

## Технические условия для изготовления сварных конструкций

Технические условия изготовления сварной конструкции предусматривают технические условия на основные материалы, сварочные материалы, а также требования, предъявляемые к заготовкам под сборку и сварку, к сварке и к контролю качества сварки.

Технические условия на изготовление сварных конструкций учащиеся должны взять на заводах в ОГС или в бюро сборки и сварки, где они проходят технологическую практику.

В качестве основных материалов, применяемых для изготовления ответственных сварных конструкций (поднадзорных ГОСПРОМАТОМНАДЗОРУ), работающих при динамических нагрузках должны применяться легированные стали по ГОСТ 19281-89 или углеродистые обыкновенного качества не ниже марки СтЗпс по ГОСТ 380-94. Для неответственных сварных конструкций должны применяться стали не ниже марки СтЗпс по ГОСТ 380-94.

Соответствие всех сварочных материалов требованиям стандартов должно подтверждаться сертификатом заводов-поставщиков, а при отсутствии сертификата – данными испытаний лабораторий завода.

При ручной дуговой сварке должны применяться электроды не ниже типа Э42А по ГОСТ 9467-75 со стержнем из проволоки Св-08 по ГОСТ 2246-70.

При сварке в углекислом газе должна применяться проволока не ниже Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70.

Сварочная проволока не должна иметь ржавчины, масла и других загрязнений.

Требования к заготовкам под сварку предусматривают, чтобы свариваемые детали из листового, фасонного, сортового и другого проката должны быть выправлены перед сборкой под сварку.

После вальцовки или гибки детали не должны иметь трещин и заусенцев, надрывов, волнистости и других дефектов.

Кромки деталей, обрезанных на ножницах, не должны иметь трещин и заусенцев. Обрезная кромка должна быть перпендикулярной к поверхности детали. Допускаемый уклон в случаях, не оговоренных на чертежах, должен быть 1:10, но не более 2 мм.

Необходимость механической обработки кромок деталей должна указываться в чертежах и технологических процессах.

Вмятины после правки и криволинейность свариваемых кромок не должны выходить за пределы установленных допусков на зазоры между свариваемыми деталями. Предельные отклонения угловых размеров, если они не оговорены в чертежах, должны соответствовать десятой степени точности ГОСТ 8908-81.

Детали, поступающие на сварку, должны быть приняты ОТК.

Сборка свариваемых деталей должна обеспечивать наличие установленного зазора в пределах допуска по всей длине соединения.

Кромки и поверхности деталей в местах расположения сварных швов на ширину 25-30 мм должны быть очищены от ржавчины, масла и других загрязнений непосредственно перед сборкой под сварку.

Детали, предназначенные для контактной сварки, в местах соединения должны быть с обеих сторон очищены от окалины, масла, ржавчины и других загрязнений.

Детали с трещинами и надрывами, образовавшимися .при изготовлении, к сборке под сварку не допускаются.

Указанные требования обеспечиваются технологической оснасткой и соответствующими допусками на собираемые детали.

При сборке не допускается силовая подгонка, вызывающая дополнительные напряжения в металле.

Допускаемое смещение свариваемых кромок относительно друг друга и величина допустимых зазоров должны быть не более величин, устанавливаемых на основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений по ГОСТ 14771-76, ГОСТ 23518-79, ГОСТ 5264-80, ГОСТ 11534-75, ГОСТ 14776-79, ГОСТ 15878-79, ГОСТ 8713-79, ГОСТ 11533-75.

Местные повышенные зазоры должны быть устранены перед сборкой под сварку. Разрешается заваривать зазоры наплавкой кромок детали, но не более 5% длины шва. Заполнять увеличенные зазоры кусками металла и другими материалами запрещается.

Сборка под сварку должна обеспечивать линейные размеры готовой сборочной единицы в пределах допусков, указанных в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Предельные отклонения сварных сборочных единиц

Номинальные размеры, мм	Предельные отклонения, мм
До 30	+1,0
Свыше 30 до 120	+1,5
Свыше 120 до 500	+2,0
Свыше 500 до 1000	+3,0
Свыше 1000 до 3000	+4,0
Свыше 3000	+5,0

Сечение прихваток допускается размером до половины сечения сварного шва. Прихватки должны ставиться в местах расположения сварных швов. Наложённые прихватки должны быть очищены от шлака.

Прихватка элементов сварных конструкций при сборке должна выполняться с использованием тех же присадочных материалов и требований, что и при выполнении сварных швов.

