

Министерство образования и науки Российской Федерации

ГОУ ВПО
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

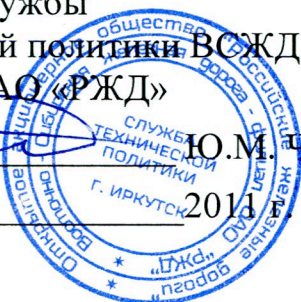
ИНСТИТУТ АВИАМАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА

Кафедра машиностроительных технологий и материалов

СОГЛАСОВАНО

И.о. нач. службы
технической политики ВСЖД –
филиала ОАО «РЖД»


Ю.М. Чернига
« » 2011 г.



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


Н.А. Буглов
" 8 " 2011 г.



ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
(рабочая учебная программа дисциплины)

Направление подготовки:	<u>150700 «Машиностроение»</u>
Профиль подготовки:	<u>«Оборудование и технология сварочного производства»</u>
Квалификация (степень)	<u>Бакалавр</u>
Форма обучения	очная
Составитель программы	Гречнева М. В., проф. каф. МТиМ, канд. техн. наук, доцент

Иркутск 2011 г.

1. Информация из ФГОС, относящаяся к дисциплине

1.1. Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к виду деятельности выпускника:

производственно-технологическая,

научно-исследовательская.

1.2. Задачи профессиональной деятельности выпускника

В дисциплине рассматриваются указанные в ФГОС задачи профессиональной деятельности выпускника:

производственно-технологическая деятельность:

организация рабочих мест, их техническое оснащение с размещением технологического оборудования;

обслуживание технологического оборудования для реализации производственных процессов;

участие в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции.

научно-исследовательская деятельность:

изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований в области машиностроительного производства.

1.3. Перечень компетенций, установленных ФГОС

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные компетенции при освоении ООП ВПО, реализующей ФГОС ВПО:

– способность обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умение осваивать вводимое оборудование (ПК-2);

– способность участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции (ПК-3);

– умение выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения (ПК-6);

– систематически изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по соответствующему профилю подготовки (ПК-17).

1.4. Перечень знаний и умений, установленных ФГОС

Знать:

– методические, нормативные и руководящие материалы, касающиеся выполняемой работы;

- правила и условия выполнения работ;
- принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности разрабатываемых и используемых технических средств.

Уметь:

- выполнять работы в области научно-технической деятельности по проектированию, информационному обслуживанию, организации производства, труда и управления, метрологическому обеспечению, техническому контролю машиностроительного производства.

2. Цели и задачи освоения программы дисциплины

Основная цель изучения дисциплины – раскрыть содержание специальности, её перспективы и особенности, пробудить интерес к усвоению знаний и умений, необходимых бакалавру сварочного производства.

В состав задач изучения дисциплины входят:

- изучение истории развития сварки;
- изучение основ современной технологии сварки и сварочного оборудования;
- ознакомление с перспективами развития и совершенствования процесса сварки;
- изучение основ техники безопасности при ручной дуговой и газовой сварке и кислородной резке.

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Введение в специальность» относится к вариативной части базового цикла профессиональных дисциплин по направлению «Машиностроение».

Дисциплина «Введение в специальность» является первой профессиональной дисциплиной учебного плана подготовки бакалавров по направлению 150700 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

Для изучения дисциплины необходимо освоение содержания дисциплин Физика, Химия, Математика.

Знания и умения, приобретаемые студентами после освоения содержания дисциплины, будут использоваться в ряде курсов базового цикла профессиональных дисциплин (Соппротивление материалов, Детали машин и основы конструирования, Технология конструкционных материалов). Основы знаний, полученных в этой дисциплине, будут развиваться в последующих специальных дисциплинах (Проектирование сварных конструкций, Технология сварки плавлением и давлением, Упрочняющие и восстановительные технологии).

4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (результаты освоения дисциплины)

- умение выбирать способы сварки и сварочные материалы, профиль и размеры кромок свариваемого соединения, обоснованные требования к сварным швам на стадии разработки технологического процесса (СК-7);

- способность обеспечивать требования процедур хранения и использования сварочных материалов при изготовлении и монтаже металлических конструкций (СК-12);
- умение проверить перед началом сварки соответствие подготовки кромок под сварку (форма и размеры) (СК-13).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- физическую сущность процесса сварки;
- особенности формирования сварного соединения при сварке плавлением и давлением;
- строение и свойства электрической дуги;
- условия зажигания и горения дуги;
- основные этапы развития сварочного производства;
- классификацию способов сварки по технологическим и физическим признакам;
- сущность, достоинства, недостатки и области применения ручной дуговой сварки и газовой сварки и резки;
- оборудование и материалы для ручной дуговой сварки и газовой сварки и кислородной резки;
- организацию рабочего места при ручной дуговой и газовой сварке и резке;
- особенности регионально-отраслевой специфики сварочного производства;
- основы техники безопасности при электрической сварке и при газовой сварке и резке.

уметь:

- анализировать современное состояние сварочного производства;
- использовать полученные теоретические знания при освоении специальных дисциплин;
- выбирать режимы ручной дуговой сварки в зависимости от марки материала и его толщины;
- осуществлять контроль основных параметров режима ручной дуговой сварки;
- внешним осмотром обнаруживать дефекты в сварных соединениях.

владеть:

- начальными навыками ручной дуговой сварки в нижнем положении;
- начальными навыками газовой сварки металлов;
- начальными навыками кислородной резки;
- универсальным шаблоном сварщика для визуального обнаружения дефектов.

5. Основная структура дисциплины.

Таблица 1. Структура дисциплины

Вид учебной работы	Трудоемкость, часов	
	Всего	Семестр
		№ 1
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	34	34
лекции	17	17
лабораторные работы	17	17
Самостоятельная работа	29	29
Вид итогового контроля по дисциплине	экзамен 45	экзамен 45

6. Содержание дисциплины

6.1. Перечень основных разделов и тем дисциплины

1. Введение. История изобретения и становления сварки
2. Развитие сварки в советский период и в настоящее время
3. Физическая сущность процесса сварки
4. Классификация способов сварки, типов соединений и швов
5. Электрическая дуга, её свойства и строение
6. Электрическая ручная дуговая сварка
7. Газовая сварка и резка
8. Сварка в особых условиях и областях
9. Перспективы развития и совершенствования процессов сварки

6.2. Краткое описание содержания теоретической части разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение. Изобретение и становление сварки

Начальные навыки самостоятельного решения инженерных задач воспитываются у молодых специалистов в процессе обучения в вузе. Однако студентам-первокурсникам на первых порах трудно оценить общий уровень развития сварочной науки и техники, возможности и области использования сварочных технологий, поскольку в общеобразовательных школах таких специальных знаний они не получают. Данная дисциплина призвана помочь будущему бакалавру ознакомиться с историей возникновения и развития сварки, выявить взаимосвязи различных явлений, присущих процессу сварки, уяснить необходимость и перспективность приложения своего труда, таланта, идей в деле совершенствования сварки.

Сварка металлов, как процесс получения неразъемных соединений отдельных частей, открыта человеком еще в период первоначального освоения металла, обнаруженного им в виде самородков. Способность металла коваться, особенно при небольшом нагреве, натолкнула людей энеолита на возможность изготовления различных вещей путем сварки, получившей впоследствии название *кузнечной*.

В III-II тыс. до н.э. были освоены новые технологические приемы изготовления изделий из металлов: литье, фальцовка, паяние и клепка. Более высокого уровня развития и разнообразия техника получения неразъемных соединений металлов достигнет в железном веке. Кузнечная сварка была основным, хорошо разработанным и освоенным методом технологии при изготовлении всевозможных железных и стальных изделий: замочных пружин, кольчуг, высококачественных режущих или рубящих частей орудий и оружия.

С развитием техники сварки связаны первые опыты в изготовлении огнестрельного оружия. Впервые упоминание об использовании русскими войсками артиллерии дается при описании обороны Москвы от орд хана Тохтамыша в летописи 1382 г. Это были орудия типа пушек, стрелявших каменными ядрами. Артиллерийские орудия и пищали выковывали из железа. На протяжении длительного периода методы соединения металлов оставались практически неизменными: совершенствовалась кузнечная сварка и пайка. Это позволило повысить качество сварки и расширить области ее применения.

Однако во многих отраслях производства кузнечная сварка уже не могла удовлетворить возросшим требованиям техники. В то же время, в XIX веке были сделаны крупные открытия в области физики и, в частности, в области магнетизма и электричества, создавшие предпосылки практического осуществления соединения металлов с помощью электричества. Уместно вспомнить, что еще в середине XVIII в. **М.В. Ломоносов** прозорливо предугадал значение новой зарождающейся науки об электричестве. "Электрическая сила, считал он, - открывает великую надежду к благополучию человеческому". На основе своих знаменитых опытов с атмосферным электричеством сподвижник Ломоносова академик **Г.В. Рихман** пришел к мысли о возможности применения электрических искр для плавления металлов. **17 мая 1802 г. В.В. Петров** в присутствии медицинской коллегии и многих знаменитых особ публично демонстрирует явление электрической дуги. Таким образом, уже первооткрывателем дугового разряда академиком В.В.Петровым были намечены возможности его практического использования для освещения и плавления металлов. Однако реальные возможности электротехники того времени, недостаточность знаний об электричестве, отсутствие различных электрических аппаратов – выключателей, регуляторов и т.п. и, самое главное, достаточно мощных и простых источников тока, делали невозможным применение дугового разряда к практическим целям, в том числе и для целей соединения металлов путем их расплавления. Потребовались долгие годы развития электротехники и других отраслей промышленности, приведшее к созданию простых, достаточно мощных и экономичных генераторов тока.

Выдающийся вклад в создание таких генераторов внес английский ученый **М. Фарадей**, открывший в 1831 г. принцип электромагнитной индукции. Бурно развивающаяся во второй половине XIX века техника, промышленность, железнодорожный транспорт остро нуждались в сравнительно де-

шевом и простом способе соединения металлов, ремонте поломанных и изношенных деталей Известные в то время кузнечная сварка и клепка не могли удовлетворить потребности производства. И вот спустя почти 80 лет после открытия В. В. Петровым явления дугового разряда талантливый русский изобретатель **Николай Николаевич Бенардос** находит реальный путь применения электрической дуги для целей сварки.

Будучи сотрудником Петербургской фирмы, основанной известным изобретателем **П.Н. Яблочковым** (автором "электрической свечи") Н.Н. Бенардос начал соединять элементы свинцовых аккумуляторов, расплавляя кромки теплом электрической дуги. В 1881 г. он демонстрирует новый способ сварки металлов угольным электродом в лаборатории Кабата в Париже. **Именно 1881 г. и считается годом крупнейшего изобретения XIX века - электрической дуговой сварки.**

Своему изобретению Н.Н. Бенардос дал название "Электрогефест" в честь бога по имени Гефест - бога-кузнеца, покровителя ремесел в древнегреческой мифологии. Способ "Электрогефест" Бенардос запатентовал, кроме России, также в большинстве промышленно-развитых стран: Франции, Англии, Германии, США, Швейцарии, Швеции, Австрии и др. странах. Имя Н. Н. Бенардоса становится широко известным в научных и технических кругах за границей. На 4-ой электрической выставке в Петербурге в 1882 г. его "Электрогефест" был отмечен высшей наградой - золотой медалью.

