Баянов Е.В., Курлаев Н.В., Поляков Ю.О.

Определение скорости звука в стержне с помощью ультразвукового дефектоскопа

Новосибирский государственный технический университет
(Россия, Новосибирск)

doi: 10.18411/lj-25-12-2017-04

idsp: 000001:lj-25-12-2017-04

Аннотация

В работе описаны методы ультразвукового исследования и выбран наиболее подходящий для измерения скорости волны. Поставлен эксперимент с использованием ультразвукового дефектоскопа для измерения скорости распространяющейся волны в стержнях различной длины. Обнаружено повышение скорости звука в коротких стержнях. Проанализированы причины повышения скорости звука в коротком стержне. Сделан вывод, что для любого материала существует такая длина стержня, при которой скорость волны будет выше скорости звука.

Ключевые слова: скорость звука, волны в стержнях, упругие волны.

Введение

Упругие волны представляют собой высокоэффективный инструмент исследования напряженно-деформированного состояния, структуры и свойств материала. Это связано с тем, что волны распространяются на большие глубины и не вносят искажения в происходящие в материале процессы. Знание эффектов, возникающих при распространении волн, позволяет использовать их во многих отраслях.

Изделия промышленности характеризуются большим разнообразием конструктивных форм. Вне зависимости от типа изделия необходимо разрабатывать методики контроля. Довольно распространенными способами контроля являются неразрушающие методы контроля [1]. Эти методы обеспечивают высокую скорость контроля, достоверность результатов и являются сравнительно дешевыми.

Акустические методы основаны на регистрации параметров упругих колебаний, возникающих в контролируемых объектах [2]. Они позволяют обнаруживать внутренние и поверхностные дефекты. Одним из методов является ультразвуковая дефектоскопия [3].

Регистрируя время прихода волны к приемнику дефектоскопа, можно определять скорость этой волны. Таким образом, эксперимент будет служить подтверждением ранее полученных результатов.

Целью статьи является постановка эксперимента с использованием ультразвукового дефектоскопа и определение скорости распространения упругой волны в стержнях различной длины.

Метод исследования

Из методов акустического контроля, интересных с точки зрения отслеживания скорости упругой волны стоит выделить [4]:

1. Эхо-метод, при котором преобразователь генерирует колебания, а также принимает отраженные от дефекта эхо-сигналы. Таким образом, преобразователь является и генератором и приемником колебаний. К недостаткам метода стоит отнести низкую помехоустойчивость. Помехи может создавать усилитель прибора и шумы преобразователя, работающего по совмещенной схеме.

2. Теневой метод, при котором используются два преобразователя с двух сторон детали на одной акустической оси. Если в детали дефекты отсутствуют, то ультразвуковая волна движется прямолинейно, пока не достигнет противоположной стороны изделия. О наличии дефекта в этом случае свидетельствует ослабление или исчезновение сигнала на приемнике. Метод является помехоустойчивым и не предъявляет высоких требований к качеству поверхности. К недостаткам метода принято относить необходимость

двустороннего доступа к изделию и невозможность замера глубины дефекта. В случае измерения скорости волны, распространяющейся вдоль стержня, этот недостаток неактуален.

Наиболее подходящим методом для измерения скорости волны в стержне является теневой метод. При использовании этого метода путь ультразвукового импульса от источника до приемника короче, чем в эхо-методе. Это позволит получить более точные результаты.

Для проведения эксперимента применялся ультразвуковой дефектоскоп УД4-Т. В его комплект входят различные по диаметру и частоте преобразователи. Дефектоскоп позволяет применять как эхо-метод, так и теневой. Прибор имеет такие особенности, как видимость расположения дефекта в толще металла или сварном соединении, прямое измерение эквивалентной площади дефекта, оценка его конфигурации и размеров, возможность измерения акустических свойств материалов без использования дополнительного оборудования. При выводе результатов на дисплей прибор позволяет делать "заморозку" изображения и представлять сигнал в виде огибающей.

Дефектоскоп имеет следующие технические характеристики:

1. Диапазон рабочих частот – 0,2...10 МГц;
2. Диапазон измеряемых глубин – 0,5...5000 мм;
3. Погрешность измерения координат дефекта – не более 0,1 мм;
4. Погрешность временных интервалов – 0,025 мкс.

В качестве образцов для эксперимента были выбраны прутки 8 мм из стали, дюралюминия и латуни, из которых были изготовлены стержни длиной 2, 20 и 40 мм.

