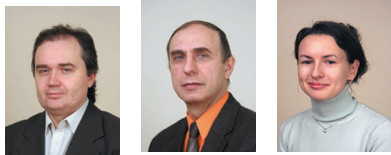


Пространственно-временной анализ акустических полей в гетерогенных упругих средах

Перов Д. В., Ринкевич А. Б., Житлухина Ю. В.



На основе применения современных способов возбуждения и приема ультразвуковых колебаний в твердых телах, включающих использование пьезоэлектрических преобразователей и доплеровского лазерного интерферометра, выполнены исследования структуры акустических полей в гетерогенных упругих средах. С помощью современных методов анализа были установлены функциональные зависимости между параметрами акустических полей и степенью гетерогенности упругих сред, содержащих микро- и макродефекты различного вида.

Исследование свойств гетерогенных упругих сред в настоящее время является актуальной задачей в различных областях науки и техники. Информация о структуре и степени неоднородности среды имеет большое значение в материаловедении, неразрушающем контроле и диагностике. Своевременное выявление характера структурных изменений, типа и размеров микродефектов, снижающих прочность материалов и изделий, позволит улучшить безопасность эксплуатации различных систем и объектов, предотвратить возникновение аварийных ситуаций и отказов оборудования.

Акустические методы исследования свойств твердых тел уже много лет успешно применяются на практике для выявления различных дефектов и несплошностей в контролируемых объектах. При этом обычно используются узкополосные излучатели и приемники ультразвуковых волн, чувствительность и разрешающая способность которых часто ограничена длиной упругой волны. Выявление микродефектов, размеры которых много меньше длины акустической волны, с помощью традиционных методик затруднено. Между тем наличие совокупности микродефектов в среде влияет на параметры наблюдаемых в ней акустических волн и полей. Необходимо только повысить чувствительность используемых методов анализа, применять широкополосные преобразователи, лазерные интерферометры.

В наших исследованиях для выявления локальных особенностей акустических полей и их связи со структурой исследуемого материала

использовался доплеровский лазерный интерферометр (рис. 1).

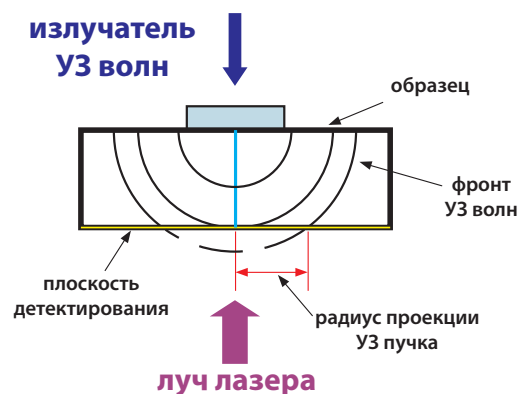


Рис. 1

Принцип действия доплеровского лазерного интерферометра.

Сбор данных бесконтактным способом в сочетании с высокой локальностью измерений, определяемой малым диаметром лазерного луча, который, как правило, много меньше, чем длина акустической волны, позволяет получать необходимую информацию о структуре акустического поля, наличии внутренних и поверхностных нарушений сплошности материала. При этом на типовых частотах излучающего пьезопреобразователя (2-15 МГц) информацию об отдельном микродефекте получить невозможно, но при наличии в среде множества микродефектов, когда среда становится гетерогенной, можно получить сведения о совокупности микродефектов, за счет многократного рассеяния упругих волн на микронесплошностях. Кроме того, использование интерферометра позволяет фиксировать мгновенные картины

акустического поля, что дает возможность исследовать процессы взаимодействия упругих волн с микродефектами в твердом теле в динамике (рис. 2).

