

Caracterización de la degradación de polvos de abrasión en usos consecutivos mediante el modelo sedimentológico de Bagnold

Characterisation of abrasive powders decay in consecutive uses through the Bagnold's sedimentology model

Correa A¹
Nicosia L¹

1 SEGEMAR, General Paz 5445, 1650 San Martín, Provincia de Buenos Aires



RESUMEN

El análisis granulométrico es la base para la caracterización primaria de un sistema de partículas sometido a cambios en procesos de: cristalización, molienda, aglomeración, floculación, desgaste, et cetera. Con el análisis granulométrico se puede conocer su evolución observando los datos crudos o por modelación. Este trabajo tiene por objetivo caracterizar la degradación de la capacidad abrasiva de dos muestras de alúmina en tres sucesivos usos en operaciones de pulido de piezas especiales. El estudio se realizó sobre la base de la estrategia que utilizó Bagnold para caracterizar arenas. Se representaron las fracciones entre tamices vs. el diámetro correspondiente a cada fracción en el campo log-log. Se determinaron en cada situación las pendientes de las rectas de las zonas más finas y más gruesas correspondientes al comportamiento asintótico del modelo, el punto de intersección entre ellas, el grado de asimetría y de variación de la distribución. Se concluyó que en cada uno de los análisis de los productos, las abscisas de los puntos de intersección eran aproximadamente constantes y, los cambios en el valor de las pendientes y el aumento de las fracciones finas indicaron los procesos ocurridos en el material. Las variaciones más notables se observaron después del primer y segundo uso; luego del tercer uso el material parece agotar sus propiedades abrasivas. Para corroborar este diagnóstico se realizaron determinaciones de los índices de redondez y circularidad sobre fotografías de las fracciones granulométricas. Estas medidas mostraron cierta concordancia con los datos granulométricos modelados. La metodología ideada por Bagnold para caracterizar la evolución de sedimentos puede adaptarse para ser aplicada en procesos industriales donde se producen cambios de granulometría y para detectar mecanismos de cambio diferenciados.

Palabras Claves: polvos abrasivos, sistemas particulados, distribución granulométricas, sedimentología, Método de Bagnold.

ABSTRACT

The granulometric analysis is of paramount importance to characterise particulate systems when they take part of processes as crystallization, grinding, agglomeration, flocculation, wearing et cetera. It is

possible to understand these evolutions by observing the raw data or by modeling the granulometric analyses. This work aims to characterise the abrasive capacity decay of two alumina powders samples that were utilised in three polishing stages of abrasion on especial pieces. The study was performed following the Bagnold's strategy he applied to characterise Desert dunes. The percentage mass fractions between sieves were plotted against the diameter of the fraction in a log-log scale for each sample. The following parameters were calculated: the slopes of the finer and coarser zones α and β , the interception point of the asymptotes (X_c , Y_c), the grade of asymmetry (J), the grade of variation (BH) and the proportion of the finer particles zone (P). It was concluded in each group of samples that the abscise X_c keeps almost constant, the variations of both slopes values, and the increasing of the finer particles proportions inform the change suffered to the materials through the abrasion stages. The most dramatic variations were observed after the first and second stages. It seems that after the third treatment the abrasive properties of the samples were run out. To complete the diagnosis some measures of the Circularity and Roundness were performed applying the methodology of the Image User Guides. These were in relative agreement with the granulometric model data. Bagnold's method may be used and adapted to be applied in industrial processes where changes in sizes are produced.