Размеры прихваток должны быть указаны в картах технологического процесса.

Сборка под сварку должна быть принята ОТК. При транспортировке и кантовке собранных под сварку металлоконструкций должны быть

приняты меры, обеспечивающие сохранение геометрических форм и размеров, заданных при сборке.

К сварке ответственных сборочных единиц должны допускаться только аттестованные сварщики имеющие удостоверение, устанавливающее их квалификацию и характер работы, к которой они допущены.

Сварочное оборудование должно быть обеспечено вольтметрами, амперметрами и манометрами, за исключением тех случаев, когда установка приборов не предусмотрена. Состояние оборудования должно проверяться сварщиком и наладчиком ежедневно.

Профилактический осмотр сварочного оборудования отделом главного механика и энергетика должен осуществляться не реже одного раза в месяц.

Изготовление стальных сварных конструкции должно производиться в соответствии с чертежами и разработанным на их основе техпроцессом сборки и сварки.

Технологический процесс сварки должен предусматривать такой порядок наложения швов, при котором внутренние напряжения и деформации в сварном соединении будут наименьшими. Он должен обеспечивать максимальную возможность сварки в нижнем положении.

Выполнять сварочные работы методами, не указанными в технологическом процессе и настоящем стандарте, без согласования с главным специалистом по сварке запрещается, Отступление от указанных в картах техпроцесса режимов сварки, последовательности сварочных операций не допускается.

Поверхности деталей в местах расположения сварных швов должны быть проверены перед сваркой. Свариваемые кромки должны быть сухими. Следы коррозии, грязи, масла и другие загрязнения не допускаются.

Зажигать дугу на основном металле, вне границ шва, и выводить кратер на основной металл запрещается.

Отклонение размеров поперечного сечения сварных швов, указанных в чертежах, при сварке в углекислом газе, должны быть в соответствии с ГОСТ 14771-76.

По наружному виду сварной шов должен иметь равномерную поверхность без наплывов и натеков с плавным переходом к основному металлу.

По окончании сварочных работ, до предъявления изделия ОТК, сварные швы и прилегающие к ним поверхности должны быть очищены от шлаков, наплывов, брызг металла, окалины и проверены сварщиком.

При контактной точечной сварке глубина вдавливания электрода в основной металл сварочной точки не должна превышать 20% от толщины тонкой детали, но не более 0,4 мм.

Увеличение диаметра контактной поверхности электрода в процессе сварки не должно превышать 10% от установленного техпроцессом размера.

При сборке под точечную сварку зазор между соприкасающимися поверхностями в местах расположения точек не должен превышать 0,5...0,8 мм.

При сварке штампованных деталей зазор не должен превышать 0,2...0,3 мм.

При контактной точечной сварке деталей разной толщины режим сварки следует устанавливать в соответствии с толщиной более тонкой детали.

После сборки деталей под сварку необходимо проверять зазоры между деталями. Величина зазоров должна соответствовать ГОСТ 14771-76.

Размеры сварного шва должны соответствовать чертежу сварной конструкции по ГОСТу 14776-79.

В процессе сборки и сварки ответственных сварных конструкций должен осуществляться пооперационный контроль на всех этапах их изготовления. Процент контроля параметров оговаривается технологическим процессом.

Перед сваркой следует проверить правильность сборки, размеры и качество прихваток, соблюдение геометрических размеров изделия, а также чистоту поверхности свариваемых кромок, отсутствие коррозии, заусенцев, вмятин, других дефектов.

В процессе сварки должны контролироваться последовательность операций, установленная техпроцессом, отдельные швы и режим сварки.

После окончания сварки контроль качества сварных соединений должен осуществляться внешним осмотром и измерениями.

Угловые швы допускаются выпуклые и вогнутые, но во всех случаях катетом шва следует считать катет вписанного в сечение шва равнобедренного треугольника.

Осмотр может производиться без применения лупы или с применением её с увеличением до 10 раз.

Контроль размеров сварных швов, точек и выявленных дефектов должен производиться измерительным инструментом с ценой деления 0,1 или специальными шаблонами.

Исправление дефектного участка сварного шва более двух раз не допускается.

Внешний осмотр и обмер сварных соединений должен производиться согласно ГОСТ 3242-79

### 1.3. Исходные данные для проектирования и изготовления сварных конструкций

Исходными данными для проектирования и изготовления сварной конструкции являются:

1. чертеж изделия;
2. технические условия на изготовление изделия;
3. программа выпуска изделия.

