XV Всероссийская научно-техническая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь»

Секция МАШИНОСТРОЕНИЕ
Подсекция ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

СОДЕРЖАНИЕ

1. Ледников Е.А., Киселев В.С., Вольферц Г.А.
ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ НАРУЖНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ 6

2. Вольферц Г.А., Ледников Е.А., Киселев В.С.
РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ АТТЕСТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ 8

3. Моисеев А.И., Швадченко В.С., Киселев В.С.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СГП-НАПЛАВКИ НА ДЕТАЛИ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ КАВИТАЦИОННОГО ИЗНОСА 10

4. Киселев В.С., Гусев А. П., Моисеев А.И.
ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ МАГИСТРАТУРЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ "МАШИНОСТРОЕНИЕ" 12

5. Моисеев А.И., Тарасов А.А., Киселев В.С., Радченко М.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СГП-НАПЛАВКИ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОКРЫТИЙ 14

6. Ножников П.Ю, Моисеев А.И., Киселев В.С.
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СПОСОБОМ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ 16

7. Черепанов А.Д., Мандров Б.И.
ПОИСК ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УКРУПНИТЕЛЬНОЙ СБОРКИ И СВАРКИ КОЛОДЦА СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ 18

8. Денисов А.В., Мандров Б.И.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЕЧАЙКИ КОЛОДЦА СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ 19

9. Коростелев Р.Д., Мандров Б.И.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРЫШКИ ЛЮКА КОЛОДЦА СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ 21

10. Гусев А.П., Козлова Ж.М.
РЫНОК МАШИНОСТРОЕНИЯ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ 22

11. Корольков Д.М, Смольяков А.М., Гусев А. П., Попова А.А
НАНОИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ 24

12. Моисеев А.И., Швадченко В.С., Гусев А.П., Попова А.А.
НАНОТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ 25

13. Новиков Н.А., Попова А.А.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАНОПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ 27

14. Смольяков А.М., Корольков Д.М, Гусев А.П., Попова А.А
НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ 29

15. Тарареев И. А., Тарареева Е. В., Тарасов А.А., Попова А.А.
ПЛАЗМЕННАЯ РЕЗКА 32

16. Тарареева Е.В., Тарареев И.А., Ножников П.Ю., Попова А.А.
ЦЕМЕНТАЦИЯ В ТВЕРДОМ КАРБЮРИЗАТОРЕ 33

17. Гусев А. П., Корольков Д.М, Попова А.А.
НАНОИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ 34

18. Ножников П.Ю., Тарасов А.А., Тарареева Е. В., Попова А.А.
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОПОРОШКОВ 36

19. Тарасов А.А., Ножников П.Ю., Тарареев И. А., Попова А.А.
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 3D ПРИНТЕРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ 38

20. Швадченко В.С, Тарасов А.А., Гусев А. П., Попова А.А
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОПОРОШКОВ 40

21. Шевченко А.П., Сабрев В.А., Радченко М.В.
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ 41

22. Шевченко А.П., Сабрев В.А., Радченко М.В.
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 43

23. Шевченко А.П., Сабрев В.А., Радченко М.В.
ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛОПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 45

24. Ножников П. Ю., Петров Д.А., Радченко М.В., Радченко Т.Б.
ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ 48

25. Останин С. Ю, Бородина В.А., Радченко М.В., Радченко Т.Б.
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В МАШИНОСТРОЕНИИ 50

26. Щеткин А.И., Останин С.Ю. , Радченко М.В.
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ: ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ 52

27. Чернышев А.С.
АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОГО РЕЗЕРВУАРА Р7-78 ПРЕДНАЗНАЧЕНЫЙ ДЛЯ ТОРМОЗОВ ВАГОНОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ 54

28. Бодров И.М., Тарасов А.А., Ножников П.Ю., Радченко М.В.
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАРШРУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ-СВАРКИ БАРАБАНА КОТЛА БКЗ-160-100Ф 55

29. Ножников П.Ю., Моисеев А.И., Тарареева Е. В., Радченко М.В.
АНАЛИЗ И КОРРЕКТИРОВКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ КОРПУСА РЕДУКТОРА ИЗ СТАЛИ 25ХГТ 57

30. Останин С.Ю, Шеткин А.И., Ножников П.Ю., Радченко М.В.
АНАЛИЗ СПЕЦИФИКИ АППАРАТУРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НЕСТАНДАРТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА 59

31. Пятайкин И.Ю., Останин С.Ю., Тарасов А.А. , Радченко М.В.
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ ПАНЕЛИ ГАЗОПЛОТНОЙ 61

32. Шевченко А.П., Радченко М.В.
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЫНКЕ 63

33. Шевченко А.П., Радченко М.В.
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 64

34. Шевченко А.П., Радченко М.В.
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ 65

35. Зубков А.С., Попова А.А., Ковалев С.В., Сейдуров М.Н.
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ДЕФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛОПРОКАТА СТАЛИ 20Х2НАЧ 68

36. Зубков А.С., Смольяков А.М., Сейдуров М.Н., Попова А.А.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ МНОГОСЛОЙНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ 70

37. Соломин А.С., Шевцов Ю.О., Сейдуров М.Н., Аргунова М.П., Бородина В.А., Радченко Т.Б.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ АЛЮМИНИЕВЫХ БРОНЗ СО СТАЛЯМИ 71

38. Зубков А.С., Попова А.А., Сейдуров М.Н., Соломин А.С., Шевцов Ю.О.
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПРОКАТЕ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ 72

39. Кротов Е.М., Зубков А.С., Сейдуров М.Н.
АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЛКИ КОНЦЕВОЙ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ КРАНА 73

40. Чуркин А.С., Зубков А.С., Сейдуров М.Н.
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ ВЫХОДНОЙ СТУПЕНИ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ 75

41. Шафигулин А.Б., Зубков А.С., Сейдуров М.Н.
АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШИРМЫ ВОДЯНОГО ЭКОНОМАЙЗЕРА 76

42. Куприянова М.П., Бородина В.А., Тимошенко В.П., Радченко Т.Б.
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УПРОЧНЕННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН ЗА СЧЕТ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ 78

43. Куприянова М.П., Бородина В.А., Тимошенко В.П.
ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ДОЛОТООБРАЗНЫХ ЛЕМЕХОВ ПЛУГОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ 81

44. Переверзев И.М., Лукин М.М., Шабалин В.Н.
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРОЙНОЙ СМЕСИ AR2+O2+CO2 ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВАГОНОСТРОЕНИИ 84

45. Андреев К.А., Грамоздин А.И., Шабалин В.Н.
УПРАВЛЯЕМЫЙ ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОДНОГОМЕТАЛЛА МЕТОДОМ CMT ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В CO2 КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ 85

46. Грамоздин А.И, Андреев К.А., Шабалин В.Н.
УПРАВЛЯЕМЫЙ ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА МЕТОДОМ STT ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В CO2 КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ 86

47. Дудкин Р.А., Карпов М.М., Шабалин В.Н.
ОСОБЕННОСТИ ДУГОВОЙ СВАРКИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В СМЕСИ CO_2 + O_2 88

48. Карпов М.М., Дудкин Р.А., Шабалин В.Н.
ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ 89

49. Лукин М.М., Переверзев И.М., Шабалин В.Н.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНОЙ СМЕСИ Ar + CO_2 ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ 91

50. Шевцов Ю.О., Радченко М.В., Куппа Р.И., Тарареева Е.В.
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ, ПОДВЕДОМСТЕННЫХ РОСТЕХНАДЗОРУ, ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ СВАРОЧНЫХ РАБОТ 92

51. Шевцов Ю.О., Радченко М.В., Мамедов А.Р. – студент, Гусев А. П., Моисеев А.И.
ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ СИСТЕМЫ НЕЗАВИСИМОЙ СЕРТИФИКАЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА 95

52. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б. , Кузнецов И.В., Алямкин В.О. , Ножников П.Ю.
АДДИТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛОЙНОЙ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТОВ 97

53. Шевцов Ю.О., Мамедов А.Р., Швадченко В.С., Моисеев А.И.
ПОРЯДОК И ОСОБЕННОСТИ АТТЕСТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ 99

54. Алямкин В.О., Шевцов Ю.О., Останин С.Ю, Тарасов А.А.
МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ БАЛКИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ РУЛОННОЙ СТАЛИ МОДЕЛИ 13-2134 ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОАО «АЛТАЙВАГОН» 101

55. Кузнецов И.В., Шевцов Ю.О., Ножников П.Ю., Останин С.Ю
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ СЕКЦИИ КРЫШИ ВАГОНА 11-287 ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ АВТОМОБИЛЕЙПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОАО «АЛТАЙВАГОН» 102

56. Ледников Е.А, Ощепков А.А, Щеткин А.И., Виганд В.В.
РАЗРАБОТАКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ 104

57. Щёткин А.И., Чернышов А.С., Радченко М.В.
ПЕРЕДОВОЙ МЕТОД УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. TOFD–МЕТОД 106

58. Виганд В.В., Ощепков А.А., Щеткин А.С.
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 109

ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГАЗОПРОВОДОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Ледников Е.А. - инженер, Киселев В.С.– к.т.н., доцент, Вольферц Г.А.– к.т.н.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Визуальный и измерительный контроль (ВИК) качества сварных соединений (СС)- наиболее простой и информативный метод контроля труб наружных газопроводов распределительных систем из углеродистых и низколегированных сталей.Согласно РД 03-606-03 «визуальный контроль» - органолептический контроль, осуществляемый органами зрения, и «измерительный контроль» - контроль, осуществляемый с применением средств измерения.

Визуальный и измерительный контроль материалов(заготовок, деталей) и сварныхсоединений

проводят на следующих стадиях:

- входного контроля;
- контроля подготовки труб к сборке под сварку;
- контроля сборки сварного соединения;
- контроля готового сварного соединения.

Объемы и нормы оценки качества сварного соединения по результатам ВИК приведена в СП 42-102-2004, ГОСТ 16037-80.

ВИК качества сварных соединений газопроводов выполняется специалистами лаборатории контроля качества, которая должна быть аттестована в соответствии с ПБ 03-372-00.Освещенность контролируемых поверхностей должна быть достаточной для достоверного выявления дефектов и в соответствии с требованиямиГОСТ 23479-79 составлять не менее 500 Лк.При этом подготовка контролируемых поверхностей в обязанности специалиста по контролю не входит.

Аттестованные специалисты ВИК, осуществляющие руководство работами по ВИК и непосредственно выполняющие ВИК, должны проходить аттестацию на знание правил, норм и инструкций по безопасному ведению работ на объектах, подконтрольных Ростехнадзору.Правом выдачи заключений по результатам ВИК обладают специалисты, имеющие II и III уровень квалификации.

При визуальном и измерительном контроле применяют:

- лупы, в том числе измерительные;
- линейки измерительные металлические;
- угольники поверочные 90^{o} лекальные;
- штангенциркули;
- стенкомеры и толщиномеры индикаторные;
- шаблоны, в том числе специальные и универсальные (УШС-3);
- рулетки;
- образцы шероховатости поверхности.

Все приборы для ВИК должны иметь паспорта, техническое описание, руководство по эксплуатации, соответствующие инструкции и методики их применения, а также проходить поверку (калибровку) в метрологических службах, аккредитованных Госстандартом России.

В выполненном сварном соединении визуально контролируется:

- отсутствие (наличие) поверхностных трещин всех видов и направлений;
- отсутствие (наличие) на поверхности сварных соединений следующих дефектов: пор, включений, отслоений, прожогов, свищей, наплывов, усадочных раковин, подрезов, непроваров, брызг расплавленного металла, незаваренных кратеров;
- западаний между валиками, грубой чешуйчатости, прижогов металла в местах касания сварочной дугой поверхности основного металла, а также отсутствие поверхностных дефектов в местах зачистки;

- наличие зачистки поверхности сварного соединения изделия (сварного шва и прилегающих участков основного металла) под последующий контроль неразрушающими методами;
- наличие маркировки шва и правильность ее выполнения.

Измерительный контроль сварного соединения осуществляется для проверки:

- размеров поверхностных дефектов (поры, включения и др.), выявленных при визуальном контроле;
- выпуклости (вогнутости) наружной и обратной стороны шва (в случае доступности обратной стороны шва для контроля) и ширину шва;
- высоты (глубины) углублений между валиками (западания межваликовые) и чешуйчатости поверхности шва;
- подрезов основного металла;
- непроваров, утяжин (в случае доступности).

Стыки, сваренные дуговой или газовой сваркой, по результатам внешнего осмотра должны соответствовать ГОСТ 16037 и удовлетворять следующим требованиям согласно СП 42-102-2004:

- швы и прилегающие к ним поверхности труб на расстоянии не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений;
- швы не должны иметь трещин, прожогов, незаваренных кратеров, выходящих на поверхность пор, а также подрезов глубиной более 5% толщины стенки труб (более 0,5 мм) и длиной более 1/3 периметра стыка (более 150 мм).

Результаты визуального и измерительного контроля готовых сварных соединений фиксируются в журнале и в заключении на ВИК, при обнаружении недопустимых дефектов оформляется отдельное заключение ВИК.

Литература

1. СНиП 42-01-2002 – Газораспределительные системы.
2. СП 42-101-2003 – Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб.
3. СП 42-102-2004 – Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности (ФНиП)«Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления». Серия 12. Выпуск 13. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 60 с.
5. ПБ 03-372-00 – Система неразрушающего контроля. Аттестация лабораторий.
6. ПБ 03-440-02 – Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля.
7. РД 03-606-03 – Инструкция по визуальному и измерительному контролю.
8. ГОСТ 10705-80 – Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические условия.
9. ГОСТ 16037-80 – Соединения сварные стальных трубопроводов.
10. ГОСТ 23479-79 – Контроль неразрушающий. Методы оптического вида. Общие требования.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ АТТЕСТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Вольферц Г.А.– к.т.н., Ледников Е.А. - инженер, Киселев В.С.– к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

С целью аттестации персонала неразрушающего контроля предприятий и организаций Алтайского края в ООО «ГАЦ АР НАКС» создан экзаменационный центр совместно с независимым органом по аттестации персонала (НОАП) «СертиНК» ФГАУ «НУЦ «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана».

Экзаменационный центр № ЭЦ-034 «ГАЦ АР НАКС» [1] согласно требованиям ПБ 03-440-02 аккредитован на следующие методы неразрушающего контроля [2]:

- визуальный и измерительный контроль (ВИК);
- ультразвуковой (УК);
- радиационный (РК);
- капиллярный (ПВК);
- магнитный (МК) [3].

Объекты контроля экзаменационного центра № ЭЦ-034:

1. Объекты котлонадзора.
2. Системы газоснабжения (газораспределения).
3. Подъемные сооружения.
6. Оборудование нефтяной и газовой промышленности.
7. Оборудование металлургической промышленности.
8. Оборудование взрывопожароопасных и химически опасных производств.
9. Объекты железнодорожного транспорта.
11. Здания и сооружения.

Рассмотрим общие тенденции развития рынка услуг по обучению и аттестации персонала в области сварки на примере специалистов неразрушающего контроля II уровня, аттестованных Экзаменационным центром «ГАЦ АР НАКС» в 2012-2017 годах.

По итогам 2017 года аттестовано на II уровень профессиональной квалификации 124 специалиста на ВИК, УК, РК, МК и ПВТ. 115 человек (93 %) аттестовано на ВИК (рисунки 1, 2), 5 (4 %) – на УК, на РК, МК и ПВТ – по 1 %.

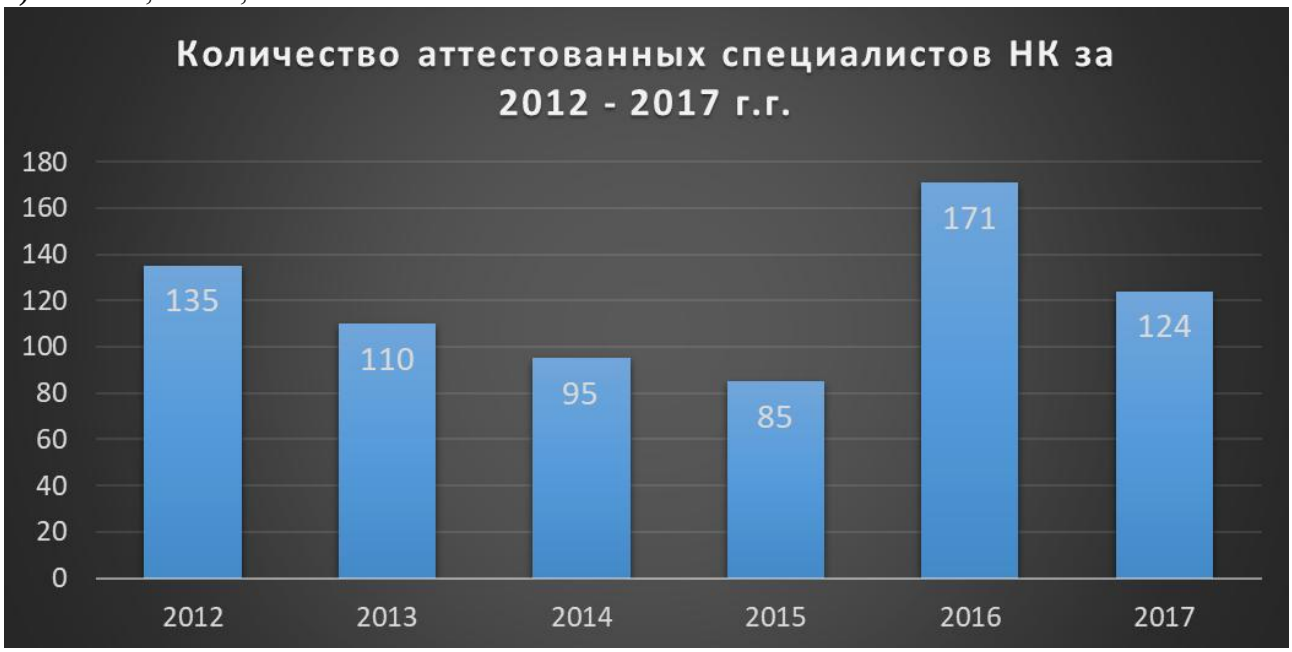


Рисунок 1. Количество аттестованных специалистов НК за 2012 - 2017 г.г.

Наибольшее число специалистов успешно прошли первичную аттестацию- 73 специалиста, продление (через 3 года после первичной аттестации) – 44, ресертификацию (через 6 лет после первичной аттестации) – 7 человек (рисунок 3).

Рисунок 2. Аттестация персонала по методам НК за 2017 год.

Рисунок 3. Виды аттестаций специалистов НК в 2017 году.

Итак, количество аттестаций в ЭЦ «ГАЦ АР НАКС» за 2017 год составило 124 специалиста (на 29 человек больше, чем в 2014 году). Данные показатели достигнуты за счет увеличения темпов роста промышленности Алтайского края и применения передовых методов менеджмента и маркетинга услуг по аттестации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.gacar.ru/
2. http://sertink.ru/
3. ПБ 03-440-02. – Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СГП-НАПЛАВКИ НА ДЕТАЛИ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ КАВИТАЦИОННОГО ИЗНОСА

Моисеев А.И. – студент, Швадченко В.С. – студент, Киселев В.С. – к.т.н., доцент.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для защиты от кавитационного изнашивания наиболее целесообразным по технико-экономическим показателям является использование способа сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП–наплавки).

Применение наплавочных процессов позволяет существенно продлить срок службы детали, а также осуществлять ремонт уже выведенных из строя деталей при относительно малых затратах. Вследствие этого внедрение СГП–наплавки является актуальным.

Применение СГП–наплавки позволяет повысить износостойкость деталей насосного оборудования из низко- и среднеуглеродистых сталей, наиболее подверженных износу в процессе эксплуатации.

Основной материал для СГП–наплавки - наплавочный порошковый сплав на никелевой основе ПГ-СР3, который используется с целью придания деталям определенных свойств: повышенную стойкость к воздействию абразивного износа, коррозии, жара и др. С помощью ПГ-СР3 могут быть улучшены характеристики поверхностей металлургического, химического, горнодобывающего и другого оборудования, [2].

Последовательность действий при производстве СГП–наплавки с упрочнением порошкового сплава карбидной составляющей:

1. Запуск горелки с установкой и контролем параметров наплавки, основные из которых: расход горючего газа и окислителя, давление пропана и кислорода, наплавочный материал – порошковый сплав ПГ-СР3, рабочее расстояние и т.д.
2. Нанесение покрытия.
3. Оплавление покрытия.
4. Нанесение карбидов.
5. Последующее оплавление покрытия с карбидами.

Карбиды – соединения металлов и неметаллов с углеродом. Традиционно к карбидам относят соединения, где углерод имеет большую электроотрицательность, чем второй элемент (таким образом из карбидов исключаются такие соединения углерода, как оксиды, галогениды и т.п.).

Свойства карбидов:

Карбиды являются тугоплавкими, твердыми веществами, которые не летучи и не растворимы ни в одном из известных растворителей.

Для увеличения износостойкости поверхности крыльчатки насоса проведены экспериментальные исследования СГП–наплавки порошкового сплава ПГ-СР3 с внедрением упрочняющей фазы на основе:

- Карбида титана (TiC).
- Карбида титана (TiC), плакированный никелем.
- Карбида ванадия.
- Карбида молибдена.
- Нано–структурированного порошка Ni–Al.

Таким образом, проведены экспериментальные исследования СГП–наплавки порошкового сплава ПГ-СР3 с внедрением упрочняющей фазы на основе следующих порошковых материалов (рисунки 1-5):

Рисунок 1 – наплавленная поверхность с карбидом титана

Рисунок 2 – наплавленная поверхность с карбидом титана, плакированным никелем

Рисунок 3 – наплавленная поверхность с карбидом ванадия

Рисунок 4 – наплавленная поверхность с карбидом молибдена

Рисунок 5 – наплавленная поверхность с порошком никель–алюминия

Итак, опытным путем установлено, что применение порошка для наплавки ПГ-СР3 с добавлением нано–структурированного сплава никель–алюминий наиболее приемлемо для СГП–наплавки на детали насоса, подверженные эрозионно–кавитационному износу вследствие стабильных характеристик получаемого покрытия и относительной простоте нанесения.

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ МАГИСТРАТУРЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ "МАШИНОСТРОЕНИЕ"

Киселев В.С. – к.т.н., доцент, Гусев А. П. – студент, Моисеев А.И. – студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В рамках политики импортозамещения в Российской федерации и Алтайском крае в частности существует необходимость устойчивого развития сварочных технологий, НИОКР и инновационной деятельности в области сварки и родственных технологий, а также повышения квалификации и проведения стажировок персонала в области сварочного производства и неразрушающего контроля для машиностроительных предприятий.

Вследствие этого усовершенствование и модернизация системы подготовки выпускников с высшим образованием, повышения квалификации и стажировки персонала в области сварочного производства является чрезвычайно актуальным для Алтайского края.

На территории региона расположены крупные стратегически важные предприятия, такие как АО АПЗ «Ротор», ОАО ХК «Барнаултрансмаш» (г. Барнаул), АО ФНПЦ «Алтай» (г. Бийск) и др., остро нуждающиеся в разработке новых технологических процессов сварки, сварочных материалов и оборудования, теоретических и прикладных исследованиях, а также подготовке высококвалифицированных кадров в области сварки.

Грамотный менеджмент образовательных технологий с внедрением передовых методов и технологий обучения в рамках читаемых курсов и дисциплин позволит формировать у студентов магистратуры дополнительные умения и навыки для достижения личностных и профессиональных результатов, а также повысить мотивацию к обучению и инновационной деятельности.

Комплексное внедрение инновационных разработок в области обучения студентов магистратуры по направлению "Машиностроение" будет способствовать достижению следующих основных целей:

1. Выполнение стратегического приоритета развития экономики России – развитие программы импортозамещения в машиностроении.
2. Инновационное развитие экономики Алтайского края.
3. Развитие научных исследований и разработок, внедрение результатов научной деятельности в производство и процесс обучения на региональном и всероссийском уровне.
4. Укрепление производственных и научных связей между образовательными организациями, крупными промышленными предприятиями и малым наукоемким бизнесом.

А также следующих показателей:

- увеличение успеваемости студентов магистратуры по направлению "Машиностроение".
- улучшение подготовки и мотивация лучших слушателей к поступлению в аспирантуру и продолжению начатых во время обучения в магистратуре научных изысканий.
- увеличение научно-изыскательной и публикационной активности студентов.
- увеличение вовлеченности студентов магистратуры в научную и инновационную составляющие обучения.
- участие в инновационных программах и грантах регионального и всероссийского уровня.
- участие в международных, всероссийских и региональных конференциях, выставках и др.

На базе кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве» АлтГТУ им.И.И. Ползунова внедряются передовые методы и технологии обучения студентов магистратуры направления 15.04.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства». В частности, в виде деловых игр с включением проектного и производственного подходов. Развитие с участием студента магистратуры научного направления по разработке и дальнейшему развитию аддитивных технологий сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП–наплавки) с применением передовых исследовательских методов и оборудования.

Поскольку большинство студентов магистратуры совмещает обучение с работой на машиностроительных предприятиях (ООО «Сибэнергомаш–БКЗ», ОАО «Алтай-Кокс» и др.), уже на этапе обучения студент заинтересован в достижении личностных и профессиональных результатов инновационной деятельности.

В ходе проведения практической части научных исследований студентами магистратуры проводятся экспериментальные исследования в формате деловой игры с применением бальной оценки каждой из формируемых компетенций.

Основными исследуемыми характеристиками процесса СГП–наплавки являются:

– спектральный состав – важнейшая характеристика пламени, позволяет судить о качественных показателях состава газовой смеси. Измерение интенсивности составляющих потока в данных конкретных длинах волн производится методом оптической эмиссионной спектроскопии.

– температура газовой и газопорошковой смеси. Измеряется методами оптической пирометрии косвенно при помощи вольфрамового излучающего зонда для различной интенсивности и характера пламени (науглероживающее, нейтральное, окисляющее).

– температура и скорость порошковых частиц. Исследуется при помощи высокоскоростной фотосъемки процесса наплавки на различных технологических режимах, а также интегральными методами измерения.

– температура наплавляемой подложки. Определяется путем снятия термометрии циклов нагрева подложки сверхзвуковой струей с различными значениями расхода рабочих газов и коэффициента их соотношения и охлаждения её с течением времени.

Таким образом, выполнив комплекс исследований, студент магистратуры получает исчерпывающее представление о важнейшем технологическом инструменте – газопорошковом потоке дозвуковой и сверхзвуковой скорости. Сочетание новейших аппаратных и программных средств измерения в совокупности с мощным математическим аппаратом позволяет овладеть современными методами обработки и графического представления информации.

Применение научных подходов к исследованиям процесса СГП–наплавки является прорывным методом обучения студентов магистратуры по направлению «Машиностроение» в рамках изучаемых дисциплин, сочетающим изучение основных фундаментальных понятий и практическую реализацию сложных технологических процессов сварки и наплавки.

В рамках предложенной методики студенту магистратуры предлагается поэтапное изучение основ процесса нанесения защитных покрытий с контролем и диагностикой процесса сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП–наплавки) и применением новейшего оборудования, отвечающего самым высоким мировым требованиям по точности и достоверности на данном этапе.

Отличительной технологической чертой аппаратуры для СГП–наплавки (патент на полезную модель № 60410) является повышение концентрации энергии газопламенного источника нагрева и уменьшение зоны термического влияния при увеличении скорости истечения газовых потоков на срезе сопла газопламенной установки.

Изучение характера изменения состава и температуры сверхзвукового газового пламени в ходе химической реакции горения представляет собой одну из сложнейших задач. Огромный вклад в изучение горения как физико-химического процесса внес ученый с мировым именем Герхард Герцберг, лауреат нобелевской премии по химии.

В газопорошковых струях происходят химические и физические процессы, позволяющие судить о качестве и характере как дозвукового, так и сверхзвукового горения кислородно–пропановой смеси.

Повторяемость проводимых экспериментальных исследований обеспечивается применением ротаметров для измерения расхода рабочих газов при известных давлениях.

На данном этапе развития высшего образования внедрение деловых игр как коллективного метода обучения находится на высоком уровне популярности среди

преподавателей магистратуры. Также следует отметить создание Международной ассоциации по имитационному моделированию и играм (ISAGA).

Деловая игра – один из наиболее сложных методом обучения, поскольку включает комплекс методов активного обучения (дискуссионное занятие, мозговой штурм, коллективный анализ, и т.д.)

Преимуществами деловых игр по сравнению с традиционным обучением являются:

1) В игре воссоздаются основные закономерности движения профессиональной деятельности и профессионального мышления на материале динамически порождаемых и разрешаемых совместными усилиями участников учебных ситуаций», «процесс обучения максимально приближен к реальной практической деятельности руководителей и специалистов. Это достигается путем использования в деловых играх моделей реальных социально-экономических отношений.

2) Метод деловых игр представляет собой специально организованную деятельность по переводу в деятельностный контекст имеющихся у обучаемых теоретических знаний. В процессе выполнения деловой игры происходит не накопление информации, а деятельностное распредмечивание исследуемой сферы.

В деловых играх моделируется более адекватный для формирования личности специалиста предметный и социальный контекст.

Деловая игра позволяет радикально сократить время накопления профессионального опыта, дает возможность экспериментировать с событием, пробовать разные стратегии решения поставленных проблем. В деловой игре происходит накопление требуемых знаний в реальном процессе игровых действий, формирование целостного представления о профессиональной деятельности. Также в ходе деловой игры обучаемый приобретает и определенный социальный опыт коммуникации и принятия решений.

Таким образом, образовательная практика деловой игры является основополагающей при коллективном выполнении практических и лабораторных заданий студентов магистратуры. Успешное применение деловых игр отмечено на стажировках и семинарах СРО НП "НАКС" и ФГАУ НУЦСК "Сварка и контроль", подразделение СертиНК с внедрением специального программного обеспечения, а также НТЦ Эксперт, г.Москва.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СГП-НАПЛАВКИ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОКРЫТИЙ

Моисеев А.И. – студент, Тарасов А.А. – студент, Киселев В.С. – к.т.н., доцент,
Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Аддитивные технологии являются наиболее динамично развивающимся направлением машиностроения. Во всем мире практика нанесения защитных покрытий получила широкое распространение в промышленности ввиду технико-экономических соображений. Защитное покрытие придает заданные свойства поверхности детали, при этом сама деталь может быть изготовлена из менее дорогого материала, что позволяет значительно сократить расходы на производство изделий. Цифровое производство – следующая ступень после автоматизации, включает полное управление процессом посредством внедрения высокопроизводительных информационных систем обработки и хранения данных, позволяющих осуществлять адаптивное управление.

Сверхзвуковые газопорошковые струи, как известно, также условно относятся к концентрированным потокам энергии. Разработка фундаментальных основ диагностики аддитивной технологии сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП–наплавки) защитных покрытий позволит глобально расширить применение способа СГП–наплавки с целью дальнейшего развития аддитивных технологий наплавки.

Характерной особенностью процесса сверхзвуковой газопорошковой наплавки является высокая концентрация тепловой энергии при повышении скорости истечения газового потока через сопло газопламенной установки. СГП–наплавка самофлюсующихся сплавов системы Ni–Cr–B–Si фракцией 40…100 мкм. Важной особенностью разработанного процесса наплавки является независимость от импортного сырья и возможность использовать порошковые сплавы отечественного производства и обеспечивать формирование износостойких покрытий с высокими эксплуатационными характеристиками.

С развитием цифровой экономики существенно возрастает актуальность и востребованность применение аддитивных технологий сверхзвуковой газопорошковой наплавки покрытий системы Ni–Cr–B–Si в различных областях машиностроения и ОПК. При этом дальнейшее развитие этого нового направления требует научно-обоснованного выбора технологических параметров процесса наплавки, что может базироваться только на фундаментальных основах диагностики процесса аддитивной технологии послойной сверхзвуковой газопорошковой наплавки.

Ведущими разработчиками оборудования и технологии газопламенного нанесения защитных покрытий являются крупные научные объединения и институты России, США, Германии и Японии. Однако на данный момент ни в Российской Федерации, ни за рубежом не ведутся фундаментальные исследования по определению спектрального состава, температурных и скоростных характеристик пламени в сочетании с порошковыми наноматериалами. Это значительно сдерживает процесс принципиального совершенствования нового технологического инструмента – сверхзвуковых газовых струй.

Предполагаемыми основными методами и подходами фундаментальных исследований характеристик газопорошкового потока при производстве СГП–наплавки защитных покрытий являются:

– спектральный состав – важнейшая характеристика пламени, позволяет судить о качественных показателях состава газовой смеси. Измерение интенсивности составляющих потока в данных конкретных длинах волн производится методом оптической эмиссионной спектроскопии.

– температура газовой и газопорошковой смеси. Измеряется методами оптической пирометрии косвенно с использованием вольфрамового излучающего зонда для различной интенсивности и характера пламени (науглероживающее, нейтральное, окисляющее).

– температура и скорость пролёта порошковых частиц. Исследуется при помощи высокоскоростной фото- и видеосъемки процесса наплавки на различных технологических режимах, а также интегральными методами измерения.

– температура наплавляемой подложки перед подачей порошка. Определяется путем снятия термометрии циклов нагрева подложки сверхзвуковой струей с различными значениями расхода рабочих газов и коэффициента их соотношения и охлаждения её с течением времени.

Разработанная технология СГП–наплавки с системой контроля и диагностики позволяет расширить спектр наносимых покрытий с применением нано–структурированных материалов. Это позволит применять способ СГП–наплавки не только с целью защиты изнашиваемых частей различного машиностроительного оборудования, но и для создания образцов инструментов металлообработки с заданными свойствами обрабатывающей поверхности – повышенной стойкостью к агрессивным средам, механическому и абразивному износу.

Важно отметить сочетание простоты нанесения покрытий с относительно низкой себестоимостью и материалоемкостью процесса наплавки. При СГП–наплавке материал основы сплавляется с покрытием, что позволяет создать абсолютно монолитное соединение с увеличением показателей твердости и износостойкости наплавленного слоя.

Следует отметить, что при сходных свойствах поверхности покрытие, полученное способом СГП–наплавки, не имеет склонности к отслаиванию за счет образования химической связи с материалом основы.

Измеренные температурные характеристики пламени и измерение температуры нагрева подложки в процессе СГП–наплавки позволяют судить о качественном проплавлении материала основы и покрытия.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СПОСОБОМ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ

Ножников П.Ю. – студент, Моисеев А.И. – студент, Киселев В.С. – доцент, к.т.н.
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Целью исследования является определение рациональных параметров СГП–наплавки для получения качественного защитного покрытия.

Задачей является повышение качества наносимых защитных покрытий и экономичности процесса сверхзвуковой газопорошковой наплавки защитных покрытий.

В области создания защитных покрытий способом СГП–наплавки получение требуемого качества покрытия достигается соблюдением рациональных параметров.

На качество получаемого покрытия влияют такие параметры, как:

- Давление газа;
- Расход газа;
- Коэффициент β соотношения рабочих газов;
- Рабочее расстояние L от среза сопла до наплавляемого изделия;
- Производительность порошкового питателя;
- Скорость перемещения горелки.

Алгоритм производства СГП–наплавки следующий:

1. Выставление параметров наплавки (расход горючего газа и окислителя, давление газов);
2. Запуск горелки;
3. Задание рабочего расстояния;
4. Нагрев основного материала (подложки);
5. Нанесение покрытия.
6. Оплавление покрытия.

Настройку и подготовку оборудования необходимо проводить в следующем порядке:

1. Подсоединить питающие шланги (рукава) рабочих газов от баллонов к горелке.
2. При помощи редукторов давления на баллонах пропана и кислорода выставить значение давлений согласно таблице 1.
3. Включить систему водяного охлаждения горелки.
4. Открыть вентиль, подающий пропан в горелку. Осуществить поджиг пламени.
5. Открыть вентиль кислорода на горелке. Добиваемся высокоскоростного истечения рабочих газов, и концентрации пламени для получения сфокусированной струи из сопла.
6. За счет регулирования подачи газов по показаниям ротаметров осуществляется выход на рабочий режим наплавки. Пропан 35…40 единиц (0,10…0,11 $м^3$/час), кислород 10…15 единиц (0,15…0,2 $м^3$/час). Из-за конструктивных особенностей необходимо учитывать уменьшение расхода пропана при увеличении подачи кислорода.
7. Осуществляется нагрев подложки перед непосредственной наплавкой порошкового сплава в течение 15…18 секунд для создания пятна нагрева (жидкой металлической ванны).
8. Завершив нагрев, производится подача напыляемого материала в горелку через питатель.
9. Формируется наплавленный валик для того чтобы добиться равномерного покрытия на поверхности металла.
10. При завершении процесса наплавки закрыть на горелке вентили подачи пропана и кислорода, закрыть вентили на баллонах. Для стравления давления открыть вначале вентиль пропана на горелке, затем вентиль кислорода для продувки горелки и газовой магистрали.

Закрыть вентили на горелке и отсоединить магистральные шланги от баллонов. Выключить систему водяного охлаждения горелки.

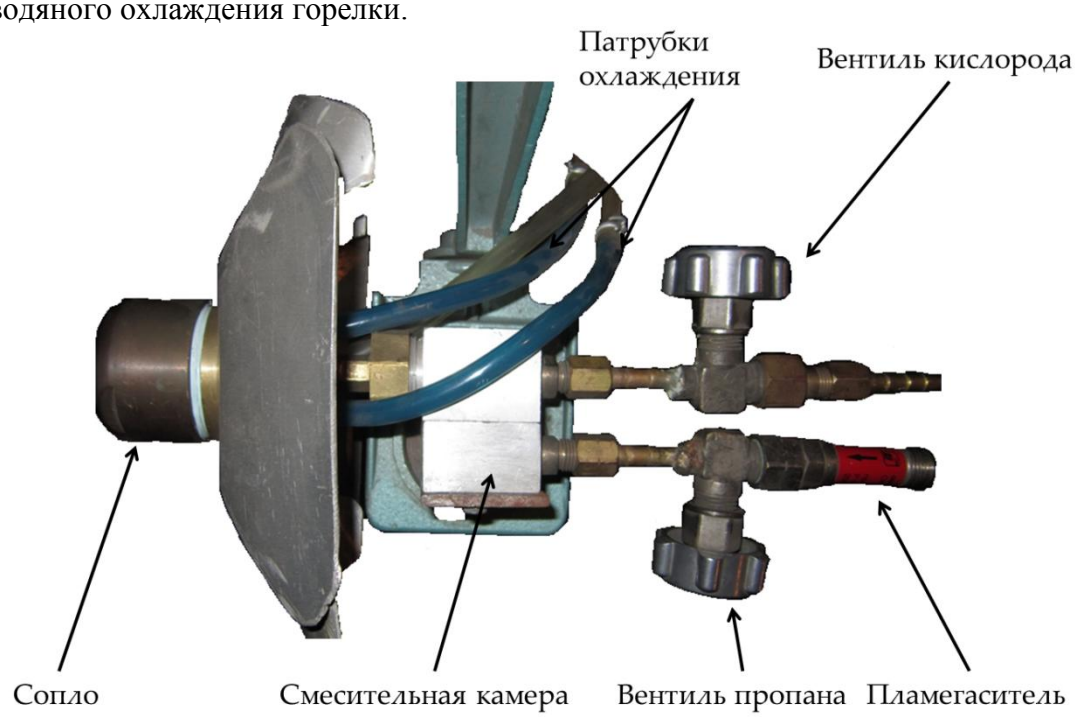


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для СГП–наплавки.

Эмпирическим путем были выявлены следующие рациональные параметры для СГП:

Таблица 1. Технические рекомендации по СГПН.

Диапазон давлений рабочих газов	Кислород: 5…8 атм. Пропан: 1,0…3,0 атм.
Расход рабочих газов	Кислород: 1,9…6,5 л/мин. Пропан: 1,5…5 л/мин.
Коэффициент β соотношения рабочих газов	1,1…1,3
Рабочее расстояние L от среза сопла до наплавляемого изделия	20…30 мм
Порошковый сплав	система Ni-Cr-B-Si, марки ПГ-СР3
Фракция порошкового сплава	50…100 мкм
Производительность порошкового питателя	3 кг/час
Скорость перемещения горелки	3…5 мм/с

В ходе исследования влияния основных параметров на качество защитного покрытия был описан алгоритм проведения СГП–наплавки, дано описание настройки и подготовки оборудования, а также были выявлены рациональные режимы проведения СГП–наплавки.

