

620.192

## **Ультразвуковой контроль изделий с высоким уровнем анизотропии свойств материала**

Биличенко Антон Сергеевич

*Студент 3 курса*

*кафедра «Сварка, диагностика и специальная робототехника»*

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Н.А. Щипаков,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Сварка, диагностика и специальная робототехника»*

В отличие от изотропных материалов распространение ультразвуковых колебаний в анизотропном материале имеет ряд существенных особенностей. Ввиду того, что механические свойства в анизотропном материале зависят от направления, соответственно и акустические свойства также являются разными в различных направлениях. По сравнению с изотропными материалами меняются углы преломления ультразвуковых волн, направления поляризации волн и распространения ультразвукового пучка, скорости и распределение акустического давления. Это может привести как к неправильной интерпретации размера и местоположения дефекта, так и к его пропуску. Ввиду этого анизотропия акустических свойств должна быть в обязательном порядке учтена при выборе параметров ультразвукового контроля.

В общем случае анизотропные материалы описываются с использованием 21 упругой константы. Однако в реальных материалах присутствуют оси и плоскости симметрии. Так распространены ортотропные материалы, которые описываются 9 независимыми упругими константами или трансверсально-изотропные материалы, которые описываются 5 упругими константами [1].

Материалы, полученные с использованием аддитивных технологий (АТ), как правило, классифицируются как ортотропные или трансверсально-изотропные ввиду их зернистой структуры, которая определяется направлением построения. Такие материалы имеют либо три ортогональные оси симметрии, либо одну ось симметрии бесконечного порядка. Т.е. для понимания, как распространяются ультразвуковые колебания в таких средах достаточно знать либо 9, либо соответственно 5 независимых упругих констант.

Ультразвуковой метод предоставляет возможность определения матрицы упругости путем измерения скоростей акустических волн, распространяющихся в различных направлениях в образце специальной формы, а также вычисления через них упругих констант [2].

Для вычисления матриц упругости реальных материалов экспериментально на образцах (рис. 1) были определены скорости продольных и поперечных ультразвуковых волн, распространяющихся в различных направлениях. Эти скорости позволили рассчитать упругие константы  $C_{ij}$  и определить полностью тензор упругости [3].

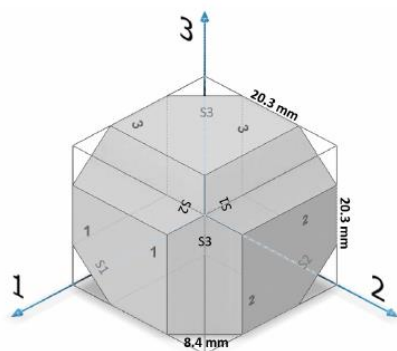


Рисунок 1 – Эскиз образца для экспериментальных измерений [3]

Экспериментально определенные константы упругости были использованы в программном комплексе CIV4 для моделирования распространения акустических волн в изотропном и анизотропном материале. Были рассчитаны направления распространения колебаний в изотропном и анизотропном случаях. [4]

Полученные результаты позволяют учесть анизотропию контролируемого материала и обеспечить равномерную чувствительность контроля при прозвучивании в различных направлениях по отношению к оси симметрии свойств материала.

### Литература

1. Дьелесан Э., Руайе Д. Упругие волны в твердых телах. Применение для обработки сигналов. Пер. с франц./Под ред. В. В. Леманова. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982, - 423 с.
2. Дегтярев М. Н. Разработка методики ультразвукового контроля изделий, изготовленных методом селективного лазерного плавления: дис. ... канд. техн. наук. М., 2023. 115 с.
3. Tevet O., Svetlizky D., Harel D., Barkay Z., Geva D., Eliaz N. Measurement of the Anisotropic Dynamic Elastic Constants of Additive Manufactured and Wrought Ti6Al4V Alloys // *Materials*. – 2022. – Vol. 15 - №2.
4. Ernst, H., Dressler, K., & Trautmann, H.K. Cast Stainless Steel Visualization of Ultrasonic Fields in Anisotropic Stainless Steel Castings. // 7th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurized Components. – 2009. - Available at: <https://www.ndt.net/article/jrc-nde2009/papers/41.pdf>