

№ 1660

629

С 234

СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**Методические указания
к курсовому проектированию**

НОВОСИБИРСК
1998

Излагаются основные требования к структуре, содержанию и выполнению курсового проекта (работы) по курсу "Сварка и пайка в производстве ЛА".

Методические указания предназначены для студентов специальности 13.01, выполняющих курсовые проекты (работы) и технологические части дипломных проектов.

Составил канд. техн. наук, доц. А.К.Карпец .

Рецензент инж. Е.М.Добровольская

Работа подготовлена на кафедре самолето- и вертолетостроения

I. Общие сведения

Целью выполнения курсового проекта является закрепление студентами теоретических знаний по дисциплине "Сварка и пайка в производстве летательных аппаратов" и приобретение навыков самостоятельного решения конструкторско-технологических задач.

В процессе проектирования студенты знакомятся с нормативными и справочными материалами, учатся использовать их при решении конкретных задач.

I.1. Тематика курсового проекта

Объектом курсового проектирования могут быть сравнительно простые сборочные единицы (узлы) летательного аппарата, например, баллоны и баки гидрогазовых систем ЛА, силовые рамы и основания, шпангоуты и другие узлы.

Исходными данными для выполнения проекта служат чертеж или эскиз сборочно-сварочной единицы (узла) и годовая программа выпуска изделий.

В тематику курсового проектирования могут также включаться реальные задания по материалам практического обучения студентов на производстве или по технологической и конструкторской разработке вопросов, связанных с выполнением ими учебно-исследовательской работы.

I.2. Содержание и объем курсового проекта

Курсовой проект состоит из трех частей (разделов): технологической, конструкторской и экономической. В первой части дается техническое обоснование и производится разработка технологического процесса сборки-сварки узла; во второй - проектирование специальной сборочно-сварочной оснастки; третья часть включает технико-экономическое обоснование принятого варианта технологического процесса на выполнение сварного соединения (по указанию руководителя проекта).

Содержание отдельных частей (разделов) проекта и ориентировочный объем работ по их выполнению приведены в табл.1.

Общий объем работ по проекту составляет 2-3 листа (формат А1) графических работ и 30-35 страниц (формат А4) текста пояснительной записки.

Графические работы включают чертеж узла (изделия), схему технологического членения сборочно-сварочной единицы (узла), общий вид сборочно-сварочной оснастки, компоновку оборудования и оснастки для сборки-сварки узла.

Текстовые материалы состоят из пояснительной записки и карт технологического процесса (маршрутных, операционных и др.).

Таблица 1.

Содержание и объем КП

Содержание разделов проекта	Объем работ	
	от полного объема, %	графических (ф.А1)
1. Проектирование технологического процесса сборки-сварки узла (изделия) а) Анализ технологичности изделия б) Схема сборки-сварки узла в) Маршрутный техпроцесс сборки-сварки	20	0,5
2. Проектирование операционного технологического процесса сборки-сварки узла а) Определение содержания переходов б) Расчеты тепловых процессов и режимов сварки в) Выбор сварочного оборудования и сборочно-сварочной оснастки г) Расчет деформаций сварного соединения д) ТУ поставки деталей на сборку	40	
3. Проектирование специальной сборочно-сварочной оснастки а) Разработка конструкции оснастки б) Кинематические, прочностные и другие расчеты элементов оснастки в) Основные указания по изготовлению, монтажу и эксплуатации оснастки	35	2-2,5
4. Технико-экономическое обоснование принятого варианта сборки-сварки узла	5	

Примечание. Содержание разделов и перечень рассматриваемых в них вопросов более детально устанавливаются руководителем проекта (работы) и оформляются заданием на проектирование.

1.3. Общие требования к проекту

Курсовое проектирование – самостоятельная работа студента. Принимаемые технологические и конструкторские решения должны соответствовать современному состоянию техники и производства, основываться на действующих нормативных и руководящих технических материалах.

При анализе технологичности конструкции сборочно-сварочной единицы (узла) необходимо учитывать требования ГОСТ 14.201 ЕСТПП "Основные правила отработки конструкции на технологичность" и определить несколько количественных показателей технологичности сварного узла (по согласованию с руководителем проекта).