1. В чертежах дается информация о материалах заготовок, их конфигурации, размерах, типах сварных соединений. Это решение принимается конструктором, технолог должен принять его к исполнению, то есть технолог не имеет право вносить изменения в чертежи.

2. Технические условия на изготовление определенного типа конструкций содержат перечень требований, предъявляемых к материалу, оборудованию, выполнению технологических и контрольных операций, и достаточно обширный список требований. Технические условия бывают общие, дополнительные и специальные. Технические условия – это результат накопленного опыта конструирования и изготовления продукции на каком-либо предприятии или отрасли.

3. Программа выпуска содержит сведения о количестве изделий, которые надо изготовить в течение определенного периода, она служит обоснованием выбора технологии и оборудования, технологической оснастки, средств механизации и автоматизации. По программе выпуска производится оценка экономической эффективности предложенной разработки.

Производственный процесс изготовления сварных конструкций включает в себя различные заготовительные, сборочные, сварочные, контрольные, отделочные и другие операции. Главным требованием, определяющим последовательность этих операций, их содержание, обеспечение оснасткой и т.д., является выполнение заданной программы выпуска изделий высокого качества в кратчайшие сроки при минимальной стоимости.

Последовательность выполнения сборочно-сварочных операций определяется выбором варианта членения изделия на узлы, под-узлы и детали. Такое членение определяется следующим:

1. Изделие большого габарита необходимо разделять так, чтобы свести к минимуму работы на монтаже.
2. Должны быть обеспечены доступность и удобство при выполнении технологических операций и послеоперационного контроля.
3. Следует пользоваться расчетными методами для оценки ожидаемых деформаций и напряжений с тем, чтобы выбирать оптимальную последовательность сборочно-сварочных операций.

4. Точность размеров и форму сварочного изделия можно обеспечить рациональным построением технологии процесса и применением правочных работ на стадии получения заготовок, сборки и сварки отдельных узлов, поскольку правка готового изделия может быть достаточно трудоемкой или невозможной.

5. В случае необходимости улучшения механических свойств путем снятия остаточных напряжений или стабилизации размеров, в какой-либо зоне конструкции, надо выбирать такую последовательность сборки и сварки, которая позволяла бы производить местную или предварительную термообработку отдельных узлов и деталей или конструкции в целом.

#### 1.4. Основные проблемы на пути механизации и автоматизации при производстве сварных конструкций

При разработке технологического процесса требования экономии ручного труда всегда были и остаются основными.

Под механизацией производственного процесса понимают замену ручного труда работой машин. При автоматизированном процессе обслуживающий персонал выполняет лишь функции наладки и наблюдения за работой приборов и систем управления. Система управления – это механизмы и средства связи, обеспечивающие точное и согласованное во времени взаимодействия рабочих и вспомогательных агрегатов и устройств.

Трудовые затраты непосредственно на сварочные работы в области сварочного производства не превышают 30 % от общего объема работ производства сварных конструкций.

Большой объем занимают заготовительные, сборочные, а также другие вспомогательные и особенно транспортные операции. Следовательно, необходима механизация и автоматизация всего комплекса производства сварных конструкций. Совершенствование производства сварных конструкций требует не только наличия оборудования и механизмов, обеспечивающих операции технологического процесса, но и их рациональной компоновки. Так, в единичном и мелкосерийном производстве применяются универсальные устройства для серийного и массового производства, т.е. используется специализированное оборудование, на основе которого создаются механизированные и автоматизированные поточные линии.

Исходя из вышесказанного, основные направления совершенствования производства сварочных конструкций заключаются в следующем:

1. Увеличение серийности выпускаемых изделий путем изыскания прогрессивных конструктивных форм и технологий, отвечающих условиям непрерывного и механизированного типа производства.
2. Создание и централизованное изготовление специальной технологической оснастки.
3. Создание универсальных устройств, обеспечивающих комплексную механизацию технологических процессов в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

Создание отечественных поточных механизированных и автоматизированных поточных линий отдельными отраслевыми министерствами в условиях неспециализированного производства ограничивает возможности этих линий при создании новых производств.

Здесь следует дать определение механизированных и автоматизированных поточных линий: они представляют собой совокупность рабочих мест, оснащенных основным и вспомогательным оборудованием, где выполняются технологические операции, связанные между собой транспортными средствами.

Расширение производства возможно при слиянии сварочных фирм с другими фирмами, специализирующимися, например, в области автоматике.

