

DIFERENTES USOS DE LAS DUNITAS EN LA INDUSTRIA METALÚRGICA DE CUBA

(Dunite's Different Uses in the Metallurgic Industry in Cuba)

José Alberto Pons Herrera*, Carlos Alberto Leyva Rodríguez**

*Facultad de Metalurgia **Facultad de Geología Instituto Superior Minero – Metalúrgico, Moa, Holguín, Cuba
macaf_geo@yahoo.com

(Recibido febrero 26 de 2007 y aceptado septiembre 7 de 2007)

<p>Resumen: La dunita es una roca básica formada principalmente por silicatos magnésicos (dunitas serpentinizadas) y está distribuida en la región de Moa (Holguín, Cuba). En este trabajo se propone la utilización de las dunitas como pintura antiadherente y como arena de moldeo y para machos, teniendo en cuenta los resultados alcanzados en las diferentes pruebas realizadas a escala industrial en el taller de fundición de la Unión del Níquel en Moa.</p> <p>Esta investigación, realizada por primera vez en Cuba, pone de manifiesto que las dunitas son reservas de materiales comunes que son empleados tradicionalmente, pero que en un futuro pueden agotarse.</p>	<p>Abstract: The dunite is a basic rock formed mainly by magnesian silicates (dunites serpentinized) and it is distributed throughout the Moa region, Holguín, Cuba. The purpose is the dunites use as anti-adherent painting, moulding sand and for male moulds, taken into account the results reached in the different tests made at an industrial scale in the Union of Nickel in Moa's smelting factory.</p> <p>This investigation made for the first time in Cuba, shows that the dunites are common material reserves, which are used traditionally, but can be exhausted in the future.</p>
<p>Palabras clave: Dunitas, Fundición, Rocas ultrabásicas.</p>	<p>Key words: Dunites, Foundries, Basic Rocks.</p>

1. INTRODUCCIÓN

A pesar del desarrollo que ha alcanzado en los últimos años el empleo de los métodos especiales de fundición para la obtención de productos de calidad, el proceso de producción de piezas que más se aplica en Cuba sigue siendo el del empleo de los moldes de arena. En ello ha influido la experiencia acumulada por nuestros fundidores a lo largo de más de 50 años.

En la mayoría de los talleres de fundición del país se emplea la arena sílice como material principal en la elaboración de los moldes de arena. Sin embargo, en nuestro territorio existen otras materias primas con posibilidades de aplicación, con el consiguiente ahorro de recursos materiales y financieros.

1.1 Características de las dunitas

En los diferentes trabajos geológicos realizados (Adamovich, 1986; Knipper, 1974) se ha demostrado que las rocas ultrabásicas constituyen gran parte del macizo serpentinitico que cubre el extremo oriental de Cuba; con las rocas ultrabásicas se relacionan importantes yacimientos de cromitas metalúrgicas y refractarias. Los cuerpos cromíticos están asociados con las zonas de contacto entre los gabros y las peridotitas en las grandes intrusiones estratificadas.

Las dunitas son las rocas encajonantes dentro de los yacimientos cromíticos de Camagüey (Cuba) y en las grandes extensiones situadas en el macizo montañoso Moa-Baracoa. Todo este conjunto de rocas constituye un enorme manto tectónico (Leyva y Pons, 1996). Las dunitas son rocas de origen magmático y se encuentran en la llamada asociación ofiolítica, que representa la antigua corteza oceánica en el macizo Moa-Baracoa, formando parte del complejo ultramáfico serpentinitizado. En los trabajos de explotación son consideradas escombros o rechazos de la industria del cromo.

Estas rocas se caracterizan por una estructura reticular con la siguiente composición mineralógica: Olivino: 95-98%; Piroxenos: 3-5%; Espinelas cromíferas: 0,5-1%. En ocasiones se muestran con un aspecto externo algo diferente, destacándose por su color gris oscuro con tonalidades verdosas holocristalinas, textura masiva, granulometría media, bien agrietadas, y una densidad promedio de 2,79 g/cm³.

Las muestras de dunitas empleadas en esta investigación fueron tomadas del yacimiento de cromo "Merceditas", Moa (Holguín, Cuba), y se diferencian principalmente por su color verde oscuro y pardo-rojizo. Las peridotitas serpentinizadas van desde colores oscuros hasta grises claros fuertemente fracturados.

