

OBTENCION DE HIERRO NODULAR

Ing. Quím. Ruben Febles

RESUMEN

Se elaboraron varias fundiciones nodulares de las cuales elegimos 7. Los valores de Carbono Equivalente (C.E.) están entre 3,91 y 4,13. En los números 1,2 y 7 incorporamos cromo como elemento de aleación, para aumentar el porcentaje de Perlita que llegó a 60,60 y 70% respectivamente. Las microestructuras obtenidas fueron ferrítico-perlíticas. Dos hierros nodulares provenientes de las fusiones 4 y 5, fueron recocidos para tener estructuras ferríticas de acuerdo a las exigencias de las piezas.

El porcentaje de grafito nodular de los tipos I y II osciló entre 85 y 90%.

La agitación del metal durante el proceso de nodulización se realizó inyectando nitrógeno. El metal líquido fue colado alrededor de 1425 °C.

Se trabajó con el horno descrito en la Revista de Ingeniería Química N° 5 - Enero-Abril/1993, "Horno de Fundición Rotatorio".

Las cargas de metal base estuvieron constituidas por: chatarra gris seleccionada, retornos de fundición nodular y gris y lingotes.

I) INTRODUCCION

La fundición nodular fue obtenida por primera vez en 1948. Del punto de vista de su composición química es comparable con la fundición gris. Mientras en ésta el carbono precipita como grafito en forma de láminas, en el hierro nodular, mediante un proceso adecuado se obliga al C libre a precipitar en forma esferoidal (o de nódulos).

En la fundición gris las láminas de grafito crean discontinuidades en la matriz dando lugar a un material relativamente poco resistente y frágil.

En la fundición nodular se eliminan esas discontinuidades resultando un material de alta resistencia a la tracción y gran ductilidad. Con el nodular se pueden fundir piezas de algunos gramos hasta varias toneladas.

El hierro nodular resume las propiedades del hierro gris (colabilidad buena, resistencia al desgaste y a la corrosión y facilidad de mecanizado) con las del acero (buena resistencia a la tracción, resistencia fuerte al impacto y muy buena ductilidad). Por todo ello sustituye al hierro gris y al acero en muchas aplicaciones.

Su composición típica, química es: C%-3,20 a 4,10; Si%-1,80 a 2,80; P máx.%-0,10; S máx.%-0,035; Mn% generalmente inferior a 0,80.

Sobre este último creo conveniente precisar que tiene fuerte influencia en la estructura del hierro nodular. Su incremento da mayor resistencia y mayor retención de

perlita y menor ductilidad. Un incremento de manganeso a 0,60-0,75% da un porcentaje de perlita, para determinadas condiciones de trabajo, de 85 a 90%. La estructura de grafito esferoidal es producida por el agregado de uno o más elementos al metal fundido. El magnesio y el cerio son los más usados. El Mg es más versátil del punto de vista de la nodulación que el cerio y es más económico. El Ce solo es más efectivo en hierros hipereutéticos (C% mayor de 4,3) que en hipoeutéticos (C% menor de 4,3). El Mg es efectivo en ambos. El Ce sin embargo, en milésimas % reduce la sensibilidad del magnesio a elementos como: Pb, Bi, Al, Ti, Sb, etc. que inhiben la formación de los nódulos. De allí que se emplean juntos, el Mg en centésimas % y el Ce en milésimas %. Se agrega suficiente nodulizante para tener un magnesio residual de no más de 0,08 %.

El hierro nodular es usado como tal si se desea, pero mayoritariamente es tratado por calor. Algunos son reconocidos o normalizados y otros templados y revenidos.

Se emplean en su manufactura arenas y equipos de moldeo iguales a los del hierro gris.

Fundición Nodular Ferrítica

Se emplea en piezas que deben soportar choques térmicos o mecánicos, o sometidos a presión. Tiene buena resistencia a la tracción, alta resistencia al impacto y gran ductilidad. Es blanda y fácil de mecanizar. Es resistente a la rotura bajo cargas variables. Es resistente a la corrosión y oxidación.

Fundición Nodular Ferrítico-Perlítica

Combina un excelente límite de fluencia con un buen alargamiento. Es el material más competitivo dentro de las fundiciones nodulares.

Fundición Nodular Perlítica

Posee alta resistencia al desgaste y a la tracción, pero sus valores de alargamiento son bajos. Tiene elevada capacidad de amortiguamiento. Se emplea en piezas sometidas a esfuerzos severos y al desgaste (servicio pesado).

