

EMPLEO DE LAS ARCILLAS FERRO-CAOLINÍTICA-GIBBSÍTICAS DE LA REGIÓN DE MOA EN LOS TALLERES DE FUNDICIÓN

Ing. José Alberto Pons Herrera*
Ing. Carlos Alberto Leyva Rodríguez**

* Facultad de Metalurgia. ** Facultad de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico

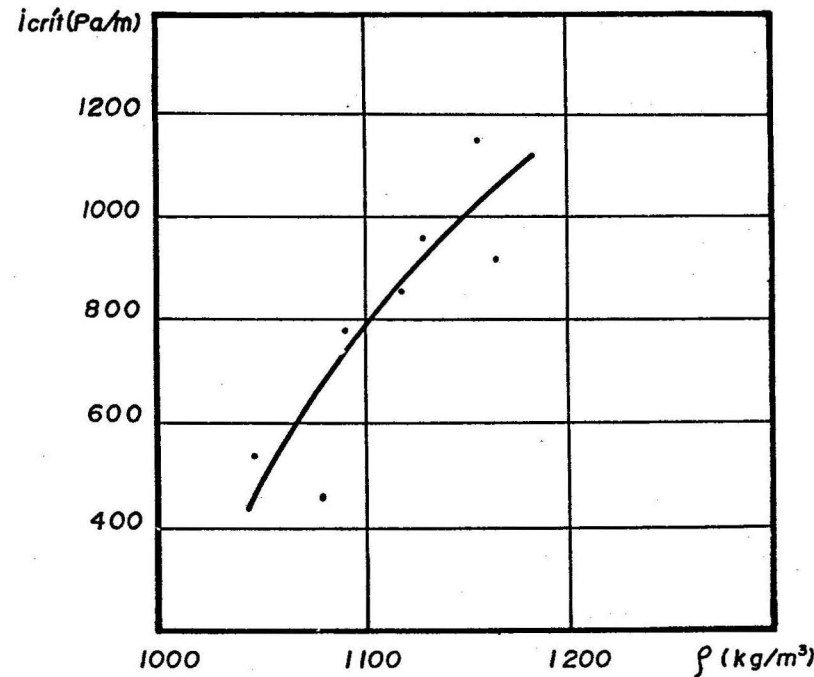


FIGURA 6. Pendiente crítica.

Para la determinación de las pérdidas de carga en el movimiento de hidromezclas, han sido propuestas múltiples formas de cálculo por diferentes autores. De manera general las pérdidas en el desplazamiento de las hidromezclas se pueden expresar como:

$$i_m = i_o \rho_m / \rho_o + \Delta_i$$

donde:

- i_o : pérdidas específicas de carga para el agua;
- ρ_m : densidad de la hidromezcla;
- ρ_o : densidad del agua;
- Δ_i : pérdidas de carga complementaria relacionada con el transporte de las partículas sólidas;
- i_m : pérdidas específicas de carga para la hidromezcla.

Los resultados obtenidos mediante esta expresión no se ajustan a los resultados experimentales, y por lo tanto no son confiables. Esto conllevó a la utilización de métodos estadísticos. Se empleó el análisis de regresión para determinar los coeficientes óptimos, obteniéndose de esta forma las siguientes ecuaciones:

Para el agua

$$i_o = 118,57 \cdot V^{1.806}$$

Para las diferentes hidromezclas

$i_m = 87,096 \cdot V^{2.098}$	para S = 10 %
$i_m = 158,12 \cdot V^{1.692}$	para S = 15 %
$i_m = 194,088 \cdot V^{1.559}$	para S = 20 %

$i_m = 214,28 \cdot V^{1.591}$	para S = 25 %
$i_m = 343,55 \cdot V^{1.332}$	para S = 30 %
$i_m = 435,51 \cdot V^{1.181}$	para S = 35 %
$i_m = 399,024 \cdot V^{1.227}$	para S = 40 %

donde:

S: porciento de concentración en peso de cada hidromezcla.