При разработке технологического процесса сборки и сварки узла следует руководствоваться государственными и отраслевыми стандартами "Типовые технологические процессы" и "Типовые операции технологических процессов", а также отраслевыми руководящими техническими материалами (РТМ) и производственными инструкциями (ПИ).

Технологическая документация (карта техпроцессов и др.) оформляется в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД), а техническая документация на проектируемую специальную сборочно-сварочную оснастку (в том числе пояснительная записка) – в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Пояснительная записка (ПЗ) включает титульный (первый) лист, задание на курсовое проектирование, оглавление, введение, основной текст, список литературы, приложения.

Титульный лист и задание на КП оформляются на специальных бланках. В задании указываются вопросы, подлежащие разработке, включая индивидуальные. В оглавлении приводятся все разделы и подразделы (см. табл.1) с указанием номеров страниц. Во введении указываются цель работы, назначение и краткое описание конструкции сборочно-сварочной единицы (узла). Основной текст ПЗ содержит информацию о конструктивно-технологическом решении поставленных в проекте задач. Приложения – это технологические карты. В список литературы включают использованные в проекте печатные издания (справочники, учебники, статьи, патенты и другие документы).

2. Проектирование технологического процесса сборки-сварки узла

Изучение конструкции изделия (согласно чертежу) - это первый этап работы студента над проектом. При этом предполагается рассмотрение конструктивных особенностей узла и входящих в него деталей; материалов, из которых изготовлены детали, их химического состава, прочностных и технологических характеристик; видов соединений деталей; технических условий на изготовление узла и его конструктивных связей с другими сопрягаемыми узлами.

Разработке технологического процесса и его оснащению должен предшествовать технологический анализ конструкции объекта проектирования.

Анализ технологичности конструкции. Технологичность узла 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 и шовой сварке и т.п.);
- возможности подхода в зону сварки сварочных головок, электродов и возможности подхода для сборки и демонтажа объемной сварочной оснастки или ее элементов;
- 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 или термической и др.);
- возможности применения механизированных и автоматизированных процессов, стандартного оборудования (автоматов, машин для контактной сварки, сварочных манипуляторов и стендов) без изготовления дополнительной сложной и трудоемкой специальной оснастки.

Хорошая свариваемость материалов является одним из наиболее важных требований к конструкции узла. Свариваемость зависит от физико-химических свойств металлов (химического состава, теплопроводности, теплоемкости, активности к различным газам и т.п.). Данные по свариваемости материалов, наиболее широко применяемых в производстве летательных аппаратов, и дополнительные факторы, определяющие выбор вида сварки, приведены в [4,6,10] и других работах, а также в отраслевых стандартах и производственных инструкциях [1].

Оценивая конструкцию изделия (узла) с точки зрения расположения, конфигурации, числа сварных швов, конструктивного оформления свариваемых элементов, можно отметить следующее. Конструкция должна содержать минимальное количество сварных швов, протяженность их должна быть минимально возможной, пересечения сварных швов должны отсутствовать или число их должно быть незначительным. Увеличение количества сварных швов и их протяженности, наличие пересечения швов может приводить к значительным концентрациям напряжений, снижению прочности, деформации 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, а также 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 сварки швов сложной конфигурации чаще всего выполняется вручную. Вместе с тем высокие требования к качеству сварных узлов летательных аппаратов обязывают изыскивать пути механизации процесса сварки криволинейных швов. В некоторых случаях эта задача может быть решена за счет разработки приспособлений, в которых используются копыры и программные устройства.

Схемы сборки-сварки узла. Схема сборки-сварки сварной конструкции узла определяет последовательность поступления на сборку (сварку) отдельных подборок и деталей, входящих в них, а также в узел. В схемах сборки принято указывать не только детали и под сборки, но и рабочие места, на которых осуществляются сборочно-сварочные и вспомогательные операции (оборудование, верстаки, приспособления и т.п.). Схемы сборки-сварки разрабатываются на основе технологического членения узла. Членение узлов на отдельные под сборки позволяет повысить степень механизации сборочно-сварочных работ и, следовательно, производительность труда; применить параллельное изготовление подборок, что снижает цикл изготовления узла в целом; повысить качество за счет разделения и специализации труда. Схема членения узла определяется в значительной степени конструктивно-технологическими особенностями, заложенными при его проектировании. Схема членения может быть выполнена в виде изометрического изображения узла и входящих в него деталей, а схема сборки - в виде блок-схемы с последовательностью образования подборок и свариваемых деталей.

