заданный угол. Удерживая левой рукой его основание, правой поворачивают широкий конец линейки до тех пор, пока другой ее конец, имеющий форму стрелки, не совпадет с делением, соответствующим заданным градусам, нанесенным на основании. После этого линейку закрепляют шарнирным винтом, а затем чертилкой наносят линии.

**Центроискатель-транспортир** (рис. 57) отличается от обычного центроискателя наличием транспортира 2, который с помощью движка 4 может

перемещаться по линейке 3 и закрепляться на ней в нужном положении гайкой 5. Линейка прикреплена к угольнику 1.

Транспортир дает возможность находить центры отверстий, расположенных на заданном расстоянии от центра цилиндрической детали и под любым углом. На рис. 57 найдено положение точки d, находящейся под углом  $45^\circ$  и на расстоянии 25 мм от центра.

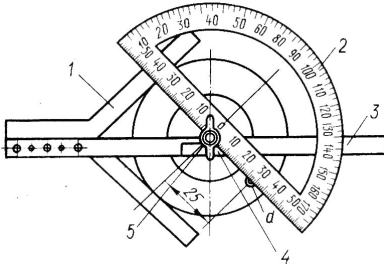


Рис. 57. Центроискатель – транспортир

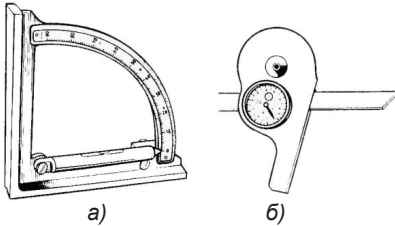


Рис. 58. Ватерпас с градусной шкалой (а) и угломер часового типа (б)

**Ватерпас с градусной шкалой** (рис. 58, а) рационально применять при измерении уклонов с точностью до  $0,0015^\circ$  и при установке деталей на плите в тех случаях, когда плоскость разметочной плиты строго выверена по уровню.

**Угломер часового типа** (рис. 58, б) не требует большого напряжения зрения при установке угловых величин по шкале. Цена деления круговой шкалы – 5 угловых минут. Полный оборот стрелки соответствует изменению угла между линейками на  $10^\circ$ . В круглом отверстии циферблата отсчитывается цифра, соответствующая целому числу градусов.

#### 4.6. Накернивание разметочных линий

**Керном** называется углубление (лунка), образовавшееся от действия острия (конуса) кернера при ударе по нему молотком. Масса молотка должна быть соразмерна массе кернера.

При работе кернер берут тремя пальцами левой руки и ставят острием точно на разметочную риску так, чтобы острие кернера было строго на середине риски (рис. 59, а). Сначала наклоняют кернер в сторону от себя и прижимают к намечаемой точке, затем быстро ставят в вертикальное положение, после чего по нему наносят легкий удар молотком массой 100 – 200 г (рис. 59, б).

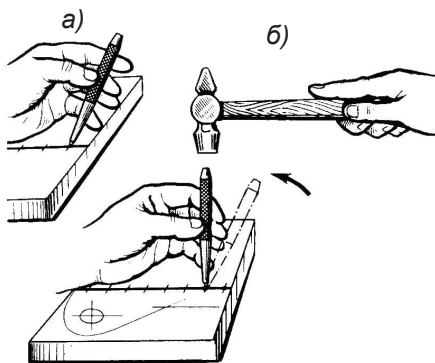


Рис. 59. Накернивание разметочных линий:  
а) установка кернера, б) кернение

Центры кернов должны располагаться точно на разметочных линиях, чтобы после обработки на поверхности детали оставались половины кернов (рис. 59, в). Керны обязательно ставят на пересечениях рисок и закруглениях. На длинных линиях (прямых) керны наносят на расстоянии 20 – 100 мм, на коротких линиях, перегибах, закруглениях и в углах — на расстоянии 5 – 10 мм. Линию окружности достаточно накернить в четырех местах - точках

пересечения осей с окружностью. Керны, нанесенные неравномерно, а также не на самой риске, не обеспечивают возможности контроля обработки (точения, фрезерования и т.д.). На обработанных поверхностях деталей керны наносят только на концах линий. Иногда на чисто обработанных поверхностях риски не накернивают, продолжают их на боковые грани и накернивают там.

Керны для сверления отверстий делают более глубокими, чем другие, чтобы сверло меньше уведило в сторону от разметочной точки.

**Способы разметки.** В целях повышения производительности труда слесари пользуются усовершенствованными приемами разметки и специальными приспособлениями.

*Разметка по шаблону* обычно применяется при изготовлении больших партий одинаковых по форме и размерам деталей, но иногда этим способом размечают даже малые партии, но сложных изделий (рис. 60). Шаблоны изготавливают из листового материала толщиной 0,5 – 1мм, а для деталей сложной формы или имеющих отверстия — толщиной 3 – 5 мм. При разметке шаблон накладывают на окрашенную заготовку (деталь) и проводят чертилкой риску вдоль контура шаблона (рис. 60, а), после чего риску накернивают. С помощью шаблонов удобно размечать отверстия для сверления, так как при этом отпадает необходимость в геометрических построениях - деление отрезков и окружностей на части и др. Отверстия размечают по шаблону чертилкой или кернером (рис. 60, б).

Иногда шаблон служит кондуктором, по которому деталь обрабатывают без разметки. Для этого его накладывают на заготовку, затем сверлят отверстия и обрабатывают боковые поверхности. Целесообразность применения шаблона

состоит в том, что разметочная работа, на которую затрачивается много времени, выполняется только один раз при изготовлении шаблона. Все последующие операции разметки представляют собой только копирование очертания шаблона. Разметочные шаблоны могут также использоваться и для контроля детали после обработки.

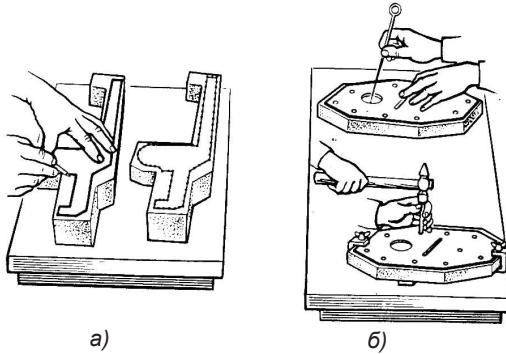


Рис. 60. Разметка по шаблону: а) работа чертилкой и размеченная заготовка, б) работа чертилкой и накернивание.

