Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ И КОМБИНИРОВАННЫХ ИСХОДНЫХ ЗАГОТОВОК

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине
«Проектирование и производство заготовок» и «Технология и
оборудование заготовительного производства»
для студентов направления
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
очной и заочной форм обучения

Энгельс 2025

Общие сведения

Одним из резервов снижения материалоемкости, потерь металла является рациональная разработка конструкции заготовок для деталей, изготавливаемых комбинированным методом. Чем ближе заготовка по форме и размерам к необходимой детали, тем меньше отходы металла при механической обработке и тем самым и меньше ее себестоимость.

Цель методических указаний: освоение студентами навыков проектирования заготовок, изготавливаемых комбинированным методом.

Содержание задания: по чертежу детали разработать чертеж заготовки, изготавливаемой комбинированным методом.

1. Классификация сварных конструкций

Сварные заготовки состоят из отдельных частей, выполненных с применением различных технологических процессов и из различных материалов. Заготовки целесообразно расчленять на составные части с последующей их сваркой, если изготовление их цельными связано с большими производственными трудностями (отсутствие оборудования, усложнение механической обработки, большой процент брака) или особо тяжелыми условиями работы отдельных частей готовой детали, требующих применения дорогих и дефицитных материалов.

В связи с уменьшением толщины стенок и упрощением конструкции сварные заготовки дают экономию металла до 30...60 % по сравнению с литыми. Кроме того, капитальные затраты литейных цехов значительно превосходят затраты на сварочное оборудование. Так, удельные капитальные вложения на 1 т сварных заготовок примерно в три раза меньше, чем на 1 т стального литья. Упрощение технологии изготовления сварных конструкций по сравнению с литьем, ковкой или штамповкой ведет к сокращению сроков освоения производства, снижению трудоемкости и себестоимости изготовления заготовок.

Сварные конструкции классифицируют по методу получения исходных заготовок (листовые, листосварные, кованосварные, штампосварные), по целевому назначению (вагонные, судовые, авиационные и т.д.), по толщине свариваемых элементов (тонкостенные и толстостенные) или по применяемым материалам (стальные, алюминиевые, титановые и др.). В зависимости от характерных особенностей работы выделяют следующие типы сварных элементов и конструкций: балки, колонны, оболочковые конструкции, корпусные транспортные конструкции и детали машин и приборов.

Балки и колонны—это конструктивные элементы, работающие в основном на поперечный изгиб или сжатие. Они состоят в основном из листовых элементов, свариваемых, как правило, автоматической сваркой под флюсом. Обработке резанием после сварки они практически не подвергаются.

Оболочковые конструкции представляют собой емкости, сосуды, трубы, к которым предъявляются требования герметичности при избыточном давлении. Крупные емкости: резервуары для хранения нефтепродуктов, газгольдеры, корпусы печей и т. п.—собираются на месте монтажа из листовых полотнищ или секций. Сварка ведется, как правило, встык под флюсом сварочными тракторами.

К *корпусным транспортным конструкциям* относятся корпуса судов, вагонов, кузова автомобилей. Они представляют собой пространственную конструкцию из плоских или изогнутых листовых элементов. Корпуса вагонов и судов имеют решетчатую основу, к которой крепится листовая обшивка. Для этой группы деталей в широких масштабах применяются автоматическая дуговая и контактная сварки. Большое число пересекающихся элементов усложняет технологию сварки. Возникающие сварочные напряжения технологически не снимаются.

Детали машин и приборов имеют разнообразные формы и размеры. Это могут быть станины, валы и колеса, корпуса приборов, тяги, шатуны и т. п. Элементы сварных заготовок деталей машин изготавливаются из разнообразных материалов при толщине от десятых долей миллиметра до 100

мм и более. Поэтому в различных случаях применяют разные способы сварки. Практически все сварные заготовки перед окончательной механической обработкой проходят термообработку для снятия остаточных напряжений.

2. Методика проектирования сварных заготовок

Проектирование сварных заготовок производится с учетом обеспечения прочности (в частности, усталостной прочности, сопротивления хрупкому разрушению) и технологичности сварного соединения. На стадии проектирования необходимо также продумать последовательность сборочно-сварочных операций, оценить ожидаемые сварочные деформации (коробление) и точность размеров и конфигурации сварной заготовки после механической обработки. Все изменения, связанные с этими вопросами, должны быть согласованы с конструктором.

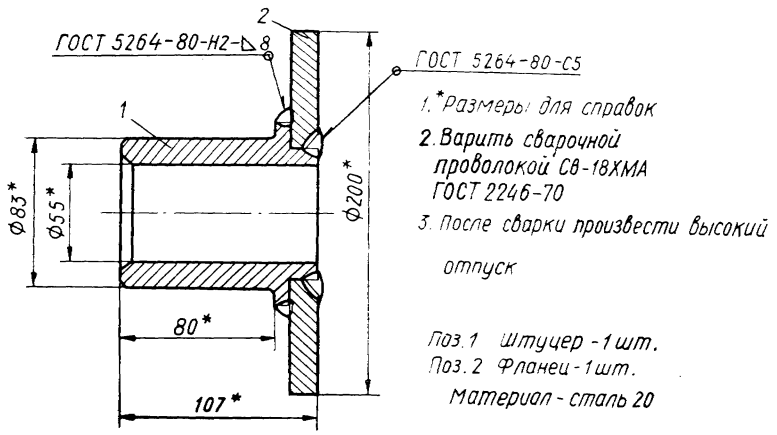
Таким образом, на первом этапе на основании чертежа готовой детали производится общий анализ ее конструкции, материала, технологичности и оценивается возможность получения заготовки сваркой. После этого выбирают оптимальный в данном случае способ сварки.

Выбор способа сварки определяется конструкцией детали в зоне сварки, ее габаритами, степенью ответственности сварного соединения и технологическими возможностями процесса сварки. Одновременно с способом выбора сварки обычно назначают тип сварного соединения.

Затем производится *разбивка заготовки на свариваемые части***.** Выбор места деления заготовки производится с учетом двух точек зрения. С одной стороны, в результате деления должны образовываться элементы (исходные заготовки), технологичные для изготовления литьем или обработкой давлением. С другой стороны, зона сварки должна быть удобной для выбранного способа сварки, доступной для сварочного инструмента, присадочных материалов и обеспечивать провар сварного соединения на всю глубину. Особое внимание при выборе места сварки следует уделить расположению сварных швов вне зоны действия значительных внешних нагрузок.

Зная конструктивные размеры зоны сварки и способ сварки, по соответствующим стандартам назначают тип сварного шва. Конструктивные элементы сварных швов приведены в справочниках. Типы сварных соединений, указанные в стандартах, могут сохраняться и для других методов сварки, для которых стандарты еще не разработаны, например, лазерная или электронно-лучевая. Но в этом случае конструктивные элементы подготовки кромок, форма и размеры сварных швов и допуски на них корректируются с учетом технологических особенностей этих способов сварки.

Проектирование свариваемых частей производится на следующем этапе. Если исходной заготовкой является отливка или поковка, то ее проектирование производится в соответствии с указаниями по данному способу заготовок. Если исходная заготовка — прокат, то проектирование сводится к выбору его оптимальных размеров и определению разделки кромок в соответствии с выбранным типом сварного шва. В случае необходимости на исходных заготовках предусматриваются сборочные и фиксирующие элементы, а также



припуски для механической обработки после сварки.

Рис 1. Пример оформления чертежа сварной заготовки

Ввиду жесткой связи между прочностью сварной конструкции, формой сварного соединения и технологией сварки разработка конструкции заготовки должна вестись одновременно с проработкой технологии ее изготовления.

3. Оформление чертежа сварной заготовки

Оформление чертежа сварной заготовки выполняется в соответствии с принятыми правилами. На чертеже заготовку представляют в таком виде, в

каком она должна быть после сварки (рис. 1). Чертеж должен содержать: изображение заготовки с проекциями, сечениями и разрезами в количествах, необходимых для полного понимания устройства; габаритные, установочные и присоединительные размеры; номера позиций составных частей; данные о материале заготовки и т. д. Все сварные швы должны иметь условные обозначения в соответствии с требованиями ГОСТ 2.312.

