

УДК 669

Г.Ю. Назарян (асп., каф. СиС), Е.И. Казакова, инж., А.А. Казаков, д.т.н., проф.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ШАРОВИДНОСТИ ГРАФИТА В ЧУГУНАХ

В металлографической практике форма элементов микроструктуры оценивается главным образом качественными характеристиками. Например, форма цементита в перлите определяется как зернистая или пластинчатая. Часто применяется и полуколичественная оценка условными баллами при помощи шкал структур. Только в отдельных случаях удается описать структуру определенным количественным параметром, например, фактором формы для шаровидного графита в ковком чугуна.

В рамках существующего анализатора изображения Thixomet разработано специальное приложение для оценки фактора формы, степени шаровидности и количества шаровидных включений. Использование созданного приложения апробировано на четырех образцах, полученных от комитета E-4 по металлографии ASTM.

Для исследования было подготовлено 4 запрессованных в пластмассу и отполированных (нетравленных) образцов ковкого чугуна. Измерения проводились при размере пикселя 0,53 мкм при увеличении x300 для микроскопа МИМ-10 и 0,68 мкм при увеличении x200 для МЕТАМ в двух-трех участках образцов в режимах панорамы с размерами несколько десятков полей зрения и по отдельным полям зрения.

Детектировались все графитовые включения независимо от их формы. Использовался фильтр для исключения усадочных пор без выделений графита. Поры, находящиеся внутри графита, были залиты при детектировании. Пограничные включения, которые невозможно правильно измерить, исключались из расчета. Маленькие включения с максимальным диаметром по Ферету менее 10 мкм (согласно методике ASTM A 247) исключались из расчета, из-за невозможности получить точные измерения их периметра и площади. При каждом типе измерения оценено более 500 включений допустимого размера.

Рассчитывались следующие параметры графита по методике ASTM A 247:

Фактор формы  $SF_1$ :

$$SF_1 = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{P^2}$$

где  $A$  – площадь включения графита,  $P$  – его периметр.

Фактор формы  $SF_2$ :

$$SF_2 = \frac{A}{S_{\text{экв}}}$$

где  $S_{\text{экв}}$  – площадь эквивалентного круга, равная:

$$S_{\text{экв}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{Ф}}^2}{4}$$

где  $D_{\text{Ф}}$  – максимальный диаметр по Ферету.

Для анализа полученных данных были построены гистограммы значений факторов формы. Для всех образцов и условий измерений рассчитывали процентное содержание включений с факторами формы  $\geq 0.6$ . Для каждого увеличения, метода выборки и фактора формы количество шаровидных включений с фактором формы  $\geq 0.6$  было поделено на площадь поля зрения и это значение выражено как количество включений на квадратный миллиметр. В результате измерений создается обобщающий отчет.

Таким образом, созданная нами программа Thixomet Standard в составе анализатора изображения Thixomet прошла апробацию в рамках кругового тестирования на образцах, по-

лученных от комитета E-4 по металлографии ASTM и показала прекрасное соответствие с известными количественными характеристиками этих материалов, полученными в ведущих мировых лабораториях.