

# Ультразвуковые датчики SENDAST для неразрушающего контроля. Оборудование, которое вы скорее потеряете, чем сломаете



В статье представлена продукция российской компании «ЗТ» – ультразвуковые широкополосные преобразователи (датчики) SENDAST для неразрушающего контроля. На примере нескольких серий показаны преимущества продукции: высокое разрешение, низкий уровень шумов, высокая термостойкость, увеличенная стойкость к износу, очень большая наработка на отказ и безусловная экономическая рациональность их применения. Описаны технологии, применяемые в изготовлении датчиков.

ООО «ЗТ», г. Серпухов, Московская обл.

Истинность результатов ультразвуковой диагностики, которая широко применяется в промышленности для контроля сварных швов, магистральных и промышленных трубопроводов, стальных конструкций, баков, цистерн и других изделий, чуть ли не наполовину диктуется качеством исполнения ультразвукового преобразователя. Лучшие датчики обеспечивают максимальную ультразвуковую разрешающую способность – High Resolution (или, иными словами, – максимальный уровень диагностической способности ультразвуковой природы) и низкий уровень собственных шумов. Применяемые при изготовлении датчиков технологии и материалы являются коммерческой тайной производителей и гарантией долгой и беспроблемной эксплуатации. В мире таких производителей немного, но мы с гордостью можем сказать, что в России они есть.

ООО «ЗТ» из г. Серпухова – российский разработчик и производитель высококачественных ультразвуковых преобразователей, антенных решеток и многоканальных ультразвуковых блоков робототехнических комплексов для промышленного неразрушающего контроля. Свой основной продукт – пьезоэлектрические ультразвуковые преобразователи – компания «ЗТ» выпускает под маркой SENDAST («СЕНДАСТ»).

Покажем преимущества этих датчиков на примере конкретных серий.

## Экономическое преимущество: УЗ-датчики серии П121

Датчики серии П121 (рис. 1) – это наклонные преобразователи, предназначенные для дефектоскопии сварных швов. Они сделаны в соответствии с требованиями ГОСТ. Однако обычно датчики такого типа имеют важный недостаток – быстро истираются. Низкая стойкость к износу – их основная проблема. Особенность датчиков серии П121 – повышенная стойкость к износу, причем повышенная до 8 раз относительно стандартного изделия. Это дает значительное экономическое преимущество – сверхдолговечные датчики снижают стоимость ультразвукового контроля в 2,5 раза. А если сравнивать с дорогостоящими западными изделиями, то преимущество в цене проявится еще больше.

Разработка износостойких датчиков была принципиальным решением «ЗТ». Ведь добиться экономического преимущества можно двумя путями. Первый путь – сэкономить на материалах, тогда получится самый дешевый датчик, который будет быстро выходить из строя. Разработчики выбрали второй вариант – более трудный, но и более правильный.



Рис. 1. УЗ-датчики серии П121

Долговечность, стойкость к износу преобразователей серии П121 позволяет в 2,5 раза снизить затраты на датчики для ультразвукового контроля.

Они сделали очень долговечный и надежный датчик.

Для датчиков П121 применяется специальный полимер, изготовленный по заказу российским химическим предприятием и обладающий сверхвысокой износостойкостью, тогда как классическое решение – оргстекло или эпоксидные заливки. Теперь для проведения УЗ-контроля вместо 8 обычных датчиков заказчику понадобится 1 долговечный датчик П121 SENDAST, на который будет потрачено в 2,5 раза меньше средств, чем на восемь стандартных приборов. Механизм мгновенного снижения затрат несложен, экономия затрат на расходе датчиков начинается сразу с применением долговечных исполнений. Датчики П121 SENDAST универсальны и работают с любыми отечественными и импортными дефектоскопами. Чтобы начать экономить в 2,5 раза, не требуется ничего приобретать дополнительно.

## Техническое преимущество

УЗ-датчики серии П211

Иммерсионные преобразователи серии П211 (рис. 2) предназначены для бесконтактной высокоточной

диагностики стальных объектов сквозь большой объем воды, нефти или другой жидкой среды. Датчики обеспечивают высокое разрешение (High Resolution) и сверхмалую мертвую (слепую) зону – в 3 раза меньше, чем у среднестатистического УЗ-датчика. Преобразователи П211 способны регистрировать в сталях толщины от 0,8 мм и дефекты с глубины 1,5–3 мм, в отличие от обычного УЗ-преобразователя со средним разрешением, у которого слепая зона доходит до 6–8 мм по глубине. Также П211 позволяет обнаруживать дефекты (поры, непровары), находящиеся близко друг к другу, что, опять-таки, неподвластно УЗ-датчику со средним разрешением, который видит эти дефекты как единое целое.

