

Сясько В.А., генеральный директор ЗАО «Константа», к.т.н., Синицкий Григорий
Валентинович, ведущий специалист ,II уровень по УЗК, Попов Александр
Анатольевич, зам. директора

Повышение достоверности ультразвукового контроля, проводимого в широком диапазоне температур с использованием наклонных преобразователей

Рассмотрены принципы выбора материала призм наклонных преобразователей, обеспечивающих стабильность угла ввода и коэффициента затухания в широком диапазоне температур. Изготовлен материал, разработан и испытан макет преобразователя с углом ввода 70°, обеспечивающий стабильность не хуже $\pm 2^\circ$ при контроле объектов в диапазоне температур от минус 40°C до плюс 50°C. Исследована зависимость угла ввода преобразователя от термодинамических свойств материала призм. Приведены параметры макета преобразователя с термостабильными характеристиками.

Increase of reliability of the ultrasonic control spent in a wide range of temperatures with use the angle beam transducers

Principles of a choice of a material of prisms of the angle beam transducers providing stability of an angle of incident and factor of attenuation in a wide range of temperatures are considered. The material is made, the breadboard model of the transducer with a angle of incident 70° is developed and tested, providing stability is not worse $\pm 2^\circ$ at the control of objects over a range of temperatures from a minus 40°C with up to plus 50°C. Dependence of angle of incident of the transducer on thermodynamic properties of a material of prisms was researching. Parameters of a breadboard model of transducer are resulted

Основной проблемой, возникающей при проведении контроля традиционными преобразователями с призмами из оргстекла, в условиях разности сезонных температур большинства климатических зон России, является температурное изменение угла ввода и коэффициента затухания до величин, исключающих возможность проведения контроля в соответствии с требованиями ГОСТ 26266-90 и реализуемыми схемами прозвучивания [1].

Выполненный аналитический обзор путей решения указанной выше проблемы показал, что оптимальным, на наш взгляд, путем является подбор полимерного материала с высокими термостабильными свойствами.

Как известно [2], изменение температуры твердых тел с монокристаллической элементарной ячейкой кристаллической решетки приводит к изменению их теплоемкости и объема. В соответствии с законом теплоемкости Дебая существует термодинамическая связь между теплоемкостью материала и скоростью распространения ультразвука в нем.

Применительно к рассматриваемому случаю, в силу различной теплоемкости металла и оргстекла (теплоемкость металла $\sim 640,57$ Дж/(кг·К), оргстекла ~ 1590 Дж/(кг·К)), исходя из выше сказанного, изменение скорости звука в них будет различно при изменении температуры окружающей среды, что приводит к изменению угла ввода ультразвукового луча. В свою очередь, теплоемкость, в соответствии с первым началом термодинамики, прямо пропорциональна объему и, как следствие, пропорциональна коэффициенту линейного теплового расширения K_L . Также, вероятно, резкое возрастание затухания при росте температуры связано с приближением к границе рабочего диапазона материала, в котором он сохраняет свои механические свойства.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что ключевым требованием при выборе материала призмы является то, чтобы он, при приемлемых акустических параметрах, обладал K_L , как можно более близким к K_L объекта контроля. (Для большинства конструкционных материалов данный параметр - K_L - является расчетным и нормируемым при их разработке). Рабочая температура выбираемого материала должна быть существенно более плюс 50° С.

По сформулированным требованиям были изготовлены четыре образца материалов на основе наполненных полимеров у которых K_L варьировался в диапазоне от $25 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$ до $50 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$ (у стали и оргстекла K_L , соответственно, $\sim 12 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$ и $65 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$ [3]), рабочий диапазон температур

250°C (у оргстекла, соответственно, ~70°C), из которых по результатам исследований акустических свойств и анизотропии был выбран наиболее подходящий (условно обозначенный материал № 2, у которого $K_{\text{л}} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$). Сравнительные результаты изменения скорости ультразвука и затухания представлены на рис. 1 и 2.

