

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

**INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA DEL
HIERRO GRIS EN LA MAQUINABILIDAD
A PARTES DE MOTORES AUTOMOTRICES**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO METALURGICO
P R E S E N T A

HECTOR MURILLO REYES

MEXICO, D.F.

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

BIBLIOTECA FAC. DE QUIMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA DEL
HIERRO GRIS EN LA MAQUINABILIDAD
A PARTES DE MOTORES AUTOMOTRICES

HECTOR MURILLO REYES

1969

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE : ALBERTO OBERGON PEREZ

V O C A I : LIBERTO DE PAHO

SECRETARIO : NICOLAS JAIMES VILLAFARA

1er. SUPLENTE : ALBERTO CERVANTES ALVAREZ

2o. SUPLENTE : JOSE GREGORIO SOLICRIE MUNGUIA

SITIO DONDE SE DESARROLIC EL TEXA : Y A H S A.

Va. 54 Carretera México-Toluca

SUSTENTANTE : HECTOR MURILLO REYES

ASNSOR DEI TEXA : NICOLAS JAIMES

SUPERVISOR TECNICO : J. LUIS PALACIOS VELAZQUEZ

Con mucho cariño
a mi madre
Sra. Dolores Reyes F.

Con cariño
a mi esposa
Sra. Blanca R. Flores.

A mis hijos
Héctor Daniel y
Sergio Alberto.

Con el más profundo
respeto a mis tías y tíos
Paquita, Ma. Luisa, Ana María, Susa,
Bernardo y Jesús.

A mis hermanos
José María y Ricardo.

A los Q. Met. José L.
Palacios y Nicolás Jaimes
por su dirección y
ayuda desinteresada.

C O N T E N I D O

CAPITULO I.- GENERALIDADES.

- a).- Historia del Hierro Gris.
- b).- Composición Química.

CAPITULO II.- METALURGIA DEL HIERRO GRIS.

- a).- Manufacturación.
- b).- Usos.

CAPITULO III.- CLASES DE HIERROS.

- a).- Clasificación ASTM.
- b).- Clasificación SAE.

CAPITULO IV.- EFECTO DE LA MICROESTRUCTURA DEL HIERRO GRIS EN LA MAQUINABILIDAD.

- a).- Diferentes Tipos de Herramientas - en el Maquinado.
- b).- Estructura del Hierro Gris.
- c).- Efectos de la Composición Química.
- d).- Efectos de la Microestructura.
- e).- Datos de la Microestructura y Maquinabilidad del Hierro Gris.

CAPITULO V.- CONCLUSIONES.

CAPITULO VI.- BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO I

GENERALIDADES

La metalurgia no se puede afirmar que tuvo su origen en un lugar definido, aún cuando debido a su remoto inicio es probable que - su nacimiento fuera de Asia, donde florecieron las más grandes - civilizaciones. Debido a la gran dificultad que entrañaba obtener los metales ferrosos, éstos fueron considerados en principio como metales preciosos, elaborando objetos de arte, dándoles un gran valor.

Al progreso de la humanidad y a la abundancia del hierro en la naturaleza, se ha transformado y ahora es una enorme industria - que tiene un firme presente y un futuro de incalculables proporciones.

Siendo actualmente los países más poderosos, aquellos que hayan logrado desarrollar al máximo esta industria.

Aún cuando las piezas fundidas y vaciadas en moldes fueron los - primeros en obtenerse, ya que era relativamente sencillo hacerlo, la forma de su obtención no ha evolucionado gran cosa.

En un principio el hierro gris, se obtuvo a partir de menas oxidadas y el metal así obtenido, se fundía en crisoles de arcilla - que se calentaban con carbón vegetal, se ayudaba la combustión - con una corriente de aire que se producía con abanicos y más tarde, con fuelles de piel. El metal líquido se recibía en moldes - de piedra donde se obtenían piezas de forma rudimentaria.

El avance de la siderurgia lo establece un hecho en el siglo - XIV, cuando se descubrió la forma de obtener hierro líquido y podía ser soldado con facilidad. Para esto se construyeron hornos, más altos, con espacio para el carbón y se utilizó una corriente de aire interna producida por caídas de agua, así se obtuvieron - temperaturas más elevadas para fundir completamente el hierro.

Los grandes adelantos que en todas las materias se obtuvieron en la última parte del siglo XIX y a principios del presente fueron

decisivos en la metalurgia general.

Siendo actualmente hornos como: Alto horno, inducción, arco eléctrico, basculante, etc., los que dan un hierro de calidad óptima y de bajo costo.

COMPOSICION

Los hierros grises están situados a la derecha del diagrama hierro-carbono, siendo sus constituyentes principales y variando sus porcentajes dependiendo de la clase de hierro: Fe y C pudiendo ser el carbono: C grafitico (grafito libre) y C combinado, que sumando estos nos da el C total. Otro de los componentes principales del hierro gris es el Si. Siendo los elementos hierro, carbono y silicio la aleación fundamental para un hierro colado gris, formando así un diagrama ternario. Cada clase tiene sus características y dentro de cada una puede haber regulaciones y modificaciones para adoptarla mejor al servicio particular de que se trate.

CAPITULO II

METALURGIA DEL HIERRO GRIS

Aunque el tonelaje más grande de hierro colado gris se produce - por fusión en cubilete, se emplean para su fabricación otros hornos como el de rebertero, eléctrico, basculante, de crisol y el más moderno el de inducción, pero en el caso especial que nos ocupa se obtiene del horno de cubilete.

El cubilete es el método de fusión más antiguo y económico del - producto final. Este tiene la forma cilíndrica, vertical y consiste en una cañera de lámina de acero ferrado internamente con ladrillo refractario, ácido o básico, siendo parecida en su construcción al alto horno.

Las cargas en el cual el coque, lingote de primera fusión, chatarra de retorno, chatarra de acero, mineral de hierro y el fundente (caliza) se carga en la parte alta y el aire se inyecta cerca del fondo a presión por unos orificios llamados teberas. El hierro fundido se puede sangrar periódicamente o en los grandes cubiletes en forma continua, siendo recibido el metal fundido en una gran cuchara.

El objeto perseguido en el cubilete, es fundir y por medio de la escoria y la adición de otros materiales como el ferrosilicio y - ferromanganeso dar al metal obtenido, las propiedades ideales para el moldeado de piezas.

Para fabricar una pieza colada, el metal fundido se saca del horno y vierte en un molde generalmente hecho de arena. Después que el molde ha sido colado y el metal se ha enfriado suficientemente, la pieza colada se saca del molde y se lleva a la desbarbadora donde se le quita la arena adherida, finalmente a la pieza colada se le quitan las rebabas con ciruel o sierra. Si necesita - tratamiento térmico, se efectúa después del desbarbado.

En la metalurgia del hierro gris, el carbono en el hierro como - en el acero, juega el papel más importante en el control metalúrgico

gico de las propiedades del metal colado. Para controlar las propiedades del hierro gris, se debe controlar la cantidad, tamaño, forma y distribución del grafito y formas combinadas del carbono, en el cual en el método de fusión por cubilote no se controla tan fácil como los hornos eléctricos y su empleo puede dar como resultado cantidades no convenientes de carbono, pero su fácil manejo y su nobleza para rendir metal fundido y llevando un control riguroso en cada carga, se obtendrá una fundición de un análisis determinado.

USOS

Los usos del hierro gris son muy extensos, por esto es costumbre clasificarlos de acuerdo con la industria que hace uso de él: así se dice que las piezas de hierro gris son utilizadas en la industria agrícola para arados, discos, aros, etc., en piezas para maquinaria como tornos, taladros, fresadoras, etc., industria automotriz como catesa de cilindros, bloque de cilindro, múltiple de escape, múltiple de admisión, bombas de agua, aceite, conchas, -- etc.

CAPITULO III
CLASES DE HIERROS

Dentro de la metalúrgia se conocen las siguientes clases de hierros:

Hierros colados, hierro de primera fusión, hierro gris, atruchado, hierro blanco, hierro maleable, hierro nodular y hierros aleados.

En el presente trabajo trataremos únicamente con detalle del hierro gris.

CLASES DE HIERRO GRIS

Una simple y conveniente clasificación está hecha por la ASTM designación A 48-64, la cual trata principalmente de clasificar con firme a la resistencia a la tracción.

Cada clase es designada por un número seguido de una letra. El número indica el mínimo de resistencia a la tracción del hierro en la probeta de prueba, y la letra indica la medida de la probeta de prueba, como ejemplo podemos citar: hierro gris fundido --- ASTM designación A 48 clase 40C.

En la siguiente tabla se cita la clasificación ASTM.

Clase.	Resistencia a la tracción Kg./Cm. ² Min.	Diámetro de la probeta en Cm.
No. 20A	1406 (20000 Lb/pulg. ²)	2.23
No. 20B		3.05
No. 20C		5.08
No. 20S		Barra S ^a
No. 25A	1761.5 (25000 Lb/pulg. ²)	2.23
No. 25B		3.05
No. 25C		5.08
No. 25S		Barra S ^a

Clase.	Resistencia a la tracción Kg./Cm. ² Mín.	Diámetro de la probeta en Cm.
No. 30A	2109 (30 000 Lb/Pulg. ²)	2.23
No. 30B		3.05
No. 30C		5.08
No. 30S		Barra S ^a
No. 35A	2460 (35 000 Lb/Pulg. ²)	2.23
No. 35B		3.05
No. 35C		5.08
No. 35S		Barra S ^a
No. 40A	2810 (40 000 Lb/Pulg. ²)	2.23
No. 40B		3.05
No. 40C		5.08
No. 40S		Barra S ^a
No. 45A	3165 (45 000 Lb/Pulg. ²)	2.23
No. 45B		3.05
No. 45C		5.08
No. 45S		Barra S ^a
No. 50A	3515 (50 000 Lb/Pulg. ²)	2.23
No. 50B		3.05
No. 50C		5.08
No. 50S		Barra S ^a
No. 55A	3865 (55 000 Lb/Pulg. ²)	2.23
No. 55B		3.05
No. 55C		5.08
No. 55S		Barra S ^a
No. 60A	4220 (60 000 Lb/Pulg. ²)	2.23
No. 60B		3.05
No. 60C		5.08
No. 60S		Barra S ^a

a).- Todas las dimensiones de la barra testigo S tienen que estar sobre conformidad del vendedor y el comprador.