Маршрутный технологический процесс сборки-сварки узла. Задаaniem на курсовой проект предусматривается разработка маршрутно-операционного технологического процесса сборки-сварки узла, в котором содержание сварочных операций излагается с указанием переходов и режимов. При этом ограничиваются разработкой только следующих технологических документов, предусмотренных ГОСТ 3.1102-74 ЕСТД "Стандии разработки и виды документов":

- маршрутная карта (МК) - технологический документ, содержащий описание технологического процесса сборки-сварки узла (включая контроль) по всем операциям, выполняемым в технологической последовательности, с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах, в соответствии с установленными формами;

- операционная карта (ОК) - технологический документ, содержащий описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения.

Примечание. Объемы работ по разработке МК и ОК устанавливаются руководителем проекта.

При разработке технологического процесса сборки-сварки узла решающее значение имеет правильный выбор вида и способа сварки, обеспечивающих необходимые размеры зоны соединения при минимальном

разупрочнении основного металла, минимальных внутренних напряжений и деформациях.

Вид и способ сварки необходимо выбирать (если не указаны в чертеже) с учетом конструктивных особенностей узла (марка материала и его толщина в зоне сварки, вид и категория сварного соединения, габаритные размеры узла, возможности и удобство его перемещения в процессе сварки и др.) и технических требований к нему (требования прочности, герметичности, коррозионной стойкости и др.).

При прочих равных условиях следует отдавать предпочтение процессам сварки менее энергоемким, с большой поверхностной интенсивностью, лучшей защитной зоной сварки от атмосферы, с более высоким уровнем механизации и автоматизации.

При выборе способов сварки определяющим является повышение качества сварного шва и соединения в целом. Обоснование выбора способов контроля качества и аппаратуры для его осуществления проводится с учетом их разрешающей способности [5].

Операционный технологический процесс. Технологический процесс оформляется на операционных картах принятого вида сварки с соблюдением требований стандартов ЕСТД. Технологическая операция сборки-сварки состоит из вспомогательных переходов (установка сварочного приспособления на рабочее место, установка и закрепление деталей в сборочном и сварочном приспособлениях, их расфиксация и удаление из приспособлений и др.) и основных переходов (сварка, зачистка швов, контроль размеров и формы шва и др.).

Последовательность и содержание переходов определяются конструкцией узла и устанавливаются на основании директивных технологических документов (типовые технологические процессы, руководящие технические материалы на изготовление узлов данного класса и производственный опыт). Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей, их размеры, размеры выполненных швов определяются по государственным и отраслевым стандартам, производственным инструкциям и другим документам в зависимости от марки и толщины деталей [1].

Расчет тепловых процессов и режимов сварки. Режимы сварки устанавливаются, как правило, по табличным данным для каждого способа сварки в зависимости от марки основного металла и его толщины, типа соединения и условий его выполнения [4,6] и др.

Для лучшего изложения сущности процессов сварки, установления связи между параметрами режима и их влияния на размеры и форму сварного шва необходимо выполнить (по согласованию с руководите-

лем) расчеты параметров режима сварки и сопоставить полученные результаты с табличными данными.

Основные параметры режима электрической сварки плавлением пластин могут быть определены из расчета температурных полей в них, например, по данным [4,6] и др.

В практике разработки технологических процессов изготовления сварных конструкций встречаются задачи, требующие определения различных характеристик температурного поля, вызываемого сваркой. Первая из них охватывает вопросы, связанные с изучением структурных превращений и физико-химических процессов, протекающих в металле шва и сварного соединения. Вторая связана с получением данных для изучения и расчета сварочных деформаций и напряжений в металле шва и сварного соединения. Однако точный учет конфигурации изделия и истинного характера распределения теплоты источника нагрева усложняет расчет тепловых процессов, а в ряде случаев делает невозможным. Поэтому для упрощения расчетов принимают, что теплота источника сосредоточена в элементарном объеме: в точке (точечный источник), по отрезку прямой (линейный источник) или по участку плоскости (плоский источник). При этом достоверность расчетов зависит также от правильного выбора эффективного КПД нагрева изделия источником теплоты.