*Разметка по образцу* отличается тем, что не требует изготовления шаблона. Этот способ широко применяют при ремонтных работах, когда размеры снимают непосредственно с вышедшей из строя детали и переносят на размечаемый материал. При этом учитывают износ, прибавляя припуск на обработку.

*Разметку по месту* чаще применяют при сборке больших деталей. Одну деталь размечают по другой в таком положении, в каком они должны быть соединены.

*Разметка карандашом* производится по линейке на заготовках из алюминия и дюралюминия. Размечать последние с помощью чертилки не разрешается, так как при нанесении рисок разрушается защитный слой и создаются условия для появления коррозии.

*Точную разметку* выполняют по тем же правилам, что и обычную, но применяют более точные измерительные и разметочные инструменты. Поверхности размечаемых заготовок тщательно очищают и покрывают тонким слоем раствора медного купороса. Мел применять для окраски не рекомендуется, так как он быстро стирается, прилипает к рукам и загрязняет инструмент.

При нанесении рисок пользуются штангенрейсмасом с точностью 0,05 мм, а установку и выверку заготовок производят по индикатору. Более точную установку можно выполнить, применяя плоскопараллельные меры длины (плитки) и закрепляя их в специальных державках. Риски проводят неглубокие, а накернивание производят острозаточенным кернером с тремя ножками, расположенными под углом  $90^\circ$  друг к другу.

Разметка должна точно соответствовать размерам, указанным на чертеже; разметочные риски должны быть хорошо видны, не стираться в процессе обработки заготовки, не ухудшать внешний вид и не снижать качество детали, т.е. глубина рисок и керновых углублений должна соответствовать техническим требованиям.

**Дефекты.** Наиболее частыми дефектами при разметке являются следующие: несоответствие размеров размеченной заготовки данным чертежа вследствие невнимательности разметчика или неточности разметочного инструмента; неточность установки рейсмаса на нужный размер, причиной этого является невнимательность или неопытность разметчика, грязная поверхность плиты или заготовки; небрежная, неправильная установка заготовки на плите в результате неточной выверки плиты.

**Безопасность** труда. При разметочных работах необходимо соблюдать следующие правила безопасности: установку заготовок на плиту и снятие их с плиты необходимо выполнять только в рукавицах; заготовки и приспособления надежно устанавливаются не на краю плиты, а ближе к середине; перед установкой заготовок проверить плиту на устойчивость; во время работы на свободные (неиспользуемые) острозаточенные концы чертилок обязательно надевать предохранительные пробки или специальные колпачки; используемый для окрашивания медный купорос наносить только кисточкой, соблюдая меры предосторожности, так как он ядовит; следить за тем, чтобы проходы вокруг разметочной плиты были всегда свободными; проверять надежность крепления молотка на рукоятке; удалять пыль и окалину с разметочной плиты только щеткой, а с крупных плит – метлой; промасленную ветошь и бумагу складывать только в специальные металлические ящики с плотно закрывающейся крышкой.

## 5. Правка и рихтовка металла

### 5.1. Общие понятия

Правка и рихтовка представляют собой операции по выправке металла, заготовок и деталей, имеющих вмятины, выпучины, волнистость, коробление, искривления и др. Правка и рихтовка имеют одно и то же назначение, но отличаются приемами выполнения и применяемыми инструментами и приспособлениями.

Листовой материал и заготовки из него могут быть покороблены по краям и в середине, иметь изгибы и местные неровности в виде вмятин и выпучин различных форм. При рассмотрении деформированных заготовок можно заметить, что вогнутая сторона их короче выпуклой. Материал на выпуклой стороне растянут, а на вогнутой сжат.

Металл подвергается правке как в холодном, так и в нагретом состоянии. Выбор способа зависит от прогиба, размеров и материала изделия. Правка может выполняться ручным способом (на стальной или чугунной плите, либо на наковальне) и машинным (на правильных вальцах, прессах). Правильную плиту (рис. 61, а) изготавливают достаточно массивной, масса ее не менее чем в 80 – 150 раз больше массы молотка. Правильные плиты изготавливаются из стали, либо серого чугуна монолитными или с ребрами жесткости.

Плиты бывают следующих размеров, мм: 400 X 400; 750 X 1000; 1000 X 1500; 1500 X 2000; 2000 X 2000; 1500 X 3000. Рабочая поверхность плиты должна быть ровной и чистой. Устанавливают плиты на металлические или деревянные подставки, обеспечивающие кроме устойчивости и горизонтальность положения.

Рихтовальные бабки (рис. 61, б) используют для правки (рихтовки) закаленных деталей; изготавливают их из стали и закаливают. Рабочая часть поверхности может быть цилиндрической или сферической с различным радиусом 150 – 200мм.

Для правки применяют молотки с круглым гладким полированным бойком (рис. 62, а). Молотки с квадратным бойком оставляют следы в виде забоин (квадратов, углов). Молотки со вставными бойками из мягких металлов применяют при правке деталей с окончательно обработанной поверхностью и деталей или заготовок из цветных металлов и сплавов. Вставные бойки могут быть медными, свинцовыми или деревянными.

Для правки закаленных деталей применяют молотки с радиусным бойком (рис. 62, б); корпус молотка выполняют из стали У10; масса молотка равна 400 – 500 г. Хорошо зарекомендовали себя рихтовальные молотки, оснащенные пластинками из твердого става ВК6. Корпус молотка выполняют из стали У7 или У8, а в рабочие концы вставляют пластинки из твердого сплава ВК8 или ВК6. Рабочую часть бойка затачивают и доводят по радиусу до 0,05 – 0,1 мм.

Гладилки (деревянные или металлические бруски) применяют при правке тонкого листового и полосового металла.

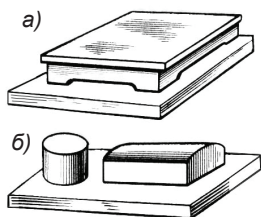


Рис. 61. Правильная плита (а) и рихтовальные бабки (б)

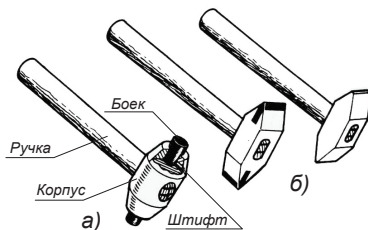


Рис. 62. Рихтовальные молотки с круглым гладким полированным бойком (а) и с радиусными бойками (б)

## 5.2. Правка металла

Кривизну деталей проверяют на глаз (рис. 63, а) или по зазору между плитой и уложенной на нее деталью. Края изогнутых мест отмечают мелом.

