

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-СВОБОДНОГО ЦЕМЕНТИТА В ЧУГУНАХ

Б.А.Коняев

В ряде случаев при исследовании чугунов возникает необходимость подсчета в них количества структурно-свободного цементита. Такие подсчеты зачастую проводятся ориентировочно, "на глаз" или зарисовкой включений цементита с последующим применением планиметра. Последний метод ввиду сложности пригоден только для единичных измерений.

Математическая статистика дает простой и весьма точный метод определения количества структур. Этот метод применительно к петрографии был разработан А.А.Глаголевым и в общих чертах впервые использован в металлографии С.А.Салтыковым /1/.

По данному методу на просматриваемое под микроскопом поле шлифа наводится сетка от специального окуляра. Такими сетками снабжены все металломикроскопы последних выпусков. При наличии включений в металле на них попадает часть узлов сетки. Площадь включений в процентах выражается формулой

$$X = \frac{a}{b} \cdot 100,$$

где a - количество узлов сетки, попавших на включения;
 b - общее количество узлов.

С помощью математической статистики определяется необходимое количество замеров (испытаний) при выбранной точности измерений. Пусть ρ - вероятность попадания узла сетки на включения при каком-либо замере:

$$\rho = \frac{A}{100},$$

где A - площадь, занимаемая включениями в процентах к общей площади.

Вероятность противоположного события составляет:

$$q = 1 - p = \frac{100 - A}{100}.$$

Если производится Z независимых замеров углом сетки, то абсолютная погрешность измерения площади выражается формулой:

$$\delta = \frac{a}{Z} - p.$$

Согласно теореме Лапласа [2], вероятность того, что абсолютная погрешность δ не превзойдет любой заданной величины Δ , дается приближенно уравнением:

$$P(\Delta) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-t}^t e^{-\frac{u^2}{2}} du,$$

где
$$t = \frac{\Delta}{\sqrt{\frac{pq}{Z}}}.$$

При заданной точности определения площади, т.е. заданной величине Δ и вероятности $P(\Delta)$ легко найти необходимое число испытаний Z по формуле:

$$Z = \frac{t^2 pq}{\Delta^2},$$

где t - находится по принятой вероятности $P(\Delta)$ из таблицы значений интеграла Лапласа.

Например, при $P(\Delta) = 0,90$ значение $t = 1,65$. В случае измерения с точностью Δ до 5% фазы А, занимающей 40% от общей площади,

$$Z = \frac{A(100-A)}{\Delta^2} = \frac{2,72 \cdot 40(100-40)}{25} \approx 260.$$

Таким образом, при общем числе узлов сетки, равном 256, однократная установка шлифа после соответствующих подсчетов даст в 90 случаях из 100 ошибку не более 5% при $A = 40\%$.

Точность измерений можно повысить за счет увеличения Z . Для этого необходимо осуществить аналогичные подсчеты по нескольким точкам шлифа. Следует иметь в виду, что при перестановке шлифа появляются дополнительные ошибки измерений, связанные с неравномерностью распределения исследуемых включений по полю шлифа.

Чем больше взято увеличение для анализа структуры, тем существенней влияние этой неравномерности.

Для количественной оценки структурно-свободного цементита в чугунах по данным измерений, проведенных автором, наиболее удобным является увеличение $\times 280$. Включения цементита при таком увеличении хорошо видны и в то же время в поле микроскопа попадает сравнительно большая площадь шлифа, что обеспечивает измерениям лучшую точность. Высокая точность измерения количества цементита достигается подсчетами по четырем точкам, расположенным равномерно по площади шлифа. При этом $Z = 256 \times 4 = 1024$. В случае равномерного распределения включений цементита по шлифу такая величина Z гарантирует точность измерения от 1,0 до 2,5% при количестве цементита соответственно 5 и 50%, если $P(\Delta) = 90$.

Наиболее широко подобные измерения могут применяться при анализе режима отжига белого чугуна на ковкий. В данном случае образцы после заданной продолжительности отжига следует охлаждать в воде. Последнее способствует получению мартенситной структуры, на фоне которой после травления отчетливо видны включения цементита.

Л и т е р а т у р а

1. С а л т ы к о в С.А. Введение в стереометрическую металлографию. Изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1950.
2. Д у д и к - Б а р к о в с к и й И.В., С м и р н о в Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике. Машгиз, М., 1955.