В расчетах тепловых сварочных процессов кроме указанных выше принимаются такие допущения: простейшая форма тела (бесконечное или полубесконечное тело, бесконечная или полубесконечная пластина, плоский слой и др.); теплофизические коэффициенты, не зависящие от температуры, например, термический КПД либо для сварки тонких листов, либо для наплавки валика на массивное тело и др.

Расчетные схемы процесса распространения теплоты, основанные на таких упрощениях, позволяют получить с достаточной для практики точностью температурные поля в свариваемом изделии - распределение температур в теле в данный момент времени, и определить основные параметры термического цикла: максимальную температуру нагрева, мгновенную скорость охлаждения (длительность), нагрева металла выше заданной температуры (см. [4,6,7,9] и др.). Эти параметры зависят от теплофизических свойств металла, способа и режимов сварки, конфигурации изделия, условий его охлаждения и др. Так, например, максимальная температура при нагреве быстро движущимся источником тепла пропорциональна погонной энергии и обратно пропорциональна расстоянию данной точки от плоскости перемещения источника. Следо-

вательно, задаваясь (или зная) значением максимальной температуры, можно определить, на каком расстоянии от оси шва она получается.

Теоретическая оценка термического цикла для заданной точки позволяет таким образом выбрать способ сварки или параметры его режима, чтобы в структуре металла изменения были минимальными и не имели большого отрицательного влияния на технологическую прочность металла и эксплуатационную надежность сварного соединения.

При расчетах параметров режима сварки заранее задаются напряжением на дуге и скоростью сварки (быстродвижущаяся дуга или дуга с относительно малой скоростью движения), что позволяет определить силу сварочного тока, эффективную тепловую мощность процесса нагрева, теплосодержание сварочной ванны и ее форму, размеры (длину, ширину и глубину зоны проплавления), а также объем сварочной ванны.

Рассчитанная по формулам сила сварочного тока сравнивается с рекомендуемыми табличными значениями и проверяется расчетным определением ширины шва. Расчетная ширина шва сравнивается с заданной, и в случае значительного отклонения от нее (более чем на 30 %) необходимо провести расчет силы сварочного тока с учетом теплоотдачи или ограниченности размеров свариваемых деталей.

Скорость подачи электродной или присадочной проволоки определяется с учетом площади наплавки и ее диаметра, принимаемого по справочным данным (РТМ, ПИ и др. источники) или из соотношений диаметра и силы сварочного тока.

Площадь наплавки, как и площадь проплавления определяется графическим путем при заданных форме и размерах сварного соединения.

Примечание. Все расчеты физических величин процесса сварки можно выполнять с учетом их значений, приведенных в технической литературе, в разных системах, а окончательное значение любой физической величины указывается в единицах международной системы СИ (см. табл. 2).

Оценка деформаций сварного соединения. При сварке возникают сварочные напряжения и деформации. Причина их появления - локальный нагрев и неравномерное расширение металла при сварке, а также литейная усадка и вторичные структурные превращения в металле шва и околшово́й зоне. Литейная усадка, связанная с уменьшением объема металла при остывании и кристаллизации сварочной ванны, создает сжимающие силы в продольном и поперечном направлениях относительно оси сварного шва. Влияние структурных изменений на рост внутренних напряжений особенно проявляется при сварке высокопрочных закаливающихся сплавов.