Список использованной литературы

1. Металловедение и термическая обработка стали: справочное изд. Т.1: Методы испытаний и исследования / под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта.- 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1983. – 325 с.

2. ГОСТ 5583-78. Кислород газообразный технический 1 сорт.

3. ГОСТ 30319.1-96. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки.

4. Ползуновский альманах №3 2008 Изд-во АлтГТУ им. И. И. Ползунова г. Барнаул, Россия / Технологические рекомендации по созданию защитных покрытий способом сверхзвуковой газопорошковой наплавки И.С. Михайлов, М.В. Радченко, Ю.О. Шевцов, С.Г. Уварова. – с. 183-184.

ПОИСК ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УКРУПНИТЕЛЬНОЙ СБОРКИ И СВАРКИ КОЛОДЦА СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Черепанов А.Д. – студент, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для нормального функционирования и устойчивого развития городского хозяйства необходима надежная сеть водоснабжения и водоотведения. Это относится как к промышленным предприятиям, так и к гражданским объектам. Важной частью водопроводных коммуникаций является колодец, который позволяет осуществлять монтаж, реконструкцию, осмотр и ремонт запорной и регулировочной арматуры, а также защищает вышеперечисленные элементы сети водоснабжения от внешних воздействий.

В настоящее время сети водоснабжения относятся к опасным промышленным объектам, разрушение которых повлечет за собой экологические проблемы или значительный материальный ущерб. В частности, колодец сети водоснабжения входит в состав опасных строительных конструкций СК п.1, поэтому его изготовление с применением сварки подлежит контролю со стороны Ростехнадзора. Изготовление деталей, сварка узлов и укрупнительная сборка и сварка колодца производится в заводских условиях, а окончательный монтаж на месте строительства. Сваренный колодец закапывается в землю и работает при температуре от +25 ºС до -20 ºС в климатической зоне УХЛ согласно ГОСТ 15150-69.

Конструктивно колодец состоит из обечайки, днища, крышки и трех патрубков, соединяемых между собой тавровыми соединениями Т3 с катетом 6 мм. Сварные соединения выполняются механизированной сваркой в углекислом газе с использованием сварочной проволоки Св-08Г2С, устаревших моделей сварочного оборудования. Укрупнительная сборка производится по разметке с выверкой на стеллаже без применения средств механизации. Там же производится и сварка колодца.

Анализ технологии укрупнительной сборки и сварки показал, что она не вполне соответствует современному уровню сварочного производства. Это относится к сочетанию применяемой защитной газовой среды, сварочной проволоки и модели сварочного оборудования. Вышеперечисленные факторы способствуют повышенному разбрызгиванию сварочной поволоки, что обуславливает повышенный расход углекислого газа, сварочной проволоки и электроэнергии. Кроме того, применение сварочного выпрямителя с низким к.п.д. приводит к повышенному расходу электроэнергии самим сварочным источником. Сборка колодца по разметке, отсутствие сборочно-сварочной оснастки увеличивает трудоемкость изготовления и обусловливает низкую эффективность производства колодца.

По нашему мнению можно повысить эффективность технологии сборки и сварки колодца за счет ее актуализации. При этом нами были выбраны следующие ее направления:

1. Снижение материалоемкости и энергоемкости при сварке колодца;
2. Снижение трудоемкости при укрупнительной сборке и сварке колодца.

Снижения материалоемкости технологии можно достичь за счет замены углекислого газа на смесь активных газов С2 по ГОСТ Р ИСО 14175-2010 с соотношением 80% – CO_2 и 20% – O_2. Применение вышеуказанной газовой смеси, содержащей кислород, способствует повышению температуры на тройной границе сварочная проволока – капля жидкого металла

– защитный газ. Это в свою очередь снижает поверхностное натяжением, уменьшение размера капель и снижение разбрызгивания. Снижению разбрызгивания электродного металла способствует использование современных полуавтоматов и управляемых инверторных источников питания.

Увеличение процента перехода электродного металла в сварочную ванну способствует снижению расхода проволоки, требуемого расхода защитного газа (газовой смеси), а также расхода электроэнергии. Все эти факторы мы предлагаем использовать в актуализированной технологии изготовления колодца сети водоснабжения.

Второе направление повышения эффективности изготовления колодца в основном предлагается реализовать за счет применения сборочно-сварочной технологической оснастки. Колодец сети водоснабжения является достаточно крупногабаритной конструкцией (диаметр и высота около 2 м), поэтому сборка обечайки с днищем по разметке с выверкой является трудоемкой операцией. Также трудоемкой операцией является сборка обечайки с тремя патрубками.

Снижения трудоемкости выше перечисленных операций можно достичь за счет применения механического оборудования сварочного производства – поворотного стола с планшайбой для установки днища, а также оснащения его дополнительными установочными упорами и пневматическими толкателями для днища и обечайки. Кроме того, планируется спроектировать оснастку для установки трех патрубков.

Выводы:

1. Применяемая на базовом предприятии технология укрупнительной сборки и сварки колодца сети водоснабжения нуждается в актуализации.
2. Повысить эффективность базовой технологии можно за счет применения мероприятий снижающих материалоемкость, энергоемкость и трудоемкость.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЕЧАЙКИ КОЛОДЦА СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Денисов А.В. – студент, Мандров Б.И. - к.т.н., доцент.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Снабжение водой промышленных предприятий и гражданских сооружений является важной задачей сети водоснабжения коммунального хозяйства. Стальная обечайка колодца сети водоснабжения является конструктивным элементом, который создает условия для монтаж, реконструкции, осмотра и ремонта запорной и регулировочной арматуры, а также защищает вышеперечисленные элементы сети водоснабжения от внешних воздействий.

Обечайка колодца изготавливается из листового проката классом прочности С245 по ГОСТ 27772-2015, толщиной 6 мм, изготавливаемого по ГОСТ 14637-89. Марка стали Ст3пс должна соответствовать по химическому составу ГОСТ 380-2005. Вышеуказанная сталь относится низкоуглеродистым сталям с хорошей свариваемостью, поэтому для получения сварных соединений используется сварка в углекислом газе проволокой Св-08Г2С. Такой способ сварки и сварочные материалы при выполнении требований технологического процесса гарантируют получение сварных соединений требуемого качества. Однако, анализ технологии базовой технологии сборки и сварки обечайки колодца, что она не вполне соответствует современному уровню сварочного производства. Это главным образом относится к эффективности использования трудовых, энергетических и материальных ресурсов.

Обечайка колодца сети водоснабжения имеет диаметр 2000 мм и высоту 1820 мм. Кромки обечайки соединяются стыковым швом С17 по ГОСТ 14771-76. Развертка обечайки имеет длину более 6000 мм, поэтому изготавливается из двух листов длиной 3140 мм соединяемых между собой стыковым швом С17 по ГОСТ 14771-76.

По базовой технологии подготовленные листы собираются на стеллаже по разметке прижимаются вдоль шва балками, прихватываются и свариваются полуавтоматом в у углекислом газе. Сваренное полотнище после контроля качества отправляется на вальцовку и после сборки сваривается полуавтоматом в нижнем положении.

По нашему мнению качество и эффективность работ можно повысить за счет реорганизации участка по изготовлению обечаек. Для этого нами предлагается использовать комплект оборудования, состоящего из следующих элементов:

1. Стенда для сборки и сварки листов в полотнище, оснащенного флюсо–медной подкладкой;
2. Поворотной колонны с выдвижной консолью для крепления подвесной несамоходной сварочной головки (скорость сварки обеспечивает консоль);
3. Подвесной несамоходной сварочной головки для сварки в защитных газах;
4. Стенда для сборки и сварки обечайки с клавишным прижимом;
5. Смесителя газов.

Предлагается следующая технологическая цепочка операций сборки и сварки обечайки:

- Листы укладываются по упорам на стенд для сборки и сварки полотнища прижимаются последовательно пневматическими устройствами. Подвесная головка находится в промежуточном положении.
- Подвесная головка поворачивается на стенд для сварки полотнища, настраивается и производится сварка технологического стыка на флюсо–медной подкладке.
- Подвесная головка поворачивается в промежуточное положение.
- Полотнище снимается и передается на вальцовку.
- Новая партия листов укладывается по упорам на стенд для сборки и сварки полотнища прижимаются последовательно пневматическими устройствами.
- Свальцованная обечайка подается на стенд с клавишным прижимом. Кромки листов стягивают. Подвесная головка поворачивается на стенд для сварки обечайки, настраивается и производится сварка технологического стыка на флюсо–медной подкладке.
- Подвесная головка поворачивается на стенд для сварки полотнища, настраивается и производится сварка технологического стыка на флюсо–медной подкладке.
- Далее идет чередование вышеперечисленных переходов.

Снижения материалоемкости технологии можно достичь за счет замены углекислого газа на смесь активных газов С2 по ГОСТ Р ИСО 14175-2010 с соотношением 80% – CO_2 и 20% – O_2. Применение вышеуказанной газовой смеси, содержащей кислород, способствует повышению температуры на тройной границе сварочная проволока - капля жидкого металла – защитный газ. Это в свою очередь снижает поверхностное натяжением, уменьшение размера капель и снижение разбрызгивания. Снижению разбрызгивания электродного металла способствует использование современных полуавтоматов и управляемых инверторных источников питания.

Увеличение процента перехода электродного металла в сварочную ванну способствует снижению расхода проволоки, требуемого расхода защитного газа (газовой смеси), а также расхода электроэнергии. Все эти факторы мы предлагаем использовать в актуализированной технологии изготовления обечайки колодца сети водоснабжения.

Выводы:

1. Применяемая на базовом предприятии технология сборки и сварки обечайки колодца сети водоснабжения нуждается в актуализации.
2. Повысить эффективность базовой технологии можно за счет применения мероприятий снижающих материалоемкость, энергоемкость и трудоемкость.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРЫШКИ ЛЮКА КОЛОДЦА СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Коростелев Р.Д. – студент, Мандров Б.И. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Конструктивно колодец сети водоснабжения состоит из обечайки, днища, крышки, крышки люка и трех патрубков. Крышка люка представляет собой отдельный сварной узел, устанавливаемый при монтаже на месте строительства на горловину крышки колодца. В состав крышки люка входят:

- Основание;
- Кольцо;
- Ребро длинное;
- Ребро короткое - 2 шт.;
- Ручка – 2 шт.

Основание изготавливается из листового проката классом прочности С245 по ГОСТ 27772-2015, толщиной 10 мм, изготавливаемого по ГОСТ 14637-89. Ребра и ручки изготавливаются из сортового проката по ГОСТ 535 - 2005. Кольцо изготавливается из трубы по ГОСТ 10705-91, толщиной 9 мм. Все вышеперечисленные детали изготавливаются из стали марка Ст3пс с химическим составом по ГОСТ 380-2005. Вышеуказанная сталь относится низкоуглеродистым сталям с хорошей свариваемостью. В базовой технологии для получения сварных соединений используется механизированная сварка в углекислом газе проволокой Св-08Г2С.

Анализ базовой технологии сборки и сварки крышки люка показал, что она не вполне соответствует современному уровню сварочного производства. Это обусловлено сочетанием применяемой защитной газовой среды, сварочной проволоки и модели сварочного оборудования. Вышеперечисленные факторы способствуют повышенному разбрызгиванию сварочной поволоки, что обуславливает повышенный расход углекислого газа, сварочной проволоки и электроэнергии. Кроме того, применение сварочного выпрямителя с низким к.п.д. приводит к повышенному расходу электроэнергии самим сварочным источником. Сборка колодца по разметке, отсутствие сборочно-сварочной оснастки увеличивает трудоемкость изготовления и обусловливает низкую эффективность производства колодца.

По нашему мнению можно повысить эффективность технологии сборки и сварки крышки люка колодца за счет ее актуализации. При этом нами были выбраны следующие ее направления:

1. Замена углекислого газа на смесь газов;
2. Замена сварочного источника постоянного тока на инверторный источник;
3. Применение сборочно-сварочной технологической оснастки.

Для реализации предложения по замене углекислого газа на смесь его смесь с кислородом нами была выбрана стандартная смесь 80% – CO2 и 20% – O2. Вышеуказанная смесь может поставляться готовой в баллонах или производиться на рабочем месте с помощью смесителя. Нами был выбран второй вариант обеспечения поста газовой смесью – с помощью смесителя WITT KM20 – 100 - 2. Применение вышеуказанной газовой смеси, содержащей кислород, способствует повышению температуры на тройной границе сварочная проволока – капля жидкого металла - защитный газ. Это в свою очередь снижает разбрызгивание. Снижение разбрызгивания электродного металла способствует снижению расхода газовой смеси, снижению расхода электродной проволоки, снижению расхода электроэнергии и снижению трудоемкости.

Замена сварочного источника существенно снижает расход электроэнергии за счет более высокого к.п.д. у инверторного источника по сравнению с выпрямителем.

При сборке и сварке крышки люка для снижения трудоемкости целесообразно использовать технологическую сборочно-сварочную оснастку. В предлагаемом нами варианте технологического процесса предполагается применение оснастки:

1. Для сборки основания с кольцом;
2. Для установки ребер жесткости;
3. Для установки ручек.

С этой целью нами были разработаны задания на проектирование вышеперечисленной оснастки, разработаны схемы базирования и принципиальные схемы приспособлений.

Выводы:

1. Применяемая на базовом предприятии технология сборки и сварки крышки люка колодца сети водоснабжения нуждается в актуализации.
2. Повысить эффективность базовой технологии можно за счет:

а) замены углекислого газа на смесь газов;

б) замены сварочного источника постоянного тока на инверторный источник;

в) применения сборочно-сварочной технологической оснастки.

РЫНОК МАШИНОСТРОЕНИЯ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Гусев А.П. – магистрант, Козлова Ж.М. – к.э.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Машиностроение — одна из стратегически ведущих отраслей Алтайского края, производящая всевозможные, орудия, приборы, а также предметы потребления и продукцию оборонного назначения [1].

Отрасли машиностроения по группам Машиностроение делится на три группы — трудоёмкое, металлоёмкое и наукоёмкое. В свою очередь, эти группы делятся на следующие отраслевые подгруппы: тяжёлое машиностроение, общее машиностроение, среднее машиностроение, точное машиностроение, производство металлических изделий и заготовок, ремонт машин и оборудования [2].

Ведущей отраслью промышленности Алтайского края является машиностроение и металлообработка. Также в регионе представлена химическая и нефтехимическая промышленность, горнодобывающая промышленность, оборонно-промышленный комплекс. А также традиционно для Алтая – сельское хозяйство и пищевая промышленность.

Машиностроение и металлообработка

На долю машиностроения и металлообработки приходится около 21% всего промышленного производства края. Машиностроительная промышленность Алтайского края представлена более чем 30 крупными предприятиями. Крупнейшие из них:

- ОАО «Алтайвагон» - крупнейший производитель подвижного состава, производит почти 50% продукции машиностроения Алтайского края, около 20% вагоностроительного рынка России;
- ОАО ПО «Алтайский моторный завод» - крупнейший в России производитель дизельных двигателей и запчастей к них, входит в состав ОАО «Агромашхолдинг»;
- ОАО ХК «Барнаульский станкостроительный завод» - предприятие оборонной промышленности, производитель боеприпасов и промышленной продукции (тали, промышленные цепи, станки);
- ОАО ХК «Барнаултрансмаш» – специализированное предприятие по конструированию и производству судовых, промышленных, транспортных дизелей;
- ПК «Сибэнергомаш» – производство паровых, водогрейных, энергетических котлов, вентиляторов и дымососов, входит в ГК «Энергомаш»;
- ОАО «Бийский котельный завод» – изготовление паровых и водогрейных котлов, котельно-вспомогательного оборудования для промышленной и коммунальной энергетики;
- ООО УК «Алтайский завод прецизионных изделий» – крупнейший российский производитель распылителей и форсунок для дизельных двигателей.

Алтайскому машиностроению присущ целый ряд проблем, которые можно сгруппировать в зависимости от их характера[3].

1. Проблемы, связанные с развитием машиностроительного комплекса:
- низкие темпы роста ведущих отраслей, а в некоторых случаях и спад производства;
- нарушение технологических связей;
- простои многих предприятий;
- низкие темпы обновления оборудования и выпускаемой продукции (например, 60% металлообрабатывающих станков имеет возраст более 10 лет).

2. Необходимость структурной перестройки:
- основная часть продукции Алтайского машиностроения имела оборонное значение в течение длительного времени, в связи с чем возникла необходимость обоснованного перепрофилирования отраслей;
- необходимость сокращения диспропорций в темпах роста отдельных отраслей;
- необходимость опережающего роста таких отраслей, как станкостроение, приборостроение, электротехническая и электронная промышленность.

3. Проблемы повышения качества производимых машин:
- несоответствие подавляющей части отечественного оборудования и машин мировым стандартам;
- низкая надежность производимых машин (из-за плохого качества комплектующих деталей в первый же год эксплуатации из строя выходит от 20 до 30% изделий машиностроения).

Для обеспечения своего лидерства машиностроению необходимы определенные условия. Одно из них можно изобразить соотношением: «1:2:4». Оно означает, что если темпы развития хозяйства края принять за единицу, то машиностроение должно развиваться в 2 раза быстрее, а важнейшие его отрасли (электроника, приборостроение и другие) — в 4 раза быстрее. В России это соотношение было примерно таково — «1:0,98:1».

Список использованных источников:

1. Словари и энциклопедии [Электронный ресурс]// - Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/22442. - Загл. с экрана.

2. Алтайский край – промышленные предприятия Алтайского края [Электронный ресурс]// - Режим доступа: http://www.metaprom.ru/regions/altay-krai.html. Загл. с экрана.

3. Перспективы и проблемы развития машиностроения [Электронный ресурс]// - Режим доступа: http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/razvitie-mashinostroeniya.html. - Загл. с экрана.

НАНОИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Корольков Д.М. – студент, Смольяков А.М. – студент, Гусев А.П. – магистрант,
Попова А.А – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Нанотехнология – технология с атомарной точностью – обладает революционным потенциалом для решения важнейших научно-технических задач.

Наноинженерия – научно-практическая деятельность по конструированию, изготовлению и применению наноразмерных объектов или структур. Наноинженерия поверхностей относится к наиболее востребованной в машиностроении нанотехнологии, являясь доступным и прогрессивным методом получения перспективных наноматериалов.

Актуальность разработки и широкого внедрения нанотехнологий связана с тем, что в деталях, узлах и изделиях машиностроения, особенно судового машиностроения, подвергаются старению, например, изнашиваются в основном их поверхности на глубину не более чем на 1-2 мм. Следовательно, заданными свойствами, например, высокой износостойкостью ко всем видам изнашивания должны обладать в первую очередь рабочие поверхности, ограниченной толщины. Вся остальная конструкция должна соответствовать требованиям прочности и усталостной долговечности [1].

Таким образом, под наноинженерией поверхностей, как правило, понимаются методы и технологии формирования полифункциональных покрытий поверхностей деталей с заданными или оптимальными прочностными, антикоррозионными и другими эксплуатационными свойствами.

Важнейшим для инженерии поверхностей, несомненно, являются технологии получения функциональных наноматериалов, как правило, это порошковые материалы.

Данные технологии можно условно подразделить на две большие группы – технологии, основанные на физических процессах и технологии, основанные на химических процессах. Среди всех наноориентированных технологий обработки поверхности на сегодняшний день наиболее перспективными являются ионно-вакуумные технологии нанесения покрытий (т.н. PVD и CVD технологии). Полученные такими способами слои отличаются высокой адгезией, а температурное воздействие на материал основы, как правило, минимальное. Анализ литературных источников, показывает, что размер кристаллитов в пленках, полученных по технологиям вакуумного нанесения, может достигать 1-3 нм.

В настоящее время специалисты в качестве перспективных технологий использования нанопорошков, например, отмечают следующие:

- Технологии нанесения износо–коррозионностойких покрытий методом сверхзвукового «холодного» газодинамического напыления;
- Технологии микроплазменного напыления;
- Получение наноструктурированных покрытий с высокой твердостью методом электроискровой обработки в водных растворах и использованием наноразмерных порошковых материалов;
- Технологии вакуумного осаждения наноразмерных порошковых материалов и т.д. [2].

Надо признать, что сегодня РФ значительно отстает от мировых нанотехнологических лидеров – США, Японии, стран Евросоюза по абсолютным показателям развития науки, технологий, степени промышленного освоения и коммерциализации разработок наноиндустрии. Поэтому для выхода на современный уровень РФ необходимо найти свои ниши в этой отрасли и грамотно применять трансферт технологий в рамках крупных международных проектов.

Формирование и реализация активной государственной политики в области нанотехнологий позволит с высокой эффективностью использовать интеллектуальный и научно-технический потенциал страны в интересах развития науки, производства, образования и обеспечения национальной безопасности РФ.

В самом деле, чтобы нанотехнологии не остались научной фантастикой, они должны найти свое место в экономике, включиться в существующие экономические циклы или создать новые. Это требует активного мониторинга и сопровождения на всех этапах от лаборатории до рынка. Это качественно новый уровень управления, позволяющий решать организационно-экономические проблемы невиданного уровня сложности.

Список литературы

1. Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов НАНОМАТЕРИАЛЫ. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие / Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша»: Москва 2007 – 125 с.

2. Лахтин Ю. М., Арзамасов Б. Н. Химико-термическая обработка металлов. — М.: Металлургия, 2015. — 424 с.

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

Моисеев А.И. – студент, Швадченко В.С. – студент, Гусев А.П. – студент,
Попова А.А. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одной из актуальных научно-практических задач современного материаловедения является разработка новых наноструктурных материалов и покрытий, обладающих комплексом уникальных характеристик. Специфические свойства наноструктурных покрытий во многом обусловлены особенностью их структуры: высокая объемная доля границ раздела и сильная энергия связи соседних фаз, отсутствие дислокации внутри нанокристаллитов, осуществление деформации по типу зернограничного проскальзывания, присутствие межкристаллитных аморфных прослоек; изменение взаимной растворимости компонентов в фазах внедрения.

Длительность эксплуатации инструмента главным образом зависит от свойств поверхности при работе в условиях механической нагрузки, коррозионного и трибологического воздействия. Распространение на практике получили покрытия нитрида титана TiN. Это связано с простотой состава покрытия и удовлетворительными механическими и эксплуатационными свойствами.

Характерная для покрытий TiN столбчатая структура отрицательно сказывается на механических свойствах из-за высокой объемной доли границ раздела с пониженной плотностью. Однако микроструктура и трибологические свойства покрытия TiN могут варьироваться в зависимости от метода нанесения, строения покрытия (однослойные, многослойные, градиентные) и химического состава покрытии.

Модификация состава на основе нитрида титана и введение в состав оптимального количества добавок кремния и бора позволяет в процессе роста покрытия подавлять образование столбчатой структуры, и тем самым повышать механические и трибологические свойства покрытий. Добавление кремния обеспечивает появление аморфных прослоек SiNx между кристаллитами нитридной фазы. Идеи создания высокопрочных нанокристаллических материалов, основанные на представлениях о подавлении процессов роста зародышевых трещин, генерации и распространения дислокаций при уменьшении размеров кристаллитов со значением d=10 нм в настоящее время нашли эффективное применение при создании покрытий.

Наиболее важными факторами, определяющими достижение сверхтвердости нанокомпозитов, является наноразмерность (d от 4 до 5 нм) кристаллов нитридов и наличие по их границам тонкой (менее 1 нм) прослойки аморфной фазы с высокой твердостью и высоким уровнем прочности межатомной (типа Si–N, B–N, Ti–N) связи с атомами кристаллической фазы. Это, во-первых, подавляет дислокационную пластичность

(генерацию и распространение дислокаций), во-вторых, служит эффективным препятствием распространению микротрещин, в-третьих, делает невозможным зернограничное проскальзывание.

Также в целях защиты изделий от износа, коррозии и эрозии применяются комплексные оксидные керамические наноструктурированные покрытия, такие как Al_2O_3-TiO_2, получаемые плазменным напылением (рис. 1), [3].

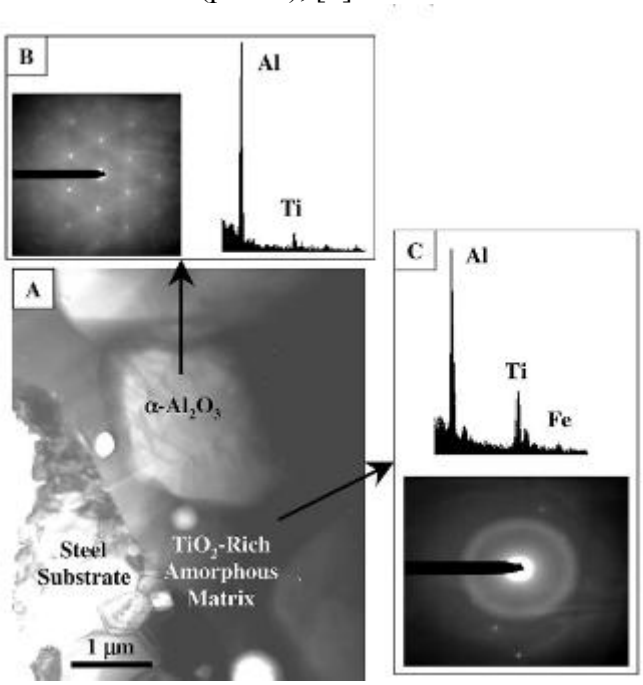


Рисунок 1 - Структура наноструктурного покрытия Al_2O_3-TiO_2

Наноструктурные (НС) покрытия находятся в настоящее время в центре внимания материаловедов, благодаря характерным, перспективным для техники изменениям в этих состояниях физических и механических свойств кристаллов, в том числе обеспечивающих создание новых керамических и металлокерамических композиций.

Важнейшим фактором, отвечающим за формирование в НС материалах необычных физических и механических свойств, являются особенности их высоконеравновесной структуры, в частности, дефектной субструктуры границ зерен, отличающихся высокой плотностью дефектов, структурной и термодинамической неравновесностью, наличием значительных полей локальных внутренних напряжений, изменением атомной плотности в приграничных зонах и т. д.

К настоящему времени накоплен достаточно большой экспериментальный материал о структурных особенностях наноструктурированных покрытий. Однако связать эти особенности с формированием особых физических и механических свойств в полной мере пока не удается.

Известно, что их деформация может носить как гомогенный, так и негомогенный характер с образованием полос сдвига, однако исчерпывающее объяснение этому явлению отсутствует. Не разработаны чёткие критерии оценки поведения наноструктурных покрытий при деформации.

Решение указанных выше вопросов - необходимые этапы выявления взаимосвязи микроструктуры с особыми свойствами НС материалов и разработки новых технологий их получения.

В рамках вышеперечисленных проблем работы по изучению износостойких много-компонентных покрытий с использованием новейших методов исследования остаются весьма актуальными.

Список использованной литературы:

1. Валиев Р.Ч.. Александров И. В Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М. Логос, 2000.

2. Julia R. Weertman. / Nanostructured Materials (Second Edition).Processing, Properties, and Applications/ 2007, Pages 537-564

3. P. Bansal, N.T. Padture, A. Vasiliev./ Improved interfacial mechanical properties of Al_2O_3-TiO_2 plasma-sprayed coatings derived from nanocrystaline powders/ Acta Mater., 51 (2003), pp. 2959-2970

4. Koichi Nakasoa, Kikuo Okuyamaa, Manabu Shimadaa, Sotiris E. Pratsinisb./ Effect of reaction temperature on CVD-made TiO2 primary particle diameter/ Chemical Engineering Science, Volume 58, Issue 15, August 2003, Pages 3327-3335.

5. German S Fox-Rabinovich, Kenji Yamamoto, Ben D Beake, Iosif S Gershman, Anatoly I Kovalev / Hierarchical adaptive nanostructured PVD coatings for extreme tribological applications: the quest for nonequilibrium states and emergent behavior/ Sci. Technol. Adv. Mater. (2012) 13 043001.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАНОПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Новиков Н.А. – студент, Попова А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Многие ученые, лаборатории мира работают над производством машиностроении, а именно над его модернизацией, улучшают качество материалов, делая этот процесс более экономичней, и все это благодаря нанотехнологиям и наноматериалам. Это одно из приоритетных направлений развития научно-технического прогресса в мире. Характерной особенностью развития ведущих экономически развитых стран является переход к инновационной экономике, внедрение новых высоких технологий во все сферы деятельности человека. Вот поэтому данное направление зачастую рассматривается как рычаг, способный обеспечить политическое, финансовое и военное превосходство [1].

Нанопорошки – только часть из многих существующих на сегодняшний день наноматериалов, но развитие ряда направлений нанотехнологии невозможно без их получения в массовых количествах.

Практика изготовления металлических порошков, получаемых восстановлением оксидов металла углеродом, известна еще с глубокой древности. Например, порошковое золото применяли для декоративных целей еще за 3000-3500 лет до нашей эры. Железные орудия, найденные при раскопках в Египте и Вавилоне, были изготовлены с использованием отдельных методов порошковой металлургии.

Наноматериалы (консолидированный материал, построенный из фрагментов структуры (кристаллитов), имеющих размер < 100 нм, хотя бы по одной оси в пространстве), которые производятся в настоящее время, подразделяются на четыре группы: оксиды металлов (титана – TiO2), (80%), сложные оксиды (состоящих из двух и более металлов: индие–оловянный оксид—In203/Sn02), (2%), порошки чистых металлов (металлическое серебро – Ag), (15%) и смеси (нитрид кремния – Si3N4), (3%). Порошки чистых металлов составляют значительную и все возрастающую долю всего объема производства. Сложные оксиды и смеси имеются в ограниченном количестве. Однако ожидается, что их использование возрастет в долгосрочной перспективе. Порошки чистых металлов с технологической точки зрения отличаются от оксидов прежде всего тем, что их производство значительно сложнее последних, так как однородный порошок металла должен соответствовать строгим критериям по чистоте продукта, что влияет на себестоимость производства изделий [2].

Нанопорошки (порошок среднеповерхностный диаметр частиц которого не превышает 100 нм.) – это сырьё для создания материалов, используемых в современной промышлен-

ности. Они имеют широкие перспективы для применения при создании композиционных материалов с уникальными характеристиками [2].

Характеризуются: средним размером частиц и распределением частиц по размерам; средним размером кристаллитов и распределением кристаллитов по размерам; степенью агломерации частиц; удельной площадью поверхности; химическим составом объема частиц; составом по сечению для частиц ядро-оболочка; морфологией частиц; химическим составом поверхности; кристаллической структурой наночастиц; содержанием влаги и других адсорбатов; сыпучестью (текучестью); цветом.

Основные из используемых в настоящее время методов получения нанопорошков:

Технологии, основанные на химических процессах: химическое осаждение из паровой фазы, высокоэнергетический синтез, осаждение из растворов, разложение нестабильных соединений, восстановительные процессы.

Технологии, основанные на физических процессох: физическое осаждение из паровой фазы, распыление расплава, механическое измельчение.

Области применения нанопорошков:

- Твердые ракетные топлива и пиротехнические составы.
- Получение водорода для водородной энергетики.
- Альтернативный способ получения аммиака.
- Получение сверхпластичной керамики.
- Синтез нитридов и получение нитридсодержащих материалов.
- Добавки для получения качественной корундовой керамики.
- Мобильные нагревательные устройства.
- Получение газопоглотителей.

Торговля между регионами

Мировое производство нанопорошков распределено неравномерно. Многие страны, такие как Бразилия, Южная Африка, Россия и Австралия, являются крупными производителями сырья, но не производят наночастицы в значительных объемах. Сейчас только развитие в промышленном отношении страны стали производить наноматериалы в коммерческих количествах. Большинство из стран-производителей наноматериалов сильно зависят от импорта сырья. Однако США, например, производит большинство из них в достаточном количестве для удовлетворения своих внутренних потребностей.

На США приходится более половины производителей нанопорошков. На американских производителей приходится две трети мирового производства. Европейский Союз и Азия производят большую часть остального объема.

Европа является чистым импортером, поскольку в ней не производятся некоторые важные порошки, такие как оксид церия. Северная Америка является чистым экспортером, поставляя ключевые порошки как в Европу, так и в Азию. Азия является крупным производителем порошков чистых металлов.

Производство нанопорошков в Российской Федерации

В России известно несколько компаний, которые на коммерческой основе пытаются производить разнообразные металлические нанопорошки (пример: броня из нанокерамики, произведенная на новосибирском ЗАО "НЭВЗ–Керамикс", успешно прошла испытания на боевых машинах; дополнительная защита боевых машин с нанокерамикой показывает более высокую стойкость, по сравнению с обычной броней). Как правило, все эти компании были учреждены группами известных ученых в этой области, работающих над проблематикой создания нанопорошков в ведущих академических институтах страны [3]. Объемы производства и поставок минимальны. Потребителями этих нанопорошков отечественного производства являются научно-исследовательские центры, занятые данной проблематикой, и некоторые предприятия отечественного оборонно-промышленного комплекса, хотя на будущее рядом экспертов предвидится определенный прорыв в этой отрасли.

Если суммировать причины, по которым нанопорошки металлов пока не нашли своего промышленного применения в отечественной промышленности, то можно выделить следующее:

- В России практически полностью отсутствует спрос на металлические нанопорошки и изделия из них.
- Практически все известные в России установки относятся к разряду опытных и/или научно-исследовательских. Их загруженность заказами – невысокая, так как сам рынок нанопорошков измеряется в России не тоннами, а килограммами [3-4].
- Экспертные опросы представителей промышленных предприятий показали, что в настоящее время этот рынок тормозится отсутствием информации по имеющимся НИОКР, отсутствием технических регламентов, сертификации продукции, а также определенной косностью руководителей промышленных предприятий.
- Внедрение нанопорошковых технологий осложняется также и тем, что в ряде отраслей, где это могло быть потенциально интересно, НИОКР проводятся в недостаточной мере (например, производство катализаторов, биология или разработка новых покрытий) [5].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что нанопорошки позволяют значительно улучшить эксплуатационные характеристики существующих и разрабатываемых материалов, жизнедеятельность людей, экономику, оборону страны. В будущем, согласно прогнозам внедрение нанопорошков в различные сферы наукоемких технологий будет происходит с каждым годом более интенсивно.

Литература

1.http://www.abercade.ru/research/analysis/67.html
2.http://www.nanosizedpowders.com/technology/technologies/publications.php?ELEMENT_ID=345
3.https://www.marketing.spb.ru/mr/industry/metallic_powder.htm
4.http://itam.nsc.ru/upload/iblock/254/zobovkv_textdiss.pdf
5.http://helpiks.org/3-86983.html

НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

Смольяков А.М. – студент, Корольков Д.М. – студент, Гусев А.П. – магистрант,
Попова А.А - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

За последние несколько лет короткое слово с большим потенциалом - «нано» быстро вошло в мировое сознание. Существует множество слухов и ошибочных мнений относительно нанотехнологии. «Нано» - это не только крошечные роботы, которые могут (или не могут) завоевать мир. По сути, это огромный шаг в науке. Актуальной темой на данный момент является использование нанотехнологий в машиностроении, а именно производство режущего инструмента с применением нанотехнологий.

Нанотехнология (греч. nanos — «карлик» + «техно» — искусство, + «логос» — учение, понятие) — междисциплинарная область фундаментальной и прикладной науки и техники, занимающаяся новаторскими методами (в сферах теоретического обоснования, экспериментальных методов исследования, анализа и синтеза, а также в области новых производств) получения новых материалов с заданными нужными свойствами.

Металлообработка — технологический процесс изменения формы, размеров и качеств металлов и сплавов. Во время технологических процессов обработки металлов различными методами меняются форма и размер металла, а также могут меняться физико-механические свойства металлов.

Применение нанотехнологий в производстве режущего инструмента [1].

Оснащение предприятий современным оборудованием с числовым программным управлением в настоящее время позволяет создавать надежную конкурентоспособную продукцию на уровне мировых образцов. Основными производителями такой продукции являются предприятия оборонно-промышленного комплекса, авиационная и ракетно-космическая промышленность, автомобилестроение, тяжелое и энергетическое машиностроение, судостроение, нефтегазовый комплекс и другие отрасли.

Производство высокотехнологичной продукции связано с применением жаростойких труднообрабатываемых материалов, доля которых возросла с 10%до 80%. Это значительно меняет процессы механической обработки. Повышенные требования предъявляются к стойкости режущего инструмента и улучшению его эксплуатационных характеристик. Как известно, для изготовления режущего инструмента в основном применяют четыре группы инструментальных материалов: инструментальные стали, твердые сплавы, режущая керамика и сверхтвердые материалы. Как показывает практика, на один из данных инструментальных материалов не является универсальным и по значениям вязкости, прочности, износостойкости и твердости не всегда удовлетворяют требованиям потребителя. На основе анализа выявлено, что инструментальные материалы на сегодняшний день не в полной мере удовлетворяют требованиям потребителей, что вызывает необходимость приобретать дорогостоящий режущий инструмент импортного производства.

В последнее время в мире и в России наметились определенные тенденции по внедрению в производство режущего инструмента достижений нанотехнологий. Наиболее перспективными нанотехнологиями в производстве режущего инструмента являются: нанесение наноструктурных покрытий; наномодификация поверхностного слоя; компактирование нанодисперсных порошков; производство режущего инструмента из объемных наноструктурных материалов; производство инструмента из нанопорошков алмаза и сверх твердых материалов и др.

Широкое практическое использование нанотехнологий является важнейшим стратегическим направлением развития высокотехнологичных производств. Все большее применение в производстве режущего инструмента находят наноструктурные твердые материалы, полученные методом компактирования нанодисперсных порошковых композитов на основе карбидов с металлами металлами-связками. Данные наноструктурные материалы по прочности, ударной вязкости и износостойкости значительно превосходят аналогичные материалы с обычной, зернистой структурой. Высокие характеристики наноструктурных материалов объясняются тем, что между частицами разных фаз (WC и Co) формируются трехмерные контакты, в результате чего формируется достаточно плотная структура. Однако при механическом перемешивании очень трудно обеспечить равномерное распределение ультрадисперсных порошков WC и Co. Степень однородности механического перемешивания не позволяет получать в спеченном продукте зерна размером меньше 300 нм. В последнее время разработан ряд новых химических методов, которые позволяют получать нанофазный порошок на основе кобальтовой связки с размером частиц 30-40 нм. Такие материалы уже нашли широкое применение при изготовлении цельных твердосплавных микросверл для изготовления печатных плат в приборостроении.

Другим направлением применения нанотехнологий в производстве режущего инструмента является нанесение наноструктурных покрытий на его режущую часть методами термического напыления. Установлено, что у наноструктурных покрытий с размером зерен менее 100 нм происходит резкое улучшение физических характеристик. На рисунках 1 и 2 приведены зависимости твердости твердых сплавов наноструктурных материалов и микротвердости многослойных нанопокрытий [2].

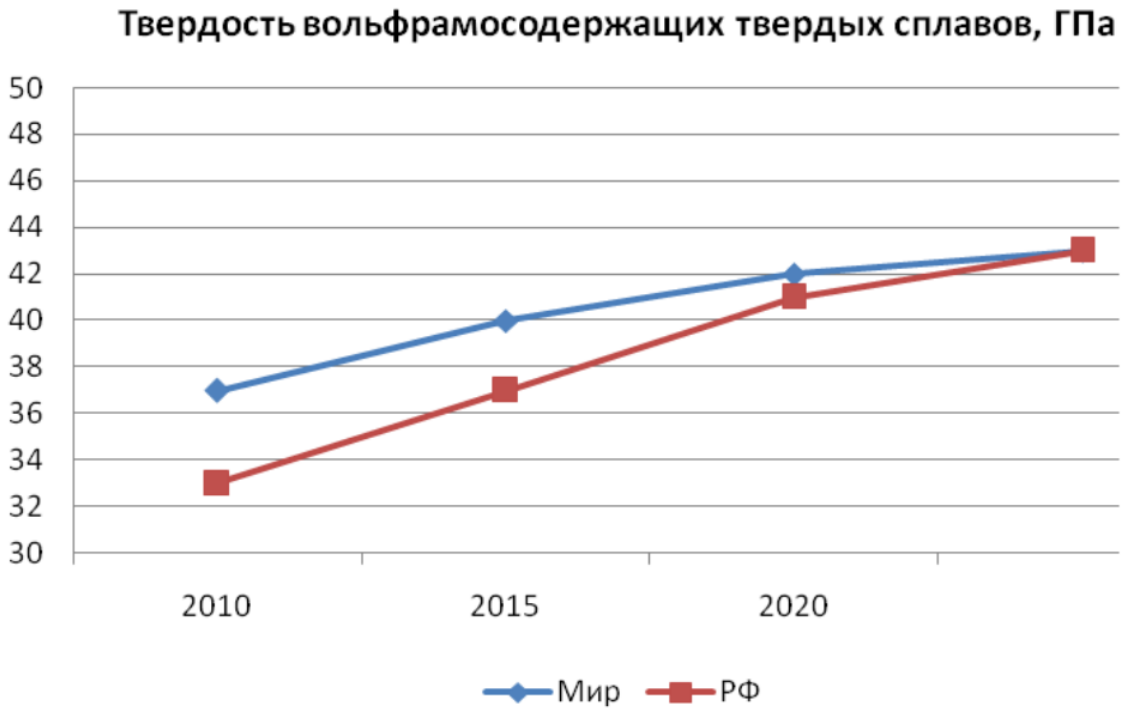


Рисунок 1 – Увеличение твердости вольфрамосодержащих твердых сплавов в течение нескольких лет.