История дальнейшего развития электрической дуговой сварки теснейшим образом связана с именем выдающегося русскою инженера-металлурга конца XIX столетия **Николая Гавриловича Славянова**.

Работая почти одновременно с Н. Н. Бенардосом Н. Г. Славянов искал надежный способ заварки дефектов в отливках. Видимо поэтому он назвал свое изобретение "электрическая отливка металлов" Н.Г. Славянов ставя практически те же цели использования дуги, что и Н.Н. Бенардос (сварка, наплавка) добился существенного упрощения процесса сварки и расширил области его практического использования.

Важнейшим отличием способа сварки, разработанного Н.Г. Славяновым, является применение вместо угольного электрода, использованного Бенардосом, металлического плавящегося.

Свое изобретение Н.Г.Славянов запатентовал в 1890-1891гг. в ряде развитых стран, таких как Франция, Германия, Великобритания, США и др.

Обладая глубокими знаниями металлургии и электротехники, Н.Г.Славянов разработал способ дуговой сварки металлическим плавящимся электродом с защитой сварочной зоны слоем порошкообразного вещества - флюса и первый в мире механизм - "электроплавильник" для полуавтоматической подачи электродного прутка в зону сварки.

Следует отметить, что несмотря на первоначальные успехи русских изобретателей, инженеров и промышленников в деле разработки и внедрения дуговой сварки, к началу XX в. промышленно развитые страны Европы и США быстро догнали и опередили Россию по объему применения сварки.

В 1907 г. шведский инженер **О. Кельберг**, совершенствуя сварку по

способу Н.Г.Славянова предложил наносить на поверхность плавящегося электрода слой покрытия из различных веществ, что позволило повысить устойчивость горения дуги как на постоянном, так и на переменном токе. Кроме того, в покрытие можно было вводить такие вещества, которые обеспечивали легирование расплавленного металла и его защиту от вредного воздействия атмосферы воздуха. Благодаря этому и другим техническим решениям сварка получала все более широкое распространение.

Тема 2. Развитие сварки в советский период и настоящее время

Во многих отраслях промышленности и строительства становление электрической сварки связано с деятельностью выдающихся организаторов и инициаторов сварочного дела, таких как *Дульчевский Д.А.* (1878-1961) – организатор сварочных мастерских в Одессе, *Никитин В.П.* (1693-1956) – крупный ученый в электромеханике и электросварке, *Вологдин В.П.* (1883-1950) – пионер электросварки на Дальнем востоке, организатор первой кафедры сварки при Дальневосточном университете и др.

В 1922 г. на Дальзаводе под руководством Вологодина В.П. впервые были изготовлены сварные паровые котлы, там же впервые в 1928 г. построен первый цельносварной мост. На Николаевском судостроительном заводе в 1927 г. было впервые организовано производство сварных большегрузных цистерн для перевозки нефтепродуктов и т.д.

Темпы развития сварочного производства нарастали с каждым годом. Уже к концу второй пятилетки в СССР была создана мощная база по производству сварочного оборудования. За 15 лет (1925-1939 гг.) было изготовлено свыше 67 тыс. источников питания различных типов и около 6 тыс. машин для контактной сварки. Для производства сварочного оборудования и материалов были организованы специализированные предприятия. Так, например, на базе ленинградского завода "Электрик" создается электросварочная лаборатория, которая занималась разработкой и исследованием в области дуговой и контактной сварки, что позволило разработать необходимое оборудование и изготовить его на заводе. В результате работ многих ученых и конструкторов появляются оригинальные сварочные машины и аппараты. Было налажено производство однокорпусного сварочного трансформатора В. П. Никитина – СТН. *К.К. Хренов* создал трансформатор СТХ. Важным этапом развития ручной дуговой сварки было создание на заводе "Электрик" трансформаторов СТЭ-3, СТЭ-34 и др., а также организация на ряде предприятий производства более совершенных покрытых электродов. В сварочном комбинате Оргаметалла в 1934 г. разработаны толстопокрытые электроды с шлако- и газообразующим покрытием типа ОМТУ1-1, ОММ-2. Позднее *А.А.Ерохин* разработал покрытие ОММ-3, а *К.В.Любавский* – ОММ-5. Эти электроды на протяжении более чем 20 лет были самыми распространенными в нашей стране. Выдающимся событием была разработка в 1938 г. в Ленинграде под руководством К.В. Петраня серии электродных покрытий типа УОНИ-13, которые дали возможность сваривать конструкционные стали по-

вышенной прочности и получить высокие механические свойства сварных соединений. Электроды УОНИ-13 были одними из лучших в мировой сварочной технике и широко применяются в странах СНГ до сих пор для сварки конструкций различного назначения.

Применение сварки сыграло большую роль при строительстве таких гигантов, как Днепрогэс, Магнитогорский и Кузнецкий металлургические комбинаты, заводы "Азовсталь" и "Запорожсталь", Волгоградский, Харьковский и Челябинский факторные заводы и другие предприятия.

Выдающуюся роль в развитии сварочного производства сыграл всемирно известный ученый в области мостостроения и сварки академик АН УССР **Евгений Оскарович Патон**. Уже будучи признанным крупным специалистом по мостам Е. О. Патон в 58 лет принимает неожиданное для многих людей, знавших его, решение - заняться новым для себя научным направлением - исследованиями в области электросварки. Для этого им в 1929 г при Академии республики была организована кафедра инженерных сооружений, основой которой была лаборатория электросварки. Позднее, в 1939 г. по инициативе Е. О. Патона в г. Киеве на базе кафедры инженерных сооружений и электросварочного комитета был создан научно-исследовательский институт электросварки АН УССР. Е. О. Патон был назначен директором этого ныне широко известной и самой крупной научно-исследовательского института по сварке. В конце тридцатых годов на основе идей, выдвинутых еще Н. Г. Славяновым, в институте электросварки под руководством Е.О. Патона был разработан и получил путевку в жизнь способ скоростной сварки под флюсом с использованием оригинальной отечественной аппаратуры, позволивший перевести сварку на индустриальную основу.

Высокие темпы развития сварочной техники в этот период объясняются не только большими потребностями в ней в различных областях промышленности и строительства, но и всесторонними и глубокими исследованиями научных основ сварочных процессов. Широким фронтом проводились исследования в области прочности и работоспособности сварных конструкций и методов их проектирования. Здесь в первую очередь необходимо отметить заметный вклад в эту область таких ученых как **Е.О. Патон** (г. Киев), **Н.О. Окерблом** (г. Ленинград), **Г.А. Николаев** (г. Москва), **Б.Н. Горбунов** (г. Киев) и др.

Значительные исследования были выполнены в отделе сварки ЦНИИТМАШ. При участии **К.В. Любавского**, **А.А. Ерохина**, **А.А. Алова** были разработаны новые марки электродов для сварки сталей и чугуна, технология сварки ответственных конструкций из углеродистых и легированных сталей, технология сварки и сварочная оснастка для ряда автомобильных, авиационных и машиностроительных заводов.

В это же время в ряде организаций были проведены комплексные исследования металлургических процессов, происходящих при дуговой сварке. Эти работы заложили основы новому направлению сварочной науки – металлургии сварочных процессов.

В суровые годы Великой Отечественной войны все усилия сварщиков

были направлены на помощь оборонной промышленности. Самым большим достижением сварщиков в годы войны следует считать широкое внедрение автоматической сварки под флюсом на ряде оборонных заводов.

Под руководством Е.О.Патона были созданы технология, сварочные материалы и аппаратура для скоростной сварки броневой стали. Научные сотрудники Института электросварки, эвакуированного в 1941 г. на Урал, самоотверженно работали над внедрением сварки под флюсом различных боеприпасов, авиабомб и корпусов танков.

За три с половиной года с конвейера только одного Уральского танкового завода сошли десятки тысяч первоклассных танков Т-34. В годы Великой Отечественной войны широкое применение получила контактная сварка при изготовлении артиллерийского и стрелкового вооружения, производстве вагонов, паровозов и др. техники.

Под руководством К.К.Хренова в 1942 г. была создана лаборатория сварки и резки под водой, сыгравшая значительную роль при восстановлении поврежденных судов, военных кораблей, а также при разборке пролетных строений взорванных мостов.

Плодотворную работу по внедрению сварочной техники в оборонную промышленность вели многие организации, например ЦНИИТМАШ, МВТУ им. Н.Э. Баумана, НИАТ и другие.

Даже в особенно тяжелых условиях блокадного Ленинграда не прекращались работы в области сварки. *Н.О. Окерблом, А.А. Алексеев* и др. выполняли задания военного командования, в тяжелейших условиях оказывали научно-техническую помощь заводским работникам, готовили сварщиков на различных курсах и т.д. Так сварщики страны вносили весомый вклад в победу над гитлеровской Германией.

В послевоенный период перед сварочной техникой и наукой были поставлены новые задачи по развитию и созданию прогрессивных технологических процессов и способов сварки в различных областях народного хозяйства.

Крупнейшим достижением сварочной науки явилась разработка в 1952 г. учеными *К.В. Любавским* и *Н.М. Новожиловым* (ЦНИИТМАШ) нового способа дуговой сварки плавящимся электродом в защитной среде углекислого газа, получившая широкое распространение как в СССР, так и за рубежом. Разработанные в последующий период специальная аппаратура, электродная проволока, техника и технология этого способа сварки находят широкое применение и в настоящее время.

Работы над совершенствованием дуговой сварки под флюсом, и, в частности, исследования вертикальной сварки толстого металла, привели к появлению нового, уникального процесса - электрошлаковой сварки. Разработка этого способа сварки и его внедрение в тяжелом машиностроении явилось выдающимся вкладом в мировую сварочную науку и технику. Авторам способа *Г.З. Волошкевичу, Б.Е. Патону, И.Г. Гузенко, И.Д. Давиденко, В.Г. Радченко* в 1957 г. присуждена Ленинская премия.

Перелистывая последние страницы истории сварки можно было бы

назвать многие выдающиеся достижения в этой области, как например, разработка принципиально новых способов сварки таких как электронно-лучевая, световая, лазерная, диффузионная, ультразвуковая, плазменная и т.д. С каждым годом сварка находит все новые сферы применения. Освоение морских и океанских месторождений полезных ископаемых, строительство мощных атомных электростанций, освоение космического пространства, внедрение робототехники и программируемых комплексов и т.д. - требуют решения все новых и новых творческих задач в области сварочной техники и науки.

