

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ЯКУТСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

ОБОСОБЛЕННОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА им. В.П. Ларионова
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИФТПС СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИФТПС СО РАН
Лепов В.В.
«23.05» 2023 г.

ПРОГРАММА
вступительного экзамена в аспирантуру
по научной специальности
2.5.8 Сварка, родственные процессы и технологии
(технические науки)

Якутск 2023 г.

ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальности 2.5.8 «Сварка, родственные процессы и технологии» составлена в соответствии с паспортом специальности.

На вступительном экзамене по специальности 2.5.8 «Сварка, родственные процессы и технологии» поступающий должен продемонстрировать знания о закономерностях образования неразъемных соединений материалов, металлургических и физических процессов в материалах при сварке, наплавке, пайке, нанесении покрытий, термической резке и других родственных процессах, разработкой высокоэффективных ресурсосберегающих технологий соединения материалов, методов проектирования прочных и надежных сварных конструкций, сварочного оборудования, технологических и робототехнических комплексов для производства сварных изделий, методов управления параметрами технологических процессов для обеспечения стабильности качества и свойств сварных соединений.

Основу настоящей программы составляют экзаменационные вопросы, отражающие следующие направления сварки, родственных процессов и технологий:

1. Физико-химические процессы в источниках энергии для сварки и родственных технологий
2. Металлургические процессы в сварочной ванне, кристаллизация сварных швов
3. Физические процессы в материалах при сварке и родственных технологиях, фазовые и структурные превращения, образование соединений и формирование их свойств
4. Технологические основы сварки и родственных процессов
5. Напряжения и деформации изделий при сварке и родственных процессах
6. Системы стабилизации, программного управления и регулирования параметров технологии сварки и родственных процессов
7. Влияние конструктивных особенностей сварных соединений и технологии сварки на прочность, надежность и ресурс сварных конструкций
8. Оборудование для сварки и родственных процессов
9. Материалы для сварки, родственных процессов и технологий
10. Сварочные, присадочные, электродные материалы, флюсы, газы и припой, для образования, защиты и металлургической обработки зоны соединения конструкционных и функциональных материалов с применением сварочных источников энергии.

ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Природа образования соединений при сварке.
2. Классификация процессов сварки. Источники энергии для сварки, их обобщенные характеристики.
3. Строение, виды и области применения электрической сварочной дуги.
4. Основные процессы в столбе дуги. Напряженность поля, плотность тока и концентрации мощности в столбе.
5. Закономерности плавления и испарения металлических электродов. Перенос металла в дуге.
6. Общие условия устойчивости электрической дуги. Действие магнитных полей на дугу, их использование для управления дугой и процессами сварки. Особенности дуг, питаемых переменным и импульсным токами.
7. Параметры режима дуговой сварки и их влияние на форму ванны и размеры шва.
8. Лучевые источники нагрева, их виды, особенности и области применения.

9. Электронный луч, как источник энергии. Принцип сварки электронным лучом в вакууме.
10. Лазерный луч как источник нагрева при сварке, резке и термической обработке. Достижения и проблемы электронно-лучевой и лазерной сварки.
11. Электрошлаковый нагрев. Энергетические процессы в шлаковой и металлической ваннах. Условия устойчивости электрошлакового процесса, физико-химические процессы при электрошлаковой сварке.
12. Электроконтактный нагрев и плавление металлов. Физические процессы в сварочных контактах соединяемых заготовок.
13. Принципиальные схемы сварки взрывом. Условия образования соединений при сварке взрывом.
14. Физические процессы при диффузионной сварке. Механизм образования сварных соединений при диффузионной сварке.
15. Природа образования соединений при пайке.
16. Свариваемость материалов. Показатели свариваемости.
17. Металлургические процессы при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Взаимодействие металлов, шлаков и газов. Газы в сварных соединениях.
18. Основные характеристики тепловых процессов. Модели источников тепла, объектов сварки, наплавки. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении.
19. Расчет температурных полей при нагреве тел движущимися сосредоточенными, точечными и линейными источниками тепла. Особенности нагрева пластин мощными быстро движущимися источниками. Методы расчета температурных полей при нагреве тел распределенными источниками. Вычисление скоростей охлаждения в различных точках тел, нагреваемых движущимися источниками.
20. Термические циклы при однопроходной и многослойной сварке и наплавке. Плавление основного металла, длина жидкой ванны. Тепловая эффективность процессов сварки, наплавки и нанесения покрытий. Нагрев и плавление присадочных материалов.
21. Кристаллизация металла при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Природа химической и физической неоднородности соединений металлов.
22. Горячие трещины при сварке. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию горячих трещин. Способы предотвращения горячих трещин.
23. Особенности структуры зоны термического влияния в сварных соединениях. Фазовые и структурные превращения при сварке конструкционных сталей.
24. Природа холодных трещин. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию холодных трещин. Способы предотвращения холодных трещин.
25. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве. Механизм возникновения напряженного состояния при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Приближенная теория сварочных деформаций и напряжений.
26. Классификация процессов сварки плавлением. Технология сварки и наплавки покрытыми электродами. Технология автоматической и механизированной сварки. Наплавка и нанесение покрытий.
27. Технология сварки низкоуглеродистых, низколегированных и среднелегированных конструкционных сталей.
28. Технология сварки высоколегированных сталей и сплавов мартенситного, ферритного и аустенитного классов.
29. Технология сварки разнородных сталей одного структурного класса и разных структурных классов.
30. Технология сварки чугуна.
31. Технология сварки меди и ее сплавов, алюминия, магния и их сплавов, никеля и его сплавов, титана и его сплавов.

