

COMPOSICIÓN SUSTANCIAL Y PERSPECTIVAS DE LAS ULTRABASITAS DE CUBA PARA LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES REFRACTARIOS

Dr. Carlos A. Leyva Rodríguez. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Las Coloradas, Moa, Holguín, CP: 83329. Telef.: 6-7876, E-mail: cleyva@ismm.edu.cu

Dr. Leonid V. Kulachkov. Universidad Técnica de Sant Petersburg, Rusia.

Dr. José A. Pons Herrera. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Las Coloradas, Moa, Holguín, CP: 83329. Telef.: 6-6678, E mail: jpons@ismm.edu.cu

Ms C Andrés Salazar Moreno. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Las Coloradas, Moa, Holguín, CP: 83329. Telef.: 6-6678, E mail: asalazar@ismm.edu.cu

Ing. Oscar Morales Mina. Datalog Mudlogging Services, Quito, Ecuador, Telef.: 2667345, Email: oscarm@datalogtechnology.com

RESUMEN

Cuba esta entre los países que mayor volumen de rocas ultramáficas posee, las mismas se localizan principalmente en el llamado cinturón septentrional y dentro de este adquiere un relevante papel la llamada faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Iturralde-Vinent, 1996). Estas litologías tienen una gran perspectiva para ser empleadas en la industria nacional de materiales refractarios, la cual consume grandes cantidades de estos productos, importándose la mayor parte de los mismos.

Se ha logrado establecer la caracterización físico – química y física de los materiales ultrabásicos provenientes de la explotación de los yacimientos cromíticos de la región de Moa –Baracoa y sus perspectivas de utilización, específicamente para la producción de mezclas de moldeo y pinturas antiadherentes para su uso en los talleres de fundición del país. El empleo de estas materias primas permitirá un mejor balance económico para las industrias extractivas, y a la vez contribuirá a disminuir el impacto al ecosistema por la acumulación de estos productos en diferentes etapas de la actividad minera. Por otra parte se establecen las perspectivas para las investigaciones en el campo de obtención de productos refractarios conformados, lo cual sin lugar a dudas representa una mayor área de oportunidad para Cuba.

Se ha realizado la caracterización del procesamiento mecánico de esta materia prima así como el desarrollo de formulaciones para la preparación de mezclas de moldeo y pinturas refractarias contra las costras de penetración. La continuación de estas investigaciones y sus perspectivas de aplicación inmediata podrán llevar a Cuba a pasar a ser un productor importante de materiales refractarios forteríticos y sus combinaciones, al menos a escala regional.

DESARROLLO

Se emplearon para las investigaciones desarrolladas las siguientes técnicas analíticas:

Estudios ópticos: En láminas delgadas y secciones pulidas, mediante microscopía óptica de luz transmitida y reflejada.

Análisis químicos. Los análisis químicos permitieron obtener un criterio general sobre la composición de los diferentes tipos de dunitas serpentinizadas estudiadas.

Análisis de microsonda electrónica de barrido: Se utilizó fundamentalmente para el análisis químico cuantitativo de los minerales de olivino presentes en las dunitas de las zonas de Merceditas y Amores.

Análisis térmico: Se emplearon las siguientes técnicas: Termogravimetría (TG) y Análisis Térmico Diferencial (A.T.D). Estas técnicas en conjunto, posibilitaron caracterizar las dunitas serpentinizadas de las zonas de “Merceditas” y “Amores” y realizar estudios acerca de la cinética y los mecanismos de las transformaciones que experimenta esta materia prima, durante su calentamiento.

Análisis mineralógico por difracción de rayos -X: Permitió identificar las fases minerales presentes en las dunitas serpentinizadas naturales, así como las transformaciones de fases existentes en este material luego de su calentamiento a diferentes valores de temperatura.

Estudios Cinéticos. Se emplearon las técnicas analíticas, A.T.D y A.T.G y se realizaron estos estudios, con el objetivo de obtener los modelos cinéticos, que permiten cuantificar el comportamiento térmico de esta materia prima al ser utilizada como material refractario.

