

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АЛМАЗНЫХ ПОРОШКОВ *

Апальков И.В., Бухтояров С.С., Соколенко Е.А., Хрящев В.В.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
150000, Россия, Ярославль, ул. Советская, 14. Тел. (0852) 79-77-75. E-mail: dcslab@uniyar.ac.ru

Реферат. Описан метод контроля качества алмазных микропорошков и субмикропорошков согласно требованиям ГОСТ 9206-80. Рассмотрены стадии работы алгоритма: предварительная фильтрация исходного изображения, морфологическая обработка, ориентация выделенного образа, экспертная нейросетевая система.

Постановка задачи

Для изготовления алмазно-абразивного инструмента как из природных, так и из синтетических алмазов используют порошки, полученные дроблением исходного сырья с последующей классификацией порошков по размеру и форме [1]. Порошки представляют собой совокупность алмазных зерен различной величины и формы в виде монокристаллов, их осколков и поликристаллов (рис.1)

Традиционно контроль качества алмазных порошков осуществляется непосредственно на предметных стеклах для микроскопа путем визуальной оценки геометрии зерен. Зерновой состав и форму алмазных зерен сравнивают с ГОСТ 9206-80. Размер зерен алмазных микропорошков и субмикропорошков определяют полусуммой длины и ширины прямоугольника, условно описанного вокруг проекции зерен таким образом, чтобы большая сторона прямоугольника соответствовала наибольшей длине проекции зерна [2].

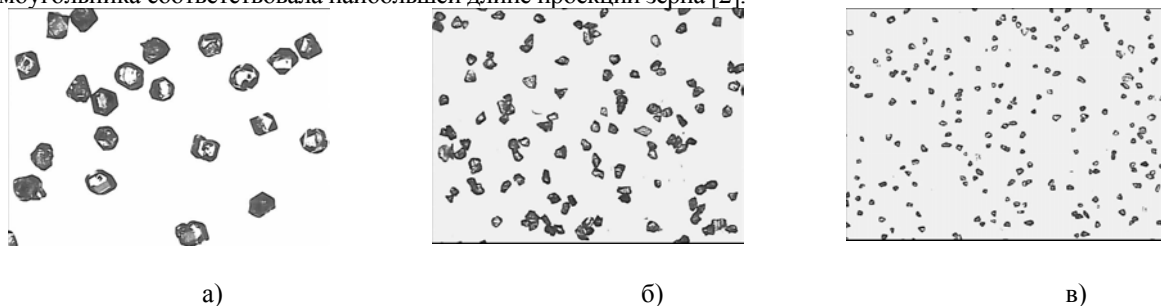


Рис.1 Образцы изображений алмазных порошков а) 250-200 мкм, б) 28-20 мкм, в) 7-5 мкм,

Контроль качества алмазных порошков достаточно тяжелая и трудоемкая задача. Визуальный анализ, в соответствии с ГОСТ, осуществляется для микропорошков и субмикропорошков. Исследуемый образец помещается на предметное стекло микроскопа, так что пересечения кристаллов отсутствуют. Эксперт, рассматривая образец и оценивая размер каждого зерна с помощью масштабной сетки, делает заключение о качестве оцениваемого образца. По требованиям ГОСТ необходимо обработать не менее 500 зерен.

В состав разработанного автоматизированного измерительного комплекса входят: микроскоп, цифровая камера, программное обеспечение, включающее в себя алгоритмы предварительной обработки изображения, выделение признаков объекта, нейросетевой эмулятор, база данных. Рассмотрим более подробно алгоритмическое построение комплекса.

Предварительная фильтрация изображения

В данном случае этот вид обработки применяется опционально, если того требует исходное изображение. Для удаления, имеющихся на изображении мелких шумов целесообразно использовать медианный фильтр с размером апертуры порядка $7*7$, либо адаптивный медианный фильтр с переменным размером апертуры. Фильтрация осуществляется посредством движения выбранной апертуры вдоль изображения и замены значения элемента изображения в центре апертуры медианой исходных значений отсчетов внутри апертуры [3]. При этом обычно получается более гладкое, по сравнению с исходным, результирующее изображение.

Морфологическая обработка

Мы предлагаем следующую последовательность морфологических операций [4].

1. Выделение контуров объектов – изображение переводится из полутонового в бинарное с обозначенными границами

2. Утолщение контуров (dilate) – необходимо для слияния всех границ зерна (граница кристалла соединяется с контурами его бликов, образуя единый объект)

$$A \oplus B = \left\{ z \mid (B_1)_z \cap A \neq \emptyset \right\},$$

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 02-02-17500)

где A - исходное изображение, z - элемент множества (пиксель), B - множество структурного элемента утолщения, $(B_1)_z$ - отраженное и смещенное в точку z множество B .

3. Заполнение – проводится для заполнения всех “дыр” в объектах, которые возникают из-за бликов.