Соотношение некоторых единиц физических величин систем
с единицами Международной системы СИ

Наименование величины	Обозначение разных систем	Обозначение в системе СИ	Коэффициент пересчета в единицы СИ
Сила, нагрузка	кгс	Н (ньютон)	9,81 Н
Поверхностная нагрузка	кгс/м ²	Н/м ²	9,81 Н/м ²
Механическое напряжение	кгс/мм ²	Па (паскаль)	9,81 · 10 ⁶ Па = 9,81 МПа
Давление	мм рт.ст. атм	Па "	133,3 Па 9,81 · 10 ⁴ Па
Поверхностное натяжение	дин/см	Н/м	10 ⁻³ Н/м
Количество теплоты	Кал (калория)	Дж (джоуль)	4,19 Дж
Удельная массовая теплоемкость	кал/(г · град)	Дж/(кг · К ⁰)	4,19 · 10 ³ Дж/(кг · К ⁰)
Удельная теплота	кал/г	Дж/кг	4,19 · 10 ³ Дж/кг
Коэффициент теплопроводности	кал/(см · с · град)	Вт/(м · К ⁰)	4,19 · 10 ² Вт/(м ² · К ⁰)
Тепловой поток, тепловая мощность	кал/с	Вт (ватт)	4,19 Вт
Коэффициент теплоотдачи	кал/(см ² · с · град)	Вт/(см ² · К ⁰)	4,19 · 10 ⁴ Вт/(м ² · К ⁰)

Величина остаточной деформации зависит от марки и толщины материала, метода сварки, типа соединения, конструкции узла, применяемой оснастки и других факторов [8]. Чтобы выполнить сварную конструкцию в допусках, заданных чертежом, необходимо произвести расчет ожидаемой деформации укорочения в продольном и поперечном направлениях и с учетом этого укорочения назначить припуски на усадку. Изменение размеров деталей оформляется в требованиях на их поставку.

Продольную и поперечную усадку из-за сложности явлений, протекающих при сварке, расчетным путем определить весьма затруднительно. Разработаны методы только для простейших конструкций (однопроходная сварка пластин, балок и др.) [4,6,7] и др. Некоторые из этих методов позволяют лишь качественно оценить распределение сварочных напряжений и деформаций. Например, в отличие от низкоуглеродистой и аустенитной сталей, для которых напряжения в сварных соединениях близки к пределу текучести, максимальные остаточные напряжения в швах на алюминиевых и титановых сплавах ниже предела текучести и составляют 50-70 % его значения. Такое различие объясняется меньшим запасом температурной деформации, которая характеризуется линейным расширением при соответствующей температуре нагрева металла.

Продольная усадка при сварке пластин встык, если не было деформации изгиба в процессе выполнения сварного соединения, определяется усадочной силой, зависящей от режима сварки и свойств металла. Усадочную силу определяют через эффективную мощность нагрева и скорость сварки [6,7] и др.

Продольная усадка может привести к изгибу детали в плоскости. Изгиб существенно зависит от длины и ширины пластин и определяется величиной прогиба, достигающей несколько миллиметров.

Поперечная усадка стыковых соединений зависит также от теплофизических свойств свариваемого материала; количества тепла, принятого единицей длины свариваемого изделия; толщины материала и определяется через погонную энергию нагрева [6].

Возможные угловые деформации, которые вызываются неравномерной поперечной усадкой по толщине листа при сварке встык, определяются формой зоны проплавления [7].

Угловая деформация в плоскости, перпендикулярной шву, при сварке стыковых прерывистых швов имеет примерно такую же величину, как и при сварке непрерывного шва. Объясняется это тем, что несваренные участки соединения практически не сопротивляются образованию угловых деформаций.

Деформации при сварке можно уменьшить или даже предотвратить. Методы уменьшения деформаций разделяют на три группы в зависимости от того, применяются ли они до сварки, после сварки или в процессе сварки.

При оценке остаточных деформаций сварной конструкции следует в пояснительной записке привести соответствующие расчеты или принятые положения согласно изложенным выше указаниям.

3. Проектирование специальной сборочно-сварочной оснастки

К специальной сварочной оснастке относятся: приспособления для сборки и прихватки, сварки, сборки и сварки.

Любая конструкция сборочно-сварочной оснастки должна обеспечить: удобство, простоту и безопасность в эксплуатации; свободный подход для проверки размеров узла; сборку узла с заданной точностью; взаимозаменяемость объекта производства (сварного изделия); возможность наиболее выгодного порядка образования сварных швов; быструю установку узла в нужное положение; необходимую скорость отвода тепла от места сварки; свободный съем готового изделия.