Fundición Nodular Austenítica

Contiene alto porcentaje níquel (entre 18 y 36%). También llamada Ni-Resist. Tiene altas propiedades de resistencia a la corrosión, al desgaste y al calor. Es amagnética. Se la alea con cromo y manganeso para obtener determinadas características. Se emplea en la fabricación de cuerpos de turbinas a gas, cuerpos de bombas y válvulas. La especificación A.S.T.M. A-439-62

distingue 8 tipos nodulares austeníticos. La resistencia a la tracción de los 8 tipos oscila entre 38 y 42 Kg/mm², con un alargamiento mínimo (según los tipos) de 6 a 20 % y durezas HB de 121 a 173. La especificación ASTM A-571-68 también de hierro nodular austenítico es empleada en la fabricación de bombas, compresores, válvulas y otras partes que trabajan a presión y a muy bajas temperaturas (por ej. hidrógeno líquido a -234 °C). Su resistencia a la tracción es de 46 Kg/mm² mín. El alargamiento mínimo es de 30 %, con una dureza HB de 121 a 171.

Algunas propiedades mecánicas típicas de las fundiciones ferríticas, ferrítico-perlíticas y perlíticas son:

	Ferrítica	Ferrítico-Perlítica	Perlítica
Resistencia a la tracción Kg/mm ²	42	56	70
Límite de Elasticidad Kg/mm ²	28	42	49
Alargamiento de rotura %	18	6	3

Las cantidades relativas de Ferrita, Perlita y Cementita, dependen de la composición, inoculantes y prácticas de inoculación y velocidad de enfriamiento, la temperatura de colada es importante y su óptimo es influido por el espesor de la sección, equipo de fusión y distribución del metal en los moldes.

A título de ejemplo la bibliografía recomienda: de 3/16" a 1/2" de espesor 1427 °C; de 1/2" a 1,5" -1399 °C -1435 °C; de 1,5" a 4" -1371 °C -1416 °C.

Adiciones de magnesio

Se emplean diferentes aleaciones. Son de uso corriente: Ni-Mg; Ni-Fe-Si-Mg; Fe-Si-Mg; Fe-Si-Mg-Cr, etc. Todas contienen Cerio en porcentaje de 0,5 a 1,5. La aleación es agregada generalmente en la cuchara, después de desulfurar y corregir el silicio de hierro base que además evita la formación de Cementita, dado que el Magnesio nodulizante forma también Cementita.

Tratamientos Térmicos

Los más comunes son: Sub-críticos (para eliminar tensiones); Recocido (convierte la Perlita en Ferrita y elimina la Cementita si la hay); Normalizado (para perlitizar estructuras ferríticas aumentando su dureza); Temple y Revenido (para tener características deseables en estructuras ferrítico-perlíticas y perlíticas que pueden llevar luego del temple a durezas de Rc-60 (Rockwell C)).

Especificaciones

La composición química es indicada en muchas especificaciones pero la aprobación final la da la

Metalografía y las propiedades mecánicas. Otras especificaciones establecen solo éstas.

Para hierros nodulares austeníticos ya hemos dado las del ASTM. Para los hierros nodulares Ferríticos, Ferrítico-Perlíticos y Perlíticos se han desarrollado varias. Los distintos tipos de hierro nodular se identifican generalmente por medio de tres grupos de números. Por ej: 60-45-15. El primer grupo indica la resistencia a la tracción en 1000 psi, el segundo es el límite de fluencia o resistencia a la deformación también en 1000 psi y el tercero indica la elongación mínima % en una probeta standard. Otras especificaciones expresan estos resultados en MPa o kg/mm².

El hierro nodular es clasificado en la especificación ASTM D-536 de acuerdo a sus propiedades.

En las normas IRAM por ej. la N° 700 clasifica 5 grados. Otras normas muy difundidas son: CETIA, AFNOR; B.S.; DIN y UNI.

Ensayos

De los realizados hemos elegido 7 cuyos análisis lucen a continuación.

En lo que respecta a la descripción del horno rotatorio utilizado, condición de trabajo para la obtención del hierro base, control de elaboraciones y mantenimiento del mismo, refractarios y escoria nos remitimos a nuestro trabajo de la Revista de Ingeniería Química mencionada en la bibliografía.

Cargas

Se empleó chatarra gris seleccionada, retornos de fundición (montantes, coladas, piezas defectuosas, etc.) y lingotes de elaboraciones de hierro gris y nodular, totalizando 500 kg cada vez.

Análisis del hierro nodular

Fusión N°	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	C.E.	HB
1	3,12	2,85	0,38	0,14	0,01	0,21	4,12	227
2	3,17	2,74	0,35	0,14	0,01	0,28	4,13	228
3	3,19	2,06	0,52	0,10	0,02	----	3,91	220
4	3,16	2,15	0,50	0,12	0,02	----	3,92	225
5	3,29	2,29	0,34	0,10	0,02	----	4,09	199
6	3,08	3,24	0,23	0,09	0,01	----	4,19	200
7	3,20	2,64	0,62	0,08	0,02	0,35	4,11	238

Metalografías

No se observó en las fusiones indicadas, la presencia de grafito laminar o de formas estalladas de los nódulos. Tampoco observamos la presencia de grafito vermicular.

