

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

/Д.С. Гуш/

«30» октября 2023 года

ПРОГРАММА
вступительного испытания для поступающих в аспирантуру

2.5 Машиностроение

шифр и наименование группы научных специальностей

2.5.8 Сварка, родственные процессы и технологии

шифр и наименование научной специальности

Красноярск 2023

Программа предназначена для поступающих на обучение по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в СФУ по научной специальности 2.5.8 Сварка, родственные процессы и технологии.

Вступительное испытание по специальности предназначено для выявления уровня специальных (профессиональных) знаний поступающих, определяющих их подготовленность к решению профессиональных задач и продолжению образования в аспирантуре.

Целью вступительного испытания является установление соответствия уровня подготовленности поступающего к самостоятельному решению профессиональных задач в процессе обучения в аспирантуре и выполнению квалификационной работы в области сварки.

Задачей вступительного испытания является определение и объективная оценка компетенций поступающего. Для этого, на вступительном экзамене по специальности 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, а также аддитивных технологий на основе сварочных процессов.

Основу настоящей программы составляют экзаменационные вопросы, отражающие следующие объекты исследований:

1. Физико-химические процессы в сварочных источниках энергии – дуге, плазме, электронном, световом и лазерном луче.
2. Металлургические процессы в сварочной ванне, кристаллизация сварных швов.
3. Физические процессы в материалах при сварке, аддитивных и родственных технологиях, фазовые и структурные превращения, образование соединений и формирование их свойств.
4. Технологические основы сварки плавлением и давлением.
5. Тепловые процессы и деформации при сварке, пайке и наплавке.
6. Системы стабилизации, программного управления и регулирования параметров технологии сварки, аддитивных и родственных процессов.
7. Влияние конструктивных особенностей сварных соединений и технологии сварки на прочность, надежность и ресурс сварных конструкций и изделий полученных послойной наплавкой (при аддитивной технологии).
8. Оборудование для сварки, резки, пайки, наплавки, нанесения покрытий, склеивания.

Содержание вступительного испытания

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.
19. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении.
20. 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.
21. Термические циклы при однопроводной и многослойной сварке и наплавке. Плавление основного металла, длина жидкой ванны. Тепловая эффективность процессов сварки, наплавки и нанесения покрытий. Нагрев и плавление присадочных материалов.
22. Кристаллизация металла при сварке, аддитивной послойной наплавке и нанесении покрытий. Природа химической и физической неоднородности соединений металлов.

23. Горячие трещины при сварке. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию горячих трещин. Способы предотвращения горячих трещин.
24. Особенности структуры зоны термического влияния в сварных соединениях. Фазовые и структурные превращения при сварке конструкционных сталей.
25. Природа холодных трещин. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию холодных трещин. Способы предотвращения холодных трещин.
26. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве. Механизм возникновения напряженного состояния при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Приближенная теория сварочных деформаций и напряжений.
27. Классификация процессов сварки плавлением. Технология сварки и наплавки покрытыми электродами. Технология автоматической и механизированной сварки. Наплавка и нанесение покрытий.
28. Технология сварки низкоуглеродистых, низколегированных и средне-легированных конструкционных сталей.
29. Технология сварки высоколегированных сталей и сплавов мартенситного, ферритного и аустенитного классов.
30. Технология сварки разнородных сталей одного структурного класса и разных структурных классов.
31. Технология сварки чугуна.
32. Технология сварки меди и ее сплавов, алюминия, магния и их сплавов, никеля и его сплавов, титана и его сплавов.
33. Технология наплавки. Формирование свойств наплавленного металла, метод его легирования.
34. Дефекты сварных соединений. Поры в сварных швах. Неметаллические включения в швах. Прочие дефекты сварных соединений.
35. Классификация способов контактной сварки. Условия формирования сварных соединений при точечной и шовной сварке. Особенности формирования соединений при стыковой сварке.
36. Выбор режимов и технология сварки конструкционных материалов при точечной и шовной сварке. Технология стыковой сварки.
37. Технология сварки токами высокой частоты.
38. Технология и области применения холодной сварки.
39. Технология и области применения ультразвуковой сварки.
40. Сварка трением. Сущность метода. Параметры процесса. Область применения.
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.

46. Влияние дефектов на механические свойства сварных соединений и их работоспособность.
47. 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.
48. Прочность сварных соединений при статических нагрузках. Прочность при переменных нагрузках. Причины хрупких разрушений сварных конструкций.
49. Классификация методов контроля качества сварки, наплавки и нанесения покрытий.
50. Методы неразрушающего контроля качества металлов, швов, наплавки и покрытий.
51. Физические основы и разновидности магнитных и электромагнитных методов контроля, техника и технология их применения.
52. Основы и классификация радиационных методов контроля. 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.
57. Металлические материалы для аддитивного производства: виды и классификация по принципу материал-технология-свойства.
58. Технология селективного лазерного плавления. Физические основы процесса. Устройство и принцип работы установок селективного лазерного плавления.
59. Технологические особенности метода селективного электронно-лучевого плавления. Устройство и принцип работы установок для электронно-лучевой наплавки.
60. Технологии WAAM (проволока+дуга). Устройство и принцип работы установок для реализации технологий типа WAAM.