Вопросы совершенствования производства сварных конструкций могут быть решены путем создания промышленных сварочных роботов. Применение роботов в производстве сварных конструкций может избавить от необходимости создания сложного специализированного оборудования для каждой сложной и дорогостоящей автоматической линии. Универсальность роботов становится полезной благодаря относительной простоте при переходе на изготовление одного типа изделия к другому.

Эффективность технологической поточной механизированной линии с элементами автоматике может быть существенно повышена путем применения электронной вычислительной техники (ЭВМ). Система группового управления большого числа механизмов на основе ЭВМ может обеспечить работу не только на основных, но и вспомогательных операциях. С введением обратных связей этой системы с центральной ЭВМ можно организовать контроль качества выполнения технологических операций.

Таким образом, с применением ЭВМ возможна организация контроля работоспособности основного и вспомогательного технологического оборудования. Групповое управление агрегатами с помощью ЭВМ отражает один из основных принципов использования автоматических систем управления (САПР) – обеспечение полной автоматизации технологических процессов.

### 5.3 Технологичность сварных конструкций

Под технологичностью сварной конструкции понимают совокупность ее свойств, определяющих возможность ее изготовления с наименьшими затратами труда и материалов методами прогрессивных технологий в соответствии с требованиями к качеству.

Технологичность сварных узлов и конструкций может быть оценена по следующим показателям:

свариваемости материалов, из которых изготавливаются соединяемые детали;

конфигурации, числу, расположению и протяженности сварных швов;

конструктивному оформлению свариваемых элементов в соответствии с требованиями нормалей и стандартов (соотношение толщин соединяемых деталей, расстояния от края детали при контактной точечной и шовной сварке и т.п.);

возможности подхода в зону сварки сварочных головок, электродов;

возможности подхода для сборки и демонтажа съемной сварочной оснастки;

возможности визуального осмотра и контроля сварных соединений;

обоснованности технических требований чертежа - допускам по основным размерам, контролируемым после сварки, технологическим припускам на обработку и т.п.;

необходимости и возможности обработки после сварки (механической и термической обработки);

возможности применения механизированных и автоматизированных процессов, стандартного оборудования (автоматов, машин для контактной сварки, сварочных манипуляторов и стенов) без изготовления дополнительной сложной и трудоемкой специальной оснастки.

При выборе того или иного способа сварки для получения качественной сварной конструкции принимается в расчет свариваемость материалов.

Свариваемость - технологическое свойство материалов (металлов) или их сочетаний образовывать в процессе сварки соединения, отвечающие конструктивным и эксплуатационным требованиям к ним. Как правило, конструктивные и эксплуатационные требования, предъявляемые к сварным соединениям, определяются свойствами используемых материалов, поэтому часто под свариваемостью понимают способность материалов образовывать в процессе сварки соединения, не уступающие по своим свойствам свариваемым материалам. В общем случае свариваемость материала есть комплексное свойство и оно тем выше, чем проще технология сварки, чем больше число способов сварки может быть использовано для соединения материала, чем шире область параметров режимов, обеспечивающих заданные требования к свойствам соединения, чем шире номенклатура изделий, для которых могут быть использованы сварные соединения из данного материала. Как и всякое комплексное свойство, свариваемость определяется составом, физико-химическими и механическими свойствами материалов. Чем хуже свариваемость материала, тем сложнее технология сварки, тем больше мероприятий необходимо применять для получения качественного сварного соединения.

При оценке технологичности конструкции с точки зрения расположения, конфигурации, числа сварных швов, конструктивного оформления свариваемых элементов исходят из того, что технологичная конструкция должна содержать минимальное число сварных швов, протяженность их должна быть минимально возможной, пересечения сварных швов должны отсутствовать или число их должно быть незначительным. Увеличение числа сварных швов и их протяженности, наличие пересечения швов может приводить к значительным концентрациям напряжений, снижению прочности, деформациям узла.



