



ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ РЕЛЬСОВ И ДРУГИХ ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

(иллюстрации см. на 1-й стр. обложки)

В. И. ГОРДЕЛИЙ, В. Е. ЧАБАНОВ

Приведен краткий обзор современных электромагнитно-акустических преобразователей, применяемых для неразрушающего контроля рельсов. Они могут также широко использоваться для УЗК и других объектов.

В настоящее время **электромагнитно-акустические преобразователи (ЭМАП)** уже прошли стадию научно-исследовательской проработки и становятся полноправными средствами, применяемыми для неразрушающего контроля (НК) самых разнообразных объектов контроля.

Их преимущества по сравнению с пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП):

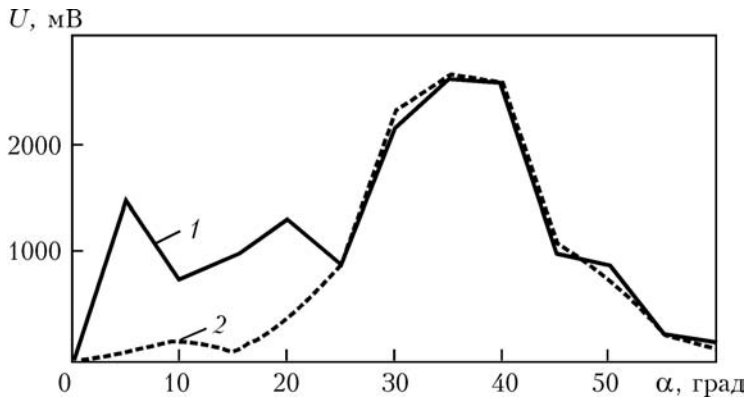
- ❖ *способность излучать и принимать УЗ импульсные сигналы бесконтактно, без использования промежуточных контактирующих сред;*
- ❖ *существенно меньшая зависимость дефектоскопии от шероховатости поверхности, от скорости контроля, от температуры и наличия всевозможных нетокопроводящих загрязнений: масла, краски, ржавчины и проч.;*
- ❖ *возможность излучать и принимать сигналы в широком диапазоне частот, углов излучения, характера волн и типов их поляризации.*

При этом массогабаритные характеристики **ЭМАП** соизмеримы с таковыми типовых ПЭП, что обеспечивает удобство их эксплуатации. Соотношение сигнал—помеха акустических сигналов при излучении и приеме сравнимо с получаемой при использовании ПЭП, в результате чего чувствительность контроля с применением **ЭМАП** не уступает таковой при использовании типовых дефектоскопов, базирующихся на применении пьезопреобразователей. При использовании **ЭМАП** выполняется теорема взаимности, а поэтому они одинаково надежно работают как в режиме излучения, так и в режиме приема. Достаточно надежный физико-математический аппарат, разработанный авторами, позволяет уверенно осуществлять проектирование **ЭМАП** с заданными характеристиками. По мере развития стоимость и эксплуатационные качества аппаратуры с применением **ЭМАП** приближаются к аналогичной аппаратуре, применяющей ПЭП.

В основу излучения ультразвука с помощью **ЭМАП** положен принцип наведения токов Фуко в электропроводных материалах, когда вблизи них располагаются электропроводы, по которым протекают импульсные токи. Вступая во взаимодействие со специально создаваемым постоянным магнитным полем, указанные токи пробуждают силы Ампера, которые и являются источником приповерхностных механических напряжений, возбуждающих УЗ поля. Обратный эффект проявляется при колебании электронов металлов под действием падающего ультразвука в магнитном поле, что приводит к генерированию токов в расположенных вблизи токопроводах. Причем, временные характеристики этих токов аналогичны УЗ импульсным сигналам, попадающим на поверхность контролируемых изделий, а чувствительность и пространственное распределение полей, излучаемых преобразователями, в полном соответствии с принципом взаимности оказываются точно такими же, когда они принимают УЗ сигналы.

