

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ДЛИТЕЛЬНО РАБОТАЮЩЕМ МЕТАЛЛЕ БАРАБАНОВ КОТЛОВ С ДАННЫМИ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Н. В. Абабков, А. Н. Смирнов

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия

В настоящей работе сопоставлены результаты, полученные методами электронной микроскопии и спектрально-акустическим и магнитошумовым методами на образцах длительно работающего и наплавленного металла сварных барабанов котлов высокого давления, изготовленных из специальной молибденовой стали. В работах [1, 2] были исследованы и сопоставлены результаты этих методов на образцах длительно работающего основного и наплавленного металла барабанов №1, 2 Южно-Кузбасской ГРЭС.

Методом электронной микроскопии была изучена структура при перемещении по образцу от зоны разрушения к основному металлу (образец длительно работающего металла) и от центра наплавки к основному металлу (образец наплавленного металла). Полученные количественные характеристики структуры представлены и описаны в предыдущих разделах. Было установлено, что наиболее серьезные изменения происходят в зоне разрушения и в ЗТВ наплавки. Именно там появляются микротрещины и резко возрастают внутренние напряжения. Таким образом, зона вблизи трещины и ЗТВ сварки является участком концентрации напряжений и именно здесь может произойти разрушение объекта.

Исследования, выполненные спектрально-акустическим, магнитошумовым и электронно-микроскопическими методами были проведены на одних и тех же участках и на одних и тех же образцах длительно работающего и наплавленного металла сварных барабанов котлов высокого давления.

Анализ поверхностного слоя образцов длительно работающего и наплавленного металла сварных барабанов котлов показал, что здесь формируются дальнедействующие поля внутренних напряжений, источниками которых являются несовместность деформаций

по границам зерен, крупные скоагулированные карбиды Me_3C и цепочки карбидов по границам фрагментов, вследствие чего возрастает амплитуда локальных полей внутренних напряжений (рисунок 1). Последнее свидетельствует об увеличении в структуре наплавленного металла числа источников внутренних напряжений.

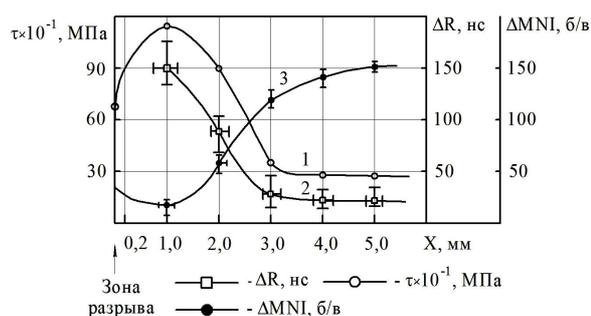


Рисунок 1 – Изменение среднего значения локальных полей внутренних напряжений (τ) (кривая 1), времени задержки ПАВ (ΔR) (кривая 2) и интенсивности МШ (ΔMNI) (кривая 3) при перемещении по образцу от зоны разрушения к основному металлу (образец длительно работающего металла)

Из рисунка 1 видно, что максимальное значение времени задержки ПАВ и минимальное интенсивности МШ наблюдались на расстоянии 1 мм от зоны разрыва (трещины), здесь же зафиксирована максимальная амплитуда локальных полей внутренних напряжений (1000 МПа).

Увеличение объемной доли опасной для разрушения структуры материала (участков дефектной α -фазы) привело к росту средних локальных полей внутренних напряжений с одной стороны, а с другой стороны, рост внутренних напряжений (300–900 МПа в основном металле, 900–1100 МПа вблизи зоны разрыва) приводит к увеличению времени задержки ПАВ (30–45 нс в основном металле,

120–150 нс вблизи берегов трещины) и уменьшению интенсивности МШ (30–45 единиц в основном металле, 130–160 единиц вблизи зоны разрыва). Такие закономерности объясняются ослаблением ультразвуковых колебаний на источниках локальных полей внутренних напряжений (для ПАВ) (рисунок 2, а) и наличием неоднородностей в структуре металла, которые затрудняют движение границ магнитных доменов (для МШ) (рисунок 2, б).

