

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Инноватика и менеджмент качества»
Секция «Технология и автоматизация сварочного производства»

ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения специальности 150202.65 и
направления подготовки 150700.62 «Машиностроение»
(профиль «Оборудование и технология сварочного производства»)

Курган 2013

Кафедра: «Инноватика и менеджмент качества»

Секция: «Технология и автоматизация сварочного производства»
(специальность 150202.65, направление 150700.62)

Составил: канд. техн. наук, доцент Т. П. Сорогина

Утверждены на заседании кафедры «28» августа 2012 г.

Рекомендованы методическим советом университета «11» октября 2013 г.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЁ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1 Цель преподавания дисциплины

Основная цель – изучение теоретических основ физико-химических процессов, протекающих при сварке металлов и сплавов плавлением. Это изучение создает теоретическую базу, которая позволяет специалисту перейти от феноменологического представления о предмете к анализу и прогнозированию сложных явлений и процессов при сварке, дает возможность целенаправленного управления всеми звеньями сварочной системы с целью получения требуемого комплекса свойств в сварном соединении. Наряду с этим эффективное усвоение курса дает в руки специалиста тот инструмент, с помощью которого возможно более успешное внедрение в область сварки новых идей, извлекаемых из бурно развивающихся фундаментальных наук, что имеет важное значение в вопросах дальнейшего развития сварочной техники и технологии. В системе подготовки специалистов сварочного производства всех форм обучения курс «Теория сварочных процессов» в соответствии с учебным планом является первой специальной дисциплиной по данной специальности.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В процессе изучения дисциплины студент должен приобрести знания основ химической термодинамики:

- физико-химических процессов, протекающих при взаимодействии в системах «металл-газ», «металл-шлак-газ» на стадии каплеобразования и в сварочной ванне;
- химического состава, строения и свойств сварочных шлаков и их назначения;
- процессов, протекающих в плазме дугового разряда и в приэлектродных областях;
- металлургических процессов, при различных способах сварки плавлением;
- основных понятий и законов в расчетах тепловых процессов при сварке;
- расчетов тепловых процессов при воздействии сварочных источников теплоты на тела различной формы;
- процессов нагрева и плавления основного и присадочного материалов при сварке;
- процессов первичной кристаллизации металла сварочной ванны и образования вторичной структуры в сварном соединении;
- вопросов свариваемости металлов и сплавов и технологической прочности в процессе первичной и вторичной кристаллизации.

После изучения дисциплины студент должен уметь:

- рассчитать константу равновесия реакции и оценить ход металлургических процессов, протекающих в сварочной ванне;
- анализировать любой процесс сварки с учетом получения конечного результата;

- обосновать выбор способа сварки и сварочных материалов с позиции свариваемости и получения качественного металла шва и сварного соединения в целом;
- качественно и количественно оценивать влияние основных параметров режима сварки на формирование шва и комплекс свойств сварного соединения;
- оптимизировать параметры режимов сварки с учетом свойств основных и сварочных материалов и эксплуатационных условий.

2 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ

Электрическая проводимость металлов, электролитов, газов. Эмиссия электронов (термическая, фото- и автоэлектронная). Работа выхода электронов. Уравнение Ричардсона-Дешмана. Объемная ионизация газов. Потенциал ионизации. Уравнение Сага. Возникновение электрической дуги и ее зоны (анодная, катодная, столб дуги). Влияние потенциала ионизации, работы выхода электронов, доли ионного тока на коэффициент расплавления при сварке на постоянном токе прямой и обратной полярности. Внешнее магнитное поле дуги и сварочного контура. Плавление и перенос металла в сварочной дуге.

2.1 Рекомендуемая литература [1; 5].

