



Е. З. Коварская¹, д. т. н. И. Б. Московенко² (✉), д. т. н. А. И. Потапов²

¹ ООО «ЗВУК», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

УДК 666.76.017:620.179.1

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОСВОЕНИЮ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И КАЧЕСТВА ОГНЕУПОРОВ*

Предложен проект целевой научно-технической программы использования неразрушающих методов контроля качества и физико-механических характеристик огнеупорных изделий. Приведено обоснование возможности и целесообразности проведения таких работ на основании анализа известных методов контроля огнеупорных и аналогичных по технологии изготовления абразивных изделий.

Ключевые слова: огнеупоры, неразрушающий контроль, физико-механические свойства, мониторинг, акустические методы контроля, частоты собственных колебаний.

Современный уровень технологии изготовления огнеупорных изделий, используемых в металлургии, предусматривает необходимость контроля их физико-механических свойств, осуществляемого, как правило, разрушающими методами на образцах, которые вырезаются из изделий, отобранных случайным образом из технологических партий, подлежащих контролю. Выборка в таком случае должна проводиться в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к статистической обработке результатов измерений. В условиях действующего производства огнеупорных изделий осуществление подобной репрезентативной выборки практически не представляется возможным. Повышение надежности контроля в таких условиях производства может быть достигнуто при использовании методов неразрушающего контроля (НК), позволяющих, с одной стороны, существенно повысить производительность контроля и, с другой стороны, обеспечить возможность определения физико-механических свойств реальных изделий без их разрушения.

В свое время был накоплен достаточно большой опыт в области разработки НК огнеупорных изделий с использованием радиоволновых и акустических методов контроля [1], однако эти методы не нашли широкого применения в про-

мышленности по причинам в основном организационного характера.

В настоящее время для неразрушающего контроля огнеупорных изделий все большее распространение начинают получать акустические методы, основанные на определении скорости распространения акустических волн (С) по результатам измерения частот собственных колебаний (ЧСК) изделий. Эти методы уже нашли достаточно широкое применение при контроле абразивных изделий как в России и странах СНГ, так и в дальнем зарубежье. В нашей стране в течение более 20 лет эти методы использовали в соответствии со специально разработанным ГОСТ 25961–83 (СТ СЭВ 3313–81) «Инструмент абразивный. Акустический метод контроля физико-механических свойств», в настоящее время применение акустического метода регламентировано ГОСТ Р 52710–2007 «Инструмент абразивный. Акустический метод определения твердости и звуковых индексов по скорости распространения акустических волн», который разработан с учетом накопленного опыта эксплуатации и введен в действие взамен упомянутого стандарта с 01.01.2008. Во введенном стандарте рекомендованы к использованию сертифицированные измерители частот собственных колебаний типа «Звук» различных модификаций или приборы с аналогичными техническими характеристиками. В связи с тем что технологии производства абразивных и огнеупорных изделий аналогичны, акустический метод может быть рекомендован для НК огнеупорных изделий. Весьма информативным параметром при проведении такого акустического контроля является звуковой индекс (ЗИ) — градация скорости С с шагом 200 м/с, определяемый в соответствии с

* По материалам Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (3–4 апреля 2014 г., Москва).



И. Б. Московенко
E-mail: info@ndtest.ru

упомянутыми стандартами. Параметр ЗИ, по нашему мнению, может быть успешно использован для оценки физико-механических свойств огнеупорных изделий.

Возможность и целесообразность неразрушающего акустического контроля физико-механических свойств огнеупорных изделий наглядно подтверждается, например, десятилетней успешной эксплуатацией в ЗАО «НТЦ «Бакор» прибора типа «Звук-203М» для контроля

свойств высокоогнеупорных тиглей, предназначенных для плавки металлов и сплавов.

Результаты, накопленные в ходе испытаний и использования НК для контроля качества, в первую очередь огнеупорных и абразивных, а также других видов изделий в условиях их производства и эксплуатации [2–11], по нашему мнению, позволяют приступить к более широкому освоению НК огнеупорных изделий различных типоразмеров и назначения.