При правке важно правильно выбирать места, по которым следует наносить удары. Сила ударов должна быть соразмерна с кривизной и постепенно уменьшаться по мере перехода от наибольшего изгиба к наименьшему. Правка считается законченной, когда все неровности исчезнут и деталь станет прямой, что можно определить наложением линейки. Правку выполняют на наковальне, правильной плите (рис 61, а) или надежных подкладках, исключающих возможность соскальзывания с них детали при ударе.

Для предохранения рук от ударов и вибраций при правке металла необходимо надевать рукавицы, прочно держать детали, заготовки на плите или наковальне.

**Правка полосового металла** осуществляется в следующем порядке. На выпуклой стороне мелом отмечают границы изгибов, после чего левой рукой,



предварительно надев на нее рукавицу, берут полосу, а правой - молоток и принимают рабочее положение (рис. 63, б).

Полосу располагают на правильной плите так, чтобы она лежала выпуклостью вверх, соприкасаясь с плитой в двух точках. Удары наносят по выпуклым частям, регулируя их силу в зависимости от толщины полосы и величины кривизны: чем больше искривление и толще полоса, тем сильнее должны быть удары. По мере выправления полосы силу ударов ослабляют и чаще переворачивают полосу с одной стороны на другую до полного выправления. При нескольких выпуклостях сначала выправляют ближайшие к концам, а затем расположенные в середине.

Результаты правки (прямолинейность заготовки) проверяют на глаз (рис. 63, а), а более точно - на разметочной плите по просвету или наложением линейки на полосу.

**Правка прутка.** После проверки на глаз на выпуклой стороне прутка мелом отмечают границы изгибов. Затем пруток укладывают на плиту или наковальню выпуклостью вверх (рис. 64). Удары молотком наносят по выпуклой части от краев изгиба к середине, регулируя силу ударов в зависимости от диаметра прутка и величины изгиба.

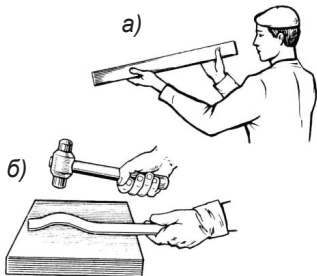


Рис. 63. Проверка кривизны (а) и правка (б) полосового металла.

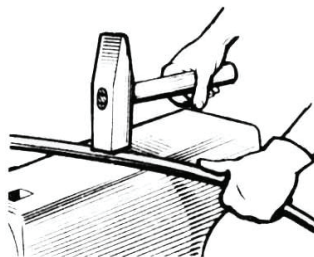


Рис. 64. Правка прутка

По мере выправления изгиба силу ударов уменьшают и, поворачивая пруток вокруг его оси, заканчивают правку легкими ударами. Если пруток имеет несколько изгибов, сначала правят ближайшие к концам, а затем расположенные в середине.

**Правка листового металла** более сложна, чем предыдущие операции. Листовой материал и вырезанные из него заготовки могут иметь поверхность волнистую или с выпучинами. На заготовке, имеющей волнистость по краям

(рис. 65, а), предварительно обводят мелом или мягким графитовым карандашом волнистые участки. После этого заготовку кладут на плиту так, чтобы ее края не свисали, а лежали полностью на опорной поверхности. Прижимая заготовку рукой, начинают правку. Чтобы растянуть середину заготовки, удары молотком наносят от середины к краю так, как указано зачерненными кружками на рис. 65, б. Кружки меньших диаметров соответствуют ударам меньшей силы, и наоборот, т.е. более сильные удары наносят в середине и уменьшают их силу по мере приближения к краю заготовки. Во избежание образования трещин и наклепа материала нельзя наносить повторные удары по одному и тому же месту.

При правке заготовок из тонкого листового материала удары наносят несильные, так как при неправильном ударе боковые грани молотка могут или пробить листовую заготовку, или вызвать вытяжку металла.

При правке заготовок с выпучинами выявляют покоробленные участки, устанавливая, где больше выпучен металл (см. рис. 65, в). Выпуклые участки обводят мелом или мягким графитовым карандашом, затем заготовку кладут на плиту выпуклыми участками вверх так, чтобы края ее не свешивались, а лежали полностью на опорной поверхности плиты. Правку начинают с ближайшего к выпучине края, по которому наносят один ряд ударов молотком в пределах указанных зачерненными кружками (рис. 65, г). Затем наносят удары по второму краю. После этого по первому краю наносят второй ряд ударов и переходят опять ко второму краю и так до тех пор, пока постепенно не приблизятся к выпучине. Удары молотком наносят часто, но не сильно, особенно перед окончанием правки. После каждого удара учитывают воздействие его на заготовку - непосредственно в месте нанесения и вокруг него. Не допускается нанесение нескольких ударов по одному и тому же месту, так как это может привести к образованию нового выпуклого участка.

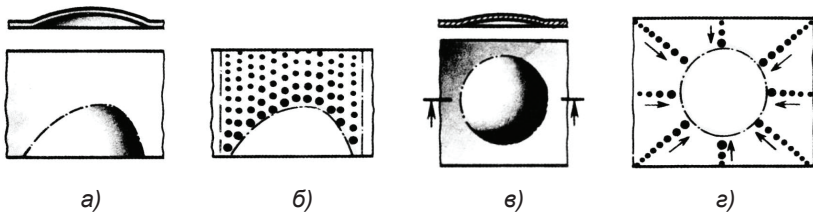


Рис. 65. Изогнутые заготовки из листового материала (а, в) и схемы их правки (б, г)

Под ударами молотка материал вокруг выпуклого места вытягивается и постепенно выравнивается. Если на поверхности заготовки на небольшом

расстоянии друг от друга имеется несколько выпучин, ударами молотка у краев отдельных выпучин заставляют последние соединиться в одну, которую потом правят ударами вокруг ее границ, как указано выше.

Тонкие листы правят легкими деревянными молотками – киянками (рис. 66, а), медными, латунными или свинцовыми молотками, а очень тонкие листы кладут на ровную плиту и выглаживают металлическими или деревянными брусками (рис. 66, б),

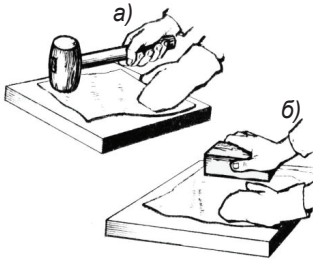


Рис. 66. Правка тонких листов:  
а) деревянным молотком, б) деревянным или металлическим бруском

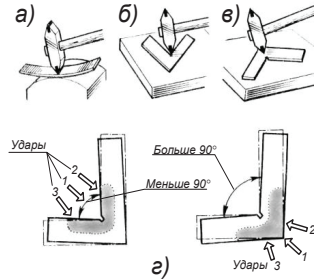


Рис. 67. Рихтовка деталей: а) на рихтовальной бабке, б), в) угольника по внутреннему и наружному углу, г) места нанесения ударов

**Правка (рихтовка) закаленных деталей.** После закалки стальные детали коробятся. Правка искривленных после закалки деталей называется рихтовкой. Точность рихтовки может составлять 0,01 – 0,05 мм.