2.2 Вопросы для самопроверки

- 1) особенности электрической проводимости дуги.
- 2) основные виды эмиссии электронов. Работа выхода электронов.
- 3) уравнение Ричардсона-Дешмана.
- 4) основные виды ионизации газов. Потенциал ионизации.
- 5) влияние работы выхода электронов, потенциала ионизации на коэффициент расплавления при сварке на постоянном токе прямой и обратной полярности.
- 6) возникновения электрической дуги и ее зоны;
- 7) силы, действующие на каплю металла, находящуюся на торце электрода.
- 8) капельный и струйный перенос металла.
- 9) влияние силы тока, диаметра электрода, поверхностного натяжения и температуры на характер переноса металла в дуге.
- 10) пути повышения эффективности переноса металла в дуге.

3 ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ

Виды элементарных связей в твердых телах и монолитных соединениях, физико-химические особенности получения сварных соединений. Классификация процессов сварки. Термические термомеханические, прессомеханические процессы.

3.1 Рекомендуемая литература [2].

3.2 Вопросы для самопроверки

- 1) особенности элементарных связей в металле.
- 2) основные технологические параметры сварки и связь между ними.
- 3) что называется сваркой?
- 4) сварка давлением и плавлением.
- 5) классификация процессов сварки.

4 ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ СВАРКЕ МЕТАЛЛОВ

4.1 Термодинамические, электрохимические и кинетические основы металлургических процессов. Приложение 1-го начала термодинамики к физико-химическим процессам. Основные понятия и определения.

4.1.1 Рекомендуемая литература [2; 4].

4.1.2 Вопросы для самопроверки

- 1) что называется термодинамической системой?
- 2) что называется фазой?
- 3) равновесие системы.
- 4) гомогенные и гетерогенные системы.
- 5) константа равновесия и определение направления процесса с помощью константы равновесия в зависимости от температуры.

4.2 Металлургические процессы при сварке металлов

4.2.1 Система «газ-металл». Взаимодействие газов (кислорода, азота, водорода) с металлом сварочной ванны. Влияние температуры, давления на растворимость газов в железе. Влияние газов на свойства металла сварного шва. Дефекты металла сварного шва, вызываемые растворенными газами. Методы снижения содержания газов в металле сварного шва. Сварка в среде активных газов (CO_2 , CO_2+O_2 и др.) и ее особенности.

4.2.2 Рекомендуемая литература [1; 2; 3].

4.2.3 Вопросы для самопроверки

- 1) образование оксидов и растворов кислорода в железе. Влияние температуры на растворимость кислорода в железе.
- 2) упругость диссоциации оксидов - критерий сродства элементов к кислороду.

- 3) влияние кислорода на свойства металла сварного шва.
- 4) источники поступления водорода и азота в металл сварочной ванны и влияние этих газов на свойства металла сварного шва.
- 5) влияние давления и температуры на растворимость водорода и азота в железе.
- 6) методы снижения содержания газов в металле сварного шва.
- 7) сварка в среде углекислого газа и смеси углекислого газа и кислорода. Особенности. Достоинства и недостатки.
- 8) сварка в среде инертных газов. Особенности. Достоинства и недостатки.

4.3 Система «металл-шлак-газ». Назначение, состав и строение сварочных шлаков. Окисление металлов в системе «металл-шлак-газ». Окислительная способность сварочных шлаков и влияние на нее оксида кремния. Раскисление и легирование металла сварочной ванны. Коэффициенты перехода. Управление процессом легирования.

4.3.1 Рекомендуемая литература [1; 2; 3].

4.3.2 Вопросы для самопроверки

- 1) назначение сварочных шлаков.
- 2) химический состав шлаков.
- 3) основность шлаков.
- 4) строение шлаков.
- 5) окислительная способность шлаков и влияние на нее оксида кремния.
- 6) раскисление металла сварочной ванны. Способы раскисления.
- 7) легирование металла сварочной ванны, коэффициенты перехода, управление процессом легирования.

4.4 Металлургические процессы при сварке под слоем флюса. Окисление и восстановление кремния, марганца. Поведение серы, фосфора, углерода. Раскислительная способность углерода в зависимости от температуры, в сравнении с кремнием.

4.4.1 Рекомендуемая литература [1; 2; 3].

