

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

ВК «Кузбасская ярмарка»



Посвящается 300-летию Кузбасса

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 7 - 2021

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Никитенко С.М.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2021. - № 7. – 400 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 1-4 июня 2021 г).

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

¹ к.т.н. А.В. Зимин, ² д.т.н. И.В. Буркова, ³ А.А. Селезнев, ¹ д.т.н. В.В. Зимин,	258
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	258
2 - Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия	258
3 – ООО «ТК-СДН», г. Новосибирск, Россия.....	258
РЕЖИМЫ РАБОТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ В ЦЕПИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШАХТНОГО ПОДЪЕМА.....	262
Островляничик В.Ю., Поползин И.Ю., Кубарев В. А., Маршев Д.А.	262
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	262
АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ В ЦЕПИ РОТОРА	266
Островляничик В.Ю., Поползин И.Ю., Кубарев В. А., Маршев Д.А.	266
Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия	266
ПРЕДИКТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ	272
¹ Аниканов Д.С., ² к.т.н. Кипервассер М.В., ² к.т.н. Симаков В.П.	272
1 – ООО «СИБШАХТОСТРОЙ», г. Новокузнецк, Россия.....	272
2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	272
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ	277
к.т.н., Кипервассер М.В., к.ф.-м.н. Лактионов С.А.	277
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	277
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ЛИТЫХ И СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	281
к.т.н. Князев С. В., к.т.н. Усольцев А.А., к.т.н. Куценко А.И., Ознобихина Н.В.	281
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	281
СОЗДАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ КАСТОМИЗИРОВАННОГО МЕЛКОСЕРИЙНОГО ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ	283
к.т.н. Князев С.В., к.т.н. Куценко А.И., к.т.н. Усольцев А.А., Соколов Б.М.	283
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	283
ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	286
к.т.н. Князев С.В., к.т.н. Усольцев А.А., к.т.н. Куценко А.И., к.т.н. Куценко А.А.	286
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	286
РАЗРАБОТКА ТЕСТОВОГО ТРЕХМЕРНОГО РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА И МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ПРИ РАБОТЕ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ	288
¹ к.т.н. Никитенко М.С., ¹ Кизиллов С.А., ² д.м.н. Тарасова И.В., ³ к.б.н. Игнатова А.Ю., ¹ Натура Е.С.	288
1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	288
2 – Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, г. Кемерово, Россия	288
3 – Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия	288
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСТАВОК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ С ИЗБЫТОЧНОЙ УГОЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ.....	293
^{1,2} д.т.н. Зеньков И.В.	293
1 - Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия.....	293
2 - Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, г. Красноярск, Россия	293
ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	297
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВЫБРОСООПАСНЫХ ЗОНАХ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ПРИ ПРОХОДКЕ ВЫРАБОТОК.....	299

Список литературы

1. Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок: збірник наукових праць. – Донецьк: ВАТ «НДІГМ» ім. М.М. Федорова, 2009. – С. 35-37.
2. Русов В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам: монография. – Пермь, 2012. – 252 с.
3. Kipervasser M.V., Simakov V.P., Anikanov D.S. The control method of ropes slip of a mine winder with friction pulley // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol.377. [012044, 6p.]. – URL: <http://library.sibsiu.ru>. doi:10.1088/1755-1315/377/1/012044.
4. Защита мостовых кранов углеобогатительных фабрик / Д.С. Аниканов [и др.] // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2018. – № 4. – С. 360-364.
5. Хэррис Ф. Дж. Использование окон при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье // ТИИЭР. – 1978. – Т. 66. – № 1.
6. Рождественский Д.Б. Методические основы цифрового управления // Приборы и системы, управление, контроль, диагностика. – 2011. – №7. – С 9 – 16.
7. Лисицына Л.С. Основы теории нечетких множеств – СПб: Университет ИТМО, 2020. – 74 с.

УДК 621.7+621.9

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
ЛИТЫХ И СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ****к.т.н. Князев С.В., к.т.н. Усольцев А.А., к.т.н. Куценко А.И., Ознобихина Н.В.****Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия**

Аннотация. Отдельные приборы и методы неразрушающего контроля, применяющиеся сегодня на предприятиях, не обладают должной информативностью и не гарантируют эффективный контроль дефектов в литых и сварных изделиях горношахтного оборудования. Задача сплошного цифрового неразрушающего контроля сложных литых и 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.