Тема 3. Физическая сущность сварки

В технике используют различные виды разъемных и неразъемных соединений твердых тел. Разъемные соединения, которые можно разбирать и снова собирать, бывают в виде резьбовых, клиновых, шпоночных и других соединений.

Неразъемные соединения могут быть выполнены монолитными (сплошными) и немонолитными. К монолитным относятся соединения, получаемые сваркой, пайкой или склеиванием, а к немонолитным клепаные соединения.

Для получения неразъемного соединения твердых тел необходимо обеспечить взаимодействие между их поверхностными атомами. С этой целью нужно сблизить поверхностные атомы соединяемых частей на расстояние, близкое к межатомному, т.е. порядка нескольких ангстрем ($3 \dots 5 \cdot 10^{-8}$ см), чтобы между ними по всей плоскости соприкосновения установился физический контакт, тогда возникнут межатомные связи. Такой процесс сближения атомов сопровождается их активацией, т.е. повышением энергии.

Возможность взаимодействия поверхностных атомов затруднена из-за наличия на поверхности тела окислов, жировых пленок и других загрязнений, а также слоя адсорбированных газов и паров, образующегося в атмосфере воздуха. Для преодоления отмеченных трудностей в сварочной технике используются два основных приема: нагрев и давление.

Если соединяемые части металла нагревать до расплавления, то самопроизвольно образуется сварочная ванна жидкого металла, в процессе затвердевания которой легко устанавливаются необходимые межатомные связи и формируется сварной шов прочно соединяющий две металлические части в монолит.

Однако для получения сварного соединения можно использовать нагрев и без расплавления металла. В процессе нагрева, с повышением температуры металла, связи между атомами ослабляются, они становятся подвижнее, металл приобретает мягкость, возрастают его пластические свойства. Если далее произвести сдавливание соединяемых частей (их осадку), то возникнут пластические деформации, "течение" металла в месте соединения, поверхностные слои окислов и загрязнений разрушаться: тогда на соединяемые поверхности выйдут внутренние, свежие, "ювенильные" (не бывшие в контакте с внешней средой) слои металла, осуществится их физический кон-

такт и установятся необходимые межатомные связи.

Нагрев и осадка при сварке дополняют друг друга. Большому нагреву отвечает меньшая осадка и наоборот.

Поле рисунка разделяется кривой на две области: сваривания (выше кривой) и отсутствия качественного сваривания (заштрихованная область ниже кривой). Штриховые вертикальные линии позволяют установить температурные границы по сварке железа. При температуре металла ниже t_1 для получения качественных сварных соединений требуется очень большое, практически не применяемое осадочное давление.

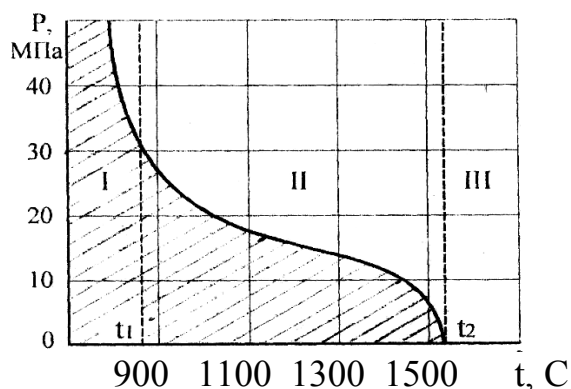


Рисунок 1. Зависимость между температурой и давлением, необходимыми для сварки железа. I - область ограниченного сваривания; II - область сварки давлением; III - область сварки плавлением

Поэтому область (I) названа областью ограниченного сваривания железа. При нагреве железа до более высоких температур в пределах $t_1...t_2$, чтобы осуществить сварку, требуется приложить осадочное давление тем меньшее, чем до более высокой температуры нагрет металл. Отвечающая этому интервалу температур область сварки железа (II) названа областью сварки давлением. И, наконец, при достижении железом температуры его плавления (t_2) и более, осадочное давление прикладывать нет необходимости ($P=0$). Сварка железа при таких параметрах процесса относится к области сварки плавлением (область III).

Сварное соединение можно получить и без какого-либо нагрева свариваемых частей металла, т.е. в холодном состоянии, осуществляя их значительное сдавливание. Однако для такой сварки соединяемые металлы должны обладать высокими пластическими свойствами. Такими свойствами обладают алюминий, медь, свинец и некоторые другие металлы.

Сваркой называется процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого. Сварные соединения характеризуются непрерывной структурной связью.

Близким по свойствам к сварке является процесс пайки. При пайке зазор между соединяемыми твердыми поверхностями заполняется жидким

сплавом-припоем, температура плавления которого ниже температуры плавления соединяемых металлов. В результате взаимодействия припоя с поверхностными слоями нагретых паяемых деталей могут образоваться твердые растворы, либо химические соединения, либо устанавливается бездиффузионное сцепление (адгезия).

Последний случай сближает пайку со склеиванием, которое находит все большее применение для получения неразъемных соединений металлов и др. материалов.

Тема 4. Классификация способов сварки, типов соединений и швов

В настоящее время в основу классификации процессов сварки положено три группы признаков: физические (форма энергии и вид источника, используемые для образования соединения), технические (способ защиты металла в зоне сварки, непрерывность и степень механизации процесса) и технологические (устанавливаются для каждого метода сварки отдельно).

Наиболее общими и существенными являются физические признаки классификации сварочных процессов. В табл. 1 приводятся виды сварки, классифицированные по этому признаку.

Как видно из таблицы, виды сварки, выделяемые в термический класс, осуществляются плавлением за счет использования тепловой энергии. В механический класс выделены виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления. Промежуточный термомеханический класс образуют те виды сварки, которые осуществляются при использовании и тепловой энергии и давления.

Два других признака классификации (технические и технологические) охватывают многочисленные разновидности основных видов сварки, перечисленных в табл. 1. Так, например, только дуговая сварка насчитывает не один десяток методов, разновидностей, способов и приемов сварки, таких как сварка под флюсом, сварка в защитном газе, сварка под водой, сварку в вакууме, двухдуговая сварка и т.д.

В зависимости от области применения и конкретных требований производства используются те или иные виды и способы сварки, количество которых сегодня достигает многих десятков.

Таблица 1. Классификация сварки металлов по физическим признакам

Класс сварки	Виды сварки	Примечание
Термический	Дуговая, электрошлаковая, электронно-лучевая, плазменно-лучевая, лазерно-лучевая, ионно-лучевая, тлеющим разрядом, световая, индукционная, газовая, термитная, литейная.	Виды сварки, осуществляемые плавлением с использованием тепловой энергии
Термомеханический	Контактная, диффузионная, индукционно-прессовая, газопрессовая, термокомпрессионная, дугопрессовая шлакопрессовая,	Виды сварки осуществляемые с использованием тепловой

	термитнопрессовая, печная.	энергии и давления
Механический	Холодная, взрывом, ультразвуковая, трением, магнитоимпульсная.	Виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления

Разнообразие способов сварки, пайки и склеивания создает исключительно "гибкие" и эффективные приемы образования неразъемных монолитных соединений. Соединение это участок конструкции, в котором отдельные ее детали соединены с помощью сварки, пайки или склеивания. Сварное соединение, выполненное дуговой сваркой, состоит из основного металла (металла соединяемых деталей), сварного шва и примыкающей к шву зоны основного металла, претерпевшего структурные изменения в результате термического воздействия источника нагрева (зона термического влияния, рис.2, а) Сварной шов представляет собой закристаллизовавшийся металл, который в процессе сварки находился в расплавленном состоянии. В паяное соединение входят основной металл и шов (рис. 2,б), шов паяного соединения получается за счет введения в зазор между соединяемыми деталями припоя, который в процессе нагрева расплавляется, растекается по поверхностям сопряжения деталей, а при последующем охлаждении кристаллизуется.

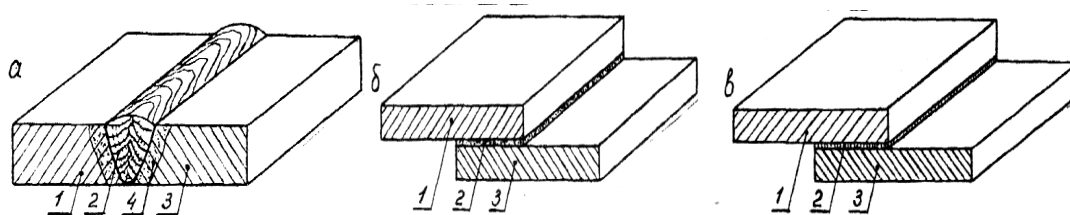


Рисунок 2. Неразъемные соединения, получаемые сваркой (а), пайкой (б), склеиванием (в). 1,3 - основной металл; 2 - шов; 4 - зона термического влияния (а)

Клееное соединение состоит из склеиваемых деталей и клееного шва (рис. 2,в).

В зависимости от требований к будущей конструкции и возможностей взаимного расположения соединяемых элементов используют следующие (основные) виды соединений.

Стыковое соединение (рис. 3,а) - образовать его могут элементы одинаковой или различной толщины. Швы таких соединений называют стыковыми.

Широкое распространение имеют **тавровые** и **угловые** соединения (рис. 3,а и б - соответственно), которые получают при сборке элементов в виде буквы "Т" или "Г".

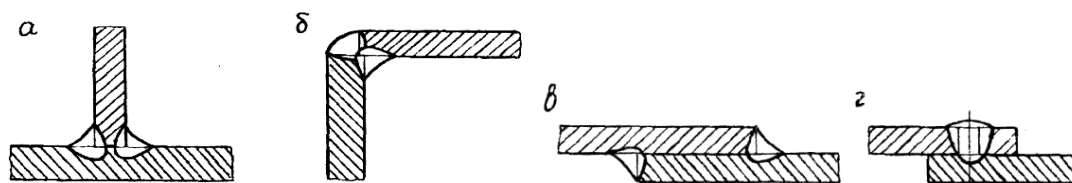


Рисунок 3. Виды сварных соединений: тавровое (а); угловое (б); нахлесточное с угловыми (в) и пробочными (г) швами

Угол между полкой и стенкой может быть прямым, а может и отличаться от 90° . Сочетание толщин деталей может быть различным. Швы таких соединений называют угловыми. При нахлесточном соединении один лист накладывается на другой (рис. 2,б,в и рис. 3,в,г). Выполнять такое соединение можно с помощью пайки, склеивания (рис. 2,б, в) или сварки. Сварка может осуществляться угловыми швами (рис.3,в) пробочными швами, которые получают путем полного проплавления верхнего и частичного проплавления нижнего листов (рис.3,г) - их часто называют электрозаклепками, либо путем проплавления верхнего листа через предварительно проделанное в верхнем листе отверстие.