Las ecuaciones generales son:

$i_m = i_o + \Delta_i$	para S = 15-40 %
$i_m = i_o - \Delta_i$	para S = 10 %
$\Delta_i = 0,2349 \cdot V^{0.968}$	$\cdot S^{1.962}$

Para determinar estas ecuaciones se tuvo en cuenta el comportamiento físico de las curvas i_m vs V, ajustándolas a una función exponencial del tipo:

$$y = a \cdot x^b$$

BIBLIOGRAFÍA

- BIRD, R.B.; W.E. STEWARD y E.N. LIGHTFOOT: *Fenómenos de transporte*, Reverté, Barcelona, 1973.
- KOLAR, V.: "Flujo turbulento en líquidos con polímeros", *Ingeniería Hidráulica*, VIII (3): 165-172, 1987.
- PÉREZ BARRETO, R.: "Sobre algunos resultados de las investigaciones experimentales del transporte de sal común suspenda en flujos de salmueras saturadas", *Minería y Geología* (2): 143-171, 1983.
- STREETER, V.L.: "Mecánica de los fluidos", *Ciencia y Técnica*, Instituto del Libro, La Habana, 1978.

RESUMEN:

En los talleres de fundición se emplean con frecuencia las arcillas bentónicas, las mismas son usadas principalmente como aglutinante, sin embargo existen otros tipos de arcillas (refractarias) que también pueden ser utilizadas. En este trabajo se muestran los resultados obtenidos durante las pruebas industriales realizadas en la Empresa Mecánica del Níquel con una de las arcillas ferro-caolinítica-gibbsíticas de la región de Moa.

ABSTRACT:

Bentonitic clays are usually applied as cementing material on foundry. However some other refractory clays may be applied in casting shops. The analysis of one of gibbsite kaolinferrite clays, located in Moa, and its testing results on industry are given.

Las arcillas son rocas formadas por partículas muy finas (del orden de los micrones), cuyo componente fundamental es el silicato de aluminio hidratado, acompañado de algunas impurezas minerales como: calcita, feldespato, mica, óxido de hierro y cuarzo. Su coloración es muy variada y depende principalmente de la composición mineralógica.

Las arcillas en los talleres de fundición se emplean, fundamentalmente, para la elaboración de mezclas de moldeo aprovechando sus propiedades aglutinantes; este es el caso de las arcillas montmorilloníticas (bentonitas).

En Cuba, actualmente se explotan con fines de moldeo algunos yacimientos de arcillas, generalmente bentonitas cálcicas, las cuales son sometidas a un proceso de enriquecimiento con sodio con vistas a incrementar sus propiedades absorbentes. Sin embargo, las arcillas con propiedades refractarias no están completamente estudiadas, y su uso es aún insuficiente.

En la región de Moa se localizan importantes depósitos de minerales con excelentes propiedades, los cuales pueden ser empleados como material refractario, pigmentos y aislantes térmicos (Jerez y otros, 1995; Leyva y Pons, 1995; Pons y otros, 1995).

El desarrollo alcanzado en esta región en ramas tan importantes como la geología, la minería y la metalurgia, facilita los procesos de prospección, extracción, preparación, transportación y explotación de los variados recursos minerales con que cuenta el municipio y que, en su gran mayoría, no son aprovechados eficientemente.

Características generales de la materia prima empleada

Las arcillas ferro-caoliníticas-gibbsíticas se caracterizan por poseer una estructura laminar, formada por una capa de iones de aluminio (Al^{3+}) empaquetados entre capas similares de iones hidroxilos (OH^-), y donde cada ion de aluminio está asociado a uno hidroxilo.

Los tetraedros de silice y oxígeno conforman unidades estratificadas donde el Si^{4+} como ion central está coordinado tetraédricamente por iones O^{2-} estableciéndose, en general, una estructura laminar próxima a la estructura deformada de la brucita (Betejtin, 1977; Dana, 1977 -19 edición-).

El proceso de formación de las arcillas caoliníticas se produce bajo la influencia de H_2O y CO_2 , donde los álcalis con una parte de SiO_2 y tierras alcalinas en forma de carbonatos se desprenden, mientras que el cuarzo y los demás minerales químicamente estables, se quedan como inclusiones en la masa arcillosa de caolín.

El fenómeno de caolinización también se produce en los procesos hidrotermales de bajas temperaturas bajo el efecto de aguas ácidas que contienen principalmente CO_2 sobre los aluminosilicatos y silicatos de aluminio que no contienen álcalis.

Durante los procesos de meteorización en los países cálidos los hidratos de alúmina, incluyendo la gibbsita, suelen formarse fundamentalmente, con los hidratos de hierro.