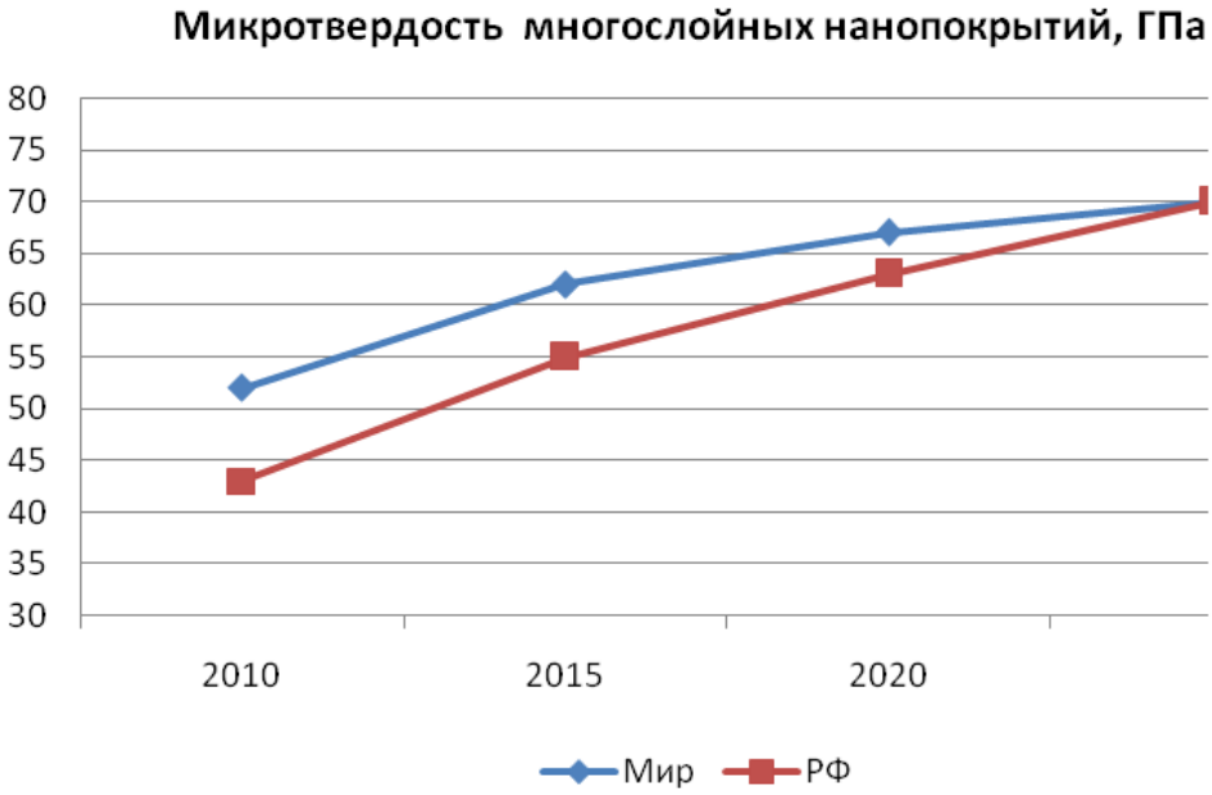


Рисунок 2 – Увеличение микротвердости многослойных нанопокрытий в течение нескольких лет.

На основе анализа данных можно заключить, что Россия в настоящее время по конкретным техническим характеристикам немного отстает от показателей мировых производителей. Здесь очевидно, что тормозом для освоения нанотехнологий и наноматериалов для инструментальной промышленности и машиностроения в целом является как низкий

технический уровень предприятий машиностроительных отраслей России, так и отставание России в производстве наноматериалов (нанопорошков и др.).

Тем не менее, в России на ряде предприятий освоено производство наноалмазных порошков, которые широко используются в производстве абразивных инструментов, а также для нанесения наноалмазных покрытий на лезвия режущего инструмента [3].

Таким образом, на основе анализа состояния существующих проблем, связанных с производством режущего инструмента, следует заключить, что для существенного увеличения производительности и повышения его качества необходим комплекс мероприятий, направленных на решение ключевых технологических задач: получение новых наноструктурированных инструментальных материалов; нанесение нанопокрытий на поверхность инструмента и модификация поверхности; наноразмерная обработка и новые технологии конструирования инструмента.

Список литературы

1. Нанотехнологии в машиностроении; ООО "ТНТ" - Москва, 2012. - 779 с.

2. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И., Вологжанина С. А., Петкова А. П. Нанотехнологии и специальные материалы; Химиздат - Москва, 2009. - 336 с.

3. Черненко Т. Г. Нанотехнологии: настоящее и будущее; Балтийская книжная компания - Москва, 2011. - 163 с.

ПЛАЗМЕННАЯ РЕЗКА

Тарареев И.А. – студент, Тарареева Е.В. – студент, Тарасов А.А. – студент,
Попова А.А. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Плазма находит большое применение в области машиностроения. Актуальность процесса плазменной резки сводится к ее преимуществам. Преимущества: малая зона нагрева, практически без образования окалины, большая скорость резки при любой толщине, короткое время розжига, средние требования к техническому обслуживанию – обслуживание многих компонентов, может проводиться собственными бригадами технического обслуживания.

Общие сведения. Слабо-ионизированная плазма возникает в обычном пламени. Нагревание газа до высокой температуры один из способов ее получения, когда вследствие термической ионизации нейтральные молекулы распадаются на ионы и электроны. Поток низкотемпературной плазмы, обладающей заданными свойствами можно получить специальным устройством – плазмотроном. Температура факела может достигать 6000ºС и выше. Основными конструктивными элементами плазматрона являются электрод, охлаждаемое проточной водой сопло, в канал которого подается плазмообразующий газ. При резке и сварке чаще применяют зависимую дугу, то есть на деталь подается напряжения, [1].

При замыкании электрической цепи возникает плазменный факел. В зависимости от назначения плазмотрон может работать на постоянном токе прямой полярности и обратной полярности, визуально струи при одинаковых режимах и разной полярности не различаются, и на переменном токе.

Особенности технологии плазменной резки. Свойства плазменной дуги можно изменять путем регулирования плазмообразующего газа. Увеличение расхода повышает устойчивость плазменной дуги и влияет на ее мощность, существенно влияние геометрии сопла, при уменьшении рабочего диаметра, происходит сжатие дуги и она становиться уже. Подача газа для фокусировки сужает факел, и позволяет получить более узкий рез. При недостаточном расходе фокусирующего газа внешние слои факела почти касаются сопла, что может привести к нарушению режима работы плазмотрона. Также на свойство дуги

оказывает сила тока. С увеличением тока мощность дуги возрастает, однако при чрезмерной величине плотности тока происходит нарушение режима работы плазмотрона, появляется каскадная (двойная) дуга, [2].

В зависимости от вида разрезаемого металла используется аргон, водород, азот, кислород, или смесь этих газов. Скорость перемещения плазменного резака, подводимую к нему электрическую мощность, расход и состав рабочего газа, подбирают так, чтобы резка происходила с высокой точностью и хорошей чистотой поверхности реза. Рез может быть любой конфигурацией, в зависимости от траектории плазменной тарелки.

В силу своей универсальности и доступности плазменная резка сегодня применяется почти на всех средних и крупных предприятиях, занимающихся металлообработкой. С применением плазменной резки изготавливаются металлоконструкции и изделия.

Так как физический принцип плазменной резки металла позволяет работать практически с любыми металлами, обеспечивать высокую безопасность и скорость работы, то этот метод обработки металлов получил достаточно широкое распространение на самых различных производствах. Помимо быстрого вырезания сложных технических деталей, возможна и художественная плазменная резка металла, которая позволяет создавать настоящие произведения искусства либо декоративные элементы даже из очень тугоплавких сплавов.

Технология предполагает различные режимы плазменной резки металла, которые позволяют быстро подстроить оборудование под работы не только с определенной разновидностью сплава, но и с заготовками определенной толщины.

Резка металлов с помощью плазмы является одним из наиболее современных и технически совершенных способов работы с различными металлами.

Список использованных источников

1. Чернышев, Г.Г. Сварочное дело: Сварка и резка металлов: Учебник для нач. проф. образования / Г.Г. Чернышев. Москва: И РПО; Проф. обр. издат., 2002-338 с.

2. Ширшов И.Г. Плазменная резка / И.Г. Ширшов, В.Н. Котиков. – Ленинград: «Машиностроение», 1987. 192 с.

ЦЕМЕНТАЦИЯ В ТВЕРДОМ КАРБЮРИЗАТОРЕ

Тарареева Е.В. – студент, Тарареев И.А. – студент, Ножников П.Ю. – студент,
Попова А.А. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Химико-термическая обработка остается актуальной на сегодняшний день, поскольку имеет следующие преимущества: обеспечение получения высокой стойкости и износостойкости поверхности, благодаря изменению химического состава; позволяет обрабатывать детали любой формы; обеспечивает получение равномерной по всей поверхности детали толщины слоя.

Цементации подвергают детали с низким содержанием углерода (Ст1, Ст2, Ст3, стали 10, 20), для ответственных деталей применяют легированные стали (15Х, 20Х, 20ХНЗА, 18ХГТ и др.). После цементации содержание углерода в поверхностном слое повышается до 0,8-1,2%. После термической обработки (закалка + отпуск) цементируемых деталей получается мартенситная структура в поверхностном слое и улучшенная структура сердцевины. Поверхность обладает высокой твердостью и износостойкостью, в то время как сердцевина сохраняет вязкость и способность воспринимать ударные нагрузки, [1].

Цементация в твердом карбюризаторе. Для процесса цементации применяют карбюризаторы – вещества, которые содержат углерод. При данном способе цементации карбюризатором является смесь древесного угля и углекислых солей.

Технология процесса. Детали помещают в стальной контейнер, засыпают карбюризатором. Установка деталей в ящик осуществляется таким образом, что детали с ос всех сторон окружены карбюризатором и не соприкасаются друг с другом, со стенками или дном ящика. Ящик закрывают крышкой, замазывают огнеупорной глиной. Также вместо крышки можно использовать асбестовый лист, также обмазав глиной перед помещением в печь. Температура нагрева 900–950°С. Длительность выдержки при цементации зависит от толщины необходимого слоя. Обычно цементация проводится с получением слоя 0,5–2 мм. После окончания времени цементации ящики вынимают из печи, охлаждают на воздухе, после распаковывают и вынимают изделия.

Физика процесса. При нагреве: Углерод угля соединяется с кислородом воздуха, который находится в ящике, и образуется окись углерода СО. Процесс показан в виде реакции:

($2C + O_2 \rightarrow 2CO$).

Окись углерода разлагается на двуокись углерода CO_2 и атомарный углерод.

$2CO \rightarrow CO_2 + C$ (атомарный).

Последний диффундирует в аустенит. Чем выше температура, тем больше подвижность атомов, и тем быстрее идет диффузия. Перемещение атомов всегда происходит от мест, где их концентрация больше, к местам с меньшей концентрацией, [2].

Цементация в твердом карбюризаторе – нагрев и выдержка металлических (а в ряде случаев и неметаллических) материалов при высоких температурах в химически активной среде (карбюризатор).

Цементацию в твердом карбюризаторе проводят с целью обогащения поверхностных слоев изделий углеродом. Его называют насыщающим элементом или компонентом насыщения.

В результате обработки формируется диффузионный слой, т.е. изменяется химический состав, фазовый состав, структура и свойства поверхностных слоев. Изменение химического состава обуславливает изменения структуры и свойств диффузионного слоя.

Список использованных источников

1. Борисенок Г. В., Васильев Л. А., Ворошнин Л.Г. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник. – М.: Металлургия, 2011. – 255 с.

2. Лахтин Ю. М., Арзамасов Б. Н. Химико-термическая обработка металлов. – М.: Металлургия, 2015. – 424 с.

НАНОИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Гусев А.П. – студент, Корольков Д.М. – студент, Попова А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Наноинженерия – научно-практическая деятельность по конструированию, изготовлению и применению наноразмерных объектов или структур. Наноинженерия поверхностей относится к наиболее востребованной в машиностроении нанотехнологии, являясь доступным и прогрессивным методом получения перспективных наноматериалов [1].

Под наноинженерией поверхностей понимаются методы и технологии формирования полифункциональных покрытий поверхностей деталей с заданными прочностными, трибологическими и другими конструкционными или эксплуатационными свойствами.

Важнейшим для инженерии поверхностей являются технологии получения функциональных наноматериалов. Современные наноматериалы получают следующими методами [2]:

- порошковой металлургии,
- с использованием аморфизации,
- методами интенсивной пластической деформации,

- поверхностными технологиями,
- комплексными методами.

Среди всех наноориентированных технологий обработки поверхности наиболее перспективными на сегодняшний день являются ионно-вакуумные технологии нанесения покрытий (так называемые PVD и CVD технологии). Полученные такими способами слои отличаются высокой адгезией, при, как правило, минимальном температурном воздействии на материал основы. Размер кристаллитов в пленках, полученных вакуумным нанесением, может достигать 1-3 нм.

К наиболее распространенным методам наноинженерии поверхностей относятся [2]:

- PVD метод;
- метод термического испарения;
- катодное распыление;
- магнетронное распыление;
- ионно-лучевое распыление;
- ионное плакирование.

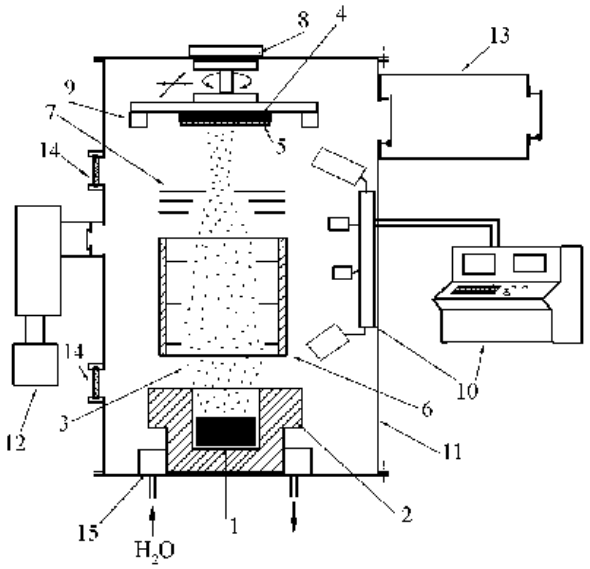


Рис. 1.Типичная схема установки для нанесения покрытия PVD-методом:

1 – материал для покрытия; 2 – система перевода материала в паровую фазу; 3 – поток испарившегося вещества; 4 – подложка; 5 – формирующееся покрытие; 6 – система транспортировки материала покрытия в паровой фазе к подложке; 7 – система фокусировки (и/или сканирования) потока вещества, осаждающегося на подложку; 8 – система закрепления подложки и ее контролируемого перемещения; 9 – система регулирования температуры нагрева подложки; 10 – система управления и контроля технологическими параметрами (температура подложки, скорость перевода материала в паровую фазу, давление в камере, скорость осаждения покрытия, толщина покрытия и др.); 11 – вакуумная камера; 12 – система создания и поддержания высокого вакуума (система вакуумных задвижек, форвакуумных и высоковакуумных насосов, азотная ловушка и др.); 13 – шлюзовая камера и система подачи и смены подложек; 14 – смотровые контрольные окна; 15 – система охлаждения.

Основой наноинженерии поверхностей служат нанопорошки и нанокластеры. Нанопорошки на сегодня являются самым распространенным видом нанопродукции.

Мировое производство нанопорошков распределено неравномерно. Многие страны, такие как Бразилия, Южная Африка, Россия и Австралия, являются крупными производителями сырья. В последнее время производство нанопорошков в этих странах стало приобретать массовый коммерческий характер. Более половины производителей нанопорошков сосредоточены в США. Американские производители вырабатывают не менее двух третей

всего объема мирового производства нанопорошков. Большую часть остального объема производят Европейский Союз и Азия [3].

По данным последнего геологического обследования США, Китай производит 74% мирового объема иттрия, Япония – 22%. Растущий объем производства в Китае угрожает мировым поставкам некоторых редкоземельных элементов.

Основными отраслями-потребителями нанопорошков являются: электроника, оптика и обрабатывающая промышленность.

Наиболее востребованными являются порошки из оксидов металлов (80%), сложных оксидов (2%), порошки чистых металлов (15%) и смеси (3%). Из оксидов металлов наиболее популярны диоксид кремния, диоксид титана, оксид алюминия. Кроме того, в мире производятся нанопорошки из оксидов железа, цинка, церия, циркония, иттрия, меди и магния. В последнее время налажен выпуск нанопорошков из оксидов редких металлов: неодимия, европия и диспрозия.

Особое место в наноиндустрии занимает производство порошков из чистых металлов. Их промышленное применение значительно расширяется. Но серьезной проблемой остаются более высокие затраты на производство однородных порошков металлов с высокой степенью чистоты, чем на производство оксидов металлов. Здесь по объему производства лидируют нанопорошки железа, алюминия, меди, никеля и титана.

Нанопорошки из драгоценных металлов (серебра, золота, платины) производятся в ограниченных объемах [3].

Особое место в производстве нанопорошков отведено кремнию. Из сложных оксидов наиболее распространенными являются: сурьмяно-оловянный оксид, индие–оловянный оксид, нитрид кремния, титанат бария, вольфрамово-кобальтовый карбид, наноалмазы.

Список литературы

1. Проблемы современной нанотехнологии; Дрофа - Москва, 2010. – 272 с.

2. Осипов Ю.С., Кравец С.Л. Большая Российская энциклопедия. В 30 томах. Том 21. Монголы–Наноматериалы; Большая Российская энциклопедия – Москва, 2013. – 768 с.

3. Балабанов В.И., Балабанов И.Е. Нанотехнологии. Правда и вымысел; Эксмо – Москва, 2010. – 384 с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОПОРОШКОВ

Ножников П.Ю. – студент, Тарасов А.А. – студент, Тарареева Е.В. – студент,
Попова А.А. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В области разработки новых материалов и технологий актуальность производства нанопорошков в настоящее время общепризнанно относят к т.н. «ключевым» или «критическим» аспектам основы экономической мощи и обороноспособности государства.

К наноматериалам условно относят дисперсные и массивные материалы, содержащие структурные элементы (зерна, кристаллиты, блоки, кластеры), геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающие качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками. К нанотехнологиям можно отнести технологии, обеспечивающие возможность контролируемым образом создавать и модифицировать наноматериалы, а также осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.[2].

С точки зрения отечественной нанотехнологии нанопорошки – это порошки, измельченные до размеров, при которых скачкообразно меняются свойства вещества, из которого изготовлен порошок. Простое измельчение до любого размера ничего не дает.

Часто специалистам удается измельчить вещество, и они объявляют о создании новой технологии, но, в понимании РОСНАНО, нанопорошки – это порошки с характерными

наноразмерами, при которых скачкообразно меняются какие-то их свойства. Поэтому задача исследователей – не только научиться получать нанопорошки, но и понимать, у какого нанопорошка при каких размерах частиц меняется наносвойство и грамотно использовать это изменение свойств для получения новых уникальных материалов.

«Одна из быстро развивающихся областей нанотехнологий в мире – производство нанопорошков. За счет сверхмалых размеров частиц они обладают новыми свойствами, которые можно использовать различными способами» – беседа о нанопорошках с генеральным директором «Научно-исследовательского института химии и технологии элементоорганических соединений» Павлом Стороженко [1].

Основные методы получения наноматериалов можно разделить на ряд технологических групп:

- методы на основе порошковой металлургии;
- методы, в основе которых лежит получение аморфных прекурсоров;
- поверхностные технологии (создание покрытий и модифицированных слоев с наноструктурой);
- методы, основанные на использовании интенсивной пластической деформации;
- комплексные методы, использующие последовательно или параллельно несколько разных технологий [2].

Благодаря нанонаполнителям создают новые композитные материалы, например, нанокерамику, в которой легирующие добавки тугоплавких соединений металлов равномерно распределены в виде наночастиц. С помощью такого материала температуростойкость лопаток газовых турбин можно повысить до 1500°С, что намного превосходит существующую стойкость лопаток даже из самых дорогих легированных сплавов, которые сейчас используются.

Новую производственную площадку по выпуску нанопорошков запустили в 2012-м году в Новосибирске. Их уже активно используют в оборонной промышленности, строительстве, медицине.

Нанопорошки получают методом электровзрыва проводников. Впервые в Новосибирске с помощью этой инновационной технологии выпускают готовый продукт не в лабораторных, а в промышленных масштабах.

С помощью такой аппаратуры за год можно сделать всего несколько тонн продукции. Поле применения микрочастиц широко: их используют не только при производстве стройматериалов или брони. Медики применяют эти добавки для костного протезирования. Например, делают искусственные «пористые» позвонки, которые срастаются с живыми тканями и не вызывают отторжения.

«Человек в основном столкнется не столько с самими наноматериалами, сколько с материалами, которые будут улучшены с помощью них», – говорит министр образования, науки и инновационной политики Новосибирской области Владимир Никонов. [1].

«Наша промышленность находится на передовом рубеже последних десятилетий прошлого века. Внедрение – довольно трудная вещь, поскольку предприятия не готовы это потребить», – говорит директор ООО «Новосибирские наноматериалы» Сергей Попов. [1].

Тем не менее, уже подписаны договоры с несколькими оборонными предприятиями и производителями сверхпрочной керамики — из Томска, Казани, Москвы. А новосибирские учёные используют нанопорошки для исследования перспективных способов резки металла. В скором времени объём производства предполагают увеличить до 20 тонн.

Производство нанопорошков трудоемкий и наукоёмкий процесс. При правильном его производстве требуется провести множество исследований направленных на определение зависимости размера частиц от изменяемого свойства вещества.

По результатам исследования доля России в общемировом технологическом секторе составляет около 0.3%, на рынке нанотехнологий – 0.04%, на рынке нанопорошков – менее 0.003% [1].

Одной из причин отставания является тот факт, что Россия обратила свое внимание на наноразработки на 7–10 лет позже, чем зарубежные страны. Кроме того, в нашей стране существует значительный разрыв между высоким качеством проводимых исследований и низким уровнем инфраструктуры наноиндустрии в стране, а также недостаточной координацией проводимых государством работ в этой области. Низкая восприимчивость промышленности к разработкам в области нанотехнологий является одним из главных сдерживающих факторов. В результате потребность отечественного рынка в нанотехнологической продукции во многих социально значимых сферах существенно, в десятки раз, превышает объемы ее реального производства.

Несмотря на существенные проблемы в отрасли, российский рынок нанопорошков продолжает развиваться.

Список использованных источников

1. Российская национальная нанотехнологическая сеть RUSNANONET [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusnanonet.ru/ , свободный – (2015).

2. Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов НАНОМАТЕРИАЛЫ. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие / Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша»: Москва 2007 – 125 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 3D ПРИНТЕРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Тарасов А.А. – студент, Ножников П.Ю. – студент, Тарареев И.А. – студент,
Попова А.А. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Изготовление деталей традиционными "вычитающими" методами является сложным, длительным и дорогостоящим этапом проектирования. Применение в производственном цикле или на этапе опытно-конструкторских работ цифровых и аддитивных технологий позволяют создавать детали высокого качества с наименьшими затратами. Под влиянием таких технологий производство, естественно, становится более гибким, отвечающим потребностям заказчика, появляются возможности выпускать и уникальные изделия, и малые серии изделий [1].

В разных отраслях машиностроения 3D принтеры с каждым днем находят все больше применений. Установки быстрого прототипирования Stratasys применяют для проверки собираемости, функциональности, изготовления элементов из термопластиков и фотополимеров, изготовления форм для точного литья по выжигаемым моделям. Системы аддитивного производства Concept Laser используют в тех случаях, когда выпуск изделия из металла невозможен из-за технологических ограничений традиционных технологий – создание сложных замкнутых форм, внутренних каналов или бионической структуры. 3D принтеры и 3D сканеры используются в машиностроении для создания прототипов, технологической оснастки или конечных элементов различных систем [2-3].

В основе процесса лежит последовательное наслоение тонкой нити расплавленного пластика вплоть до создания цельного трехмерного объекта. В качестве расходного материала используется пластиковая нить, намотанная на катушку. Изредка используются отдельные прутки пластика. Стандартный диаметр нити составляет 1,75 мм или 3 мм.

Процесс печати состоит из ряда этапов [4-5]:

- Создания или импорта цифровой трехмерной модели
- Обработки цифровой модели для печати с добавлением поддерживающих структур
- Расположения и ориентировки цифровой модели на рабочем столе
- Слайсинга – нарезки цифровой модели на отдельные слои с преобразованием данных в инструкции для работы принтера, называемые G-кодом

- Непосредственно печати
- При необходимости, физической или химической обработки готовой модели

Печать может занимать достаточно продолжительное время, зачастую исчисляемое часами. Продолжительность зависит от скорости печати и размера изготовляемых моделей. Скорость печати, в свою очередь, зависит от сложности модели, совершенства алгоритмов позиционирования, толщины слоя и диаметра сопла. Прерывание процесса печати может привести к потере модели. Хотя некоторые принтеры и позволяют временно останавливать процесс для замены расходного материала, продолжительная пауза приведет к остыванию верхних слоев. При возобновлении печати последующие слои могут «не схватиться» с уже напечатанными. Для снятия готовых моделей со столика применяются тонкие скребки. В то же время рекомендуется дождаться хотя бы частичного остывания модели во избежание повреждения еще мягких слоев или ожогов при прикосновении к еще горячему пластику. Кроме того, при наличии достаточного терпения можно дождаться полного охлаждения и усадки, которая в большинстве случаев автоматически проводит к отделению модели от столика. В зависимости от рабочего пластика, может быть возможна механическая или химическая обработка. Так, модели из ABS-пластика поддаются обработке парами ацетона, что приводит к сглаживанию шероховатостей и печатных артефактов, но может привести и к потере наиболее деликатных черт модели. В основном, обработка сводится к удалению поддерживающих структур навесных элементов модели. При печати на принтерах с одним экструдером опоры выполняются из того же материала, что и сама модель, несколько усложняя процесс. При использовании принтеров с двумя или более печатными головками, возможно построение опор с использованием водорастворимого поливинилового спирта (PVA–пластика).

Много компаний начинают пользоваться 3D принтерами, самые известные из них приведены ниже [5]:

HTW – известная немецкая марка спортивных мотоциклов. Производитель стал использовать несколько типов профессиональных 3D-принтеров, которые помогают создавать тестовые образцы для систем воздушного охлаждения двигателей.

Компания UTC Aerospace Systems занимается разработкой и производством деталей для различных систем коммерческих и военных самолетов. В последние несколько лет в компании активно пользуются 3D-печатью, стараясь заменять некоторые детали на новые, более дешевые и легкие.

Например, в UTC Aerospace изготовили новую, модернизированную версию сопла вытяжной системы из специального прочного и жаростойкого инженерного пластика. Это нововведение не только увеличило пропускную способность детали, но и значительно сократило сроки производства и себестоимость.

1. 3D–оборудование позволяет создавать прототипы для тестирования еще до начала серийного производства и осуществлять тестирование и проверку различных характеристик, чтобы заранее устранить вероятные дефекты.

2. 3D–печать расширяет возможности для создания корпусов приборов и компонентов устройств. Новое оборудование позволяет создавать уникальные вещи с уникальными свойствами и обеспечивать надежную работу проектируемых устройств.

3. 3Dпечать создает широкие возможности по созданию удобной и эффективной оснастки, ускоряющей производство.

4. 3D–принтеры позволяют создавать быстро и качественно литейные модели. Теперь можно делать очень точные восковки, выжигаемые модели, а также образцы для литья в силикон.

5. С помощью 3Dпринтера можно изготавливать изделия, которые уже готовы к эксплуатации: компоненты различных механизмов, детали и запчасти для ремонта, компоненты двигателей и многое другое.

Список использованных источников
1. К. Афанасьев, 3D–принтеры, – [Электронный ресурс: http://www.3dnews.ru]
2. 3D-печать: третья индустриально-цифровая революция. Часть 1, – [Электронный ресурс: http://blogerator.ru]
3. 3Dмодели. ж: Blackie, Сентябрь, № 17, С–П, 2013, – [Электронный ресурс: http://3dtoday.ru/3dmodels-2/soft3d/1521]
4. 3D–модели. ж: Blackie, Июль №24, С–П, 2013 – [Электронный ресурс: http://3dtoday.ru/3dmodels-2/soft3d/784]
5. Основы 3d–печати для начинающих. 3D–принтер, – [Электронный ресурс: http://partmaker.ru]

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОПОРОШКОВ

Швадченко В.С. – студент, Тарасов А.А. – студент, Гусев А.П. – студент,
Попова А.А. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Нанотехнология – технология с атомарной точностью – обладает революционным потенциалом для решения важнейших научно-технических задач.

Нанопорошки – твердое порошкообразное вещество искусственного происхождения, содержащее нанообъекты, агрегаты или агломераты нанообъектов либо их смесь [1].

Наиболее общей кинетической закономерностью формирования наноразмерных частиц является сочетание высокой скорости зарождения кристаллической фазы с малой скоростью ее роста. Именно эти особенности синтеза наночастиц определяют технологические пути его осуществления.

Все методы получения наночастиц можно разделить на две большие группы. Первая объединяет способы, позволяющие получать и изучать наночастицы, но на основе этих методов трудно создавать новые материалы. Сюда можно отнести конденсацию при сверхнизких температурах, некоторые варианты химического, фотохимического и радиационного восстановления, лазерное испарение.

Вторая группа включает методы, позволяющие на основе наночастиц получать наноматериалы. Это в первую очередь различные варианты механохимического дробления, конденсация из газовой фазы, плазмохимические методы и др. [2].

Использование нанопорошков в порошковой металлургии – весьма перспективное, но пока еще мало изученное направление. Сегодня производство нанопорошков в промышленных масштабах сдерживает необходимость использования достаточно дорогостоящего оборудования. Однако наука не стоит на месте: как считают эксперты, уже в самом ближайшем будущем нанопорошковая металлургия станет достаточно распространенным направлением промышленности.

Сегодня порошковая металлургия – достаточно изученная область техники, охватывающая совокупность методов изготовления порошков металлов и металлоподобных соединений, полуфабрикатов и изделий из них без расплавления основного компонента. Методы порошковой металлургии позволяют изготавливать изделия из материалов, получение которых другими способами невозможно или экономически невыгодно. С помощью порошковой металлургии получают тугоплавкие и твердые материалы и сплавы, пористые, фрикционные и другие материалы и изделия из них.

В настоящее время в порошковой металлургии все чаще находят свое применение нанопорошки, используемые в качестве наполнителей для новых материалов и композитов, компонентов многих покрытий, катализаторов, материалов для электроники. Их использование предполагает ряд преимуществ, среди которых: спекание (термическая обработка) при более низких температурах, равномерное распределение фаз, обеспечение более высокой удельной плотности, ударной прочности и твердости. А также высокая дисперсность струк-

туры и получение металлокомпозитных структур, несовместимых при использовании других технологий.

В промышленных масштабах производство большинства видов нанопорошков началось лишь около 10 лет тому назад. До этого нанопорошки в небольших количествах выпускали лишь научно-исследовательские институты и университеты с целью применения их в дальнейших исследованиях.

Виды нанопорошков.

В настоящее время доступен достаточно широкий ассортимент нанопорошков. Все их можно условно разделить на 4 группы: оксиды металлов (составляют около 80% всех производимых нанопорошков), сложные оксиды, порошки чистых металлов и смеси [2-3].

Среди оксидов металлов наиболее распространен кремнезем, которого выпускается больше всего в мире – около 50% всего производства нанопорошков или 25 тыс. т в год. Глинозем составляет приблизительно 20% годового объема производства нанопорошков, его выпускается около 9 тыс. т в год, наконец, третье место занимает диоксид титана (титания), на долю которого приходится около 10% мирового производства (5 тыс. т в год).

Порошки чистых металлов составляют сегодня достаточно значительную и все возрастающую долю всего объема производства нанопорошков. Однако промышленное применение многих из них нуждается в дальнейшем развитии. Затраты на производство однородных порошков металлов с высокой степенью чистоты намного выше, чем на производство оксидов металлов. По объему производства в мире лидируют пять порошков – железа, алюминия, меди, никеля и титана. Их мировое годовое производство в совокупности составляет чуть больше 9 тыс. т в год.

Сложные оксиды и смеси производятся в настоящее время в ограниченном количестве. Смеси более разнообразны, хотя они в высшей степени специализированы, и объем их производства небольшой по сравнению с оксидами металлов и порошками чистых металлов (всего около 3 тыс. т в год). Однако ожидается, что их использование возрастет в долгосрочной перспективе.

Ведущие производители и потребители [3].

Основные мировые производители нанопорошков сосредоточены в США (более половины), однако большинство из них представляют собой небольшие специализированные компании или научно-исследовательские институты. На американские компании приходится около двух третей всего мирового производства. Большую часть остального объема нанопорошков выпускают Европейский Союз и Азия.

Список литературы

1. Гусев А. Наноматериалы и нанотехнологии. // Газета "Наука Урала", 2002. №24(822)

2. Хабас Т.А. Нанопорошки металлов в технологии керамики / Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 230 с.

3. М.И. Лернер, Н.В. Сваровская, С.Г. Псахье, О.В. Бакина. Технология получения, характеристики и некоторые области применения электровзрывных нанопорошков металлов. Обзор // Российские нанотехнологии, 2009. –Т.4. – №11-12. – с. 56-68.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Шевченко А.П. – магистрант, Сабрев В.А. – инженер, Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Еще несколько лет назад российские специалисты сетовали на крайне неблагоприятную ситуацию, складывающуюся с внедрением аддитивных технологий в российскую промышленность. Рынок аддитивных технологий, конечно, развивался, но происходило это очень медленно: Россия практически не участвовала в международных организациях, оказываю-

щих значительное влияние на развитие технологий в мире, у нас не было ни дорогостоящего высокотехнологичного оборудования, способного обеспечить высокое качество изделий, ни материалов для 3D–машин, ни квалифицированного, специально обученного персонала. То есть в целом отсутствовала среда для аддитивного производства.

Аддитивные технологии – это обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по цифровой модели (прототипа) методом послойного добавления материала [1–4]. Под аддитивным производством понимают и процесс выращивания изделий на 3D–принтере по CAD–модели. Этот процесс считается инновационным и противопоставляется традиционным способам промышленного производства [2].

При традиционном производстве в начале технологического процесса берется заготовка, от которой потом либо отсекается все лишнее, либо она деформируется. В случае с аддитивными технологиями из ничего (а точнее, из аморфного расходного материала) выстраивается новое изделие.

В связи со сложившейся экономической ситуацией, на данный момент актуальной является проблема обоснованного выбора технологии аддитивного производства и оборудования, при которых обеспечиваются наилучшие качественные характеристики изделий и конструкций из полимерных материалов, с целью повышения эксплуатационных характеристик при максимальном ресурсосбережении.

Очевидно, эта проблема могла быть решена только при условии целенаправленного взаимодействия высшей школы, академической и отраслевой науки.

Существует множество технологий, которые можно назвать аддитивными, но объединяет их одно: построение модели происходит путем добавления материала (от англ. add – "добавлять") в отличие от традиционных технологий, где создание детали происходит путем удаления "лишнего" материала [1].

Самыми дешевыми по-прежнему остаются FDM-принтеры – устройства, создающие трехмерные объекты путем послойного наплавления филамента. Эта технология предполагает нанесение модельного материала или связующего состава с помощью струйных головок. Наиболее распространенными принтерами данного типа остаются аппараты, печатающие расплавленной пластиковой нитью. Они могут оснащаться одной или несколькими печатными головками, внутри которых находится нагревательный элемент.

Моделирование методом послойного наплавления (FDM) применяется для быстрого прототипирования и быстрого производства. Быстрое прототипирование облегчает повторное тестирование с последовательной, пошаговой модернизацией объекта. Быстрое производство служит в качестве недорогой альтернативы стандартным методам при создании мелкосерийных партий. Среди используемых материалов числятся ABS, полифенилсульфон, поликарбонат и полиэфиримид. Эти материалы ценятся за термостойкость. Некоторые варианты полиэфиримида, в частности, обладают высокой огнеупорностью, что делает их пригодными для использования в аэрокосмической отрасли.

Рынок аддитивных технологий в России развивается, но происходит это очень медленно, поскольку, чтобы вывести эти технологии на должный уровень, необходима поддержка государства. При должном внимании к внедрению AF-технологий они могут значительно повысить скорость реагирования на потребности рынка и экономическую эффективность многих отраслей промышленности.

Технология 3D–печати появилась немногим более 20 лет назад, в 1986 г., когда компания 3D Systems разработала первый специальный принтер – машину для стереолитографии, которая затем нашла применение в оборонной промышленности. Первые аппараты были не только крайне дорогими, но и ограниченными по возможности использования материала для создания моделей. А сегодня сложно найти область производства, где бы ни применялись 3D–принтеры: с их помощью изготавливаются детали самолётов, космических аппаратов, подлодок, инструменты, протезы и импланты, ювелирные изделия и др.

Аддитивные технологии являются неотъемлемой частью научно-исследовательских, производственных и учебных процессов для подготовки инженерных кадров.

Согласно запросам времени на кафедре МБСП разработана модель 3D-принтера с учетом использования для обучения специалистов в области сварки.

Список литературы

1. Радченко М.В. Аддитивные технологии наплавки. Состояние и перспективы развития / М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов, В.С. Киселев/ Сварка и диагностика. – 2017. – №4. – с.38–42.

2. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.

3. Разработка технологической аппаратуры для сверхзвуковой газопорошковой наплавки. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Нагорный Д.А., Маньковский С.А., Радченко Т.Б. Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты), 2007. № 1. с.19–23.

4. Теория и практика комбинированных электротехнологий создания защитных покрытий: монография / В.С. Чередниченко, М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов ; под общ. ред. В.С. Чередниченко. – М.: ИНФРА–М, 2018. – 258 с. – (Научная мысль).

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Шевченко А.П. – магистрант, Сабрев В.А. – инженер, Радченко М.В. – д.т.н., профессор.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При использовании аддитивных технологий (в англоязычной литературе – Additive Manufacturing, Additive Fabrication, или AM–, AF–technologies) все стадии реализации проекта от идеи до материализации (в любом виде – в промежуточном или в виде готовой продукции) находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, в которой каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE–системе [1]. Практически это означает реальный переход к «безбумажным» технологиям, когда для изготовления детали традиционной бумажной чертёжной документации в принципе не требуется.

Аддитивные технологии охватывают все новые сферы деятельности человека. Дизайнеры, архитекторы, кондитеры, археологи, астрономы, палеонтологи, преподаватели, научные работники [3] и представители многих других профессий используют аддитивные технологии и 3D–принтеры для реализации совершенно неожиданных идей и проектов.

Особое внимание уделяется развитию технологий DMF – Direct Metal Fabrication, непосредственного «выращивания» изделия из металла. Её, в первую очередь, рассматривают в качестве одной из стратегических технологий для использования в аэрокосмической, оборонной отраслях, машиностроительной промышленности [1–4].

Эта технология, основывается на том, что материал и энергия для сплавления наносимых слоёв подводятся одновременно к месту построения изделия. Эти технологии предполагают применение машин, оснащенных системами подвода модельного материала и энергии. Обычно в виде сфокусированного лазерного излучения или электронного луча [1-3].

