

Ю.Г. Безымянный, доктор технических наук
(Национальный авиационный университет, Украина),
А.Н. Колесников, К.А. Комаров, О.В. Талько
(Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, Украина)

ОПЫТ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТА ГИДРОСИСТЕМЫ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТОЛЁТА

В работе представлены результаты диагностики состояния дефектного элемента гидросистемы рулевого управления вертолета, который был в эксплуатации более 25 лет. Сделаны предположения о причинах появления дефектов. Показаны возможности использования ультразвуковых методов неразрушающего контроля для выявления указанного дефекта.

Возможность продления лётного ресурса вертолётной техники актуален для Украины. Решение этой проблемы возможно путём исследования дефектов элементов конструкций вертолётов, имеющих продолжительные сроки эксплуатации, выявления причин их возникновения и возможностей своевременного обнаружения и устранения.

В работе представлены результаты ультразвуковой диагностики состояния дефектного элемента гидросистемы рулевого управления вертолета, который был в эксплуатации более 25 лет. Этот элемент представлял собой трубку из сплава АМг2-М диаметром 5 мм с толщиной стенок 1 мм. Отрезок трубы содержал участок с признаками эксплуатационного разрушения в виде протяженной трещины и участка неповрежденной трубки.

Для проведения исследований из имеющегося дефектного элемента гидросистемы рулевого управления вертолета были вырезаны образцы. Схема получения образцов показана на рис. 1. Здесь схематично изображена трещина в направлении образующей трубки. Образец № 1 представлял собой элемент трубки, содержащий продольную трещину. Образец № 2 был вырезан на расстоянии примерно 50 мм от места разрушения. На его боковой внешней поверхности не наблюдалось признаков разрушения. Образец был разделен вдоль образующей на две равные части, одна из которых 2' была отожжена при 300°С x 1 час. Образец № 3 был вырезан на значительном расстоянии от места разрушения.

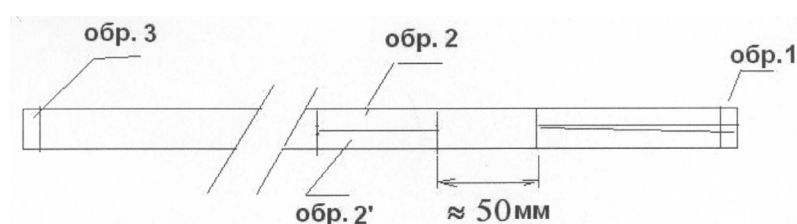


Рис. 1. Схема получения образцов дефектного элемента гидросистемы рулевого управления вертолета

Внешний вид образцов и видимые дефекты разрушения показаны на рис. 2-4. На образце № 1 точками 2-4 показаны места для металлографического и ультразвукового анализа. Под образцами показана шкала линейки в мм. На образце № 2 стрелками отмечены места, содержащие царапины и, возможно, коррозию.

Метод ультразвуковой диагностики использовался как дополнительный для подтверждения результатов металлографического анализа и изучения возможности проводить неразрушающую диагностику дефектных элементов гидросистемы рулевого управления вертолета.

При анализе полученного элемента гидросистемы рулевого управления вертолета было отмечено, что имеющиеся в нём дефекты являются типичными дефектами, возникающими в трубах в процессе прокатки и эксплуатации, а именно, трещины, риски, закаты и другие, ориентированные вдоль оси труб продольные дефекты. Для диагностики таких дефектов, как правило, применяют эхо-метод с использованием поперечных и продольных ультразвуковых волн. [1]

