

MÉTODO POLICROMÁTICO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE IMÁGENES METALOGRAFICAS

**Johnson Garzón R. *, Arturo Plata G., Wilson Vesga **, Jaime
Meneses, Miguel A. Suárez,**

Laboratorio de Óptica y Tratamiento de Señales

Universidad Industrial de Santander.

Cr. 27 Cl. 9. Ciudad Universitaria. Bucaramanga. (Colombia)

Resumen

La mayoría de los métodos de caracterización y reconocimiento de imágenes está basado en el tratamiento de imágenes en niveles de grises, la reflectividad cromática selectiva se pierde en estos tratamientos. En éste trabajo se presenta una técnica para la caracterización de materiales, usando procesamiento digital de imágenes en verdadero color. El proceso central es la segmentación de la imagen tomando como criterio la combinación lineal de las tres componentes del espacio RGB. A partir de éste criterio se logró evaluar el contenido de materiales en las muestras y sus parámetros característicos como el área, perímetro, densidad, factor de forma. Al igual se muestran las diferentes aplicaciones.

Abstract

Most of the methods for characterization and recognition of images is based on the treatment of images in gray levels, the selective chromatic reflectivity gets lost in those treatments. In this work a technique using true color digital image processing for the characterization of materials is introduced. The central process is the segmentation of the image taking the linear combination of the three components in the space RGB. Starting from this criteria was possible to evaluate the content of materials in the samples and its characteristic parameters as area, perimeter, density, form factor. Some applications are shown.

* Escuela de Ciencia Básica. Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín.
PBX (094) 4159020. E-mail: jgarzonr@lycos.com

** Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencias de Materiales.
PBX (097) 6320471

1. Introducción:

Se presenta una técnica para la caracterización de materiales, usando procesamiento digital de imágenes. El proceso está centrado en la selección de regiones que tengan la misma combinación lineal de las tres componentes de color RGB y está compuesto de los siguientes pasos: *preparación de muestras, adquisición de imágenes, segmentación, extracción y representación de parámetros característicos*. Las muestras elegidas son provenientes de procesos de fundición, las cuales fueron pulidas y atacadas con diferentes soluciones químicas. El sistema de adquisición consta de un microscopio de reflexión interfazado con una computadora y una cámara CCD a color. El algoritmo de segmentación se basa en la elección de máscaras que actúen sobre los tres planos de color dando origen a una nueva imagen RGB segmentada. Se utilizaron imágenes sintéticas de prueba para conocer la eficiencia de los algoritmos de segmentación. Los parámetros que se calcularon son el área, perímetro, densidad, factor de forma^[1], los cuales permiten tomar decisiones sobre la calidad y la aceptabilidad industrial del material fundido. La técnica propuesta puede tratar con algunos problemas como la heterogeneidad del fondo y la intersección de regiones.

2. Preparación de Muestras

Las muestras elegidas fueron tomadas de procesos de fundición y luego sometidas a un proceso de preparación metalográfico y a un posterior ataque químico para obtener una mejor definición de las fases presentes en las muestras. Los pasos fueron los siguientes:

1. *Seccionamiento*: Para el fácil manejo de las muestras se hizo el seccionamiento con un disco de corte de carburundun.
2. *Montaje*: Con el fin de mejorar el manejo de las muestras se realizó un montaje por compresión, utilizándose resina fenólica.
3. *Desbaste Grueso*: Realizado generalmente para remover el exceso de resina, aristas y otras imperfecciones. El material utilizado para éste desbaste fue lija de 120 y 180 grit, utilizando agua como lubricante.

4. *Desbaste Fino:* El desbaste fino involucra la utilización de abrasivos, donde cada paso de manera sucesiva elimina la deformación del paso anterior. El papel con carburo de silicio fue el más utilizado para estos procedimientos.
5. *Pulido Grueso:* En éste paso se busca eliminar las rayas y la deformación producida por los desbastes con lijas. En nuestro caso utilizamos pasta de diamante de tres micras con lubricantes a base de aceite y paño de seda.
6. *Pulido Final:* En este paso se eliminan por “completo” las rayas, y las deformaciones de la superficie. Aquí se logra un acabado óptimo para el análisis de la muestra. Para nuestra situación utilizamos un paño de pelo corto (mastermex o microcloth) utilizando pasta de una micra y se finaliza con alúmina de 0.05 micras o silica coloidal del mismo tamaño de partícula.
7. *Ataque:* Posteriormente las probetas se atacan con el fin de observar su estructura y poder cuantificar las fases presentes. La solución utilizada para atacar nuestras muestras fue nital al 2%.

