

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Кафедра «Сварочное производство и технология
конструкционных материалов»

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И
ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебно-методическое пособие
для студентов заочного обучения

направления 131000 – Нефтегазовое дело
профиль: Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти (РНГМ)

РНГМз-12

Пермь 2014

УДК 621.791

Составитель:
старший преподаватель кафедры «Сварочное производство и технология
конструкционных материалов»
Лодягина Татьяна Валерьевна

В учебно-методическом пособии изложено содержание дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов», приведены варианты контрольных работ и указания к их выполнению, описаны теоретические основы и практическая часть лабораторных работы.

УДК 621.791

© Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет. 2014

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цель изучения дисциплины:
приобретение знаний о природе и свойствах металлических и неметаллических материалов, методах воздействия на их свойства, а также о технологических процессах изготовления заготовок и деталей из металлических и неметаллических материалов.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Предметом изучения данной дисциплины являются следующие объекты:

- Строение и свойства конструкционных материалов; термическая обработка, деформация и другие виды воздействия на строение и свойства.
- Способы получения металлических и неметаллических материалов.
- Способы переработки конструкционных материалов в заготовки и изделия.

2. Содержание разделов учебной дисциплины

Введение.

Предмет и задачи дисциплины.

Основные понятия, термины и определения.

Классификация конструкционных материалов, характеристика материалов с аморфным и кристаллическим строением. Свойства конструкционных материалов. Связь состава, строения и свойств конструкционных материалов

Модуль 1. Материаловедение.

Тема 1. Строение металлических материалов.

Атомно-кристаллическое строение металлов. Типы кристаллических решеток. Понятие полиморфизма. Дефекты кристаллического строения.

Теория сплавов. Кристаллизация металлов и сплавов. Виды взаимодействия компонентов в сплаве. Понятие о диаграмме состояния.

Железо и его сплавы. Диаграмма состояния железо-углерод. Структурные составляющие железуглеродистых сплавов. Структура, классификация и маркировка углеродистой стали. Структура, классификация и маркировка чугуна.

Тема 2. Механические свойства металлических материалов и методы повышения долговечности изделий.

Методы определения механических свойств: характеристик прочности и пластичности, твердости и ударной вязкости. Теоретическая и реальная прочность

Пластическая деформация. Деформация, ее разновидности. Дислокационный механизм пластической деформации. Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлов (понятие наклепа). Влияние температуры на структуру и свойства деформированного

металла (понятие возврата и рекристаллизации). Критическая степень деформации.

Термическая обработка. Основные понятия и виды термической обработки (отжиг и нормализация, закалка, отпуск и его виды). Определение, цель, механизм и виды химико-термической обработки (цементация, азотирование).

Легирование. Легированные стали. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства сталей. Маркировка и классификация легированных сталей. Цементуемые и улучшаемые стали. Коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные стали. Инструментальные легированные стали.

Тема 3. Цветные металлы и их сплавы.

Алюминий и его сплавы.

Медь и ее сплавы (латуни, бронзы).

Титан и его сплавы.

Тема 4. Неметаллические материалы.

Полимеры как основа неметаллических материалов. Строение и свойства полимеров. Типовые термопластичные и терморезистивные полимеры.

Пластмассы. Состав и свойства пластмасс.

Резины. Состав и свойства резин.

Композиционные материалы. Основные определения и классификация композиционных материалов. Композиционные материалы на металлической и полимерной основе. Металлокерамические сплавы. Углерод-углеродные композиционные материалы.

Модуль 2. Технология конструкционных материалов.

Тема 5. Способы получения материалов.

Основы металлургического производства. Металлургия чугуна: исходное сырье, сущность доменной плавки, продукты доменного производства. Металлургия стали: сущность процессов получения стали, способы выплавки стали, способы разлива стали, принципы повышения качества стали.

Порошковая металлургия. Получение порошков и их свойства. Формование и спекание заготовок. Управление качеством порошковых материалов. Порошковые материалы.

Тема 6. Способы получения заготовок.

Получение заготовок с применением литейных технологий. Сущность литейного производства. Литейные свойства сплавов. Классификация способов литья. Литье в песчано-глинистые формы. Специальные способы литья: литье в оболочковые формы, литье по выплавляемым моделям, литье в кокиль, литье под давлением, центробежное литье.

Получение заготовок с применением деформационных технологий. Сущность обработки давлением. Виды обработки давлением. Классификация способов обработки давлением. Прокатка, волочение, прессование, ковка, штамповка.

Управление качеством заготовок, получаемых литье и обработкой давлением.

Тема 7. Способы получения неразъемных соединений.

Основы сварочного производства. Сварка, ее сущность и классификация способов сварки. Пайка, ее сущность.

Реновация поверхности с применением родственных сварочных технологий. Напыление материалов. Дуговая металлизация, газоплазменное и плазменное напыление.

Тема 8. Способы обработки поверхностей заготовок.

Электрофизические и электрохимические методы обработки поверхности. Электроэрозионная обработка. Электрохимическая обработка.

Тема 9. Получение изделий из неметаллических материалов.

Получение изделий из пластмасс.

Получение изделий из резин.

Получение изделий из композиционных материалов на металлической основе. Получение изделий из композиционных материалов на полимерной основе.

3. Перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	Тема 1, 2	«Исследование структуры и свойств железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии» – 4 часа В работе рассматриваются основы теории сплавов на примере железоуглеродистых сплавов, диаграмма «Железо-цементит» и ее применение для назначения режимов термической обработки. Проводится работа по изучению структуры железоуглеродистых сплавов и определению зависимости механических свойств сплавов от их структуры.
2	Тема 7	«Электрическая контактная сварка» – 4 часа В работе рассматриваются режимы контактной точечной сварки для получения сварного соединения деталей из малоуглеродистой и легированной стали. Проводятся испытания прочности на растяжение полученных при разных режимах сварки сварных соединений и определяются оптимальные режимы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

1. Основные понятия о конструкционных материалах

Разберите классификацию конструкционных материалов, составьте таблицу видов конструкционных материалов с указанием особенностей их строения, примеров материалов, областей применения, рабочих температур.

Изучите группы свойств конструкционных материалов: механические, технологические, эксплуатационные. Рассмотрите подробно механические свойства конструкционных материалов (прочность, твердость, пластичность, ударная вязкость), их экспериментальное определение и обозначение, обратите внимание на их размерность. Разберите технологические свойства: литейные свойства (жидкотекучесть, склонность к усадке и ликвации), деформируемость, свариваемость, технологические свойства порошков (уплотняемость, прессуемость, формуемость, спекаемость). Уясните понятие эксплуатационных свойств материалов: жаропрочность, жаростойкость, коррозионная стойкость, износостойкость, требования к режущим инструментам, требования к штампам холодного и горячего деформирования. Рассмотрите понятие конструкционной прочности и ее критерии.

Оцените свойства сталей, чугунов, алюминия, меди и титана, уяснив области их применения.

2. Характеристика металлических материалов

Для металлов характерно атомно-кристаллическое строение.

Изменять структуру и свойства металлических материалов можно посредством пластической деформации, термической обработки или легирования. Рекомендации к изучению влияния пластической деформации на свойства и структуру металлов разобраны далее в разделе «Физические основы обработки давлением». В завершении сделайте вывод о способах улучшения конструкционной прочности сплавов.

2.1 Строение металлических материалов

Рассмотрите основные типы кристаллических решеток: объемно-центрированную, гранецентрированную, гексагональную плотноупакованную. Изучите понятие полиморфизма на примере железа и титана. Обратите внимание на понятие теоретической и реальной прочности, чем объясняется их различие. Рассмотрите несовершенства кристаллического строения: точечные, линейные и поверхностные дефекты.

При переходе металлов из жидкого состояния в твердое происходит их кристаллизация при определенной температуре, кристаллизация сплавов (за

исключением эвтектических) идет в интервале температур. Рассмотрите, какие необходимо создать условия для начала процесса кристаллизации, и изучите стадии процесса кристаллизации. Разберите график зависимости скорости образования и роста кристаллов от величины переохлаждения, сделайте вывод о формировании первичной структуры в зависимости от скорости охлаждения металла. Уделите внимание условию получения металлических стекол, т.е. когда в металлах формируется аморфная структура. Обратите внимание на особенности кристаллизации сплавов. Усвойте представление о диаграммах состояния: их разновидности и сведения, которые в них заключены. Подробно ознакомьтесь с диаграммой состояния «железо-цементит», какие фазы и структурные составляющие характерны для железистых сплавов при различных температурах. Рассмотрите возможные структуры, классификацию и маркировку углеродистых сталей и чугунов. Потренируйтесь в расшифровке марок углеродистых сталей и чугунов, а также в оценке свойства углеродистых сталей по их марке.

2.2 Термическая обработка стали

Рассмотрите понятие термической обработки, ее разновидности и цели. Определитесь, какие структуры и механические свойства сталей достигаются при отжиге, нормализации, закалке и отпуске. Особо отметьте себе названия равновесных фаз и структур, а также фаз и структур при ускоренном охлаждении и условные обозначения критических точек сталей. С помощью диаграммы состояния «железо-цементит» изучите критические точки сталей, температурные поля нагрева при различных видах термической обработки. Охарактеризуйте улучшаемые конструкционные стали: примеры марок, обработка, свойства и область применения.

Рассмотрите понятие химико-термической обработки стали, ее разновидности и цели. Подробно разберите процессы цементации и азотирования: сущность, условия проведения, какие свойства приобретает сталь в результате них. Охарактеризуйте цементуемые конструкционные стали: примеры марок, обработка, свойства и область применения.

2.3 Легирование сталей

Разберите классификацию и маркировку легированных сталей. Рассмотрите влияние основных легирующих элементов на механические и эксплуатационные свойства сталей.

Охарактеризуйте коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные стали. Предварительно рассмотрите понятие коррозии, ее разновидности, механизм химической и электрохимической коррозии. Уясните методы повышения коррозионной стойкости, жаростойкости и жаропрочности, механизм влияния вводимых легирующих элементов на рассматриваемые свойства.

Охарактеризуйте инструментальные стали. Предварительно рассмотрите требования, предъявляемые к сталям для режущего инструмента и штампов. Уясните принцип легирования инструментальных сталей, механизм влияния вводимых легирующих элементов.

3. Характеристика неметаллических материалов

Рассмотрите строение, классификацию и свойства полимеров как основных компонентов неметаллов. Подробно разберите поведение полимеров при нагреве и под нагрузкой. На базе термомеханической кривой охарактеризуйте три физических состояния полимера: стеклообразное, высокоэластичное и вязкотекучее. Сравните термопластичные и терморезистивные пластмассы по свойствам.

Ознакомьтесь с видами и свойствами пластмасс. Рассмотрите, какие добавки вводятся в состав пластмасс наряду с полимерами. Разберите способы влияния на свойства пластмасс.

Ознакомьтесь с составом и свойствами резин. Подробно разберите сущность вулканизации, как изменяется строение каучука, являющегося основным компонентом пластмасс. Рассмотрите классификацию резин, обратив внимание на свойства и применение.

4. Характеристика композиционных материалов (КМ)

Рассмотрите классификацию, строение и свойства КМ. Разберите требования, предъявляемые к матрице и армирующим элементам, уясните, из каких материалов их можно изготавливать. Рассмотрите примеры композиционных материалов, оценив материал матрицы и армирующего элемента, геометрию армирующего элемента, свойства и область применения рассматриваемых материалов.

5. Основы металлургического производства

Усвойте теоретические и технологические основы производства материалов, применяемых в машиностроении и приборостроении. Ознакомьтесь с основными способами получения твердых тел.

5.1. Физико-химические основы металлургического производства

Для производства черных и цветных металлов и сплавов используют металлургические руды, флюсы, топливо и огнеупорные материалы. Обратите внимание на руды, применяемые при выплавке сплавов, их состав и подготовку к плавке.

Ознакомьтесь с материалами, используемыми в качестве флюсов при производстве чугуна и стали. Уясните выбор флюсов в зависимости от применяемых в производстве плавильных печей (кислых или основных) и управление процессами удаления вредных примесей из расплавов.

Основной вид металлургического топлива – кокс. Следует знать способ его получения, химический состав, свойства и теплотворную способность. Из других видов топлив обратите внимание на природный и доменный газы, которые используют в металлургии.

Облицовку (футеровку) металлургических печей и ковшей для разливки металла делают из огнеупорных материалов, поэтому нужно хорошо знать их химический состав, огнеупорность и области применения.

5.2. Производство чугуна

Чугун выплавляют в высокопроизводительных агрегатах – доменных печах. Изучите устройство доменной печи и принцип ее работы. При сгорании кокса в доменной печи выделяется теплота. Газовый поток, поднимаясь вверх, прогревает шихту до температуры 570 °С, при которой и начинается процесс восстановления оксидов железа.

Рассматривая процессы доменной плавки, уясните химические реакции горения топлива, процессы восстановления оксидов железа, кремния, марганца, фосфора и серы, процессы образования чугуна и шлака, выпуск чугуна и шлаков из доменной печи. Обратите особое внимание на продукты доменной плавки и их использование в народном хозяйстве.

В заключение рассмотрите технико-экономические показатели доменного производства, пути интенсификации доменного производства и автоматизации работы доменных печей.

5.3. Производство стали

Процесс производства стали основан на снижении процентного содержания углерода и примесей, имеющих в передельном чугуна, и переводе их в шлаки и газы в процессе плавки. Уясните сущность процессов удаления примесей на основе законов физической химии. При этом обратите внимание на роль шлаков в управлении металлургическим процессом. Рассмотрите основные химические реакции, происходящие при плавке.

Ознакомьтесь с устройством и принципом работы мартеновских печей. Особое внимание уделите производству стали скрап-рудным процессом, как наиболее экономичным. Изучите характерные периоды плавки этого процесса и их значение. Рассмотрите пути интенсификации мартеновского процесса. В заключение уясните, какие стали выплавляют в мартеновских печах.

Кислородно-конверторный процесс – наиболее экономичный способ производства стали. Ознакомьтесь с устройством современных кислородных конверторов и принципом их работы. Рассмотрите шихтовые материалы конверторного производства и технологию плавки, обратив внимание на окислительный период плавки и раскисление стали. Проведите сравнительную оценку технико-экономических показателей работы мартеновских печей и кислородно-конверторного производства.

Изучая производство высококачественных, инструментальных и высоколегированных сталей в дуговых электрических печах, ознакомьтесь с их устройством и принципом работы. В дуговой печи возможны две технологии плавки: переплавом на шихте из легированных отходов и окислением примесей на углеродистой шихте. Усвойте особенности процессов и их технико-экономические показатели.

Ознакомьтесь с устройством и принципом работы индукционных электрических печей. В индукционных печах сталь получают переплавом или оплавлением шихтовых материалов. Уясните особенности этих процессов.

Изучая процессы разлива стали, ознакомьтесь с устройством разливочного ковша, изложниц и установок непрерывной разлива стали. Рассмотрите схемы процессов. Обратите внимание на качество слитков.

По степени раскисления стали делят на спокойные, кипящие и полуспокойные. Изучите процесс кристаллизации слитков и их строение. Обратите внимание на возможные дефекты и меры их предупреждения.

В настоящее время в металлургическом производстве широко применяют новые технологические способы повышения качества сталей: обработку стали синтетическими шлаками, вакуумированием при разливе, электрошлаковый переплав (ЭШП), вакуумно-дуговой переплав (ВДП) и др. Обратите внимание на сущность и схемы процессов, технологические возможности способов и области применения.

6. Технология изготовления изделий методом порошковой металлургии

Рассматривая порошковую металлургию как технологический метод, надо отметить его основную особенность – применение исходного сырья в виде порошков. Основные этапы этого метода: получение и подготовка порошков, формообразование изделий прессованием, термическая обработка или спекание спрессованных изделий. При этом технологический процесс на каждом этапе формирует определенные свойства получаемых изделий, так, например, на первом этапе – текучесть, прессуемость, спекаемость и влияние на них различных факторов.

Основные способы формообразования изделий из порошков – прокатка и прессование, имеющие ряд разновидностей. Обратите внимание на положительные и отрицательные стороны способов прессования, так как от этого зависят особенности конструкции деталей.

Завершающая операция – спекание изделий производится для получения необходимой прочности изделий. Технология порошковой металлургии позволяет получать детали с уникальными свойствами: высокими твердостью и износостойкостью, специальными электрическими и электромагнитными свойствами, с низкими или высокими коэффициентами трения, высокой пористостью.

7. Практика формообразования заготовок

Обратите внимание на многообразие способов формообразования заготовок и на то, что выбор способа зависит от свойств обрабатываемого материала (как технологических, так и механических); от требований, предъявляемых к точности конфигурации и размеров, к качеству поверхности детали. Так, например выбор способа литья во многом зависит от жидкотекучести сплава, от требуемой точности размеров отливки, качества поверхности отливки, размеров и массы, а также толщины сечения отливки.

Способ образования заготовок пластическим деформированием определяется пластичностью обрабатываемого материала, размерами и массой заготовки, серийностью производства, точностью размеров и качеством поверхности получаемых изделий.

7.1. Получение заготовок с применением литейных технологий

Основная продукция литейного производства – сложные (фасонные) заготовки деталей, называемые отливками. Отливки получают заливкой расплавленного металла в литейную форму, внутренняя рабочая полость которой имеет конфигурацию отливки. После затвердевания и охлаждения отливку извлекают из литейной формы. При этом форму разрушают (разовая литейная форма) или разбирают на части для повторного использования (многократная литейная форма).

Отливки получают литьем в песчаную литейную форму, в оболочковую литейную форму, по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением, центробежным литьем и другими способами. Выбор способа литья определяется его технологическими возможностями и технико-экономическими показателями.

Наиболее универсальным, но менее точным является способ литья в песчаную форму. Специальными методами литья получают отливки повышенной точности, более высокого класса шероховатости поверхности и минимальными припусками на механическую обработку.

Основное достоинство формообразования заготовок литьем, которое выгодно отличает его от других методов формообразования заготовок, – возможность получения разнообразных по массе заготовок практически любой сложности непосредственно из жидкого металла.

7.1.1. Физические основы производства отливок

Качество отливки во многом определяется процессами взаимодействия литейной формы и отливки. Это взаимодействие – силовое, тепловое, химическое проявляется во время заливки литейной формы расплавом и затвердевания отливки. Силовое воздействие струи расплава при заливке может привести к размыву участков формы и возникновению дефектов отливки. Тепловое взаимодействие, проявляющееся в охлаждении металла и нагреве формы, вызывает расширение рабочего слоя формы, выделение газов из формы и стержней. Химическое взаимодействие проявляется в образовании химических соединений на поверхности контакта: отливка–форма.

Литейные свойства сплавов, которые характеризуют поведение сплава в процессе изготовления отливок, следует рассматривать с учетом взаимодействия литейной формы и отливки.

Изучите основные литейные свойства сплавов: жидкотекучесть, усадку, склонность к трещинообразованию и газопоглощению, ликвацию. Запомните, к каким дефектам приводят низкие показатели литейных свойств и какие технологические меры используют для предупреждения образования дефектов.

Важной предпосылкой получения отливок без дефектов является правильная конструкция отливки. Изучите особенности конструирования отливок с учетом литейных свойств сплавов.

7.1.2. Способы изготовления отливок

Изготовление отливок в песчаных литейных формах. Рассмотрите последовательность изготовления отливки в песчаной литейной форме. Для изготовления песчаной литейной формы используют модельный комплект, опочную оснастку и формовочные материалы.

В модельный комплект входят: модель отливки или модельные плиты, стержневые ящики, модели литниковой системы. Уясните, в каких случаях целесообразно применять деревянные модельные комплекты, а в каких – металлические. Модельные комплекты изготавливают из древесины, металла и пластмасс. Приведите примеры конструкций моделей, модельных плит, стержневых ящиков, литниковых систем.

Обратите внимание на теплофизические свойства формовочных и стержневых смесей и различие формовочных смесей для стали, чугуна и цветных сплавов. К стержневым смесям предъявляют повышенные требования, так как стержень находится в менее благоприятных условиях, чем форма. Рассмотрите стержневые смеси, затвердевающие в контакте со стержневым ящиком в горячем и холодном состояниях.

Литейные формы и стержни изготавливают вручную и на машинах. Изучите способы ручного изготовления в парных опоках, по шаблону, изготовление крупных форм в кессонах.

Запомните способы уплотнения форм встряхиванием, прессованием, пескометом.

Обратите внимание на технологические меры обеспечения высоких качеств стержней (применение каркасов, вентиляционных каналов). Стержни изготавливают ручным способом, на пескодувных и пескострельных машинах. Прогрессивный способ – изготовление стержней по горячим ящикам.

Новым технологическим способом является изготовление форм пленочно-вакуумной формовкой.

Заливку собранных форм производят на конвейерах, где они охлаждаются до температуры выбивки. Выбивку отливок из форм и стержней из отливок производят на вибрационных решетках. Следует уделить особое внимание механизации трудоемких операций и разобраться в принципах работы автоматизированных формовочно-заливочных конвейеров, поточных линий для изготовления отливок, выбивки форм и дальнейшего охлаждения отливок до нормальных температур.