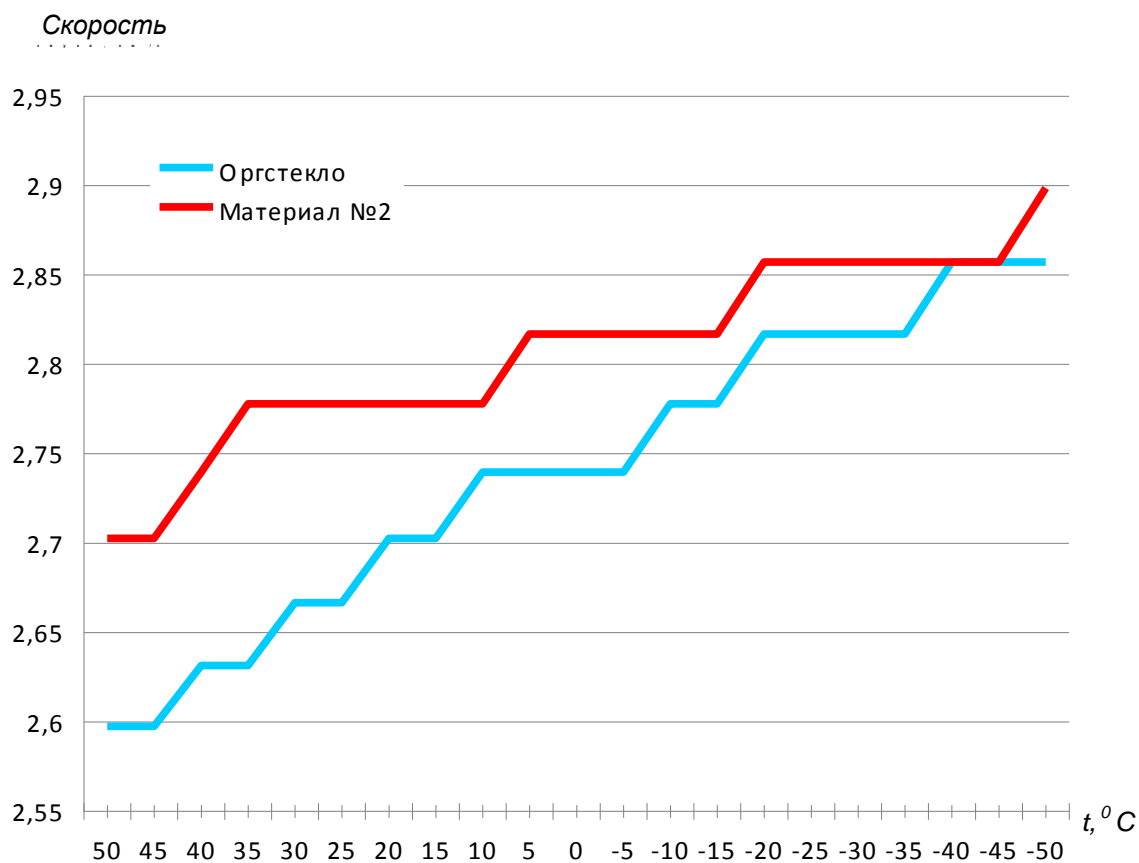


Рис. 1. Зависимость скорости ультразвука от температуры в оргстекле и материале № 2.

Изменение

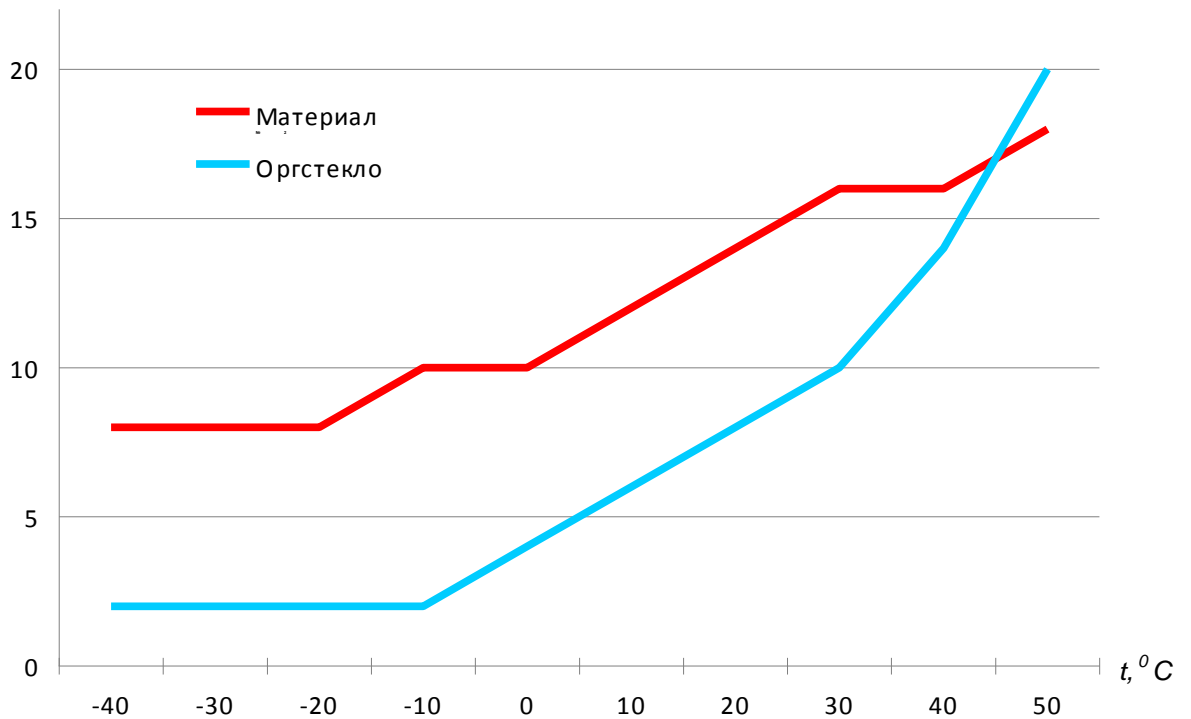


Рис. 2. Зависимость изменения затухания ультразвука от температуры в оргстекле и материале № 2.

