

временем задержки ПАВ в металле с исходным состоянием структуры (W_0), в металле, исчерпавшем свой ресурс работоспособности (W_f) и в контролируемом металле (W_τ). Определены численные значения ККПР для структурных различных состояний исследованных сталей и показано, что при величине критерия $K_f \geq 0,7$ исследованные стали достигают предельного состояния, характеризующегося наличием в микроструктуре высокой плотности источников внутренних полей напряжений, субструктур с микропорами и микротрещинами.

Полученные физические закономерности положены в основу способа неразрушающего контроля степени поврежденности металла элементов теплоэнергетического оборудования (Патент РФ №2231057) и методики оценки предельного состояния ТУОПО. Результаты научных исследований нашли широкое применение в энергетической, химической, угольной, металлургической и других отраслях промышленности Кузбасса в виде методик, критериев, приборов и баз данных широкого спектра сталей после различных сроков эксплуатации.

Литература

1. Смирнов, А.Н. Диагностирование технических устройств опасных производственных объектов / А.Н. Смирнов, Б.Л. Герике, В.В. Муравьев. – Новосибирск: Наука, 2003. – 244 с.

2. Пат. № №2231057 Российская Федерация. Способ неразрушающего контроля степени поврежденности металлов эксплуатируемых элементов теплоэнергетического оборудования / А.Н. Смирнов, Н.А. Хапонен. – 2004.

3. Смирнов, А.Н. Субструктура, внутренние поля напряжений и проблема разрушения паропроводов из стали 12Х1МФ / А.Н. Смирнов, Э.В. Козлов. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2004. – 163 с.

УДК 621.791.05:620.179

ВЫЯВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ МИКРОПОВРЕЖДЕННОСТЕЙ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА И СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ КОТЛОАДЗОРА СПЕКТРАЛЬНО–АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Н.В. Абабков, аспирант, А.О. Хасанов, инж., А.А. Качаев, инж.

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово
Нано-Центр Национального исследовательского Томского политехнического
университета, (г. Томск, Российская Федерация)

Безопасная эксплуатация технических устройств, применяемых в теплоэнергетической промышленности, относятся к объектам котлонадзора и являются подведомственными Ростехнадзору, является важнейшей задачей. К этим техническим устройствам относятся: котлы паровые, трубопроводы пара, сосу-

ды, работающие под давлением более 0,07 МПа; котлы водогрейные, трубопроводы, работающие при температуре нагрева воды более 115 °С. Вышеперечисленные технические устройства предназначены для выработки и передачи тепловой энергии или теплоносителя и являются потенциально опасными объектами.

При производстве и в процессе длительной эксплуатации в элементах рассматриваемых объектов возникают различные дефекты, которые чаще всего располагаются в поверхностном или в подповерхностном слоях. При этом толщина подповерхностного слоя достигает нескольких миллиметров. К таким дефектам, прежде всего, относятся хрупкие и усталостные трещины, межкристаллитная коррозия и дефекты сварки. Все вышеперечисленные повреждения основного металла и сварных соединений зачастую приводят к техногенным катастрофам и человеческим жертвам.

Поэтому при обеспечении безопасной эксплуатации данных видов оборудования возникает ряд проблем, и имеют место частые выходы оборудования из строя. В первую очередь, это связано с тем, что большая часть оборудования (85–90 %) выработала свой ресурс и нуждается в полной или частичной замене. Однако, современное состояние экономики в теплоэнергетической промышленности не позволяет достичь поставленных целей.

Весьма актуальным становится вопрос разработки новых, эффективных технологий, методов и способов оценки работоспособности и восстановления ресурса элементов технических устройств. И для обеспечения безопасной эксплуатации ответственных конструкций все более широкое распространение получает концепция, основанная на «прогнозировании и предупреждении» вместо используемой старой концепции «обнаружение и устранение» [1].