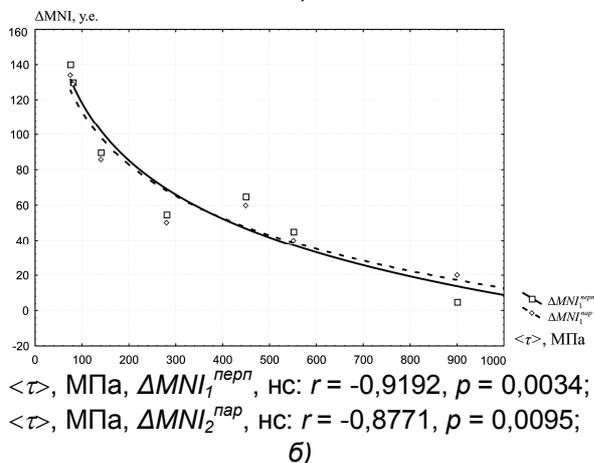
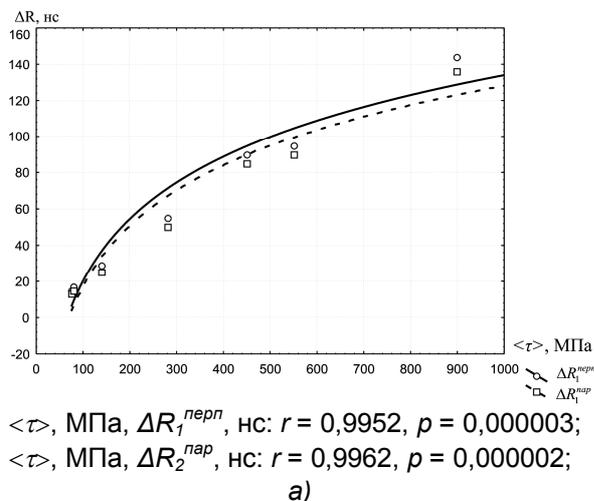


Рисунок 2 – Связь величины локальных полей внутренних напряжений $\langle \tau \rangle$ со временем задержки ПАВ ΔR (а) и интенсивностью МШ (б)

Результаты, полученные спектрально-акустическим и магнитошумовым методами, подтверждаются методами растровой (РЭМ) и просвечивающей (ПЭМ) электронной микроскопии (рисунок 3).

Как показали проведенные исследования, уже при качественном наблюдении зе-

ренной структуры металла видно, что зерна в основном металле существенно крупнее, чем вблизи зоны разрыва. Количественные исследования показали (рисунок 3, а), что средний размер зерна в зоне основного металла почти в 2 раза больше среднего размера зерна в зоне разрыва.

Кроме того видно, что средний размер зерна в зоне основного металла при перемещении по образцу от основного металла практически не изменяется (рисунок 3, а). Известно, что средний размер зерна является важной характеристикой, поскольку от него сильно зависят количественные параметры на более мелкомасштабных (структурных) уровнях в условиях, как фазовых превращений, так и пластической деформации. А именно, от размера зерна зависят размеры структурных составляющих, скалярная плотность дислокаций и амплитуда кривизны-кручения кристаллической решетки.

Поэтому было предположено, что именно вблизи зоны разрыва (0,2 мм) будут происходить кардинальные изменения параметров тонкой структуры. Что и подтверждают данные замеров величины времени задержки ПАВ и интенсивности МШ в различных местах по сечению длительно работающего образца металла. Наибольшее время задержки импульсов ПАВ и наименьшее значение интенсивности МШ наблюдается на участке образца вблизи зоны разрыва (рисунок 3, б).

Таким образом, установленные зависимости показывают принципиальную возможность выявления зон с высокими значениями локальных полей внутренних напряжений в длительно работающем и наплавленном металле сварных барабанов котлов высокого давления, изготовленных из специальных молибденовых сталей спектрально-акустическим и магнитошумовым методами.

Так как структурное состояние длительно работающего и наплавленного металла сварных барабанов определяет величину локальных полей внутренних напряжений [3] и физико-механические свойства, то можно утверждать, что в исследованных образцах металла характеристики ПАВ и МШ связаны с полями внутренних напряжений, параметрами микроструктуры и механическими свойствами.

**СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
В ДЛИТЕЛЬНО РАБОТАЮЩЕМ МЕТАЛЛЕ БАРАБАНОВ КОТЛОВ
С ДАННЫМИ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ**