В технических условиях чертежа указываются требования к качеству материала или сведения о его заменителе; сварочные материалы (если это необходимо); контрольные операции. Дополнительно могут указываться допустимые дефекты, основания для браковки, способы исправления брака, специальные испытания сварных соединений.

4. Свариваемость металлов

Совокупность технологических характеристик основного металла, обеспечивающая возможность при принятом технологическом процессе создавать надежное в эксплуатации и экономичное сварное соединение, называют свариваемостью. Свариваемость не является неотъемлемым свойством металла, т. к. определяется также способом и режимом сварки. Практически под хорошей свариваемостью понимается возможность при обычной технологии получить сварное соединение, равнопрочное с основным металлом, без трещин и без снижения пластичности в околошовной зоне.

Установить общие критерии свариваемости для всех металлов и сплавов невозможно. В настоящее время классифицируются по свариваемости только стали. В зависимости от содержания углерода и легирующих элементов стали делятся на хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо сваривающиеся.

Хорошо сваривающиеся стали (Ст3, 10, 15НМ, 12Х18Н9Т) без труда образуют сварные соединения по обычной технологии. Для сварки *удовлетворительно сваривающихся сталей* (30, 35, 15ХСНД, 12Х14А) необходимы предварительный подогрев и последующая термообработка. *Ограниченно сваривающиеся стали* (40, 50, 3ОХГСА, 5ХНМ) в обычных условиях сварки склонны к образованию трещин. Перед сваркой их чаще всего

подвергают термообработке и подогревают. Для большинства сталей необходима также термообработка после сварки. Сварку *плохо свариваючихся сталей* (60Г, 50ХГА, 85, У8, У10А, Р18, Х12, ЗХ2В8Ф) выполняют с обязательной термообработкой, подогревом в процессе сварки и последующей термообработкой.

5. Обеспечение технологичности сварных и комбинированных заготовок

Технологичность обеспечивается выбором материала заготовки, типа сварного соединения, конструкции свариваемых элементов, вида сварки и технологии сварки.

При *выборе материала* заготовки следует учитывать не только его эксплуатационные свойства, но и его свариваемость. Сварка материала не должна ухудшить работу сварной конструкции в реальных условиях эксплуатации. Например, если конструкция работает при низких температурах, то материал заготовки должен обеспечить после сварки металлу сварного шва и околошовной зоны порог хладноломкости ниже предполагаемой температуры эксплуатации сварного изделия. Если стремления выбрать материал с наилучшими эксплуатационными характеристиками и хорошей свариваемостью вступают в противоречие, то следует выбрать компромиссный вариант с возможно меньшей стоимостью материала. Необходимо также помнить, что термообработка до или после сварки и нагрев перед сваркой могут существенно улучшить свариваемость материалов.

Типы сварных соединений, подготовка свариваемых частей к сварке (разделка кромок) зависят от способа сварки, толщины деталей и других факторов. Наиболее просты и технологичны при способах сварки плавлением стыковые швы (рис. 2, *а).* Если толщина деталей велика, применяют двухстороннюю сварку. Тавровые и угловые соединения характерны для изготовления пространственных конструкций. Если габариты позволяют поворачивать конструкцию в удобное для сварки (нижнее) положение, такие швы также достаточно технологичны для способов сварки плавлением.

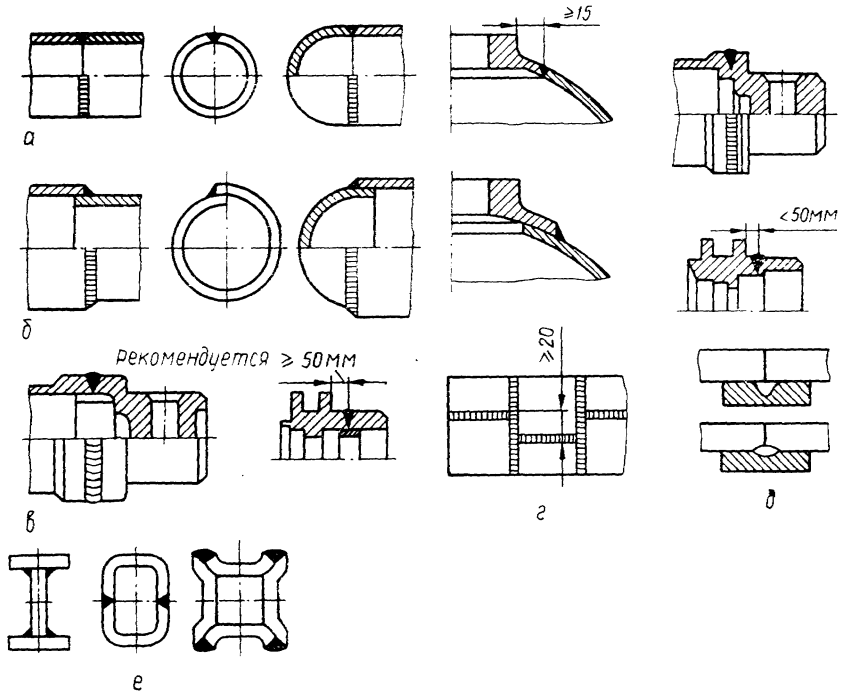


Рис. 2. Технологичные и нетехнологичные конструкции, получаемые сваркой

Нахлесточные соединения чаще всего применяют для сварки листовых заготовок. Наиболее технологично сваривать их контактной сваркой. Нахлесточные соединения, выполненные сваркой плавлением (рис. 2, б), по сравнению со стыковыми соединениями менее прочны и менее экономичны.

Выбор *конструкции свариваемых элементов* производится, исходя из толщины этих элементов, их взаимного расположения, свободного доступа к лицевой и корневой частям шва, стремления свести к минимуму длину сварных швов.

При проектировании сварных заготовок необходимо учитывать следующие основные факторы.

1. Число сварных соединений должно быть минимальным, так как прочность соединения может быть меньше, чем прочность основного металла детали. Сварные швы по возможности следует предусматривать прямолинейными и непрерывными по длине.

2. Конструкция и взаимное расположение свариваемых элементов должны обеспечивать удобство доступа сварочного инструмента в зону сварки. Так, при приварке стенок, перегородок желательно выносить сварные швы из тесного пространства между ними (рис. 3. 1). При приварке фланцев к стенке желательно увеличить зазор между ними или вынести сварной шов на

наружную поверхность фланца (рис. 3, 2). В случае контактной сварки следует стремиться к тому, чтобы использовались стандартные прямые электроды, а не специальные. Для этого необходимо изменить конструкцию свариваемых элементов или предусмотреть технологические вырезы, отверстия и др. (рис. 3, 3).

Расположение сварного шва напротив бурта или рядом с выступающей частью заготовки (рис. 2, *в)* затрудняет сварку и рентгеновский контроль.