4.4.2 Вопросы для самопроверки

- 1) назначение и состав флюсов.
- 2) восстановление кремния в головной части сварочной ванны. Содержание восстановленного кремния в зависимости от температуры, содержания оксидов кремния и железа в шлаке.
- 3) влияние основности шлака на содержание восстановленного кремния.
- 4) окисления кремния в хвостовой части сварочной ванны (раскисление кремнием).

5) восстановление марганца в головной части сварочной ванны. Влияние на содержание восстановленного марганца температуры, содержания в шлаке оксидов марганца, железе и основности шлака.

6) окисление марганца в хвостовой части сварочной ванны.

7) влияние серы и фосфора на свойства металла сварного шва.

8) факторы, способствующие снижению содержания серы в сварочной ванне.

9) факторы, способствующие снижению содержания фосфора в сварочной ванне.

10) раскислительная способность углерода в сравнении с кремнием.

4.5 Metallургические процессы при сварке электродами с покрытиями. Основные типы электродных покрытий, их состав и назначение. Процессы окисления и восстановления, протекающие в процессе сварки электродами с покрытиями. Сравнение свойств металла сварного шва, полученного при сварке электродами с различными типами покрытий.

4.5.1 Рекомендуемая литература [1; 2].

4.5.2 Вопросы для самопроверки

1) назначение и состав электродных покрытий. Коэффициент массы.

2) состав кислых покрытий.

3) взаимодействие шлака с металлом при сварке электродами с кислыми покрытиями.

4) изменение химического состава металла шва в процессе сварки электродами с кислыми покрытиями.

6) достоинства и недостатки кислых покрытий. Область применения.

7) основные покрытия и их основные компоненты.

8) изменение состава металла при сварке электродами с основными покрытиями.

9) свойства металла шва, полученного при сварке электродами с основными покрытиями в сравнении с кислыми.

10) достоинства и недостатки основных покрытий. Область применения.

11) рутиловые покрытия и их основные компоненты.

12) изменение состава металла при сварке электродами с покрытиями рутилового типа.

13) достоинства и недостатки рутиловых покрытий. Область применения.

14) Целлюлозные покрытия, состав, область применения.

4.6 Образование пор и неметаллических включений в металле сварного шва. Зарождение и рост газовых пузырей в металле. Влияние CO, H₂, O₂, ржавчины, окалины на образование пор. Экзогенные и эндогенные неметаллические включения и их влияние на свойства металла сварного шва. Основные мероприятия по борьбе с образованием пор и неметаллических включений.

4.6.1 Рекомендуемая литература [2; 3].

4.6.2 Вопросы для самопроверки

- 1) расположение фронта зарождения газовых пузырей.
- 2) влияние CO, H₂, O₂, ржавчины и окалины на образование пор.
- 3) эндогенные неметаллические включения.
- 4) эндогенные (оксиды, сульфиды, нитриды, карбиды и др.) неметаллические включения и их влияние на свойства металла сварного шва.
- 5) основные пути снижения вредного влияния газов и неметаллических включений на свойства металла сварного шва.

5 ТЕПЛОВЫЕ ОСНОВЫ СВАРКИ

5.1 Основные понятия, определения и законы в расчетах тепловых процессов при сварке. Основные вопросы теории тепловых процессов. Источники тепла при сварке и их характеристики. Способы передачи тепла в твердом теле. Поверхностная теплоотдача и краевые условия. Сущность основных методов расчета процессов распространения тепла: метод источников, численный метод. Общее дифференциальное уравнение теплопроводности и его частные случаи применения в условиях сварки. Схематизация свариваемых тел и источников теплоты. Расчет процессов распространения теплоты от мгновенных и непрерывнодействующих неподвижных источников в телах различной геометрической формы. Распространение теплоты от перемещающихся источников постоянной мощности. Подвижный точечный источник на поверхности полубесконечного тела. Подвижный линейный источник в бесконечной пластине. Подвижный плоский источник в бесконечном стержне. Периоды теплонасыщения и выравнивания температур при нагреве тел подвижными источниками теплоты. Быстродвижущиеся источники теплоты и процессы распространения тепла, в полубесконечном теле, в тонкой пластине и в пластине неопределенной толщины. Влияние ограниченности размеров тела на процессы распространения теплоты.