1.2 Características de las pinturas antiadherentes

Las pinturas antiadherentes protegen las superficies de las piezas contra las costras de fundición, aumentan la resistencia superficial, disminuyen el desmoldamiento de los moldes y machos y aseguran la obtención de piezas con buen acabado superficial (Formoso y otros, 1994). Para disminuir las costras de fundición se utilizan pinturas compuestas por sustancias aglutinantes y materiales refractarios. Las pinturas aplicadas a las superficies del molde o macho crean una capa resistente de material refractario que impide la penetración del metal entre los granos de la mezcla.

Para preparar el material por emplear se utilizan cuatro ingredientes fundamentales: el material refractario o relleno, caracterizado por un alto grado de dispersión; un aglutinante; un estabilizador, y un medio disolvente. Las características, propiedades y proporciones de estos ingredientes en las pinturas dependerán del tipo de metal, espesor y peso de la pieza fundida, así como del tipo de mezcla de moldeo empleada (Segura, 1973; Vladimirovich y Arioza, 1989).

Para piezas de hierro, en calidad de componente refractario, generalmente se utiliza grafito, carbón mineral, coque molido o cuarzo en polvo, siempre en dependencia de las dimensiones de la pieza. Mientras que en las piezas de acero la base de las pinturas lo constituye principalmente el polvo de cuarzo, de chamota, zirconita o magnesita.

1.3 Características de las mezclas de moldeo y para machos

La arena es el material básico para la conformación de las mezclas de moldeo utilizadas en la confección de los moldes y machos para los diversos tipos de aleaciones que usualmente se producen en los talleres de fundición. Las arenas más empleadas en los talleres de fundición del país son de alto contenido de cuarzo y de cromita, debido principalmente a sus buenas propiedades técnicas, además de ser materiales abundantes y baratos.

Sin embargo, son conocidas las características de las arenas de olivino y su uso en las mezclas de moldeo y para machos. La existencia de importantes reservas de este material en la zona de Moa brinda la posibilidad de utilizarlas en los talleres de fundición de esta región oriental.

Las mezclas en la obtención de piezas de calidad, tanto para moldes como para machos, deben tener propiedades tecnológicas que respondan a determinadas exigencias, entre las cuales se destacan: refractariedad, permeabilidad a los gases, resistencia a la compresión, plasticidad, higroscopicidad.

2. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

En este trabajo se evalúan las dunitas del yacimiento de cromo "Merceditas" como material de relleno en la elaboración de pinturas autosecantes y como arena en la preparación de mezclas de moldeo (de cara y de relleno) y para machos.

2.1 Selección y preparación de la materia prima

Las muestras seleccionadas fueron sometidas a análisis químicos cuyos resultados se muestran en la tabla 1.

Con el objetivo de que las muestras de dunitas presentaran la granulometría requerida para la elaboración de las pinturas y las mezclas, se realizó un proceso de preparación mecánica que incluyó la clasificación de las diferentes clases de tamaño. Los resultados de los análisis granulométricos realizados luego de la preparación mecánica muestran que alrededor del 50% del material se obtiene en la fracción + 0,2 - 0,63 mm, empleada en la preparación de las mezclas; mientras que de la fracción menor de 0,2 mm, usada en la confección de las pinturas, se obtiene el 40%. El producto mayor de 0,63 mm representa el 6%, aproximadamente, y es recirculado al proceso de preparación mecánica (ver tabla 2).

2.2 Empleo de las dunitas en las pinturas antiadherentes

Teniendo en cuenta las diferentes recetas de pinturas reflejadas en la literatura (Enríquez, 1990; Formoso y otros, 1994; Salcines, 1985; Segura, 1973), así como tomando en consideración la experiencia acumulada en nuestros talleres en el empleo de estos productos, se elaboraron pinturas antiadherentes a base de dunitas como componente principal o relleno.

Las pinturas obtenidas con una densidad que oscila entre 1,8 y 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.

2.3 Empleo de las dunitas en las 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 de dunitas, con la cual se confeccionó la receta que se muestra en la tabla 3, obteniéndose los mejores resultados, según el trabajo de Pons y otros (1995).