Сварные швы могут выполняться в нижнем положении, в потолочном положении, на вертикальной или наклонной плоскости. Удобнее всего выполнять швы в нижнем положении. Однако не всякое изделие можно поворачивать с помощью специальных устройств в удобное для сварки положение, при сварке кораблей, трубопроводов, каркасов зданий и т.п. приходится выполнять швы в различных пространственных положениях. Современная техника и технология сварки позволяют успешно выполнять сварные швы в любых пространственных положениях.

Тема 5. Электрическая дуга и ее строение

В современных условиях среди многочисленных способов сварки материалов первое место по всем основным показателям – количеству выпускаемой продукции, числу занятых рабочих и действующих установок – занимает дуговая электросварка. Это объясняется такими преимуществами дуговой сварки как высокая концентрация тепловой энергии, универсальность процесса, простота, надежность и относительно низкая стоимость оборудования, возможность механизации процесса сварки.

Чтобы понять, на чем основана дуговая сварка необходимо, прежде всего, уяснить, что представляет собой электрическая дуга.

Электрическая дуга представляет собой один из видов устойчивого электрического разряда через газовый или парогазовый промежуток, характеризующийся высокой плотностью тока и температурой.

Для сварки важно, чтобы дуга легко возбуждалась, устойчиво существовала и легко регулировалась по своим энергетическим параметрам. Известно несколько способов возбуждения дугового разряда.

На рис.4 показана схема дуги постоянного тока, горящей между электродом 1 (катод) и изделием 3 (анод). В межэлектродном (дуговом проме-

жутке) находится электропроводный канал 2, называемый столбом дуги.

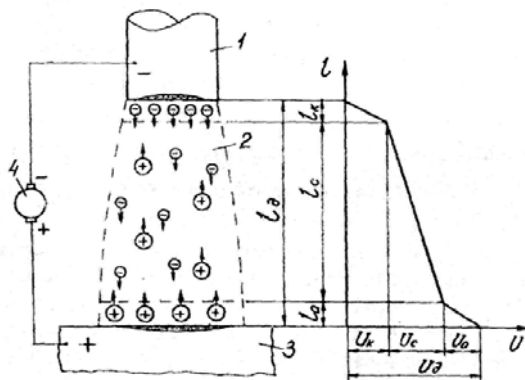


Рисунок 4. Схема строения сварочной дуги и распределение напряжения по ее длине.

Газы столба достаточно ионизированы, ослепительно ярко светятся, имеют по его оси высокую температуру - порядка 10000 °С. Наиболее ионизирована центральная часть столба.

Основаниями столба дуги являются расположенные на электродах ярко светящиеся *катодное и анодное пятна*, их называют активными, плотность тока в которых может составлять десятки тысяч ампер на квадратный см. На них протекает преобразование электрической энергии газового разряда в тепловую, нагревающую и расплавляющую металл, способную доводить его до кипения, превращать в пары.

Расстояние от анодного до катодного пятна называется длиной дуги (l_d). Длина дуги редко превышает 1-2 см, а диаметр столба дуги - и того меньше. Плазма дуги занимает небольшой объем - около 1 см³, который можно разделить на три области: две из них непосредственно прилегают к катодному и анодному пятну и имеют небольшую протяженность (l_a, l_k) сопоставимую с длиной свободного пробега. Третья область - собственно межэлектродный промежуток, заполненный ионизированным газом. Длина его l_c близка к длине дуги l_d . В каждой из областей происходят сложные явления.

Столб дуги, достаточно однородный по строению и свойствам, примыкает своими концами к электродам - аноду и катоду, через которые питается током от источника питания 4 (рис.4). Приэлектродные области (анодная и катодная), т.е. зоны перехода от твердых или жидких проводников - электродов к газовому проводнику - столбу дуги, являются наиболее сложными областями дугового разряда. Протекание тока в пограничных областях носит необычный характер. Здесь наблюдаются очень высокие плотности тока и совершенно необычные напряженности электрического поля - в десятки тысяч вольт на сантиметр по сравнению с 20-30 В/см в столбе дуги. Именно в этих областях горячая плазма граничит со сравнительно холодной поверхностью электродов, нагретых до 2-3 тыс. градусов.

Падение напряжения в дуге на различных ее участках, отнесенное к единице длины, неодинаково.

На рис.4 представлено распределение падения напряжения в дуге. В прикатодной области на длине около 10^{-5} см сосредоточена значительная часть напряжения дуги, называемая катодным падением напряжения (U_k). В прианодной области сосредоточено анодное падение напряжения (U_a).

Таким образом, напряжение дуги может быть представлено как сумма трех составляющих:

$$U_d = U_k + U_c + U_a, \quad (1.1)$$

где U_d, U_k, U_c, U_a - соответственно общее напряжение на дуге и падение напряжений: катодное, в столбе дуги и анодное.

Количество тепла, выделяемое дугой в единицу времени $Q_{пол}$ может быть определено по зависимости

$$Q_{пол} = I_d \cdot U_d, \quad (1.2)$$

где I_d - ток дуги.

При сварке не все тепло, выделенное дугой, вводится в изделие. Часть тепла теряется в виде излучения в окружающую среду.

Количество тепла, введенное в изделие, учитывается эффективным коэффициентом полезного действия сварочной дуги η . Величина эффективного КПД дуги η зависит от многих факторов и колеблется в пределах от 0,5 до 0,9.

Тема 6. Электрическая ручная дуговая сварка

Анализ объема использования различных способов дуговой сварки в различных отраслях показывает, что в настоящее время основным способом является ручная дуговая сварка покрытым электродам, что объясняется простотой и универсальностью этого способа сварки. Хотя доля ручной дуговой сварки непрерывно снижается она еще длительное время будет использоваться как маневренный и доступный способ сварки, особенно при выполнении работ в труднодоступных местах и в условиях монтажа.

Как уже ранее упоминалось, открытие Н. Н. Бенардоса усовершенствовал Н.Г.Славянов, заменив угольный электрод металлическим, плавящимся. Однако использование непокрытого, голого (или покрытого тонким слоем мела для стабилизации дугового разряда) прутка-электрода не обеспечивало получения сварных швов высокого качества, из-за насыщения металла кислородом и азотом из атмосферы воздуха.

В 1907 году шведский инженер О. Кельберг предложил первые качественные или толстопокрытые электроды, применение которых значительно повысило качество сварных швов.

В настоящее время электродное производство в странах СНГ выпускает более 500 типов электродов с самыми различными качественными покрытиями, которыми успешно свариваются стали, чугуны, цветные металлы, их сплавы, и другие различные материалы.

Покрытие современных качественных электродов имеет толщину 1-3 мм (рис.5). Оно представляет собой тонкоизмельченную смесь, состоящую из

различных минералов, рудных продуктов, горных пород, ферросплавов, органических и других веществ, скрепленных между собой и с поверхностью металлического прутка - водным раствором жидкого стекла. Такое сложное по составу покрытие выполняет ряд функций помимо защитной – от вредного воздействия воздуха (кислорода и азота) на жидкий металл, облегчения зажигания дуги и устойчивости ее горения, составляющие покрытия осуществляют очень важную металлургическую обработку расплавленного металла – его раскисление, т.е. освобождение в той или иной мере от кислорода, внесение в металл специальных добавок, улучшающих его свойства (легирование), очищение металла от вредных примесей - серы и фосфора (рафинирование), измельчение размеров кристаллов в процессе затвердевания металла.

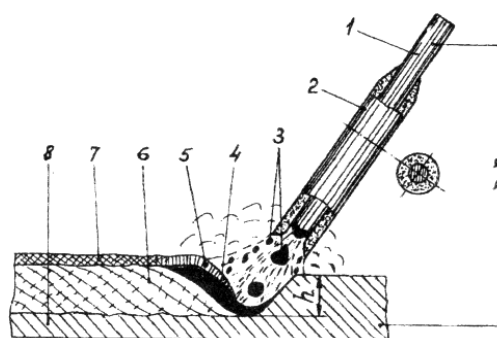


Рисунок 5. Схема ручной дуговой сварки плавящимся металлическим электродом с покрытием.

На рис.5 показана схема ручной сварки покрытым электродом, с изображением продольного сечения зоны сварки.

При ручной дуговой сварке электрод зажимается в специальный держатель, находящимся в руке сварщика, который с помощью кабеля соединяется с источником питания дуги.

Дуга может питаться как постоянным, так и переменным током, одно- или многофазным, низкой или высокой частоты. При постоянном токе имеет значение полярность электрода. Чаще к электроду присоединяют отрицательный полюс источника тока, а к изделию - положительный; тогда получают прямую или нормальную полярность.

После возбуждения дуги сварщик начинает ее перемещать в заданном направлении. По мере плавления электрода он подает его в зону сварки для поддержания длины дуги постоянной величины. При расплавлении электрода одновременно плавится и свариваемый металл, в результате формируется сварной шов.

При выполнении сварочных работ сварщик пользуется специальным щитком, защищающим лицо и глаза от сильного светового потока и брызг металла. В щитке имеется окно с темным защитным стеклом, позволяющим наблюдать за зоной сварки и влиять на поведение жидкого металла в сварочной ванне. Теплом дуги расплавляется не только металлический прутки 1

(рис.5), но и покрытие 2, и в виде капель 3 переносится в сварочную ванну 4, где перемешивается с расплавленным металлом свариваемого изделия. Покрытие плавится медленнее прутка, поэтому на торце электрода образуется своеобразная втулочка, направляющая поток выделяемых газов и паров в дуге в сторону сварочной ванны, облегчающих отрыв капель от торца электрода. Металл ванны покрывается защитным слоем шлака 5 образующим, затем, на затвердевшем металле шва 6 шлаковую корку 7, сбиваемую с его поверхности по окончании сварки. Глубина h (рис.5), на которую расплавляется свариваемый металл (глубина проплавления) зависит от режима сварки (силы сварочного тока, скорости перемещения дуги вдоль свариваемых кромок и др. параметров) и пространственного положения зоны сварки.

Важной характеристикой качественных электродов; являются **коэффициент наплавки** α_n , который показывает, сколько электродного металла под действием сварочного тока в 1 ампер наплавляется в единицу времени. Зная коэффициент наплавки электрода и величину используемого тока, можно легко определить производительность сварки этим электродом:

$$g = \alpha_n \cdot I, \quad (1.3)$$

где g – производительность наплавки, г/ч; α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч; I – величина тока, А.

Коэффициент наплавки у обычных электродов с покрытием лежит в пределах 8-10 г/А·ч.

Коэффициент наплавки можно увеличить, если в состав покрытия ввести железный порошок (от 5 до 50 % массы прутка); тогда коэффициент наплавки возрастает до 12-20 г/А·ч, а производительность сварки возрастает в 1,5-2 раза.