5.2 Нагрев и плавление основного металла при воздействии сварочных источников тепла

Влияние теплофизических свойств металлов и параметров режима сварки на поле температур. Основные параметры сварочной ванны и их расчетное определение. Тепловая эффективность проплавления основного металла при дуговой сварке. Эффективный, термический и полный КПД процессов нагрева и проплавления. Производительность сварки плавлением и пути ее повышения. Термический цикл основного металла при сварке и его характеристики. Расчет параметров термического цикла: максимальных температур нагрева,

длительности нагрева, выше определенной температуры, мгновенной скорости охлаждения при заданной температуре.

5.3 Нагрев и плавление присадочного металла при дуговой сварке.

Источники нагрева электрода и электродной проволоки. Плавление электрода и электродной проволоки. Производительность плавления присадочного металла и пути ее интенсификации.

5.4 Методические указания

Необходимые сведения для изучения вопросов пятого раздела «Тепловые основы сварки» можно приобрести по литературным источникам [1; 2; 3].

Основная задача сводится к тому, чтобы языком математики определять необходимые условия нагрева тел и их сваривания, анализировать процессы распространения тепла и распределения температур в телах с учетом характеристик сварочных источников, теплофизических свойств свариваемых металлов, форм и размеров, свариваемых тел, и на этой основе находить рациональные технологические решения для получения сварных соединений требуемого качества. Наряду с этим, путем выбора соответствующей расчетной схемы необходимо усваивать процессы нагрева и плавления присадочного металла (электродов и электродной проволоки) и пути интенсификации производительности их плавления.

5.4.1 Вопросы для самопроверки

1) теплофизические константы, используемые в расчетах тепловых процессов сварки и их размерность.

2) характеристики температурного поля предельного состояния от неподвижных и перемещающихся источников теплоты, действующих на поверхности массивного тела.

3) сформулируйте и поясните физический смысл закона теплопроводности Фурье. В чем заключается передача тепла теплопроводностью и определяющие ее факторы.

4) напишите и проведите анализ уравнения процесса распространения тепла от быстро движущегося линейного источника в бесконечной пластине.

5) в чем сущность введения фиктивных источников тепла при расчете температуры нагрева в заданных точках в условиях сварки тел с ограниченными размерами?

6) как скажется раздельное изменение силы сварочного тока и скорости сварки на геометрии сварочной ванны (глубина, ширина и длина) при наплавке велика на поверхность массивного тела?

7) на основе принципа наложения (суперпозиции), проанализируйте какие изменения параметров термического цикла произойдут при наличии предварительного и сопутствующего подогрева свариваемого тела.

8) чем вызваны определенные ограничения длины электродов с качественными покрытием и максимального сварочного тока при ручной дуговой сварке?

6 ПРЕВРАЩЕНИЯ В МЕТАЛЛАХ ПРИ СВАРКЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ

6.1 Образование сварных соединений и формирование первичной структуры металла шва. Физико-химические процессы, при соединении тел в твердофазном и твердо-жидком состоянии соединяемых поверхностей. Особенности кристаллизации металла сварочной ванны. Факторы, влияющие на характер кристаллизации и первичную структуру металла шва. Понятие о термическом и концентрационном переохлаждении. Тепловой баланс сварочной ванны. Скорости кристаллизации в различных зонах сварочной ванны. Химическая неоднородность в металле шва. Влияние режимов сварки и технологической подготовки на степень химической неоднородности. Меры уменьшения химической и физической неоднородности металла шва и улучшения свойств сварного соединения.

Фазовые превращения в свариваемых металлах в твердом состоянии (вторичная кристаллизация). Связь превращений аустенита с составом свариваемого металла, характером термического цикла сварки, структурообразованием и свойствами сварного соединения.