В целях обнаружения поверхностных дефектов в производственных условиях применяют различные методы неразрушающего контроля: капиллярный, акустический, вихретоковый и магнитопорошковый методы. Одними из наиболее перспективных методов контроля состояния материала в настоящее время считаются акустические методы, в частности спектрально–акустический метод. Акустические характеристики материалов (скорость распространения упругих волн, затухание и дисперсия, акустический импеданс) имеют связь с механическими свойствами материалов, позволяет по акустическим характеристикам материала судить о его механических свойствах [2–5].

Объектом исследований выбран барабан парового котла ПК–10. В качестве образцов для проведения исследований спектрально–акустическим методом были взяты фрагмент поврежденного водоопускного отверстия (образец длительно–работающего металла), а также образец металла, имеющего исходное состояние.

Результаты исследований показали, что для образца длительно–работающего металла, имеющего поверхностные дефекты, величина времени задержки поверхностной акустической волны (ПАВ) составила $R = 5818$ нс, а для образца с исходным состоянием металла – $R = 5765$ нс. Это объясняется тем, что наличие поверхностных микроповрежденностей и микропор препят-

ствует распространению ПАВ и увеличивает время ее задержки по сравнению с исходным состоянием металла.

Следующими этапами исследований было определение пикнометрической плотности и определение количества и размеров пор. Эти испытания проводились с целью установления соотношений между размером, количеством и объемом пор с характеристиками ПАВ.

Исследования по определению пикнометрической плотности для образцов стали барабана котла проводили на гелиевом пикнометре Ultrapycnometer 1000, который измеряет открытую пористость твердых материалов с точностью до 0,01%. При этом плотность исходного образца составила $7,7738 \text{ г/см}^3$, а у образца длительно–работающего металла – $7,7650 \text{ г/см}^3$. Это свидетельствует о том, что количество пор в образце длительно–работающего металла значительно больше, нежели в исходном металле.

На втором этапе проводились испытания по определению размеров и количества пор. При этом использовался ртутный поромер Poremaster 33, а пористость измерялась на станции низкого давления (размер пор от 4 до 1000 мкм). Распределение пор по размерам приведены на графиках (рисунок 1, а и б), на которых по осям абсцисс отложены диаметры пор, а по осям ординат – нормализованные объемы (отношение объема ртути поглощенного при интрузии к массе исследуемого образца).