Наиболее технологичными по конфигурации являются прямолинейные и кольцевые (меридиональные) швы, расположенные на плоских поверхностях и телах вращения - цилиндрах, конусах, сферах. Наличие таких швов позволяет применять стандартное, серийно выпускаемое сварочное оборудование - сварочные автоматы, манипуляторы, станды, более простую унифицированную сварочную оснастку, позволяет механизировать и автоматизировать процесс сварки узлов в условиях даже мелкосерийного производства. Наличие швов сложной конфигурации, расположенных на плоских поверхностях или телах вращения, на поверхностях сложной кривизны, требует в ряде случаев применения специальной сварочной оснастки. Механизация и автоматизация процесса сварки таких швов представляет определенные трудности, и в условиях мелкосерийного производства сварка швов сложной конфигурации чаще всего ведется вручную. Расположение сварных швов должно быть таким, чтобы обеспечивался свободный доступ к ним сварочных головок, электродов и инструмента, свободный доступ для сборки и монтажа съемной сварочной оснастки, осмотра и контроля, устранения дефектов, механической обработки, если она необходима. Большое значение на качество сварки оказывает соотношение толщин соединяемых элементов деталей и количество свариваемых одновременно деталей. При сварке плавлением не рекомендуется соединение трех и более деталей одним швом, желательно, чтобы толщина соединяемых элементов была одинаковой или отличалась незначительно. Толщина свариваемых деталей влияет на выбор вида сварки. Соотношение толщин и число деталей в соединении при контактной точечной и шовной сварке зависят от категории соединения и регламентируются производственными инструкциями и техническими условиями.

Конструктивное оформление сварных швов должно соответствовать нормам и стандартам.

При сварке плавлением наиболее технологичны стыковые соединения: они имеют высокую прочность как при статических, так и при знакопеременных нагрузках, чем и объясняется широкое применение их в конструкциях. Соединения в тавр обладают значительно меньшей прочностью, особенно при знакопеременных нагрузках. Соединения внахлестку просты в изготовлении и достаточно технологичны. Однако прочность этих соединений, особенно усталостная - невелика. Эти соединения применяются редко, только тогда, когда невозможно другое конструктивное решение.

В случае изменения конструкции узла в целях повышения его технологичности рассчитываются некоторые количественные показатели технологичности, такие, например, как уменьшение протяженности сварных швов (абсолютное или на единицу веса конструкции), повышение степени механизации процесса (отношение длины швов, выполненных механизированным способом, к общей протяженности сварных швов) и др.. Окончательной оценкой эффективности предлагаемого конструктивного изменения является величина уменьшения технологической себестоимости конструкции.

# Критерии оценки технологичности

Для оценки технологичности используют специальные критерии.

## Трудоемкость изготовления конструкции.

Уровень технологичности по трудоемкости КТ определяют по соотношению

$$K_T = T_{\text{п}}/T_{\text{б}}, \quad (2.1)$$

где  $T_{\text{п}}$  — трудоемкость по проектному варианту, нормо-ч;  $T_{\text{б}}$  — трудоемкость по базовому варианту, нормо-ч.

## Эффективность использования материалов.

Оценку эффективности использования материалов можно выполнять по следующим показателям:

- *удельная материалоемкость конструкции:*

$$K_{\text{у.м}} = M_{\text{и}}/N, \quad (2.2)$$

где  $M_{\text{и}}$  — масса конструкции, т;  $N$  — показатель работоспособности (программа выпуска, мощность и т.п.);

- *коэффициент использования материалов:*

$$K_{\text{и.м}} = M_{\text{м}}/M_{\text{з}}, \quad (2.3)$$

где  $M_{\text{з}}$  — масса материалов деталей и заготовок, т;

- *коэффициент применяемости материалов:*

$$K_{\text{п.м}} = M_{\text{м}}/M_{\text{и}}, \quad (2.4)$$

где  $M_{\text{м}}$  — масса материала данного вида в сварной конструкции, т;

- *относительный  $a_{\text{н.и}}$  или удельный  $K_{\text{умм}}$  расход наплавленного металла:*

$$a_{\text{н.м}} = M_{\text{н.м}}/M_{\text{и}}, \quad (2.5)$$

$$K_{\text{у.и.м}} = M_{\text{н.м}}/N, \quad (2.6)$$

где  $M_{\text{н.м}}$  — масса наплавленного металла в проектном и базовом вариантах сварной конструкции, т.

## Технический уровень сварочного производства.

Технический уровень сварочного производства определяется использованием прогрессивных механизированных технологических процессов.

Технический уровень производства можно оценивать по следующим показателям:

- *уровень механизации сварочных работ, %:*

$$Y_c = [T_m\Pi / (T_m\Pi + T_p)] \cdot 100, \quad (2.7)$$

где  $T_m$  — трудоемкость работ, выполняемых механизированными способами сварки, нормо-ч;  $\Pi$  — коэффициент производительности труда при данном способе сварки;  $T_p$  — трудоемкость работ, выполняемых ручными способами сварки, нормо-ч.