В машиностроительных отраслях наиболее распространенными AM-технологиями являются:

DMF, Direct Metal Fabrication – разновидность SLS-технологии, послойное лазерное спекание металлопорошковых композиций; иногда также называют DMLS, Direct Metal Laser Sintering;

SLM, Selective Melting – разновидность SLS-технологии, послойное лазерное плавление металлопорошковых композиций.

Эти направление развивается по мере того, как растет перечень номенклатуры порошковых материалов. В ряде отраслей – авиационной промышленности, в судостроении, энергетическом машиностроении, а также дентальной медицине и восстановительной хирургии внедрение аддитивных технологий наиболее заметно. Например, российская

компания ОАО «НИАТ НТК» успешно провела работы по замене сварных топливных форсунок авиационного двигателя на «выращенные» из никелевого сплава CL 100NB (рисунок 1). Результатом является значительное снижение процента брака и уменьшение массы изделия на 17%.

Имеется также положительный опыт использования технологий для ремонта дорогостоящих изделий, например, рабочих органов турбин ГТД, валов (рисунок 2) и т.д., а также для нанесения защитных и износостойких покрытий [1, 2]. И, безусловно, данные технологии имеют огромное преимущество перед традиционными технологиями за счет сокращения времени и стоимости при проведении НИОКР. Проведение вариантных исследований, быстрое изготовление опытных образцов позволили на порядок (без преувеличений!) сократить время проведения НИОКР и, как следствие, значительно сжать сроки выхода новой продукции на рынок.

Послойный метод построения детали сам по себе дал новые возможности, открыл для конструктора новые горизонты творчества, снял многие технологические ограничения. Стало возможным то, что было в принципе невозможным ранее. Можно «вырастить» не только «деталь в детали», но и «деталь с переменными по толщине свойствами материала», так называемые, градиентные материалы. Также можно «выращивать» сетчатые конструкции, которые невозможно получить ни литьем, ни механообработкой и т.д.

Рисунок 1 – Сварная и выращенная топливная форсунка.

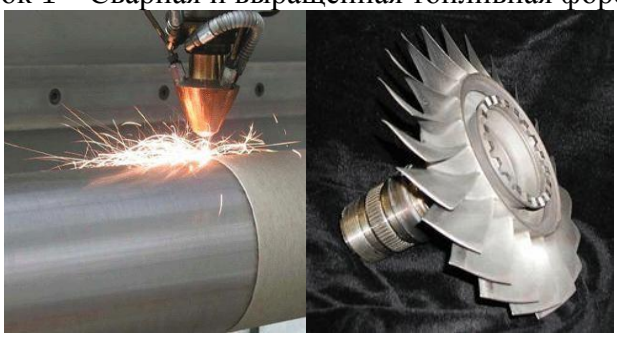


Рисунок 2 – Восстановление деталей авиационного двигателя.

Это фундаментальное преимущество аддитивных технологий и определяет их роль в современном мире.

Многолетний опыт (начиная с 1985 г.) и более 300 научных публикаций сотрудников кафедры МБСП по разработке аддитивных технологий создания многофункциональных защитных покрытий на основе концентрированных потоков энергии позволяет говорить не только о приоритете в области наплавки, но и о возможных дальнейших исследованиях в этом перспективном направлении на базе АлтГТУ.

Список литературы

1. Радченко М.В. Аддитивные технологии наплавки. Состояние и перспективы развития / М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов, В.С. Киселев / Сварка и диагностика. – 2017. – №4. – с. 38 – 42.

2. Techel A. et al., Laser Additive Manufacturing of Turbine Components, Precisely and Repeatable. Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology (IWS), интернет-издание Laser Institute of America.

3. Комбинированные электротехнологии нанесения защитных покрытий: монография Радченко М.В. [и др.]; под общ. Ред. В.С. Чередниченко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 260 с. – [Серия «Современные электротехнологии»].

4. Теория и практика комбинированных электротехнологий создания защитных покрытий: монография / *В.С. Чередниченко, М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов*; под общ. ред. В.С. Чередниченко. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 258 с. – (Научная мысль).

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛОПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Шевченко А.П. – магистрант, Сабрев В.А. – инженер, Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Аддитивные технологии – это технологии, увеличивающие число связей, использующие точечное или объемное, непрерывное или импульсное распределение в газовой среде тепловой, лучевой энергии или комбинации энергий.

Получение изделия происходит за счет послойного формирования (тем или иным способом) с отверждением или фиксацией каждого слоя в соответствии с конфигурацией прототипа модели и соединения каждого последующего слоя с предыдущим.

Материалы для формирования слоев могут быть достаточно разнообразными по форме, химическому составу, структуре в виде:

- жидких форм – фотополимерные смолы, воски и др.,
- сыпучих структур – пески, порошковые полимеры, металлопорошковые композиции,
- тонких листов – полимерные пленки, листы бумаги и др.,
- полимерных нитей или металлической проволоки, расплавляемой непосредственно перед формированием слоя построения.

Под порошками понимают сыпучие материалы с характерным размером частиц до 1,0 мм. Порошки классифицируют по размерам частиц (по условному диаметру d), подразделяя их на нанодисперсные с d<0,001 мкм, ультрадисперсные d=0,01–0,1 мкм, высокодисперсные d=0,1–10 мкм, мелкие d=10–40 мкм, средние d=40–250 мкм и крупные d=250–1 000 мкм [1].

В настоящее время не существует общих требований к металлопорошковым композициям, применяемым в АМ–технологиях (аддитивные технологии или Additive Manufacturing). Разные компании–производители АМ–машин предписывают работу с определенным перечнем материалов, обычно поставляемых самой компанией.

В разных машинах используются порошки различного фракционного состава. Одним из параметров, характеризующих порошок, является величина d_{50} – «средний диаметр частиц». Например, d_{50} = 40 мкм означает, что у 50% частиц порошка размер частиц меньше или равен 40 мкм.

Так, в машинах Phenix (3D Systems) используется порошок с размерами частиц d_{50}=10 мкм; для машин Conzept Laser дисперсность порошка – в пределах 25…52 мкм при d_{50}=26,9 мкм; для машин Arcam размер частиц составляет 45-100 мкм, для машин SLM Solutions (SLM – селективное лазерное плавление) d_{50}=10–30 мкм и т. д.

Существует определенное недоверие к порошкам разных производителей. Нет никакой гарантии того, что, купив материал у одного производителя и дополнительное количество у другого, можно получите изделия одинакового качества. Всё это диктует необходимость совершенствования методов по стандартизации материалов для АМ–технологий. Здесь тоже необходима большая исследовательская работа, поскольку современные методы, применяемые для оценки свойств материалов для традиционных технологий, не могут быть применены к аддитивным технологиям в силу наличия анизотропии, неизбежной при послойном принципе создания изделия [2–5].

За рубежом вопросы стандартизации по материалам для аддитивных технологий находятся в компетенции NIST – National Institute of Standards and Technology (США); Международной организации по стандартизации ISO (комитет TC261 по аддитивным технологиям) и ASTM (международный комитет F42 по аддитивным технологиям).

Особенностью процесса лазерного синтеза, например, по технологии SLM является то, что при построении детали лазерный луч не только сплавляет частицы порошка, формируя тело детали, но и «портит» материал, непосредственно прилегающий к поверхности строящейся детали. Поэтому в практике работы с SLS–машинами применяют методы просеивания отработанного материала с целью удаления «бракованной» части с дальнейшим перемешиванием «работавшего» порошка свежим. В какой пропорции – каждая компания решает по своему. Однако, идентичность образцов, построенных на одной машине, из одного и того же порошка, но с учетом этих нюансов, также не гарантирована.

Общим требованием к порошкам для АМ–машин является сферическая форма частиц. Это связано, во-первых, с тем, что такие частицы более компактно укладываются в определенный объем. И, во-вторых, необходимо обеспечить «текучесть» порошковой композиции в системах подачи материала с минимальным сопротивлением, что как раз достигается при сферической форме частиц [2].

Общим требованием к машинам, работающим с пироформными материалами, такими как алюминий и титан, является наличие противопожарной системы и системы предупреждения о возгорании. При работе с мелкодисперсными порошками (особенно при d_{50} <10) в силу их летучести необходимо также соблюдать правила техники безопасности. С одной стороны, чем меньше величина d_{50}, тем меньше шаг построения может быть задан, тем более рельефно могут быть проработаны мелкие элементы детали и тем более гладкую поверхность можно получить у построенной детали. С другой стороны, как уже отмечалось, в процессе построения в зону пятна лазера моментально вводится большое количество энергии: процесс плавления идет очень бурно – металл закипает, происходит разбрызгивание расплава, и часть металла вылетает из зоны построения. Визуально это заметно по интенсивному искрообразованию. Если порошок имеет слишком малый размер частиц, то в процессе построения легкие частицы будут «вылетать» из зоны расплава, что приведет к обратному результату – повышенной шероховатости детали, микропористости. Еще один нюанс: для того, чтобы вылетающие из зоны расплава частицы не попадали на соседние, уже сплавленные участки, на поверхность строящегося слоя, внутри рабочей камеры создают направленный «ветер», который сдувает вылетевшие частицы в сторону. Это также может привести к слишком интенсивному выносу строительного материала из зоны построения. В силу этих нюансов при работе с мелкодисперсными порошками с d50 <10 мкм используют маломощные лазеры, следовательно, малопроизводительные. Такие порошки (с соответствующими настройками машины) применяют в основном для изготовления микродеталей, которые иным способом получить не представляется возможным. Определенные трудности при работе с мелкодисперсными порошками возникают в связи с их свойством – повышенное комкование. Это накладывает особые требования к условиям хранения материалов и эксплуатации АМ–машин.

Металлопорошковые композиции уже сейчас находят применение в таких высокотехнологичных отраслях, как авиастроение, энергетика, военная и космическая техника, судостроение, приборостроение (таблица 1).

Таблица 1. - Области применения порошковых материалов

Компоненты порошка	Применение
Al-Ni-Co, Fe-Nd-B	Производство магнитов, магниты
Al-Si-Mg	Сплавы с термостабильной структурой
Al-Sn-Cu	Подшипники скольжения
Al–переходные лантаноиды	Сплавы с повышенной термопрочностью
Bi-Te, теллурид висмута	Устройства, использующие эффект Пельтье
Cr-Al	Защитные покрытия
Co-Cr	Сплавы для зубопротезирования
Cu-Ba, Cu-Y	Суперпроводники
Cu-Cr-Zr	Электропроводники без бериллия
Cu-In-Ga- Selenide	Фотогальванические материалы
Cu-Mn-Ni, Cu-Ti-Sn	Режущий инструмент
Au-Pt-Pd-Ag-In, Ni-Ti-Si-B, Ag-Cd-Zn-Cu	Сплавы для пайки
Au-Ag-Cu	Тонкопленочные покрытия
Fe-14%Cr-0,4%C	Специальный инструмент и оснастка
Fe-Mn	Износостойкие опоры прокатных станов
Fe-6%Si	Сердечники трансформаторов
Fe-Si-Al	Магнитные компоненты
Сплавы Mg	Металлические матрицы
Ni-алюмиды	Структурные компоненты и покрытия
Ni-Ce	Катализаторы
Ni-Cr-Fe-Si-B	Порошки для плазменного напыления
Ni-Cr-Mo-B	Антикоррозионные покрытия
Ni-лантаноиды	Топливные элементы
Нержавеющая сталь 304/316	MIM-технология
Сталь Т42	Инструментальная оснастка
Tb-Fe	Оптико-электронные устройства

Проблема получения и дальнейшего использования порошковых материалов актуальна для развития АМ-технологий, которое напрямую связана с развитием порошковой металлургии России в целом.

Список литературы

1. Осокин, Е. Н. Процессы порошковой металлургии. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: курс лекций / Е. Н. Осокин, О. А. Артемьева. – Электрон. дан. (5 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2008.

2. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

3. Радченко, М.В. Аддитивные технологии наплавки. Состояние и перспективы развития/М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов, В.С. Киселев/ Сварка и диагностика.- 2017. – №4. – с.38-42.

4. Комбинированные электротехнологии нанесения защитных покрытий: монография Радченко М.В. [и др.]; под общ. Ред. В.С. Чередниченко.– Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 260 с. – [Серия «Современные электротехнологии»].

5. Теория и практика комбинированных электротехнологий создания защитных покрытий: монография / В.С. Чередниченко, М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов; под общ. ред. В.С. Чередниченко. — М.: ИНФРА-М, 2018. — 258 с. — (Научная мысль).

ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

Ножников П.Ю.– магистрант, Петров Д.А. – магистрант,
Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время устоявшейся классификации аддитивных технологий нет. Причём эта ситуация характерна не только для России, но и для всего мирового пространства. Различные авторы в разных странах классифицируют их по следующим признакам:

• применяемые строительные (модельные) материалы: жидкие, сыпучие, полимерные, металлопорошковые и т.д.;

• наличие или отсутствие источника когерентного излучения (лазера);

• вид энергии и метод ее подвода для фиксации каждого слоя (тепловая; световая; применение связующего состава...);

• технология формирования слоя (Bed Deposition и Direct Deposition),

• технология Bed Deposition (осаждение на платформе).

Например, при использовании технологии *Bed Deposition* (рисунок 1) сначала формируют слой, например, насыпают на рабочую платформу 8 и разравнивают порошок 4 с помощью ролика *10,* формируя ровный слой материала определенной толщины. Затем выборочно обрабатывают порошок в сформированном слое световым лучом 5, скрепляя частички порошка (сплавляя или склеивая) в соответствии с текущим сечением исходной 3D–модели. Управление движением луча осуществляется в соответствии с математическим описанием соответствующего слоя 3D-модели.

Положение плоскости построения 7 неизменно. При этом часть строительного материала (порошка) не подвергается лучевой обработке, т.е. может повторно использоваться.

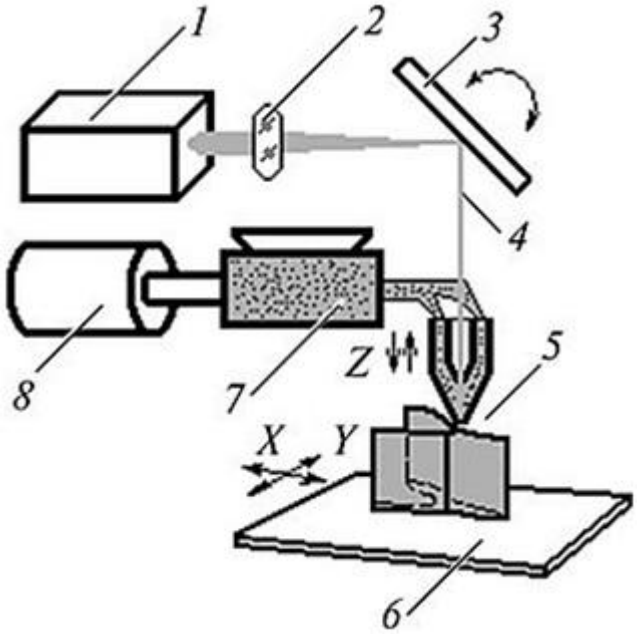


Рисунок 1 – Схема осаждения на платформе *Bed Deposition*.

1 - лазер или источник ультрафиолетового излучения; 2 - система фокусировки; 3 – система управления лучом; 4 - порошковый («строительный») материал; 5 - луч; 6 - изделие; 7 - плоскость построения; 8 - рабочая платформа; 9 - платформа подачи порошка; 10 – ролик.

Сегодня существует только один американский стандарт ASTM F2792-12a (стандарт американского общества специалистов по испытаниям и материалам), рекомендующий

применение аддитивных технологий для изготовления деталей. Поэтому разработка российского стандарта является весьма актуальной.

Учитывая данный факт и совокупность отечественных наработок [1-10] специалисты кафедры МБСП АлтГТУ совместно с Головным аттестационным центром Алтайского региона НАКС под руководством Технического комитета по стандартизации ТК 364 «Сварка и родственные процессы» РФ продолжают разработку Государственных стандартов РФ в области аддитивных технологий.

Список литературы

1. Радченко, М.В. Аддитивные технологии наплавки. Состояние и перспективы развития/М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов, В.С. Киселев/ Сварка и диагностика.- 2017.-№4.- с.38-42.

2. Радченко, Михаил Васильевич. Комплексные исследования процессов формирования упрочняющих и защитных покрытий электроннолучевым методом: дисс. докт. техн. наук: 05.03.01, 05.03.06 / М.В. Радченко. Новосибирск: Новосиб. гос. техн. ун-т. 1993.

3. Шевцов, Юрий Олегович. Разработка технологических основ износостойкой электронно-лучевой наплавки в вакууме самофлюсующихся порошковых материалов: дисс. канд. техн. наук: 05.03.06 / Ю.О. Шевцов. Барнаул: Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. 1994.

4. Уварова, Стэлла Германовна. Разработка методики прогнозирования качества защитных покрытий, выполненных способом сверхзвуковой газопорошковой наплавки на объектах Ростехнадзора: дисс. … канд. техн. наук: 05.02.10/ С.Г. Уварова. Барнаул: Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. 2012.

5. Радченко, Татьяна Борисовна. Комбинированные электротехнологии нанесения защитных покрытий и разработка систем управления их качеством: дисс. докт. техн. наук: 05.09.10 / Т.Б. Радченко. Новосибирск: Новосиб. гос. техн. ун-т. 2000.

6. Маньковский, Сергей Александрович. Повышение эксплуатационной стойкости поверхностей элементов котлов с «кипящим слоем» путем создания защитных покрытий сверхзвуковой газопорошковой наплавкой: дисс. канд. техн. наук: 05.03.06 / С.А. Маньковский. Барнаул: Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова.- Барнаул, 2008.

7. Киселев, Вадим Сергеевич. Повышение износостойкости наплавленных покрытий путем выбора рациональных технологических параметров на основе диагностики сверхзвуковых газопорошковых струй: дисс. канд. техн. наук: 05.02.10/ В.С. Киселев. Барнаул: Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. 2010.

8. Пат. 234677 РФ, МПК С23 С4/12. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки защитных покрытий/ М.В. Радченко, Ю.О. Шевцов, Т.Б. Радченко, В.В. Игнатьев,- № 2007110154/02; заявл. 19.03.2007; опубл. 10.02.2009, Бюл. №4.

9. Комбинированные электротехнологии нанесения защитных покрытий: монография Радченко М.В. [и др.]; под общ. Ред. В.С. Чередниченко.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004.- 260 с. – [Серия «Современные электротехнологии»] .

10. Теория и практика комбинированных электротехнологий создания защитных покрытий: монография / В.С. Чередниченко, М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов; под общ. ред. В.С. Чередниченко. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 258 с. – (Научная мысль).

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В МАШИНОСТРОЕНИИ

Останин С.Ю.– магистрант, Бородина В.А. – магистрант,
Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

По производительности труда Россия является лидером среди стран Содружества независимых государств, но значительно отстаёт по данному показателю от ведущих стран мира [1]. Так, в 2012 году ВВП России за один отработанный час составлял $24 в час, что равнялось 37 % от уровня США, 41 % от уровня Германии, 60 % от уровня Японии [1, 2].

В последние годы в России наблюдается значительный рост производительности труда. По данным ОЭСР, с 1999 по 2011 год она выросла на 60 % (за тот же период в США её рост составил 25 %, в Японии – 23 %, в Германии – 16 %) [2].

До 1917 года (1913 г.) производительность труда в России также была ниже, чем у таких стран как в США в 9 раз, Англии – в 4,9 раза, Германии – в 4,7 раза [3].

Что касается советского периода, то первая пятилетка в СССР началась в 1929 году и досрочно завершилась за четыре года и три месяца. По её итогам производительность труда в промышленности выросла на 41 %, было введено в строй 1,5 тыс. новых предприятий. В феврале 1931 года Сталин заявил о возможности выполнить план по основным отраслям промышленности за три года, т.е. увеличения производительности на 60%. В 1955 году производительность труда в промышленности СССР увеличилась по сравнению с 1940 годом почти в два раза [4 - 6].

К моменту отставки Хрущева в 1964 году производство сельхозпродукции увеличилось только на 6 %, СССР начал закупать продовольствие за рубежом. Рост производительности труда в последующие четыре пятилетки (с 1966 по 1985 год) последовательно сокращался. В 1989 году производительность труда в промышленности СССР была в 2,1 раза больше по сравнению с 1970 годом [7]. При этом в январе 1988 года Горбачёв заявил, что *«за последние три года темпы прироста производительности труда превысили среднегодовые показатели одиннадцатой пятилетки»* в 1,3 раза в промышленности.

Согласно исследованию «McKinsey & Company», в 1999 году производительность труда в России составляла 18 % от уровня США (по десяти секторам, включённым в исследование) [8].

С 2000 по 2007 год производительность труда в России непрерывно повышалась. При этом затраты на рабочую силу, вопреки широко распространённому мнению, росли медленнее, чем производительность [9,10].

По оценке Всемирного банка, в 2010 году производительность труда в России составляла 43 % от уровня стран ОЭСР с высоким уровнем доходов и 74 % от уровня стран ЕС с развивающейся экономикой. По итогам 2011 года производительность труда в России выросла на 3,8 % [11].

Показатель производительности труда в машиностроении является одним из критериев оценки эффективности работы.

Для современного машиностроительного производства Российской Федерации характерны следующие тенденции:

- относительно быстрая смена изделий;
- выпуск мелко- и среднесерийных изделий (производство занимает более 50% машиностроительного рынка);
- применение многофункциональных деталей, следовательно, и усложнение их форм;
- запуск новых и модернизация старых машиностроительных предприятий;
- необходимость резкого повышения производительности труда.

Быстрая сменяемость продукта, выпуск мелкими и средними сериями с учетом повышения производительности труда приводят к тому, что экономически

нецелесообразно применение дорогостоящей инструментальной оснастки, приспособлений, выдерживающих десятки и сотни тысяч циклов, изготовление и установка которых занимает достаточно продолжительный отрезок времени. Все это приводит к увеличению подготовительного времени, что будет сказываться негативно на производительности труда.

Аддитивные технологии позволяют относительно быстро изготовить оснастку (матрицу или пресс-форму) из легкого сплава с меньшим ресурсом. При этом такие технологии расширяют возможности оснастки. Например, пресс-форма может быть выращена вместе с каналами охлаждения произвольной конфигурации, что невозможно сделать при обычных методах механообработки.

Таким образом, аддитивные технологии позволяют внести свой значительный вклад в увеличение производительности труда.

Существенный вклад в развитие этого перспективного направления - аддитивных технологий – в машиностроении России вносят крупные компании и научные центры, обладающие высококвалифицированными кадрами и высокотехнологичным оборудованием, к которым относятся МГТУ им. Баумана, МЦЛТ, ЗАО НТ-МДТ, ГК “Промтехнология”, МГТУ “СТАНКИН”, МИСИС, МАИ, кафедра МБСП АлтГТУ [12 -14].

Многолетний опыт (начиная с 1985 г.) и более 300 научных публикации авторов по разработке технологий создания многофункциональных защитных покрытий на основе концентрированных потоков энергии (ЭЛ–наплавка, СГП–наплавка) с микропроцессорным управлением позволяет с полным основанием утверждать о приоритете СССР, а затем и Российской Федерации в области аддитивных технологий наплавки.

Список литературы

1. http://newsruss.ru/doc/index.php - Производительность труда в России.
2. http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PDYGTH - Labour productivity growth in the total economy.
3. http://www.kommersant.ru/Doc-y/884000
4. Клинцов В., Солженицын Е., Швакман И. Эффективная Россия: производительность как фундамент роста
5. http://www.finansmag.ru/95815/
6. http://www.raexpert.ru/ratings/expert400/2008/part2/
7. http://www.catalogmineralov.ru/news6145.html
8. http://www.ria.ru/company/20120124/547465680.html
9. Разработка технологической аппаратуры для сверхзвуковой газопорошковой наплавки. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Нагорный Д.А., Маньковский С.А., Радченко Т.Б. Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2007. № 1. С. 19-23.
10. Радченко М.В. Аддитивные технологии наплавки. Состояние и перспективы развития/М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов, В.С. Киселев/ Сварка и диагностика.-2017.-№4.- с.38-42.
11. Теория и практика комбинированных электротехнологий создания защитных покрытий: монография / В.С. Чередниченко, М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов; под общ. ред. В.С. Чередниченко. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 258 с. – (Научная мысль).

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ: ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Щеткин А.И. – магистрант, Останин С.Ю. – магистрант,
Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В последние несколько лет в Барнауле отмечен высокий рост количества торговых центров. В 2016 году Барнаул возглавил рейтинг городов России по количеству торговых площадей на душу населения (880 м^2 на 1000 человек). На данный момент последним торговым центром, сданным в эксплуатацию, является крупнейший не только в столице Алтайского края, но и в Сибири торгово-развлекательный центр (ТРЦ) «Галактика». Он был возведен на территории бывшего «Барнаульского аппаратурно-механического завода». Общая стоимость проекта по разным источникам колеблется от 8 до 13 миллиардов рублей.

Торгово-развлекательный центр «Галактика» был сдан в эксплуатацию в октябре 2016 года, но уже 26 декабря 2016 года начались первые серьезные проблемы. Накануне новогодних праздников, произошло обрушение потолочных конструкций, порядка 50 м^2, на территории арендатора Галактики магазина «Ашан». По словам очевидцев, несмотря на поздний час в магазине в момент обрушения было много посетителей, но, к счастью, никто не пострадал.

Рисунок 1 – Последствия обрушения крыши в ТРЦ «Галактика».

После ремонтных работ Государственная комиссия осенью 2017 г. вновь подписала разрешение на функционирование Галактики. Но в ноябре 2017 года там же было зафиксировано падение огромного стеклянного декоративного шара на эскалатор. Инцидент произошел в ночное время, после закрытия торговых площадей.

Статистика отмечает рост трагических аварий на территории Российской Федерации. Как новые, так и реконструированные промышленные здания эксплуатируются с большой вероятностью обрушения.

Обеспечение безопасности зданий и сооружений, будь то промышленные, жилые помещения или иные места скопления большого количества людей, является одной из важных составляющих национальной безопасности граждан нашей страны.

Поэтому строительные конструкции (СК) необходимо относить к категории опасных производственных объектов (ОПП). А согласно этому вся технология возведения, монтажа и эксплуатации строительных конструкций должна подчиняться действующим нормативным документам в сфере ОПП.

К типичным причинам ухудшения состояния строительных конструкций, как строящихся, так и эксплуатируемых, можно отнести:

- отсутствие конкретного лица, отвечающего за безопасность и безаварийность здания (отвечают все, а после аварии наказывается любой «крайний»);
- отсутствие инструкций по эксплуатации, перепланировке и ремонту строительных конструкций конкретного здания с учетом специфики и условий эксплуатации данного здания;
- отказ от «второстепенных» работ (утепление, гидроизоляция, антикоррозионное покрытие) и резкое снижение качества строительно-монтажных работ (СМР);
- утрата проектной, рабочей и технической документации на объект;
- атмосферные воздействия, не предусмотренные проектом;
- остановка объекта без надлежащей консервации;
- отсутствие охраны и разграбление объекта, в том числе повреждение несущих конструкций;
- некомплектность исходных чертежей, результатов изысканий и расчетов;
- подбор подрядчиков на экспертизу, ремонт и реконструкцию по принципу «минимизации» затрат (как результат – формальное написание заключений экспертизы, некачественное проведение ремонтов);
- невыполнение контроля качества СК, предъявляемого к ОПП;
- разных требований, действующих в нормативной документации строительной отрасли и ОПП.

Многолетняя повторяемость аварий с одинаковыми причинами указывает на необходимость изучения факторов, приводящих к аварийному состоянию и обрушению зданий и сооружений, их глубокого анализа, систематизации и эффективной работы существующей системы управления промышленной безопасностью. Недостаточный и поверхностный анализ причин свершившихся трагедий часто приводит к тиражированию ошибок проектирования, строительства и эксплуатации. Проблемой является и то, что большинство причастных лиц и организаций предпочитают оставлять информацию в тайне. Это не дает возможности собирать все сведения для ведения официальной статистики, анализа реальных причин крупных аварий и принятия адекватных решений по их предотвращению.

Опыт работы кафедры МБСП совместно с организацией ООО «ГАЦ Алтайского региона НАКС» в области строительных конструкций показал, что назрела необходимость в разработке Государственных стандартов Российской Федерации в строительной отрасли с учетом современного развития и состояния СК.

Список литературы

1. Amic.ru – Новости Барнаула и Алтая [Электронный ресурс] / Редактор: Оксана Бассауэр – Электрон. дан. – Барнаул – Режим доступа: http://www.amic.ru/news/378542/ - Загл. с экрана.

2. Altapress.ru – новости Барнаула и Алтая, статьи, фоторепортажи, интервью, блоги. [Электронный ресурс] / Редактор: Юлия Абрамкина – Электрон. дан. – Барнаул – Режим доступа: https://altapress.ru/realty/story/proektirovshchikov-i-ekspertizu-ne-nakazali-za-obrushenie-krovli-barnaulskogo-trts-galaktika-204174 - Загл. с экрана.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОГО РЕЗЕРВУАРА Р7-78, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ТОРМОЗОВ ВАГОНОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Чернышев А.С. – студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Согласно техническому регламенту резервуар служит для накопления запаса сжатого воздуха, расходуемого на заполнение тормозного цилиндра при торможении. Данная конструкция является опасным производственным объектов и должна обеспечивать безопасную эксплуатацию железнодорожного подвижного состава. Для этого проводят разрушающие, неразрушающие методы контроля при приёмосдаточных, периодических и типовых испытаниях.При разрушающем методе контроля убеждаются в механических свойствах сварного соединения. Оно не должно уступать основному металлу.

Детали резервуара изготовлены из стали марки 09Г2С, предел прочности металла430–490МПа, относительное удлинение – 21% и KCU – 590-640 кДж/м^2 при температуре плюс 20°С.

По ГОСТ 52400 п. 4.3.2 механические свойства сварного соединения должны быть не ниже механических свойств основного металла: временное сопротивление – не менее 430 МПа; относительное удлинение – не менее 18% и ударная вязкость металла шва – не менее 800 кДж/ при температуре плюс 20°С. В удостоверение установленным требованиям свойства сварного соединения проводят испытания на растяжение и на ударную вязкость. Эти испытания проводятся уже более 100 лет, поэтому для разных металлов и сплавов в технической литературе – справочниках и монографияхнакопился достаточно очень большой и систематизированный материал, который может быть удобно использован для подбора необходимого электродного металла. В связи с этим, предлагаю проведение разрушающего контроля при периодических и типовых испытаниях исключить, тем самым попробовать удешевить затраты на контроль качества и внести изменения по этому поводу в техническую литературу и в нормативные требования.

Неразрушающий контроль резервуара Р7-78, ГОСТ 52400 предусматривает два метода – 1) радиографический и ультразвуковой; 2) радиографический и рентгенотелевизионный. Рентгенотелевизионный метод контроля не выявляет: поры и включения диаметром поперечного сечения, менее удвоенной абсолютной чувствительности контроля; непровары и трещины, плоскость раскрытия которых не совпадает с направлением пучка излучения или с направлением строк телевизионного растра; дефекты, изображения которых совпадают с изображением посторонних деталей, острых углов или резких перепадов толщин объекта контроля.

При ультразвуковом контроле имеется ряд сложностей в настройке и калибровке оборудования СОПами, которые под силу квалифицированным и хорошо обученным специалистам. Требуется тщательная подготовка поверхности проверяемого изделия, чтобы между ней и прибором не было даже малейшего воздушного зазора. Во многих случаях этот метод контроля не позволяет получить информацию об истинных размерах дефекта. Большие трудности представляет контроль изделий сложной формы и малых размеров. Результат работы не будет понятен обыденному человеку, не знакомому с принципом работы ультразвукового оборудования. Есть, конечно же,аппаратура, на фазированных решётках, позволяющая наглядно представить на экране дефектоскопа найденные дефекты, но нормативной документации на классификацию дефектов таким способом ещё нет.

Моё мнение заключается в том, что при приёмосдаточных, периодических и типовых испытаниях наиболее качественный вариант для контроля оказывается рентгенографический метод. Являясь фактически одной из разновидностей радиографического контроля, этот метод не требует применения радиоактивных изотопов. Источником излучения в этом случае являются рентгеновские лампы. Генерируемые лампой лучи проходят через обследуемый участок детали. При этом они интенсивнее поглощаются однородным металлом, а при прохождении сквозь пустоты, трещины или просто рыхлый металл, интенсивность

поглощения снижается. Основываясь на этом эффекте, на различных светочувствительных материалах получают изображение, где места дефекта выглядят более светлыми. Это позволяет зафиксировать результаты обследования документально. Используя рентгеновский контроль, удаётся с высокой степенью точности выявить: плохо проваренные места соединительных швов; трещины и каверны, причём даже те, которые находятся под поверхностью детали и не обнаруживаются другими методами дефектоскопии; включения инородных материалов – шлаков, окислов и т. п. Также появляется возможность оценить вогнутость и выпуклость корня сварного шва. При правильном подходе и соблюдении всех требований, технология безопасна и весьма эффективна. Она постепенно вытесняет устаревшие методы и всё чаще рентгенографические установки можно встретить в самых разных местах. Весь перечень возможностей рентгенографического контроля занял бы не одну страницу. Вполне возможно, что именно сейчас кто-то думает, как ещё можно увеличить в использовании эту имеющую широкие возможности технологию.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАРШРУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ-СВАРКИ БАРАБАНА КОТЛА БКЗ-160-100Ф

Бодров И.М. – студент, Тарасов А.А. – студент, Ножников П.Ю. – студент,
Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Котельное оборудование применяется для нагрева теплоносителя (чаще всего - воды), с помощью которого осуществляется передача тепла различным группам потребителей. В современных паровых котлах основным сепарационным (разделительным) устройством является барабан, который представляет собой толстостенный сосуд, работающим под высоким давлением, поэтому он являются объектом повышенной опасности и должен быть спроектирован, изготовлен, проконтролирован и оснащен необходимым оборудованием таким образом, чтобы обеспечить безопасность эксплуатации котла. Основное *назначение барабана* состоит в сборе пара и разделении пароводяной смеси на пар и воду, прием воды из водяного экономайзера; термическое и химическое умягчение воды; осушка и промывка пара; защита от превышения давления пара.

Целью данной работы является усовершенствование технологии сборки и сварки барабана котла БКЗ-160-100Ф, применяемой на ООО «Сибэнергомаш–БКЗ».

Котельный агрегат типа БКЗ-160-100Ф однобарабанный, вертикально-водотрубный, с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, предназначен для производства пара при сжигании бурого угля. Барабан данного котла имеет внутренний диаметр 1600 мм и толщину стенок 90 мм, рабочее давление пара в барабане 11,2 МПа. Конструкция данного барабана котла состоит из десяти деталей - двух днищ и восьми полуобечаек (четырех обечаек). Все детали конструкции барабана котла изготавливают из листового горяче-катаного проката углеродистой конструкционной стали марки 22К.

В настоящее время существуют два способа выполнения продольных и кольцевых швов толстостенных сварных барабанов котлов: многослойной автоматической сваркой под флюсом или электрошлаковой сваркой в один проход.

Полное проплавление при многослойной сварке обеспечивают с двух сторон с применением флюсовых подушек. Такую технологию сварки используют, например, на ОАО «Бийский котельный завод»

С увеличением толщины стенки обечайки экономические преимущества электрошлаковой сварки возрастают, т.к. этот способ позволяет получить надежное проплавление всего сечения любой толщины за один проход, тогда как при сварке под флюсом для выполнения такой задачи требуется специальная разделка кромок и определенная последовательность укладки многослойного шва. Из-за этого при сварке под слоем флюса повышается процент появления брака в сварном шве.

Для выполнения как продольных, так и для кольцевых швов барабанов котлов БКЗ-160-100Ф с толщиной стенки 90 мм наиболее рационален способ электрошлаковой сварки.

Электрошлаковая сварка, в отличие от дуговой, имеет высокую устойчивость процесса, мало зависящую от рода тока, более высокую производительность (превышающую производительность многослойной сварки под флюсом тех же деталей в 5-6 раз, а ручной – в 20-25 раз) и экономичность из-за незначительного расхода флюса (в 15-20 раз меньший, чем при автоматической сварке) и небольшого расхода электроэнергии (примерно в 2 раза меньше, чем при сварке под флюсом). Ванна перегретого расплавленного шлака, за счет меньшей, чем у расплавленного металла плотности, постоянно находится над ним, создает защиту его от окружающего воздуха и очищает капли электродного металла от вредных примесей.

В ООО «Сибэнергомаш–БКЗ» только в 2017 году начала использоваться технология электрошлаковой сварки толстостенных сосудов после того, как в 2006 году изготовление сварных барабанов на предприятии было приостановлено из-за перехода к рыночной экономике. Для этого была проведена большая работа конструкторами главного технолога и главного сварщика, поэтому на этом предприятии достаточно рационально организован процесс ЭШС барабана котла БКЗ-160-100Ф. Однако предлагается на данном предприятии заменить устаревшую технологическую сборочно-сварочную оснастку для сварки кольцевых швов на автоматизированный роликовый конвейер, который имеет ролики для перемещения обечайки вдоль конвейера и рольганги для вращения изделия со скоростью сварки. Автоматизированный конвейер следует оснастить круговым центратором с радиальными пневмоцилиндрами, который позволяет осуществить точную сборку обечаек и днищ для выполнения кольцевого шва, а также использовать его для закрепления днищ, исключая применение для этой цели различных захватов. Также предлагается производить сварку продольных и кольцевых швов одновременно двумя сварочными установками.

Для ЭШС барабана в качестве сварочных материалов используется сварочная проволока и флюс. Лучшими технологическими свойствами при сварке углеродистых сталей отличаются плавленые флюсы АН-8. При сварке котельных сталей рекомендуется сварочная проволока марки Св-10Г2.

Электрошлаковый процесс на переменном токе протекает более устойчиво, чем на постоянном. Исходя из этого, для ЭШС барабана котла будем использовать сварочный трансформатор ТСШ – 1000-3 со ступенчатым регулированием напряжения и с нормальным магнитным рассеиванием. Трансформатор надежен в эксплуатации и экономичен.

Для сварки прямолинейных и кольцевых швов барабана котла будем использовать трехэлектродный универсальный автомат рельсового типа А-535. Аппарат предназначен для сварки переменным током одним, двумя или тремя электродами с двусторонним принудительным формированием шва сталей толщиной от 50 до 450 мм.

Разработанная технология сборки и сварки барабана котла БКЗ-160-100Ф позволяет улучшить качество сварной конструкции изделия, увеличить производительность труда, снизить трудоемкость изготовления барабана котла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радченко, М. В. Сварочное производство (Введение в специальность) [Текст]: монография / М. В. Радченко, В. Г. Радченко; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – 215 с.

2. Электрошлаковая сварка и наплавка [Текст] / Под ред. Б.Е. Патона. – Москва: Машиностроение, 1980. – 511 с.

3. Сделано в СССР: электрошлаковая сварка [Текст]/ Сварка и Диагностика. – 2017. – №4. – стр. 43–44.

АНАЛИЗ И КОРРЕКТИРОВКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ РЕДУКТОРА ИЗ СТАЛИ 25ХГТ

Ножников П.Ю. – студент, Моисеев А.И. – студент, Тарареева Е. В. – студент,
Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Как известно, при изготовлении деталей сложной конфигурации довольно часто используется сварочный процесс. Актуальность производства сварного корпуса редуктора, в сравнении с другими способами соединения, заключается в значительном уменьшении затрат на изготовление за счет снижения расхода металла, а также уменьшении трудоемкости работ. Сварка обеспечивает экономию металла вследствие полного использования рабочих сечений, отсутствия расхода металла на литники, брака и припусков на механическую обработку при замене литья сваркой.

Целью исследования является повышение конкурентоспособности корпуса редуктора за счёт применения при его изготовлении современных сварочных технологических процессов.

На одном из машиностроительных предприятии Алтайского края сварку корпуса осуществляют двумя способами: ручной дуговой сваркой плавящимся электродом и механизированной сваркой в среде защитных газов. Основной объем работ приходится на механизированную сварку в среде защитного газа. Сварка осуществляется на оборудовании типа «Спутник», предназначенном для сварки низкоуглеродистых сталей плавящимся электродом в среде защитного газа. При этом используют следующие сварочные материалы: омедненная сварочная проволока марки Св-08Г2С диаметром 1,2 мм, защитный газ – углекислый газ CO_2. Для получения качественных швов используется газообразная и жидкая двуокись углерода высшего и первого сорта, изготавливаемая, по ГОСТ 8050-85.

