

паросочетания в двудольном графе. Основной сложностью решения этой задачи является необходимость учета ограничений на прием процедур. Приведена модификация генетического алгоритма для решения задачи о паросочетания с исчезающими дугами. Предложен способ кодирования множества дуг двудольного графа в «геной» особе и определена функция приспособляемости, которая является основой для реализации генетического развития популяции. Приведены все необходимые этапы для нахождения решения задачи: формирование начальной популяции, формирование промежуточной популяции, скрещивание, мутация, анализ популяции и критерии остановки алгоритма. Исследование доказало корректную работу предложенного алгоритма.

Ключевые слова: генетический алгоритм, двудольный граф, паросочетание, расписание

Applied problem of optimal scheduling receiving treatments can be reduced to an advanced mathematical problem finding the maximum matching in a bipartite graph. The main difficulty of solving this problem is the need to take account of restrictions on admission procedures.

Shows a modification of the genetic algorithm to solve the problem of matching with vanishing edges. We propose a method of encoding a set of arcs in the bipartite graph, "Gena" individuals and the responsibilities of adaptability, which is the basis for the realization of the genetic population. Given all the necessary steps to find a solution of the problem: the formation of the initial population, the formation of intermediate population, crossover, mutation, population analysis and criteria for stopping the algorithm. Research has proven the correct operation of the algorithm.

Keywords: genetic algorithm, bipartite graph, matching, schedule

УДК 620.179.17

К. Л. НОЗДРАЧОВА, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»

ВИЗНАЧЕННЯ “МЕРТВОЇ ЗОНИ” ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМУ КОНТРОЛІ ВИРОБІВ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ

Визначено мінімальну відстань від перетворювача, або “мертву зону” у довгомірному виробі, починаючи з якої ультразвукове поле заповнює весь переріз ОК на деякій його відстані. Наведені розрахунки для стрижнів з різних матеріалів та діаметру, а також розмірів та конструкції перетворювача та кута введення α ультразвукових імпульсів у виріб.

Ключові слова: “мертва зона”, п’єзоперетворювач, ультразвукове поле, прозвучування, контроль

Важливою характеристикою чутливості ультразвукового контролю являється розмір мертвої зони[1]. Наявність «мертвої зони» – це, мабуть, основний недолік луна-методу ультразвукового контролю, котрий в деяких випадках, обмежує його застосування, знижує надійність та ефективність контролю. Мертва зона представляє собою поверхневий шар, що не контролюється, в якому сигнал від дефекту (штучного відбивача) не відокремлюється від збуджуючого (зондуючого). Тому виключення або зменшення мертвої зони, являється актуальною науково-технічною задачею.

У виробі завжди виникають, крім збуджених хвиль, “побічні хвилі”, які поширюються в різних напрямках відбиваючись та трансформуючись на поверхні введення та від меж виробу. Тому, під терміном “контроль поздовжніми, зсувними та іншими типами хвиль” будемо подальшому розуміти як контроль виробу комбінацією хвиль, в якій переважають поздовжні і зсувні типи хвиль, що поширюються в напрямку дефекту [2].

В теперішній час ультразвуковий контроль заготовок та готових виробів

© К. Л. НОЗДРАЧОВА, 2013

оснований на тому, що перетворювач збуджує у виробі “вузький” та “направлений” пучок хвиль[3], який поширюється з невеликим кутом розбіжності. При цьому вважають, що вся енергія, яка випромінюється у виріб перетворювачем, концентрується вздовж центрального променя. На цій основі, при розрахунках та розробці методик контролю, пучок променів часто зображують у вигляді одного променя – лінії, яка виходить із центра п’єзоперетворювача. Такі допущення при контролі виробів являються необґрунтованими і у ряді випадків приводять до серйозних помилок.

Слід зазначити, що закони геометричної оптики справедливі для ультразвуку у разі, якщо довжина хвилі дуже мала у порівнянні з поперечним перерізом пучка. В оптиці, як правило, таке співвідношення виконується (хвилі мають довжину порядку однієї десятитисячної долі міліметра). Для ультразвукових хвиль, які застосовуються в дефектоскопії, ці умови не виконуються. Ультразвук поширюється у середовищі увигляді достатньо широкого пучка променів, кут поширення яких тим більше, чим менше розміри випромінювача та частота прозвучування[3].

Нехай необхідно проконтролювати циліндричний сталевий виріб, діаметром $d = 18$ мм та довжиною $l = 2050$ мм. Контроль проводився серійним контактним перетворювачем П 121-2,5-50°-002 (не притертим) з кутом введення УЗК 50° та частотою заповнення імпульсу 2,5 МГц.

Так як перетворювач не являється притертим, то припустимо, що введення ультразвукових хвиль відбувається вздовж однієї лінії контакту перетворювача з циліндричним виробом (рис. 1) [4, 5]. На цій ділянці промені, які входять у виріб, трансформуються на поздовжню, зсувну та поверхневу хвилі (крім центрального пучка променів, який вводиться у виріб нормально до поверхні і тому не трансформується), які поширювалися до протилежної поверхні. Досягнувши протилежної поверхні промені хвилі відбиваються та трансформуються в інші види хвиль и т.д.

Розрахуємо кут нахилу призми для даного перетворювача за законом Снеліуса, рис. 2 [4]:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{c_{лп}}{c_t} \sin \alpha\right), \quad (1)$$

де α – кут введення поперечних c_t хвиль у виріб;

β – кут нахилу призми п’єзоелектричного перетворювача;

$c_{лп}$ – швидкість поздовжньої хвилі в матеріалі призми (для призми з оргскла $c_{лп} = 2700$ м/с, для сталі $c_t = 3250$ м/с).

Підставивши значення поздовжньої та поперечної швидкостей в рівняння (1), вчислимо кут нахилу призми для перетворювача П 121-2,5-50°-002 з кутом введення акустичних імпульсів у виріб 50° та частотою 2,5 МГц. Кут нахилу призми буде приблизно складати 40°.

Підставивши значення поздовжньої та поперечної швидкостей в рівняння (1),

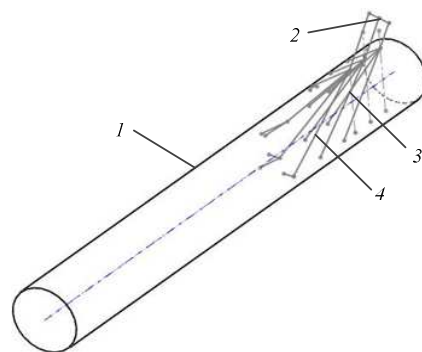


Рис.1 – Поширення ультразвукових хвиль у циліндричному виробі при введенні УЗК вздовж утворюючої: 1 – циліндричний виріб; 2 – вісь випромінювання перетворювача; 3 – центральний промінь; 4 – бічний промінь

вчислимо кут нахилу призми для перетворювача П 121-2,5-50°-002 з кутом введення акустичних імпульсів у виріб 50° та частотою 2,5 МГц.

Кут нахилу призми буде приблизно складати 40°.

При кутах призми, близьких до другого критичного значення, необхідно запобігти виникненню інтенсивної релеєвської хвилі, котра відбиваючись від нерівностей, створить завади. Отже в дальній зоні поле випромінювання похилого перетворювача можна представити так, начебто розходження променів почалась у призмі. Звідси виникає наступна умова: $\alpha + \theta'' < \alpha_s$, де α – кут падіння центрального променя; θ'' – кут розходження хвиль (вважаємо крайнім промінь, амплітуда якого в 10 раз менше центрального); α_s – кут збудження поверхневої хвилі.

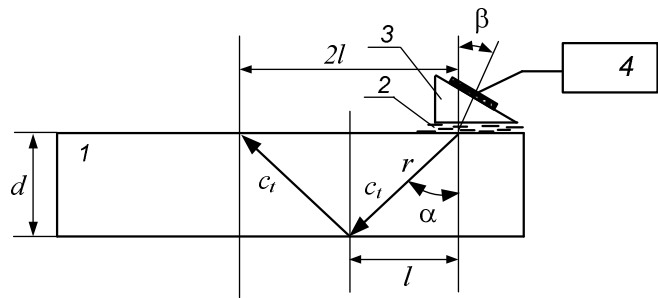


Рис. 2 – Схема визначення “мертвої зони” у довгомірному суцільному виробі: 1 – стрижень; 2 – контактна рідина; 3 – ПЕП для похилого введення УЗК в стрижень; 4 – серійний УЗ дефектоскоп; d – діаметр виробу; r – відстань від точки вводу УЗ коливань до точки падіння хвилі на границю виробу (беремо центральний промінь вводу УЗ коливань у виріб); l – “мертва зона” перетворювача – мінімальна відстань від точки вводу УЗ коливань до точки падіння хвилі на межу виробу; $2l$ – сумарна “мертва зона”

Визначимо кут розходження променів від круглого перетворювача.

$$\theta'' = \arcsin\left(N \frac{c_{ln}}{af}\right) = \arcsin\left(0,55 \frac{2700}{6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 10^6}\right) = 5,7^\circ. \quad (2)$$

Коефіцієнт N для розкриття основної пелюстки діаграми спрямованості на рівні $|\Phi| = 0,1$, $N = 0,55$ [4, 5].

Поверхнева хвиля збуджується під кутом

$$\beta = \arcsin\left(\frac{c_{ln}}{c_s} \sin \alpha\right); \quad (3)$$

$$c_s \approx c_t \frac{0,87 + 1,12\nu}{1 + \nu} \approx 0,93c_t \approx 0,93 \cdot 3250 = 3022 \text{ м/с},$$

де ν – коефіцієнт Пуассона

Тобто для круглого перетворювача поверхнева хвиля буде збуджуватися під кутом

$$\beta \geq \arcsin\left(\frac{2700}{3022}\right) = 63^\circ.$$

Визначимо мінімальну відстань від місця введення УЗК, або “мертвої зони” у довгомірному виробі, починаючи з якої ультразвукове поле заповнює весь переріз ОК на деякій його відстані. Очевидно, що величина “мертвої зони” в основному залежить від характеристик матеріалу, форми та розміру виробу а також розмірів та конструкції перетворювача та кута введення α ультразвукових імпульсів у виріб (див. рис. 2).

При контролі “мертва зона” обмежується також тривалістю зондуючого імпульсу

$$t = \frac{2r}{c_t} = \frac{2d}{c_t \cos \alpha}; \quad (4)$$

$$l = \frac{c_t \sin \alpha t}{2}. \quad (5)$$

Підставивши (4) в (5) маємо

$$l = \frac{c_t \sin \Theta \frac{2d}{c_t \cos \alpha}}{2} = d \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = d \operatorname{tg} \alpha. \quad (6)$$

З формули (6) видно, що «мертва зона» зростає за тангенційним законом. Наприклад, розрахуємо її величину за формулою (6) для сталевого зразка $d = 18$ мм, та кутом введення УЗ хвиль у виріб $\alpha = 50^\circ$. Ця величина буде становити $l = 18 \operatorname{tg}(50^\circ) = 21$ мм, $d = 18$ мм; для алюмінієвого зразка діаметром $d = 50$ мм, та кутом введення УЗ хвиль у виріб $\alpha = 40^\circ$ $l = 50 \operatorname{tg}(40^\circ) = 42$ мм.

Висновок. Експериментальна перевірка виконана за результатами розрахунків. Встановлено, що «мертва зона» при проведенні УЗ контролю на підприємствах складає від 30 до 50 мм, залежно від матеріалу та параметрів перетворювача. Доказано, що при контролі довгомірних виробів для виключення «мертвої зони» необхідно встановлювати ПЕП у декількох точках відносно торців.

Список літератури: 1. *Выборнов Б.И.* Ультразвуковая дефектоскопия / *Б.И. Выборнов.* – М. : Металлургия, 1985. – 256 с. 2. *Cziraki D.* Ultrasonic Modeling & Sound Visualization: [Електрон. ресурс] / *D. Cziraki, R. Ginzl.* – Режим доступу: <http://ndt.net/> – Nov 2003. – Vol. 8 [No.11](#). 3. Wave modes produced by air coupled ultrasound [Електрон. ресурс] / *Jan O. Strycek, Willem A. Grandia, and Hanspeter Loertscher* // Режим доступу: <http://ndt.net/> – May 1997. – Vol.2 [No.05](#). 4. Неразрушающий контроль : справочник в 7 т. Т. 3. Ультразвуковой контроль / *В.В. Клюев, И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге*; под ред. *В.В. Клюева.* – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с. 5. *Ермолов И.Н.* Теория и практика ультразвукового контроля / *И.Н. Ермолов.* – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.

Надійшла до редколегії 20.01.2013

УДК 620.179.17

Визначення «мертвої зони» при ультразвуковому контролі виробів циліндричної форми/ К. Л. Ноздрачова// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 4 (978). – С. 102-105. – Бібліогр.: 5 назв.

Определено минимальное расстояние от преобразователя, или "мертвая зона" в длинномерных изделиях, начиная с которой ультразвуковое поле заполняет все сечение объекта контроля на некотором его расстоянии. Приведены расчеты для стержнем из различных материалов и диаметров, а также размеров, конструкции преобразователя и угла ввода α ультразвуковых импульсов в изделие.

Ключевые слова: "мертвая зона", пьезопреобразователь, ультразвуковое поле, прозвучивание, контроль.

Determine the minimum distance from the transducer, or "dead zone" in the long products from which the ultrasonic field fills the entire cross section of the object of control at a certain distance of it. The calculations for rods of different material and diameter and the sizes of the, design and input angle α ultrasonic pulses in to the product.

Keywords: "dead zone", piezoelectric transducer, ultrasonic field, sounding, testing.