

proporciona SiO₂ mucho más reactivo y capaz de reaccionar o descomponerse más intensamente a temperaturas menores, por lo que a altas temperaturas provoca, por interacción, una disminución mayor de la disponibilidad del Mn, que puede ser transferido al baño metálico (ver ecuación 8).

Tanto las características estructuroquímicas como las termodinámicas de las matrices, a distintos rangos de temperatura, se conjugan para definir el grado de transferencia de los elementos químicos al cordón de soldadura.

El mayor nivel de transferencia del Cr se debe, fundamentalmente, a la relativa menor posibilidad que presenta el cromo de oxidarse a temperaturas mayores de 3 000 K, es decir, a la poca estabilidad del Cr₂O₃ frente a los demás óxidos analizados donadores de oxígeno a altas temperaturas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALOB, A.A.: *Fundamentos de la teoría de los procesos de soldadura*, Construcción de Maquinarias, 272 pp. (en ruso), Moscú, 1964.
- CASTELLANOS, G. y otros: «Alternativas de cálculo de los coeficientes de transferencia de elementos aleantes en la soldadura automática por arco eléctrico bajo fundentes HF-600», *Revista Construcción de Maquinarias*, 1997.
- : *Consideraciones teóricas sobre los coeficientes de transferencia en fundentes cerámicos*, V Simposio de Soldadura, CIS-UCLV, feb., 1993.
- FROLOV, V.V.: *Teoría de los procesos de soldadura*, 559 pp., (en ruso), Editorial Escuela Superior, Moscú, 1988.
- KULIKOV, I.C.: *Termodinámica de óxidos*, 342 pp. (en ruso), Editorial Metalurgia, Moscú, 1986.
- POPATOV, N.N.: *Materiales para la soldadura por arco: gases protectores y fundentes para la soldadura*, vol. 1, 545 pp. (en ruso), Editorial Construcción de Maquinarias, Moscú, 1989.

**CONTACTE
CON NOSOTROS**



**Usted podrá recibir servicios y productos
en las siguientes actividades:**

Centro de Investigaciones del Petróleo

Washington #169 esq. a Churrucá,
Municipio Centro Habana, 12000, Cuba.

TELÉFONOS:

Pizarra: 40 4500, 40 4520, 40 4544
Dirección: 41 1132
Fax: (537) 66 6021

Características reológicas de las colas de la Empresa Ernesto Che Guevara

Enrique Torres Tamayo*
Raúl Izquierdo Pupo*
Marnoidis Ortiz Cobas*
Ramón González Arce*

*Profesores del Departamento de Mecánica. Instituto Superior Minero Metalúrgico.

RESUMEN: Se realiza el estudio reológico de las colas obtenidas en la última etapa del proceso de lavado hasta la planta de recuperación de amoníaco de la Empresa Ernesto Che Guevara; se determinó experimentalmente el comportamiento del esfuerzo cortante y la viscosidad aparente en función del gradiente de velocidad para diferentes valores de densidad. Las corridas experimentales se realizaron en un viscosímetro rotatorio Rheotest (alemán). Se obtuvo que el comportamiento de estos materiales corresponde al de los plásticos reales, para una densidad superior a 1 465 kg/m³, y se pudo ajustar al modelo de Bingham. Para valores de densidad menores que este, el comportamiento es pseudoplástico, según el modelo de Ostwald de Waele.

ABSTRACT: The results of the research of modification of hydraulic transportation of the waste obtained during the last stage of wash process toward the ammonia recuperation plant in Ernesto Che Guevara nickel plant are shown in this paper. A reological study of the waste was carried out with the objective of determining by means of different experiments the behaviour of stress shear and the apparent viscosity in function of the velocity gradient for different density values. The experiments were carried out in a Rheotest rotatory viscosimeter. The reological behaviour of waste corresponds to that of the real plastic for a density higher than 1 465 kg/m³. It is possible to adjust it to Bingham's model. We take into consideration of the Ostwald's model the viscosity is lower than 1 465 kg/m³, for pseudoplastic behaviour.