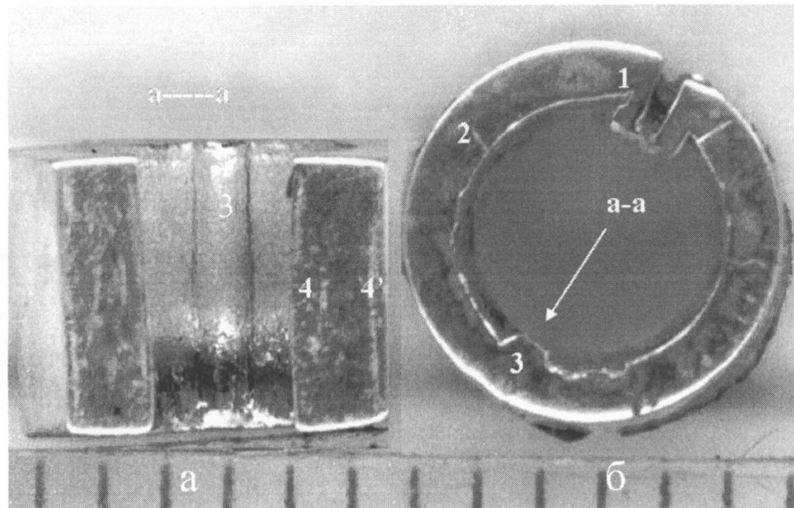


Рис. 2. Образец № 1: а – сечение вдоль оси образца трубки, содержащее трещину; б – поперечное сечение образца

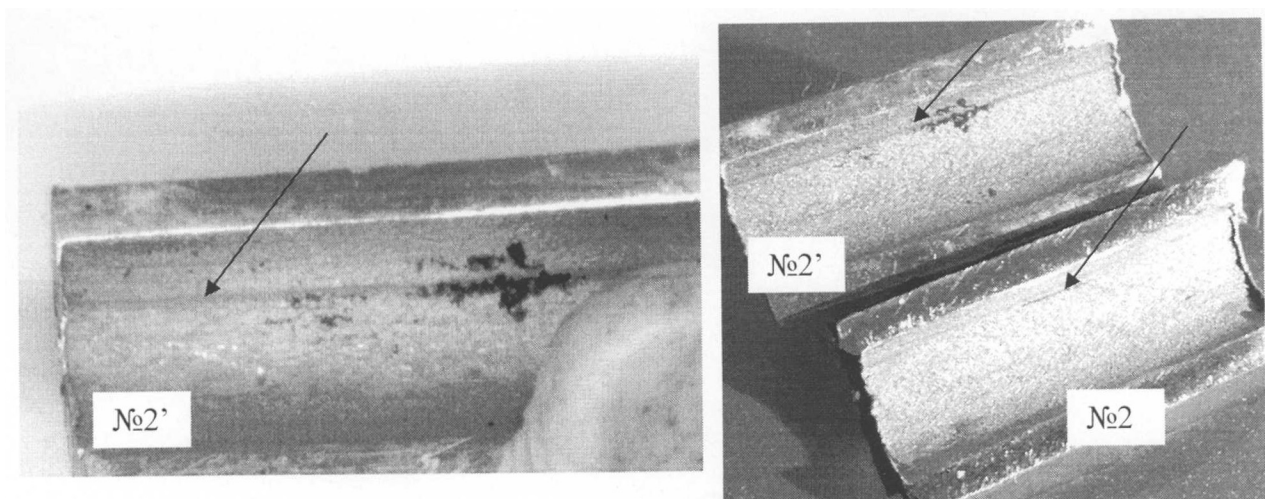


Рис. 3. Образец № 2

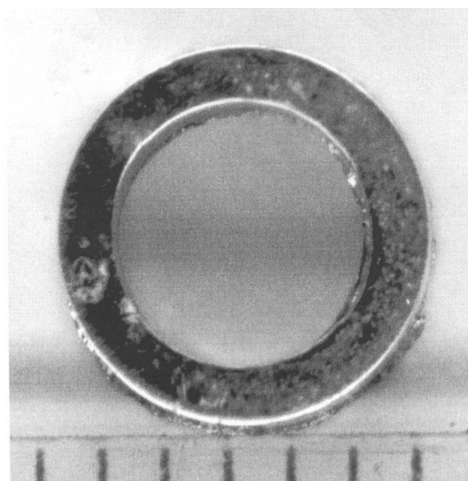


Рис. 4. Образец № 3

Особенностями объекта исследований, затрудняющими использование традиционных ультразвуковых методов, являются малый диаметр трубки и высокое затухание упругой волны в её материале. Поэтому задача состояла в нахождении наиболее чувствительного метода к наличию подобного рода дефектов и выбора эффективных информативных параметров для выявления дефектов таких объектов.