Las investigaciones realizadas permitió establecer como las variedades más representativas de las litologías estudiadas a las siguientes: dunitas serpentinizadas, harzburgitas serpentinizadas y en menor proporción serpentinitas. Entre los minerales identificados se destaca la presencia de relictos, alterados y corroídos de olivino y piroxeno ortorrómbico (enstatita), los minerales productos del proceso de serpentización con predominio de la antigorita y en menor cuantía crisotilo y lizardita; como minerales accesorios (menos de un 3 %) magnetita, cromoespínelas, clorita, talco, carbonato y trazas de sulfuros de níquel.

La principal característica petrológica de las dunitas es su elevado grado de serpentización, el cual es generalmente superior al que existe en las harzburgitas. Esto provoca que en muchas ocasiones sea muy difícil identificar adecuadamente la textura y composición modal primaria de estas rocas, Proenza, F., 1997; Pons, H., 1998, 1999. La composición química promedio (24 determinaciones) de las dunitas serpentinizadas presentes en las zonas de Merceditas y Amores se presentan en la tabla No. I.

Tabla I. Datos de composición química promedio de las dunitas serpentinizadas de la región de Moa, sectores Merceditas y Amores.

Compuestos / sectores	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	Cr ₂ O ₃	P.P.I.	Relación : MgO/SiO ₂
Sector Merceditas	38,86	0,81	4,32	3,60	40,50	0,35	12,30	1,04
Sector Amores	36,51	0,85	5,27	2,67	39,46	0,37	14,40	1,08

Los análisis de microsonda electrónica efectuados a cristales de olivino presentes en las dunitas (ver tabla No. II), permitieron establecer para este tipo de mineral la siguiente fórmula cristaloquímica general: (Mg_{1,91} Fe_{0,11} Ni_{0,001}) SiO₄; con valores de forsterita (Fo) y fayalita (Fa) entre: Fo = 91,62 - 92,48 % y Fa = 8,37 - 5,31 %, respectivamente, Pons H., 1998, 1999.

Tabla II. Resultados promedio de los análisis de microsonda electrónica realizados a cristales de olivino presentes en las dunitas serpentinizadas de la región de Moa, zonas Merceditas y Amores.

Comp. (%)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Total
Mercedita	40,89	0,001	0,020	0,015	53,19	0,000	0,097	5,357	0,430	100
Amores	41,65	0,015	0,023	0,013	52,84	0,009	0,055	4,945	0,478	100

En los registros gráficos de los ensayos térmicos, se destaca el comportamiento uniforme de las dunitas serpentinizadas de ambas zonas, con pequeñas diferencias en las temperaturas a las cuales se producen los efectos endotérmicos y exotérmicos, así como en las variaciones de masa que experimentan estos materiales durante su calentamiento, los cuales se muestran en la tabla No III.

Tabla III. Pérdida de masa en las diferentes etapas del proceso de descomposición térmica de las dunitas serpentinizadas de la región de Moa.

Muestras	ΔT (°C)	Pérdida de masa		Fases principales
		mg	%	
	25 - 220	8, 24	2, 16	An.
	220 - 550	9, 8	2, 58	An.

Merceditas	550 - 760	19,4	5,10	An. y Fo.
	760 - 900	2,8	0,74	Fo.
Total		40,24	10,6	An. y Fo.
Amores	25 - 235	18,2	3,71	An.
	235 - 570	21,8	4,44	An.
	570 - 760	27,04	5,51	An. y Fo.
	760 - 900	2,16	0,44	Fo.
Total		69,2	14,1	An. y Fo.

An: Antigorita.

Fo: Forsterita.

A partir de las curvas T.G y A.T.D, se tomaron los valores del grado de transformación (α) a cada temperatura, para los efectos endotérmicos (550 - 760 °C) y exotérmico (760 - 850 °C), lo que permitió procesar no menos de 20 pares de valores para cada uno de ellos. El cuadro general de la descomposición térmica de las dunitas puede resumirse en tres etapas fundamentales:

1. La pérdida del agua de hidratación.
2. La pérdida del agua de constitución.
3. Transformación de la fase antigorita en forsterita.