INTRODUCCIÓN

El esquema de bombeo de las colas consta actualmente de dos partes: la primera comprende desde la última etapa de los sedimentadores hasta los tanques de cola, y la segunda, desde estos hasta los alambiques situados en la planta de recuperación de amoníaco.

Cuando la planta de recuperación de amoníaco presenta problemas de tupición, ponchadura de los tubos u otros que le impiden recibir las colas, estas se almacenan en tanques y, una vez agotada la capacidad de almacenaje, se vierten a la presa de colas sin la previa recuperación del amoníaco. Esta situación conlleva la necesidad de modificar el esquema de bombeo para evitar así la pérdida del amoníaco contenido en las colas.

La literatura disponible acerca de esta temática es escasa y los autores plantean modelos diferentes para describir las curvas de flujo. A causa de que en las propiedades reológicas de las colas influye una serie de factores, como la calidad de agua empleada, la composición química, la densidad y el tamaño de las partículas, entre otros, es necesario obtener por vía experimental los datos que permitan trazar las curvas de flujo que caracterizan dichas colas, así como el modelo reológico que las describe.

El objetivo de este trabajo es determinar, precisamente, de forma experimental, el comportamiento reológico de las colas en función del gradiente de velocidad, para diferentes valores de densidad y establecer el modelo que describe tal comportamiento.

Elaboración de los datos experimentales

Las curvas de flujo se obtuvieron con un viscosímetro rotatorio, utilizado para determinar la viscosidad dinámica de líquidos newtonianos y para investigaciones reológicas de líquidos no newtonianos.

Las propiedades reológicas de una sustancia pueden ser investigadas de dos formas: mediante un sistema de medición de cilindro de searle, o mediante un sistema de cono y placa. Este equipo es accionado por un motor sincrónico con conmutación del número de polos a través de un engranaje de cambio de doce escalonamientos, de manera que están disponibles, en total, 24 diferentes regímenes o gradientes de velocidad. Las curvas de flujo se obtienen de los datos que proporcionan los ensayos experimentales.

La tensión tangencial (τ) en la sustancia se obtiene por la fórmula: $\tau = 0,1 \cdot Z \cdot \alpha$. La constante del cilindro (Z) depende de las medidas del cilindro y de la constante del resorte del dinamómetro; esta se especifica para cada dispositivo de medición en el certificado de ensayo.

El gradiente de velocidad (D), que muchas veces también es denominado velocidad de deformación, da el gradiente de la velocidad en la hendidura anular. Depende de las medidas del sistema del cilindro y es proporcio-

nal al régimen del cilindro rotatorio. Consta de la tabla de escalonamientos del viscosímetro rotacional respecto a todos los escalonamientos de régimen y dispositivos de medición. Los gradientes de velocidad indicados en la tabla de escalonamiento son válidos para una frecuencia de la red de 50 Hz, y en este caso la frecuencia es de 60 Hz, por lo que el gradiente de velocidad corregido se calcula mediante: $D_{rk} = D_r \cdot V/50$. Con los datos de tensión tangencial y gradiente de velocidad corregido se construyen las curvas de flujo.

Descripción del experimento

Después de calentar suficientemente la sustancia investigada, se comienza a ensayar. Al realizar la medición el viscosímetro no exige una secuencia específica de las operaciones. El modo de llevar a cabo dicha medición siempre estará determinado por la sustancia a ensayar.

En las sustancias de viscosidad estructural generalmente se toma una característica de fluencia, se determina la dependencia de la tensión tangencial del

gradiente de velocidad, con el objetivo de caracterizar las propiedades reológicas de la sustancia investigada. Se comienza con la medición a valores bajos del gradiente de velocidad y se toman las respectivas lecturas. El D_{rk} se aumenta variando el régimen del cilindro de medición, por ajuste correspondiente al engranaje de cambio. Para aumentar el número de los puntos de medición es necesario cambiar el régimen del motor.

