

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

А.А. Хайдарова

**СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.
ЭТАПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ**

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2013

УДК 621.791.03(075.8)
ББК 34.441я73
Х15

Хайдарова А.А.

Х15 Сборочно-сварочные приспособления. Этапы конструирования: учебное пособие / А.А. Хайдарова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 132 с.

В пособии приводятся основные этапы конструирования сборочно-сварочных приспособлений. Дается классификация видов приспособлений, используемых в сборочно-сварочном производстве. Рассматриваются схемы базирования сборочных элементов конструкций, виды размерных цепей для свариваемых изделий и методы их расчета. Приводятся методы расчета необходимых усилий закрепления деталей в зависимости от деформаций сварных конструкций и расчет элементов зажимных устройств.

Предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение», и студентов Института дистанционного образования, обучающихся по специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства».

УДК 621.791.03(075.8)
ББК 34.441я73

Рецензенты

Доктор технических наук
директор АНО «НИИ интроскопии»
О.А. Сидуленко

Кандидат технических наук
директор ООО «ГАЦ ЗСР НАКС»
Б.Ф. Советченко

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013
© Хайдарова А.А., 2013
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. НАЗНАЧЕНИЕ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	6
1.1. Функциональное назначение	6
1.2. Классификация сборочно-сварочных приспособлений	8
1.3. Требования, предъявляемые к приспособлениям	11
1.4. Технологический процесс изготовления изделия в приспособлении	13
2. ПОЛОЖЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ	16
2.1. Базирование	16
2.2. Фиксирующие элементы сборочно-сварочных приспособлений	22
2.2.1. Фиксирование по плоским поверхностям	22
2.2.2. Фиксирование по цилиндрическим поверхностям	24
2.2.3. Фиксирование по нескольким поверхностям	27
2.3. Точность сварных конструкций	31
2.3.1. Погрешность изготовления сварных конструкций	31
2.3.2. Размеры и отклонения	33
2.3.3. Размерные цепи сварных конструкций	34
2.3.4. Задачи и методы расчета размерных цепей	38
2.3.5. Сборочные размерные цепи	41
2.3.6. Размерная цепь приспособления	44
2.4. Принципиальная схема приспособления	46
3. УСИЛИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ	51
3.1. Деформации сварных конструкций	52
3.1.1. Угловые деформации при сварке	52
3.1.2. Осевые деформации при сварке	54
3.2. Усилия прижатия деталей в приспособлении	56
3.2.1. Усилие прижатия при деформации типа «круглой выпучины»	56

3.2.2. Усилие прижатия при деформации типа «домик»	58
3.2.3. Усилие прижатия при продольном изгибе	60
4. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ	63
4.1. Винтовые зажимы	65
4.2. Клиновые зажимы	70
4.3. Рычажные зажимы	71
4.4. Эксцентрикковые зажимы	76
4.5. Пружинные зажимы	78
4.6. Пневматические и гидравлические приводы зажимных устройств	80
4.7. Электромеханические и электромагнитные прижимы	82
5. ПОВОРОТ И ВРАЩЕНИЕ СВАРИВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ	85
5.1. Подбор и расчет одностоечных кантователей	87
5.2. Подбор и расчет двухстоечных кантователей	90
5.3. Роликовые стенды	92
6. ОПОРНЫЕ И НАПРАВЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	95
6.1. Корпус и основания приспособлений	95
6.2. Направляющие элементы приспособлений	97
6.3. Расчет нижней опорной балки корпуса приспособления	99
7. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	101
ПРИЛОЖЕНИЕ	128
ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	129
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	130

ВВЕДЕНИЕ

Технологический процесс изготовления сварных конструкций содержит транспортные и заготовительные операции, сборку, сварку и контроль качества. Применение ручного труда на перечисленных этапах производства сварной конструкции увеличивает ее себестоимость, связанную со значительными временными и трудовыми затратами. К тому же на опасных производственных объектах, подведомственных Ростехнадзору, для обеспечения эксплуатационной надежности технических устройств особое внимание уделяется точности сборки конструкции и выдержке заданных параметров режима сварки.

Решить задачу повышения производительности труда и увеличения качества сборки и сварки конструкции помогают дополнительные устройства – сборочно-сварочные приспособления.

Приспособления позволяют расширить технологические возможности сварочного оборудования, повысить производительность за счет механизации и автоматизации процесса, снизить уровень требуемой квалификации персонала, улучшить условия и безопасность труда, а также за счет возможности многостаночного обслуживания понизить себестоимость конструкций.

Будущий специалист сварочного производства должен не только уметь разработать технологический процесс изготовления сварной конструкции, но и сконструировать вспомогательное технологическое устройство при увеличении темпов производства.

Конструкция приспособления в первую очередь определяется массогабаритными показателями изготавливаемого изделия и типом производства. При проектировании приспособления необходимо детально проанализировать свариваемое в приспособлении изделие, расчленив его на составные части. Ознакомиться с назначением и будущими условиями эксплуатации собираемой конструкции, что позволит выбрать нормативный документ, регламентирующий сборку, сварку и контроль качества конструкции. Согласно нормативно-техническому документу, специалисту необходимо определить порядок сборки деталей и способ сварки, позволяющий получать сварные швы требуемого качества. При этом разрабатываемое приспособление должно обеспечить возможность сварки всех швов в нижнем положении.

При проектировании приспособления специалисту необходимо учитывать силу тяжести собираемого изделия и составных частей приспособления, а также возникающие деформации деталей в процессе сварки.

1. НАЗНАЧЕНИЕ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

1.1. Функциональное назначение

Процесс изготовления сварных конструкций и узлов состоит из заготовки деталей, слесарной подготовки к сборке, сборки и прихватки, сварки, правки, механической доработки, контроля качества и испытаний.

Слесарно-сварочные цеха обычно включают мастерские: заготовительную, слесарно-сборочную, сварочную и механическую. В заготовительных мастерских слесарно-сварочных цехов производится резка и опиловка, штамповка, гибка листовых деталей, обработка концов труб и гибка труб. При серийном производстве сварных конструкций такие операции, как штамповка и гибка, переносятся в заготовительно-штамповые цеха.

Помимо основного оборудования (ручные прессы, кромкострогальные станки и металлорежущие, сварочные посты и электросварочные машины) в мастерских используется вспомогательное оборудование, позволяющее приспособить каждый из типов основного оборудования к конкретному случаю обработки и повысить производительность и качество изготовления продукции. В номенклатуру вспомогательного оборудования входят шаблоны для опилования, приспособления для правки, сборки, прихватки и сварки.

Серийно выпускаемое электротехническое оборудование в виде сварочных аппаратов и машин осуществляет механизацию и автоматизацию только основных сварочных операций, а вспомогательные и смежные операции (сборочные, транспортные) не осуществляют. В связи с постоянным развитием сварочного производства, расширением номенклатуры сварных изделий комплексное оснащение производства дополнительными сборочно-сварочными устройствами является актуальной задачей.

Сварочными приспособлениями называются дополнительные технологические устройства к оборудованию, используемые для выполнения операций сборки под сварку, сварки, термической резки, пайки, наплавки, устранения или уменьшения деформаций и напряжений, контроля качества.

Некоторые приспособления не входят в состав технологического сварочного оборудования и используются самостоятельно, некоторые становятся неотъемлемой частью оборудования комплексно-механизированных рабочих мест, участков, линий, цехов по производству сварных изделий.

Для автоматизации сварочного процесса также необходима разработка специальных приспособлений, механизмов и агрегатов. Например, вращение изделия со сварочной скоростью, направление электрода по шву, удержание флюса, формирование сварного шва, перемещение сварочного аппарата или изделия. Таким образом, назначение сварочных приспособлений состоит в том, чтобы обеспечить установку изделия и сварочной аппаратуры в удобное для сварки положение, в котором сварщиком бы затрачивались наименьшие усилия в процессе работы.

Совокупность приспособлений и специального инструмента для выполнения работ по изготовлению сварных конструкций называется *технологической оснасткой*.

Собрать и прихватить тяжелые и сложные сварные узлы с большим количеством деталей, выдерживая заданные чертежом размеры, только по разметке не представляется возможным. Приспособления должны обеспечивать правильность установки и неизменность положения каждой детали, свободный доступ к местам прихватки и сварки и последующий легкий съем собранной конструкции с приспособления. Таким образом, еще одним из назначений приспособлений является обеспечение заданных размеров сварных узлов с одновременным уменьшением трудоемкости сборочно-сварочных работ.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве применяются простейшие приспособления для установки элементарных деталей. В этом случае слесарь помогает придержать деталь до прихватки и сварки. Применение такой оснастки увеличивает затраты времени на прихватку деталей, так как при установке слесарем следующей детали сварщик бездействует.

В крупносерийном и массовом производстве необходимы приспособления, позволяющие быстро и надежно закреплять детали с помощью фиксаторов и зажимов, а также располагать детали в удобном для сварки положении. Расположение сварных швов может быть различным: на вертикальной и горизонтальной плоскостях, внутри и снаружи изделия, на отдельных участках и по всему контуру. Такое расположение швов приводит к тому, что в процессе сварки изделие несколько раз переворачивают. В этом случае назначение приспособлений заключается в кантовке изделия в технологической последовательности выполнения сварных швов в удобное положение для сварки.

В процессе сварки изделие может отклониться от заданных чертежом размеров вследствие больших сварочных напряжений и деформаций. С помощью приспособлений можно создать условия для быстрого отвода тепла, создания обратного прогиба сварного соединения или жесткого закрепления сварного узла, что обеспечивает минимальные деформации сварной конструкции. Следовательно, сборочно-сварочные

приспособления предназначены для предотвращения или уменьшения остаточных деформаций сварной конструкции.

Наибольшее распространение в крупносерийном и массовом производстве находят специальные приспособления, сконструированные для конкретного вида изделия. Однако изменение формы и размеров сварной конструкции приводит к существенному преобразованию или к аннулированию ряда приспособлений. Поэтому при конструировании приспособления конструктор должен стремиться к тому, чтобы приспособление после небольших переделок можно было использовать для другого свариваемого изделия. В этом случае большое значение имеет нормализация деталей приспособления, а также типизация и нормализация приспособления в целом.

1.2. Классификация сборочно-сварочных приспособлений

Согласно общероссийскому классификатору, технологическая оснастка подразделяется по назначению на классы, каждый класс делится на подклассы в зависимости от вида оснастки, а в зависимости от конструктивных особенностей подклассы делятся на группы.

В зависимости от выполняемых операций технологического процесса оснастка различается для заготовительных, сборочных, сварочных, контрольных, подъемно-транспортных и других видов работ. По способу сварки выделяют оснастку для дуговых и контактных методов формирования неразъемных соединений. Оснастку разделяют по виду установки, по необходимости и возможности поворота, по уровню механизации и автоматизации, по энергии привода вращения и т. д.

В табл. 1.1 представлена классификация оснастки в соответствии с ОКП 396000.

Таблица 1.1

Классификация технологической оснастки сварочного производства

Класс	Подкласс	Группа
Для заготовительных операций	Шаблоны	1) для разметки; 2) для опилования
	Оправки	1) для гибки
	Штампы специальные	1) пластинчатые; 2) для гибки; 3) для обрезки и просечки труб; 4) для формовки труб
	Приспособления	1) для гибки труб; 2) для формовки
	Станки	1) для гибки

Продолжение табл. 1.1

Класс	Подкласс	Группа
Для сборочных операций	Шаблоны	1) для газовой сварки; 2) для электродуговой сварки; 3) для контактной сварки
	Приспособления	1) переносные; 2) стационарные поворотные и неповоротные; 3) подвесные; 4) накладные; 5) передвижные поворотные и неповоротные
	Стапели*	1) стационарные поворотные и неповоротные; 2) подвесные; 3) передвижные поворотные и неповоротные
Для сварки	Подставки	1) для контактной сварки; 2) для дуговой сварки
	Приспособления для сварки плавлением и давлением	1) переносные; 2) стационарные поворотные и неповоротные; 3) передвижные поворотные и неповоротные
	Стапели	1) стационарные поворотные и неповоротные; 2) передвижные поворотные и неповоротные
Для правки	Оправки сплошные и разъемные Приспособления Стапели	1) для холодной правки; 2) для горячей правки
Для механической доработки	Кондукторы	1) для сверления
	Приспособления	1) для растачивания; 2) для фрезерования; 3) для строгания; 4) для шлифования
	Стапели разделочные	1) для разделки отверстий; 2) для фрезерования; 3) комбинированные; 4) для шлифования

Класс	Подкласс	Группа
Для термической обработки	Оправки глухие и разъемные	1) для нагрева и быстрого охлаждения;
	Распорки	2) для нагрева и медленного охлаждения
Для контроля	Приспособления	1) для проверки после сварки;
	Шаблоны	2) для проверки после механической обработки
Для испытаний	Измерительные средства для контроля приспособлений	1) болванки;
	Заглушки	2) макеты;
	Приспособления	3) эталоны
Для испытаний	Приспособления	1) резьбовые;
	Стенды	2) прижимные
	Стенды	1) для механических испытаний;
Для испытаний	Стенды	2) для пневмоиспытаний;
	Стенды	3) для гидроиспытаний
	Стенды	1) для пневмоиспытаний;
Для испытаний	Стенды	2) для гидроиспытаний;
	Стенды	3) комбинированные

* Приспособления, габаритные размеры которых превышают 1500 мм

Сборочно-сварочные приспособления входят в классификатор основных фондов – ОКОВФ 142922730 «Оборудование сварочное механическое прочее», и для сборочно-сварочных операций все приспособления можно разделить на три группы по функциональному назначению:

1. Сборка сварных конструкций и изделий: простейшие переносные сборочные приспособления (струбцины, домкраты, универсальные приспособления), неповоротные сборочные и сборочно-сварочные стенды и кондукторы, поворотные сборочно-сварочные кондукторы, сборочно-сварочные комбайны.

2. Установка, поворот и вращение свариваемых изделий: неповоротные устройства (стеллажи, плиты, столы), кантователи и позиционеры, сварочные вращатели и манипуляторы, роликовые стенды, поворотные столы, автооператоры.

3. Установка и перемещение сварочных аппаратов: несущие подъемно-поворотные колонны, сварочные тележки, специальные устройства для перемещения сварочной головки (каретки, многокоординатные суппорты и др.).

Оборудование, входящее в первую группу, предназначено для фиксации и закрепления деталей свариваемой конструкции и обеспечения необходимой точности соблюдения заданных чертежами размеров. Конструкции сборочных стендов и кондукторов зависят от конфигурации свариваемого изделия, технологии его сварки и вида и масштабов производства.

Оборудование, входящее во вторую группу, предназначено для установки свариваемых изделий и поворота их в удобное для сварки положение и вращения со сварочной скоростью. Для наклона изделия в удобное положение и вращения его со сварочной скоростью при автоматической, механизированной или ручной сварке применяют манипуляторы. Для наклона, поворота и вращения изделия с маршевой скоростью применяют позиционеры. Вращатели используются только для вращения изделий со сварочной скоростью вокруг одной оси. Для вращения крупных цилиндрических изделий со сварочной или маршевой скоростью целесообразно использовать роликовые стенды, а для установки изделий в удобное для сварки положение достаточно применять различные кантователи.

Оборудование третьей группы предназначено для закрепления и перемещения только сварочной головки или аппарата. Перемещение может осуществляться как с маршевой, так и со сварочной скоростью. При этом в зависимости от конструкции несущего устройства и степени его универсальности оборудование подразделяется на универсальные и специализированные устройства.

В мелкосерийном и единичном производстве применяют простые, универсальные переносные приспособления, а в крупносерийном и массовом производстве предпочтение отдается специальным приспособлениям с быстросрабатывающими зажимными механизмами.

1.3. Требования, предъявляемые к приспособлениям

К конструкциям сборочно-сварочных приспособлений предъявляются многочисленные требования. В связи с разделением приспособлений по назначению на три группы можно отдельно рассмотреть требования, предъявляемые к каждой из них.

В случае если изделие собирается отдельно и операция сборки не связана с последующими операциями сварки и транспортировки, то к сборочным устройствам предъявляются **общие требования**: приспособление должно обеспечивать качество сборки, требуемую производительность, невысокую стоимость и малую трудоемкость.

Если приспособление предназначено для сборки и сварки изделия одновременно, то необходимо наложить ряд **дополнительных требований** и ограничений на конструкцию приспособления:

- 1) удобство и безопасность в работе;

- 2) применение наиболее простых и надежных фиксаторов, не деформирующих поверхность деталей изделия;
- 3) обеспечение быстрой и надежной установки изделия;
- 4) минимальные поверхности соприкосновения поверхностей изделия и фиксирующих устройств;
- 5) прочность и надежность оснастки;
- 6) минимальное количество отъемных частей во избежание их потери;
- 7) использование унифицированных, нормализованных и стандартных деталей и механизмов для обеспечения быстрого изготовления, повышения ремонтпригодности приспособления и снижения стоимости;
- 8) обеспечение длительной неизменности размеров;
- 9) обеспечение заданной последовательности сборки и наложения швов;
- 10) обеспечение сборки изделия с одной установки, наименьшего числа поворотов при сборке;
- 11) обеспечение быстрого отвода тепла из зоны сварки для уменьшения коробления изделия;
- 12) применение механизмов для загрузки, подачи и установки деталей и выгрузки собранного изделия;
- 13) возможность смены изнашиваемых частей и демонтажа фиксаторов;
- 14) быстрая установка поворотных стапелей и приспособлений в нужное положение;
- 15) смазка устройств без разбора механизмов;
- 16) отсутствие острых кромок и углов;
- 17) исключение подгоночных и доделочных работ с изделием после его сборки и сварки в приспособлении;
- 18) малый вес приспособлений, которые вместе с собираемым изделием удерживаются на весу.

При проектировании приспособления необходимо также учитывать основы технической эстетики и в соответствии с принципами художественного конструирования, формообразования и эргономики определять внешний вид конструкции. Необходимо определить рабочую позу оператора и размер рабочего места, хорошо представить конкретные действия человека при работе с оснасткой и в сложном случае изготовить макет будущего приспособления и проверить возможности будущих конструкторских решений.

Конструирование нового приспособления или модернизация существующего производится на основе изучения чертежей и технических условий (ТУ) на сварную конструкцию; разработки (изучения) технологического процесса изготовления изделия; анализа производственной программы выпуска изделий; технико-экономического обоснования наилучшего варианта приспособления из числа возможных.

1.4. Технологический процесс изготовления изделия в приспособлении

Основными исходными данными для конструирования приспособления являются чертежи изделия и технологическая документация на процесс его изготовления.

При разработке технологического процесса изготовления изделия технолог составляет техническое задание, в котором указывает:

- 1) номера чертежей изделия;
- 2) наименование оснастки;
- 3) базовые поверхности;
- 4) припуски на усадку от сварки и термической обработки;
- 5) промежуточные размеры деталей с припусками на обработку после сварки;
- 6) окончательные размеры узлов после обработки и степень их точности;
- 7) характеристика обработки изделия.

Намеченный технологический процесс изготовления конструкции является основополагающим при выборе конструкции приспособления и должен соответствовать требованиям техники безопасности и промышленной санитарии, изложенным в системе стандартов безопасности труда (ГОСТ ССБТ), стандартах на типовые и групповые технологические процессы, инструкциях и других нормативных документах по технике безопасности и промышленной санитарии.

В соответствии с Р 50-54-93-88 разработку технологического процесса изготовления сварного изделия необходимо начинать с анализа его технологичности.

Анализ технологичности изделия позволяет произвести унификацию его деталей и элементов, выбрать и проставить требуемые размеры, допуски точности и шероховатости поверхности и т. д.

Количественная оценка технологичности изделия производится в соответствии с ГОСТ 14.201–83 и использует три показателя:

- 1) $K_{y.t}$ – коэффициент, определяющий снижение удельной трудоемкости изготовления;
- 2) $K_{y.c}$ – коэффициент, определяющий снижение удельной технологической себестоимости изделия;
- 3) $K_{y.э}$ – коэффициент унификации конструктивных элементов.

Коэффициент удельной трудоемкости прямо пропорционален проектной трудоемкости изготовления изделия (T_n) и обратно пропорционален трудоемкости изготовления изделия на базовом предприятии ($T_{б.п}$):

$$K_{y.t} = \frac{T_n}{T_{б.п}}. \quad (1.1)$$

Коэффициент удельной себестоимости выражается соотношением проектной себестоимости изделия ($C_{п}$) и себестоимости изделия на базовом предприятии ($C_{б.п}$):

$$K_{y.c} = \frac{C_{п}}{C_{б.п}}. \quad (1.2)$$

Коэффициент унификации конструктивных элементов можно найти из зависимости

$$K_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_{э}}, \quad (1.3)$$

где $Q_{y.э}$ – число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов изделия; $Q_{э}$ – число конструктивных элементов в изделии.

Для полного анализа изделия необходимо использовать дополнительные показатели технологичности конструкции: $K_{т.п}$ – коэффициент применения унифицированных технологических процессов; $K_{и.м}$ – коэффициент использования металла; $K_{ст.д}$ – коэффициент стандартизации конструкции детали или сборочной единицы.

Коэффициент применения типовых процессов:

$$K_{т.п} = \frac{Q_{т.п}}{Q_{п}}, \quad (1.4)$$

где $Q_{т.п}$ – число типовых технологических процессов (операций) изготовления изделия; $Q_{п}$ – общее число применяемых технологических процессов.

Коэффициент использования металла:

$$K_{и.м} = \frac{m_{и}}{m_{з}}, \quad (1.5)$$

где $m_{и}$ – масса изделия; $m_{з}$ – масса заготовки или детали.

Коэффициент стандартизации конструкции изделия:

$$K_{и.м} = \frac{D_{ст}}{D}, \quad (1.6)$$

где $D_{ст}$ – число стандартных деталей в изделии; D – общее число деталей, которые входят в изделие.

Чем ближе будут числовые значения всех приведенных показателей собираемого изделия к единице, тем выше будет технологичность собираемого изделия.

Описание технологического процесса изготовления изделия должно проводиться с указанием всех операций, переходов, рабочих режимов,

норм времени, применяемого оборудования, приспособлений и инструмента. При этом составляется комплект технологических документов по ГОСТ 3.1105–2011 ЕСТД, который может содержать: титульный лист, маршрутные карты, операционные карты, карты эскизов, технологическую инструкцию, ведомость материалов, ведомость оснастки и т. д.

При проектировании сборочно-сварочного приспособления, чтобы учесть все возможные механические воздействия на его составные части, рекомендуется выполнять операционное описание технологического процесса изготовления сварного изделия. Операционное описание выполняется в соответствии с ГОСТ 3.1407–86 и 3.1129–93 ЕСТД. Операции по изготовлению сварного изделия должны указываться в очередности их выполнения с указанием всех переходов и режимов сборки и сварки. Правила записи операций и переходов должны соответствовать ГОСТ 3.1703–79 и 3.1705–81.

Необходимые графические материалы выполняются на картах эскизов в соответствии с ГОСТ 3.1128–93.

Подробное описание технологического процесса изготовления сварной конструкции с эскизной прорисовкой ее составных частей позволит выбрать рациональную схему базирования деталей.

2. ПОЛОЖЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

2.1. Базирование

В соответствии с ГОСТ 21495–76 базирование позволяет придать заготовке или всему изделию требуемое положение относительно выбранной системы координат.

Применительно к процессу сборки изделия *базирование* – это определение положения деталей в изделии относительно друг друга или изделия относительно приспособления, рабочего инструмента, технологического сварочного оборудования.

Базами называют поверхности или выполняющие ту же функцию сочетания поверхностей, оси, точки, принадлежащие заготовки или изделию и используемые для базирования.

В процессе изготовления изделия из сборочных единиц поверхности одной детали могут являться базами для сопрягаемых с ней поверхностей других деталей.

Все базы, используемые в процессе изготовления изделия, можно классифицировать согласно схеме, представленной на рис. 2.1.

По назначению базы делятся на конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторскими базами являются поверхности, используемые для определения положения детали в изделии или узле. Эти базы необходимо в первую очередь использовать при установке детали в приспособлении. Конструкторские базы могут быть основными и вспомогательными.

Основная база определяет положение данной детали относительно базовых поверхностей сопрягаемых с ней деталей.

Вспомогательная база определяет положение сопрягаемых деталей относительно базовых поверхностей данной детали.

Технологические базы используются для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления. В качестве технологических баз используются реальные поверхности деталей, непосредственно контактирующие с установочными элементами приспособления.

Так как базирующие поверхности деталей бывают различными по форме и виду, их подразделяют на черновые и чистовые базы.



Рис. 2.1. Классификация баз

Черновыми базами называют необработанные поверхности детали, используемые для ее установки в приспособлении при обработке на первой операции, когда обработанных поверхностей нет.

Чистовыми базами называют обработанные поверхности детали, служащие для установки ее в приспособлениях при обработке на всех последующих операциях.

Измерительными базами являются поверхности заготовки, от которых производят отсчет размеров при ее сборке.

Согласно **правилу шести точек**, для придания заготовке неподвижного положения относительно выбранной системы координат ее необходимо лишить шести степеней свободы.

В зависимости от количества лишаемых степеней свободы установочные базы классифицируются следующим образом:

- 1) *установочная (У)* – поверхность, при базировании на которую деталь лишается трех степеней свободы: перемещения вдоль одной оси (ОУ) и вращения вокруг двух осей (ОZ и ОX) (рис. 2.2);

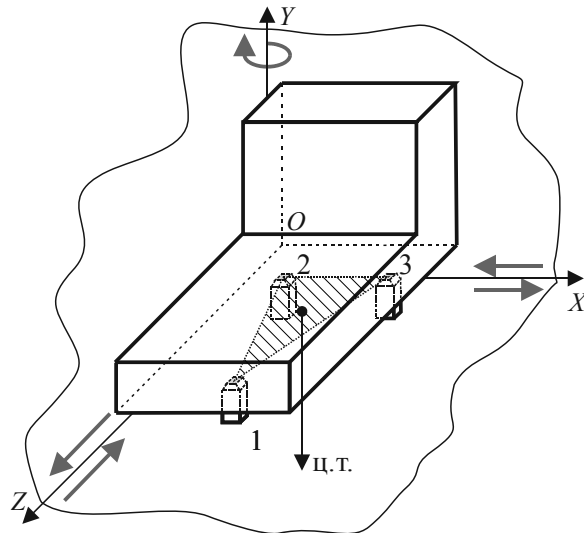


Рис. 2.2. Установочная поверхность

- 2) *направляющая (Н)* – поверхность, при базировании на которую деталь лишается двух степеней свободы: перемещения вдоль одной оси (OX) и вращения вокруг одной оси (OY) (рис. 2.3);

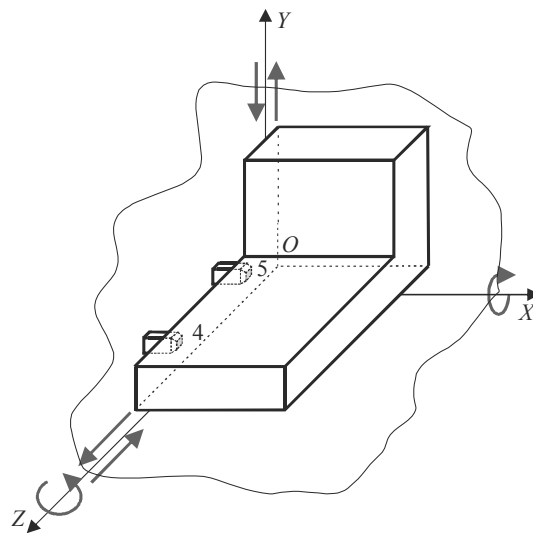


Рис. 2.3. Направляющая поверхность

- 3) *двойная направляющая (Д)*. Определяет четыре координаты – две линейные и две угловые (базирование по длинному цилиндру). Деталь лишена перемещения и вращения вокруг осей OX и OY (рис. 2.4);
- 4) *опорная (О)*, или *угловая (поворотная П)*, лишаящая деталь одной степени свободы – перемещения вдоль оси OZ (рис. 2.5);
- 5) *двойная опорная (Ц)*, которая определяет базирование по окружности или короткому цилиндру. Деталь лишается двух степеней свободы – перемещения по осям OX и OY (рис. 2.6).

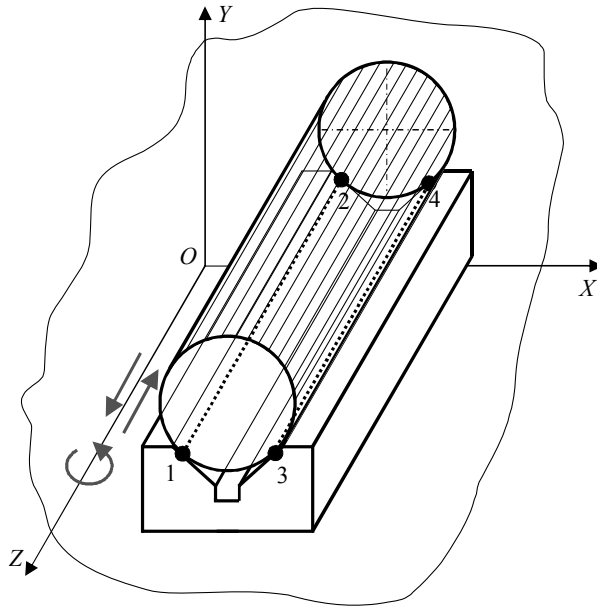


Рис. 2.4. Двойная направляющая поверхность

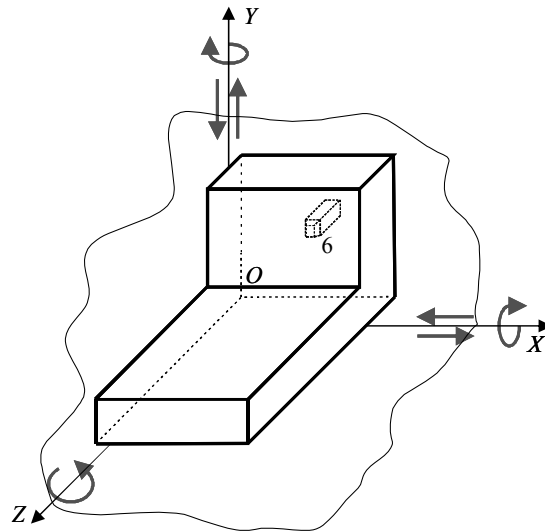


Рис. 2.5. Опорная поверхность

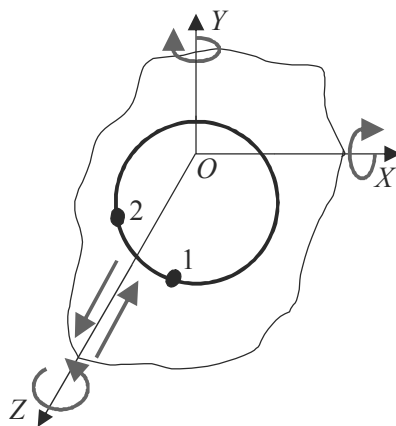


Рис. 2.6. Двойная опорная поверхность

По характеру проявления база может быть *явной* в виде реальной поверхности, разметочной (риски или точки пересечения рисок) или *скрытой* – в виде воображаемой плоскости, оси или точки. В этих случаях на схемах базирования изображается расположение опорных точек на скрытых базах (осях, плоскостях симметрии), символизирующих связи заготовки с выбранной системой координат.

Опорные точки на схемах базирования изображают условными значками (рис. 2.7) и пронумеровывают порядковыми номерами, начиная с базы, имеющей наибольшее количество опорных точек. Если в какой-либо проекции одна опорная точка накладывается на другую, изображается одна точка, и проставляются номера совмещенных точек. Число проекций на схеме базирования должно быть достаточным для четкого представления о размещении опорных точек.

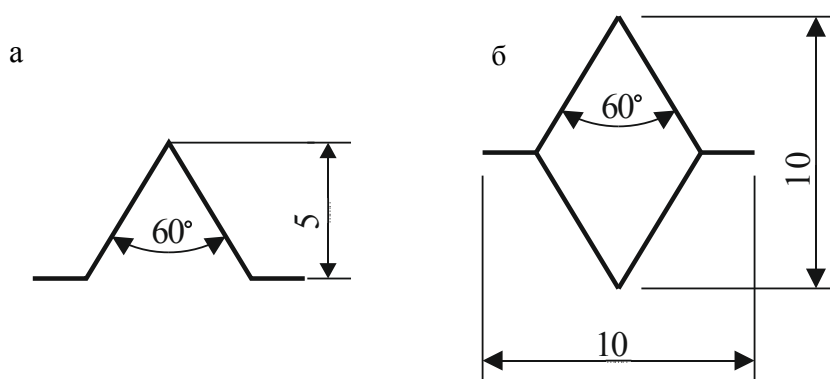


Рис. 2.7. Условное обозначение опорных точек на виде спереди и сбоку (а), на виде сверху (б)

На рис. 2.8 представлены две схемы базирования проушины. На первой схеме (рис. 2.8, а) в качестве установочной (главной) базы принята наибольшая по площади поверхность I. При установке этой поверхности на три точки деталь лишается трех степеней свободы. Поверхность II выполняет роль направляющей базы и лишает деталь еще двух степеней свободы. В качестве опорной базы, ограничивающей продольное перемещение детали, выбрана поверхность III.

На второй схеме (рис. 2.8, б) в качестве главной базы выбрана внутренняя поверхность отверстия. В этом случае реализуется схема базирования по двойной направляющей. Обозначения баз можно указать на оси IV, которая, в свою очередь, будет являться скрытой базой. Так как деталь уже лишена четырех степеней свободы, остается лишь ее возможности перемещения и вращения относительно оси отверстия. Для этого достаточно двух опорных точек, одна из которых поставлена на поверхности I (точка 5), вторая – на поверхности III (точка 6).

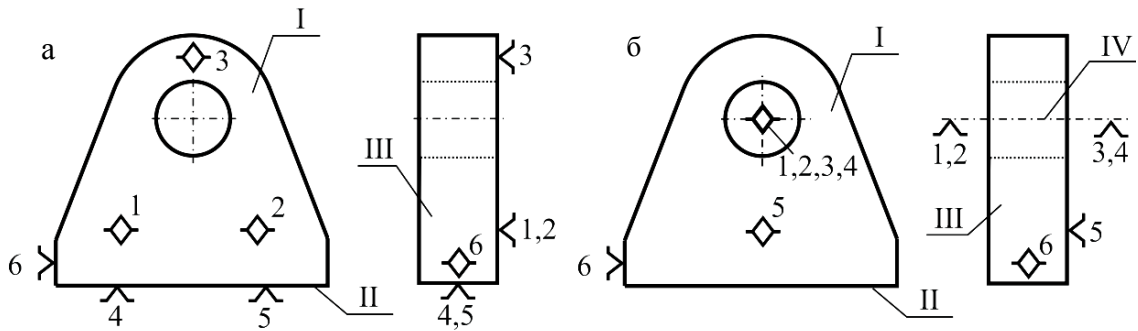


Рис. 2.8. Схема базирования проушины

Условно схемы базирования можно обозначать по начальным буквам входящих в них баз. Схема базирования, представленная на рис. 2.8, а, условно будет обозначаться УНО. Схема, представленная на рис. 2.8, б, – ДЦ.

С учетом расположения опорных точек в пространстве любую схему базирования можно привести к одной из трех основных схем: схема базирования призматического тела – УНО, короткого – УЦО и длинного – ДЦ тел вращения.

При проектировании приспособлений для сборки и сварки конструкций, состоящих из нескольких деталей, необходимо учитывать, что поверхности одной детали могут быть опорными для сопрягаемых с ней базами других деталей.

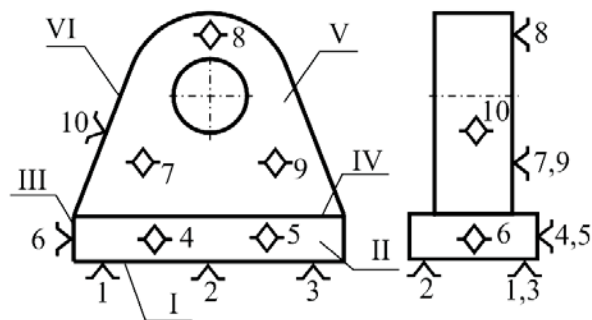


Рис. 2.9. Схема базирования проушины при сборке из двух деталей

Например, если проушина, представленная на рис. 2.8, изготавливается из двух деталей (рис. 2.9), то необходимо базировать каждую из них. Сначала определяется, какая из деталей будет устанавливаться в приспособление первой, и расчет опорных точек начинается с нее. На рис. 2.9 в первую очередь базировается пластина. Здесь реализуется схема УНО по поверхностям I, II, III. При базировании проушины на поверхность пластины IV она будет лишаться двух степеней свободы, так как используется направляющая база. Чтобы определить местоположение проушины на пластине и лишиться еще трех степеней свободы,

ее необходимо опереть на три точки 7, 8, 9 по плоскости V. Перемещение вдоль пластины деталь лишится при использовании упора 10, контактирующего с плоскостью VI.