Las muestras utilizadas para el anterior procedimiento fueron provenientes de una fundición esferoidal de matriz ferrítico-perlítica.

3. Adquisición de Imágenes

El sistema de adquisición de imágenes es un equipo Leica Qwin versión Q5000MC estándar, el cual consta de un computador con una tarjeta de adquisición y digitalización ELVIS II, con un equipo complementario que consta de un microscopio óptico BX30M por reflexión para el análisis metalográfico y una cámara CCD a color marca JVC. Ver Fig. 1.

4. Segmentación en el Espacio RGB.

El objetivo de un modelo de color es el facilitar la especificación de los colores de una forma normalizada y aceptada genéricamente. En esencia

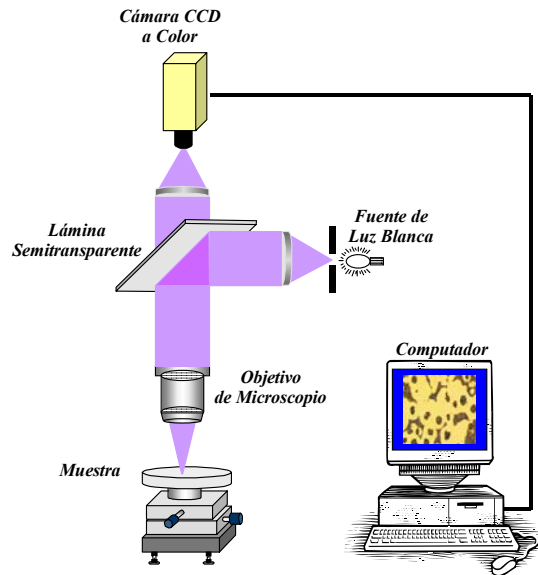


Fig. 1. Sistema de Adquisición de Imágenes

un modelo de color es la especificación de un sistema coordinado tridimensional normalizado^[2,3], formando un espacio en el que cada color queda representado por un único punto. Los modelos de color utilizados más frecuentemente para el proceso de imágenes son el RGB (red, green, blue), YIQ (luminancia, fase, cuadratura) y HSI (hue, saturation, intensity). El modelo de nuestro interés es el modelo RGB, donde cada color aparece con sus componentes espectrales primarias rojo, verde y azul. El espacio de color para éste modelo es el cubo unidad mostrado en la Fig. 2.

Las imágenes del modelo de color RGB consisten en tres planos de imagen independientes, uno por cada color primario. Cuando llegan a un monitor RGB, éstas tres imágenes se combinan en la pantalla fosforescente para producir una imagen de color compuesta. Así, el empleo del modelo RGB para el procesamiento de imágenes adquiere sentido cuando las propias imágenes están expresadas en forma natural en términos de los tres planos de color. De forma alternativa, la mayoría de las cámaras de color empleadas para la adquisición de imágenes digitales

utilizan el formato RGB, lo que por si sólo hace de éste un modelo importante para el procesamiento de imágenes.

Como una aplicación del modelo RGB explicaremos la segmentación que nosotros proponemos para caracterizar las muestras materiales que se prepararon con el procedimiento de la sección anterior.

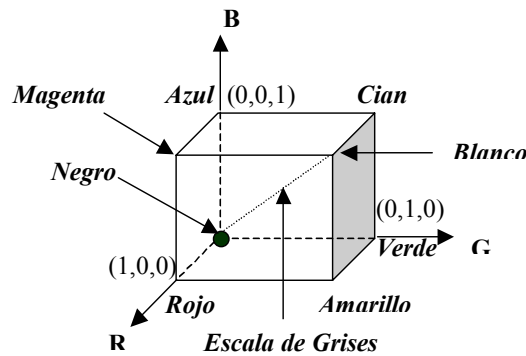


Fig. 2. Cubo de valores RGB

Un primer procedimiento para la segmentación es separar como nueva imagen parte de la región de interés (subespacio de la región de interés), la cual es también una imagen RGB. A ésta nueva imagen la denominaremos I_{rgb} y a la imagen inicial la llamaremos $IRGB$. Las imágenes $IRGB$ y I_{rgb} , son descompuestas en sus tres planos de imagen RGB, que denotaremos IR , IG , IB y I_r , I_g , I_b respectivamente.