Cementita libre - No hay.

Tipos de grafito nodular: Aparecieron tipos I y II en porcentajes que oscilaron entre 85 y 90 (ver fotocopia adjunta de Metals Handbook Tomo I).

Ferrita - Apareció rodeando los nódulos.

Las microestructuras que se obtuvieron en todos los ensayos fueron Ferrítico-Perlíticas. Para determinada

aplicación tuvimos que recurrir al tratamiento térmico para obtener estructura ferrítica (Fusiones 4 y 5).

Técnica de Elaboración

Se empleó la misma del trabajo anterior. Solo describiremos la que empleamos para la nodulización. Al metal líquido extraído en la cuchara, mediante un dispositivo adecuado de material refractario se le inyectó nitrógeno para agitar el contenido. A continuación se desulfura como ya se indicó en el trabajo anterior, se corrige el silicio añadiendo por inoculación el porcentaje adecuado de Ferrosilicio, se escoria y de inmediato se agrega la composición nodulizante (2%).

Se escoria de nuevo y se cuela. Es obvio que la labor de escoriado debe ser muy rápida ya que es aconsejable colar en un plazo máximo de 45 segundos luego de nodulizar. Es también aconsejable agregar luego del nodulizante un inoculante especial que contiene calcio y circonio, entre otros elementos, para mejorar la estructura metálica y del grafito nodular. El Zr además tiene afinidad con los gases disueltos en el metal fundido, combinándose con ellos (oxígeno y nitrógeno). Para ellos agregamos 0,25 % de este inoculante.

Las temperaturas de colada oscilaron alrededor de 1425 °C.

En las fusiones 1,2 y 7 agregamos cromo (bajo forma de ferrocromo) en la carga, para aumentar el porcentaje de Perlita. En las fusiones 1 y 2 incorporamos 0,21 y 0,28% de cromo, el cual aumentó el porcentaje de Perlita a 60. En la número 7 con 0,35% de cromo logramos 70% de Perlita. En las restantes fusiones el porcentaje de Perlita ascendió al 50%.

Conclusiones

Es posible obtener hierro nodular en el horno rotatorio de fundición. Las estructuras obtenidas fueron Ferrítico-

Perlíticas. En las fusiones 1,2 y 7 agregamos cromo como elemento aleante con el fin de aumentar el porcentaje de Perlita.

Para lograr estructuras ferríticas los hierros nodulares provenientes de las fusiones 4 y 5 fueron sometidas a un recocido.

La flexibilidad del horno rotatorio permitió lograr fusiones con relativamente bajos porcentajes de carbono y pese a porcentajes de silicio altos obtuvimos Carbonos Equivalentes (CE) inferiores a 4,5 que es el máximo admitido en las especificaciones.

Bibliografía

- SAE Journal - Abril/64
- Metals Handbook - Tomo I - 1975
- SAE Tomo II - 1982
- Guía de la Fundición (CETEF - Centro Técnico de Fundición) - 1984
- Norma IRAM - N° 700
- " ASTM D-536-67
- " " A-476-67
- " " A-439-62
- " " A-445-66
- " " A-571-68
- " " A-395-68
- SAE J-434c
- SAE J-125 (SAE Information Report)
- Revista de Ingeniería Química N° 5 - Enero - Abril/93, "Horno de Fundición Rotatorio"
- R.F. - Octubre/93

bilpa s.a

NUESTRA LINEA DE PRODUCTOS

- * Mangueras Industriales y para el Agro
- * Terminales para prensar, reutilizables y flejados
- * Acoples rápidos para uso hidráulico, vapor, combustibles
- * Sellos mecánicos y Empaquetaduras para Bombas
- * Sellos hidráulicos: O'Ring, Polypak, Fluoropak
- * Juntas Industriales
- * Cintas transportadoras: Goma y tela, PVC y Especiales
- * Sistema de flejado "BAND-IT"
- * Equipos de lubricación y engrase
- * Válvulas, esclusa, globo, esféricas, extrachatas, de seguridad

NUESTROS SERVICIOS

- * MANGUERAS: Relevamiento - Diseño - Montaje
 - * CINTAS TRANSPORTADORAS:
 - Diseño del transportador
 - Empalmas - Reparaciones
 - * VALVULAS: Reacondicionamiento integral
 - * SELLOS MECANICOS: Selección - Montaje - Reparación
 - * CILINDROS HIDRAULICOS: Repuestos - Reparación
- SANTA FE 1131 - Tels.: 20 72 11 - 29 23 43 - 29 95 71
Fax: 29 06 87 - Montevideo