При проектировании приспособления точки, представленные на схеме базирования, меняются на условные обозначения установочных элементов в принципиальной схеме приспособления (см. п. 2.4).

2.2. Фиксирующие элементы сборочно-сварочных приспособлений

Для установки деталей и сборочных единиц в приспособлении используются различные фиксаторы, которые по назначению подразделяются на опоры, упоры, пальцы и призмы. В зависимости от конфигурации базируемого тела возможно фиксирование детали по плоским поверхностям (упорам), цилиндрическим (пальцам), коническим (призмам), либо по комбинации этих трех поверхностей.

2.2.1. Фиксирование по плоским поверхностям

Опоры – установочные элементы приспособления, на которые опирается заготовка, деталь или сборочная единица. Опоры определяют положение детали в пространстве и по назначению подразделяются на основные и вспомогательные.

Основные опоры – это установочные или базирующие элементы, лишаящие заготовку или изделие всех или нескольких степеней свободы. Опоры необходимо располагать таким образом, чтобы центр тяжести детали находился в центре треугольника, вершинами которого являются опорные точки.

В ряде случаев опорная поверхность заготовок имеет большие габаритные размеры и малую толщину. Базирование таких деталей по трем точкам не обеспечивает достаточной жесткости, что приводит к деформированию заготовки и снижению точности сборки конструкции. Для исключения деформации заготовок, установленных на основных опорах, применяются дополнительные опоры. Количество и место установки дополнительных опор выбирается произвольно и определяется условиями сборки, жесткости и конфигурацией изделия.

В качестве основных опорных элементов используются: опорные штыри, штифты и пластины с рифленой, плоской и полукруглой поверхностью (ГОСТ 13440–13442, 4743).

Для фиксации обработанных поверхностей деталей используют штифты с рифленой головкой (рис. 2.10, а), для фиксации необработанных поверхностей – с полукруглой головкой (рис. 2.10, б).

При больших размерах опорной поверхности заготовки целесообразно использовать опорные пластины (рис. 2.11).

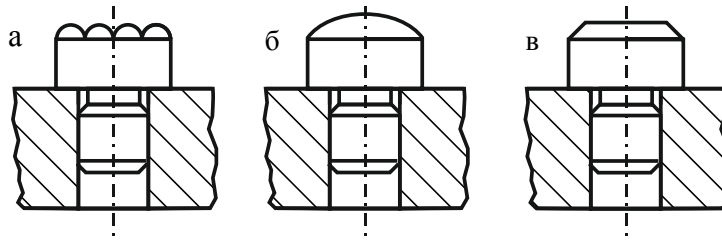


Рис. 2.10. Фиксирующие штифты:
а – с рифленой головкой; *б* – с полукруглой головкой; *в* – с плоской головкой

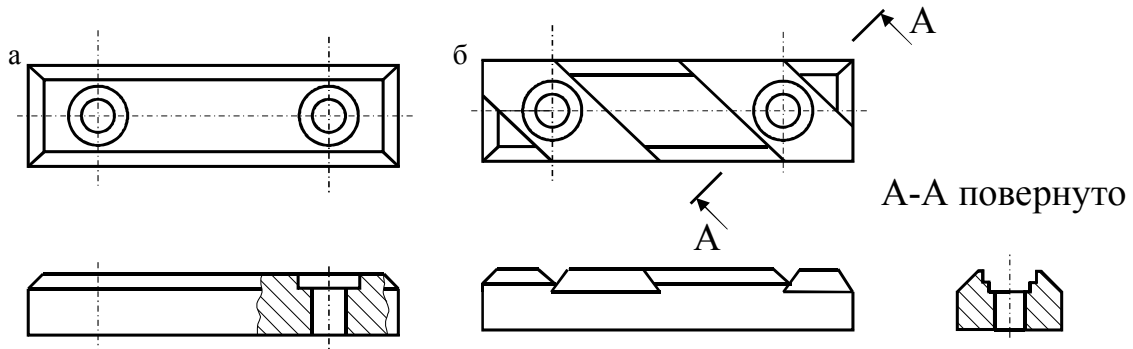


Рис. 2.11. Опорные пластины:
а – с плоской поверхностью; *б* – с рифленой поверхностью

Упоры. Для фиксации различных деталей применяются постоянные, съемные, поворотные, откидные и отводные упоры (рис. 2.12).

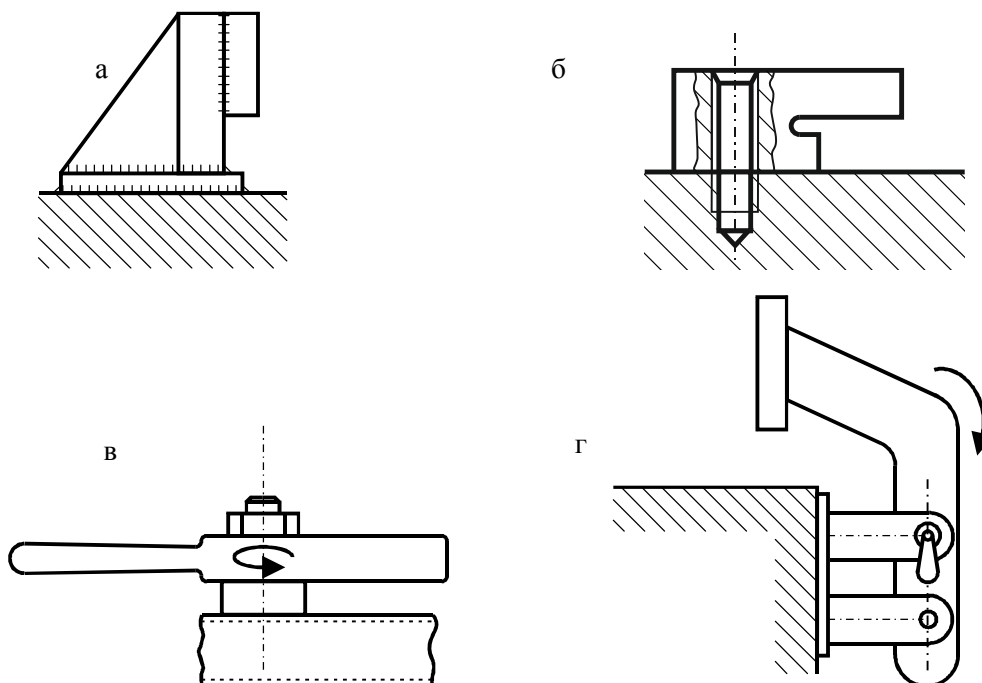


Рис. 2.12. Фиксирующие упоры:
а – постоянные; *б* – съемные; *в* – поворотные; *г* – откидные

Постоянные упоры являются наиболее распространенными. В эту группу могут входить прямоугольные планки, штыри, ребра, штифты, которые крепятся к основанию приспособления по контуру собираемой конструкции с помощью сварки или с помощью винтов.

В приспособлениях невысокой точности упоры в основном привариваются к основанию и изготавливаются из низкоуглеродистых сталей, что способствует их малому сроку службы. Восстановление поверхностей производится за счет наплавки и последующей обработки.

В приспособлениях повышенной точности и сложности постоянные упоры крепятся с помощью винтов, а их рабочие пластины изготавливаются из сталей марок 40Х, 45Х и подвергаются термообработке.

Съемные упоры применяют при сварке узлов, образующих уступы. После каждой операции сборки и сварки такие упоры снимаются и крепятся с помощью винтов и шпилек.

Поворотные и *откидные* упоры обеспечивают возможность снятия узла после сборки и сварки с приспособления в тех случаях, когда при использовании постоянного упора это невозможно. Поворотные упоры свободно насаживаются на ось, установленную на рабочей поверхности приспособления. При установке упора в рабочее положение его фиксируют с помощью зажимной гайки с рукояткой или штыря. Откидные упоры свободно насаживаются на ось, которая располагается вне рабочей поверхности приспособления и закрепляются в рабочем положении с помощью штыря.

2.2.2. Фиксирование по цилиндрическим поверхностям

Детали с цилиндрическими поверхностями условно разделяются на детали типа «вал», которые устанавливаются по наружным поверхностям или по торцам, и детали типа «втулка», которые располагаются по внутренним поверхностям или по торцам.

По наружной поверхности детали устанавливаются в отверстия сплошных втулок (рис. 2.13, *а*), изготавливаемых по ГОСТ 30086–93, с помощью двух полуотверстий (рис. 2.13, *б*) и на призмы (рис. 2.13, *в*), типовые конструкции которых представлены в ГОСТ 12193–12197.

Угол паза призм φ выполняется равным 90 и 120°. Остальные размеры призм принимаются в зависимости от диаметра устанавливаемой детали D . Высота призмы h принимается до $0,8D$ с учетом, что разница между расстоянием от оси изделия и основанием призмы H и принятой высотой призмы h не превышает $0,2D$.

Для $\varphi = 90^\circ$ размер C определяется из соотношения:

$$C = 1,41D - 2(H - h). \quad (2.1)$$

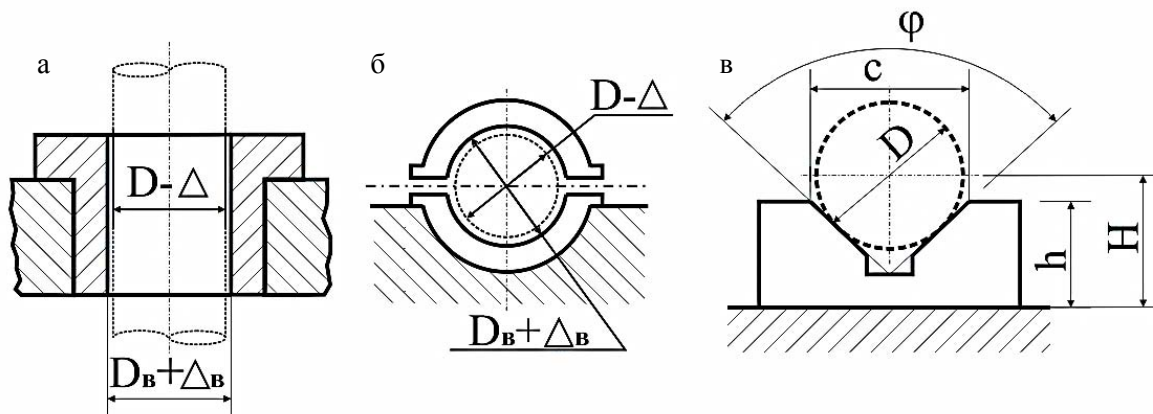


Рис. 2.13. Установка деталей типа «вал»:
 а – в отверстие сплошной втулки,
 б – с помощью двух полуотверстий, в – в призме

Для $\varphi = 120^\circ$ размер C определяется из соотношения:

$$C = 2D - 3,46(H - h). \quad (2.2)$$

На рис. 2.14 представлена установка деталей по торцам. Такая схема установки обеспечивает свободный доступ ко всей поверхности детали снаружи.

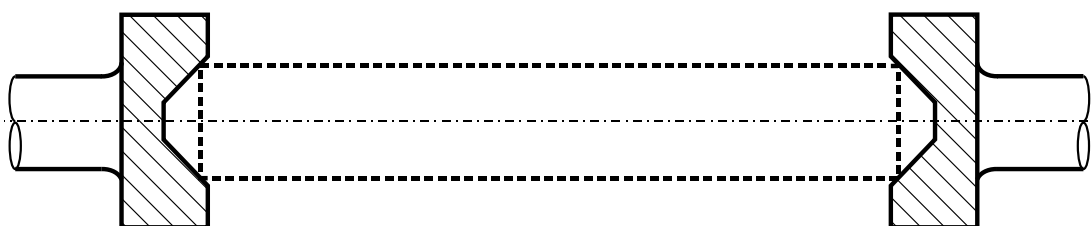


Рис. 2.14. Установка деталей типа «вал» по торцам

Установка цилиндрических деталей по внутренним поверхностям осуществляется с помощью центров (рис. 2.15, а), штырей и пальцев (рис. 2.15, б).

Штыри выполняются по ГОСТ 14740–69. Установочные пальцы могут быть постоянными (рис. 2.15, б–з) и изготавливаться по ГОСТ 12209–66, 17774–72, сменными (рис. 2.15, д) по ГОСТ 12211–66 и откидными.

Постоянные пальцы в процессе работы не снимаются. Они запрессовываются в корпус приспособления или свободно вставляются в него и затягиваются с помощью гайки. Сменные пальцы вставляются в сопрягаемые отверстия приспособления, используются в процессе сборки и прихватки изделия и вынимаются по окончании операции. Также сменные пальцы могут использоваться для крепления откидных упоров.

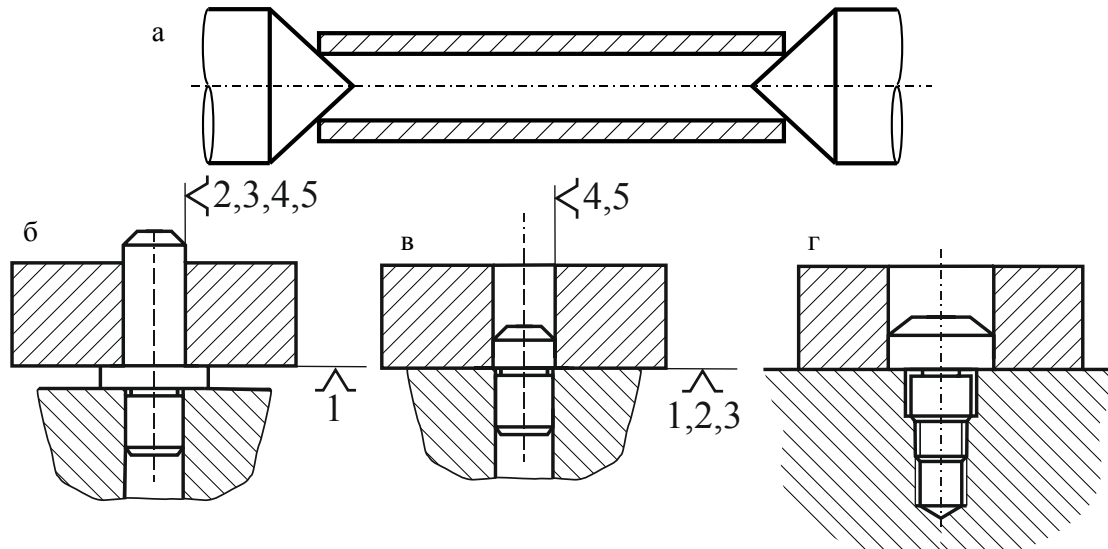


Рис. 2.15. Установка деталей по внутренней поверхности:
 а – вращающийся центр; б – длинный постоянный палец;
 в – короткий постоянный палец; г – сменный палец; д – откидной палец

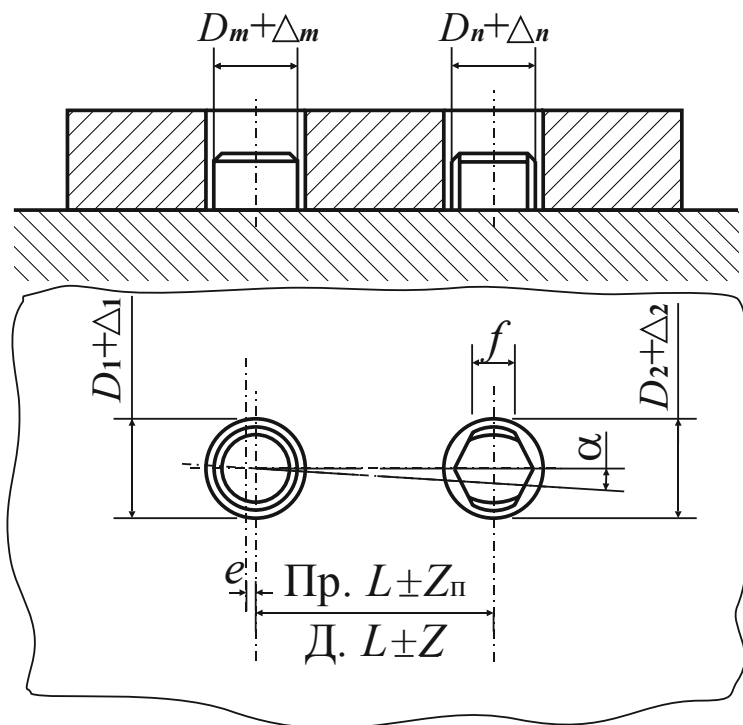


Рис. 2.16. Фиксирование детали двумя отверстиями

Откидные пальцевые фиксаторы укрепляются на откидных планках и после выполнения операции прихватки или сварки отводятся в сторону (рис. 2.15, д).

Фиксация изделий, имеющих несколько отверстий, выполняется по двум пальцам, один из которых цилиндрический, другой срезанный (рис. 2.16). Срезанные пальцы изготавливаются в соответствии с ГОСТ 17775–72.

Допуски на линейные размеры приспособления ($L \pm Z_{\text{п}}$) принимают в пределах $0,5 \dots 0,75$ допусков соответствующих размеров детали ($L \pm Z$), устанавливаемой в приспособлении.

Максимальный зазор между цилиндрическим пальцем и отверстием детали будет равен:

$$S'_{\text{max}} = \Delta_1 + \Delta + \Delta_m, \quad (2.3)$$

где Δ_1 – допуск на диаметр базы D_1 ; Δ – гарантированный зазор; Δ_m – допуск на диаметр пальца D_m .

Максимальный зазор между ленточкой срезанного пальца f и отверстием детали будет равен:

$$S''_{\text{max}} = \Delta_2 + \Delta + \Delta_n, \quad (2.4)$$

где Δ_2 – допуск на диаметр базы D_2 ; Δ – гарантированный зазор; Δ_n – допуск на диаметр пальца D_n .

Боковое смещение e цилиндрического пальца в отверстии детали принимают равным половине максимального зазора между цилиндрическим пальцем и отверстием детали:

$$e = \frac{S'_1}{2}. \quad (2.5)$$

Перекося детали на угол α будет определяться из выражения:

$$\text{tg } \alpha = \frac{S'_{\text{max}} + S''_{\text{max}}}{2L}. \quad (2.6)$$

Благодаря наличию срезанного пальца деталь можно установить даже при небольших отклонениях размеров детали. Для облегчения надевания детали рекомендуется срезанный палец делить более коротким. Деталь сначала надевается на длинный палец и к моменту установки на срезанный палец облегчается нахождение второго отверстия.

2.2.3. Фиксирование по нескольким поверхностям

Детали часто устанавливают в приспособлении с использованием группы установочных баз. Используя несколько установочных баз, необходимо выполнять требование, чтобы ни один новый установочный элемент не лишал деталь тех степеней свободы, которых она уже была лишена с помощью других элементов.

При разработке схемы установки деталей группой установочных баз необходимо из этой группы выбрать главную, метод ее установки и определить, какие степени свободы останутся после установки главной базы.

На рис. 2.15, б–д представлены примеры установки детали типа «втулка» группой установочных баз. В случае рис. 2.15, б отверстие является главной базой и лишает деталь четырех степеней свободы. В случаях рис. 2.15, в–д отверстие является дополнительной базой, так как при базировании детали по плоскости она уже лишается трех степеней свободы. Важно отметить, что длина пальца является определяющим параметром при лишении степеней свободы. Короткий палец, установочная длина которого $\leq 1,5D$, лишает деталь двух степеней свободы (работает схема двойной опорной базы), длинный палец ($l > 1,5D$) лишает деталь четырех степеней свободы (схема двойной направляющей базы).

Детали с различными диаметрами по длине или в форме изогнутых тел вращения с перпендикулярными осями устанавливаются в приспособлении с применением сочетания схем базирования (обычно по три в комплекте). Например, по схеме ДЦ, образованной двойной направляющей базой в виде двух соосных коротких призм и центрирующей – одной короткой призмы. Такая схема реализуется при базировании по двум взаимноперпендикулярным отверстиям детали.

Для деталей, не имеющих достаточных базовых поверхностей и длинных тел вращения, применяют схему ЦЦН (две взаимно перпендикулярные короткие призмы – ЦЦ – и направляющая планка – Н) или ННЦ, образуемую двумя парами базовых пластин – НН – и призмой – Ц.

На рис. 2.17 показан пример базирования детали с перемежающимися диаметрами по длине. Такие детали можно устанавливать наиболее длинной частью в призму, а конец поддерживать регулируемой или нерегулируемой опорой.

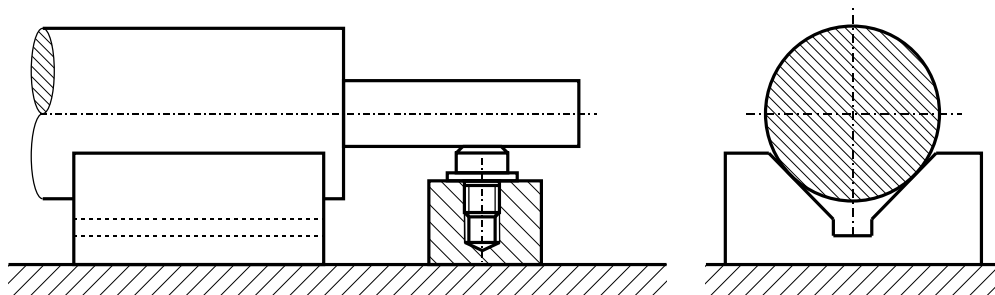
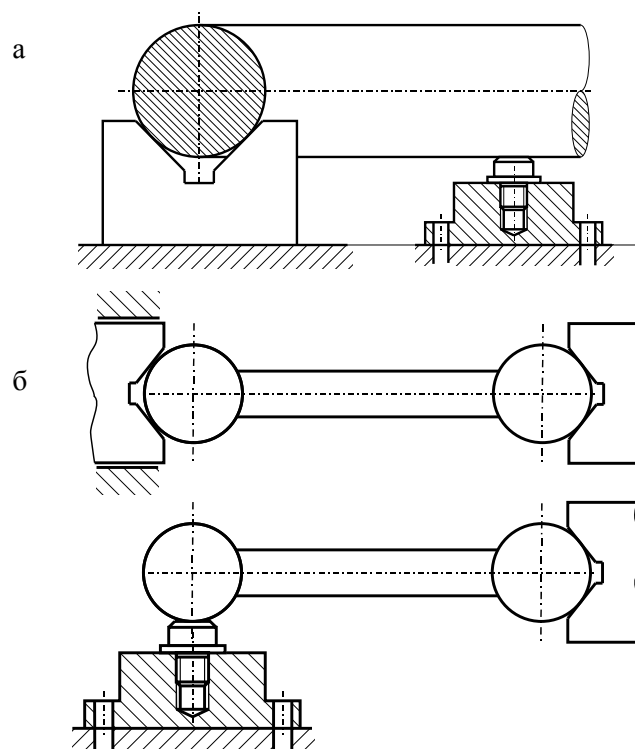


Рис. 2.17. Базирование детали с перемежающимися диаметрами

При базировании деталей с пересекающимися осями нельзя использовать две неподвижные призмы. Это прежде всего связано с возможными отклонениями осей детали в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Если одна призма неподвижна, то вторая должна иметь свободное перемещение как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях (рис. 2.18, а). Вместо подвижной призмы из-за сложности

ее изготовления можно использовать, как в случае рис. 2.17, подвижную опору.

Если изделие выполнено в виде двух соединенных между собой цилиндров с параллельными осями, то установку удобнее всего производить по цилиндрическим поверхностям (рис. 2.18, б). Такая установка является единственно возможной в тех случаях, когда в изделии требуется просверлить отверстие после сборки.



*Рис. 2.18. Установка деталей по нескольким поверхностям:
а – деталь с пересекающимися осями;
б – деталь с двумя параллельными цилиндрами*

Если деталь должна устанавливаться на плоскость и прижиматься цилиндрической поверхностью (рис. 2.19), то использовать неподвижную призму при установке детали цилиндрической частью будет не рационально. В этом случае правильные способы установки будут соответствовать рис. 2.19, а, б. Главной базой данной детали в обоих случаях будет являться плоскость, цилиндрическая часть детали опирается либо в неподвижный упор (рис. 2.19, а), либо фиксируется подвижными клиновыми упорами, закрепленными в приспособлении на пружине (рис. 2.19, б).

Фиксацию детали, имеющей плоское основание и верхнюю цилиндрическую часть с осью, параллельной основанию, целесообразно производить по схеме, представленной на рис. 2.20.

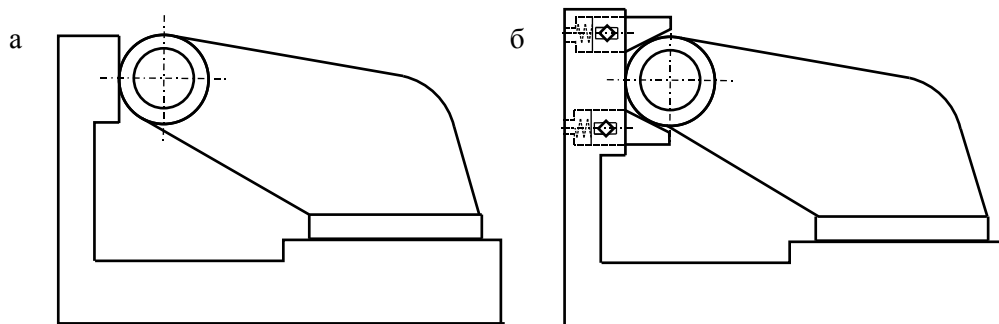


Рис. 2.19. Установка детали по плоской и цилиндрической поверхности

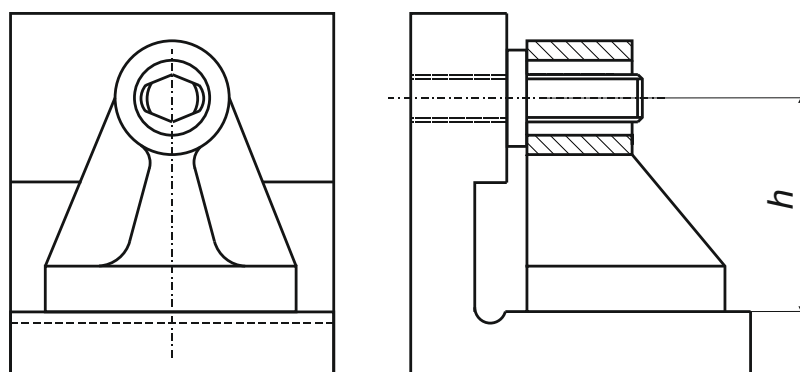


Рис. 2.20. Установка детали по плоской и цилиндрической поверхности

Установочный штырь срезан с двух сторон, благодаря чему небольшие отклонения размера h детали не влияют на правильность установки. В этом случае необходимо обеспечить плотное соприкосновение плоскости детали с опорной поверхностью приспособления, для чего в основании приспособления можно использовать регулируемые опоры.

Большинство свариваемых конструкций из-за особенностей технологического процесса имеют точность не выше 7-го класса. Поэтому при сборке свариваемые детали узла могут быть установлены с некоторой свободой. К тому же введение одной или нескольких степеней свободы упрощает установку. При использовании упрощенной установки деталей правило шести точек неприменимо.

Например, при установке в приспособлении плоской детали из листового материала можно использовать рамку, повторяющую форму детали. Однако применение рамок нецелесообразно в связи со сложностью их изготовления, поэтому лучше использовать несколько штифтов, установленных в основании приспособления по контуру детали с гарантированным зазором (рис. 2.21). Штифты ставятся с таким расчетом, чтобы даже при более значительных отклонения детали от номинальных размеров оставался зазор δ .

Если в детали имеются отверстия, то установку можно производить по отверстиям на штифты. В этом случае штифты устанавливаются под

два наиболее удаленных отверстия. Диаметр каждого штифта на 0,2...0,3 мм меньше диаметра отверстия. Для облегчения установки на штифтах снимают фаску под углом 30°.

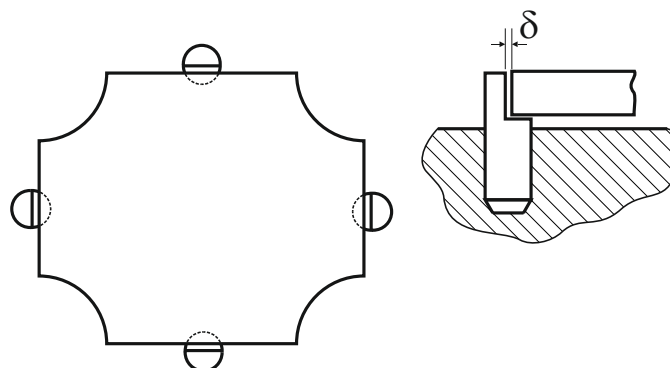


Рис. 2.21. Упрощенная установка детали на штифты

При удалении изделия после сборки и сварки в сторону целесообразно использовать рамки, частично охватывающие контур детали (рис. 2.22, а).

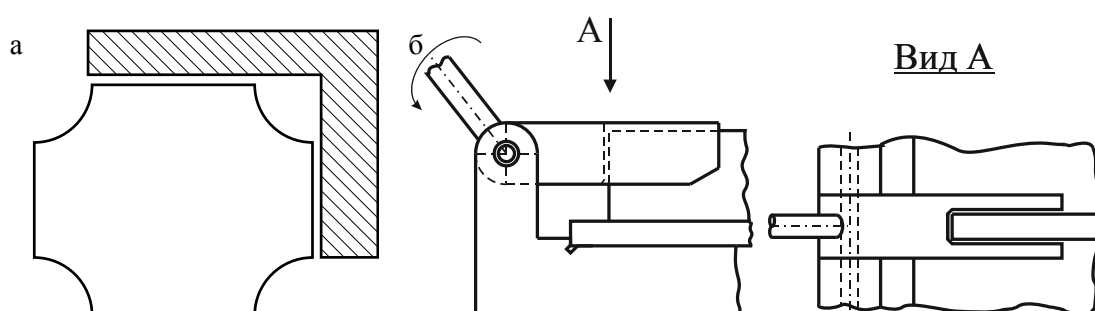


Рис. 2.22. Упрощенная установка деталей

В случае установки плоских деталей большой площади базовую поверхность выполняют в виде нескольких ребер, сваренных между собой.

Плоские детали из листового материала, служащие ребрами жесткости, устанавливают с помощью «гребенок». Прорезь «гребенки» должна превышать толщину ребер жесткости на 0,3...0,5 мм (рис. 2.22, б).

2.3. Точность сварных конструкций

2.3.1. Погрешность изготовления сварных конструкций

Погрешность изготовления сварной конструкции – это разница между геометрическими характеристиками сварной конструкцией, изображенной на чертеже, и реальными размерами изделия после сборки и сварки.

Говоря о точности изделия или конструкции, характеризующейся геометрической погрешностью, можно выделить три вида погрешности:

1. *Погрешность размера.* Эта погрешность имеет размерность длины и складывается из погрешностей размеров составных частей изделия, расположенных в одной плоскости.
2. *Погрешность расположения поверхностей* (рис. 2.28, а). Если прилегающая поверхность является плоскостью, расположенной под углом к плоской смежной поверхности, то главной характеристикой этого вида погрешности является наклон (непараллельность). Показатель наклона не имеет размерности.
3. *Погрешность формы* (рис. 2.28, б). Часто прилегающая поверхность является криволинейной. В этом случае главной особенностью является присущая самой поверхности погрешность формы – кривизна, которая на практике для количественного определения погрешности выражается через величину прогиба f на базе длины l . Погрешность выражается коэффициентом c , который имеет размерность, обратную размерности длины.

Отдельно стоит отметить величину отдельных неровностей сопрягаемых поверхностей – *шероховатость*, которая служит показателем качества чистоты поверхности.

Сварные конструкции вследствие возникающих усадочных сил сварных швов имеют класс точности поверхностей не выше 7-го. Большой номер класса отвечает меньшей точности, что способствует увеличению допуска на размер.

В табл. 2.1 приведены стандартные допуски на линейные размеры, характерные для сварных конструкций в соответствии с ГОСТ 2689–54.

Таблица 2.1

*Стандартные допуски на линейные размеры,
характерные для сварных конструкций*

Интервалы номинальных размеров, м	Величина допуска, мм, при классе точности				
	7	8	9	10	11
Свыше 0,50 до 0,63 включительно	1,8	2,9	4,5	7,0	11,0
Свыше 0,63 до 0,80 включительно	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
Свыше 0,8 до 1,0 включительно	2,2	3,5	5,5	9,0	13,0
Свыше 1,00 до 1,25 включительно	2,4	4,0	6,0	10,0	15,0
Свыше 1,25 до 1,60 включительно	2,6	4,5	6,5	11,0	17,0
Свыше 1,6 до 2,0 включительно	3,0	5,0	7,0	12,0	19,0
Свыше 2,0 до 2,5 включительно	3,5	5,5	8,0	13,0	21,0
Свыше 2,50 до 3,15 включительно	4,0	6,0	9,0	15,0	23,0

Интервалы номинальных размеров, м	Величина допуска, мм, при классе точности				
	7	8	9	10	11
Свыше 3,15 до 4,00 включительно	4,5	7,0	10,5	17,0	26,0
Свыше 4,0 до 5,0 включительно	5,0	8,0	12,0	19,0	30,0
Свыше 5,0 до 6,3 включительно	5,5	9,0	14,0	22,0	35,0
Свыше 6,3 до 8,0 включительно	6,5	10,0	16,0	26,0	40,0
Свыше 8,0 до 10,0 включительно	7,0	12,0	18,0	30,0	45,0
Свыше 10,0 до 12,5 включительно	8,0	14,0	20,0	32,0	50,0
Свыше 12,5 до 16,0 включительно	10,0	16,0	25,0	40,0	60,0
Свыше 16,0 до 20,0 включительно	12,0	20,0	32,0	50,0	80,0
Свыше 20,0 до 25,0 включительно	16,0	25,0	40,0	60,0	100,0
Свыше 25,0 до 31,5 включительно	20,0	32,0	50,0	80,0	120,0

Использование всего допускаемого отклонения для размеров сварных конструкций может привести к выходу за пределы допусков вследствие деформаций, вызванных термическим циклом сварки. Во избежание такого явления конструктор при назначении допусков на любой вид погрешности должен учитывать и другие виды погрешностей, вызванные деформациями, и согласовать их с технологом или оговорить методику контроля. Для такого согласования пользуются понятием *предельного контура* – контур детали, ограниченный допуском на размер.

Поэтому при назначении согласованных допусков на форму и расположение поверхностей следует использовать не весь предельный контур, а только его часть – 20...80 %.

Для меньшего ужесточения допусков на размеры сварных конструкций следует в зависимости от назначения конструкции и функциональной роли различного вида погрешностей оговаривать места контроля и направление допускаемых погрешностей. Например, оговорить допускаемую неплоскость одной из деталей в сварном узле и ее направление – вовнутрь или наружу, так как стандартные обозначения формы погрешностей формы и расположения не предусматривают направления.

2.3.2. Размеры и отклонения

При расчете размерных цепей важно знать понятия терминов размеров и отклонений.

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета отклонений.

Истинный размер – размер, полученный в результате выполнения технологического процесса.

Измеренный размер – размер изделия, полученный в результате измерения.

Примечание. Если погрешность измерения для поставленной задачи такова, что измеренный размер может быть принят как истинный, то в соответствии с СТ СЭВ 145-75 этот измеренный размер называется действительным.

Предельные размеры – два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

Наибольший предельный размер – больший из двух предельных размеров.

Наименьший предельный размер – меньший из двух предельных размеров.

Отклонение – алгебраическая разность между размером и соответствующим номинальным размером.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Допуск – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

Поле допуска – поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями или наибольшим и наименьшим предельными размерами.

Координата середины поля допуска – координата, определяющая положение середины поля допуска относительно номинального размера.

Величина компенсации – наибольшее возможное отклонение, выходящее за пределы поля допуска замыкающего звена, подлежащее компенсации.

2.3.3. Размерные цепи сварных конструкций

Размерной цепью называется группа связанных между собой размеров, образующих замкнутый контур и служащих решению поставленной задачи согласования допусков на один или часть размеров или на все размеры.

Наряду с геометрической связью конструкторских размеров существует причинно-следственная зависимость одного размера от других, вызванная особенностями технологического процесса изготовления изделия. Каждый из размеров отдельных деталей или требуемых зазоров

в конструкции является составляющим звеном размерной цепи. Размер, полученный вследствие сборки и сварки составляющих звеньев конструкции, называется замыкающим.