COMPOSICIÓN TÍPICA DEL BIENIO 2015
 BASADA EN LA MUESTREO Y LA SECCIÓN

TIPO	COMPOSICIÓN					Porcentaje de carbón empacado (g)	Sección de resaca (cm)	No. de Bureas (No.)	Carga Variable (kg)	Difusión (cm)	Superficie (m ²)
	C1	S1	P	S	Ma						
Clase 20	3,50	2,40	0,20	0,08	0,50	4,54	Arriba	62,4	0,284	0,284	20,000 (20,000 Pa)
Sección ligera.	0	0	0	0	0	---	0	0	0	0	0
2.22 Co. Probeta.	3,60	2,60	0,20	0,15	0,70	---	1,37	200	544,8	0,181	670 (20,000 Pa)
Clase 20	3,40	2,30	0,20	0,08	---	4,34	1,37	60,0	734,4	0,320	1,265 (20,000 Pa)
Sección oscura.	0	0	0	0	0	---	0	0	0	0	0
5 Co. Probeta.	3,60	2,50	0,40	0,15	---	---	2,34	360	996,8	0,608	690 (20,000 Pa)
Clase 20	3,10	2,20	0,20	0,08	0,50	3,96	2,34	130	304,0	---	1,265 (20,000 Pa)
Sección gruesa.	0	0	0	0	0	---	7	0	0	---	0
5 Co. Probeta.	3,50	2,60	0,40	0,15	0,80	---	Arriba	960	279,0	---	654 (20,000 Pa)
Clase 20	3,50	2,20	0,20	0,08	0,50	4,26	Arriba	960	631,3	0,274	670 (20,000 Pa)
Sección ligera.	0	0	0	0	0	---	0	0	0	0	0
2.22 Co. Probeta.	3,50	2,40	0,50	0,15	0,80	---	1,37	670	340,3	0,408	378 (20,000 Pa)
Clase 20	3,20	2,30	0,15	0,08	0,50	4,08	1,37	172	617,3	0,360	670 (20,000 Pa)
Sección oscura.	0	0	0	0	0	---	0	0	0	0	0
5 Co. Probeta.	3,40	2,60	0,40	0,15	0,80	---	2,34	207	1079,4	0,716	308 (20,000 Pa)
Clase 20	3,00	1,90	0,15	0,08	0,50	3,62	2,34	174	27,8	---	650 (20,000 Pa)
Sección gruesa.	0	0	0	0	0	---	7	0	0	---	0
5 Co. Probeta.	3,30	2,30	0,20	0,12	0,80	---	Arriba	217	3011,7	---	210 (20,000 Pa)
Clase 30	3,20	2,10	0,15	0,08	0,50	4,05	1,37	178	347,3	---	210 (20,000 Pa)
Sección ligera.	0	0	0	0	0	---	0	0	0	---	0
2.22 Co. Probeta.	3,40	2,50	0,50	0,12	0,80	---	2,34	228	681	---	290 (20,000 Pa)
Clase 30	3,10	2,30	0,10	---	---	3,92	---	---	---	---	---
Sección oscura.	0	0	0	0	0	---	---	---	---	---	---
5 Co. Probeta.	3,30	2,30	0,25	---	---	---	---	---	---	---	---
Clase 30	2,90	1,70	0,15	0,08	0,45	3,08	2,34	207	295,0	---	210 (20,000 Pa)
Sección gruesa.	0	0	0	0	0	---	7	0	0	---	0
5 Co. Probeta.	3,20	2,10	0,25	0,12	0,70	---	Arriba	728	5722,8	---	240 (20,000 Pa)

COMPOSICION

Per ciento de carbon
en equivalentes (a)

Porcentaje de cenizas
total

Deflexión
transversal: Co.

Resistencia a la
tracción: Kg./Cm.

TIPO	C1	S1	P	S	M4	Per ciento de carbon en equivalentes (a)	Porcentaje de cenizas total	Deflexión transversal: Co.	Resistencia a la tracción: Kg./Cm.
Clase 35	3,10	2,00	0,15	0,08	0,45	3,90	—	—	28 10,8 (36,000 Psi)
Sección ligera.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
2,22 Co. Probada.	3,30	2,20	0,30	0,12	0,70	—	1,27	—	39 10 (43,000 Psi)
Clase 35	3,00	1,90	0,15	0,07	0,46	3,77	1,27	0,438	26 40 (30,000 Psi)
Sección media.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
3 Co. Probada.	3,25	2,10	0,35	0,12	0,70	—	2,54	0,090	37 90 (39,000 Psi)
Clase 35	2,80	1,60	0,10	0,05	0,45	3,54	2,54	0,813	33 60 (36,000 Psi)
Sección gruesa.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
5 Co. Probada.	3,10	2,00	0,12	0,12	0,70	—	aprox	0,365	37 70 (39,000 Psi)
Clase 40	3,00	1,90	0,10	0,07	0,45	3,77	—	—	29 96 (42,000 Psi)
Sección ligera.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
2,22 Co. Probada.	3,25	2,20	0,25	0,12	0,65	—	1,27	—	33 1,6 (46,000 Psi)
Clase 40	2,95	1,70	0,10	0,05	0,45	3,45	1,27	0,475	29 10 (42,000 Psi)
Sección media.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
3 Co. Probada.	3,15	2,00	0,10	0,11	0,70	—	2,54	0,090	33 08 (47,000 Psi)
Clase 40	2,75	1,50	0,07	0,03	0,30	3,42	2,54	0,782	28 7,3 (43,000 Psi)
Sección gruesa.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
5 Co. Probada.	3,00	1,90	0,15	0,12	0,70	—	aprox	0,365	34 1,5 (45,000 Psi)
Clase 50	2,90	1,70	0,10	0,05	0,30	3,42	—	—	28 6,5 (34,000 Psi)
Sección ligera.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
2,22 Co. Probada.	3,10	2,10	0,25	0,12	0,70	—	1,27	—	30 6,5 (35,000 Psi)
Clase 50	2,70	1,70	0,10	0,03	0,30	3,45	1,27	0,711	28 15 (36,000 Psi)
Sección media.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
3 Co. Probada.	3,00	2,00	0,10	0,11	—	—	0	0	0
Clase 50	2,85	1,40	0,07	0,03	—	—	2,54	0,264	40 07 (37,000 Psi)
Sección gruesa.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
5 Co. Probada.	2,85	1,70	0,15	0,11	0,60	—	0	0,263	28 15 (36,000 Psi)
Clase 60	2,70	1,90	0,10	0,05	0,30	3,51	aprox	—	37 75 (34,000 Psi)
Sección ligera.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
2,22 Co. Probada.	3,00	2,20	0,20	0,12	0,70	—	—	—	42 00 (45,000 Psi)
Clase 60	2,50	1,90	0,05	0,03	0,70	3,37	—	0,438	42 05 (46,000 Psi)
Sección media.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
3 Co. Probada.	2,85	2,10	0,15	0,10	1,00	—	—	1,096	40 00 (45,000 Psi)
Clase 60	2,50	1,20	0,07	0,03	0,50	3,09	—	0,290	42 05 (46,000 Psi)
Sección gruesa.	0	0	0	0	0	—	0	0	0
3 Co. Probada.	2,80	1,50	0,15	0,12	0,80	—	—	1,27	40 00 (46,000 Psi)

En otras muchas aplicaciones la resistencia no es el mejor medio para clasificar un hierro por ejemplo: Volantes para clutch y tambores para frenos, en los cuales la resistencia a la fricción a alta temperatura (resistencia al choque térmico) para no citar entre muchos casos.

HIERRO GRIS AUTOMETRIZ

Clasificación del hierro gris autometrizado por la SAE (Sociedad de Ingenieros Autometrizes). La identificación de hierros fundidos, básicamente consiste en la utilización de una letra e prefijo seguidos de cuatro números digitales, de acuerdo a la siguiente manera:

Prefijo G - hierro gris.
 Prefijo M - hierro maleable.
 Prefijo D - hierro nodular.

Primeros dos dígitos. Para G.- Resistencia a la tracción.
 Para M.- Límite de cedencia.
 Para D.- Resistencia a la cedencia.
 (Deberá ser usado para - -
 70) Kg./Cm.²). (10,000 Psi)

Para los otros dos dígitos. Para G.- Usar 00
 Para M.- Elongación.
 Para D.- Elongación.

Otras letras como subdígitos pueden ser usadas para condiciones especiales. Las letras subfijas deberán ser asignadas en la secuencia, en las cuales las condiciones e requerimientos son adaptados para un material de categoría particular.

Ejemplo: Material SAE D5505 quiere decir: Hierro nodular, con resistencia a la tracción de 3866.5 Kg./Cm.² y un límite de elongación de 5%.

Otro ejemplo: Material SAE G2000 quiere decir: Hierro gris con resistencia a la tracción de 1406 Kg./Cm.² (20,000 Psi).

Clasificación de propiedades técnicas de hierro gris automotriz.

SAE No.	Forma SAE No.	Resistencia a la tracción. Mfn. Kg/Cm. ²	Resistencia transversal. Mfn. Kg.	Deflexión Mfn. Cm.	Dureza Brinell.
0 2000	110	1406 (20,000 Psi)	820	0.385	187
0 3000	111	2110 (30,000 Psi)	998.8	0.508	170-229
0 3500	120	2460 (35,000 Psi)	1089.6	0.609	187-241
0 4000	121	2810 (40,000 Psi)	1180	0.686	207-255
0 4500	122	3163.5 (45,000 Psi)	1271.2	0.762	217-269

Composición Química Típica %.

