

# ***ТЕМА 13. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ И КОМБИНИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК***

- 13.1 Принципы конструктивно-технологического проектирования сварных конструкций
- 13.2 Комбинированные сварные заготовки
- 13.3 Направления совершенствования сварных конструкций

## ***Литература***

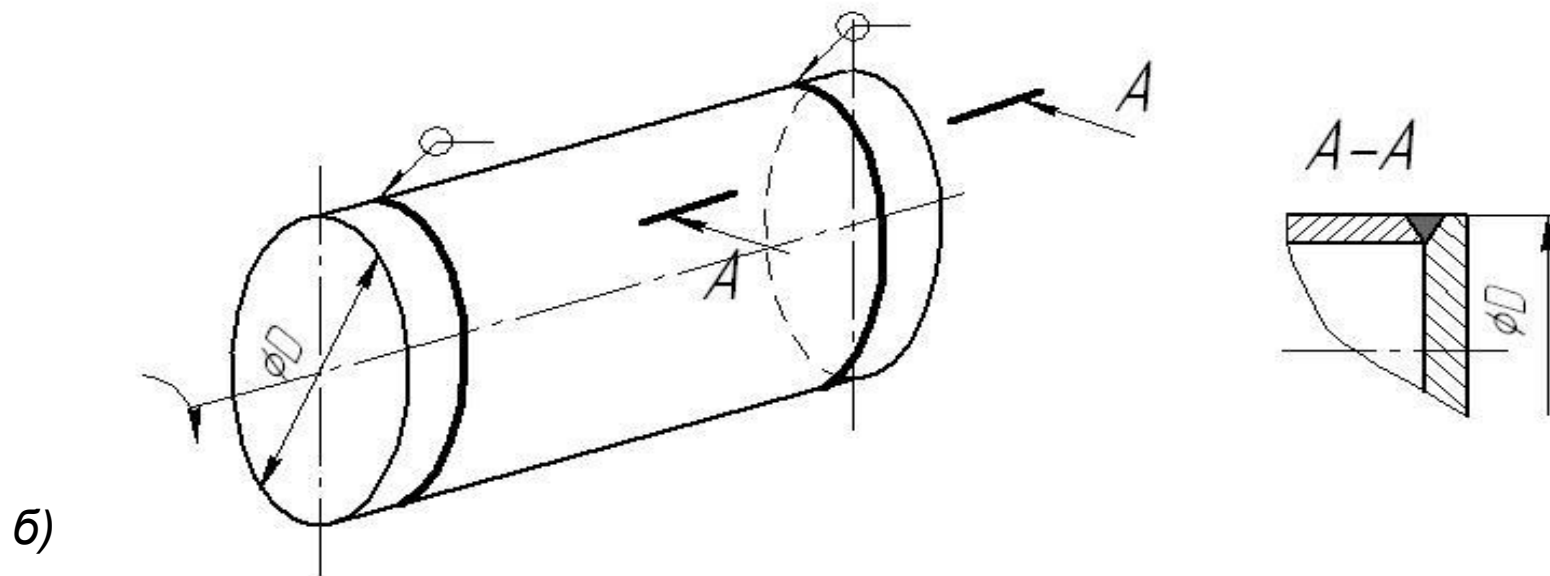
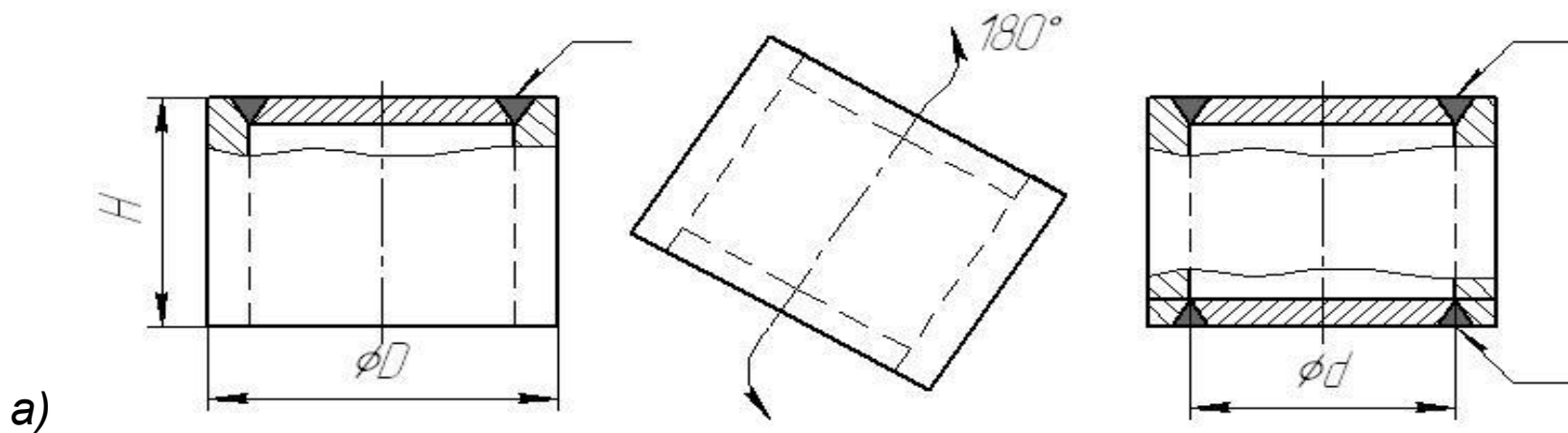
**Окерблом Н.О.** Расчет деформаций металлоконструкций при сварке. – М.-Л.: Машиностроение, 1955. – 212 с.