Паспорт целевой научно-технической программы

«Неразрушающий контроль качества и диагностика огнеупорных материалов и изделий»

Наименование Программы	Целевая научно-техническая программа «Неразрушающий контроль качества и диагностика огнеупорных материалов и изделий»
Дата принятия решения о разработке Программы, дата ее утверждения (наименование и номер соответствующего нормативного акта)	—
Заказчики Программы	Министерство промышленности и торговли Министерство образования и науки Предприятия металлургической отрасли
Основные разработчики Программы	Ассоциация финансово-промышленных Групп России Ассоциация производителей и потребителей огнеупоров «Санкт-Петербургский научно-технический центр» Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» Закрытое акционерное общество «Константа» Общество с ограниченной ответственностью «ЗВУК» Научно-исследовательские, научно-производственные организации и высшие учебные заведения РФ
Цели и задачи Программы, важнейшие целевые показатели	Обеспечение металлургической отрасли современными научно-техническими разработками, выполненными в НИИ, КБ и вузах для реализации стратегии повышения качества и конкурентоспособности; привлечение инвестиций в научно-техническую сферу; создание научно-обоснованных систем, приборов и методов контроля качества и диагностики огнеупорных материалов и изделий; паспортизация эксплуатируемых огнеупорных объектов; снижение уровня аварий; обеспечение информацией о текущих и прогнозируемых изменениях технического состояния огнеупорных объектов; создание научно-технической и нормативно-правовой базы по эффективному использованию потенциала науки в интересах огнеупорной и металлургической промышленности
Сроки реализации Программы	2015–2017 гг.
Перечень подпрограмм и основных мероприятий	Создание методов и средств неразрушающего контроля качества и диагностики огнеупорных материалов; разработка методов и средств неразрушающего контроля сырья, полуфабрикатов и технологических процессов изготовления огнеупорных изделий; разработка методов и средств технического обследования и паспортизации огнеупорных объектов с применением неразрушающего контроля; организация подготовки, повышения квалификации и переподготовки специалистов в области неразрушающего контроля качества огнеупорных материалов и изделий
Объемы и источники финансирования	Для реализации Программы в 2015–2017 гг. потребуется 97 млн руб., в том числе из федерального бюджета — 70 млн руб., из внебюджетных источников 27 млн руб.
Ожидаемые конечные результаты реализации Программы	Научно обоснованные методики и сертифицированные приборы неразрушающего контроля физико-механических, структурных и геометрических параметров огнеупорных материалов и изделий Нормативные документы по неразрушающему контролю огнеупорных материалов и изделий Учебно-методические комплексы и пособия по неразрушающему контролю качества огнеупорных материалов и изделий для курсов повышения квалификации и переподготовки специалистов Увеличение срока эксплуатации огнеупорных объектов, сокращение затрат на обследование, ремонт, улучшение и совершенствование эксплуатации огнеупорных объектов; создание новых рабочих мест В результате реализации Программы должно быть обеспечено создание принципиально новых техники, технологий, материалов, решены крупные научно-технические проблемы, а также проведены исследования по новым перспективным направлениям развития науки и техники, что позволит создать научный и технический задел
Система контроля за исполнением Программы	Контроль за исполнением Программы осуществляет научный совет по подпрограммам. Промежуточные и окончательные итоги работ по Программе систематически рассматриваются на заседаниях научных советов по подпрограммам с привлечением научной общественности и экспертов

Выполнение работ по расширению областей применения НК огнеупоров целесообразно проводить в рамках целевой научно-технической программы, специально разработанной и согласованной с изготовителями и потребителями соответствующей огнеупорной продукции. Специалистами ООО «ЗВУК» и кафедры приборостроения Национального минерально-сырьевого университета «Горный» был разработан проект целевой научно-технической программы «Не разрушающий контроль качества и диагностика огнеупорных материалов и изделий», паспорт которой представлен в виде таблицы. Этот проект может быть использован при подготовке подобного рода программ.