Расчет размерных цепей конструкций является необходимым этапом в проектировании сварочных приспособлений, так как он позволяет выявить замыкающее звено и согласовать допуски на размеры деталей сварной конструкции. Правильно рассчитанные размерные цепи обеспечат нормальное функционирование реального объекта за счет нужных ограничений исходных звеньев.

Дадим определения понятиям звеньев размерной цепи.

Составляющее звено – звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном, изменение которого вызывает изменение исходного или замыкающего звена.

Звено, имеющее линейный размер, обозначается прописной буквой русского алфавита с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена. Например: $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$ и т. д. Звено, имеющее угловой размер, обозначается строчной буквой греческого алфавита с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена. Например: $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ и т. д.

Исходное звено – звено, возникающее в результате постановки задачи при проектировании, для решения которой используется размерная цепь. Это размер, непосредственно связывающий поверхности или оси, относительное расстояние или поворот которых необходимо обеспечить или определить в поставленной задаче.

Замыкающее звено – только одно звено размерной цепи, получаемое последним в результате решения поставленной задачи.

Исходное и замыкающее звенья обозначаются прописной буквой русского алфавита с индексом Δ (рис. 2.23).

Увеличивающее звено – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается. Обозначается прописной буквой русского алфавита с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена, и стрелкой сверху, направленной вправо ($\overrightarrow{A_1}$), или знаком «+».

Уменьшающее звено – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается. Обозначается прописной буквой русского алфавита с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена, и стрелкой сверху, направленной влево ($\overleftarrow{A_2}$), или знаком «-».

Компенсирующее звено – составляющее звено размерной цепи, изменением значения которого достигается требуемая точность замыка-

ющего звена. Обозначается соответствующей буквой, заключенной в прямоугольник A_3 . Например, величина зазора в свариваемой конструкции (рис. 2.23).

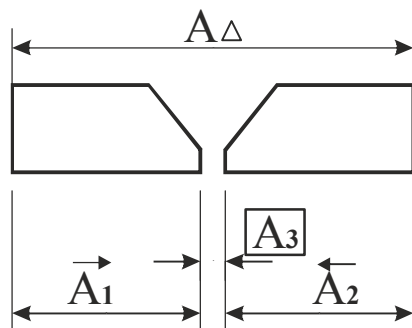


Рис. 2.23. Размерная цепь с компенсирующим звеном

Величина зазора, являющегося компенсирующим звеном, регулируется в сторону уменьшения или увеличения в зависимости от сочетания погрешностей других составляющих звеньев. Если сумма увеличивающих звеньев имеет положительные отклонения от середины поля допуска, то звено-компенсатор регулируется в сторону уменьшения, и наоборот.

Общее звено – звено, которое одновременно принадлежит нескольким размерным цепям (рис. 2.24).

Обозначение формируется из обозначений звеньев размерных цепей, в которые входит данное звено, со знаком равенства между ними, например: $A_3 = B_1$.

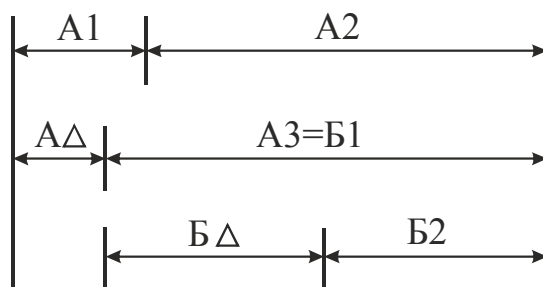


Рис. 2.24. Размерные цепи с общим звеном

Виды размерных цепей

Основная размерная цепь – размерная цепь, замыкающим звеном которой является размер, обеспечиваемый в соответствии с решением основной задачи.

Производная размерная цепь – размерная цепь, замыкающим звеном которой является одно из составляющих звеньев основной размерной цепи.

Например, в соединении, представленном на рис. 2.25, после сборки необходимо обеспечить требуемое расстояние A_{Δ} между цилиндрами. A – основная размерная цепь, B – одна из производных размерных цепей, в которой $B_{\Delta} = A_1$ – составляющему звену основной размерной цепи.

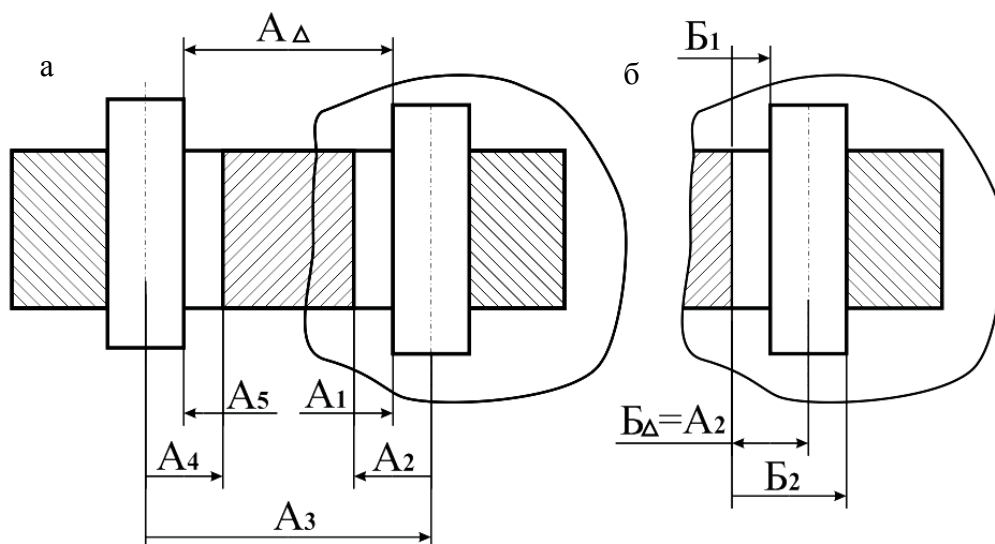


Рис. 2.25. Основная (а) и производная (б) размерные цепи конструкции

По виду решаемых задач различают конструкторские, технологические и измерительные размерные цепи.

Конструкторская размерная цепь – размерная цепь, определяющая расстояние или относительный поворот между поверхностями или осями поверхностей деталей в изделии.

Технологическая размерная цепь – размерная цепь, обеспечивающая требуемое расстояние или относительный поворот между поверхностями изготавливаемого изделия при выполнении операции или ряда операций сборки, прихватки, сварки.

Измерительная размерная цепь – размерная цепь, возникающая при определении расстояния или относительного поворота между поверхностями, их осями или образующими поверхности изготавливаемого или изготовленного изделия.

В зависимости от расположения в пространстве размерные цепи разделяются на линейные, угловые, плоские и пространственные.

Линейная размерная цепь – размерная цепь, звеньями которой являются линейные размеры (рис. 2.23).

Угловая размерная цепь – размерная цепь, звеньями которой являются угловые размеры. На рис. 2.26 представлена угловая размерная цепь, определяющая параллельность поверхности детали 1 по отношению поверхности детали 2.

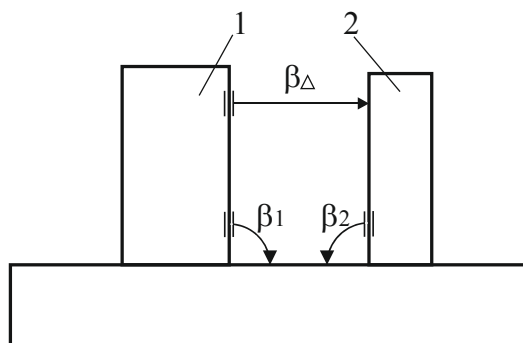


Рис. 2.26. Угловая размерная цепь

Плоская размерная цепь – размерная цепь, звенья которой расположены в одной или нескольких параллельных плоскостях.

Пространственная размерная цепь – размерная цепь, звенья которой расположены в непараллельных плоскостях.

В зависимости от расположения связанных звеньев размерных цепей различают параллельно связанные, последовательно связанные цепи, цепи с комбинированной связью.

Параллельно связанные размерные цепи – размерные цепи, имеющие одно или несколько общих звеньев (рис. 2.24).

Последовательно связанные размерные цепи – размерные цепи, из которых каждая последующая имеет одну общую базу с предыдущей (рис. 2.27).

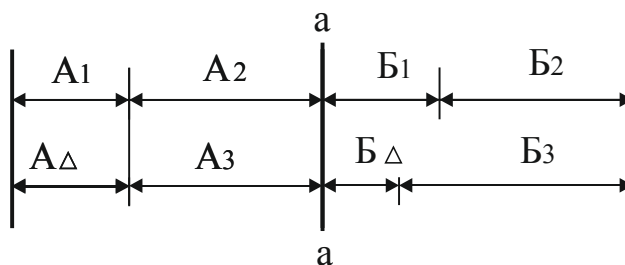


Рис. 2.27. Последовательная размерная цепь:
а–а общая база

Размерные цепи с комбинированной связью – размерные цепи, между которыми имеются параллельные и последовательные связи.

2.3.4. Задачи и методы расчета размерных цепей

Сущность расчета размерных цепей заключается в установлении допусков и предельных отклонений всех ее звеньев, исходя из требований конструкции и технологии ее изготовления.

При расчете размерных цепей различают прямую и обратную, статическую и динамическую задачи в соответствии с РД 50-635-87.

Прямая задача относится к проектному расчету и заключается в определении номинальных размеров, допусков и предельных отклонений всех составляющих звеньев размерной цепи по заданному номинальному размеру и допуску исходного звена.

Обратная задача относится к проверочному расчету размерной цепи и заключается в определении номинального размера, допуска и предельных отклонений замыкающего звена по установленным номинальным размерам, допускам и предельным отклонениям составляющих звеньев.

Статическая задача – задача, решаемая без учета факторов, влияющих на изменение звеньев размерной цепи во времени.

Динамическая задача – задача, решаемая с учетом факторов, влияющих на изменение звеньев размерной цепи во времени.

Выбор метода сборки конструкции зависит от точности звеньев цепи, возможностей технологического оборудования и уровня организации сборочных работ. Различают пять методов расчета.

Метод полной взаимозаменяемости. Точность замыкающего звена размерной цепи достигается путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их размеров. Технологический процесс сборки при этом заключается в присоединении деталей в соответствии с установленным характером сопряжения без какой-либо пригонки, подбора деталей или регулирования их взаимного положения.

Достоинства данного метода – это простота и экономичность сборки, применение поточных форм сборочных процессов, высокий уровень механизации и автоматизации сборочных процессов, возможность организации легкого и быстрого ремонта изделий и др.

Недостатком метода из-за требований к высокой точности изготовления сборочных единиц является существенное повышение стоимости изготовления деталей высокой точности, используемых в многозвенных цепях.

Метод неполной взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается с некоторым риском путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Метод групповой взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается путем включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к соответственным группам, на которые они предварительно рассортированы.

Достоинством метода является достижение высокой точности замыкающего звена при экономически целесообразных допусках составляющих звеньев цепи.

Недостатки: увеличение незавершенного производства ввиду количественных несоответствий в группах деталей, соединяемых при сборке, дополнительные затраты на сортировку деталей по группам, усложнение снабжением запасными частями.

Метод находит применение для короткозамкнутых цепей в крупносерийном и массовом производствах.

Метод пригонки – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением значения компенсирующего звена путем удаления с компенсатора определенного слоя материала. Для этого компенсирующее звено детали компенсатора поступает на сборку с заранее установленным припуском, удаляемым по мере необходимости, методами механической обработки в процессе пригонки для достижения требуемого значения замыкающего звена. Метод применяется в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

К недостаткам метода относят удорожание сборки и повышенную трудоемкость сборочных работ, усложнение планирования и снабжения изделия запасными частями.

Метод регулирования – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением значения компенсирующего звена без удаления материала с компенсатора.

Изменение компенсирующего звена при сборке изделия достигается или применением специальных устройств компенсаторов с помощью непрерывных или периодических перемещений деталей по резьбе, клиньям, коническим поверхностям, или подбором сменных деталей типа прокладок, втулок, колец.

Недостатки метода регулирования – это некоторое усложнение конструкции введением конструктивного компенсатора и усложнение сборки из-за необходимости проводить регулировку.

Метод находит применение для многозвенных цепей с высокими требованиями к точности замыкающих звеньев.

Среди способов расчета размерных цепей можно выделить способ расчета на максимум-минимум и вероятностный способ.

Способ расчета на максимум-минимум – способ расчета, учитывающий только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания. Данный способ расчета выполняется при методах полной взаимозаменяемости, групповой взаимозаменяемости, пригонки и регулирования.

В размерных цепях, в которых должна быть обеспечена 100%-я взаимозаменяемость, допуски рассчитываются по методу максимума-минимума. Методика расчета по этому методу достаточно проста, однако при этом предъявляются слишком жесткие требования к точности

составляющих звеньев (а следовательно, увеличиваются затраты на изготовление), однако осуществляется полная взаимозаменяемость.

Основные уравнения расчета на максимум-минимум.

Уравнение номинальных размеров:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \vec{A}_i - \sum_{i=1}^k \overleftarrow{A}_i, \quad (2.7)$$

где n – число увеличивающих звеньев; k – число уменьшающих звеньев.

Уравнение допусков:

$$T_{\Delta}(\omega_{\Delta}) = \sum_{i=1}^p \Delta T_i. \quad (2.8)$$

Уравнение отклонений:

$$ES_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \vec{ES}_i - \sum_{i=1}^k \overleftarrow{EI}_i, \quad (2.9)$$

$$EI_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \overleftarrow{EI}_i - \sum_{i=1}^k \vec{ES}_i. \quad (2.10)$$

Вероятностный способ расчета – способ расчета, учитывающий рассеяние размеров и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев размерной цепи. Применяется при методе неполной взаимозаменяемости, методе пригонки и регулирования.

Размерные цепи, в которых по условиям производства экономически целесообразно назначать более широкие допуски на составляющие звенья размерных цепей, допуская при этом у некоторой небольшой части изделий выход размеров замыкающего звена за пределы поля допуска, должны рассчитываться теоретико-вероятностным методом.

Риск получения брака при сборке узла составляет 0,27 %. Количество бракованных изделий определяется коэффициентом риска k , принимаемым равным 1,0...1,3.

Величина допуска при расчете вероятностным методом:

$$T_{\Delta}(\omega_{\Delta}) = k \sqrt{(\sum_{i=1}^p \Delta T_i)^2}. \quad (2.11)$$

2.3.5. Сборочные размерные цепи

Размерные цепи, связывающие размеры нескольких деталей, называются *сборочными*.

Размерная цепь строится начиная с замыкающего звена. Затем по чертежу находят примыкающую к нему слева деталь, размер которой непосредственно влияет на размер замыкающего звена. Далее находят размер второй детали, сопряженной с размером первой, и так выявляют последовательно детали сборочного соединения, сопряженные друг

с другом, размеры которых непосредственно влияют на размер замыкающего звена. Последний из выявленных размеров должен примкнуть к размеру замыкающего звена, замкнув цепь.

Сварная конструкция всегда составлена из отдельных деталей-заготовок. Погрешность замыкающего звена в размерной цепи сварной конструкции определяется вероятностным суммированием погрешностей деталей и нестабильности в сварочных зазорах. Для конструкции, представленной на рис. 2.28, погрешность замыкающего звена составит:

$$\delta A_{\Delta} = \delta L = k \sqrt{\sum_{j=1}^n (\delta l_j)^2 + \sum_{i=1}^{n-1} (\delta b_i)^2}. \quad (2.12)$$

Погрешность от сборочных зазоров расширяет допуск на конечный размер конструкции примерно в полтора раза, что приводит к понижению точности готового изделия на один класс по сравнению с классом точности сборочных единиц. В связи с этим существует правило согласования допусков на детали и сборочные единицы сварной конструкции: **класс точности размеров для деталей сварной конструкции должен быть на единицу точнее, чем класс точности сборки под сварку!**

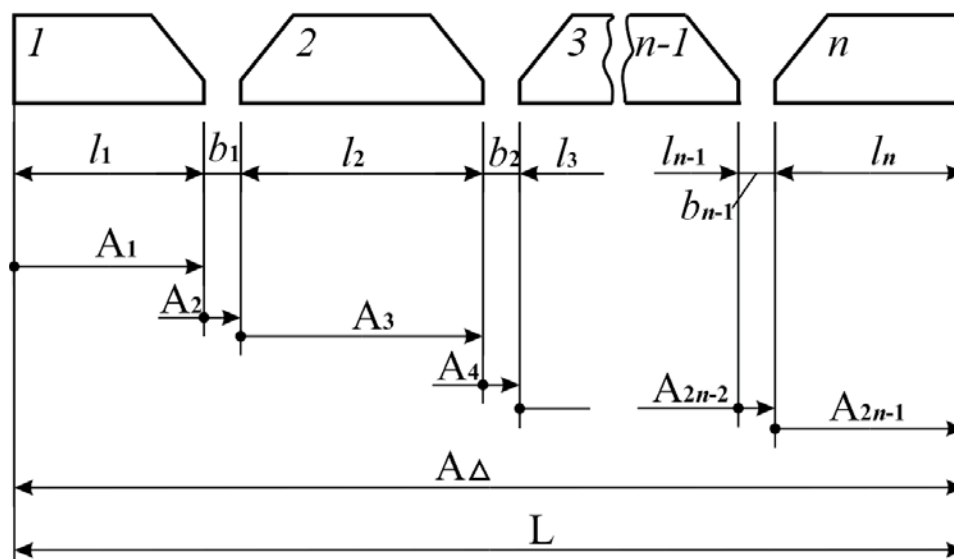


Рис. 2.28. Сборочная размерная цепь из нескольких элементов

Используя это правило при производстве конструкций, можно добиться требуемой точности сборки при случайных сочетаниях погрешностей без каких-либо специальных технологических приемов и подготовочных работ.

На величину зазора могут влиять погрешности формы и расположения сопрягаемых поверхностей деталей.

Неперпендикулярность торцевой кромки листа к его боковой кромке (рис. 2.29, а), являющейся базовой при сборке конструкции с выравниванием кромок по упорам стенда, при неблагоприятном сочетании погрешностей расположения приведет к переменной ширине зазора. Нормальный зазор будет обеспечен, если допускаемая величина неперпендикулярности не будет превосходить половину допуска на зазор:

$$\Delta \leq \frac{b_{\max} - b_{\min}}{2} = \frac{\delta b}{2}. \quad (2.13)$$

Непрямолинейность кромки (рис. 2.29, б) при неблагоприятном сочетании ошибок также приведет к переменной ширине зазора, и предельное отклонение формы кромки не должно превосходить половины допуска на зазор:

$$f \leq \frac{b_{\max} - b_{\min}}{2} = \frac{\delta b}{2}. \quad (2.14)$$

Допущение, принятое в зависимостях (2.13) и (2.14), дает некоторый запас точности, компенсирующий использование всего предельного контура зазора только одним видом геометрической погрешности.

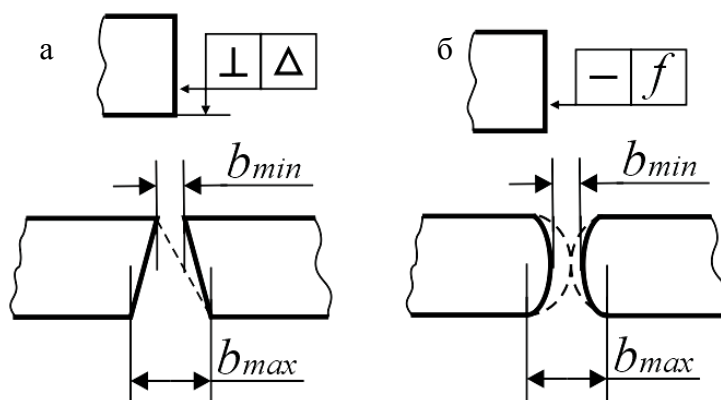


Рис. 2.29. Зависимость зазора в сварном стыке от погрешностей

Для получения нужной точности замыкающего звена используют несколько технологических приемов.

1. **Подбор деталей по месту (метод пригонки).** Применяется при индивидуальном и мелкосерийном производстве. Выполняется рабочими-сборщиками и требует высокой квалификации исполнителей. Подбор возможен только лишь при наличии определенного запаса одинаковых по чертежу деталей, чтобы сделать выбор нужной комбинации с взаимной компенсацией погрешностей. Примером подбора по месту может быть переворачивание деталей с целью совмещения перекосов в одну сторону.

2. **Селективная сборка (метод групповой взаимозаменяемости).** Применяется при массовом и крупносерийном производстве. Осуществляется с помощью рассортировки деталей на несколько групп. Пределы рассеивания погрешностей уменьшаются от группы к группе. При сборке конструкции подбирается комплект заготовок с таким расчетом, чтобы маломерные детали сочетались с длинномерными, выпуклые с вогнутыми и т. д. Трудоемкость изготовления конструкции в этом случае возрастает из-за дополнительной операции сортировки, а на предприятиях возрастает потребность в складских местах для накопления и хранения групп деталей.

3. **Компенсация погрешностей смещением деталей.** В этом случае для достижения требуемой точности используется компенсирующее звено – зазор. Тогда размер зазора, воспринимая на свой допуск часть суммарной накопленной погрешности других составляющих звеньев, будет являться зависимой переменной и суммироваться своим допуском с допуском замыкающего звена левой части уравнений для расчета по методам максимума-минимума и вероятностным. Например, для размерной цепи конструкции, представленной на рис. 2.28, в случае использования зазоров в качестве компенсаторов при расчете вероятностным методом необходимо использовать следующее уравнение:

$$\delta A_{\Delta} + \delta A_2 + \delta A_4 + \delta A_{2n-2} = \delta L + \sum_{i=1}^{n-1} \delta b_i = k \sqrt{\sum_{j=1}^n (\delta l_j)^2} . \quad (2.15)$$

Такой способ компенсации погрешностей требует высокой квалификации исполнителей и дополнительной трудоемкости на контролируемое смещение деталей вместе с многократными изменениями зазора и габарита.

2.3.6. Размерная цепь приспособления

Точность сборки конструкции перед сваркой определяется точностью размера между опорными поверхностями (базами) приспособления и плотностью прилегания собираемых деталей к этим поверхностям.

На рис. 2.30 показана размерная цепь приспособления. Собранная по габариту конструкция образует размерную цепь А, замыкающим звеном которой является зазор A_{Δ} .

Габаритный размер собранной конструкции является замыкающим звеном размерной цепи М, состоящей из размера приспособления M_3 и погрешностей базирования M_1 и M_2 . Из-за наличия общего звена размерные цепи А и М являются **взаимно связанными**.

Номинально погрешности базирования должны быть равны нулю, т. к. конструкция приспособления предполагает плотное прилегание ба-

зовых поверхностей изделия к опорам приспособления за счет прижимов. Реально же может существовать некоторый зазор между соприкасаемыми поверхностями изделия и приспособления благодаря наличию загрязнений и деформаций на кромках деталей и опорах. При этом после освобождения деталей от зажатия их кромки могут отойти от баз приспособления.

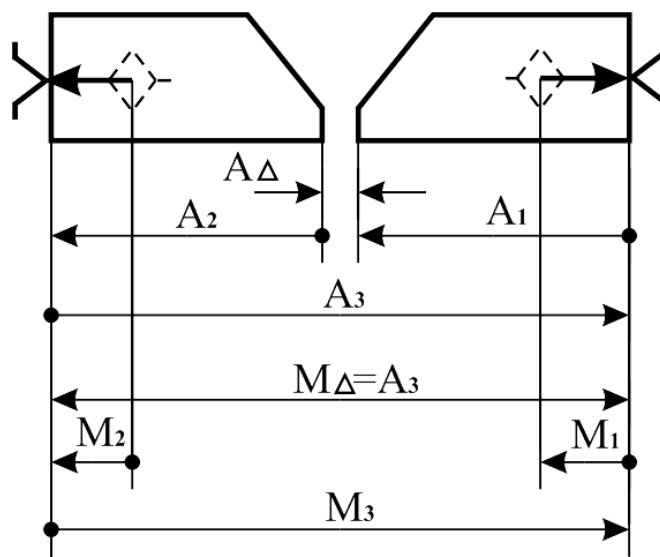


Рис. 2.30. Размерная цепь при сборке в приспособлении

В табл. 2.2 представлены допуски на зазоры у опор и упоров сборочных приспособлений – погрешности базирования.

Таблица 2.2

Погрешности базирования деталей в приспособлении

Состояние кромки упора	Состояние кромки детали	Зазор с допуском, мм
Механически обработана	Механически обработана	$0^{+0,2} \dots 0^{+0,5}$
Механически обработана	Не обработана	$0^{+0,5} \dots 0^{+1}$
Не обработана	Не обработана	$0^{+1} \dots 0^{+2}$

Собственная точность приспособления зависит от его конструкции и может быть очень высокой в зависимости от качества обработки его составных частей.

Допуск на базовые размеры приспособления принимается в 0,5...3,0 раза меньшим, чем допуск на базовые размеры конструкции, собираемой в этом приспособлении.

2.4. Принципиальная схема приспособления

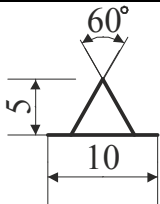

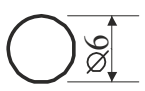

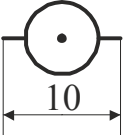


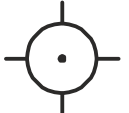
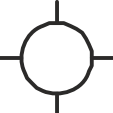
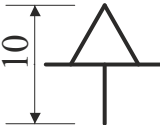

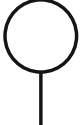
При сборке под сварку необходимо последовательно ориентировать собираемые в изделие детали, учитывать их совмещение в соответствии с размерами сборочного чертежа и временные закрепления деталей перед сваркой с помощью зажимных устройств. Тип и размеры установочных и зажимных элементов, их количество и взаимное расположение будут определяться исходя из выбранной схемы базирования.

Перед выполнением основных чертежей конструкции приспособления разрабатывается *принципиальная схема приспособления*, представляющая собой чертеж сварного изделия, на котором в виде условных обозначений указаны места, способы фиксирования и закрепления всех деталей, а также способы и устройства (упрощенно) для установки, поворота, подъема, съема деталей и изделий, другие механизмы. На принципиальной схеме расставляются необходимые для проектирования размеры в соответствии с проведенным расчетом размерных цепей.

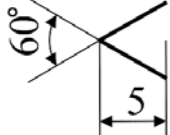
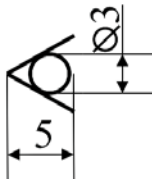
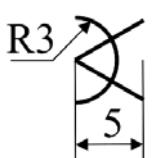
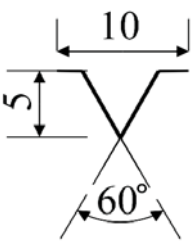

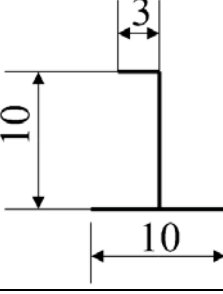
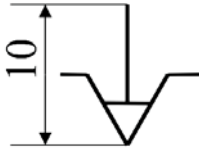
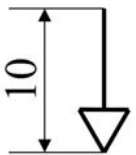
Условные обозначения установочных элементов приспособления согласно ГОСТ 3.1107–81 приведены в табл. 2.3. Для изображения обозначения опор, зажимов и установочных устройств следует применять сплошную тонкую линию по ГОСТ 2.303–68.

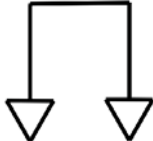
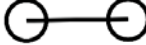

Таблица 2.3

Условное обозначение установочных элементов приспособления

Тип установочного элемента	Обозначение элементов на видах		
	спереди/сзади	сверху	снизу
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			

Продолжение табл. 2.3

Тип установочного элемента	Обозначение элементов на видах		
	спереди/сзади	сверху	снизу
Центр неподвижный		Без обозначения	Без обозначения
Центр вращающийся		Без обозначения	Без обозначения
Центр плавающий		Без обозначения	Без обозначения
Оправка цилиндрическая		Так же, как на виде спереди/сзади	
Оправка шариковая			
Патрон поводковый			
Цанговый патрон			
Одиночный зажим			

Тип установочного элемента	Обозначение элементов на видах		
	спереди/сзади	сверху	снизу
Двойной зажим			

Несколько обозначений одноименных опор на схемах на каждом виде допускается заменять одним с обозначением их числа справа. Кроме того, допускается обозначение подвижной, плавающей и регулируемой опор на видах сверху и снизу изображать как обозначение неподвижной опоры на аналогичных видах. Допускается обозначения опор и установочных устройств, кроме центров, наносить на выносных линиях соответствующих поверхностей. Пример перечисленных допущений представлен на рис. 2.32.

Обозначения форм рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств приведены на рис. 2.31.

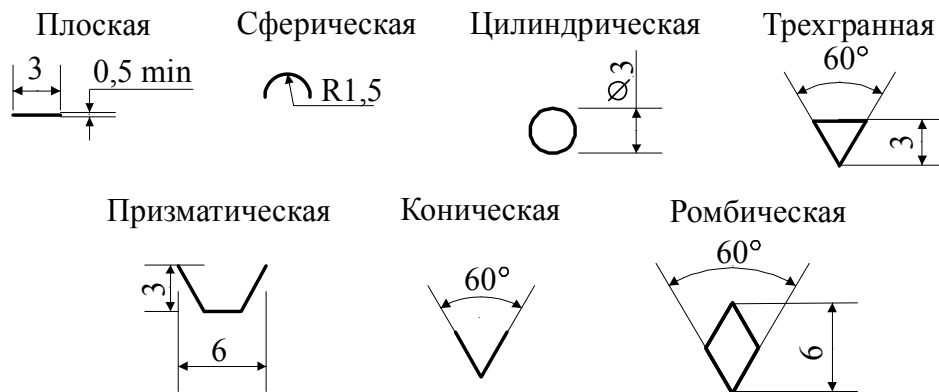


Рис. 2.31. Условное обозначение форм рабочих поверхностей установочных элементов приспособлений

Обозначения форм рабочих поверхностей необходимо наносить слева от обозначения соответствующей опоры, зажима или установочного устройства.

Для указания устройств зажимов следует применять следующие обозначения:

- P* – пневматическое;
- H* – гидравлическое;
- E* – электрическое;
- M* – магнитное;
- EM* – электромагнитное.

На рис. 2.32 представлена принципиальная схема приспособления для сборки и сварки проушины в соответствии со схемой базирования, показанной на рис. 2.9. Здесь пластина плоскостью *I* опирается на три неподвижных опоры со сферической выпуклой рабочей поверхностью, а плоскостью *II* устанавливается по двум подвижным опорам. Проушина устанавливается на пластину и определяет свое местоположение на ней с помощью трех подвижных упоров, контактирующих с плоскостью проушины *III*. Торцы проушины и пластины упираются в регулируемые упоры (на втором виде регулируемый упор пластины показан как нерегулируемая опора сверху). Для обеспечения постоянства места положения проушины и пластины в приспособлении они прижимаются к подвижным упорам пневмоприжимами.

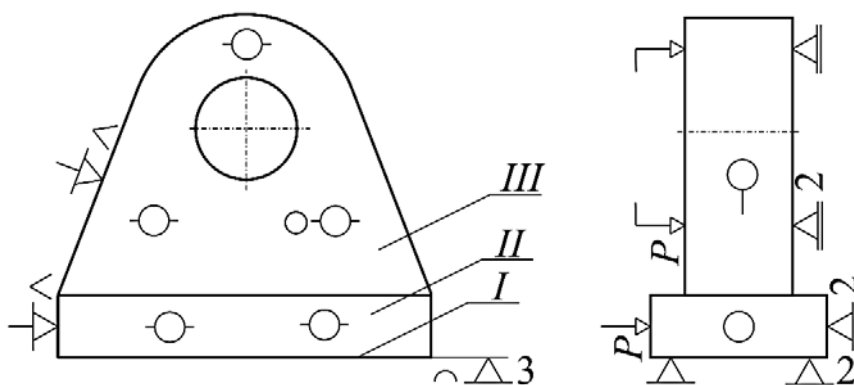


Рис. 2.32. Принципиальная схема приспособления для сборки проушины

Если устройство установочно-зажимное, то его обозначают сочетанием обозначений зажимов и установочных устройств. На рис. 2.33 представлена принципиальная схема приспособления для наплавки упрочняющего покрытия на цапфу вала. Вал установлен в цанговом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с поджимом, вращающимся центром и креплением в подвижном люнете.

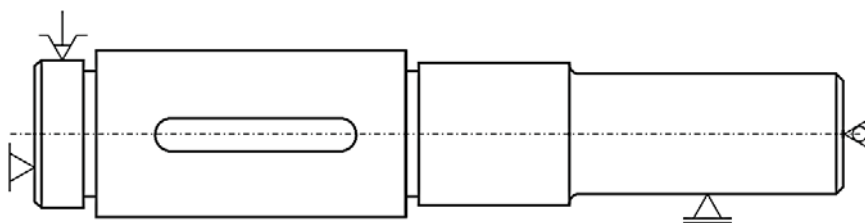


Рис. 2.33. Принципиальная схема приспособления для наплавки

При изготовлении принципиальной схемы наносить на нее все детали будущего приспособления подробно не следует. Детали и механизмы приспособления изображаются на ней условными обозначениями

другого цвета. При необходимости отдельные механизмы приспособления могут быть выполнены довольно подробно.

На схеме указываются те размеры, которые конструктор должен соблюдать при проектировании приспособления с особой точностью (см. п. 2.3). Для установки деталей из прокатных профилей упоры (фиксаторы) необходимо ставить к обушку, а не к полке. Размещение упоров не должно вызывать защемления в приспособлении собранного и прихваченного изделия.

Упоры должны исключать сдвиг изделия в сторону установочных элементов и обеспечивать свободный его съем. Для таких изделий неподвижные упоры располагаются не по всему периметру, а лишь по двум смежным сторонам; по остальным сторонам ставят отводные откидные или съемные упоры.

3. УСИЛИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

Для обеспечения неподвижности детали в приспособлении, постоянства ее места положения при повороте, плотного прилегания базовых поверхностей к опорам приспособления, удержания деталей от деформации при температурном воздействии сварочного цикла или создания обратной деформации необходимо обеспечить силовое замыкание детали. Одновременное силовое замыкание детали и ее базирование называется *установкой*.

Определять требуемые усилия зажима необходимо с учетом коэффициента запаса, который предусматривает непостоянство установки, отклонения формы и размеров заготовок, износ опорных и зажимных элементов приспособления. Для ручных зажимов следует использовать коэффициент запаса, равный 2, для механизированных – 1,5.

Для обеспечения неподвижности детали в приспособлении и постоянства ее места положения при повороте можно пользоваться формулой, связывающей массу изделия и коэффициент трения между опорными элементами приспособления и поверхностью детали:

$$P = \frac{k \cdot G \cdot \mu}{n}, \quad (3.1)$$

где k – коэффициент запаса; G – масса изделия, кг; μ – коэффициент трения стали по стали, принимаемый 0,2 для необработанных поверхностей и 0,16 для чистых обработанных поверхностей; n – количество прижимов.

Для того чтобы выбрать зажимное устройство, необходимо составить схему действия сил на детали изделия, выбрать точки приложения и направления сил зажима, рассчитать величину сил зажима.

Силы, действующие в сборочно-сварочном приспособлении, можно классифицировать следующим образом:

- 1) необходимые для удержания изделия от деформирования в процессе сварки и последующего остывания, вызванного усадкой сварного соединения;
- 2) необходимые для предварительного деформирования изделия с целью компенсации остаточной сварочной деформации (если это необходимо по заданию);

- 3) локальные усилия для подгибки деталей при сборке с целью их плотного прижатия к соседней детали и устранения местных зазоров (при необходимости).

Определение требуемых сил закрепления заготовок ведется в два этапа. На первом этапе теоретическим расчетом (по теории сварочных деформаций) или экспериментально (на опытных образцах) определяются форма и размеры остаточных сварочных деформаций изделия. На втором – расчетным путем определяются усилия и моменты, которые необходимо приложить к изделию, чтобы предупредить образование этих деформаций в сборочно-сварочном устройстве (свести их к нулю).

3.1. Деформации сварных конструкций

К основным видам деформаций сварных конструкций относят: местные «выпучины» (овальные и круглые); перемежающиеся выступы и впадины цилиндрической формы (волнистость); угловая деформация типа «домик», характерная для стыковых и тавровых соединений; скручивание.

Деформация волнистости и скручивания листов значительно легче устранимы, чем «выпучины» и «домики».

Поэтому в дальнейших расчетах на прочность следует учитывать главным образом те реактивные усилия, которые возникают на зажимах стэнда в результате образования «выпучин» и «домиков» под действием температурных и изгибающих моментов.