Сварочная проволока Св-08Г2С изготавливается по ГОСТ 2246-80, применяется для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей с пределом текучести свыше 400 МПа в углекислом газе и газовой смеси. Её применение обосновано тем, что она позволяет обеспечить стабильность подачи и минимальное разбрызгивание при сварке. Жесткие ограничения по содержанию примесей в химическом составе проволоки обеспечивают высокие механические и ударные свойства наплавленного металла. Данная проволока – российского производства, и изготавливается на заводе ЭСАБ–Тюмень по программе импортозамещения.

В соответствии с рекомендациями практического пособия “Сварка сталей в защитных газах” были выбраны следующие параметры сварки:

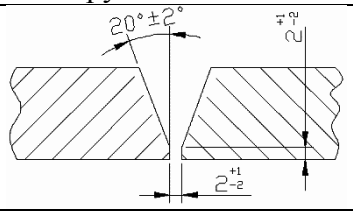
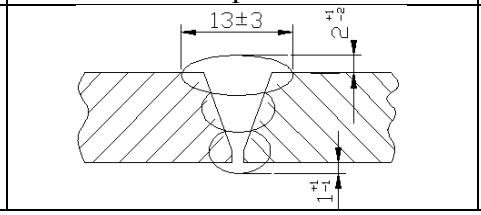
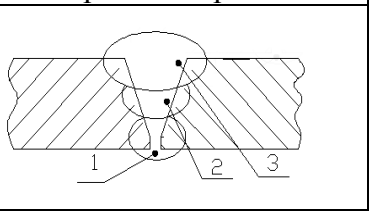
- марка сварочной проволоки Св-08Г2С;
- диаметром сварочной проволоки 1,2 мм;
- вылет электродной проволоки 11-13 мм;
- сварка на обратной полярности;
- ток сварки 240-350 А;
- диапазон скоростей подачи проволоки ~650 м/ч.

С целью обеспечения качества сварного соединения была решена задача разработки карты технологического процесса сварки для пользования сварщиком-оператором.

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ
СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ КОРПУСА РЕДУКТОРА

Сварочное оборудование:	Присадочные материалы (марка, стандарт, ТУ) сварочная проволока СВ-08 Г2С ГОСТ 2246-80
Вид (способ) сварки – МП	Основной материал (марка) сталь 25ХГТ
ГОСТ 14771-76	
Тип шва – СШ	Толщина –12 мм
Тип соединения – С17	Способ сборки – в кондукторе
Положение при сварке – Н1	Требования к прихватке: по краям вводных и выводных планок
Вид соединения – ОС	

Эскиз контрольного соединения

Конструкция соединения	Размеры шва	Порядок сварки
		

Технологические параметры сварки

Номер валика (шва)	Способ сварки	Диаметр электрода или прово-локи, мм	Род и полярность тока	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч	Расход защитного газа, л/мин
1	МП	1,2	пост. обратная	160…200	19…21	до 650 м/ч	25…30	10…12
2	МП	1,6	пост. обратная	240…350	21…23	до 650 м/ч	10…15	10…12
3	МП	1,6	пост. обратная	280…320	27…30	до 650 м/ч	20…22	10…12

Поскольку корпус редуктора работает в условиях циклических знакопеременных нагрузок, контроль качества сварных соединений является важной и неотъемлемой частью процесса его изготовления. Среди всех существующих методов разрушающего и неразрушающего контроля качества сварных соединений согласно ГОСТ 3242-79 рассматривались к применению следующие виды контроля качества сварных соединений:

- технический осмотр (визуально-измерительный);
- капиллярный;
- радиографический;
- ультразвуковой;
- магнитный (магнитно-порошковый).

В результате анализа этих способов контроля было принято решение, что в данном случае необходимо применять визуально-измерительный по РД 03-606-03, капиллярный (цветной) по ГОСТ 18442-80 и магнитно-порошковый по ГОСТ 21104-80 методы контроля сварных соединений.

Таким образом, в результате анализа технической документации на сборку–сварку корпуса редуктора была произведена корректировка технологических параметров механизированной сварки и разработана технологическая карта для стыкового сварного соединения.

АНАЛИЗ СПЕЦИФИКИ АППАРАТУРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НЕСТАНДАРТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Останин С.Ю.– студент, Щеткин А.И. – студент, Ножников П.Ю. – студент,
Радченко М.В. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На предприятии ОАО «Трест Коксохиммонтаж» в поселке Сабетта, при строительстве нефтеперерабатывающего завода преимущественно используются неразрушающие методы дефектоскопии: рентгенографический и ультразвуковой.

Цель работы – представить анализ специфики применения этих методов при сооружении объектов нефтяной, газовой, нефтеперерабатывающей, химической и металлургической промышленности, а также исполнении заказов на изготовление металлоконструкций и нестандартизированного оборудования.

Как известно радиографический контроль сварных соединений в соответствии с требованиями ГОСТ 7512-86 позволяет выявлять наличие в них пор, непроваров, шлаковых, вольфрамовых окисных и других включений, подрезов, трещин.

При радиографическом контроле используются радиографические пленки, соответствующие требованиям технических условий на них. Тип радиографической пленки устанавливается технической документацией на контроль или приемку сварных соединений. Тип радиоактивного источника, напряжение на рентгеновской трубке, а также расстояние от источника излучения до изделия должны устанавливаться в зависимости от толщины просвечиваемого материала в соответствии с технической документацией на контроль или приемку сварных соединений. В качестве усиливающих экранов при радиографическом контроле используются металлические и флуоресцирующие экраны, тип которых устанавливается технической документацией на контроль или приемку сварных соединений.

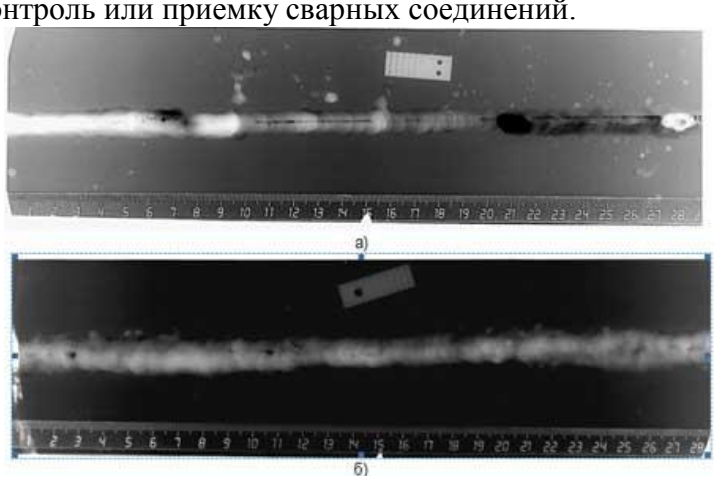


Рисунок 1 (а, б) - Рентгенографическое изображение стыковых сварных швов с дефектами.

Рентгеновские аппараты RayCraft – это серия генераторов постоянного действия, оборудованных керамической (C) или стеклянной (G) колбой. Они оснащены как направленным (D), так и панорамным (P) излучением. Диапазон напряжения данных устройств находится в пределах от 100 кВ до 350 кВ с током в 5 мА. При этом, максимальная толщина просвета по стали составляет 60 мм (при рентгенографии на пленку). Высоковольтная часть оснащена газовой изоляцией SF6. Компактные размеры RayCraft позволяют осуществлять работы по контролю сварных швов даже в самых труднодоступных местах. А быстросъемные разъемы, простой и понятный интерфейс пульта управления, делают аппараты данной серии очень удобными, надежными и незаменимыми при работах, требующих высокой оперативности.

Рисунок 2 - Рентгеновский генератор RayCraft марки «CD-200».

Наличие V-образных защитных колец позволяют легко и удобно фиксировать аппарат на трубе. Высокая технологичность, наряду с надежностью, позволяют использовать RayCraft как на заводах, так и на объектах возведения трубопроводов даже в условиях сурового климата районов Крайнего Севера.

Рисунок 3 - Ультразвуковой дефектоскоп А1214 EXPERT («Эксперт»).

Ультразвуковой дефектоскоп А1214 EXPERT (рис.3) предназначен для поиска и определения координат различных нарушений сплошности и однородности материала в изделиях из металлов и пластмасс. Удобен для работы как в лабораторных условиях, так и на объекте под воздействием агрессивной окружающей среды. Контроль сварных соединений осуществляется при помощи ультразвуковых дефектоскопов, которыми можно выявлять трещины, непровары, газовые и шлаковые включения в стыковых, угловых, тавровых и нахлесточных соединениях, выполненных самыми различными способами сварки.

Следует отметить, что аппаратура для контроля качества сварных соединений, выполняемых в условиях крайнего Севера, имеет достаточно высокую стоимость в сравнении со стоимостью аналогов, используемых в более мягких климатических условиях. Однако актуальность высокого качества сварных соединений конструкций, эксплуатируемых при отрицательных температурах, требует специфики, заключающейся в высоком уровне надёжности результатов контроля качества.

Таким образом, показано, что в условиях крайнего Севера при выборе методов и аппаратуры для контроля качества сварных соединений преимущественным показателем при выборе методов контроля и аппаратуры является высоких уровень надёжности и качества результатов контроля.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ ПАНЕЛИ ГАЗОПЛОТНОЙ

Пятайкин И.Ю. – студент, Останин С.Ю.– студент , Тарасов А.А. – студент,
Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Котлостроение является одной из ведущих направлений энергетического машиностроения. В связи с развитием отрасли котлостроение появилась необходимость создания котлов с использованием газоплотных панелей. С внедрением газоплотных панелей возросла надёжность и коэффициент полезного действия котлов при одновременном сокращении времени их изготовления.

К изготовлению газоплотных панелей предъявляют высокие требования, вследствие того, что газоплотные панели работают в тяжёлых условиях: высокой температуры, при повышенных давлениях, с высокой интенсивностью обогрева и в агрессивной среде газов, поэтому разработки технологии сборки и сварки газоплотной панели уделяется большое внимание.

Целью данной работы является усовершенствование базовой технологии сборки и сварки панели газоплотной для увеличения её эффективности, путём изменения применяемого сборочно-сварочного оборудования и модернизации вспомогательного оборудования.

Газоплотные панели – это топочные экраны, которые выполняют роль поверхностей нагрева в топке котла, и обеспечивают их газовую плотность. Газоплотные панели выполняют сразу несколько функций. Они обеспечивают достаточную жёсткость конструкции топки котла, и значительно уменьшают потери в окружающую среду теплоты, выделяющейся при сгорании топлива.

Конструктивно, газоплотная панель (рисунок 1), представляет собой конструкцию, образованную сваренными между собой прямыми или гнутыми, оребрёнными тем или иным способом, и гладкими трубами с полосами между ними.

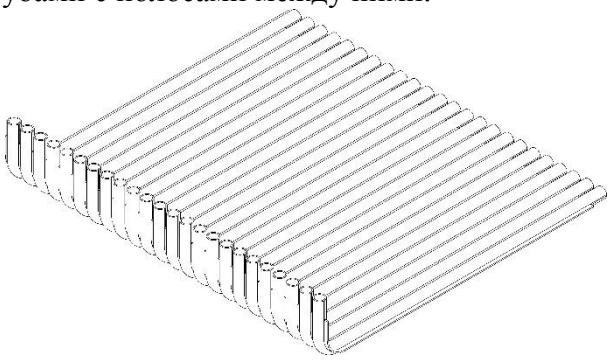


Рисунок 1 – Панель газоплотная.

В ходе работы был проведён анализ технологии изготовления газоплотной панели на предприятии ООО «Сибэнергомаш–БКЗ». В ходе анализа были выделены следующие пункты, которые предлагается усовершенствовать:

1. Используемая на базовом предприятии производственная линия позволяет изготавливать газоплотные панели из гладких труб диаметром от 60 до 76 мм, что ставит рамки на типоразмеры выпускаемых газоплотных панелей;

2. Используемый сварочные установки позволяют, за один проход, собирать и сваривать только субпанели «двойка», что увеличивает время и трудоёмкость изготовления газоплотной панели;

3. Кантовка субпанелей и панелей в целом на данном предприятии осуществляется с помощью мостового крана, что приводит к увеличению трудоёмкости, вследствие применения ручного труда. Так же данный способ кантовки может негативно влиять на сварные соединения, так как при кантовке, панель изгибается, что может привести к возникновению дефектов.

Для решения вышеуказанных технологических проблем предлагается провести техническое перевооружение производственной линии изготовления газоплотной панели путём замены имеющихся сварочных установок на производственную линию для изготовление мембранных панелей MZMS 2000x8 на имеющейся производственной площади. Производственная линия MZMS 2000x8 позволяет изготовлять газоплотные панели из нержавеющей, углеродистой и легированной сталей, шириной до 2000 мм, с использованием труб диаметром от 28 до 76 мм, с толщиной стенки трубы от 2,5 до 9 мм, и полосовой стали шириной от 10 до 110 мм, с толщиной от 4 до 10 мм. Данное техническое перевооружение позволит:

1. Увеличить количество типоразмеров, изготовляемых газоплотных панелей, расширить номенклатуру выпускаемых изделий, не сокращая количество уже выпускаемых типов газоплотных панелей;
2. Снизить трудоёмкость сборочно-сварочных работ;
3. Сократить затраты времени на изготовление одной единицы изделия, так как данная производственная линия позволяет производить за проход сборку–сварку субпанели «восьмёрка»;
4. Увеличить механизацию, путём замены ручного труда на работу машины, при выполнении кантования субпанелей и панели и их перемещении;
5. Уменьшить численность рабочих, необходимых для изготовления газоплотной панели.

Для изготовления газоплотной панели были выбраны следующие сварочный материалы: сварочная проволока Св-08Г2С, диаметром 2мм по ГОСТ 2246-70, которая применяется для сварки углеродистых и низколегированных сталей, сварочный флюс ФВТ-1 по ГОСТ Р 52222-2004, который позволяет вести сварку на скорости до 120 м/ч.

Для таврового соединения труб с полосой необходимо применять автоматическую сварку под слоем флюса. Для этого предлагается использовать систему для автоматической сварки под слоем флюса на базе источника сварочного тока Lincoln Electric Power Wave AC/DC 1000 SD, с применением контроллера MAXsa 19 и механизма подачи сварочной проволоки MAXsa 19. Данная система специально предназначена для использования в сварочных порталах и установках для сварки труб. Применение источников питания Power Wave AC/DC 1000 SD позволит:

1. Уменьшить потребление электроэнергии, за счёт увеличенного КПД;
2. Уменьшить время простоя оборудования, вследствие возможности перемены полярности без смены кабелей;
3. Легко объединить все источники питания в параллель;
4. Увеличить эффективность сварки до 40% по сравнению с традиционными источниками питания, так как применяемый источник питания позволяет вести сварку на повышенных скоростях;

Предложенные усовершенствования технологического процесса направлены в первую очередь на расширение типоразмеров, изготовляемых газоплотных панелей и увеличению производственной мощности, с сохранением существующей номенклатуры выпускаемых изделий, а также уменьшение трудоёмкости изготовления, повышение производительности сварочных работ, увеличению автоматизации и механизации процесса сборки.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЫНКЕ

Шевченко А.П. – магистрант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Еще несколько лет назад российские специалисты сетовали на крайне неблагоприятную ситуацию, складывающуюся с внедрением аддитивных технологий в российскую промышленность. Рынок аддитивных технологий, конечно, развивался, но происходило это очень медленно: Россия практически не участвовала в международных организациях, оказывающих значительное влияние на развитие технологий в мире, у нас не было ни дорогостоящего высокотехнологичного оборудования, способного обеспечить высокое качество изделий, ни материалов для 3D–машин, ни квалифицированного, специально обученного персонала. То есть в целом отсутствовала среда для аддитивного производства.

Под аддитивным производством понимают процесс выращивания изделий на 3D–принтере по CAD–модели. Этот процесс считается инновационным и противопоставляется традиционным способам промышленного производства [1].

Если при традиционном производстве вначале мы имеем заготовку, от которой оптом отсекаем все лишнее, либо деформируем ее, то в случае с аддитивными технологиями из ничего (а точнее, из аморфного расходного материала) выстраивается новое изделие.

В связи со сложившейся экономической ситуацией, на данный момент актуальной является проблема обоснованного выбора технологии аддитивного производства и оборудования, при которых обеспечиваются наилучшие качественные характеристики изделий и конструкций из полимерных материалов, с целью повышения эксплуатационных характеристик при максимальном ресурсосбережении.

Очевидно, эта проблема могла быть решена только при условии целенаправленного взаимодействия высшей школы, академической и отраслевой науки.

Существует множество технологий, которые можно назвать аддитивными, но объединяет их одно: построение модели происходит путем добавления материала (от англ. add – "добавлять") в отличие от традиционных технологий, где создание детали происходит путем удаления "лишнего" материала [1].

Самыми дешевыми по-прежнему остаются FDM-принтеры – устройства, создающие трехмерные объекты путем послойного наплавления филамента. Эта технология предполагает нанесение модельного материала или связующего состава с помощью струйных головок. Наиболее распространенными принтерами данного типа остаются аппараты, печатающие расплавленной пластиковой нитью. Они могут оснащаться одной или несколькими печатными головками, внутри которых находится нагревательный элемент.

Моделирование методом послойного наплавления (FDM) применяется для быстрого прототипирования и быстрого производства. Быстрое прототипирование облегчает повторное тестирование с последовательной, пошаговой модернизацией объекта. Быстрое производство служит в качестве недорогой альтернативы стандартным методам при создании мелкосерийных партий. Среди используемых материалов числятся ABS, полифенилсульфон, поликарбонат и полиэфиримид. Эти материалы ценятся за термостойкость. Некоторые варианты полиэфиримида, в частности, обладают высокой огнеупорностью, что делает их пригодными для использования в аэрокосмической отрасли.

Рынок аддитивных технологий в России развивается, но происходит это очень медленно, поскольку, чтобы вывести эти технологии на должный уровень, необходима поддержка государства. При должном внимании к внедрению AF-технологий они могут значительно повысить скорость реагирования на потребности рынка и экономическую эффективность многих отраслей промышленности.

Список литературы

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Шевченко А.П. – магистрант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При использовании аддитивных технологий (в англоязычной литературе – Additive Manufacturing, Additive Fabrication, или AM–, AF–technologies) все стадии реализации проекта от идеи до материализации (в любом виде – в промежуточном или в виде готовой продукции) находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, в которой каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE–системе [1]. Практически это означает реальный переход к «безбумажным» технологиям, когда для изготовления детали традиционной бумажной чертёжной документации в принципе не требуется.

Аддитивные технологии охватывают все новые сферы деятельности человека. Дизайнеры, архитекторы, кондитеры, археологи, астрономы, палеонтологи, преподаватели и представители многих других профессий используют 3D–принтеры для реализации совершенно неожиданных идей и проектов.

Особое внимание уделяется развитию технологий DMF – Direct Metal Fabrication, непосредственного «выращивания» из металла, которую рассматривают в качестве одной из стратегических для освоения в первую очередь в аэрокосмической и оборонной отраслях [1].

Эта технология, основывается на том, что материал и энергия для сплавления наносимых слоёв подводятся одновременно к месту построения изделия. Эти технологии предполагают применение машин, оснащенных системами подвода модельного материала и энергии. Обычно в виде сфокусированного лазерного излучения или электронного луча [1].

В машиностроительных отраслях наиболее распространенными AM–технологиями являются:

- DMF, Direct Metal Fabrication – разновидность SLS-технологии, послойное лазерное спекание металлопорошковых композиций; иногда также называют DMLS, Direct Metal Laser Sintering;
- SLM, Selective Laser Melting – разновидность SLS-технологии, послойное лазерное плавление металлопорошковых композиций.

Эти направление развивается по мере того, как растет перечень номенклатуры порошковых материалов. В ряде отраслей – авиационной промышленности, в судостроении, энергетическом машиностроении, а также дентальной медицине и восстановительной хирургии внедрение аддитивных технологий наиболее заметно. Например, российская компания ОАО «НИАТ НТК» успешно провела работы по замене сварных топливных форсунок авиационного двигателя на «выращенные» из никелевого сплава CL 100NB (рисунок 1). Результатом является значительное снижение процента брака и уменьшение массы изделия на 17%.

Имеется также положительный опыт использования технологий для ремонта дорогостоящих изделий, например, рабочих органов турбин ГТД, валов (рисунок 2) и т.д., а также для нанесения защитных и износостойких покрытий [2]. И, безусловно, данные технологии имеют огромное преимущество перед традиционными за счет сокращения времени и стоимости при проведении НИОКР. Проведение вариантных исследований, быстрое изготовление опытных образцов позволили на порядок (без преувеличений!) сократить время проведения НИОКР и, как следствие, значительно сжать сроки выхода новой продукции на рынок.

Рисунок 1 – Сварная и выращенная топливная форсунка.

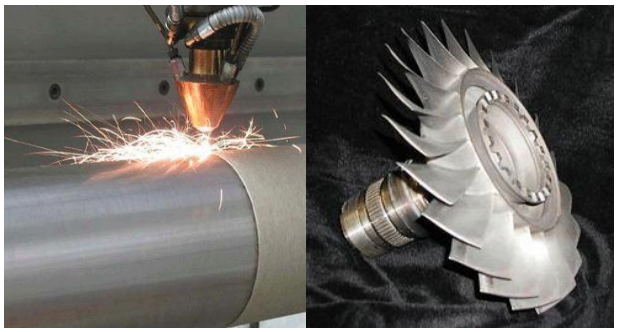


Рисунок 2 – Восстановление деталей авиационного двигателя.

Послойный метод построения детали сам по себе дал новые возможности, открыл для конструктора новые горизонты творчества, снял многие технологические ограничения. Стало возможным то, что было в принципе невозможным ранее. Можно «вырастить» «деталь в детали», можно «вырастить» деталь с переменными по толщине свойствами материала (так называемые градиентные материалы), можно «выращивать» сетчатые конструкции, которые невозможно получить ни литьем, ни механообработкой.

Это фундаментальное преимущество аддитивных технологий и определяет их роль в современном производстве.

Список литературы

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

2. Techel A. et al., Laser Additive Manufacturing of Turbine Components, Precisely and Repeatable. Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology (IWS), интернет-издание Laser Institute of America.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Шевченко А.П. – магистрант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Под порошками понимают сыпучие материалы с характерным размером частиц до 1,0 мм. Порошки классифицируют по размерам частиц (по условному диаметру d), подразделяя их на нанодисперсные с d<0,001 мкм, ультрадисперсные d=0,01–0,1 мкм, высокодисперсные d=0,1–10 мкм, мелкие d=10–40 мкм, средние d=40–250 мкм и крупные d=250–1 000 мкм [1].

В настоящее время не существует общих требований к металлопорошковым композициям, применяемым в АМ–технологиях (Аддитивные технологии или Additive Manufacturing). Разные компании–производители АМ–машин предписывают работу с определенным перечнем материалов, обычно поставляемых самой компанией. В разных машинах используются порошки различного фракционного состава. Одним из параметров, характеризующих порошок, является величина d_{50} – «средний диаметр частиц». Например, d_{50} = 40 мкм означает,

что у 50% частиц порошка размер частиц меньше или равен 40 мкм. Так, в машинах Phenix (3D Systems) используется порошок с размерами частиц d_{50}=10 мкм; для машин Conzept Laser дисперсность порошка – в пределах 25…52 мкм при d_{50}=26,9 мкм; для машин Arcam размер частиц составляет 45–100 мкм, для машин SLM Solutions (SLM – селективное лазерное плавление) d_{50}=10–30 мкм и т. д. Существует определенное недоверие к порошкам разных производителей. Нет никакой гарантии того, что, купив материал у одного производителя и дополнительное количество у другого, вы получите изделия одинакового качества. Всё это диктует необходимость совершенствования методов по стандартизации материалов для АМ–технологий. Здесь тоже необходима большая исследовательская работа, поскольку современные методы, применяемые для оценки свойств материалов для традиционных технологий, не могут быть применены к аддитивным технологиям в силу наличия анизотропии, неизбежной при послойном принципе создания изделия [2].

За рубежом вопросы стандартизации по материалам для аддитивных технологий находятся в компетенции NIST – National Institute of Standards and technology (США); Международной организации по стандартизации ISO (комитет ТС261 по аддитивным технологиям) и ASTM (международный комитет F42 по аддитивным технологиям).

Особенностью процесса лазерного синтеза, например, по технологии SLM является то, что при построении детали лазерный луч не только сплавляет частицы порошка, формируя тело детали, но и «портит» материал, непосредственно прилегающий к поверхности строящейся детали. Поэтому в практике работы с SLS–машинами применяют методы просеивания отработанного материала с целью удаления «бракованной» части с дальнейшим перемешиванием «работавшего» порошка со свежим. В какой пропорции – каждая компания решает по-своему. Однако, идентичность образцов, построенных на одной машине, из одного и того же порошка, но с учетом этих нюансов, также не гарантирована.

Общим требованием к порошкам для АМ–машин является сферическая форма частиц. Это связано, во-первых, с тем, что такие частицы более компактно укладываются в определенный объем. И, во-вторых, необходимо обеспечить «текучесть» порошковой композиции в системах подачи материала с минимальным сопротивлением, что как раз достигается при сферической форме частиц [2].

Общим требованием к машинам, работающим с пироформными материалами, такими как алюминий и титан, является наличие противопожарной системы и системы предупреждения о возгорании. При работе с мелкодисперсными порошками (особенно при d_{50}<10) в силу их летучести необходимо также соблюдать правила техники безопасности. С одной стороны, чем меньше величина d_{50}, тем меньше шаг построения может быть задан, тем более рельефно могут быть проработаны мелкие элементы детали и тем более гладкую поверхность можно получить у построенной детали. С другой стороны, как уже отмечалось, в процессе построения в зону пятна лазера моментально вводится большое количество энергии: процесс плавления идет очень бурно – металл вскипает, происходит разбрызгивание расплава и часть металла вылетает из зоны построения. Визуально это заметно по интенсивному искрообразованию. Если порошок имеет слишком малый размер частиц, то в процессе построения легкие частицы будут «вылетать» из зоны расплава, что приведет к обратному результату – повышенной шероховатости детали, микропористости. Еще один нюанс: для того, чтобы вылетающие из зоны расплава частицы не попадали на соседние, уже сплавленные участки, на поверхность строящегося слоя, внутри рабочей камеры создают направленный «ветер», который сдувает вылетевшие частицы в сторону. Это также может привести к слишком интенсивному выносу строительного материала из зоны построения. В силу этих нюансов при работе с мелкодисперсными порошками с d_{50}<10 мкм используют маломощные лазеры, следовательно, малопроизводительные. Такие порошки (с соответствующими настройками машины) применяют в основном для изготовления микродеталей, которые иным способом получить не представляется возможным. Определенные трудности при работе с мелкодисперсными порошками возникают в связи с их свойством – повышен-

ное комкование. Это накладывает особые требования к условиям хранения материалов и эксплуатации АМ–машин.

Проблема получения порошковых материалов актуальна не только для развития АМ-технологий, но и для целой классической порошковой металлургии. Металло-порошковые композиции находят применение в таких высокотехнологичных отраслях, как авиастроение, энергетика, военная и космическая техника, судостроение, приборостроение (таблица 1).

Таблица 1. Области применения порошковых материалов.

Компоненты порошка	Применение
Al-Ni-Co, Fe-Nd-B	Производство магнитов, магниты
Al-Si-Mg	Сплавы с термостабильной структурой
Al-Sn-Cu	Подшипники скольжения
Al-переходные лантаноиды	Сплавы с повышенной термопрочностью
Bi-Te, теллурид висмута	Устройства, использующие эффект Пельтье
Cr-Al	Защитные покрытия
Co-Cr	Сплавы для зубопротезирования
Cu-Ba, Cu-Y	Суперпроводники
Cu-Cr-Zr	Электропроводники без бериллия
Cu-In-Ga- Selenide	Фотогальванические материалы
Cu-Mn-Ni, Cu-Ti-Sn	Режущий инструмент
Au-Pt-Pd-Ag-In, Ni-Ti-Si-B, Ag-Cd-Zn-Cu	Сплавы для пайки
Au-Ag-Cu	Тонкопленочные покрытия
Fe-14%Cr-0,4%C	Специальный инструмент и оснастка
Fe-Mn	Износостойкие опоры прокатных станов
Fe-6%Si	Сердечники трансформаторов
Fe-Si-Al	Магнитные компоненты
Сплавы Mg	Металлические матрицы
Ni-алюмиды	Структурные компоненты и покрытия
Ni-Ce	Катализаторы
Ni-Cr-Fe-Si-B	Порошки для плазменного напыления
Ni-Cr-Mo-B	Антикоррозионные покрытия
Ni-лантаноиды	Топливные элементы
Нержавеющая сталь 304/316	MIM-технология
Сталь T42	Инструментальная оснастка
Tb-Fe	Оптико-электронные устройства

Список литературы

1. Осокин Е. Н. Процессы порошковой металлургии. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: курс лекций / Е. Н. Осокин, О. А. Артемьева. – Электрон. дан. (5 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2008.

2. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ДЕФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛОПРОКАТА СТАЛИ 20Х2НАЧ

Зубков А.С. – магистрант, Попова А.А. – к.т.н., доцент, Ковалев С.В. – инженер,
Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Структура бейнита зернистой морфологии имеет значительный потенциал для практического использования [1, 2]. Бейнит зернистой морфологии при отпуске быстро трансформируется в однородную механическую смесь феррита и глобулярных карбидов. Степень дисперсности данной смеси и комплекс механических свойств может широко изменяться в зависимости от температуры отпуска. Последнее можно с успехом использовать в улучшающей термической обработке, заменив мартенсит бейнитом зернистой морфологии.

В настоящее время разработана и внедрена технология сфероидизирующей обработки проката доэвтектоидных сталей, использующая бейнит зернистой морфологии в качестве исходной структуры, получаемой с прокатного нагрева с последующим высоким отпуском. По термокинетической диаграмме 20Х2НАч (ТУ I4-1-3797-84) структура, состоящая из бейнита зернистой морфологии, образуется в интервале скоростей от 7,5 °С до 2,9 °С (рисунок 1). Это соответствует диаметрам прутков 7 мм и 15 мм, соответственно, при условии их охлаждения на спокойном воздухе. Реально же, при охлаждении проката данной стали на спокойном воздухе, бейнит зернистой морфологии образуется в прутках диаметром до 25 мм.

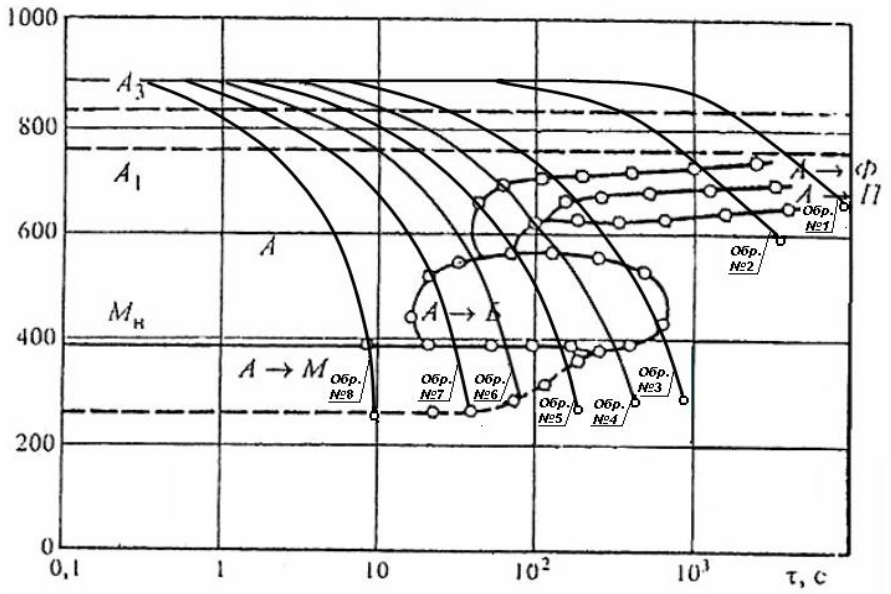
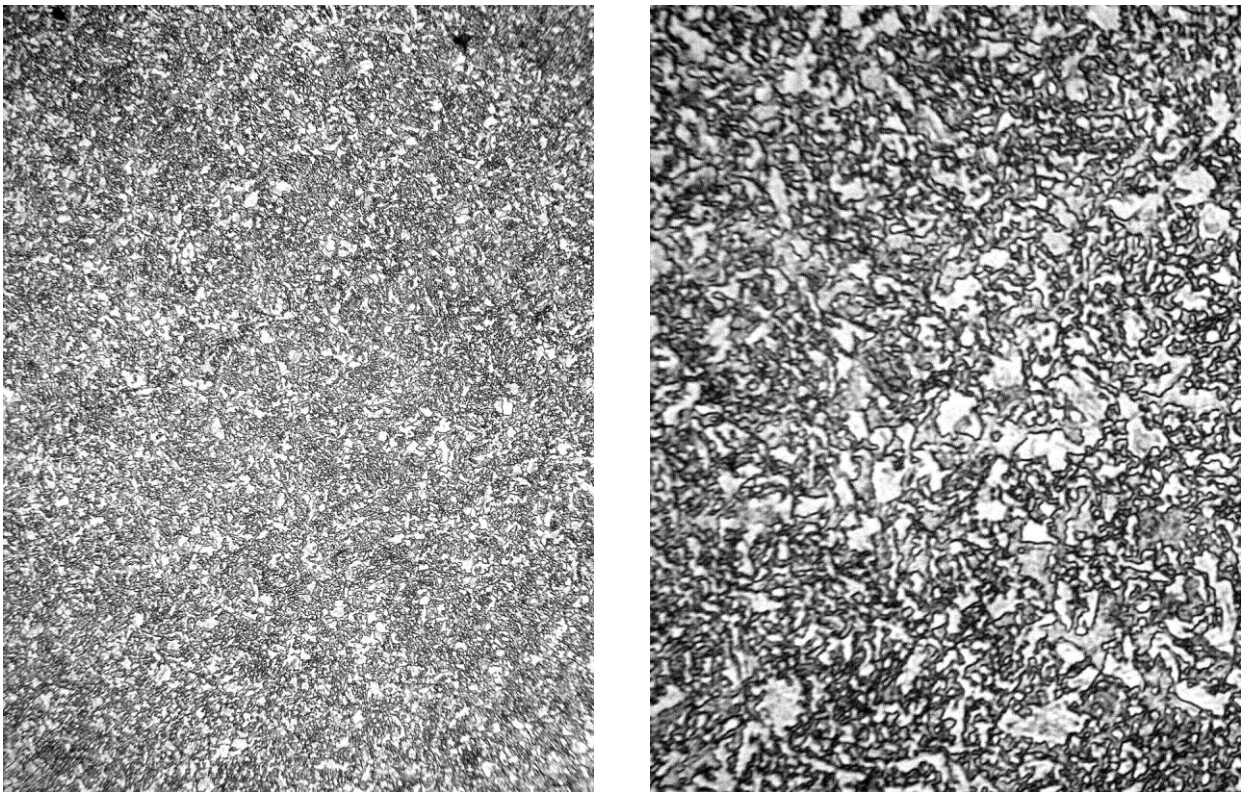


Рисунок 1 – Диаграмма термокинетического распада аустенита стали 20Х2НАч.

Цель – исследование влияния прокатки на интервал скоростей образования бейнита зернистой морфологии. Для качественной оценки этого влияния были исследованы образцы стали 20Х2НАч диаметром 30 мм, высотой 5 мм. Образцы подвергались нормализации с различных температур, как с предварительной деформацией (осадка) до выше приведенных размеров, так и без нее.

У образцов после нормализации без осадки при минимальных температурах образуется структура, состоящая из бейнита зернистой морфологии и мезоферрита (рисунок 2). При максимальных температурах структура состоит из смеси верхнего и нижнего бейнитов. Промежуточное место занимает структура, похожая на бейнит зернистой морфологии, но в отличие от него, имеющая не равновесные, а вытянутые (столбчатые) зерна α-фазы. Таким

образом, при повышении температуры нагрева область образования зернистого бейнита сужается за счет формирования бейнитных структур различной морфологии.



а) б)

Рисунок 2 – Оптическая фотография микроструктуры после нормализации без осадки при минимальных температурах: а) ×100; б) ×1000

Если температура деформации (температура осадки) не на много превышает третью критическую точку, то наблюдается заметное расширение области формирования зернистого бейнита, как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения скоростей охлаждения. А если температура деформации значительно превышает третью критическую точку, то наоборот, наблюдается резкое сужение бейнитной области, вплоть до полного исчезновения. Последнее связано с величиной зерна. Чем крупнее исходное аустенитное зерно, тем уже область формирования зернистого бейнита.

Вывод: низкоуглеродистые низколегированные стали, предназначенные для получения структуры зернистого бейнита с прокатного (ковочного, штамповочного) нагрева, должны иметь в своем составе компоненты, препятствующие росту зерна.

Литература

1. Чепрасов Д.П. Обеспечение качества и свойств сварных соединений сталей бейнитного класса / Д.П. Чепрасов, М.Н. Сейдуров // Сварка и диагностика. – 2012. – № 3. – с. 30-33.

2. Чепрасов Д.П. Влияние содержания углерода в высокопрочных низколегированных сталях на формирование в околошовной зоне бейнитных структур зернистой морфологии / Д.П. Чепрасов, М.Н. Сейдуров // Сварка и диагностика. – 2017. – № 5. – с 17-20.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ МНОГОСЛОЙНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Зубков А.С. – магистрант, Смольяков А.М., Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент,
Попова А.А. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Применение высокопрочных низколегированных сталей в промышленности позволяет повысить прочность и долговечность конструкции при одновременном снижении ее металлоемкости. Склонность высокопрочных сталей к закалке и образованию холодных трещин заставляет искать новые пути получения качественных сварных соединений ответственного назначения [1, 2].

Традиционно сварку конструкций из высокопрочных низколегированных сталей выполняют с предварительным подогревом (до температуры 300-350 °С) и последующей термической обработкой (при температуре 600-650 °С). Такой технологический процесс позволяет снизить скорость охлаждения металла шва и ЗТВ и увеличить время протекания структурных превращений. Однако, эта технология сложна и нерациональна, поскольку требует тщательного контроля температуры и параметров сварочного процесса, не гарантирует качество сварных соединений, а неравномерность подогрева и термической обработки крупногабаритных изделий ведет к возрастанию внутренних напряжений, деформации.

Известны и другие подходы к решению проблемы повышения стойкости сварных соединений к образованию холодных трещин при сварке низколегированных сталей. Например, использование шагодуговой и двухдуговой сварки под флюсом и в среде CO_2, дуговой сварки в смеси газов $CO_2 + O_2$, CO_2 + воздух, CO_2 + Ar и др., а также добавка в металл шва различных поверхностно-активных элементов (цезий, кальций, бор и др.) и многое другое.

Цель – разработка технологии сварки многослойных соединений из стали 20Х2НМ. Перспективным направлением является применение импульсно-динамических методов воздействия на металл сварочной ванны, структуру и свойства сварных соединений из высокопрочных низколегированных сталей.

По результатам экспериментальных исследований разработана технология сварки высокопрочных хромоникельмолибденовых сталей, обеспечивающая стабильное качество и высокие эксплуатационные свойства многослойных сварных соединений без предварительного подогрева и последующей термообработки. Для сравнения на идентичных режимах сварки были изготовлены образцы по традиционной технологии (предварительный подогрев 300 °С и последующая термообработка 600 °С). Результаты механических испытаний сварных образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Механические свойства сварных соединений из стали 20Х2НМ.

Технология сварки	$\sigma_в$, Н/мм^2	$\sigma_т$, Н/мм^2	KCU_{+20}, Дж/см^2	KCU_{-60}, Дж/см^2	δ_5, %
Рекомендуемая	605	107	142	78	28
Применяемая	485	144	132	68	22

Из таблицы 1 видно, что полученные по разработанной технологии сварки сварные соединения обладают достаточно высокими и стабильными эксплуатационными свойствами с хорошей пластичностью.

Проведенный микроструктурный анализ показал, что сварной шов имеет мелкодисперсную структуру металла шва. При этом швы обладают неявно выраженной зоной сплавления, т.е. существует плавный переход от металла шва к основному металлу, что обеспечивает высокую работоспособность сварных соединений. Это подтверждается высоким значением ударной вязкости исследуемых образцов.

