

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологии материалов
и судоремонта

Методические указания
к самостоятельной работе по дисциплине
"Технология сварки"
для обучающихся направления 26.03.02
«Кораблестроение, океанотехника, системотехника объектов
морской инфраструктуры» всех форм обучения

Мурманск
2019

Составитель – Пашеева Татьяна Юрьевна, доцент кафедры ТМиС (технологии материалов и судоремонта) Мурманского государственного технического университета.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.....	6
3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА И РАБОТА С НЕЙ.....	6
4. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
5. ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ.....	10

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Настоящие «Методические указания» (далее – МУ) составлены в соответствии с примерной учебной программой дисциплины «Технология сварки», которая предусматривает при изучении указанного курса как чтение лекций и проведение практических занятий, так и самостоятельную работу студента.

МУ ставят своей целью сориентировать студента на самостоятельную подготовку по указанной дисциплине под общим руководством преподавателя.

В зависимости от насыщенности учебной программы, индивидуальных способностей студента и посещаемости им учебных занятий, самостоятельная работа может занимать разное время в общем объеме времени подготовки студента при освоении им курса «Технология сварки», но в общем случае время самостоятельной работы по освоению дисциплины должно быть не менее 93 часов.

Цель дисциплины: дать студентам полноценные знания по курсу «Технология сварки»; возможность освоения технологических процессов сборки и сварки конструкций, свариваемости и технологии сварки высокопрочных конструкционных сталей, свариваемости цветных и химически активных металлов и их сплавов; основ расчетных методик определения сварочных деформаций; основ расчета прочности сварных соединений под действием всех видов нагрузок; основных целей, задач, порядка проведения контроля качества сварки.

Задачи дисциплины: дать необходимые знания по физической сущности и разновидностям существующих способов сварки; ознакомить с формированием сварного шва и строением сварного соединения, с основами технологии сварки низкоуглеродистых, низколегированных, высоколегированных сталей, цветных металлов и их сплавов; ознакомить с вопросами контроля качества сварки, ее тепловыми основами, механизмами образования сварочных напряжений и деформаций, прочностью и коррозионной стойкостью сварных соединений.

В результате освоения программы дисциплины «Технология сварки» студент **должен знать:**

- основные характеристики сварки давлением и плавлением;
- источники питания сварочной дуги и сварочное оборудование;
- структуру сварочного соединения;
- основы металлургических процессов при сварке и сварочные материалы;
- основные особенности сварки различных материалов;
- общие сведения о сварочных напряжениях и деформациях;
- влияние сварочных напряжений на прочность и работоспособность сварных соединений и конструкций.

Освоив программу, студент **должен уметь:**

- разрабатывать технологические процессы сварки низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных судостроительных сталей;
- разрабатывать технологические процессы сварки сталей с повышенным содержанием легирующих элементов;
- разрабатывать технологические процессы сварки цветных металлов и сплавов на их основе;
- разрабатывать технологические процессы наплавных работ;
- определять сварочные деформации и напряжения в судовых конструкциях;
- обеспечивать прочность и коррозионную стойкость сварных соединений и конструкций.

По окончании изучения курса «Технология сварки» **должен владеть:**

- технологией сварки низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных судостроительных сталей;
- технологией сварки сталей с повышенным содержанием легирующих элементов;
- технологией сварки цветных металлов и сплавов на их основе;
- технологией выполнения наплавных работ;
- правилами применения сварки в судостроении;

- методами уменьшения сварочных деформаций и напряжений;
- методами обеспечения прочности и коррозионной стойкости сварных соединений.

Как профессиональная учебная дисциплина, «Технология сварки» базируется на знаниях, получаемых при изучении дисциплин – «Физика», «Инженерная графика», «Химия», «Материаловедение».

В процессе изучения дисциплины студенты выполняют практические работы и сдают зачет.

Знания, полученные при изучении настоящей дисциплины, будут полезны при подготовке дипломного проекта.

Предполагается, что самостоятельная работа студента включает в себя:

- теоретическое изучение соответствующих тем программы по рекомендуемой учебной литературе;
- ознакомление с дополнительной научно-технической литературой, материалами периодической печати (с отечественными и зарубежными научно-техническими журналами);
- ознакомление с материалами по теме из сети "Интернет";
- участие в студенческих научно-технических конференциях по темам, входящим в программу дисциплины «Технология сварки»;
- посещение с экскурсиями кораблей и судов различных типов.

Рекомендуемое программное обеспечение:

1. MS Windows, MS Office 2007 (MS Office Word, MS Office Excel, MS Office Power Point).

2. Тематические презентации по курсу с использованием компьютерных технологий, использование проекционного оборудования.

