

ВОЛНОВОДНЫЙ АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВАЛОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С ОСЕВЫМ ОТВЕРСТИЕМ НА НАЛИЧИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ВНУТРЕННИХ ТРЕЩИН

© 2021 г. О.В. Муравьева^{1,2*}, Ю.В. Мышкин^{1*}, Д.В. Злобин^{1*}, М.А. Синцов^{1*},
Юлия Олеговна Санникова^{1*}

¹ – ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет имени
М.Т. Калашникова, 426069 Ижевск, Студенческая, № 7

² – ФГБУН УдмФИЦ УрО РАН, 426067 Ижевск, им. Татьяны Барамзиной, 34
*pmkk@istu.ru

Центробежные насосы являются самыми распространенными в мире. Базовой деталью, на которую при работе насоса действует нагрузка – передача мощности от двигателя к рабочим колесам насоса, является вал центробежного насоса. Деталь обычно изготавливается из горячекатаного или калиброванного проката углеродистой или специальной стали, подвергается пластической деформации и в последующем проходит термическую обработку (нормализация, отжиг или улучшение – в зависимости от типа стали), проходит процессы прошивки (создание осевого отверстия) и механической обработки. В процессе прошивки вала могут появиться концентраторы напряжений – продольные радиальные трещины напряжений (рис.1).

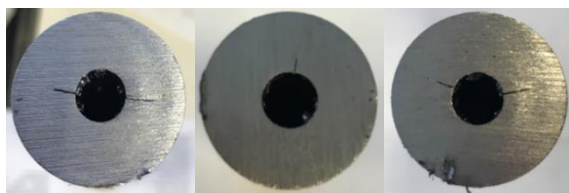


Рисунок 1

Продольные радиальные трещины
прутка-заготовки вала с осевым отверстием

Поверхностные методы неразрушающего контроля (НК) не обеспечивают возможность выявления такого рода дефектов. Для ультразвуковых контактных методов имеется сложность контроля таких объектов, обусловленная малым диаметром, отклонениями от соосности и по диаметру осевого канала, необходимость механизации и низкая производительность, требующая поступательно-вращательного перемещения объекта.

Перспективным для контроля такого рода деталей является волноводный акустический контроль, основанный на использовании нормальных волн [1]. При разработке методики контроля использована информационно-измерительная система на базе дефектоскопов АДНШ и АДНКТ, входящая в состав УНУ «Информационно-измерительный комплекс для исследований акустических свойств материалов и изделий» (рег. номер 586308). Одновременное использование при контроле двух типов волн (стержневой и крутильной) позволяет повысить достоверность за счет анализа двух параметров: коэффициента отражения и скорости крутильной волны. При этом стержневая волна имеет практически равномерную чувствительность к дефектам по

сечению объекта контроля (рис.2а), однако малочувствительна к дефектам, протяженным вдоль всего объекта без изменения их механического импеданса.

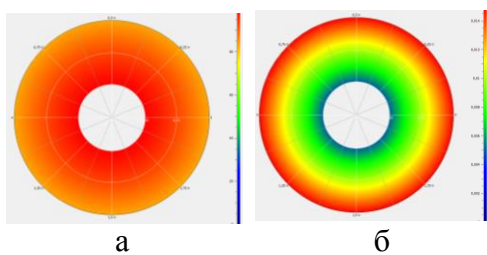


Рисунок 2 Эпюры
продольных смещений стержневой волны (а),
угловых смещений крутильной волны (б)
по сечению стальной толстостенной трубы
на частоте 50 кГц

Несмотря на снижение чувствительности вблизи отверстия (рис.2б), скорость крутильной волны для дефектов в виде продольных трещин может существенно снизиться, при этом увеличение глубины дефекта ведет к уменьшению скорости крутильной волны [1].

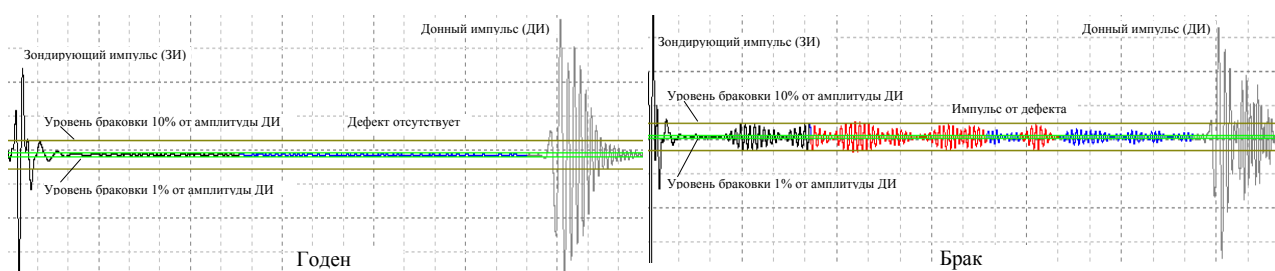


Рисунок 3 Дефектограммы годного и забракованного образцов при проведении контроля с помощью стержневой волны

На исследование представлены 360 образцов валов прутков-заготовок центробежных насосов с осевым отверстием, поступивших на предприятие ООО «Технология». Виды дефектограмм для годного и бракованного образцов при прозвучивании объекта стержневой волной представлены на рис. 3. По результатам контроля около 60% прутков-заготовок признаны бракованными. При уровне браковки 1% от амплитуды донного сигнала, коэффициенты отражения R по стержневой волне лежат в диапазоне от 1,5% до 22%, скорости крутильной волны C_T – в диапазоне от 3250 м/с (годные) до 3100 м/с (наиболее глубокие трещины, протяженные вдоль всего объекта). Наблюдается корреляция между низкими значениями скорости крутильной волны и высокими значениями коэффициентов отражения стержневой волны (например, для $R=5\%$ $C_T=3222$ м/с, для $R=11\%$ - $C_T=3177$ м/с соответственно).

ЛИТЕРАТУРА

1. Муравьева О. В., Муравьев В.В., Стрижак В.А, Мурашов С.А., Пряхин А.В. Акустический волноводный контроль линейно-протяженных объектов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017 – 234 с.