Se ensayaron 30 muestras tomadas de la sección de salida de los sedimentadores de la última etapa de lavado. Para cada una de ellas se escogieron 7 valores de densidad diferentes. Se tomó como referencia la densidad de bombeo a la planta (1 650 kg/m³). Las densidades intermedias se obtuvieron mediante la decantación del agua de las muestras más diluidas o por adición de agua a las más concentradas.

Para cada una de las muestras, en función del gradiente de velocidad, se determinaron 30 valores de tensión tangencial según la densidad escogida, y se determinó posteriormente la media aritmética en cada punto. Los resultados aparecen en la Tabla 1.

TABLA 1. Valores de la tensión tangencial en función del gradiente de velocidad

D_{rk} (S ⁻¹)	$\rho = 1\ 225$ kg/m ³	$\rho = 1\ 300$ kg/m ³	$\rho = 1\ 400$ kg/m ³	D_{rk} (S ⁻¹)	$\rho = 1\ 500$ kg/m ³	$\rho = 1\ 650$ kg/m ³	$\rho = 1\ 750$ kg/m ³	$\rho = 1\ 825$ kg/m ³
1 000	5,94	7,57	10,1	100	16,5	32,1	45,22	60,87
1 200	6,57	8,37	11,16	150	17,98	32,95	46,23	62,2
1 400	7,15	9,12	12,16	200	17,99	33,79	47,25	63,53
1 600	7,7	9,82	13,11	250	18,72	34,64	48,26	64,87
1 800	8,21	10,48	14	300	19,46	35,48	49,27	66,2
2 000	8,71	11,11	14,85	350	20,2	36,33	50,27	67,53
2 200	9,17	11,71	15,66	400	20,94	37,17	51,29	68,86
2 400	9,62	12,28	16,44	500	22,43	38,86	53,32	71,53
2 600	10,06	12,84	17,19	600	23,91	40,5	53,34	74,2
2 800	10,48	13,38	17,92	700	25,4	42,24	57,36	76,86
3 000	10,88	13,9	18,62	800	26,87	43,93	57,4	79,53
3 200	11,28	14,4	19,31	900	28,35	45,62	61,41	82,2

Análisis de los resultados

Para encontrar la curva de mejor ajuste a los datos, el modelo reológico y los parámetros reológicos de cada curva, se empleó el método de los mínimos cuadrados y el programa «Amigo», creado por el Lic. Aristides Legrá (Figura 1).

Bird y otros (1979) exponen diferentes modelos para describir las curvas de flujo. En este trabajo, para densidades inferiores a 1 650 kg/m³, las curvas se ajustaron al modelo de Ostwald de Waele, por la semejanza del comportamiento de las colas con el de los fluidos pseudoplásticos. Para densidades superiores a este valor se ajustaron al modelo de Bingham, pues el comportamiento se asemeja al de los plásticos reales.

Modelo de Bingham: $\tau = \tau_0 + n_p \cdot D_{rk}$

Modelo de Ostwald de Waele: $\tau = k \cdot D_{rk}^n$

Trabajos realizados por Garcell y Cerpa (1992) en pulpas lateríticas crudas, de la Empresa Pedro Soto Alba, reportan un comportamiento ajustable a los modelos anteriores, sólo que para el caso de las colas de la Empresa Ernesto Che Guevara los parámetros reológicos de los modelos varían y, además, los ensayos se realizaron para diferentes densidades del material y no para la concentración de la fase sólida.

En la Tabla 2 se ofrecen los valores de los parámetros reológicos de cada uno de los modelos, en dependencia de la densidad, para una temperatura de 30 °C.