La hidrargilita se observa en cantidades mucho mayores en las lateritas, integradas fundamentalmente por hidróxido de hierro III [Fe(OH)₃], algo de alúmina (Al₂O₃) y óxidos de silicio (SiO₂) productos de la meteorización. Las hidrargilitas, por su origen, pueden estar relacionadas con las cortezas de intemperismo bauxíticas o con cuerpos de gabros de diferentes dimensiones.

Las arcillas estudiadas por Luna y otros (1994) y Pons y otros (1995) poseen generalmente un color blanco, aunque a veces se presentan con matices grisáceos, verduzcos o rojizos. En determinaciones roengenoestructurales realizadas a muestras de estas arcillas por Orozco-Melgar y Rojas-Purón se determinaron como principales fases minerales la caolinita, la gibbsita y la goethita. Estas arcillas se encuentran relacionadas espacialmente con cuerpos de gabros, lo cual evidencia su origen a partir de la meteorización de estas rocas primarias y la posterior formación de depósitos ferroniquelíferos.

La materia prima objeto de nuestra investigación se encuentra localizada en dos manifestaciones fundamentales cercanas a la localidad de Moa (zona de Centeno). En ambos afloramientos se observa una variación en cuanto al color del material, desde tonalidades blancas hasta amarillentas y rojizas (Camacho y otros, 1993; Jerez y otros, 1995).

Selección y preparación de la materia prima

Las muestras de arcillas utilizadas se seleccionaron de los afloramientos existentes en la zona de Centeno, donde se localizan importantes reservas de este material. El muestreo para llevar a cabo la investigación fue realizado a través del método de cuarteo, lográndose una buena homogenización del material; posteriormente se realizó la preparación previa del mismo, que consistió en el secado y trituración hasta obtener la granulometría requerida (menor de 0,315 mm) para los trabajos de reverbería, principalmente en las cazuelas de vertido y en los hornos de arco eléctrico.

De los análisis químicos realizados a las muestras de arcillas estudiadas, se observa el alto contenido de sílice y alúmina, característico de los refractarios silicoaluminosos (Campos, 1980) como se puede observar en la Tabla 1.

TABLA 1. Composición química promedio (%) de las arcillas ferrocaoliniticas-gibbsíticas del yacimiento "Centeno"

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₂
M-1	35,65	29,50	10,25	0,55	2,0	---	0,18	0,28

Después de contar con la cantidad requerida de arcilla, se procedió a la preparación de las mezclas a emplear en el revestimiento de las cazuelas de vertido. Para ello se tomaron como referencia las diferentes recetas preparadas en los talleres de fundición, así como las que aparecen en la literatura especializada (Torres, 1971; Titov y Stepanov, 1981; Pons y otros, 1995). Las recetas empleadas se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2. Principales recetas empleadas para la elaboración de las mezclas de los revestimientos

Receta	Componentes	Proporciones	Otras adiciones	No. de coladas
1	Gibbsita	50 %	Agua y melaza	13
	Arena sílice	50 %		
2	Gibbsita	60 %	Agua y melaza	24
	Arena sílice	40 %		
3	Gibbsita	70 %	Agua y melaza	35
	Arena sílice	30 %		

Los diferentes componentes del revestimiento se mezclaron empleando una mezcladora de paletas, añadiéndose primeramente la arcilla y la arena sílice durante 3 minutos, y luego la melaza diluida en agua, hasta alcanzar la compactabilidad deseada.

Las mezclas preparadas se sometieron a diferentes ensayos con el objetivo de comprobar sus principales propiedades mecánicas (ver Tabla 3)

TABLA 3. Principales ensayos mecánicos realizados a las recetas empleadas en la elaboración de las mezclas

Recetas	Humedad (%)	Resistencia en seco (Kgf/cm ²)	Resistencia en verde (Kgf/cm ²)	Permeabilidad (unidades)
1	2,0 - 2,1	0,70 - 0,73	0,59 - 0,62	> 50
2	6,0 - 7,3	6,50 - 8,0	0,50 - 0,60	> 50
3	6,0 - 6,5	7,0 - 8,0	0,55 - 0,60	> 50

En la primera receta se empleó el material de forma natural, o sea, luego de la preparación inicial. Teniendo en cuenta las diferentes transformaciones que sufren estos materiales arcillosos durante su calentamiento (Torres, 1971; Blanco y Soto, 1987), la mezcla preparada empleando la receta no. 2 se sometió a un proceso de calcinación en un rango de temperaturas de 400 - 800 °C por espacio de tres horas.

