

**О. В. Соценко, С. Ю. Афонин**

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОЦЕНКИ ФОРМЫ ГРАФИТА В ЧУГУНАХ**

При классификации графитных включений (ГВ) в высокопрочном, ковком и сером чугунах в соответствии с ГОСТ 3443-87 исходят из сравнительной визуальной оценки реальных микроструктур с эталонными изображениями. Такой метод сопряжен с риском субъективности оценок особенно при ограниченном количестве эталонов и огромном многообразии реальных форм ГВ даже в чугунах одного и того же вида.

В последние годы некоторое распространение получили различные компьютеризированные комплексы, предназначенные для металлографических исследований. Известны также попытки использования нейросетевого метода определения количественных характеристик микроструктуры металлов, метода распознавания образов мобильным роботом и ряд других методик, основанных на теории распознавания образов. Однако их разработка находится в стадии опробования и для практического применения они довольно сложны, т.к. требуют весьма трудоемкой стадии «обучения» на больших массивах экспериментальных изображений, шаблонов, эталонов и т.п.

В данной работе проведен анализ эффективности применения различных программных продуктов, используемых при поиске дубликатов и оценке степени схожести цифровых изображений, для определения степени соответствия реальной микрофотографии с ГВ тому или иному эталону ГОСТ 3443-87 для соответствующего вида чугуна.

Для реальной микроструктуры с ГВ компьютерный поиск наиболее похожих изображений-эталонов из ГОСТ 3443-87 весьма сложен при отсутствии искусственного интеллекта. Для того чтобы компьютер смог "увидеть" изображение-эталон и определить степень схожести используются программы с весьма сложными алгоритмами. Опыт разработки таких алгоритмов показывает, что на точность поиска влияет множество факторов, которые необходимо учесть. При этом программа должна быть удобной для оператора со средней компьютерной подготовкой.

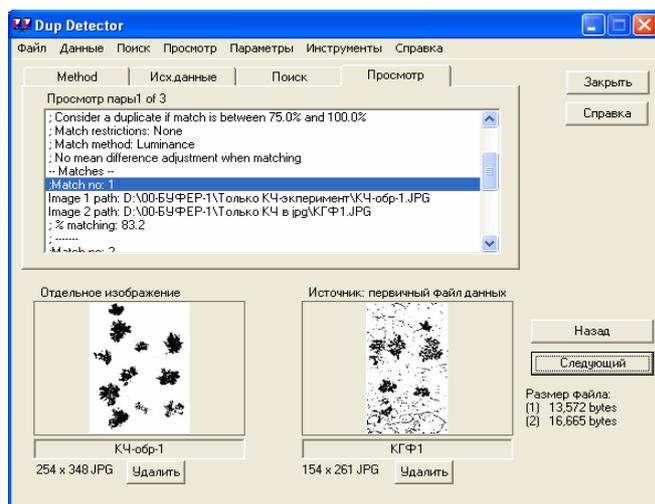


Рис. 1 – Интерфейс программы Dup Detector

На рис. 1 показан интерфейс одной из таких программ (Dup Detector), в которой выполнено сравнение опытной микроструктуры ковкого чугуна с эталоном КГф1 с вероятностью схожести 83%. Результаты применения других программ для такого сравнения опытных микроструктур ГВ с эталонами разных видов чугунов по ГОСТ 3443-87 приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Оценка схожести опытных микроструктур с эталонными

| Шифр контрольной структуры графита | Эталон в ГОСТ 3443-87 | Похожесть микроструктуры в программах, % |                               |                |          |        |
|------------------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|----------------|----------|--------|
|                                    |                       | Dup Detector v 3.122*                    | Fast Duplicate Finder 3.7.0.1 | Dupe Guru PE** | AntiTwin | SyCMPi |
| КГ-обр-2                           | КГф1                  | 82,2                                     | 81,9                          | 81,9           | 70       | 31     |
|                                    | КГф2                  | 85,6                                     | 85,2                          | 85,2           | 80       | 66     |
|                                    | КГф3                  | 80,9                                     | 80,6                          | 80,6           | 71       | 37     |
| ВГ-обр-1                           | ВГф1                  | 76,1                                     | 76,0                          | 76,0           | 66       | 26     |
|                                    | ВГф2                  | 77,6                                     | 77,6                          | 77,6           | 68       | 27     |
|                                    | ВГф3                  | 78,0                                     | 78,0                          | 78,0           | 69       | 32     |
| ШГ-обр-2                           | ШГф1                  | < 75                                     | < 75                          | < 75           | <60      | 38     |
|                                    | ШГф2                  | 75,6                                     | 75,6                          | < 75           | <60      | 33     |
|                                    | ШГф3                  | < 75                                     | < 75                          | < 75           | 63       | 69     |
|                                    | ШГф4                  | < 75                                     | < 75                          | < 75           | <60      | 42     |
|                                    | ШГф5                  | < 75                                     | < 75                          | < 75           | <60      | 44     |
| ПГ-обр-2                           | ПГф1                  | 94,9                                     | 94,9                          | 94,8           | 72       | 45     |
|                                    | ПГф2                  | 80,0                                     | 80,0                          | 79,6           | <60      | 28     |
|                                    | ПГф3                  | 90,7                                     | 90,7                          | 90,6           | 70       | 45     |
|                                    | ПГф4                  | < 75                                     | < 75                          | < 75           | <60      | 20     |

\* Контурные изображения; \*\* Бинаризированные структуры

На основании проведенного тестирования серии программ установлено, что все они показывают достаточно высокую эффективность идентификации опытных микроструктур и эталонов ГОСТ 3443-87.

**В. В. Суменкова**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г.Киев г

Тел.: (044) 424-00-50, e-mail: ot.del.vch@yandex.ru

## **РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ПЛАВЛЕНИЯ СФЕРОИДИЗИРУЮЩИХ ЛИГАТУР**

Эффективность и стабильность результатов модифицирования, в значительной мере, определяется механизмом процесса растворения твердого модификатора в жидком чугуна. Одним из важнейших факторов, влияющих на процесс растворения лигатуры, является её фазовый состав. Фазовый состав модификаторов влияет на кинетику перехода модифицирующих элементов в чугун и, таким образом, определяет результативность действия модифицирования на кристаллизацию и дальнейшее формирование структуры отливок. От фазового состава лигатуры зависит ряд её характеристик: технологичность использования, температура плавления и др.

В процессе взаимодействия лигатуры с жидким чугуном протекают сложные теплофизические и физико-химические процессы, результатом которых является переход активных компонентов в чугун и создание условий для кристаллизации графита шаровидной формы. Для улучшения технологичности использования наиболее активного модифицирующего элемента магния его применяют в виде сплава на основе кремния и железа FeSiMg (ФСМг). В связи со сложностью работы с магниесодержащими сплавами тройные диаграммы состояния для сплавов типа ФСМг отсутствуют, поэтому фазовый состав лигатур (табл. 1) определяется в основном экспериментально.

На основании определенного фазового состава и зная по двойным диаграммам состояния температуры плавления основных фаз возможно приближенное определение температуры плавления лигатуры по стехиометрическому принципу. В табл. 1 приведен пример расчета температуры плавления лигатуры ФСМг9.