Высокая диагностическая способность датчиков П211 востребована в многоканальных ультразвуковых внутритрубных роботах для диагностики трубопроводов и в автоматических комплексах УЗК-дефектоскопии сталепрокатных заготовок. Во внутритрубных роботах датчикам П211 приходится выдерживать давление до 100 атм (10 МПа) и температуру до +100 °С. Также датчики П211 внедряются в бурильное оборудование для УЗ-контроля процессов во время бурения, где крайне жесткие эксплуатационные условия: давление до 600 атм (60 МПа), температура до +160 °С и абразивное воздействие бурильного раствора. Обеспечить ультразвук High Resolution в таких условиях – высший пилотаж ультразвукового датчикоостроения, во всем мире мало кто это умеет.

Добавим, что вся серия П211 ориентирована на замещение импортных дорогостоящих иммерсионных преобразователей европейского, американского и азиатского производства.



Рис. 2. Иммерсионный преобразователь серии П211

## High Resolution

Принципиальное отличие датчиков «ЗТ» от высококачественной зарубежной продукции – применение отечественной монолитной пьезокерамики, а не импортной композитной для получения ультразвуковых сигналов сверхвысокого разрешения (High Resolution).

Сегодня датчики с высоким разрешением начали выпускать и другие отечественные производители, однако все они, кроме «ЗТ», вынуждены применять импортную пьезокерамику.

Здесь необходимо дать пояснения. Дело в том, что на обычной монолитной пьезокерамике получить сверхкороткие сигналы очень тяжело, поэтому и придумали композитную пьезокерамику – специально для получения сигналов сверхвысокого разрешения. Считается, что наилучшую композитную пьезокерамику делают в США и Европе. Делают ее и в Китае, но китайский материал пока по качеству исполнения уступает продукции западных брендов. При этом наши производители в силу объективных причин используют именно композитную пьезокерамику китайского производства.

Разработчики «ЗТ» выполнили то, что всегда считалось невозможным: они использовали отечественную монолитную керамику для получения ультразвука High Resolution, и у них получилось. Преимущества этого решения очевидны. Первое – импортозамещение. Датчики изготавливаются на полностью отечественных комплектующих. Но есть еще два плюса! Композитная пьезокерамика не отличается высокой термостойкостью, при +100 °С она уже разрушается. Поэтому применять ее на горячих объектах очень тяжело. А отечественная монолитная керамика выдерживает до +300 °С. Еще один плюс – наработка на отказ. По этому показателю композитная пьезокерамика в несколько раз уступает монолитной: в силу своего строения она деградирует за несколько лет. Монолитная керамика, как показал опыт эксплуатации, способна служить по 20 лет, не снижая точности измерений.

## УЗ-датчики серии П113 TOFD

Еще одна серия, имеющая неоспоримое технологическое преимущество, а также важное значение для импортозамещения, – П113 (рис. 3), представлена преобразователями для ультразвукового дифракционно-временного метода – TOFD (*от англ. time-of-flight diffraction technique*). Метод разработан для контроля сварных швов на трещины и объемные дефекты. Он имеет сравнительно простую реализацию с точки зрения механики, при этом обеспечивает достаточно вы-

сокую информативность. Комбинация простого исполнения и высокой информативности привела к большому распространению подобных приборов за рубежом. В России датчики такого типа пока не очень распространены, хотя два года назад был принят ГОСТ 10863-2022 по внедрению TOFD-метода.

Датчики TOFD обязаны иметь сигналы высшего природного ультразвукового разрешения, предельно короткие по времени, – на этом собственно и основан метод. Компания «ЗТ» стала первой из российских разработчиков, кто научился делать такие преобразователи на монолитной пьезокерамике отечественного производства.



Рис. 3. УЗ-датчики серии П113 TOFD

Важно подчеркнуть, что отечественную монолитную пьезокерамику для получения ультразвука High Resolution компания «ЗТ» использует не только для УЗ-датчиков серии П113. Это одна из краеугольных разработок компании, которая внедряется практически во все серии.

#### Эксплуатационное преимущество: УЗ-датчики П112

Преобразователи серии П112 (рис. 4) — это раздельно-совмещенные датчики, предназначенные в основном для толщинометрии. Как и в случае с наклонными преобразователями, слабая сторона датчиков этого типа — недолговечность. Это происходит из-за их принципиального строения. У раздельно-совмещенных датчиков два канала: генерирующий и приемный. Для того чтобы из генерирующего канала не шел прямой паразитный сигнал в приемный канал, между каналами делают разделительный экран. Поскольку датчик контактный, призмы каналов достаточно быстро начинают крошиться, что приводит к разрушению экрана. Внутри попадает контактная смазка, которая замыкает один канал на другой, после чего датчик перестает работать и приходится заменять его на новый.

