

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ I

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
19 – 21 мая 2020 г.*

выпуск 24

Под общей редакцией профессора М.В. Темлянцева

**Новокузнецк
2020**

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Темлянец М.В.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.,
д-р геол.-минерал. наук, профессор Гутак Я.М.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
д-р техн. наук, профессор Галевский Г.В.,
д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.,
д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2020. - Вып. 24. - Ч. I. Естественные и технические науки. – 480 с., ил.-164, таб.- 88.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных наук, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, экологии, безопасности, рационального использования ресурсов.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ством / Литейное производство, 1992, № 4. С.26-27.

2. Антипенко В.И., Князев С.В. Диагностика процесса изготовления стальных отливок с использованием технологических проб / Литейное производство, 1987, № 7. С.15-16.

3. Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Куценко А.И. Программно-аппаратный комплекс автоматизированной системы неразрушающего контроля дефектности отливок / Известия Высших Учебных Заведений. Черная металлургия. 2019;62(2). С.134-140.

4. Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Чепрасов А.И. Программно-аппаратный комплекс системы анализа дефектности отливок // Прогрессивные технологии в современном машиностроении : сборник статей XII Международной научно-технической конференции. Под редакцией Е.А. Чуфистова. Пенза, 2017. С. 20-26.

5. Князев С.В., Усольцев А.А., Скопич Д.В. Программно-аппаратное обеспечение комплексной автоматизированной системы неразрушающего контроля дефектности отливок // Инновационные технологии в литейном производстве: сборник трудов научно-технической конференции МГТУ им. Н.Э. Баумана. Под общей редакцией К.А. Батышева, К.Г. Семенова. – М. : ИИУ МГОУ, 2019. С. 340-345.

УДК 621.7+621.9

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Прохоренко Д.А., Масалова Д.А., Гулидов А.А.,
Соколов Б.М., Ознобихина Н.В.**

**Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Князев С.В.,
канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: krookia@mail.ru*

Отдельные приборы и методы неразрушающего контроля, применяющиеся сегодня на предприятиях обладают должной информативностью и гарантируют выявление дефектов в сварных изделиях. Задача сплошного цифрового неразрушающего контроля сложных сварных изделий может быть решена комплексной системой с применением сканирующего радиационного интроскопа на базе циклического индукционного ускорителя электронов и ультразвуковой (вихретоковой) инфракрасной термографии.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, сварка, дефекты, металл, интроскоп, термография.

В настоящее время, согласно многочисленным исследованиям, выявлены однотипные дефекты в сварных изделиях. К ним относятся: неспай, горячие трещины, усадочные раковины и пористости, светлые газовые раковины, окисленные газовые раковины, неметаллические включения [1].

Часть дефектов (неспай, некоторые газовые раковины) в основном выявляется при разбраковке изделий методом визуального контроля. Поверхностные трещины выявляются магнитопорошковым методом.

Скрытые подповерхностные дефекты, типа усадочных раковин, микротрещин, часть газовых раковин, неметаллические включения, являющиеся причиной зарождения и развития усталостных трещин, поддаются выявлению только методами неразрушающего контроля (НК), используемыми на предприятии [2-5].

К этому следует добавить то обстоятельство, что отсутствие достоверной информации о дефектности изделий, не позволяет применять методики оценки влияния видов дефектов, их размеров и расположения на работоспособность изделий в течение всего срока их эксплуатации.

Для неразрушающего контроля наиболее опасных, с точки зрения образования усталостных трещин, дефектов на наш взгляд можно применить рентгеновский томограф.

В настоящее время промышленные радиографические системы и томографы довольно широко распространены на предприятиях, использующих их для отработки технологии производства ответственных изделий.

Среди технических характеристик систем радиационного контроля, особенно важных для НК крупногабаритных ответственных металлоконструкций сложной пространственной геометрии с существенной разнотолщинностью, можно выделить: предельные размеры объекта контроля (ОК), энергию источника излучения, предел пространственного разрешения внутри ОК, контрастную чувствительность, чувствительность к большим перепадам радиационных толщин, надежность, оперативность ремонта.