Рассмотрите способы удаления литниковой системы, прибылей; способы очистки отливок от пригоревшей смеси и заусенцев; изучите схему и принцип работы дробеметной установки.

В заключение проработайте вопросы конструирования отливок с учетом способа изготовления форм и стержней. При этом особое внимание обратите на технологичность отливки, облегчающую изготовление форм и стержней, выбивку, обрубку и очистку литья; на обеспечение точности отливок.

Изготовление отливок в оболочковых формах. Рассмотрите схему процесса формирования оболочек, последовательность изготовления оболочек бункерным способом, сборку форм и подготовку их к заливке расплавленным металлом. Обратите внимание на состав и свойства формовочной смеси и особенности литейной оснастки, применяемой при изготовлении форм и стержней.

Отметьте основные достоинства и недостатки изготовления отливок в оболочковых формах. Уясните технологические возможности способа и области применения отливок.

Изготовление отливок по выплавляемым моделям. Проследите последовательность изготовления моделей из легкоплавкого состава в пресс-формах, сборку моделей в блок, изготовление литейной формы, подготовку ее к заливке, заливку расплавленным металлом, выбивку и очистку отливок. Отметьте технологические особенности способа, основные преимущества и недостатки литья по выплавляемым моделям. Обратите внимание на технологические возможности и области применения способа.

Изготовление отливок литьем в кокиль. Сущность процесса заключается в свободной заливке расплавленного металла в металлические формы – кокили. Рассмотрите типы кокилей, последовательность изготовления отливок. Обратите внимание на устройство каналов для отвода газов из полостей форм и на устройства, используемые для удаления отливок, а также конструкции металлических стержней.

Уясните назначение предварительного подогрева форм, теплозащитных покрытий, наносимых на рабочие поверхности форм, на последовательность сборки кокилей.

Особенности литья в кокиль – повышение скорости затвердевания и охлаждения отливок, что в одних случаях способствует получению мелкозернистой структуры и повышению механических свойств, а в других – вызывает отбел.

Отметьте основные достоинства и недостатки литья в кокили.

Уясните технологические возможности способа и области его применения.

Изготовление отливок литьем под давлением. Рассмотрите устройство машин литья под давлением с горизонтальной холодной камерой прессования и горячей камерой прессования. Запомните последовательность изготовления отливок, устройство пресс-форм и приспособлений для удаления отливок.

Скорость выпуска расплавленного металла в пресс-форму составляет 0,5...120 м/с, а конечное давление достигает 100 МПа. Следовательно, форма заполняется за десятые, а для особо тонкостенных отливок – за сотые доли секунды. Сочетание особенностей процесса – металлической формы и внешнего давления на металл – позволяет получать отливки высокого качества.

Отметьте достоинства и недостатки литья под давлением. Обратите внимание на технологические возможности способа и области его применения.

Изготовление отливок центробежным литьем. Рассмотрите устройство машин с горизонтальной и вертикальной осями вращения и последовательность изготовления отливок. Отметьте достоинства и недостатки центробежного литья, технологические возможности способа и области применения.

7.2. Получение заготовок с применением деформационных технологий

Большая часть цветных металлов и сплавов и более 90 % выплавляемой стали подвергается обработке давлением. При этом получают изделия не только в виде заготовок для последующей механической обработки, но и готовые сложные детали с высокой точностью и низкой шероховатостью.

Обычно обработку давлением объединяют в шесть видов: прокатка, прессование и волочение – для получения изделий постоянного поперечного сечения по длине; ковка, объемная и листовая штамповка – для получения деталей или заготовок, имеющих форму, приближенную к форме готовых деталей.

Получение изделий пластическим деформированием обеспечивает высокую производительность, малые отходы и повышенные механические свойства.

7.2.1. Физические основы обработки металлов давлением

Уясните понятия: пластичность металлов, механизмы деформации, наклеп (деформационное упрочнение), рекристаллизация, температурный порог рекристаллизации, стадии рекристаллизации, критическая степень деформации.

Все способы технологической обработки давлением основаны на способности металлов деформироваться пластически. В поликристаллических телах – металлах эта деформация происходит за счет сдвига в отдельных зернах. Изменение кристаллической структуры металла при пластическом деформировании приводит к изменению его механических свойств: прочности, твердости, пластичности. Совокупность изменения свойств в результате пластической деформации называют упрочнением или наклепом.

При нагреве упрочненного металла до определенной температуры наблюдаются явления, называемые возвратом и рекристаллизацией. При возврате частично снимаются остаточные напряжения, форма и размеры деформированных зерен не восстанавливаются. При рекристаллизации происходит качественное изменение структуры – зарождаются и растут новые равноосные зерна с неискаженной кристаллической решеткой. Рекристаллизация начинается при определенной для каждого металла температуре. В зависимости от соотношения между температурой, при которой происходит деформирование, и температурой начала рекристаллизации для данного металла различают холодную и горячую обработку давлением. Для холодной – характерен наклеп, для горячей – рекристаллизация.

Нагрев металла перед пластическим деформированием производят с целью повышения его пластичности и снижению сопротивления деформированию. Повышение температуры нагрева выше допустимой приводит к образованию брака (перегрева, пережога, увеличению интенсивности окисления поверхности).

К нагреву предъявляются такие требования, как равномерность температуры по сечению заготовки, ее минимальное окисление и обезуглероживание. Большое значение имеет скорость нагрева: при медленном нагреве снижается производительность, увеличивается окисление и обезуглероживание; при быстром – в заготовке появляются трещины.

Разнообразные устройства для нагрева заготовок делят на печи и электронагревательные устройства.

7.2.2. Получение машиностроительных профилей

Прокатка. При прокатке металл деформируется вращающимися валками, конфигурация и взаимное расположение которых различны. Различают три схемы прокатки: продольную, поперечную и поперечно-винтовую. Захват и деформирование заготовки осуществляется за счет трения между валками и заготовкой.

Инструмент прокатки – гладкие и калиброванные валки. Оборудование – прокатные станы, которые классифицируются по количеству и расположению валков, по взаимному расположению рабочих клетей и по назначению.

Исходной заготовкой при прокатке являются слитки. Продукцию прокатного производства можно разделить на четыре группы: сортовой прокат с простой и фасонной формой профиля; листовой прокат; бесшовные и сварные трубы; специальный прокат, поперечное сечение которого периодически меняется по длине.

Прокат используется в качестве заготовок при дальнейшей обработке различными способами.

Прессование. Процесс прессования, при котором металл выдавливается сквозь отверстие произвольной формы, позволяет получать профили более сложной формы, чем при прокатке, и с более высокой точностью.

Всестороннее сжатие металла дает возможность прессовать трудно деформируемые сплавы с низкой пластичностью. Прессование более экономично, чем прокатка, при изготовлении мелких партий профилей. Однако при прессовании значительны отходы и износ инструмента.

Прессование производят на специальных гидравлических прессах.

Волочение. Процесс волочения, осуществляемый в условиях холодной деформации, позволяет получать проволоку, тонкостенные трубы и другие профили с высокой точностью и низкой шероховатостью поверхности. При волочении обжатие металла за один проход ограничивают, принимают меры для уменьшения трения между металлом и инструментом и вводят промежуточный отжиг для снятия наклепа.

Рассматривая принципиальное устройство оборудования для волочения – барабанного и цепного стана, следует обратить внимание на область применения каждого из них.

7.2.3. Способы получения поковок

Ковка. При ковке горячее деформирование металла осуществляют последовательно на разных участках заготовки с помощью универсального подкладного инструмента или бойков. В качестве заготовок при ковке используется сортовой прокат и слитки. Процессковки состоит из чередования в определенной последовательности основных кузнечных операций. Изучите операцииковки, их назначение. Ознакомьтесь с

кузнечным инструментом, применяемым для выполнения каждой операции, и оборудованием дляковки.

Ковка высоколегированных сталей и цветных металлов имеет особенности, обусловленные их пониженной пластичностью, ковка ведется с пониженными скоростями деформирования, чтобы разупрочняющие процессы протекали полнее.

Горячая объемная штамповка. При объемной штамповке пластическое течение металла ограничено полостью штампа – специального инструмента, который служит для получения поковки только данной конфигурации. Горячая объемная штамповка по сравнению с ковкой позволяет изготовить поковку с меньшими припусками, с большой точностью и высокой производительностью. Однако использование дорогостоящего штампа делает штамповку рентабельной лишь при достаточно больших партиях поковок.

Горячую объемную штамповку проводят в открытых и закрытых штампах с одной или несколькими плоскостями разъема. Обратите внимание на преимущества и недостатки этих методов штамповки.

Горячая объемная штамповка осуществляется на молотах, механических и гидравлических прессах, горизонтально-ковочных машинах, горячештамповочных автоматах и другом оборудовании. Нужно знать их принципиальное устройство, основные части.

Холодная объемная штамповка. При холодной объемной штамповке процесс деформирования проводят без предварительного нагрева заготовок. Данный вид штамповки разделяют на холодное выдавливание, высадку и формовку в открытых и закрытых штампах. Так как сопротивление деформированию металла в холодном состоянии высокое, то этот способ имеет ограничения применения по маркам сплавов и размерам деталей.

Листовая штамповка. Для деталей, получаемых листовой штамповкой, характерно то, что толщина их стенок незначительно отличается от толщины исходной заготовки.

Операции листовой штамповки объединяют в две группы: разделительные и формоизменяющие. К разделительным относятся: отрезка, вырубка, пробивка и другие. Следует обратить внимание на технологические параметры разделительных операций: зазор между режущими кромками, усилие прижима, форму режущих кромок.

Основным показателем экономичности расположения изделий на исходной листовой заготовке при вырубке служит коэффициент использования металла, равный отношению площади деталей к площади заготовки, из которой эти детали вырезаются.

К формоизменяющим операциям относят: гибку, вытяжку, отбортовку, обжим, формовку и другие. Рассматривая схемы формоизменяющих операций следует обратить внимание на факторы, ограничивающие предельное формоизменение, т.е. технологические возможности каждой операции.

Инструмент листовой штамповки – штамп – обычно состоит из рабочих элементов (пуансона и матрицы) и ряда вспомогательных деталей. Такие штампы отличаются большим разнообразием. Очевидно, что они окупаются при изготовлении достаточно больших партий одинаковых деталей. Поэтому при изготовлении небольших партий изделий применяют штамповку эластичной, жидкостной, газовой средами, магнитным полем, взрывом. В этих способах отсутствует одна из двух рабочих частей инструмента, поэтому процесс значительно экономичнее. Кроме того, при штамповке взрывом, магнитным полем, электрогидравлической – нагрузка на заготовку носит импульсный характер. Это дает возможность штамповать сложные детали из трудно деформируемых сплавов.

8. Получение неразъемных соединений

Способ получения сварных соединений зависит от способности материала свариваться, от размеров и конфигурации конструкций и деталей, от условий работы сварных соединений.

Выбирая способ пайки необходимо учитывать паяемость материалов; растекание расплавленного припоя по паяемой поверхности и его взаимодействие с основным металлом; типы кристаллических решеток металлов, подвергающихся пайке; тип припоя и др.

Для восстановления изношенных деталей и для нанесения на детали защитных и упрочняющих покрытий используют методы наплавки, дуговой металлизации, газопламенное и газоплазменное напыление, детонационное и вакуумное напыление. Способ нанесения покрытия зависит от свойств материала покрытия и подложки, от условий работы покрытия, от типа напыляемой поверхности и ее размеров, от серийности производства и многих других факторов.

8.1 Получение сварных соединений

8.1.1. Физические основы получения сварного соединения

Рассмотрите физическую сущность процесса сварки, используя знания о строении металлов и связи между атомами вещества.

Металл состоит из множества положительно заряженных ионов, упорядоченно расположенных в пространстве и связанных в единое целое облаком коллективизированных электронов. При соприкосновении двух металлических тел обычно не происходит объединение их в единое целое; этому препятствуют неровности на поверхности и пленки оксидов, гидридов и нитридов, дезактивирующих ее. Если активизировать поверхности заготовок и сблизить поверхностные ионы до расстояний, равных расстояниям между атомами твердого металла, то происходит сварка, т.е. образуется неразъемное соединение заготовок межатомными силами связи.

На практике этого достигают тепловым, силовым воздействием или их сочетанием.

При сварке плавлением происходит только тепловое воздействие – нагрев до расплавления кромок заготовок с образованием единой жидкой металлической ванны. В результате кристаллизации металла в зоне сварки образуются зерна, принадлежащие одновременно основному металлу и металлу шва. В зоне сварки устанавливается такое же атомно-кристаллическое строение металла, как в основном металле, что обеспечивает равнопрочное соединение. При сварке плавлением оксиды и другие примеси на свариваемых поверхностях частично разрушаются при нагреве, а частично переводятся в легкоплавкие шлаки, всплывающие на поверхности шва.

При сварке давлением образование неразъемного соединения достигают в твердом состоянии силовым воздействием, если оно вызывает совместную пластическую деформацию заготовок в зоне сварки. При этом сминаются неровности, а оксиды и другие поверхностные пленки разрушаются и вытесняются из зоны сварки при пластическом течении металла.

Свариваемость металлов. Применяемость сварки определяется свариваемостью металлов заготовок. Под свариваемостью металла понимают его способность образовывать при сварке качественное сварное соединение, эксплуатационные свойства которого близки к свойствам свариваемого металла.

Важно понять, что свариваемость металлов и сплавов зависит от химического состава сплава и способа сварки. К ограниченно свариваемым металлам относят те, которые дают качественные соединения лишь при усложнении технологии сварки (подогрев, специальные сварочные материалы).

8.1.2. Термические методы сварки

Изучите классификацию способов сварки плавлением по виду источника теплоты.

Дуговая сварка. Это один из видов сварки плавлением, в котором источником тепла служит сварочная дуга – электрический разряд в газовой среде. Дуга способна практически мгновенно расплавлять и перегревать до 2000...2500 °С небольшие участки металла заготовки. Уясните условия возбуждения дуги и ее тепловые свойства.

Усвойте основные требования к источникам сварочного тока для дуговой сварки: легкое зажигание дуги и безопасность работы, что достигается напряжением холостого хода не более 60...70 В; стабильное горение дуги и ограничение тока при коротком замыкании сварочной цепи. Для выполнения этих требований применяют источник с падающей вольт-амперной характеристикой.

Дуговая сварка классифицируется по степени механизации и способам защиты шва от взаимодействия с атмосферой.

Ручная дуговая сварка. В этом процессе сварщик управляет электродом, поддерживая заданную длину дуги, производя подачу электрода по мере его плавления.

При ручной дуговой сварке плавящимся электродом наносят на электрод защитно-легирующие покрытия, которые при расплавлении образуют легкие шлаки, покрывающие металл шва и ванну вязкой пленкой, препятствующей окислению металла. В составе покрытий содержатся раскислители и легирующие добавки, которые восстанавливают оксиды в металле шва в период его контакта с жидким шлаком и легируют шов с целью повышения эксплуатационных свойств.

При ручной сварке объем жидкого металла сварочной ванны незначителен и он может удерживаться на вертикальной стене или в потолочном положении за счет сил поверхностного натяжения. Недостаток способа: тяжелый ручной труд и низкая производительность.

Автоматическая сварка под флюсом. Уясните схему автоматической сварки под флюсом.

Рассмотрите особенности технологии сварки. Высокая производительность процесса обеспечивается возможностью применения электродов диаметром 4 ... 5 мм и тока до 1600 А.

Автоматическая сварка под флюсом применяется для сварки однотипных узлов, имеющих протяженные прямолинейные и кольцевые швы.

Дуговая сварка в защитных газах. Уясните роль защиты зоны дуги газом, заключающуюся в оттеснении атмосферы воздуха из зоны горения дуги защитными газами с одновременным исключением их взаимодействия с металлом сварочной ванны шва.

Защитные газы могут быть инертными (аргон, гелий) и активными (углекислый газ, азот, водород). Инертные газы не вступают в реакцию с металлом электрода и сварочной ванны и не растворяются в нем. Поэтому химический состав шва идентичен составу свариваемого металла, что обеспечивает наиболее высокое качество сварных соединений.

Для ряда сплавов качественные соединения получают при сварке в среде активных газов, которые могут вступать в химическую реакцию с металлом сварочной ванны. Так большинство конструкционных сталей свариваются в среде углекислого газа. Для защиты от окисления применяют сварочную проволоку с повышенным содержанием кремния и марганца, которые способны восстановить оксид железа; при этом продукты реакции всплывают на поверхность шва в виде шлака.

Сварку в среде защитных газов осуществляют плавящимся или неплавящимся электродом. В последнем случае электрод изготавливают из вольфрама, а для защиты используют инертные газы. Сварку выполняют вручную, на полуавтоматах и автоматах.

При сварке в защитных газах сварочная ванна охлаждается быстрее, так как объем ее мал. Это позволяет в отличие от сварки под давлением,

производить сварку в защитных газах в потолочном и вертикальном положениях.

Сварка металлов плазменной струей. При этом методе сварки источником теплоты служит струя газа, ионизированного в дуге. Для ионизации используют столб сжатой дуги, т.е. дуги, горящей в узком канале, через который под давлением продувают газ (аргон, азот, водород), дополнительно увеличивающий степень ее сжатия.

В этих условиях температура газа в столбе дуги достигает 20000... 30000 °С, что по сравнению со свободно горящей дугой резко увеличивает степень ионизации и температуру газа, выходящего из канала с большой скоростью в виде струи. Этот источник теплоты имеет высокую концентрацию тепловой энергии.

Электрошлаковая сварка. Рассмотрите сущность процесса и его отличия от сварки под флюсом. Для начала процесса необходима шлаковая ванна, которую получают с помощью сварочной дуги. Подавая флюс в дугу, создают значительный слой электропроводного жидкого шлака. После создания жидкого шлака дуга погружается в него, дуговой разряд прекращается, и сварочная цепь замыкается через жидкий шлак. Источник теплоты является распределенным в отличие от сосредоточенного источника – дуги.

Электрошлаковая сварка применяется для соединения толстолистовых заготовок (более 20 мм), отливок, поковок и слитков из чугуна, стали, медных, никелевых, титановых и алюминиевых сплавов.

Сварка электронным и лазерным лучами. Эти процессы относятся к сварке плавлением. При электронно-лучевой сварке процесс выполняется в глубоком вакууме, а в качестве источника теплоты используется поток ускоренных электронов. Электроны, излучаемые катодом электронной пушки, разгоняются, концентрируются в луч и бомбардируют металл, выделяя при торможении теплоту за счет перехода кинетической энергии в тепловую. Электронный луч имеет высокую проплавляющую способность, что позволяет сваривать за один проход металл толщиной до 50 мм.

При лазерной сварке источником теплоты для расплавления свариваемых кромок служит узконаправленный световой луч большой мощности. Лазерную сварку ведут в воздушной среде, а для защиты металла от окисления используют струйные способы газовой защиты.

Термическая резка. Под термической резкой понимают местное удаление материала заготовки по траектории реза. По механизму удаления различают химический процесс окисления нагретого металла кислородом и перевода его в легкоплавкие оксиды, удаляемые из зоны реза, а также электромеханический процесс нагрева до расплавления и выдувания жидкого металла из зоны реза. К первому относят газокислородную резку, ко второму – дуговую и плазменную резку.

8.1.3. Термомеханическая сварка

Изучите классификацию способов сварки по характеру термомеханического воздействия на заготовки и видам энергии.

Контактная сварка – наиболее распространенный способ сварки давлением, где нагрев металла производят теплотой, выделяемой при контакте двух заготовок при протекании через них электрического тока. Теплота интенсивнее выделяется в зоне сварки, т.е. месте контакта между заготовками, так как эта зона имеет наибольшее электросопротивление. Главное требование к нагреву – обеспечение совместной пластической деформации свариваемых заготовок.

Уясните, почему стыковую, точечную и роликовую сварку называют контактной и в чем различие этих процессов.

При стыковой сварке заготовки свариваются по всему сечению стыка. Торцы заготовок нагревают, а затем сжимают для обеспечения совместной пластической деформации. Сварку ведут двумя способами: сопротивлением и оплавлением.

Сварку сопротивлением применяют при соединении небольших заготовок из однородных сплавов, с обработанными и очищенными торцами и подгонкой их по площади поперечного сечения в месте сварки.

Сварку оплавлением применяют при соединении крупных заготовок различных поперечных сечений без предварительной обработки торцев. Нагрев ведут до полного оплавления торцов. При последующем сжатии жидкий металл с оксидами и загрязнениями выдавливается из зоны сварки, а в совместной пластической деформации участвуют нагретые слои свариваемых металлов.

Точечная и роликовая сварка предназначена для соединения листовых заготовок. Края заготовок, собранные внахлестку, сжимают электродами и нагревают проходящим электрическим током. Максимальный нагрев достигается в местах контакта между листами заготовок. Это приводит к частичному расплавлению заготовок по толщине и образованию литого ядра сварной точки.

Оборудование для роликовой сварки отличается от точечной формой электродов. Роликовая сварка обеспечивает получение герметичного непрерывного шва за счет последовательного образования перекрещивающихся точечных соединений.