Tabla 1. Resultado promedio de los análisis químicos (%) realizados a las muestras de dunitas del yacimiento de cromo "Merceditas", Moa, Holguín, Cuba.

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	P.P.I.
M-1	37,4	1,21	0,025	0,47	41,7	2,65	4,68	0,09	0,05	0,05	0,31	12,5

Tabla 2. Resultados del análisis granulométrico realizado luego de la preparación mecánica.

N.º de Tamices	Mm	Por ciento retenido (%)
1	2,5	0,10
2	1,6	0,60
3	1,0	6,60
4	0,63	20,0
5	0,40	21,2
6	0,315	9,7
7	0,20	12,1
8	0,16	4,9
9	0,10	10,4
10	0,05	4,1
Plato	—	8,5
Total	—	98,20
Pérdidas		1,8

Tabla 3. Fórmula utilizada para la preparación de las mezclas de moldeo (de cara y de relleno) a base de dunitas.

Componentes	Proporciones (%)
Dunita	90
Bentonita	6
Melaza	4

Con esta fórmula inicialmente se fueron probando las siguientes fracciones granulométricas: - 0,63 + 0,4 mm; - 0,40 + 0,315 mm y - 0,315 + 0,2 mm, no observándose diferencias significativas entre sus propiedades mecánicas. Por lo que se unieron estas fracciones para lograr una mayor distribución granulométrica y homogeneidad de la arena (en este caso las dunitas); logrando con ello un aumento de las propiedades de las mezclas.

PASOS:

1.er paso: se mezclaron las dunitas con bentonita en una mezcladora de paletas durante 2-3 minutos.

2.do paso: se fueron añadiendo pequeñas proporciones de melaza, manteniendo la agitación durante 5-8 minutos, hasta alcanzar la homogeneidad requerida en la mezcla.

3.er paso: realización de ensayos mecánicos. Los ensayos mecánicos realizados a las mezclas obtenidas muestran sus excelentes propiedades, dentro de los rangos permisibles, como se puede apreciar en la tabla 4.

4.to paso: moldeo de piezas. Con estas mezclas se moldearon diferentes tipos de piezas, que fueron fundidas posteriormente con aleaciones de hierro, aceros y aluminio. Las piezas obtenidas presentaban buen acabado superficial con contornos correctos y bajos por cientos de incrustaciones.

Tabla 4. Resultados de los ensayos mecánicos realizados a las mezclas obtenidas.

Mezcla	Muestra	Permeabilidad (U)	Humedad (%)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
1	1	440	5,3	0,45
	2	467	5,1	0,50
	3	492	4,9	0,47
2	1	467	4,7	0,53
	2	440	5,0	0,42
	3	460	4,3	0,45
3	1	440	4,5	0,43
	2	467	4,7	0,55
	3	467	4,6	0,50

Durante el proceso de moldeo se pudieron comprobar otras propiedades de las mezclas empleadas, como fueron: excelente 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 las piezas de hierro (ver tabla 5) como para las piezas acero (ver tabla 6).

Tabla 5. Resultados de los ensayos mecánicos realizados a las mezclas de relleno preparadas con dunita para piezas de hierro.

Componentes	Proporciones (%)
Dunita	95
Vidrio líquido	5

Los valores exigidos a las mezclas de relleno en los talleres de fundición son:

Humedad: 4-6%

Permeabilidad: mayor de 70 unidades

Resistencia a la compresión en verde: mayor de 0,5 kgf/cm².

Tabla 6. Resultados de los ensayos mecánicos realizados a las mezclas de relleno preparadas con dunita para piezas de acero.

Mezcla	Muestra	Permeabilidad (U)	Humedad (%)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
1	1	467	4,3	0,42
	2	492	4,5	0,46
	3	467	4,6	0,44
2	1	525	4,2	0,50
	2	467	4,1	0,47
	3	467	4,6	0,43
3	1	492	4,8	0,44
	2	525	4,2	0,46
	3	467	4,3	0,45

Tabla 8. Principales propiedades mecánicas de las mezclas para machos a base de melaza y dunitas.