6.2 Технологическая прочность в процессе первичной и вторичной кристаллизации

Характер изменения прочности и пластичности в зависимости от температуры. Природа и механизм образования горячих трещин при сварке и факторы, определяющие возникновение горячих трещин. Способы оценки сопротивляемости швов образованию горячих трещин. Меры предупреждения горячих трещин при сварке металлов. Холодные трещины в сварных соединениях, гипотезы их возникновения и механизм разрушения. Способы оценки сопротивляемости образованию холодных трещин. Меры борьбы с холодными трещинами.

6.3 Методические указания

Для изучения программного материала шестого раздела необходимо использовать литературу [1; 2; 3; 5; 7]. Сварка металлов сопровождается непрерывными изменениями термомеханического состояния, которое оказывает сложное влияние на фазовые превращения в металле шва и околошовной зоне. Этому же способствует наличие химической неоднородности в шве и зоне сплавления. В связи с этим процессы первичной кристаллизации металла сварочной ванны при ее затвердевании и вторичные фазовые и структурные превращения как в металле шва, так и в околошовной

зоне во многом определяют комплекс физико-химических и эксплуатационных свойств сварного соединения. Это замечание особенно важно, если учесть, что в большинстве случаев после сварки сварные конструкции не подвергаются термической обработке. Следует обратить внимание на многостадийный характер образования неразъемного соединения при сварке с нагревом и давлением (например, контактная), плавлением без давления (например, электродуговая и др.), для которых состояние вещества в месте соединения соответственно твердофазное, и твердо-жидкое. Отметить общность и различия механизма и физико-химических процессов на стадиях образования физического контакта, возникновения металло-химических связей, массопереноса вещества путем диффузии и других процессов в околошовной зоне. Среди ряда особенностей кристаллизации уяснить роль влияния характера переохлаждения (термический, концентрационный) на кристаллизацию расплава гетерогенной системы, присущей металлу сварочной ванны при сварке различных сталей и сплавов. Уяснить факторы, обуславливающие появление столбчатой структуры в шве и методы ее подавления. Необходимо знать причины и условия возникновения химической неоднородности в шве, ее зависимость от скорости охлаждения, характера кристаллизации (диффузионный, бездиффузионный), меры уменьшения макро-и микрохимической неоднородности.

Изучая процессы вторичной кристаллизации, иметь представление о фазовых и структурных превращениях и изменении свойств на различных участках сварного соединения, зависимость этих превращений и структурообразования от химсостава свариваемых металлов и сплавов, термического цикла, исходного состояния металла перед сваркой.

Характеризуя технологическую прочность в процессе первичной кристаллизации металла шва как его способность воспринимать упруго-пластические деформации без возникновения горячих трещин, следует знать природу и механизм их образования, месторасположение и признаки распознавания, влияние температурного интервала хрупкости (ТИХ) и деформационной способности металла шва в ТИХ, а также темпа нарастания растягивающих напряжений в этом интервале на склонность к трещинообразованию. Исходя из природы образования горячих трещин (кристаллизационных и полноизационных), иметь представление о мерах металлургического и технологического характера по предупреждению горячих трещин при сварке обычных конструкционных и высоколегированных специальных сталей аустенитного класса. Рассматривая технологическую прочность при сварке как совокупность влияния основного (свариваемого) металла, сварочных материалов и режимов сварки, показать знание по выбору и оптимизации технологического процесса сварки, используя существующие методы качественной и количественной оценки стойкости против горячих трещин (технологические пробы, метод МВТУ и др.).

При изучении условий возникновения холодных трещин в сварном соединении (в шве и в околошовной зоне) обратить внимание на

существующие гипотезы трещинообразования и механизм разрушения, воздействие термического цикла на структурообразование в результате вторичной кристаллизации, особенно при сварке стали перлитного и мартенитного классов, роль напряжений первого и второго рода в охрупчивании, влияние подогрева и других технологических приемов по предотвращению холодных трещин, критерии оценки стойкости против холодных трещин.