Благодаря примененным материалам датчики серии П112 сверхдолговечны. Призмы каналов выполнены из инновационных полимеров с 10-кратной прочностью к износу. У них не выкрашивается экран и не снашивается поверхность. А еще разработчики создали для этих датчиков призмы с переменным преломлением луча, применив при этом собственную технологию. Такая призматическая технология обеспечивает повышенную стабильность эхосигнала в толщинометрии горячей стали от 3 до 100 мм. Наконец,



Рис. 4. Раздельно-совмещенные УЗ-датчики серии П112

датчики П112 обладают повышенной термостойкостью. Ими можно контролировать горячие объекты с температурой до +250 °С.

#### Технологии

Рассказывая о датчиках SENDAST, нельзя не коснуться инновационных технологий, которые применяются при их производстве и разработке.

**DeepDamp** (дословно — глубокий демпфер) — технология получения широкополосных сигналов на российской монолитной пьезокерамике. Она обеспечивает относительную полосу пропускания до 120% в частотном диапазоне от 0,5 до 10 МГц, а также предельно малую длительность ультразвукового сигнала. Технология опережает общее развитие отрасли на 7...10 лет.

**Компаунд Ultra SAS** для подавления призматических ультразвуковых шумов датчика. Ультразвуковые шумы — это волновые переотражения, которые возникают в призме датчика. По способности поглощать переотражения компаунд Ultra SAS не имеет аналогов в мире. Кроме того, благодаря компаунду мертвые зоны УЗ-преобразователя значительно уменьшаются, вплоть до нуля, обеспечивается малый размер стрелы (стрела — это расстояние от точки ввода УЗ-колебаний в материал до передней грани преобразователя).

**СКИН** — технология всесторонней электромагнитной защиты от помех, в том числе со стороны функционального направления «излучение — прием». Специальное покрытие наносится на внутренние части ультразвуковых датчиков SENDAST в процессе сборки. Его преимущество состоит в том, что, выполняя функцию электромагнитного экрана, оно при этом имеет высокую акустическую прозрачность, то есть пропускает ультразвуковые колебания. Экранирующий эффект достигается благодаря малому удельному сопротивлению — не более  $3 \times 10^{-6}$  Ом·м, а акустическая прозрачность обеспечивается микронной толщиной покрытия. Такое сочетание дает возможность наносить покрытие СКИН даже со стороны излучателя и приемника. Это совершенно не снижает приемо-излучающей способности датчика, но полностью защищает

от электромагнитных помех и позволяет сохранить высокое соотношение «сигнал/шум».

Технологии «ЗТ» используют процессы и материалы из мира микроэлектронных технологий толстопленочных интегральных микросхем. В ультразвуковом датчикоостроении на таком технологическом уровне практически никто не работает. Именно микроуровень технологий обеспечивает предельные эксплуатационные параметры и повторяемость.

#### Сферы применения

Ультразвуковые преобразователи SENDAST применяют такие организации, как Российский ядерный центр ВНИИ экспериментальной физики «РФЯЦ ВНИИЭФ», г. Саров, Всероссийский НИИ оптико-физических измерений «ВНИИОФИ», г. Москва, Институт проблем машиностроения РАН, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Институт физической диагностики и моделирования, г. Троицк, и многие другие. Отдельно отметим, что на датчиках SENDAST остановили свой выбор разработчики роботов для внутритрубного контроля — ООО «ИНТРОН-ВТД» и ООО «ЮНИКОН-ЗСК». Для этих роботов компания «ЗТ» изготавливает многоканальные ультразвуковые блоки с предельно высокими эксплуатационными характеристиками. Датчики SENDAST и многоканальные блоки могут быть интересны компаниям-разработчикам оборудования неразрушающего контроля для реализации различных проектов и ОКР, для собственных разработок и для серийного производства.

Каждый изготовленный датчик проходит выходной контроль и получает индивидуальный паспорт. В линейке общепромышленных и специализированных датчиков SENDAST любой специалист неразрушающего ультразвукового контроля найдет высококачественный прибор для своих целей, который будет долго и надежно служить.

ООО «ЗТ», г. Серпухов, Московская обл.,  
тел.: +7 (495) 972-3303,  
e-mail: info@3tsensor.com,  
сайт: 3tsensor.com