Для правильного построения ультразвуковых исследований проводился визуальный осмотр образцов с помощью микроскопа МБС-10. При визуальном осмотре установлено, что: в образце № 1 в зоне разрушения на внутренней поверхности трубки имеются противолежащие друг другу "швы", совпадающие с направлением разрыва трубки (рис. 2 а, б), а на неповрежденном участке трубки внутренняя ее поверхность слабошероховатая и не имеет отклонений от цилиндрической формы (рис. 4).

Отработка различных методов и схем прозвучивания с оптимизацией их параметров проводилась на аппаратном комплексе для прецизионных измерений параметров упругих волн, разработанном в Институте проблем материаловедения НАНУ [2]. В результате был выбран метод сквозного прозвучивания образцов датчиками с конусными концентраторами и точечным контактом при использовании зондирующего сигнала в виде периодического радиоимпульса с частотой заполнения 1,25 МГц (рис. 5). Это позволило существенно повысить уровень принимаемого сигнала за счёт эффективности возбуждения преобразователя, использования поверхностных волн и уменьшения зоны прозвучивания, а также повысить чувствительность диагностических параметров к дефекту за счёт локализации озвучиваемого объёма материала. Прозвучивание проводилось с шагом 5 мм в повреждённых и неповреждённых зонах образцов.

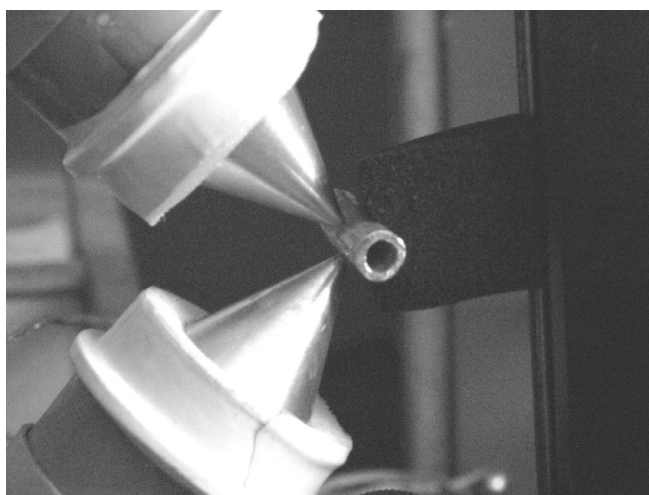


Рис.5. Схема прозвучивания образца

Примеры результатов прозвучивания показаны на рис. 6. Анализ полученных осциллограмм показывает, что в зоне «швов» амплитуда принимаемых ультразвуковых импульсов уменьшается в 4-6 раз по сравнению с неповрежденной частью образцов. Разброс уровней сигналов и фазовых соотношений обусловлен неидеальностью формы объекта (изменением кривизны и шероховатости поверхности в зоне контроля). Время прохождения ультразвуковых импульсов через «швы» увеличивается по сравнению со временем на бездефектных участках до 25%. Таким образом, оба указанных параметра имеют высокую чувствительность к наличию дефекта в виде продольной трещины в образцах трубок малого диаметра и толщины стенки, изготовленных из сплава АМг2-М и могут быть рекомендованы как диагностические при контроле дефектности трубчатого элемента гидросистемы рулевого управления вертолета.

Следует отметить, что в процессе решения рассматриваемой задачи не были исследованы возможности некоторых других перспективных решений, например методов,

основанных на более тонком анализе полученных сигналов, или методов, использующих для обеспечения акустического контакта локальные иммерсионные ванны.