6.4 Вопросы для самопроверки

- 1) каковы особенности кристаллизации металла сварочной ванны?
- 2) методы воздействия на первичную кристаллизацию металла сварочной ванны с целью измельчения структуры и уменьшения химической неоднородности.
- 3) баланс тепла в сварочной ванне на границе раздела с основным металлом и скорости кристаллизации на отдельных ее участках.
- 4) причины образования столбчатой структуры и кристаллитной ориентации в металле шва.
- 5) виды химической неоднородности в металле шва и причины их возникновения.
- 6) чем определяется прочность металла шва в температурном интервале хрупкости (ТИХ)?
- 7) дайте определение технологической прочности при сварке.
- 8) влияние водорода на склонность сварного соединения к холодным трещинам и конкретные примеры подтверждения этого влияния.
- 9) каков механизм задержанного разрушения сварного соединения с образованием холодных трещин?
- 10) в чем заключаются меры борьбы с холодными трещинами?

7 ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Выполнению контрольных работ по курсу «Теория сварочных процессов» должно предшествовать изучение программного материала по этой дисциплине. В контрольной работе студент должен показать, что он достаточно владеет изучаемым предметом. В связи с этим ответы на вопросы должны быть полными, подтверждаться необходимыми цифровыми данными, расчетами, рисунками, обоснованным выбором применяемых коэффициентов и табличных данных с указанием литературных источников.

Студенты выполняют варианты контрольных работ в соответствии с последней цифрой своего шифра в пределах от нуля до девяти.

Вариант 0

1) изложите сущность электронной проводимости электрической дуги. Дайте характеристику эмиссии электронов в дуге. Укажите зависимость плотности тока дуги от работы выхода электронов и температуры.

2) влияние мощности дуги и объемной теплоемкости на характер температурного поля от воздействия на поверхности массивного тела неподвижного постояннодействующего точечного источника теплоты?

3) укажите факторы, влияющие на деформационную способность кристаллизующегося металла шва в температурном интервале хрупкости.

Вариант 1

1) объясните сущность различных видов ионизации газов в дуге (путем соударений частиц, фото- и термоионизации). Потенциал ионизации и его влияние на стабильность горения дуги.

2) опишите характерные особенности кристаллизации металла в условиях дуговой сварки. Причины, вызывающие химическую и структурную неоднородность металла шва.

3) опишите сущность введения фиктивных источников теплоты при расчете температур в точках тела с ограниченными размерами.

Вариант 2

1) объясните характер взаимодействия кислорода с металлом сварочной ванны (образования оксидов, растворов). Упругость диссоциации – критерий химического сродства элементов к кислороду.

2) природа горячих трещин при сварке обычных конструкционных сталей и меры их предупреждения.

3) определите длительность свободного охлаждения предварительно нагретого сплошного цилиндра из низколегированной стали диаметром 80 мм, исходя из условий сохранения этого нагрева в интервале температур 250-180°C. (Температуру окружающей среды принять равной нулю).

Вариант 3

1) изложите процесс плавления и переноса металла в дуге. Покажите зависимость эффективности переноса металла в дуге от силы тока, температуры, диаметра электрода. Назовите пути повышения эффективности переноса металла в дуге.

2) объясните влияние серы на свойства сварного соединения и укажите факторы, способствующие снижению содержания серы в металле шва.

3) произведите расчет длительности существования сварочной ванны в жидком состоянии при воздействии быстродвижущейся дуги на поверхности массивного (полубесконечного) тела.

Вариант 4

1) объясните характер взаимодействия азота и водорода с металлом сварочной ванны. Зависимость растворимости этих газов в железе от давления и температуры. Влияние азота и водорода на свойства металла шва.

2) охарактеризуйте баланс тепла в сварочной ванне на границе раздела с основным металлом и скорости кристаллизации в отдельных ее участках.

3) опишите методы воздействия на первичную кристаллизацию металла сварочной ванны и их назначение при сварке углеродистых конструкционных сталей и высоколегированных хромоникелевых сталей аустенитного класса.