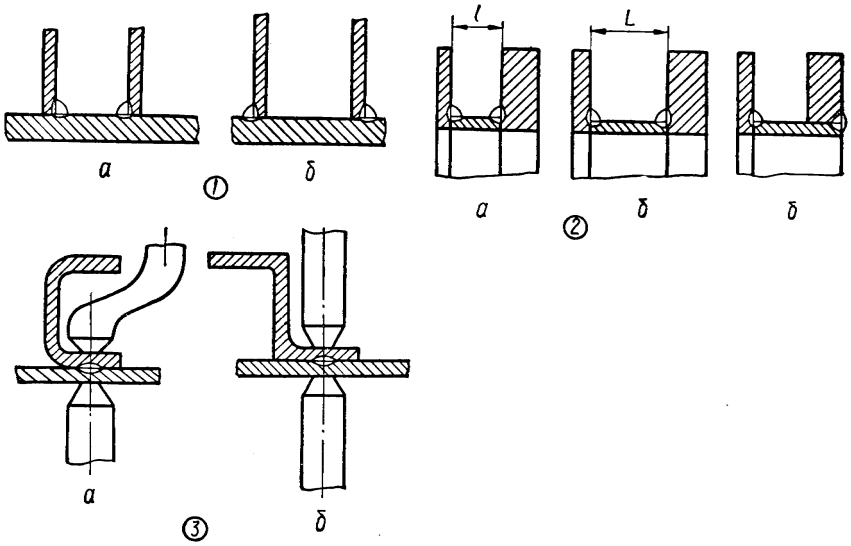


Рис. 3. Обеспечение удобства доступа сварочного инструмента в зону сварки:

а — нетехнологично: *б* — технологично

3. При наличии нескольких возможных вариантов сварки следует применять наиболее простые и производительные способы. Например, при приварке рычага к оси рациональнее заменить кольцевые швы электрозаклепкой (рис. 4, 1). При сварке листовых конструкций или фланцев с трубами следует заменять дуговую сварку контактной
(рис. 4, *2, 3)*.

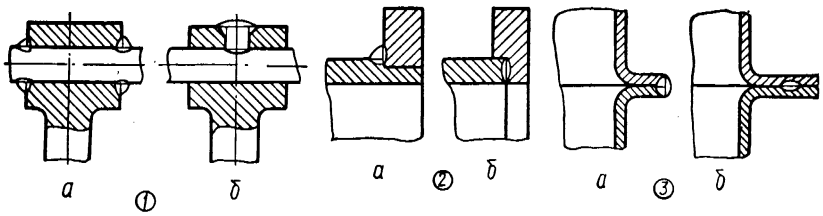
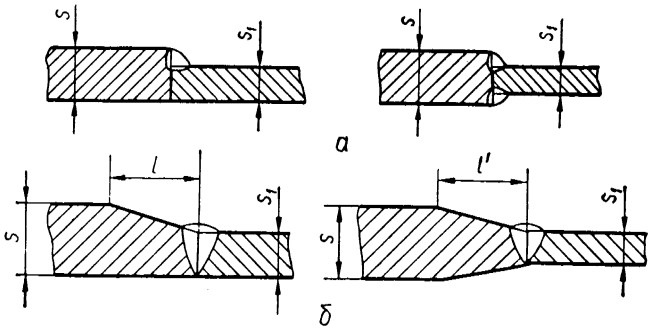


Рис. 4. Примеры выбора способа сварки: *а* — нетехнологично; *б* –технологично



4. В сварной конструкции не должно быть резких (ступенчатых) переходов по толщине металла (рис. 5), отклонений от симметричности расположения элементов по толщине; не должно быть резких переходов форм конструкции (малых радиусов закругления вырезов). В противном случае возможно разрушение конструкции в результате концентрации напряжений. Это особенно важно для конструкций, работающих в условиях знакопеременных нагрузок и вибрации. Для таких конструкций необходимо предусмотреть плавные переходы от металла шва к основному металлу.

При контактной сварке конструкция заготовки должна обеспечить необходимую по величине контактную поверхность деталей.

При стыковой сварке следует стремиться к тому, чтобы свариваемые детали вблизи стыка имели одинаковые или близкие по форме и размерам сечения. Отклонения от соосности свариваемых частей не должны превышать 15 % при сварке цилиндрических стержней и 10 % при сварке стержней прямоугольного сечения.

Рис. 5. Сварка исходных заготовок различной толщины:

а—при $S/S_1 < 3$; б—при $S/S_1 > 3$, при этом $l > 5(S - S_1)$; $l > 3(S - S_1)$;

5. Разделка кромок должна обеспечивать проварку шва по всей толщине. В то же время следует избегать трудоемкой разделки кромок. Вместо этого желательно образовывать сварочную ванну путем правильного размещения свариваемых деталей (рис. 6).

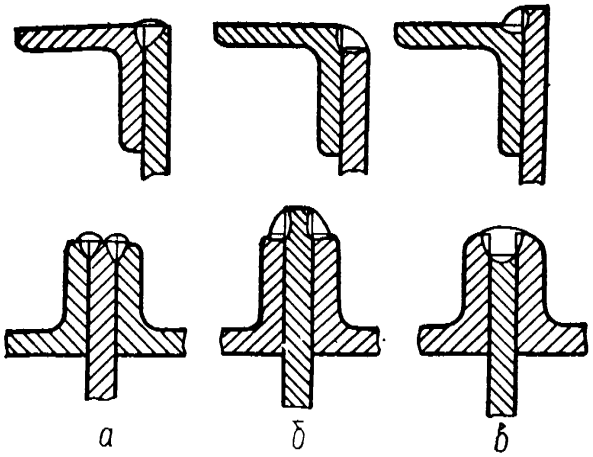
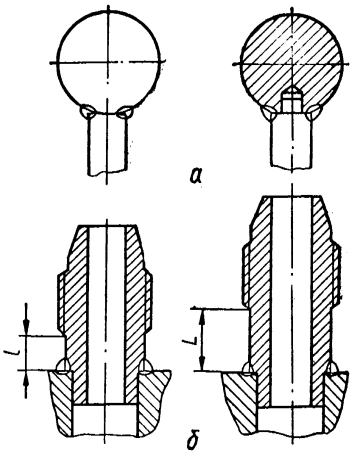


Рис. 6. Обеспечение провара сварного шва:

а — нетехнологично; *б, в* — технологично

6. С целью обеспечения точного положения соединяемых элементов необходимо предусматривать их взаимную фиксацию (рис. 7,а). Если свариваемые детали имеют точные или обработанные поверхности, то их следует располагать подальше от зоны сварки, чтобы на них не попадали брызги металла или не оказывала теплового воздействия сварочная дуга (рис. 7).

б) Рис. 7. Фиксация положения деталей при сварке



7. Для снижения концентрации сварочных напряжений необходимо избегать пересечения сварных швов в одном узле и сводить к минимуму количество наплавляемого металла (рис. 8).

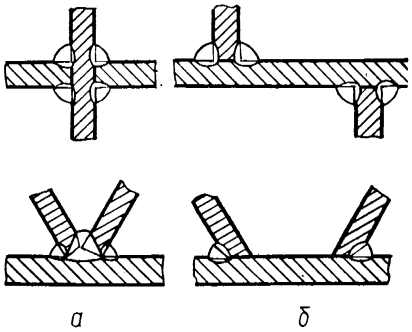


Рис. 8. Примеры конструкции сварных узлов:

а — нетехнологично; б — технологично

8. Габариты сварных заготовок должны соответствовать возможности их обработки в термических печах. Если термическая обработка не дает должного эффекта, невозможна или экономически невыгодна, равнопрочность сварных соединений может быть достигнута за счет утолщения кромки элементов конструкции на ширине не менее зоны термического влияния.

Важной задачей является правильный выбор *способа сварки* в соответствии с назначением, формой и размерами конструкций. Назначение способа сварки в значительной степени определяется свариваемостью, особенно при соединении разнородных материалов, конструктивным оформлением сварных соединений, степенью их ответственности и производительностью процесса. Необходимо также учитывать тип соединений, присадочный материал, приемы и обеспечение удобства выполнения сборочно-сварочных соединений. Эти условия предопределяют механические свойства соединений и допускаемые напряжения, необходимые для прочностных расчетов конструкций. Так, для сварки длинных швов встык более технологично применение дуговой автоматической сварки. Толстостенные элементы соединяют электрошлаковой сваркой. Для сварки внахлест тонколистовых материалов рационально применение контактной сварки. Некоторые виды свариваемых материалов (алюминиевые и титановые сплавы, нержавеющие стали и т. п.) требуют надежной защиты зоны сварки от окисления, т. е. применения аргонно-дуговой, электронно-лучевой и диффузионной сварки. Необходимо также учитывать

возможности механизации и автоматизации процесса выбранного способа сварки.