3. Сайт морского агентства «Транс Сервис» <http://www.trans-service.org>

4. Сайты презентаций по кораблестроению: <http://chizhik.ucoz.ru>, http://heiwaco.tripod.com/ce_coulombiegg.htm, <http://motolodka.ru>, <http://scherbakshipmodels.tripod.com>, <http://supertankers.topcities.com>, <http://www.aluminumnow.com>, <http://www.amsgrant.com>, <http://www.archnav.de>, <http://www.foils.org/gallery>, <http://www.hydrofoils.org>; <http://mga-nvr.ru>.

5. Научно-инженерное общество судостроителей - <http://shipdesign.ru/>.

Рекомендуемые базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Электронно-библиотечная система ЭБС - <http://www.rucont.ru/>
2. ЭБС издательства "ЛАНЬ" - <http://e.lanbook.com>
3. ЭБС BOOK.ru - <http://book.ru/>
4. ЭБС ibooks.ru - <http://ibooks.ru/>
5. ЭБС znanium.com издательства "ИНФРА-М" - <http://www.znanium.com>
6. ЭБС НИТУ "МИСиС" - <http://lib.misis.ru/registr.html>

Периодическая пресса

Для самостоятельной работы рекомендуются научно-технические журналы по судостроительной и морской тематике, а также по сварочному производству и сварочным технологиям.

Пользование литературой

Работая с литературой, следует обращать внимание на помещенный в конце каждой книги (или отдельного раздела, статьи) списка литературы. В этом списке можно почерпнуть сведения о более широком перечне литературы по теме и с успехом использовать эти сведения в учебном процессе. Следует отметить, что ежегодно выходят из печати новые учебники, поэтому приведенный перечень литературы нельзя воспринимать как окончательный.

2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Содержание тем дисциплины	Кол-во часов на СР
Модуль 1. Введение. Сварка, ее физическая сущность, классификация способов.	12
Тема 1.1. Классификация способов сварки плавлением и давлением. Механизм образования сварного соединения.	6
Тема 1.2. Разновидности способов сварки давлением.	4
Тема 1.3. Способы сварки плавлением.	2
Модуль 2. Сварочное оборудование. Источники питания сварочной дуги.	28
Тема 2.1. Характеристика источников питания. Требования к источникам питания сварочной дуги.	8
Тема 2.2. Оборудование для ручной дуговой сварки.	8
Тема 2.3. Оборудование для дуговой сварки механизированными способами.	12
Модуль 3. Структура сварного соединения. Сварочные деформации и напряжения.	12
Тема 3.1. Понятие «свариваемости» металлов. Зона термического влияния. Горячие и холодные трещины при сварке. Механизм возникновения остаточных деформаций и напряжений. Сварочные деформации узлов, секций и корпуса судна. Меры по их предотвращению.	6
Тема 3.2. Прочность сварных соединений судовых конструкций. Коррозия сварных соединений корпуса судна.	6
Модуль 4. Общие вопросы технологии сварки и наплавки.	33
Тема 4.1. Особенности технологии ручной дуговой сварки.	5
Тема 4.2. Технология сварки в среде защитных газов.	8
Тема 4.3. Особенности технологии механизированной сварки под флюсом.	8
Тема 4.4. Технология контактной сварки.	4
Тема 4.5. Технология сварки высоколегированных сталей, сварки цветных металлов и сплавов на их основе.	4
Тема 4.6. Технология сварки чугуна и ее применение при ремонте.	4
Модуль 5. Контроль качества сварки.	12
Тема 5.1. Дефекты сварных швов и соединений.	6
Тема 5.2. Внешний осмотр и измерения швов сварных конструкций. Методы обнаружения внутренних дефектов.	6
Итого:	97

3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила классификации и постройки морских судов. В 2 т. Т. 2. - 8-е изд. с изм. и доп. - СПб. : Рос. мор. регистр судоходства, 1999. - 505 с.
2. Сварка плавлением меди и сплавов на медной основе / В. Р. Абрамович, В. П. Демянцевич, Л. А. Ефимов. - Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. - 215 с. : ил.
3. Справочник сварщика / Л. В. Верховенко, А. К. Тукин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Минск : Вышэйшая шк., 1990. - 480 с. : ил.