32. Технология наплавки. Формирование свойств наплавленного металла, метод его легирования.
33. Дефекты сварных соединений. Поры в сварных швах. Неметаллические включения в швах. Прочие дефекты сварных соединений.
34. Классификация способов контактной сварки. Условия формирования сварных соединений при точечной и шовной сварке. Особенности формирования соединений при стыковой сварке.
35. Выбор режимов и технология сварки конструкционных материалов при точечной и шовной сварке. Технология стыковой сварки.
36. Технология сварки токами высокой частоты.
37. Технология и области применения холодной сварки.
38. Технология и области применения ультразвуковой сварки.
39. Технология сварки трением.
40. Технология сварки пластмасс.
41. Пайка металлов. Теоретические основы пайки металлов. Сущность процесса пайки металлов. Физические процессы при пайке. Диффузионное и химическое взаимодействие припоя с паяемым металлом. Способы удаления поверхностных пленок и восстановление оксидов при пайке.
42. Припой. Классификация припоев по химическому составу, температуре плавления и механическим свойствам. Наиболее распространенные группы припоев.
43. Флюсы. Назначение, требования к флюсам. Виды флюсов и их классификация. Типы паяных соединений. Расчет прочности паяных соединений. Технология пайки различных металлов и сплавов. Методы контроля паяных соединений.
44. Современное представление о механизме процесса склеивания. Классификация клеев. Наиболее распространенные клеи на основе термореактивных и термопластичных полимеров. Преимущества и недостатки клеевых соединений.
45. Деформации и напряжения, вызываемые процессами сварки, наплавки и нанесения покрытий. Концентрация напряжений в сварных соединениях. Влияние дефектов на механические свойства сварных соединений и их работоспособность.
46. Остаточные напряжения в сварных соединениях. Деформации, напряжения и перемещения в элементах сварных конструкций, экспериментальные и расчетные методы их определения. Методы снижения напряжений и деформаций при сварке и наплавке.
47. Прочность сварных соединений при статических нагрузках. Прочность при переменных нагрузках. Причины хрупких разрушений сварных конструкций.
48. Классификация методов контроля качества сварки, наплавки и нанесения покрытий.
49. Методы неразрушающего контроля качества металлов, швов, наплавки и покрытий.
50. Физические основы и разновидности магнитных и электромагнитных методов контроля, техника и технология их применения.
51. Основы и классификация радиационных методов контроля.
52. Источники рентгеновского и гамма-излучения, их конструкции, аппаратура и приспособления для управления. Радиографический контроль.
53. Физические основы, классификация ультразвуковых методов контроля. Приборы и оптимальные параметры ультразвукового контроля. Технология ультразвукового контроля, методы измерения дефектов.
54. Принципы, классификация и технология капиллярных методов контроля.
55. Методы контроля непроницаемости. Течеискатели.
56. Механические испытания качества сварки, наплавки и нанесения покрытий. Металлография, химический анализ и коррозионные испытания сварных соединений, наплавки и покрытий.

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ ПРИ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНАХ В АСПИРАНТУРУ

Билет 1

1. Природа образования соединений при сварке.
2. Электрошлаковый нагрев. Энергетические процессы в шлаковой и металлической ваннах. Условия устойчивости электрошлакового процесса, физико-химические процессы при электрошлаковой сварке.
3. Кристаллизация металла при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Природа химической и физической неоднородности соединений металлов.

Билет 2

1. Классификация процессов сварки. Источники энергии для сварки, их обобщенные характеристики.
2. Электроконтактный нагрев и плавление металлов. Физические процессы в сварочных контактах соединяемых заготовок.
3. Технология наплавки. Формирование свойств наплавленного металла, метод его легирования.

Билет 3

1. Строение, виды и области применения электрической сварочной дуги.
2. Особенности структуры зоны термического влияния в сварных соединениях. Фазовые и структурные превращения при сварке конструкционных сталей.
3. Дефекты сварных соединений. Поры в сварных швах. Неметаллические включения в швах. Прочие дефекты сварных соединений.