Диффузионная сварка в вакууме. Сущность процесса состоит в диффузии атомов соединяемых элементов, при которой на границе контакта двух деталей образуются новые зерна, принадлежащие одновременно каждой из соединяемых заготовок. Температура нагрева металла такова, что он остается в твердом состоянии, но скорость диффузионных процессов наибольшая. Давление к свариваемым заготовкам прикладывается величиной, меньшей предела текучести – для обеспечения физического контакта при сохранении форм заготовок. Вакуум предназначен для защиты от окисления. Этот способ сварки применяется для получения биметаллических заготовок, соединения металлов с неметаллами.

8.1.4. Механическая сварка

Изучите классификацию способов сварки по характеру механического воздействия на заготовки. Обратите внимание на особенности и применение рассматриваемых способов сварки.

Холодная сварка – способ сварки давлением при значительной пластической деформации без нагрева соединяемых деталей внешним источником нагрева. Уясните, какие материалы сваривают этим способом и вид образующегося соединения (точечная, стыковая, шовная сварка).

Ультразвуковая сварка, реализуемая при действии на соединяемые поверхности ультразвуковых колебаний. Ультразвуковые колебания появляются в результате магнитострикционного эффекта, который возникает в преобразователе. Уясните, в чем заключается этот эффект и какие материалы проявляют его.

Сварка взрывом. Соединения достигаются за счет значительной пластической деформации в результате вызванного взрывом соударения соединяемых частей.

Сварка трением – сварка с применением давления, при которой нагрев осуществляется трением, вызванным относительным перемещением свариваемых частей или инструмента (без применения внешнего источника нагрева).

8.2. Получение неразъемных соединений пайкой материалов

Наряду со сваркой широко применяют другой вид соединения – пайку, при котором расплавляется только припой, смачивая нерасплавляемые кромки заготовок. Изучите способы пайки, “твердые” и “мягкие” припои, особенности конструирования паяных соединений.

8.3. Способы нанесения покрытий на поверхности деталей

Различают два основных метода применения сварочных источников для нанесения покрытий: наплавку и напыление. При наплавке материал заготовки оплавляется и перемешивается с материалом покрытия. При напылении материал подложки не оплавляется, а материал покрытия в виде мелких капель, ударяясь о подложку, обеспечивает сцепление. Для напыления применяют главным образом плазменную струю.

9. Основы технологии формообразования поверхностей деталей (основы размерной обработки заготовок)

Значительное место в формообразовании поверхностей деталей занимает механическая обработка заготовок на металлорежущих станках. Способ обработки и тип инструмента зависят от свойств обрабатываемого материала; конфигурации и размеров заготовки; от требований, предъявляемых к точности размеров и качеству поверхности готовой детали.

Кроме механического снятия металла с помощью металлорежущего инструмента, существуют физико-химические и электрофизические способы обработки деталей. Эти способы позволяют обрабатывать материалы, имеющие плохую обрабатываемость лезвийным и абразивным инструментом, в том числе высоколегированные стали, твердые сплавы, ферриты, керамику, композиционные материалы и др.; детали сложной конфигурации из труднообрабатываемых материалов; тонкостенные нежесткие детали, а также детали сложной формы с пазами и отверстиями.

9.1. Электрофизические и электрохимические методы обработки

Ознакомьтесь с характерными особенностями электрофизических и электрохимических методов обработки, которые применяются для обработки высокопрочных и весьма вязких токопроводящих материалов.

Изучите электроэрозионные методы обработки: электроискровой, электроимпульсный, анодно-механический и электроконтактный, которые основаны на явлении электрической эрозии – разрушении материалов под действием непрерывных электрических разрядов. Обратите внимание на электроды, которые изготавливают по форме обрабатываемых поверхностей.

Обратите внимание на формообразование поверхностей ультразвуковым методом обработки, заключающимся в удалении материала абразивными зёрнами, находящимися во взвешенном состоянии в жидкости и получающими большие ускорения под действием магнитострикционного эффекта. В последнее время широко применяют ультразвуковые колебания режущего инструмента при обработке некоторых металлов на металлорежущих станках (шлифовальных, сверлильных, токарных и др.). Они снижают пластическую деформацию срезаемого слоя, уменьшают силы резания, повышают качество обработанной поверхности и производительность станков.

Изучая формообразование поверхностей светолучевыми методами, отметьте, что обработка электронным лучом основана на местном нагреве поверхности металла за счет бомбардировки обрабатываемой поверхности потоком электронов, сфокусированных электромагнитными линзами.

Светолучевая (лазерная) обработка основана на использовании квантовых генераторов света и заключается в местном нагреве поверхности металла фотонами, сфокусированными оптическими линзами.

Обработка плазменной струей основана на использовании высокой температуры плазмы, полученной в плазмотронах и направленной на обрабатываемую поверхность.

Сущность химической обработки заключается в направленном разрушении металлов и сплавов травлением их в крепких растворах кислот и щелочей.

Изучая электрохимические методы обработки: электрохимическое полирование, электрохимическое прошивание отверстий и полостей,

электрогидравлическую, электроабразивную и электроалмазную обработку, обратите внимание, что все они основаны на явлении анодного растворения металла заготовки при электролизе.

10. Изготовление изделий из неметаллических и композиционных материалов

С целью совершенствования современных и разработки принципиально новых конструкций в последнее время широко стали использоваться композиционные материалы, которые обладают комплексом свойств, отличающихся от традиционных конструкционных материалов. Композиционные материалы могут быть двух- и многокомпонентными, на металлической, керамической, углеродной и полимерной основе (матрицы). Свойства матрицы определяют технологические параметры процесса получения композиции и ее эксплуатационные характеристики. Армирующие или упрочняющие компоненты, равномерно распределенные в матрице, определяют механические характеристики композиционных материалов. Свойства композиционных материалов зависят также и от прочности связи между компонентами.

Как конструкционный материал, обладающий оптимальным сочетанием химических, физических и механических свойств для изготовления многих деталей используют резины. Резиновые материалы применяют для амортизации, демпфирования, уплотнения, герметизации, химической защиты деталей. Способ получения резинотехнических изделий определяется их назначением, условиями работы и видом каучука – сырья резины.

10.1 Получение изделий из неметаллов

Неметаллические материалы могут быть не только более дешевыми заменителями металлов. Часто они сочетают в себе свойства, делающие их самостоятельными, незаменимыми материалами в конструкциях машин и приборов.

Рассматривая основные виды неметаллических материалов: пластмассы, резины и другие, четко представьте комплекс их характерных свойств. В современном производстве чаще применяют детали, изготовленные из двух и более химически разнородных материалов. В этом случае можно получить свойства, недостижимые при получении деталей из какого-либо одного материала. Порошковые и композиционные материалы обладают сочетанием свойств, зависящих не только от состава, но и от строения и взаиморасположения компонентов.

Процессы изготовления деталей из неметаллических материалов неразрывно связаны с процессами получения самих материалов. Эти процессы определяют технологические требования к конструкциям деталей, изготавливаемых из неметаллических, порошковых и композиционных материалов. Поэтому при изучении технологичности конструкций деталей

необходимо рассмотреть технологические процессы формообразования, обращая внимание на области их рационального применения.

10.1.1. Технология изготовления изделий из пластмасс

Вспомните основные физико-химические свойства пластмасс, представляющих собой сложные композиции высокомолекулярных соединений. В зависимости от этих свойств и поведения при повышенных температурах пластмассы делят на термопластичные и термореактивные, причем технологические методы изготовления изделий из них существенно различаются. Все методы переработки пластмасс рекомендуется рассматривать по четырем основным группам:

переработка в вязкотекучем состоянии (прессование, литье под давлением, выдавливание);

переработка в высокоэластичном состоянии (пнеumo- и вакуумформовкой, формовкой жесткими и эластичными пуансонами);

переработка в твердом состоянии (разделительной штамповкой, обработкой резанием);

получение неразъемных соединений (сваркой, склеиванием).

Изучая способы получения изделий из полимерных материалов в соответствии с классификацией, обратите внимание на принципиальные схемы процессов, виды перерабатываемых материалов, технологические возможности и области их применения. Характерные технологические требования, предъявляемые к конструкции пластмассовых деталей: необходимость установки ребер жесткости и назначения уклонов, недопустимость значительной разностенности и острых углов в местах сопряжения.

10.1.2. Технология изготовления изделий из резины

Важнейшим свойством резины – продукта химической реакции натуральных и синтетических каучуков – является высокая эластичность. В зависимости от нее различают мягкие и твердые резины.

Резины обладают стойкостью к действию органических растворителей (масел и топлив), а также озона и других окислителей, огнестойкостью, диэлектрическими свойствами, высокими прочностными свойствами. Некоторые резины отличаются повышенной стойкостью к тепловому старению, сохраняют эластичность при температурах от -40 до -60 °С, обладают хорошей адгезией к металлам.

Технологические процессы изготовления резиновых изделий состоят из трех основных этапов: приготовление резиновой смеси, формование и вулканизация. Исходные материалы при приготовлении смеси: каучук, вулканизирующие вещества, наполнители, мягчители, противостарители и красители. Резиновая смесь перерабатывается в изделия каландрированием, непрерывным выдавливанием, прессованием, литьем под давлением. При

изучении способов получения фасонных изделий из резины обратите внимание на сходство этих способов со способами переработки пластмасс и на технологические возможности каждого способа.

10.2. Технология изготовления изделий из композиционных материалов (КМ)

Изучая курс “Технология конструкционных материалов” необходимо обратить внимание на то, что обычные конструкционные материалы на основе металлов, полимеров и неорганических веществ не всегда удовлетворяют требованиям, которые предъявляет к материалам космическая техника, авиация, автомобилестроение, химическая промышленность и т.д.

Поскольку композиционные материалы это новые конструкционные материалы, в которых механические нагрузки несет арматура, выполненная из специально приготовленных высокопрочных материалов, а матрица – то, в чем находится арматура – только перераспределяет нагрузки и контактирует с рабочей средой, то при изучении раздела необходимо обратить внимание на следующее:

1. Матрица может быть металлической, неорганической (например, оксиды, карбиды и т.п.) и органической (например, полимеры).

2. Арматура также может быть выполнена из этих материалов. Следовательно, возможны самые различные сочетания между материалами матрицы и арматуры.

При изучении раздела “Композиционные материалы” обратить внимание на то, что получение качественных КМ возможно только в том случае, когда выполняются условия совместимости материалов матрицы и арматуры, обратить внимание на виды совместимости и производственные приемы, повышающие совместимость материалов.

Для изготовления КМ необходимо получить армирующие волокна. Поэтому, при изучении этого раздела обратить внимание на способы изготовления металлических проволок, используемых в качестве арматуры, нитевидных монокристаллов, непрерывных керамических волокон, карбидокремниевых волокон, борных и углеродных волокон.

После того, как познакомились с методами получения армирующих волокон, переходите к изучению способов получения КМ. Разбирая способы получения КМ на основе металлов: алюминия, магния, титана, меди и ее сплавов, работающих при повышенных температурах, обратить внимание на способы введения арматуры в матрицу.

При изучении раздела, связанного с получением КМ на основе полимерных материалов, обратить внимание на их технологичность, возможность совмещения в едином цикле получения КМ и детали, относительную дешевизну, высокую удельную прочность и упругие характеристики, стойкость к воздействию агрессивных сред, хорошие антифрикционные и фрикционные свойства, наряду с высокими теплозащитными и амортизационными свойствами. Среди этой группы КМ разобрать более внимательно материал, относящийся к стеклопластикам, в

том числе к стеклам, которые используются для изготовления стеклянных волокон.

Обратить внимание на углерод-углеродные композиции, на способы изготовления углеродных волокон и получение армированных углеродными волокнами углеродных матриц, использование углерод-углеродных КМ в авиации и космической технике.

Разработать получение полимерных КМ, армированных углеродными волокнами.

Основная литература

1. Комаров О.С. и др. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник. – Минск: Новое знание, 2009. – 671 с.

2. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов: Учебник. М.: Изд-во Машиностроение, 2004, 2005. – 512 с.

3. Фетисов Г.П. и др. Материаловедение и технология металлов: Учебник. – М.: Высшая школа, 2004-2008. – 862 с.

4. Арзамасов В.Б. и др. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2007, 2009. – 448 с.

Дополнительная литература

5. Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С., Пирайнен В.Ю. Технология конструкционных материалов: Учебник. – СПб: ХИМИЗДАТ, 2006. – 504 с.

6. Дриц М.Е., Москалев М.А. Технология конструкционных материалов и материаловедение. – М.: Высшая школа, 1990.

7. Губарева Э.М. Электрическая контактная сварка: Методические указания к лабораторной работе. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2004. – 30 с.

8. Федосеева Е.М. Исследование структуры и свойств железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии: Методические указания для лабораторной работы. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012. – 14 с.

9. Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций. Атлас. – 1989.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Каждое контрольное задание состоит из 20 вариантов. Номер варианта выбирается студентом в соответствии с двумя последними цифрами номера шифра зачетной книжки следующим образом:

две последние цифры номера зачетной книжки	номер варианта
01 – 10	1 – 10
11 – 20	11 – 20
21 – 30	1 – 10
31 – 40	11 – 20

Например, 2 последние цифры 08, номер варианта – 8; 2 последние цифры 23, номер варианта – 3; 2 последние цифры 34, номер варианта – 14.

Контрольное задание выполняют в отдельной тетради объемом 24 листа. Задание следует выполнять в порядке ответов на поставленные вопросы варианта. Ответы должны быть краткими, точными и не повторять текст учебника или учебных пособий. Выполняя расчеты, вначале приведите буквенное выражение с указанием смыслового значения входящих в него параметров, а затем поставьте цифровые величины и выполните расчет с точностью до одного знака после запятой.

Графические работы выполняют карандашом с использованием чертежных инструментов. Прилагать к выполненным работам фотографии и другие копии из учебников не разрешается. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной по всему тексту, при этом в тексте должна присутствовать ссылка на соответствующий рисунок или таблицу. В конце выполненного контрольного задания приведите список использованной литературы, укажите дату выполнения работы и поставьте свой шифр и подпись.

На страницах текста заданий оставьте поля для замечаний рецензента. Страницы и рисунки пронумеруйте. В конце выполненного контрольного задания приведите список использованной литературы, укажите дату выполнения работы и поставьте свой шифр и подпись.

После рецензирования работы изучите замечания рецензента и приведите на них письменные ответы в конце тетради. Исправления в тексте рецензии не допускаются. Если работа не зачтена, то после ответа на замечания она посылается на повторное рецензирование.

Методические указания к выполнению контрольного задания

Первый вопрос включает в себя теоретические основы раздела «Материаловедение». Чтобы ответить на вопросы задания следует изучить тему и затем изложить содержание вопроса.

Второй вопрос задания связан с термической или химико-термической обработкой стали. Для ответа на 2-й вопрос необходимо начертить

диаграмму железо–цементит и, пользуясь ею, назначить требуемый режим либо провести анализ способов химико-термической обработки.

Третий вопрос задания относится к классификации конструкционных материалов. При ответе на вопрос изучите материал, подробно опишите классификацию с приведением примеров. Укажите принципы легирования сталей.

Четвертый вопрос задания относится к теме «Способы получения материалов»

Чтобы ответить на этот вопрос необходимо изучить методические указания и литературу по этому разделу. Сделать анализ способов производства стали, исходных материалов и способов разливки. Либо изучить способы получения пластмасс, резин и композиционных материалов.

Пятый вопрос задания относится к теме «Способы получения заготовок литьем или обработкой давлением»

Чтобы ответить на этот вопрос необходимо изучить:

– Теоретические основы литейного производства. Сравнить технологические процессы способов литья. Подробно описать способ, указанный в вопросе.

– Теоретические основы обработки давлением. Подробно опишите способы обработки давлением и сравните технологии обработки.

Шестой вопрос относится к теме «Получение неразъемных соединений»

Для ответа на этот вопрос изучите методические указания и литературу по этому вопросу. Проанализируйте способы сварки, пайки, а также процессы наплавки и напыления. Подробно опишите указанные в вопросе способы, физическую сущность.

Варианты контрольного задания

ВАРИАНТ 1

1. Опишите сущность кристаллического строения металлов и сплавов. Покажите основные кристаллические решетки. Опишите дефекты кристаллического строения и их влияние на механические характеристики металлов.
2. С помощью диаграммы железо–цементит выберите температуру закалки стали 45. Опишите процесс, структуру и свойства закаленной стали.
3. Охарактеризуйте углеродистые конструкционные стали. Опишите области их применения и требования, предъявляемые к ним. Расшифруйте марки сталей: Ст. 4, Сталь 25, У12.
4. Сравнить производство стали в основной мартеновской и основной электропечах по составу и состоянию шихтовых материалов, периодам плавки, условиям удаления из металла фосфора и серы и степени раскисления ванны.
5. Сравните литье в разовые песчаные и оболочковые формы по качеству отливок и особенностям технологий. Дайте схемы.

6. Опишите и сравните лучевые способы сварки. Приведите схемы. Почему при электронно-лучевой сварке в сварных швах содержится меньше неметаллических включений и газов, чем в основном металле?

ВАРИАНТ 2

1. Опишите процесс кристаллизации металлов. Укажите движущую силу процесса и факторы, влияющие на размер зерна. Объясните влияние величины зерна на механические свойства металлов и сплавов.
2. Пользуясь диаграммой железо–цементит выберите режим отжига стали У8, опишите структуру и свойства стали после отжига.
3. Приведите классификацию и маркировку углеродистых конструкционных сталей обыкновенного качества.
4. От чего зависит выбор способа изготовления изделия из пластмассы? Приведите два примера процессов со схемой и описанием.
5. Сравните литье в кокиль, под давлением, по выплавляемым моделям и в оболочковые формы по качествам отливок и особенностям их технологии.
6. Опишите сущность образования сварного соединения при механических способах сварки. Объясните увеличение прочности сварного соединения по сравнению с основным металлом. Опишите холодную сварку металлов, укажите ее особенности и приведите параметры режима.

ВАРИАНТ 3

1. Опишите измерение твердости методом Роквелла. Приведите обозначение и размерность. Укажите условия применения данного метода.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и выберите режим низкого отпуска закаленной стали 40. Опишите структуру и свойства стали после отпуска.
3. Приведите классификацию и маркировку углеродистых инструментальных сталей, укажите их назначение. Расшифруйте марки сталей: У8, У10А, У10.
4. Опишите преобразование руды красного железняка в жидкий чугун, начиная от колошника до лещади печи, и указать зоны соответствующих превращений, температурные интервалы, физико-химическую сущность.
5. Изложите сущность видов центробежного литья и указать его преимущества и недостатки сравнительно с литьем в разовые формы. Приведите схемы.
6. Опишите сущность процесса напыления. Приведите один из способов напыления со схемой, описанием и назначением. Укажите особенности процесса напыления по сравнению с наплавкой.

ВАРИАНТ 4

1. Опишите процесс формирования структуры металлов и сплавов при кристаллизации. Дайте определения твердого раствора, химического соединения и механической смеси. Приведите примеры.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и выберите режим нормализации стали У8. Опишите структуру и свойства. Сравните их со свойствами отожженной стали У8.

3. Приведите классификацию и маркировку чугунов. Опишите их структуру в отожженном состоянии. Расшифровать марки чугунов: СЧ 25, ВЧ 60, КЧ 50-1,5.
4. Почему терморезактивные полимеры необратимо твердеют при определенных условиях, что изменяется в строении таких полимеров и на что влияет затвердевание полимеров? Опишите способ получения изделия из терморезактивной пластмассы, приведите схему.
5. Сравните литье в разовые формы и в постоянные формы по качеству отливок и особенностям их технологии.
6. Опишите классификацию способов сварки. Сравните сварку плавлением и сварку давлением. Приведите способы сварки стальных труб диаметром 1020 мм и толщиной 10 мм.

ВАРИАНТ 5

1. Опишите структурные составляющие углеродистых сталей. Дайте их определения.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и выберите режим отжига стали марки У8. Опишите структуру и свойства
3. Приведите классификацию и маркировку конструкционных легированных сталей. Расшифровать марки сталей: ШХ6, 40ХН2МА, 4ХЗВФ2М2.
4. Сравните производство сталей в конвертерах и мартеновских печах по составу шихтовых материалов, их состоянию, по ходу химических реакций, времени процессов и качеству получаемой стали.
5. Опишите факторы, влияющие на пластичность материала при обработке давлением. Сравните прокатку и прессование. Дайте схемы указанных способов обработки, укажите применяемый инструмент и оборудование.
6. Опишите особенности дуговой сварки. Опишите технологию получения спиралешовных труб. Укажите, каким способом получают спиралешовные трубы из листов, и приведите схему способа.

ВАРИАНТ 6

1. Перечислите механические свойства металлов и сплавов. Дайте их определение, обозначение и единицы измерения.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и выберите режим закалки стали У14А. Обоснуйте выбор. Опишите структуру и свойства закаленной стали У14А.
3. Опишите жаропрочные стали. Приведите две марки жаропрочных сталей, укажите их химический состав, свойства и область применения. Укажите, каким образом легирующие элементы влияют на жаропрочность.
4. Объясните необходимость раскисления стали в металлургическом производстве, и укажите условия и методы проведения этой операции при разных способах производства стали.
5. Сравните холодную и горячую обработку давлением. Укажите, как выбирается температурный режим при горячей обработке давлением.