В зависимости от характера рихтовки применяют молотки с закаленным бойком или специальные рихтовальные молотки с закругленной стороной бойка. Деталь при этом лучше располагать не на плоской плите, а на рихтовальной бабке (рис. 67, а). Удары наносят не по выпуклой, а по вогнутой стороне детали.

Изделия толщиной не менее 5 мм, если они закалены не насквозь, а только на глубину 1 – 2 мм, имеют вязкую сердцевину, поэтому рихтуются сравнительно легко; их нужно рихтовать, нанося удары по выпуклым местам.

Правка закаленного угольника, у которого после закалки изменился угол между полками, показана на рис. 67, б, г. Если угол стал меньше 90°, то удары молотком наносят у вершины внутреннего угла (рис. 67, б, г, слева), если угол стал больше 90°, удары наносят у вершины наружного угла (рис. 67, в, г, справа).

В случае коробления изделия по плоскости и по узкому ребру рихтовку выполняют отдельно сначала по плоскости, а потом по ребру.

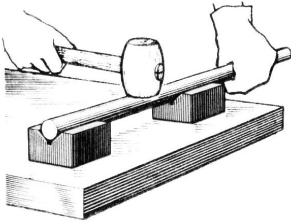


Рис. 68. Правка коротких валов и прутков на призме

Правку короткого пруткового материала выполняют на призмах (рис. 68), правильных плитах или простых подкладках, нанося молотком удары по выпуклым местам и искривлениям. Устранив выпуклости, добиваются прямолинейности, нанося легкие удары по всей длине прутка и поворачивая его левой рукой. Прямолинейность проверяется на глаз или по просвету между плитой и прутком.

Сильно пружинящие, а так же очень толстые заготовки правят на двух призмах, нанося удары через мягкую прокладку во избежание забоин на заготовке. Если усилия, развиваемые молотком, недостаточны для правки, применяют ручные и механические прессы.

Правка валов (диаметром до 30 мм) на ручных прессах (рис. 69, а) выполняются так. Вал 2 укладывается на призмы 4 и 5, а нажим осуществляют винтом 3. Прогиб определяют здесь же в центрах 1 с помощью индикатора 6 (рис. 69, б).

Для устранения остаточных напряжений ответственные валы медленно нагревают в течение 30 – 60 мин до 400 – 500°С, а потом медленно охлаждают.

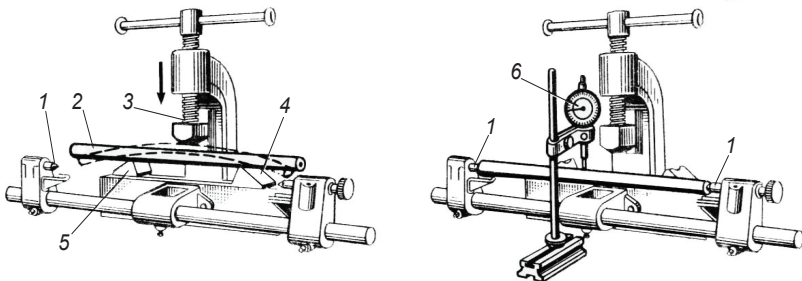


Рис.69. Правка вала на ручном прессе (а) и проверка изгиба индикатором (б)

**Правку наклепом производят** после укладки изогнутого вала на ровную плиту выпуклостью вниз, нанося небольшим молотком частые и легкие удары по поверхности вала (рис. 70, а). После возникновения на поверхности

наклепанного слоя (рис. 70, б) просвет между валом и плитой исчезает, правку прекращают.

**Правка методом подогрева (безударная).** Профильный металл (таврового и двутаврового сечений, уголки, швеллеры), пустотелые валы, толстую листовую сталь ( $\geq 10$  мм), поковки правят с нагревом изогнутого места (выпуклости) паяльной лампой или сварочной горелкой до вишнево-красного цвета, окружающие выпуклость слои металла охлаждают сырым асбестом или мокрой ветошью (рис. 71). Поскольку нагретый металл более пластичен, при охлаждении струей сжатого воздуха он сжимается и выпрямляется.

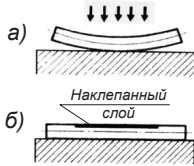


Рис. 70. Схема правки искривленного вала наклепом (а) и наклепанный слой (б)

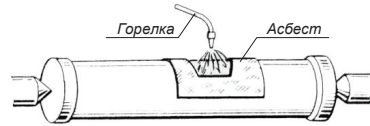


Рис. 71. Правка трубы газопламенным способом

### 5.3. Оборудование для правки

Ручная правка является малопроизводительной операцией и ее применяют при небольших партиях деталей. В основном на предприятиях применяют машинную правку, осуществляемую на правильных вальцах, прессах и специальных приспособлениях.

**Гибочные вальцы** бывают ручными и приводными. На ручных и приводных трехвалковых гибочных вальцах правят заготовки прямые и изогнутые по радиусу, имеющие на поверхности выпучины и вмятины. Заготовки из листа толщиной до 3 мм правят обычно на ручных трехвалковых гибочных вальцах, а толщиной до 4 мм - на приводных.

Листогибочная трехвалковая машина (рис. 72, а) имеет расположенные один над другим валки 3 и 2 (рис. 72, б), которые могут в зависимости от толщины заготовки удаляться друг от друга или сближаться. Также может быть опущен или поднят расположенный сзади третий валок 1. Заготовку (лист или полосу) 4 устанавливают между двумя передними валками и, вращая рукоятку по часовой стрелке, пропускают между валками. Для полного устранения выпучин и вмятин заготовки пропускают между валками несколько раз.