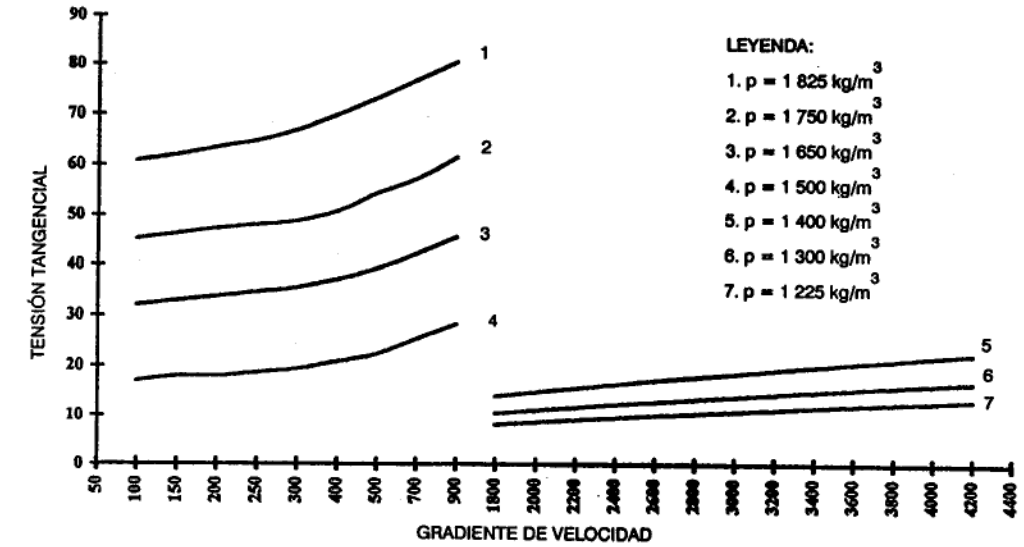


FIGURA 1. Variación de la tensión tangencial en función del gradiente de velocidad.

TABLA 2. Valores de los parámetros reológicos de los modelos

Densidad de la pulpa (kg/m ³)	K (Pa.s)	n(adim.)	τ_0 (Pa)	n_p (Pa.s)
1 225	0,1321	0,551	-	-
1 300	0,166	0,553	-	-
1 400	0,212	0,559	-	-
1 500	-	-	15,02	0,01481
1 650	-	-	30,41	0,0169
1 750	-	-	43,2	0,02023
1 825	-	-	58,2	0,02666

En la Figura 2 se muestra la influencia del gradiente de velocidad y la densidad sobre la viscosidad aparente de las colas. Para trazar estas curvas se obtuvieron los valores de viscosidad aparentes para cada uno de los modelos, a partir de las expresiones siguientes:

$\mu_a = n_p + \tau/D_{rk}$, para el modelo de Bingham

$\mu_a = k \cdot D_{rk}^{n-1}$, para el modelo de Ostwald de Waele

Las curvas obtenidas pueden ser utilizadas para los cálculos preliminares en la modificación del esquema de bombeo de colas (Figura 3) y en cualquier otra parte del esquema de transportación de ellas.