El segundo paso consiste en crear las mascarar $MASKR$, $MASKG$ y $MASKB$, de la siguiente manera: se toma cada valor de píxel $IR(x,y)$ de la imagen IR y se compara con los valores de píxel de la imagen I_r , si $IR(x,y)$ pertenece a I_r , entonces $IR(x,y)$ se hace igual a uno (1), de lo contrario, se hace igual a cero (0). A ésta imagen binaria la denominamos $MASKR$. Con un procedimiento análogo de $IG(x,y)$ con I_g y $IB(x,y)$ con I_b , se crean las mascarar $MASKG$ y $MASKB$ respectivamente.

Para el tercer paso se crean dos posibilidades. Una primera posibilidad es crear la máscara $MASKRGB$ como resultado de la multiplicación directa, entrada por entrada de la mascarar $MASKR$, $MASKG$ y $MASKB$. Con la máscara $MASKRGB$ se haría de nuevo la multiplicación directa, entrada

por entrada, con cada uno de los planos IR, IG, y IB, lo que daría origen a que los tres planos de la imagen IRGB estén segmentados y la combinación de ellos de origen a una imagen IRGB en color verdadero ,segmentada. Ver Fig. 3. Es de notar que este procedimiento segmentará únicamente las regiones que tienen exactamente la misma combinación lineal de color RGB del subespacio Irgb perteneciente a la región de interés.

La segunda posibilidad consiste en segmentar cada plano de la imagen IRGB, multiplicando en forma directa, entrada por entrada, las máscaras MASKR, MASKG Y MASKB con los respectivos planos imagen IR, IG, y IB. La combinación de éste resultado, produce una imagen IRGB en color verdadero segmentada (Ver Fig. 4), pero con la posibilidad de tener tonalidades de color del subespacio Irgb de la región de interés

Otra manera de segmentar cada plano IR, IG, IB es el de utilizar un criterio de umbralización a partir del análisis que se le realice al perfil de valores de píxel RGB a lo largo de una trayectoria de la imagen IRGB y que incluya la región de interés, pero éste método daría origen a que se deban calcular los niveles de umbralización para cada imagen IRGB distinta, por lo que lo haría un método poco práctico.

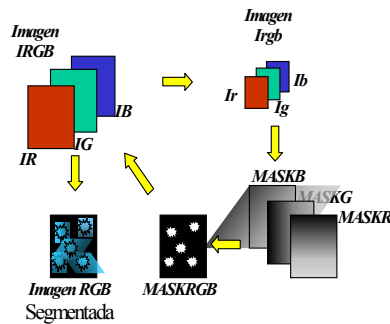


Fig. 3. Primer esquema de segmentación de una imagen RGB

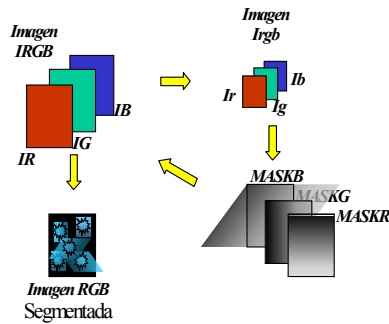


Fig. 4. Segundo esquema de segmentación de una imagen RGB

5. Extracción y representación de parámetros característicos

En ésta sección presentaremos los resultados experimentales obtenidos con una muestra producida por una fundición esferoidal de matriz ferrítico-perlítica .