6. Опишите особенности способов сварки концентрированных источником нагрева. Покажите вид сварного шва. Назовите возможные дефекты в сварном соединении при рассматриваемых способах сварки, причины их образования.

ВАРИАНТ 7

1. Дайте определение пластической деформации. Опишите ее влияние на структуру и свойства металлов и сплавов.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и определите режим закалки и высокого отпуска стали 50. Опишите структуру стали после закалки и после высокого отпуска и ее свойства.
3. Опишите износостойкие сплавы, их химический состав, свойства и область применения. Укажите, каким образом легирующие элементы, вводимые в сталь, влияют на износостойкость.
4. Приведите примеры изготовления изделий из термопластичных пластмасс, приведите схемы получения изделий и обоснование выбора способа.
5. Указать причины возникновения внутренних напряжений и трещин в отливках и методы борьбы с ними.
6. Опишите свойства электрической дуги. Каковы технологические возможности и области применения ручной дуговой сварки? Как выбирают режим ручной дуговой сварки?

ВАРИАНТ 8

1. Опишите влияние нагрева на структуру и свойства деформированной стали.
2. Опишите процесс цементации. Для каких сталей применяют цементацию и как изменится структура и свойства стали после цементации? Приведите примеры марок цементуемых сталей с расшифровкой.
3. Опишите штамповые стали, их химический состав, свойства и область применения.
4. Сопоставьте поведение серы и фосфора в доменной плавке и в различных процессах передела чугуна в сталь.
5. Сравните литье в песчано-глинистые формы и под давлением по качеству, особенностям технологии, конструкции отливок и характерным видам брака. Дайте схемы процессов.
6. Опишите разновидности дуговой сварки под флюсом. Как выбрать режим сварки под флюсом? Опишите преимущества и недостатки сварки под флюсом по сравнению со сваркой в защитных газах.

ВАРИАНТ 9

1. Опишите методы измерения твердости, обозначение и единицы измерения.
2. Опишите процесс азотирования стали, его влияние на структуру и свойства стали. Для каких сталей применяют процесс азотирования и с какой целью?

3. Опишите инструментальные стали для режущего инструмента, их химический состав и назначение. Приведите примеры марок инструментальных сталей с расшифровкой.
4. Рассмотрите зависимость между особенностями различных видов передела чугуна в сталь и составом применяемой для них шихты.
5. Сравните способы получения отливок в песчано-глинистых и песчано-смоляных (оболочковых) формах. Укажите влияние способа на качество отливок. Дайте схемы.
6. Опишите сущность дуговой сварки в защитных газах. Укажите параметры режима при сварке в защитных газах и их влияние на форму и качество сварного шва.

ВАРИАНТ 10

1. Опишите, как влияет степень переохлаждения стали при кристаллизации сплава на величину зерна и свойства стали. Как отличаются стали с крупнозернистой и мелкозернистой структурой?
2. Начертите диаграмму железо–цементит и определите режим отжига для стали У8.
3. Опишите инструментальные стали для штампов, их химический состав, свойства и назначение.
4. Сопоставьте качество стали, полученной различными способами передела чугуна, и укажите причину различий.
5. Сравните способы получения отливок в песчано-глинистых формах и кокилях. Дайте схемы и опишите влияние способа на качество отливки.
6. Сравните дуговые способы сварки: ручную сварку покрытыми электродами, механизированную с варку в среде защитных газов, автоматическую сварку под флюсом.

ВАРИАНТ 11

1. Опишите структурный состав серых чугунов и их свойства.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и определите режим нормализации стали У8. Опишите структуру и свойства стали после термообработки.
3. Дайте определение пластмассам. Опишите структуру полимеров.
4. Какими способами могут быть получены композиционные материалы на металлической основе? Приведите схемы процессов и укажите, какие материалы могут быть использованы в качестве матрицы.
5. Опишите процесс получения проволоки диаметром 1 мм (от слитка до мотка) с характеристикой устройства и промежуточных операций.
6. Опишите основные свойства электрической дуги. В чем заключаются преимущества автоматической дуговой сварки под флюсом по сравнению с ручной сваркой покрытыми электродами?

ВАРИАНТ 12

1. Опишите структурный состав высокопрочных чугунов и их свойства.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и определите режим среднего отпуска стали 40. Укажите полученную структуру и свойства стали.
3. Опишите технологически операции получения изделий из резины. Опишите сущность процесса вулканизации. Приведите схему и описание способа получения прорезиненных тканей.
4. Рассмотрите способы разливки стали, опишите строение слитка и указать его основные дефекты в зависимости от способа разливки.
5. В чем отличие вакуумного и пневматического формования пластмасс? Приведите схемы процессов и укажите, какие изделия и из каких пластмасс могут быть получены этими способами.
6. Опишите физическую сущность сварки давлением. Сравните холодную и ультразвуковую сварки. Нарисуйте схему. Опишите оборудование и область применения.

ВАРИАНТ 13

1. Опишите структуру ковких чугунов, их свойства и область применения.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и опишите, как будет изменяться структура стали 35 при ее нагреве от 200 до 1500 °С.
3. Охарактеризуйте дисперсно-упрочненные композиционные материалы, приведите примеры таких материалов. Опишите, какими способами могут быть получены изделия из дисперсно-упрочненных композиционных материалов.
4. Опишите способы изготовления изделий из пластмасс в высокоэластичном состоянии, приведите примеры и схемы получения изделий из таких пластмасс.
5. Сравните способы получения заготовок обработкой давлением: прокатку, прессование, волочение. Дайте схемы указанных способов обработки, укажите применяемый инструмент и оборудование.
6. Опишите физическую сущность сварки давлением. Сравните диффузионную и ультразвуковую сварки. Нарисуйте схему. Опишите оборудование и область применения.

ВАРИАНТ 14

1. Дайте сравнительную характеристику свойств стали после цементации и азотирования.
2. Изменится ли структурный состав железоуглеродистого сплава, если в нем увеличивать содержание углерода, не изменяя температуру?
3. Опишите технологические свойства пластмасс и область их применения.
4. Укажите роль и назначение шлака в разных способах производства стали.
5. Опишите факторы, влияющие на пластичность материала при обработке давлением. Сравните прокатку и прессование. Дайте схемы

указанных способов обработки, укажите применяемый инструмент и оборудование.

6. Сравните сварку плавлением со сваркой давлением. Приведите по одному способу сварки со схемой и описанием. Опишите оборудование и область применения.

ВАРИАНТ 15

1. Как изменятся структура и свойства деформированной стали после рекристаллизационного отжига? При какой температуре проводят рекристаллизационный отжиг?
2. Опишите жаростойкие стали. Приведите две марки жаростойких сталей, укажите их химический состав, свойства и область применения. Укажите, каким образом легирующие элементы влияют на жаростойкость.
3. Укажите, в чем принципиальное отличие термопластичных и терморезистивных пластмасс и на что это влияет.
4. Рассмотрите виды топлива, применяемого в металлургических процессах производства стали и чугуна, сравнить их между собой по составу, состоянию и объяснить выбор того или другого вида топлива в соответствующих случаях.
5. Сравните холодную и горячую обработку давлением. Укажите, как выбирается температурный режим при горячей обработке давлением.
6. Опишите способы электроконтактной сварки. По каким критериям оценивается качество сварного соединения. Выберите способ электроконтактной сварки для заготовок: прутки $\varnothing 20$ мм и 10 мм. Материал – Сталь 45.

ВАРИАНТ 16

1. Дайте классификацию легированных сталей, маркировку. Подробно опишите группу жаростойких сталей и объясните принципы их легирования.
2. Диффузионная металлизация. Сущность процесса и практическое назначение.
3. Дайте определение резинам. Укажите их состав и назначение компонентов, входящих в состав резин.
4. Рассмотрите условия проведения и цели выпечной обработки стали. Опишите способы выпечной обработки, направленные на удаление газов, растворенных в сталях. Обратите особое внимание на условия, создаваемые для удаления газов.
5. Сравните прессование и волочение как способы получения машиностроительных профилей. Дайте схему принципиального устройства и опишите принцип работы применяемых волочильных станов.
6. Опишите разновидности дуговой сварки в защитных газах. Как выбрать режим сварки в защитных газах? Опишите преимущества и недостатки сварки в защитных газах по сравнению со сваркой под флюсом.

ВАРИАНТ 17

1. Дайте определение усталостной прочности материалов и опишите метод ее определения.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и определите режим закалки для стали У12. Опишите полученную структуру и свойства закаленной стали.
3. Дайте определение композиционных материалов. Их состав. Основа. Армирующие элементы. Совместимость матрицы и армирующих материалов.
4. Рассмотрите сущность одной из операций порошковой металлургии – спекания. Какие необходимо создавать условия при спекании. Как при спекании можно повысить плотность получаемого изделия.
5. Сравните ковку и штамповку как способы получения поковок. Дайте схему процессов. Опишите разновидности штампов и дайте их сравнительную характеристику.

ВАРИАНТ 18

1. Укажите технологические свойства конструкционных материалов и дайте их определение.
2. Начертите диаграмму железо–цементит и определите режим нормализации стали 60. Опишите структуру и свойства стали после нормализации.
3. Что такое композиционные материалы, в чем их особенность. Опишите состав композиционных материалов и укажите, что влияет на свойства композиционных материалов. Приведите пример композиционного материала на металлической основе с нульмерным армирующим элементом, укажите его свойства, область применения и способ получения.
4. Рассмотрите сущность порошковой металлургии. Опишите, как можно повысить плотность порошкового изделия и каким образом это достигается.
5. В чем заключается сущность прессования, и каковы преимущества и недостатки прямого и обратного методов этого процесса?
6. Опишите технологические особенности сварки различных материалов. Какие виды сварки и сварочные материалы применяют для чугуна, алюминия и его сплавов?

ВАРИАНТ 19

1. Опишите электрохимическую коррозию. Причины и методы защиты. Приведите примеры марок сталей, стойких к электрохимической коррозии.
2. Сравните структуру отожженной и закаленной стали 45, опишите их свойства.
3. Сравните простые и сложные пластмассы. На что влияет строение макромолекулы полимера и его отношение к нагреву. Приведите примеры.
4. Рассмотреть условия удаления серы из стали. Опишите способы внепечной обработки и переплава, направленные на удаление серы из стали.
5. Сравните холодную и горячую обработку давлением. Привести сравнительную характеристику устройств, работы и областей применения камерных и методических нагревательных печей.

6. Опишите сущность процесса и материалы для пайки. Всегда ли при пайке прочность соединения равна прочности припоя? Перечислите основные требования к припоям и флюсам.

ВАРИАНТ 20

1. Рассмотрите химическую коррозию и методы защиты от химической коррозии. Приведите примеры марок сталей, стойких к химической коррозии.

2. Сравните структуру отожженной и нормализованной стали 50 и их свойства.

3. Что называется армирующим элементов в композиционных материалах. Укажите, какими могут быть армирующие элементы по геометрии. Укажите способы получения биметаллических материалов, приведите схему и дайте характеристику применяемым способам.

4. Рассмотреть способы получения порошков в порошковой металлургии. Опишите, как и почему способы получения металлических порошков влияют на размеры и форму частиц порошка.

5. Описать основные преимущества и недостатки обработки металлов давлением по сравнению с производством литых деталей.

6. Какие источники тока применяют для дуговой сварки и особенности их внешних характеристик? Опишите металлургические процессы, протекающие в сварочной ванне при взаимодействии расплавленного металла со шлаком.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры
24.08.2004 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ
ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ
В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ**

Методические указания для лабораторной работы

УДК 621.791

Рецензент: д.т.н., профессор Синани И.Л.
(Пермский государственный технический университет)

Килина Е.М., Губарева Э.М.

Исследование структуры и свойств железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии: Методические указания для лабораторной работы курса «Материаловедение и технология конструкционных материалов» / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2005. -

Описаны основные свойства железа на основе диаграммы железо-цементит. Дана классификация железоуглеродистых сплавов. Показаны различные микроструктуры сталей и чугунов.

УДК 621.791



Пермский государственный
Технический университет, 2005

Цель работы.

1. Изучить структуру железоуглеродистых сплавов и определить зависимость механических свойств сплавов от их структуры.
2. Научиться определять структурные составляющие различных железоуглеродистых сплавов.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ УЧЕБНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящая лабораторная работа является учебно-исследовательской, так как помимо учебных целей предусматривает развитие у студентов навыков исследования. Отчет по лабораторной работе оформляется в процессе выполнения и должен отражать как подготовительные этапы, так и этапы исследования.

Графические работы (построение графиков, зарисовка микроструктуры и др.) должны выполняться с помощью карандаша и линейки с соответствующими поясняющими подзаголовками и надписями.

Текстовый (описательный) материал должен полностью отражать ход рассуждений студентов при решении отдельных вопросов на всех этапах выполнения работы и содержать вместе с описанием изучаемого материала соответствующие обоснования, выводы и т.д. Заканчивается отчет подробным заключением.

При работе студент пользуется учебными плакатами, пособиями, стендами и альбомами с фотографиями микроструктур сплавов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

Чистое железо в зависимости от температуры может иметь различные кристаллические решетки: при температуре $910\text{ }^{\circ}\text{C}$ – объемно-центрированную кубическую (ОЦК) решетку модификации α - Fe (рис. 1, а); в интервале температур от 910 до $1392\text{ }^{\circ}\text{C}$ – гранецентрированную кубическую (ГЦК) решетку модификации γ - Fe (рис. 1, б); в интервале температур от 1392 до $1539\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура плавления железа) – объемно-центрированную кубическую решетку, которая называется высокотемпературной α (δ -) модификацией. Такое изменение кристаллической решетки в зависимости от температуры называется полиморфным или аллотропическим превращением $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ железа.

Железо при сплавлении с углеродом образует железоуглеродистые сплавы: **техническое железо, сталь и чугуны.**

Под **сплавом** подразумевается вещество, полученное сплавлением двух или более элементов. Элементами сплава могут быть металлы или неметаллы, а также промежуточные фазы постоянного состава, не разлагающиеся до полного расплавления. Эти элементы называются **компонентами сплава**. В сплаве кроме основных компонентов присутствуют постоянные примеси (Si, Mn), не

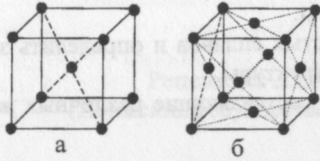


Рис. 1. Кристаллические решетки чистого железа: а – α -Fe, б – γ -Fe

ухудшающие свойства сплавов, и вредные (S, P), снижающие механические характеристики сплавов. Кристаллическое строение сплава зависит от взаимодействия его компонентов, которые при кристаллизации образуют фазы.

Фаза – это однородная часть сплава, отделенная от других частей (фаз) поверхностью раздела, при переходе через которую свойства (химический состав и структура) изменяются скачком.

Компоненты в твердом сплаве могут образовывать твердый раствор, химическое соединение и механическую смесь.

Твердый раствор образуется в случае, когда компоненты сплава взаимно растворяются один в другом. Один из входящих в состав сплава компонентов сохраняет присущую ему кристаллическую решетку, а второй в виде отдельных атомов распределяется внутри кристаллической решетки, несколько изменяя ее размеры, но не меняя формы. Атомы растворяющегося вещества или замещают в кристаллической решетке часть атомов растворителя (**твердый раствор замещения**), или размещаются между атомами металла растворителя (**твердый раствор внедрения**).

Химическое соединение образуется, когда компоненты сплава вступают в химическое взаимодействие, при этом образуется новая кристаллическая решетка, отличная от решеток составляющих компонентов. Химические соединения образуются при строго определенном соотношении компонентов, и температуре.

Механическая смесь образуется, когда компоненты сплава обладают полной взаимной нерастворимостью и имеют различные кристаллические решетки. При этих условиях сплав состоит из смеси кристаллов составляющих его компонентов. Механическая смесь имеет постоянную температуру плавления. Механическая смесь, образовавшаяся при одновременной кристаллизации из расплава, называется **эвтектикой**, а образовавшаяся в процессе превращения в твердом состоянии – **эвтектоидом**.

Совокупность находящихся в равновесии фаз определяет структуру сплава.

Структурные составляющие – это обособленные части сплава, имеющие одинаковое строение зерен с присущими им характерными особенностями при исследовании под микроскопом. Они могут быть однофазными и двухфазными.

Однофазные структурные составляющие железоуглеродистых сплавов

К однофазным структурным составляющим относят феррит, аустенит, цементит и графит.

Феррит – твердый раствор внедрения углерода в α -железе. Кристаллическая решетка феррита – объемно-центрированный куб (ОЦК) (рис. 2, а). Максимальное растворение углерода в α -Fe при 20 °С составляет 0,006 %, а при 727 °С – 0,025 %. Феррит магнитен при температурах ниже 768 °С и весьма пластичен. Механические свойства феррита: НВ 70...80, $\sigma_s = 350$ МПа, $\sigma_m = 150$ МПа, $\delta = 50$ %, $\psi = 80$ %.

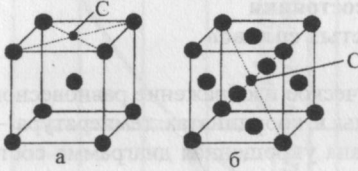


Рис. 2. Кристаллические решетки
(а) – феррита, (б) – аустенита

Аустенит – твердый раствор внедрения углерода в γ -железе. Кристаллическая решетка аустенита – гранецентрированный куб (ГЦК) (рис. 2, б). Максимальная растворимость углерода в γ -железе при 1147 °С составляет 2,14 %. С понижением температуры до 727 °С концентрация углерода уменьшается до 0,8 %; сталь со структурой аустенита имеет меньшие пластичность и вязкость, большую твердость, в сравнении с ферритом: $\delta = 40$ %, НВ 160.

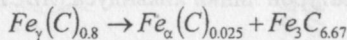
Цементит (карбид железа) – химическое соединение железа с углеродом Fe_3C (6,67 % C); ферромагнитен до температуры 210 °С, имеет высокие твердость и хрупкость. Температура плавления ≈ 1600 °С.

Графит – разновидность углерода. Он имеет гексагональную кристаллическую решетку, удельный вес графита 2,2 г/см³. Твердость и прочность графита низкие. Графит образуется при очень медленном охлаждении непосредственно из жидкого раствора, а также в результате распада цементита. Графит можно наблюдать в серых чугунах на нетравленном микрошлифе в виде изогнутых пластинок (чешуек), в ковких чугунах в виде хлопьев или в виде шарообразных включений серого цвета – в высокопрочных чугунах.

Двухфазные структурные составляющие железоуглеродистых сплавов

К двухфазным структурным составляющим относят перлит и ледебурит.

Перлит – механическая смесь (эвтектоид) феррита и цементита. Перлит содержит 0,8 % углерода и образуется при температуре 727 °С (точка A_1) в результате распада аустенита при охлаждении по эвтектоидной реакции



Перлит в зависимости от формы частичек цементита бывает пластинчатым и зернистым.

Ледебурит – механическая смесь (эвтектика), образующаяся при кристаллизации из жидкого чугуна при температуре 1147 °С и содержащая 4,47 % С. При температуре выше 727 °С состоит из цементита и аустенита, а при температуре ниже 727 °С – из перлита и цементита.

Фазовые состояния сплавов и их структура описываются диаграммой состояния Fe-Fe₃C.

Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Диаграмма состояния – это графическое изображение равновесного фазового состояния сплавов данной системы в координатах температура – концентрация компонентов. На рис. 3 показана упрощенная диаграмма состояния Fe-Fe₃C.

В структуре железоуглеродистых сплавов чистое железо практически отсутствует, так как углерод растворяется во всех его кристаллических модификациях (в различных количествах).

К железоуглеродистым сплавам относят техническое железо, в состав которого входит от 0,006% до 0,025% С, сталь и чугун. **Сталью** называют сплав железа с углеродом, содержание С в котором от 0,025 до 2,14 %. **Чугуном** называют сплав железа с углеродом, содержание С от 2,14 до 6,67 %.

Стали с содержанием углерода от 0,025 до 0,8 % называют **дозэвтектоидными**, с содержанием 0,8% С – **эвтектоидными**, с содержанием углерода от 0,8 до 2,14 % С – **заэвтектоидными**.

Чугуны, количество углерода в которых от 2,14 до 4,3 % называют **дозэвтектическими**, чугуны с 4,3% С – **эвтектическими**, чугуны с содержанием углерода от 4,3 до 6,67% **заэвтектическими**.

На рис. 3 левая ордината соответствует 100% содержанию железа, а правая – 6,67% С (100% Fe₃C). Точка *A* (1539°) – температура плавления железа, точка *D* (≈ 1600°) – температура плавления Fe₃C. Следовательно, ординаты диаграммы соответствуют чистым компонентам сплава Fe и Fe₃C, а между ними располагаются точки, соответствующие различным температурам и сплавам разной концентрации, от 0 до 6,67% С. Точка *G* соответствует температуре аллотропического превращения железа Fe α \rightleftharpoons Fe γ . Точка *E* определяет наибольшую концентрацию углерода в аустените (2,14%), точка *P* – в феррите (0,025%).

Диаграмма отражает первичную кристаллизацию и фазовую перекристаллизацию железоуглеродистых сплавов после затвердевания (вторичная кристаллизация). Первичная кристаллизация сплавов идет в интервале температур, определяемых температурой линий ликвидуса (*ABCD* – начало) и солидуса (*AECF* – конец).