Рациональная *технология сварки* должна обеспечить минимальный уровень сварочных напряжений и как следствие — сварочных деформаций. Это достигается за счет различных технологических приемов. В частности, сварка при повышенных плотности тока и скорости сварки дает меньшие деформации. Предварительный подогрев, уменьшая разность температур между основным и расплавленным металлами, ведет к снижению остаточных напряжений.

Уменьшение размеров сварного шва, переход от односторонней разделки кромок к двухсторонней повышают технологичность конструкции, так как снижаются сварочные деформации.

Наименьшие деформации после сварки будут иметь конструкции, соединения в элементах которых располагаются так, что сумма статических моментов объема металла швов относительно центра тяжести сечения элемента равна нулю или близка к нему. Поэтому рекомендуется располагать швы в элементах симметрично (рис. 2, *е)*. Для уменьшения остаточных напряжений следует избегать в изделии пересекающихся швов, а также их скопления. Для уравновешивания деформаций следует применять рациональную последовательность наложения сварных швов: при многопроходной сварке толстых деталей рекомендуется последовательно переходить с одной на другую сторону сечения (рис. 9, а); длинные прямолинейные швы рекомендуется разбивать на участки, сварка которых ведется в противоположных направлениях (рис. 9, *б)*; при сварке пространственных конструкций необходим переход с одного элемента на другой (рис. 9, *в*). При соединении оболочек кольцевыми швами необходимо продольные швы располагать не по одной линии, а смещать их относительно друг друга (рис. 2, г). При этом удается снизить концентрацию напряжений и повысить работоспособность изделия.

Хорошие результаты дает предварительный изгиб свариваемых деталей в сторону, противоположную сварочной деформации (рис. 10). Сварку сложных деталей нежесткой конструкции производят в специальных приспособлениях

(кондукторах). Жесткое закрепление во время сварки и охлаждения препятствует короблению деталей тогда, когда из-за высоких температур их материал обладает повышенной пластичностью. По окончании сварки при тех же остаточных напряжениях больших деформаций не возникает.

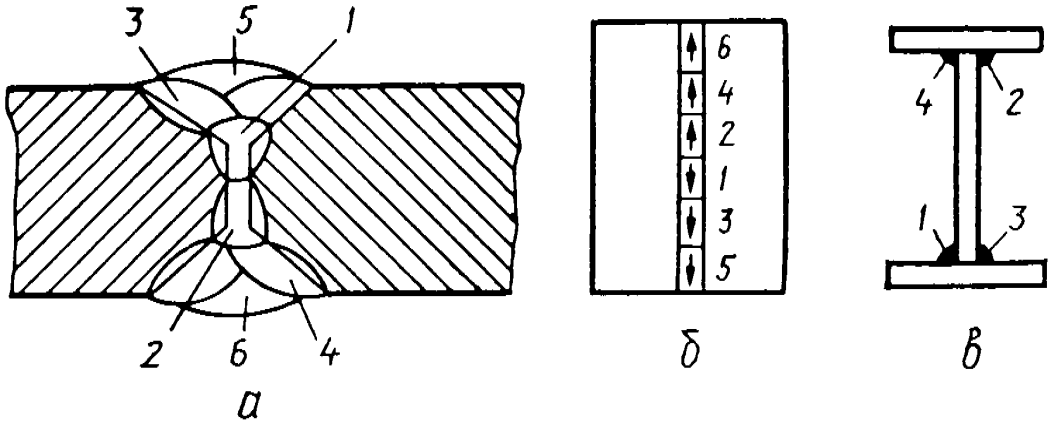


Рис. 9. Рациональная последовательность (1, ...) наложения сварных швов:
а — при многопроходной сварке в пределах поперечного сечения; *б* — при сварке длинных швов; *в* — при сварке пространственных конструкций

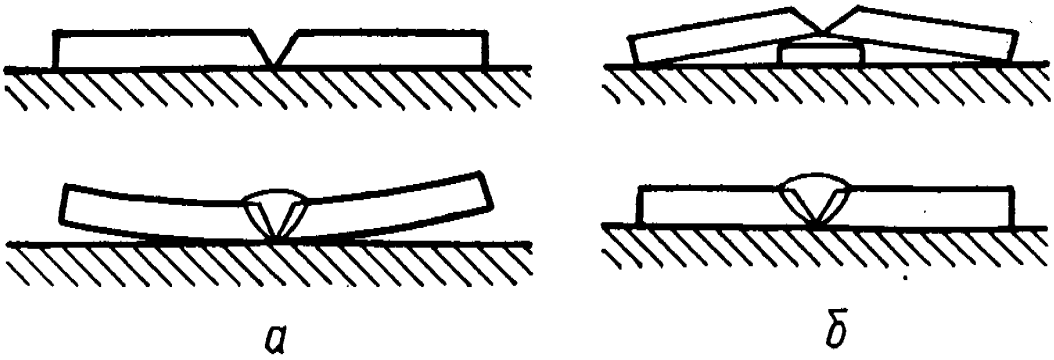


Рис. 10. Сварка деталей без предварительного изгиба *{а)*
и с предварительным изгибом (б) в зоне сварки

При выполнении стыковых соединений из алюминиевых сплавов необходимо предусмотреть возможность удаления оксидных пленок из стыка в проплав, применяя сварочные подкладки с профилированными канавками или специальным оформлением конструкции соединения (рис. 2. *д).* Оксидные включения, остающиеся в швах, служат причиной зарождения трещин и нарушения герметичности.

Механическую обработку сварных заготовок следует, как правило, производить после отпуска, так как удаление части сечения вызывает

перераспределение остаточных напряжений и искажение ранее обработанных поверхностей. Однако эти искажения зависят от жесткости обрабатываемой детали и размера снимаемого слоя и могут быть невелики. Поэтому часто сварные изделия обрабатывают без предварительной термообработки.

6. Термическая обработка сварных заготовок

Термическая обработка сварных заготовок производится с целью улучшения свойств металла шва и околошовной зоны и для снятия сварочных напряжений. Режим термообработки определяется химическим составом, теплофизическими и механическими свойствами материала. Термообработка способствует обеспечению точности последующей механической обработки заготовки, а также стабильности размеров и формы сварного изделия в процессе эксплуатации.

Наиболее полное снятие напряжений производится с помощью *общего высокого отпуска* в термических печах. Заготовку нагревают до 600...650 °С и выдерживают в течение времени, которое определяют из расчета 2...3 мин на 1 мм толщины металла. Положение заготовки в печи должно предотвратить ее деформацию за счет провисания под собственной тяжестью. Охлаждение после отпуска производится медленно, чтобы в металле снова не возникли напряжения. Заготовки из среднеуглеродистых сталей часто охлаждают до температуры 300 °С с печью, а затем—на воздухе. Для сталей, склонных к охрупчиванию при температуре 600...620 °С, температура отпуска снижается до 550... 560 "С.

Местный высокий отпуск применяется для крупных деталей в местах, где непосредственно производилась сварка, с целью снижения уровня сварочных напряжений и повышения пластичности металла. Нагрев в этом случае производится с помощью переносных индукционных термических печей или газовых горелок. Нагрев может также осуществляться наложением дополнительного слоя металла с применением соответствующего режима сварки. Местный отпуск производят в кондукторах сразу же после сварки. При этом следует отметить, что неравномерный местный нагрев может вызвать свои нежелательные остаточные напряжения.

Термопластичный отпуск—это нагрев смежных зон основного металла, параллельных шву. Пластическая деформация при нагреве снимает остаточные напряжения сжатия в околошовной зоне. Этот метод требует тщательной регулировки источника нагрева и определенной скорости перемещения его вдоль шва.

Необходимо помнить, что высокий отпуск — более дорогая операция, значительно увеличивающая стоимость изготовления заготовки, и ее следует применять в действительно обоснованных случаях, например, когда заготовка подвергается в дальнейшем механической обработке с целью получения точных присоединительных размеров и т. п.