La Fig. 5 presenta una imagen RGB del material muestra, con los respectivos histogramas de cada plano. En ésta figura las regiones de color amarillo corresponden a la ferrita, las regiones de color oscuro corresponde a la perlita y las regiones oscuras pero con determinada simetría circular corresponden a los nódulos de grafito. Estas regiones nodulares definen regiones de interés para la clasificación de las fundiciones esferoidales de acuerdo a su estructura. El campo de observación tiene un área de 0.1955 mm^2 y fue registrado a cien aumentos con el dispositivo de la Fig. 1. Luego, utilizando el segundo esquema de segmentación explicado en la sección anterior, se obtuvo la segmentación para la imagen RGB del material muestra, véase figura 6, en donde la imagen titulada “IRGB Segmentada I” ilustra las regiones que contienen ferrita, la imagen titulada “IRGB Segmentada II” muestra las regiones que contienen grafito y perlita. Éstas imágenes fueron binarizadas, procesadas con un algoritmo de limpieza y luego rotuladas para la extracción de parámetros característicos asociados a las diferentes regiones.

El algoritmo de limpieza aplicado a las imágenes binarias consistió en operaciones de morfología matemática para eliminar pequeños huecos y suavizar los contornos de las regiones del objeto. Las imágenes binarizadas resultantes de la operación de limpieza se presentan en la parte inferior de la figura 6 y la rotulación de las regiones se presentan en las figuras 7 y 8. Los parámetros característicos calculados para cada región de las figuras 7 y 8 fueron: área, perímetro, porcentaje relativo y el factor de forma definido como $(4\pi A)/d^2$, donde d es el diámetro y A es el área superficial de la región analizada. La tabla 1 muestra los valores calculados para algunas regiones (elegidas al azar) de la figura 8. En la sección de conclusiones presentamos los resultados más importantes para la caracterización de la muestra utilizada.

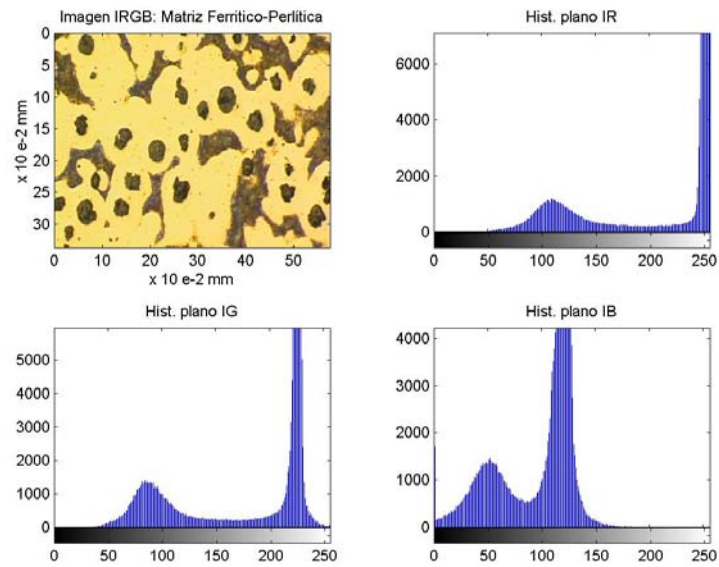


Fig. 5. Imagen de un material de fundición esferoidal de matriz ferrítico-perlítica y sus respectivos histogramas en cada plano de la imagen RGB.