Вторичная кристаллизация вызвана аллотропическими превращениями железа. При понижении температуры растворимость углерода в аустените и феррите уменьшается. Избыток углерода из твердых растворов выделяется в

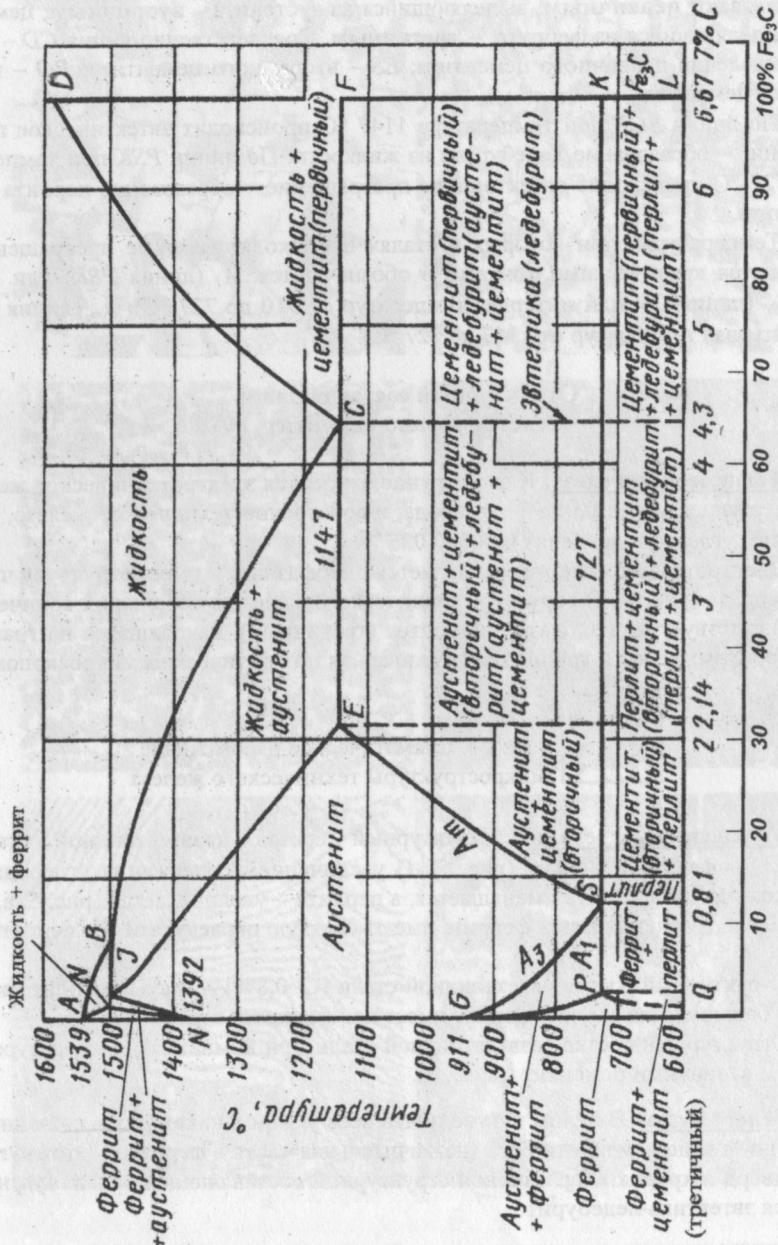


Рис. 3. Диаграмма состояния железо-цементит

виде цементита. Цементит, выделяющийся из жидкого чугуна при кристаллизации называют **первичным**; выделяющийся из аустенита – **вторичным**; цементит, выделяющийся из феррита, – **третичным**. Соответственно линия CD – линия выделения первичного цементита; ES – вторичного цементита; PQ – третичного цементита.

По линии ECF при температуре $1147\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит эвтектическое превращение – образование ледебурита из жидкости. По линии PSK при температуре $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит эвтектоидное превращение – образование перлита из аустенита.

Температуры, при которых в сталях происходят фазовые превращения, называются критическими точками и обозначаются: A_1 (линия PSK , или $727\text{ }^{\circ}\text{C}$); A_3 (линия GS , или интервал температур от 910 до $727\text{ }^{\circ}\text{C}$); A_m (линия ES , или интервал температур от 1147 до $727\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Структурный состав сплавов систем железо-цементит

Техническое железо. К этой группе относится электротехническое железо, содержащее менее $0,006\%$ углерода, и собственно техническое железо, содержащее углерод в пределах $0,006 \pm 0,025\%$.

Электротехническое железо является однофазным и имеет структуру чистого феррита (рис. 4). В структуре технического железа в небольших количествах присутствует вторая фаза – цементит (третичный), находящаяся на границах ферритных зерен и трудно обнаруживаемая под оптическим микроскопом.

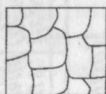


Рис. 4. Схематическое изображение микроструктуры технического железа

Углеродистые стали. Структурный состав доэвтектоидной стали ($C < 0,8\%$) – феррит и перлит (рис. 5). С увеличением содержания углерода в стали количество феррита уменьшается, а перлита – увеличивается (рис. 5, а, б, в, г). После травления зерна феррита имеют светлую окраску, а зерна перлита – темную.

Структурный состав эвтектоидной стали ($C = 0,8\%$) – чистый перлит (рис. 5, д). В большинстве случаев перлит имеет пластинчатое строение.

Структурный состав заэвтектоидной стали при комнатной температуре – перлит и вторичный цементит (рис. 5, е).

Белый чугун. В белом чугуне почти весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита Fe_3C (незначительная часть в феррите). Этот чугун очень тверд и хрупок. Характерной структурной составляющей белых чугунов является эвтектика-ледебурит.

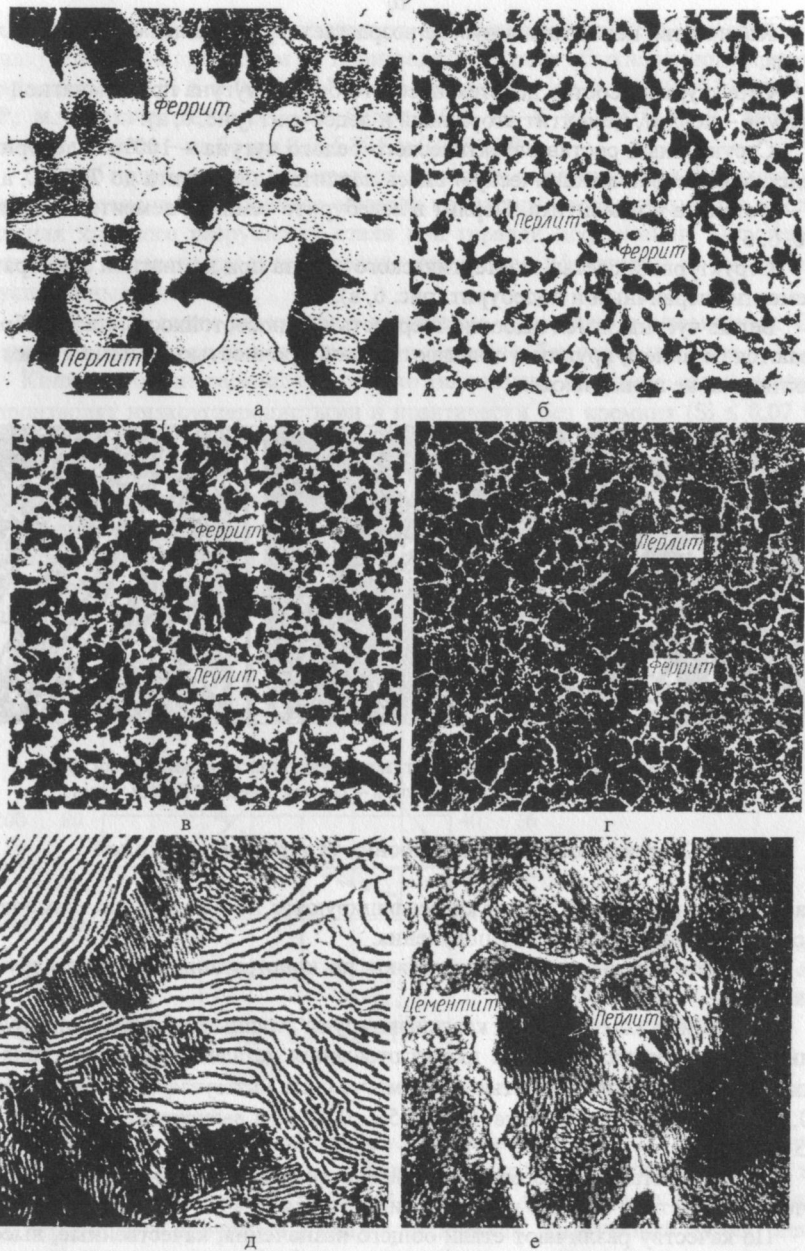


Рис. 5. Микроструктура углеродистой стали с различным содержанием углерода: а - 0,2 %; б - 0,3 %; в - 0,4 %; г - 0,6%; д - 0,8 %; е - 1,2 %.

Количество цементита в чугунах возрастает с увеличением содержания углерода.

Структурный состав доэвтектического белого чугуна при комнатной температуре – перлит, цементит вторичный и ледебурит (рис. 6, а).

Структурный состав эвтектического белого чугуна – 100% ледебурита и представляет собой механическую смесь перлита и цементита до 727°C , а выше – аустенита и цементита. Перлит в ледебурите темный, цементит – светлый (рис. 6, б).

Структурный состав заэвтектического чугуна при комнатной температуре – цементит первичный и ледебурит (рис. 6, в).

Белые чугуны, имея высокие твердость и износостойкость, плохо обрабатываются резанием, хрупки и обладают низкой прочностью. В связи с этим они практически не применяются.

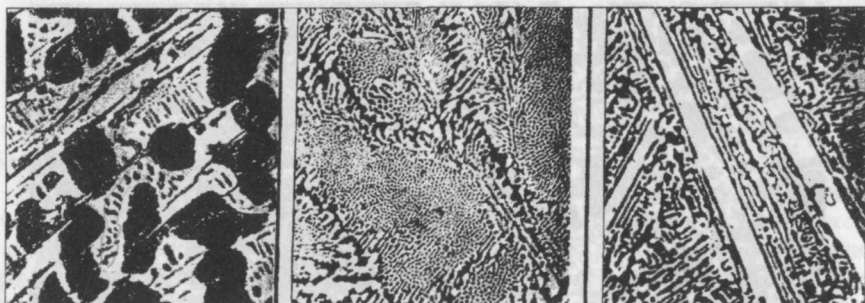


Рис. 6. Микроструктуры белых чугунов: а – доэвтектический белый чугун; б – эвтектический белый чугун; в – заэвтектический белый чугун.

Классификация и маркировка углеродистых сталей

Классификация сталей. Стали классифицируются по назначению, химическому составу, качеству и способу получения.

По назначению стали подразделяют на конструкционные и инструментальные.

По химическому составу классифицируют главным образом конструкционные стали, предназначенные для изготовления деталей машин и металлических конструкций. Углеродистые стали могут быть *низкоуглеродистые*: $C \leq 0,09 \dots 0,25 \%$; *среднеуглеродистые*: $C \leq 0,25 \dots 0,45 \%$ и *высокоуглеродистые*: $C \leq 0,45 \dots 0,75 \%$.

Инструментальные, с особыми физико-химическими свойствами по химическому составу обычно не классифицируются.

По качеству различают стали общего назначения, качественные, высококачественные и особо высококачественные, в последнем случае в маркировке указывается способ выплавки и последующей обработки стали.

Под **качеством** стали понимают совокупность свойств, определяемых металлургическим процессом ее производства. Стали обыкновенного качества содержат до 0,05 % S и 0,04 % P, качественные – не более 0,04 % S и 0,035 % P, высококачественные – не более 0,025 % S и 0,025 % P, особовысококачественные – не более 0,015 % S и 0,025 % P.

Способ получения стали определяет степень ее раскисления. **Раскисление** – процесс удаления из жидкого металла кислорода, проводимый для предотвращения хрупкого разрушения стали при горячей деформации. По степени раскисления и характеру затвердевания стали классифицируют на спокойные, полуспокойные и кипящие.

Спокойные стали раскисляют марганцем, кремнием и алюминием. Они содержат мало кислорода и затвердевают спокойно, без газовыделения.

Кипящие стали раскисляют только марганцем. Кипящие стали дешевы, их производят низкоуглеродистыми и практически без кремния ($Si \leq 0,07\%$), но с повышенным количеством газообразных примесей.

Полуспокойные стали по степени раскисления занимают промежуточное положение между спокойными и кипящими.

Твердость углеродистых сталей с увеличением содержания углерода растет непрерывно. Прочность же сталей с увеличением количества углерода растет, при содержании 1% имеет максимум, а затем начинает уменьшаться (рис. 7).

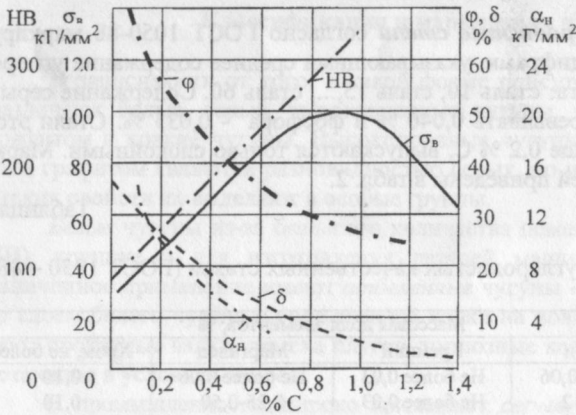


Рис. 7. Зависимость механических характеристик углеродистых сталей от процентного содержания углерода

Стали углеродистые обыкновенного качества (ГОСТ 380-94) обозначаются буквами "Ст" и цифрами – условный номер марки в зависимости от химического состава, например, Ст1, Ст3, Ст5. Чем выше номер в обозначении стали, тем выше ее прочность и ниже пластичность. Химический состав* некоторых сталей приведен в табл. 1.

Состав углеродистых сталей обыкновенного качества (ГОСТ 380 – 94)

Марка стали	Массовая доля элементов, %		
	Углерод	Марганец	Кремний
Ст0	Не более 0,23	-	-
Ст1кп	0,06-0,12	0,25-0,50	Не более 0,05
Ст1пс	0,06-0,12	0,25-0,50	0,05-0,15
Ст1сп	0,06-0,12	0,25-0,50	0,15-0,30
Ст2кп	0,09-0,15	0,25-0,50	Не более 0,05
Ст2пс	0,09-0,15	0,25-0,50	0,05-0,15
Ст2сп	0,09-0,15	0,25-0,50	0,15-0,30
Ст3кп	0,14-0,22	0,30-0,60	Не более 0,05
Ст3пс	0,14-0,22	0,40-0,65	0,05-0,15
Ст3сп	0,14-0,22	0,40-0,65	0,15-0,30
Ст4кп	0,18-0,27	0,40-0,70	Не более 0,05
Ст4пс	0,18-0,27	0,40-0,70	0,05-0,15
Ст4сп	0,18-0,27	0,40-0,70	0,15-0,30
Ст5пс	0,28-0,37	0,50-0,80	0,05-0,15
Ст5сп	0,28-0,37	0,50-0,80	0,15-0,30
Ст6пс	0,38-0,49	0,50-0,80	0,05-0,15
Ст6сп	0,38-0,49	0,50-0,80	0,15-0,30

* Не более 0,30 % Cr, Ni, Cu; не более 0,010 % N; не более 0,050 % S, 0,040% P, для Ст0 – не более 0,060 % S, 0,07% P

Качественные углеродистые стали согласно ГОСТ 1050-88 маркируются: словом «Сталь» и цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: сталь 10, сталь 15, ..., сталь 60. Содержание серы в этих сталях не должно превышать 0,040 % и фосфора - 0,035 %. Стали этой группы, содержащие свыше 0,2 % С, выпускаются только спокойными. Марки и химический состав сталей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Состав некоторых марок углеродистых качественных сталей (ГОСТ 1050 – 88)

Марка стали	Массовая доля элементов, %			
	Углерод	Кремний	Марганец	Хром, не более
05кп	Не более 0,06	Не более 0,03	Не более 0,06	0,10
08кп	0,05-0,12	Не более 0,03	0,25-0,50	0,10
08пс	0,05-0,11	0,05-0,17	0,35-0,65	0,10
08	0,05-0,12	0,17-0,37	0,35-0,65	0,10
10кп	0,07-0,14	Не более 0,07	0,25-0,50	0,15
10пс	0,07-0,14	0,05-0,17	0,35-0,65	0,15
10	0,07-0,14	0,17-0,37	0,35-0,65	0,15
11кп	0,05-0,12	Не более 0,06	0,30-0,50	0,15
15кп	0,12-0,19	Не более 0,07	0,25-0,50	0,25
15пс	0,12-0,19	0,05-0,17	0,35-0,65	0,25
15	0,12-0,19	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25

18кп	0,12-0,20	Не более 0,06	0,30-0,50	0,15
20кп	0,17-0,24	Не более 0,07	0,25-0,50	0,25
20пс	0,17-0,24	0,05-0,17	0,35-0,65	0,25
20	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25
25	0,22-0,30	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
30	0,27-0,35	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
35	0,32-0,40	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
40	0,37-0,45	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
45	0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
50	0,47-0,55	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
55	0,52-0,60	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
60	0,57-0,65	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25

Примечание. В спокойных сталях индекс **сп** не обозначают.

Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435-99) с содержанием углерода более 0,7 % имеют в обозначении букву "У" и цифру, указывающую на содержание углерода в десятых долях процента: У7, У8, ..., У13. Содержание серы и фосфора в высококачественных сталях не превышает 0,025% каждого элемента. Стали имеют повышенную чистоту по неметаллическим включениям. Высококачественные инструментальные стали маркируют так же, но в конце марки ставят букву А (У7А, У8А... У12А).

Классификация и маркировка чугунов

В зависимости от того, в какой форме присутствует углерод в сплавах, различают белые, серые, высокопрочные чугуны, чугуны с вермикулярным графитом и ковкие чугуны. Высокопрочные чугуны и чугуны с вермикулярным графитом являются разновидностью серых, но из-за повышенных механических свойств их выделяют в особые группы.

Белые чугуны из-за большого количества цементита твердые (450 ... 550 НВ), хрупкие и для изготовления деталей машин не используются. Ограниченное применение имеют *отбеленные* чугуны - отливки из серого чугуна со слоем белого чугуна в виде твердой корки на поверхности. Из них изготавливают прокатные валки, лемеха плугов, тормозные колодки и другие детали, работающие в условиях износа.

В промышленности широко применяют *серые, высокопрочные и ковкие чугуны*, в которых весь углерод или часть его находится в виде графита. Графит обеспечивает пониженную твердость, хорошую обрабатываемость резанием, а также высокие антифрикционные свойства вследствие низкого коэффициента трения. Вместе с тем включения графита снижают прочность и пластичность, так как нарушают сплошность металлической основы сплава. Серые, высокопрочные и ковкие чугуны различаются условиями образования графитных включений и их формой, что отражается на их механических свойствах, которые в большой степени зависят от структуры металлической основы. Проч-

ность, твердость и износостойкость чугунов растут с увеличением количества перлита в металлической основе, которая по всем показателям близка к сталям.

Серые называются чугуны с пластинчатой формой графита (рис. 8). По химическому составу серые чугуны разделяют на обычные (нелегированные) и легированные. Обычные серые чугуны - сплавы сложного состава, содержащие основные элементы: Fe, C, Si - и постоянные примеси: Mn, P и S. Обозначают серые чугуны индексами СЧ 20, СЧ 25, СЧ 30. Цифра в обозначении указывает на предел прочности чугуна при растяжении в 0,1 МПа.

Высокопрочными называют чугуны, в которых графит имеет шаровидную форму (рис. 9). Их получают модифицированием магнием, который вводят в жидкий чугун в количестве 0,02 ... 0,08 %.



Рис. 8. Микроструктура серого чугуна:
а - на феррито-перлитной основе; б - на перлитной
основе; в - на перлито-цементитной основе;
г - на ферритной основе

По структуре металлической основы высокопрочный чугун может быть ферритным или перлитным. Ферритный чугун в основном состоит из феррита и шаровидного графита, допускается до 20 % перлита. Структура перлитного чугуна - пластинчатый перлит и шаровидный графит, допускается до 20 % феррита.

Шаровидный графит - менее сильный концентратор напряжений, чем пластинчатый, поэтому он меньше снижает механические свойства металлической основы. Чугуны с шаровидным графитом обладают более высокой прочностью и некоторой пластичностью. Марка высокопрочного чугуна состоит из

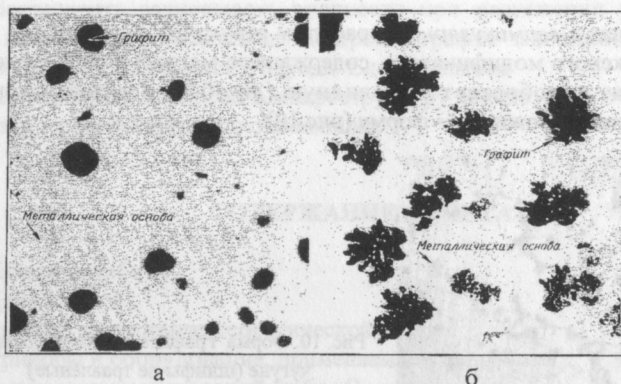


Рис. 9. Графитовые включения в микроструктуре чугуна до травления:
а – шаровидные в высокопрочном; б – хлопьевидные в ковком

букв ВЧ и числа, обозначающего предел прочности чугуна при растяжении в 0,1 МПа, например ВЧ35 (табл.3).

