

# ИНТЕГРАЛЕН МЕТОД ЗА ОЦЕНКА НА АНИЗОТРОПИЯТА НА МЕХАНИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЧУГУНИ СЪС СФЕРОИДАЛЕН ГРАФИТ.

## INTEGRATED METHOD FOR ASSESSING THE ANISOTROPY OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SPHEROIDAL – GRAPHITE IRON.

### ИНТЕГРАЛНИЯТ МЕТОД ДЛЯ ОЦЕНКИ АНИЗОТРОПИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУГУНОВ С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ

доц. д-р инж. Рашев Г., доц. д-р инж. Ангелов И., маг. инж. Тодоров В.  
Технически университет – Габрово, България  
rashev@tugab.bg

**Abstract:** An integrated method is proposed for assessing the anisotropy of strength, plasticity and toughness characteristics of high-strength S. G. iron. The method allows assessing and comparing the anisotropy of different brands of cast iron, or of a definite brand of cast iron produced through a different technology and its sensitivity to various alloying elements, thicknesses and micro-additions.  
**Key words:** spheroidal-graphite iron, mechanical characteristics, assessment

#### 1. Увод

Като основен показател за високото качество на чугуна се явява ниската анизотропност на неговите механични свойства. Въвеждането на легиращи елементи, различно разтворими във ферита и перлита, изменението в дебелината на напречното сечение и наличието на термични обработки, при които крайната структура е функция от скоростта на охлаждане, водят до различие на механичните свойства на сферографитния чугун в различните зони.[1,2,3] Ето защо при изпитване на високояките чугуни представлява особен интерес да се провери анизотропията на якостните ( $R_m, R_{0.2}$ ), пластичните ( $A_5, Z$ ) и жилавите ( $K_{CU}, K_{CT}$ ) свойства с оглед да се определи тяхната чувствителност от направлението и мястото на изрязване на пробните тела.

Степента на анизотропия на посочените свойства се определя от разликите в стойностите им в различните зони, което представлява сериозна опасност за детайли с голямо сечение в които при експлоатация могат да възникнат значителни напречни напрежения. Ето защо при избор на химичния състав на сферографитния чугун за такива изделия е особено важно да се отчита и показателя анизотропия.

Това се налага и от факта, че в нормативните документи се дават механичните свойства само в надлъжно направление.

Целта на настоящата разработка е на базата на резултати от механични изпитания на образци в надлъжно и напречно направление, да се предложи интегрален метод за оценка на анизотропията за якостните, пластични и жилави свойства на високояките чугуни, позволяващ да се оценява и сравнява анизотропията на различни чугуни или на една марка чугун получен по различна технология и неговата чувствителност по отношение на различни микродобавки и на легиращите елементи.

#### 2. Състояние на проблема

Анизотропията на пластичните и жилави свойства на чугуните е прието да се оценява по следните три коефициента на анизотропия: [4]

$$\begin{aligned} K_{A5} &= A_5, \text{ надл.} / A_5, \text{ напр.}; \\ K_Z &= Z \text{ надл.} / Z \text{ напр.}; \\ K_{KCU} &= K_{CU} \text{ надл.} / K_{CU} \text{ напр.}; \end{aligned} \quad (1)$$

Оценяването на анизотропията по три показателя и сравняването и с анизотропията на друг материал по три показателя (коефициента) е много неудобно.

В работа [4] се предлага, коефициентите на анизотропия да се представят като един обобщен показател по формулата:

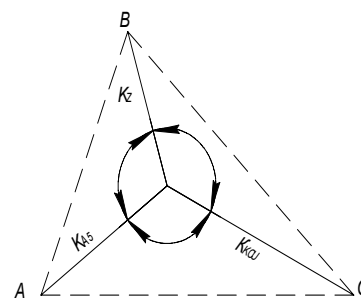
$$K_{об} = \frac{1}{2}(K_z + K_{KCU}) \quad (2)$$

Както се вижда от формула (2), обобщения коефициент на анизотропия –  $K_{об}$  представлява средноаритметична стойност на анизотропиите за относителното свиване на напречното сечение и ударната жилавост. Тези показатели обаче са получени при различни условия на натоварване на образеца.

#### 3. Резултати и дискусия

В разработката се предлага нагледно метод за графично определяне на обобщения коефициент на анизотропия  $K_{об}$  за пластичните и жилави свойства. Метода позволява да се сравнява анизотропията на различни материали, а също така по този показател да се оценява една или друга технология за получаване на чугуна. Този метод се изразява в следното.

В координатна система с три оси, излизащи от една точка О под ъгъл  $120^\circ$  в произволно избран мащаб се нанасят стойностите на коефициентите на анизотропия определени по формула (1). След съединяване на получените точки по трите оси, то площта на получения триъгълник АВС (фиг.1) може да се приеме за обобщен коефициент на анизотропия ( $K_{об}$ ).



Фиг.1 Графично изобразяване на анизотропията за пластичните ( $K_z, K_{A5}$ ) и жилави ( $K_{KCU}$ ) свойства на чугуните.