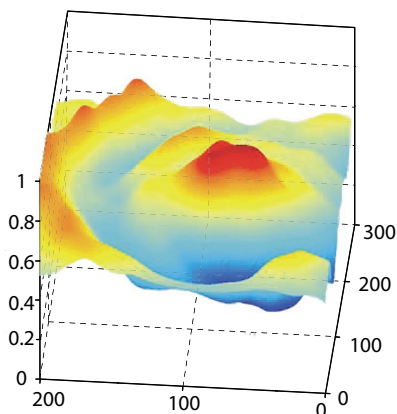


Рис. 2

Мгновенная картина акустического поля

В наших исследованиях изучались акустические поля продольных упругих волн на поверхности металлических образцов с различной степенью микроповрежденности. Для выделения полезной информации на фоне шумовых помех, поверхностной локализации ультразвукового пучка и определения его геометрических параметров применялись различные методы цифровой обработки данных: алгоритмы одномерной и двумерной вейвлет-фильтрации, детектирование окружности и нахождение координат ее центра на изображении с целью выделения контуров проекции ультразвукового пучка, интерполяция и интегрирование данных. С помощью разработанного алгоритма по экспериментальным картинам распределений колебательных скоростей удалось получить распределения упругих смещений на поверхностях образцов для импульсных зондирующих ультразвуковых сигналов.

Для выявления совокупности микродефектов было предложено использовать шумоподобные акустические сигналы, несущие информацию о структурных особенностях материала.

Проведенные исследования показали, что многократное рассеяние упругих волн на совокупности микродефектов приводит к повышению относительной доли шумовой компоненты

акустического поля, что проявляется в виде «расплывания» картин пространственных распределений акустических шумов. При нормировании на импульсную компоненту поля получаемая картина нормированного распределения энергии колебаний имеет кольцообразный вид в случае образца с крупными микропорами (рис. 3).

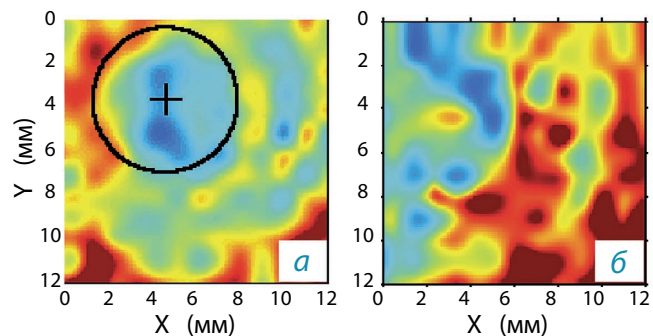


Рис. 3

Распределение энергии колебаний в образце *а* - с микропорами; и *б* - в бездефектном.

Скорость изменения радиусов проекции ультразвукового пучка на поверхность образца (рис. 4) также может быть выбрана в качестве информативного параметра, характеризующего степень поврежденности материала. Было получено, что при наличии микродефектов в среде скорость роста радиусов проекции УЗ пучка уменьшается.

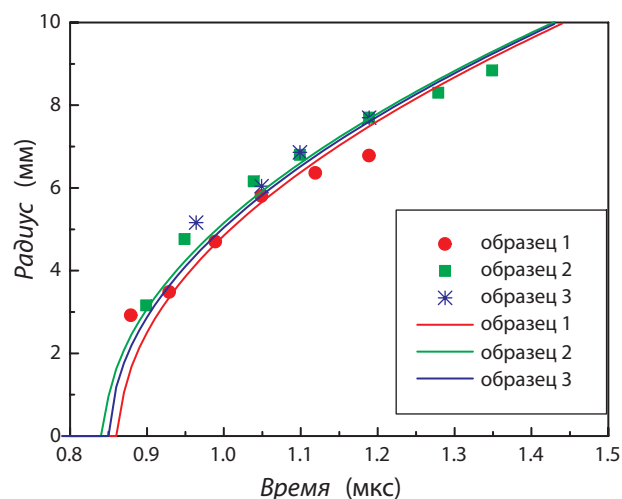


Рис. 4

Изменения радиусов проекции ультразвукового пучка для различных образцов: маркеры соответствуют экспериментальным данным, линии – расчетам.

Более подробно с полученными результатами можно ознакомиться в работах [1-4].

¹ Пермикин В.С., Перов Д.В., Ринкевич А.Б. Дефектоскопия 2 (2004) 14

² Перов Д.В., Ринкевич А.Б. Акустический журнал 50 (2004) 100

³ Кривоносова А.С., Ринкевич А.Б., Смородинский Я.Г. Акустический журнал 47 (2001) 76

⁴ Ринкевич А.Б., Смородинский Я.Г., Бурханов А.М., Кривоносова А.С., Келер Б. Дефектоскопия 11 (2000) 64