Примерный перечень экзаменационных билетов:

Билет № 1

1. Основные характеристики тепловых процессов. Модели источников тепла, объектов сварки, наплавки. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении.
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 № 2

1. Электронный луч, как источник энергии. Принцип сварки электронным лучом в вакууме.

2. Технология сварки разнородных сталей одного структурного класса и разных структурных классов.

3. Классификация методов контроля качества сварки, наплавки и нанесения покрытий.

Билет № 3

1. Лазерный луч как источник нагрева при сварке, резке и термической обработке. Достижения и проблемы электронно-лучевой и лазерной сварки.

2. 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.

3. Методы неразрушающего контроля качества металлов, швов, наплавки и покрытий.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 1: учебник для академического бакалавриата / Г. П. Фетисов; под ред. Г. П. Фетисова. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 386 с.

2. Теория сварочных процессов: учебник для вузов / В.М. Неровный и др. / под ред. В.М.Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 702 с.

3. Оборудование электронно-лучевых комплексов для производства продукции современной энергетики / А.В. Щербаков, В.В. Новокрещенов, Р.В. Родякина, В.Н. Ластовирия. – М.: Вече, 2016. – 208 с.

4. Высокоэффективные процессы обработки материалов современной энергетики: учебное пособие / В.В. Новокрещенов, Р.В. Родякина; ред. В. Н. Ластовирия. – М.: Вече, 2015. – 272 с.

5. Новокрещенов В.В., Родякина Р.В. Неразрушающий контроль сварных соединений в машиностроении: учебное пособие. – М.: Юрайт, 2017. – 274 с.

6. Создание сварных комбинированных конструкций в энергетике. Часть 1. Физические процессы при сварке разнородных материалов: учебное пособие / В.К. Драгунов, А.Л. Гончаров, Е.В. Терентьев, А.Ю. Марченков. - М.: Вече, 2015. – 176 с.

7. Потапьевский А.Г., Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

8. Теория свариваемости сталей и сплавов / Э.Л. Макаров, Б.Ф. Якушин; под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 550 с.

9. Климов, А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: учебное пособие / А.С. Климов, Н.Е. Машнин. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 236 с..

10. Гаспарян, В.Х. Электродуговая и газовая сварка: учебное пособие/ В.Х. Гаспарян, Л.С. Денисов. – Минск: "Вышэйшая школа", 2016. – 305 с.

11. Галиновский А.Л. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: учебное пособие для вузов/ А.Л. Галиновский, Е.С. Голубев, Н.В. Коберник, А.С. Филимонов; под общей редакцией А.Л. Галиновского. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 115 с.

Дополнительная литература:

1. Третьяков А.Ф. Материаловедение и технологии обработки материалов: учебное пособие для вузов / А.Ф. Третьяков, Л.В. Тарасенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 541 с.
2. Теория и технология формирования неорганических покрытий: монография / Г.В. Бобров, А.А. Ильин, В.С. Спектор. – Москва: Альфа-М: ИНФРА-М, 2014. – 925 с.
3. Расчет точности параметров аргонодуговой и контактной сварки / В.П. Сидоров, А.В. Мельзитдинов. – Тольятти: Анна, 2018. – 251 с.
4. Сварка и свариваемые материалы: справ.: в 3 т. / общ. ред. В. Н. Волченко. - М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2004.
5. Производство сварных конструкций. Заготовительно-сварочные работы: учеб. пособие / Ю. Г. Новосельцев, Ю. Г. Уткин, П. Н. Космодемьянский, Е. Н. Гарин. - Красноярск, КГТУ, 2006.
6. Производство сварных конструкций. Рациональная технология при создании сварных конструкций: учеб. пособие / Ю. Г. Новосельцев, Е. Н. Гарин, О. В. Железняк и др. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006.
7. Волков С.С. Сварка и склеивание полимерных материалов: учебное пособие для вузов. М.: Химия, 2001.
8. Козловский С.Н. Источники питания для дуговой и электрошлаковой сварки: Учеб. пособие/С.Н. Козловский; СибГАУ. Красноярск, 2003. 316 с.
9. Сварка. Резка. Контроль: справ.: в 2 т. / Н. П. Алешин, Г. Г. Чернышев. - М.: Машиностроение, 2004.
10. В. Н. Петецкий. Квазистационарные движущиеся источники теплоты: Учеб. пособие. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. 178 с.
11. Управление качеством продукции в заготовительно-восстановительном производстве: учеб. пособие / Ю. Г. Новосельцев, В. И. Емелин, С. В. Вовк. - Красноярск, КГТУ, 2002.
12. Производство сварных конструкций. Заготовительно-сварочные работы: учеб. пособие / Ю. Г. Новосельцев, Ю. Г. Уткин, П. Н. Космодемьянский, Е. Н. Гарин. - Красноярск, КГТУ, 2006
13. Новосельцев, Ю. Г. Упрочнение деталей машин нанесением покрытий: учебное пособие / Ю. Г. Новосельцев, Е. Н. Гарин, А. А. Шайхадинов, О. В. Железняк. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006.

Программу составили:

Канд. техн. наук, доцент А.И. Демченко — 

Докт. техн. наук, профессор Н.Н. Довженко _____ 

Утверждена на заседании кафедры «Машиностроение»
протокол № 2 от 20.09.2022г.

Зав. кафедрой _____ (А.И. Демченко) 