RESULTADOS

Las cazuelas revestidas con las diferentes mezclas o masas refractarias preparadas, tuvieron una duración mayor (ver Tabla 3) que las empleadas actualmente en los talleres de fundición de la Unión del Níquel, que oscila entre 3 y 5 coladas. Sin embargo, la cuidadosa y adecuada limpieza de las cazuelas después de las coladas, permitirían prolongar aún más la vida útil de las mismas.

La observación de cada una de las coladas, a través de diferentes trabajos realizados con anterioridad (Salcines, 1985), permitieron comprobar las excelentes propiedades de las arcillas ferro-caoliniticas-gibbsíticas.

Los revestimientos preparados en las diferentes cazuelas soportaron temperaturas superiores a los 1 600 °C, vertiéndose en ellas variadas aleaciones de hierro, aceros y aleaciones no ferrosas. En cada caso pudo comprobarse la alta estabilidad térmica de este material, así como su resistencia al choque térmico y al peso del metal líquido, además de observarse poca adhesividad entre el metal líquido y el revestimiento.

La arcilla empleada posee una refractariedad de 1 690 °C, según el método del cono seger, lo que unido a otras propiedades, garantizan su utilización en los talleres de fundición de la Unión del Níquel en Moa actualmente.

CONCLUSIONES

1. Los depósitos de arcillas ferro-caoliniticas-gibbsíticas estudiadas, tuvieron su origen en la meteorización de cuerpos de gabros, los cuales forman parte del complejo ofiolítico presente en la región.
2. Estas arcillas poseen buenas propiedades refractarias que permiten su utilización como material principal en la preparación de masas y cementos refractarios.
3. Los ensayos mecánicos realizados a las mezclas preparadas reflejan la calidad del material, así como su gran durabilidad.
4. El empleo de esta materia prima asegura a los talleres de fundición de la región un significativo ahorro de recursos, debido a las facilidades de extracción, preparación y transportación de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

- BLANCO, T.R. y G.L. SOTO: *Materiales de construcción*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1987.
- CAPELLO, E.: *Tecnología de la fundición*, Ed. Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1974.
- CAMPOS, D.: "Materiales refractarios. Generalidades y aplicación", Revista *Metalúrgica*, vol.16, no.2, Madrid, España, 1980.
- BETEJIN, A.: *Curso de mineralogía*, Ed. Mir, Moscú, 1977.
- CAMACHO, S.J.; M.J. ORTIZ; C. LEYVA y J. PONS: *Características geologo-tecnológicas de materias primas refractarias en la región de Moa, para su utilización en el taller de fundición de la E.M.Ni*. Informe técnico, ISMM, Moa, Cuba, 1993.
- DANA, M.: *Manual de mineralogía*, 19na. edición, 1977.
- JEREZ, O.G.; C. LEYVA y J. PONS: *Estudio geologo-tecnológico de las cortezas caoliniticas*, Informe técnico, ISMM, Moa, Cuba, 1995.
- KNIZEK, I.: *La relevancia de análisis químico para el rendimiento de refractarios*, Boletín no.2, Informe técnico, 1980.
- LEYVA, R.C. y J. PONS: "Posibilidades de utilización de materias primas minerales de la región de Moa, como materiales refractarios y aislantes térmicos en las industrias del níquel", Revista *Minería y Geología*, vol.3, no.3, 1995.
- LUNA, Y.R.; J. PONS y E. MACHADO: *Posible utilización de las materias primas nacionales como material refractario en los procesos de fundición*, Informe técnico, ISMM, Moa, Cuba, 1994.

CÁLCULO AUTOMATIZADO DE DERIVADAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS INGENIERILES

Lic. Arístides A. Legrá Lobaina
Lic. Dulce M. Atanes Beatón*

— Departamento de Matemáticas. Instituto Superior Minero Metalúrgico. * Universidad de Oriente, Santiago de Cuba —

RESUMEN:

Se presenta un algoritmo que permite automatizar el cálculo de la expresión analítica de la derivada de una función dada analíticamente. La programación de este algoritmo se desarrolló en el ISMM en lenguaje Turbo Pascal (cualquier versión), y permite simplificar notablemente los cálculos que lleva implícito la evaluación de derivadas al resolver problemas de geología, minería y metalurgia.