SAE No.	Forma SAE No.	Carbon total %	Silicio %	Mn. %	S. %	P. %
					Máx.	Máx.
0 2000	110	3.40 a	2.80 a	0.50 a	0.15	0.25
0 3000	111	3.70 3.20 a	2.30 2.30 a	0.80 0.60 a	0.15	0.20
0 3500	120	3.50 3.10 a	2.00 2.20 a	0.90 0.60 a	0.15	0.15
0 4000	121	3.40 3.00 a	1.90 2.10 a	0.90 0.60 a	0.15	0.12
0 4500	122	3.30 3.00 a	1.80 2.10 a	0.50 0.70 a	0.15	0.10
		3.30	1.80	1.00		

Especificaciones mecánicas, químicas y microestructura de fundiciones de hierro gris para platos de embrague y tambores de frenos para servicios especiales.

Composición Química %.	SAE 0 3000 ^a (SAE 113) ^a	SAE 0 4000 ^b (SAE 114) ^a	SAE 0 3500 ^c (SAE 115) ^a
C total.	3.40 Mfn.	3.40 Mfn.	3.50 Mfn.
Silicio.	1.60 - 2.10	1.30 - 1.80	1.30 - 1.80
Manganeso.	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90
Azufre Máx.	0.12	0.12	0.12
Fósforo Máx.	0.15	0.15	0.15
Alenciones.	Si requiere.	Si requiere.	Si requiere.

Microestructura.

Microestructura.	SAE 0 3000 ^a (SAE 113)	SAE 0 4000 ^b (SAE 114) SAE 0 3500 ^c (SAE 115)
------------------	-------------------------------------	--

Grafito.	Tipo A tamaño 2-4	Tipo A tamaño 3-5
Matriz.	Perlita laminar, con ferrita no excediendo del 15 %.	Perlita laminar con ferrita y carburos, si están presentes que no excedan del 5 %.

Propiedades Mecánicas.

Propiedades Mecánicas.	SAE 0 3000 ^a	SAE 0 4000 ^b	SAE 0 3500 ^c
Dureza Brinell.	170 - 229	207 - 255	187 - 241
Carga transversal Mfn. en Kg.	998.8 (2200 lb)	1180.4 (2600 lb)	1089.6 (2400 lb)
Deflexión Mfn.			
Cm.	0.51	0.68	0.41
Tensión Mfn. Kg/Cm. ²	2109 (30,000 Psi)	2812 (40,000 Psi)	2460.5 (35,000 Psi)

Especificaciones mecánicas, químicas y microestructura de hierro gris - aleada para árbol de levas automotriz.

Composición Química.	SAE G 4000d (SAE 123 A) ^a	SAE G 4000e (SAE 123 B) ^a	SAE G 4000f (SAE 123 C) ^a
Ce	3.10 - 3.40	3.10 - 3.45	3.40 - 3.75
Si	2.10 - 2.40	2.10 - 2.40	2.10 - 2.35
Mn	0.50 - 0.80	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90
P	0.20 Máx.	0.20 Máx.	0.15 Máx.
S	0.15 Máx.	0.20 Máx.	0.15 Máx.
Cr	0.80 - 1.10	0.85 - 1.20	1.00 - 1.25
Mo	0.40 - 0.60	0.40 - 0.60	0.50 - 0.70
Ni	-----	0.20 - 0.45	-----
Cu	-----	-----	1.40 - 1.70

Propiedades Mecánicas.

Propiedades Mecánicas.	SAE G 4000d ,	SAE G 4000e y	SAE G 4000f
Dureza Brinell.		241 - 221	
Carga transver- sal Mfn. en Kg.		1180.4 (2,600 lb)	
Deflexión en Cm.		0.68	
Tensión Mfn. Kg. /Cm. ²		2812 (40,000 Psi)	

Microestructura.

Con el objeto de asegurar buenas características de desgaste, la microestructura se extiende de 45° sobre ambos lados de la línea del centro de la nariz de la flecha y a un mínimo de profundidad de (0.317 Cm.) - desde la superficie deberá consistir de carburos primarios (de cualquiera de las formas: acicular, celular ó mescla de ambas). Las venas-

grafíticas deberán de ser del tipo A y B con medidas de 4 a 7 en una matriz de perlita fina.

La cantidad de carburos primarios deberá ser especificada por el comprador y deberá ser establecida de acuerdo con el vendedor, - en el mejor de los casos el árbol de levas fundido será selectivamente endurecido por tratamiento térmico de flama o inducción y la nariz de la leva presentará martensita en su matriz.

La profundidad de la dureza deberá ser especificada por el comprador.

CAPITULO IV

DIFERENTES TIPOS DE HERRAMIENTAS EN EL MAQUINADO.

La maquinabilidad es una medición arbitraria de la relativa facilidad de corte de un metal.

Básicamente podemos clasificar como herramientas de corte usadas en el maquinado de la fundición de hierro en tres clases.

- 1.- Aceros alta velocidad.
- 2.- Aleaciones fundidas no ferrosas.
- 3.- Carburos sinterizados.

Además de los de reciente creación, los óxidos cerámicos y la combinación de éstos con aleaciones metálicas.

Los aceros de alta velocidad se clasifican en tres grupos básicos.

- 1.- Aceros alta velocidad al W.
- 2.- Aceros alta velocidad al Mo.
- 3.- Aceros alta velocidad al Mo-W.

En la adición a estos tres tipos básicos, se pueden citar grados especiales conteniendo Co y V.

El cobalto eleva la temperatura de recocido de un acero, por lo tanto es usado teniendo en consideración que se van a trabajar cortes a alta velocidad donde se desarrolla una elevada temperatura en la herramienta. El V (vanadio) es agregado para dar resistencia a la abrasión incrementando así la resistencia a altas temperaturas.

La combinación de aceros Mo-W fueron desarrollados para evitar las características de descomposición en aceros al Mo siendo el W el elemento adecuado para ese fenómeno.

ALEACIONES FUNDIDAS NO FERROSAS

Las herramientas de corte no ferrosas fundidas son generalmente de - Cr, Co y V con variantes.

Estos materiales son fundidos y endurecidos en su condición misma, - pues no responden a tratamiento térmico, herramienta hecha de est - tiene una alta red de dureza y resistencia. Estos materia- les pueden ser usados aproximadamente hasta unas dos veces más la ve- locidad de corte en superficie, en comparación a las herramientas or- dinarias de acero de alta velocidad. Se conoce este tipo de herra- mientas con el nombre de Stellite, (comercialmente) herramientas - relativamente nuevas en el mercado nacional.

HERRAMIENTAS HECHAS A BASE DE CARBUROS SINTERIZADOS

Este tipo de herramientas son las que tienen en la actualidad mayor- uso en el maquinado del hierro gris. Estas herramientas están hechas esencialmente de WC por el proceso de metalurgia en polvos. La prin- cipal ventaja es su gran resistencia a la abrasión y la elevada dure- sa aún en el trabajo al rojo (alta temperatura).

TABLA 1.- CLASIFICACION DE HERRAMIENTA DE WC.

Grupo de Composición, % (resto WC) Carburo.	Co	TaC + TiC	Dureza Rockwell A	Densidad gr. por c.c.
CARBURO DE TUNGSTENO				
1	2.5 a 6.5	0 a 3	93 a 91	15.2 a 14.7
2	6.5 a 15	0 a 2	92 a 88	14.8 a 13.9
3	15 a 30	0 a 5	88 a 85	13.9 a 12.5
Adiciones al carburo predominando TiC				
4	3 a 7	20 a 42	93.5 a 92	11.0 a 9
5	7 a 10	10 a 22	92.5 a 90	12 a 11
6	10 a 12	8 a 15	92 a 89	13 a 12
Adiciones al carburo predominando TaC				
7	4.5 a 8	16 a 25	93.0 a 91.0	12.5 a 12
8	8 a	12 a 20	92 a 89	13 a 11.5
Adiciones al carburo exclusivamente TaC				
9	5.5 a 16	18 a 30	91.5 a 84	14.8 a 13.3

HERRAMIENTAS CERAMICAS

Por herramientas cerámicas se entiende el producto de sinterización del óxido de aluminio Al_2O_3 (corindón), que se presenta en el comercio bajo la forma de placas prismáticas blancas (triangulares, cuadradas, etc.), y que generalmente se fijan mediante sistema mecánico sobre porta-herramientas especiales.

VENTAJAS QUE PRESENTA ESTE PRODUCTO CERAMICO

- 1.- Anulamiento del cráter en la cara superior de la herramienta. - De hecho no se debe formar sobre ella la arista ficticia y no permanece mellada la superficie de deslizamiento de la viruta.
- 2.- Elevada resistencia al desgante.
- 3.- Óptima resistencia al resquebrajado. No se forman fácilmente - resquebrajaduras ni grietas.

DIFERENTES PROCESOS DEL MAQUINADO DEL HIERRO GRIS

Para el maquinado de piezas autoconstruibles se sigue un orden en el proceso como el siguiente:

- 1.- Fresado.
- 2.- Taladrado.
- 3.- Machuelado.
- 4.- Barrenado.
- 5.- Madrilado.
- 6.- Torneado.
- 7.- Brochado.
- 8.- Rectificado.