Реализация подобной программы, которая может позволить решить проблему контроля качества огнеупорных материалов и изделий, весьма актуальна, так как техническое состояние огнеупорных объектов (тиглей, печей, конвертеров и др.) определяет их производительность, срок службы, качество выпускаемой продукции и т. д. Наиболее эффективны для решения этой проблемы неразрушающие физические методы контроля, которые получили широкое распространение для контроля качества изделий из металлов. Применение данных методов для огнеупорных материалов и изделий представляет определенные трудности, так как огнеупорные материалы имеют существенно отличные от металлов физические свойства, характеризуются большим разнообразием видов огнеупорных материалов (карбид кремния, нитриды кремния и алюминия, алюмосиликатные, керамические, углеродные, композиционные, металлы и др.), как правило, являются крупноструктурными и анизотропными, особенно армированные. Поэтому для реализации неразрушающих методов контроля качества огнеупорных материалов и изделий необходимо разработать комплекс методов, включающий акустические (метод собственных частот, акустико-эмиссионный, низкочастотный эхо-импульсный и др.), радиоволновые (резонаторный, фазовый, свободного пространства и др.), для электропроводящих огнеупорных материалов — электромагнитные (вихретоковый, магнитоиндукционный и др.), электрические (емкостной, кондуктометрический) и др.

Реализация программы «Не разрушающий контроль качества и диагностика огнеупорных материалов и изделий» позволит создать научно обоснованную систему неразрушающего контроля качества огнеупорных материалов, а также систему технической диагностики и паспортизации огнеупорных объектов металлургической и других отраслей промышленности, оценки, учета и наблюдения за состоянием и эксплуатацией огнеупорных объектов. Это позволит более объективно оценивать степень

их износа и более правильно назначать сроки ремонтно-восстановительных работ. Применяемые неразрушающие методы и средства контроля и диагностики являются уникальными, не имеющими аналогов в отечественной и мировой науке, поэтому все работы по обследованию огнеупорных объектов могут проводиться без прекращения их эксплуатации. Результаты реализации Программы могут служить моделью для других отраслей народного хозяйства.

Реализация предлагаемой программы осуществляется с целью продвижения инноваций, которые обеспечили бы достижение экономического прогресса металлургических предприятий. Проект Программы состоит из разделов, объединяющих подпрограммы по следующим направлениям развития науки и техники в интересах металлургических предприятий:

- создание методов и средств:

- неразрушающего контроля качества огнеупорных материалов; неразрушающего контроля и технической диагностики огнеупорных объектов; дефектоскопии огнеупорных изделий; неразрушающего контроля геометрических характеристик огнеупорных изделий; паспортизации огнеупорных объектов с использованием неразрушающего контроля; дистанционного неразрушающего контроля, мониторинга и диагностики огнеупорных объектов в процессе их эксплуатации;

- отработка методов и средств неразрушающего контроля и диагностики огнеупорных объектов на конкретных металлургических предприятиях;

- создание компьютерной сети для формирования базы данных и управления техническим состоянием огнеупорных объектов;

- организация подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов металлургических предприятий по неразрушающему контролю, мониторингу технического состояния и паспортизации огнеупорных объектов металлургических предприятий.

В проект Программы вошли разработки, которые имеют высокую степень завершенности и финансирование которых в настоящее время продолжает осуществляться государственными или другими заинтересованными организациями. Из бюджета Программы предполагается лишь частичное дополнительное финансирование, необходимое для практической реализации или адаптации разработок в интересах металлургических предприятий.

Использование ожидаемых результатов исследований обеспечит решение задач: повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции; создания научно обоснованных принципов строительных, ремонтно-восстановительных работ на огнеупорных объектах; увеличения срока эксплуатации огнеупорных

объектов; сокращения затрат на обследование и ремонт огнеупорных объектов; улучшения и совершенствования эксплуатации огнеупорных объектов; создания новых рабочих мест.

Механизм реализации Программы, а также организация управления и контроль за ходом ее реализации представлены в отдельных разделах проекта. В результате реализации Программы

должно быть обеспечено создание принципиально новой техники, технологий, материалов, решены крупные научно-технические проблемы, а также проведены исследования по новым перспективным направлениям развития науки и техники, что позволит создать научный и технический задел для его реализации в других направлениях отраслей экономики.