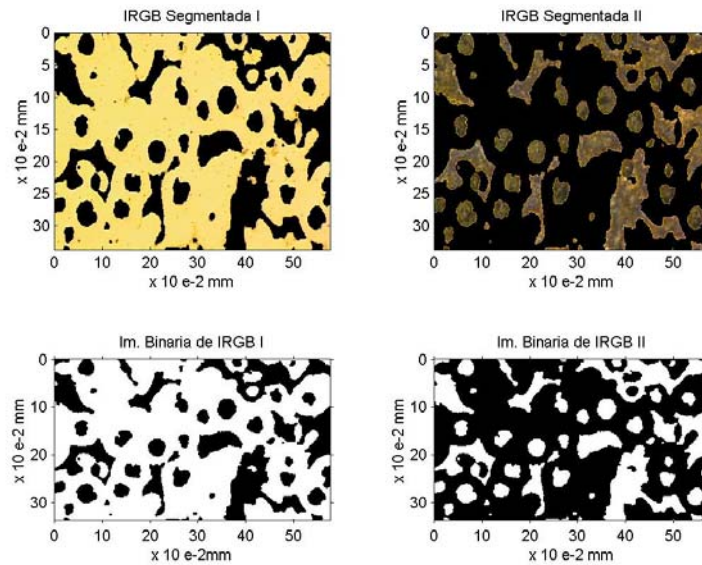


Fig. 6. Segmentado de Regiones

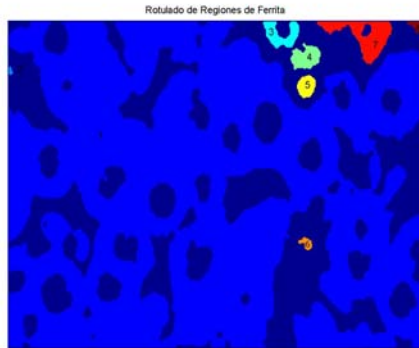


Fig. 7. Rotulado de Regiones

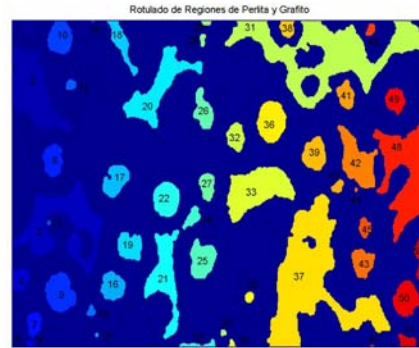


Fig. 8. Rotulado de Regiones

Tabla 1. Regiones Nodulares de Grafito elegidas al azar para su medición en un campo de 0.1955 mm². Margen de error: 0.05%

Región	Área en mm ² x 10 ⁻⁴	Perímetro en mm	Porcentaje %	Factor de Forma
7	4.0164	0.0712	0.2055	0.9959
9	13.0000	0.0998	0.6583	0.9376
10	9.3562	0.1116	0.4787	0.9442
19	8.0722	0.1121	0.4130	0.8076
22	11.0000	0.1150	0.5515	1.0250
39	8.8472	0.1058	0.4527	0.9928
43	7.1467	0.1005	0.3656	0.8887
49	5.5654	0.0844	0.2847	0.9814
50	10.0000	0.1140	0.5181	0.9792

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos para el registro presentado en la figura 5 y que son útiles en la determinación de la calidad del fundido^[4-6], fueron los siguientes:

Campo de observación a cien aumentos: 0.1955 mm^2

Porcentaje total de ferrita en el campo de observación: 68%.

Número de nódulos de grafito con un factor de forma entre 0.8 y 1.5: 30

El algoritmo de segmentación en el espacio RGB que hemos propuesto fue probado con imágenes sintéticas y con imágenes de muestras de latón, de grafito, perlita y ferrita atacadas con diferentes soluciones que cambiaban el contenido cromático, mostrando resultados satisfactorios en la elección de las regiones de interés y al igual que las segmentaciones que se realizan con imágenes en niveles de gris y en falso color, nuestro algoritmo es sensible a la intersección de regiones y a la heterogeneidad del fondo.

El algoritmo funciona para cualquier imagen RGB. La aplicación más frecuente que hemos hecho se ha enfocado a la caracterización de muestras metalográficas y se proyecta realizar un estudio estadístico en éste campo.

Bibliografía

1. LESZEK WOJNAR. "Image Analysis- Applications in Materials Engineering", pp. 179-208. CRC Press. New York. (1999).
2. RAFAEL GONZALEZ, RICHARD WOODS. "Tratamiento Digital de Imágenes ". Edición 3. Addison Wesley / Diaz Santos, pp. 239-266. (1996).
3. JOHN RUSS. "The Image Processing Handbook". CRC Press. USA, pp. 225-275. (1992).
4. WILSON VESGA. "Determinación y Cuantificación Microestructural de Fundiciones Esferoidales de Matriz Ferrítico Perlítica en... ". Tesis de Grado. UIS. (2000).
5. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING & MATERIALS. Standard Practice for Etching of Metallographic specimens. Philadelphia, 1995. 8p. ASTM E 307.

6. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING & MATERIALS.
Standard Practice for Etching of Metallographic specimens.
Philadelphia, 1995. 8p. ASTM E 3.