7. Сварные и комбинированные заготовки

Сварные заготовки. Многие сварные заготовки изготавливают из листового проката, фасонных и гнутых профилей, что обеспечивает возможность получения легких изделий повышенной жесткости и устойчивости. К таким заготовкам относятся рамы, станины, барабаны, корпуса редукторов, зубчатые колеса (рис. 11), штанги, тяги (рис. 12), подшипниковые опоры разных систем (рис. 13) и т.п. Все они выполнены из листового проката с усилением корпусов приваркой ребер жесткости.

В ряде случаев применение сварки дает существенный экономический эффект и снижает трудоемкость механической обработки заготовки. Так, переход с литья по выплавляемым моделям на рельефную сварку при изготовлении проушин амортизаторов автомобилей и мотоциклов (рис. 14) уменьшил расход металла на 35 %, а трудоемкость — на 90%.

Примером использования сварки для повышения технологичности конструктивного решения может служить полуось трактора (рис. 15). Если полуось расчленить на две части, то внутренние шлицы можно легко обработать протяжкой. Для изготовления заготовок таких полуосей используют сварку трением на специальной машине.

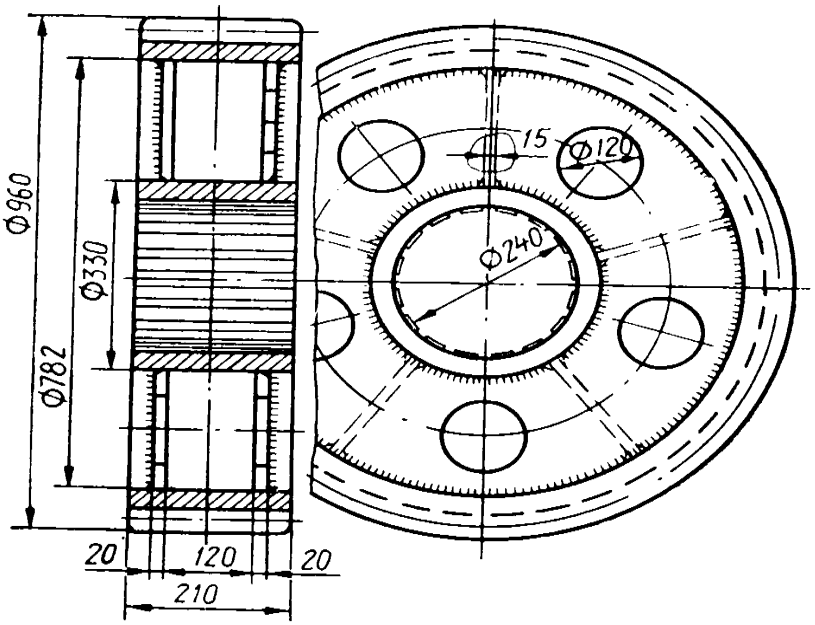


Рис. 11. Сварное зубчатое колесо

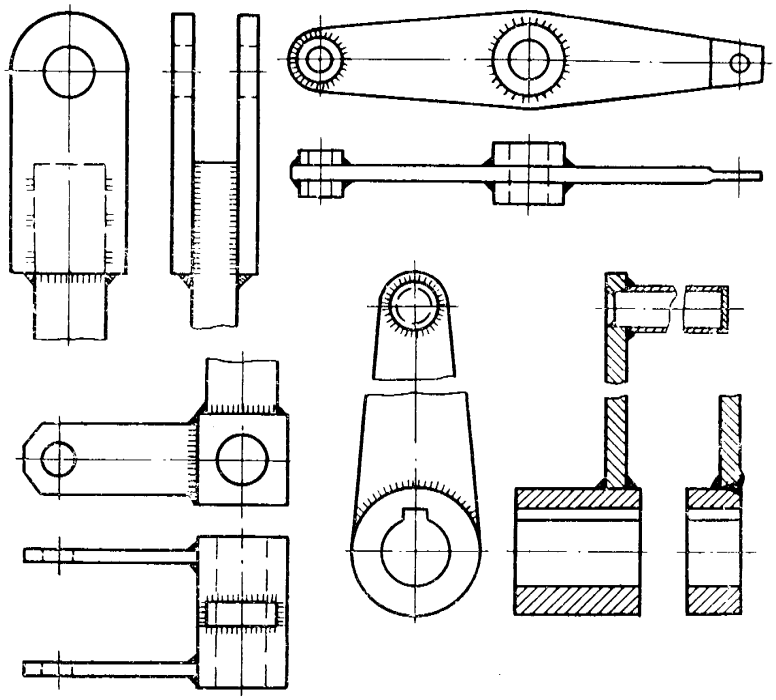


Рис. 12. Сварные тяги

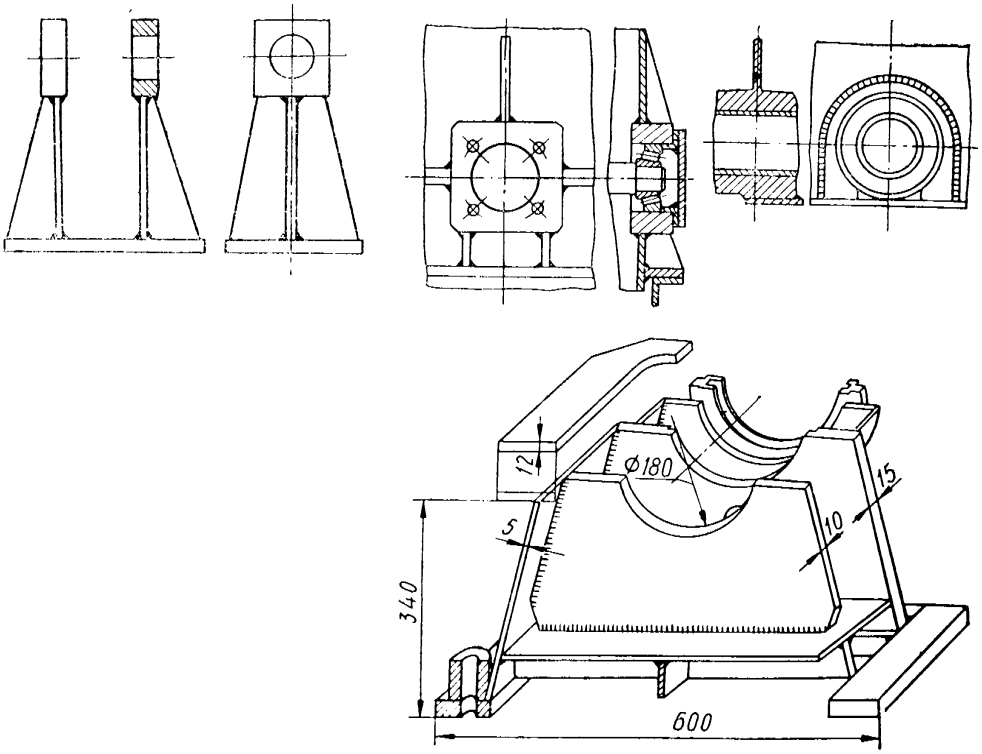


Рис 13. Сварные подшипниковые опоры.

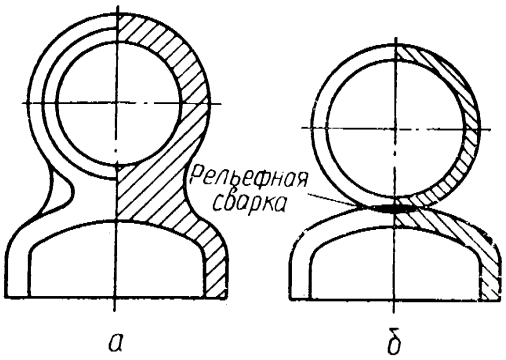


Рис 14. Проушина амортизатора: а) литая, б) сварная.