4. Сварные конструкции : Механика разрушения и критерии работоспособности / В. А. Винокуров, С. А. Куркин, Г. А. Николаев ; под ред. Б. Е. Патона. - М. : Машиностроение, 1996. - 576 с. : ил.
5. Холодные трещины в сварных соединениях титановых сплавов / Е. А. Гусева, Л. А. Мордвинцев. - М. : Металлургия, 1991. - 48 с.
6. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве : учебник для вузов / С. А. Куркин, Г. А. Николаев. - М. : Высш. шк., 1991. - 398 с. : ил.
7. Свариваемые алюминиевые сплавы / Г. А. Николаев, И. Н. Фридляндер, Ю. П. Арбузов. - М. : Металлургия, 1990. - 296 с.
8. Сварка и свариваемые материалы : Справочник. В 3 т. Т. 1. Свариваемость материалов / под ред. Э. Л. Макарова. - М. : Металлургия, 1991. - 526 с.
9. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие для вузов / под ред. А. М. Дальского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1990. - 352 с. : ил.
10. Сварка, резка и пайка металлов / К. К. Хренов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1970. - 408 с.
11. Сварка и резка в промышленном строительстве. В 2 т. Т. 1 / Б. Д. Малышев, А. И. Акулов, Е. К. Алексеев [и др.] ; под ред. Б. Д. Малышева. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Стройиздат, 1989. - 590 с. : ил.
12. Хромченко, Ф. А.
Справочное пособие электросварщика / Ф. А. Хромченко. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 144 с. : ил.
13. Правила классификации и постройки морских судов. Правила по оборудованию морских судов. Правила по грузоподъемным устройствам морских судов. Правила о грузовой марке морских судов. 1999 г. : бюллетень изм. и доп. № 1 / Рос. морской регистр судоходства. - СПб., 2000. - 82 с.
14. Правила классификации и постройки морских судов. Правила по оборудованию морских судов. Правила по грузоподъемным устройствам морских судов. Правила о грузовой марке морских судов. 1999 г. : бюллетень изм. и доп. № 2 / Рос. морской регистр судоходства. - СПб., 2001. - 128 с.
15. Технологические основы сварочных процессов : учеб. пособие / А. П. Шнырев, Ю. С. Козлов. - М. : Агар, 2001. - 152 с. : ил.
16. Материалы для автоматической сварки : Междунар. транслятор-справочник / под науч. ред. В. Я. Кершенбаума, О. И. Стеклова. - М. : Технонефтегаз, 2001. - 385 с.
17. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков и др. ; под ред. А. И. Акулова. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Машиностроение, 2003. - 560 с.
18. Сварка трубопроводов : учеб. пособие для вузов / Ф. М. Мустафин [и др.]. - М. : Недра, 2002. - 347 с. : цв.ил.
19. Влияние остаточных напряжений от сборки и сварки монтажных стыков на циклическую прочность корпусных конструкций / А. В. Ильин, В. П. Леонов, В. Н. Хвалынский // Судостроение. - 1999. - № 5. - С. 50-53.
20. Курс металлических конструкций : учебник для архит.-строит. вузов / Е. А. Митюгов. - М. : АСВ, 2008. - 118 с. : ил.
21. Ремонтные работы на борту судна : Справочник судового специалиста / [Фока А. А. и др.]. - Одесса : Фенікс, 2003. - 237 с. : ил.
22. Правила классификации, постройки и оборудования морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов. - СПб. : Рос. мор. регистр судоходства, 2009. - 178, [1] с. : ил.
23. Учебник по сварке и другим термическим процессам при проведении ремонтных и профилактических работ на борту судна для судомехаников и мотористов. - Одесса : Негоциант, 2001. - 193 с. : ил.

24. Правила классификации и постройки морских судов. [В 5 т.]. Т. 2 / Рос. морской регистр судоходства. - [13-е изд., изм. и доп.]. - СПб. : Рос. мор. регистр судоходства, 2010. - 691 с. : ил.
25. Правила классификации и постройки морских судов. [В 5 т.]. Т. 2. - [14-е изд., изм. и доп.]. - СПб. : Рос. мор. регистр судоходства, 2011. - 701 с. : ил.
26. Справочник специалиста сварочного производства. Т. 2 / [сост. Григорьев С. М., Саражинский И. В., Леденева И. Н. ; Нац. Агентство Контроля и Сварки (НАКС), Бюро промышлен. маркетинга]. - 3-е изд. - М. : БПМ, 2010. - 346 с. : ил.
27. Справочник специалиста сварочного производства. Т. 1 / [сост. Алёшин Н. П. и др. ; Нац. Агентство Контроля и Сварки (НАКС), Бюро промышлен. маркетинга]. - М. : БПМ, 2008. - 474 с. : ил.
28. Основы теории прочности сварочных конструкций : учеб. пособие для вузов / Л. А. Копельман. - Изд. 2-е, испр. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 457 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 451.
29. Технология и оборудование сварки плавлением : учебник для вузов / А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. - М. : Машиностроение, 1977. - 431 [1] с. : ил.
30. Свариваемость сталей / И. Гривняк ; пер. со словац. Л. С. Гончаренко ; под ред. Э. Л. Макарова. - М. : Машиностроение, 1984. - 214, [1] с.

4. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Модуль 1. Введение. Сварка, ее физическая сущность, классификация способов.

Тема 1.1. Классификация способов сварки плавлением и давлением. Механизм образования сварного соединения.

Тема 1.2. Разновидности способов сварки давлением.

Тема 1.3. Способы сварки плавлением.

В процессе работы над темой студент должен ознакомиться с физической сущностью процессов сварки, основами металлургических процессов при сварке. Знать классификацию способов сварки плавлением и давлением. Освоить терминологию и основные определения по теме.

Изучив модуль 1, темы 1.1, 1.2, 1.3, студент должен свободно оперировать полученными знаниями и продемонстрировать их преподавателю на практических занятиях и зачете.

Литература: 3 - 3, 6, 8, 10, 12, 15, 17, 26, 29, 30.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое сварка?
2. На какие группы свариваемости подразделяют стали?
3. Перечислите способы сварки плавлением.
4. Перечислите способы сварки давлением.

Модуль 2. Сварочное оборудование. Источники питания сварочной дуги.

Тема 2.1. Характеристика источников питания. Требования к источникам питания сварочной дуги.

Тема 2.2. Оборудование для ручной дуговой сварки.

Тема 2.3. Оборудование для дуговой сварки механизированными способами.

В процессе работы над темой студент должен ознакомиться с источниками питания сварочной дуги. Знать требования, которые предъявляются к источникам питания сварочной дуги. Знать оборудование, которое применяют при выполнении ручной дуговой и механизированных способах сварки. Освоить терминологию и основные определения по теме.

Изучив модуль 2, темы 2.1, 2.2, 2.3, студент должен свободно оперировать полученными знаниями и продемонстрировать их преподавателю на практических занятиях и зачете.

Литература: 3 - 3, 10, 12, 15, 17, 27, 29.

Вопросы для самопроверки:

1. Что представляет собой сварочная дуга?
2. В чем заключаются особенности сварочной дуги переменного тока?
3. Перечислите источники питания постоянного тока.
4. Устройство и принцип работы сварочного выпрямителя.

Модуль 3. Структура сварного соединения. Сварочные деформации и напряжения.

Тема 3.1. Понятие «свариваемости» металлов. Зона термического влияния. Горячие и холодные трещины при сварке. Механизм возникновения остаточных деформаций и напряжений. Сварочные деформации узлов, секций и корпуса судна. Меры по их предотвращению.

Тема 3.2. Прочность сварных соединений судовых конструкций. Коррозия сварных соединений корпуса судна.

В процессе работы над темой студент должен ознакомиться со структурой сварного соединения. Иметь представление о сварочных напряжениях и деформациях. Знать меры по предотвращению сварочных деформаций. Освоить терминологию и основные определения по теме.

Изучив модуль 3, темы 3.1, 3.2, студент должен свободно оперировать полученными знаниями и продемонстрировать их преподавателю на практических занятиях и зачете.

Литература: 3 - 4, 5, 6, 15, 19, 28, 30.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое сварочные деформации.
2. Причины возникновения сварочных деформаций.
3. Методы устранения сварочных напряжений.
4. Методы предотвращения и устранения сварочных деформаций.

Модуль 4. Общие вопросы технологии сварки и наплавки.

Тема 4.1. Особенности технологии ручной дуговой сварки.

Тема 4.2. Технология сварки в среде защитных газов.

Тема 4.3. Особенности технологии механизированной сварки под флюсом.

Тема 4.4. Технология контактной сварки.

Тема 4.5. Технология сварки высоколегированных сталей, сварки цветных металлов и сплавов на их основе.

Тема 4.6. Технология сварки чугуна и ее применение при ремонте.

В процессе работы над темой студент должен ознакомиться с вопросами технологии сварки и наплавки, особенностями технологии ручной дуговой сварки, механизированной сварки в среде защитных газов и под слоем флюса. Иметь представление о технологии

сварки высоколегированных сталей, сварки цветных металлов и сплавов на их основе, технологии сварки чугуна и ее применение при ремонте. Иметь представление о технологии контактной сварки. Освоить терминологию и основные определения по теме.

Изучив модуль 4, темы 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, студент должен свободно оперировать полученными знаниями и продемонстрировать их преподавателю на практических занятиях и зачете.