**Занковец П.В., Шелег В.К., Денисов Л.С., Бербасова Н.Ю., Павлюк С.К.** Совершенствование технического процесса и оптимизация качества сборочно-сварочных работ. - Мн.: ИООО «Право и экономика».-2004.-340с.

# 13.1 ПРИНЦИПЫ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В практике машиностроительного производства при изготовлении сварных изделий известно взаимовлияние конструкций на технологию изготовления. Это означает, что принятые конструктивные решения ограничивают выбор приемов и способов сварки.

Так, например, при изготовлении корпуса гидроцилиндра возможны как минимум два проектных варианта, в зависимости от принятых конструктивных решений. Влияние конструктивного оформления разделки кромок цилиндра и днища под сварку на технологию представлено на рисунке 13.1.

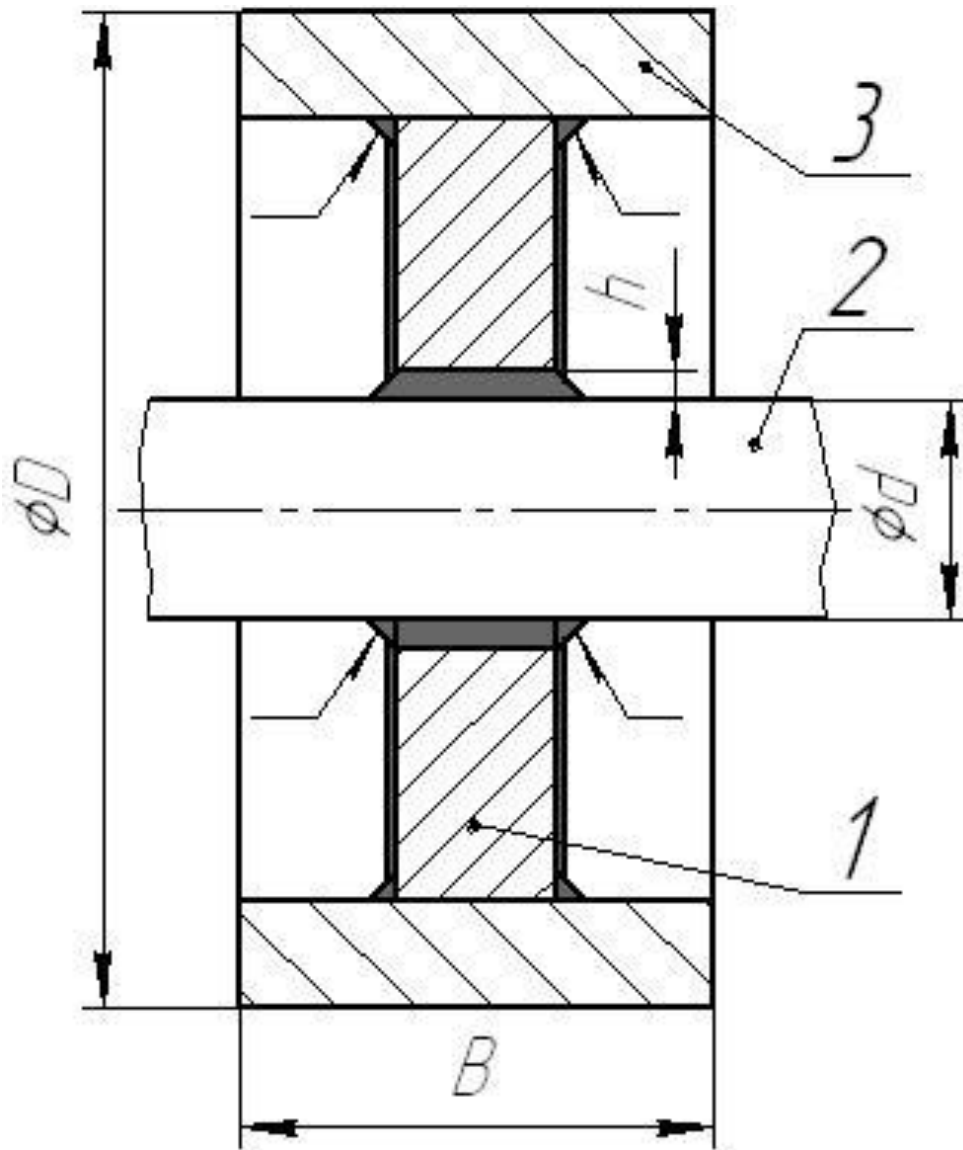


**Рисунок 13.1 – Варианты сварки днищ цилиндра:  
а – неудовлетворительный; б – оптимальный**

Вариант «а» является неудовлетворительным, так как при такой схеме разделки кромок для угловой сварки необходимо кантовать цилиндр на  $180^\circ$  во избежание потолочного шва. Вариант «б» оптимален, так здесь при иной схеме разделки кромок возможно применение полуавтоматической приварки днищ с двух сторон цилиндра одновременно. Это подтверждает взаимное влияние принятого конструктивного решения изготовления изделия на технологию. Технологичность нового конструктивного оформления выше.

В других случаях выбранные конструктивные решения в сварном изделии влияют на изменение исходных свойств материала, на точность сохранения проектных размеров и формы конструкции и на возникновение в ней того или иного напряженного состояния, что влияет на работоспособность сварной конструкции. Оптимальный вариант конструкции должен учитывать эти технологические воздействия при изготовлении. Следовательно, необходимо комплексное проектирование сварной конструкции и техпроцесса ее изготовления.

Изложенное разберем на примере разработки конструкции и технологии изготовления редукторного колеса, рисунок 13.2.



