

## УДК

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ ВОЛНАМИ ИЗДЕЛИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПО АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ.**

Василий Дмитриевич Соколов

Студент 6 курса,  
кафедра «Технологии сварки и диагностики» Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: М.В. Григорьев,  
кандидат технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки и диагностики»

В настоящее время большое внимание уделяется технологиям аддитивного производства. Однако повсеместного применения в промышленности они еще не нашли. Возникают сложности на разных этапах производства. Одна из таких сложностей – отсутствие технологий контроля изделий. В таких деталях встречаются дефекты характерные только для аддитивного производства. Один из таких дефектов – пористость. Она измеряется Объемной долей пор. Это доля объема пор в общем объеме пористого тела:  $P = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right) * 100$  где  $\rho_0$  – плотность материала без пор.

В данной работе рассмотрено изменение физических величин от изменения пористости материала.

В результате экспериментов получена линейная зависимость скорости продольных ультразвуков волн ( $c_l$ ) от величины пористости. (рис 1)

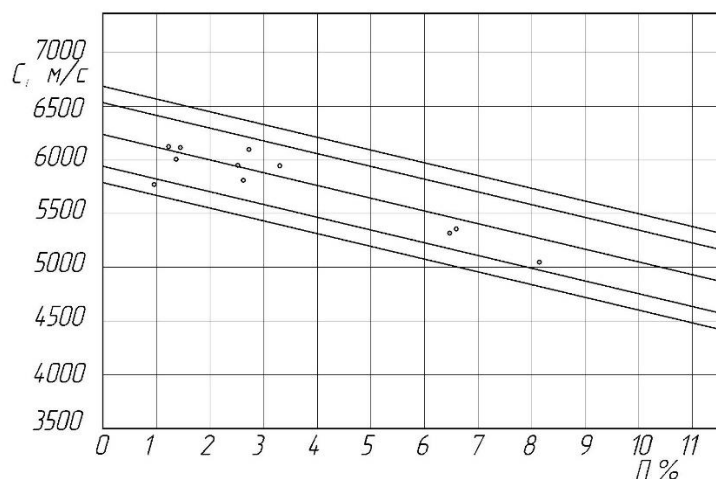


Рис.1. Изменение скорости продольных ультразвуковых волн от пористости материала  
Теоретически известно, что продольная скорость ультразвука зависит от модуля упругости первого рода ( $E$ ) и плотности.  $c_l = \sqrt{\frac{E(1+\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \cong \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ , откуда  $E = c_l^2 \rho$ , следовательно имеет место зависимость модуля упругости первого рода от пористости. (рис.2)

Также в эксперименте было определен коэффициент затухания ультразвука  $\delta$  из уравнения акустического тракта для отражения от плоской донной поверхности

$\frac{A}{A_0} = \frac{S_a}{2\lambda r} e^{-2\delta r}$ , где  $\lambda = \frac{c_l}{f}$  длина волны,  $f$  – частота преобразователя,  $S_a$  – площадь преобразователя,  $r$  – путь ультразвуковой волны. (Рис.3)

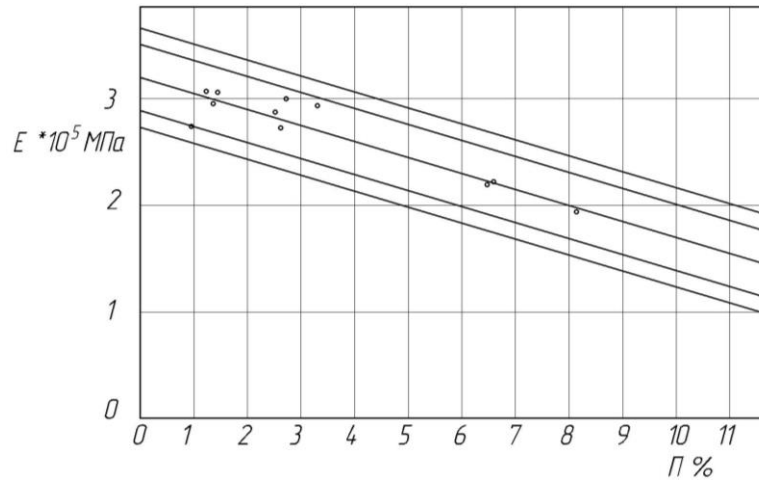


Рис.2. Изменение модуля упругости первого рода от пористости материала

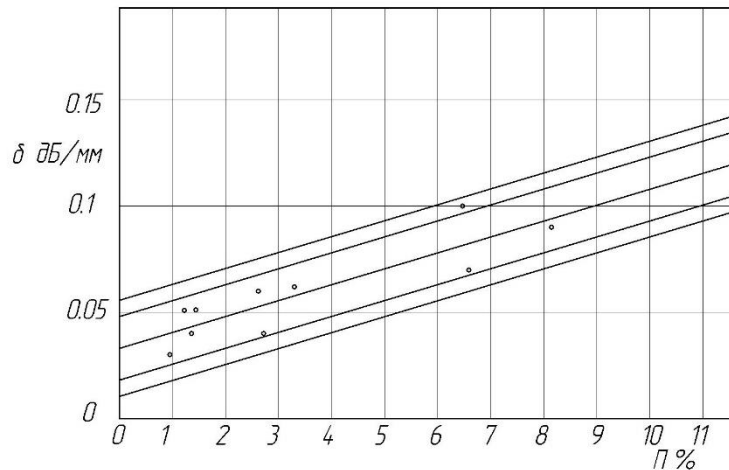


Рис.2. Изменение коэффициента затухания от пористости материала

Результаты работы:

- 1) Для измерения пористости наиболее подходит измерение скорости УЗ волн
- 2) В результате статистической обработки получена линейная зависимость продольной волны от пористости материала с коэффициентом корреляции 0.9. В результате чего можно сделать заключение, что контроль пористости изделия возможен по измерению скорости ультразвуковой волны.
- 3) При нулевой пористости скорость составляет 6200м/с, а при 8% пористости 5000м/с. Поэтому, установив критическое значение для скорости УЗ волны, можно контролировать изделие на пористость. Это невозможно сделать классическими методами, ввиду того что размер пор значительно меньше длины волны в материале и УЗ волна огибает поры.
- 4) Наличие пор повышает коэффициент затухания, ввиду дифракции УЗ волн.

### **Литература:**

1. *Бреховских Л.М.* Волны в слоистых средах/ 2-е изд., перераб. и доп.-М: Издательство «Наука», 1973.-343 с.
2. *Алёшин Н.П.* Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие. 2-е изд., перераб. И доп. – М.:Машиностроение, 2013. -576 с.: ил.
3. Методы акустического контроля металлов / *Н.П. Алёшин, В.Е. Белый, А.Х. Вopilкин* и др.: Под ред. *Н.П. Алёшина*. – М.: Машиностроение, 1989. – 456 с.
4. *Скучик Е.* Основы акустики. — М.: Мир, 1976. — Т. 1.- 451с.
5. *Кретов Е.Ф.* Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении /2-е изд., перераб. и доп.- СПб: Издательство "СВЕН", 2007.-296 с.