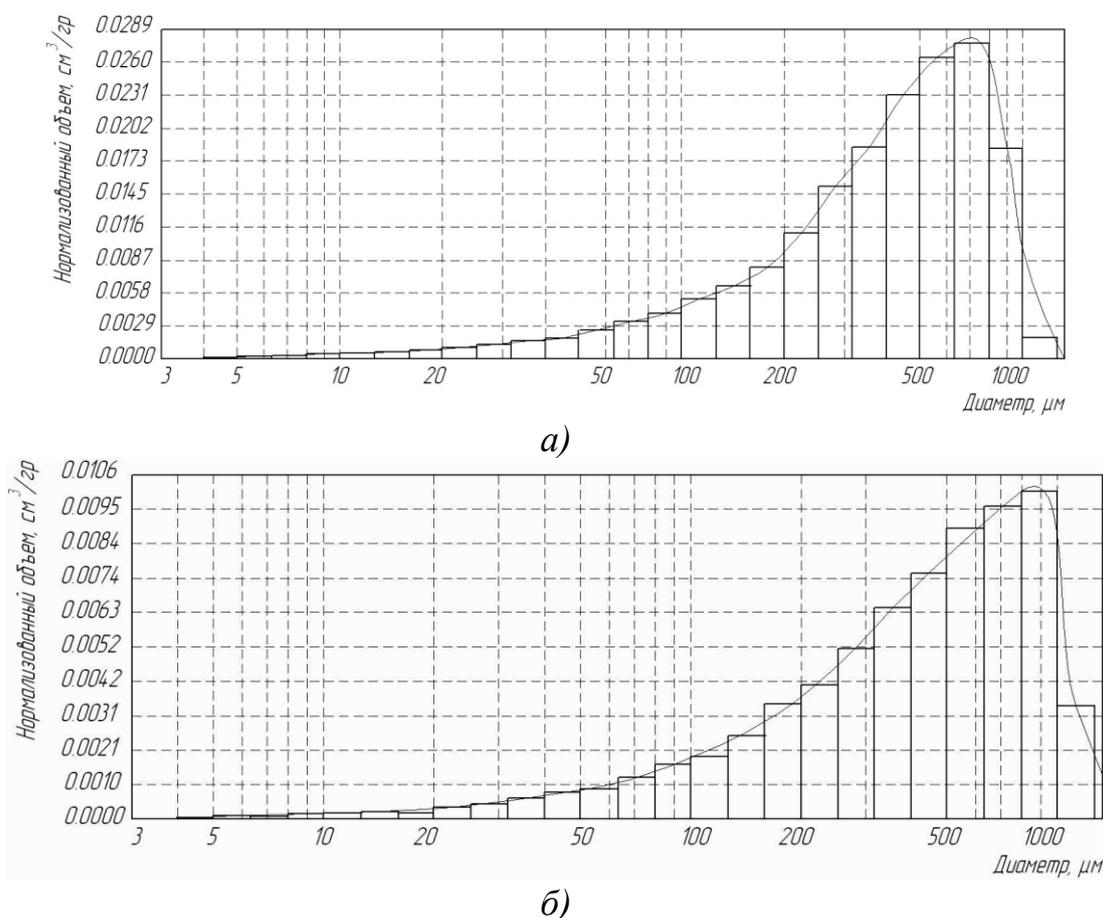


Рисунок 1 – Количество и размер пор, находящихся на поверхности образцов

а – исходное состояние металла; б – длительно работающий металл

Из графиков видно, что поведение распределения пор (форма гистограммы) одинаковы для обоих образцов, но для образца длительно–работающего металла поглощение ртути значительно больше. Из этого следует, что поры в обоих образцах одинаковых размеров, однако в образце длительно работающего металла их значительно больше.

Таким образом, можно сделать вывод что, наличие микропор в поверхностном слое образца длительно работающего металла действительно препятствует распространению ПАВ и увеличивает время ее задержки по сравнению с исходным состоянием металла. Это показывает возможность применения спектрально–акустического метода контроля для выявления поверхностных микроповрежденностей.

Литература

1. Махненко, В.И. Риск–анализ как средство формализации принятия решений о внеплановом ремонте сварных соединений / В.И. Махненко, Е.А. Великоиваненко, О.И. Олейник // Автоматическая сварка, 2008, №5. – С.5–10.
2. Смирнов, А. Н. Диагностирование технических устройств опасных производственных объектов / А. Н. Смирнов, Б. Л. Герике, В. В. Муравьев. – Новосибирск : Наука, 2003. – 244 с.
3. Алешин, Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2006. – 368с.
4. Углов, А.Л. Методы и средства акустического контроля качества оборудования при изготовлении и эксплуатации / А.Л. Углов, В.И. Ерофеев, А.Н. Смирнов – М.: Наука, 2007.–192 с.
5. Смирнов, А.Н. Применение волн Релея для контроля поверхностного слоя сварного шва и основного металла, выполненного из стали 16М / А.Н. Смирнов, С.В. Фольмер // Контроль. Диагностика. Ресурс. – Кемерово, 2007. – С.221–226.

УДК 621.172:620.178

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПО МЕХАНИЧЕСКИМ, МАГНИТНЫМ И СТРУКТУРНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Ф.И. Пантелеенко, член-корр., д-р техн. наук, проф.,
А.С.Снарский, канд. техн. наук, доц.
Белорусский национальный технический университет
(г. Минск, Республика Беларусь)

Вопросы эффективного контроля состояния ответственных металлоконструкций были и остаются весьма актуальными. Проведенными ранее исследо-