Различные способы сварки характеризуются следующими значениями коэффициента  $\Pi$  производительности труда: ручная дуговая — 1; механизированная дуговая — 1,5; автоматическая дуговая — 2; электрошлаковая — 4; контактная — 6;

- *уровень комплексной механизации работ при изготовлении сварной конструкции:*

$$Y_{к.м} = \sum Y_i d_i / 100, \quad (2.8)$$

где — уровень механизации по  $i$ -му виду работ, %;  $d_i$  — доля  $i$ -го вида работ в общем объеме, %.

Величину  $Y_i$  определяют с учетом доли ручного труда, %.

Для основных технологических операций доля ручного труда характеризуется следующими значениями, %: для ручной дуговой сварки и резки — 100; механизированной дуговой сварки — 62; автоматической дуговой сварки и резки — 8... 12; контактной сварки — 44.

При выборе материала для сварочных заготовок необходимо учитывать не только его эксплуатационные свойства, но и свариваемость или возможность применения технологических мероприятий, обеспечивающих хорошую свариваемость.

Обычно стремятся выполнять сварные соединения так, чтобы они были равнопрочны основному материалу заготовки. В этом случае следует выбирать хорошо свариваемые материалы: низколегированные стали и сплавы, а также сплавы цветных металлов, применение которых не ограничивается какими-либо требованиями к виду и режиму сварки.

В случае необходимости применения материалов с пониженной свариваемостью следует предусматривать комплекс технологических мероприятий для сведения к минимуму неблагоприятных изменений свойств металла сварного соединения. Следует применять виды и режимы сварки, обеспечивающие минимальное термическое воздействие на металл, предусматривать операции, снижающие влияние сварки на соединение (предварительный подогрев, искусственное охлаждение, термообработку после сварки и т.п.).

Прочность зоны сварного соединения может быть повышена последующей прокаткой или проковкой этой зоны.

Выбор технологических мероприятий зависит от габаритных размеров и конструктивного оформления свариваемых заготовок.

В процессе изготовления сложных крупногабаритных конструкций при наличии криволинейных сварных швов, выполняемых в различных пространственных положениях, необходимо применять только хорошо свариваемые материалы с использованием универсальных видов сварки, например ручной дуговой сварки покрытыми электродами или механизированной в защитных газах с широким диапазоном варьирования параметров режима сварки. В этом случае не требуется предварительного подогрева изделия и послесварочной термообработки.

При изготовлении простых малогабаритных конструкций и узлов возможно применение металла с пониженной свариваемостью с использованием наилучших (с точки зрения свариваемости) видов сварки, например электронно-лучевой или диффузионной в вакууме. При этом легко выполнить все необходимые технологические мероприятия, включая предварительный подогрев изделия и послесварочную термическую или механическую обработку.

Тип сварного соединения определяют взаимным расположением свариваемых элементов и формой подготовки (разделкой) кромок под сварку. Кромки разделяют в целях выполнения полного провара заготовок по всему сечению для обеспечения условия равнопрочное™ соединения основному материалу. Форму и размеры элементов разделки (угол, притупление, зазоры) назначают из условия качественного формирования корня шва (без непроваров и прожогов) и минимального объема наплавленного материала. Выбор типа разделки кромок зависит от толщины материала, его теплофизических свойств и вида сварки.

Рационально разработанный технологический проект должен обеспечивать получение надежных сварных соединений и конструкций, отвечающих всем эксплуатационным требованиям, а также позволять в максимальной степени осуществлять комплексную механизацию и автоматизацию производственного процесса изготовления изделия при минимальной трудоемкости операций, минимальном расходе сварочных материалов и электроэнергии и полном соблюдении правил и норм техники безопасности проведения работ.

Наиболее прогрессивный способ проектирования — одновременная разработка конструкций и технологии их производства. В этом случае основным документом для изготовления изделия служит единая конструкторско-технологическая документация, выполняемая в соответствии с нормативными документами. При этом разрабатываемые или применяемые технологические процессы должны соответствовать принципам сертификации и стандартизации, определяемым государственными (ГОСТами) и отраслевыми (ОСТами) стандартами.

Оптимальными являются конструктивные формы, которые отвечают служебному назначению изделия, обеспечивают надежную работу в пределах заданного ресурса, позволяют изготовить изделие при минимальных затратах материалов, труда и времени. Эти признаки определяют понятие технологичности конструкции.

Кроме того, необходимо, чтобы конструкция отвечала требованиям технической эстетики. Эти требования должны соблюдаться на всех стадиях проектирования и

изготовления конструкций. При проектировании сварных изделий необходимо учитывать требования к технологичности их изготовления.