Кроме вихретокового механизма излучения—приема на работу **ЭМАП** с ферромагнетиками может также влиять магнитострикционный механизм. Однако в конструкциях ЭМАП, обычно применяемых в настоящее время, этот механизм проявляется слабо, а поэтому во внимание не принимается.

Особенности работы **ЭМАП** определяются конструкцией применяемых постоянных магнитов и используемых катушек. При этом при разработке магнитов реализуется требование минимизации их массогабаритных характеристик при получении максимально большой индукции магнитного поля при одновременном понижении зависимости его величины от зазора между преобразователем и поверхностью контроля. Кроме того, на пространственные характеристики генерируемого звука существенно влияет материал магнитопровода или располагаемого за ним специального



Направленности излучения типового (1) и сконструированного авторами ЭМАП (2) при работе под углом 35°

времени применяют круговые катушки. В случае проектирования ЭМАП, работающих как под нормальным, так и под наклонными углами, применяются катушки с прямыми параллельными токопроводами, проходящими под магнитопроводами. Причем, в первом случае токи в различных токопроводах синфазные, а в других случаях токи в соседних токопроводах противофазны. Однако и в том, и в другом случае акустические сигналы, излучаемые и принимаемые такими преобразователями, обладают поперечной SV-поляризацией. Аналогична конструкция катушек ЭМАП рэлеевских волн, но здесь кроме прямых токопроводов иногда применяют сфокусированные. При этом управление углом наклона лучей и типом волн осуществляется вариацией рабочих частот.

Выполненными научно-экспериментальными исследованиями установлено, что наиболее простыми и надежными в работе являются прямые ЭМАП, а также ЭМАП рэлеевских волн. Более сложные в эксплуатации преобразователи, работающие под наклонными углами. Из них наиболее устойчивы ЭМАП, работающие под углами $\pm 35^\circ$ и $+60^\circ$, а на других углах они работают нестабильно.

С помощью ЭМАП можно также генерировать и продольные акустические волны, когда катушка располагается между полюсами постоянного магнита. Вместе с тем общепринято, что продольные волны излучаются и принимаются такими преобразователями значительно хуже, чем сдвиговые.

В последнее время возрастает интерес к преобразователям SH-поляризованных волн. Они генерируются либо набором чередующихся магнитов, под которыми проходят прямые токопроводы, либо системой переплетающихся токопроводов, располагаемых под полюсом постоянного магнита. Однако ни теории работы таких преобразователей, ни достаточно систематизированных исследований их до настоящего времени нет. Работами, выполненными авторами, установлено, что SH-поляризованные волны, т. е. такие, вектор смещения частиц среды в которых параллелен поверхности, являются поверхностными волнами типа Рэлея. Указанные преобразователи из условий их конструкции являются низкочастотными. Сейчас авторами создается теория SH-поляризованных ЭМАП, проводятся необходимые испытания.

НПП «ВИГОР» сконструирован класс ЭМАП, которые применяются для широкого класса измерений состояния материалов. В частности, в установке УД-ЭМА-РСР-01, предназначенной для НК старогодных рельсов на рельсосварочных предприятиях, применяются прямые преобразователи (угол излучения 0° , рабочая частота — 2 МГц), наклонные (угол излучения 40° , рабочая частота — 1 МГц) и рэлеевские (рабочая частота 0,25 и 0,5 МГц). Их приемно-излучающие катушки и магнитные системы могут быть как совмещенными, так и отдельными. Кроме того, возможны **комбинированные ЭМАП**: в одном корпусе располагается несколько преобразователей, работающих в различных режимах.

Сейчас уже изготовлены и на железных дорогах страны эксплуатируются 19 установок **УД-ЭМА-РСР-01**. Ими обнаруживается немало дефектов в рельсах, не фиксируемых другими современными средствами дефектоскопии, использующими ПЭП.

**За более подробной информацией просим обращаться по адресу:
107174, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 2; а/я 25, НПП «ВИГОР».
Тел./факс: (095) 262-85-35; e-mail: cevig@rambler.ru**