Keywords: Abrasive powders, particulate systems, particulate distribution, sedimentology, Bagnold's method

INTRODUCCIÓN

Una cuestión de importancia en el manejo de los polvos de pulido es cómo evaluar su evolución, respecto a su propiedad de agente abrasivo luego de sucesivos usos, lo que implica un proceso de reciclado. Cuando estas operaciones se aplican a piezas especiales pequeñas la evaluación por pruebas en escala es onerosa. Surge entonces la posibilidad de la evaluación por medidas de *angularity* [1] o por granulometría. Con el análisis granulométrico se puede realizar un diagnóstico de su evolución; ya sea sobre la base del análisis de los datos crudos o por medio de modelación de los datos. En este caso el trabajo tiene por objetivo caracterizar la degradación de la capacidad de uso de

dos polvos de alúmina en operaciones de pulido de piezas especiales en tres sucesivas aplicaciones. El estudio se hizo sobre la base de la estrategia que utilizó Ralph Alger Bagnold (1896-1990) para caracterizar las arenas de Libia [2]. Luego de un análisis por tamizado; él representaba el logaritmo del por ciento en masa (W_j) entre tamices de la serie alternativa vs el logaritmo del diámetro de la fracción (x_j). En este gráfico generalmente queda definida una hipérbola en espacio log-log cuyas asíntotas son las tangentes trazadas desde los valores extremos hacia la zona central [3].

La información que se obtiene de tratamiento de Bagnold es la que se detalla en la Tabla 1.

Tabla1. Información proveniente de tratamiento de Bagnold

Indicadores	Significado	Cálculo
α	Pendiente positiva zona partículas finas	Analítico
β	Pendiente negativa zona partículas gruesas	Analítico
X_c (μm)	Abscisa de intersección de ambas pendientes	Analítico
Y_c (%)	Ordenada de intersección de ambas pendientes	Analítico
Y^* (%)	Ordenada de la curva en X_c	Gráfico
BH	Dispersión de la curva	$1/\alpha - 1/\beta$ (1)
JJ	Grado de Asimetría de la curva	$1/\alpha + 1/\beta$ (2)
PP	Fracción de zona fina	$1/(\alpha * BH)$ (3)

El mérito de este método es detectar las variaciones en las granulometrías en donde la evolución de sus propiedades no presenta cambios bruscos. Para todos los cálculos se prefirió usar logaritmos de base 2. Para caracterizar el cambio de forma de las partículas que juegan un papel importante en los procesos de abrasión se midieron la *Circularity* (C) y *Roundness* (R) en algunas fracciones siguiendo las instrucciones *Image J User Guide* [4]. De estas propiedades se definió un índice CR producto de ambos

$$CR = C * R = \frac{16 * |\text{Área}|^2}{|\text{Perímetro}|^2 * |\text{EjeMayor}|^2} \quad (4)$$

Se presume que a medida que el CR sea mayor la *angularity* de la muestra es menor y disminuye su capacidad abrasiva.

EXPERIMENTAL

Los ensayos de tamaño de partículas se realizaron sobre dos grupos de polvos abrasivos de alúmina M y B para el pulido de piezas especiales. De cada una de ellas se contó además con las muestras después del primer proceso de abrasión M1 y B1 del segundo M2 y B2 y de tercer proceso M3 y B3. Todas estas también fueron sometidas a análisis granulométrico en vía seca y por duplicado. Se usó la llamada serie alterna de tamices ASTM en el intervalo entre 63 y 710 μm . Además se midieron las propiedades de *Circularity* y *Roundness* para el cálculo del índice CR en las fracciones con un por ciento en masa mayor que 2 %.

RESULTADOS

En la Tabla 2 se ofrecen los datos crudos de la granulometría de la muelas de los grupos M y B; de sus evoluciones en las sucesivas aplicaciones de uso. En las Figuras 2 y 3 se muestran las curvas de por ciento en masa de fracción vs diámetro de partícula en el espacio log-log. Los parámetros e índices se calcularon sobre los datos experimentales. En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos del índice CR para ambos grupos de muestras.

Tabla 2. Evolución de la granulometría. Grupos M y B.