Този показател  $K_{об}$  може да се изрази чрез анизотропията за пластичните и жилави свойства и да се изчисли по следния начин:

$$S_{\Delta ABC} = S_{\Delta AOB} + S_{\Delta BOC} + S_{\Delta AOC} \quad (3)$$

За определяне на площите на триъгълниците прилагаме синусовата теорема:

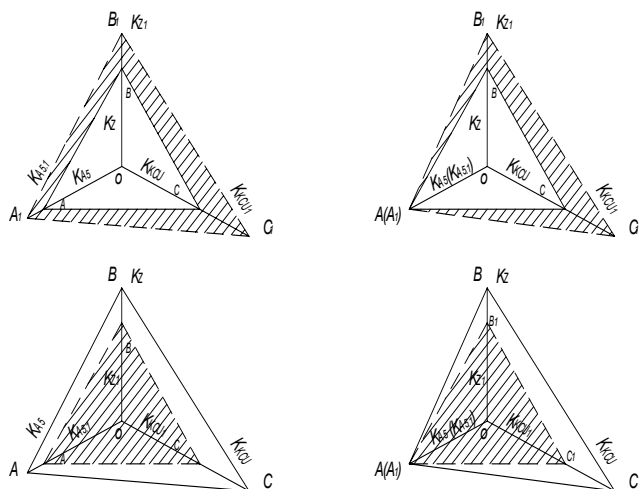
$$\begin{aligned} S_{\Delta ABC} &= \frac{1}{2}|AO||BO|\sin 120^\circ + \\ &+ \frac{1}{2}|BO||OC|\sin 120^\circ + \frac{1}{2}|AO||OC|\sin 120^\circ = \\ &= \frac{1}{2}\sin 120^\circ [|AO||BO| + |BO||OC| + |AO||OC|] = \\ &= \frac{1}{2}\sin 120^\circ (K_{A_5}K_Z + K_ZK_{KCU} + K_{A_5}K_{KCU}) \end{aligned}$$

Следователно израза за определяне на обобщения коефициент приема вида:

$$K_{об} = 0,433(K_{A_5}K_Z + K_ZK_{KCU} + K_{A_5}K_{KCU}) \quad (4)$$

#### 4. Заключение.

Така предложения интегрален метод за оценка на анизотропията за пластичните и жилави свойства на високояките чугуни позволява графически да се сравняват, анизотропията на изходния чугун, с анизотропията на чугун с друг химичен състав или чугун изготвен по друга технология. За целта е необходимо да се „построи анизотропията“ на изходния чугун във вид на равнобедрен триъгълник ABC, приемайки съответен мащаб за всеки показател на анизотропията (фиг.2)



Фиг.2 Сравнителен анализ на анизотропията за пластични и жилави свойства на чугуна:

$S_{\Delta ABC}$  и  $S_{\Delta A_1B_1C_1}$  – обобщени показатели за анизотропията на изходния и сравнявания чугун

След това по оста за всеки показател на анизотропията за изходния чугун се нанася в мащаб аналогичния показател за анизотропията на сравнявания чугун. След съединяване с прави на получените върхове ( $A_1, B_1, C_1$ ) се получава триъгълник  $A_1B_1C_1$ , площта на който представлява обобщения показател на анизотропията за пластичните и жилави свойства на сравнявания чугун.

Като основни причини за анизотропията на чугуните със сфероидален графит могат да бъдат:

- различие на структурата в различните зони на отливката, обособени от различните скорости на охлаждане.
- наличие на крехки фази и неметални включения;

- морфологията на различни включения;

- микроструктурата на чугуна като степен на сфероидизация, среден диаметър на графитните включения, количеството на включенията, средното разстояние между включенията, както и съдържанието на перлита;

- съдържание на легиращи елементи и не еднаквата им разтворимост във ферита и цементита, както и различното съотношение на последните две по дебелина на сечението;

За изучаване на тези причини, обобщения коефициент на анизотропия може да бъде използван за построяване на съответни графични зависимости като:

$$K_{об} = f(\text{Si}); \quad K_{об} = f(\text{Mn}); \quad K_{об} = f(\text{S}); \quad K_{об} = f(\text{P});$$

$$K_{об} = f(\text{дебелина}); \quad \text{и др.}$$

В зависимост от микроструктурата се образуват деформируеми или недеформируеми включения играещи роля на бариери или способстващи процеса на развитие на микропукнатините проявяващи се в хода на изследването, които по различен начин влияят на анизотропията на изследваните свойства. В този случай е целесъобразно да се разглежда не абсолютната стойност на обобщения коефициент на анизотропия  $K_{об}$ , а относителния. Обобщения коефициент на изходния чугун се приема равен на единица, а стойностите на относителните обобщени показатели на анизотропия на чугуна за другите варианти на микролегиране се намират като отношение на обобщения показател на анизотропия за разглеждания чугун, към обобщения показател на анизотропия на изходния чугун, пресметнат по формула (4).

#### 5. Изводи

1. Предложен е интегрален метод за оценка анизотропията на пластичните и жилави свойства на чугуните със сфероидален графит.

2. Метода позволява графически да се сравни анизотропията на изходния чугун, с анизотропията на чугун с друг химичен състав или чугун получен по друга технология.

#### 5. Литература

1. Рашев Г. Състав и легиране на бейнитни сферографитни чугуни. София.Л.Б. № 2, 2004, стр. 2 – 6.
2. Рашев Г. Молибден в сферографитните чугуни. В. Търново, 1998, с.д. на ВБОУ „В. Левски“ № 66 стр. 224 – 232.
3. Рашев Г. , Г. Николов. Влияние на мед, никел и молибден върху структурата и твърдостта на чугуни със сфероидален графит. Габрово, 1992, Н.К на ВМЕИ
4. ASTM. Standards. Metals Test Methods and Analytical Procedures, USA 1989, V.03.01 ISBN. 0192 – 2998.