Mezcla	Muestra	Permeabilidad (U)	Humedad (%)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²) Verde Seco
1	1	126	3,1	0,15 50
	2	126	3,4	0,20 55
	3	128	3,2	0,11 60
2	1	122	2,9	0,12 70
	2	128	2,8	0,14 55
	3	126	3,2	0,10 56
3	1	128	3,3	0,30 60
	2	126	3,4	0,15 75
	3	128	3,0	0,20 63

2.4 Empleo de las dunitas en la elaboración machos

Las mezclas para machos se prepararon a base de dunitas como material principal, mezclándose con melaza o con silicato de sodio (Na₂SiO₄), teniendo en cuenta las recetas consultadas en la literatura (Enríquez, 1990; Formoso y otros, 1994; Segura, 1973; Torres, 1971), así como las experiencias acumuladas en los talleres de fundición de la Empresa Mecánica de la Unión del Níquel en Moa (Holguín, Cuba).

Las proporciones utilizadas se muestran en la tabla 7. Esta mezcla se obtuvo mezclando ambos materiales durante 5-8 minutos hasta obtener una masa lo suficientemente homogénea. Esta receta fue tomada como resultado de los trabajos de Pons H. J. y otros (Knipper, Cabrera, 1974; Pons, Leyva, Nuñez, 1995; Salcines, 1985).

Tabla 7. Proporciones utilizadas para la elaboración de las mezclas para machos a base de melaza.

Componentes	Proporciones (%)
Dunita	90
Melaza	10

Las principales propiedades mecánicas de las mezclas obtenidas a base de dunitas y melaza aparecen en la tabla 8; estas se comportan acorde con los requisitos exigidos para este tipo de material, 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.

Las mezclas para machos a base de dunitas y silicato de sodio (ver tabla 9) fueron preparadas siguiendo la misma metodología empleada con los machos a base de dunitas y melaza.

Tabla 9. Proporciones utilizadas para la elaboración de las mezclas para machos a base de dunitas y vidrio líquido.

Mezcla	Muestra	Permeabilidad (U)	Humedad (%)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
1	1	492	4,6	0,48
	2	467	4,3	0,46
	3	467	4,7	0,43
2	1	490	4,7	0,47
	2	492	4,5	0,50
	3	467	4,6	0,53
3	1	525	4,4	0,45
	2	525	4,8	0,52
	3	497	4,3	0,46

Los ensayos mecánicos realizados a estas mezclas aparecen en la tabla 10 y nos confirman sus excelentes propiedades, todas dentro de los valores permitidos para este tipo de macho, como son humedad: 2,5-3,5%; permeabilidad: mayor de 90 unidades; resistencia a la compresión en verde: mayor de 0,10 kgf/cm² y en seco mayor de 0,50 kgf/cm².

Tabla 10. Principales ensayos mecánicos realizados a las mezclas para machos a base de melaza y vidrio líquido.

Mezcla	Muestra	Permeabilidad (U)	Humedad (%)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
1	1	264	4,7	0,15
	2	253	4,6	0,12
	3	243	4,3	0,14
2	1	254	4,5	0,13
	2	243	4,6	0,16
	3	267	4,5	0,15
3	1	243	4,6	0,16
	2	264	4,5	0,15
	3	235	4,4	0,12

3. DISCUSIÓN

En las dunitas predominan los minerales del grupo olivino, los cuales, después de la deshidratación (600-800 °C), tienden a recrystalizar principalmente como forsterita (Mg_2SiO_4), de una refractariedad superior a los 1800 °C.

Las dunitas mantienen su consistencia sólida por tener elevadas temperaturas de reblandecimiento y fusión, superiores a 1480 °C y 1550 °C, respectivamente.

El variado uso de las dunitas permite alcanzar una gran flexibilidad en el proceso de preparación mecánica, pudiéndose obtener las cantidades necesarias de las fracciones granulométricas óptimas para la elaboración de las pinturas antiadherentes y las mezclas de moldeo y para machos. Además, el por ciento de rechazo obtenido en este proceso representa entre 6 y 7% del material inicial, el cual es recuperado y utilizado nuevamente en la preparación de ambos productos.

Los resultados alcanzados con el empleo de las pinturas a base de dunitas en diferentes aleaciones confirman sus excelentes propiedades y la posibilidad de emplearlas en sustitución de rellenos tradicionales como: zirconio, cuarzo, magnesita y otros.

El empleo de este material como componente principal de las mezclas de moldeo permitió evaluar su comportamiento ante diferentes tipos de aleaciones, obteniéndose en todos los casos piezas con elevada calidad.