A partir de los resultados del estudio del comportamiento térmico de las dunitas serpentinizadas. Pons, y Puentes, 1997; Pons, H., 1999, ha quedado establecido el mecanismo, que explica las principales transformaciones físico- químicas que experimentan estos materiales refractarios durante el incremento de la temperatura, como consecuencia del vertido del metal líquido en el molde. Hasta la temperatura de aproximadamente 235 °C, ocurre la eliminación de la humedad higroscópica que acompaña al material, donde se mantiene como fase principal la antigorita. Entre 200 – 700 °C se verifica un largo proceso de eliminación del agua estructural presente en este material donde se destacan como fase principal la antigorita y como fase secundaria la forsterita, cuya presencia está asociada en lo fundamental, a la descomposición térmica del olivino. Esencialmente en el intervalo de temperatura entre 700 – 850 °C ocurren dos procesos fundamentales: el desprendimiento de los grupos oxidrilos con un máximo, aproximadamente, entre 670 y 700 °C y la reorganización estructural del olivino, que se verifica entre 800 y 850 °C, con un pico agudo alrededor de 830 °C. A partir de los 750 °C la fase principal presente en el material es la forsterita

En el intervalo de temperatura comprendido entre, 900- 1200 °C se mantiene estable la forsterita como fase principal, Pons, H., 1999, mientras que a 1200 °C, se verifica, según los análisis de difracción de rayos X, la presencia de la periclasa (MgO) como fase secundaria, acompañando a la forsterita. En el rango de temperatura entre, 1200 – 1600 °C, se mantiene la reacción anterior, la cual se ve favorecida por la estabilidad de las fases forsterita y periclasa. Los estudios realizados por: Sahama, T., 1955; Muan, A. y otros, 1966; Nafzinger, R. y otros, 1967, 1970; Roy, D., y otros, 1970; Robie, R., y otros, 1988; Helgeson, H., y otros, 1990, empleando diferentes muestras de olivino sintético y natural, confirman este comportamiento.

Como resultado de los análisis termodinámicos y roentgenofásicos se obtiene como principal regularidad, que como consecuencia del calentamiento de los productos refractarios obtenidos a partir de las dunitas, en el rango de temperatura entre 1200 y 1600 °C, al ponerse en contacto el metal líquido en el molde, se produce la estabilización de las fases forsterita y periclasa.

Empleo de las dunitas serpentinizadas como pinturas antiadherentes.

Teniendo en cuenta las diferentes recetas de pinturas reflejadas en la literatura (Enríquez, F.G, 1986; Enríquez, F.G. 1990; Salcines, C.M. 1985), así como tomando en consideración la experiencia acumulada en nuestros talleres en el empleo de estos productos, se elaboraron las pinturas autosecantes a base de dunita como componente principal o relleno. Las pinturas obtenidas con una densidad que oscila entre 1,8 - 2,0 g/cm³ poseen gran poder de fijación, elevada estabilidad térmica, buena viscosidad y fluidez, así como no sufren agrietamientos durante el secado de los moldes y machos. Las mismas fueron empleadas en la fundición de más de 40 piezas de aleaciones de hierro,

aceros aleados y al carbono, aluminio, y aceros al manganeso, observándose en todos los casos que las superficies de las piezas no contenían incrustaciones y se observaron escasos defectos superficiales.

Empleo de las dunitas en la elaboración de mezclas de moldeo.

Para la preparación de las mezclas de moldeo (de cara y de relleno) se utilizó la fracción +0,2 - 0,63 mm, con la cual se confeccionó la receta siguiente: Dunita 90 %, Bentonita 6 %, Melaza 4 %. Los ensayos mecánicos realizados a la mezcla de cara obtenida, mostraron sus buenas propiedades.