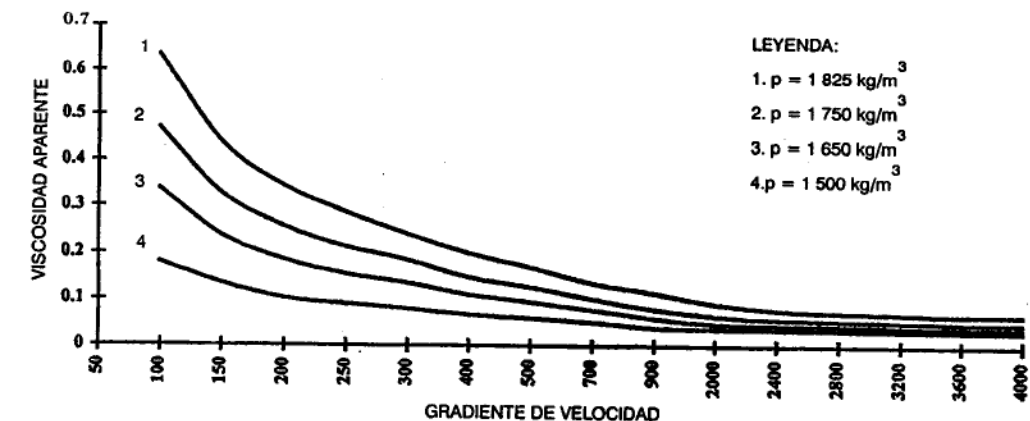
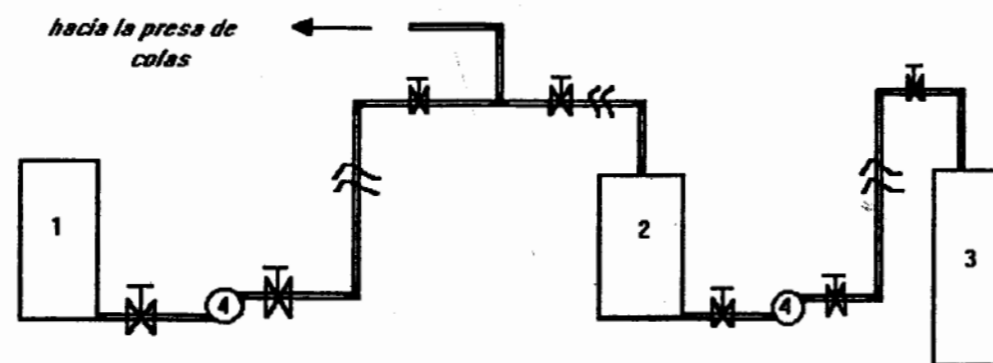


FIGURA 2. Variación de la viscosidad aparente en función del gradiente de velocidad.

**Leyenda:**

1. Tanque de la última etapa de lavado
2. Tanque de almacenaje de colas
3. Alambique de colas
4. Bombas de colas

FIGURA 3. Bombeo de colas en la Empresa Ernesto Che Guevara.

CONCLUSIONES

1. Se comprueba que las colas de la última etapa de lavado, de la Empresa Ernesto Che Guevara, exhiben un comportamiento pseudoplástico para densidades inferiores a 1 465 kg/m³, y se ajustan al modelo de Ostwald de Waele, y un comportamiento típico de los plásticos reales para densidades superiores al valor anterior, por lo que se ajustan al modelo de Bingham.
2. Las curvas obtenidas se pueden utilizar, tanto para los cálculos preliminares en la modificación del esquema de bombeo, como en cualquier otra parte del esquema de transportación de las colas.

SIMBOLOGÍA

- τ - Esfuerzo cortante o tensión tangencial (Pa)
 τ_0 - Esfuerzo cortante inicial (Pa)
 n - Índice de flujo (adim.)
 μ_a - Viscosidad aparente (Pa.s)

- Z - Constante del cilindro (Pa/skt)
 skt - Lectura del valor de escala del instrumento
 D_{rk} - Gradiente de velocidad corregido (S⁻¹)

BIBLIOGRAFÍA

- BIRD, R.B. y otros: *Fenómenos de transporte*, 500 pp., Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1979.
- GARCEL, P.L.: «Comportamiento reológico de las pulpas lateríticas», *Revista Minería y Geología*, Edición especial, pp. 19-23, 1991.
- GARCEL, P.L. y A. CERPA: *Caracterización reológica de las pulpas de limonita de Moa*, Tecnología Química (1), pp. 63-68, 1992.
- IZQUIERDO, R. y N. KONSTANTINOVICH: «Investigación de los parámetros y regímenes racionales de hidrot transporte de las pulpas lateríticas aplicables a las condiciones de explotación de la Empresa Pedro Soto Alba», *Minería y Geología*, no. 1, pp. 57-59, 1995.
- OLMOS, C. y F.T. CORDERO: *Estudio de las características reológicas de las pulpas utilizadas en la Empresa Ernesto Che Guevara*, Trabajo de diploma, ISMM, Moa, 1996.
- TORRES, E.: *Modificación del sistema de bombeo de colas de la planta de lixiviación*, Trabajo de diploma, ISMM, Moa, 1993.