Билет 4

1. Основные процессы в столбе дуги. Напряженность поля, плотность тока и концентрации мощности в столбе.
2. Природа холодных трещин. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию холодных трещин. Способы предотвращения холодных трещин
3. Флюсы. Назначение, требования к флюсам. Виды флюсов и их классификация. Типы паяных соединений.

Билет 5

1. Закономерности плавления и испарения металлических электродов. Перенос металла в дуге.
2. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве. Механизм возникновения напряженного состояния при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Приближенная теория сварочных деформаций и напряжений.
3. Выбор режимов и технология сварки конструкционных материалов при точечной и шовной сварке. Технология стыковой сварки.

Билет 6

1. Свариваемость материалов. Показатели свариваемости.
2. Классификация процессов сварки плавлением. Технология сварки и наплавки покрытыми электродами. Технология автоматической и механизированной сварки. Наплавка и нанесение покрытий.
3. Деформации и напряжения, вызываемые процессами сварки, наплавки и нанесения покрытий. Концентрация напряжений в сварных соединениях. Влияние дефектов на механические свойства сварных соединений и их работоспособность.

Билет 7

1. Параметры режима дуговой сварки и их влияние на форму ванны и размеры шва.
2. Металлургические процессы при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Взаимодействие металлов, шлаков и газов. Газы в сварных соединениях.
3. Остаточные напряжения в сварных соединениях. Деформации, напряжения и перемещения в элементах сварных конструкций, экспериментальные и расчетные методы их определения. Методы снижения напряжений и деформаций при сварке и наплавке.

Билет 8

1. Лучевые источники нагрева, их виды, особенности и области применения
2. Технология сварки высоколегированных сталей и сплавов мартенситного, ферритного и аустенитного классов.
3. Прочность сварных соединений при статических нагрузках. Прочность при переменных нагрузках. Причины хрупких разрушений сварных конструкций.

Билет 9

1. Электронный луч, как источник энергии. Принцип сварки электронным лучом в вакууме.
2. Расчет температурных полей при нагреве тел движущимися сосредоточенными, точечными и линейными источниками тепла. Особенности нагрева пластин мощными быстродвижущимися источниками. Методы расчета температурных полей при нагреве тел распределенными источниками.
3. Классификация методов контроля качества сварки, наплавки и нанесения покрытий.

Билет 10

1. Термические циклы при односторонней и многослойной сварке и наплавке. Плавление основного металла, длина жидкой ванны. Тепловая эффективность процессов сварки, наплавки и нанесения покрытий. Нагрев и плавление присадочных материалов.
2. Технология сварки чугуна.
3. Методы неразрушающего контроля качества металлов, швов, наплавки и покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. **Теория сварочных процессов:** Учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров, В.М. Неровный, Б.Ф. Якушин; Под ред. В.М. Неронова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.: ил.
2. Теория сварочных процессов: учебник для вузов / В.М. Неровный и др. / под ред. В.М. Неронова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 702 с.
3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. пособие для вузов / под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.: ил.
4. Зорин Н. Е., Зорин Е. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2017. — 164 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
5. Смирнов И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие. 3-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 268 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
6. Деев Г.Ф., Деев Д.Г. Зона сплавления в сварном соединении: Монография. – СПб: Изд-во «Лань», 2018. – 152 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

7. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. Издание 2-е, переработанное. – К.: «Екотехнологія», 2007. – 192 с.
8. Кайдалов А.А. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. – К.: «Екотехнологія», 2007. – 456 с., ил.
9. Сидоров, В.П. Теория и технология сварочных процессов : сборник задач для студентов специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» / В.П. Сидоров. – Тольятти: ТГУ. 2009. – 228 с.
10. Лащенко Г.И. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. – К.: «Екотехнологія», 2006. – 384 с.

Дополнительная литература

1. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. – в 2-х томах / Под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2004.
Т.1 / Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышов, Э.А. Гладков и др. – 624 с.
2. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. – в 2-х томах / Под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2004.
Т.2 / Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышов, А.И. Акулов и др. – 480 с.: ил.
3. Чуларис А.А. Технология сварки давлением / А.А. Чуларис, Д.В. Рогозин. – Ростов н/Дону: «Феникс», 2006. – 221 с.: ил. – (Высшее образование)
4. Лапин И.Е., Косович В.А. Неплавящиеся электроды для дуговой сварки: Монография / ВолгГТУ. - Волгоград, 2001. – 190 с.
5. Березовский Б.М. Математические модели дуговой сварки: в 3 т. – Т. 1. Математическое моделирование и информационные технологии, модели сварочной ванны и формирования шва. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 585 с.
6. Березовский Б.М. Математические модели дуговой сварки: в 3 т. – Т. 2. Математическое моделирование и оптимизация формирования различных типов сварных швов. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 601 с.