

А.В. Серебренников, соискатель
(Сибирский Федеральный Университет, г. Красноярск)

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

Актуальной проблемой при эксплуатации оборудования, особенно горного, находящегося под большими знакопеременными нагрузками, является определение локальных внутренних механических напряжений в ответственных конструкциях. В настоящее время нет практически реализуемого способа определения локальных внутренних механических напряжений по глубине сечения конструкционных материалов, деталей механизмов, резьбовых соединений и сварных швов. Эти механические напряжения могут достигать критических значений, при которых снижается прочность материалов и происходит их разрушения. Поэтому необходим мониторинг состояния внутренних структур изделий ультразвуковым методом, неразрушающим конструкционный материал.

Авторами запатентован ультразвуковой способ определения внутренних механических напряжений в конструкционных материалах [1], заключающийся в пропускании импульсов ультразвуковых колебаний через исследуемый образец и регистрации рассеянных ультразвуковых волн двумя пьезоэлектрическими датчиками в направлении, перпендикулярном направлению распространения ультразвука в исследуемом образце, контактирующем с иммерсионной жидкостью, в которой расположены две акустические линзы. В этом способе измеряется время прохождения ультразвуковых импульсов между двумя внутренними областями образца материала, находящимися в фокальной плоскости первой акустической линзы, с помощью двух пьезоэлектрических датчиков, расположенных в фокальной плоскости второй акустической линзы. Измеряя время прохождения этих ультразвуковых импульсов, можно определять скорость ультразвука в локальной области исследуемого образца. По скорости ультразвука находится величина локального внутреннего механического напряжения в образце.

В способе измерения скорости ультразвука [2] предложено пропускать импульсы ультразвуковых колебаний с частотой заполнения f_1 в конструкционном материале. Затем получают последовательность ультразвуковых эхо-сигналов, отраженными частицами, находящимися в двух внутренних областях материала. Эти эхо-сигналы регистрируются приемными пьезоэлектрическими датчиками, расположенными в иммерсионной жидкости в фокальной плоскости второй акустической

линзы. Далее раскладывают последовательность импульсов напряжения во временной ряд Фурье по периоду повторения T_2 ультразвуковых импульсов [3]. Изменяя частоту повторения ультразвуковых импульсов $f_2 = 1/T_2$, достигают такого значению f_2 , при котором амплитуды гармоник ряда Фурье не равны нулю, а фазы этих гармоник претерпевают изменение на π радиан. Эта частота f_2 соответствует определенной величине скорости ультразвука v , которая зависит от механического напряжения во внутренней области материала.

Размеры двух внутренних областей материала, от которых регистрируются эхо-сигналы, и расстояние между этими областями равны, соответственно, размерам рабочих поверхностей приемных пьезоэлектрических датчиков и расстоянию между этими датчиками. При деформировании материала под действием нагрузки не изменяются размеры внутренних областей материала и расстояние между ними. Поэтому при фиксированных положениях рабочих поверхностей приемных пьезоэлектрических датчиков и расстоянии между ними можно непосредственно измерять зависимость локального механического напряжения σ от частоты повторения ультразвуковых импульсов f_2 .

Для определения зависимости механического напряжения σ от частоты повторения ультразвуковых импульсов f_2 необходимо использовать образец материала, имеющего форму цилиндра, при растяжении или сжатии которого в нем возникают однородные напряжения. Из экспериментальных данных находится функция $\sigma = F(f_2)$. После чего, измеряется частота f_2 во внутренней области конструкции, изготовленной из того же материала и имеющую произвольную форму. По найденной частоте повторения ультразвуковых импульсов f_2 определяется локальное механическое напряжение внутри конструкции, подверженной нагрузками.

Эксперименты на установке, описанной в патенте РФ [4] и Евразийском патенте [5], показали возможность регистрации рассеянных ультразвуковых волн в направлении, перпендикулярном направлению распространения ультразвука в исследуемом образце стали. Были зарегистрированы эхо-сигналы, полученные от внутренних областей образца стали, причем распространение ультразвуковых импульсов были зарегистрированы в перпендикулярном или близком к этому направлению первоначального распространения ультразвука. Этот результат является весомым вкладом в создание ультразвукового прибора по определению внутренних локальных напряжений в ответственных конструкциях, особенно горных машин, таких как стрела, рукоять экскаватора и др.

Список литературы

Всероссийская научно-практическая школа
Роль молодых ученых в инновационном развитии регионов

1. Серебренников В.Л., Демченко И.И., Серебренников А.В., Мигунов В.И.

Ультразвуковой способ определения внутренних механических напряжений в конструкционных материалах, патент РФ № 2455637, МПК G 01 N 29/04, 2012 г.

2. Серебренников В.Л., Демченко И.И., Серебренников А.В., Мигунов В.И.

Способ измерения скорости ультразвука, патент РФ, МПК G 01 N 29/00, 2012 г.

3. Серебренников А.В., Демченко И.И., Серебренников В.Л. Определение локальных внутренних напряжений в конструкционных материалах ультразвуковым способом, Безопасность труда в промышленности, №12, 2012 г., с. 40-44.

4. Серебренников В.Л., Демченко И.И., Серебренников А.В., Мигунов В.И. Установка для определения механических напряжений в конструкционных материалах, МПК G 01 N 29/04, 2012 г.

5. Серебренников В.Л., Демченко И.И., Мигунов В.И., Серебренников А.В. Установка для определения механических напряжений в образце конструкционного материала. Евразийский патент №020059, МПК G 01 N 29/04, опубл. 29.08.2014.