Таким образом, в результате приведенных операций получается бинарное изображение, соответствующее исходному, где каждый кристалл представляет собой отдельный объект. Последовательность обработки одного зерна с использованием морфологических операций наглядно иллюстрирует рис.2

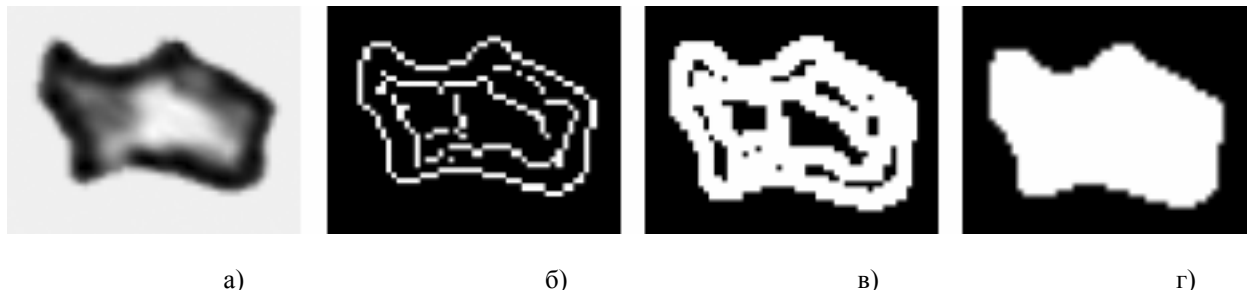


Рис.2. а) - Исходное изображение; б) - Выделенные контуры объектов; в) - Изображение после операции утолщения; г) - Конечное изображение с закрасненными дырами.

Далее последовательное сжатие полученных объектов дает возможность оценки размеров (количество итераций, за которое кристалл сожмется в точку) и определение координат зерен (координаты точки, в которую сжался объект). Исходя из этих данных, каждому алмазу ставится в соответствие квадратная область на бинарном изображении, которая и подвергается дальнейшей, более тонкой, обработке.

Ориентация объекта согласно требованиям ГОСТ

В соответствие с требованиями ГОСТ, перед измерением размеров необходимо сориентировать объект подобающим образом. Для этого, прежде всего, выделяется контур алмаза. Каждой точке этого контура ставится в соответствие комплексное число, в котором реальная часть – абсцисса, мнимая часть – ордината точки.

$$z(n) = x(n) + j \cdot y(n),$$

где n - номер очередной точки, описывающей контур объекта. Отдельные компоненты преобразования Фурье для данного комплексного сигнала образуют вектор F .

$$F = [F_0, F_1, \dots, F_{M-1}].$$

Пары компонентов (F_1, F_{M-1}) , (F_2, F_{M-2}) и т.д. имеют свой эквивалент в обратном преобразовании, которое, в частности, только для одной (первой) пары можно представить в виде [5].

$$\begin{aligned} z_1 &= \frac{1}{M} \left(F_1 \exp\left(-j \frac{2\pi k}{M}\right) + F_{M-1} \exp\left(-j \frac{2\pi(M-1)k}{M}\right) \right) = \\ &= \frac{1}{M} \left(F_1 \exp\left(-j \frac{2\pi k}{M}\right) + F_{M-1} \exp\left(j \frac{2\pi k}{M}\right) \right). \end{aligned}$$

Это уравнение описывает эллипс. Первая пара (F_1, F_{M-1}) задает главный эллипс с наиболее длинной осью, вторая пара (F_2, F_{M-2}) – следующий по величине и т.д. Для приведения контура к состоянию, когда две наиболее удаленные его точки лежат на оси абсцисс требуется повернуть исходное изображение на угол

$$\Psi = \frac{\Psi_{F_1} + \Psi_{F_2}}{2}.$$

Теперь определить длину и ширину кристалла в соответствии с ГОСТ не представляет никакой трудности.

Контроль качества образца с помощью экспертной нейросистемы

Для проведения экспертной оценки в данном алгоритме предлагается использовать нейросетевой подход, так как нейронные сети зарекомендовали себя как универсальные классификаторы и интерпретаторы. Перед промышленным использованием нейросетевого эмулятора необходимо произвести обучение нейросетей. Обучение сети проводится группой высококвалифицированных технологов на как можно большом количестве примеров, содержащих все возможные виды дефектов. В рабочем режиме нейросетевой комплекс использует совокупность знаний, полученных от обучающей группы.

В алгоритме используется нейросистема, состоящая из двух подсетей. Первая из них обрабатывает информацию, полученную от каждого зерна, а именно, его размеры. Ее задача – отнести рассматриваемый кристалл к одной из групп: сверхкрупные зерна, зерна крупной фракции, зерна основной фракции, зерна мелкой фракции, субмелкие зерна, удлиненные зерна, размер которых более чем в 1,5 раза превышает наибольший размер допустимый в основной фракции. Выход сети суммируется с буфером накопления информации об образце, который явится входом для второй подсети, непосредственно выносящей решение. Вторая подсеть занимается принятием решения о том, удовлетворяет ли данный образец ГОСТ’у или нет, основываясь на значениях из буфера накопления.

Заключение

Внедрение данной системы позволит значительно сократить время оценки качества алмазных порошков, а также понизить вероятность ошибки при экспертной оценке, так как данный алгоритм свободен от человеческого фактора.

Литература

1. Перерозин М.А. Справочник по алмазной обработке стекла. – М.: Машиностроение, 1987. - 224с.
2. Порошки алмазные. Технические условия. ГОСТ 9206-80. Москва-1982.
3. B.I. Justusson, “Median filtering: statistical properties”, in Two-dimensional digital signal processing II, T.S. Huang editor, Springer Verlag, 1981.
4. R. Gonzalez, R. Woods, Digital Image Processing. Prentice-Hall, 2002.
5. Dinh Nghia Do, Osowski S. Shape recognition using FFT preprocessing and neural network // Compel, 1998. - Vol. 17, No 5/6. – Pp. 658-666.