Таблица 3

Механические свойства и структурный состав чугунов

Марка чугуна	Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Твердость НВ	Структура металлической основы
Серые чугуны (ГОСТ 1412-85)					
СЧ 10	100	-	-	~190	Ф
СЧ 15	150	-	-	163...210	Ф
СЧ 25	250	-	-	180...245	Ф+П
СЧ 35	350	-	-	220...275	П
Высокопрочные чугуны (ГОСТ 7293-85)					
ВЧ 35	350	220	22	140...170	Ф
ВЧ 45	450	310	10	140...225	Ф+П
ВЧ 60	600	370	3	192...227	Ф+П
ВЧ 80	800	490	2	248...351	П
ВЧ 100	1000	700	2	270...360	Б
Чугуны с вермикулярным графитом (ГОСТ 28384-89)					
ЧВГ 30	300	240	3	130...180	Ф
ЧВГ 35	350	260	2	140...190	Ф+П
ЧВГ 40	400	320	1,5	170...220	Ф+П
ЧВГ 45	450	380	0,8	190...250	П
Ковкие чугуны (ГОСТ 1215-79)					
КЧ 30-6	300	-	6	100...163	Ф+до 10% П
КЧ 35-8	350	-	8	100...163	-
КЧ 37-12	370	-	12	110...163	-
КЧ 45-7	450	-	7	150...207	-
КЧ 60-3	600	-	3	200...269	П+ до 20% Ф
КЧ 80-1,5	800	-	1,5	270...320	П

В чугунах с *вермикулярным* графитом структура формируется под действием комплексного модификатора, содержащего магний и редкоземельные металлы. Графит приобретает шаровидную (до 40 %) и вермикулярную - в виде мелких тонких прожилков - форму (рис.10).

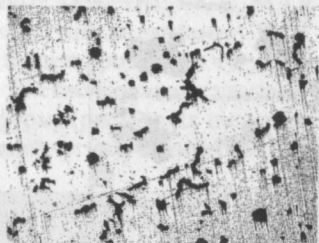


Рис. 10. Форма графита в вермикулярном чугуне (шлифы не травленые)

Чугуны с вермикулярным графитом производят четырех марок: ЧВГ 30; ЧВГ 35; ЧВГ 40; ЧВГ 45 (ГОСТ 28384-89). Число обозначает предел прочности чугуна при растяжении в 0,1 МПа.

По механическим свойствам чугуны с вермикулярным графитом занимают промежуточное положение между серыми и высокопрочными чугунами.

Они прочнее серых чугунов, особенно при циклических нагрузках; предел выносливости σ_{-1} составляет 140 МПа у ЧВГ 30 и 190 МПа у ЧВГ 45.

Ковкими называются чугуны, в которых графит имеет хлопьевидную форму (рис. 11). Их получают отжигом белых доэвтектических чугунов. По этой причине графит ковких чугунов называют углеродом отжига. Такой графит в отличие от пластинчатого меньше снижает механические свойства металлической основы, вследствие чего ковкие чугуны по сравнению с серыми обладают более высокими прочностью и пластичностью.

По структуре металлической основы, которая определяется режимом отжига, ковкие чугуны бывают ферритными и перлитными. Ковкие чугуны обозначают буквами и последующими цифрами, первая из которых характеризует прочность при растяжении в 0,1 МПа, а вторая пластичность (%) КЧ 30-6, КЧ 60-3 и т.д. (табл.3).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством микроскопа МИМ-6.
2. Исследовать и зарисовать в отчете микроструктуру технического железа, доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной сталей, указав их структурные составляющие.
3. Исследовать зависимость твердости углеродистых сталей от структуры. Построить график зависимости твердости от содержания углерода в сплаве. Сделать вывод.

4. Исследовать зависимость прочности при растяжении углеродистых сталей от их структурного состава. Построить график зависимости прочности при растяжении от содержания углерода. Сделать вывод.

5. Исследовать и зарисовать микроструктуру белого, серого и ковкого чугунов, указав их структурные составляющие.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

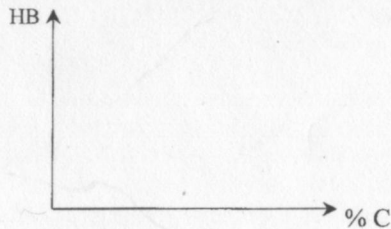
1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткое содержание теоретической части.
4. Приборы и оборудование, применяемые при работе.
5. Результаты исследований (табл. 4).
6. Графики зависимостей.
7. Выводы по графикам.

Таблица 4

Результаты исследования структуры и механических свойств сталей

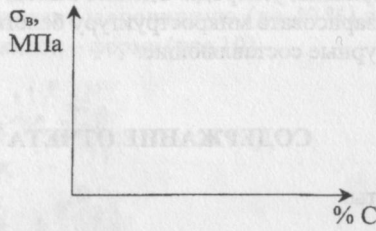
Номер п/п	Марка сплава	Состояние сплава	Химический состав, % С	Микро-структура	Условия испытания	Результаты испытания твердости НВ	Прочность ($\sigma_{\approx 3,34НВ}$), МПа
1		Равновесное			Нагрузка P=750 кгс, Диаметр шарика $\varnothing=5$ мм		
2							
3							
4							

График зависимости твердости от содержания углерода в сплаве



Вывод:

График зависимости прочности сплава
от содержания в нем углерода



Вывод:

Таблица 5
Результаты исследования структуры чугунов

Номер п/п	Марка чугуна	Структурные составляющие	Микроструктура
1			
2			
3			
4			

Выводы:

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА

**Методические указания
к лабораторной работе**

УДК 621.791

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент *В.В. Каратыш*
(Пермский государственный технический университет)

Губарева Э.М.

Электрическая контактная сварка: Методические указания к лабораторной работе / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – 30 с.

Описаны способы электроконтактной сварки, оборудование для точечной сварки, приведены режимы точечной сварки и выбор их в зависимости от различных параметров. Показаны различные схемы циклограмм при точечной сварке и возможные варианты точечной сварки.

УДК 621.791



Пермский государственный
технический университет, 2003

Лабораторная работа
«ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА»

Цель работы: Ознакомление с электрической контактной сваркой, оборудованием и технологией электрической точечной сварки; определение оптимального режима точечной сварки для различных материалов.

Материалы и оборудование

1. Образцы для сварки из стали марки Ст 3.
2. Образцы для сварки из стали марки X18H10T.
3. Контактная сварочная машина.
4. Электроды.
5. Разрывная машина для испытания прочности сварного соединения.
6. Микроскоп для изучения микроструктуры сварного шва и зоны термического влияния.

Содержание работы

1. Ознакомиться с машиной для точечной сварки и её работой.
2. Измерить толщину деталей из стали Ст 3 и X18H10T.
3. Выбрать диаметр электрода $d_э$, мм для сварки пластин.
4. Рассчитать силу сварочного тока для сварки стали Ст 3 и X18H10T.
5. Выбрать время сварки образцов и силу сжатия при сварке.
6. Провести сварку образцов при различных силах тока $I_{св}$, А, времени $t_{св}$, с и давлении $P_{св}$, кГс.
7. Провести испытания сварных соединений на растяжение. Все расчётные и экспериментальные данные занести в таблицу.
8. Изучить микроструктуру сварного шва и зоны термического влияния.
9. Оценить характер разрушения сварного соединения и зарисовать эскиз разрушения.
10. По полученным данным определить оптимальный режим сварки для стали Ст 3 и X18H10T.

Теоретические основы работы

Электрическая контактная сварка – один из видов сварки. Она основана на нагреве и пластической деформации свариваемых заготовок в месте их контакта. Место соединения разогревается проходящим по металлу электрическим током, причём максимальное количество теплоты выделяется в месте сварочного контакта (рис. 1). Количество выделяемой теплоты определяется законом Джоуля-Ленца:

$$Q \approx I^2 R t, \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, выделяемое в сварочном контуре, Дж;
 I – сварочный ток, А;
 R – полное электросопротивление сварочного контура, Ом;
 t – время протекания тока, с.

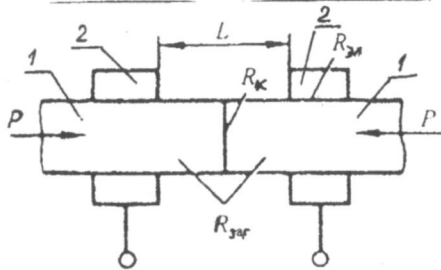


Рис. 1. Схема контактной сварки: 1 – заготовки;
 2 – электроды; P – усилие сжатия, даН;
 R_k – электросопротивление сварочного контакта, Ом;
 $R_{эл}$ – электросопротивление выступающих концов

Полное электросопротивление сварочного контура R состоит из электросопротивления выступающих концов L свариваемых заготовок $R_{эл}$, сварочного контакта R_k и электросопротивления между электродами и заготовками $R_{эл}$:

$$R \approx R_{эл} + R_k + R_{эл} \quad (2)$$

Электросопротивление R_k имеет наибольшее значение, так как из-за неровностей поверхности стыка даже после тщательной обработки заготовки соприкасаются только в отдельных точках. В связи с этим действительное сечение металла, через которое проходит ток, резко уменьшается. Кроме того, на поверхности металла имеются плёнки оксидов и загрязнения с малой электропроводностью, которые также увеличивают электросопротивление контакта. В результате в точках контакта металл нагревается до термopластичного состояния или до оплавления.

При непрерывном сдавливании нагретых заготовок пластичный металл в местах контакта деформируется, поверхностные оксидные плёнки разрушаются и удаляются к периферии стыка. В соприкосновение приходят совершенно чистые слои металла, образующие сварное соединение.

Таким образом, с физической точки зрения, соединение при контактной сварке образуется за счёт сил межатомного взаимодействия.

Величина сварочного тока может достигать более 100 000 А, напряжение меньше 12 В. Сварочные установки включают в общую сеть напряжением 220 или 380 В, поэтому, чтобы получить сварочный ток с заданными параметрами, вторичную обмотку изготавливают из одного или двух витков, а величину рабочего тока изменяют подключением различного числа секций (витков) первичной обмотки.

Контактные машины состоят из понижающего трансформатора, механизмов, обеспечивающих закрепление, сжатие и перемещение свариваемых деталей, и устройств, обеспечивающих заданный электрический режим сварки.

Режимы контактной сварки характеризуют следующими главными параметрами: силой и плотностью тока, временем включения или длительностью нагрева (0,001–3 сек), усилием сжатия. Различают мягкие и жёсткие режимы: первые характеризуются большой длительностью при относительно небольших величинах силы и плотности тока и усилия сжатия, вторые наоборот. Формирование сварного соединения (кристаллизация металлов) происходит под давлением: сначала выключают ток, затем снимают нагрузку.

Усилие сжатия создают педальными, моторно-кулачковыми, пневматическими и гидравлическими приводами. Время нагрева (пропускания тока) регулируют прерывателями тока: механическими, индукционными и электронными. Режимы контактной сварки описывают графически в координатах «давление P – сила тока I – время t ». Эти графики называют циклограммами.

Существует 4 вида контактной сварки по типу соединения:

1. *Точечная*, рис.2, а, когда детали свариваются не по всей поверхности контакта, а в отдельных точках, соответствующих контактам с электродами, имеющими форму заострённых стержней.

2. *Рельефная*, рис.2, б, когда детали свариваются аналогично точечной сварке – в отдельных точках. Положение этих точек соответствует выступам – рельефам – на одной или обеих свариваемых поверхностях. Усилие на детали передаётся через электроды-плиты, между которыми зажимаются свариваемые изделия.

3. *Шовная*, рис.2, в, когда детали соединяются швом, состоящим из отдельных сварных точек, перекрывающих одна другую. Шовная сварка выполняется с помощью одного или двух вращающихся электродов, через которые передаётся ток и усилие осадки.

4. *Стыковая сварка*, рис.2, з, когда детали свариваются по всей поверхности контакта под воздействием нагрева электрическим током и сжимающего усилия.

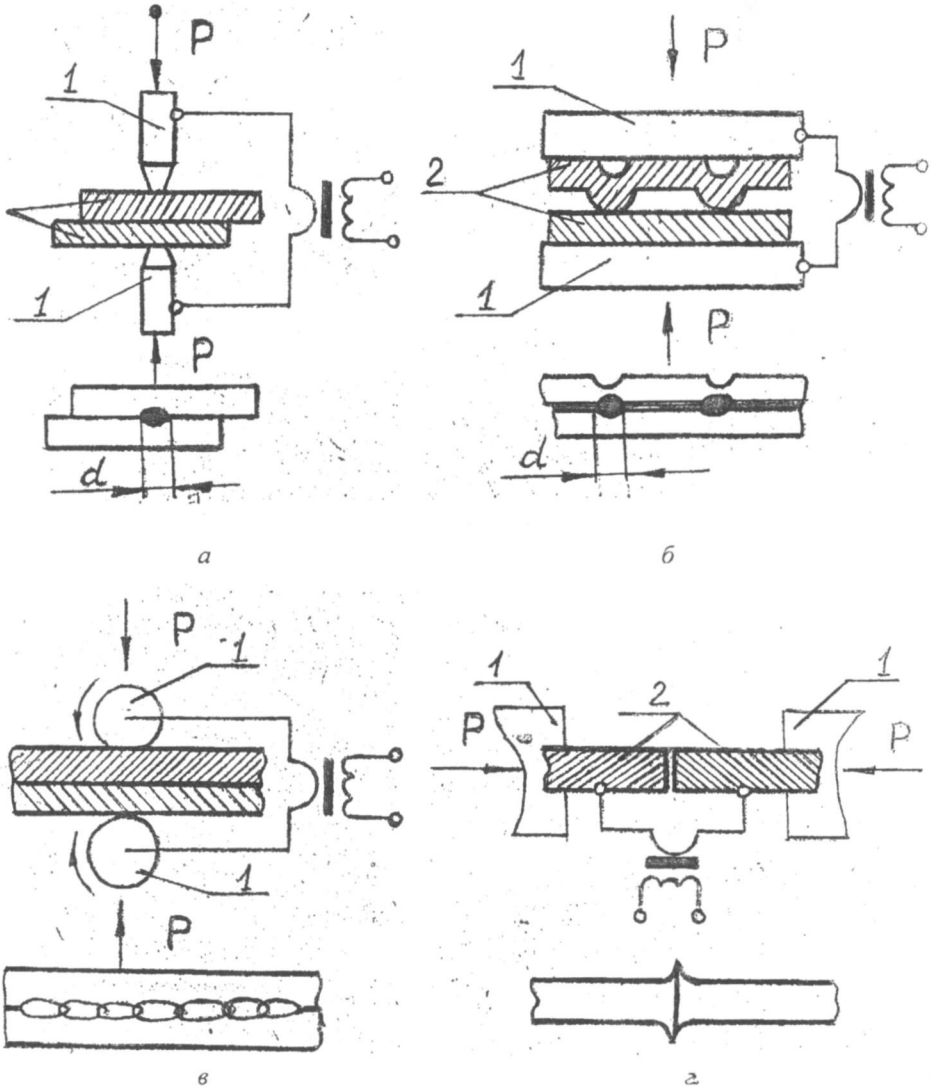


Рис. 2. Схемы процессов и швов:

а — точечная сварка; б — рельефная сварка; в — шовная сварка; з — стыковая сварка;
1 — электрод; 2 — свариваемое изделие; d — сечение сварной точки

Стыковая сварка

Контактную стыковую сварку (рис. 3) применяют, главным образом, для соединения деталей в виде прутков различного профиля, труб.

Различают 3 вида стыковой сварки: сварку сопротивлением (рис. 4, а), сварку оплавлением (рис. 4, б), сварку прерывистым оплавлением.

При сварке сопротивлением детали, закреплённые в зажимах, приводят в плотное соприкосновение и затем включают ток. После нагрева свариваемых торцов до пластического состояния, ток выключают и производят осадку. Циклограмма сварки сопротивлением показана на рис. 5. Сварку сопротивлением применяют для соединения деталей из малоуглеродистых сталей и цветных металлов площадью соединяемых деталей до 1000 мм^2 . При этом способе сварки свариваемые поверхности должны быть одинаковой площади сечения, очищены, параллельны друг другу.

Определённую трудность при сварке сопротивлением представляет удаление из стыка оксидных плёнок, без чего невозможно получение качественного соединения. В связи с этим важная роль принадлежит процессу пластического деформирования торцов свариваемых деталей, в результате чего часть оксидов может выдавливаться в образующееся утолщение.

При сварке методом оплавления нагрев металла сопровождается оплавлением соединяемых торцов. Зажатые в губках машины детали сближают при включённом сварочном трансформаторе. Процесс сварки в этом случае начинается с оплавления отдельных контактных точек, выступающих над поверхностью торцов, сопровождается интенсивным искрообразованием и заканчивается полным оплавлением всей поверхности стыка. Затем производят осадку, в результате которой оксиды вместе с жидким металлом вытесняются наружу. Циклограмма стыковой сварки оплавлением показана на рис. 6.

При стыковой сварке оплавлением в свариваемом стыке образуется большое количество паров металла и химических соединений, например CO и CO_2 (при сварке сталей), что снижает количество кислорода, взаимодействующего с расплавленным металлом. Таким образом, металл шва получается более чистым, чем при сварке сопротивлением, если она осуществляется без защиты каким-либо способом свариваемого стыка от окисления.

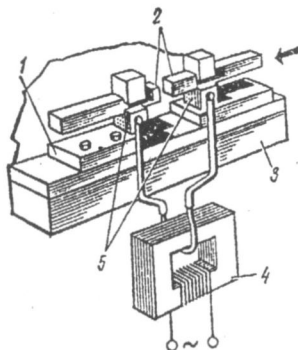


Рис. 3. Схема контактной стыковой сварки: 1 - контактная плита; 2 - свариваемые заготовки; 3 - станина; 4 - трансформатор; 5 - электроды

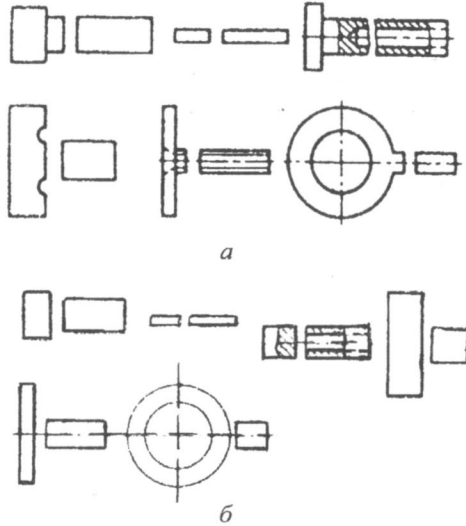


Рис. 4. Типы сварных соединений, выполняемых стыковой сваркой: *а* – сопротивлением; *б* – оплавлением

Сварку оплавлением рекомендуют для соединения деталей с повышенной площадью поперечного сечения, сложной конфигурацией, а также для сплавов с высокой тепло- и электропроводностью, например алюминиевых.

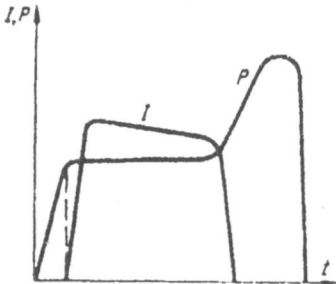


Рис. 5. Циклограмма контактной стыковой сварки сопротивлением: *I* – сила сварочного тока, А; *P* – усилие сжатия, Н; *t* – время протекания тока, с

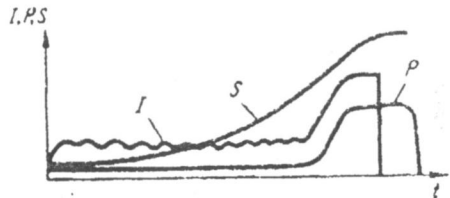


Рис. 6. Циклограмма контактной стыковой сварки оплавлением: *S* – перемещение плиты, мм; *P* – сила сжатия заготовок, Н; *I* – сварочный ток, А; *t* – время, с

Конструкции сварных соединений для стыковой сварки должны максимально удовлетворять требованию равномерного нагрева обеих деталей. Это достигается при сварке деталей с одинаковым сечением из одного и того же металла, см. рис. 4, б. Если детали имеют разное сечение, необходимо изменением конструкции одной из них добиться более близких по характеру условий тепловода при сварке.

Большие затруднения возникают при сварке деталей из разнородных металлов, особенно при существенных различиях их тепло- и электропроводности. В таком случае лучше использовать сварку оплавлением.

