

ОЦЕНЯВАНЕ НА РЕЗУЛТАТА ПРИ УЛТРАЗВУКОВО ИЗПИТВАНЕ НА ОТЛИВКИ ОТ ЧУГУН

ESTIMATION OF THE RESULTS OF ULTRASONIC TESTING OF CAST IRON

ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛТАТОВ УЛТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИЙ ОТЛИВОК ЧУГУНА

Ass.Prof. Popov Al. Ph.D.

Institute of Mechanics, Bulgarian Academy of Science, E-mail: alpopov@abv.bg

Abstract: The ultrasonic testing (UT) of cast iron is final of technology of foundling. According EN 12680-3, the reflected area (σ_B) from discontinuities are needed estimation for quality of cast iron. In this paper to take the questions for non-destructive evaluation of σ_B for group of discontinuities - $\Sigma \sigma_B$ and severity level for cast iron.

KEYWORDS: ULTRASONIC TESTING, REFLECTED AREA FOR GROUP OF DISCONTINUITIES, SEVERITY LEVAL, CAST IRON

1. Въведение

Оценяването на резултата при ултразвуково изпитване (УЗИ) на отливки от чугун е важен заключителен етап от провеждане на изпитването [1,2,4]. Основните проблеми при УЗИ на отливки от чугун са: широк диапазон на изменение на акустичните характеристики на отливките: (скорост на разпространение на ултразвуковите вълни 3.51-5.85 mm/ μ s, коефициент на затихване 0.3-50.0⁻³ Np/mm); относително висока грапавост на повърхнината от която се въвеждат ултразвуковите вълни ($R_a \geq 12.5 \mu m$). Тоява налага по-подробно разглеждане на проблемите на УЗИ на отливки от чугун.

Провеждането на УЗИ на отливки от чугун се осъществява съгласно следните стандарти: БДС EN 583-1, БДС EN 583-2, БДС EN 583-5, БДС EN 12680-3.

2. Подготовка на УЗИ

Подготовката за УЗИ на отливки включва:

- зачистване на повърхнината от където ще се пролъчва, съгласно БДС EN 583-1
 - определяне на чувствителност (еталонна, безеталонна), съгласно БДС EN 583-2
 - калибровка и настройка, съгласно БДС EN 12223
 - определяне на скорост V_X на разпространение на ултразвукови вълни. Използва се метод на костено измерване на времето на разпространение на вълната [2].
- Величината V_X се определя от зависимостта

$$V_X = \left(V_E \frac{n_E}{l_E} \right) \left(\frac{l_X}{n_X} \right) \quad (1)$$

При калибровка се изпълнява условието $l_E \sim n_E$

$$\Rightarrow V_X \approx (V_E) \left(\frac{l_X}{g \cdot n_X} \right), g = R / 100 \quad (2)$$

Зависимостта (2) е програмирана в калкулатор HP49g+, като скоростта на разпространение на ултразвуковите вълни V_X се определя по измерени l_E, n_E (величини

определени по еталон с известна скорост на разпространение ултразвуковите вълни) и l_X, n_X (величини определени на изпитвания образец).

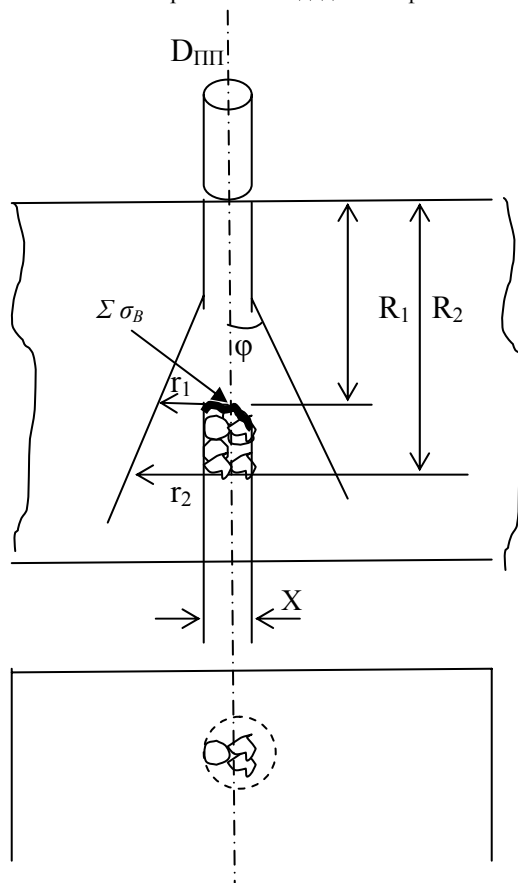
3. Провеждане на УЗИ

УЗИ на отливки се провежда с надлъжни вълни с осезатели с 1 – 2 MHz и диаметър 20 mm [4].

След като е открита нецялостността възниква въпроса за определяне на нейния характеристичен размер - X. В УЗИ се определят два вида размери, обусловени от съотношението на X и D_{III} (диаметър на пиезопластината). Когато $D_{III} > X$ се определя еквивалентен размер и когато $D_{III} < X$ се определя условен размер.

3.1. Оценка на еквивалентни размери

Схемата на пролъчване е дадена на фиг.1



фиг.1

Еквивалентния размер X се определя чрез сечение на обратно разсейване за група от отражатели - $\Sigma\sigma_B$. Връзката между двете величини е $X \approx \sqrt{4 \cdot \Sigma\sigma_B / \pi}$. Величината $\Sigma\sigma_B$ се определя от основното уравнение на локацията [3]

$$\frac{P_r}{P_t} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\lambda^2 \Phi^2(R) \rho(R) \sigma_B(R)}{4\pi^3 R^2} dR \quad (3)$$

където $\Phi(R)$ – диаграма на насоченост, при работа с максималното ехо $\Phi(R) = 1$, $\rho = \frac{N}{V(R_1, R_2)}$.

В акустиката се показва, че

$$\frac{P_r}{P_t} = \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (4)$$

където $\frac{P_r}{P_t}$ и $\left(\frac{p}{p_0} \right)$ са съответно отношения на излъчените и приетите сигнали с мощност (P) и звуково налягане (p).

Отчитайки горното, уравнение (5) се записва като интегрално уравнение на Фредхолм от 1-ви род относно ефективната отразяваща площ $\sigma_B(R)$ [5]

$$\int_{R_1}^{R_2} \frac{\sigma_B(R)}{R^2} dR = \Delta p \quad (5)$$

където са въведени следните означения

$$\Delta p = 4\pi^3 \cdot \lambda^{-2} \frac{V(R_1, R_2)}{N} \left(\frac{p}{p_0} \right)_{MAX}^2,$$

$$V(R_1, R_2) = 2\pi (R_2 - R_1) r_1^2,$$

$$r_1 = 0.5 D_{III} + [R_1 - \lambda^{-1} (0.5 D_{III})^2] \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi}}$$

$$\sin \varphi = 0.51 \frac{\lambda}{D_{III}}$$

Решението на (7), се търси чрез квадратурата [5]

$$\frac{R_2 - R_1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{1}{R_k^2} \cdot \sigma_B(R_k) = \Delta p \quad (6)$$

Нека $R_k \approx 0.5 (R_2 + R_1)$. Тогава решението на (8) относно $\Sigma\sigma_B$ е

$$\sum_{k=1}^N \sigma_B(R_k) = 4\pi^4 (R_2 + R_1)^2 \left(\frac{r_1}{\lambda} \right)^2 \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (7)$$

Зависимост (9) е програмирана в калкулатор HP49g+, където еквивалентната отразяваща площ $\Sigma\sigma_B$ се оценява по следният алгоритъм:

- въвежда се диаметър на пиезопластината D_{III}
- определя се скоростта на разпространение на ултразвуковите вълни V_X чрез зависимост (2)
- определя се дължина на вълната λ на ултразвуковите вълни чрез

$$\lambda = \frac{V_X}{f}, \quad f - \text{честота} \quad (8)$$

- въвеждат се измерените разстояния R_2 и R_1
- въвежда се големината на амплитудата на отразената вълна, в децибели - N_{dB}

- отношението на звуковото налягане $\left(\frac{p}{p_0} \right)$ се определя от

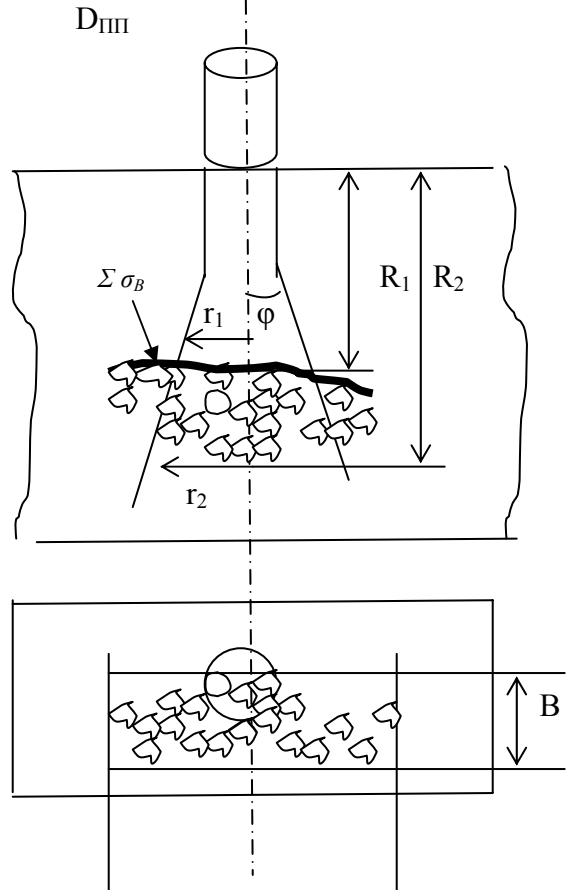
$$N_{dB} = -20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad (9)$$

По така въведените данни се изчислява оценката за ефективната отразяваща площ - $\Sigma\sigma_B$

3.2. Оценяване на условни размери

Често пъти при УЗИ на отливки нецялостностите са групирани (компактни или разсеяни) с размери по-големи от D_{III} . За тях се определят условни размери.

Схемата на пролъчване е дадена на фиг.2



$$\longleftrightarrow A \equiv X$$

фиг.2

Условните размери A и B ($A \geq B$) се определят чрез оконтуриране, като точността е Γ_1 . Ефективната отразяваща площ $\sum \sigma_B$ се определя чрез площта на оконтуриращата я елипса

$$\sum \sigma_B = \pi \left(\frac{1}{2} A \right) \left(\frac{1}{2} B \right) \approx 0.785 \cdot A \cdot B \quad (10)$$

4. Заключение

Оценяването на резултата от УЗИ на отливки се осъществява съгласно следните стандарти: БДС EN 583-1, БДС EN 583-2, БДС EN 583-5, БДС EN 12680-3. Определя се “Ниво на строгост” (НС) на отливката. То се дефинира като зависимост

$$НС = НС \left(\frac{\sum \sigma_B}{S_B} 100\%, \delta \right) \quad (11)$$

където S_B – базова площ, дефинирана в БДС EN 12680-3, δ – дебелина на стената на отливката, величината $\sum \sigma_B$ се определя от (9) или (12) в зависимост от това дали размера на откритата нецялостност е с еквивалентен или условен размер.

Задачата на оператора по УЗИ е само да установи какво е нивото на строгост.

Приемливото ниво на строгост се определя от клиента. Обикновено това е отразено в неговата документация.

5. Литература

1. Алешин Н.П., В.Е.Белый, А.Х.Вопилкин, А.К.Вощанов, И.Н.Ермолов, А.К.Гурвич, Методы акустического контроля металлов, Машиностроение, Москва, 1989.
2. Миховски М., М.Лозев, Безразрушителен контрол в химическото машиностроене, Техника, София, 1987.
3. Исимару А., Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах, т.1, Мир, Москва 1981.
- 4.ИванушкинЕ.С., Г.Е.Белай, Ультразвуковые методы контроля при производстве отливок, Техника, Киев, 1984.
5. Василева А.Б., Н.А.Тихонов, Интегральные уравнения, Физматлит, Москва, 2004.