Вывод: разработанная технология сварки многослойных соединений из высокопрочных низколегированных сталей, обеспечивает высокое качество и требуемые свойства сварных

соединений, способствует измельчению структуры металла шва, формирует плавный переход от наплавленного металла к основному, повышает эксплуатационную надежность сварных соединений.

Литература
1. Сейдуров М.Н. Влияние формирования мезоферрита и зернистого бейнита в ЗТВ на образование холодных трещин / Ползуновский вестник. – 2017. – № 1. – С. 100-105.
2. Чепрасов Д.П. Влияние содержания углерода в высокопрочных низколегированных сталях на формирование в околошовной зоне бейнитных структур зернистой морфологии / Д.П. Чепрасов, М.Н. Сейдуров // Сварка и диагностика. – 2017. – № 5. – С 17-20.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ АЛЮМИНИЕВЫХ БРОНЗ СО СТАЛЯМИ

Соломин А.С. – магистрант, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент,
Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент, Аргунова М.П., Бородина В.А. – магистранты,
Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При сварке медных сплавов со сталью в сварной шов переходит значительное количество железа, что приводит к образованию в нем включений железистой составляющей и кристаллизационной прослойки. В стали у границы сплавления со швом в результате диффузии меди, алюминия и других элементов медного сплава образуется диффузионная прослойка (рисунок 1). Эти новые фазы могут оказывать значительное влияние на механические свойства сварного соединения [1, 2].

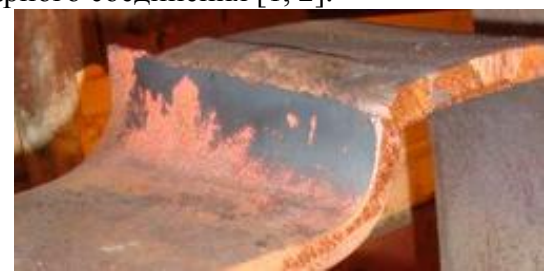


Рисунок 1 – Диффузионная прослойка меди у границы сплавления со швом.

Цель – разработка технологии сварки алюминиевых бронз со сталями. При отработке технологии аргонодуговой сварки плавящимся и неплавящимся электродом (рисунок 2) были использованы присадочные проволоки марок: МНЖКТ5-1-0,2-0,2; БрАМц9-2; БрАЖНМц8,5-4-5-1,5; ERCuA1. С применением этих присадочных материалов была разработана технология сварки, обеспечивающая получение сварных швов без трещин, пор, непроваров, подрезов и других недопустимых дефектов.

Рисунок 2 – Отработка технологии аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

Металлографические исследования сварных соединений алюминиевых бронз с низкоуглеродистыми сталями показали, что в них образуются: включения железистой составляющей, кристаллизационная и диффузионная прослойка. Для изучения влияния железа на механические свойства сварного шва по специальной методике изготавливались образцы из наплавленных медных сплавов с различным количеством железа при использовании проволок: МНЖКТ5-1-0,2-0,2; БрАМц9-2. Исследования показали, что с увеличением содержания железа временное сопротивление разрыву исследуемого металла увеличивается, а относительное удлинение и ударная вязкость уменьшаются.

Испытания сварных соединений медных сплавов со Сталью 20 показали, что при использовании различных присадочных материалов получаются следующие значения временного сопротивления разрыву: МНЖКТ5-1-0,2-0,2 = 445 МПа; ERCuAl = 470 МПа; БрАМц9-2 = 490 МПа; БрАЖНМц8,5-4-5-1,5 = 600 МПа.

Испытания сварных соединений на ударную вязкость с надрезом по зоне сплавления сталь-шов показали, что наиболее высокие результаты обеспечивает присадочная проволока из сплава марки МНЖКТ5-1-0,2-0,2. Исследования изломов показали, что образцы, выполненные с присадкой МНЖКТ5-1-0,2-0,2, имеют наиболее вязкий характер разрушения. Изломы образцов, выполненных с применением присадочной проволокой из бронзы, имеют более хрупкий характер разрушения, на изломе наблюдается значительное количество включений железистой составляющей. Ударная вязкость этих образцов ниже ударной вязкости образцов, полученных медноникелевой проволокой.

Вывод: разработана технология сварки, обеспечивающая получение минимального расплавления стали при использовании присадочных проволок из бронз, что обеспечивает получение более высоких значений ударной вязкости в зоне сплавления без уменьшения временного сопротивления разрыву сварных соединений.

Литература

1. Исследование процессов сварки и наплавки с использованием современной методики сбора и обработки экспериментальных данных / М.В. Радченко, Д.П. Чепрасов, Ю.О. Шевцов и др. // Обработка металлов. – 2008. – № 1. – С. 7-10.

2. Аддитивные технологии наплавки. Состояние и перспективы развития / М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов, В.С. Киселев // Сварка и диагностика. – 2017. – № 4. – С 38-42.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПРОКАТЕ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Зубков А.С. – магистрант, Попова А.А. – к.т.н., доцент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент,
Соломин А.С. – магистрант, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время при изготовлении тонколистового металлопроката, одной из важнейших задач является снижение дефектов поверхности, связанных с неметаллическими включениями [1, 2]. Чаще всего дефекты поверхности холоднокатаного проката, классифицируемые как «неметаллические включения», обусловлены выходом на поверхность неметаллических включений, образующихся при кристаллизации стали на определенном расстоянии от поверхности сляба (точечная неоднородность).

Цель работы – определить причины возникновения дефектов поверхности холоднокатаного листа. В качестве индикатора источника неметаллических включений использовались редкоземельные металлы (РЗМ), вводимые в металл на различных этапах производства: 1) на стадии внепечной обработки (сталь 08Ю, сталь DC05); 2) на стадии разливки – до начала и по ходу разливки через каждые 10–15 мин (сталь 08Ю).

Установлено, что легирующие элементы, примеси и газы (азот и кислород), за исключением водорода, распределены достаточно равномерно по толщине слябов. Такие дефекты макроструктуры слябов исследуемых сталей, как осевая рыхлость, химическая неоднородность, осевые трещины и трещины, перпендикулярные граням, не превышали 0,5-1,5 балла; точечная неоднородность – 1–2,5 балла; гнездообразные трещины не обнаружены.

Исследование сляба позволило установить типы неметаллических включений: оксиды сложного состава, содержащие РЗМ, Al, Fe, с примесью Ca, Mn; простые оксиды с преобладанием Al_2O_3 со следами Ti, Nb, P или Ca; сульфиды и оксисульфиды как простых, так и сложных окислов; нитриды и оксинитриды преимущественно Ti, Nb.

Точечная неоднородность в сталях 08Ю и DC05 образована преимущественно локальными скоплениями простых и сложных оксидов, оксисульфидов, располагается на расстоянии 2–84 мм от поверхности, максимальная ширина зоны точечной неоднородности 82 мм. В макроструктуре горячекатаного и холоднокатаного проката обнаружены линейные и точечные растравы по неметаллическим включениям, располагающиеся на определенном расстоянии от поверхности проката: на горячекатаном металле толщиной 5,5 мм – 0,4-1,8 мм; на холоднокатаном металле толщиной 3,0 мм – 0,25-1,00 мм, толщиной 1,8 мм – 0,20-0,45 мм. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при прокате листа на толщину 1,8–3 мм включения точечной неоднородности не выходят на поверхность, если залегают в слябе на глубине от 27 мм.

При исследовании дефектов установлено, что по месту «плены» и по «светлым полоскам», обнаруженным на горячекатаном травленом прокате, наблюдаются неметаллические включения (1 и 2 типа). Дефект холоднокатаного проката «плена» обусловлен скоплениями неметаллических включений и водорода. Кроме того, на поверхности холоднокатаного проката были выявлены дефекты прокатного происхождения: «серые пятна» (раскатывание вкатанной окалины), «светлая полоска» (механическое повреждение), «темные точки» (некачественная промывка полосы после травления).

Вывод: проведены мероприятия по защите металла от вторичного окисления, установлены источники возникновения дефектов поверхности холоднокатаного листа.

Литература

1. Технология монтажной сварки при ремонте стенки резервуаров вертикальных стальных / М.Н. Сейдуров, Е.П. Пыхтин, А.А. Попова, Д.А. Селиванов // Ползуновский альманах. – 2015. –№ 4. – С. 132-137.

2. Аддитивные технологии наплавки. Состояние и перспективы развития / М.В. Радченко, Т.Б. Радченко, Ю.О. Шевцов, В.С. Киселев // Сварка и диагностика. – 2017. – № 4. – С 38-42.

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЛКИ КОНЦЕВОЙ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ КРАНА

Кротов Е.М. – студент, Зубков А.С. – магистрант, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время, главной проблемой современного машиностроения является эффективность производства и качество продукции. На данный момент это связано с износом оборудования, несовершенной технологией производства. Чтобы сделать производство экономически более выгодным для заказчика, и при этом увеличить качество выпускаемой продукции, нам необходимо усовершенствовать технологический процесс сварки и внедрить новые специализированные механизмы.

Цель работы – разработать маршрут технологического процесса сборки и сварки балки концевой рамы тележки крана.

Подъемно-транспортное оборудование является основным средством механизации, предназначенным для транспортировки грузов до места их использования, эксплуатации или хранения. Подъемно – транспортное оборудование должно строго соответствовать своему назначению, обладать необходимой прочностью, устойчивостью и подвижностью, обеспечивать удобство и безопасность труда, занимать небольшие маневровые площади и обслуживаться малым числом работников, быть однотипным, экономичным и максимально соответствующим по производительности объему работ, подлежащему выполнению.

Концевая балка предназначена для обеспечения поперечной жесткости тележки крана, изготавливается из стали 09Г2С. Типовая технология сборки и сварки балки концевой тележки крана показана на рисунке 1.

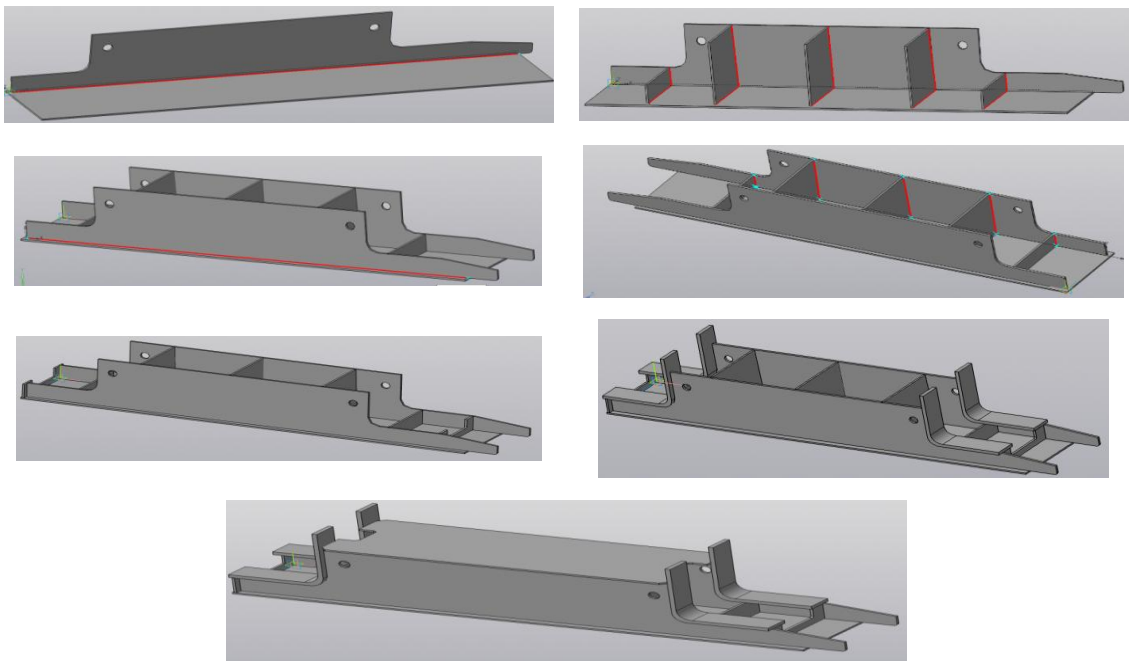


Рисунок 1 – Технология сборки и сварки балки концевой рамы тележки крана.

В настоящее время при производстве балок концевых тележек кранов на предприятии установлено, что процесс сборки не требует изменений, следовательно, предложений по усовершенствованию сборки балки концевой не будет. Сварочное производство на предприятии механизировано, но за счет изменения некоторого оборудования и замены защитного газа можно достичь более высокого качества сварных соединений.

Предлагаются следующие пути по усовершенствованию технологического процесса. Проанализировав процесс сварки в среде защитных механизированным производством, предлагается заменить смесь газов CO_2 в смеси с O_2 в процентной массовой доле 80% CO_2 и 20% O_2 на смесь газов CO_2 в смеси с Ar в процентном соотношении 80% CO_2 и 20% Ar. Данное изменение будет способствовать уменьшению разбрызгивания в процессе сварки и увеличению качества сварного соединения.

Замена базового сварочного оборудования, а именно подающего механизма на более универсальный и модернизированный, увеличит работоспособность персонала за счет более автоматизированного протекания процесса сварки.

В качестве оборудования, применяемого для механизированной сварки в среде углекислого газа, предлагается современный сварочный выпрямитель инверторного типа Урал-Мастер 500(02) У2 производства ЗАО «Уралтермосвар» с механизмом подачи проволоки УРАЛ-5. Для улучшения качества сварных соединений и повышения эффективности технологии изготовления балки концевой.

Таким образом, был проведен анализ технологичности конструкции балки концевой тележки крана, указаны рациональные причины выбора сварочного оборудования и защитного газа.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ ВЫХОДНОЙ СТУПЕНИ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ

Чуркин А.С. – студент, Зубков А.С. – магистрант, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В современном мире производство сварных конструкций занимает одну из лидирующих позиций на рынке. Чтобы оставаться в числе первых требуется постоянное совершенствование конструкции, технологии, оборудования и др.

Котлостроение относится к производству сварных конструкций. Для развития данной сферы необходимо оптимизировать производство крупногабаритных конструкций, механизировать производство с учетом современного рынка.

Выходная ступень пароперегревателя относится к группе технических устройств опасных производственных объектов «Котельное оборудование», поэтому следует уделить особое внимание требованиям, предъявляемым при ее изготовлении.

Цель работы – усовершенствование технологического процесса сборки и сварки выходной ступени пароперегревателя.

Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Анализ базовой технологии изготовления выходной ступени пароперегревателя;
2. Выбор способа режимов сварки, сварочных материалов, оборудования;
3. Разработка маршрута технологического процесса сборки и сварки выходной ступени пароперегревателя.

Выходная ступень пароперегревателя предназначена для нагрева пара до необходимой температуры за счет получения тепла из топочной камеры. Конструктивно выходная ступень пароперегревателя состоит из системы змеевиков объединенными входной и выходной камерами (рисунок 1). Для изготовления змеевиков обычно применяю сталь марки 12Х1МФ.

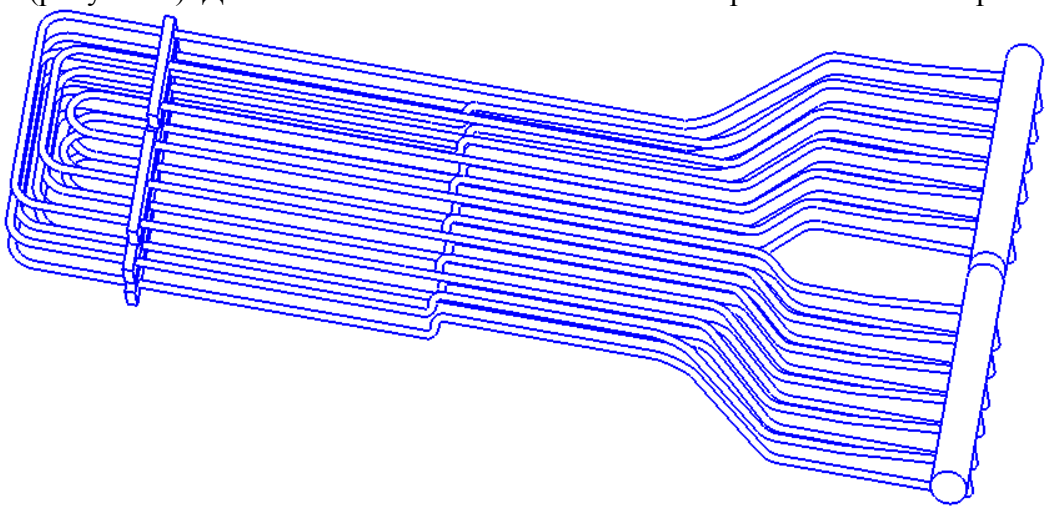


Рисунок 1 – Выходная ступень пароперегревателя.

Анализ конструкции показал, что на базовом предприятии сварка соединений змеевиковых труб с коллекторами производится ручной дуговой сваркой плавящимся электродом. Ввиду большого количества однотипных стыков и возникающих трудностей доступа к зоне сварки, предлагается использовать комбинированный способ сварки.

Корневой шов сваривается ручной аргонодуговой сваркой, заполняющий шов заваривается ручной дуговой сваркой плавящимся электродом.

Это позволит улучшить качество сварной конструкции, получить более глубокое проплавление корня шва с образованием мелкозернистой структуры.

Для достижения поставленной задачи был выбран сварочный полуавтомат TECH MIG 5000 (N221) компании «Сварог» (рисунок 2).

Рисунок 2 – Сварочный полуавтомат TECH MIG 5000 (N221)

Данный сварочный аппарат может обеспечить сварку сразу несколькими способами: механизированная сварка в смеси защитных газов (MIG), ручная дуговая сварка покрытым электродом (MMA) и ручная аргонодуговая сварка (TIG).

Внесенные изменения позволят повысить производительность и качество за счет комбинированного метода сварки и замены оборудования на более универсальное.

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШИРМЫ ВОДЯНОГО ЭКОНОМАЙЗЕРА

Шафигулин А.Б. – студент, Зубков А.С. – магистрант, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Применяемое сборочно-сварочное оборудование и оснастка на предприятиях по производству котельного оборудования, чаще всего не соответствует современным требованиям, а также может отсутствовать единая поточная линия при изготовлении ширм водяных экономайзеров.

Цель работы – разработать маршрут технологического процесса сборки и сварки ширмы водяного экономайзера.

Ширмы водяного экономайзера предназначены для перегрева поступающего в них насыщенного пара до заданной температуры. Ширма предназначена для работы в системе энергетического комплекса. Конструкция изделия состоит из 16 плавниковых труб, которые изготавливаются из двух частей, в каждой части по 8 плавниковых труб (рисунок 1). Изделие длиной 21750 мм и шириной 2423 мм, с двумя коллекторами по концам, штуцером для подвода и отвода рабочей среды. Концы ширм с обеих сторон привариваются к коллектору верхнему и нижнему. Толщина стенки трубы и плавников составляет 4 мм, диаметр труб 42 мм.

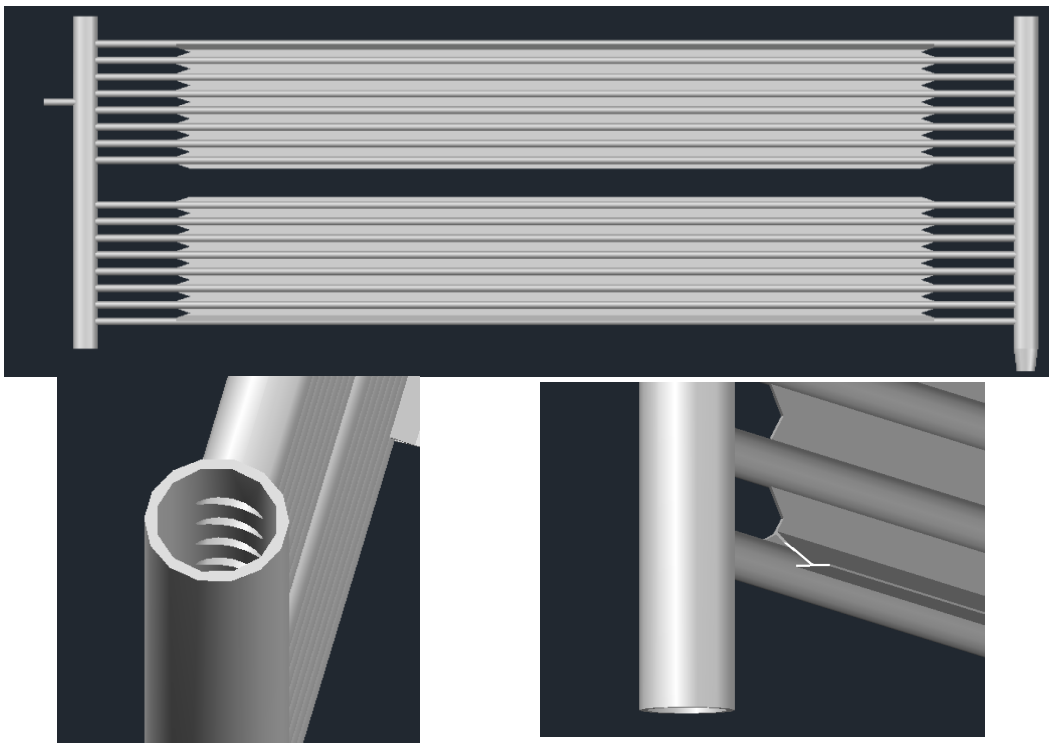


Рисунок 1 – 3d-модель ширмы водяного экономайзера

В настоящие время не предусмотрено специализированных приспособлений для подачи труб, кантовки элементов в накопители. На данный момент все операции на производстве осуществляются в ручную или при помощи подъемно-транспортного оборудования, что влечет за собой тяжелые условия труда для вспомогательных рабочих или же создаются большие нагрузки на подъемно-транспортное оборудование, из-за этого возрастает трудоемкость и падает производительность труда. Полосовой прокат на предприятия поставляют отдельными мерными полосами, которые свариваются между собой стыковой сваркой с удалением града и намоткой полосы в бухту. Это очень трудоемкий процесс.

Предлагаются следующие пути по улучшению качества выпускаемой продукции и усовершенствованию технологического процесса:

1. На начальной стадии проектирования следует связать изготовления ширм в единый поток, что уменьшит трудоемкость и увеличит скорость сборки и сварки;

2. Максимально исключить погрузо-разгрузочные работы, используя специальное оборудование (транспортеры, рольганги, кантователи) для подачи изделия;

3. Максимально уменьшить разбивку изделия на узлы.

Существующая на производстве технология имеет ряд недостатков, одним из которых является недостаточная автоматизация производства. Использование современного и высокопроизводительного сборочно-сварочного оборудования для производства ширм экономайзера значительно уменьшит трудоемкость и увеличит производительность труда, что сократит затраты на производство данного изделия, освободит основных производственных рабочих и улучшит качество выпускаемой продукции.

Из-за того, что контактная стыковая сварка оплавлением или сопротивлением не обеспечивает нужного качества сварных соединений, а так как ширма экономайзера является ответственной конструкцией, целесообразно использовать аргонодуговую сварку неплавящимся электродом с подачей присадочного материала.

Предлагаемая технология сборки и сварки ширмы экономайзера показана на рисунке 2 и включает следующие этапы:

1. Сварка труб встык осуществляется аргонодуговой сваркой;

2. Сварка плавников к трубам осуществляется автоматической сваркой под слоем флюса;

3. Сварка плавниковых труб к коллектору осуществляется аргонодуговой сваркой;

4. Приварка прутков, необходимых для транспортировки, осуществляется автоматической сваркой под слоем флюса.

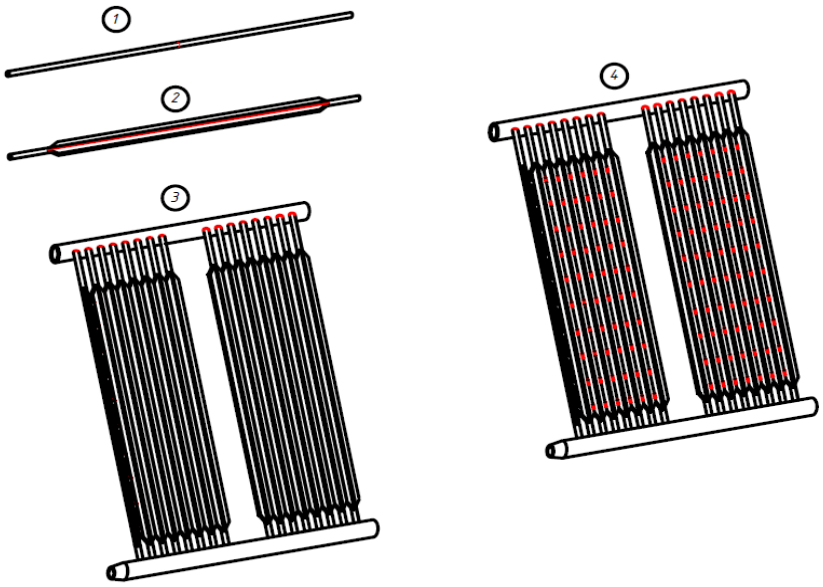


Рисунок 2 – Технология сборки и сварки ширмы водяного экономайзера.

Выводы:

1. На основе представленной 3d-модели были выявлены основные сборочно-сварочные узлы ширмы водяного экономайзера.

2. Был разработан маршрут технологического процесса, который позволит ускорить процесс сборки и сварки, улучшить условия труда и повысить качество выпускаемой продукции.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УПРОЧНЕННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН ЗА СЧЕТ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ

Куприянова М.П. – магистрант, Бородина В.А. – магистрант,
Тимошенко В.П. – к.т.н., доцент, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Увеличение срока службы деталей машин является одной из основных задач машиностроения. В решении этой задачи значительное место занимает вопрос упрочнения быстроизнашиваемых рабочих органов почвообрабатывающих машин наплавкой с использованием износостойких материалов.

Одним из наиболее эффективных способов упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин, в частности полевых досок плугов, является индукционная наплавка твердых сплавов [1].

В настоящее время на предприятиях, производящих сельскохозяйственную технику, технологический процесс упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин в большинстве случаев осуществляется вручную. При этом, рабочий подвергается вредному влиянию, сопутствующих этому процессу физических явлений, таких как:

– воздействие электромагнитного поля высокочастотного генератора;
– инфракрасное излучение;
– высокая степень задымленности;
– насыщенность воздуха мелкодисперсной пылевой фракцией.

Устранение вредного влияния сопутствующих процессов может быть достигнуто автоматизацией технологии наплавки.

Второй задачей является получение структуры наплавленного металла, обеспечивающей максимальную износостойкость при сохранении геометрических размеров наплавленного слоя, определяемых чертежом детали.

Установлено, что при индукционной наплавке в наплавленном слое формируются три основных структурных составляющих: доэвтектическая, эвтектическая и заэвтектическая.

Если принять относительную износостойкость заэвтектической зоны за единицу, то сопротивление истиранию эвтектической зоны будет равно 0,67, а доэвтектической зоны – 0,57 [1]. Следовательно, преимущественное формирование в наплавленном слое заэвтектической структуры при той же толщине наплавленного слоя позволит увеличить ресурс работы, в частности полевой доски.

Основной причиной развития в наплавленном слое наименее износостойкой доэвтектической зоны является растворение основного металла в жидкой ванне твердого сплава. Это происходит при температурах, близких к солидусу основного металла, т. е. при перегреве и характерно для наплавки с нерегулируемой выходной мощностью высокочастотного генератора.

Перегрев при наплавке может привести к проникновению наплавленного твердого сплава между зернами в основной металл, характеризующемуся как IV стадия сплавления [1], а также к значительному росту зерна основного металла (балл 1…2). Это приводит к необратимому увеличению хрупкости наплавленного участка. Ударная вязкость снижается в 10…15 раз. Поэтому критерием недопустимых структурных изменений является наличие IV стадии сплавления и рост доэвтектической зоны, превышающей 1/3 общей толщины наплавленного слоя.

В работе [2] показано, что при индукционной наплавке с постоянной скоростью плавления шихты удельная мощность тепловых источников должна плавно уменьшаться от $Р_{max}$ до $Р_{min}$. В этом случае плавление шихты происходит в заданном температурном интервале, что обеспечивает преимущественное развитие наиболее износостойкой заэвтектической зоны.

Для индукционной наплавки рабочих органов почвообрабатывающих машин нашли применение в основном две группы твердых сплавов. Это литые твердые сплавы (Сормайт–1, ПГ–УС25, ПГ–С27) и псевдосплавы (порошковые смеси сплава – связки и феррохрома). Предпочтение отдается псевдосплавам по следующим причинам:

– они имеют пониженную температуру плавления сплава связки – 1080…1120 °С;

– обладают меньшей жидкотекучестью, чем литые сплавы, что способствует удержанию расплава на наплавляемой поверхности;

– оплавляясь, зерна феррохрома дополнительно легируют связку хромом и углеродом, что способствует подавлению роста наименее износостойкой доэвтектической зоны.

Исходя из этого, для наплавки полевых досок выбран псевдосплав ПС–14-80.

Для индукционной наплавки рабочих органов почвообрабатывающих машин нашли применение в основном два способа – шаговый и непрерывно–последовательный. В нашем случае выбран непрерывно–последовательный, т. к. при обеспечении требуемого качества он имеет более высокую производительность.

Использование наплавки с регулируемым тепловложением [3–4] позволило получить наплавленный слой, в котором заэвтектическая зона занимает 90…95% от общей протяженности наплавленного слоя (рисунок 1).

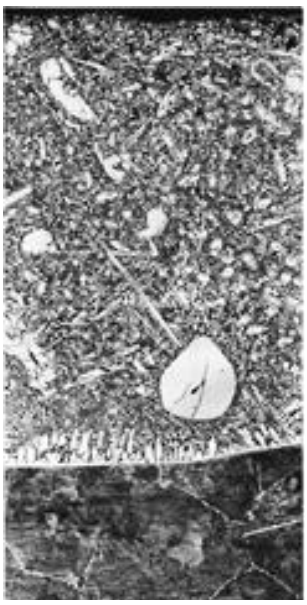
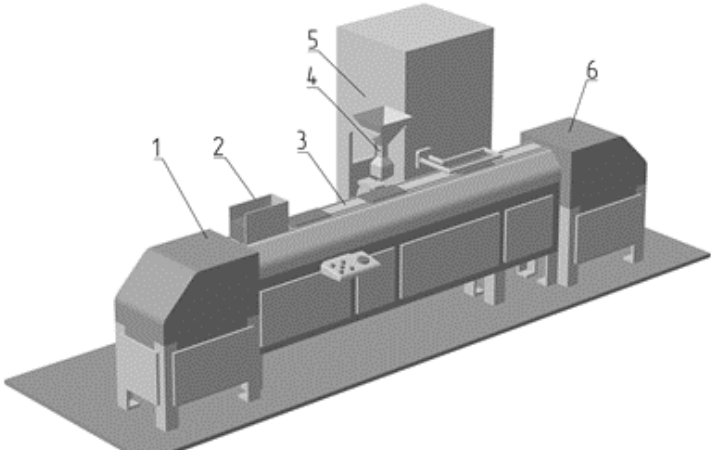


Рисунок 1 – Микроструктура основного металла и наплавленного слоя, ×100.

Для осуществления предложенного технологического процесса индукционной наплавки полевых досок плугов разработан проект полуавтоматической линии (рисунок 2).

Линия включает в себя механическую часть и электрооборудование. Механическая часть состоит из сварной станины, на которой установлен вертикально замкнутый конвейер. На станине расположен магазин для заготовок и бункер с дозатором шихты. На цепи конвейера закреплены толкатели, каждый из которых поочередно, подходя к механизму загрузки выталкивает нижнюю заготовку и с постоянной скоростью перемещает ее по направляющим под дозатором шихты и через индуктор до позиции сброса в тару. Направляющие выполнены из износостойкого металла, а в зоне действия индуктора – из немагнитного материала, для того, чтобы исключить возможность ее нагрева.

Привод состоит из электродвигателя переменного тока, двух червячных редукторов, клиноременного вариатора и шариковой предохранительной муфты. Вариатор дает возможность осуществлять бесступенчатое регулирование скорости движения конвейера при отработке технологического процесса.



1 – сварная станина, 2 – магазин для заготовок, 3 – заготовка под наплавку,
4 - бункер с дозатором шихты, 5 - генератор ТВЧ, 6 – привод

Рисунок 2 – Линия для полуавтоматической индукционной наплавки полевых досок плугов

Для нагрева упрочняемой части полевой доски должен использоваться специализированный для индукционной наплавки генератор ВЧГ7–160/0,044, работающий в комплекте с петлевым проходным индуктором. Для исключения коротких замыканий между наплавляе-

мой деталью и индуктором последний с помощью газодетонационного напыления покрыт электроизоляционным слоем состоящим из окиси алюминия, наличие которого дает возможность уменьшить рабочий зазор в индукторе, и как следствие, увеличить тепловложение в деталь, повысить производительность и снизить расход электроэнергии на 10…15%.

Список литературы

1. Ткачев В.Н. Индукционная наплавка твердых сплавов / В.Н. Ткачев, Б.М. Фиштейн, Н.В. Казинцев, Д.А. Алдырев.– М. Машиностроение, 1970.–182 с.

2. Боль А.А. Оптимизация процесса индукционной наплавки / А.А. Боль, В.Н. Коваль, В.П. Тимошенко, С.П. Лесков, В.П. Шерышев.– Изв. СО АН СССР. сер. Технических наук, № 109, вып. 2, 1985.– с. 86–92.

3. Боль А.А. Повышение качества индукционной наплавки путем оптимизации и автоматизации нагрева / А.А. Боль, В.П. Тимошенко, В.Н. Коваль.– Изв. СО АН СССР. сер. Технических наук, вып. 1, 1989.– с. 85–90.

4. Тимошенко В.П. Программирование режимов индукционной наплавки долотообразных лемехов / Автоматическая сварка.– 1985.– № 10.– с. 73–74.

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ДОЛОТООБРАЗНЫХ ЛЕМЕХОВ ПЛУГОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Куприянова М.П. - магистрант, Бородина В.А. - магистрант, Тимошенко В.П. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для повышения долговечности долотообразные лемеха плугов подвергаются индукционной наплавке твердыми сплавами [1]. Однако долговечность лемехов определяется не только износостойкостью наплавленного металла, но и прочностью его основного металла, особенно на долоте [2].

Для изготовления лемехов чаще всего используется углеродистая сталь Л53 ГОСТ 8531-78. При вспашке почвы контур лемехов значительно изменяется. Характер линейного износа режущей кромки лемехов представлен на рисунке 1.

Из рисунка видно, что наиболее активно изнашивается носовая часть лемеха, в результате чего постепенно исчезает долотообразный выступ.

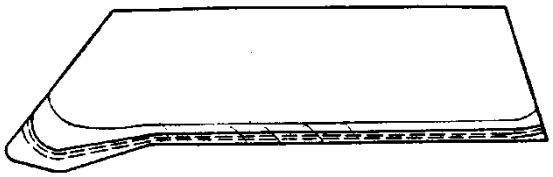


Рисунок 1 – Изменение контура лемеха в процессе износа.

Долото лемеха при работе в почве является наиболее нагруженной частью. Его износ примерно в 5…8 раза выше, чем прямолинейная часть лемеха. Поэтому, чтобы повысить ресурс работы лемеха долото кроме износостойкой наплавки подвергают закалке.

Согласно технологическому процессу лемех после наплавки (температура наплавки 1280…1320 °С) должен остыть до температуры 810…830 ^{0}С и после закалки в воде отпуститься за счет теплопередачи от лезвия лемеха, которое закалке не подвергается.

Известно, что для доэвтектоидных сталей, к которым относится сталь Л53, температура закалки должна быть на 30…50 ^{0}С выше точки A_{C3} – 810...830 ^{0}С [1]. При превышении этой температуры до величины 1280…1320 ^{0}С и достаточно длительной выдержкой наплавляемой части лемеха при этой температуре (15…20 с) происходит рост зерна аустенита. В стадии поставки периодический прокат имеет балл зерна аустенита 8…9, а после наплавки соответственно 1…2, в результате чего снижается ударная вязкость, увеличивается возможность возникновения больших закалочных напряжений.

Экспериментально установлено, что время остывания лемеха после наплавки до температуры закалки лежит в пределах от 65 до 75 с. Эти данные получены при контроле термического цикла остывания с помощью термопар. В производственных условиях при обследовании партии из 50 лемехов установлено, что команду на срабатывание механизма закалки фотопирометр подает в интервале от 15 до 45 с. Это объясняется тем, что после наплавки на поверхности металла образуется окалина, которая при остывании вспучивается и вносит существенную погрешность при измерении температуры фотопирометром.

В результате, в большинстве случаев закалка производится с температур 1000…1150 ^{0}С, что приводит к образованию трещин (рисунок 2).

Для выявления структуры и свойств основного металла после термообработки были проведены исследования по трем вариантам.

1 и 2 варианты – имитация существующего технологического процесса. Вариант 3 – предлагаемая технология термообработки.

Рисунок 2 – Трещины в основном металле лемеха
после термообработки по существующей технологии, ×450

1) Нагрев до 1300 °С, с охлаждением до 810 °С, закалка в воде, отпуск при 340...360 °С.

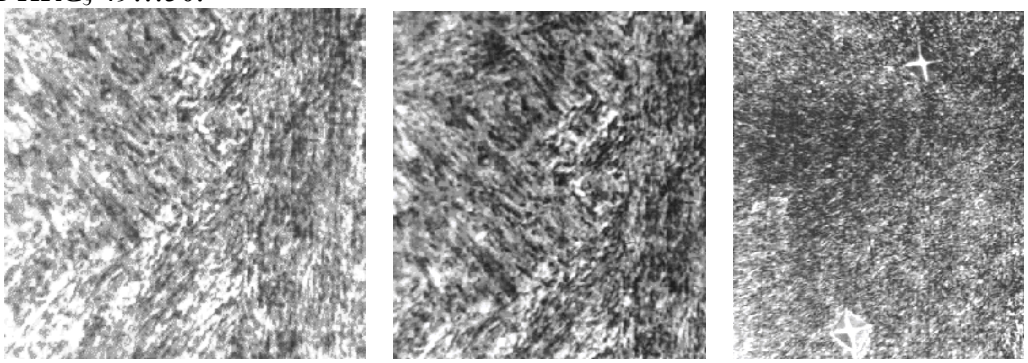
Образовавшаяся структура – сорбит с областями бейнита. Балл зерна 1…2 (рисунок 3). Твердость $HRC_э$ 47…49.

2) Нагрев до 1300 °С, с охлаждением до 810 °С, закалка в воде без отпуска.

Образовавшаяся структура – бейнит с областями мартенсита. Балл зерна 1…2 (рисунок 4). Твердость $HRC_э$ 47…49.

3) Нагрев до 1300 ^{0}С и охлаждение на воздухе. Нормализация при 830 ^{0}С. Закалка в воде. Отпуск при 360 ^{0}С.

Образовавшаяся структура – троостит с областями бейнита. Балл зерна 8…9 (рисунок 5). Твердость $HRC_э$ 49…50.



а) б) в)

а, б, в – соответственно 1, 2, 3 варианты термообработки

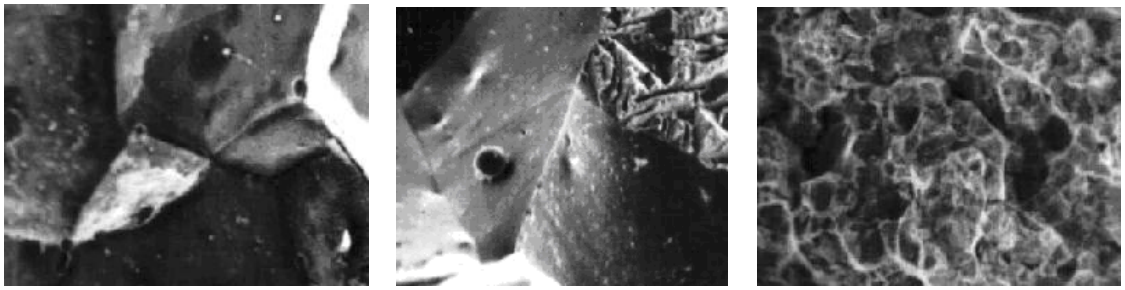
Рисунок 3 – Структура основного металла лемеха после
различных вариантов термообработки, ×450.