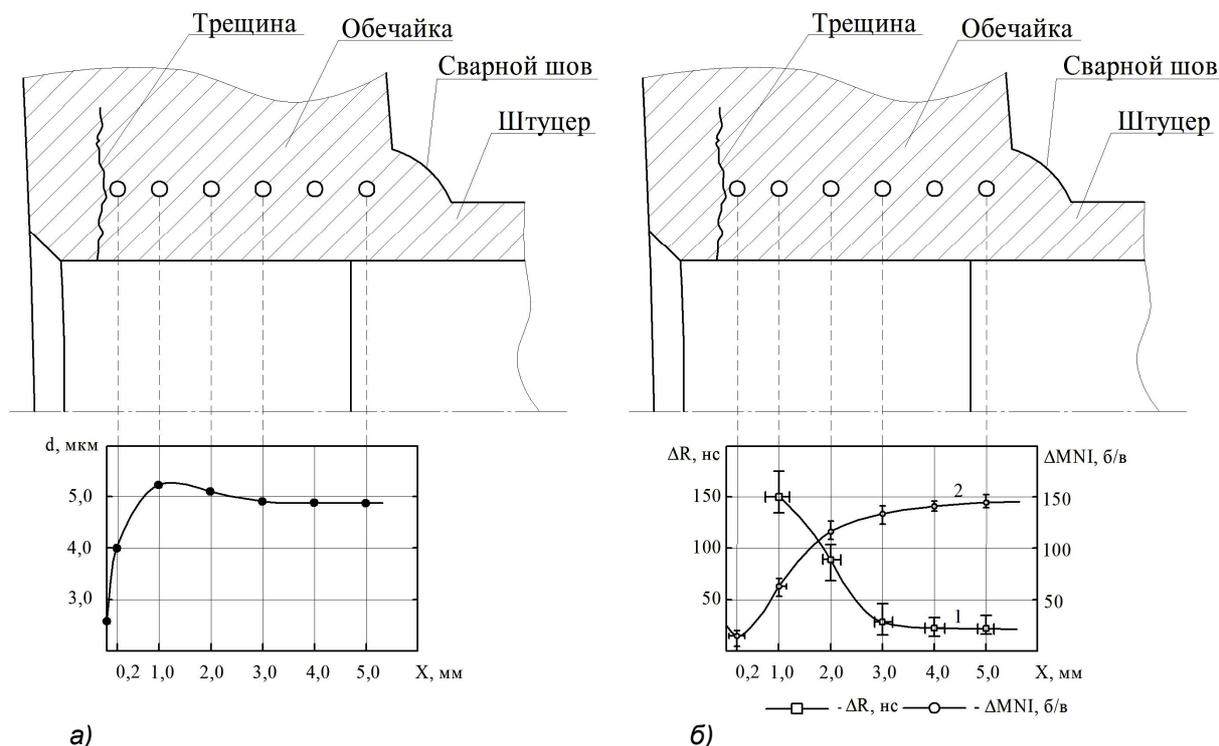


Рисунок 3 – Схема образца с повреждением и с указанием зон, где проводились измерения: а – размера зерна (d , мкм) при перемещении по образцу в направлении от зоны трещины к основному металлу (X); б – времени задержки ПАВ (1) и интенсивности МШ (2) относительно сечения образца)

Анализ результатов исследования показывает высокую чувствительность спектрально-акустического и магнитошумового методов к определению изменений параметров микроструктуры. Однотипность кривых изменения времени задержки ПАВ, интенсивности МШ и локальных напряжений (которые непосредственно указывают на наиболее опасные места в объеме материала) свидетельствует о преобладающей роли последних в изменении акустических и магнитных характеристик.

Обобщая полученные результаты можно сказать, что практическое применение спектрально-акустического и магнитошумового метода неразрушающего контроля для выявления неоднородностей и изменений в структурно-фазовом состоянии длительно работающего и наплавленного металла сварных барабанов котлов, изготовленных из специальной молибденовой стали (типа 20М) является возможным. Вышеописанная методика может применяться для оценки структуры и физико-механических свойств длительно работающего металла сварных барабанов котлов, работающих в топливно-

энергетическом комплексе.

Список литературы:

1. Смирнов, А. Н. Комплексный подход к оценке работоспособности элементов энергетического оборудования / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков // Извест. Сам. науч. центра РАН, 2010. – Т. 12. – №1 (2). – С.520–524.
2. Смирнов, А. Н. Микроструктура, акустические характеристики и поля внутренних напряжений в поврежденном металле барабана котла ПК-10 до и после ремонта сваркой / Смирнов А. Н., Козлов Э. В., Конева Н. А. и др. // Сварка и диагностика, 2011. – №3. – С. 39–42.
3. Смирнов, А. Н. Применение магнитошумового метода контроля для оценки качества наплавленного металла / А. Н.Смирнов, Н. В. Абабков // сб. науч. тр. Всероссийской конференции с международным участием «Жизненный цикл конструкционных материалов», ИрГТУ. – Иркутск, 2011. – С. 194–198.