Fracción	Masa (%)							
Diámetro	Grupo M				Grupo B			
μm	M	M1	M2	M3	B	B1	B2	B3
600	0,31	0,31	0,30	0,21	0	0,04	0,03	0,04
425	69,04	63,17	55,23	55,74	0,78	1,06	0,91	0,61
300	29,91	61,8	32,16	33,21	71,65	61,8	49,57	47,68
212	0,54	30,58	4,49	4,30	26,76	30,11	32,52	34,09
150	0,03	2,07	2,63	2,07	0,55	3,29	6,97	8,28
106	0,01	0,94	1,35	0,95	0,03	1,09	2,89	3,01
75	0,00	0,47	1,47	0,86	0,03	1,14	3,17	2,21
53	0,16	1,99	2,37	2,66	0,20	1,47	3,94	4,08
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

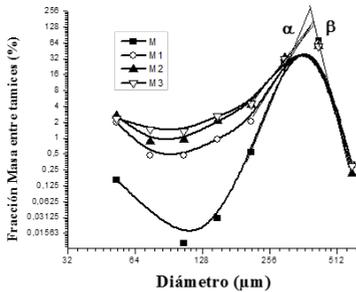


Figure 1. Análisis granulométrico de grupo M.

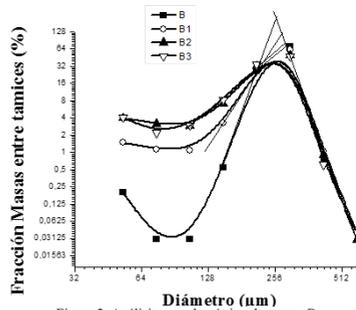


Figure 2. Análisis granulométrico de grupo B.

Tabla 3. Evolución del Índice CR. Grupos M y B

Fracción Diámetro	Índice CR							
	Grupo M				Grupo B			
µm	M	M1	M2	M3	B	B1	B2	B3
600	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
425	0,58	0,54	0,58	0,61	n.a	n.a	n.a	n.a
300	0,55	0,52	0,57	0,58	0,55	0,53	0,56	0,61
212	n.a	0,56	0,59	0,65	0,48	0,54	0,53	0,50
150	n.a	0,62	0,59	0,63	0,39	0,61	0,56	0,66
106	n.a	n.a	0,63	0,63	n.a	n.a	0,68	0,69
75	n.a	n.a	0,58	0,61	n.a	n.a	0,64	0,70
53	n.a	n.a	n.a	0,66	n.a	n.a	0,66	0,66

DISCUSIÓN

Las respuestas comparativas de las distintas propiedades de las distribuciones granulométricas se volcaron en la Tabla 4. En la Figura 3 y 4 se muestran en forma gráfica las variaciones de α y β a través de las distintas etapas de aplicación. Los subíndices M y B identifican a valores procedentes de los grupos M y B respectivamente.

TABLA 4. Evolución muestra M y B. Parámetros de Bagnold

Indicadores	Grupo M				Grupo B			
	M	M1	M2	M3	B	B1	B2	B3
α	11,6	7,75	5,67	5,8	9,82	4,81	3,55	3,50
β	-15,7	-15,4	-15,1	-16,2	-12,9	-10,6	-10,7	-10,2
Xc (μm)	378	390	397	396	227	236	237	236
Yc (%)	433	235	157	171	242	97,4	79	79,5
Y* (%)	105,3	93,3	78,5	82,6	45,5	29,4	22,2	24,1
BH	0,150	0,194	0,243	0,234	0,179	0,302	0,375	0,384
J	0,023	0,064	0,110	0,11	0,024	0,11	0,19	0,19
P	0,58	0,67	0,73	0,74	0,57	0,69	0,75	0,755