Por otra parte, las mezclas para machos, tanto con melaza como con silicato de sodio, fueron preparadas cumpliendo las exigencias mecánicas establecidas para estos casos, destacándose además la gran refractariedad de las mezclas y la fácil desmoldeabilidad de los machos una vez fundidas las piezas.

4. CONCLUSIONES

- La preparación mecánica de las dunitas puede realizarse con relativa facilidad, recuperándose más del 96% del material inicial.
- Las pinturas antiadherentes preparadas a partir de las dunitas de fracción menor de 0,2 mm presentan excelentes propiedades y pueden ser aplicadas a diferentes moldes y machos, obteniéndose piezas con buen acabado superficial.
- Las dunitas con granulometría entre $-0,63 + 0,2$ mm pueden ser empleadas 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.
- La variada aplicación que poseen las dunitas en los talleres de fundición, así como las reservas existentes en la región de

Moa (Holguín, Cuba), hacen de estas un material de grandes perspectivas para nuestro país.

5. REFERENCIAS

- Adamovich, A. y Chejovich, V. (1986). Principales características de la geología y minerales útiles de la región norte de la provincia de Oriente. Colección de artículos. I.C.G.M - I.S.M.M., Moa, Holguín, Cuba.
- Betejtin, A. (1970). Curso de mineralogía. Moscú: Edit. MIR.
- Capello, E. (1974). Tecnología de fundición. Barcelona, España: Edit. Gustavo Gili, S.A.
- Camacho, S. J., Ortiz, R. M. (1993). Caracterización geólogo-tecnológica de materias primas refractarias de la región de Moa para su utilización en el taller de fundición de la E. M. Ni. Informe técnico. I.S.M.M. Moa, Holguín, Cuba.
- Dana, M. (1978). Manual de mineralogía. Moscú: Edit. Mir.
- Enríquez, F. G. (1986). Manual del fundidor. Ciudad Habana, Cuba: Edit. Científico-técnica.
- Enríquez, F. G. (1990). Mezclas de moldeo y pinturas antiadherentes. Ciudad Habana, Cuba: Edit. Científico-técnica.
- Formoso, A. y otros (1994). Las dunitas como agente de eliminación de alcalinos en el horno alto. Revista Metalúrgica. N.º 30. Vol. 4. Madrid, España. pp. 227-234.
- Goyo, P. L. (1984). Tecnología de la fundición. Tomo II. Ciudad Habana, Cuba: Edit. I.S.P.J.A.E.
- Jerez, O. G.; Leyva, C. R.; Pons, J. H. (1995). Estudio geólogo-tecnológico de las dunitas serpentinizadas y cortezas caolínificas de la región de Moa para su empleo como materiales refractarios. Informe técnico. I.S.M.M., Moa, Holguín, Cuba.
- Knipper, A. y Cabrera, R. (1974). Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el mio y eugeosinclinal del cinturón hiperbasítico de Cuba. Publicación especial. Revista Contribución a la geología de Cuba. N.º 2. Academia de Ciencias de Cuba.
- Leyva, C. R. y Pons, J. H. (1996). Posibilidades de utilización de materias primas de la región de Moa como materiales refractarios y aislantes térmicos en las industrias del níquel. Revista minería y geología. Vol.13. N.º 1.,Cuba.
- Pons, J. H.; Leyva, C. R.; Nuñez, O.B. (1995). Aplicación de dunitas en los procesos de fundición. Informe técnico. Holguín, Cuba: I.S.M.M. Moa.
- Salcines, C. M. (1985). Tecnología de fundición. Tomo I Ciudad Habana, Cuba: Edit. Pueblo y Educación.
- Segura, S. R. (1973). Introducción a la petrografía. Bilbao, España: Edit. URMO.
- Titov, N. D y Stepanov, Y. A. (1981). Tecnología del proceso de fundición. Moscú: Edit. Mir.
- Torres, A. T. (1971). Tecnología de los refractarios. Ciudad Habana, Cuba: Edit. Ciencia y Educación.
- Vladimirovich, O y Arioza, J. (1989). Búsqueda, exploración y evaluación geólogo-económica de yacimientos minerales sólidos. Moa, Holguín, Cuba: I.S.M.M.