На рынке существует много предложений промышленных радиографических систем. В Японии: Toshiba IT & Control Systems, Hitachi, Shimadzu, Nikon Metrology; в Европе: немецкая фирма Phoenix; немецкая фирма YXLON International входящая в группу Comet; английская фирма X-Tek Systems; немецкая фирма RayScan Technologies; в США : North Star Imaging и ее подразделение X-View CT, фирма Varian Medical Systems; в России: ИНК ТПУ (Томск), ООО «Промышленная интроскопия» (Москва), МИРЭА (Москва).

Учитывая размеры и вес крупногабаритных ОК, можно сразу отметить, что ни один из вариантов выпускаемых в настоящее время в мире промышленных томографов не подходит для решения задачи НК для этих объектов. Среди существующих промышленных томографов только в томографе ИНК НИ ТПУ использован бетатрон (собственной разработки и производства) МИБ-9 с энергией 4-9 МэВ, позволяющий просвечивать ОК до 450мм. Одним из важнейших преимуществ бетатрона над другими высоко-

энергетическими источниками является размер фокусного пятна - 0.1-1.5 мм, что соответствует минифокусным аппаратам. ТПУ единственный в мире разработчик и производитель малогабаритных циклических ускорителей электронов – бетатронов.

Его основными элементами являются источник излучения с местной защитой и коллиматором, сканер и детекторная линейка. Источником излучения служит бетатрон с максимальной энергией 9 МэВ и мощностью дозы 13 Р/мин на расстоянии 1м от мишени. Частота импульса излучения равна 400 Гц. Сканер позволяет перемещать детали массой до 150 кг с регулируемой скоростью от 0,3 до 10 см/с. Активная длина сканера составляет 2,5м.

Линейка состоит из 864 отдельных детекторов, представляющих собой прямоугольный сцинтиллятор с наклеенным на его боковую сторону фотодиодом. Размеры сцинтиллятора в горизонтальном направлении сканирования 6 мм, вертикальном 4 мм, его длина равна 35 мм. Встроенная в модуль линейки электроника обеспечивает преобразование электрического импульса фотодиода, пропорционального поглощенной в сцинтилляторе за импульс энергии излучения в цифровой код с максимальной разрядностью 16 бит. После каждого импульса или с усреднением до 16 импульсов цифровые данные с каждого детектора передаются в пультовую на компьютер, который с помощью программного пакета формирует теневое изображение контролируемого объекта на экране монитора после полного цикла сканирования и имеет широкий набор функций по дополнительной обработке изображений.

Источник излучения и сканер разработаны и изготовлены ИНК ТПУ совместно с ООО «Фотон», программный комплекс написан сотрудниками ИНК, а линейка изготовлена московской фирмой «Диагностика-М».