Сварные конструкции изготавливают из проката (листов, труб, гнутых, прокатных или штампованных профилей), а также из литых, кованных и штампованных элементов. При конструировании размеры и форму свариваемых элементов с точки зрения их технологичности следует выбирать исходя из возможности применения высокопроизводительных способов сварки, а также выполнения сварки в нижнем положении. Кроме того, следует стремиться обеспечивать свободный доступ к лицевой и корневой частям шва, сводить к минимуму длину сварных швов и массу основного и наплавленного металлов, а также иметь возможность проведения при необходимости предварительного подогрева и послесварочной термической или механической обработки.

Указанным рекомендациям соответствуют элементы простой формы: прямолинейные, цилиндрические, конические и полусферические с длинными прямыми и замкнутыми кольцевыми стыковыми и тавровыми соединениями. При выборе сортамента материалов для изготовления свариваемых элементов предпочтительнее прокатные, гнутые или штампованные профили и оболочки, тонкие листы, тонкостенные трубы и их сочетания. Последовательность выполнения основных сборочно-сварочных операций определяется выбором варианта разбиения конструкции на технологические узлы, подузлы и отдельные элементы (детали).

Оптимальность схемы разбиения определяется следующими соображениями.

На монтажной площадке условия труда, возможности применения высокопроизводительной оснастки и средств контроля качества менее благоприятны, чем на заводе. Поэтому изделия большого габарита целесообразно расчленять на такие транспортабельные узлы, которые позволят свести к минимуму работы на монтаже.

С позиции доступности сварных соединений, удобства их выполнения и последующего послеоперационного контроля сборочно-сварочные работы целесообразно выполнять путем последовательного укрупнения отдельных элементов в подузлы и узлы с последующей сборкой всего изделия. Такое чередование сборочных и сварочных операций облегчает использование высокопроизводительной сварочной оснастки, но при малой жесткости отдельных узлов может приводить к росту деформаций от сварки.

Для оценки ожидаемых сварочных деформаций и выбора рациональной последовательности сборочно-сварочных операций следует пользоваться расчетными методами.

Требуемую точность размеров и формы сварного изделия следует обеспечивать рациональным построением технологического процесса, применением правочных работ на стадии заготовки элементов, сборки и сварки отдельных узлов. Правка готового изделия является, как правило, крайне трудоемкой.

Термообработка всей конструкции может существенно усложнить процесс изготовления, особенно в условиях серийного и массового производств. Поэтому в случае необходимости улучшения механических свойств, снятия остаточных напряжений или стабилизации размеров в какой-либо зоне конструкции выгодно выбрать такую последовательность сборки и сварки, которая позволяет производить местную или предварительную термообработку отдельных подузлов и деталей.

Выбор вида (способа) сварки осуществляют исходя из формы и размеров соединяемых элементов, расположения швов в соединении, физико-химических свойств применяемых материалов, а также возможности механизации и автоматизации процесса сварки.

При проектировании сварных конструкций необходимо предусматривать конструктивные и технологические мероприятия по устранению или уменьшению сварочных напряжений и деформаций, возникающих вследствие локальных пластических деформаций отдельных зон сварного соединения из-за неравномерного разогрева при сварке. Для предупреждения возникновения высоких сварочных напряжений не следует допускать скопления сварных швов и их пересечений друг с другом, а также применять способы сварки, обеспечивающие минимальный нагрев свариваемых элементов. Для снятия напряжений следует применять высокий отпуск или проковку сварных швов.

Иногда полностью устранить сварочные деформации на этапах конструирования и изготовления сварного узла не удается, в этом случае предусматривают возможность правки готовых сварных изделий.

## Контрольные вопросы

- 1. Каковы принципы классификации сварных конструкций?
- 2. На какие типы классифицируют сварные конструкции?
- 3. Каковы особенности работы сварных конструкций?
- 4. Что включают в себя технические условия на изготовление сварных конструкций?
- 5. Что понимают под технологичностью изготовления сварных конструкций?
- 6. Каковы основные критерии оценки технологичности конструкций?