Для нахождения сил, удерживающих изделие от деформирования и обеспечивающих плотное прижатие деталей, теоретическим расчетом (по теории сварочных деформаций) необходимо определить форму остаточных сварочных деформаций или фактических отклонений. Затем расчетным путем установить усилия, необходимые для того, чтобы свести эти деформации к нулю. При расчетах следует ориентироваться на максимальные величины усилий с учетом их места приложения и направления.

3.1.1. Угловые деформации при сварке

Сварочные деформации, вызванные расширением металла во время термического нагрева и сужением в процессе охлаждения сварного шва, зависят от характеристик свариваемой конструкции и тепловложения в процессе сварки.

Теория сварочных деформаций и напряжений подробно изложена во многих учебниках и специальной литературе. При определении величины остаточной деформации используют как расчетно-теоретические методы, так и рецептурно-табличные способы оценки, полученные

на основе накопления и обобщения опытных данных по деформациям реальных сварных узлов и конструкций.

Угловые деформации возникают в случае, если имеется эксцентриситет между центром тяжести сварного шва и центром тяжести сварного соединения.

Используя накопленный опыт, угловую деформацию стыкового и таврового соединений можно определить по номограмме, представленной на рис. 3.1.

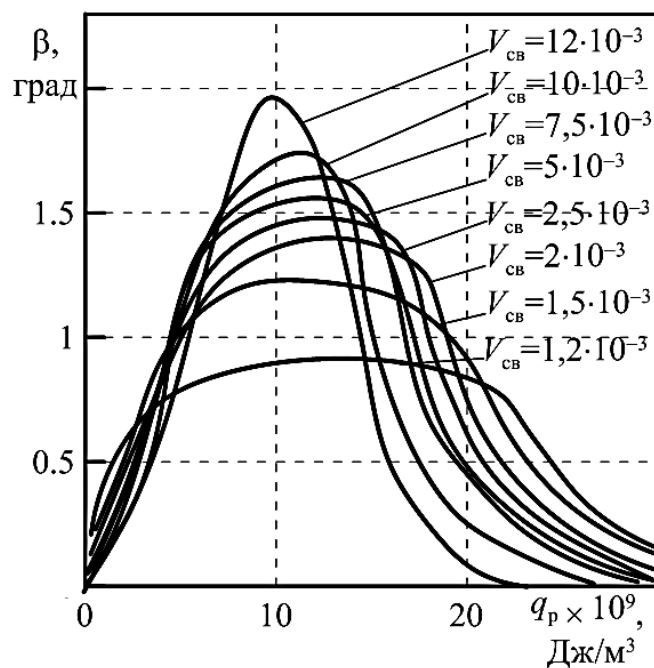


Рис. 3.1. Номограмма для определения угловой деформации при сварке встык и втавр

Угловая деформация зависит от скорости сварки $V_{св}$ [м/с] и расчетной эффективной мощности q_p [Дж/м³], которая определяется по формуле:

$$q_p = \frac{q}{V_{св} S_p^2}, \quad (3.2)$$

где S_p – расчетная толщина металла, м; $q/V_{св}$ – погонная энергия сварки, Дж/м.

Эффективная тепловая мощность q [Дж/м] определяется в соответствии с ГОСТ Р ISO 857–1–2009 по формуле:

$$q = \eta I_{св} U_d, \quad (3.3)$$

где η – коэффициент полезного действия дуги; $I_{св}$ – сила сварочного тока, А; U_d – напряжение на дуге, В.

За расчетную толщину металла принимают толщину заваренного слоя без учета высоты облицовочного слоя шва. При сварке первого шва расчетная толщина будет равна глубине провара, при сварке второго шва – общей высоте шва.

При двухпроходной двусторонней сварке углы от первого β_1 и второго β_2 швов вычитаются:

$$\beta = \beta_1 - \beta_2. \quad (3.3)$$

При вычитании углов от двусторонних швов угол β может получиться как положительный, так и отрицательный.

При многопроходной сварке угловую деформацию стыкового сварного соединения определяют по формуле:

$$\beta = \sum_i \beta_i m_i - \sum_j \beta_j m_j, \quad (3.4)$$

где β_i, β_j – углы изгиба от i -го и j -го проходов соответственно, град; m_i, m_j – поправочные коэффициенты, учитывающие номер прохода и определяемые по графику, который представлен на рис. 3.2.

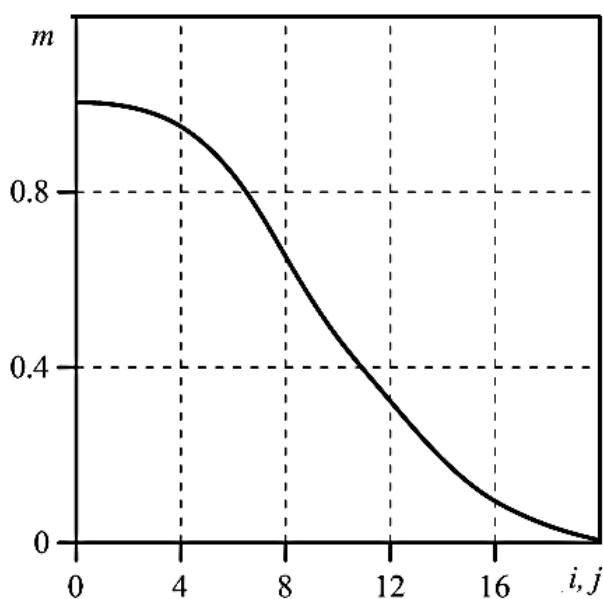


Рис. 3.2. График зависимости поправочного коэффициента m от номера прохода с каждой стороны разделки шва

3.1.2. Осевые деформации при сварке

При сварке двух пластин различной ширины создается эксцентриситет e относительно центров тяжести сварного шва и сварного соединения (рис. 3.3).

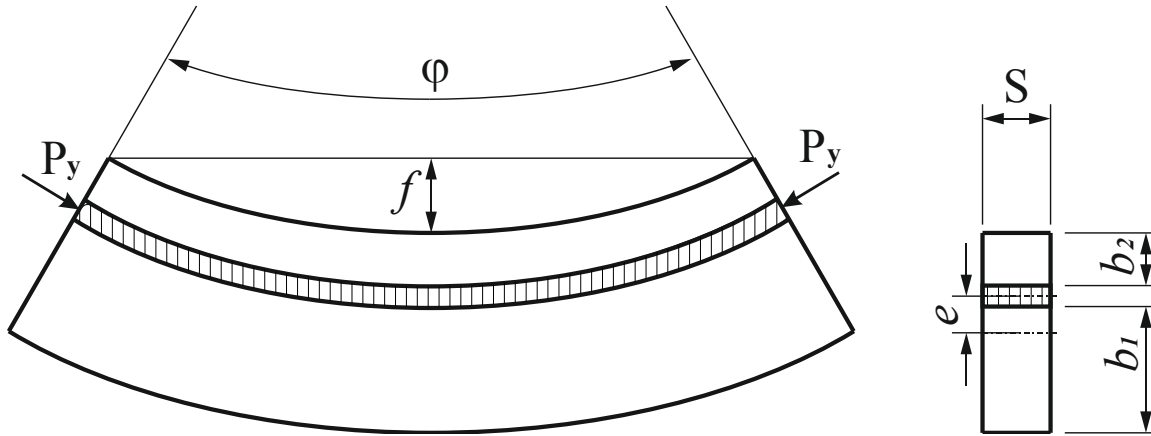


Рис. 3.3. Схема изгиба пластин под действием усадочной силы

Усадочная сила P_y в этом случае будет создавать изгибающий момент:

$$M_{и} = P_y e. \quad (3.5)$$

Под действием этого момента пластины изогнутся таким образом, что угол поворота φ концов пластины друг относительно друга будет равен:

$$\varphi = \frac{P_y e l}{E I}, \quad (3.6)$$

где l – длина пластины, м; I – момент инерции относительно центральной оси, м^4 ; E – модуль упругости, $\text{кг}/\text{см}^2$.

В работе [6] была установлена зависимость усадочной силы P_y от режима сварки и жесткости свариваемого элемента:

$$P_y = \frac{P_{y.ж}}{1 - \frac{P_{y.ж}}{\sigma_T} \left(\frac{e_1^2}{l_1} + \frac{e_2^2}{l_2} + \frac{1}{F} \right)}, \quad (3.7)$$

где $P_{y.ж}$ – усадочная сила, возникающая при укладке шва на свариваемый материал весьма высокой жесткости, Н; σ_T – предел текучести металла, МПа; l_1, l_2 – моменты инерции относительно главных осей.

Величину $P_{y.ж}$ определяют в зависимости от режима сварки:

$$P_{y.ж} = \left(\frac{23 \cdot 10^6}{\frac{q}{V_{св} S_p'} + 12,6 \cdot 10^7} + 0,0358 \right) q, \quad (3.8)$$

где S_p' – расчетная толщина свариваемого элемента.

Для стыковых и угловых соединений:

$$S'_p = 0,5(S_1 + S_2); \quad (3.9)$$

где S_1, S_2 – толщина свариваемых листов, мм.

Для тавровых соединений:

$$S'_p = 0,5(2S_{\text{п}} + S_{\text{с}}), \quad (3.10)$$

где $S_{\text{п}}, S_{\text{с}}$ – толщина полки и стенки соответственно, мм.

Суммарная усадочная сила P_{y2} при сварке в тавр двумя одинаковыми угловыми швами последовательно, зоны пластических деформаций которых перекрываются, будет равна 1,25...1,45 усадочной силы P_y от одного шва.

При сварке прерывистым швом усадочная сила будет равна:

$$P_{y.\text{пр}} = P_y \frac{t_{\text{ш}}}{t_{\text{пр}}}, \quad (3.11)$$

где $t_{\text{ш}}, t_{\text{пр}}$ – длина шва и шага прерывистого шва соответственно.

Осевой прогиб в центре пластин будет равен:

$$f = \frac{P_y e l^2}{8El}. \quad (3.12)$$

Продольное укорочение по оси Δ , которое будет являться составной частью погрешности изготовления конструкции, равно:

$$\Delta = \frac{P_y l}{E(b_1 + b_2)}. \quad (3.13)$$

3.2. Усилия прижатия деталей в приспособлении

Зная вид деформации сварного соединения и его величину, можно рассчитать усилие прижатия свариваемых заготовок, которое необходимо развить в зажимных устройствах приспособления.

3.2.1. Усилие прижатия при деформации типа круглой «выпучины»

Деформации типа круглой «выпучины» характерны для листовых полотнищ. «Выпучину» листов можно рассматривать как изогнутую пластину с жестко закрепленным контуром (рис. 3.4).

При изгибе такой пластины равномерно распределенной нагрузкой q величина прогиба в центре будет:

$$f = \frac{qr^4}{64c}, \quad (3.14)$$

где r – радиус круглой «выпучины»; c – цилиндрическая жесткость пластины, кгс/см², которая определяется через модуль упругости стали E (для углеродистой стали $E=2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²), толщину пластины b и коэффициент Пуассона ν (для большинства сталей $\nu=0,3$):

$$c = \frac{Eb^3}{12(1-\nu^2)}. \quad (3.15)$$

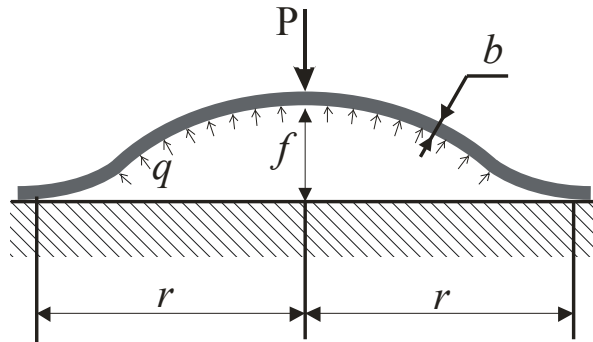


Рис. 3.4. Деформация листа типа круглой «выпучины»

Величину сосредоточенной силы P , необходимой для пожатия листа, можно определить через распределенную нагрузку:

$$P = q\pi r^2. \quad (3.16)$$

Наибольшее напряжение в центре пластины будет определяться из соотношения:

$$\sigma = \frac{3}{8} \frac{qr^2}{b^2} (1 + \nu). \quad (3.17)$$

Выразив это соотношение через сосредоточенную силу P , получим:

$$\sigma = \frac{0,15P}{b^2}. \quad (3.18)$$

Или:

$$\sigma = \frac{2,8fbE}{r^2}. \quad (3.19)$$

Возникающие напряжения в металле не должны выходить за предел упругости или предел текучести, т. к. чрезмерное зажатие листов может привести к появлению трещин в металле шва или в зоне термического влияния. Необходимо сравнить полученное напряжение с пределом текучести стали. Если окажется, что полученное напряжение превышает предел текучести, то искомое усилие прижатия листов необходимо ограничить допусаемым значением $P_{\text{доп}}$:

$$P_{\text{доп}} = \frac{\sigma_T b^2}{0,15}. \quad (3.20)$$

Найденное усилие прижатия P или $P_{\text{доп}}$ прилагается по двум параллельным линиям, расположенным близко к диаметру выпучины. Такое поджатие возможно с использованием клавишных зажимных устройств.

Расчетная нагрузка на единицу длины каждой кромки будет равна:

$$\rho = \frac{P}{4r}, \text{ или } \rho = \frac{P_{\text{доп}}}{4r}. \quad (3.21)$$

3.2.2. Усилие прижатия при деформации типа «домик»

При сварке стыковых и тавровых соединений возникают деформации типа «домик», или «грибовидность» (рис. 3.5).

В этом случае шов подвергается изгибу под действием изгибающего момента: $M = \rho l$.

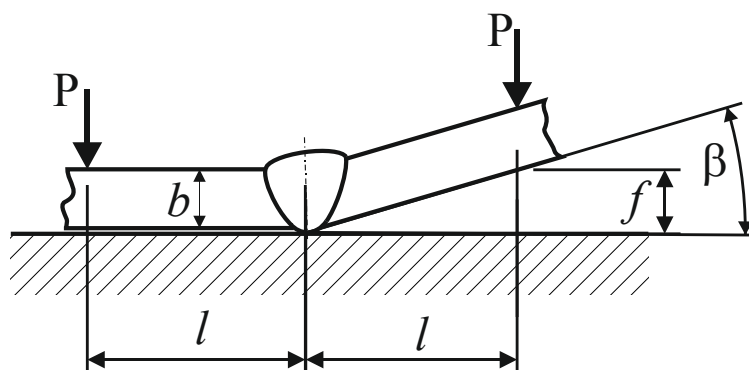


Рис. 3.5 Схема закрепления стыкового соединения для предупреждения угловой деформации

Усилие прижимов на кромку определяется по формуле:

$$P = \frac{b^3 \cdot E \cdot \text{tg } \beta}{4l^2}, \quad (3.22)$$

где b – толщина свариваемых листов, мм; E – модуль упругости стали, кг/см²; β – угол поворота пластины относительно оси шва, град; l – расстояние от оси стыка до прижима, мм.

При малом значении l и при жестком закреплении свариваемых кромок в металле шва могут возникнуть напряжения, превышающие предел текучести, что будет способствовать образованию трещин. Поэтому выбор усилия на зажимах ограничивают допусковым напряжением, например пределом текучести стали. Тогда для единицы кромки допустимое усилие прижатия найдется из условия:

$$P_{\text{доп}} = \frac{\sigma_{\text{доп}} b^2}{6l}. \quad (3.23)$$

При назначении допускаемого усилия прижатия через предел текучести стали необходимо провести проверочный расчет: сохранится ли плотное прилегание листов к стенду по линии прижимов или же под действием угловой деформации между листом и стендом образуется зазор.

Величина возможного зазора будет равна:

$$\Delta = f - f_0, \quad (3.24)$$

где f – максимальный зазор (мм), образующийся после сварки без прижатия листов, вычисляемый через угол деформации:

$$f = l \cdot \text{tg } \beta; \quad (3.25)$$

f_0 – расчетный прогиб (мм) при учете действия сил прижатия определяемый по формуле:

$$f_0 = \frac{4Pl^3}{Eb^3}. \quad (3.26)$$

При сравнительно малых угловых деформациях и толщинах листов до 5 мм расчет силы прижатия можно вести, выполняя условие плотного прилегания листов к стенду, т. е. $f = f_0$:

$$P = \frac{b^3 \cdot \text{tg } \beta \cdot E}{4l^2}. \quad (3.27)$$

Полученное усилие не должно превышать допустимого, определяемого по формуле (3.23).

Таким образом, существует критическая угловая деформация $\beta_{\text{кр}}$, в зависимости от которой и надо выбирать усилие прижатия листов. Критическая угловая деформация будет в том случае, если допустимое напряжение будет равно возникающему напряжению под действием усилия прижатия, а максимальный зазор, возникающий при сварке без прижатия, равен расчетному прогибу:

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma \text{ и } f = f_0. \quad (3.28)$$

Т. е.:

$$\text{tg } \beta_{\text{кр}} = \frac{2 l \sigma_{\text{доп}}}{3 E b}. \quad (3.29)$$

Если действительная угловая деформация превышает критическое значение, то определение усилия прижатия для тонких листов необхо-

димо вести по формуле (3.23), а с возникающим зазором под листами и стендом мириться.

Если $\beta < \beta_{кр}$, то расчет усилия прижатия необходимо вести по формуле (3.23). В этом случае желательно сделать запас усилия, учитывающий непостоянство установки, отклонения формы и размеров заготовок, износ опорных и зажимных элементов приспособления.

Данный метод расчета можно использовать при определении усилия прижатия полки тавра к стенду (рис. 3.6).

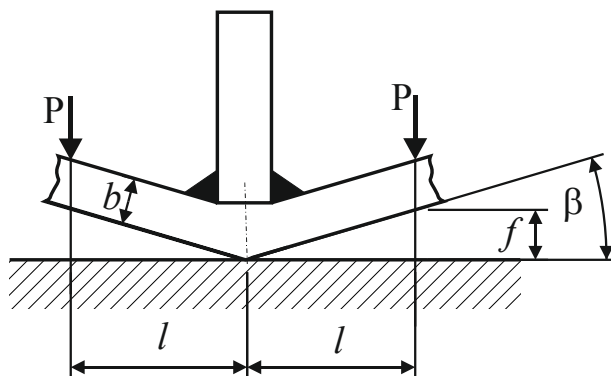


Рис. 3.6. Схема закрепления пояса балки для предупреждения угловой деформации

Если принимать в расчетах граничное условие прилегания пояса балки к кондуктору, то необходимое усилие прижатия будет находиться из условия $f = f_0$.

3.2.3. Усилие прижатия при продольном изгибе

Осевой изгиб наблюдается чаще всего в балочных конструкциях и встречается при сварке пластин (рис. 3.7). Такой прогиб появляется под действием момента, возникающего при усадочной силе за счет эксцентриситета между центром тяжести шва и центром тяжести сварного соединения.

Чтобы предотвратить изгиб сварного соединения, наличие которого может привести к смещению электрода от центра шва, его можно закрепить по одной из схем, представленных на рис. 3.7.

Прогиб балки, опертой по двум концам, можно определить по формуле:

$$f = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI} = \frac{P_y e l^2}{8EI}. \quad (3.30)$$

Тогда, выразив через полученное равенство равномерно распределенную нагрузку, получим:

$$q = 9,6 \frac{P_y e}{l^2}. \quad (3.31)$$

Усадочная сила, возникающая в балочных конструкциях при сварке тавра одним швом, равна:

$$P_y = 1,7 D k^2. \quad (3.32)$$

При сварке тавра двумя швами:

$$P_y = 1,955 D k^2. \quad (3.33)$$

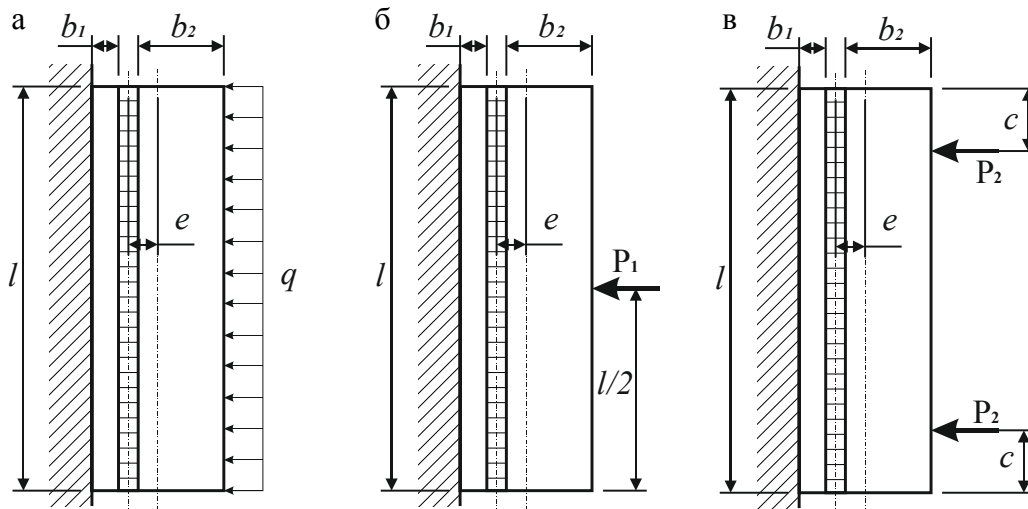


Рис. 3.7. Схемы закрепления изделия при осевом продольном изгибе:

В представленных формулах используется поправочный коэффициент $D=30\,000$ для автоматической сварки, $D=40\,000$ для ручной сварки и k – катет углового шва, мм.

Для сравнительно коротких балок используются схемы, представленные на рис. 3.7, б, в.

При закреплении в центре одним прижимом развиваемое им усилие будет равно:

$$P_1 = \frac{6P_y e}{l}. \quad (3.34)$$

При закреплении двумя прижимами, равномерно отстоящими от краев соединения, усилие прижатия двумя сосредоточенными силами будет равно:

$$P_2 = \frac{3P_y e l^2}{c(3l^2 - 4c)}. \quad (3.35)$$

В балочных конструкциях после сборки и сварки тавра со вторым поясом возникает изгиб в противоположном направлении, величину которого можно определить по этим же формулам, подставляя значение нового эксцентриситета e .

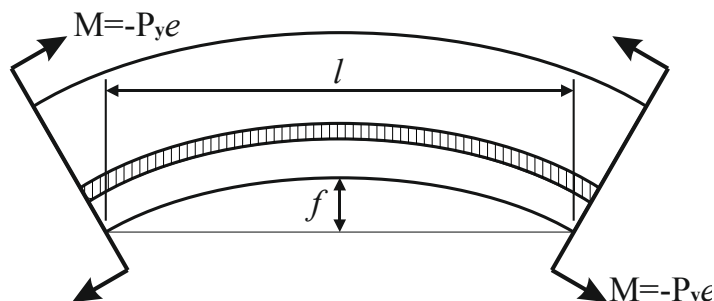


Рис. 3.8. Схемы закрепления предельно короткой балки в кондукторе

При анализе формулы определения силы P_1 можно заметить, что с увеличением длины балки или пластин l требуемое усилие прижатия уменьшается и наоборот. Значительное уменьшение длины балки, когда $l \rightarrow 0$, приводит к исчезновению изгибающего момента, и приложенные усилия начинают перерезать ее в поперечном направлении. Поэтому в кондукторах для сборки и сварки очень коротких балок предусматривают не поперечные силы, а изгибающие моменты, равные усадочному моменту ($M = P_y e$), но направленные в обратную от прогиба сторону (рис. 3.8).

4. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Для того чтобы обеспечить требуемое расчетами усилие прижатия свариваемых заготовок или обеспечить плотное прилегание базовых поверхностей детали к опорам и упорам приспособления, используются различные прижимы и зажимы.

Основное отличие прижимов от зажимов заключается в одностороннем действии силы прижатия. К прижимам и зажимам предъявляется целый ряд требований:

1. Усилие должно прилагаться в выбранной точке и иметь направление, указанное в схеме закрепления.
2. Прижимы должны располагаться над опорами или вблизи них. Они не должны создавать опрокидывающего момента или деформировать деталь.
3. Зажимные механизмы должны развивать заданное расчетное усилие для надежного закрепления деталей.
4. Расчет элементов прижимов и зажимов должен производиться по заранее выбранному или рассчитанному усилию, необходимому для закрепления изделия и предохранения его от деформации, а не наоборот.
5. Усилия от прижимов должны восприниматься жесткими опорами, чтобы не нарушать заданное положение деталей, портить их поверхности и вызывать деформирование.
6. Прижимы и зажимы должны быть быстродействующими, удобными и безопасными в работе и приводиться в действие без значительных усилий.

На рис. 4.1 представлена классификация зажимов.

Зажимы *прямого действия* передают усилия непосредственно на изделие. Зажимы, *трансформирующие усилия*, преобразуют приложенные усилия с помощью рычага, клина или винта.

Постоянные зажимы применяются в основном для закрепления деталей в вертикальном положении. Они крепятся к корпусу приспособления с помощью сварки или винтов. К ним относятся винтовые односторонние (рис. 4.2, а) и двусторонние (рис. 4.2, б) зажимы и зажимные втулки (рис. 4.2, в).

Поворотные и *откидные* прижимы служат в основном для закрепления деталей в горизонтальном положении (рис. 4.3). Прижимы крепятся на приспособлении рядом с его рабочей поверхностью таким об-

разом, чтобы при их отводе обеспечивалась свободная установка деталей перед сборкой и съем изделия после сварки.



Рис. 4.1. Классификация зажимов

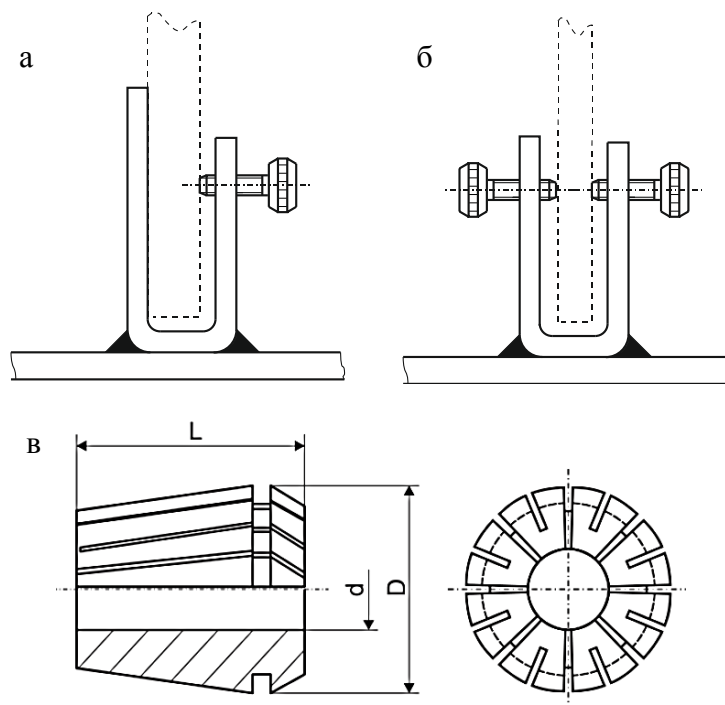


Рис. 4.2. Постоянные зажимы

4.1. Винтовые зажимы

Винтовые зажимы получили большое распространение в приспособлениях с ручным закреплением деталей и с механизированным приводом. Зажим винтовыми прижимами осуществляется при вращении винта или гайки. Время закрепления винтового зажима варьируется от 1,5 сек до 12 сек.

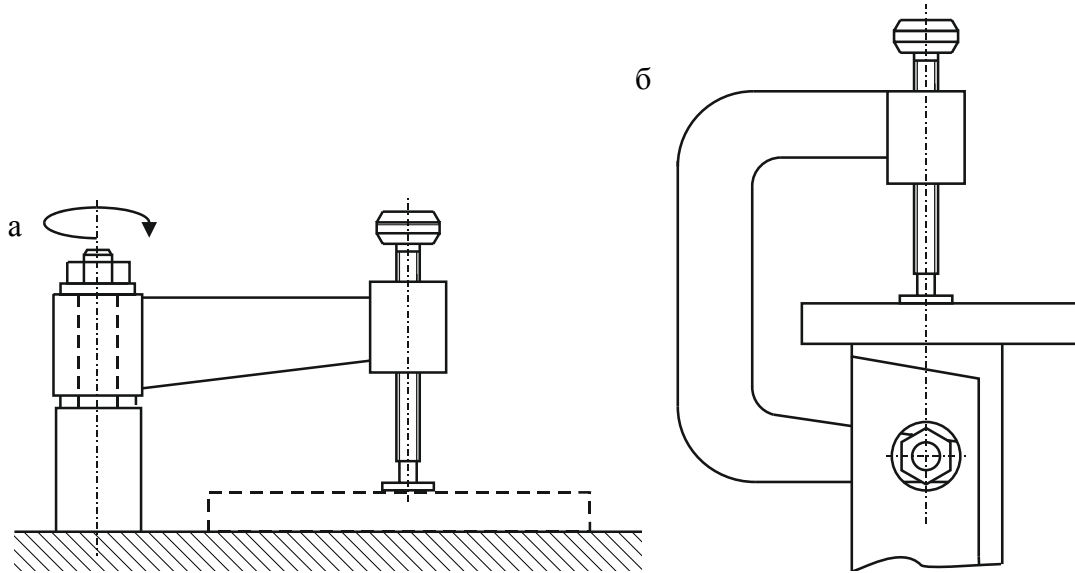


Рис. 4.3. Поворотный (а) и откидной (б) зажимы

Для предохранения поверхности прижимаемой детали от повреждения концы винтов снабжаются кольцами или нажимными пятками (рис. 4.4), увеличивающими площадь соприкосновения. Наконечники бывают точно направленными или качающимися.

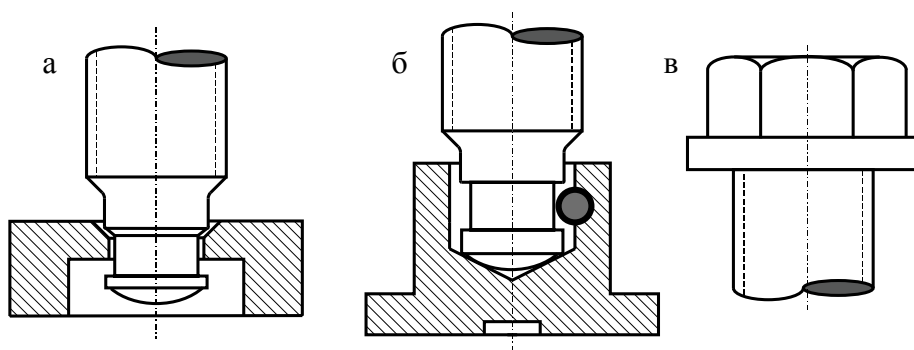


Рис. 4.4. Нажимное кольцо (а), пята (б) и головка (в) винтового прижима

Головки нажимных винтов должны иметь дополнительную опору в виде буртика (рис. 4.4, в), а сами винты снабжаться рукоятками, удобными для охвата рукой. Резьбу винтов целесообразно применять прямоугольную или трапецеидальную, реже метрическую.

К достоинствам винтовых зажимов можно отнести простую конструкцию, невысокую стоимость, надежность в работе и обеспечение необходимых (иногда значительных) усилий.

К недостаткам относятся низкая производительность сборочных работ, уязвимость резьбы при воздействии сварочных брызг и быстрый ее износ.

При расчете винтовых прижимов по требуемому усилию прижатия заготовки P определяют винт, гайку, корпус и элементы крепления прижима к корпусу приспособления (рис. 4.5).

Из условий прочности находится внутренний диаметр винта:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{1,27 \cdot P \cdot z}{[\sigma]_{\text{доп}}}}, \quad (4.1)$$

где P – необходимое усилие прижатия заготовки или детали, действующее по оси винта, Н; z – поправочный коэффициент, принимаемый для винта с пятой 1,4, для винта без пяты 2; $[\sigma]_{\text{доп}}$ – допускаемое напряжение на сжатие для винта, Н/мм².

Полученное значение $d_{\text{вн}}$ округляют до ближайшего большего по государственным стандартам на винты нажимные с рукояткой (ГОСТ 12463–67) или с концом под пяту (ГОСТ 13431–68). Далее по стандарту находят все остальные размеры винта. Длина винта будет зависеть от необходимого хода.

После выбора параметров винта необходимо провести проверочный расчет. Дополнительный проверочный расчет тяжело нагруженных винтов с пятой проводится по следующей схеме. Определяют усилие, развиваемое винтовым прижимом по формуле:

$$P = \frac{Ql}{\left[r_{\text{cp}} \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + \frac{1}{2} \mu D \right]}, \quad (4.2)$$

где Q – усилие, прикладываемое на рукоятке винта, обычно равное 10...15 Н; l – радиус рукоятки, мм; r_{cp} – средний радиус резьбы, мм; α – угол наклона резьбы; ρ – приведенный угол трения в резьбе; μ – коэффициент трения скольжения на торце винта; D – диаметр контактного кольца между винтом и пятой, мм.

Угол трения в резьбе зависит от вида резьбы. Приведенный угол трения определяется выражением:

$$\rho = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \beta}, \quad (4.3)$$

где $f=0,1$ – коэффициент трения скольжения; β – половина угла при вершине профиля резьбы.

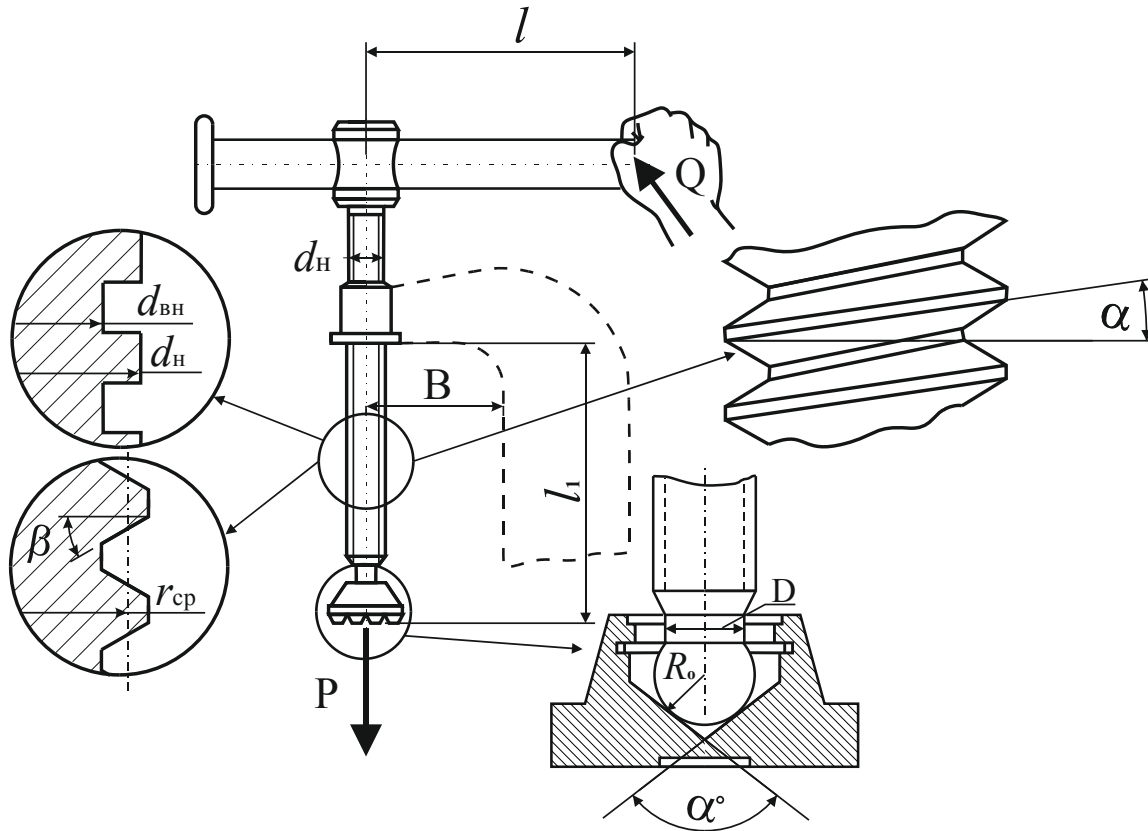


Рис. 4.5. Элементы винтового прижима

Для метрической резьбы $\beta = 30^\circ$, тогда $\rho = 6^\circ 40'$.

Для трапециевидной резьбы $\beta = 15^\circ$, тогда $\rho = 6^\circ$.

Для прямоугольной резьбы $\beta = 0^\circ$, тогда $\rho = 5^\circ 43'$.

Наибольший угол трения, характерный для метрической резьбы, способствует ее быстрому износу и необходимости применения большего усилия на рукоятке винта. Прямоугольная резьба, несмотря на наименьший угол трения, обладает меньшей прочностью и технологичностью. Поэтому с точки зрения надежности лучше использовать трапециевидную резьбу.