Главным достоинством ручной дуговой сварки является универсальность и большая маневренность: она может осуществляться не только в любом пространственном положении, но и в недоступном для других способов сварки месте изделия, при любой толщине свариваемого металла, обеспечивая выполнение швов самой различной протяженности. Применение несложного в устройстве и работе оборудования для питания дуги позволяет использовать этот способ не только в стенах крупного предприятия, но и на строительных, а также монтажных площадках, в небольших мастерских как городского, так и сельского типа.

Вместе с тем ручной дуговой сварке присущи значительные недостатки, важнейшими из которых являются: использование ручного труда рабочих высокой квалификации, низкая производительность процесса вследствие использования небольших величин сварочного тока (чтобы не перегревался прутки электрода) и перерыва процесса из-за необходимости замены электродов по мере того, как они расплавляются.

В практике сварочного производства известны многочисленные попытки приуменьшить названный недостаток ручной дуговой сварки. В результате были разработаны такие способы сварки, как сварка электродами повышенного диаметра (до 10 мм), сварка пучком электродов, сварка с глу-

боким проваром (или сварка опиранием электрода), сварка лежачим и наклонным электродами и т.д.

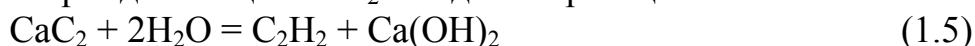
Тема 7. Газовая сварка и резка

Газовая сварка основана на использовании для расплавления металла пламени сжигаемых в специальных горелках горючих газов.

В 1901 г., французскими инженерами *Эдмоном Фуше* и *Шарлем Пикаром* была сконструирована газосварочная горелка, работающая на ацетилено-кислородной смеси. Предложенная ими конструкция газосварочной горелки практически не изменилась до настоящего времени.

Изобретатели газовой сварки назвали ее автогенной, т.е. «самопроизводящейся». Это не столь удачное название употребляется иногда и в настоящее время.

Для успешной газовой сварки подавляющего большинства материалов и сплавов температура сварочного пламени должна быть не менее 3000°C. Из многочисленных горючих газов этому удовлетворяет только ацетилен – C₂H₂, получаемый в специальных ацетиленовых генераторах, в которых протекает взаимодействие карбида кальция CaC₂ с водой по реакции:



Карбид кальция - твердое и тугоплавкое кристаллическое вещество образуется при сплавлении извести (CaO) с углем (C), в дуговых электрических печах:



Для достижения наивысшей температуры при сгорании ацетилена используется почти чистый кислород (97 – 98 % кислорода), который получают из атмосферного воздуха на специальных установках и поставляют потребителю в стальных баллонах под давлением 15,0 МПа.

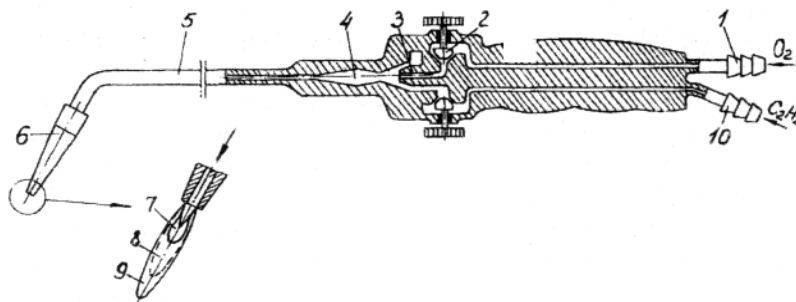


Рисунок 6. Конструктивная схема инжекторной горелки и строение сварочного пламени.

В практике газовой сварки нашли широкое промышленное применение сварочные горелки инжекторные или низкого давления. Схема такой горелки показана на рисунке 6. По шлангу через ниппель 1 и регулировочный вентиль 2, в инжектор 3 горелки поступает кислород под давлением 0,3...0,4 МПа. Струя кислорода выходя с большой скоростью из узкого канала инжектора инжектирует (подсасывает) ацетилен, подводимый к горелке по

шлангу через ниппель 10 под небольшим давлением - менее 0,05 МПа. В смесительной камере 4 кислород смешивается с ацетиленом, откуда смесь по смесительной трубке 5 движется к наконечнику 6 горелки.

При выходе из канала наконечника смесь поджигается, образуя сварочное пламя сложной структуры. Нормальное сварочное пламя имеет три характерных зоны: первая зона 7 со средней температурой 1500°C, где происходит распад ацетилена ($C_2H_2 = 2C + H_2$), вторая зона 8, где ацетилен взаимодействует с кислородом, поступающим из горелки (по реакции $C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2$), в результате температура пламени возрастает до 3100°C, причем продукты сгорания обладают восстановительными свойствами, наконец, в третьей зоне - факел пламени 9 - идет процесс сгорания водорода и окисления CO (по реакции $CO + H_2 + 3/2 O_2 = 2CO_2 + H_2O$) за счет кислорода атмосферного воздуха. Температура факела - около 1200°C. Обычно газосварщик работает на второй зоне пламени (восстановительной) имея возможность следить за характером пламени, корректировать состав смеси ацетиленовым вентилем горелки.

Газовую сварку можно выполнять в любом пространственном положении, однако в отличие от дуговой сварки, нагрев металла пламенем замедленный "мягкий". Для формирования шва используется присадочный пруток.

К несомненным достоинствам газовой сварки относятся:

- Простота образования высокотемпературного пламени и легкость его регулирования.

- Универсальность способа, позволяющая использовать его везде, в том числе и в полевых условиях.

К числу существенных недостатков газовой сварки можно отнести следующие:

- Низкая производительность процесса.

- Значительный разогрев металла вблизи шва, создающий большую зону термического влияния с крупным зерном, что снижает прочностные свойства сварных соединений.

Кислородная резка металла

Одновременно с развитием газовой сварки совершенствовались и способы ***кислородной резки металла***. При кислородной резке металл нагревается в начальной точке газокислородным пламенем до температуры воспламенения, а затем сгорает в струе кислорода, в результате образуется сквозной разрез.

Таким образом, резка осуществляется за счет сгорания металла в струе кислорода. Образующиеся при этом продукты сгорания - окислы, удаляются кинетическим действием струи режущего кислорода. Процесс кислородной резки схематически представлен на рис.2.20.

Для успешного осуществления кислородной резки необходимо, чтобы температура воспламенения металла в кислороде была ниже температуры его плавления. Этому условию удовлетворяют многие марки сталей. Так, например, температура воспламенения низкоуглеродистой стали равна 1150°C, а

температура плавления - 1540°C. Второе важное условие кислородной резки - температура плавления металла должна быть выше температуры плавления образующихся в процессе резки окислов, иначе тугоплавкие окислы препятствуют контакту металла с кислородом. Это условие не удовлетворяется при резке алюминия, магния и их сплавов, а также в сталях с большим содержанием хрома и никеля (нержавеющие стали). Например, температура плавления алюминия составляет всего 660°C, а его окислов (Al_2O_3) - 2050°C.

Все материалы с ограниченной разрезаемостью или неразрезаемые приходится резать с использованием порошково-кислородной (флюсо-кислородной) резки, заключающейся в том, что вместе с кислородной струей в зону реза подаются порошки химически взаимодействующие с окислами соответствующих металлов или механически воздействующие на окисную пленку.

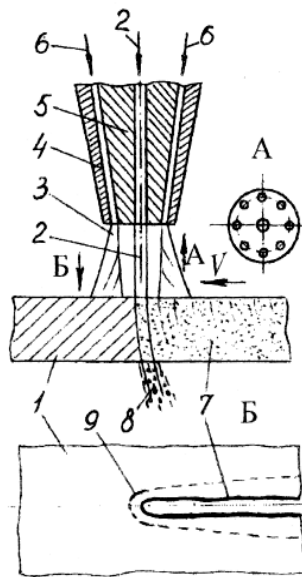


Рисунок 7. Схема процесса кислородной резки: 1 - разрезаемый металл; 2 - струя кислорода; 3 - подогревающее пламя; 4 мундштук горючей смеси; 5 - мундштук кислорода; 6 горючая смесь для подогревающего пламени; 7 - поверхность реза с окислами; 8 - шлаки, выносимые струей кислорода; 9 - изотерма подогретого металла; V - вектор резки.

Однако более эффективно для резки таких металлов использовать высокотемпературную дуговую плазму, температура факела которой может достигать 15-25 тыс. °С или газолазерную резку.

В связи с большим объемом разделительной резки металлов важное значение приобретает механизация и автоматизация процесса резки. В последнее время в промышленности используются высокопроизводительные координатные машины для кислородной резки консольного или порталного типа, управляемые по специальным программам с помощью ЭВМ. Они позволяют производить вырезку деталей любой конфигурации с высокой точностью и производительностью.

Тема 8. Сварка в особых условиях и областях

Освоение океанских глубин, космического пространства, атомной энергетики потребовало использования специализированных машин и оборудования, производство, монтаж и ремонт которых невозможны без сварки. Специические условия, при которых производится сварка, резка или напыление различных изделий привели к разработке уникальных сварочных установок, способов выполнения сварочных работ и материалов с особыми свойствами.

Сварка под водой

Подводная дуговая обработка металлов - резка и сварка - известна более 100 лет. В 1887 г. Н. Н. Бенардос совместно с проф. Д. А. Лачиновым в лабораторных условиях впервые в мировой практике осуществили дуговую подводную резку стальных пластин угольным электродом. Долгое время эти опыты не находили практического использования в силу некоторых особенностей и трудностей осуществления процесса резки и сварки в подводных условиях.

В 1932 г. выдающийся ученый-сварщик академик АН УССР К.К.Хренов разработал специальные электроды с влагонепроницаемой обмазкой для подводной сварки, что позволило произвести серьезные ремонтные работы ряда судов.

В годы Великой Отечественной войны подводная электродуговая сварка и резка использовалась в больших объемах для восстановления разрушенных мостов, ремонта подводных частей кораблей, при аварийных и спасательных работах на флоте.

Освоение богатств в шельфовых зонах (добыча нефти и газа с глубин до 200 м), прокладка подводных трубопроводов, монтаж свайных оснований для буровых платформ, создание обитаемых и необитаемых подводных станций – все это требует огромного объема сварки под водой.

В настоящее время разработаны два метода сварки под водой, которые условно называют *мокрым* и *сухим*.