Fig. 2

TABLA COMPARATIVA DE GRADOS DE CARRURO DE TUNGSTENO CON SUS APLICACIONES

Clase de Aplicación	Adones	Carbide	Carbet	Formed	Form-Land	Form-Ston	Formell	ISO	Kane-Karb	Kennametal	Metal Carbide (Trade)	Powertech	Sumitomo (Formosa)	Tait	Tenax	Udde	Valenite	V. V. W. Co.	Widia
C1	B	MA	CA-3	FA-6	MA			E 30	C-4	B1	C-20	MC-4 C-17	FA-10 FA-20	SC-1	D-15	D-15	VC-1	VA-30 VA-40	TR-50 TR-70
C2	A AM	801 8A-6	CA-4	FA-61 FA-6	MA	DMC11		E 30	C-3	66		C-11 MC-1	FA-10 MP	SC-3	G-1 U	G-1 U	VC-3	VA-8	TR-30
C3	AA	905	CA-7	FA-7	MS			E 10	C-6	68	C-22	C-15 MC-2	FA-10	SC-3	MI	MI	VC-3	VA-7	TR-10
C4	AAA	999	CA-8	FA-8 FA-7	MP			E 31	C-7	611	C-25	MC-2	FA-20	SC-3	MI MI	MI	VC-4	VA-7	TR-65 TR-85
C6	434 D5	370 788	CA-708 CA-618	FA-3 FA-5	TD TR21	DMC17		F 40	B-3 A-1	171 173 1M	1-68 1-15	MC-3 1-4			177 U2	177 U2	VC-118	VA-27 VA-30	TR-27 TR-30
C4	D	770 750	CA-770	FA-3 FA-4	TA TR24			F 30	B-1 A-1	171 173 1M	1-30	MC-3 1-4	1-4	SC-6	177 U2	177 U2	VC-118	VA-27 VA-30	TR-27 TR-30
C7	548 C	350 75	CA-711 CA-856	FA-61 FA-6	TR24 TR2			F 10	B-4	171 173 1M	1-11	MC-10 1-1	1-1	SC-3	177 U2	177 U2	VC-7	VA-27 VA-30	TR-10
C8	CC 679	330	CA-706	FA-3 FA-3	WP TR1			PO-1	A-7	171 173 1M	1-66 1-15	MC-3 1-4	1-4	SC-8	WP WP	WP WP	VC-8	VA-27 VA-30	TR-43 TR-65
C9	A	44A 880	CA-9	FA-6	HA				C-3	68 611	C-25 MC-3			SC-9			VC-9	VA-8 VA-8	
C10	B	770 84A	CA-12 CA-3	FA-6	M				C-4	66 611 611	C-20 MC-3 C-25			SC-10			VC-10	VA-40 VA-30 VA-6	
C-11	88	518 51A	CA-10	FA-3	MC				C-4	68 611 611	C-20 MC-3			SC-11			VC-11	VA-8	
C-12	88	512 51A	CA-10	FA-3	DC2 DC1				C-4	66	C-25 C-15			SC-12			VC-12	VA-8 VA-8 VA-8	
C-13	MD15	518 51A	CA-11	FA-3	DC1				C-4	66 611	C-25			SC-13			VC-13	VA-10 VA-8 VA-8	
C-14	DM21	198	CA-775	FA-3	DC1				C-4	66	C-15	MC-10		SC-14			VC-14	VA-8 VA-8	
C-15 C-15A	GG 562	770	CA-618	FA-6 FA-6						171 173 1M	CT-20						VC-118		

C1 — Ductiles — Ferro Calado y Materiales no Formados.
 C2 — Uso General — Ferro Calado y Materiales no Formados.
 C3 — Acabados Ligeros — Ferro Calado y Materiales no Formados.
 C4 — Para Taladrar con Presión.
 C5 — Ductiles — Acero y no Aleaciones.

C6 — Uso General — Acero y no Aleaciones.
 C7 — Acabados — Acero y no Aleaciones.
 C8 — Para Taladrar con Presión — Acero y no Aleaciones.
 C9 — Superficies de Desgaste sin Chispas.
 C10 — Superficies de Desgaste con Chispas Ligeros.

C11 — Superficies de Desgaste con Chispas Pesadas.
 C12 — Impacto Ligero.
 C13 — Impacto Medio.
 C14 — Impacto Pesado.
 C15 — Desgaste Ligero de Soldadura en Carbono.

MICROESTRUCTURA

La microestructura es la estructura visible solamente con la ayuda de un microscopio después de la propia preparación, tal como pulido y ataque.

ESTRUCTURA DEL HIERRO GRIS.

La estructura puede variar en su composición estructural dentro de los amplios límites y adquirir un gran número de propiedades y aplicaciones. El examen microscópico del hierro gris, revela la presencia de los siguientes constituyentes estructurales en porcentajes variables, dependiendo del carácter del hierro: Grafito, perlita, ferrita, cementita, austenita, sulfuro de manganeso, etc.

GRAFITO EN EL HIERRO GRIS.

El grafito es el constituyente más importante del hierro gris. La cantidad, tamaño, forma y distribución de las láminas de grafito halladas en este hierro, regulan en gran parte sus propiedades finales. El carbono presente en el hierro gris, se encuentra principalmente en forma de grafito, el cual tiene una densidad relativamente baja, y por lo tanto, ocupa un volumen mayor que el registrado por el porcentaje en peso. Además del gran porcentaje de grafito en volumen presente en el hierro gris, el efecto de aquél se emplea por su forma parecida a láminas debido a lo cual el grafito rompe la continuidad del hierro y lo debilita grandemente. Si el grafito se halla presente en partículas pequeñas, redondas y bien distribuidas, su efecto debilitador es mucho menos pronunciado y el hierro adquiere propiedades mecánicas mejores.

PERLITA EN EL HIERRO COLADO GRIS

La perlita del hierro colado gris, es la misma que está presente en el acero. El carbono se presenta en forma combinada (Fe_3C) formando capas con la ferrita cuando se enfría y atraviesa el límite crítico del hierro, formándose así la perlita. Debido a la presencia de fósforo, silicio y manganeso un contenido de carbono combinado compr

de entre 0.50 % y 0.89 % puede producir en el hierro una matriz estructural la cual es en gran parte perlítica. Es posible tener todo el carbono presente en el hierro gris en forma de grafito, en cuyo caso da como resultado una estructura de ferrita y grafito con nada de perlita, siendo el hierro blando y débil y a medida que aumenta la cantidad de carbono combinado, el hierro pasa desde todo ferrita y grafito a perlita y grafito aumentando su dureza. Una pieza colada formada por perlita y grafito, se dice que es de hierro gris perlítico y se considera como la mejor estructura posible, por lo que se refiere a la resistencia mecánica, además tiene buena facilidad de mecanizado.

La perlita influye en las propiedades del hierro gris como sigue:

- a).- la resistencia mecánica del hierro gris aumenta con la cantidad de perlita.
- b).- Cuanto más finos son los constituyentes de la perlita (es decir, capas de ferrita y cementita) más resistente es el hierro.
- c).- Cuanto más fino es el tamaño del grano más grande es la resistencia mecánica.
- d).- La dureza (Brinell) aumenta a medida que crece la finura y la cantidad de perlita al pasar desde el estado ferrítico al perlítico.
- e).- El aumento de finura y de la cantidad de perlita, así como la disminución del tamaño del grano, da como resultado un aumento de tenacidad apreciable en las operaciones de mecanizado.

CEMENTITA LIBRE EN EL HIERRO COLADO GRIS

La presencia de cementita libre en el hierro colado gris, aumenta la dificultad del mecanizado y disminuye la resistencia del hierro. La cementita es muy dura y frágil y su presencia en forma libre como cementita puede ser accidental o con el fin de aumentar la dureza y la resistencia al desgaste del hierro. Ordinariamente la cementita li-

bre en grandes cantidades se encuentra solamente en el hierro colado blanco y duro o en los hierros templados.

FERRITA EN EL HIERRO COLADO GRIS

La ferrita es un constituyente blando y dúctil por naturaleza que posee buena resistencia a la tracción. No hay ferrita libre presente en el hierro gris a menos que el contenido de carbono combinado esté por debajo del que produce una matriz perlítica, la presencia de ferrita libre no comunica ductilidad al hierro colado gris, debido a que las láminas de grafito rompen la continuidad de la matriz de ferrita. Un hierro colado gris altamente ferrítico no es dúctil porque significa menos perlita y más carbono grafitico, dando como resultado un hierro colado gris de menor resistencia mecánica y más blando que el que contiene matriz perlítica.

ESTEADITA EN EL HIERRO COLADO GRIS

La esteadita es un constituyente eutéctico debido a la presencia de fósforo, el cual está en forma de fosforo de hierro, se combina con el hierro para formar un constituyente de bajo punto de fusión, que funde alrededor de 955° a 980°. La esteadita es dura y frágil y se considera perjudicial en los hierros cuando se requieren buenas propiedades de mecanización. La esteadita contiene casi 10 % de fósforo; y 1 % de hierro fosforoso forma alrededor de 10 % de esteadita. El fósforo aumenta la fluidez (solubilidad) del hierro fundido, pero es mejor obtener la fluidez con temperaturas más elevadas de sangrado y colado cuando se desea buena resistencia mecánica.

CONSTITUYENTES SECUNDARIOS DEL HIERRO COLADO GRIS

Incluyen: Sulfuro de manganeso (MnS), óxidos y gases.

El sulfuro de manganeso está presente como inclusiones relativamente pequeñas dispersas en el hierro y tienen un efecto no apreciable sobre la resistencia mecánica del hierro. Los óxidos y gases debilitan el hierro y producen porfirias de densidad y piezas defectuosas.

La oxidación del hierro colado da como resultado un marcado crecimiento en el volumen del hierro, el cual da molestias cuando el hie-

ro se somete a elevadas temperaturas.

EFECTO DE LA COMPOSICION

Hablaremos primero de la composición ya que ésta es la que nos define la estructura.

La metalurgia de los hierros fundidos es muy compleja porque son básicamente aleaciones ternarias de hierro carbón y silicio, los hierros fundidos no pueden ser representados metalúrgicamente sobre el diagrama binario hierro carbón (el cual se usa en aceros), pero como quiera que sea para algunos objetos la composición básica del hierro gris puede describirse en términos del factor carbón equivalente, en el cual el silicio y fósforo son representados como adiciones fraccionales de carbono. El carbono equivalente generalmente se calcula así:

$$C.E. = C_t \frac{1}{3} (\% Si + \% P)$$

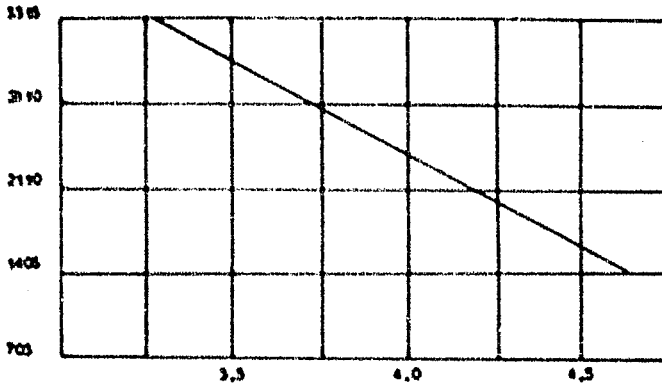
C.E. = Carbono Equivalente.