Разработка конструкции оснастки. Сборочно-сварочные приспособления или устройства для сварки плавлением обычно состоят из каркаса, фиксаторов, зажимов и прижимов, узлов и элементов для формирования корня шва.

Конкретные конструктивные решения при проектировании сборочно-сварочных приспособлений (конструкция каркаса, конструкция и число фиксаторов, зажимных узлов и узлов для формирования корня шва) зависят от формы и габаритных размеров свариваемых изделий, числа свариваемых деталей в изделии, характера сопряжений деталей между собой, марки свариваемых материалов и их толщин, от способа сварки и других факторов.

Одной из важных характеристик сборочно-сварочных приспособлений является их масса. Снижение массы приспособления возможно за счет применения в них нормализованных элементов и изготовления отдельных деталей из рациональных заготовок (прокат, литье и др.).

Разработка конструкции приспособления приводится в несколько этапов.

На первом этапе, после изучения и анализа конструкции сварного узла, следует ознакомиться с типовыми конструкциями приспособлений для сборки и сварки подобных узлов, приведенными в каталогах и альбомах оснастки. Затем с учетом заданной программы и конструктивных особенностей сварного узла (изделия) разработать общую схему приспособления (в масштабе) в трех проекциях. В отдельных случаях допускаются две проекции, дополненные необходимыми разрезами и сечениями. Контуры сварного узла вычерчиваются обычно условно, в

рабочем положении. После этого вычерчивают фиксаторы и зажимные устройства (в принятом количестве), узлы для формирования корня шва, а затем все остальные элементы приспособления.

На общем виде приспособления проставляются размеры, необходимые для монтажа и контроля. В таком виде общая схема приспособления согласовывается с руководителем проекта.

На втором этапе проводятся необходимые прочностные, жесткостные и кинематические расчеты, уточняются размеры всех элементов приспособления, вычерчиваются сборочный чертеж приспособления и рабочие чертежи отдельных его деталей по указанию руководителя проекта.

На третьем этапе описывается работа приспособления, порядок его сборки и монтажа совместно с нормализованной оснасткой и сварочным оборудованием на рабочем месте. Вычерчивается компоновка оснастки и оборудования на рабочем месте и указываются условия их безопасной эксплуатации.

Кинематические, прочностные и другие расчеты элементов оснастки выполняются с целью обеспечения надежности закрепления свариваемых деталей при достаточном быстродействии применяемых зажимных устройств, фиксаторов, прижимов и др.

Кинематические расчеты проводятся с целью определения положений звеньев зажимных устройств и их траекторий движения, а также скоростей и ускорений. Такие расчеты выполняются студентом по указанию руководителя проекта.

Элементы каркаса и зажимных устройств приспособлений должны иметь достаточную жесткость и прочность. В связи с этим при разработке приспособлений необходимо определить схему и величину действующих усилий в силовых звеньях, рассчитать при необходимости (если они не являются нормализованными) фиксаторы, зажимы, прижимы и другие элементы конструкции на прочность и жесткость.

Сборочно-сварочные приспособления при их эксплуатации не воспринимают внешних усилий (кроме массы устанавливаемых деталей). Однако в процессе прихватки и сварки приспособления подвергаются воздействию местных высоких температур, что необходимо учитывать при их проектировании.

В связи с этим одной из важных функций приспособления является уменьшение деформирования деталей и свариваемого узла (изделия) вследствие температурных воздействий при наличии соответствующих усилий зажимов и прижимов.

Ориентировочные усилия прижима кромок, применяемых на практике, в зависимости от марки свариваемого материала и его толщины приведены в табл.3.

Таблица 3

Усилия прижима свариваемых кромок

Свариваемые материалы	Толщина материала, мм	Усилия прижима, кгс/пог.см
Алюминиевые сплавы	0,5...6,0	8...25
Титановые сплавы	0,5...3,0	30...70
Высокопрочные стали	1,5...4,0	135...240

Постоянство расположения всех фиксаторов приспособления и, следовательно, точность форм собираемых узлов определяются жесткостью каркаса. Методика расчета основных элементов каркасов на жесткость базируется на общих принципах строительной механики с учетом специфических условий работы конструкций приспособлений для сварки. Приближенная методика расчета на жесткость сборочно-сварочных приспособлений основывается на задании допустимых деформаций. Расчленение каркаса приспособлений на отдельные балки и колонны (стойки), несущие соответствующие части нагрузки, позволяет свести расчет сложного каркаса оснастки к одному или нескольким более простым и известным решениям [11].