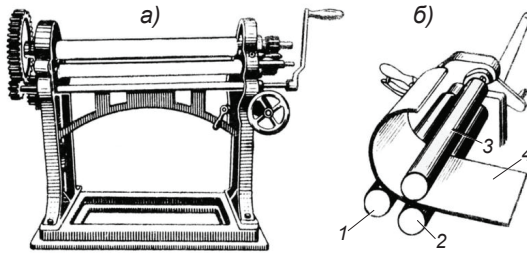


Рис. 72. Листогибочная трехвальная машина (а) и схема правки (б)

Правка валов и угловой стали на винтовых прессах применяется в тех случаях, когда правка молотком не обеспечивает должного результата. Один рабочий устанавливает, удерживает и контролирует выправляемую заготовку, а второй вращает маховик. Вал или трубу (рис. 73, а) располагают на призмах таким образом, чтобы изогнутая часть была обращена вверх, а пруток (труба) плотно лежал в угловых выемках призмы. При этом призматический наконечник пресса должен находиться на месте наибольшей кривизны. Для предупреждения вмятин между наконечником и валом помещают мягкие прокладки. Вращением маховика наконечник винта плавно подводят и нажимают им на вал (трубу) до тех пор, пока не осуществится правка, что определяют по просвету на поверочной плите.

Некоторые особенности имеет правка угловой стали. Деформированный уголок устанавливают в призме на столе пресса (рис. 73, б), между полками уголка укладывают закаленный стальной валик. При нажиме винтом пресса валик придает уголку соответствующую форму.

Большие листы, полосы и ленты с выпучинами и волнистостью правят на листопрямильных станках, горизонтальных правильно-растяжных машинах и пневматических молотах.

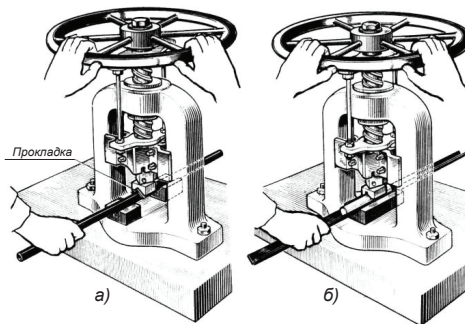


Рис. 73. Правка на винтовом прессе трубы (а) и углового проката (б)

#### 5.4. Особенности правки сварных изделий

Сварные изделия, имеющие коробления, остаточные внутренние напряжения, подвергают правке.

Холодную правку (рихтовку) сварных соединений с небольшими короблениями выполняют вручную с помощью деревянных («мягких») и стальных молотков на плитах, наковальнях, оправках или пневматических молотах. Сварные соединения со значительными короблениями правят или на ручных прессах, используя различные оправки, колодки, или на специальных приспособлениях.

Холодную правку сварных соединений выполняют особенно осторожно. Участок сварного изделия, имеющий коробление или поводку, подвергают воздействию ударов молотком. В целях предупреждения возможных рисков и засечек, возникающих от ударов молотком и ухудшающих поверхность изделия, применяют молотки и оправки с гладкой рабочей поверхностью.

Правила нанесения ударов молотком при холодной правке сварных изделий те же, что и при правке полосового материала.

**Безопасность труда.** При правке и рихтовке металлов необходимо выполнять следующие требования безопасности: работать только исправным инструментом (правильно насаженные молотки, отсутствие трещин на рукоятках и отколов на молотках); для предохранения рук от ударов и вибраций металла работать в рукавицах; заготовку на плите или наковальне удерживать прочно.

## 6. Гибка металла

### 6.1. Общие понятия

Гибка это способ обработки металла давлением, при котором заготовке или ее части придается изогнутая форма. Слесарная гибка выполняется молотками (лучше с мягкими бойками) в тисках, на плите или с помощью специальных приспособлений. Тонкий листовой металл гнут киянками, изделия из проволоки диаметром до 3 мм — плоскогубцами или круглогубцами. Гибке подвергают только пластичный материал.

Изготовление деталей гибкой возможно как вручную на опорном инструменте и оправках, так и на гибочных машинах (прессах).

Сущность гибки заключается в том, что одна часть заготовки перегибается по отношению к другой на заданный угол. Происходит это следующим образом: на заготовку, свободно лежащую на двух опорах, действует изгибающая сила, которая вызывает в заготовке изгибающие напряжения. При гибке необходимо добиться, чтобы заготовка после снятия нагрузки сохранила приданную ей форму, поэтому напряжения изгиба должны превышать предел упругости. Деформация заготовки в данном случае будет пластической, при этом внутренние слои заготовки сжимаются и укорачиваются, а наружные растягиваются и удлиняются (рис. 74). В то же время средний слой заготовки – нейтральная линия не испытывает ни сжатия, ни растяжения; его длина до и после изгиба остается постоянной. Поэтому определение размеров заготовок профилей сводится к подсчету длины прямых участков (полок), длины укорачивания заготовки в пределах закругления или длины нейтральной линии в пределах закругления.

При гибке деталей под прямым углом без закруглений с внутренней стороны припуск на загиб берется от 0,5 до 0,8 толщины материала, складывая длину внутренних сторон угольника или скобы, получаем длину развертки заготовки детали.

**Пример 1.** На рис 75, а, б показаны соответственно угольник и скоба с прямыми внутренними углами.

Размеры угольника:  $a = 30$  мм;  $b = 70$  мм;  $t = 6$  мм. Длина развертки заготовки

$$L = a + b + 0,5t = 30 + 70 + 3 = 103 \text{ мм.}$$

Размеры скобы:  $a = 70$  мм;  $b = 80$  мм;  $c = 60$  мм;  $t = 4$  мм. Длина развертки заготовки

$$L = a + b + c + 0,5t = 70 + 80 + 60 + 2 = 212 \text{ мм.}$$

**Пример 2.** Подсчитать длину развертки заготовки угольника с внутренним закруглением (рис. 76, а).



Разбиваем угольник по чертежу на участки. Подставив их числовые значения:  $a = 50$  мм;  $b = 30$  мм;  $t = 6$  мм;  $r = 4$  мм) в формулу

$$L = a + b + \pi/2 (r + t/2),$$

Получим:  $L = 50 + 30 + 3,14/2 \cdot (4 + 6/2) = 91$  мм

**Пример 3.** Подсчитать длину заготовки скобы с закруглением (рис. 76, б).

Разбиваем скобу на участки, как показано на чертеже. Подставив их числовые значения ( $a = 80$  мм;  $h = 65$  мм;  $c = 120$  мм;  $t = 5$  мм;  $r = 2,5$  мм) в формулу  $L = a + h + c + \pi(r + t/2)$ , получим  $L = 280,75$  мм.