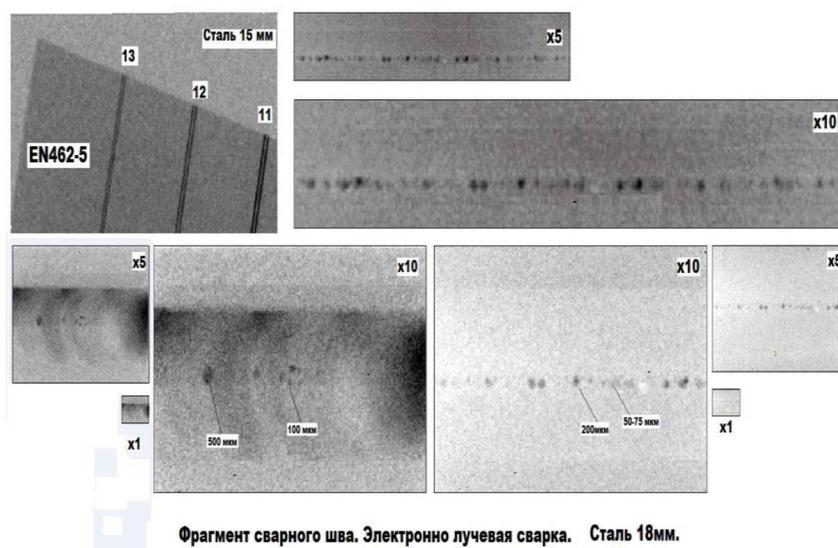


Рисунок 1 - Результаты полученные при НК фрагментов сварного шва ответственного изделия и индикатора чувствительности на фоне стальной пластины 15мм

Контроль сварных элементов с помощью радиационных интроскопов сканирующего типа легче других поддается автоматизации. Получение изображения с помощью интроскопа сканирующего типа в нескольких плоскостях и соответствующая математическая обработка позволяют получить исчерпывающую информацию о внутренней структуре сварных элементов (рисунок 1).

Для обнаружения трещин в массивных стальных сварных изделиях целесообразно использовать ультразвуковое и вихретоковое возбуждение, а также тепловизионный способ регистрации температуры, что в перспективе должно обеспечить их обнаружение и достоверный цифровой контроль дефектов типа «трещина».

Сущность предлагаемых методов состоит в следующем. Ультразвуковая (УЗ) инфракрасная (ИК) термография предусматривает локальное возбуждение импульсных или непрерывных ультразвуковых колебаний в объекте контроля с регистрацией температурного поля значительной части объекта контроля с помощью ИК тепловизора. Поверхностные и подповерхностные трещины проявляются в виде локальных аномалий температуры, вызванных эффектом внутреннего трения и механического гистерезиса. Основанием для данного метода явился положительный опыт по контролю композиционных материалов, а также зарубежный опыт по контролю металлов. Вихретоковая ИК термография использует индукционное возбуждение вихревых токов в металле, причем в зоне трещин температура повышается вследствие сгущения силовых линий электромагнитного поля (рисунок 2).