**Рисунок 13.2** – Эскиз редукторного колеса  
1 – диск; 2 – вал; 3 – обод

Предположим, что при проектировании зубчатого колеса редуктора в качестве материала обода и вала выбрали высокопрочную закаливающуюся сталь, требующую подогрева при сварке. В результате этого сопряжение обода с дисками будет работоспособным, а в сопряжении дисков с валом возникнут трещины уже в процессе изготовления. Обод, при остывании, будет вызывать в швах, соединяющих его с дисками, напряжения растяжения. Подогрев вала перед сваркой приведет к тому, что при его остывании после сварки в швах, соединяющих его с дисками, возникнут напряжения растяжения. Произойдет отрыв дисков от вала. В итоге при соединении сваркой двух сталей одна и та же технология в одних конструктивных условиях дает положительные, а в других – отрицательные результаты.

Следовательно, выбирать технологию сварки материалов без учета особенностей свариваемой конструкции недопустимо, а с другой стороны недопустимо выбирать конструктивные формы сварных соединений без учета конкретной технологии изготовления конструкции.

В рассматриваемом случае для предотвращения отрыва дисков от вала, сварку необходимо производить без применения подогрева, а для предотвращения подкалки околошовной зоны надо изменить конструкцию сопряжения. На вал в местах примыкания дисков наплавить буртик из незакаливающегося металла. Высота  $h$  буртика должна быть такова, чтобы при сварке с диском температура нагрева основного металла вала была ниже критической температуры  $AC1$ , что исключает подкалку основного металла. Высота  $h$  определяется расчетом, основанном на теории распространения тепла при сварке.

Таким образом, доказана очевидная необходимость обоснования тех или иных решений, не только расчетами прочности, но и технологическими расчетами. Комплексное конструктивно-технологическое проектирование является необходимым условием, обеспечивающим рациональность проектируемой конструкции. Однако одновременности разработки проекта конструкции и проекта технологического процесса ее изготовления еще недостаточно для максимального использования всех возможностей сварки и для полной гарантии надежной работы сварной конструкции.

Существующие методы расчетов прочности, как правило, не учитывают действия, оказываемого на конструкцию процессом ее изготовления. Поэтому в обычно выполняемых расчетах прочности исходят из нормативных свойств материала без учета изменений, вызываемых процессом сварки, без учета наличия в сварных соединениях неоднородности свойств в различных зонах. Расчеты прочности ведут ориентируясь на напряженное состояние, которое вызывается только внешней нагрузкой и не учитывают того поля напряжений, которое создано процессом изготовления конструкций. При расчетах исходят из проектных размеров и форм отдельных сварных соединений и элементов без учета тех искажений, которые вызываются сварочными деформациями. Все это приводит к тому, что расчеты перестают правильно воспроизводить действительные условия работы конструкции и в ряде случаев не могут гарантировать надежность работы конструкции. Поэтому необходимо в расчетах прочности и устойчивости учитывать технологические воздействия.

Если в настоящее время и учитывают в отдельных случаях технологию при расчетах, то это делают введением поправочных коэффициентов в допускаемые напряжения, предельные нагрузки. Такой подход приводит к излишним затратам материала, т.к. понижающие коэффициенты приходится применять и там, где они не нужны, и, кроме того они не дают гарантии надежности. Поэтому необходимы уточненные методы расчетов прочности, в которых бы учитывались технологические факторы. Наряду с расчетами прочности должны производиться и расчеты точности, которые почти не производятся. Существуют методы расчетов деформаций при сварке. Они позволяют расчетным путем оценивать точность сварного элемента, а следовательно еще при проектировании конструкции предусматривать те меры повышения точности, которые придется принимать при изготовлении конструкции, если конструктивными средствами достичь требуемой точности невозможно. Таким образом, при конструктивно-технологическом проектировании сварных заготовок, конструкций необходимо применять уточненные методы расчетов прочности, также расчетные методы оценки технологичности и точности сварных конструкций.

Очевидно, что применение новых методов расчетов, основанных на комплексном учете разнообразных конструктивных и технологических факторов, потребует в ряде случаев пересмотра норм и критериев качества сварных конструкций.

Выбор схемы технологического процесса определяется характером или типом производства.