**Пример 4.** Подсчитать длину заготовки из стальной полосы толщиной 4 мм и шириной 12 мм для замкнутого кольца с наружным диаметром 120 мм (рис. 76, в)

Сгибая в окружность эту полосу, получим цилиндрическое кольцо, причем внешняя часть металла несколько вытянется, а внутренняя сожмется. Следовательно, длине заготовки будет соответствовать длина средней линии окружности, проходящая посередине между внешней и внутренней окружностями кольца.

Длина заготовки  $L = \pi D$ . Зная диаметр средней окружности кольца (108 мм) и подставляя его числовое значение в формулу, находим длину заготовки:  $L = 3,14 \cdot 108 = 339,12$  мм.

В результате предварительных расчетов можно изготовить деталь установленных размеров.

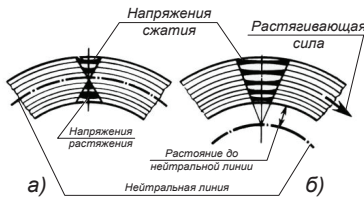


Рис.74. Напряжения в заготовке при изгибе (а) и изгибе с растяжением (б)

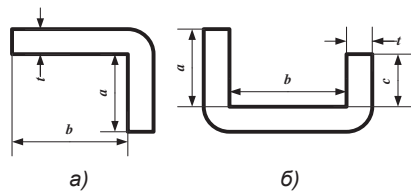


Рис.75. Схема для определения длины заготовки с прямыми внутренними углами: а) угольника, б) скобы

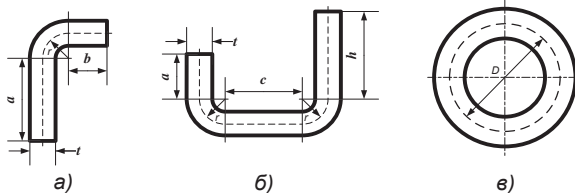


Рис.76. Схема для определения длины заготовок с внутренними закруглениями: а) угольника, б) скобы, в) кольца

В процессе гибки в металле возникают значительные напряжения и деформации. Они особенно ощутимы, когда радиус гибки мал.

## 6.2. Гибка деталей из листового и полосового металла

Гибку прямоугольной скобы из полосовой стали выполняют в следующем порядке:

1. определяют длину развертки заготовки (рис. 77, а), складывая длину сторон скобы с припуском на один изгиб, равным 0,5 толщины полосы, т.е.

$$L = 17,5 + 1 + 15 + 1 + 20 + 1 + 15 + 1 + 17,5 = 89 \text{ мм};$$

2. отмечают длину с дополнительным припуском на обработку торцов по 1 мм на сторону и зубилом отрубают заготовку;

3. выправляют вырубленную заготовку на плите; опиливают в размер по чертежу; наносят риски загиба; зажимают заготовку 1 (рис. 77, б) в тисках между угольниками-нагубниками 2 на уровне риски и ударами молотком загибают конец 3 (первый загиб);

4. переставляют заготовку в тисках, зажимая ее между угольником 4 и бруском-оправкой, более длинным, чем конец скобы (рис. 77, в)

5. загибают второй конец 5 (рис. 77, в), осуществляя второй загиб; снимают заготовку и вынимают брусок - оправку 6;

6. размечают длину лапок на загнутых концах;

7. надевают на тиски второй угольник 9 (рис. 77, г) и, вложив внутрь скобы тот же брусок-оправку 6, но в другом его положении, зажимают скобу в тисках на уровне рисок;

8. отгибают первую и вторую лапки 7, делают четвертый и пятый загибы первой и второй лапок;

9. проверяют и выправляют по угольнику четвертый и пятый загибы; снимают заусенцы на ребрах скобы и опиливают концы лапок в размер.

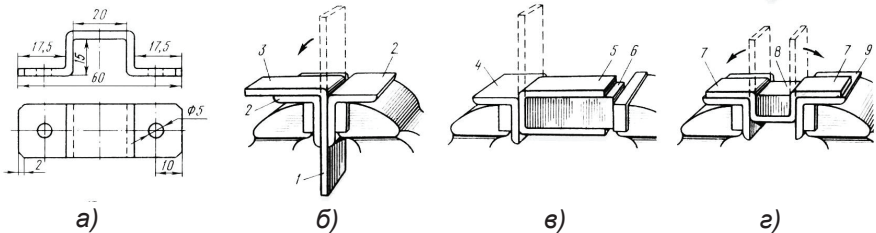


Рис. 77. Гибка прямоугольной скобы: а) чертеж для определения длины скобы, б, в) гибка одного и другого конца скобы, г) формирование скобы; 1 - заготовка, 2 - нагубники, 3, 5 - концы скобы, 4, 9 - нагубники, 6, 8 - большой и малый бруски оправки, 7 - лапки

**Гибка двойного угольника** в тисках (рис. 78) производится после разметки, вырубki заготовки, правки на плите и опилования по ширине в заданный размер. Подготовленную таким образом заготовку 1 зажимают в тисках 3 между угольниками - нагубниками 2 и загибают первую полку угольника, а затем заменяют один нагубник бруском-подкладкой 4 и загибают вторую полку угольника. По окончании гибки концы угольника опиляют напильником в размер и снимают заусенцы с острых ребер

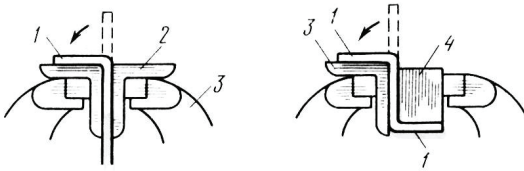


Рис. 78. Гибка двойного угольника

**Гибка хомутика** (рис. 79, а) После расчета длины заготовки и ее разметки в местах изгиба зажимают в тисках оправку 1 в вертикальном положении. Диаметр оправки должен быть равным диаметру отверстия хомутика 2. С помощью двух плоскогубцев 3 по разметочным рискам изгибают хомутик по оправке (работают вдвоем — один держит плоскогубцы, а второй наносит удары). Окончательное формирование хомутика выполняют по той же оправке металлическим молотком (рис. 79, б), а затем на правильной плите (рис. 79, в).

Во избежание вмятин и забоин от ударов между молотком и деталью прокладывают кусок железной полосы.