Исследование стержней ультразвуковым дефектоскопом проводилось с пьезоэлектрическими преобразователем, работающим с частотой 2,5 МГц, в качестве источника колебаний на одном из торцов стержня. Второй преобразователь, размещенный на противоположном торце, выполнял функцию приемника сигналов.

Результаты

Для измерения скорости звука в стержне источник сигнала ультразвукового дефектоскопа помещался на один торец стержня, а приемник – на другой. С помощью прибора замерялось время прохождения сигнала.

В таблице 1 представлены результаты исследования дефектоскопом.

Таблица 1.

Результаты ультразвукового исследования

Материал	Длина стержня, мм	Длительность сигнала, мкс	Скорость волны, м/с
Сталь	2	0,39	5160
	20	3,85	5194
	40	7,82	5114
Медь	2	0,48	4200
	20	5,22	3830
	40	10,33	3872
Алюминий	2	0,36	5500
	20	3,84	5209
	40	7,73	5173

Стержни длиной 40 мм являются проверочными. Как было показано в [5], в длинных стержнях волна распространяется со стержневой скоростью. Скорость, вычисленная по данным эксперимента, мало отличается от стержневой скорости, что свидетельствует о достоверности результатов.

Исследование стержней длиной 20 мм дает схожие результаты по величине скорости волны. Отсюда можно сделать вывод, что в стержнях размером 2...3 калибра свободные цилиндрические границы стержня не оказывают сильное влияние на процесс распространения волны.

Вычисления скорости сигнала в коротких стержнях длиной 2 мм показали, что в некоторых материалах наблюдается повышение скорости распространяющейся волны относительно значения стержневой скорости. На отличие в величинах скоростей может влиять свободная цилиндрическая граница. А повышение скорости может свидетельствовать о снижении влияния границ короткого стержня на процесс распространения в нем волны.

Выводы

Ультразвуковое исследование показало, что упругая волна в стержне распространяется со скоростью звука. Но в коротких стержнях (длина меньше диаметра) волна движется быстрее скорости звука (в 1,1 .. 1,3 раза). Ранее проведенное численное исследование [6] дало аналогичные результаты. При проведении акустического контроля стержней это позволит уточнять расстояние до дефекта, находящегося на малом удалении от торца.

1. Gholizadeh S. A review of non-destructive testing methods of composite materials // Procedia Structural Integrity. – 2016. – Т. 1. – PP. 50-57.
2. Ohtsu M. Acoustic emission and related non-destructive evaluation techniques in the fracture mechanics of concrete: fundamentals and applications. – Woodhead Publishing, 2015. – 318 p.
3. Le Jeune L. et al. Plane Wave Imaging for ultrasonic non-destructive testing: Generalization to multimodal imaging // Ultrasonics. – 2016. – Т. 64. – PP. 128-138.
4. Выборнов Б. И. Ультразвуковая дефектоскопия / Б. И. Выборнов. – М. : Металлургия, 1985. – 256с.
5. Новацкий В. Теория упругости. / В. Новацкий. – М.: Мир, 1975. – 872 с.
6. Bayanov E. V. Propagation of Elastic Waves in Circular Rods Homogeneous Over The Cross Section / E. V. Bayanov, A. I. Gulidov // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. - 2011. T.52. №5. - P. 808-814.

Бысов И.Д.¹, Панищев В.С.²

Использование нейронной сети для прогнозирования нагрузок энергетического потребления предприятия

¹Юго-Западный государственный университет
(Россия, Курск)

²Центр информационных технологий в проектировании РАН
(Россия, Одинцово)

doi: 10.18411/lj-25-12-2017-05

idsp: 000001:lj-25-12-2017-05

Аннотация

В данной работе предложено описание многослойной нейронной сети, предназначенной для предсказания среднесуточного потребления электроэнергии.

Ключевые слова: многослойная нейронная сеть, прогнозирование, персептрон, электроэнергия, предсказание нагрузок

Эффективное энергопроизводство и прогнозирование энергопотребления на предприятии являются одними из важнейших экологических проблем и, кроме того, позволяют предприятию сэкономить существенный процент средств там, где это возможно. В соответствии с подходом, предложенным в [1], и возможным подбором параметров нейронной сети, изложенным в [2], для решения данной задачи предсказания среднесуточных нагрузок потребления энергии на предприятии была построена модель на основе многослойного персептрона, использующая 22 входа, один скрытый слой и один выход. Достаточно трудной задачей являлся подбор количества нейронов в скрытом слое. Если их число слишком мало, то уменьшить до необходимого уровня погрешность обучения становится невозможно. С другой стороны, слишком большое их количество