Литература: 3 - 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 17, 29.

Вопросы для самопроверки:

1. В чем заключается технология ручной дуговой сварки?
2. Перечислите режимы ручной дуговой сварки.
3. В чем заключается технология полуавтоматической сварки в среде защитного газа аргона неплавящимся вольфрамовым электродом?
4. В чем заключается технология автоматической сварки под слоем флюса?
5. Трудности при сварке титана.
6. Трудности при сварке алюминия.
7. Трудности при сварке чугуна.

Модуль 5. Контроль качества сварки.

Тема 5.1. Контроль качества сварки.

Тема 5.2. Внешний осмотр и измерения швов сварных конструкций. Методы обнаружения внутренних дефектов.

В процессе работы над темой студент должен иметь представление о дефектах сварных швов, ознакомиться с методиками контроля качества сварных швов, методикой визуально-измерительного контроля. Иметь представление об организации технического контроля, контроле качества исходных материалов, заготовок, сборки. Знать методы контроля плотности сварных швов. Иметь представление о механических испытаниях сварных швов. Освоить терминологию и основные определения по теме.

Изучив модуль 5, темы 5.1, 5.2, студент должен свободно оперировать полученными знаниями и продемонстрировать их преподавателю на практических занятиях и зачете.

Литература: 3 - 8, 12, 15, 26, 29.

Вопросы для самопроверки:

1. Причины возникновения дефектов.
2. В чем заключается методика ультразвукового контроля.
3. Охарактеризуйте дефекты формы швов.
4. Причины возникновения пористости.
5. В чем заключается методика радиографического контроля?

5. ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Что такое сварка?
2. На какие группы свариваемости подразделяют стали?
3. Перечислите способы сварки плавлением.
4. Перечислите способы сварки давлением.
5. Что представляет собой сварочная дуга?
6. В чем заключаются особенности сварочной дуги переменного тока?
7. Перечислите источники питания постоянного тока.
8. Устройство и принцип работы сварочного выпрямителя.

9. Что такое сварочные деформации.
10. Причины возникновения сварочных деформаций.
11. Методы устранения сварочных напряжений.
12. Методы предотвращения и устранения сварочных деформаций.
13. В чем заключается технология ручной дуговой сварки?
14. Перечислите режимы ручной дуговой сварки.
15. В чем заключается технология полуавтоматической сварки в среде защитного газа аргона неплавящимся вольфрамовым электродом?
16. В чем заключается технология автоматической сварки под слоем флюса?
17. Трудности при сварке титана.
18. Трудности при сварке алюминия.
19. Трудности при сварке чугуна.
20. Причины возникновения дефектов.
21. В чем заключается методика ультразвукового контроля.
22. Охарактеризуйте дефекты формы швов.
23. Причины возникновения пористости.
24. В чем заключается методика радиографического контроля.
25. Классификация сварных швов.
26. Контроль качества сварных швов (назначение, виды).
27. Обозначение сварных швов на чертеже.
28. Оборудование и классификация сварочного поста электросварщика.
29. Оборудование и классификация сварочного поста газосварщика.
30. Режимы ручной дуговой сварки.
31. Сварочная дуга (определение, физическая сущность, способы зажигания, условия устойчивого горения, строение, влияние длины дуги на производительность и качество шва).
32. Устройство и назначение сварочного трансформатора.
33. Сварочное пламя (способы получения, виды, основные характеристики, строение).
34. Дефекты швов сварных соединений (причины возникновения, способы их устранения).
35. Понятие свариваемости металла. Классификация сталей по свариваемости.
36. Техника и технология выполнения швов в горизонтальном, вертикальном и потолочном положении.
37. Сварочная проволока (назначение, требования, химический состав, маркировка).
38. Электроды (классификация, маркировка, требования к хранению).
39. Защитные газы (назначение, классификация, свойства).
40. Основные требования к сварке низко- и среднеуглеродистых сталей.
41. Сварочные автоматы (назначение, устройство, принцип действия, основные характеристики).
42. Флюсы (назначение, классификация, применение).
43. Металлургические процессы при сварке плавлением.
44. Устройство и назначение сварочных преобразователей.
45. Наплавочные работы (виды, назначение, технология, материалы).
46. Сварка цветных металлов (медь и ее сплавы, алюминий, титан).
47. Сварочные полуавтоматы (назначение, классификация, устройство).
48. Особенности сварки легированных сталей.
49. Сварка чугуна (газовая, дуговая).
50. Напряжения и деформации при сварке (понятия, виды, классификация, причины их возникновения, способы борьбы).