# 13.2 КОМБИНИРОВАННЫЕ СВАРНЫЕ ЗАГОТОВКИ

Комбинированные заготовки обладают большей технологичностью, чем отливки, поковки. Их внедрение снижает сроки освоения производства, сокращает расходы на литейную и штамповочную оснастку.

**Виды комбинированных заготовок:**

1) **сварно-литые заготовки** – станины прессов, станков, корпусов редукторов и др. 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. 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;

2) **штампо-сварные заготовки** – рамы, шкивы, ободы и др. изготавливают обычно из листового материала. Конструкция штампо-сварной заготовки должна одновременно отвечать условиям технологичности и листовой штамповки, и сварки;

3) **сварно-ковано-литые заготовки** – изготавливают сочетанием литых элементов с поковками или заготовками из проката, соединяемых сваркой – роторы турбин, массивные валы и др.

Проектирование комбинированных сварных конструкций предусматривает решение технической задачи комплексного использования многих современных технологических и конструктивных возможностей для повышения работоспособности конструкции, снижения трудоемкости, облегчения механизации и повышения производительности труда. Непосредственно сварка используется как технологический процесс, позволяющий применить в одной конструкции любые прогрессивные технологические средства для производства отдельных ее частей, отдельных заготовок, из которых составляется целая (в результате превращающаяся в монолитную) конструкция. Более того, применение комбинированных конструкций взамен цельнолитых, цельнокованых и цельносварных позволяет не только совершенствовать производство конструкций в целом, но и облегчает совершенствование производство заготовок. Заменяя, например, цельнолитую конструкцию сварной, включающей и литье деталей, создают условия для использования более прогрессивных механизированных методов литья, которые, как правило, оказываются неприемлемыми при производстве цельнолитой конструкции. При этом качество литых заготовок оказывается значительно выше качества цельнолитых конструкций, для которых заварка брака литья превратилась в нормальную и обязательную операцию. То же имеет место и у поковок. Их качество понижается с увеличением размеров. Возрастают трудности достижения однородности свойств материала в различных частях крупных поковок.

Возрастающие требования к качеству изделий и повышению производительности труда уже невозможно решить применением одного технологического процесса. Поэтому при проектировании и изготовлении машиностроительных конструкций должны комплексно использоваться все современные способы обработки металлов давлением, литья, методы сварочной технологии.

Замена цельнолитых деталей сварными часто ограничивается только расчленением одной крупной отливки на несколько более мелких, которые затем свариваются между собой. Даже такой, самый примитивный прием проектирования комбинированной сварной конструкции позволяет получить значимый технический и экономический эффект за счет повышения производительности труда при изготовлении более мелких отливок и за счет повышения качества отливок, которые могут не требовать заварки брака литья, неизбежного при изготовлении крупных отливок.

При заблаговременном расчленении конструкции на мелкие детали можно удешевить их изготовление, создать соответствующую оснастку и механизировать сварочные работы.

Еще больший эффект может быть получен при использовании в одной конструкции не только отливок, но и поковок, заготовок из листового и профильного проката и заготовок, выполненных другими технологическими процессами.

# 13.3 НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

## Направления совершенствования сварных конструкций:

- 1) переход на новые принципы конструктивно-технологического проектирования сварных конструкций (комплексное решение вопросов прочности, точности, технологичности и экономичности для решения рациональности сварных конструкций). Это обеспечит наименьшие затраты материалов, времени и труда на их изготовление и обеспечит наибольшую их долговечность;
- 2) расширение применения комбинированных сварных конструкций с использованием в одной конструкции различных материалов и различных технологических процессов;
- 3) применение предварительно напряженных конструкций и использование местных предварительных напряжений для повышения работоспособности отдельных узлов и сопряжений в сварных конструкциях.

# Контрольные вопросы

1. Перечислите основные принципы конструкторско-технологического проектирования сварных конструкций.
2. Основные виды комбинированных сварных заготовок.
3. Направления совершенствования сварных конструкций