Библиографический список

1. **Кащеев, И. Д.** Испытания и контроль огнеупоров : учеб. пособие / И. Д. Кащеев, К. К. Стрелов. — М. : Интермет Инжиниринг, 2003. — 286 с.
2. **Московенко, И. Б.** Неразрушающий контроль физико-механических свойств и мониторинг технологии производства огнеупорных изделий / И. Б. Московенко // Новые огнеупоры. — 2005. — № 11. — С. 38–40.
3. **Московенко, И. Б.** Nondestructive evaluation of physicomachanical properties and technology monitoring in the production of refractory components / I. B. Moskovenko // Refractories and Industrial Ceramics. — 2005. — Vol. 46, № 6. — P. 409–411.
4. **Коварская, Е. З.** Использование частот собственных колебаний при неразрушающем контроле физико-механических свойств материалов и изделий / Е. З. Коварская, И. Б. Московенко // В мире неразрушающего контроля. — 2012. — № 4. — С. 5–8.
5. **Московенко, И. Б.** Возможности использования неразрушающих акустических методов контроля для оценки физико-механических свойств и качества огнеупоров / И. Б. Московенко, А. Д. Буравов, С. В. Вихман [и др.] // Новые огнеупоры. — 2011. — № 12. — С. 38–42.
6. **Московенко, И. Б.** Potential for the use of nondestructive acoustic methods of inspection for estimation of the physico-mechanical properties and quality of refractories / I. B. Moskovenko, A. D. Buravov, S. V. Vikhman [et al.] // Refractories and Industrial Ceramics. — 2012. — Vol. 52, № 6. — P. 436–439.
7. **Московенко, И. Б.** Исследование возможности оценки физико-механических свойств изделий из огнеупорных бетонов акустическими методами / И. Б. Московенко, А. Д. Буравов, С. В. Вихман [и др.] // Новые огнеупоры. — 2012. — № 4. — С. 38, 39.
8. **Московенко, И. Б.** Акустический метод контроля углеродистых изделий в процессе их производства и эксплуатации / И. Б. Московенко, Е. З. Коварская, А. Н. Чернявец // В мире неразрушающего контроля. — 2005. — № 2. — С. 12–14.
9. **Потапов, А. И.** Неразрушающие методы и средства контроля толщины покрытий и изделий : научное, методическое, справочное пособие / А. И. Потапов, В. А. Сясько. — СПб. : Гуманистика, 2009. — 904 с.
10. **Носов, В. В.** Оценка прочности и ресурса технических объектов с помощью метода акустической эмиссии / В. В. Носов, А. И. Потапов, И. Н. Бураков // Дефектоскопия. — 2009. — № 2. — С. 47–57.
11. **Потапов, А. И.** Выявление расслоений и глубины их залегания в углепластиковых конструкциях с использованием вихретокового вида НК / А. И. Потапов, В. А. Сясько, Д. Н. Чертов // Изв. вузов. Машиностроение. — 2012. — № 8. — С. 66–69.
12. **Потапов, А. И.** Измерение толщины изделий из углеродных композиционных материалов с использованием вихретокового двухчастотного амплитудно-фазового метода / А. И. Потапов, В. А. Сясько, Д. Н. Чертов // Контроль. Диагностика. — 2013. — № 4. — С. 12–18.
13. **Потапов, А. И.** К вопросу о калибровке вихретоковых фазовых преобразователей на примере толщинномеров цинковых покрытий / А. И. Потапов, В. А. Сясько, А. Е. Ивкин [и др.] // Дефектоскопия. — 2013. — № 9. — С. 17–22. ■

Получено 02.12.14

© Е. З. Коварская, И. Б. Московенко,
А. И. Потапов, 2015 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

UNITECR 2015 — 14-й Всемирный конгресс и объединенная техническая конференция по огнеупорам



14th Biennial Worldwide Congress

UNITECR
2015

15–18 сентября 2015 г.
г. Вена, Австрия

www.unitecr2015.org/

Unified International Technical
Conference on Refractories

Partnership in Materials
and Technology