C_t = Carbono Total.

El carbono equivalente tiene significado metalúrgico, por indicar la forma de solidificación del hierro y consecuentemente la microestructura básica.

Hierros con un carbono equivalente sobre 4.3 son llamados hierros hiper-eutécticos y son usados particularmente en donde es necesario resistencia al choque térmico y otras aplicaciones como las lingoteras. Los hierros de alta resistencia son los que están abajo de 4.3 % de carbono equivalente (hipoeutécticos) porque la cantidad de grafito contenido decrece con el carbono equivalente. El efecto procedido del carbono equivalente sobre la resistencia a la tracción en una barra de 3.8 Cm de diámetro, se muestra en la siguiente figura 3.

Los elementos comúnmente presentes o agregados al hierro gris, pueden clasificarse en dos grupos de acuerdo al efecto que imparten durante la solidificación y enfriamiento. Los elementos que promueven la formación de grafito son llamados elementos " grafitizantes " y los elementos que tienden a retener el carbón en forma de compuestos duros (carburo de hierro) son llamados " estabilizadores de carburos." La influencia que ejercen dichos elementos en la grafitización o estabilización de carburos se muestra en la figura 4.



CARBON EQUIVALENTE

FIGURA 3

RELACION GENERAL DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION SOBRE C.E. EN UNA BARRA DE 5.8 CM. DE DIAMETRO.

	ELEMENTO	VALOR GRAFITIZANTE
GRAFITIZANTES	Si	+ 1.00
	Al	+ 0.50 e
	Ti	+ 0.40 b
	Mn	+ 0.35
	Cu	+ 0.20 e
ESTABILIZADORES DE CARBuros	Mo	- 0.25 d
	Nb	- 0.30 e
	Cr	- 1.00
	V	- 2.50 f

FIGURA 4

- a).- El efecto es sobre el 2 % Al, pues del 2 al 4 % los valores de grafitización decrecen gradualmente.
- b).- Valor medio 0.1 a 0.2 % Ti, en esta forma el titanio tiene una mayor acción que el silicio en la formación de grafito, pues en mayores cantidades tiene menor efecto que el silicio.
- c).- Los valores bajan a 0.05 % en el caso de contenidos de carbono de cerca de 3.0 %.
- d).- Para contenidos de Mn de 0.8 y 1.5 %, menos de 0.8 % de Mn tiene un débil efecto sobre la formación de carburos y puede aún tener una fuerte influencia en la formación de grafito, abajo de 0.6 % en presencia de S.
- e).- Para contenidos de Mo entre 0.8 y 1.5 %, abajo de este rango el Mo tiene una débil acción sobre la formación de grafito; arriba de esto tiene fuerte acción.
- f).- Valor medio.

El manganeso, azufre y fósforo están presentes ordinariamente en el hierro gris sin alear y su influencia en la resistencia a la tracción posee un grado de importancia.

Una función importante del manganeso es combinarse con el azufre presente y formar el sulfuro de manganeso que se presenta en formas de inclusiones no metálicas, previniendo así la fragilidad que da la presencia del sulfuro de hierro rodeando el grano (celda). El manganeso deberá estar presente en cantidades iguales o mayores que $1.7 \times \% S + 0.3$ %, para prevenir la formación de sulfuro de hierro. El Mn en exceso de esta cantidad es un suave estabilizador de carburos, refina la perlita e incrementa la resistencia a la tensión. El P en cantidades de 0.15 %, incrementa la resistencia a la tracción, pero este elemento reduce la maquinabilidad y puede causar la porosidad interna -- dispersada en secciones r/a gruesas, secciones semejantes a una sa--liente; por esta razón el P es mantenido lo más bajo posible excepto para casos de hierros especiales. El contenido de S a 0.40 % tiene ligera influencia sobre la resistencia pero este elemento es también indeseable y es reducido al mínimo.

La influencia de rigor de los más importantes elementos de aleación - sobre la resistencia a la tracción del hierro gris, es indicada por - medio de factores multiplicados como se observa en la siguiente figura 5.

La resistencia a la tracción básica en el hierro (determinada por el C.E y la medida de la sección de la pieza), es multiplicada por los factores obtenidos para las cantidades de cada uno de los elementos - contenidos en esa composición. El efecto de la medida de la sección es obtenido de la figura 6, y empleándola en la ecuación:

$$T.S = 703 (b - 2 C.E) (P_1) (P_2) (P_3).$$

Actualmente la resistencia es determinada por este método, incrementando cantidades de elementos grafitizantes que producen un ligero o moderado incremento en la resistencia, por el contrario adiciones de estabilizadores de carburos, ejemplo: Cr, Mo ó V, marcan la resistencia a la tensión y algún sacrificio en la maquinabilidad. El Cr y V en moderadas cantidades son muy usadas para mantener la dureza y resistencia en secciones gruesas. El molibdeno es particularmente efectivo en incremento de resistencia a la tracción, 0.5% de Mo usualmente provee de una resistencia de 492 kgs cms.², 1% de 1054.5 kgs cms.². El Ni es de especial valor en ambas secciones gruesas y delgadas, pues evita zonas delgadas, duras y manteniendo la dureza y resistencia en secciones gruesas. Adiciones de Cr ó Mo del orden del 1%, ó V con un 0.3%, no son frecuentemente empleados porque hay la tendencia a formar carburos nocivos duros, pero balanceando las adiciones de aleación con elementos grafitizantes tales como Si ó Cu, con elementos estabilizadores de carburos tales como Cr ó Mo, son muy efectivos en mejorar la resistencia del hierro gris.

Ciertos elementos ejercen muy marcados efectos sobre las propiedades de tracción del hierro fundido cuando están presentes en muy pequeñas cantidades. Ca, Co, Mg, La, B y Te son fuertes estabilizadores de carburos. Al y Ti en cantidades menores que 0.25% son grafitizantes. Pequeñas cantidades de Mg ó Ce del orden de 0.01% refina el grafito en la estructura del hierro gris y en mayores cantidades causa la formación de grafito esferoidal en hierro dúctil (nodular). Menos de 0.05% de B ó 0.005% de Te, pueden ser usados a tener la tenden-

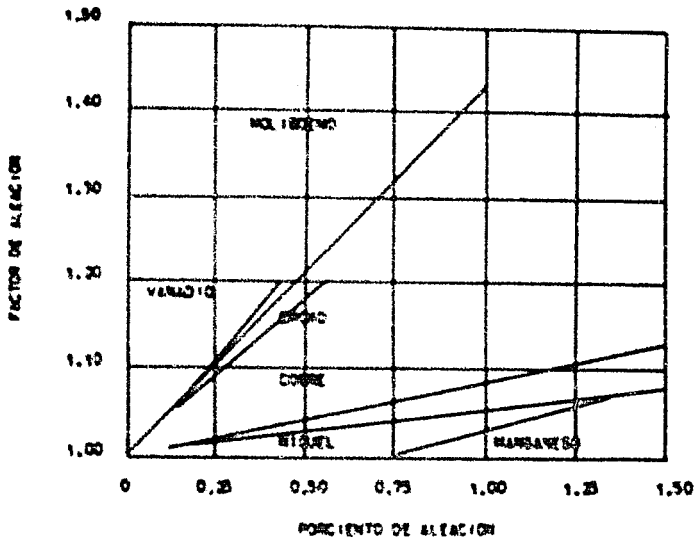


FIGURA 5

LA INFLUENCIA DE ELEMENTOS DE ALEACION SOBRE LA RESISTENCIA A LA TRACCION, EXPRESADOS SOBRE FACTOR DE ALEACION.

EL FACTOR DE ALEACION USADO PARA CALCULAR LA PROBABLE RESISTENCIA A LA TENSION DE UN HIERRO GRIS, SE USA LA SIGUIENTE ECUACION.

$$T.S = 703 (1 + 2 C.E.) (F_1) (F_2) (F_3)$$

DE DONDE:

T.S = RESISTENCIA A LA TRACCION (KG/CM²)

b = DIMENSION DE SECCION CONSTANTE PARA LA

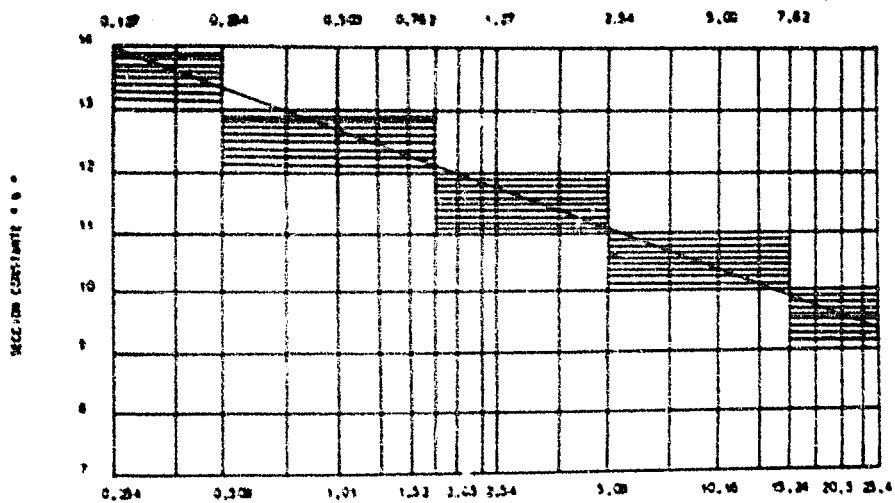
FIGURA 6.

C.E = CARBONO EQUIVALENTE.

F₁, F₂, F₃ = FACTORES DE ALEACION PARA LA

FIGURA 5.

EQUIVALENTE ESPESOR EN CM.



DIAMETRO EQUIVALENTE CM.