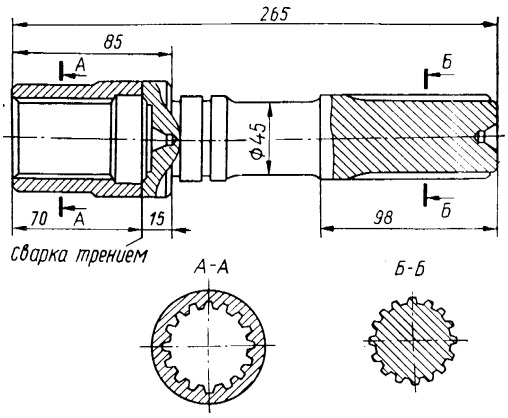


Рис 15. Полуось трактора

*Комбинированные заготовки***.** В современном машиностроении тенденции в изготовлении крупных заготовок ведут к замене литых заготовок комбинированными, которые получают сочетанием ковки и литья со сваркой. Это позволяет подойти дифференцированно к различным частям детали, в частности, использовать в одной конструкции разнородные материалы, наиболее соответствующие условиям работы различных элементов, уменьшить массу и металлоемкость конструкций. Комбинированные заготовки обладают большей технологичностью. Их внедрение снижает сроки освоения производства, сокращает расходы на литейную и штамповочную оснастку.

Сварно-литые заготовки изготавливают при производстве станин прессов, прокатных станов, станков, корпусов редукторов, картеров тепловозных двигателей, толстостенных сосудов, различных деталей вагонов и т. п. Расчленение крупногабаритных цельнолитых заготовок позволяет использовать более точные способы литья (в кокиль, под давлением), применение которых резко снижает объем механической обработки. При наличии в детали стенок толщиной свыше 30 мм, сопрягаемых со стенками малых сечений и с частями, имеющими сложный профиль, применяют сварно-литую заготовку. При сочетании стенок постоянного сечения толщиной до 30 мм со сложными фасонными профилями переменного сечения применяют сварно-листо-литые заготовки.

При конструировании сварно-литых заготовок прибыли на отливке располагают вдали от кромок, подлежащих сварке. Повышенное содержание серы и углерода в местах расположения прибылей приводит к появлению дефектов в сварных швах и в прилегающих к ним зонах металла отливки. При конструировании сварно-литых заготовок, образующих жесткий контур, следует предусматривать соединение отдельного элемента с остальной частью конструкции не более чем двумя сварными швами. В случае большего числа стыков осуществить сварку намного сложнее, а иногда невозможно. При конструировании крупногабаритных сварно-литых заготовок стремятся к тому, чтобы габаритные размеры мелких отливок обеспечивали возможность

машинной формовки, а длина отдельных частей во избежание коробления не превышала 4...5 м. В сварно-литых заготовках с нечетным числом отверстий разъем размещают в плоскости, поперечной к оси среднего отверстия, что существенно упрощает сварку.

В зависимости от размеров поперечного сечения, типа сварного шва и материала сварку элементов заготовки производят различными видами дуговой, контактной или электрошлаковой сварки.

Экономическая эффективность применения сварной конструкции вместо литой растет с увеличением массы и габаритов заготовки. Например, себестоимость литой заготовки одного и того же сегмента массой порядка 40 кг выше себестоимости комбинированной заготовки на ~25 %.

Штампо-сварные заготовки (рамы, кожухи, ободы, шкивы, емкости и др.) изготавливают обычно из листового материала. Они позволяют заменить литые или штампованные заготовки, требующие в дальнейшем довольно дорогой механической обработки. Конструкция штампо-сварной заготовки должна одновременно отвечать условиям технологичности и листовой штамповки, и сварки.

Штампо-сварные заготовки имеют ряд преимуществ: высокая производительность изготовления; сокращение расхода материала и снижение массы конструкции; простота получения заготовок со сложными конструктивными формами; сравнительно низкая себестоимость изготовления заготовок. Штампо-сварные заготовки сваривают в основном контактными способами сварки.

Изготовление крупных цельнокованых деталей обычно сопряжено с большими отходами материала, значительной неоднородностью свойств металла по сечению поковки, использованием уникального оборудования. Применение сварной заготовки из отдельных поковок приводит к значительному снижению трудовых, материальных и энергетических затрат и повышению качества изделий. Однако в отличие от литья точность и форма поковок ограничиваются возможностями применяемого оборудования и инст-

румента, обычно требуется значительная механическая обработка перед сваркой.

Примерами конструкций, изготовленных из поковок, служат различные сварные валы (рис. 16).

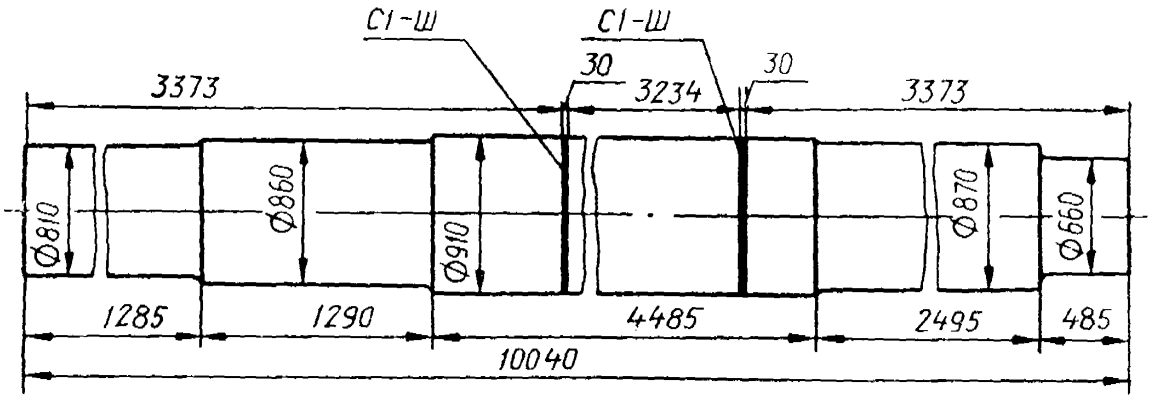


Рис. 16. Сварной вал шахтной подъемной машины

Сварно-ковано-литые заготовки изготавливают сочетанием литых элементов с поковками пли заготовками из проката, соединяемых затем сваркой. Такие конструкции часто применяются в тяжелом и энергетическом машиностроении: роторы турбин, массивные валы; крупные зубчатые колеса, рамы и т. п.

По сравнению с литыми (или коваными) сварно-ковано-литые заготовки имеют следующие преимущества: значительное снижение массы заготовки; упрощение литейной и штамповочной технологии изготовления соответствующих элементов заготовки; повышение качества и точности изготовления отдельных элементов заготовки; сокращение производственного цикла.

Например, при изготовлении щековой дробилки масса литой станины составляла 115 т. Переход к сварной конструкции позволил снизить массу на 26,5 т и сократить срок изготовления с 5...6 до 2...3 мес. Переход от литой к сварно-ковано-литой конструкции рамы экскаватора снизил массу на 32%, а трудоемкость изготовления - с 300 до 147 ч.

Соединение элементов сварно-ковано-литых заготовок производится в основном электрошлаковой или контактной стыковой сваркой и реже — дуговыми способами сварки.

Преимущества комбинированных сварных конструкций, в которых использованы одновременно заготовки, полученные различными способами (отливки, поковки, листовой и сортовой прокат), прежде всего проявляются при изготовлении тонкостенных протяженных деталей.

Эффективным направлением является использование в различных частях сварных конструкций разнородных материалов, наиболее полно отвечающих требованиям эксплуатации, применение двухслойного проката со специальными свойствами облицовочного слоя и других сочетаний. Примером может служить ротор газовой турбины. По ободу диск ротора подвергается действию высоких температур и относительно небольших усилий, а центральная часть работает в условиях невысоких температур и воздействия больших усилий. Подобрать материал, одинаково хорошо работающий в этих условиях, очень трудно. Поэтому целесообразно изготовить сварной ротор: центральную часть из высокопрочной стали перлитного класса, а обод диска из жаропрочной аустенитной (рис. 17).