Con estas mezclas se moldearon diferentes tipos de piezas, fundidas posteriormente con aleaciones de hierro, aceros y aluminio. Las piezas obtenidas presentaban buen acabado superficial con contornos correctos y bajos porcentajes de incrustaciones. Durante el proceso de moldeo se pudieron comprobar otras propiedades de la mezcla empleada como fueron: homogeneidad, plasticidad, compactabilidad y moldeabilidad. Las mezclas desmoldeadas fueron preparadas para su utilización como arena de relleno, teniendo en cuenta la pérdida de humedad y cierta dilatación del material durante su empleo. Las mezclas de relleno preparadas con dunitas fueron sometidas a ensayos mecánicos, cuyos resultados demuestran que sus propiedades están dentro de las exigidas en los talleres de fundición, tanto para piezas de hierro, como para piezas acero.

Empleo de la dunita en la elaboración de mezclas para machos.

Las mezclas para machos se prepararon a base de dunita serpentizada como material principal, mezclándose con melaza o con silicato de sodio; teniendo en cuenta las recetas recogidas en las literaturas consultadas (Enríquez, F.G, 1986; Enríquez, F.G. 1990; Salcines, C.M. 1985) así como las experiencias acumuladas en los talleres de fundición de la Unión del Níquel de Cuba. Las principales propiedades mecánicas de las mezclas obtenidas a base de dunita y melaza se comportan acorde con los requisitos exigidos, como son: humedad: 4-5 %; permeabilidad: mayor de 30 unidades y resistencia a la compresión en verde: mayor de 0,10 Kgf/cm². Durante las pruebas realizadas con los machos preparados a base de melaza se pudo comprobar su gran desmoldeabilidad, propiedad muy importante para este tipo de producto.

CONCLUSIONES

1. Cuba posee grandes perspectivas para la producción de materiales refractarios básicos, especialmente vinculadas a las materias primas procedentes de las ultrabasitas de los complejos ofiolíticos, lo cual permite pronosticar a mediano plazo una posición destacada a escala regional. Entre estos productos, presentan mayores potencialidades de desarrollo aquellos a base de forsterita, magnesita y cromita (a partir de dunitas, serpentinitas, magnesitas, cromitas y rocas talcosas).
2. Como resultado de la caracterización física, físico – química y fásica, se comprobó que las dunitas de la región de Moa, zonas Merceditas y Amores, están serpentinizadas, con predominio de la fase antigorita, y donde el olivino primario que acompaña a estas rocas, presentan valores de forsterita (Fo) y fayalita (Fa), que oscilan entre: Fo = 91,62 - 94,68 %; Fa = 5,31 - 8,37 %, para el caso de Merceditas, y entre Fo = 91,16 – 91,82 % y Fa = 8,32 – 8,96 % para Amores; destacándose además la ausencia casi total de piroxenos (menor de 1 %). Las principales transformaciones de fases que experimentan las dunitas serpentinizadas, durante el calentamiento, se expresan en que, a partir de los 750 °C, ocurre la transformación de la antigorita en la fase forsterita. Posteriormente a partir de los 1200 °C se mantiene estable la fase forsterita y aparece como fase secundaria la periclase (MgO).
3. Las pinturas antiadherentes preparadas a partir de las dunitas serpentinizadas de fracción menor de 0,2 mm, presentan propiedades satisfactorias y pueden ser aplicadas a los moldes y machos, obteniéndose piezas con buen acabado superficial, ellas pueden sustituir rellenos tradicionales como zirconio, cuarzo, magnesita y otros. Las dunitas serpentinizadas con granulometría entre - 0,63 + 0,2 mm puede ser empleada en la confección de las mezclas de moldeo (de cara y de relleno) y para machos (con melaza y con silicato de sodio) al poseer buenas propiedades

mecánicas y moldearse piezas que luego se obtienen con buen acabado superficial, a esto se añade la fácil desmoldeabilidad una vez fundidas las piezas.