FIGURA 6

RELACION DEL ESPESOR DE LA FUNDICION O EL DIAMETRO DE LA SECCION CONSTANTE "b" ES UTILIZADA PARA CALCULAR LA RESISTENCIA O TENSION PROBABLE, DEJDO EL C.E. Y CONTENIDO DE ALEACION DEL HIERRO GRIS.

cia de blanquear al enfriamiento del hierro, quedando duro cuando se desee en la superficie de la fundición hierro blanco. La adición de ciertos elementos a la aleación antes de colar se llama inoculación. Este método proporciona propiedades al metal para refinar el grafito en la estructura y además provee el control sobre la estabilidad de carburos en el hierro, el efecto de inoculación es tan bueno como el C.E. en la resistencia a la tracción como se ve en la figura 7.

Otros procesos recientemente descubiertos inyectan magníficos materiales como carburo de calcio, óxido de magnesio u óxidos de tierras raras, dentro del metal fundido con un gas inerte.

Esas adiciones producen una microestructura y propiedades consecuentemente superiores, este producto es llamado hierro grado superior.

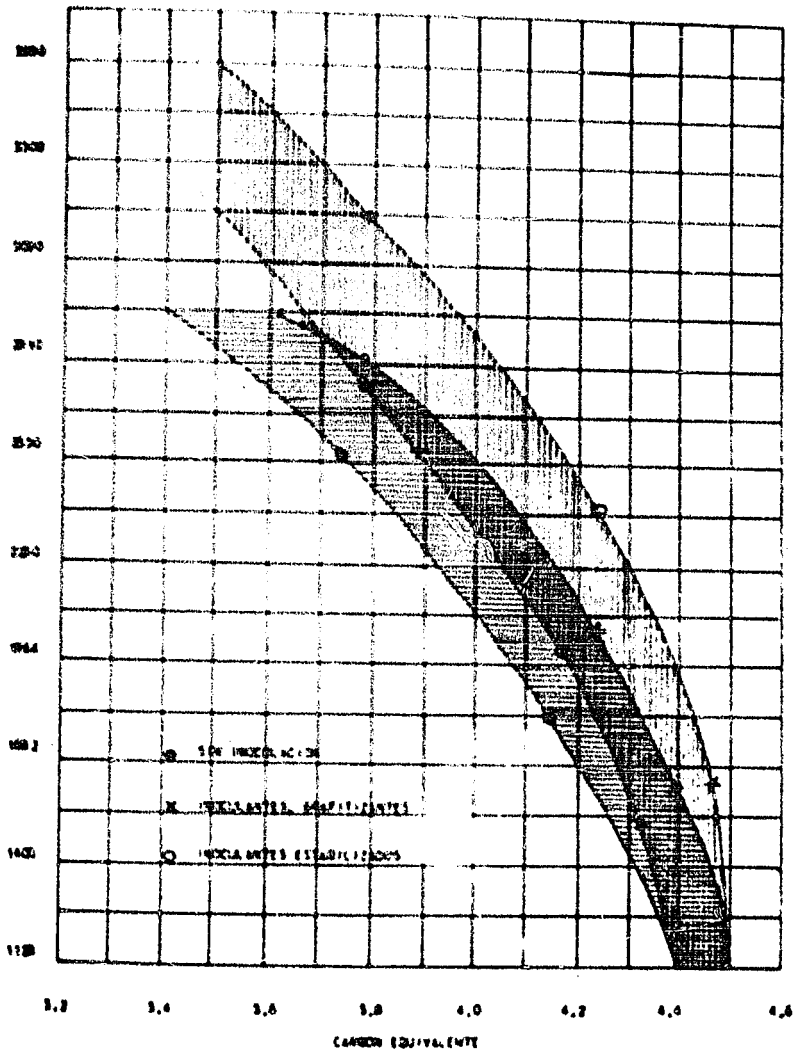
EFFECTOS DE LA MICROESTRUCTURA.

La microestructura es la más importante consideración en la determinación de las propiedades. La microestructura depende del análisis químico y la velocidad de enfriamiento (espesor o pared) de la pieza. Propiedades tales como maquinabilidad y resistencia al desgaste dependen exclusivamente a la microestructura. La microestructura depende principalmente de dos partes principales: Venas grafiticas y matriz del metal que rodea el grafito. Para su estudio la muestra es pulida cuidadosamente y observada al microscopio metalográfico, la muestra se observa primero sin ataque (solamente pulida), con objeto de determinar la distribución, tipo y tamaño de las venas grafiticas de acuerdo a la especificación ASTM 247-47 y que es la siguiente:

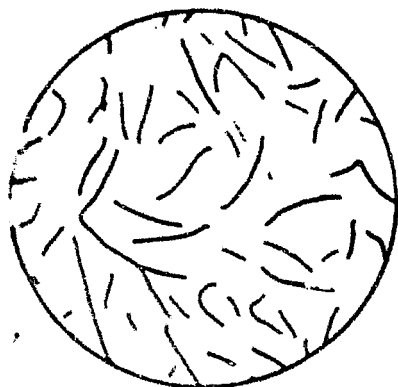
TIPO: DESCRIPCION

- A Distribución uniforme, orientación al azar.
- B Grupos en forma de roseta, orientación al azar.
- C Venas superpuestas, orientación al azar.
- D Segregación inter-dentrificica (forma autdética) orientación al azar.
- E Segregación inter-dentrificica, orientación preferente.

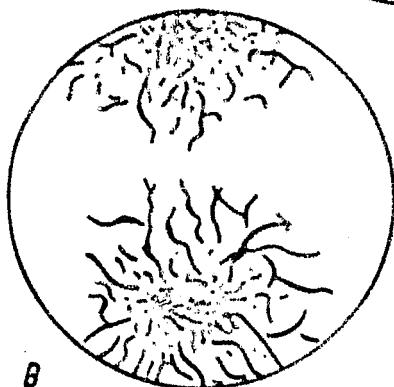
Para observar la estructura de la matriz, se acote al ataque con reactivos especiales según el caso. Generalmente nital (FeSO_4) y alcohol --



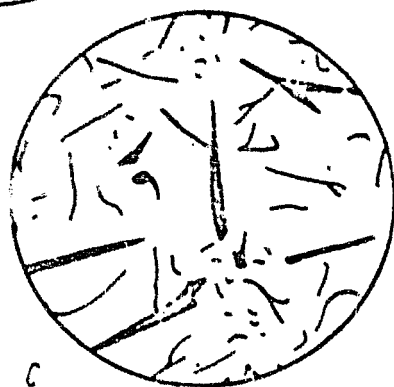
RELACION GENERAL ENTRE EL C.E. Y LA RESISTENCIA A LA TRACCION DEL HIERRO GRIS EN UNA BARRA DE 3.048 CM. DE DIAMETRO, ES INFLUENCIADA POR LA PRACTICA DE LA INYECCION.



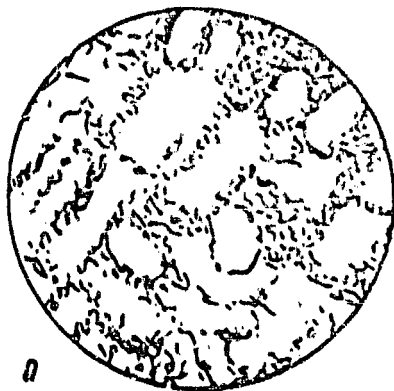
Distribution: A



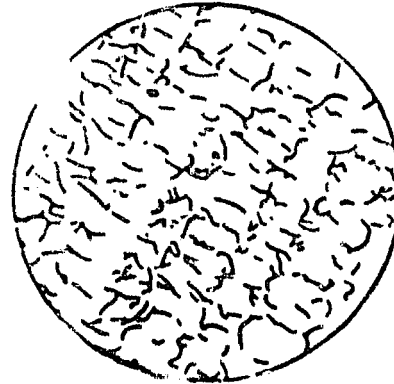
B



C

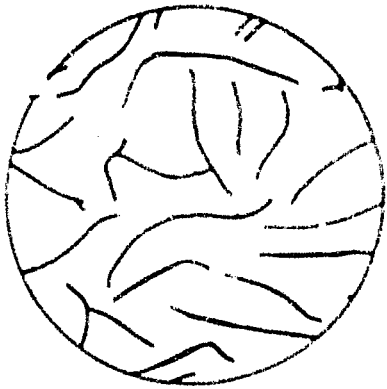


D

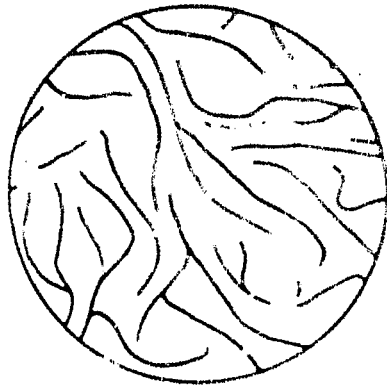
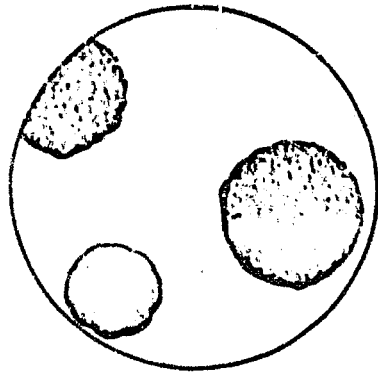


1957

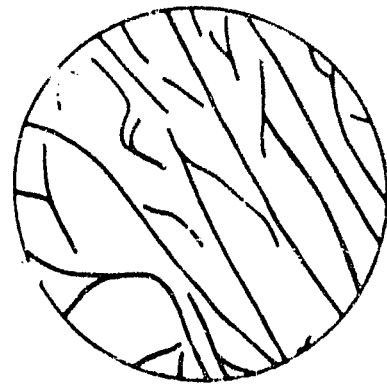
1957



3



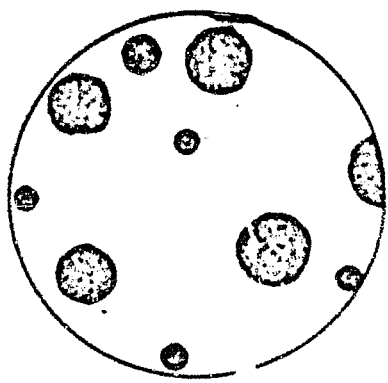
2



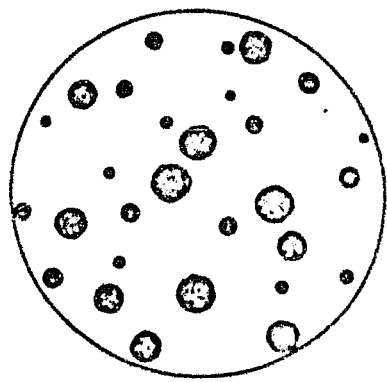
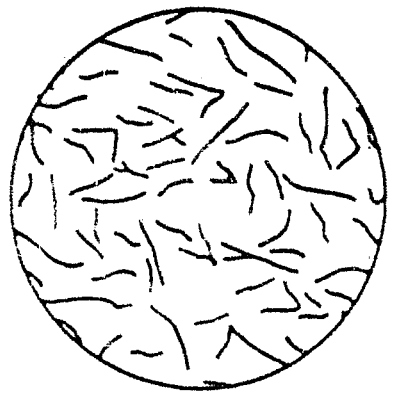
1