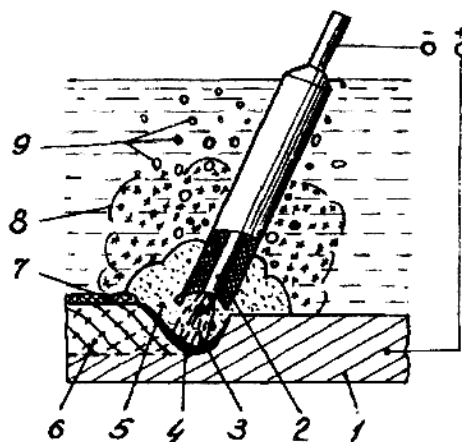


Рисунок 8. Принципиальная схема горения дуги под водой

При ручной дуговой сварке мокрым способом (рис.8) используются штучные электроды 2 с нанесенным на обмазку водонепроницаемым слоем (парафин, нитролаки и др.). Электроды закрепляют в специальные электрододержатели, имеющие надежную электроизоляцию по всей поверхности. С помощью кабеля они подсоединяются к клемме источника питания. Источник питания может быть как постоянного, так и переменного тока, с повышенным напряжением холостого хода ($U_{xx} = 70 \div 110$ В; напряжение на дуге $30 \div 35$ В). Возбужденная дуга 3, несмотря на окружающую воду, горит устойчиво благодаря образованию в зоне ее горения газового пузыря 5, образуемого за счет испарения и разложения воды, паров и газов расплавленного металла и обмазки электрода. Избыточное давление в газовом пузыре неустойчиво, поэтому его размеры хаотически изменяются с выделением газов в виде пузырьков 9, всплывающих на поверхность. Вода разлагается в дуге на свободный водород и кислород; последний соединяется с металлом, образуя окислы. Взвешенные в воде продукты сгорания металла и обмазки, состоящие преимущественно из окислов железа, образуют облако взвесей 8, затрудняющее слежение за дугой и процессом плавления металла.

Подводная сварка возможна в пресной речной и соленой морской воде. Однако, морская вода, являясь хорошим проводником электрического тока, приводит к шунтированию сварочного тока, что вызывает значительные его утечки (~50%) и, кроме того, возрастает опасность поражения током сварщика.

Сварщик-водолаз заключен в водонепроницаемый костюм, что снижает его подвижность, кроме того на него действует дополнительное гидростатическое давление, затрудняющее функционирование организма.

Второй способ сварки под водой - сухой основан на применении специальных обитаемых камер различной конструкции и, как правило, используется при прокладке, ремонте и реконструкции подводных трубопроводов. Установленная над местом сварки камера герметизируется, вода оттесняется от зоны сварки из полости камеры с помощью воздуха, подаваемого с поверхности, что обеспечивает практически такие же условия сварки как и на воздухе. Однако, как оказалось, этот способ сварки требует больших финансовых затрат из-за необходимости использования дорогостоящей техники (плавающих кранов, водолазных богов и т.д.), квалифицированных специалистов, длительности подготовительных операций. Подсчеты показали, что затраты на ремонт одного стыка крупного трубопровода могут составлять до 1 млн.долл.

Освоение богатств мирового океана как потенциального источника пищи, энергии, минеральных ресурсов, становится все более насущным. Поэтому сохраняется необходимость дальнейшего совершенствования процесса сварки и резки металлов под водой. Многие проблемы, стоящие в этой области, предстоит решать нынешним молодым специалистам-сварщикам.

Сварка в космосе

16 октября 1969 г. в ходе полета космического корабля "Союз-6": летчики-космонавты Г. Шонин и В. Кубасов впервые в мировой практике осу-

ществили сварку и резку металла в космических условиях.

Задачи, поставленные космонавтикой перед сварщиками решались как путем использования уже известных способов сварки и материалов, так и путем усовершенствования и разработки принципиально новых сварочных установок и технологий.

Сложность проблемы, стоявшей перед разработчиками процесса сварки в космических условиях связана с их особенностями, основными отличиями которых являются: невесомость, глубокий вакуум, широкий интервал температур при которых может находиться свариваемое изделие (примерно от -200°C до $+200^{\circ}\text{C}$).

Следовало учитывать и дополнительные неблагоприятные факторы, оказывающие отрицательное воздействие на качество сварного соединения: ограниченная подвижность оператора в космическом скафандре, наличие излучений космоса и т.п.

Первые эксперименты по сварке в космосе в разгерметизированном отсеке на образцах из нержавеющей стали, титанового и алюминиевого сплавов, подтвердили принципиальную возможность соединения металлов сваркой в условиях космического пространства. Качество сварных швов было вполне удовлетворительным, хотя обнаружилась и некоторая аномалия на швах, выполненных электронно-лучевой сваркой алюминиевых сплавов – повышенная пористость. По мнению ученых, это объясняется спецификой космических условий невесомостью и вакуумом.

Результаты работы космонавтов на орбите убедительно показали, что и в условиях космического пространства можно успешно выполнять как ремонтные, так и монтажные работы.

Сварка и резка биологических тканей

Одной из невероятных областей использования сварочной технологии является медицина. Речь идет не об использовании сварки при производстве медицинской аппаратуры и приборов, а именно о возможности соединения методами сварки различных биологических тканей живых существ, включая и человека.

Многолетняя совместная работа инженеров кафедры "Машины и автоматизация сварочных процессов" МВТУ им. И.Э. Баумана под руководством академика Г.А. Николаева и профессора В.И. Лощилова, медиков Центрального института травматологии и ортопедии под руководством академика М.В. Волкова и др. учреждений, привела в начале 60-х годов к созданию методов и аппаратуры для получения неразъемных соединений костных и мягких биологических тканей. Ими же разработаны и способы разделения (резки), наращивания (наплавки) и замещения дефектов кости.

Как известно, при операциях соединения костей используются металлические штифты, пластинки, болты, проволока и т.д., что не безвредно для тканей, соприкасающихся с ними и небезразлично для организма в целом. Кроме того, после восстановительного периода, требуется вторичная операция - извлечение скрепляющих элементов.

Не менее важна и другая проблема - заполнение различных дефекте в

костях, восстановление резецированных участков костей и их суставных концов, что является основной проблемой травматологии ортопедии.

Используемые при этом на стадии подготовки к скреплению или восстановлению механические способы разделения, подчистки и т.п. с помощью традиционных инструментов (долота, фрезы, пилки и т.д.) являются трудоемкими, длительными по времени и нередко приводят к образованию трещин, сколов, отломков в костях что затрудняет последующее восстановление здоровья оперируемых.

Сложной и трудоемкой операцией в хирургии является соединение мягких биологических тканей, например, кровеносных сосудов.

Исследованиями, проведенными на кафедре сварки в МВТУ им. И.Э.Баумана было установлено, что костная ткань человека является композиционной, физически нелинейной, анизотропной сжимаемой средой, включающей коллагеноминеральные волокна и связующие вещества.

Ими был обнаружен также необычный эффект на который хирурги не обращали внимания. Во время операции на костных тканях происходили их деформации: кости изгибались, трескались и ломались. Было сделано предположение, что эти явления можно объяснить наличием в костях больших внутренних, самоуравновешенных напряжений таких же, какие возникают в металлах (например, при сварке).

Постановкой тонких и остроумных экспериментов было установлено: да, кости человека - напряженные конструкции, аналогичные, например, конструкции всем известной Останкинской телебашни. Ее тонкая железобетонная игла стоит надежно благодаря сильно натянутым внутри сооружения стальным тросам. Они создают внутреннее напряжение всей конструкции. В костных тканях - то же самое явление, способствующее повышению их прочности. Авторам обнаруженного явления - *Г.А. Николаеву, В.И. Лоцилову, Э.П. Бабаеву* были выданы в 1976 г. дипломы на открытие - "Явление наличия собственных напряжений в кости человека и животных".

Открытие имеет большое значение для медицины, в частности, в практике выпрямления искривленных костей и заживления переломов. Как же осуществляется сварка биологических тканей? На рис.3.5 приведена схема процесса соединения костных тканей. В зону соединения подается жидкий этилацианакрилат (циакрин), смешанный с костной стружкой и другими компонентами. Специальным устройством - волноводом ультразвуковых колебаний, вводится ультразвуковая энергия в подаваемую смесь, что активизирует сложные физико-химические процессы: ускоряется проникновение присадочной смеси в костную ткань и химическое взаимодействие компонентов смеси с коллагеном кости, а также процесс полимеризации циакрина. В результате образуется твердый сварной шов, причем без существенного нагрева тканей.

Полученное соединение является временным – оно удерживает биологические ткани на период естественных процессов их регенерации, вплоть до полного замещения новообразующейся тканью.

Подобным же образом осуществляется и ультразвуковая наплавка

костных тканей, с целью восстановления их целостности (размеров).

Удивительные возможности в области хирургии открывает новый скальпель - плазменный, созданный в 90-е годы инженером Смоленского авиационного завода *А.С. Бересневым* в содружестве с хирургами – академиком *В.С. Савельевым* и профессором *Ю.И. Морозовым*.

Струя с температурой до 10000°C легко рассекает, испаряя их, мягкие ткани, одновременно заваривает стенки сосудов, "усыпляет" болевые окончания нервных волокон, идеально дезинфицирует операционное поле, остающееся в течении операции практически сухим. После операции ускоренно затягиваются разрезы, пациент меньше страдает от боли. Благодаря специальной конструкции анода и катода и использованию гелия, как плазмообразующего газа, удалось получить надежный плазменный скальпель, работающий без износа сопла тысячи часов.

Нельзя не упомянуть и еще об одном инструменте сварщиков - лазере, успешно применяемом медиками. Во многих клиниках и частных лечебных предприятиях лазерное излучение используется для диагностики и лечения различных болезней путем его воздействия на биологически активные точки человека.

Широко известно и применение миниатюрных лазерных установок для приварки отслаивающейся сетчатки глаза ко дну глазного яблока. Этим способом сварки сохранено зрение тысячам людей.

Таким образом, сварочная наука, техника и технология, помимо своих традиционных областей использования, открыла принципиально новые перспективы в травматологии, ортопедии, хирургии, стоматологии (дуговое напыление под "золото" зубных коронок в контролируемой среде), офтальмологии, рефлексотерапии и др. направлениях медицины. Не исключено, что мы еще не раз будем удивлены плодотворностью объединения усилий инженеров-сварщиков и медиков.

Тема 9. Перспективы развития и совершенствования процессов сварки

В арсенале сегодняшних инженеров-сварщиков десятки принципиально различных способов сварки и их разновидностей: дуговая, диффузионная, электронно-лучевая, ультразвуковая, радиочастотная и т.д. Но ни у кого не вызывает сомнения, что потребности промышленности, развитие науки и творчество инженеров приведут к появлению новых способов получения неразъемных соединений и совершенствованию уже известных.

История развития техники в целом и отдельных ее направлений свидетельствует, что наиболее революционные изменения в технике и технологии возникают на основе наиболее глубоких, фундаментальных исследований. Ярким примером может служить открытие физиками лазерного излучения, давшее толчок к созданию и развитию огромного числа приборов, установок, технологий в различных отраслях науки и техники, включая сварочную.

Современные способы сварки и резки основаны на использовании энергии практически всех известных ее видов: механической, химической,

электрической, электро-механической, лучевой и др. Это, однако, не означает, что использован уже весь спектр источников энергии для целей сварки. К примеру, среди лучевых источников энергии ждут своего времени для использования такие, как пучки нейтронов, пучки ионов и т.д.