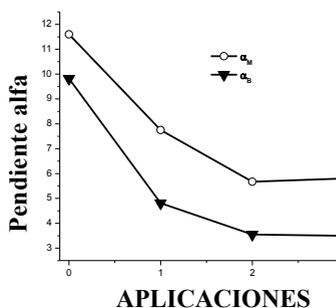


Figure 3. Pendiente α a través de los distintos usos

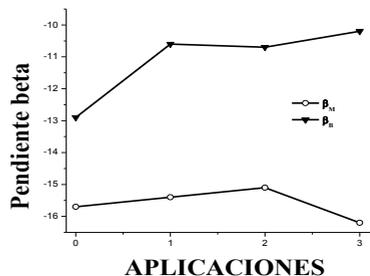


Figure 4. Pendiente β a través de los distintos usos

Se observa que las pendientes de las zonas finas α y gruesas β ; Figuras 3 y 4.; son los indicadores de más fácil comprensión son En ambas muestras la permanencia del valor de Xc; Tabla 4; indica que este tamaño es un verdadero divisor entre la zona de las partículas finas y gruesas. En la muestra M; α decae notablemente luego del primer tratamiento, y lo sigue haciendo través de las sucesivas aplicaciones. Entre el segundo y el tercer tratamiento el decaimiento de α es leve; esto puede asociarse a que no se degradan los tamaños de las fracciones más gruesas y el crecimiento de las fracciones más finas se atenúa; nótese la poca variación de la pendiente de la zona gruesa (β). De un modo indirecto esto mismo lo está indicando el incremento de la asimetría (J) hacia las zonas finas y el aumento de la fracción fina P, que marca una mayor dispersión (BH) de la muestra. En el tratamiento 3 los indicadores no cambian; esto puede interpretarse como que el material está ya agotando su capacidad de pulido; es evidente que la fracción fina va tomando preponderancia.

El comportamiento de la muestra B es algo diferente; Xc también se mantiene casi constante. En el primer tratamiento decae el valor absoluto de ambas pendientes; pero es más pronunciada el decaimiento de α respecto al decaimiento del mismo parámetro de la primera aplicación en la serie de polvos M, ya en el segundo proceso su decaencia se va frenando mientras que β se mantiene casi invariante. Los parámetros no cambian en demasía en la tercera aplicación. Al igual que en la muestra M todo parece mostrar por qué se agota su capacidad de pulido. Todos los indicadores son congruentes en predecir la presencia mayor de la zona de finos; J, P y BH.

La información que emana del análisis de las partículas se observa que el CR da cierta información sobre la evolución del sistema. Se ve que las partículas finas que se producen son de baja *angularity*; se ve un cambio brusco en el valor de la de CR en la fracción de 150 μm del grupo M.

CONCLUSIÓN

Los trabajos realizados pueden explicar la causa de la eventual degradación de la capacidad de pulido luego de la tercera aplicación. El crecimiento de la llamada fracción fina parece ser el factor crítico. Se manifiesta la capacidad del análisis granulométrico para realizar un análisis preliminar, básico y expeditivo de la descripción del proceso de degradación en la capacidad de pulido. Es notable que el modelo de Bagnold se muestre tan directo para el análisis de estos tipos de cambio. Todos los parámetros elegidos ayudan a dar definiciones del comportamiento del sistema. Se hace notar que éste es un tratamiento expeditivo y no suplanta conceptos de la tribología basados en los análisis más detallados de morfología de las partículas, en el estudio del estado de tensiones luego de la deformación en el proceso y el análisis del comportamiento de los materiales en las toberas de aplicación.

REFERENCIAS

1. V. Mikli, H. Kaerdi, P. Kulu, M. Beterici. "Characterization of powder particle morphology". Proceedings of the Estonian Academy. Science. Engineering. 7, 22-34.2001
2. R. A. Bagnold. "The Physics of Blown Sand and Desert Dunes". Republication by Dover.2005. Original Methuen and Co. Lts. 1954.

3. T.J. Kozubowski, K. Podgórski. “Log Laplace distributions”. International Mathematical Journal. 3,467-495.2003
W. Rasband.”Image J Use “Guide”. Maryland : National Institute of Mental Health”.2012 Disponible on line <https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/index.html> (03/05/2018)