За критерий оценки качества закалки были приняты испытания на ударную вязкость. Проведенные испытания показали, что у образцов, закаленных по 1 и 2 вариантам ударная вязкость соответственно в 1,27 и 1,32 раза ниже, чем у образцов, термообработанных по варианту 3.

После испытаний был исследован характер излома. Все образцы имеют межзереннный характер разрушения. У образцов термообработанных по варианту 1 и 2 видны почти не искаженные поверхности границ зерен с резко выраженными краями и точками пересечения фасеток отдельных зерен (рисунки 4 а,б). Четко очерчены вторичные трещины по границам зерен. У образцов, закаленных по варианту 3 в сочетании с межзеренным разрушением имеются фасетки скола (рисунок 4 в). Вторичные трещины отсутствуют.

В результате проведенного комплекса исследований установлено, что наилучшие результаты показали образцы, нормализованные после закалки.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что введение нормализации, как отдельной операции, позволит значительно улучшить эксплуатационные качества долотообразных лемехов. При этом окажется возможным обеспечить размеры зоны закалки в соответствии с требованиями чертежа.



а) б) в)

Рисунок 4 – Фрактограммы излома закаленных образцов, ×500.
а, б, в – соответственно 1, 2, 3 варианты закалки

Таким образом, основной задачей термической обработки после индукционной наплавки является устранение последствий перегрева основного металла. С этой целью в технологическом процессе изготовления деталей после наплавки необходимо предусматривать операцию нормализации с последующим отпуском.

Технология и режимы нормализации наплавленных деталей не имеют принципиальных отличий от аналогичной термической обработки других сталей, имеющих крупное зерно.

Испытания лемехов, термообработанных по предлагаемой технологии, показали, что ресурс их работы по сравнению с серийно выпускаемыми лемехами, повесился в среднем на 23%.

1) В результате проведённых исследований установлено, что существующий на ряде предприятий сельхозмашиностроения технологический процесс изготовления долотообразных лемехов приводит к образованию крупнозернистой структуры в основном металле, в результате чего происходит облом долота лемеха и, как следствие, его выбраковка.

2) Введение в процесс термообработки долота лемеха операции нормализации с последующим отпуском позволяет измельчить зерно основного металла, предотвратить образование закалочных трещин и существенно повысить его ударную вязкость. В результате ресурс работы лемеха повышается в среднем на 23 %.

Список литературы

1. Индукционная наплавка твердых сплавов.– В.Н. Ткачев, Б.М. Фиштейн, Н.В. Казинцев, Д.А. Алдырев. – М.: Машиностроение, 1970.– 185 с.

2. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин.– В.Н. Ткачев. – М.: Машиностроение, 1971.– 264 с.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРОЙНОЙ СМЕСИ $AR_{2+}O_2+CO_2$ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВАГОНОСТРОЕНИИ

Переверзев И.М. – студент, Лукин М.М. – студент, Шабалин В.Н. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На большей части территории Российской Федерации железнодорожный транспорт является основным средством для осуществления грузоперевозок. Одним из направлений в железнодорожных грузоперевозках является транспортировка крупногабаритных, крупнотоннажных грузов, в том числе и продукции лесной промышленности. В связи с ростом экспортных поставок леса, появилась потребность в специализированных железнодорожных платформах.

ОАО «Алтайвагон», являющееся одним из крупнейших вагоностроительных заводов в нашей стране запустило в серийное производство универсальную платформу модели 13-2114П, которая может быть оснащена стойками ВО-118А для перевозки лесоматериалов, не требующих защиты от атмосферных осадков, [ГОСТ 33976-2016] [1].

Широко применяемый на предприятиях вагоностроения способ механизированной дуговой сварки проволокой марки СВ-08Г2С в смеси CO_2 показывал существенные недостатки при сборки сварки стоек для перевозки лесоматериалов, поэтому был намечен переход на сварку тройной смесью на основе аргона, [ГОСТ Р ИСО 14175-2010] [2].

Сварка контрольных образцов омедненной сварочной проволокой марки СВ-08Г2С диаметром 1.2 мм в тройной смеси $Ar+CO_2+O_2$ показала несомненное преимущество данного способа по сравнению со сваркой в CO_2. Для изготовления контрольных образцов использовали стали 09Г2Д, 09Г2С, 09Г2, Ст3сп, которые находят широкое применение в вагоностроении. Для сварки использовали сварочный полуавтомат «Vatiostar-404» фирмы «Fronius» с инверторным источником питания дуги.

Отработка технологии сварки на контрольных образцах показала, что сварка в тройной смеси $Ar+CO_2+O_2$ на токах ниже «критических» характеризуется крупнокапельным переносом электродного металла с повышенным разбрызгиванием. Поэтому при таком ведении процесса сварки теряются все достоинства смеси на основе аргона. Сварку в газовой смеси на основе аргона наиболее рационально выполнять на форсированных режимах. когда наступает струйный перенос металла. Для сварочной проволоки диаметром 1.2 мм струйный перенос наблюдается на токах порядка 250А (постоянный ток обратной полярности) Применение омедненной проволоки способствовало улучшению стабильности процесса горения дуги и переноса металла. Апробированную на контрольных образцах технологию механизированной сварки тонкой проволокой в смеси $Ar+CO_2+O_2$ рекомендовали при изготовлении стойки ВО-118А железнодорожной платформы.

Анализ результатов работы по использованию сварки в смеси $Ar+CO_2+O_2$ проволокой диаметром 1.2 мм показывает несомненные преимущества данного способа по сравнению со сваркой в CO_2.

При этом обеспечивается:

- хорошее формирование и внешний вид сварных швов;
- заметное снижение уровня разбрызгивания и набрызгивания электродного металла вследствие его струйного переноса;
- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- высокие показатели механических характеристик сварных соединений;
- экономия времени на очистку околошовных зон от брызг электродного металла;
- снижение себестоимости из-за снижения расхода легированной дорогостоящей проволоки.

При сварке проволокой диаметром 1.2 мм повышенный уровень ультрафиолетового излучения и повышенное содержание озона проявлялись незначительно при сварке в смеси.

Таким образом установлено, что использование смеси $Ar+CO_2+O_2$ типа М24 по ГОСТ ИСО 14175-2010 позволяет производить дуговую сварку низкоуглеродистых, низколегированных сталей с более высоким качеством и экономичностью, чем чистый CO_2.

Список литературы

1. ГОСТ 33976-2016 «Соединения сварные в стальных конструкциях железнодорожного подвижного состава». Москва. Стандартинформ, 2017,-52с.

2. ГОСТ Р ИСО 14175-2010 Материалы сварочные. «Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов». Москва. Стандартинформ, 2011,-11с.

3. «Высокая производительность и качество сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей плавящимся электродом в защитных газовых смесях на основе аргона». Журнал «Сварщики» №6 (10) – 2009, с.10.

УПРАВЛЯЕМЫЙ ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОДНОГОМЕТАЛЛА МЕТОДОМ CMT ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В CO_2 КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Андреев К.А. – студент, Грамоздин А.И. – студент, Шабалин В.Н. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Ключевым вопросом при разработке новых сварочных технологий для машиностроения, в том числе вагоностроения, является необходимость повышения производительности сварки. В прошлом особое внимание уделялось сокращению времени сварки за счет увеличения скорости сварки или/или сведения к минимуму объемов послесварочной механической обработки и работ по правке деталей, необходимых при сварке тонкостенных изделий. При выполнении некоторых сварочных работ высокое тепловложение может создавать трудности. Хорошим примером являются тавровые швы: если сварочная ванна становится слишком текучей, возможно оседание шва при выполнении сварки заготовок с большой площадью поперечного сечения в вертикальном положении или при работе в неудобном положении. Для сварки в указанных условиях требуется более стабильный процесс с еще меньшим тепловложением и возможностью точной настройки, [1].

Для областей производства, где необходима повышенная стабильность процесса и непрерывный контроль процесса сварки во всем диапазоне мощности, компания Fronius разработала систему CMT, [2]. CMT – это сокращение от Cold Metal Transfer (перенос холодного металла), при короткой дуге. При этом процессе проволока перемещается не только к сварочной ванне, но и осуществляется обратное движение. При традиционной сварке короткой дугой только прохождение тока воздействует на образование капли; это означает, что требуется относительно высокий ток для перетекания электродного металла в сварочную ванну под действием сил пинч–эффекта. В процессе CMT переход металла в ванну происходит при низком токе в фазе короткого замыкания за счет обратного движения проволоки.

Отличительной чертой технологии CMT является быстрое контролируемое возвратно-поступательное перемещение электрода в процессе выполнения сварки. Обратное движение электрода начинается при коротком замыкании (в момент касания электродом сварочной ванны). По истечении определенного периода горения дуги направление перемещения проволоки изменяется, и проволока снова перемещается по направлению к заготовке. В данном случае, в отличие от технологий импульсной сварки или сварки со струйным переносом, отделение капли осуществляется в процессе короткого замыкания при сохранении контроля над процессом. Более того, технология CMT обеспечивает малую длину и высокую стабильность электрической дуги, поскольку проволока отводится назад на определенное расстояние независимо от скорости подачи. Это позволяет получать сварные швы практически без брызг, уменьшить тепловложение в металл и получить другую геометрию сварного шва. Процесс CMT может быть использован в комбинации с импульсной дугой в областях,

где возможно повышенное образование трещин и необходима повышенная скорость сварки. Сварочная система CMT является полностью цифровой и дистанционно регулируемой.

Тепловложение значительно ниже, чем при традиционной сварке короткозамкнутой дугой, поскольку короткое замыкание прерывается не при высоком токе (что наблюдается при сварке короткозамкнутой дугой), а при низком, в момент отвода проволоки. Управляемый перенос капли в сварочную ванну позволяет добиваться малого брызгообразования или его полного отсутствия, что дополнительно повышает стабильность процесса по сравнению с традиционными технологиями дуговой сварки в CO_2.

Основные области применения механизированной дуговой сварки в CO_2 с использованием технологии CMT (холодного переноса металла):

– соединение материалов большой и малой толщины;

– все области применения, предъявляющие высокие требования к внешнему виду сварочного шва.

Процесс CMT быстро завоевал признание и доказал свою применимость во многих технологических процессах.

Процесс выполняется исключительно с полностью цифровыми инверторными источниками питания. Принципиально сварочная система использует новейшее оборудование для сварки MIG/MAG, но с учетом специфических требований. Прежде всего, достоин внимания высоко-динамичный встроенный в сварочную горелку механизм подачи проволоки. Как только источник питания обнаруживает короткое замыкание, производится возвратное движение сварочной проволоки, с одновременным понижением сварочного тока. В результате отделяется капля. Каждую секунду происходит до 90 чередований «горячей» и «холодной фаз», что значительно снижает тепловложение в свариваемое изделие. Тепло поступает в металл во время короткой «горячей» фазы горения дуги. В фазе отвода проволоки («холодной») в образующуюся сварочную ванну вводится только одна капля металла. В результате улучшается заполнение зазора, отсутствует необходимость использования подкладки, уменьшаются деформации, практически отсутствует разбрызгивание и сокращается обработка, [3].

В заключение можно отметить, что вышеприведенные особенности делают технологию CMT идеальной для использования в вагоностроительной отрасли и в целом машиностроении.

Литература

1. Щекин В.А. Технологические основы сварки плавлением. – Учебное пособие. / ДГТУ, Ростов-на-Дону, 2008. – 226 с.

2. Интернет-портал – http://tctena.ru/texnologii/cmt .

3. Крюков А.В. Повышение эффективности механизированной сварки в CO_2 за счет применения цикличной подачи электродной проволоки. Автореферат диссертации к.т.н. по специальности 05.02.10. Барнаул, 2008 г. – 22 с.

УПРАВЛЯЕМЫЙ ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА МЕТОДОМ STT ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В CO_2 КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Грамоздин А.И – студент, Андреев К.А. – студент, Шабалин В.Н. – к.т.н., профессор.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сварка в углекислом газе с управляемым переносом металла за счёт изменения формы импульсов реализована компанией Линкольн Электрик (США) в методе STT, [1].

Аббревиатура STT расшифровывается как «Surface Tension Transfer» – это так называемый механизм переноса капли с помощью сил поверхностного натяжения. Он представляет собой одну из разновидностей процесса переноса короткими замыканиями, который реализуется при дуговой сварки в среде защитных газов с одним важным отличием – расплавленный

металл переносится за счет сил поверхностного натяжения сварочной ванны, которая втягивает в себя жидкую каплю на конце проволоки. Электромагнитное сжимающее давление при Пинч-эффекте дополнительно помогает капле отделиться, но не является основным механизмом переноса, как это наблюдается при обычной сварке короткими замыканиями. Этот вид переноса позволяет значительно сократить разбрызгивание и дымообразование в отличие от традиционных методов. Процесс прост в использовании, обеспечивает хороший контроль сварочной ванны и позволяет значительно снизить вероятность образования несплавлений. Он не требует от сварщика высокой квалификации для того, чтобы выполнить качественное сварное соединение. Кроме этого, простота процесса STT сокращает время обучения сварщиков, [2].

Процесс STT принципиально отличается от обычной механизированной сварки в CO2 возможностью прямого управления условиями переноса металла в сварочную ванну. Это обеспечивают быстродействующая инверторная схема источника питания и специальный микропроцессорный модуль, принудительно задающий необходимый уровень сварочного тока. В течение всего цикла переноса капли ток жестко зависит от фразы ее формирования и переходы в ванну. Так в начальный период короткого замыкания ток снижается до 10 А, а после перетекания капли в ванну, когда длина дуги имеет максимальное значение, подается пиковый ток для формирования новой капли и обеспечения необходимого проплавления металла.

Изменение сварочного тока при сварке методом STT:

T1 – Базовый ток (50…100А) – подготовка капли к короткому замыканию (капля принимает форму правильной сферы);

T2 – Начальный период короткого замыкания (Iсв = 10А в течение 0.75 мс);

T3 – Рост тока и электромагнитных сил сжатия жидкой перемычки (перетекание металла капли ванну);

T4 – Отделение капли без разбрызгивания (Iсв = 5А);

T5 – Пиковый ток (350…400А) – формирование новой капли и обеспечение необходимого проплавления металла;

T6 – Переход на базовый ток, [1].

Способ предназначен для сварки на спуск и на подъем корневого, заполняющего и облицовочного слоя шва при толщине металла до 8 мм слоя проволокой диаметром 1.2 мм. Для нейтрализации окислительного действия, углекислого газа при сварке сварочная проволока содержит элементы–раскислители.

Компанией Lincoln Electric специально для этого процесса разработан 225-ти амперный инверторный источник питания Invertec STT II, реализующий технологию управления формой сварочного тока. При сварке за счет регулирования определенным способом формы выходного тока добиваются выше указанных преимуществ. Источник питания дуги Invertec STT II отличается от обычных сварочных источников. Он не является ни источником с жесткой характеристикой, ни источником с крутопадающей характеристикой. Аппарат имеет обратную связь, которая отслеживает основные этапы переноса капли и мгновенно реагирует на процессы, происходящие между электродом и сварочной ванной, изменяя величину и форму сварочного тока.

Основными параметрами дуговой сварки в CO2 методом STT являются:

1) Скорость подачи сварочной проволоки;

2) Пиковый ток;

3) Базовый ток;

4) Длительность импульсов тока;

5) Ток короткого замыкания.

Источник питания Invertec STT II не осуществляет регулировку напряжения дуги. Напряжение, требуемое дугой, автоматически устанавливается самим аппаратом. Это приводит к тому, что величина тепла, вводимого в сварочную ванну, не зависит от скорости подачи проволоки. Помимо этого, улучшаются условия контроля за формированием

сварочной ванны. Этап Пинч-эффекта также автоматически контролируется источником. Разбрызгивание электродной проволоки при сварке минимально или практически отсутствует. Процесс STT позволяет сваривать с высоким качеством все стали, начиная с простой углеродистой стали и заканчивая сталями с высоким содержанием легирующих элементов, [2].

С использованием этого метода спроектирован перспективный технологический процесс сварки балок поперечной жесткости для грузовых полувагонов. Рекомендовано провести опробование метода STT для механизированной сварки СО2 тонколистовых конструкций подвижного состава ж/д транспорта для предприятия АО «Алтайвагон».

Литература

1. В.А. Щекин. Технологические основы сварки плавлением. Учебное пособие. / ДГТУ, Ростов-на-Дону, 2008, 226 с.
2. www.lincolnweld.ru

ОСОБЕННОСТИ ДУГОВОЙ СВАРКИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В СМЕСИ $CO_2 + O_2$

Дудкин Р.А. – студент, Карпов М.М. – студент, Шабалин В.Н. – к.т.н., профессор.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Использование в качестве защитной среды смеси CO_2 + до 30% O_2,[1], позволяет интенсифицировать металлургические процессы в сварочной ванне, выполнять сварку на повышенных скоростях и режимах за счет увеличения тепловой энергии. Однако добавка O_2 к CO_2 свыше 20% вызывает существенное снижение содержания элементов–раскислителей в металле шва, и уменьшают его прочностные и пластические свойства. Эффективность сварки в смесях CO_2+O_2 определяется как производительностью процесса, так и низкой стоимостью защитной среды. Добавка кислорода в CO_2 способствует измельчению капель электродного металла, снижает их разбрызгивание и уменьшает набрызгивание на свариваемые детали, обеспечивает стабильность процесса сварки в широком диапазоне режимов. Смеси CO_2+O_2 обеспечивают более глубокое, чем в CO_2, проплавление основного металла. При сварке в смеси CO_2+O_2 несколько снижается высота усиления сварных швов, обеспечивается более плавный переход к основному металлу.

В процессе добавления кислорода в углекислоту разбрызгивание металла во время сварки уменьшается, улучшается формирование сварного шва. Кислород также влияет на характер переноса электродного металла. Добавление O_2 к CO_2 уменьшает силу поверхностного натяжения жидкого металла, которая удерживает каплю на конце проволоки. Это приводит к лучшему отрыву капель и переходу к более мелкокапельному переносу и снижению разбрызгивания. Улучшается формирование шва. Уменьшается высота усиления и чешуйчатость шва.

Сварка в смеси CO_2 + O_2 наряду с преимуществами имеет и некоторые недостатки, связанные с повышенным выгоранием Mn и Si и повышенного окисления сварочной ванны. Поэтому для сварки CO_2 + O_2 рекомендуется использовать проволоку, дополнительно легированную цирконием марки Св-08Г2СЦ или Св-09Г2СЦ.

К преимуществам механизированной сварки в смеси защитных газах и CO_2 + O_2 относятся [2]: снижение количества прилипания металлических брызг в области соединения и, как следствие, уменьшение трудоемкости по удалению брызг до 95%, увеличение массы наплавляемого материала за единицу времени, уменьшение потерь электродного материала на разбрызгивание во время производства соединений, значительное повышение пластичности и плотности неразъемного соединения деталей, существенное повышение прочности сварочного соединения, улучшение гигиенических условий труда на рабочем месте, получаемое за счет существенного снижения количества выделяемых дымов и

сварочных аэрозолей, стабильность сварочного процесса, даже при условии неравномерной подачи проволоки в зону соединения , возможность сварки в любых пространственных положениях, применение электродной проволоки небольшого сечения.

Учитывая преимущества способа дуговой сварки в защитной смеси CO_2 + O_2 в сравнении со сваркой в одном углекислом газе и проведении анализа применения этого метода в производстве сварных конструкций на многих предприятиях машиностроительного профиля [3], при разработке технологического процесса сварки балки концевой грузового полувагона из низкоуглеродистой конструкционной стали марки сталь Ст3сп, была рекомендована смесь С2 по ГОСТ РИСО 14175-2010 содержащая CO_2 + до 20% O_2.

Список литературы

1. ГОСТ РИСО 14175-2010 Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов. – Москва,Стандартинформ,2011. – 11с.

2. Чернышов Г.Г. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением: учебное пособие.1-е изд./под ред. Г.Г. Чернышова и Д.М. Шашина. – СпБ: Изд-во «Лань», 2013. – 464 с.

3. ГОСТ 33976–2016 Соединения сварные в стальных конструкциях железнодорожного подвижного состава. Требования к проектированию, выполнению и контролю качества. – Москва, Стандартинформ, 2017. – 48 с.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Карпов М.М. – студент, Дудкин Р.А. – студент, Шабалин В.Н. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Первый трубчатый электрод заполненный порошкообразным наполнителем для дуговой сварки был предложен в нашей стране, [1]. Развитию и применению порошковых проволок для сварки во многом способствовали работы проводимые в ИЭС им. Е.О. Патона под руководством академика И.К. Походни. Был разработан целый ряд порошковых проволок рутил–органического, карбонатно-флюоритового и флюоритового типа, которые нашли широкое применение в различных отраслях промышленности для сварных конструкций ответственного назначения. В строительной отрасли, для сварки трубопроводного транспорта, сооружении резервуаров, в вагоностроение для сварки и наплавки, [2].

В последнее время мировым лидером в производстве порошковых проволок для сварки и наплавке является шведская фирма «ЭВАВ», освоившая выпуск порошковых проволок для различных классов сталей, как с применением газовой защиты, так и самозащитных проволок, [3]. Преимущества, применения для сварки самозащитной порошковой проволоки заключающие в её особенностях.

Самозащитная порошковая проволока является одним из наиболее универсальных, удобных в технологическом отношении и совершенных сварочных материалов для механизированной электродуговой сварки в монтажных и заводских условиях.

Простота оборудования и выполнения процесса сварки, маневренность, обусловленные отсутствием необходимости организации дополнительной защиты зоны плавления, высокие технико-экономические показатели сварки и технологичность ставят самозащитные проволоки в ряд наиболее совершенных присадочных материалов для дуговой сварки.

Применение самозащитных порошковых проволок, сочетающих в себе положительные свойства покрытых электродов (защита, легирование и раскисление расплавленного металла) и механизированной сварки представляет большие производственные преимущества, особенно в монтажных условиях. Этому условию способствует и отсутствие газовой аппаратуры (баллонов, шлангов, газовых редукторов), флюса и флюсовой аппаратуры,

усложняющих процесс сварки или повышающих его трудоемкость (засыпка и уборка флюса).

Возможность наблюдения при механизированной сварки за направлением электрода в разделку, особенно при сварке с его поперечными колебаниями, а также за образованием шва – основные преимущества сварки порошковыми проволоками. Изменение состава наполнителя сердечника порошковой проволоки позволяет воздействовать на химический состав шва и технологические характеристики дуги, [4].

С помощью порошковой проволоки можно производить сварку во всех пространственных положениях. Самозащитные порошковые проволоки обеспечивают высокие механические свойства металла шва разных соединений и обладают отличными сварочно-технологическими свойствами.

Одним из основных технологических отличий порошковой проволоки является наличие тонкой металлической оболочки, через которую проходит электрический ток. По сравнению с проволокой сплошного сечения такого же диаметра токопроводящая часть поперечного сечения порошковой проволоки меньше, вследствие чего плотность тока в электроде увеличивается. В результате увеличивается выделение теплоты на вылете.

В отличие от сварки покрытыми электродами и проволокой сплошного сечения, при сварке порошковой проволокой в пространственных положениях сварщику нет необходимости прерывать дугу или изменять режим сварки, чтобы предотвратить стекание сварочной ванны. Сварочная ванна при использовании порошковой проволоки является более холодной что облегчает сварщику управление формированием шва в дополнение к более высокой скорости расплавление электрода. Порошковая проволока, кроме обеспечения более высокой производительности наплавки, имеет некоторый резерв для увеличения силы сварочного тока из-за более низкой температуры металла сварочной ванны.

Кроме обеспечения более низкой температуры сварочной ванны, порошковая проволока может иметь шлаковую систему, которая специально подобрана так, чтобы поддерживать сварочную ванну на вертикальной, горизонтальной плоскости или в потолочном положении, увеличивать управляемость процессом формирования шва и давать возможность дальнейшего увеличения силы сварочного тока.

Порошковая сварочная проволока становится более выгодной для использования благодаря не только своей высокой производительностью, но и существенному удешевлению сварочных работ в таких операциях, как зачистка швов и зоны термического влияния после сварки, имеет незначительное разбрызгивание и благоприятную форму сварных швов с плавным переходом к основному металлу.

Общие технические условия на порошковую проволоку для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей регламентируются ГОСТом 26271, марки проволоки ТУ производителей.

В соответствие с требованиями НД в работе при проектировании технологии механизированной сварки деталей стойки стены боковой грузового полувагона из низколегированной конструкционной стали 09Г2Д, для предприятия ОАО «БВРЗ» взамен сварки в CO_2 проволокой сплошного сечения рекомендована самозащитная порошковая проволока марки ПП-АН7, диаметром 2,2 мм. Технологические режимы сварки угловых швов и нестандартного стыкового сварного соединения выбраны по рекомендациям приведенным в технологической инструкции, [5].

В дальнейшем перевод сварки в CO_2 на самозащитную порошковую проволоку позволит предприятию получить значительную технико-экономическую выгоду.

Литература

1. Е.О. Патон. Порошковые проволоки для электродуговой сварки. Киев «Наукова думка» 1980г.

2. Статья ИЭС «Сварщики России»

3. Сварочные материалы «ЭВАВ» справочник разработан и подготовлен к печати ООО

«ЭСАБ» совместно с ООО «Газстройсервис–А» 2005г, с.98.

4. И.С. Иоффе, М.В. Ханапетов. Сварка порошковой проволокой. Москва: «Высшая школа», 1986 г.

5. Технологическая инструкция по сварке порошковыми проволоками.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНОЙ СМЕСИ Ar + CO_2 ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Лукин М.М. – студент, Переверзев И.М. – студент, Шабалин В.Н. – к.т.н., профессор.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Если рассматривать применение газов при сварке только с точки зрения получения наилучшей защиты пространства сварочной дуги от наружного воздействия, то оптимальным защитным газом будет аргон. Аргон тяжелее воздуха (плотность 1,78 кг/куб. м), обладает низким потенциалом ионизации (15,7 В), не вступает в химические взаимодействия с другими элементами и в достаточных количествах содержится в свободном виде (0,9325% об.), что позволяет получать его из воздуха в ректификационных установках. В настоящее время аргон широко применяется в качестве защитного газа при сварке алюминиевых сплавов, легированных и конструкционных сталей, [1].

Применение аргона позволяет повысить температуру сварочной дуги, что улучшает проплавление сварного шва, увеличивая производительность сварки в целом. При этом проплавление приобретает «кинжальную» форму, что дает возможность выполнять однопроходную сварку в щелевую разделку металла больших толщин. При сварке в среде аргона (как и иных инертных газов) минимизируется выгорание активных легирующих элементов, что позволяет использовать более дешевые сварочные проволоки.

Сварочная дуга во всех известных защитных газовых средах (кроме аргона) характеризуется пространственной неустойчивостью, [2]. Для устранения влияния пространственной неустойчивости дуги на ее технологические свойства применяют газовые смеси с содержанием Ar ≥ 80%. Дуга в смеси аргона и углекислого газа стабильна и устойчива, при этом можно добиться мелкокапельного и даже струйного переноса электродного металла без коротких замыканий.

Данный вид сварки обладает множеством преимуществ: хорошей защитой дуги и расплавленного металла от атмосферных воздействий; возможностью проведения работ в различных пространственных положениях; возможностью наблюдения за процессом сварки и образованием сварочного шва; высокой производительностью; высоким качеством получаемых соединений; низкой стоимостью; удобством выполнения работы; практическим отсутствием выгорания легирующих элементов из сварочного шва.

Состав элементов в газовой смеси при соотношении 80% Ar + 20% CO_2 является наиболее универсальным для механизированной сварки конструкционных сталей, может подойти для многих типов материалов и видов швов. Сварка в такой смеси выполняется на токе обратной полярности, т.к. прямая полярность отрицательно сказывается на стабильности дуги, электродный металл больше тратится на угар и разбрызгивание.

При сварке в защитных газах разбрызгивание образуется из-за взрыва перемычек между электродом и отделившейся каплей. При смешивании аргона и углекислого газа уменьшаются размеры дуги, увеличивается давление, как на сварочную ванну, так и на каплю переносимого металла. Все изменения зависят от содержания углекислого газа в смеси. Добавление углекислого газа не позволяет разрастаться капле до больших размеров, поэтому разбрызгивание при сварке уменьшается. Максимально допускаемое содержание CO_2 в двойных смесях с аргоном не превышает 25%.

Скорость сварки по сравнению с традиционной (в защитной среде CO_2) увеличивается в два раза. Это происходит из-за меньшего поверхностного натяжения расплавленного металла. Уменьшает расход электроэнергии и сварочной проволоки на 10-15%. Позволяет

значительно сократить затраты на работы, связанные с зачисткой, и подготовку сварных швов перед покраской или оцинкованием. Увеличивает срок службы сварочных насадок, стекол масок и спецодежды, вследствие чего сокращаются затраты на их замену. Значительно меньше количества дыма, сварочных аэрозолей и вредных газов, что сохраняет здоровье сварщика и позволяет ему длительное время работать с большим вниманием.

Таким образом газовые смеси типа М21 по ГОСТ Р ИСО 14175 – 2010 находят все более широкое применение при изготовлении сварных конструкций в различных отраслях машиностроения, позволяя улучшить качество сварных соединений, увеличивая производительность и снижая расход легированной сварочной проволоки.

Список литературы

1. Защитные газовые смеси на основе аргона: [Электронный ресурс]. URL: http://www.ihsantechnogaz.kz/download/argon.pdf. Дата обращения (04.04.2018).

2. Разновидности процессов импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах / Н.Г. Дюргеров, В.А. Ленивкин // Сварка и Диагностика .— 2015 .— №5 .— С. 43-46.

3. Юхин, Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (MIG/MAG) [Текст] / Н.А. Юхин; под общ. ред. О.И. Стеклова. – Москва: СОУЭЛО, 2002. – 73 с.

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ, ПОДВЕДОМСТЕННЫХ РОСТЕХНАДЗОРУ, ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Куппа Р.И. – студент, Тарареева Е.В. – студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В октябре 2014 года вступили в силу Федеральные нормы и правила (ФНП) в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах», утвержденные Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) № 102 от 14 марта 2014 года.

ФНП устанавливают единые общие требования к организации и производству сварочных работ на поднадзорных Ростехнадзору объектах, технических устройствах и сооружениях опасных производственных объектов (ОПО). Требования документа предназначены для организаций и индивидуальных предпринимателей (ИП), осуществляющих сварку, пайку, наплавку и прихватку (далее – сварку) элементов технических устройств и сооружений, применяемых и/или эксплуатируемых на ОПО, в том числе их конструкций, сборочных единиц, деталей, полуфабрикатов и заготовок.

Основные положения ФНП предусматривают выполнение требований, согласно которым организации и ИП, осуществляющие сварочные работы, должны:

- располагать необходимым количеством руководителей, специалистов и персонала, обеспечивающих условия качественного выполнения сварочных работ;
- определить процедуры контроля соблюдения технологических процессов сварки;
- определить должностные обязанности, полномочия и взаимоотношения работников, занятых руководством, выполнением или проверкой выполнения сварочных работ.

Руководители организаций, выполняющие сварочные работы, а также ИП должны обеспечить подготовку и аттестацию персонала. Аттестация персонала, осуществляющего непосредственно руководство и выполнение сварочных работ, должна проводиться в соответствии с действующими Правилами аттестации сварщиков и специалистов сварочного

производства (ПБ 03-273-99) и Технологическим регламентом проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (РД 03-495-02).

Сварщики должны быть аттестованными и иметь действующее удостоверение по соответствующему способу сварки, а также не иметь медицинских противопоказаний к выполняемой работе. Сведения о номерах удостоверений, сроках их действия и шифрах клейм сварщиков должны быть размещены в общедоступном реестре аттестованного персонала с информационно-телекоммуникационной сети Интернет, а удостоверения должны иметь соответствующий QR–код для проверки их подлинности. Присвоенные при аттестации шифры клейм должны быть закреплены за сварщиками приказом организации, выполняющей сварочные работы.

Сварочные работы должны выполняться в соответствии с производственно-технологической документацией (ПТД) по сварке, включающей производственные инструкции и технологические карты, утвержденные техническим руководителем организации. В ПТД должны быть отражены все требования к применяемым сварочным материалам и сварочному оборудованию, сварочным технологиям, технике сварки, контролю сварных соединений, Режимы сварки, последовательность операций, технические приемы, а также технологические особенности процесса сварки, обеспечивающие качество сварных соединений, должны быть приведены в технологических картах по сварке.

Перед началом сварочных работ руководитель сварочных работ обязан проверить выполнение всех подготовительных мероприятий и ознакомить исполнителей под роспись с требованиями технологических карт по сварке.

Лица, впервые приступающие к сварке, должны перед допуском к работе пройти проверку путем сварки и контроля допускных сварных соединений.

До начала сварочных работ должен производиться входной контроль основных и сварочных материалов.

Работы по сварке должны выполнять юридические лица или ИП, прошедшие процедуру проверки готовности к применению технологий сварки в соответствии с Порядком применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов (РД 03-615-03).

Процедуры проверки готовности к использованию применяемых сварочных технологий должны быть осуществлены в условиях конкретного производства сварочных работ, с учетом специфики работ, выполняемых каждым филиалом (обособленным подразделением) юридического лица, расположенным вне места его нахождения и осуществляющим его функции, в том числе производство сварочных работ.

При проверке оценивается наличие технических, кадровых и организационных возможностей для выполнения сварочных работ и способность выполнить в производственных условиях сварные соединения, соответствующие требованиям, устанавливаемым научно-технической или проектной документацией.

При производстве сварочных работ необходимо обеспечить:

- идентификацию производственной документации и бланков;
- идентификацию использования основного материала;
- идентификацию применения сварочных материалов;
- идентификацию мест расположения сварочных швов и конструкции;
- регистрацию сведений о сварщиках, выполняющих сварные швы;
- регистрацию мест и результатов исправлений сварных швов;
- контроль соответствия выполнения процесса сварки технологическим картам сварки.

Идентификация должна предусматривать маркировку основного и сварочных материалов, технической и технологической документации, обеспечивающую возможность прослеживания при их применении с целью выявления возможных причин брака при выполнении сварочных работ.

Контроль за производством сварочных работ производится в порядке, определяемом организацией или ИП, выполняющим эти работы. Распределение обязанностей работников

юридического лица или ИП, осуществляющих руководство и контроль за производством сварочных работ, должно быть документировано.

При осуществлении контроля должны учитываться требования ФНП к производству сварочных работ на ОПО и производственно-технологической документации по сварке, сведения об аттестованных сварщиках и специалистах сварочного производства, о юридических лицах и ИП, подтвердивших готовность к выполнению сварочных работ, об аттестованных сварочных материалах (в соответствии с требованиями РД 03-613-03) и сварочном оборудовании (в соответствии с требованиями РД 03-614-03), размещенные в общедоступных реестрах в сети Интернет.

ФНП не предусматривает дифференциацию требований в зависимости от класса опасности ОПО и их отраслевой принадлежности, так как в ФНП нет конкретных требований к качеству сварных соединений. Такая дифференциация может быть учтена в рамках проектирования тех или иных объектов посредством установления соответствующих характеристик, предъявляемых к сварным соединениям.

Анализируя приведенные выше положения документа, можно отметить, что в основном требования к выполнению сварочных работ не являются новыми, они просто систематизированы и унифицированы на основе многолетнего опыта применения действующих правил и норм.

В связи с формированием Национальной системы профессиональных квалификаций и независимой оценки профессионального уровня квалификации работников в ФНП предусмотрено, что квалификация сварщиков должна соответствовать требованиям, установленным Министерством труда России.

Список литературы

1. РД 03-495-02 Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. Сборник нормативных документов межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 18 // Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора Росси», 2002. – с. 28–136.

2. РД 03-613-02 Порядок применения сварочных материалов при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов. Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск. 28 // Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др. – М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора Росси», 2004. – с. 4–51.

3. РД 03-614-02 Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов. Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 29 // Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др. – М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора Росси», 2004. – с. 4–59.

4. РД 03-615-02 Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов. Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 30 // Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др. – М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора Росси», 2004. – с. 4–32.

ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ СИСТЕМЫ НЕЗАВИСИМОЙ СЕРТИФИКАЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Радченко М.В. – д.т.н., профессор,
Мамедова А.Р. – студент, Гусев А. П. – магистрант, Моисеев А.И. – студент.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Во второй половине XX века сварка заняла одно из лидирующих мест среди технологических процессов благодаря уникальным возможностям соединять практически любые металлы и неметаллические материалы. Сваркой в мире занято более 5 млн. человек. Более половины валового национального продукта промышленно развитых стран создается с помощью сварки и родственных технологий, к которым относят наплавку, пайку, резку, нанесение покрытий, склеивание различных материалов.

Только в России объем сварных металлических конструкций достигает 800 млн. тонн. До 2/3 мирового потребления стального проката идет на производство сварных конструкций и сооружений.

Существенное повышение качества продукции может быть достигнуто за счет внедрения системы управления качеством и независимой сертификации производства.

В мире проложено около 1 млн. км сварных газопроводов. Например, протяженность трубопровода, проложенного в 1975 году на Аляске – 790 миль, диаметр – 1220 мм. На строительстве трубопровода было занято 17 000 человек – 6 % населения Аляски, сварено 38 000 сварных стыков. Израсходовано 36 000 кг сварочной проволоки. В 2002 г. завершено строительство газопровода «Голубой поток» (Россия - Турция). Протяженность сухопутной части трубопровода составила 1140 км, диаметр – 1220 мм. По дну Черного моря проложено две нитки трубопровода из труб диаметром 596 мм. Протяженность каждой морской части – 396 км. Не менее масштабным будет строительство газопровода «Сила Сибири», начатого в 2015 г., который протянется от Чаядинского месторождения в России (Якутия) до Китая.

С сожалением приходится констатировать тот факт, что, несмотря на значительные успехи, достигнутые в области сварочного производства, недостаточное качество сварных соединений относится к числу значимых причин разрушения конструкций, которые зачастую приводят к техногенным катастрофам и человеческим жертвам.

Общепризнано, что существенное повышение качества продукции может быть достигнуто за счет внедрения системы управления качеством и независимой сертификации производства.

Применительно к сварочному производству стандарты серии ISO 9000 имеют некоторые ограничения, поскольку согласно ISO 9001 сварку следует отнести к числу специальных процессов, конечный результат которых нельзя в полной степени проверить последующим контролем, испытанием продукции или выявлением дефектов только в процессе использования продукции. В связи с этим требуется постоянный надзор и/или соблюдение документированных технологических инструкций для подтверждения выполнения установленных требований к технологическому процессу.

Обычно в данных случаях соответствие установленным требованиям достигается непрерывным регулированием процессов, для чего используются специальные правила и процедуры сертификации.

В международной практике при сертификации продукции по ISO 9000, в том числе той продукции, функциональные и эксплуатационные свойства которой существенно определяются качеством сварных соединений, обязательно применяется серия стандартов ISO3834/EN 729 – «Требования к качеству сварки. Сварка металлов плавлением». Этот комплекс наряду со стандартами ISO 9606/ EN 287 и EN 288 устанавливает требования к различным аспектам производства сварных конструкций, включая требования к персоналу сварочного производства, сварочным материалам, оборудованию, технологиям и др.

Следуя мировым тенденциям развития систем сертификации в области сварочного производства в России в 1992 году по инициативе МГТУ им. Н.Э.Баумана совместным решением Президиума Российской Академии наук, Министерства науки, высшей школы и технической политики России, Госгортехнадзора России, Госатомнадзора России и Госстандарта России был создан Национальный аттестационный комитет по сварочному производства (НАКС), перед которым была поставлена задача поддержания качества сварочного производства на соответствующем уровне. Доминирующим фактором обеспечения качества сварочного производства на современном этапе является создание системы сертификации (аттестации) сварочного производства, поэтому перед НАКС была поставлена задача создания в России единой системы аттестации сварочного производства, гармонизированной с мировыми и европейскими требованиями (ISO и EN) в этой области.

Большой вклад в формирование системы сертификации сварочного производства (САСв) внесли Н.П. Алешин, Б.А. Красных, В.С. Котельников, В.Ф. Лукьянов, Б.Г. Маслов, А.И. Прилуцкий, Ю.И. Гусев, А.М. Левченко, А.С. Зубченко, А.С. Орлов, С.А. Курланов, С.В. Головин, Р.А. Мусин, В.В. Шефель и др.

Вместе с тем, анализ опыта первых лет создания системы сертификации в сварочном производстве показал, что прямое копирование западных систем сертификации элементов сварочного производства неприемлемо для отечественных условий по нескольким причинам.