Многие схемы ускорителей элементарных частиц, используемых физиками, потенциально пригодны для создания сварочных установок с выдающимися возможностями в отношении производительности и качества изготовления конструкций, машин и аппаратов с заданными характеристиками.

Вместе с тем, наряду с перспективой использования новых, "экзотических" способов соединения материалов, остается необозримый простор для ученых и инженеров-сварщиков в деле совершенствования хорошо известных способов и видов сварки.

Многими успехами современная сварка обязана замечательному источнику нагрева - дуговому разряду. Явлению дугового разряда посвящено большое число исследований, написаны сотни статей и монографий, однако, многие закономерности протекающих в нем процессов остаются не до конца раскрытыми. Возьмем, например, так называемые приэлектродные области дуги, имеющие протяженность порядка $10^{-5} \div 10^{-3}$ см. Здесь температура плазмы изменяется на тысячи градусов: от температуры столба дуги ($5 \cdot 10^3 \div 5 \cdot 10^4$ °С) до температуры расплавленного или нагретого металла. В них протекают процессы, резко отличающиеся от процессов в столбе дуги, а их исследование исключительно трудное как теоретически, так и экспериментально. Остаются неясными тонкие механизмы преобразования в этих зонах электрической энергии в тепловую, взаимодействие пространственных (объемных) зарядов в условиях больших градиентов напряженностей электрических и магнитных полей и др. явления и процессы.

Потенциальные возможности электрической сварочной дуги все еще остаются очень большими. Это подтверждается появлением в последние годы многочисленных изобретений, направленных на получение высокотемпературной дуговой плазмы в специальных устройствах, называемых плазмотронами. Плазменные процессы нашли достаточно широкое применение при резке, сварке, наплавке и напылении. Следует, однако, отметить, что необходимы дальнейшие исследования физических процессов плазмообразования, способов регулирования и управления плазмой. Инженерам предстоит решить сложные конструкторские задачи по созданию надежных и экономичных плазмотронов, особенно их электродных узлов.

История развития ручной дуговой сварки насчитывает десятки лет и, казалось бы, что этот процесс достиг своего предельного уровня совершенства. Действительно, что касается общих принципов осуществления ручной дуговой сварки, то здесь имеются эффективные и надежные устройства и приспособления для реализации сварки, разработаны технологические приемы выполнения сварных швов в любом пространственном положении, сконструированы экономичные источники питания и т.д. Тем не менее, предстоят еще длительные и достаточно глубокие исследования по разработке главного элемента ручной дуговой сварки - покрытого электрода. Сегодня известны

сотни типов и марок электродов, позволяющие выполнять сварку практически всех известных металлов и их сплавов. Однако, далеко не все из них обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами (легкость зажигания дуги и стабильное ее горение, отсутствие дефектов сварного шва и т.д.) и низкой токсичностью. Учитывая, что ручная дуговая сварка будет использоваться еще длительное время, актуальность совершенствования ее очевидна.

Аналогичные соображения можно высказать и по другим видам дуговой сварки: порошковой проволокой, в среде защитных газов, под флюсом и т.д. Перспективность развития процессов сварки можно рассмотреть еще на одном способе, резко отличающемся от дугового - холодной сварке.

Холодная сварка, относящаяся к группе способов сварки давлением, осуществляется путем совместного пластического деформирования соединяемых материалов при комнатной температуре.

Физико-химической основой холодной сварки является образование металлических связей между атомами соединяемых чистых поверхностей путем их сближения до межатомных расстояний.

Простота принципиальной схемы холодной сварки не дает оснований для суждений о простоте физического механизма этого процесса. Действительно, как было установлено многочисленными исследованиями процесс холодной сварки может одновременно сопровождаться рядом сложных металлофизических процессов: диффузией, рекристаллизацией, ползучестью, образованием и движением дислокаций, движением вакансий и междуузельных атомов, электрическими и тепловыми явлениями в плоскости контакта и т.д. Сложность протекающих при холодной сварке процессов привела к появлению свыше десяти гипотез, отражающих представления о механизме образования соединения. Достаточно назвать некоторые из них, чтобы представить разнообразие подходов: рекристаллизационная гипотеза - объясняет создание соединения за счет рекристаллизации (т.е. образования общих кристаллитов) в плоскости контакта; диффузионная гипотеза - причину образования соединения объясняет взаимопроникновением атомов соединяемых металлов путем их диффузии; гипотеза образования "активных центров" - объясняет образование соединения путем установления металлических связей в отдельных центрах ювенильного контакта с повышенными энергетическими уровнями; "пленочная" гипотеза - объясняет возникновение соединения путем дробления твердых тонких поверхностных слоев (пленок) и выносом их, за счет пластического течения, из зоны контакта.

Приведенные гипотезы показывают, что холодная сварка металлов представляет собой сложный процесс, механизм которого окончательно не раскрыт. Именно поэтому перед сварщиками стоит сложная задача по исследованию методов и закономерностей холодной сварки многих материалов, не поддающихся сегодня успешному свариванию (сталь, дюраль и др.).

Из-за ограниченности объема лекций не представляется возможным рассмотреть проблемы и перспективы развития многих других способов сварки, таких, например, как электронно-лучевой, лазерной, ультразвуковой, взрывом и т.д.

Развитие сварочной науки и техники, использование фантастических идей для создания новых способов сварки – не самоцель. Главной, конечной задачей сварочного производства является создание рациональных сварных конструкций заданной надежности. Эта задача чрезвычайно широка и многогранна. Разрабатываются новые материалы с заданными свойствами - композиционные, порошковые, керамические и др. Совершенствуется технология производства крупногабаритных, высоконагруженных конструкций путем замены монолитного металла многослойным, расширяется ассортимент и объем использования новых конструкционных материалов - пластмасс и т.д.

6.3. Краткое описание лабораторных работ

6.3.1. Перечень рекомендуемых лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Ручная дуговая сварка

Лабораторная работа № 2. Газовая сварка и резка металлов

Лабораторная работа № 3. Дефекты в сварных швах

Лабораторная работа № 4. Наплавка

6.3.2. Методические указания по выполнению лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Ручная дуговая сварка

Цель работы. Усвоение и закрепление теоретических знаний, полученных в лекционном курсе, и приобретение начальных практических навыков выполнения ручной дуговой сварки.

Задание.

1. Изучить краткие теоретические сведения о ручной дуговой сварке: сущность способа;

параметры режима ручной дуговой сварки;

зажигание дуги;

техника ручной дуговой сварки;

сварные соединения и швы;

элементы геометрической формы подготовки кромок под сварку;

элементы геометрической формы сварного шва.

2. После изучения теоретической части студент под руководством учебного мастера должен: а) научиться зажигать дугу, б) поддерживать её горение, в) наплавить валик на образец.

Перечень применяемого оборудования и принадлежностей: источник тока, электрододержатель, стальная щетка, зубило, специальный молоток, электроды для сварки, стальные пластины 200 × 100 × 5 мм, сварочный щиток или маска, спецодежда, рукавицы.

Порядок выполнения работы. Лабораторная работа рассчитана на 4 учебных часа. При ее выполнении следует:

1. Ознакомиться с основными теоретическими сведениями о ручной дуговой сварке, приведёнными в методических указаниях.

2. Пройти инструктаж по технике безопасности.

3. Освоить операции зажигания дуги, ведения электрода, наплавки валика на изделие в нижнем положении.

4. Написать отчет в соответствии требованиями.

Требования к отчётным материалам. Отчет должен содержать титульный лист с указанием названия работы, фамилии, имени и отчества студента, факультета и группы. В текстовой части указать цель работы, схемы сварки по методам Бенардоса и Славянова; характеристику электродов; выбор параметров режима ручной дуговой сварки; типы сварных соединений и швов; ответить на контрольные вопросы:

1. Сущность сварки по методам Славянова и Бенардоса.
2. Характеристика сварочных электродов.
3. Параметры режима ручной дуговой сварки и их выбор для сварки металла конкретной марки и толщины (по указанию преподавателя).
4. Типы сварных соединений.
5. Классификация сварных швов по положению в пространстве.
6. Виды поражений при ручной дуговой сварке. Меры защиты.

Лабораторная работа 2. Газовая сварка и резка металлов

Цель работы. Ознакомление с сущностью, оборудованием и технологией газовой сварки и резки металлов; закрепление материала, полученного в лекционном курсе; приобретение начальных практических навыков выполнения газовой сварки и резки металлов.

Задание.

1. Изучить краткие теоретические сведения о газовой сварке и резке металлов:

- строение, виды и температура газового пламени;
- горючие газы;
- сущность процесса газовой сварки;
- устройство и принцип действия сварочной горелки;
- технология газовой сварки;
- сущность процесса кислородной резки;
- основные условия резки;
- устройство и принцип действия резаков.

2. После изучения теоретической части студент под руководством учебного мастера должен 1) освоить порядок зажигания газовой горелки; 2) научиться регулировать сварочное пламя; 3) выполнить пробную газовую сварку на предложенном образце.

Перечень применяемого оборудования и принадлежностей: ацетиленовая горелка, резак, сварочные материалы: баллон с кислородом, баллон с горючим газом, присадочная проволока, образцы для сварки и резки.

Порядок выполнения работы. Лабораторная работа рассчитана на 5 учебных часов. При ее выполнении следует:

1. Пользуясь методическими указаниями, ознакомиться с сущностью, оборудованием и технологией газовой сварки и резки металлов.
2. Пройти инструктаж по технике безопасности.
3. Под руководством учебного мастера произвести учебную сварку.
4. Написать отчет в соответствии требованиями.

Требования к отчётным материалам. Отчет должен содержать титульный лист с указанием названия и цели работы, фамилии, имени и отчества студента, факультета и группы. В текстовой части указать цель работы, краткое описание сущности газовой сварки и резки; технологии газовой сварки; устройство и принцип действия горелок и резаков; ответить на контрольные вопросы:

1. Какие виды сварочного пламени применяют при газовой сварке?
2. Какое строение имеет нормальное пламя?
3. При каких видах работ применяется газовая сварка?
4. Чем отличаются правый и левый способы сварки и когда они применяются?
5. Как устроены и работают инжекторные горелки?
6. В чём принципиальное отличие резака от горелки?
7. В чем заключается сущность процесса кислородной резки?
8. Назовите основные условия резки металлов.

Лабораторная работа 3. Дефекты в сварных швах

Цель работы. Изучение основных видов дефектов сварных соединений. Получение практических навыков по обнаружению дефектов в сварных соединениях и оценке качества сварных изделий.

Задание.

1. Изучить краткие теоретические сведения о дефектах сварных соединений:

классификация сварочных дефектов;
виды дефектов;
причины их возникновения.