Для обеспечения **условия самоторможения винта** угол наклона резьбы α должен быть меньше приведенного угла трения ρ : $\alpha < \rho$.

Напряжение сжатия будет определяться как

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{1,27P}{d_{\text{вн}}^2}. \quad (4.4)$$

Если свободная длина винта от пяты до гайки l_1 больше $10d_{\text{вн}}$, то винт подлежит проверке не только на сжатие, но и на продольный изгиб и кручение.

Проверка на продольный изгиб осуществляется следующим образом:

$$\sigma_z = \frac{1,27zP}{d_{\text{вн}}^2 \varphi_0} \leq \sigma_{\text{доп}}, \quad (4.5)$$

где φ_0 – коэффициент уменьшения основного допускаемого напряжения на сжатие, определяемый по графику, представленному на рис. 4.6.

В соотношении l/r_0 , отложенном по оси абсцисс, l – расчетная длина при продольном изгибе, принимаемая равной $0,5l_1$ при жестком закреплении винта, r_0 – радиус инерции:

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,05d_{\text{вн}}^2}{F}}, \quad (4.6)$$

где F – площадь сечения винта по внутреннему его диаметру.

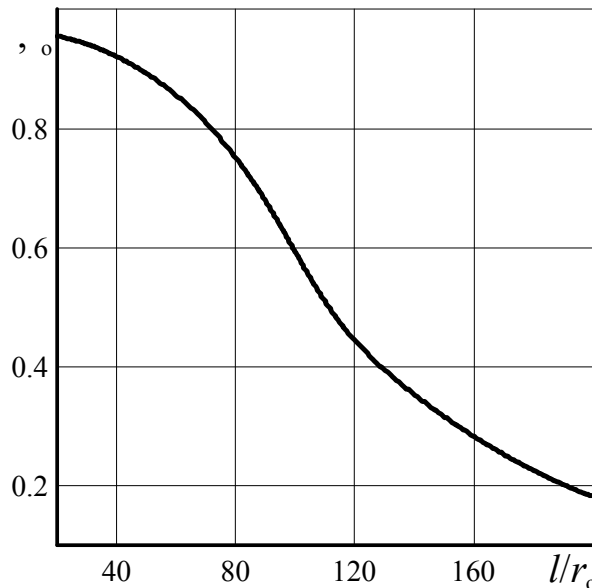


Рис. 4.6. График определения коэффициента уменьшения основного допускаемого напряжения на сжатие

Напряжение кручение определяется по формуле:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W}. \quad (4.7)$$

Максимальный крутящий момент на винте $M_{\text{кр}}$ равен сумме моментов от сил трения в резьбе и сил трения на опорной поверхности винта:

$$M_{\text{кр}} = P \cdot \text{tg}(\alpha + \rho) \cdot r_{\text{ср}} + \frac{1}{3} P \cdot R_0 \cdot f \cdot \text{ctg} \alpha^0, \quad (4.8)$$

где f – коэффициент трения, равный 0,2.

Если $\tau < \sigma_{\text{сж}}$, то полное напряжение на винте составит:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\text{сж}}^2 + 4\tau^2}. \quad (4.9)$$

Если $\tau > \sigma_{\text{сж}}$, то полное напряжение на винте будет равно:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\text{сж}}^2 + 3\tau^2}. \quad (4.10)$$

Суммарное напряжение на винте не должно превосходить $[\sigma]_{\text{доп}}$.

Расчет гайки заключается в определении количества витков резьбы:

$$n = \frac{P}{\frac{\pi}{4}(d_{\text{н}}^2 - d_{\text{вн}}^2)p_0}, \quad (4.11)$$

где p_0 – удельное давление на поверхности ниток резьбы, принимаемое для стального винта и чугунной гайки 49...59 кН/мм², для стальной гайки – 88...127 кН/мм².

Высота гайки:

$$H = \frac{nS}{m}, \quad (4.12)$$

где S – шаг винта; m – число заходов.

Гайку необходимо проверить на изгиб:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}}}{W} = \frac{P \frac{d_{\text{н}} - d_{\text{вн}}}{8}}{\frac{\pi d_{\text{н}} b^2 n r_1}{6}} = \frac{3 P (d_{\text{н}} - d_{\text{вн}})}{4 \pi d_{\text{н}} b^2 n r_1}, \quad (4.13)$$

где b – расчетная высота нитки, равная 0,5S для квадратной резьбы, 0,65S для трапецеидальной резьбы, 0,88S – для треугольной.

Полученное значение напряжения изгиба не должно превышать допускаемого для чугуна 392 МПа, для стали – 588 МПа.

Корпус винтового прижима испытывает изгиб от момента, возникающего при поджатии детали, поэтому его тоже необходимо рассчитывать на напряжение изгиба.

Изгибающий момент будет равен произведению усилия зажатия детали на плечо – расстояние от корпуса до оси винта (рис. 4.5):

$$M_{\text{и}} = PB. \quad (4.13)$$

Момент сопротивления изгибу будет зависеть от формы сечения корпуса и определяется как соотношение момента инерции сечения относительно горизонтальной оси к расстоянию от оси до наиболее удаленной точки поперечного сечения.

4.2. Клиновые зажимы

Клиновые зажимы могут быть постоянными и сменными, с двусторонним и односторонним скосом клина (рис. 4.7). Время закрепления такого зажима составляет 1,2...2,0 сек.

К достоинствам клиновых прижимов можно отнести простоту изготовления и возможность быстрого закрепления детали. К недостаткам относятся малая величина хода прижатия детали, большое усилие, требуемое для заколачивания и выколачивания клина, ограниченность силового воздействия на собираемые детали и низкий КПД.

Клиновые прижимы в основном используются для прижатия одного элемента к другому, для выравнивания кромок и как стяжное устройство.

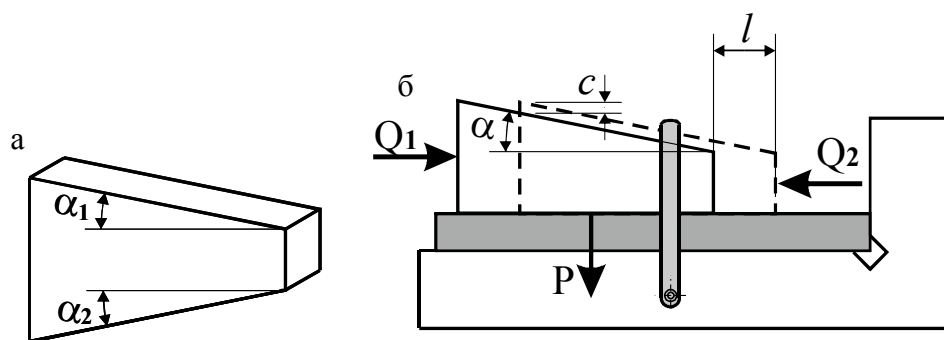


Рис. 4.7. Клиновой прижим:

а – с двусторонним скосом клина; б – с односторонним скосом клина

Для необходимого зажатия детали усилие, прикладываемое к клину, определяется по формуле:

$$Q_1 = P [\operatorname{tg}(\alpha + \rho) + \operatorname{tg} \rho], \quad (4.14)$$

где P – требуемое усилие прижатия детали, Н; α – угол скоса клина; ρ – угол трения клина и детали, равный арктангенсу коэффициента трения скольжения.

Для поджатия детали на величину c клин должен переместиться на величину l :

$$l = \frac{c}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (4.15)$$

Раскрепление сваренного узла выполняется через усилие выколачивания клина, которое определяет по формуле:

$$Q_2 = P [\operatorname{tg}(\rho - \alpha) + \operatorname{tg} \rho]. \quad (4.16)$$

Если угол скоса клина α будет равен 2ρ , то для выколачивания клина не потребуется никакого усилия, так как $Q_2 = 0$ Н. В этом случае за-

крепить деталь не представляется возможным, т. к. будет происходить самораскрепление прижимаемой детали. Поэтому при проектировании клиновых прижимов необходимо соблюдать условие самоторможения:

$$\begin{aligned} \alpha &\leq 2\rho - \text{для одностороннего клина;} \\ \alpha_1 + \alpha_2 &\leq 2\rho - \text{для двустороннего клина.} \end{aligned}$$

Коэффициент трения стали при сухой и чистой поверхности составляет 0,8, при смазанной поверхности – 0,16. Тогда угол трения в зависимости от вида поверхности будет варьироваться в пределах 9...38°. Угол скоса клина в этом случае принимается в пределах 4,5...19,0°.

Ширину клина обычно принимают 30 мм. Толщину клина определяют из условия прочности на смятие рабочих поверхностей клина:

$$\frac{P}{F} \leq [\sigma_{см}], \quad (4.17)$$

где P – требуемое усилие зажатия детали, Н; F – площадь поперечного сечения клина в месте приложения сжимающей нагрузки, мм²; $[\sigma_{см}] = 0,5 \dots 0,6\sigma_T$ – допускаемое напряжение на смятие, МПа.

Опаснее будет смятие той части, где площадь сечения меньше, поэтому толщину и ширину клина необходимо рассчитывать с учетом наименьшей площади поперечного сечения в месте действия сжимающего напряжения.

4.3. Рычажные зажимы

Рычажные зажимы представляют широкую группу разнообразных по конструктивному исполнению механизмов. В основном они состоят из комбинации рычагов первого и второго рода и используются в специализированных приспособлениях в крупносерийном и массовом производстве.

К рычажным зажимным механизмам можно отнести:

- 1) ручные шарнирно-рычажные прижимы;
- 2) однорычажные шарнирные зажимные механизмы одностороннего действия;
- 3) рычажный зажим двойного действия;
- 4) многозвенные рычажные механизмы;
- 5) рычажные зажимы с ручным приводом;
- 6) рычажные зажимы с пневматическим и гидравлическим приводом;
- 7) самозажимной рычажный механизм;
- 8) рычажный зажим с неподвижным цилиндром и рычагом первого или второго рода и т. д.

С помощью рычагов удастся создавать очень большие усилия. Наиболее часто рычаги применяются как промежуточный элемент в со-

четании с винтовыми, эксцентриковыми и клиновыми прижимами и называются *рычажно-винтовой*, *рычажно-эксцентриковый* и *рычажно-клиновой* соответственно.

Из всего многообразия схем действия сил рычажных прижимов можно выделить три основные и наиболее часто применяемые схемы (рис. 4.8). Схема, представленная на рис. 4.8, а, используется для увеличения прижимного усилия. В этом случае усилие Q , которое необходимо приложить к рычагу, будет определяться исходя из требуемого зажимного усилия по следующей зависимости:

$$Q = \frac{Pl}{L}. \quad (4.18)$$

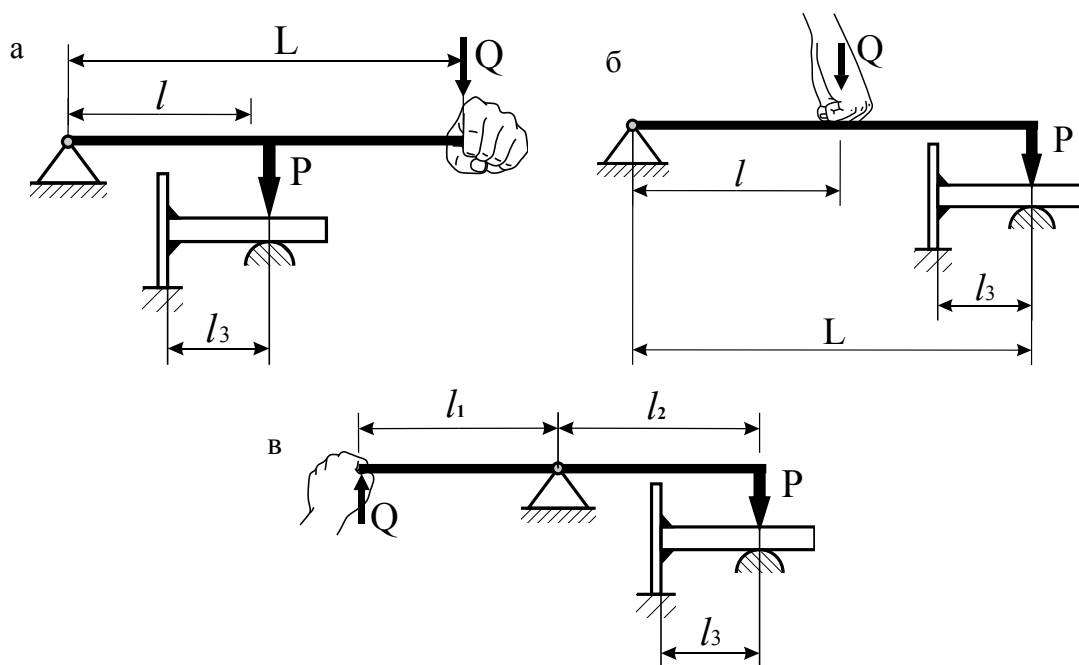


Рис. 4.8. Схемы действия сил в рычажных прижимах:
а – для увеличения прижимного усилия; б – для увеличения хода прижима;
в – для изменения направления действия силы

Схема, представленная на рис. 4.8, б, используется при необходимости увеличения хода прижима, тогда усилие, прикладываемое к зажиму, будет равно:

$$Q = \frac{PL}{l}. \quad (4.19)$$

Для лучшей компоновки сборочного приспособления используется схема действия сил, представленная на рис. 4.8, в. Усилие, прикладываемое к рычагу, определяется из соотношения

$$Q = \frac{Pl_2}{l_1}. \quad (4.20)$$

В формулах, l , l_1 , l_2 и L – плечи рычагов; P – требуемое усилие прижатия детали.

При сварке изделий в зажатом состоянии поперечная усадка сварных швов может вызвать опасные изгибающие напряжения, превышающие предел текучести металла шва. Поэтому усилия прижимов необходимо ограничивать условием:

$$\sigma < \sigma_T.$$

Если изгибающий момент в шве от действия силы P на плече l_3 будет равен моменту внутренних сил в металле шва при напряжениях $\sigma = [\sigma]$, то это прижимное усилие будет являться допускаемым ($P_{\text{доп}}$):

$$P_{\text{доп}} l_3 = W [\sigma]. \quad (4.21)$$

где $W = bh^2/6$ – момент сопротивления сечения шва на длине b при высоте шва в опасном сечении h . Тогда допускаемая сила прижатия будет равна:

$$P_{\text{доп}} = \frac{bh^2 [\sigma]}{6l_3}. \quad (4.22)$$

При сварке в незажатом состоянии ($P = P_{\text{доп}} = 0$ кгс) в области прижимов будет образовываться зазор:

$$\Delta_0 = l_3 \operatorname{tg} \alpha, \quad (4.23)$$

где α – угловая деформация, определяемая экспериментально или расчетным путем в соответствии с п. 3 пособия.

После приложения к детали усилия P возникнет прогиб обратного знака:

$$f = \frac{P_{\text{доп}} l_3^2}{3EI}, \quad (4.24)$$

где E – модуль упругости, $I = b\delta^3/12$ – момент инерции сечения прижимаемой детали (пластины) на длине b при толщине пластины δ .

Зазор между кондуктором и прижимаемой деталью возникнет тогда, когда $\Delta_0 > f$. С возможным зазором придется мириться, чтобы избежать опасных напряжений в сечении шва и развития трещин.

Для зажатия полки тавра с двух сторон широкое применение находят рычажно-клещевые зажимные устройства (рис. 4.9).

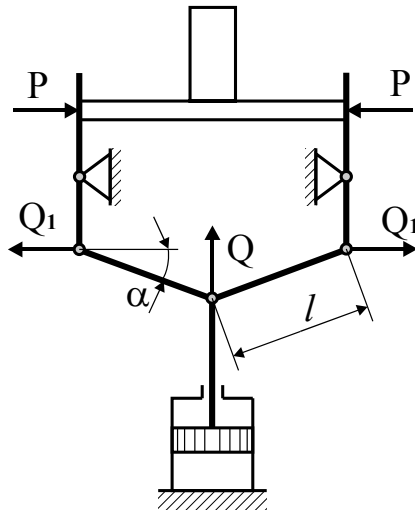


Рис. 4.9. Схема рычажно-клевцевого зажимного устройства

В этом случае реализуется схема рычажных прижимов с пневматическим приводом.

Привод передает усилие цилиндра через промежуточный распорный рычаг длиной l , расположенный под углом $5 \dots 10^\circ$ к направлению прижимного усилия P . Усилие Q , развиваемое цилиндром, направлено под прямым углом к прижимному усилию P .

Прижимное усилие, развиваемое при такой схеме, рассчитывается по формуле:

$$P = Q \frac{1}{\operatorname{tg} \left(\alpha + \arcsin f \frac{d}{l} \right)}, \quad (4.25)$$

где f – коэффициент трения в шарнире; d – диаметр шарнира.

Значение угла α варьируется в пределах $5 \dots 10^\circ$, что позволяет увеличивать усилие практически в 10 раз по сравнению с усилием, развиваемым приводом.

Размеры прижимных рычагов определяются из стандартных расчетов на прочность:

$$W = \frac{M_{\text{н}}}{[\sigma]}, \quad (4.26)$$

где W – момент сопротивления поперечного сечения рычага в опасном сечении.

В сборочно-сварочных приспособлениях универсального типа находят широкое применение ручные шарнирно-рычажные зажимы, которые могут пожимать деталь в вертикальном и горизонтальном положении в зависимости от крепления к основанию приспособления (рис. 4.10).

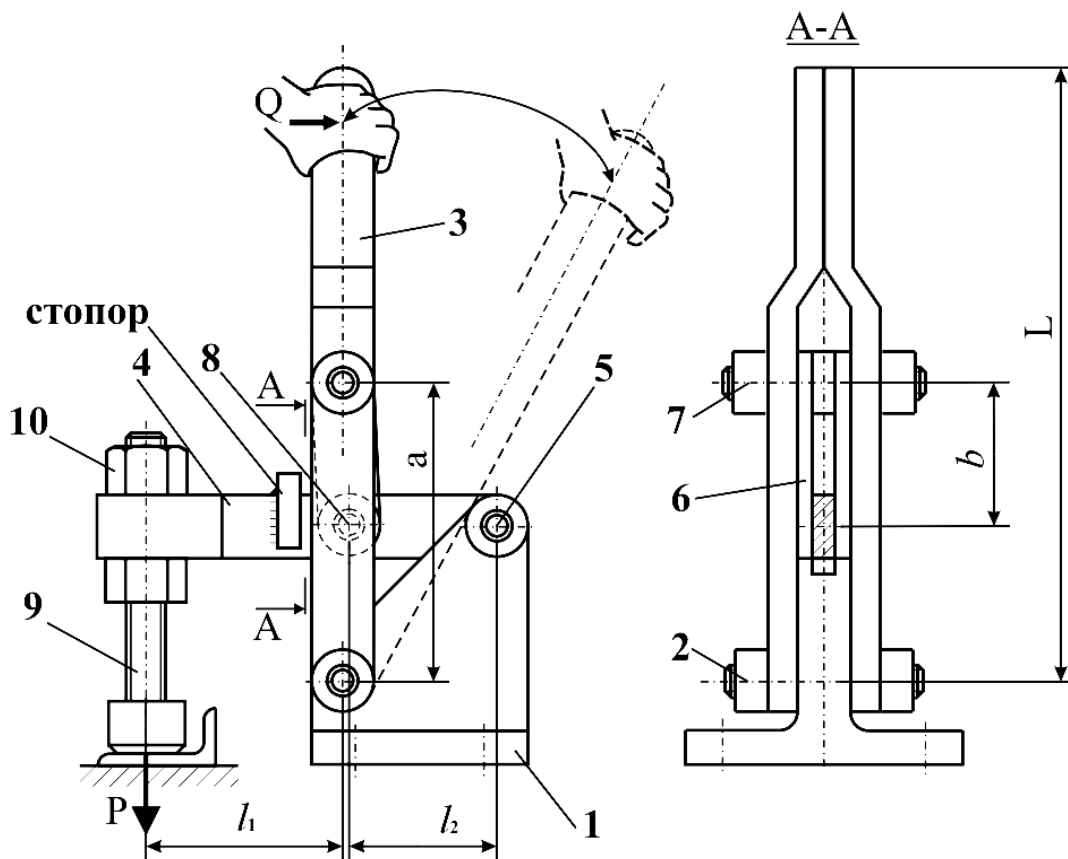


Рис. 4.10. Ручной шарнирно-рычажный прижим

Прижим действует за счет перехода рычагов через мертвую точку и состоит из стойки 1 и шарнирно закрепленных к ней рукоятки 3 на оси 2 и рычага 4 на оси 5. Рукоятка и рычаг соединены между собой планками 6, расположенными на осях 7 и 8. На конце рычага закреплен винт 9, длину которого можно регулировать гайками 10.

При движении рукоятки влево планки 6 нажимают на рычаг 4 и винт 9 прижимает деталь. При обратном движении рукоятки рычаг, поворачиваясь вокруг оси 5, отводит винт и освобождает детали от зажатия.

Для полного открытия прижима должно соблюдаться условие $b \geq l_2$. Сила зажатия будет расти пропорционально увеличению размера b , однако в этом случае необходимо принимать во внимание, что с ростом отношения b/l_2 увеличивается угол отвода рычага до полного открывания зажима, что уменьшает скорость раскрепления детали. Поэтому оптимальным соотношением следует считать $b = l_2$. Изменяя отношения L/a и l_2/l_1 , можно влиять на силу зажатия детали.

Для надежного закрепления детали необходимо, чтобы рукоятка располагалась под небольшим углом к планкам. Во избежание самопроизвольного раскрытия прижима при изменении толщины закрепляемой детали угол должен быть отрегулирован длиной нажимного винта.

При переходе через мертвую точку прижим фиксируется стопором, который располагается либо на рычаге как приварной элемент (рис. 4.10), либо на планке в виде уступа (рис. 4.11).

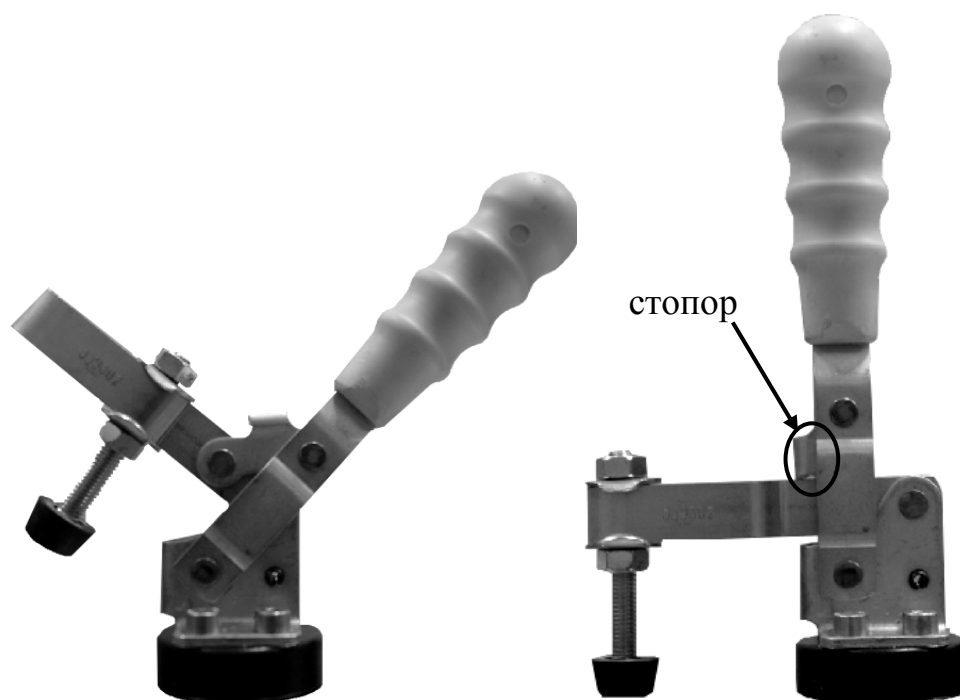


Рис. 4.11. Ручной шарнирно-рычажный прижим универсального сборочно-сварочного приспособления

Шарнирно-рычажные прижимы часто снабжают амортизаторами в виде прорезиненных прокладок, шайб Гровера и т. д., что обеспечивает длительную эксплуатацию механизма.

В случае зажатия упругих изделий роль амортизатора играют сами заготовки или детали. Конструктивно амортизации можно добиться за счет увеличения упругости рычага, удлиняя плечо l_1 (рис. 4.11).

4.4. Эксцентриковые зажимы

Эксцентриковые зажимы за счет своего быстродействия нашли широкое применение в приспособлениях, используемых в серийном и массовом производстве. Время закрепления и раскрепления зажимов составляет 0,7...2,0 сек, что является их основным достоинством. Основные конструкции и размеры эксцентриковых прижимов можно найти в ОСТ 108.895.102–76.

В зависимости от рабочей поверхности эксцентрики подразделяются на круговые и с торцевым кулачком.

В сборочно-сварочных приспособлениях применяются круговые эксцентрики (рис. 4.12).

Эксцентрикковые прижимы могут применяться самостоятельно или в комбинации с другими звеньями, рычагами, винтами или пневматикой.

К недостаткам эксцентрикковых прижимов можно отнести ограниченность применения для деталей больших толщин в связи с необходимостью соблюдения условия самоторможения и недостаточного угла поворота эксцентрика, а также ненадежность зажима при наличии ударных и вибрационных воздействий на детали (возможность самооткрывания).

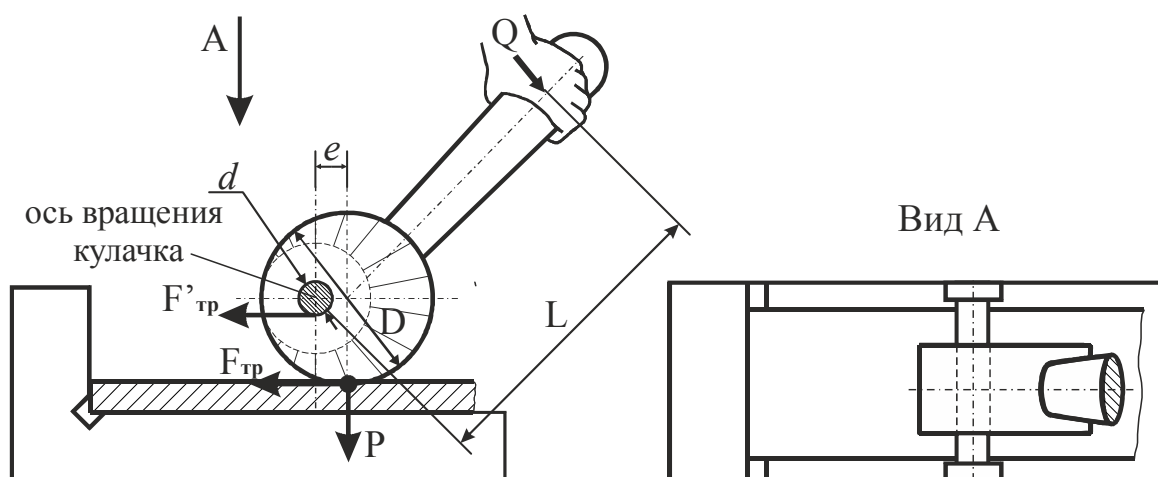


Рис. 4.12. Схема эксцентриккового прижима

Эксцентрикковый зажим развивает усилие прижатия детали P , в 10–12 раз превосходящее усилие, прикладываемое на рукоятке эксцентрика Q . Усилие, прикладываемое на рукоятке эксцентрика, принимается равным 150...200 Н.

Для надежного закрепления детали должно выполняться условие самоторможения эксцентрика:

$$Pe \leq F_{\text{тр}} \frac{D}{2} + F'_{\text{тр}} \frac{d}{2}, \quad (4.28)$$

где e – эксцентриситет, мм; D – диаметр эксцентрика, мм; d – диаметр оси вращения кулачка, мм; $F_{\text{тр}}$ – сила трения в контакте, кулачок – деталь, Н; $F'_{\text{тр}}$ – сила трения на оси вращения кулачка, Н.

Сила трения равна произведению коэффициента трения f на усилие P в контакте. Таким образом,

$$F_{\text{тр}} = fP. \quad (4.29)$$

Силой трения на оси вращения кулачка можно пренебречь, тогда условие самоторможения будет выражаться следующим образом:

$$Pe \leq fP \frac{D}{2}. \quad (4.30)$$

Коэффициент трения по стали при сухой и чистой поверхности равен 0,8, при мокрой – 0,16.

При зажатии детали с чистой и сухой поверхностью условие самоторможения будет выглядеть следующим образом:

$$e \leq 0,8 \frac{D}{2}. \quad (4.31)$$

При зажатии детали, имеющей на поверхности следы масла или влаги, условие самоторможения будет иметь вид:

$$e \leq 0,16 \frac{D}{2}. \quad (4.32)$$

Сравнивая полученные условия самоторможения, можно сделать вывод, что при зажатии деталей с загрязненными поверхностями угол поворота эксцентрика будет очень мал ввиду уменьшения эксцентриситета по условию самоторможения. Величина эксцентриситета обычно задается в пределах 3...6 мм, а диаметр эксцентрика – 40...80 мм. Длина плеча L в зависимости от конструкции приспособления обычно принимается равной 250...350 мм. Рабочая поверхность эксцентриков должна быть износостойкой, т. к. она подвержена сильному истиранию, поэтому эксцентрики изготавливают из закаленной стали.

Ширину эксцентрика можно найти из формулы:

$$b = \frac{0,638P}{[\sigma]^2 D \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}, \quad (4.33)$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение на смятие в месте контакта эксцентрика с заготовкой, принимаемое для закаленных сталей 800...1200 МПа; E_1, E_2 – упругости материалов эксцентрика и прижимаемой детали (для сталей $E = 2 \cdot 10^5 \dots 2,2 \cdot 10^5$ МПа); μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона материалов эксцентрика и прижимаемой детали (для стали $\mu = 0,25 \dots 0,30$).

Полученные расчетами размеры эксцентрика сопоставляются с размерами по ГОСТ 9061–68, и выбирается необходимый стандартный эксцентрикый зажим.

4.5. Пружинные зажимы

Пружинные зажимы в основном применяются при сборке небольших тонколистовых изделий ввиду малого зажимного усилия. В сборочно-сварочных приспособлениях в основном используются круглые и листовые пружины. Корпус прижима закрепляется в корпусе приспособления либо с помощью сварки, либо на винтах.

На рис. 4.13 представлен простой прижим с круглой пружиной. При сборке пружина сжимается на величину предварительной затяжки f_n с запасом 1...3 мм для компенсации неточности в установке прижима в корпусе приспособления и неточностей поверхности зажимаемой детали. Величина сжатия детали составляет:

$$f_i = f_n + (1...3). \quad (4.34)$$

Требуемый диаметр пружины и диаметр проволоки для пружины выбираются по ГОСТу и рассчитываются на кручение:

$$P = \frac{\pi d^3}{16r} R_s, \quad (4.35)$$

где d – диаметр проволоки, мм; r – средний радиус пружины, мм; $R_s = 40 \text{ кг/мм}^2$ – допускаемое напряжение на кручение.

Величина сжатия пружины, соответствующая силе зажатия, будет равна:

$$f_i = \frac{64Pr^3}{d^4G} i, \quad (4.35)$$

где $G = 8000 \text{ кг/мм}^2$ – модуль сдвига; i – число витков пружины.

Величину сжатия пружины всегда следует брать несколько большей, чем требуется для силы зажатия, чтобы получить некоторый запас осадки и возможность ее регулировки.

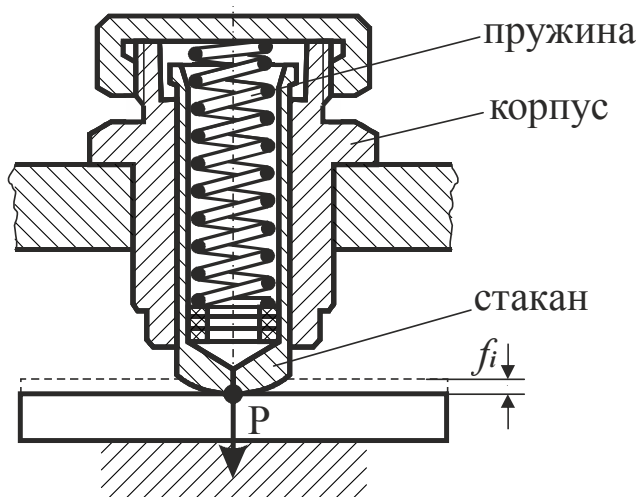


Рис. 4.13. Прижим с круглой пружиной

Основным достоинством пружинных прижимов является быстрота зажатия, а недостатком – небольшие усилия зажатия.

Методика определения размеров пружин изложена в ГОСТ 13765–86.

4.6. Пневматические и гидравлические приводы зажимных устройств

Для сокращения вспомогательного времени на зажатие длинномерных деталей используются пневматические и гидравлические прижимы, которые позволяют обеспечивать требуемые усилия прижатия одновременно в нескольких точках.

Основной частью пневматического привода является силовой узел, в качестве которого применяются пневмоцилиндры одностороннего или двустороннего действия, диафрагменные камеры и воздушные рукава.

На рис. 4.14 представлена схема работы пневмоцилиндра одностороннего действия, в котором сжатый воздух перемещает поршень только в одну сторону, обратный ход осуществляется возвратной пружиной. В таких пневмоцилиндрах требуется одностороннее уплотнение поршня и не требуется уплотнение штока. К недостаткам можно отнести расходование части усилия при рабочем ходе на сжатие возвратной пружины и возможность применять в прижимах с коротким ходом поршня.

В пневмоцилиндрах двустороннего действия поршень перемещается в обе стороны сжатым воздухом, что требует уплотнение поршня и штока одновременно.

Пневматические прижимы часто используются на предприятиях благодаря наличию сети сжатого воздуха, сравнительной простоте конструкции, надежности в работе и удобству управления. Несмотря на указанные достоинства пневмоприводов, гидравлические прижимы превосходят их по нескольким параметрам, что способствует выбору в пользу гидропривода.

Гидравлические прижимы позволяют развивать усилия, в десять и более раз превосходящие усилия пневмоприжимов. Благодаря этому диаметры гидроцилиндров намного меньше, что обеспечивает возможность вписать их в любую конструкцию приспособления. Также выбор в пользу гидропривода делается при необходимости увеличения хода штока, т. к. он обеспечивает плавность и бесшумность в работе. Пневмоцилиндры при большом ходе штока работают рывками и со значительным шумом, создавая добавочную динамическую нагрузку на все связанные с цилиндрами механизмы и опорные конструкции.

К недостаткам гидроприводов относятся высокая первоначальная стоимость, связанная с необходимостью создания гидростанции, и усложнение эксплуатации из-за частой утечки масла.

Пневмо- и гидроцилиндры могут поджимать детали напрямую штоком или через рычажную систему. При совместном использовании пневмо- и гидроприводов с рычагами реализуются всевозможные ком-

поновки приспособлений и обеспечивается увеличение усилия прижатия деталей.

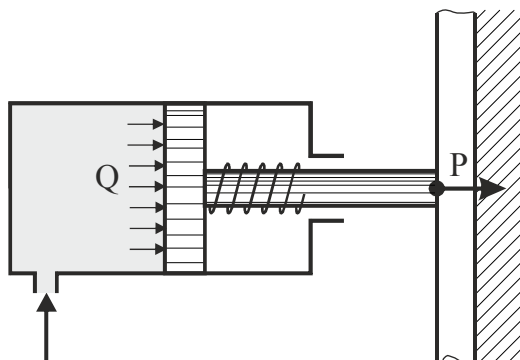


Рис. 4.14. Пневматический прижим

Форма корпуса цилиндра и места крепления к приспособлениям могут быть различны в зависимости от конструктивной схемы самого приспособления. По конструкции крепления к корпусу приспособления различают цилиндры с фланцевым креплением, с креплением на лапах и с шарнирным креплением (качающиеся).

По схеме расчета пневматические и гидравлические прижимы схожи, и при индивидуальном проектировании расчет производится по заданному усилию зажатия детали.

В цилиндрах двустороннего действия при толкающем движении штока:

$$P = Q \frac{\pi D^2}{4} \eta, \quad (4.36)$$

при обратном (тянущем) движении штока:

$$P_{\text{обр}} = Q \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \eta, \quad (4.37)$$

где Q – давление сжатого воздуха или масла в цилиндре, МПа; D – диаметр цилиндра, мм; d – диаметр штока, мм; η – коэффициент полезного действия, учитывающий потери на трение в манжетах, уплотнениях и направляющих штока.

В цилиндрах одностороннего действия с возвратной пружиной:

$$P = Q \frac{\pi D^2}{4} \eta - P_{\text{пруж}}, \quad (4.38)$$

где $P_{\text{пруж}}$ – сопротивление пружины в сжатом состоянии.