Dimension: 1

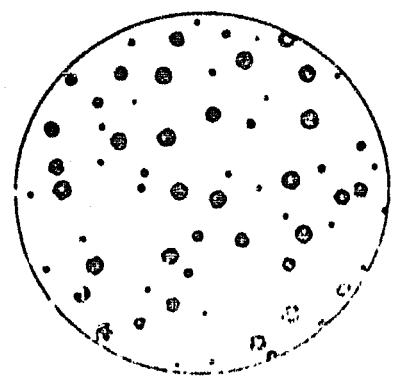
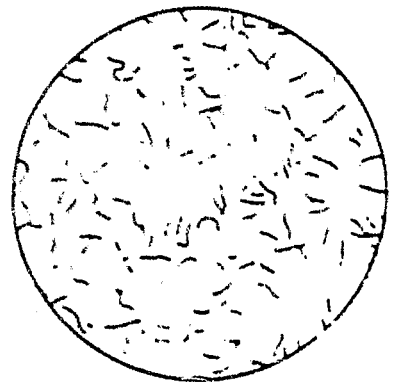




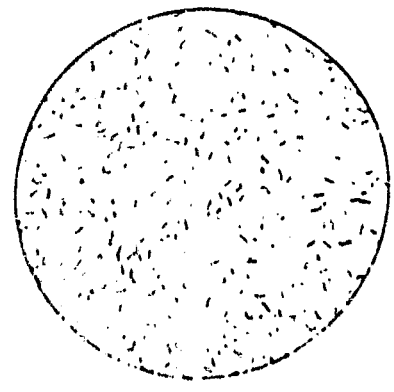
7



5



9

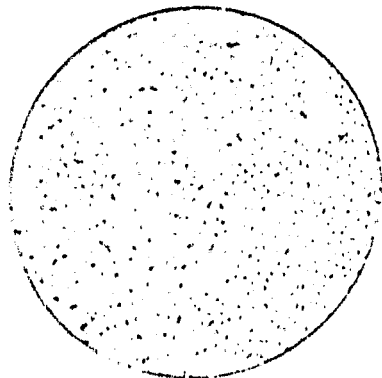
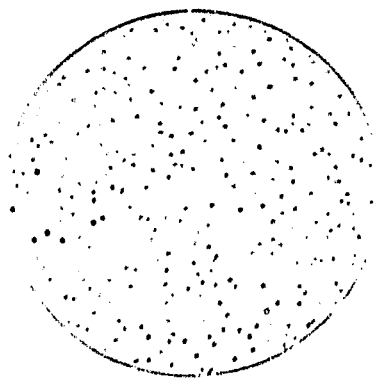
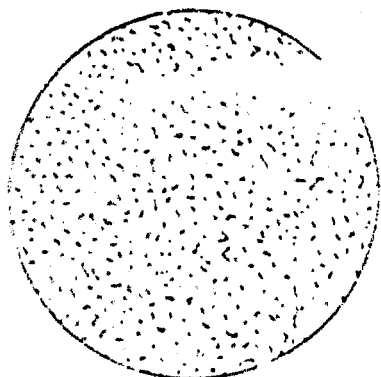
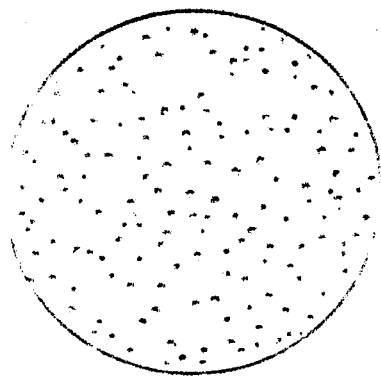


1157

1157

1157

1157



8

112

112

112

silicio) y en el microscopio se observan los diferentes componentes ya tratados con anterioridad (perlita, ferrita, etc.).

La forma y tamaño del grafito se muestran en la siguiente figura 8.

La distribución uniforme del tipo "A" es el preferido en los hierros - en cuestión, siendo este tipo el de mejores propiedades mecánicas.

El tipo de roseta, o sea el "E" tiende a tener ferrita (compuesto suave) en el centro de la roseta, y las venas radiales generalmente largas no dan alta resistencia.

El tipo "C" de grafito superpuesto, aparece en hierros de baja resistencia, con hierros de alto carbón (hipereutécticos), los cuales son buenos en aplicaciones de choque térmico, pero tienen baja resistencia y la superficie maquinada es tosca.

La forma eutéctica del tipo de "D" (grafito) aparece en los hierros con alto silicio, que son enfriados rápidamente y al mismo tiempo son objeccionables porque tienden a la formación de matriz suave ferrita. - Este tipo de hierro tiene muy buena maquinabilidad, pero muy pobre resistencia al desgaste; como quiera que sea la estructura de la matriz puede ser completamente controlada por tratamientos térmicos, esto es usual en fundiciones de molde permanente en donde el grafito tipo "D" es típico.

El grafito tipo "E" se presenta en hierros de contenido de carbono totalmente bajo. Esto es indeseable donde se busca buena resistencia, - porque el grafito enrejado reduce la resistencia al valor más bajo en resistencia al obtenido con el tipo "A".

La estructura de la matriz del hierro gris (excepte las fundiciones - con tratamiento térmico) deberán ser totalmente ferríticas, totalmente perlíticas o mesclas de esos constituyentes. La ferrita es esencialmente carbón libre pero conteniendo Si y Mn en solución sólida.

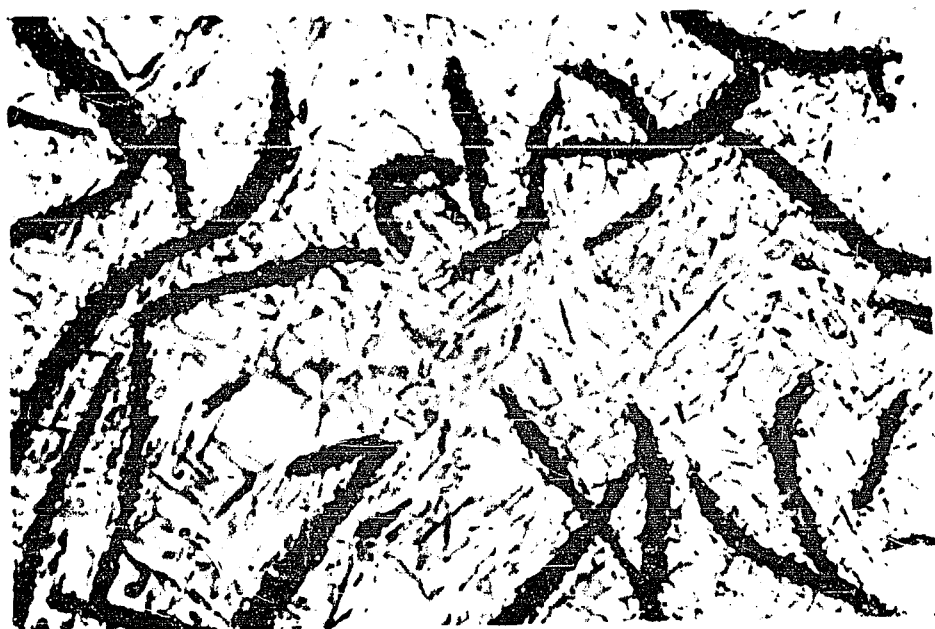
La ferrita provee de excelente maquinabilidad pero baja la resistencia. La tendencia a aumentar el contenido de ferrita es directamente proporcional con el contenido de carbono equivalente del hierro y la cantidad y contenido de elementos grafitizantes presentes. Un incremento - en estabilizantes de carburos y un rápido enfriamiento de la fundición principalmente en el rango desde 760°C - 648.8 reduce o elimina la can



Potografía No. 1 a 250 X



Potografía No. 2 a 500 X



Fotografía No. 3 a 500 X

idad de ferrita libre en la matriz.

La perlita consiste de capas o zonas alternadas de ferrita (suave) - y carburo de hierro (cementita su) duro). La perlita provee al hierro de resistencia, la finesa de las capas alternadas de ferrita y carburo en la estructura perlítica, dan la alta dureza y resistencia. La cantidad y finura de la perlita en la estructura de la matriz, también depende del análisis del hierro y se incrementa con el rango de enfriamiento de la fundición desde 750°C - 500°C. El porcentaje de perlita en la matriz está indicado por el contenido de carbono combinado, pero éste no es una precisa indicación porque la cantidad de carbono combinado necesario para una matriz enteramente perlítica, varía inversamente con el contenido de silicio desde aproximadamente 0.65% - 0.60% de carbono combinado como lo demuestra la fotomicrografía de un hierro gris ferrítico (No. 1). En la fotografía (No. 2) se presenta un hierro gris perlítico y en la fotografía (No. 3) un hierro gris con estructura acicular (lograda por tratamiento térmico).

La estructura del hierro gris en su matriz puede combinarse por medio del tratamiento térmico pero el grafito una vez formado sufre una ligera influencia por el tratamiento térmico. La matriz puede ser cambiada por el tratamiento térmico a un compuesto sumamente duro que es la martensita de temple, y estructura acicular de austenopered o bien toda ferrita o toda perlita.