Стыковая сварка применяется для изготовления деталей из сталей, алюминиевых, титановых, медных сплавов и некоторых тугоплавких металлов. Ею можно соединять детали, как с компактными, так и с развитыми, сложными сечениями. Стыковая сварка весьма перспективна при замене дуговых методов, тем более что производительность её существенно выше.

Недостатками метода являются сильное разбрызгивание и потери металла.

Сварку *прерывистым оплавлением* производят чередованием плотного и неплотного контакта свариваемых торцов с их разведением. Когда торцы нагреваются до определённой температуры, электрический разряд вызывает оплавление кромок. При достижении требуемой величины оплавления производят резкое сжатие свариваемых концов. Сварку прерывистым оплавлением рекомендуют в тех случаях, когда мощность машин недостаточна для сварки оплавлением. Мощность стыковых машин выбирают из расчёта 6–15 кВт на 1 см² свариваемого сечения детали, а при сварке изделий с замкнутым контуром мощность повышают вдвое. В зависимости от назначения стыковые машины бывают ручного и автоматического действия.

Контактная шовная сварка

Контактную шовную сварку применяют для получения герметичного соединения. На рис. 7 приведена простейшая схема шовной сварки: собранные внахлёстку свариваемые детали 2 зажимают роликовыми электродами 1, подключёнными к сварочному трансформатору 3. Сварка происходит по линии качения. Различают непрерывную и прерывистую сварку.

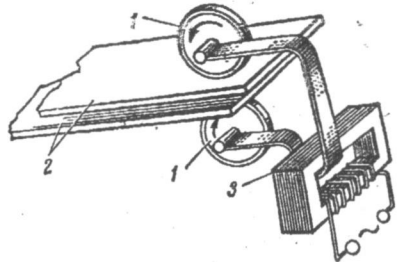


Рис. 7. Схема шовной контактной сварки:
1 – ролик (электрод); 2 – свариваемые детали; 3 – трансформатор

Непрерывной шовной сваркой получают швы длиной не более 300 мм при соединении стальных листов толщиной до 1 мм, при больших размерах происходит перегрев и быстрый износ роликов. Циклограмма непрерывной сварки приведена на рис.8, а.

При прерывистой сварке (циклограмма на рис.8, б) прерыватели периодически выключают ток, при этом сварка осуществляется, как точечная, но режим рассчитан так, что каждая последующая точка перекрывает предыдущую не менее чем на 1/5, что обеспечивает плотный непрерывный шов и уменьшает перегрев и износ роликов. Прерывистая сварка обеспечивает высокое качество сварного соединения, однако, шов получается меньшей чистоты, чем при непрерывной сварке.

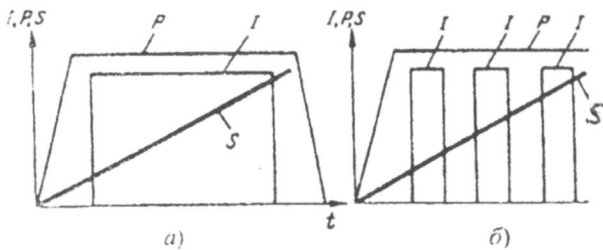


Рис. 8. Циклограммы шовной сварки: а – непрерывная сварка; б – прерывистая сварка;

P – усилие сжатия, Н; S – перемещение роликов, м/мин;
 I – сварочный ток, А; t – время протекания тока, с

Ролики изготавливают из того же материала, что и электроды для точечной сварки. Диаметр роликов берут в пределах 50–350 мм, ролики большего диаметра устойчивее в работе. Во время работы ролики непрерывно охлаждаются водой. Скорость шовной сварки в пределах 0,5–3,5 м/мин. Сила сварочного тока берётся в пределах 2000–20000 А. Оптимальные суммарные толщины свариваемых листов не более 5 мм.

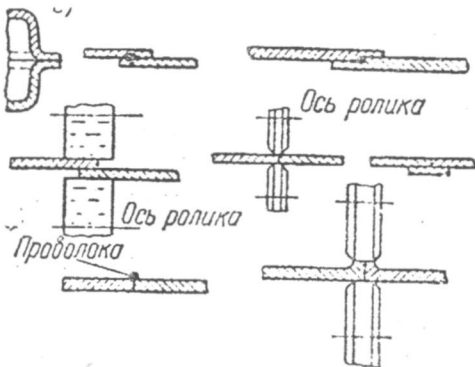


Рис. 9. Типы изделий, получаемых шовной сваркой

Шовную сварку используют при сварке масляных, бензиновых или водяных баков, труб и ряда других деталей из стали и цветных сплавов (рис.9).

Контактная рельефная сварка

Форма, размеры и число рельефов изменяются в широких пределах в зависимости от формы и толщины свариваемых заготовок, а также от их назначения. Для получения качественных соединений требуются тщательная зачистка заготовок и точная штамповка как заготовок, так и рельефов. Это обеспечивает равномерное распределение тока и усилия сжатия между рельефами. Скорость нагрева рельефов должна быть оптимальной, чтобы не возникало выплесков (если она завышена) или преждевременного расплющивания рельефов без образования литого ядра (если она занижена). Для предупреждения выплесков целесообразно также постепенное нарастание тока. Применение ковочного усилия обеспечивает получение более устойчивых результатов.

Точечная контактная сварка

Точечная сварка (рис.10) является одним из наиболее широко применяемых видов контактной сварки. Свариваемые детали соединяются внахлест. Точечной сваркой можно сваривать листовые заготовки одинаковой и

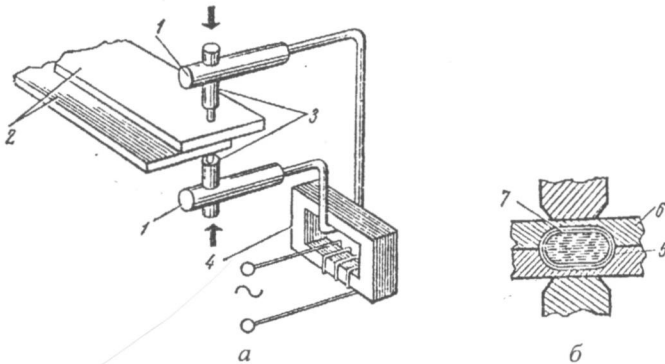


Рис. 10. Схема контактной точечной сварки:

- 1 — хобот; 2 — свариваемые детали; 3 — электродержатель;
- 4 — трансформатор; 5 — зона термического влияния;
- 6 — пластичная зона; 7 — расплавленное ядро

разной толщины, пересекающиеся стержни, листовые заготовки со стержневыми или профильными заготовками (уголками, швеллерами, таврами и т.п.), заготовки из разнородных металлов, из сталей различных марок (углеродистой, легированной, коррозионно-стойкой, жаропрочной и др.), а также из цветных металлов и их сплавов, рис. 11.

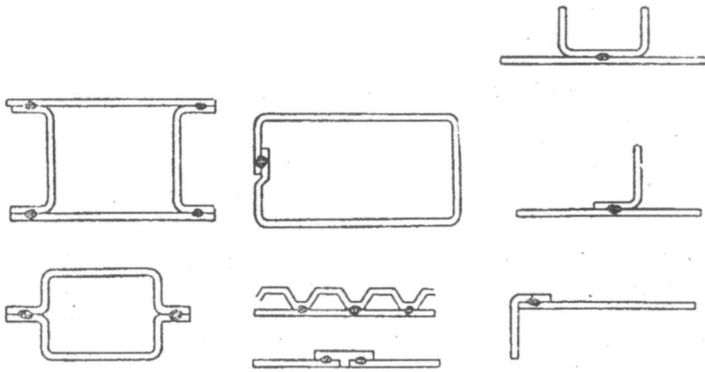


Рис. 11. Типы изделий, получаемых точечной сваркой

Так как необходимое давление быстро возрастает с увеличением толщины деталей, а прочность электродов, передающих давление, ограничена, точечная сварка применяется, в основном, для деталей небольшой толщины.

Точечную сварку применяют в нескольких вариантах, в зависимости от конструкции изделий.

Для получения сварной точки детали (см. рис.10, б) помещают между электродами. При нажатии на педаль, верхний хобот машины опускается и зажимает детали. Через определённое время, необходимое для создания плотного контакта между деталями, включается сварочный ток, который доводит металл между электродами до плавления, а прилегающую к ядру *7* зону *б* до пластического состояния. После кристаллизации расплавленного ядра давление снимается.

Электроды должны обладать высокой электропроводностью и теплопроводностью, сохранять необходимую прочность до 400 °С. Электроды изготавливают полыми из холоднокатаной электролитической меди и сплавов на её основе. Во время сварки электроды охлаждают водой.

Для повышения производительности труда при массовом производстве применяют многоточечную сварку. Точечная сварка может быть *двусторонней* (см. рис. 10, а) и *односторонней* (см. рис.12).

При двусторонней сварке две или более заготовок *1* сжимают между электродами *2* точечной машины. При односторонней сварке ток распределяется между верхним и нижним листами *1* и *2*, причём нагрев осуществляется только частью тока, протекающей через нижний лист. Для того чтобы увеличить ток, проходящий через нижний лист, применяют медную прокладку *3*.

Односторонней точечной сваркой можно соединять заготовки одновременно двумя точками (см. рис. 12). По принципу односторонней точечной сварки работают многоточечные машины, которые могут иметь до 50 пар электродов.

Для получения соединения хорошего качества необходимо строго выдерживать заданные параметры режима: усилие сжатия, ток и время протекания тока. Сварка в простейшем случае производится по циклу, изображённому на рис. 13.

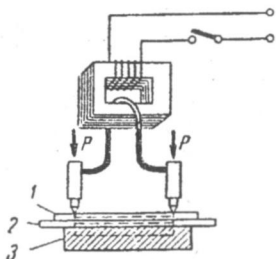


Рис. 12. Схема односторонней многоточечной сварки

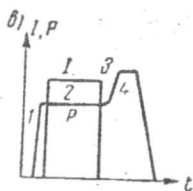


Рис. 13. Циклограмма точечной сварки: I – сила тока, А; P – усилие сжатия, Н; t – время, с

Весь цикл сварки состоит из четырех стадий: 1 – сжатие свариваемых заготовок между электродами; 2 – включение тока и разогрев места контакта до температуры плавления, сопровождающееся образованием литого ядра точки; 3 – выключение тока и усиление сжатия с целью улучшения структуры сварной точки; 4 – снятие усилия с электродов. Предварительно свариваемые поверхности очищают наждачным кругом, пескоструиванием или травлением.

Точечная сварка может производиться на мягких и жестких режимах. Мягкие режимы характеризуются большей продолжительностью времени сварки, плавным нагревом, уменьшенной мощностью и силой тока. Эти режимы применяются для сварки углеродистых, конструкционных, низколегированных сталей и сталей, склонных к закалке. Значения основных параметров мягких режимов могут изменяться в следующих диапазонах: плотность тока J от 80 до 160 А/мм²; усилие на электродах P от 1,5 до 4 Кг/мм² (14,7–39 Мн/м²); время протекания тока t от 0,5 до 2–3 с.

Жесткие режимы характеризуются повышенной производительностью в связи с уменьшением времени сварки, увеличением усилия сжатия и силы тока, концентрированным нагревом. Эти режимы применяются:

а) для сварки нержавеющей сталей, так как при сварке на мягких режимах возможно выпадение карбидов в околошовной зоне, приводящие к потере коррозионной стойкости;

б) для сварки алюминия, меди и медных сплавов, так как они обладают высокой теплопроводностью и для них недопустим перегрев околошовной зоны;

в) для сварки ультратонкого металла толщиной до 0,1 мм.

Диапазоны значений параметров жёстких режимов: I от 120 до 360 А/мм²; усилие на электродах P от 4 до 10 Кг/мм² (39–98 Мн/м²); время протекания тока t от 0,001 до 0,1 с.

Силу тока и сжатия заготовок устанавливают постоянной или меняют по определённому графику в течение цикла сварки одной точки. Характер их изменения определяется толщиной и материалом свариваемых заготовок. Наиболее распространённые схемы циклов точечной сварки приведены в табл.1.

Свариваемость различных металлов и сплавов

Наиболее хорошую свариваемость при контактной сварке имеют стали и сплавы со следующими свойствами: высоким удельным электрическим сопротивлением и низкой теплопроводностью (для сварки таких материалов требуются машины меньшей мощности); отсутствием или малой склонностью к нежелательным структурным превращениям в процессе нагрева и охлаждения в зоне сварки; низкой химической активностью при нагреве.

В наибольшей мере этим требованиям отвечают низкоуглеродистые стали, которые хорошо свариваются всеми способами контактной сварки, как на жёстких, так и на мягких режимах без дополнительных технологических мер. Среднеуглеродистые и низколегированные стали склонны к закалке, трещинообразованию. Поэтому необходима термическая обработка всего изделия в печи, или, что производительнее и экономичнее, сварка по двухимпульсному циклу с термической обработкой зоны соединения непосредственно под электродами контактной машины (см. табл.1).

Коррозионно-стойкие стали, например 12Х18Н9Т, вследствие высокого удельного электрического сопротивления и низкой теплопроводности сваривают при относительно низких плотностях тока и малом времени сварки. В связи с повышенной прочностью при высоких температурах требуются повышенные усилия сжатия заготовок.

Алюминий и его сплавы обладают высокой электропроводностью и теплопроводностью, поэтому при их сварке требуются большие токи при малом времени их протекания. Значительным препятствием для протекания тока является тугоплавкая плёнка Al_2O_3 на поверхности заготовок.

Схемы циклов точечной сварки

Вид сварки	Схема цикла	Свариваемый материал
Одноимпульсная при постоянном давлении		Низкоуглеродистая сталь толщиной до 3–4 мм
При постоянном давлении с последующей термической обработкой		Закаливающиеся стали
Многоимпульсная с переменным давлением		Сталь толщиной более 3–5 мм
С предварительным обжатием и последующей проковкой		Стали толщиной более 5 мм или конструкции с повышенной жесткостью
Импульсом модулированного тока с проковкой		Сплавы алюминия толщиной более 1,5 мм

Обозначения. I – сила сварочного тока, А; P – усилие сжатия заготовок, МПа; I_n – сила тока подогрева при термической обработке, А; t – время, с

Подготовка заготовок к сварке

Перед сваркой производят правку и взаимную подгонку заготовок, а также очистку их поверхности от окалины, ржавчины, смазки, пыли и других загрязнений. При сварке неочищенных заготовок заметно снижается качество соединений и увеличивается износ электродов контактных машин.

Способ очистки выбирают в зависимости от размера и материала заготовки, характера загрязнений и типа производства. Заготовки из горячекатаной стали очищают в дробеструйных установках, металлическими щётками, абразивными кругами. В массовом производстве их очищают травлением в растворе кислот с последующей нейтрализацией в щелочной ванне, промывкой проточной водой и сушкой горячим воздухом.

Алюминиевые сплавы подвергают специальной химической обработке, после которой они пригодны для сварки в течение пяти суток. Качество подготовки поверхности контролируют измерением общего электрического сопротивления двух сжатых деталей, сравнением с эталонными образцами или визуально.

Торцы заготовок, соединяемые стыковой сваркой сопротивлением, обрабатывают до получения ровной поверхности, перпендикулярной к оси заготовок. При сварке оплавлением к подготовке торцов предъявляются меньшие требования (пригодны заготовки после резки на прессах, ножницах, механических пилах, а также после газовой резки с очисткой поверхности от шлака). При всех способах стыковой сварки необходимо очищать поверхности заготовок, соприкасающиеся с токопроводящими губками.

Выбор режимов сварки

Под режимом сварки следует понимать совокупность параметров данного способа сварки, задаваемых сварочной машиной, а также форму и размеры электродов. Режим сварки зависит от физических свойств свариваемого металла и размеров деталей. Основными параметрами режимов точечной сварки являются сила тока $I_{св}$, длительность его протекания τ и усилие P .

Для получения максимального теплового эффекта согласно формуле (1) следует обеспечить в установке максимальную силу тока, что достигается с помощью трансформатора.

Основные параметры процесса (P и $I_{св}$) выражаются во времени циклограммой определенного типа для каждого вида сварки, см. табл. 1.

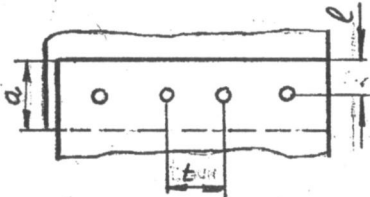
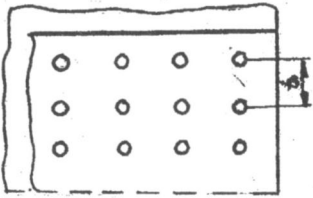
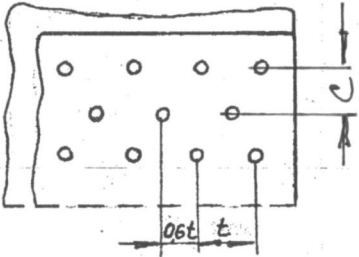
а) самая типичная точечная сварка всегда начинается с предварительного сжатия деталей для обеспечения хорошего контакта. Ток и давление во время сварки постоянны. Давление снимается несколько позже включения тока, чтобы успела затвердеть и охладиться точка в сжатой оболочке;

б) сварка с проковкой заключается в том, что после выключения тока давление возрастает еще больше; точка формируется в силовом поле, поэтому имеет лучшую структуру литого ядра и выше прочность;

в) циклограмма, применяющаяся при сварке толстых листов, показывает, что сначала они обжимаются повышенным давлением для тесного контакта, затем давление снижается до рабочего для усиления теплового эффекта в контакте и на деталях; после выключения тока – проковка (дополнительное сжатие).

Расчетные методы определения основных параметров режимов контактной сварки разработаны недостаточно полно. Поэтому режим сварки конкретных деталей определяют опытным путем. Так установлено, что сила тока, время сварки, усилие меняются линейно в зависимости от толщины деталей.

Таблица 2
Параметры нахлесточных соединений при точечной сварке

Тип шва	Вид сварного соединения	Условные обозначения
Однорядный		Н1
Многорядный с цепным расположением точек		Н4
Многорядный с шахматным расположением точек		Н5

Размеры точечных соединений характеризуются следующими параметрами (табл. 2):

d – диаметр литой зоны точки;

a – ширина нахлестки; l – расстояние точек от края;

t – расстояние между точками в ряду – шаг.

Рекомендуемые размеры точечных соединений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Конструктивные элементы соединений, выполняемых
точечной сваркой, мм

Толщина заготовок	Диаметр точки (ядра)		Величина нахлестки	l	Шаг точек (минимальный)	C
	номинальный	предельное отклонение				
0,3	2,5	+ 1	6	3	8	8
0,4–0,6	3,0		8	4	10	8
0,7–0,8	3,5		10	5	13	11
0,9–1,1	4,0		12	6	14	12
1,2–1,4	5,0		13	6,5	15	13
1,3–1,6	6,0		14	7,5	18	15
1,8–2,2	7,0	+ 1,5	16	8,0	24	20
2,5–2,8	8,0		18	9,0	30	25
3,0–3,2	9,0		20	10,0	36	30
3,5–3,8	10,0		23	11,5	40	34
4,0	11,0	+ 2,0	26	13,0	45	38
4,5	12,0		30	15,0	50	43
5,0	13,0		34	17,0	55	47
5,5	14,0		38	19,0	60	52
6,0	15,0		42	21,0	65	55

Обозначение. l – расстояние от кромки заготовки до центра точки; C – расстояние между осями рядов при шахматном расположении точек

Точки диаметром d не должны размещаться ближе, чем на $1,5d$ от края детали во избежание выдавливания горячего металла.

Точечная сварка всегда начинается с предварительного сжатия деталей для обеспечения хорошего контакта.

Детали нагреваются теплом, выделяющимся в контакте и в них самих. Наиболее интенсивно нагревается столбик d_z (рис. 14), где наибольшая плотность тока, и особенно – слои деталей, прилегающие к контакту, так как с ростом температуры растет их удельное электросопротивление. В результате металл плавится, образуя чечевицеобразную точку. Ее жидкое ядро удер-

живается окружающим кольцом уплотненного продеформированного металла. Если мало давление P или слишком быстрый нагрев, и кольцо не успело образоваться, или слишком сильный нагрев, и кольцо не может удержать большой объем жидкого ядра, то возможен выплеск – частичный выброс жидкого металла. Размеры ядра (его диаметр d и проплавление $2h$), определяющие прочность соединения, зависят от температурного поля, а, следовательно, от технологических параметров процесса: толщины свариваемых листов S , диаметра электрода $d_э$, усилия P , электрических параметров,

Диаметр ядра d приблизительно зависит от толщины деталей следующим образом (для $S > 0,5$ мм):

$$d = 2S + 3 \text{ мм}, \quad (3)$$

где S – толщина в мм более тонкой из свариваемых деталей.

Обычно он близок к диаметру контактной поверхности $d_э$ и составляет 0,5...20 мм.

Структура зоны шва определяется условиями нагрева металла и его пластической деформации.

Структура точки формируется при кристаллизации жидкого металла. При этом теплопровод в толщу деталей, т.е. примерно равномерно во все стороны, приводит к формированию столбчатой структуры в ядре. В результате усадки в ядре возможно образование усадочной рыхлости и раковин.