Введение. В настоящее время, согласно многочисленным исследованиям, выявлены однотипные дефекты в литых и сварных изделиях. К ним относятся: неспай, горячие трещины, усадочные раковины и пористости, светлые газовые раковины, окисленные газовые раковины, неметаллические включения [1, 2].

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 [3-4].

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, проводить прогнозирование и диагностику отказов-поломок.

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.

Описание работы. 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 450 мм. Одним из важнейших преимуществ бетатрона над другими высокоэнергетическими 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 1 м 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 2,5 м.

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».

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 (рис. 1).

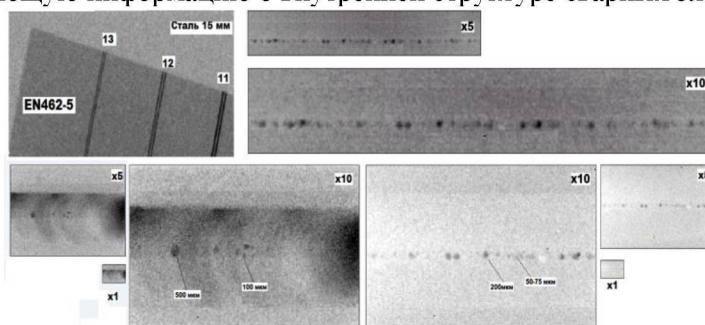


Рис. 1. Результаты, полученные при НК фрагментов сварного шва ответственного изделия и индикатора чувствительности на фоне стальной пластины 15 мм

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 трещи-

ны 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. Вихре-токовая ИК термография использует индукционное возбуждение вихревых токов в металле, причем в зоне трещин температура повышается вследствие сгущения силовых линий электромагнитного поля (рис. 2).

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.

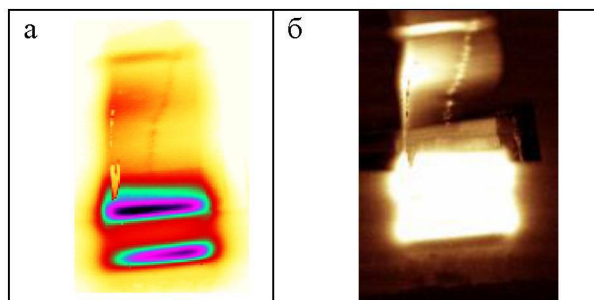


Рис. 2. Исходная термограмма сварного образца (а) и после обработки (б)

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.

Вывод. Система НК обеспечивает обнаружение и локализацию внутренних дефектов и трещин, а также позволяет осуществлять диагностику контролируемого сварного или литого 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.

Список литературы

1. Antipenko V.I., Knyazev S.V. Diagnostics of steel castings production with the aid of technological pilot samples // Soviet Castings Technology (English Translation of Liteinoe Proizvodstvo). – 1987. – № 7. – P. 34.
2. Алгоритм диагностики дефектности отливок и структура АСУ их качеством / С.В. Князев [и др.] // Литейное производство. – 1992. – № 4. – С. 26-27.
3. Detection of cold cracks in the cast-steels by the methods of ultrasonic and eddy-current infrared thermography / A.I. Cheprasov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 150. – P. 1-5 (012026).
4. Непрерывный контроль крупногабаритных изделий литейного производства / А.М. Штейн [и др.] // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. – 56. – № 1-2. – С. 267-270.

УДК 621.74.002.6

СОЗДАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ КАСТОМИЗИРОВАННОГО МЕЛКОСЕРИЙНОГО ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

к.т.н. Князев С.В., к.т.н. Куценко А.И., к.т.н. Усольцев А.А., Соколов Б.М.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Рассмотрены перспективы использования в литейном производстве аддитивных и цифровых технологий на всех этапах производства литого изделия на примере создания кастомизированного

Научное издание

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Компьютерная верстка Л.Д. Павловой

Подписано в печать 24.05.2021 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 23,76 Уч.-изд. л. 25,16 Тираж 1000 экз. Заказ

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Издательский центр СибГИУ