### • **5. Общие принципы проектирования технологических процессов сварки**

- На этапе эскизного проектирования технологического процесса сварки выявляют принципиальную возможность обеспечения заданных служебных свойств сварной конструкции при различных вариантах конструктивного оформления и оценивают их технологическую целесообразность.
- На стадии технического проекта конструкции всех основных узлов и наиболее трудоемких деталей обычно разрабатывают в нескольких вариантах, которые затем сравнивают по их технологичности и надежности в эксплуатации. В случае необходимости производят расчеты трудоемкости изготовления, металлоемкости и других показателей.
- На этапе рабочего проектирования производят детальную технологическую проработку принятого варианта конструкции. В первую очередь прорабатывают чертежи и технические условия на крупные детали, в особенности на поставляемые извне, затем прорабатывают чертежи всех основных узлов и деталей и технические условия на их изготовление, сборку, монтаж и испытания. Рабочие чертежи направляют в отдел главного сварщика, где при разработке рабочей технологии

спроектированной конструкции выявляют недостатки. Необходимые изменения по согласованию с конструктором вносят в чертежи и технологическую документацию до запуска конструкции в производство.

- **Экономия металла.** Поиск наилучших конструктивных форм, возможно более точный учет характера и значений действующих нагрузок, применение уточненных методов расчета позволяют конструктору экономить металл, устраняя излишний запас прочности и уменьшая массу слабо участвующего в работе металла. Целесообразно вместо пространственных решетчатых конструкций использовать оболочковые; удовлетворять требованиям высокой жесткости, применяя гнутые или гофрированные тонколистовые, а также сотовые элементы; при работе конструкции на продольную устойчивость использовать трубчатые элементы.
- Выбор металла открывает большие возможности снижения массы конструкции. Наибольшая экономия металла может быть получена при использовании прочных и высокопрочных сталей, а также сплавов с высокой удельной прочностью (алюминиевых, титановых).
- **Снижение трудоемкости изготовления.** При проектировании уникальных конструкций большого размера и массы членение нередко является единственно возможным решением задачи, так как изготовить такие изделия целиком не позволяет недостаточная мощность существующего оборудования.
- **Экономия времени.** Наибольшая экономия времени достигается в процессе непрерывного поточного автоматизированного производства в условиях крупносерийного и массового выпуска продукции, когда все операции согласованы во времени и выполняются механизмами.
- Под механизацией производственного процесса понимают замену ручного труда работой машин. При автоматизированном процессе обслуживающий персонал выполняет лишь функции наладки и наблюдения за работой приборов и систем управления.

## • 6. Порядок разработки технологического процесса изготовления сварных конструкций

- **Существуют следующие основные этапы разработки типового ТП:**
  - классификация объектов производства — выбирают группы объектов, имеющих общие конструктивно-технологические характеристики, и типовых представителей групп;
  - количественная оценка групп объектов — оценка типа производства (единичное, серийное или массовое);
  - анализ конструкций типовых объектов по чертежам, ТУ, программам выпуска и типу производства — разрабатывают основные маршруты изготовления конструкций, включая заготовительные процессы;
  - выбор деталей и способов их изготовления с технико-экономической оценкой — оценивают точностные характеристики способов изготовления и качества поверхности, выбирают способ обработки;
  - выбор технологических баз;
  - выбор вида производства (сварка, литье, обработка давлением, механическая обработка);
  - составление технологического маршрута обработки — определяют последовательность операций и выбирают группы оборудования по операциям;
  - разработка технологических операций;

- расчет точности, производительности и экономической эффективности вариантов типовых ТП с выбором оптимального варианта;
- оформление документации на типовой ТП, согласование ее с заинтересованными службами и утверждение.
- **Разработка технологических операций включает в себя:**
  - выбор структуры и рациональное построение операций;
  - определение рациональной последовательности переходов в операции;
  - выбор оборудования, обеспечивающего оптимальную производительность и требуемое качество;
  - выполнение расчета загрузки технологического оборудования;
  - выбор конструкции технологической оснастки;
  - расчет припусков на обработку и межоперационных припусков, установление исходных данных для расчета оптимальных режимов обработки и норм времени;
  - определение разряда работ и профессии исполнителей.
- При разработке ТП анализируют технологичность сварных изделий и конструкций.
- Основными показателями технологичности являются трудоемкость и технологическая себестоимость изготовления конструкций.
- Факторы, влияющие на выбор показателей: требования к изделию; вид изделия; объем выпуска; наличие информации, необходимой для определения показателей.
- В зависимости от вида конструкции (сборочная единица, комплекс, комплект или деталь) из групп выбирают те показатели, которые могут характеризовать технологичность данного вида конструкций.
- Знание объема выпуска позволяет выбирать показатели, характеризующие расходы или затраты и имеющие наибольшую значимость при данном объеме выпуска.

## Совершенствование изготовления стальных конструкций

### Трудоемкость изготовления стальных конструкций

<http://www.prosvarky.ru/construction/perfection/7.html>

### Эффективность использования материалов.

<https://studbooks.net/>