Давление электродов, если оно достаточно велико, вызывает пластическую деформацию в кристаллизующемся ядре и уплотняет его.

В околошовной зоне, не расплавляющейся при сварке, под действием высокой температуры ($T < T_{пл}$) и давления могут происходить как процессы наклепа, закалки (упрочнения), так и разупрочнения. Это зависит от состава стали, ее теплофизических свойств и от технологических параметров. Ширина околошовной зоны (зоны термического влияния) тем больше, чем мягче режим, т.е. чем длительнее нагрев при сварке.

Электроды контактных машин

Стойкость электродов, от которой в значительной мере зависят производительность сварки и качество сварных соединений, определяется материалом электродов, их конструкцией, условиями охлаждения, режимов сварки и чистотой поверхности свариваемых заготовок.

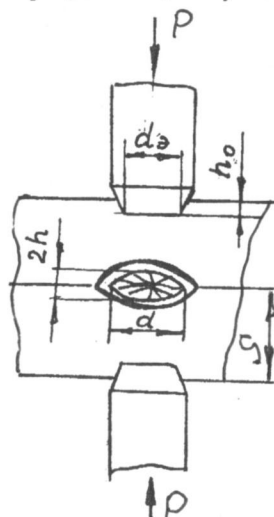


Рис. 14. Схематический разрез сварной точки

Технические характеристики сплавов для электродов контактных машин

Марка сплава, содержание легирующих элементов	Электропроводность, % (медь-100 %)	Твердость, НВ	Температура разупрочнения, °С	Сортамент	Способ сварки и свариваемые материалы (изделия)
Кадмиевая бронза, БрКд1 (МК); 0,9-1,2 % кадмия	85-95	95-115	350	Прутки тянутые диаметром 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 26, 30 мм; прессованные диаметром 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 мм	Точечная и шовная. Легкие сплавы.
Хромовая бронза, БрХ; 0,4-1,0 % хрома	82-85	130-150	420	Полосы термообработанные толщиной 10-30 мм и шириной 100-400 мм	Шовная. Углеродистые, низколегированные стали и титан
Хромовая бронза, БрХ; 0,4-0,7 % хрома	82-85	120-140	400	Прутки тянутые диаметром 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 мм; прессованные диаметром 45, 50, ... 170 мм	Точечная. Углеродистые, низколегированные стали и титан
Медь с присадкой серебра МС-1; 0,07-0,12 % серебра	97-99	95-100	360	Прутки диаметром 20, 25, 32, 40 мм. Квадрат 80×80 мм	Точечная. Легкие сплавы.
Никельбериллиевая бронза БрНБТ; 1,4-1,6 % никеля, 0,2-0,4 % бериллия, 0,05-0,15 % титана	50-55	170-240	510	Плиты толщиной 14, 16, 20, 24, 29 мм; прутки диаметром 16, 20, 25 мм	Точечная и шовная. Коррозионно-стойкие стали, титан

20

Окончание табл.4

Марка сплава, содержание легирующих элементов	Электропроводность, % (медь-100 %)	Твердость, НВ	Температура разупрочнения, °С	Сортамент	Способ сварки и свариваемые материалы (изделия)
Никелекремниевая бронза БрНК; 1,5-0,5; 1,2-2,3 % никеля 0,3-0,9 % кремния	40	До 200	450	Слитки диаметром 175 и 200 мм, длиной 1200 мм	Консоли точечных и шовных машин, губки стыковых машин
Хромоциркониевая бронза; 0,3-0,5 % хрома; 0,2-0,35 % циркония	80-85	135-145	500	Прутки круглые и плиты разной толщины и ширины	Точечная и шовная. Углеродистые, низколегированные стали и титан
Элконайт ВМ; 20-30 % меди, 70-80 % вольфрама	20-25	Св. 200	-	Цилиндрические заготовки диаметром 8,28, 36 мм и высотой 20-30 мм; пластины 40×40×50; 15×15×15 мм	Вставки и электроды точечных и шовных машин и в губки стыковых машин

21

Электроды прямые для контактных точечных машин (ГОСТ 14111-77)

Тип	Характеристика рабочей поверхности электрода	Обозначение электрода	Диаметр, мм	Длина, мм	Диаметр контактной поверхности, мм	Применение для сварочных машин
1	Плоская	0821-0001÷ ÷0821-0072	10, 12, 16, 20, 25, 32, 40	29-130	4, 5, 6, 8, 10, 12	С прямолинейным ходом электродов
2	Плоская, конец электрода конический	0821-0101÷ ÷0821-0112	10, 12, 16, 20	38-88	4, 5, 6, 8	С прямолинейным ходом электрода для сварки низкоуглеродистых и легированных сталей в ограниченно доступных местах
3	Смещенная плоская	0821-0151+ +0821-0202	10, 12, 16, 20, 25	29-112	4, 5, 6, 8, 10	С прямолинейным ходом для сварки низкоуглеродистых сталей вблизи отбортованных кромок
4	Плоская увеличенная	0821-0251÷ ÷0821-0280	16, 20, 25, 32, 40	32-72	-	С прямолинейным ходом электрода для сварки арматуры железобетона
5	Сферическая	0821-0301÷ ÷0821-0372	10, 12, 16, 25, 32, 40	29-130	8, 10, 12, 14, 16, 18, 25, 50, 100* ¹	С радиальным и прямолинейным ходом электрода для сварки легких сплавов, низкоуглеродистых и легированных сталей
6	Сферическая, конец электрода конический	0821-0401÷ ÷0821-0412	10, 12, 16, 20	38-88	8, 10, 12, 14* ¹	С прямоугольным ходом электрода для сварки низкоуглеродистых и легированных сталей в ограниченно доступных местах
7	Сферическая смещенная	0821-0451÷ ÷0821-0479	10, 12, 16, 20, 25	29-112	8, 10, 12, 14, 16* ¹	С прямолинейным и радиальным ходом электрода при сварке низкоуглеродистых сталей вблизи отбортованных кромок

*¹ Указан радиус сферы контактной поверхности. Другие параметры электрода, а также рекомендации по применению даны в ГОСТ 14111-77

22

Материал электродов (приведен в табл. 4) должен иметь высокие тепло- и электропроводность, температуру разупрочнения, а также достаточную прочность и твердость. Стойкость электродов, изготовленных из специальных сплавов на основе меди, значительно выше медных.

Электроды для точечной сварки (сменные вставки), предназначенные для использования на серийных точечных машинах, приведены в табл. 5. Рекомендуемые размеры электродов для точечной сварки различных материалов даны в табл. 6.

23

Рекомендуемые размеры электродов в зависимости от толщины свариваемых заготовок для точечной сварки, мм

Таблица 6

Размеры и форма электродов	Толщина заготовок					
	0,5+0,5	1+1	1,5+1,5	2+2	2,5+2,5	3+3
<i>Низкоуглеродистые и низколегированные стали</i>						
Прямые электроды:						
диаметр электрода	12	12	16	20	20	25
диаметр контактной поверхности	4	5	7	8	9	10
<i>Жаростойкие и коррозионно-стойкие стали</i>						
Прямые электроды:						
диаметр электрода	12	12	16	20	20	25
диаметр контактной поверхности	4	5	7	8	9	10
радиус сферы	25-50	75-100	100-150	100-150	150-200	200-250
<i>Легкие сплавы</i>						
Прямые электроды:						
диаметр электрода	12	16	20	25	25	30
радиус сферы	50	75	100	100	150	150

Режимы точечной сварки

Режимы точечной сварки d ; $I_{св}$; t ; R в зависимости от толщины свариваемых изделий и материала заготовок приведены в табл. 7-10.

Таблица 7

Режимы точечной сварки углеродистой стали

Толщина заготовок, мм	Сила тока, кА	Длительность тока, с	Усилие сжатия, даН
0,5+0,5	6,0-6,5	0,08-0,10	120-180
1,0+1,0	7,0-8,0	0,12-0,16	250-300
1,5+1,5	9,0-10,0	0,16-0,22	400-500
2,0+2,0	10,0-11,5	0,18-0,24	600-700
3,0+3,0	11,5-14,0	0,24-0,30	900-1000
4,0+4,0	17,0-19,0	0,40-0,56	1300-1500

Таблица 8

Режимы точечной сварки коррозионно-стойких сталей

Толщина заготовок, мм	Сила тока, кА	Длительность тока, с	Усилие сжатия, даН
0,5+0,5	4,5-5,0	0,08-0,12	250-300
0,8+0,8	4,5-5,0	0,12-0,16	300-400
1,0+1,0	5,0-5,7	0,16-0,18	350-450
1,2+1,2	5,5-6,0	0,18-0,20	450-550
1,5+1,5	6,0-7,5	0,20-0,24	500-650
2,0+2,0	7,5-8,5	0,24-0,30	800-900
2,5+2,5	9,0-10,0	0,30-0,34	1000-1100
3,0+3,0	10,0-11,0	0,34-0,38	1200-1400

Таблица 9

Режимы точечной сварки закаливающих низколегируемых сталей

Толщина каждой заготовки, мм	Сварка		Длитель- ность пау- зы $t_{п}$, с (см. табл.2)	Термическая обработка		Усилие сжатия, даН
	Сила тока, кА	Длитель- ность тока, с		Сила тока, кА	Длитель- ность тока, с	
0,5+0,5	5,0-6,0	0,32-0,40	0,3-0,5	4,0-5,0	0,5-0,6	200-300
0,8+0,8	5,5-6,2	0,36-0,44	0,4-0,6	4,5-5,2	0,6-0,74	250-350
1,0+1,0	6,2-6,7	0,42-0,50	0,6-0,7	4,8-5,5	0,68-0,78	400-500
1,2+1,2	7,2-7,7	0,46-0,54	0,7-0,9	5,0-6,0	0,72-0,86	500-600
1,5+1,5	8,7-9,2	0,5-0,64	0,8-1,1	6,2-7,4	0,86-0,96	600-800
2,0+2,0	10,0-11,0	0,74-0,84	1,0-1,4	7,0-8,0	1,10-1,30	800-1000
2,5+2,5	11,5-12,0	1,00-1,10	1,1-1,5	8,0-9,0	1,30-1,90	1000-1200
3,0+3,0	13,0-14,0	1,20-1,40	1,3-1,6	9,0-10,0	1,80-2,20	1100-1400

Таблица 10

Режимы точечной сварки титановых сплавов

Толщина заготовок, мм	Сила тока, кА	Длительность тока, с	Усилие сжатия, даН
0,5+0,5	4,0-5,0	0,08-0,10	100-150
0,8+0,8	4,5-5,0	0,12-0,14	150-200
1,0+1,0	5,0-5,5	0,14-0,16	200-250
1,2+1,2	5,5-6,0	0,16-0,18	250-300
1,5+1,5	6,5-7,5	0,18-0,22	300-350
2,0+2,0	8,0-9,0	0,24-0,26	400-550
2,5+2,5	8,5-9,5	0,28-0,30	600-750
3,0+3,0	10,0-11,0	0,32-0,34	800-1000

Дефекты точечной сварки и их причины

Дефект	Причина
Перегрев наружных поверхностей заготовок, выплеск	Плохая очистка заготовок; включение тока при недостаточном усилии на электродах; завышены сила тока или время включения; не очищены электроды
Трещины и раковины в ядре точки	Недостаточны время включения, время проковки и усилии на электродах; с запозданием осуществляется проковка повышенным давлением после выключения тока; плохая очистка заготовок
Хрупкость сварного соединения	Интенсивное охлаждение места сварки в результате недостаточного времени включения тока или завышенного времени пребывания детали под электродами после выключения тока
Недостаточная герметичность шовного соединения	Недостаточны ток или время сварочного импульса; большое время паузы между импульсами тока; уменьшение тока вследствие введения в контур машины заготовок из магнитных материалов; плохая очистка заготовок
Глубокие вмятины на поверхности заготовок	Завышена сила сварного тока или время его включения; недостаточные размеры контактной поверхности электродов
Непровар (отсутствие или малые размеры литого ядра)	Недостаточные сила тока или время включения; плохая сборка и очистка заготовок; завышены контактная поверхность электродов или давление; большое шунтирование тока из-за малого шага точек, плохой сборки и очистки заготовок или случайного касания заготовок с токоведущими частями машины

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Контактные машины изготавливаются для стыковой, точечной и шовной сварки. Функциями сварочных машин являются:

- создание усилия осадки при стыковой сварке или давления между электродами при точечной и шовной сварке;
- подвод тока к свариваемым деталям;
- управление последовательностью операций цикла процесса сварки.

Серийные машины для точечной сварки выпускаются мощностью 50, 75, 150 и 200 кВА. Механизм сжатия может быть как электромоторный, так и пневматический. На рис. 15 приведена типовая схема машины для точечной сварки. Машина имеет пневматический механизм сжатия. Машины с пневматическим механизмом сжатия применяются в массовом производстве для сварки однотипных изделий из малоуглеродистых сталей. Однако они могут успешно применяться и в индивидуальном производстве.

Машины снабжаются электронным регулятором времени, управляющим последовательностью работы машины. Управление ходом верхнего электрода, а также создание давления осуществляются пневматическим цилиндром 1, установленном на верхнем, изолированном от корпуса машины, кронштейне 2. Цилиндр имеет два поршня. Штоком нижнего поршня, связанного с ползуном верхнего электрода, осуществляется подъем и опускание электрода, а также создание давления. С помощью верхнего поршня осуществляется регулирование рабочего хода электрода. Регулирование рабочего хода осуществляется подъемом или опусканием верхнего поршня с помощью гаек 3. Давление сжатого воздуха регулируется редуктором давления 4. Управление подачей воздуха в среднюю и нижнюю камеру пневматического цилиндра производится электропневматическим клапаном 5. Дополнительный ход осуществляется ручным клапаном 6 путем подачи или выпуска сжатого воздуха из верхней камеры цилиндра. Для смягчения удара верхнего электрода при его соприкосновении с изделием предусматривается дросселирующий клапан 7. Все токоведущие детали вторичного контура, так же как и вторичный виток сварочного трансформатора, охлаждаются проточной водой. Машины управляются переносной педальной кнопкой 8. При нажатии на педальную кнопку включается электронный регулятор времени, управляющий циклом работы машины, заключающемся в опускании верхнего электрода и сжатии свариваемых деталей, в прохождении тока через детали, выключении тока по окончании установленного промежутка времени, и выдержки деталей под давлением без тока и возвращении электрода в исходное положение. При удержании кнопки в нажатом положении рабочий цикл повторяется, и машина продолжает работать автоматически. Для получения одной сварочной точки педальная кнопка отпускается сразу же после нажатия.

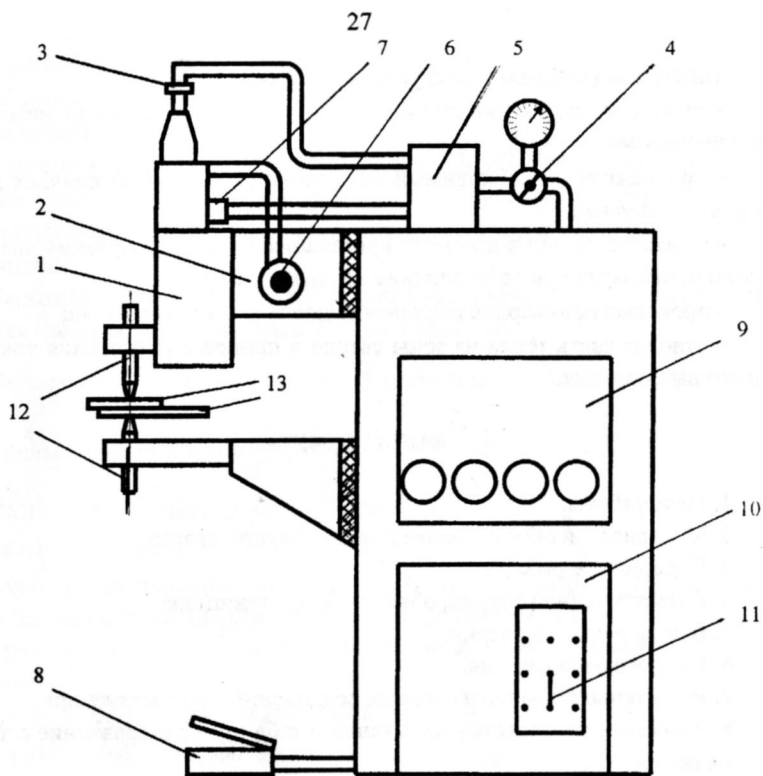


Рис. 5. Типовая схема машины для точечной сварки:

1 – пневматический цилиндр; 2 – изолированный от корпуса кронштейн; 3 – гайка для регулирования хода верхнего поршня; 4 – регулятор давления; 5 – электропневматический клапан; 6 – ручной клапан; 7 – дросселирующий клапан; 8 – pedalная кнопка; 9 – пульт управления; 10 – трансформатор; 11 – регулятор ступени трансформатора; 12 – электроды; 13 – свариваемые детали.

По конструктивному оформлению стандартные машины для шовной сварки близки к машинам для точечной сварки и отличаются от них электродами, выполняемыми в виде роликов, приводимых во вращение с помощью специальных механизмов.

Электроды и ролики контактных машин являются рабочим инструментом. Стойкость электродов и роликов контактных машин определяется материалом и конструкцией инструмента, режимом сварки и условиями охлаждения электродов.

Электроды выполняют следующие функции:

- сжимают детали, обеспечивая надежный контакт между ними перед включением тока;
- подводят ток, необходимый для сварки (в отдельных случаях для подогрева и отпуска);
- сжимают детали в процессе протекания тока и образования литого ядра точки, оказывая при этом влияние на диаметр ядра;
- проковывают сварное соединение после выключения тока;
- отводят часть тепла из зоны сварки в процессе протекания тока и после его выключения.

ФОРМА ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Материалы и оборудование для контактной сварки.
3. Содержание работы.
4. Схема точечной сварки, объяснение ее принципа.
5. Выбор режимов сварки.
6. Циклограмма режима.
7. Испытание прочности сварных соединений при растяжении.
8. Занесение результатов испытаний в таблицу 12 и сравнение с табличными данными (табл. 3–11).
9. Изучение микроструктуры сварного шва и зоны термического влияния и их зарисовка.
10. Выводы о качестве сварных соединений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Расчет параметров режимов сварки

Диаметр ядра d мм при конической заправке электрода определяется из соотношения

$$d = (2\delta + 3), \text{ мм,}$$

а при сферической заправке – диаметр сферы определяется

$$d = (50 \dots 100)\delta, \text{ мм,}$$

где δ – толщина более тонкой из свариваемых деталей, мм.

Сила сварочного тока $I_{\text{св}}$ подсчитывается как произведение площади контактной поверхности $F_{\text{эл}}$ на плотность тока j

$$I_{\text{св}} = F_{\text{эл}} \cdot j$$

Плотность тока при сварке малоуглеродистой стали

на жестких режимах $j = 200 \div 400 \text{ А/мм}^2$;

на мягких режимах $j = 80 \div 120 \text{ А/мм}^2$.

Аустенитная нержавеющая сталь типа X18H9T лучше сваривается на жестких режимах. Из-за низкой электропроводности плотность тока и сила сварочного тока на 30–40 % ниже, чем при сварке углеродистых сталей той же толщины.

Необходимое усилие сжатия P растет с увеличением толщины деталей S .

Для малоуглеродистой стали $P = (60 \div 20)S$, кг.

Отношение $\frac{P}{S}$ ниже при мягких режимах и малых толщинах.

Удельное давление $p = \frac{P}{F_3}$, кг/мм².

На жестких режимах $p = 5 \div 12 \text{ кг/мм}^2$,

на мягких режимах $p = 3 \div 6 \text{ кг/мм}^2$.

Аустенитная нержавеющая сталь вследствие жаропрочности сваривается при большем удельном давлении на электродах (до 16 кг/мм²).

Время сварки t (с) для малоуглеродистой стали определяется по соотношениям

$t = (0,15 \dots 0,3)\delta$ – при жестких режимах,

$t = (0,8 \dots 1,0)\delta$ – при мягких режимах.

Время сварки t (с) для коррозионно-стойких сталей в два раза меньше, чем при сварке углеродистых сталей.

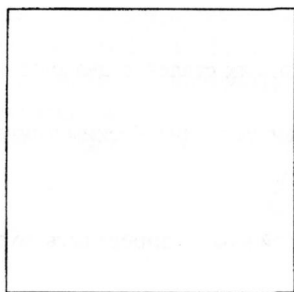
Для алюминиевых сплавов, чувствительным к термическим циклам

$$t_c = (0,15 \div 0,20)\delta, \text{ с}$$

Величину нахлестки свариваемых деталей можно определить по табл. 3.

Результаты исследований

Номер режи- ма сварки	Марка сваривае- мого ма- териала	Тол- щина образ- ца, мм	Режимы сварки					Разру- шающее усилие, σ_B	Характер разруше- ния
			$I_{св},$ кА	$t_{св},$ с	$d_{эл},$ мм	$P_{св},$ кГс	$U_{св},$ В		
	Ст3								
1									
2									
3									
4									
5									
	X18H10T								
1									
2									
3									
4									
5									



Микроструктура сварного шва
и зоны термического влияния

Выводы о качестве сварного соединения:

Работу выполнил студент _____