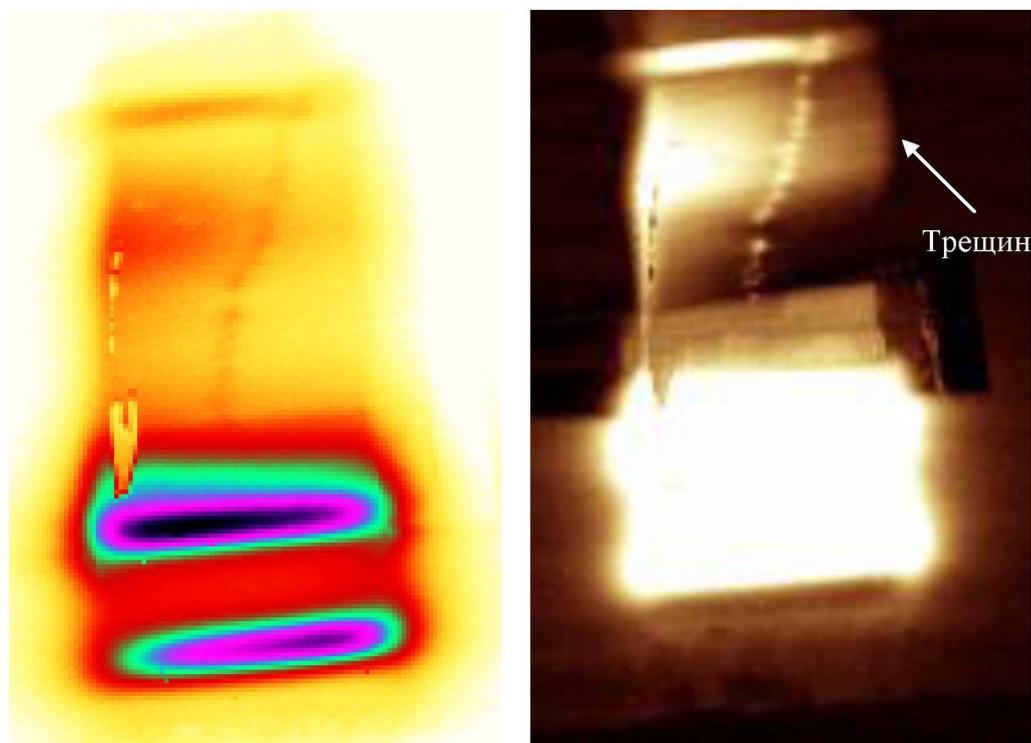


Рисунок 2 - Исходная термограмма сварного образца (слева) и после обработки (справа)

Возможность проведения НК свойств и состояний материалов, например, контроль сварных соединений в процессе сварки, нашел уже достаточно широкое применение при управлении производством. Своевременное обнаружение дефектов в процессе сварки позволяет оперативно проводить их исправление и корректировку процесса. При этом открывается возможность адаптивного управления технологическим процессом, то есть по данным НК можно управлять параметрами технологического процесса, а приборы НК становятся элементами системы управления процессами.

Кроме того, контроль методами НК дает возможность судить об изменении напряженно-деформированного состояния материала объекта, о процессах коррозии и других факторах, влияющих на долговечность конструкции, т.к. рассмотренные методы НК позволяют контролировать не только размеры дефектов, но и их местоположение и ориентацию. На основе методик технической диагностики, анализа состояния объекта контроля, данных НК, возможно осуществлять прогнозирование остаточного ресурса сварных изделий.

Система НК обеспечивает обнаружение и локализацию внутренних дефектов и трещин, а также позволяет осуществлять диагностику контролируемого сварного изделия и прогнозирование развития дефектов, то есть осуществляет предупреждение возникновения аварийных ситуаций (разрушений) на объектах путём своевременного обнаружения дефектов, их оценке, анализе и рекомендациях о сроках эксплуатации изделий.

Библиографический список

1. Knyazev S.V., Usoltsev A.A., Skopich D.V., Fatyanova E.A., Dolgopolov A.E. Automated system of control and diagnostics of cast-steel defects in the mass production // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 150. P. 1 -5 (012039).

2. Cheprasov A.I., Knyazev S.V., Usoltsev A.A., Dolgopolov A.E., Mam ed ov R.O. Detection of cold cracks in the cast-steels by the methods of ultrasonic and eddy-current infrared thermography // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 150. P. 1 -5 (012026).

3. Программно-аппаратный комплекс автоматизированной системы неразрушающего контроля дефектности отливок / Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Куценко А.И. / Известия Высших Учебных Заведений. Черная металлургия. 2019;62(2). С.134-140.

4. Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Чепрасов А.И. Программно-аппаратный комплекс системы анализа дефектности отливок // Прогрессивные технологии в современном машиностроении : сборник статей XII Международной научно-технической конференции. Под редакцией Е.А. Чуфистова. Пенза, 2017. С. 20-26.

5. Князев С.В., Усольцев А.А., Скопич Д.В. Программно-аппаратное обеспечение комплексной автоматизированной системы неразрушающего контроля дефектности отливок // Инновационные технологии в литейном

производстве: сборник трудов научно-технической конференции МГТУ им. Н.Э. Баумана. Под общей редакцией К.А. Батышева, К.Г. Семенова. – М. : ИИУ МГОУ, 2019. С. 340-345.