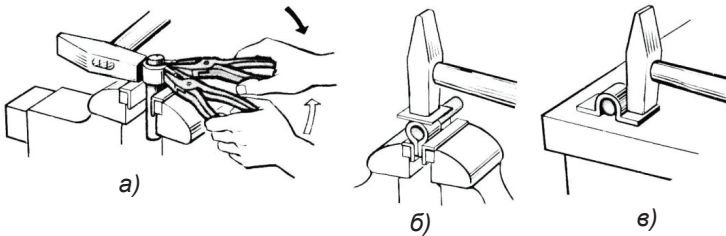


Рис. 79. Гибка хомутика: а - изгибание плоскогубцами на оправке, б, в - формирование; 1 - оправка, 2 - хомутик, 3 - плоскогубцы, 4 - нагубники, 5 - мягкая подкладка

**Гибка ушка круглогубцами.** Ушко со стержнем из тонкой проволоки изготовляют с помощью круглогубцев. Длина заготовки должна быть 10...15 мм больше, чем требуется по чертежу. Удерживая заготовку за один конец, второй

изгибают, постепенно переставляя круглогубцы в местах изгиба. После того как ушко будет загнуто в соответствии с заданными размерами, ему придают нужную форму с помощью плоскогубцев. После этого лишний конец стержня удаляют кусачками.

**Гибка втулки.** Последовательность переходов при гибке цилиндрической втулки. Из полосовой стали на круглых оправках изогнуть цилиндрическую втулку. Сначала определяют длину заготовки. Если наружный диаметр втулки (рис. 80, а) равен 20 мм, а внутренний – 16 мм, то средний диаметр будет равен 18 мм. Тогда общую длину заготовки определяют по формуле  $L = 3,14 \times 18 = 56,5$  мм.

Затем заготовку с оправкой зажимают в тисках так, чтобы изгибаемая часть была выше уровня губок тисков, и через мягкие прокладки наносят по выступавшей части удары молотком, загибая конец полосы на оправке так, чтобы полоса плотно прилегала к ее поверхности (рис. 80, б). Затем заготовку с оправкой переставляют обратной стороной (рис. 80, в) и ударами молотком загибают второй конец по оправке до плотного прилегания к оправке обеих плоскостей в стыке (рис. 80, г). После освобождения заготовки качество гибки проверяют измерительной линейкой.

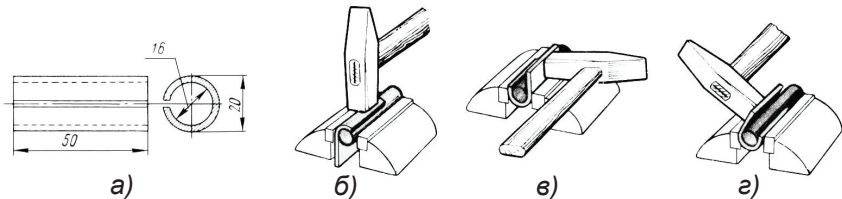


Рис. 80. Гибка втулки в круглой оправке: а) чертеж втулки; б, в, г) последовательность операций гибки

### 6.3. Гибка труб

Трубы изгибают по дуге различного радиуса или другой кривой под различными углами и в различных плоскостях. Гнутые трубы широко применяют для изготовления бензиновых, масляных, воздушных трубопроводов в автомобилях, тракторах, самолетах, металлорежущих банках и других машинах.

Трубы гнут ручным и механизированным способами, в горячем и холодном состоянии, с наполнителями и без них. Способ гибки зависит от диаметра и материала трубы, значения угла изгиба.

**Гибка труб в горячем состоянии** применяется при диаметре более 100 мм. При горячей гибке с наполнителем трубу отжигают, размечают, а затем один конец закрывают деревянной или металлической пробкой.

Для предупреждения смятия, выпучивания и появления трещин при гибке трубу наполняют мелким сухим песком, просеянным через сито с ячейками около 2 мм, так как наличие в песке крупных камешков может привести к продавливанию стенки трубы, а слишком мелкий песок для гибки труб непригоден, так как при высокой температуре спекается и пригорает к стенкам трубы. Трубу наполняют песком через воронку, а уплотняют песок, обстукивая трубу молотком; удары наносят снизу вверх, одновременно поворачивая трубу до тех пор, пока при ударе не будет слышен глухой звук. После заполнения песком второй конец трубы забивают деревянной пробкой, у которой должны быть отверстия или канавки для выхода газов, образующихся при нагреве (рис. 81, а). Диаметры пробок (заглушек) зависят от внутреннего диаметра трубы. Для труб малых диаметров заглушки делают из глины, резины или твердой древесины; выполняют их в виде конусной пробки длиной, равной 1,5–2 диаметрам трубы, с конусностью 1:10. Для труб больших диаметров заглушки изготовляют из металла. Желательно, чтобы забиваемые в концы труб пробки несколько выступали из них, что облегчает удаление пробок.

Для каждой трубы в зависимости от ее диаметра и материала должен быть установлен минимально допустимый радиус гибки. При гибке труб этот радиус должен быть не меньше трех диаметров трубы, а длина нагреваемой части зависит от угла изгиба и диаметра трубы. Если трубу изгибают под углом  $90^\circ$ , то нагревают участок, равный шести диаметрам трубы, если под углом  $60^\circ$ , то равный четырем диаметрам, если под углом  $45^\circ$  - трем диаметрам и т.д.

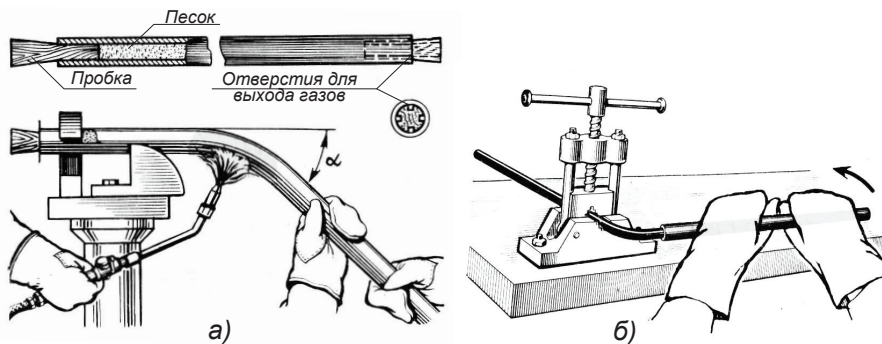


Рис. 81. Гибка трубы в горячем состоянии: а) по шаблону, б) в трубном прижиме

Длина  $L$  (мм) нагреваемого участка трубы определяется по формуле  $L = ad/15$ , где  $a$  — угол изгиба трубы, град;  $d$  — наружный диаметр трубы, мм; 15 – постоянный коэффициент (90 : 6 = 15; 60 : 4 = 15; 45 : 3 = 15).