2. После изучения теоретической части студент должен 1) произвести обмер сварного шва на контрольном образце, 2) произвести визуальный контроль сварного шва, 3) описать обнаруженные дефекты.

Перечень применяемого оборудования и принадлежностей: стенд со сварными образцами; лупа 8^x; плакат "Дефекты в сварных швах"; комплект контрольных сварных образцов с дефектами; универсальный шаблон сварщика УШС-3.

Порядок выполнения работы. Лабораторная работа рассчитана на 4 учебных часа. При ее выполнении следует:

1. Пользуясь стендом "Дефекты в сварных швах" и описанием дефектов, данным в методических указаниях, научиться внешним осмотром определять сварочные дефекты. Изучить причины появления дефектов и их влияние на работоспособность сварных соединений.

2. Усвоив теоретический материал, получить у преподавателя комплект контрольных сварных образцов с дефектами. Определить, какие дефекты имеют место в каждом образце.

3. Пользуясь универсальным шаблоном сварщика, произвести обмер сварного шва на контрольном образце.

4. Оформить отчет.

Требования к отчётным материалам. Отчет должен содержать титульный лист с указанием названия работы, фамилии, имени и отчества студента, факультета и группы. В текстовой части указать цель работы, характеристику сварочных дефектов, эскизы дефектов, результаты контрольного задания (номер сварного образца и обнаруженные в нем дефекты, размеры шва) и ответить на контрольные вопросы:

1. Что следует понимать под термином "дефект сварного соединения"?
2. Классификация дефектов по геометрическому признаку.
3. Какие дефекты относятся к наружным? Дать их характеристику и указать причины появления данных дефектов.
4. Какие дефекты называются внутренними? Дать их характеристику и указать причины появления.
5. Влияние дефектов на работоспособность сварной конструкции.
6. Какие дефекты недопустимы в сварном соединении?

Лабораторная работа 4. Наплавка

Цель работы. Изучение сущности основных способов наплавки и приобретение начальных практических навыков её выполнения.

Задание.

1. Изучить краткие теоретические сведения о наплавке: сущность процесса наплавки; способы восстановительной наплавки; изготовительная наплавка; особенности техники наплавки.
2. После изучения теоретической части студент под руководством учебного мастера должен 1) наплавить валики на образцы разными способами сварки, 2) приготовить макрошлифы, 3) по сечению шва определить долю участия основного металла.

Перечень применяемого оборудования и принадлежностей. Сварочный трактор АДФ 1202 с источником питания ВДУ-202, стальные пластины толщиной 12–14 мм, сварочная проволока, флюс, электроды для наплавки, пост для ручной дуговой сварки.

Порядок выполнения работы. Лабораторная работа рассчитана на 4 учебных часа. При ее выполнении следует:

1. Ознакомиться с основными теоретическими сведениями о наплавке, приведёнными в методических указаниях.
2. Наплавить валики различными способами наплавки (по указанию преподавателя).
3. Сделать макрошлифы и по ним определить долю участия основного металла для указанных способов наплавки.
4. Оформить отчет.

Требования к отчётным материалам. Отчет должен содержать титульный лист с указанием названия работы, фамилии, имени и отчества студента, факультета и группы. В текстовой части указать цель работы, краткие теоретические сведения, особенности основных способов и техники наплав-

ки, результаты экспериментов по определению доли участия основного металла, выводы. Дать ответы на контрольные вопросы:

1. Что такое наплавка?
2. Перечислите особенности наплавки по сравнению со сваркой.
3. Как определить долю основного металла y_0 в наплавленном валике?
4. Основные недостатки наплавки самозащитными проволоками и лентами?
5. Какие дефекты характерны для вибродуговой наплавки?
6. Какие способы наплавки вы знаете? Их сущность.
7. Перечислите способы легирования наплавленного металла при наплавке под флюсом.

6.4. Краткое описание видов самостоятельной работы

6.4.1. Общий перечень видов самостоятельной работы

1. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов.
2. Самостоятельное изучение разделов и тем дисциплины, написание конспекта (отчёта).

6.4.2. Методические рекомендации для выполнения перечисленных видов самостоятельной работы

1. При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с методическими указаниями и сформулировать ответы на контрольные вопросы. Отчёт оформляется в соответствии с требованиями, указанными в методических указаниях к лабораторной работе.

2. Самостоятельное изучение разделов курса производится с использованием литературных источников и интернет-ресурсов. Для самостоятельного изучения студентам предлагаются следующие разделы курса:

2.1. Русские ученые – основоположники сварочной науки и техники. Цель работы – ознакомиться с историей изобретения и совершенствования сварки, биографическими данными русских учёных-сварщиков. Оценить вклад российских учёных в развитие сварочной науки и техники. Результаты работы представить в виде конспекта.

2.2. Холодная сварка. Цель работы – ознакомиться с сущностью данного способа сварки, его преимуществами и недостатками, областями применения. В конспекте описать историю создания и развития способа холодной сварки, её схемы, достоинства, ограничения, области применения.

2.3. Ультразвуковая сварка и резка биологических тканей. Цель работы – ознакомиться с сущностью данного способа сварки, его преимуществами и недостатками, областями применения. В конспекте описать историю создания и развития способа ультразвуковой сварки, её виды, достоинства, ограничения, области применения. Привести схему ультразвуковой сварки и резки костных тканей.

6.4.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Для самопроверки качества усвоения самостоятельно изученного материала студентам предлагается методическое пособие, содержащее вопросы и ответы по разделам дисциплины:

М.В. Гречнева. Вопросы и ответы в помощь студенту при освоении дисциплины «Введение в специальность». Методические указания к самостоятельной работе. – Иркутск, ИрГТУ, 2005.

7. Применяемые образовательные технологии

Таблица 2. Применяемые образовательные технологии

Технологии	Виды занятий		
	Лекции	Лаборат. раб.	СРС
Слайд-материалы	+		
Применение метода указывать знаком +			

8. Контрольно-измерительные материалы и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

8.1. Краткое описание контрольных мероприятий, применяемых контрольно-измерительных технологий и средств

1. Видом итоговой аттестации по дисциплине является экзамен.
2. Условием допуска к экзамену является выполнение и защита студентом лабораторных работ.
3. Для оценки знаний на экзамене студенту предлагается билет, содержащий два вопроса. В зависимости от ответа студента экзаменатор может задать дополнительные вопросы как связанные с темами вопросов, содержащихся в билете, так и не связанные с ними.

8.2. Описание критериев оценки уровня освоения учебной программы

1. Оценка **«отлично»** выставляется студенту, усвоившему программный материал глубоко и прочно, излагающему его логически стройно и достаточно литературно, с полным пониманием существа вопроса, в увязке фундаментальных положений с практическим использованием результатов.

Глубокое понимание и усвоение материала проявляется в правильных ответах при видоизменении вопроса (задания), свободном выполнении (решении) задач и других видов заданий, предлагаемых экзаменатором, правильном обосновании принятых решений. Студент должен продемонстрировать знания рекомендованной литературы.

2. Оценка **«хорошо»** ставится в случае, если знание, понимание программного материала и умение практически использовать его, в основном, удовлетворяет требованиям п. 1, однако допускаются при ответе несущественные неточности, погрешности в изложении, небрежности в оформлении записей и рисунков.

3. Оценка «*удовлетворительно*» выставляется студенту, твердо знающему фундаментальные положения курса, но не всегда проявляющему должную глубину в понимании существа вопросов, а также допускающему неточности, иногда поверхностные формулировки, излагающему материал нелогично, испытывающему затруднения в практическом применении знаний.

4. Оценка «*неудовлетворительно*» ставится студенту, не знающему основных положений курса, либо не знающему или не понимающему значительной части программного материала, допускающему существенные ошибки при ответах, с большим затруднением выполняющему практические работы.

8.3. Контрольно-измерительные материалы для итоговой аттестации по дисциплине

Примеры вопросов:

- Назовите самый древний способ сварки. Как он осуществляется?
- Когда и кем была изобретена дуговая сварка?
- Сформулируйте условия устойчивого горения дуги.
- Какие факторы обеспечивают сварку в твёрдом состоянии?
- Изобразите соединения, получаемые сваркой.
- Как устроен электрод для ручной дуговой сварки?
- Перечислите и кратко охарактеризуйте основные виды наплавки.
- Почему сварочная дуга не гаснет под водой? Назовите способы сварки под водой.
- Как осуществляется сварка биологических тканей?
- Каковы особенности сварки в космосе?

9. Рекомендуемое информационное обеспечение дисциплины

9.1. Основная учебная литература

1. Сварка. Введение в специальность / Под общей ред. В. А. Фролова. – М.: Машиностроение, 2005. – 327 с.
2. Сварка. Методические указания к лабораторным работам по курсам «Введение в специальность» и «Технология конструкционных материалов» для студентов специальности «Оборудование и технология сварочного производства». Нестеренко Н.А., Нецветаев В.А., Гречнева М.В., Чупин Ю.Б. – Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2006. – 56 с.
3. Иллюстрированное пособие сварщика / Под ред. О.И. Стеклова – М.: «Союзло», 2000. – 58 с.
4. Гречнева М.В. Вопросы и ответы в помощь студенту при освоении дисциплины «Введение в специальность». Методические указания к самостоятельной работе. – Иркутск, ИрГТУ, 2005.

9.2. Дополнительная учебная и справочная литература.

1. Хромченко Ф. Справочное пособие электросварщика – М.: Машиностроение, 2005. – 416 с.
2. Полевой Г.В., Сухинин Г.К. Газопламенная обработка металлов. – М.: Машиностроение, 2005. – 276 с.

9.3. Электронные образовательные ресурсы:

9.3.1. Ресурсы сети Интернет

1. www.weldingsite.com.ua
2. www.intertehno.ru
3. www.intuit.ru

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Специализированная лаборатория ручной дуговой сварки К-012.
2. Специализированная лаборатория «Демонстрационный центр современного сварочного оборудования и сварочных материалов отечественных и зарубежных» К-03.

Приложение к программе – календарно-тематический план.

Программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 150700 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

Программу составил:

Гречнева М.В., проф. каф. МТиМ, канд. техн. наук, доцент

М. Гречнева « 3 » мая 2011 г.
(подпись)

Программа согласована

с Сибирским Отделением-филиалом ОАО «ВНИИЖТ»
Директор института, канд. техн. наук А.Е. Неживляк

А.Е. Неживляк /ФИО/ « ____ » _____ 2011 г.

Программа одобрена на заседании кафедры МТиМ

Протокол № 13 от « 3 » мая 2011 г.

Зав. кафедрой С.А. Зайдес « 6 » 05 2011 г.

Руководитель ООП С.А. Зайдес « 6 » 05 2011 г.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии
института авиационного машиностроения и транспорта

Протокол № 1 от « 11 » _____ 2011 г.

Директор Р.Х. Ахатов « 11 » 05 2011 г.