Diagnóstico y control de gestión

Ing. Maritza Hernández Torres*
 Ing. Rubén Santiago Herrera*
 Dr. José Israel Rodríguez Domínguez**

*Facultad Ingeniería Industrial. ISPJAE, La Habana.
 **Dpto. de Metalurgia. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

RESUMEN: Ante el desarrollo tecnológico vertiginoso y la internacionalización de la competencia, las empresas modifican sus prácticas gerenciales y emprenden el rediseño de sus sistemas de control de gestión, con el fin de lograr altos niveles de desempeño. Pero, ¿en qué basarse para evaluar los resultados alcanzados? De esto se trata en este trabajo, de exponer un conjunto de criterios a tener en cuenta en la evaluación del desempeño de una organización.

Seguidamente, se presenta el *Diagnóstico* como una función de los sistemas de control de gestión (SCG) y se propone un modelo para la mejora del desempeño industrial. Para ello se parte de la definición de control de gestión (CG) y de los criterios para evaluar el desempeño empresarial, por lo que se analizan el lugar y papel del diagnóstico como función del CG. Por último, se propone un modelo de diagnóstico para mejorar el desempeño industrial que tiene en cuenta dichos elementos.

ABSTRACT: In front of the fast technological changes and the developing competition, the enterprises modify their managerial practices and begin the redesigning of the controlling systems in order to achieve higher levels of performance. But, how to evaluate these results? In this work, six criteria are taken account to evaluate the performance of an organization.

In other hand, the diagnostic is presented as a management function into the controlling systems, and a model for the industrial performance improvement is showed.

INTRODUCCIÓN

En la segunda mitad del siglo xx han ocurrido cambios sustanciales del entorno: se ha pasado de un entorno estable a otro turbulento y muy competitivo, desencadenando en las empresas un gran número de cambios internos. Por lo que el éxito empresarial exige una continua adaptación de aquella a su entorno.

Se observa un cambio radical en variables tales como la orientación hacia el cliente, el desarrollo tecnológico y la innovación, el papel rector de la dirección estratégica, los enfoques de calidad, el rol de los recursos humanos en la organización, la gestión de la información y otros. La competitividad se convierte en el criterio por excelencia para orientar y evaluar el desempeño dentro y fuera de la empresa.

Entonces el control de gestión, como parte del sistema gerencial, tiene que modificarse en sus principios de base y enfoque, para contribuir al desempeño competitivo de la empresa. ¿Cuál es la nueva cualidad que se exige al CG moderno?

DESARROLLO

De la propia naturaleza del Control de Gestión, que en este marco se define como la evaluación del desempeño de una organización entendida como la medición y análisis de los resultados en relación con los objetivos trazados (con preeminencia de los objetivos estratégicos que responden a las exigencias del entorno), para decidir qué acción tomar, a partir de los recursos disponibles y con una orientación hacia la mejora permanente de los resultados en todos los niveles de la organización; se desprende la necesidad de determinar cuáles son los criterios que van a guiar la evaluación del desempeño de una organización.

Por otra parte, la evaluación del desempeño de una empresa adquiere un gran significado para sus directivos, para sus trabajadores en general, para los accionistas (actuales y potenciales), para el banco, para el Estado, para los clientes, proveedores y competidores, porque indica la posición alcanzada por la empresa en el mercado, la tendencia de su desarrollo (si sólo sobrevive, o está en rápido crecimiento, si gana o pierde terreno frente a la competencia) y por tanto se puede concluir si las políticas y decisiones tomadas son las adecuadas conforme a los resultados esperados. Esto resulta válido tanto para una organización o para una parte de ella.

MOA TE BRINDA TODO UN TESORO DE RIQUEZAS