УДК 669.715:539.21

ИЗМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ ДОЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА, ОБЛУЧЕННОГО ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

**Абатурова А.А.¹, Шляров В.В.¹, Петрикова Е.А.², Тересов А.Д.²,
Научные руководители: д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.¹,
д-р физ.-мат. наук, профессор Иванов Ю.Ф.²**

¹*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: abaturova372412@gmail.com,*

²*Институт сильноточной электроники СО РАН,
г. Томск, e-mail: elizmarkova@yahoo.com*

В работе выполнено модифицирование поверхности доэвтектического силумина АК10М2 электронным пучком, в режимах, различающихся плотностью энергии пучка электронов (10, 30 и 50) Дж/см² и длительностью импульсов (50 и 200) мкс. Показано, что износостойкость исследуемого материала, облученного интенсивным импульсным электронным пучком (50 Дж/см², 200 мкс.), превосходит износостойкость силумина в литом состоянии на 197%. Установлено, что максимальное увеличение микротвердости наблюдается при параметрах пучков электронов 30 Дж/см², 200 мкс и 50 Дж/см², 50 мкс, значения микротвердости для каждого из режимов составляют 860 МПа и 950 МПа соответственно. Значение микротвердости литого сплава равно 520 МПа. Сопоставление данных по микротвердости и износостойкости выявило их корреляцию.

Ключевые слова: силумин доэвтектический, импульсный электронный пучок, облучение, износостойкость, микротвердость.

Алюминиевые сплавы – наиболее широко используемые металлические конструкционные материалы, после железа и стали. Данные сплавы имеют потенциал для применения в авиационной, аэрокосмической, автомобильной, военно-морской, оружейной промышленности из-за их низкой плотности, высокой удельной прочности и хорошей коррозионной стойкости [1-3].

По своему составу, микроструктуре и технологическим характеристикам алюминиевые сплавы можно разделить на литые и деформируемые. Как правило, содержание легирующих элементов в литых алюминиевых сплавах составляет 10–12%, а в деформируемых – 1–2% (в некоторых случаях оно может достигать 6–8%). Силуминами называют сплавы, химический состав которых включает в себя алюминий и кремний. Они не подвергаются термо-

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ УЛАВЛИВАНИЯ АММИАКА ИЗ КОКСОВОГО ГАЗА	
Литвинов А.П.	224
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТК НА АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Новиков М.В.	228
НЕТРАДИЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ШТРИПСОВОЙ ЛЕНТЫ ПОД ПОРОШКОВУЮ ПРОВОЛОКУ	
Густова Д.О., Иванкина И.В.	231
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ И ВОЛОЧЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОВЫГОДНОГО ПАРТНЕРСТВА ОАО “НКАЗ” И АО “ЕВРАЗ ЗСМК”	
Иванкина И. В., Густова Д. О., Вахроломеев В.А.	235
СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ШАРОВ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Курбангалеев Д.К.	240
УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ШАРОВ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Курбангалеев Д.К.	243
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ	
Чудов А.Е., Хузин А.М.	246
УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА АК ⁹ пч МОДИФИЦИРОВАНИЕМ	
Зеневич А.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В., Михно А.Р., Сычев А.А.	249
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО (СТОЙКОСТЬ) СЕКЦИИ ПРЯМОЙ ГАЗОСБОРНОГО КОЛОКОЛА ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА	
Соколов Б.М., Ознобихина Н.В., Михно А.Р., Белов Д.Е., Зеневич А.В.	254
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ	
Прохоренко Д.А., Масалова Д.А., Гулидов А.А., Соколов Б.М., Ознобихина И.В.	258
ИЗМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ ДОЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА, ОБЛУЧЕННОГО ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ	
Абатурова А.А., Шляров В.В., Петрикова Е.А., Тересов А.Д.	263
ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ СВАРКИ НА МАШИНЕ МС 20.08	268
Азаренков И.А., Алимарданов П.Э.	268
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛА, НАПЛАВЛЕННОГО ПОД ФЛЮСОМ, ИЗГОТОВЛЕННЫМ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	270
Апанина В.О., Михно А.Р., Постников А.В.	270

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Часть I

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Выпуск 24

Под общей редакцией
Технический редактор
Компьютерная верстка

М.В. Темлянцева
Г.А. Морина
Н.В. Ознобихина
В.Е. Хомичева

Подписано в печать 11.06.2020 г.
Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 28,2 Уч.-изд. л. 30,6 Тираж 300 экз. Заказ № 99

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