Характер зависимостей подтверждает правильность принципов выбора материала по его параметрам назначения как конструкционного.

На основании проведенных экспериментов были изготовлены преобразователь из оргстекла П121-2,5-70 и макет преобразователя с призмой из материала № 2 П121-2,5-70 с углами ввода 70° по стали (Ст20) при температуре 15°C .

Для измерения угла ввода при различной температуре использовался стандартный образец СО-2, для контроля величины «стрелы» - СО-3. Измерения проводились в среде теплоносителя KFS 2001 PLUS в криостате жидкостном ТЖ-ТС-01. Результаты измерений представлены на рис. 3.

Угол ввода, град.

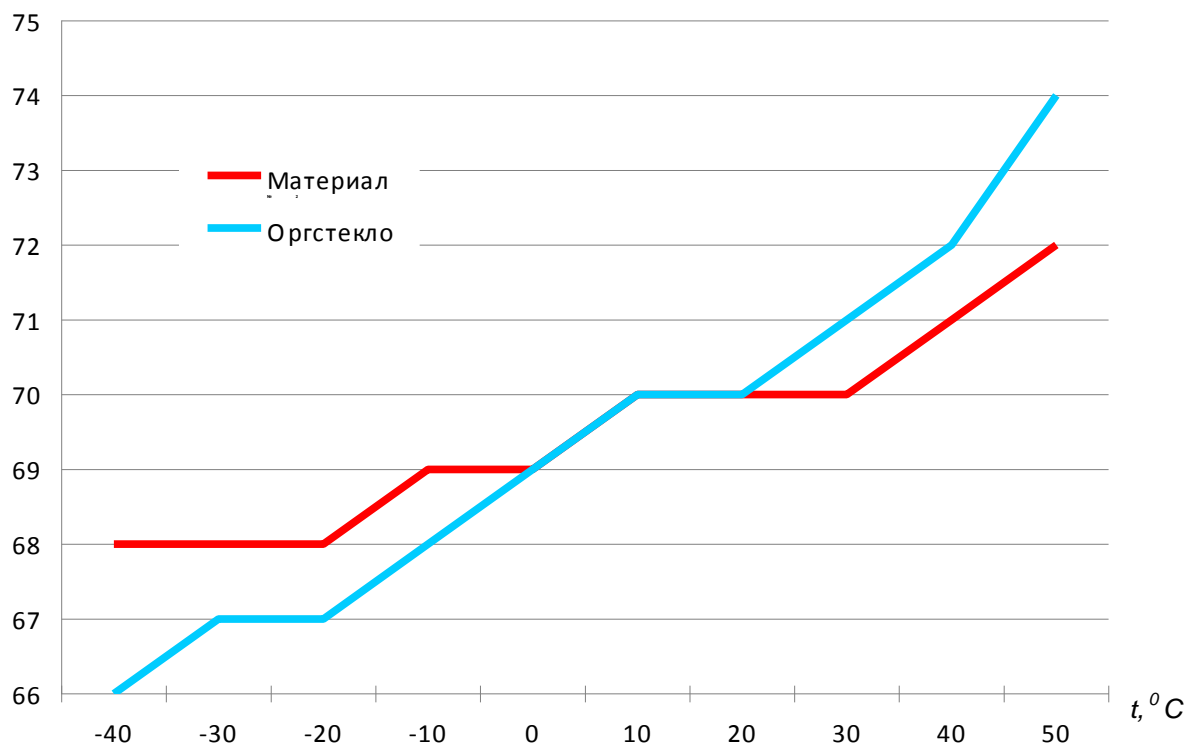


Рис. 3. Зависимость изменения угла ввода от температуры для преобразователя из оргстекла и макета преобразователя из материала № 2.

Выводы

1. Проведенные эксперименты подтвердили предположение о том, что изменение скорости ультразвука в материалах, а следовательно и изменение угла ввода, пропорционально их коэффициентам линейного температурного расширения (для материала № 2 $K_{\text{л}}$ примерно в два раза меньше чем у оргстекла, и примерно в два раза меньше изменение угла ввода при существенно меньшем изменении затухания);

2. Свойства материала № 2 позволяют обеспечить требования ГОСТ 26266-90 для преобразователей с большими углами ввода в температурном диапазоне от минус 40°C до плюс 50°C (в частности, для ультразвуковых съемных и мобильных средств сплошного контроля рельсов на базе ПЭП с углом ввода 70°);

Авторы выражают благодарность профессору Гурвичу А.К. за помощь при постановке задачи исследований, обсуждении полученных результатов и написании данной статьи.

Литература

1. Гурвич А.К. и др. Осторожно! Угол ввода луча 70 гр.? – В мире НК, 2006, №4, с. 48 – 50.
2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела.- М.: Наука, 1978.–790 с.
3. Кошкин Н.И. и Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике.- М.: Наука, 1976.-255 с.