4. El empleo de las arenas de dunitas serpentinizadas en los talleres de fundición contribuirá a mejorar la calidad de vida de los obreros y prolongar la vida útil de los equipos, en comparación con el uso de la arena sílice. Por otra parte el empleo de estas litologías disminuirá considerablemente el impacto negativo que provocan estos desechos al ser vertidos sobre las áreas minadas y sus zonas de influencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alemán T. I. 2002. Caracterización genética de los depósitos magnesiales de la provincia de Camaguey. Tesis de Maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa. Cuba.
2. Blanco, F., L. Ibáñez. 1998. Ensayos de reblandecimiento y fusión realizados a dunitas serpentinizadas de la región de Moa, Cuba. Informe Técnico. Universidad de Oviedo. España.
3. Enríquez, F.G. 1990. Mezclas de moldeo y pinturas antiadherentes. Edit. Científico-técnica. Ciudad Habana. Cuba.
4. Enríquez, F.G. 1986. Manual de fundidor. Edit. Científico-técnica. Ciudad Habana. Cuba.
5. Formoso, A. P., M. Sirgado, L. García, y otros. 1994. La dunita como agente de eliminación de alcalinos en el horno alto. Revista de Metalurgia. CENIM. Vol. 30. No.4. Madrid.
6. Helgeson, H.C., J.M. Delany y otros. 1990. Summary and critique of the thermodynamic properties of rock-forming minerals. American Journal Science. No. 278, pp: 1 - 22.
7. Iturralde-Vinent, M. 1994. Geología de las ofiolitas. En ofiolitas y arcos de islas volcánicas de Cuba. I. U. G. S. \UNESCO. International Geological Correlation Program. Proyecto 364. Ciudad de la Habana pp 83-120.
8. Leyva R.C., J. Pons. 1996. Materias primas minerales de la región de Moa como materiales refractarios y aislantes térmicos en la industria del níquel. Revista Minería y Geología. 13 (1). Pp 73 -75.
9. Metallurgiya, 1991. Ogneupornie izdeliya, materialy i sirio. Spravochnik. (en ruso).
10. Muan, A., E.F. Osborn. 1966. Phase equilibria at liquidus temperatures in the system MgO - FeO - Fe₂O₃ - SiO₂. Journal American Ceramic Society. No. 39. pp: 121-140.
11. Nafzinger, R.H., A. Muan. 1967. Equilibrium phase, composition and thermodynamic properties of olivine and pyroxenes in the system MgO - FeO - SiO₂. American Mineralogist. No. 52. pp: 1364 - 1385.
12. Pons, H.J., C.R. Leyva. 1997. Aplicación de las dunitas serpentinizadas en los talleres de fundición. Revista Minería y Geología. Moa. Vol. 14. No.1. Moa.
13. Pons, H.J., J.R. Puentes. 1997. Estudio del comportamiento térmico de las dunitas serpentinizadas de la región de Moa. Informe Técnico. I.S.M.M. Moa.
14. Pons, H.J. 2000. Obtención de productos refractarios para la fundición a partir de las dunitas serpentinizadas de la región de Moa, zonas Merceditas y Amores. Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas. Moa.
15. Pons, H.J., C.R. Leyva, A.C. Fiol. 1998. Características generales de las dunitas serpentinizadas de la región de Moa. (zona Merceditas). Revista Minería y Geología. No.2. Moa.
16. Pons, H.J., C.R. Leyva. 1999. Características generales de las dunitas serpentinizadas de la región de Moa. (zona Amores y Miraflores). Revista Minería y Geología. Moa.
17. Proenza, J.F. 1997. Mineralizaciones de cromita en la faja ofiolítica Mayarí - Baracoa (Cuba). Ejemplo del yacimiento Merceditas. Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias geológicas. Universidad de Barcelona. Barcelona.
18. Puchol, R.Q. 1999. Estudio termodinámico de las dunitas serpentinizadas de la región de Moa, zonas Merceditas y Amores. Informe Técnico. Universidad McGill, Montreal. Canadá.
19. Robie, R.A., B.S. Hemingway., J.R. Fisher. 1988. Thermodynamic properties of minerals and related substances at 298.15 K, and 1 bar (10⁵ pascal) pressure and at higher temperature. Bull. U.S. Geology Surv. No. 1452.
20. Salcines, C.M. 1985. Tecnología de fundición. Tomo I. Edit. Pueblo y Educación. Ciudad Habana. Cuba.