Вариант 5

1) объясните сущность процесса сварки в среде углекислого газа. Укажите достоинства и недостатки этого способа.

2) объясните механизм образования неметаллических включений и их влияние на свойства металла сварного шва.

3) дайте определение технологической свариваемости, опишите методы ее оценки и применимость к различным сталям при их сварке.

Вариант 6

1) опишите процесс раскисления металла сварочной ванны при сварке в среде углекислого газа.

2) дайте характеристики методов легирования металла сварного шва.

3) опишите методы определения температур в теле на стадии теплонасыщения для случаев его нагрева подвижными источниками теплоты (точечным, линейным, плоским).

Вариант 7

1) объясните металлургические особенности сварки металла электродами с рутиловыми и целлюлозными покрытиями. Область применения указанных электродов.

2) опишите характер распределения энергии и удельного теплового потока на поверхности свариваемых тел от воздействия различных сварочных источников тепла (газовое пламя, электрическая дуга, электрический луч и др.) и дайте сравнительную характеристику.

3) приведите и проанализируйте расчетные методы для определения скорости охлаждения при заданных температурах применительно к сварке тел различной формы (полубесконечное, тонкая пластина).

Вариант 8

1) объясните металлургические особенности сварки металлов электродами с кислым и основным покрытиями. Область применения этих электродов.

2) опишите механизм образования пор в металле шва и меры их предупреждения.

3) приведите расчет определения температур в массивном теле в период ее выравнивания, то есть после прекращения действия точечного подвижного источника теплоты.

Вариант 9

1) объясните назначение, состав и строение сварочных шлаков. Объясните процессы окисления и восстановления марганца и кремния при

сварке под флюсом. Укажите, от чего зависит содержание восстановленного марганца и кремния в металле шва.

2) дайте математическое выражение процесса распространения тепла в бесконечной пластине от подвижного линейного источника (сварочной дуги). Проанализируйте, какое влияние оказывает увеличение скорости перемещения источника на распределение температур в точках на оси шва - за источником тепла и перед ним.

3) опишите причины образования холодных трещин в сварных соединениях из стали перлитного класса и основные методы борьбы против этого вида разрушений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Фролов, В. В. Теоретические основы сварки [Текст] / В. В. Фролов. – М : Высшая школа, 1970. – 501 с.
- 2 Теория сварочных процессов : учебник для вузов / В. Н. Волченко [и др.] : под ред. В. В. Фролова. – М. : Высшая школа. 1988. – 559 с.
- 3 Петров, К. Л. Теория сварочных процессов [Текст] : учебник для вузов / К. Л. Петров, А. С. Тумарев. – 2-е изд., перераб. – М. : Высшая школа, 1977.–392 с.
- 4 Багрянский, К. В. Теория сварочных процессов [Текст] / К. В. Багрянский, З. А. Добротина, К. К. Хренов. – Киев : Издательское объединение «Вища школа», 1976. – 424 с.
- 5 Киреев, В. А. Курс физической химии [Текст] / В. А. Киреев. – М. : Химия, 1975. – 413 с.
- 6 Лесков, Г. И. Электрическая сварочная дуга [Текст] / Г. И. Лесков. – М. : Машиностроение, 1970. – 209 с.
- 7 Шоршов, М. Х. Фазовое превращение и изменение свойств стали при сварке [Текст] / М. Х. Шоршов, В. В Белов. – М. : Наука, 1972. – 331 с.
- 8 Грабин, В. Ф. Металловедение сварки плавлением [Текст] / В. Ф. Грабин. – Киев : Наукова думка, 1982. – 389 с.

Сорогина Татьяна Петровна

ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения специальности 150202.65 и
направления подготовки 150700.62 «Машиностроение»
(профиль «Оборудование и технология сварочного производства»)

Редактор Е. А. Могутова

Подписано в печать 26.11.13	Формат 60x84 1/16	Бумага тип №1
Печать цифровая	Усл.печ.л. 1,0	Уч.-изд.л. 1,0
Заказ 193	Тираж 20	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.