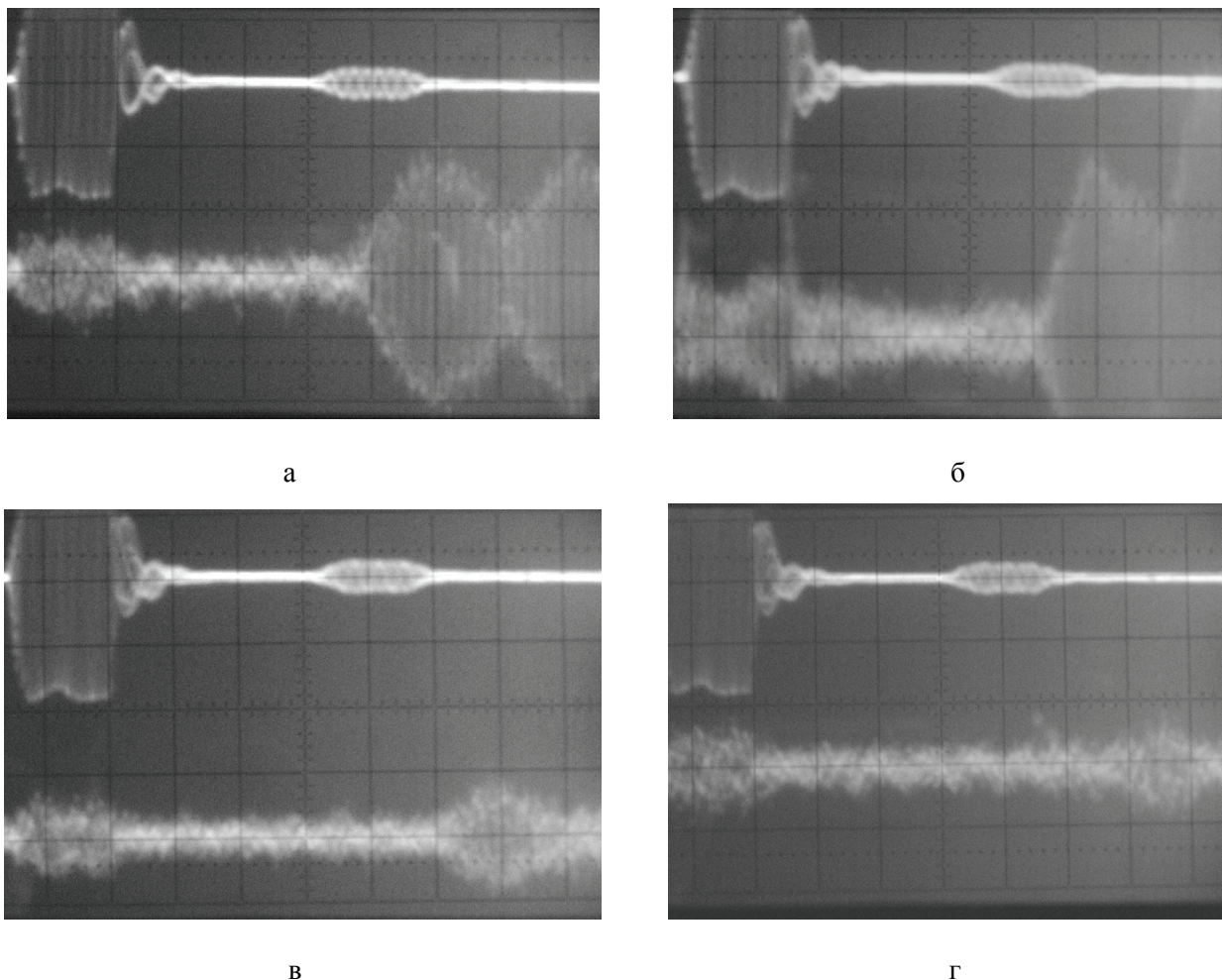


Рис.6. Осциллограммы излученных (сверху) и принятых (снизу) ультразвуковых импульсов на неповрежденных (а, б) и поврежденных (в, г) участках трубки.

Выводы

Оптимизация схемы прозвучивания, типа упругой волны и зондирующего сигнала позволила показать, что ультразвуковые методы могут быть эффективно использованы для выявления продольных трещин при контроле дефектности трубчатого элемента гидросистемы рулевого управления вертолета. Полученный результат может быть положен в основу создания автоматизированного метода контроля указанного элемента конструкции. Развитие предложенного метода может быть так же связано с исследованием возможности контроля зон разрыхления материала в местах вблизи трещины.

Список литературы

1. *Неразрушающий контроль*: Справочник: В 8 т. / Под ред. В.В.Клюева. Т.3 И.Н.Ермолов, Ю.В.Ланге. Ультразвуковой контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 864 с.
2. *Безымянный Ю.Г.* Возможности акустических методов при контроле структуры и физико-механических свойств пористых материалов // Порошковая металлургия. – 2001. – № 5-6. – С. 23-33.