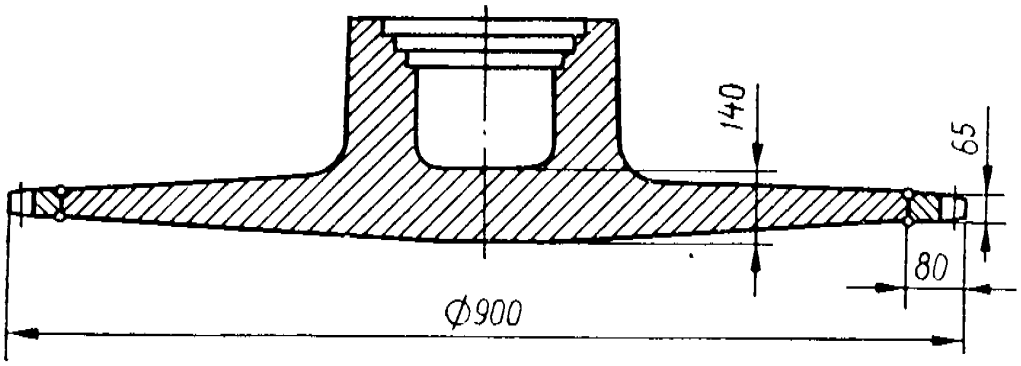


Рис. 17. Сварной вариант ротора газовой турбины

Технико-экономическое сравнение вариантов изготовления цельных литых или штампованных заготовок, с одной стороны, и сварно-литых или сварно-штампованных заготовок, с другой, производится по уменьшению (или

увеличению) массы заготовки; затратам на изготовление модельной оснастки, штампов и других приспособлений; времени цикла подготовки и освоения производства; себестоимости изготовления заготовки.

При оценке различных вариантов изготовления заготовки в каждом конкретном случае следует учитывать особенности данной конструкции, технологические свойства материала, тип производства, требуемую точность изготовления и другие факторы. В качестве примера рассмотрим три варианта изготовления заготовки шестерни большого размера
(рис. 18).

Первый вариант заготовки (рис. 18, *а)* изготовлен из кованого обода, диска из листовой стали и катаной ступицы. Он выгоден тогда, когда серия изготавливаемых заготовок не велика, т. е. в единичном производстве.

Изготавливать в этом случае литейную оснастку долго и дорого. Сварно-литой вариант (рис. 18, *б)* выгоден тогда, когда отформовать и отлить всю шестерню сразу не представляется возможным из-за отсутствия соответствующего оборудования.

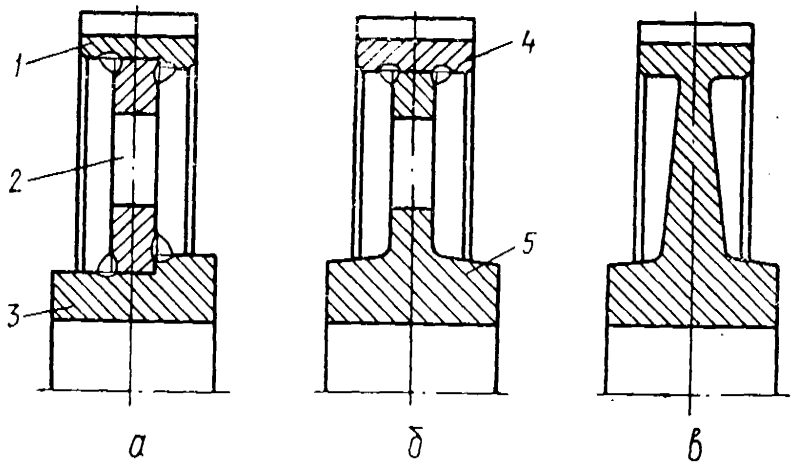


Рис. 18. Конструктивные варианты заготовки шестерни:

а — сварно-штампованный; б — сварно-литой; в — литой; 1—обод кованый; 2—ребро из листовой стали; 3 — ступица из проката; 4—обод катаный; 5—ступица литая

Размеры литой ступицы существенно меньше. Кроме того, применение катаного обода дает более высокое качество и износостойкость поверхности

зубьев. Второй вариант можно применить в серийном производстве. Третий вариант (рис. 18, *в)* — полностью литая заготовка — рационален только в крупносерийном производстве, когда на предприятии имеются возможности для изготовления соответствующих модельной оснастки и форм.

При технико-экономическом сопоставлении возможных вариантов изготовления цельных (литых, кованых, штампованных) и комбинированных (сварных) заготовок следует определять число «критической» серийности N, показывающее, при каком максимальном количестве деталей наиболее экономичен сварной вариант

$$N=M / (S-O),$$

где S - стоимость одной комбинированной заготовки;

O—стоимость одной цельной заготовки;

M—стоимость одного модельного комплекта, штампов и других приспособлений, необходимых для изготовления цельной детали.

Вопросы для самоконтроля:

1. Каковы особенности и технологические возможности основных способов сварки?
2. Каков порядок проектирования сварных заготовок?
3. Какие факторы учитывают при проектировании сварных заготовок?
4. Термическая обработка сварных заготовок.
5. От чего зависит свариваемость металлов и сплавов?
6. Перечислите рекомендации по обеспечению технологичности конструкций сварных заготовок.
7. Какие факторы определяют целесообразность применения комбинированных заготовок?
8. Обеспечение технологичности сварных и комбинированных заготовок.

8. Содержание и оформление отчета

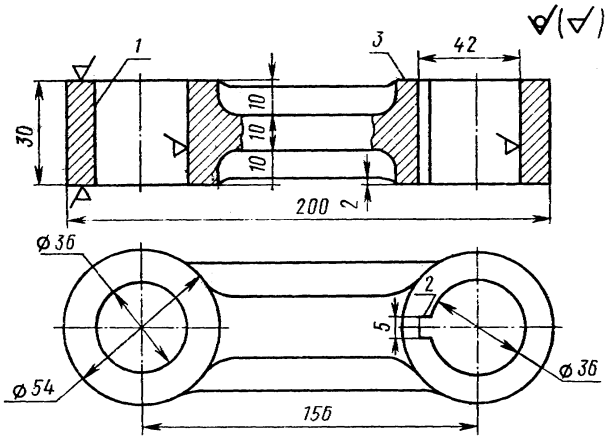
1. Отчет выполняется на листе формата А4 либо на развернутом тетрадном листе в клеточку.
2. Название и цель работы.
3. Эскиз (рисунок) детали, на которую разрабатывается заготовка.
4. Расчет и обоснование размеров.
5. Обоснование чертежа заготовки в соответствии с требованиями, описанными в данных методических указаниях.

Временная структура проведения работы.

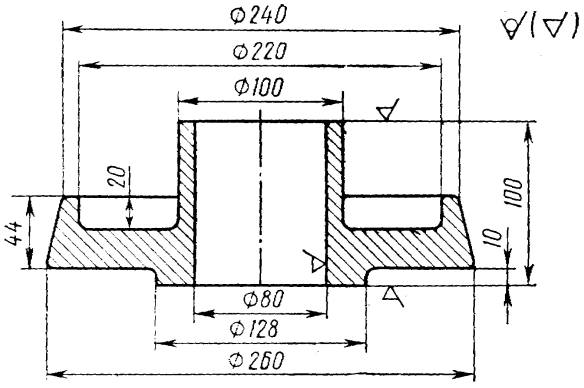
1. Получение задания, изучение методики проведения практической работы, оформление чертежа детали — 2 часа.
2. Разработка чертежа заготовки, обоснование размеров, оформление отчета сдача работы — 2 часа.

Итого: 4 часа.