ABSTRACT:

An algorithm which permits the automatization of the calculus of the analytical expression of a derived function analytically is presented. This algorithm programming was developed at ISMM, in Moa, in Turbo Pascal language (any version) and has permitted notably the simplification of various calculus which have implicit the derived evaluations to solve the problems of geology, metallurgy and mining specialities.

CURSOS DE MAESTRÍA

Instituto Superior Minero Metalúrgico

- GEOLOGÍA
- GEOMECÁNICA
- CONSTRUCCIÓN SUBTERRÁNEA
- VOLADURAS
- PROTECCIÓN AMBIENTAL Y EXPLOTACIÓN DE LOS GEO-RECURSOS
- METALURGIA EXTRACTIVA

Requisitos generales de ingreso

1. Ser graduado de nivel superior.
2. Dominar, al menos, 1 idioma extranjero (preferentemente Inglés).
3. Tener dominio de las técnicas de Computación.
4. Estar vinculado con la actividad según la Maestría a desarrollar.

Modalidades

- A tiempo completo
- A tiempo compartido
- Tutorial (a distancia)

Duración

- 1,5 años para la modalidad a tiempo completo.
- 2 años para las modalidades a tiempo compartido y tutorial.

Estructura

En cada Maestría se contemplan asignaturas obligatorias y electivas, así como la realización de una tesis.

Muchos métodos que resuelven problemas ingenieriles llevan implícito el cálculo de derivadas de funciones reales de variable real. En la esfera geólogo-minera podemos mencionar los estudios gravitatorios, sísmicos, geoeléctricos, magnéticos, longitudes, áreas, volúmenes, parámetros de explosiones y transportación entre otros.

Cuando decidimos desarrollar programas para computadoras que automaticen los cálculos, nos encontramos para la determinación de las derivadas con tres opciones:

1. Cada vez que se necesite una derivada el programa la solicitará y el usuario deberá tener la suficiente preparación matemática como para calcularla y pasarla al programa, esto es una desventaja pues exige usuarios con mayor especialización matemática y mayor volumen de trabajo.

2. Utilizar un método numérico aproximado para el cálculo de las derivadas, lo cual tiene la desventaja de que no podemos disponer de las expresiones analíticas y los niveles de precisión en los cálculos, en ocasiones, no satisfacen nuestras necesidades.

3. Lograr que el programa determine la expresión analítica de la función derivada y luego pueda evaluarla. Esto es lo óptimo si contamos con el algoritmo adecuado y logramos completarlo en el lenguaje de programación que usamos.

Este último constituye un problema realmente complejo para los que programan en lenguajes como Pascal, C, BASIC. El objetivo de este trabajo es mostrar un algoritmo para determinar la expresión de la derivada de una función dada como una cadena de caracteres en lenguaje Pascal.

Sea f una expresión analítica de una función, expresada como una cadena de caracteres (por ejemplo pudiera ser $f = \text{'Sin}(x^2+5)$) y sea v la variable independiente respecto a la cual se derivará, expresada de la misma forma.

El primer paso será analizar si f es una expresión entre paréntesis y si es así eliminarlos (por ejemplo, $f = ((x+\ln(x)))'$ se escribiría $f = x+\ln(x)$).

En segundo lugar, si su primer carácter es '+' ó '-' deberemos escribirlo nuevamente, eliminando el carácter '+' en el primer caso y como $f = 0'+f$ en el segundo caso por ejemplo $f = -x'$ se escribe $f = 0-x'$.

En la continuación analizamos si $f = v$ y en ese caso la derivada $d = 1'$ y termina el cálculo; en caso contrario buscamos la operación de "menor preferencia" en f . La operación de menor preferencia es aquella que realizamos en último lugar cuando evaluamos la expresión para un valor. En este paso está el núcleo del algoritmo, por lo que lo explicaremos con mayor detalle a continuación.

Analizamos primeramente si la operación buscada es suma o resta, si no es así determinamos si es producto o cociente, posteriormente, si no corresponde a ninguna de estas 2 operaciones anteriores valoramos si es potencia y si no lo es estaremos en presencia de una función de la forma $g(\text{argumento})$ no constante o una constante respecto a v .

Para realizar la búsqueda de la operación debemos hallar en f el carácter correspondiente (por ejemplo '+' para la suma) y si lo encontramos, separamos las subexpresiones f_a y f_p como las partes anteriores y posteriores al carácter, luego contamos los paréntesis de f_a de manera que si empezamos la cuenta en 0, para cada '(' sumamos una