Расчеты на прочность узлов и элементов сборочно-сварочной оснастки определяются руководителем проекта.

4. Экономическая эффективность технологических процессов

Любое изделие можно изготовить по нескольким вариантам технологических процессов, которые отличаются друг от друга применяемым технологическим оснащением: оборудованием, приспособлениями и инструментом. Выполняя требования по обеспечению качества изделия, эти варианты оставляют разработчику (технологу) право выбора того или иного процесса обработки и сборки, а также применяемого оборудования и оснастки. При этом главной задачей является отбор такого

варианта процесса, который, с одной стороны, удовлетворяет требованиям чертежа и технических условий на изготовление изделия, а с другой - представляет экономически рациональное решение в производственных условиях.

Сравнительная экономическая эффективность различных вариантов затрат труда, капитальных вложений или новой техники может быть выявлена с помощью системы стоимостных и натуральных показателей [11 и др.]. К основным показателям относятся капитальные вложения, себестоимость продукции, производительность труда, срок окупаемости (или коэффициент сравнительной эффективности) дополнительных капитальных вложений, приведенные затраты. В качестве дополнительных применяются различные натуральные показатели: расход конструкционных и сварочных материалов, энергии на единицу продукции и др.

Важнейшим показателем сравнительной экономической эффективности является минимум приведенных затрат. Его величина определяется по каждому варианту как сумма текущих затрат (себестоимости) и единовременных капитальных затрат, приведенных к одинаковой размерности в соответствии с размерностью нормативного коэффициента сравнительной эффективности капитальных вложений.

При попарном сравнении вариантов определяют коэффициент сравнительной эффективности, который для принимаемого варианта должен быть больше нормативного коэффициента.

В курсовом проектировании технико-экономическая оценка разрабатываемого варианта техпроцесса сборки-сварки узла (изделия) выполняется студентом по указанию руководителя проекта и проводится с целью оценки приведенных затрат на технологическое оснащение или определения технологической себестоимости.

Л и т е р а т у р а

1. Государственные и отраслевые стандарты (ГОСТ и ОСТ), руководящие технические материалы (РТМ), производственные инструкции (ПИ), регламентирующие требования к сварным соединениям, технологическим процессам сварки, сварочному оборудованию и оснастке, контролю процессов и качеству соединений (см. ежегодники "Указатель государственных стандартов").

2. Петров Г.Л. Сварочные материалы. - Л.: Машиностроение, 1972. - 280 с.

3. Юрьев В.П. Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники. - М.: Машиностроение, 1972. - 52 с.

4. Сварка в машиностроении: Справочник в 4 т / Под ред. А.М.Акулова. - М.: Машиностроение, 1978. - 2 т. - 462 с.

5. Контроль качества сварки / Под ред. В.Н.Волченко. - М.: Машиностроение, 1975. - 328 с.

6. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. - Киев: Наукова думка, 1981. - 608 с.

7. Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения. - М.: Машиностроение, 1968. - 236 с.

8. Сагалевич В.М. Методы устранения сварочных деформаций и напряжения. - М.: Машиностроение, 1974. - 248 с.

9. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке // Справочник по сварке. - М.: Машгиз, 1960. - Т.1. - С.9-50.

10. Журналы: "Авиационная промышленность", "Автоматическая сварка" и "Сварочное производство" (с 1965 по 1997 гг.).

11. Технология самолетостроения / Под ред. А.Л.Абибова. - М.: Машиностроение, 1982. - 551 с.

**СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ
В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**Методические указания
к курсовому проектированию**

Редактор *И. Л. Кескевич*
Технический редактор *Г. Е. Телятникова*
Корректор *Л. Н. Ветчакова*

Подписано в печать 21.08.98. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Тираж 100 экз. Уч. - изд. л. 1,1. Печ. л. 1,25. Изд. № 919. Заказ № **487**
Цена договорная.

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20.