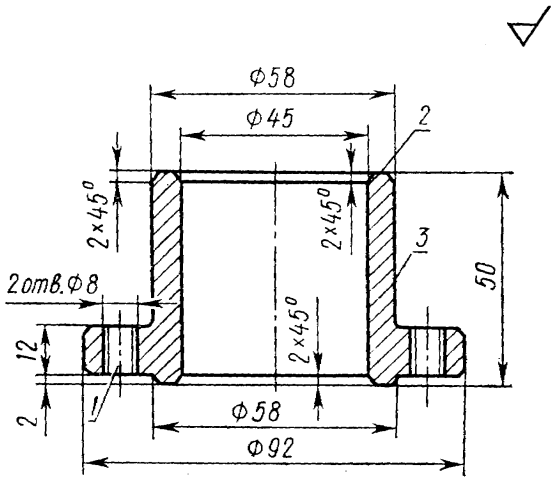
9. Варианты заданий



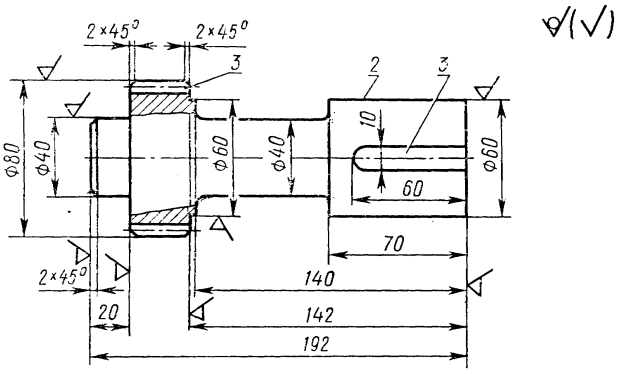
вариант 1 Траверса



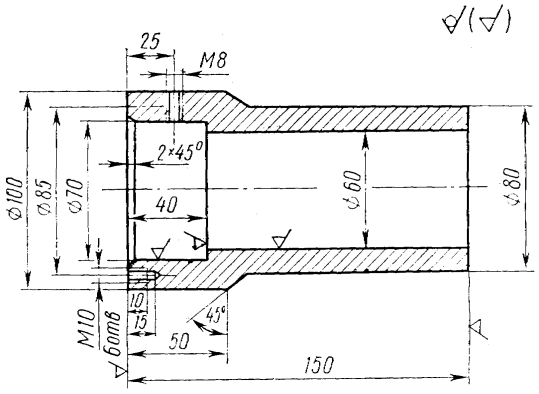
вариант 2 Фланец



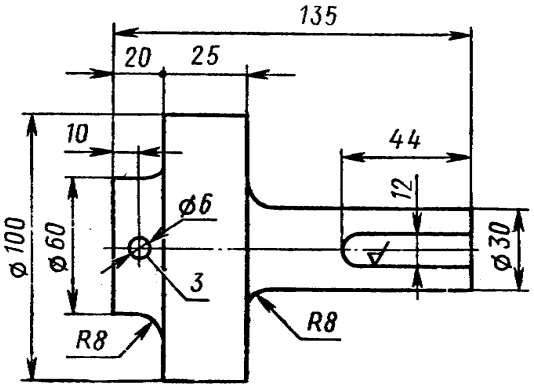
вариант 3 Проставка



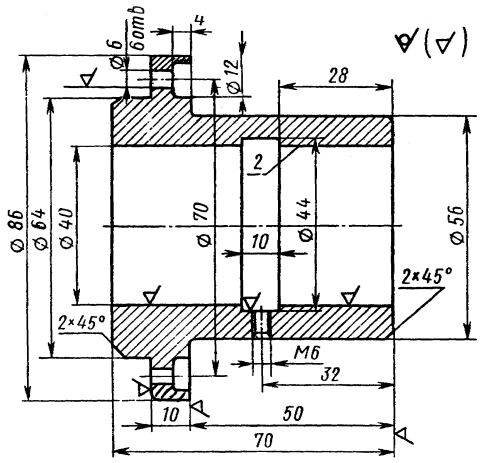
вариант 4 Траверса



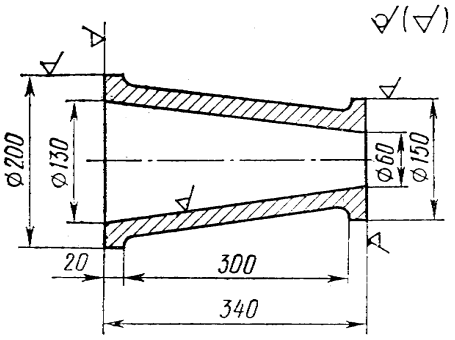
вариант 5 Труба



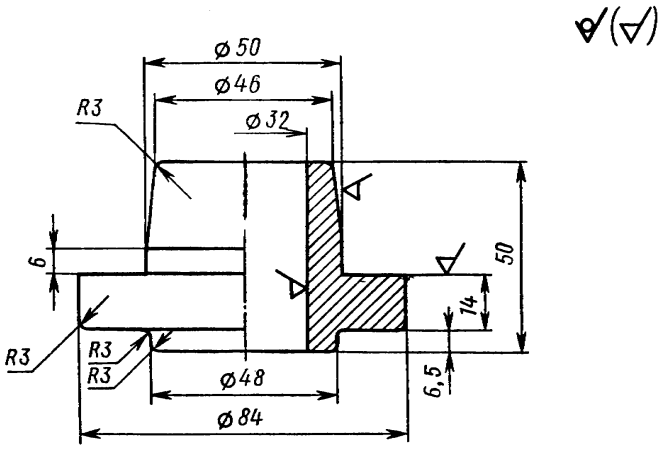
вариант 6 Ось



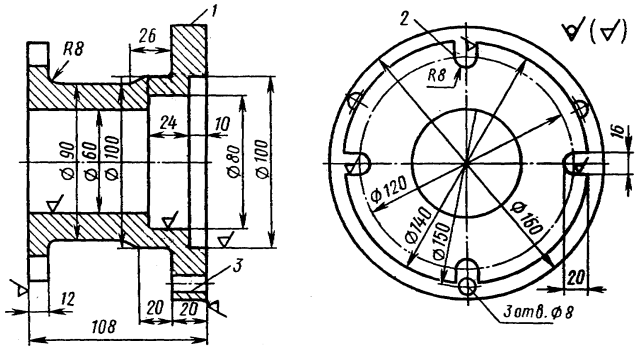
вариант 7 Корпус



вариант 8 Труба



вариант 9 Букса



вариант 10 Проставка

Литература:

1. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. -Киев:,Выща школа, 1991. -247 с.
2. Основы технологии машиностроения. / Под ред. проф. В.С. Корсакова М.: Машиностроение, 1965. -490 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение.- М.: Металлургия, 1986. -544 с.
4. Енин В.И. Судовые паровые котлы. - М.: Транспорт, 1984. - 248 с.
5. Пейсахова А.М., Кучер А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебник. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2003.-с. 407.
6. Колесов С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2004. - 535 с. : ил.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т./под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова.-5-е изд., испр.-М.:Машиностроение-1.-24 см. Т. 1., Т.2.-2003.
8. Богодухов С.И. Курс материаловедения в вопросах и ответах: учебное пособие. – М: Машиностроение, 2005.
9. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов / под ред. В.С. Чередниченко. – М: Омега-Л, 2006. – 752 с.
10. Материаловедение и технология металлов: учебник / под ред. Г. П. Фетисова. - 5-е изд., стереотип. - М.: Высшая школа, 2007. - 862 с. : ил.

Содержание

1. Классификация сварных конструкций …….. 2
2. Методика проектирования сварных заготовок ……4
3. Оформление чертежа сварной заготовки ……6
4. Свариваемость металлов ……6
5. Обеспечение технологичности сварных и комбинированных заготовок …..7
6. Термическая обработка сварных заготовок ……16
7. Сварные и комбинированные заготовки ……..17
8. Содержание и оформление отчета ……26
9. Варианты заданий.……27

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ И КОМБИНИРОВАННЫХ ИСХОДНЫХ ЗАГОТОВОК.

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине
«Проектирование и производство заготовок»
для студентов направлений 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»