Участок изгиба на трубе размечают мелом. Выполняется эта операция по заранее заготовленным шаблонам. В процессе гибки трубу проверяют по месту монтажа или по изготовленному из проволоки шаблону.

При гибке труб в горячем состоянии работают в рукавицах. Трубы нагревают паяльными лампами или пламенем газовых горелок до вишнево-красного цвета. В случае перегрева трубу до гибки охлаждают. Трубы рекомендуется гнуть с одного нагрева, так как повторный нагрев ухудшает качество металла. При нагреве обращают особое внимание на прогрев песка. Нельзя попускать излишнего перегрева отдельных участков.

По окончании гибки выколачивают или выжигают пробки и высыпают песок. Плохое, неплотное заполнение трубы, недостаточный или неравномерный прогрев перед гибкой приводят к образованию складок или разрыву. Изгиб проверяют шаблоном.

При гибке в трубном прижиме в горячем состоянии стальную трубу вставляют в трубный прижим между угловой выемкой основания и сухарем с уступами, и вращением рукоятки зажимают. При гибке сварных труб шов располагают снаружи, а не внутри изгиба, иначе труба может разойтись по шву. На конец изгибаемой трубы надевают отрезок трубы большего диаметра так, чтобы конец немного не доходил до места изгиба, затем обхватывают трубу двумя руками и с большим усилием отводят ее в направлении изгиба (рис. 81, б).

**Гибка труб в холодном состоянии** выполняется с помощью различных приспособлений. Простейшим приспособлением для гибки труб диаметром 10 – 15 мм является плита с отверстиями, в которой в соответствующих местах устанавливают штыри (рис. 82, а), служащие упорами при гибке.

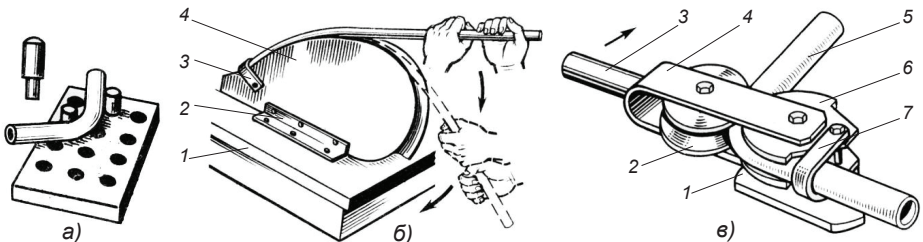


Рис. 82. Гибка трубы в холодном состоянии: а) на штырях, б) на неподвижной оправке, в) в специальном приспособлении

Трубы небольших диаметров (до 40 мм) с большими радиусами кривизны гнут в холодном состоянии, применяя простые ручные приспособления с неподвижной оправкой (рис. 82, б). Гибочная оправка 4 крепится к верстаку 1 с двух сторон скобками 2. Трубу вставляют между гибочной оправкой и хомутиком 3 и руками изгибают по желобообразному углублению гибочной оправки.

Трубы диаметром до 20мм изгибают в приспособлении (рис. 82, в), которое крепится к верстаку с помощью ступицы и плиты 1. На одной оси ступицы и плиты находится неподвижный ролик-шаблон 6 с хомутиком 7. Подвижный ролик 2 закреплен в скобе 4 с рукояткой 3. Трубу 5 для изгиба вставляют между роликами так, чтобы конец ее вошел в хомутик 7. Затем рукояткой 3 поворачивают скобу 4 с подвижным роликом 2 вокруг неподвижного ролика- шаблона 6 до тех пор, пока труба не изогнется на требуемый угол.

**Гибка медных и латунных труб.** Подлежащие гибке в холодном состоянии медные или латунные трубы заполняют расплавленной канифолью, расплавленным стеарином (парафином) или свинцом в расплавленном состоянии. Порядок гибки аналогичен описанному ранее. Канифоль после гибки выплавляют, начиная с концов трубы, так как нагрев середины наполненной канифолью трубы приводит к разрыву последней

Медные трубы, подлежащие гибке в холодном состоянии, отжигают при 600 – 700 °С и охлаждают в печи. Наполнитель при гибке медных труб в холодном состоянии — канифоль, а в нагретом — песок.

Латунные трубы, подлежащие гибке в холодном состоянии, предварительно отжигают при 600 – 700 °С и охлаждают на воздухе. Наполнители те же, что и при гибке медных труб.

**Дефекты.** При гибке металла дефектами чаще всего являются косые загибы и механические повреждения обработанной поверхности как результат неправильной разметки или закрепления деталей в тисках выше или ниже разметочной линии, а также неправильного нанесения ударов. Правильно изогнутыми считаются трубы, не имеющие вмятин, выпучин и складок.

При гибке труб необходимо соблюдать следующие условия:

– тщательно следить за равномерностью вытягивания внешней стенки и посадки внутренней стенки трубы; учитывать, что вытягивание внешней стенки трубы происходит легче, чем посадка внутренней стенки;

– трубу гнут плавно, без рывков; появившиеся складки правят молотком; для предупреждения складок трубу сначала гнут несколько больше, чем следует по шаблону, а затем отгибают в соответствии с шаблоном;

– во избежание разрыва нельзя гнуть трубу и выправлять складки, если труба охладилась до светло-вишневого цвета (800 °С), поэтому трубы больших диаметров гнут с многократным нагревом;

– после проверки трубы шаблоном удаляют пробки, высыпают песок и обрезают концы по шаблону, затем очищают и промывают трубу внутри.

**Безопасность труда.** При гибке необходимо выполнять следующие требования безопасности: заготовку закреплять в тисках или других приспособлениях прочно; работать только на исправном оборудовании; перед началом работы на гибочных станках ознакомиться с инструкцией; работу выполнять осторожно, чтобы не повредить пальцы рук; работать в рукавицах и застегнутых халатах.

## Литература

1. Ремонт ЛА и АД. Пособие по проведению слесарно-механической практики. Зенушкин В.Н., Макин Ю.Н., Груздков С.К. – М.: МГТУ ГА, 2004.
2. Макиенко Н.И. Общий курс слесарного дела. – М.: Высшая школа. 1980.
3. Скакун В.А.. Производственное обучение общеслесарным работам. – М.: Высшая школа. 1989.
4. Сергеев М.А.. Справочник слесаря. – Л.: Лениздат. 1965.
5. Баранов Д.А., Самойленко В.М.. Производство и ремонт летательных аппаратов и двигателей. Часть 1. Производство авиационной техники: учебное пособие – М.: ИД Академии Жуковского, 2018.