Решая обратную задачу, можно определить требуемый диаметр цилиндра. Определение толщины стенки силового цилиндра, крышки

и болтов крепления крышки к цилиндру или пневмокамере производят из условий прочности и герметичности соединения. Подробный расчет элементов представлен в [2].

Наиболее простой метод определения параметров привода заключается в подборе элементов конструкции цилиндров по заданному усилию и ходу штока из числа имеющихся нормализованных или выпускаемых серийно. Требуемое усилие пневмо- или гидроцилиндра сопоставляется с данными по ГОСТу и выбирается ближайший типоразмер цилиндра. Общие технические требования к конструкциям пневмоприводов представлены в ГОСТ 18460–81. При конструировании гидроприводов необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ Р 52543–2006. Основные параметры и размеры пневмоцилиндров и гидроцилиндров в ГОСТ 15608–81 и 6540–68.

4.7. Электромеханические и электромагнитные прижимы

Электромеханические прижимы обладают рядом достоинств: бесшумность в работе, долговечность, малые эксплуатационные расходы, обеспечение быстросдействия и условия самоторможения.

Электромеханический привод состоит из электродвигателя и зажимного устройства. Центрирование заготовок может осуществляться в призмах, а прижатие заготовки рычагом и винтовой парой. Такая схема позволяет одновременно устанавливать в приспособлении несколько деталей с цилиндрической поверхностью.

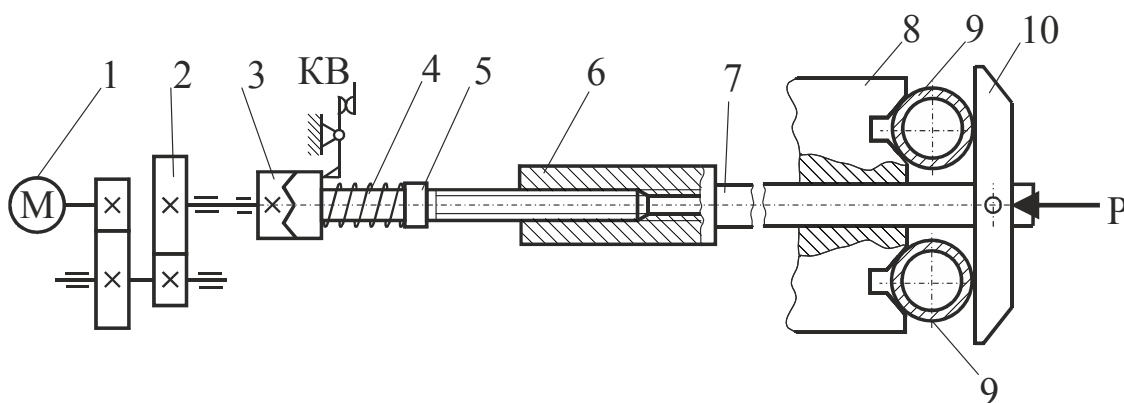


Рис. 4.15. Схема электромеханического привода

На рис. 4.15 представлена схема электромеханического привода. Электродвигатель 1 передает вращение через редуктор 2 и предохранительную муфту 3 на винт 4. При вращении винт перемещает гайку 6 со штоком 7. Рычаг 10, расположенный на конце штока, прижимает заготовки 9 к призмам 8 с требуемым усилием P . При достижении силы зажима P подвижная половина муфты отходит вправо, сжимая

пружину 4, и перестает вращаться. В этот момент концевой выключатель КВ отключает электродвигатель.

При конструировании электромеханического прижима целесообразно использовать унифицированные детали и узлы, представленные в соответствующих нормалях.

Выбор электродвигателя осуществляется через определение его требуемой мощности для развития заданного усилия прижатия:

$$N = \frac{P \cdot n \cdot r_{\text{cp}} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho)}{71620 \cdot \eta \cdot i}, \text{ [кВт]}, \quad (4.39)$$

где η – КПД редуктора; i – передаточное отношение редуктора; n – частота вращения электродвигателя, об/мин; r_{cp} – средний радиус резьбы винта, мм; α – угол подъема резьбы винта; ρ – угол трения в резьбовой паре (см. п. 4.1).

Значение исходной силы прижатия заготовок можно регулировать изменением предварительной затяжки пружины гайкой 5. Усилие предварительной затяжки $P_{\text{п}}$ пружины будет определяться исходя из заданного момента M (Н·мм), который должна развивать муфта, чтобы обеспечить усилие P :

$$P_{\text{п}} = \frac{M}{r_{\text{cp}} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho)}, \quad (4.40)$$

где r_{cp} – средний радиус расположения кулачкового венца муфты, мм; ρ – угол трения на поверхности контакта зубьев; α – угол наклона профиля зубьев.

Параметры и размеры кулачково-дисковых муфт представлены в ГОСТ 20720–93.

Электромагнитные прижимы применяются в основном для сборки и сварки тонколистовых полотнищ и для зажатия деталей, изготовленных из материала с высокой магнитной проницаемостью (рис. 4.16). Они изготавливаются в виде плоской или лекальной постели со встроенными электромагнитами, между которыми могут быть расположены флюсомедная или флюсовая подушка с пневматическим прижимом. Электромагниты, расположенные вдоль шва, плотно притягивают кромки стыкуемых листов к сборочному стенду. Расположение магнитов определяется раскроем листов и их числом в секции.

К достоинствам таких прижимов можно отнести:

- 1) равномерное распределение силы притяжения по всей опорной поверхности;
- 2) высокая жесткость;

- 3) свободный доступ к свариваемым поверхностям;
- 4) универсальность;
- 5) простоту и компактность.

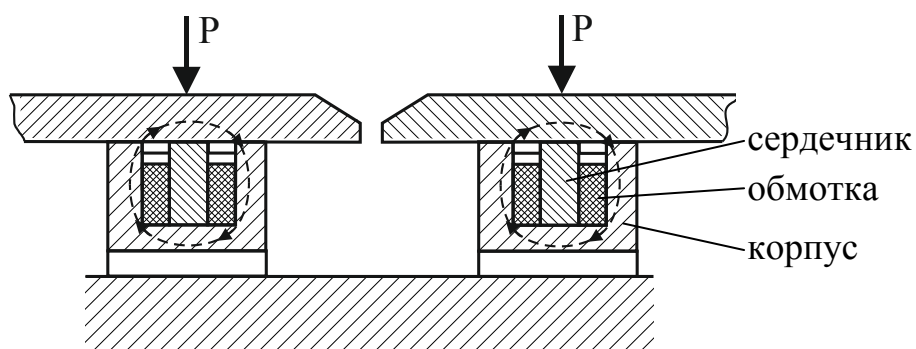


Рис. 4.16. Схема электромагнитного прижима

Основные размеры и технические характеристики прямоугольных электромагнитных плит представлены в ГОСТ 30273–98.

Силу прижатия при закреплении детали магнитным полем определяют через магнитную индукцию:

$$P = 4,06B, \quad (4.41)$$

где B – магнитная индукция, Тл.

Магнитные прижимы не требуют питания электрическим током. Основные размеры прямоугольных магнитных плит и технические требования к ним представлены в ГОСТ 16528–87.

В настоящее время различные фирмы представляют разнообразные конструкции магнитных сварочных прижимов. Компактные магнитные прижимы облегчают позиционирование и фиксирование ферритных изделий перед сваркой (рис. 4.17, а). С помощью таких прижимов можно получать стыковые, тавровые и угловые соединения (рис. 4.17, б).

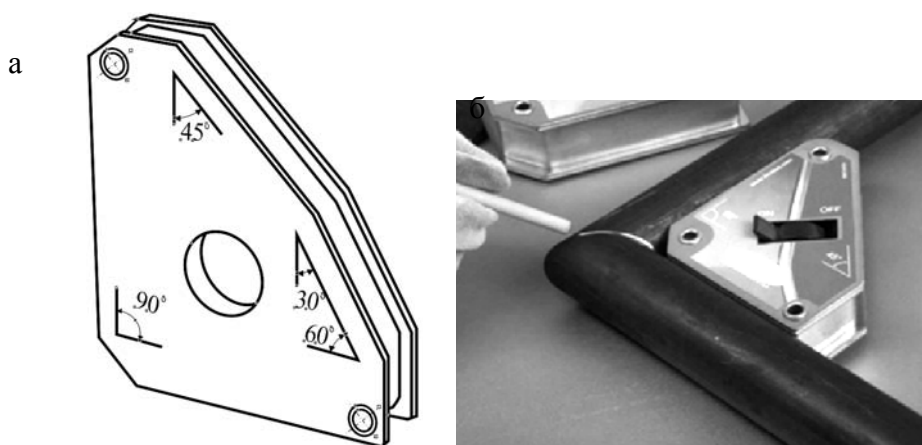


Рис. 4.17. Магнитные прижимы

5. ПОВОРОТ И ВРАЩЕНИЕ СВАРИВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для поворота и вращения изделий в сварочном производстве широко используются различные кантователи, которые можно разделить на манипуляторы, позиционеры, вращатели, роликовые стенды, поворотные столы и собственно кантователи. Выбор типа кантователя определяется программой выпуска изделий, конфигурацией, массой и габаритными размерами изделия, способами сварки и предъявляемыми к сварному узлу техническими требованиями.

Манипуляторы позволяют устанавливать цилиндрические или рамные конструкции с круговыми швами в удобное для сварки положение и вращать их со сварочной скоростью (рис. 5.1, а). Наиболее широко манипуляторы применяются при автоматической и механизированной сварке. Манипуляторы подразделяют на консольные, карусельные, консольные с частичным и полным уравниванием относительно оси наклона, карусельные с вертикальным подъемом, карусельные с радиальным подъемом, рычажно-секторные, карусельные с частичным и полным уравниванием относительно оси наклона.

Позиционеры позволяют вращать рамные и корпусные изделия вокруг двух осей для установки их в удобное для сварки положение (рис. 5.1, б). Позиционеры в основном применяют при ручной и полуавтоматической сварке.

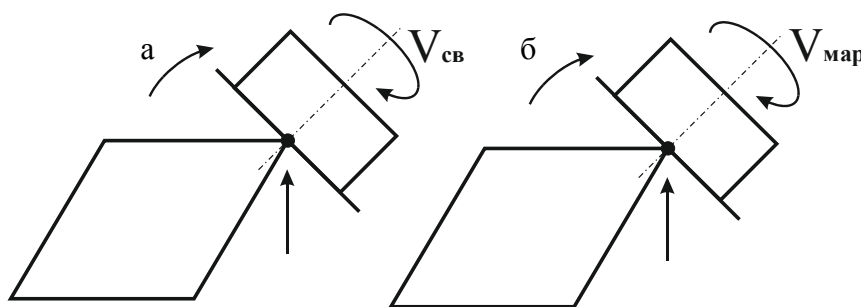


Рис. 5.1. Структурные схемы манипулятора (а) и позиционера (б)

Вращатели обеспечивают вращение цилиндрических и рамных конструкций с круговыми швами со сварочной скоростью вокруг одной постоянной оси: вертикальной (рис. 5.2, а), горизонтальной (рис. 5.2, б) или наклонной (рис. 5.2, в). В отличие от манипуляторов, они имеют

неподвижную или перемещающуюся непараллельно самой себе ось вращения. Структурные схемы вращателей представлены на рис. 5.2.

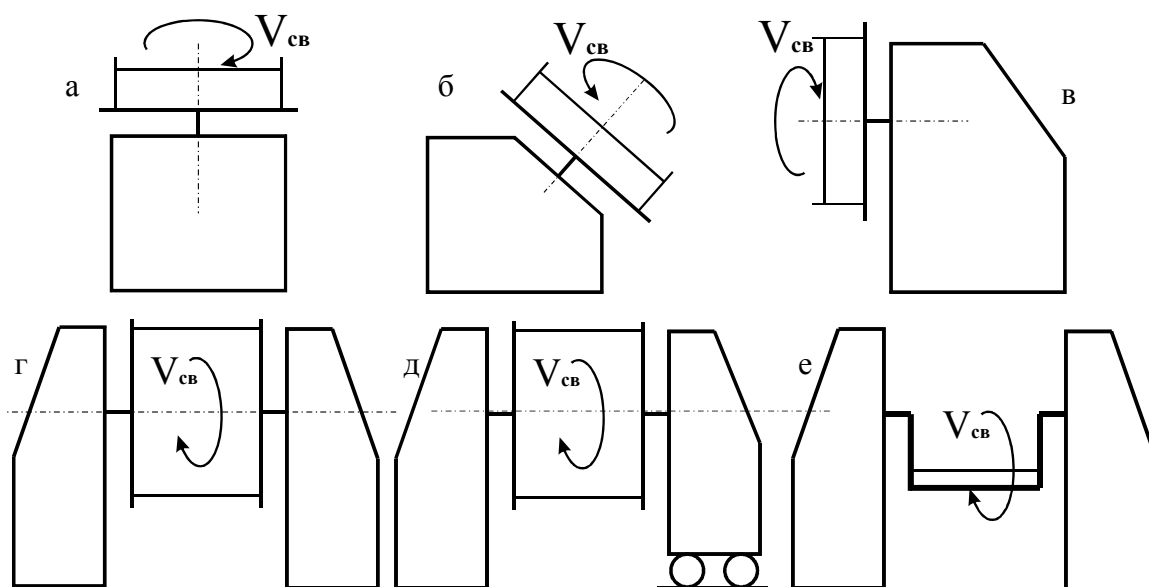


Рис. 5.2. Структурные схемы вращателей:

- а* – с вертикальной осью вращения; *б* – с наклонной осью вращения;
- в* – с горизонтальной осью вращения; *г* – двухстоечный с выдвижным шпинделем;
- д* – двухстоечный с передвижной стойкой и выдвижным шпинделем;
- е* – двухстоечный с поворотной платформой

Большую группу составляют кантователи, предназначенные для поворота изделий вокруг горизонтальной оси, чтобы установить их в удобное для сварки положение. К ним относятся:

- двухстоечные кантователи (рис. 5.3, *а*) для рамных, балочных и корпусных конструкций;
- двухстоечные кантователи с подъемными центрами (рис. 5.3, *б*) для крупных рам;
- одностоечные кантователи (рис. 5.3, *в*) для малогабаритных и компактных изделий;
- челночные (рис. 5.3, *г*) и кольцевые (рис. 5.3, *д*) кантователи для объемных рамных и корпусных конструкций;
- цепные и рычажные (рис. 5.3, *д*, *е*) для балочных конструкций с сечением, близким к квадрату, и др.

Для поворота небольших изделий вокруг вертикальной оси или установки их в удобное для сварки положение широко используются поворотные (рис. 5.4, *а*) и подъемно-поворотные (рис. 5.4, *б*) сварочные столы.

Для вращения крупногабаритных изделий при сборке и сварке продольных и кольцевых швов широко используются *роликовые стеллажи*

(рис. 5.7). Стенды могут вращаться как со сварочной, так и с маршевой скоростью.

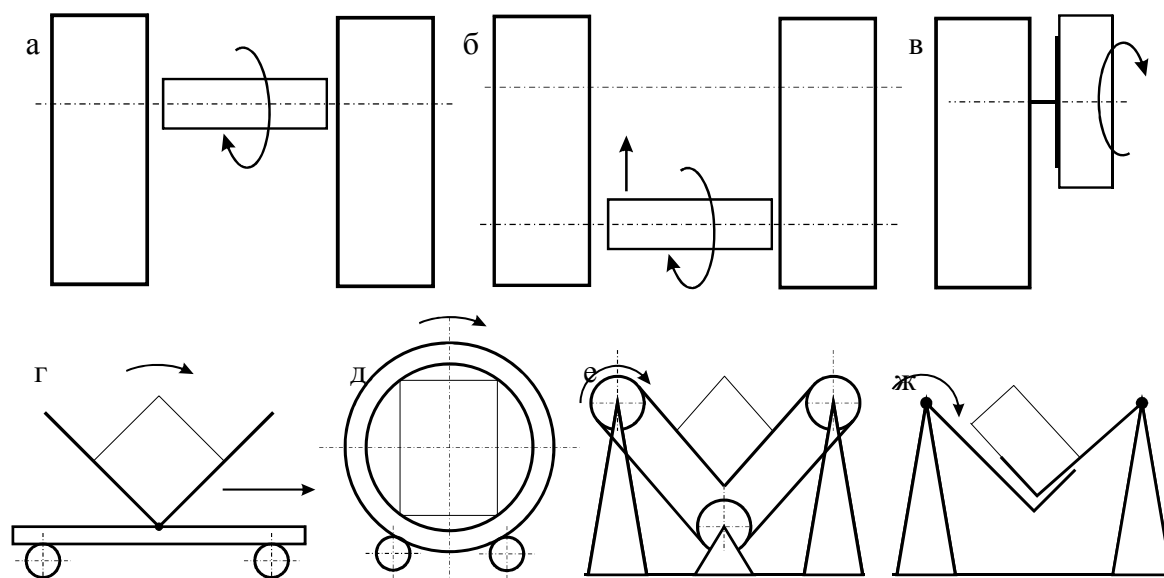


Рис. 5.3. Структурные схемы кантователей

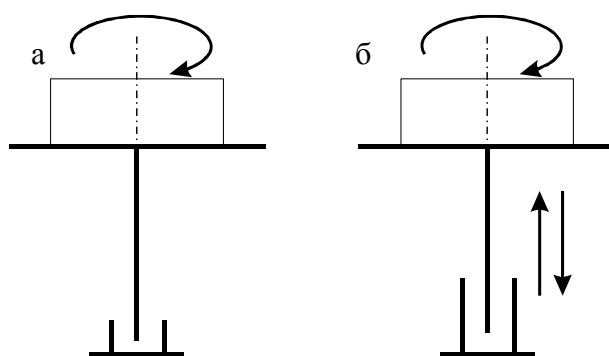


Рис. 5.4. Структурные схемы поворотного (а) и подъемно-поворотного (б) столов

5.1. Подбор и расчет одностоечных кантователей

Для вращения платформы кантователя часто используют механизмы поворота с электромеханическим приводом благодаря их простоте и надежности. В механизмах поворота в основном используют электродвигатели постоянного тока, позволяющие регулировать число оборотов для обеспечения заданной скорости сварки.

Основными параметрами кантователей являются грузоподъемность и крутящие моменты относительно оси вращения и опорной плоскости планшайбы. Кантователь подбирают по трем параметрам свариваемого изделия: по весу, расстоянию от центра тяжести до опорной плоскости планшайбы и от центра тяжести до оси вращения.

Если свариваемое изделие крепится через промежуточное приспособление, то необходимо учитывать общий вес конструкции и промежуточного приспособления, а расстояние от центра тяжести изделия до опорной плоскости планшайбы принимать с учетом высоты промежуточного приспособления. В этом случае одностоечные кантователи могут быть ограничены в применении. Ограничение накладывается благодаря одноопорному креплению изделия к планшайбе, которое при больших линейных размерах изделия может привести к возрастанию грузового изгибающего момента, действующего на шпindel кантователя, вследствие увеличения расстояния от центра тяжести изделия до опорной плоскости планшайбы.

На рис. 5.5 представлена расчетная схема одностоечного кантователя с горизонтальной осью вращения.

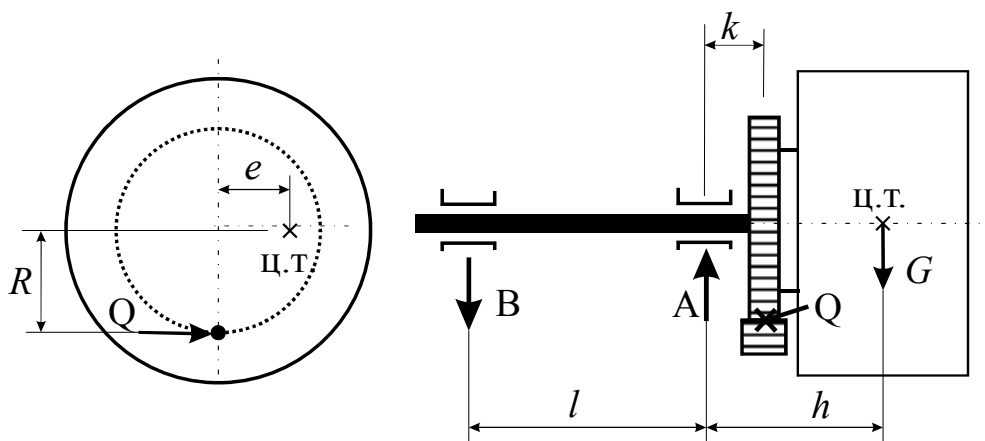


Рис. 5.5. Расчетная схема одностоечного кантователя с горизонтальным шпинделем и зубчатой парой на планшайбе

На схеме зубчатое колесо закреплено на консольной части шпинделя. Под действием силы тяжести изделия в опорах шпинделя, которыми являются подшипники, возникают реакции A и B , а шпindel подвергается изгибающему моменту. Наибольший изгибающий момент действует в опоре A . Он равен геометрической сумме двух изгибающих моментов, действующих во взаимно перпендикулярных плоскостях:

$$M_{\text{и}} = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}, \quad (5.1)$$

где $M_1 = Gh$ – грузовой момент; $M_2 = Qk$ – момент от действия окружного усилия на зубчатом колесе.

В свою очередь окружное усилие на зубчатом колесе равно:

$$Q = \frac{M_{\text{кр}}}{R}. \quad (5.2)$$

Наибольший крутящий момент $M_{кр}$, преодолеваемый приводом вращателя или кантователя, равен сумме грузового крутящего момента $M_{Г} = Ge$ (e – расстояние от центра тяжести изделия до оси вращения) и момента сил трения в подшипниках шпинделя $M_{тр}$:

$$M_{кр} = Ge + M_{тр}. \quad (5.3)$$

При расположении зубчатой пары на планшайбе грузовой крутящий момент $M_{Г}$ не передается на шпиндель и воспринимается лишь зубчатыми передачами привода, минуя шпиндель. Поэтому крутящий момент на шпинделе будет равен только моменту сил трения $M_{тр}$. В том случае, если шпиндель смонтирован на подшипниках качения, то моментом трения можно пренебречь. Если же шпиндель смонтирован на подшипниках скольжения, то этим моментом пренебрегать нельзя.

Полные усилия в подшипниках скольжения A и B будут равны геометрической сумме вертикальной и горизонтальной составляющих реакций опор:

$$A = \sqrt{\left(G \frac{l+h}{l}\right)^2 + \left(Q \frac{l+k}{l}\right)^2}; \quad (5.4)$$

$$B = \sqrt{\left(G \frac{h}{l}\right)^2 + \left(Q \frac{k}{l}\right)^2}. \quad (5.5)$$

Суммарный момент сил трения в подшипниках будет равен:

$$M_{тр} = 0,5f(Ad_A + Bd_B), \quad (5.6)$$

где d_A и d_B – диаметры шпинделя в подшипниках A и B ; f – коэффициент трения в подшипниках.

Предлагаемый метод расчета (метод последовательных приближений) основан на предварительном определении диаметров шпинделя d_A и d_B по эскизной схеме и по действующим грузовым моментам, с тем чтобы последующим расчетом уточнить диаметры и снова ввести в формулу.

Диаметр шпинделя в наиболее нагруженной опоре A , а следовательно, в опасном сечении, находится из расчета на изгиб и кручение.

Для подшипников скольжения:

$$D_A = \sqrt[3]{\frac{10\sqrt{M_{и}^2 + M_{тр}^2}}{[\sigma]}}. \quad (5.7)$$

Для подшипников качения:

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{10M_{и}}{[\sigma]}}. \quad (5.8)$$

$[\sigma]$ в формулах – допускаемое напряжение на изгиб, принимаемое для стали 40Х в пределах 600...800 кгс/см².

Мощность приводного электродвигателя определяется исходя из величины наибольшего крутящего момента, действующего на оси кантователя или вращателя:

$$N = \frac{M_{кр} n}{97400 \eta_0}, \quad (5.9)$$

где η_0 – общий КПД привода, определяемый как произведение КПД всех передач приводного механизма, например зубчатой передачи и червячного редуктора.

Так как свариваемые узлы и детали могут иметь различные толщину, катет шва и диаметр кругового шва, необходимо устанавливать частоту вращения для каждой детали индивидуально. Частота вращения n планшайбы (об/мин) определяется следующим образом:

$$n = \frac{V_{св}}{0,1884 D}, \quad (5.10)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч; D – диаметр кругового шва, мм.

Для уменьшения влияния на механизм привода инерционных масс конструкция манипулятора должна обеспечивать минимальное смещение центра тяжести всей поворотной системы, особенно в момент включения привода, когда инерционные силы достигают своего максимального значения. Устранение влияния инерционных сил достигается совмещением центра тяжести вращающихся масс с осью вращения, рациональным размещением на поворотной платформе свариваемого изделия либо постановкой противовесов.

5.2. Подбор и расчет двухстоечных кантователей

Двухстоечные кантователи по сравнению с одностоечными имеют преимущество, связанное с возможностью вращения изделий протяженной длины, т. к. они могут опираться на две опоры по концам.

Двухстоечные кантователи состоят из двух опорных бабок, одна из которых является приводной и в большинстве случаев представляет собой одностоечный кантователь, а вторая – подвижной холостой.

На рис. 5.6 представлена расчетная схема двухстоечного кантователя с торцевыми планшайбами и подшипниками скольжения.

Наибольший крутящий момент, воспринимаемый приводом кантователя, будет определяться по формуле (5.3). В этом случае момент сил трения в подшипниках будет определяться выражением:

$$M_{тр} = M_{тр1} + M_{тр2} = 0,5(A d_A f_A + B d_B f_B + C d_C f_C + D d_D f_D), \quad (5.11)$$

где A , B , C и D – усилия в подшипниках, определяемые по аналогии с формулами (5.4) и (5.5); d_A , d_B , d_C , d_D – соответствующие диаметры шпинделей; $M_{тр}$ и $M_{тр}$ – моменты сил трения в опорах A и C .

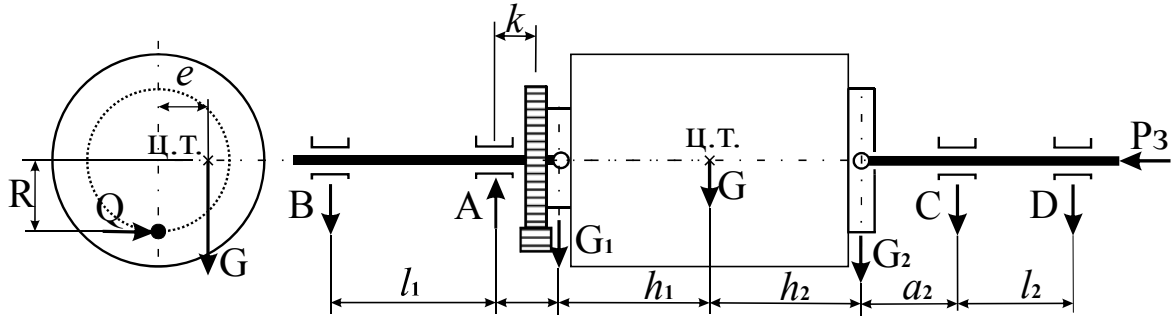


Рис. 5.6. Расчетная схема двухстоечного кантователя с горизонтальным шпинделем и зубчатой парой на планшайбе

При расчете усилий, возникающих в опорах, необходимо учитывать наличие усилий, действующих на хвостовики шпинделей. Усилия в хвостовиках шпинделей определяются как реакции опор балки весом G , свободно опертой своими концами в шарнирах передней и задней бабок:

$$G_1 = G \frac{h_2}{h_2 + h_1}; \quad G_2 = G \frac{h_1}{h_2 + h_1}. \quad (5.12)$$

Усилия, возникающие в подшипниках задней бабки, будут определяться как

$$C = G \frac{h_2(l_2 + a_2)}{l_2(h_1 + h_2)}; \quad D = G \frac{h_1 a_2}{l_2(h_1 + h_2)}. \quad (5.13)$$

В подшипниках передней бабки дополнительно будут возникать радиальные усилия под действием окружной силы $Q = M_{кр}/R$. $M_{кр}$ определяется по формуле (5.3).

Суммарные усилия в опорах A и B определяются следующим образом:

$$A = \sqrt{\left(G \frac{h_2(l_1 + a_1)}{l_1(h_1 + h_2)} \right)^2 + \left(Q \frac{l_1 + k}{l_1} \right)^2}; \quad (5.14)$$

$$B = \sqrt{\left(G \frac{h_2 a_1}{l_1(h_1 + h_2)} \right)^2 + \left(Q \frac{k}{l_1} \right)^2}. \quad (5.15)$$

Изгибающие моменты в опасных сечениях – подшипниках A и C – будут равны:

$$M_A = \sqrt{G_1^2 a_1^2 + Q^2 k^2}; \quad (5.16)$$

$$M_C = G \frac{a_2 h_1}{h_1 + h_2}. \quad (5.17)$$

Диаметры шпинделя в опасных сечениях могут быть найдены из расчетных эквивалентных моментов для шпинделя передней и задней бабок:

$$M_{\text{э1}} = \sqrt{M_A^2 + M_{\text{тр1}}^2}; \quad (5.18)$$

$$M_{\text{э2}} = \sqrt{M_C^2 + M_{\text{тр2}}^2}. \quad (5.19)$$

В случае использования подшипников качения рассчитывается приведенный момент по формуле:

$$M_{\text{пр}} = \left[2,6 \frac{f_1}{d} \times \left(1 + \frac{D_0}{\delta} \right) \right] rG + \frac{f_1 D P_3}{\delta}, \quad (5.20)$$

где f_1 – коэффициент трения качения; d – диаметр шпинделя (цапфы) под подшипником, см; D_0 – диаметр внутреннего кольца радиального подшипника, см; δ – диаметр шарика, см; r – радиус цапфы, см; P_3 – осевая сила зажатия изделия, Н; D – средний диаметр беговой дорожки шариков упорного подшипника, см.

Осевая сила зажатия детали определится по следующей зависимости:

$$P_3 = \frac{pld}{1,27}, \quad (5.21)$$

где p – допустимое давление стали по стали (130...200 кгс/см²), стали по бронзе (60...90 кгс/см²), стали по чугуну (15...25 кгс/см²); l – длина цапфы, см.

Мощность двигателя:

$$N_{\text{дв}} = 0,7355 \frac{M_{\text{пр}} n}{71620 \eta} \quad (5.22)$$

5.3. Роликовые стенды

Для вращения цилиндрических и конических изделий во время сварки или наплавки применяются роликовые стенды, которые представляют собой роликоопоры, монтируемые на осях вращения. В зависимости от геометрической формы, габаритных размеров и веса изделия роликовые стенды выполняются в трех вариантах.

В случае сварки не особо тяжелого изделия цилиндрической формы, у которого в любом сечении окружность одинакового диаметра, один ряд роликов выполняется ведущим, а второй холостым.

При возрастании веса конструкции может возникнуть ее пробуксовывание по роликам; чтобы избежать этого явления схеме роликового стенда, оба ряда роликов выполняются приводными, однако в этом случае стенд намного сложнее.

Если же свариваемая конструкция имеет коническую или ступенчатую цилиндрическую форму, то приводными делаются по одному из роликов каждого ряда, находящихся на одном уровне, все остальные ролики выполняются холостыми. Такая схема обеспечивает разную окружную скорость на роликах в зависимости от вращаемого на них диаметра в сечении конструкции.

На рис. 5.7 представлена расчетная схема роликового стенда.

Действительная радиальная нагрузка на одну опору Q :

$$Q = \frac{G}{n \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, \quad (5.23)$$

где G – масса изделия, кг; n – число оборотов.

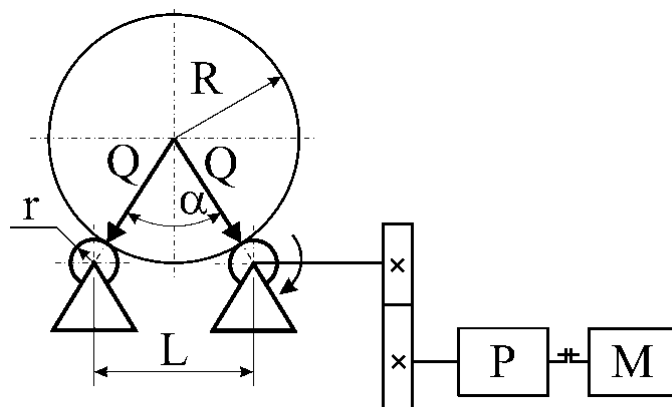


Рис. 5.7. Расчетная схема роликового стенда

Мощность двигателя будет определяться по приведенному моменту, который равен:

$$M_{пр} = \frac{Gf_1 \left(\frac{R}{r} + 1\right)}{\cos \alpha}, \quad (5.24)$$

где f_1 – коэффициент трения качения; R – радиус изделия, мм; r – радиус ролика; α – угол от центра изделия между роликами.

Число оборотов можно найти из формулы:

$$n = \frac{V}{\pi D}. \quad (5.25)$$

Мощность двигателя определяется в соответствии с формулой (5.9).

Диаметр ролика для стенда можно принимать по табличным данным. В табл. 5.1 представлены типовые роlikоопоры роlikовых стендов.

Таблица 5.1

Роlikоопоры для роlikовых стендов

Номинальная нагрузка на опору, тс	Минимальный диаметр изделия, м	Диаметр ролика, мм
0,25	0,3	410
0,50		
1,00	0,5	410
2,00	0,8	522
4,00		
8,00	0,8	522
16,00		

Угол α назначается в пределах $50 \dots 120^\circ$, исходя из условия статической устойчивости расположения вращаемого изделия на стенде.

6. ОПОРНЫЕ И НАПРАВЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

6.1. Корпус и основания приспособлений

Корпусы и основания – это базовые и наиболее ответственные элементы приспособлений, с помощью которых все детали и устройства объединяются в единое целое. Они обеспечивают заданное расположение всех элементов и устройств приспособления, воспринимают силы обработки и зажима заготовок.

Корпус и основание приспособления должно быть технологичным, иметь рациональное конструктивное оформление, обладать малой массой и быть компактным. Последнее требование особенно важно для переносных, передвижных и поворотных приспособлений.

Все корпуса и основания в зависимости от условий их эксплуатации необходимо изготавливать из материалов, обладающих либо хорошими демпфирующими свойствами, например серый чугун марок СЧ10, СЧ15, либо высокой прочностью (стали марок Ст5, сталь 35Л, сталь 45), либо легкостью (алюминиевые сплавы марок АЛ6, АЛ9).

Основания приспособлений по форме и размерам можно разделить на четыре группы в зависимости от конфигурации изделия, собираемого в приспособлении, а также от вида и расположения фиксирующих, зажимных и направляющих элементов.

Первая группа. Основания приспособлений небольших размеров. В качестве оснований используются плиты, размер которых не превышает 250×300×14 мм. Плиты опираются на ножки, которые запрессовываются или привариваются.

Вторая группа. Основания приспособлений, имеющих большие линейные размеры в каком-либо одном направлении, выполняются из швеллеров соответствующих размеров.

Третья группа. Основания приспособлений, имеющих большие размеры в плоскости, выполняются в виде рам из профильного проката. В местах расположения фиксаторов, зажимов и других деталей приспособления дополнительно привариваются опорные пластины (платики).

Четвертая группа. Основания приспособлений, составные части которых расположены в различных плоскостях в пространстве, выполняются в виде сварных каркасов, набранных из различного профильного

проката. В этом случае предпочтение отдается трубному прокату, применение которого позволяет экономно использовать металл при сохранении жесткости и прочности конструкции.

Экономически целесообразно изготавливать сварно-литые, сварнокованные, сварно-штампованные основания, а также применять для их производства низколегированные стали повышенной прочности. Сварные основания обладают меньшей массой, а их отдельные части, работающие в тяжелых условиях, могут быть выполнены из легированной стали.

При изготовлении сварных оснований необходимо соблюдать следующие условия:

- 1) свариваемые детали должны иметь близкую или одинаковую толщину;
- 2) конфигурация шва должна обеспечивать высокую усталостную прочность соединения;
- 3) одним швом не должно соединяться более двух деталей;
- 4) расположение швов не должно создавать значительных деформаций основания;
- 5) должно быть обеспечено симметричное расположение ребер, усиливающих основания приспособлений;
- 6) приварка усиливающих ребер должна производиться с двух сторон;
- 7) соединения с накладками недопустимы;
- 8) необходимо обеспечить припуск на окончательную обработку поверхностей и термообработку для снятия внутренних напряжений.

При конструировании литых оснований необходимо избегать острых углов и резких переходов; нельзя допускать местных скоплений металла; обрабатываемые участки необходимо приподнимать над необработанной поверхностью; отверстия в стенках делать в усиливающих бобышках; соблюдать требуемые литейные уклоны.