Во-первых, сертификация элементов сварочного производства в промышленности развитых стран не охватывает всех важных составляющих, таких как сварочные материалы и оборудование. Лишь в последние годы появились документы, регламентирующие процедуру сертификации руководителей сварочного производства.

Во-вторых, западные системы, как правило, не учитывают специфические требования конкретной отрасли производства.

В–третьих, формирование системы сертификации за рубежом не завершено и охватывает, в основном, производства, использующие сварку плавлением.

В-четвертых, зарубежные системы сертификации сварочного производства носят добровольный характер, что в условиях недостаточного развитых отношений не побуждает производителя к проведению этих процедур. Вероятно, по этой причине считанные предприятия России подали заявки и прошли сертификацию по европейскому стандарту EN 729.

С учетом ситуации, сложившейся в России на рубеже веков, что основное внимание было уделено разработке системы сертификации элементов сварочного производства применительно к выполнению сварочных работ при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции оборудования на объектах потенциально опасных производств, подконтрольных Ростехнадзору. Поэтому в ряде отраслей промышленности, особенно в сфере опасных промышленных производств, были установлены дополнительные требования к сертификации элементов сварочного производства, исходящие из специфики выполнения сварочных работ (сосудов, работающих под давлением, магистральных трубопроводов и др.) При разработке правил, процедур и критериев оценки это потребовало учесть ряд дополнительных условий, учитывающих особенности сварочного производства в конкретных областях, т.к. законодательно регулируемая сфера деятельности предполагает подтверждение того, что сертифицируемые элементы сварочного производства обладают необходимыми характеристиками, достаточными для осуществления профессиональной деятельности в конкретной области.

Для создания развитой структуры системы аттестации в сварочном производстве потребовались согласованные действия структур, способных на развитие методологии и конкретных технологий менеджмента качества в сварочном производстве.

К настоящему времени завершено формирование органов по аттестации всех элементов сварочного производства (персонала, материала, оборудования и технологий). На территории 60 субъектов Российской Федерации действуют 109 аттестационных центров и

675 аттестационных пунктов по аттестации персонала сварочного производства, сварочных материалов, оборудования и технологий.

Список литературы

1. Алешин Н.П., Прилуцкий А.И., Маслов Б.Г. Новые нормативные документы и система аттестации сварочного производства // Сварочное производство, 2014.- №3.- С. 48-50.

2. РД 03-495-02 Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. Сборник нормативных документов межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 18 // Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора Росси», 2002 .– с. 28–136.

3. РД 03-613-02 Порядок применения сварочных материалов при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов. Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 28 //Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др. – М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора Росси», 2004. – с. 4–51.

4. РД 03-614-02 Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов. Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 29 // Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др. – М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора Росси», 2004. – с. 4–59.

5. РД 03-615-02 Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов. Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 30 // Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др. – М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора Росси», 2004. – С. 4–32.

АДДИТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛОЙНОЙ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТОВ

Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент,
Радченко Т.Б. - д.т.н., профессор, Кузнецов И.В. – студент,
Алямкин В.О. - студент, Ножников П.Ю. – студент.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Весьма актуальным для решения проблем износа рабочих поверхностей деталей машин и инструментов является развитие уже существующих и разработка новых способов поверхностного упрочнения и восстановления рабочих поверхностей. Как известно, в таких случаях предпочтение отдается аппаратуре и технологиям, использующим концентрированные потоки энергии, как например, электронные пучки в вакууме, лазерные лучи, плазменные струи. При этом последние 15-20 лет всё активнее начинают развиваться процессы нанесения защитных покрытий напылением с использованием сверхзвуковых газовых струй. Все процессы напыления без исключения имеют один существенный

недостаток, ограничивающий промышленное использование – отслоение покрытий ввиду относительно низкой прочности сцепления с основой.

Для создания защитных покрытий на деталях машин и инструменте, работающих в тяжелых условиях абразивного износа создан новый эффективный ресурсосберегающий способ – сверхзвуковая газопорошковая наплавка (СГП - наплавка). Для реализации процесса наплавки используется концентрированный источник тепла – сверхзвуковая газовая струя, которая генерируется специальной горелкой с соплом Лаваля, обжимающим факел пламени. Рабочий процесс в такой горелке аналогичен процессу, протекающему в микроракетных двигателях. Горючий газ и окислитель и поступают в камеру сгорания рабочего органа со сверхзвуковым соплом, где происходит их сгорание и тепловое расширение. При этом в камере сгорания создается избыточное давление, величина которого дополнительно повышается за счет подачи под давлением в камеру сгорания сжатого воздуха. Продукты сгорания за счет избыточного давления разгоняются в сопле типа сопла Лаваля до сверхзвуковых скоростей, формируя тем самым концентрированный высокотемпературный газовый поток. После формирования жидкой металлической ванны частицы порошкового сплава подают в смесительный патрубок, где происходит их смешивание с потоком продуктов сгорания сжатых газов и оплавление. Жидкая металлическая ванна, созданная газовым потоком, перемещается по поверхности основы и постепенно захватывает постоянно подаваемые в нее небольшие порции подплавленных частиц порошка. Частицы порошка, попадая в жидкую ванну, окончательно расплавляются, перемешиваются с металлом жидкой ванны, тем самым, формируя при кристаллизации наплавленный валик с гомогенной структурой. Таким образом, разработанный процесс сверхзвуковой газопорошковой наплавки осуществляется в режиме управляемого потока подплавленных частиц порошка, направляемых горячим сверхзвуковым потоком смеси горючего газа и окислителя на основу, на которой предварительно наведена жидкая металлическая ванна. После кристаллизации расплавленного металла создается высококачественное защитное покрытие со сцеплением с металлом основы на уровне металлической связи. Использование этого способа позволяет частично оплавить защищаемую поверхность и создать общую жидкую металлическую ванну, необходимую для реализации процесса наплавки.

Для решения проблем износа деталей машин и инструмента в ООО «НИИ Высоких Технологий» (г. Барнаул, Россия) в рамках Федеральной программы России “СТАРТ-2005 был выполнен комплекс исследований, включающий расчеты сопел Лаваля с различными числами Маха, изготовление серии сопел и их экспериментальную апробацию в процессе наплавки износостойких порошковых сплавов на изношенные поверхности деталей [1, 2]. В результате разработан и запатентован способ [3] и аппаратура [4] для СГП - наплавки. Отличительной технологической чертой аппаратуры является повышение концентрации энергии газопламенного источника нагрева и уменьшение зоны термического влияния при увеличении скорости истечения газовых потоков на срезе сопла газопламенной установки.

Установлены рациональные технологические режимы процесса СГП-наплавки, при соблюдении которых создаются условия, позволяющие получать покрытия с износостойкостью в 8-10 раз выше износостойкости незащищённых поверхностей труб из стали 20К и в 3,6…4,0 раза выше по сравнению с износостойкостью покрытий, наплавленных дозвуковой газопорошковой наплавкой. На ОАО «Бийский котельный завод» по разработанной технологии газопорошковой наплавки были наплавлены защитные покрытия на трубные панели котлов с «кипящим слоем» типа КВ-Ф-10-115-НТКС. Эксплуатационные испытания котлов с покрытиями в течение двух лет подтвердили результаты лабораторных исследований – следов износа на трубах не было обнаружено. При этом экономический эффект от использования разработанной технологии на трех котлах по расчетам экономистов предприятия составил около 10,8 млн. рублей в год, что подтверждено актом внедрения.

Развитие предлагаемого способа нанесения защитных покрытий ведется в направлении модернизации и автоматизации оборудования для сверхзвуковой газопорошковой наплавки с целью повышения качества наплавленных покрытий. При этом компьютерное моделирование газопорошкового потока при истечении из сопел различной внутренней конфигурации позволяет теоретически рассчитать и обосновать профиль сопла, обеспечивающий формирование сверхзвукового потока, обладающего характеристиками, сравнимыми с лучшими образцами зарубежного производства последнего поколения. Это в свою очередь позволит наиболее эффективно наносить комбинированные покрытия различного назначения и состава на широкой номенклатуре изделий, выпускаемых на предприятиях машиностроения в России, в том числе на опасных производственных объектах, подведомственных Ростехнадзору.

Список литературы

1. Радченко М.В., Киселев В.С., Шевцов Ю.О., Уварова С.Г., Радченко Т.Б., Радченко В.Г. Комплексная диагностика сверхзвуковых газовых струй в процессе газопорошковой наплавки износостойких покрытий // Сварка и диагностика, 2011.- №1.- С. 31-36.

2. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Нагорный Д.А., Маньковский С.А., Радченко Т.Б. Разработка технологической аппаратуры для сверхзвуковой газопорошковой наплавки // Обработка металлов, 2007.- №1(34).- С. 19-23.

3. Патент № 2346077 Россия, МПК C23C 4/12. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки защитных покрытий/Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Игнатьев В.В.; заявл. 19.03.2007; опубл. 10.02.2009 в Б.И. № 4.

4. Патент на полезную модель № 60410 Россия, МПК B22B 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки /Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Нагорный Д.А., Маньковский С.А.; заявл. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007 в Б.И. № 3.

ПОРЯДОК И ОСОБЕННОСТИ АТТЕСТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Мамедов А.Р. - студент, Швадченко В.С. – студент,
Моисеев А.И. – студент.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Сварка занимает лидирующее положение среди технологических процессов изготовления металлоконструкций технических устройств опасных производственных объектов (ОТУ), подконтрольных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзору).

Существенное повышение качества изготовления ОТУ для обеспечения промышленной безопасности невозможно без внедрения системы сертификации (аттестации) сварочного производства.

Сварочные работы при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств на ОТУ должны производиться аттестованными (по требованиям ПБ-03-273-99 и РД 03-495-02) сварщиками и специалистами сварочного производства, аттестованными материалами (РД 03-613-03), оборудованием (РД 03-614-03) и с применением аттестованных технологий (РД 03-615-03).

Производственная аттестация технологий сварки и наплавки проводится с целью подтверждения того, что организация, занимающаяся изготовлением, монтажом, ремонтом и реконструкцией технических устройств, оборудования и сооружений, применяемых на опасных производственных объектах, обладает техническими, организационными возможностями и квалифицированными кадрами для производства сварки (наплавки), выполненные в условиях конкретного производства по аттестуемой технологии, обеспечивают соответствие требованиям к опасным производственным объектам общих и специальных техни-

ческих регламентов, конструкторской (в части требований к сварке и контролю качества) и технологической документации.

Производственная аттестация делится на первичную, периодическую и внеочередную.

Согласно перечню групп ОТУ опасных производственных объектов группа «Котельное оборудование» (КО) включает в себя 5 пунктов:

1. Паровые котлы с давлением пара более 0,07МПа и водогрейные котлы с температурой воды выше 1150С.

2.Трубопроводы пара и горячей воды с рабочим давлением пара более 0,07МПа и температурой воды свыше 1150С.

3. Сосуды, работающие под давлением свыше 0,07 МПа.

4. Арматура и предохранительные устройства.

5. Металлические конструкции для котельного оборудования.

В Алтайском крае теплоэнергетические котлы и их комплектующие выпускает большое количество предприятий, крупнейшими из них являются ОАО «Бийский котельный завод» и ООО «Сибэнергомаш - БКЗ».

В 2014 г. в ООО «ГАЦ АР НАКС» было аттестовано 50 технологий сварки, из них 23 технологии – котельного оборудования (46%). По способам сварки распределение выглядит следующим образом: ручная дуговая сварка покрытыми электродами (РД) – 78%, ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом (РАД) – 10%, комбинированная сварка РАД+РД – 8%, автоматическая сварка под флюсом – 4%.

Для включения технологии в число аттестуемых, в системе электронного документооборота (ЭДО) на сайте ГАЦ АР НАКС (куда входит центр по аттестации технологий – АЦСТ) организацией-заявителем должна быть подана заявка. Руководитель с учетом поданной заявки готовит приказа о формировании аттестационной комиссии из числа членов с соответствующей областью аттестации. АЦСТ совместно с организацией-заявителем перед проведением производственной аттестации технологии сварки (наплавки) составляет программу аттестации. «Программа производственной аттестации технологии сварки (наплавки) подписывается членами аттестационной комиссии и утверждается руководителем АЦСТ.

В программе должны быть указаны:

- наименование и область применения аттестуемой технологии;
- основные технологические характеристики сварных соединений, выполняемых при проведении аттестационных испытаний;
- методы неразрушающего контроля выполняемых сварных соединений и металла шва (наплавленного металла) методами разрушающего контроля;
- методики проведения контроля и испытаний;
- требования к количественным характеристикам показателей качества сварных соединений;
- другие данные, специфические для аттестуемой технологии;
- требования к результатам неразрушающих и разрушающих испытаний.

Производственная аттестация производится АЦСТ совместно с организацией-заявителем путем выполнения в производственных условиях контрольных сварных соединений и последующего контроля их неразрушающими и разрушающими методами. При периодической аттестации технологии сварки (наплавки) по решению комиссии могут быть использованы результаты контроля разрушающими методами производственных сварных соединении, выполненных в течение последних 6 месяцев перед проведением периодической аттестации.

Контрольные сварные соединения передаются в аттестованную лабораторию, которая должна составить заключения и протоколы о результатах контроля качества сварки.

По результатам производственной аттестации АЦСТ составляет мотивированное заключение о готовности организации-заявителя к использованию данной технологии.

В заключении указывается, что на основании полученных положительных результатов контроля и испытаний аттестованная технология может быть допущена для выполнения

сварных соединений (наплавок) на соответствующих опасных производственных объектах, и приводятся основные данные и требования, характеризующие указанную технологию, в том числе:

- наименование и область применения аттестованной технологии;
- марка (марки) материалов свариваемых (наплавляемых) деталей (с указанием стандартов или технических условий);
- способ сварки (наплавки);
- допускаемый диапазон толщин и диаметров свариваемых деталей;
- марка (сочетание марок) сварочных материалов с указанием стандартов или технических условий;
- допускаемые положения сварки (наплавки);
- необходимость и режимы предварительного и сопутствующего подогрева;
- рекомендуемые режимы сварки (наплавки);
- необходимость, вид и режимы термообработки сварных соединений и наплавок;
- показатели и количественные характеристики выполненных по аттестуемой технологии сварных соединений, металла шва и наплавленного металла (из числа предусмотренных программой испытаний).

Результаты производственной аттестации АЦСТ передает по системе ЭДО в НАКС для экспертизы и оформления Свидетельства о готовности организации-заявителя к использованию аттестованной технологии сварки (наплавки) при изготовлении, монтаже и ремонте или реконструкции на опасных производственных объектах. В Свидетельстве указывается область распространения производственной аттестации, включающая перечень основных параметров, характеризующих однотипность сварных соединений.

Сведения об аттестованной технологии сварки (наплавки) в ЭДО вносятся в Реестр Системы аттестации сварочного производства. Срок действия Свидетельства об аттестации технологии – четыре года.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ БАЛКИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ РУЛОННОЙ СТАЛИ МОДЕЛИ 13-2134 ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОАО «АЛТАЙВАГОН»

Алямкин В.О. - студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Останин С.Ю.– студент,
Тарасов А.А. – студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Транспортная система страны является неотъемлемой частью производственной и социальной инфраструктуры государства, обеспечивая ее территориальную целостность и национальную безопасность. В частности вагоностроение является одной ведущих отраслей промышленности современной России.

На ОАО «Алтайвагон» выпускаются специализированные вагоны - платформы модели 13-2134, куда и входит наша конструкция – балка упорная торцевая. Балка упорная торцевая предназначена для закрепления различных типов рулонов, погруженных в вагон, от продольного перемещения, рулоны или группы рулонов, расположенные в торцевых частях, крепят одной передвижной упорной балкой.

Все элементы балки упорной торцевой изготавливаются из стали конструкционной низколегированной марки 09Г2С, за исключением ребер жесткости и планок балки упорной – они изготавливаются из конструкционной углеродистой стали марки Ст3пс

На ОАО «Алтайвагон» балку вагон - платформы модели 13-2134 изготовляют без применения специализированных сборочно-сварочных приспособлений, а для сварки используются малопроизводительное и устаревшее сварочное оборудование.

Для повышения производительности труда и снижения трудоемкости изготовления балки упорной торцевой предлагается:

- все элементы изделия собирать и сваривать в специализированных кондукторах и стендах;

- для поворота узлов балки в удобное для сварки положение использовать кантователи;

Анализ заводской технологии показал, что способ сварки, режимы и сварочные материалы удовлетворяют всем условиям. Слабым звеном технологии является оборудование, применяемое на заводе изготовителе, оно устарело и требует замены. Оборудование было заменено на новое, более производительное – источник питания будет заменен на цифровой источник тока «Fronius TransPuls Synergic 2700 CMT». Данный источник питания обладает технологией «холодного» переноса металла CMT (Cold Metal Transfer). При CMT наплавке перемешивание наплавленного слоя и основного металла меньше, чем в других процессах, что обеспечивает экономию времени. Экономия времени, следовательно – трудоемкости, электроэнергии и присадочного металла позволяет значительно снизить себестоимость конструкции. Технология включает цифровой источник питания инверторного типа с микропроцессорным управлением, встроенным устройством подачи проволоки и интегрированным пакетом функций для сварки CMT вручную, охлаждающий модуль FK 4000 R, проволочный буфер, который разъединяет приводы подачи и создает дополнительное пространство для размещения проволоки, и компактная высокопроизводительная сварочная горелка PullMig CMT с водяным охлаждением.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ СЕКЦИИ КРЫШИ ВАГОНА 11-287 ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ АВТОМОБИЛЕЙПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОАО «АЛТАЙВАГОН»

Кузнецов И.В. - студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Ножников П.Ю. – студент,
Останин С.Ю.– студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Аннотация. Развитая транспортная сеть всегда была одним из условий успешной экономической деятельности страны. Железнодорожный транспорт является ведущей отраслью в организации транспортной системы России в силу ряда его особенностей: низкой себестоимости перевозки грузов, большой грузоподъемности железнодорожного транспорта и относительно высоких скоростей перемещения грузов.

Предприятие ОАО «Алтайвагон» каждый год обновляет парк выпускаемых вагонов для удовлетворения потребностей экономики страны, в том числе выпускает крытые вагоны модели 11 – 287, предназначенные для перевозки легковых автомобилей по магистральным железным дорогам колеи 1520 мм. Транспортируемые автомобили располагаются в два яруса. Вагон оснащен специальными устройствами, которые обеспечивают блокировку автомобилей во время транспортировки, а также благодаря особенностям конструкции удобен в эксплуатации и не требует больших трудозатрат при загрузке вагона.

В конструкции вагона данной модели продолжением второго яруса является крыша вагона, которая состоит из трех секций. Конструкция секции крыши представляет собой каркас, состоящий из дуг, двух обвязок и стрингеров. Дуги представляют собой три балки (профиль вагонной стойки, ГОСТ 5267.6-90), сваренных между собой. По углам дуг привариваются заделки. Обвязка представляет собой гнутый лист (ГОСТ 19903 - 74). Стрингеры привариваются между дугами. В конструкцию также входит настил 1440х980х1,5 мм, 1290х980х1,5 мм, изготовленный из низколегированной стали 10ХНДП.

При разработке конструкции секции крыши был выбран метод дуговой сварки в среде защитных газов. В качестве защитного газа используют углекислый газ. Особенностью сварки в углекислом газе является то, что при температурах дуговой сварки углекислый газ CO_2 диссоциирует и окисляет металл.

Для нейтрализации окислительного действия CO_2 в сварочную проволоку Св-08Г2С (ГОСТ 2246 - 70), предназначенную для сварки в углекислом газе, вводят несколько больше

марганца и кремния (раскислители), которые, соединяясь при сварке с кислородом, восстанавливают свариваемый металл. Образующиеся при этом окислы марганца и кремния переходят в шлак. Во время сварки в среде защитных газов происходит разбрызгивание металла в пределах 10-12 %, это требует большего расхода газа, расхода электродной проволоки, вследствие этого происходит перерасход электрической энергии, что отрицательно влияет на себестоимость конструкции. Вследствие повышенного расхода электродной проволоки основное время сварочной операции увеличивается, что приводит к повышению трудоемкости.

В заводской технологии процесс сборки дуг осуществляется на неспециализированном стенде с большим использованием ручных зажимных устройств, что обуславливает большой объем сборочных и подгоночных работ и высокую трудоемкость. Настил устанавливается вручную при сборке секции крыши. Оборудование имеет низкий к.п.д.

С нашей точки зрения заводской технологический процесс может быть усовершенствован за счет:

- применения современного оборудования как подающего механизма, так и источника питания, обеспечивающего снижение разбрызгивания металла;
- применения тонких электродных проволок с повышенным содержанием циркония Св-09Г2СЦ для меньшего разбызгивания;
- применения автоматической сварки вместо полуавтоматической;
- снижения расхода электрической энергии и металла за счет снижения разбрызгивания и за счет применения источника питания с высоким коэффициентом полезного действия 91-93 %;
- снижения расхода углекислого газа за счет снижения разбрызгивания;
- снижения трудоемкости за счет механизации сборочных работ.

Для сварки конструкции секции крыши в качестве сварочного оборудования используется сварочный выпрямитель ВС – 600, у которого коэффициент полезного действия составляет 70 % и полуавтомат устаревшей модели А 1197, что приводит к большому разбрызгиванию металла.

Вследствие вышеизложенного нами был выбран инверторный источник питания марки «Форсаж-250». Эта установка предназначена для сварки низкоуглеродистых, низколегированных и коррозионно-стойких сталей. Она имеет плавную регулировку сварочного тока, снабжена вентилятором и защитой от перегрева. Диапазон сварочного тока от 40 до 315 А, масса 6,7 – 12,5 кг, коэффициент полезного действия составляет 91 – 92 %. Применение данного источника питания позволяет в сочетании с проволокой снизить разбрызгивание металла до 4 %, соответственно уменьшить ресурсоемкость (трудоемкость, энергоемкость, материалоемкость) сварочных операцій и себестоимость изготовления секции крыши вагона.

В дипломном проекте нами проработан вариант новой технологии сборки и сварки секции крыши вагона модели 11-287. Разработанная технология изготовления секции крыши на поточно-механизированной линии, позволила снизить трудоемкость сборочно-сварочных операций, механизировать и автоматизировать транспортные операции.

Внедрение модернизированной технологии позволит:

- снизить себестоимость на 0,99 %;
- увеличить рентабельность в 1,01 раза;
- экономический эффект составит 128432,57 руб./год.

РАЗРАБОТАКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ

Ледников Е.А – инженер, Ощепков А.А – студент,
Щеткин А.И. – магистрант, Виганд В.В. - студент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Как известно, мостовые сооружения – это сложные инженерные конструкции, эксплуатирующиеся во многих регионах нашей страны. Главной особенностью мостовых сооружений в Алтайском крае – способность выдерживать колоссальные переменные и динамические нагрузки, а также низкие температуры окружающей среды. Именно поэтому данные сооружения должны соответствовать всем требованиям и нормам, а при строительстве и в процессе эксплуатации должен регулярно производиться контроль. Использование электросварки в стальных пролетных строениях железнодорожных мостов – метод, который обеспечивает надежность и долговечность конструкций. Данная технология впервые была применена в 1953 году Евгением Оскаровичем Патоном при строительстве моста через реку Днепр и с тех пор получила широкое распространение. В современных условиях, широкое распространение при строительстве мостов, получили следующие виды сварки: автоматическая, механизированная и ручная дуговая сварка.

В Алтайском крае и Республике Алтай мостовые конструкции являются неотъемлемой частью дорожной инфраструктуры, они обеспечивают беспрепятственное транспортное сообщение. В рамках программ финансирования строительства мостов («Устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 годы и на период до 2020 года» [1], «Развитие транспортной системы Алтайского края» [2]) в регионе за 2015-2106 года уже введено в эксплуатацию 28,6 км мостовых конструкций. Использование сварки при монтаже обуславливает большую протяженность сварных швов. Для объективной оценки качества и исправления возможных дефектов сварных швов мостовых конструкций требуется проведение контроля качества. Именно поэтому в процессе основных работ проводится проверка сварных швов, с применением таких методов контроля как, визуального, измерительного, ультразвукового и радиографического контроля. Целью контроля является выявление и устранение дефектов.

Мостовые конструкции занимают большую часть дорожной инфраструктуры. Актуальность работы заключается в том, что мостовые конструкции, так же как и дороги, постоянно эксплуатируются, в связи с этим требуется производить контроль не только на этапе строительства моста, но и в процессе его эксплуатации, поскольку от качества проведенных работ зависит работоспособность конструкции. Контроль качества производится не только с общепринятыми отраслевыми стандартами, но и со специально разработанной документацией по конкретному объекту. Методики контроля приведены в СТО–ГК «Трансстрой»-005-2007 [3].

Целью данной работы является разработка методики контроля качества сварных конструкций мостов.

Для достижения поставленной целей, связанной с контролем качества сварных швов, необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ конструкции изделия;
2. Определить сварные соединения подлежащие контролю;
3. Сформировать методику контроля сварных соединений.

Мост через реку Кондома относиться к стальному типу. Он состоит из следующих основных частей: опор и балок. Заключительный этап строительства моста приведен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Заключительный этап строительства стального моста через реку Кондома.

В процессе монтажных работ для получения неразъемных соединений, были использованы следующие виды сварки: автоматическая сварка под слоем флюса выполненная по ГОСТ 8713-79 [4], ГОСТ 11533-75 [5] и ручная дуговая сварка выполненная по ГОСТ 5264-80 [6], ГОСТ 11534-75 [7]. Автоматическая сварка под слоем флюса применялась для сварки стыковые швы ортотропных плит. Ручной дуговой сваркой были выполнены нижние сварные швы нижнего пояса, вертикальные элементы и ребра жесткости.

Выбор метода контроля и объем контроля зависит от категории сварного соединения. Визуальным и измерительным методом контроля проверяются все сварные соединения, относящиеся к I,II и III категории, на наличие дефектов. Визуальный и измерительный контроль, позволяет, обнаружить дефекты, находящиеся на поверхности сварного соединения. К таким дефектам относятся: трещины, усадочные раковины, свищи, дефекты чешуйчатости и многие другие.

Для ответственных швов, относящихся к I-II категории, требуется проведение дополнительного контроля методом позволяющим обнаруживать внутренние дефекты, как в сварном шве, так и в около шовной зоне. Документ регламентирует рентгенографический и ультразвуковой метод контроль. В силу дороговизны, сложности в организации проведения и низкой производительности рентгенографического метода применяют ультразвуковой контроль. Выбор метода контроля и объем контроля зависит от категории сварного соединения.

Общие положения по контролю качества изложены в методиках контроля по каждому методу (РД 03-606-03 [9]) и в отраслевых документах (СТО-ГК «Трансстрой»-005-2007 [3]). Для проведения контроля на данном объекте требуется разработка конкретной инструкции, содержащей методику для однотипных сварных швов, что бы по ней мог производить контроль качества специалист первого уровня. Согласно ПБ 03-440-02 [8] специалисты по контролю делятся на три группы. Разработка методики требует навыков и опыта работы в данной области. Методики имеет право разрабатывать специалисты третьего уровня. Методика на каждый метод контроля разрабатывается отдельно.

Разработанная методика позволяет контролировать тавровые и стыковые сварные соединения. Для контроля тавровых и стыковых сварных соединений будут использоваться два вида контроля: визуально измерительный и ультразвуковой.

Заключение: Методика контроля качества, разработанная в ходе работы, позволяет проводить контроль качества сварных соединений определенных типов, что упрощает

контроль и снижает степень возникновения ошибок, связанных с возможными неоднозначными трактованиями требований отраслевых норм.

Список литературы

1. О федеральной целевой программе «устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 года и на период до 2020 года» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/499034090, свободный.

2. Об утверждении государственной программы Алтайского края «Развитие транспортной системы Алтайского края» на 2015-2022 годы [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/423852810, свободный.

3. СТО–ГК «Трансстрой»-005-2007 – Москва: Группа компаний «Трансстрой», 2007.

4. ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Издательство стандартов, 01.01.81.

5. ГОСТ 11533-75 Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Издательство стандартов, 01.01.77.

6. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - Москва: Издательство стандартов, 01.07.81.

7. ГОСТ 11534-75 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Издательство стандартов, 01.01.77.

8. ПБ 03-440-02 Правил аттестации персонала в области неразрушающего контроля.

9. РД 03-606-03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

ПЕРЕДОВОЙ МЕТОД УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. TOFD–МЕТОД

Щёткин А.И. – магистрант, Чернышов А.С.– магистрант, Радченко М.В. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Дифракционно–временной метод (ДВМ) был разработан в начале 1970-х годов коллективом доктора Мориса Силка. Данный метод также часто называют «времяпролетным», дословно переводя английское название Time-of-flight diffraction (TOFD). С появлением более мощных портативных компьютеров во второй половине 1980-х годов, метод TOFD стал более востребованным, а с начала 2000 года занимает в Европе и США лидирующие позиции по отношению к традиционному эхо–импульсному методу УЗК.

Физической основой дифракционно–временного метода НК является взаимодействие краев неоднородностей материала с ультразвуковыми волнами. Наличие неоднородности в материале определяется анализом поперечных и продольных волн, при этом основой оценки параметров дефекта, является время прохождения и приема сигнала, амплитуда волны при контроле методом TOFD во внимание не принимается. После столкновения с дефектами, волна изменяет свое направление и время регистрации в приемнике, в бездефектных структурах это время должно быть близко к эталонному. Обрабатывая принятые сигналы, на экране дефектоскопа создается наглядный образ дефекта.

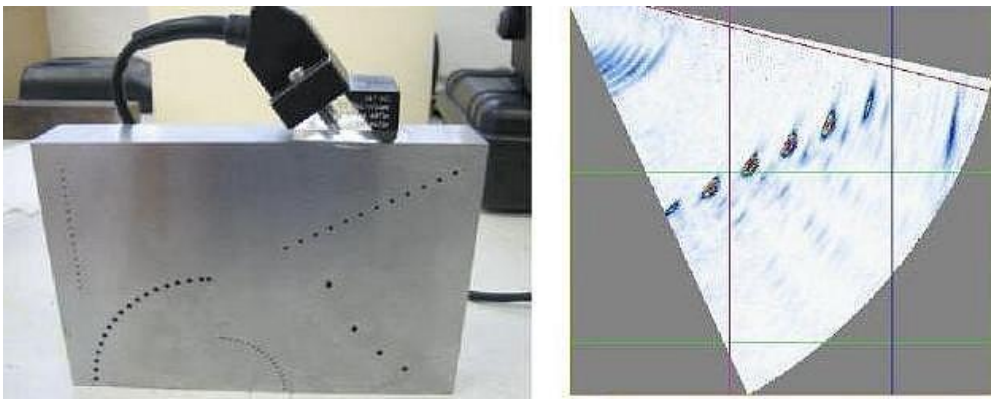


Рисунок 1. – Демонстрация TOFD-метода на стандартном образце.

У метода TOFD есть главные преимущества перед традиционной ультразвуковой дефектоскопией:

1. Возможность достижения более высокой точности при проведении измерений, как правило, ±1мм, а при повторном обследовании ±0,3 мм. Выявление и распределение по времени сигналов малой амплитуды, дифрагированных от краёв дефектов, являются основанием для определения положения и измерения размеров дефектов, что имеет мало общего с амплитудной характеристикой.

2. Высокая вероятность обнаружения дефектов. В результате европейского проекта «Эффективность применения метода TOFD для контроля сварных соединений сосудов под давлением на стадии изготовления» (TOFDPROOF) было проведено сравнение эффективности метода TOFD, радиографического и традиционного ручного ультразвукового эхо– импульсного метода контроля.

Таблица 1 – Сравнение эффективности наиболее популярных методов НК.

Метод	Вероятность определения дефекта	Вероятность обнаружения ложного дефекта
TOFD	70-90 %	11,1 %
Радиографический	60-70 %	10,8 %
Ультразвуковой (эхо–импульсный)	55-65 %	22,7 %

3. Возможность выявления дефектов практически любой ориентации. По причине расхождения дифрагированных сигналов во всех направлениях, метод TOFD чувствителен фактически к любому типу дефектов, независимо от их ориентации.

4. Высокая производительность контроля, так как сканирование проводится вдоль одной линии. При выполнении контроля методом TOFD скорость получения результатов ограничивается только скоростью проведения сканирования.

5. Большая величина охватываемого контролируемого объёма. Методом TOFD возможно проведение контроля сварных соединений более 20 ÷ 30 мм без снижения скорости и разрешающей способности. Весь объем металла шва и зоны термического влияния контролируется на высокой скорости контроля, которая даже не может рассматриваться для обычных ультразвуковых методов. Весь объём может быть проконтролирован относительно легко и быстро.

6. Документирование и хранение результатов контроля в виде A- и B- сканов (D-сканов) с дальнейшей возможностью повторного их анализа. В настоящее время системы TOFD обеспечивают сохранение всех соответствующих параметров на любом цифровом накопителе. Данные могут быть найдены и повторно воспроизведены.

7. Практически полная идентичность при воспроизводимости результатов контроля. Сканирование сварного соединения с использованием TOFD, выполненное одним специалистом, будет практически идентично сканированию TOFD, выполненному другим специалистом с использованием подобных преобразователей и настройки аппаратуры. Это делает TOFD идеальным для отслеживания за развитием дефектов.

8. Возможна замена радиографии (РК) на ультразвук (УК + TOFD). Анализ результатов контроля качества сварных швов, по данным TOFD и радиографии, показывает, что метод TOFD обеспечивает возможность проведения измерений глубины залегания дефекта, а также информацию о высоте дефекта.

Наряду со своими преимуществами метод TOFD имеет ряд общепризнанных ограничений:

1. Величина амплитуды эхо-сигнала не используется в методе TOFD для определения величины дефекта. Характеристика дефектов для метода TOFD не столь детализирована, как при использовании эхо - импульсных методов. Отсутствует простой амплитудный порог для того, чтобы выбрать дефекты, заслуживающие наибольшего внимания с целью их регистрации. Приёмы методов, основанных на измерении амплитуд, оказываются в большинстве случаев непригодными при проведении контроля методом TOFD.

2. Слабые сигналы от дифрагированных волн. Обычно амплитуда дифрагированных сигналов при контроле TOFD на 20-30 dB ниже, чем сигналы, получаемые при контроле с зеркальным отражением при использовании эхо–импульсного метода. Поэтому в большинстве случаев имеется тенденция выполнения настроек вблизи максимальных возможностей усиления аппаратуры. Электрические помехи - типичная проблема для многих систем TOFD. И для снижения этих помех обычно используют предусилители, расположенные недалеко от преобразователей или комбинации генератор/предусилитель.

3. Наличие «мёртвых зон» у поверхности ввода и обратной поверхности. Самое общепризнанное ограничение TOFD связано с потерей информации по причине наличия мёртвой зоны. Особенно следует отметить наличие такой зоны у поверхности ввода, а также подобная зона встречается у противоположной стенки при отражении сигнала от обратной стенки.

4. Метод Time-off-light diffraction обычно применяется для контроля материалов с низким уровнем затухания и рассеивания волн ультразвука, например низколегированной и нелегированной углеродистой стали, и сварных соединений. Для крупнозернистых материалов требуется дополнительная консолидация и обработка информации.

5. Чувствительность к шуму от зёрен металла в материале контролируемого изделия. Большое количество индикаций от дифрагированных сигналов, связанных с неоднородностью структуры сварного шва, может быть ошибочно принято за его дефекты.

6. В настоящее время предпочтение отдаётся контролю плоских поверхностей или с небольшой кривизной поверхности, например, более 300 мм.

7. Метод TOFD требует дополнительной подготовки специалиста, проводящего контроль. Все полученные данные при контроле TOFD должны быть визуально проанализированы для того, чтобы выбрать заслуживающие наибольшего внимания с целью их регистрации.

Список литературы

1. Ntcexpert.ru – Научно-технический центр «Эксперт». Неразрушающий контроль [Электронный ресурс] / Дифракционно–временной метод TOFD – Электрон. дан. – М. – Режим доступа: http://www.ntcexpert.ru/component/content/article/59-raznoe/561-difrakcionno-vremennoj-metod-tofd - Загл. с экрана.

2. Tofd-pa.ru – TOFD & ФАЗИРОВАННЫЕ РЕШЕТКИ [Электронный ресурс] / Дифракционно–временной метод TOFD и фазированные решетки – Электрон. дан. – М. – Режим доступа: http://tofd-pa.ru/tofd - Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Виганд В.В. – студент, Ощепков А.А. – студент, Щеткин А.С. – магистрант
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Строительная конструкция - часть здания или другого строительного сооружения, выполняющая определенные несущие, ограждающие и (или) эстетические функции. С каждым годом в России строительство жилых, промышленных и складских помещений растет. Как известно, все строительные конструкции могут быть не только бетонные или железобетонные, но и металлические. Последние в свою очередь имеют ряд преимуществ перед другими:

- высокая индустрия изготовления на заводах;
- удобство монтажа, независимо от времени года, с применением навесной и полунавесной сборки;
- возможность перекрытия больших пролетов, при сравнительно небольшом собственном весе конструкции;
- сравнительная простота восстановления конструкции в случае повреждения, а также простота усиления, в случае необходимости;
- эксплуатация в тяжелых метеорологических, сейсмических условиях.

Все строительные конструкции относятся к группе опасных производственных объектов, что объясняет необходимость проведения строго контроля на всех стадиях строительства. Опасный производственный объект (ОПО) является ключевым понятием в области промышленной безопасности, определение которого дается в Федеральном законе от 21.07.1997 г. №116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" [3]. Но с развитием строительства, требования к контролю не ужесточаются. Так, в соответствии с нормативным документом по контролю строительных конструкций [1] ультразвуковой или радиографический контроль может проводиться в объеме не менее 0,5% длины сварных швов.

Анализ происходящих аварий показывает, что подрядными организациями допускаются серьезные ошибки как на ранней стадии проектирования и строительства объекта, так и в процессе эксплуатация объекта.

Так, после крупнейшего пожара торгово-развлекательного центра «Зимняя Вишня» в городе Кемерово в процессе проверки проектной документации были обнаружены грубые нарушения, на которые люди, подписавшие данный проект, закрыли глаза. В связи с тем, что данный объект был построен на базе кондитерской фабрики, в здании отсутствовали окна. Кроме этого неправильная планировка усугубило положение тем, что люди не могли сориентироваться и найти выход. Пожарные лестницы не были предусмотрены для большого потока выбегающих людей. На рисунках 1 и 2 видно, что при пожаре конструкция перекрытия не выдержала нагрузок. Халатность управляющих и контроллеров данного объекта привела к гибели 64 человек. В результате проверок других торговых центров по всей России, во всех были найдены нарушения как мелкие, так и грубейшие, из-за которых многие помещения были вынуждены закрыться.

Рисунок 1 – Обрушение перекрытия в ТРЦ «Зимняя Вишня»

Рисунок 2 – Вид изнутри.

Из этого следует, что так же были допущены ошибки при проведении входного, пооперационного и выходного контролей данного объекта в целом. Ведь только через гибель людей каждый работник понимает всю ответственность своего дела.

Для предотвращения разного рода катастроф необходимо проводить целый ряд контрольных операций: при сдаче объекта, пооперационный, в процессе эксплуатации. Особенно это касается объектов, которые предназначены для активного посещения большого количества разновозрастных (больных, пожилых, детей со взрослыми и без сопровождения родителей) людей. Кроме того, следует внести изменения (сделать актуализацию) в нормативные документы, предназначенные для определения объема контроля и оценки качества. Также необходима разработанная и утверждённая методики проведения контроля для каждого конкретного строительного объекта, что позволит избежать потерь человеческих жизней. Специалисты должны соответствовать всем требованиям,

представленным в постановлении «Об утверждении правил аттестации персонала в области неразрушающего контроля» [2].

Таким образом, для существенного решения проблем с проведением контроля строительных объектов и обеспечения его качества необходим целый комплекс мероприятий в период всей эксплуатации этих объектов: разработка технологических карт для проведения визуального и измерительного контроля (ВИК), разработка технологических карт для проведения ультразвукового контроля (УЗК), разработка индивидуальной методики проведения, как для ВИК, так и для УЗК.

Список литературы

1. СП 70.13330-2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87

2. ПБ 03-440-02 Постановление от 23 января 2002 г. N 3 «Об утверждении правил аттестации персонала в области неразрушающего контроля»

3. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция)