



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1732151 A1

(51)5 G 01 B 17/02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4631949/28

(22) 04.01.89

(46) 07.05.92. Бюл. № 17

(71) Донской сельскохозяйственный институт

(72) И.А.Муляр

(53) 531.717.11(088.8)

(56) 1. Колесников А.Е. Ультразвуковые измерения. М., Издательство стандартов, 1970, с.55-74.

2. Авторское свидетельство СССР № 1244502, кл. G 01 H 5/00, 1988 (прототип).

(57) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ В МНОГОСЛОЙНОЙ СИСТЕМЕ

(57) Изобретение может быть использовано при определении толщины слоя с помощью ультразвуковых (УЗ) волн, в частности при измерении толщины

2

слоев жировой и мышечной ткани сельскохозяйственных животных. Цель изобретения - расширение функциональных возможностей за счет определения толщины слоя в многослойной системе. Совмещенный и два приемных преобразователя размещают на поверхности изделия, изменяют угол ввода УЗ с угловой скоростью  $\omega$ , измеряют промежутки времени  $\Delta T$  между моментами приема на первом и втором приемных преобразователях сигнала, отраженного от границ раздела слоев, предшествующих (в направлении излучения УЗ) определяемому, вычисляют скорость УЗ и толщину исследуемого слоя с использованием значений  $\omega$ ,  $\Delta T$  и расстояний между преобразователями. 1 ил.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано при определении толщины слоя с помощью ультразвуковых (УЗ) волн, в частности при измерении толщины слоев жировой и мышечной ткани сельскохозяйственных животных.

Известен способ измерения толщины слоя, который состоит в том, что на одной из поверхностей слоя размещают совмещенный ультразвуковой преобразователь, излучают нормально к границам слоя ультразвуковые импульсы, принимают эхо-импульсы, отраженные от второй границы слоя, измеряют время  $t$  прямого и обратного распро-

странения ультразвука в слое, предварительно на эталонных образцах измеряют скорость ультразвука  $c$  в веществе исследуемого слоя, толщину слоя вычисляют по соотношению  $l = c \cdot t / 2$  [1].

Способ имеет существенный недостаток, который состоит в том, что его невозможно применить, когда отсутствуют сведения о веществе слоя и, следовательно, нельзя определить предварительно скорость ультразвука.

Известен также способ измерения толщины слоя, заключающийся в том, что излучают и принимают совмещенным ультразвуковым преобразователем

09 SU (11) 1732151 A1

отраженные нормально от границ слоя ультразвуковые импульсы, измеряют время распространения последних, на поверхности ввода ультразвука устанавливают друг за другом на одной оси с совмещенным преобразователем первый и второй приемные ультразвуковые преобразователи, изменяют угол ввода излучаемого ультразвукового сигнала с заданной угловой скоростью, измеряют промежуток времени между моментами приема ультразвукового сигнала первым и вторым приемными преобразователями, по которому с учетом времени распространения ультразвука при нормальном вводе, угловой скорости и расстояний между преобразователями определяют искомый параметр. Способ позволяет одновременно с толщиной слоя определить скорость ультразвука в нем [2].

Однако известный способ невозможно применить для исследования слоя в многослойной системе, если он отделен от поверхности, на которой размещены ультразвуковые преобразователи, другими слоями.

Целью изобретения является расширение функциональных возможностей за счет определения толщины произвольного слоя в многослойной системе.

На чертеже изображены совмещенный (S), два приемных преобразователя

(P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub>), размещенные на одной поверхности трехслойной системы, и ход УЗ луча.

Способ осуществляется следующим образом.

На доступной поверхности многослойной системы располагают на одной оси совмещенный S и два приемных

10 P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub> преобразователя.

Сначала совмещенный преобразователь S устанавливают таким образом, чтобы излучение УЗ волн происходило по нормам к границам слоев, возбуждают его короткими электрическими сигналами и производят измерение времени t<sub>jo</sub> прямого и обратного распространения УЗ импульсов в каждом из слоев, предшествующих (в направлении излучения) исследуемому слою, а также в исследуемом слое.

Затем на совмещенный преобразователь подают непрерывные электрические колебания, изменяют угол ввода УЗ с известной угловой скоростью ω так, чтобы УЗ сигнал, отраженный от границ слоев, попадал сначала на первый, а затем на второй приемный преобразователь, и измеряют промежутки времени ΔT<sub>n</sub> и ΔT<sub>j</sub>.

Используя результаты измерений, решают относительно l<sub>n</sub> и c<sub>n</sub> следующую систему уравнений:

$$\operatorname{tg} \omega t_{11}'' = D/(2l_1),$$

$$t_{11}'' = 2 \cdot \sqrt{l_1^2 + D^2/4}/c_1,$$

$$\operatorname{tg} \omega t_{12}' = B/(2l_1),$$

$$t_{12}'' = 2 \cdot \sqrt{l_1^2 + B^2/4}/c_1,$$

$$\Delta T_1 = (t_{12}' + t_{12}'') - (t_{11}' + t_{11}''),$$

$$t_{10} = 2l_1/c_1,$$

.....

$$\operatorname{tg} \omega t_{ji}' = (D/2 - (\sum_{i=1}^j l_i \cdot \operatorname{tg}(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{ji}')))) / l_1,$$

$$t_{ji}'' = 2 \cdot \sqrt{l_1^2 + (D/2 - \sum_{i=1}^j l_i \cdot \operatorname{tg}(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{ji}')))^2} / c_1 +$$

$$+ \sum_{i=2}^j \frac{1_i \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin(\omega \cdot t_{j1}'))}}{c_i};$$

$$\operatorname{tg} \omega t_{j2}' = (B/2 - (\sum_{i=2}^j 1_i \cdot \operatorname{tg}(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{j2}')))) / 1_i,$$

$$t_{j2}'' = 2 \cdot \left( \frac{\sqrt{1_i^2 + (B/2 - \sum_{i=2}^j 1_i \cdot \operatorname{tg}(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{j2}'))^2}}{c_1} + \right. \\ \left. + \sum_{i=2}^j \frac{1_i \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{j2}'))}}{c_i} \right);$$

$$\Delta T_j = (t_{j2}' + t_{j2}'') - (t_{j1}' + t_{j2}'');$$

$$t_{j0} = 2l_j / c_j;$$

.....

$$\operatorname{tg} \omega t_{n1}' = (D/2 - (\sum_{i=2}^n 1_i \cdot \operatorname{tg}(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{n1}')))) / 1_i,$$

$$t_{n1}'' = 2 \cdot \left( \frac{\sqrt{1_i^2 + (D/2 - \sum_{i=2}^n 1_i \cdot \operatorname{tg}(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{n1}'))^2}}{c_1} + \right. \\ \left. + \sum_{i=2}^n \frac{1_i \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{n1}'))}}{c_i} \right);$$

$$\operatorname{tg} \omega t_{n2}' = (B/2 - (\sum_{i=2}^n 1_i \cdot \operatorname{tg}(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{n2}')))) / 1_i;$$

$$t_{n2}'' = 2 \cdot \left( \frac{\sqrt{1_i^2 + (B/2 - \sum_{i=2}^n 1_i \cdot \operatorname{tg}(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{n2}'))^2}}{c_1} + \right. \\ \left. + \sum_{i=2}^n \frac{1_i \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\arcsin(\frac{c_i}{c_1} \cdot \sin \omega t_{n2}'))}}{c_i} \right);$$

$$\Delta T_n = (t_{n2}' + t_{n2}'') - (t_{n1}' + t_{n1}'');$$

$$t_{n0} = 2l_n / c_n,$$

где D и B - расстояние между совмещенным и первым  $P_1$  и вторым  $P_2$  приемными преобразователями соответственно;

$t_{ji}'$  - время поворота УЗ луча от начального направления до того момента, когда он направлен так,

чтобы, отразившись от дальней (в направлении излучения) границы слоя с номером j, попасть на приемный преобразователь  $P_i$ ;

под начальным направлением УЗ луча, когда  $t_{j1}' = 0$ , и  $t_{j2}' = 0$ , подразумевается направление по нормали

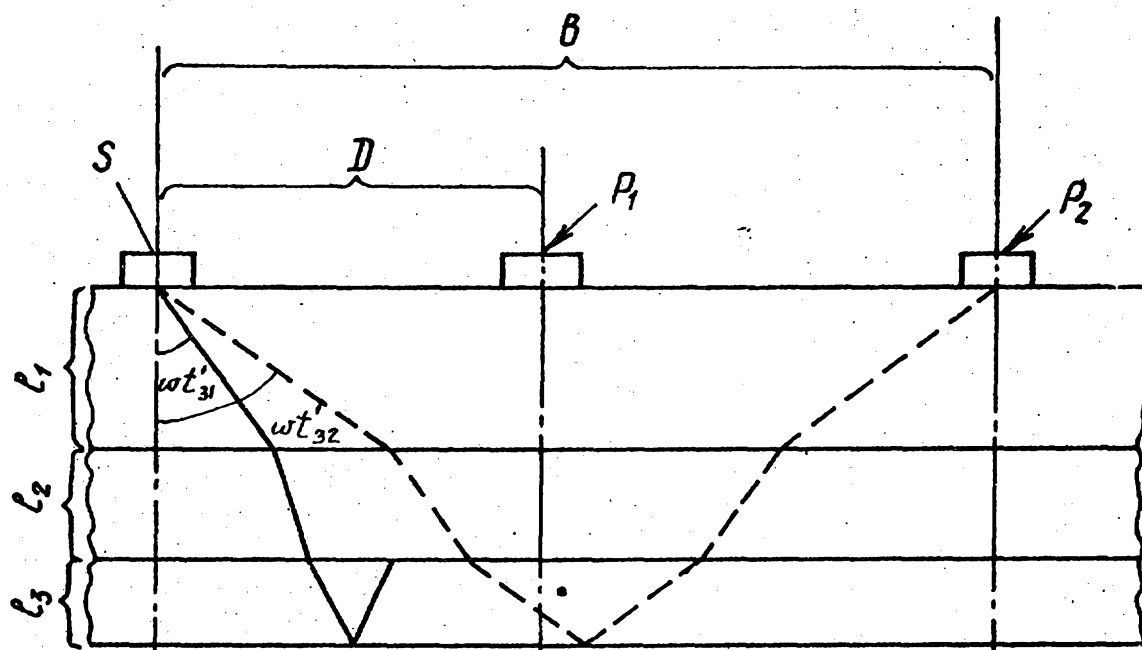
к границам слоев многослойной системы;

- $t_{j1}''$  - время распространения УЗ сигнала, излученного совмещенным преобразователем в момент  $t_{j1}'$ , от источника до преобразователя  $P_1$ ;
- $t_{j2}'$  - время поворота УЗ луча от начального направления до того момента, когда он направлен так, чтобы, отразившись от дальней в направлении излучения границы слоя с номером  $j$ , попасть на приемный преобразователь  $P_2$ ;
- $t_{j2}''$  - время распространения УЗ сигнала, излученного совмещенным преобразователем в момент  $t_{j2}'$ , от источника до преобразователя  $P_2$ ;
- $t_{j0}$  - время распространения УЗ импульса в слое с номером  $j$  при нормальном вводе УЗ;
- $l_j$  - толщина слоя с номером  $j$ ;
- $c_j$  - скорость УЗ в слое с номером  $j$ ;
- $\Delta T_j$  - промежуток времени между моментами приема сигнала, отраженного от дальней в направлении получения границы слоя с номером  $j$ , на первом  $P_1$  и втором  $P_2$  приемных преобразователях;

$n$  - номер исследуемого слоя.

# Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

- Способ измерения толщины слоя в многослойной системе, заключающийся в том, что излучают и принимают совмещенным ультразвуковым преобразователем отраженные нормально от границы раздела ультразвуковые импульсы, измеряют время распространения последних, на поверхности ввода ультразвука устанавливают друг за другом на одной оси с совмещенным преобразователем первый и второй приемные ультразвуковые преобразователи, изменяют угол ввода излучаемого ультразвукового импульса с заданной угловой скоростью, измеряют промежутки времени между моментами приема ультразвуковых импульсов первым и вторым приемными преобразователями, по которому с учетом времени распространения ультразвука при нормальном вводе, угловой скорости и расстояний между преобразователями определяют искомый параметр, от-  
 5  
 10  
 15  
 20  
 25  
 30  
 35
- л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью расширения функциональных возможностей за счет определения толщины слоя в многослойной системе, дополнительно измеряют время прямого и обратного распространения импульса в каждом из слоев, предшествующих исследуемому в направлении излучения, а также промежутки времени между моментами приема импульсов от дальней границы каждого слоя, предшествующего исследуемому, на первом и втором приемных преобразователях.



Составитель И.Муляр

Редактор М.Янкович

Техред М.Дидык

Корректор А.Обручар

Заказ 1574

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г.Ужгород, ул. Гагарина, 101