Основания поворотных приспособлений должны иметь полки или фланцы с отверстиями для крепления к планшайбам кантователей и вращателей. В стационарных приспособлениях предусматривают открытые пазы или отверстия для крепления к фундаменту или к рамам технологического оборудования.

При проектировании основания приспособления необходимо учитывать, что оно воспринимает нагрузку от массы собираемого изделия и усилий, возникающих в процессе закрепления, прихватки, сварки, кантовки и других технологических операций. В связи с этим основание должно обладать достаточной прочностью и жесткостью. В стационарных устройствах нижняя продольная балка укрепляется на жестком основании, что сводит ее деформации и напряжения к минимуму, а при усилении фундамента – к нулю.

При проектировании крупных каркасов сборочных приспособлений возникает ряд трудностей, связанных с необходимостью обеспечения жесткости всех его элементов. Обеспечение жесткости достигается с помощью использования ферменных конструкций, которые могут затруднять доступ к собираемому изделию. В связи с этим рекомендуется применять рамные конструкции. Приспособления рамного типа облегчают подход к изделию и создают удобные условия работы наряду с обеспечением требуемой жесткости. Требование жесткости каркаса приспособления ограничивает число опор. Каркасы приспособлений должны устанавливаться не более чем на трех опорах (рис. 6.1). Если размеры приспособлений не позволяют применить конструкцию каркаса достаточной жесткости для установки на трех опорах, предусматриваются дополнительные регулируемые опоры.

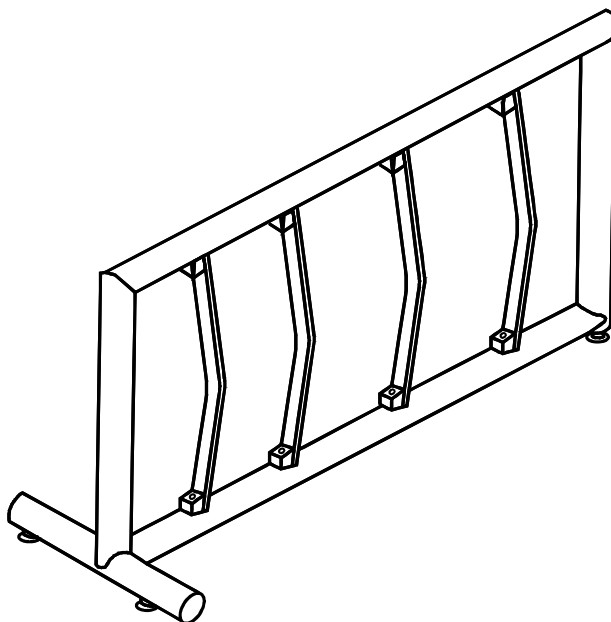


Рис. 6.1. Сварное сборочное приспособление рамного типа на трех опорах

За счет стандартизации элементов корпусов и оснований можно добиться сокращения сроков их изготовления и удешевления конструкции. В качестве стандартных заготовок корпусов и оснований можно использовать различные стандартные профили.

6.2. Направляющие элементы приспособлений

Направляющие элементы приспособления относятся к вспомогательным элементам технологической оснастки. В качестве направляющих элементов используются различного рода кронштейны (рис. 6.2), которые отличаются размерами b , d и h и представляют собой стойки, приваренные к втулкам.

Часто стойку кронштейна собирают и сваривают из отдельных элементов (рис. 6.2, а). Применение прокатного профиля значительно снижает временные и материальные затраты на изготовление стойки, поэтому необходимо добиваться максимального использования профильного проката при конструировании стоек, кронштейнов и подобных деталей. Иногда стойка кронштейна может быть выполнена из трубы (рис. 6.2, б), но чаще всего такая конструкция применяется в кронштейнах на стапелях.

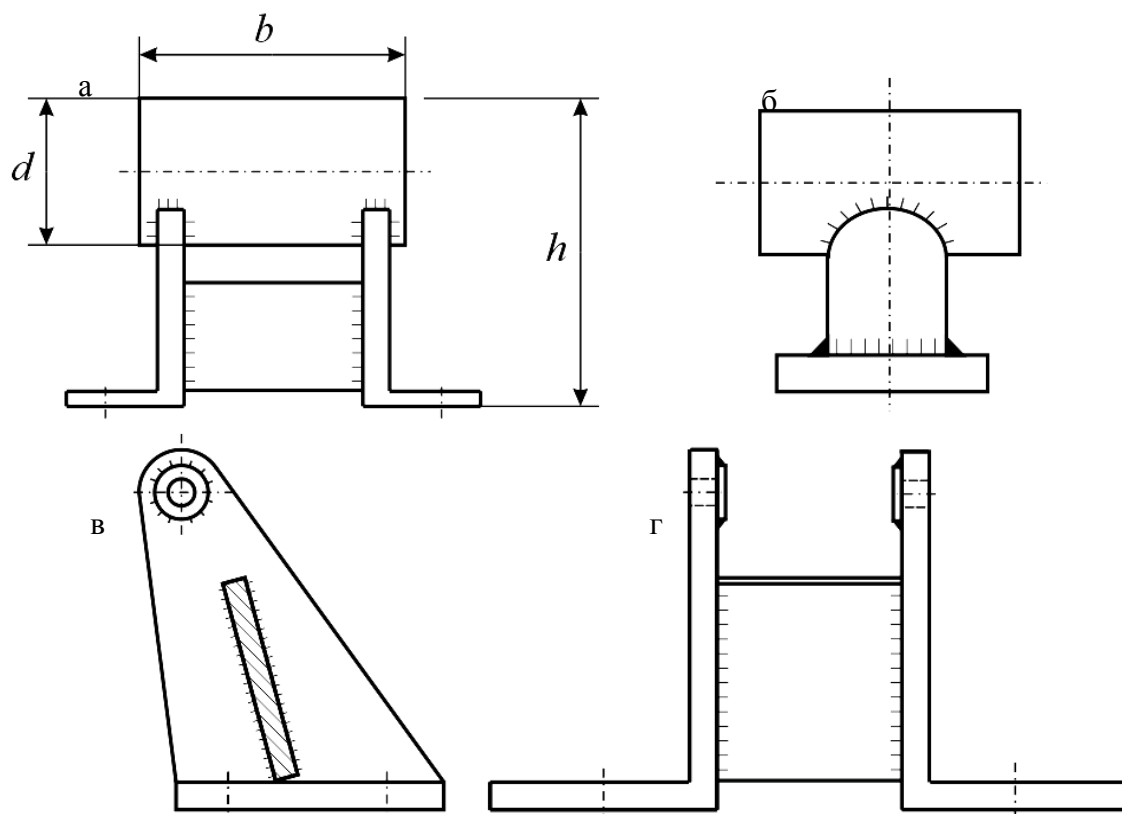


Рис. 6.2. Конструкции направляющих кронштейнов:
 а – со стойкой из уголка; б – со стойкой из обрезка трубы;
 в – с направляющими отверстиями в ребрах кронштейна

Для направляющих втулок рекомендуются обрезки труб соответствующих диаметров с механической доработкой направляющего отверстия после сварки кронштейна.

Вместо втулок направляющими в кронштейнах могут служить отверстия в его ребрах (рис. 6.2, в).

В качестве направляющих для фиксаторов-штырей нельзя применять разрезные втулки, которые не обеспечивают точного направления. Вследствие деформации втулки во время зажатия перекашивается ось штыря. При этом перекося ось неодинаков в зависимости от усилия зажатия. Если положение фиксатора относительно направляющей втулки

должно быть определенным, применяют вспомогательные фиксаторы, позволяющие установить основной фиксатор в необходимом положении. В качестве вспомогательных фиксаторов применяют цилиндрические и конусные штыри. Применение конусного штыря облегчает и ускоряет установку, а в случае изнашивания его продвигают дальше, что позволяет устранить люфты, неизбежные при пользовании цилиндрическим штырем. Однако при использовании конусного штыря точность установки будет ниже, чем при использовании цилиндрического штыря.

6.3. Расчет нижней опорной балки корпуса приспособления

В стационарных зажимных устройствах, установленных на полу цеха, нижняя продольная балка основания приспособления укрепляется на жестком основании фундамента, и поэтому ее деформации и напряжения практически могут быть сведены к нулю путем соответствующего усиления фундамента. Если же нижняя балка будет установлена не на сплошном фундаменте, а на отдельных опорах, то ее необходимо рассчитывать на жесткость и прочность.

Расчет основания приспособления на прочность и жесткость сводится к схеме расчета нижней опорной балки, опертой по двум концам и нагруженной равномерно распределенной нагрузкой (рис. 6.3).

Равномерно распределенная нагрузка q (кгс/мм²) будет складываться из требуемого усилия зажатия детали, собственного веса G_n опорной балки (кгс/мм²) и веса устанавливаемого изделия G_d (кгс/мм²):

$$q = 2P + G_n + G_d, \quad (6.1)$$

где P – требуемое усилие зажатия деталей, установленных на опорной балке (кгс/мм²); G_n – собственный вес нижней балки (кгс/мм²)/

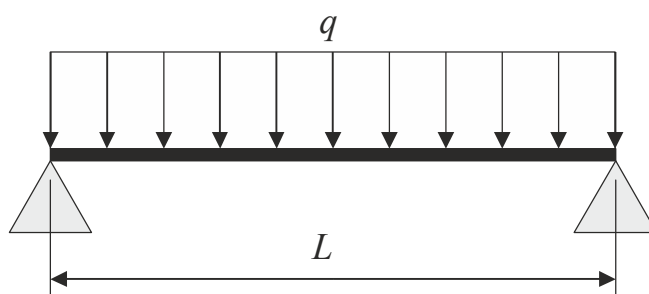


Рис. 6.3. Расчетная схема нижней опорной балки

Изгибающий момент под действием равномерно распределенной нагрузки будет равен:

$$M_{\text{изг}} = \frac{qL^2}{8} = \frac{(2P + G_n + G_d)L^2}{8}. \quad (6.2)$$

Под действием изгибающего момента прогиб нижней балки (f) составит:

$$f = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} = \frac{5}{384} \frac{(2P + G_n + G_d)L^4}{EI}, \quad (6.3)$$

где E – модуль упругости, МПа; I – момент инерции сечения балки, см⁴.

Значения моментов инерции представлены в ГОСТах на соответствующий металлопрокат. Для нестандартных размеров проката методика вычисления моментов инерции показана в Приложении.

Величина прогиба нижней опорной балки приспособления сказывается на перемещении конца электрода в вертикальной плоскости при автоматической сварке. Изменение вылета электрода за счет упругого деформирования опоры будет равно прогибу, величина которого должна быть меньше величины, допускаемой по технологии сварки. В некоторых случаях для устранения изменения вылета электрода при автоматической сварке принимаются специальные меры по предварительному обратному выгибу направляющих для сварочного автомата.

7. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Перед конструированием сборочно-сварочного приспособления необходимо детально проанализировать сварную конструкцию, расчленив ее на составные части.

В соответствии с правилами записи операций и переходов выполнить маршрутно-операционное описание технологического процесса изготовления изделия в порядке выполнения операций. Полное описание операций с указанием переходов и режимов выполнять только для сварки.

Все детали изготавливаемого изделия необходимо вычертить на картах эскиза (КЭ) в соответствии с ЕСТД ГОСТ 3.1105. На требуемых видах, указанных в КЭ, указать схему базирования деталей при сборке.

Рассчитать размерную цепь изготавливаемого изделия и размерную цепь приспособления в соответствии со схемой базирования.

Произвести расчет сварочных деформаций, возникающих при сборке и сварке отдельных узлов изделия. На основании полученных результатов расчета выбрать зажимное устройство, конструктивные размеры которого рассчитать в соответствии с требуемым усилием зажатия деталей в процессе сварки.

Разработать принципиальную схему приспособления, предоставив ее чертеж на формате А3.

Выбрать конструкцию основания и вспомогательных деталей приспособления, выполнив необходимые расчеты основания на прогиб. На формате А1 выполнить чертеж разработанного приспособления в масштабе, с выноской отдельных узлов на другие листы, если это необходимо. На общем виде приспособления привести спецификацию.

Написать заключение по выполненной работе, в котором отразить все достоинства и недостатки разработанного приспособления по сравнению с имеющимися в промышленности аналогами.

Рекомендуемое содержание пояснительной записки:

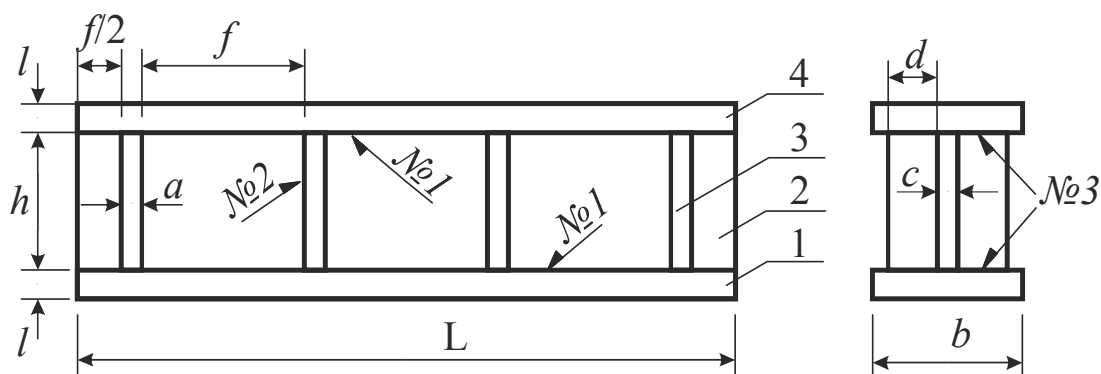
Введение

1. Анализ сварной конструкции
2. Общая часть
 - 2.1. Назначение свариваемой конструкции и условия ее эксплуатации
 - 2.2. Обзор существующих методов сборки и сварки подобных конструкций

- 2.3. Технологический процесс изготовления конструкции
 - 3. Схема базирования свариваемой конструкции
 - 4. Размерная цепь
 - 4.1. Размерная цепь сварной конструкции
 - 4.2. Размерная цепь разрабатываемого приспособления
 - 5. Схема действия сил на детали конструкции
 - 5.1. Сварочные деформации
 - 5.2. Расчет требуемых усилий прижима деталей
 - 6. Принципиальная схема приспособления
 - 7. Выбор зажимных устройств
 - 8. Проектирование основания приспособления
- Заключение

Задание № 1

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки под слоем флюса балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



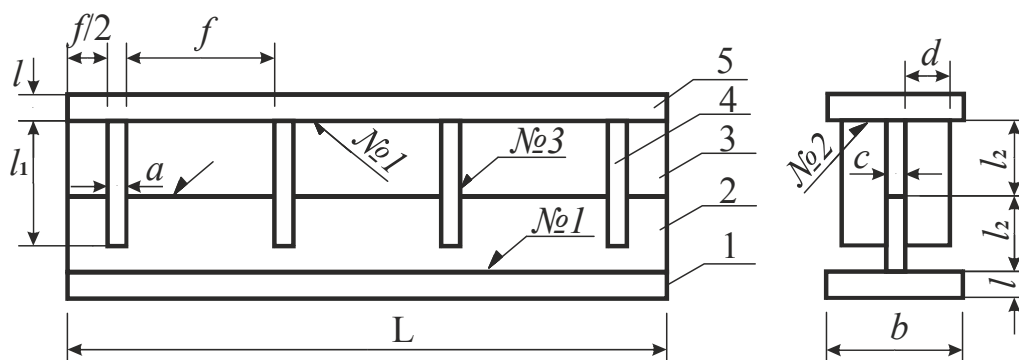
Технические условия:

1. Балка изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали: для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Швы № 1 должны иметь сквозное проплавление с хорошим формированием корня шва.
5. Для швов № 2 и 3 допускается непровар в корне шва до 20 % от толщины основного металла.
6. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-ве классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Нижний пояс	1	L = 6060	L = 7000	L = 8000
4	Верхний пояс	1.	l = 12 b = 360	l = 16 b = 400	l = 18 b = 450
2	Стенка	1	h = 600 c = 10	h = 700 c = 14	h = 800 c = 16
3	Ребро жесткости	4	a = 10 d = 130 f = 1505	a = 12 d = 140 f = 1738	a = 14 d = 160 f = 1986

Задание № 2

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



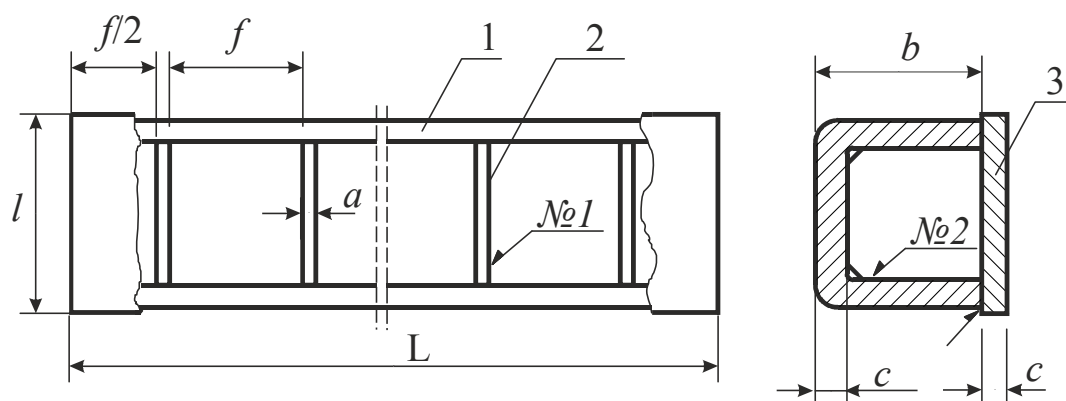
Технические условия:

1. Балка изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Швы № 1 и 2 должны иметь сквозное проплавление с хорошим формированием корня шва.
5. Для швов № 3 и 4 допускается непровар в корне шва до 20 % от толщины основного металла.
6. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Нижний пояс	1	L = 6060	L = 7000	L = 8000
5	Верхний пояс	1	l = 12 b = 360	l = 16 b = 400	l = 18 b = 450
2	Нижняя полоса стенки	1	l ₂ = 300	l ₂ = 350	l ₂ = 400
3	Верхняя полоса стенки	1	c = 10	c = 14	c = 16
4	Ребро жесткости	4	a = 10 d = 130 f = 1505	a = 12 d = 140 f = 1738	a = 14 d = 160 f = 1986

Задание № 3

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



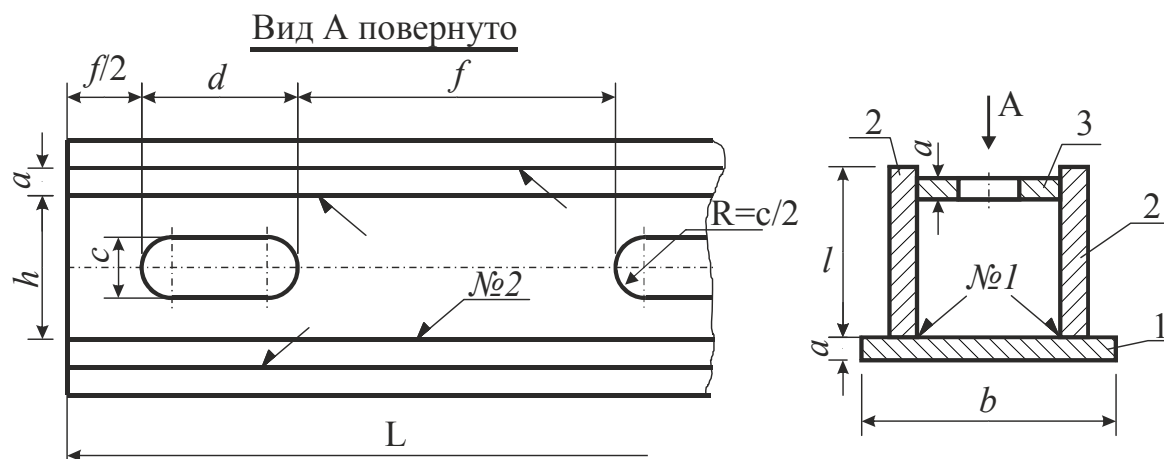
Технические условия:

1. Балка изготавливается из швеллера по ГОСТ 8240–97 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Для швов № 1 и 2 допускается непровар в корне шва до 20 % от толщины основного металла.
5. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Швеллер	1	L = 6060 c = 6 b = 95	L = 7000 c = 7 b = 105	L = 8000 c = 8 b = 115
2	Ребро жесткости	4	a = 4 f = 1511	a = 5 f = 1745	a = 6 f = 1994
3	Пластина	1	L = 6060 c = 6 l = 290	L = 7000 c = 7 l = 350	L = 8000 c = 8 l = 420

Задание № 4

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



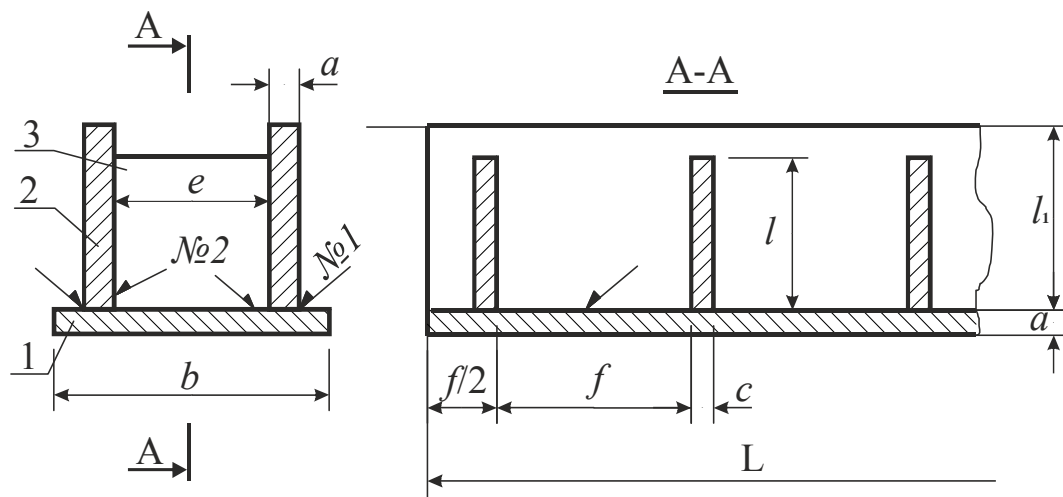
Технические условия:

1. Балка изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 0,5 мм на метр длины балки.
4. Для швов № 1 допускается непровар в корне шва до 20 % от толщины основного металла.
5. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Нижний пояс	1	L = 1420 a = 10 b = 195	L = 1900 a = 12 b = 205	L = 2500 a = 14 b = 215
2	Стенка	2	l = 290	l = 350	l = 420
3	Верхний пояс	1	h = 155 c = 40 d = 80 f = 220	h = 161 c = 60 d = 100 f = 300	h = 167 c = 80 d = 120 f = 380

Задание № 5

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



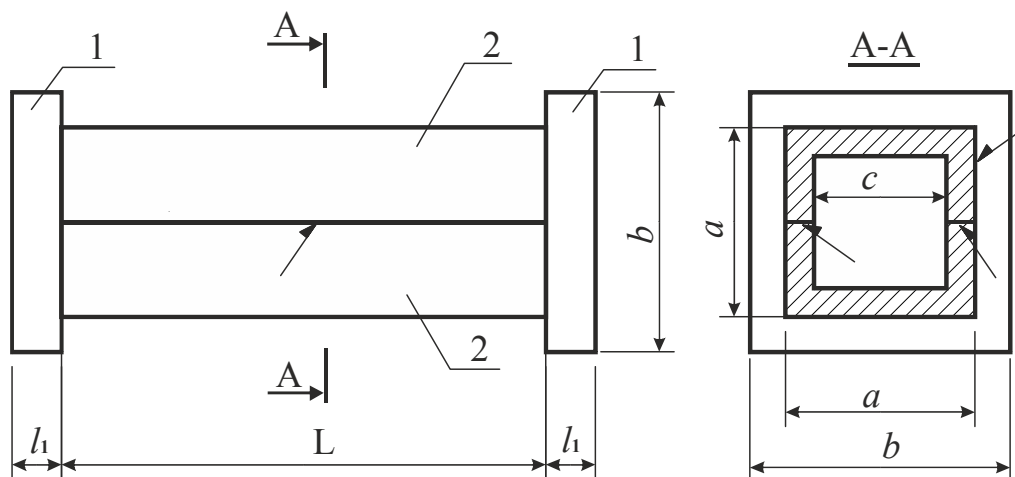
Технические условия:

1. Балка изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Для швов № 2 допускается непровар в корне шва до 20 % от толщины основного металла.
5. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Нижний пояс	1	L = 2200 a = 10 b = 195	L = 2600 a = 12 b = 205	L = 3000 a = 14 b = 215
2	Стенка	2	l ₁ = 290	l ₁ = 350	l ₁ = 420
3	Ребро жесткости	4	l = 260 c = 8 e = 159 f = 540	h = 320 c = 10 e = 165 f = 638	h = 390 c = 12 e = 171 f = 736

Задание № 6

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки колонны. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



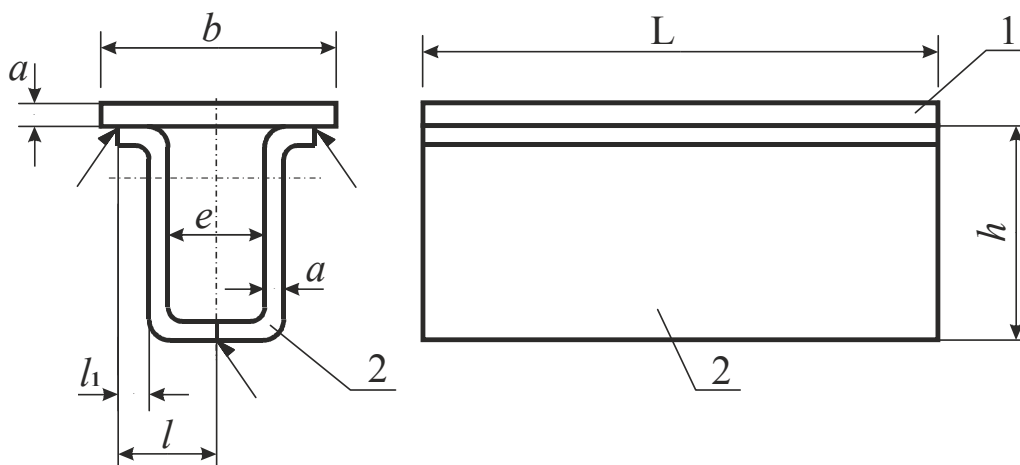
Технические условия:

1. Колонна изготавливается из швеллеров по ГОСТ 8240–97 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Колонна работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины колонны.
4. Допуски на линейные размеры колонны должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Плита	2	$b = 290$ $l_1 = 10$	$b = 350$ $l_1 = 12$	$b = 420$ $l_1 = 14$
2	Швеллер	2	$L = 1200$ $a = 195$ $c = 10$	$L = 1600$ $a = 205$ $c = 12$	$L = 2000$ $a = 215$ $c = 14$

Задание № 7

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки хребтовой балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



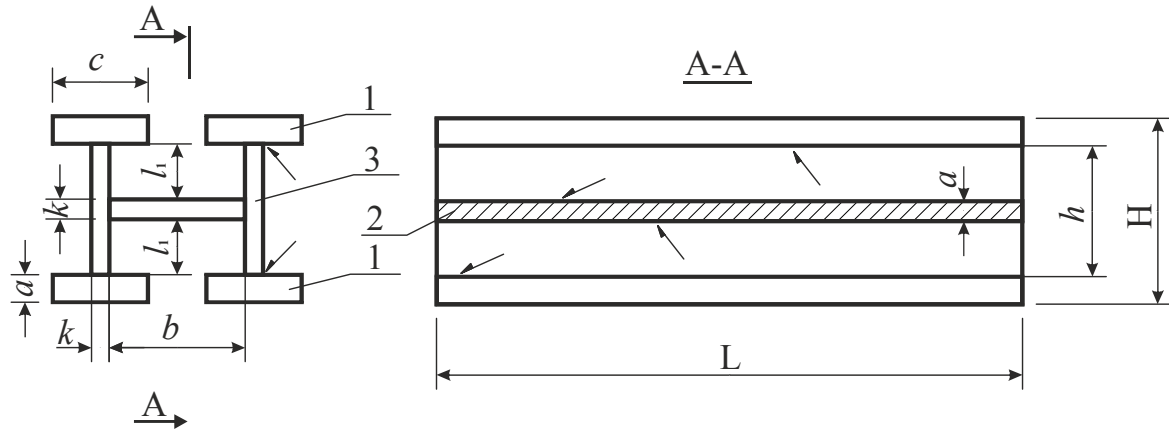
Технические условия:

1. Балка изготавливается из профиля проката гнутого по ГОСТ 14350–80 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050-88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Плита	1	L = 1200 b = 290 a = 10	L = 1600 b = 350 a = 12	L = 2000 b = 420 a = 14
2	Z-образный профиль	2	h = 320 l = 160 l ₁ = 75	h = 380 l = 190 l ₁ = 89	h = 450 l = 225 l ₁ = 104

Задание № 8

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки хребтовой балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



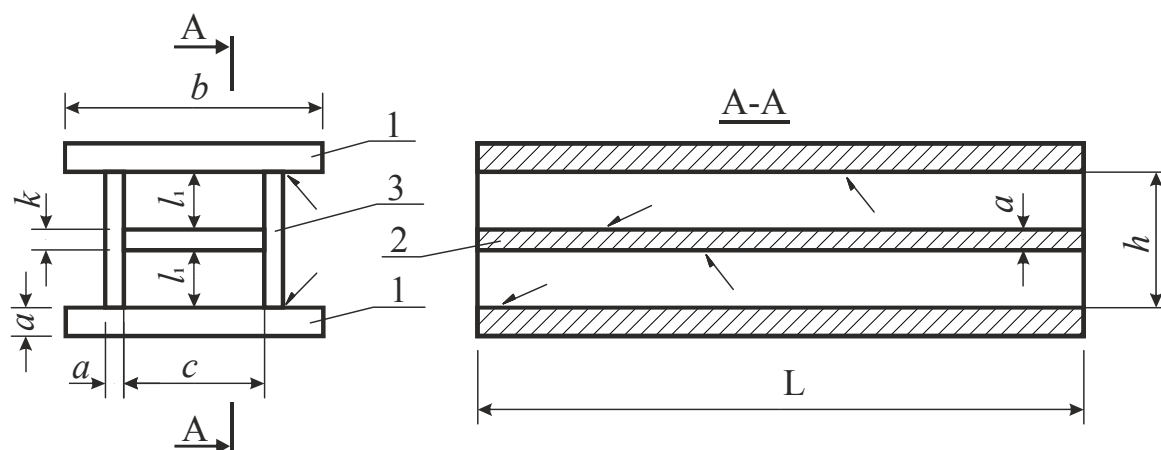
Технические условия:

1. Балка изготавливается листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Полка	4	L = 2200 c = 155 a = 10	L = 2600 c = 350 a = 12	L = 3000 c = 420 a = 14
2	Полоса	1	l ₁ = 244 b = 420	l ₁ = 265 b = 820	l ₁ = 276 b = 920
3	Стенка	2	k = 12 h = 500	k = 14 h = 544	k = 16 h = 568

Задание № 9

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



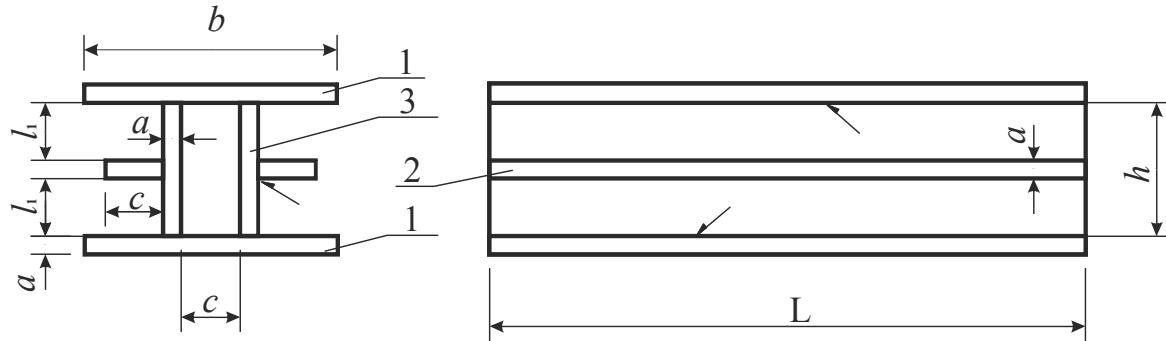
Технические условия:

1. Балка изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Полка	2	L = 4000 b = 400 a = 10	L = 5000 b = 500 a = 12	L = 6000 b = 600 a = 14
2	Ребро жесткости	1	l ₁ = 246 k = 8 c = 300	l ₁ = 295 k = 10 c = 400	l ₁ = 344 k = 12 c = 500
3	Стенка	2	h = 500	h = 600	h = 700

Задание № 10

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



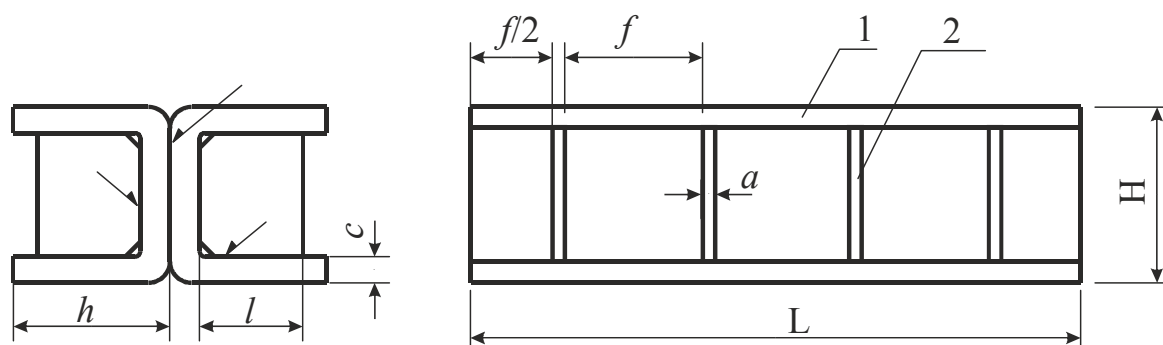
Технические условия:

1. Балка изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Полка	2	L = 3000 b = 300 a = 10	L = 4000 b = 400 a = 12	L = 5000 b = 500 a = 14
2	Ребро	2	h = 320 c = 80	h = 380 c = 100	h = 450 c = 380
3	Стенка	2	l ₁ = 155	l ₁ = 184	l ₁ = 218

Задание № 11

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



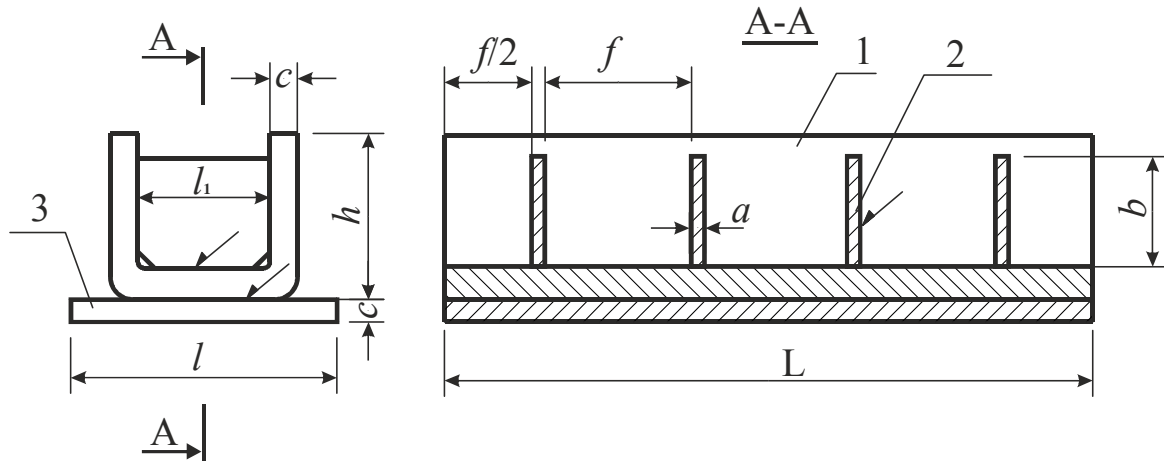
Технические условия:

1. Балка изготавливается из профиля проката гнутого по ГОСТ 14350–80 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Швеллер	2	L = 3000 H = 300 h = 280 c = 10	L = 4000 H = 400 h = 380 c = 12	L = 5000 H = 500 h = 480 c = 14
2	Ребро жесткости	4	l = 260 a = 8 f = 718	l = 360 a = 10 f = 960	l = 460 a = 12 f = 1202

Задание № 12

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



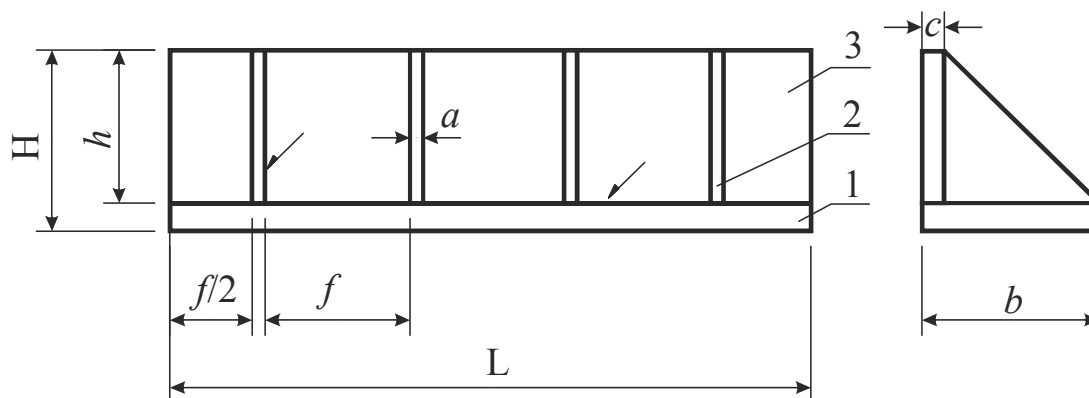
Технические условия:

1. Балка изготавливается из профиля проката гнутого по ГОСТ 14350–80 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Швеллер	1	L = 3000 l ₁ = 280 h = 280 c = 10	L = 4000 l ₁ = 376 h = 380 c = 12	L = 5000 l ₁ = 472 h = 480 c = 14
2	Ребро жесткости	4	b = 260 a = 8 f = 718	b = 360 a = 10 f = 960	b = 460 a = 12 f = 1202
3	Полка	1	l = 340	l = 440	l = 540

Задание № 13

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



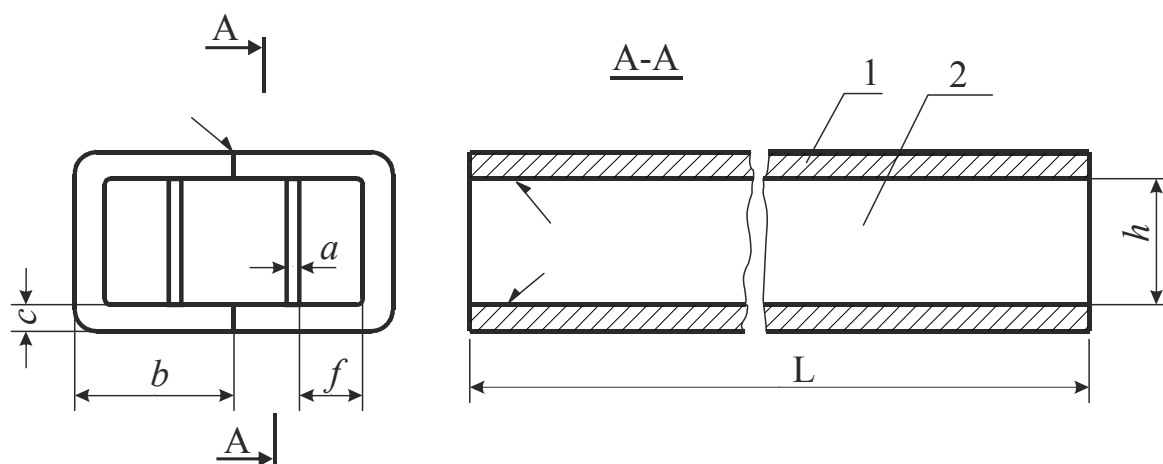
Технические условия:

1. Балка изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Полка	1	L = 3000 b = 300	L = 4000 b = 400	L = 5000 b = 500
2	Ребро жесткости	4	a = 8 f = 718	a = 10 f = 960	a = 12 f = 1202
3	Стенка	1	H = 310 h = 300 c = 10	H = 412 h = 400 c = 12	H = 5140 h = 500 c = 14

Задание № 14

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



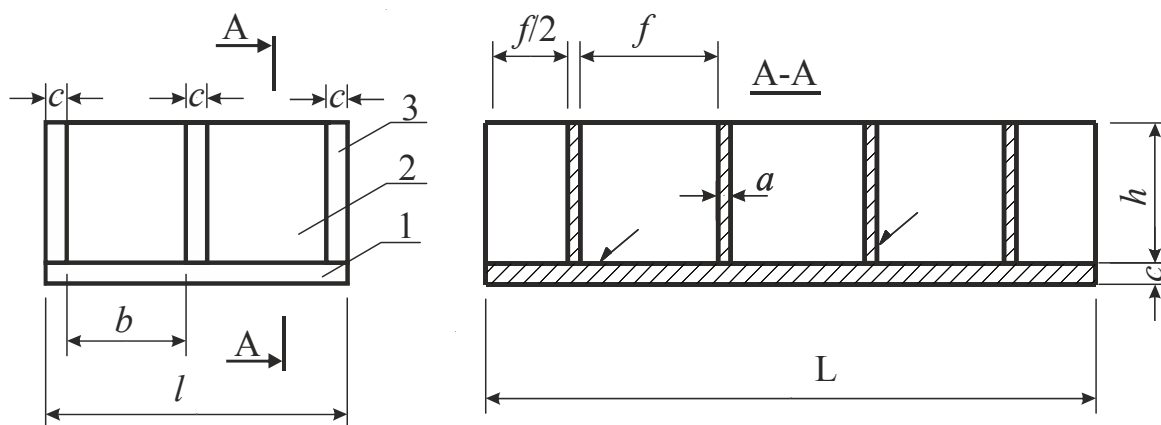
Технические условия:

1. Балка изготавливается из профиля проката гнутого по ГОСТ 14350–80 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Швеллер	2	L = 3000 b = 280 c = 10	L = 4000 b = 380 c = 12	L = 5000 b = 480 c = 14
2	Ребро жесткости	2	h = 260 a = 8 f = 127	h = 360 a = 10 f = 164	h = 460 a = 12 f = 220

Задание № 15

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



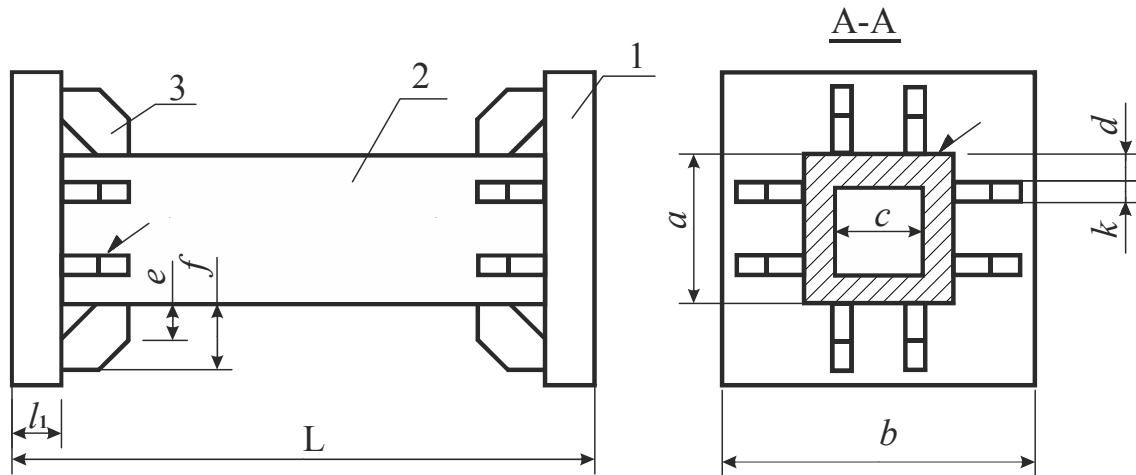
Технические условия:

1. Балка изготавливается из профиля проката гнутого по ГОСТ 14350–80 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Полка	1	L = 3000 l = 600 c = 10	L = 4000 l = 800 c = 12	L = 5000 l = 1000 c = 14
2	Ребро жесткости	4	a = 8 f = 718 b = 285	a = 10 f = 960 b = 382	a = 12 f = 1202 b = 479
3	Стенка	3	h = 500	h = 600	h = 700

Задание № 16

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки бака. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двухсменной работе участка.



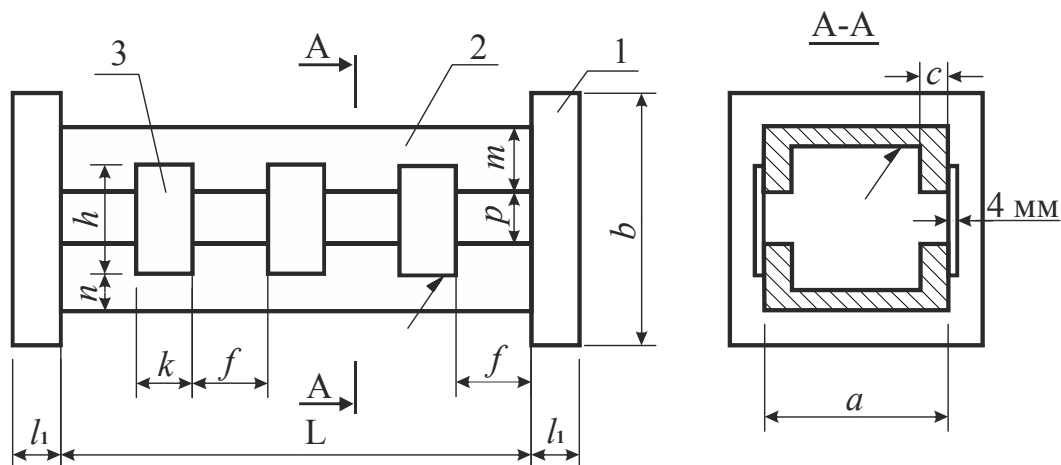
Технические условия:

1. Бак изготавливается из профиля проката квадратного и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Бак работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допуски на линейные размеры бака должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Плита	2	L = 1000 l ₁ = 10 b = 900	L = 1200 l ₁ = 12 b = 1000	L = 1400 l ₁ = 14 b = 1200
2	Корпус	1	a = 300 c = 270	a = 330 c = 300	a = 400 c = 370
3	Косынка	16	f = 200 e = 50 d = 30 k = 8	f = 230 e = 600 d = 40 k = 10	f = 300 e = 700 d = 50 k = 12

Задание № 17

Разработать конструкцию приспособления для сборки и автоматической сварки балки связующей. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



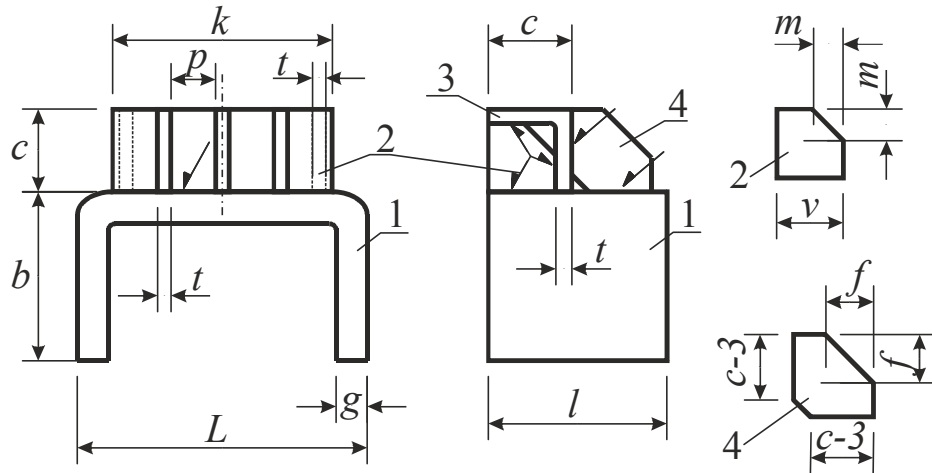
Технические условия:

1. Балка изготавливается из профиля проката гнутого по ГОСТ 14350–80 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Плита	2	$l_1 = 10$ $b = 900$	$l_1 = 12$ $b = 1000$	$l_1 = 14$ $b = 1200$
2	Швеллер	2	$L = 1290$ $a = 300$ $c = 10$ $m = 140$ $p = 20$	$L = 1720$ $a = 330$ $c = 12$ $m = 150$ $p = 30$	$L = 2150$ $a = 400$ $c = 14$ $m = 180$ $p = 40$
3	Пластинка	6	$f = 300$ $h = 50$ $k = 30$	$f = 400$ $h = 60$ $k = 40$	$f = 500$ $h = 70$ $k = 50$

Задание № 18

Разработать конструкцию приспособления для сборки и сварки опорного узла. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 1000 шт. при двусменной работе участка.



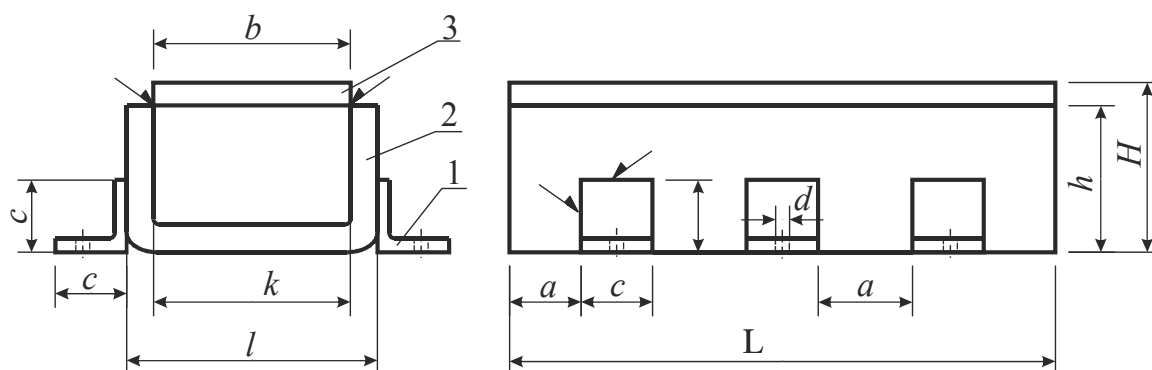
Технические условия:

1. Опорный узел изготавливается из профиля проката гнутого по ГОСТ 14350–80 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Допуски на линейные размеры узла должны соответствовать 8-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Швеллер	1	L = 300 g = 10 b = 200	L = 400 g = 12 b = 300	L = 500 g = 14 b = 400
2	Косынка	2	m = 10 v = 76 t = 8	m = 12 v = 80 t = 10	m = 14 v = 84 t = 12
3	Уголок	1	c = 84 k = 260	c = 90 k = 358	c = 96 k = 452
4	Косынка	3	f = 20 p = 59	f = 30 p = 82	f = 40 p = 104

Задание № 19

Разработать конструкцию приспособления для сборки и сварки балки жесткости. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



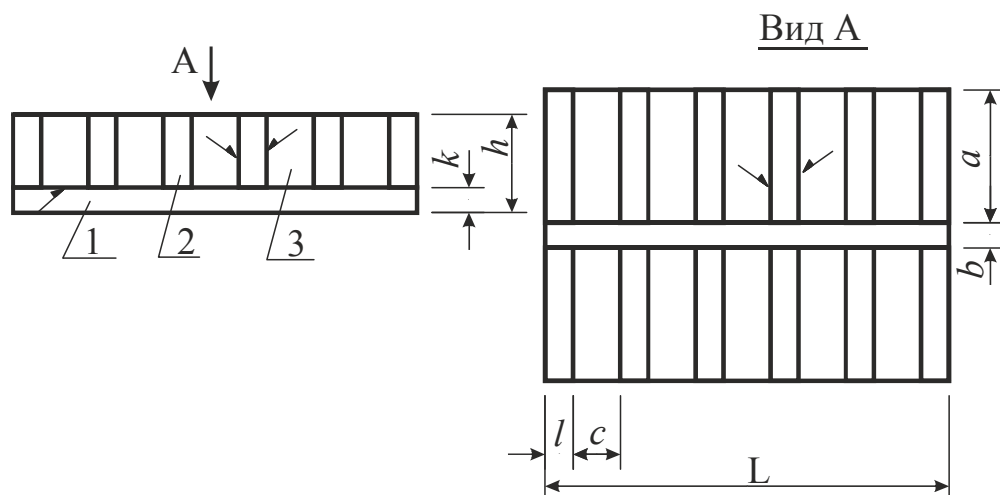
Технические условия:

1. Балка изготавливается из профиля проката гнутого по ГОСТ 14350–80 и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Балка работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допускается стрела прогиба не более 1 мм на метр длины балки.
4. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Уголок	6	$a = 120$ $c = 130$ $d = 20$	$a = 130$ $c = 150$ $d = 30$	$a = 140$ $c = 160$ $d = 30$
2	Швеллер	1	$L = 750$ $k = 180$ $l = 200$ $h = 180$	$L = 840$ $k = 276$ $l = 300$ $h = 200$	$L = 900$ $k = 372$ $l = 400$ $h = 220$
3	Пластина	1	$b = 190$ $H = 190$	$b = 280$ $H = 212$	$b = 380$ $H = 234$

Задание № 20

Разработать конструкцию приспособления для сборки и сварки секции судна. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



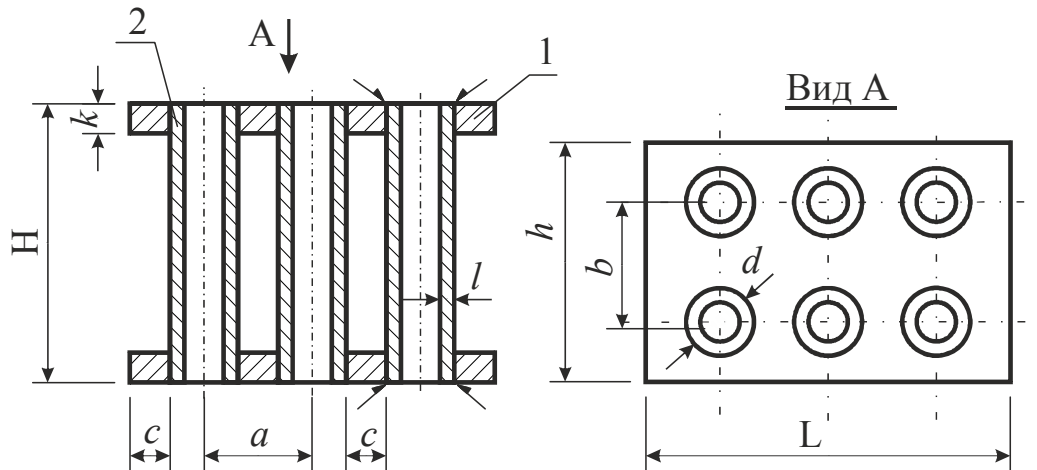
Технические условия:

1. Секция изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Допуски на линейные размеры секции должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Плита	1	L = 2560 k = 20	L = 3072 k = 22	L = 3584 k = 24
2	Ребро	12	l = 10 a = 1200 c = 500	l = 12 a = 1300 c = 600	l = 14 a = 1400 c = 700
3	Стенка	1	b = 18 h = 100	b = 20 h = 120	b = 22 h = 140

Задание № 21

Разработать конструкцию приспособления для сборки и сварки теплообменника. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 5000 шт. при двусменной работе участка.



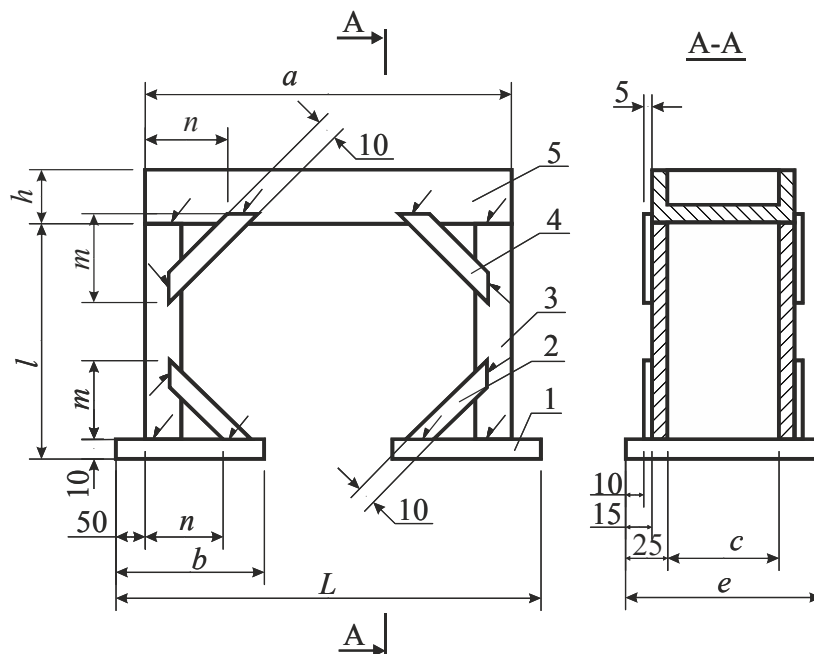
Технические условия:

1. Теплообменник изготавливается из трубы горячекатанной бесшовной и листового проката в соответствии с требованиями РД 153-34.1-003-01. Теплообменник для варианта А изготавливается из титанового сплава BT1, для варианта Б – из стали 12Х1МФ, для варианта В – из стали 12Х18Н10Т.
2. Теплообменник работает при температуре от +400 до +600 °С.
3. Допуски на линейные размеры балки должны соответствовать 8-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Плита	1	L = 490 h = 300 k = 80	L = 530 h = 400 k = 90	L = 570 h = 500 k = 100
2	Труба	6	H = 700 d = 50 a = 150 c = 40 l = 10	H = 800 d = 60 a = 160 c = 50 l = 12	H = 900 d = 50 a = 170 c = 60 l = 14

Задание № 22

Разработать конструкцию приспособления для сборки и рамы. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 3000 шт. при двусменной работе участка.



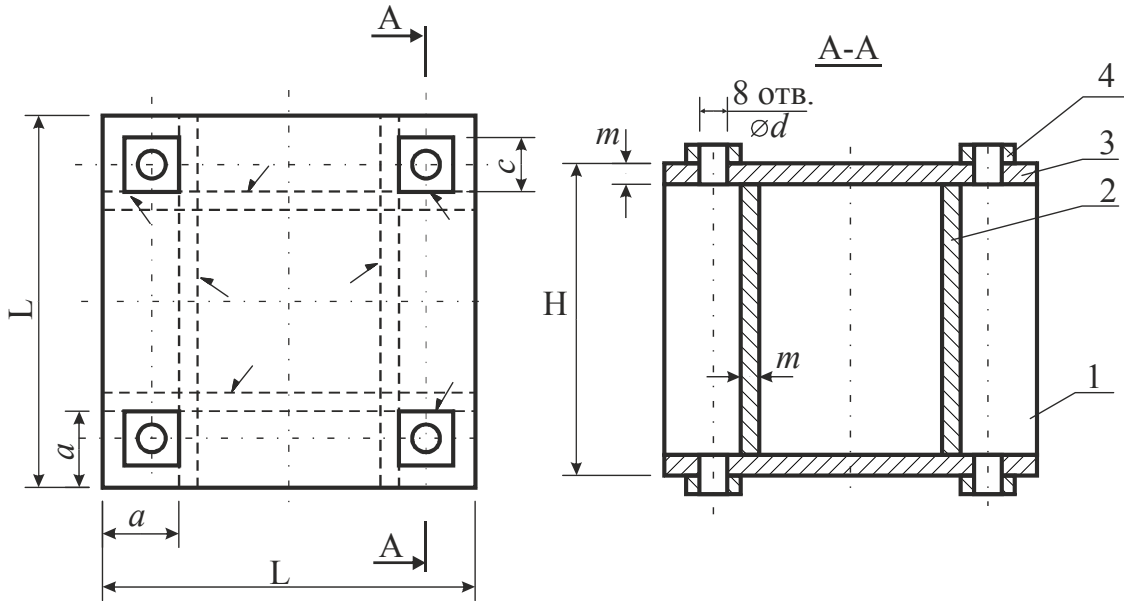
Технические условия:

1. Рама изготавливается из швеллера и листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Допуски на линейные размеры рамы должны соответствовать 10 классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Плита основания	1	L = 1500 b = 260 e = 360	L = 2000 b = 300 e = 400	L = 3500 b = 360 e = 460
2, 4	Косынка	4	n = 160 m = 150	n = 200 m = 190	n = 260 m = 240
3	Стойка	2	l = 1000 c = 310	l = 1500 c = 350	l = 2000 c = 410
5	Переключатель	1	a = 1400 h = 200	a = 1900 h = 300	a = 3400 h = 400

Задание № 23

Разработать конструкцию приспособления для сборки и сварки постаментов. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 1000 шт. при двусменной работе участка.



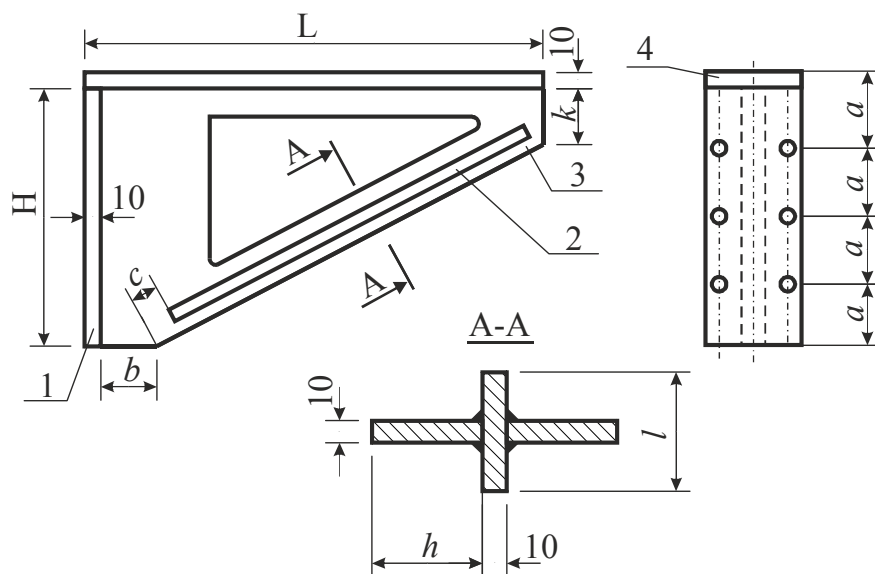
Технические условия:

1. Постамент изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Постамент работает при температуре от +40 до –30 °С.
3. Допуски на линейные размеры постаментов должны соответствовать 10-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Стенка	2	H = 500	H = 600 m = 22	H = 700
2	Стенка	2	m = 20		m = 24
3	Плита	2	L = 400	L = 500	L = 600
4	Накладка	8	a = 40 c = 20 d = 10	a = 50 c = 24 d = 12	a = 60 c = 28 d = 14

Задание № 24

Разработать конструкцию приспособления для сборки и сварки консоли. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 1000 шт. при двусменной работе участка.



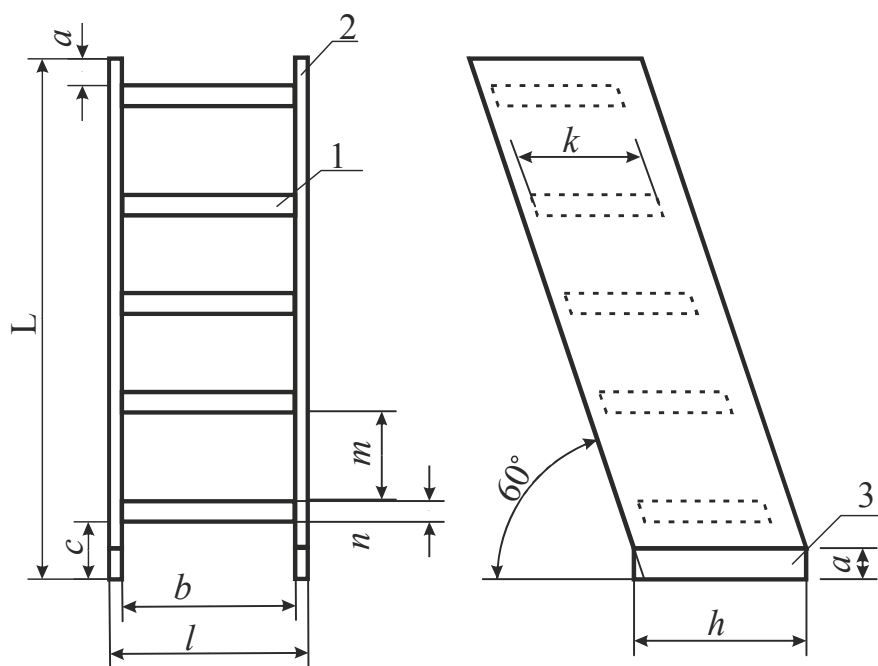
Технические условия:

1. Консоль изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Допуски на линейные размеры консоли должны соответствовать 8-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Пластина	1	H = 430 a = 110	H = 470 a = 120	H = 510 a = 130
2	Пластина	2	L = 1290	L = 1500	L = 1900
3	Пластина	1	b = 40	b = 50	b = 60
			k = 50	k = 60	k = 70
			l = 60	l = 70	l = 80
4	Пластина	1	h = 30	h = 40	h = 50

Задание № 25

Разработать конструкцию приспособления для сборки и сварки лестницы. Производство крупносерийное, годовой объем выпуска 1000 шт. при двусменной работе участка.



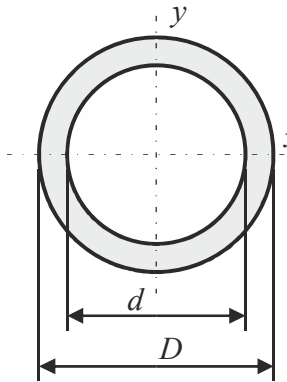
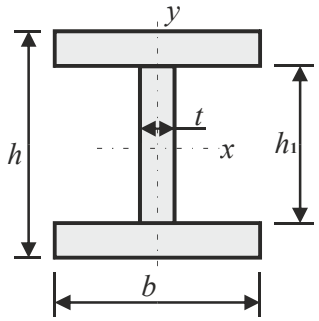
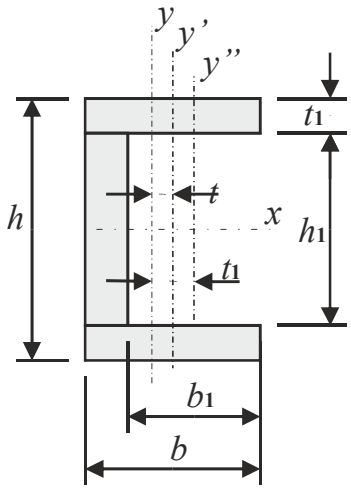
Технические условия:

1. Лестница изготавливается из листового проката в соответствии с требованиями СНиП III-18-75, ОСТ 36-58-81 и РД 34 15-132-96. Химический состав стали для варианта А – по ГОСТ 1050–88, для варианта Б – по ГОСТ 4543, для варианта В – по ГОСТ 14637–89 (ISO 4995-78).
2. Допуски на линейные размеры лестницы должны соответствовать 8-му классу точности.

Позиция	Наименование	Кол-во, шт.	Размеры для вариантов, мм		
			А	Б	В
1	Пластина	5	$b=500$ $n=50$ $c=150$ $k=120$	$b=600$ $n=60$ $c=160$ $k=130$	$b=800$ $n=80$ $c=180$ $k=150$
2	Пластина	2	$L=1500$	$L=2000$	$L=2500$
3	Пластина	2	$l=600$ $h=150$ $a=100$	$l=700$ $h=160$ $a=110$	$l=600$ $h=180$ $a=130$

ПРИЛОЖЕНИЕ

Моменты инерции для распространенных сечений балок,
имеющих нестандартные размеры

Вид сечения	Моменты инерции, см ⁴
	$J_x = J_y = \frac{\pi D^4}{64} \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right)$
	$J_x = \frac{bh^3 - 2 \frac{b-t}{2} h_1^3}{12}$ $J_y = \frac{h_1 t^3}{12} + \frac{2 \frac{h-h_1}{2} b^3}{12}$
	$J_x = \frac{bh^3 - b_1 h_1^3}{12}$ $J_y = \left(\frac{hb^3}{12} + hbt^2 \right) - \left(\frac{h_1 b_1^3}{12} + h_1 b_1 t_1^2 \right)$

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Унификация – приведение различных сборочных единиц изделия к рациональному минимуму типоразмеров, марок, форм, свойств.

Стандартизация – установление и применение стандартов и правил с целью упорядочения деятельности в определенной области для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении функциональных условий и требований техники безопасности.

Агрегатирование – создание сборно-разборных конструкций оснастки из стандартизованных деталей и узлов, обладающих свойствами функциональной взаимозаменяемости.

Специализация – создание специализированных конструкций оснастки, которые можно применять для обработки определенных групп однотипных деталей.

Универсализация – создание специализированных конструкций оснастки, которые можно применять для обработки различных деталей без каких-либо доработок или с добавлением несложных сменных элементов.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и определению состояния предмета труда.

Технологическая операция – часть технологического процесса, выполняемая одним и тем же рабочим на одном рабочем месте с использованием одного наименования оборудования.

Технологическая оснастка – средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса.

Стапели – стенды для сборки, сварки, ремонта и контроля качества крупногабаритных конструкций.

Приспособление – техническое устройство, дополняющее оборудование, прибор в целях улучшения технологического процесса, осуществляемого на данном оборудовании.

Цапфа – часть вала или оси, на которой находится опора (подшипник). Цапфа, находящаяся на краю вала, называется шип, в средней части вала – шейка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров Н.А. Конструирование и расчет сварочных приспособлений. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 48 с.
2. Севбо П.И. Конструирование и расчет механического сварочного оборудования. – Киев: Наукова думка, 1978. – 399 с.
3. Евстифеев Г.А., Веретенников И.С. Средства механизации сварочного производства: конструирование и расчет. – М.: Машиностроение, 1977. – 96 с.
4. Анзин А.К., Бродский А.Я., Швецов Н.Т. Слесарно-сварочные приспособления в самолетостроении. – М.: Гос. изд-во обр. пром., 1949. – 314 с.
5. Дмитриев В.А., Немыткин С.А. Расчет приспособлений на точность. – Самара: Изд-во Самарского государственного технического университета, 2009. – 92 с.
6. Новожилов Э.Д. Приспособления в единичном производстве. – М.: Машиностроение, 1984. – 71 с.
7. Таубер Б.А. Сборочно-сварочные приспособления и механизмы. – М.: Машгиз, 1951. – 415 с.
8. Шишкин В.П., Закураев В.В. Основы проектирования станочных приспособлений. Теория и задачи: учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с.
9. Рыморов Е.В. Конструирование и расчет сварочных приспособлений. – Брянск: Брянский институт транспортного машиностроения, 1987. – 88 с.
10. Шац А.С. Универсально-сборные приспособления для сборки под сварку металлоконструкций длиной 1000–5000 мм / А.С. Шац, Л.С. Филатов, В.И. Роменский, В.И. Глущенко, А.П. Бывшев. – Технология, организация и механизация сварочного производства (НИИИНФОРМТЯЖМАШ), 1970. – 101 с.
11. Косов Н.П., Исаев А.Н., Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка: вопросы и ответы. – М.: Машиностроение, 2007. – 305 с.
12. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. – М.: Высш. школа, 1985. – 262 с.
13. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений: учебное пособие для учащихся техникумов. – М.: Высш. Школа, 1980. – 240 с.

14. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений. – Минск: Наука и техника, 1986. – 240 с.
15. Черпаков Б.И. Технологическая оснастка: учебник для учреждений сред. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 288 с.
16. Микитянский В.В. Точность приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.
17. Гитлевич А.Д., Этингоф Л.А. Механизация и автоматизация сварочного производства. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 280 с.
18. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 99 с.

Учебное издание

ХАЙДАРОВА Анна Александровна


**СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.
ЭТАПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ**

Учебное пособие

Научный редактор *доктор технических наук,
профессор С.Ф. Гнусов*

Корректурa *С.Н. Карапoтин*
Компьютерная верстка *К.С. Чечельницкая*
Дизайн обложки *А.И. Сидоренко*

Подписано к печати 03.10.13. Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 7,68. Уч.-изд. л. 6,94.
Заказ 1025-13. Тираж 100 экз.

ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru