

# МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ФОРМАТА НА ГРАФИТНИТЕ ВКЛЮЧВАНИЯ ВЪРХУ СВОЙСТВАТА НА СФЕРОГРАФИТНИЯ ЧУГУН

## METHODOLOGY FOR STUDYING THE INFLUENCE OF THE GRAPHITE INCLUSION SHAPE ON THE PROPERTIES OF DUCTILE CAST IRON

доц. д-р. инж. Рашев Г.<sup>1</sup>, доц. д-р. Ангелов И.<sup>2</sup>, инж. Тодоров В.<sup>3</sup>,  
Технически университет – Габрово, Габрово, България

**Abstract:** The paper proposes a methodology for studying the influence that the shape of graphite inclusions has on the strength complex of ductile cast iron. The methodology allows assessing the effect of the deviation from the regular spheroid shape on the mechanical characteristics.

**KEYWORDS:** DUCTILE CAST IRON, MECHANICAL CHARACTERISTICS, SHAPE OF GRAPHITE INCLUSIONS

### 1. Въведение

Сферографитния чугун с бейнито-аустенитна метална основа може да бъде разглеждан като материал притежаващ високи механични свойства [1]. Това се обуславя от сферичната форма на графитните включения, които в по-малка степен отслабват матрицата в сравнение с другите форми на графита в сивия чугун. В същото време при получаването на достатъчно високи механични свойства, формата на графита не трябва да служи като препятствие за използването на такъв материал. От извършената справка се вижда, че обобщени данни за влиянието на отклоненията от степента на сфероидалност на графитните включения в сферографитния чугун върху неговите свойства практически липсват.

Целта на разработката е да се състави методика за установяване на количествени зависимости за характеристиките на механичните свойства от формата на графитните включения с цел прогнозиране показателите на якостта ( $R_m, R_{0,2}, \sigma_{-1}$ ), пластичността ( $A_5, Z$ ), жилавостта ( $KC$ ) и цикличната якост на чугуна във функция от неговата микроструктура.

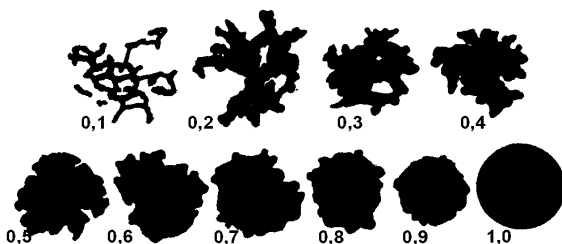
### 2. Методика за изследване влиянието на формата на графитните включения върху свойствата на сферографитния чугун.

За количествена оценка влиянието на формата на графитните включения върху свойствата на чугуна може да се използва предложението от С. А. Салтыков [2] двумерен фактор за формата, представляващ отношение на площта на разглежданата фигура към периметъра на тази фигура.

$$(1) \Phi_2 = 3,545 \frac{\sqrt{F}}{P}$$

където  $F, P$  са площ и периметър за разглежданата фигура.

На практика е по-удобно не да се изчислява фактора форма за всеки конкретен случай, а да се определя визуално чрез сравняване с фигурите на специална скала показана на фиг.1



Фиг.1 Фактор на формата на графита.

За провеждане на изследването относно влиянието на графитната форма върху механичните свойства на чугуна, е необходимо да се изработят образци изрязани от цилиндрични отливки с диаметър 60mm и дължина 280mm. В зависимост от скоростта на охлаждане на отливките се получава различна микроструктура на металната матрица от перлитна до феритна.

За получаване на перлитна основа, отливката се изважда от формата 5÷10 мин. след заливането с последващо охлаждане на въздух. За получаване на феритна основа на отливката, то същата се оставя във формата до пълно охлаждане. При необходимост, последната се феритизира. Бейнито-аустенитна структура на чугуна се постига с изотермично закаляване. За осигуряването на графит с различна форма се варира с количеството на сфероидизиращия модификатор.

По формата на графита, пробите се сортират на четири групи с фактор на формата равен на 0,9; 0,7; 0,5; и 0,2.

За получаване на по-пълна информация относно влиянието на формата на графита е за препоръчване да се изследва също така якостта на умора за чугуни с различни матрици и форма на графита.

При определяне на механичните свойства броя на изпитаните образци за всяка точка трябва да бъде от 8 до 12, а за построяване на кривата на умора съответно от 8 до 16.

След провеждане на изследванията се строят еднофакторни зависимости от вида  $(R_m, R_{0,2}) = f(\Phi_2)$ ,  $(A_5, Z) = f(\Phi_2)$ ,  $KC = f(\Phi_2)$  и  $\sigma_{-1} = f(\Phi_2)$  за съответния вид метална основа [3,4].

За обработка на резултатите в дадена точка от статичните изпитания се извършват следните пресмятания

- изчислява се средната стойност;

$$(2) \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

- определя се дисперсията:

$$(3) S^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right];$$

- определя се коефициента на вариация:

$$(4) V = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100, \%;$$

- пресмята се натрупаната чистота:

$$(5) P = \frac{i-0,5}{n} \cdot 100, \%;$$

- определят се стойности за "у" при вероятности

$$P_A = 50\% \text{ и } P_B = 99,9\%:$$

$$(6) y_A = \bar{y} \text{ за } P_A = 50\%;$$

$$(7) y_B = \bar{y} + z_{0,999} \cdot S \text{ за } P_B = 99,9\%;$$

- построява се емперичната функция на разпределение:

$$(8) P = f(y)$$

- изчисляват се доверителния интервал за всяка точка (т.е. за всяка стойност на двумерния фактор  $\Phi_2$ ):

$$(9) \bar{y} - \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t_{\alpha,k} < y < \bar{y} + \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t_{\alpha,k}$$

- построяват се еднофакторните зависимости  $y = f(\Phi_2)$  от вида:

$$(10) y = b_0 + b_1 \cdot \Phi$$

като коефициентите на модела (9) се определят от зависимостите:

$$(11) b_0 = \frac{\sum \bar{y}_u \sum \Phi_u^2 - \sum \Phi_u \sum \Phi_u \bar{y}_u}{N \sum \Phi_u^2 - (\sum \Phi_u)^2}$$

$$(12) b_1 = \frac{N \sum \Phi_u \bar{y}_u - \sum \bar{y}_u \sum \Phi_u}{N \sum \Phi_u^2 - (\sum \Phi_u)^2}$$

- определя се адекватността на модела:

$$(13) \hat{F} = \frac{S_{ag}^2}{S_y^2} \leq F_{kp}(\alpha; \nu_1 = N - k; \nu_2 = N(n - 1))$$

където:

$$(14) S_{ag}^2 = \frac{1}{N - k} \sum_{u=1}^N n (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2$$

$$(15) S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N S_u^2$$

$$(16) S_u^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{ui} - \bar{y}_u)^2$$

За обработка на резултатите от цикличните изпитания за построяване на зависимостта  $N = b_0 \cdot \sigma_a^{b_1}$ , която в логаритмичен вид добива вида  $\lg N = \lg b_0 + b_1 \lg \sigma_a$  се използват следните изрази за изчисляване на коефициентите:

$$(17) \lg b_0 = \frac{\sum_{u=1}^n \lg N \sum_{u=1}^n \lg^2 \sigma_u - \sum_{u=1}^n \lg \sigma_u \sum_{u=1}^n \lg N \lg \sigma_u}{n \sum_{u=1}^n \lg^2 \sigma_u - \left( \sum_{u=1}^n \lg \sigma_u \right)^2}$$

$$(18) \lg b_1 = \frac{n \sum_{u=1}^N \lg N \sum_{u=1}^N \lg \sigma_u - \sum_{u=1}^n \lg \sigma_u \sum_{u=1}^N \lg N}{n \sum_{u=1}^n \lg^2 \sigma_u - \left( \sum_{u=1}^n \lg \sigma_u \right)^2}$$

За определяне на средната процентна грешка на прогнозираната дълготрайност се използва отношението

$$(19) SPG = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n \left| \frac{N_u - N_u}{N_u} \right| \cdot 100, \%$$

Приложената методика относно изследване влиянието на формата на графитните включвания върху якостния комплекс на сферографитния чугун дава възможност:

- да се установи влиянието на степента на сфероидизация на графита върху якостните и пластични характеристики и ударната жилавост, както и изследване на цикличната якост на чугуна с различна метална основа и форма на графита;
- да се определят числените характеристики на разпределение за всяка стойност на двумерния фактор отчитащ формата на графита;
- да се построят зависимости за статичните характеристики и ударната жилавост за чугуни с различна метална матрица и с различна форма графит;
- да се построят зависимости за кривата на умора за различни марки сиви чугуни

### 3. Изводи

1. Съставена е методика за изследване влиянието на формата на графитните включвания върху свойствата на сивите чугуни.

2. Предложен е математичния апарат за статистически анализ на резултатите от експеримента с оглед гарантиране на тяхната достоверност.

3. Предложен е математичният апарат за построяване на зависимости за механичните характеристики във функция от формата на графита за чугуни с различна метална основа с оглед прогнозиране на тяхната закономерност на изменение, както и за решаване на едноцелеви и многоцелеви оптимизационни задачи.

### 4. Литература

1. Рашев Г., В. Тодоров. Сферографитни чугуни – нови възможности. Унитех 08, Габрово, т. II, стр. 187-189.
2. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. М., "Металургия", 1970
3. Ангелов И., М. Петров „ Теория на инженерния експеримент ” ТУ-Габрово, 2002г.
4. Стоянов С. „Оптимизация на технологичните обекти”, Техника София, 2004