DATOS DE MICROESTRUCTURA Y MAQUILABILIDAD DEL HIERRO GRIS

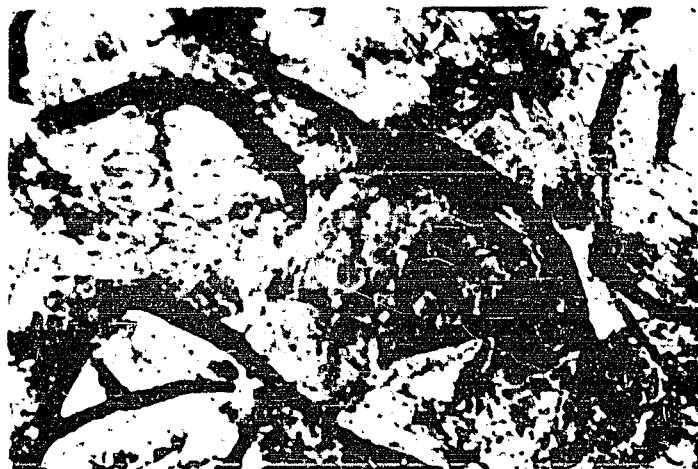
La presencia del grafito es importante en la vida de la herramienta, - éste tiene el efecto de atillar la viruta y actuar como lubricante, - pero la forma y cantidad de grafito no son críticas en la vida de la herramienta en los rangos que comúnmente se presentan los tipos de hierro fundido. LA VIDA DE LA HERRAMIENTA ES DIRECTAMENTE AFECTADA POR LA MICROESTRUCTURA DE LA MATRIZ, la cual contiene el grafito. Ejemplos típicos de microestructura de hierro gris, se presentan en las siguientes microfotografías en el orden decreciente de la vida de la herramienta (todas las fotos son de hierros vaciados menos la ferrítica -- que se logró por tratamiento térmico):



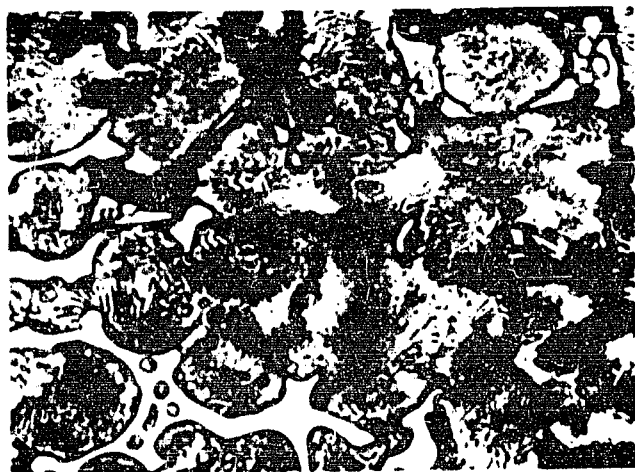
Fotografia No. 4 a 250 X
 Matriz Peritica



Fotografia No. 5 a 500 X
 Peritica y Peritica



Fotografia No. 6 400 X
Perlita fina



Fotografia No. 7 500 X
Zentaulita

Las curvas de la vida de la herramienta en operaciones de fresado con herramienta de carburo para una serie de hierros grises con estructura de diferente matriz, se representan con la figura 9.

Con el propósito de comparar en lo que puede notarse que el hierro gris con contenido perlítico testa muestra una vida de herramienta de 21.320 mts³ a la velocidad de corte de 121.92 mts por minuto, esto es el doble que para el hierro de perlita fina.

La diferencia en la correspondiente Dureza de Brinell 195-217 no debería indicar esta diferencia en la maquinabilidad.

La presencia de carburos libres en la estructura de hierros fundidos, es muy nociva a la vida de la herramienta, una pequeña cantidad de carburos libres (5% puede reducir la vida de la herramienta hasta en un 70%). Ver figura 10.

LA DUREZA MEDIDA DE LOS HIERROS FUNDIDOS CLASIFICADOS POR SU ESTRUCTURA GENERAL

Hierro gris ferrítico (normalizado o recocido).	110 - 140
Hierros austeníticos.	140 - 160 *
Hierro gris suave.	140 - 180
Hierros perlíticos.	160 - 220
Hierro perlítico aleado de bajo contenido.	200 - 250
Hierros martensíticos templados.	260 - 350
Hierros martensíticos.	350 - 450
Hierros blancos sin aleación (de acuerdo al contenido de carbono).	280 - 500
Hierro blanco aleado.	450 - 550
Hierro blanco martensítico.	550 - 700
Hierro nitrurado (superficialmente).	900 - 1000

* Puede ser incrementado por el aumento de contenido de cromo.

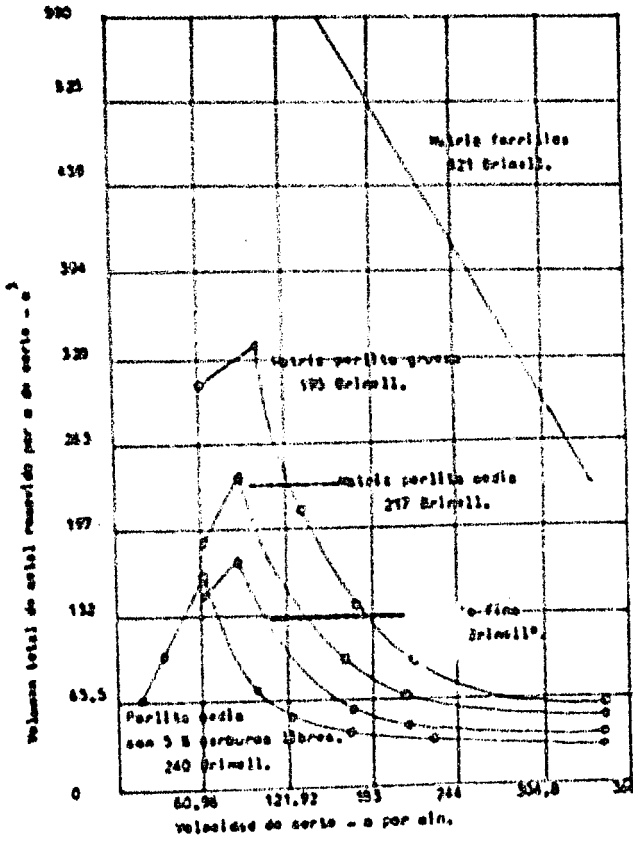


Fig. 9

Volumen total de agua removido por m de profundidad de corte / m^3

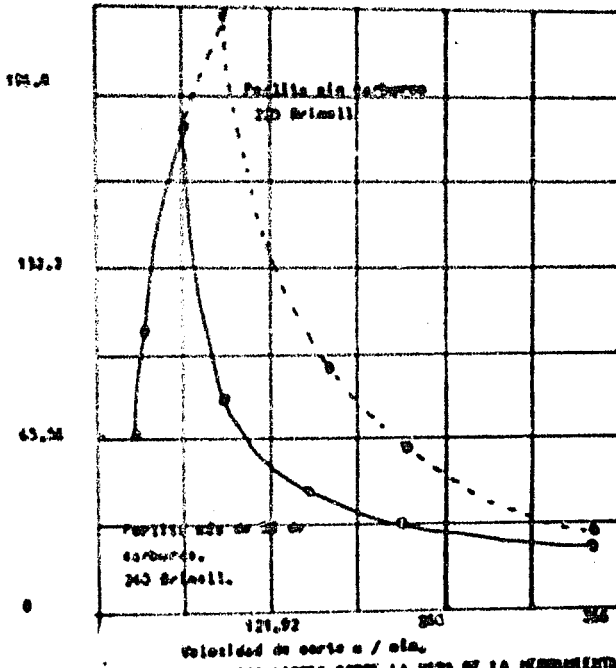


FIG. 9) EFECTO DE CAMBIOS LIBRES SOBRE LA VIDA DE LA HERRAMIENTA.

la dependencia de maquinabilidad sobre la microestructura, es evidente en todos los tipos de maquinado (así como su velocidad de corte), -- las siguientes curvas muestran la vida de la herramienta sobre 4 diferentes estructuras en su matriz (torneado) figura 11.

ACABADO DE LA SUPERFICIE

Hay varios factores que influyen en el acabado de la superficie obtenida al maquinar hierro vaciado. La calidad del acabado depende de la velocidad de corte, alimentación y profundidad del corte; el ángulo geométrico de la herramienta al ajuste de la máquina y su condición, así como el tipo de hierro vaciado que se está cortando. El grafito presente en el hierro, tiene alguna influencia en el maquinado de su superficie y mucho más en la apariencia de la superficie.

La presencia del grafito en la superficie lo hace aparecer gris, por lo tanto, menos pulido de lo que en la realidad está. Con algunos tipos de maquinado y ciertos hierros, una porción del grafito puede llegar a desprenderse de la superficie dejando hoyos o poros microscópicos aunque esta condición afecta la apariencia de la superficie y la lectura del analizador de superficie tipo promedio, éste no cambia el ajuste de la tolerancia y con el nivelamiento de las superficies que se ajustan una a otra pueden ser de provecho para retener la lubricación, por ejemplo:

El acabado de la superficie que se obtiene es influenciado por la matriz de la microestructura, así como la medida y forma del grafito. En lo se ilustra en la figura 12. El grafito en hierros colados (matriz perlítica) es muy posible que se saque al maquinar en venas grafiticas muy finas o el grafito nodular en una matriz fina perlítica dará como resultado el mejor acabado. El efecto de una diferencia en el tamaño de venas grafiticas o la medida del acabado de superficie al frezarse se demuestra en la figura 13. Una fundición vaciada con grafito muy fino, indicará un acabado muy suave pero esto se debe mayormente a que tenga menos poros más que a una importante reducción a la distancia del principio al fin de la cresta (huella de maquinado).

El acabado de superficie se mejora a medida que se aumenta la velocidad de corte figura 11 y 12; pero el desgaste de la herramienta, o bien, también o dañino para el acabado de la superficie. Si el desgaste de la herramienta da como resultado la formación de un plano en la orilla de la herramienta de corte que genera el trabajo de superfi

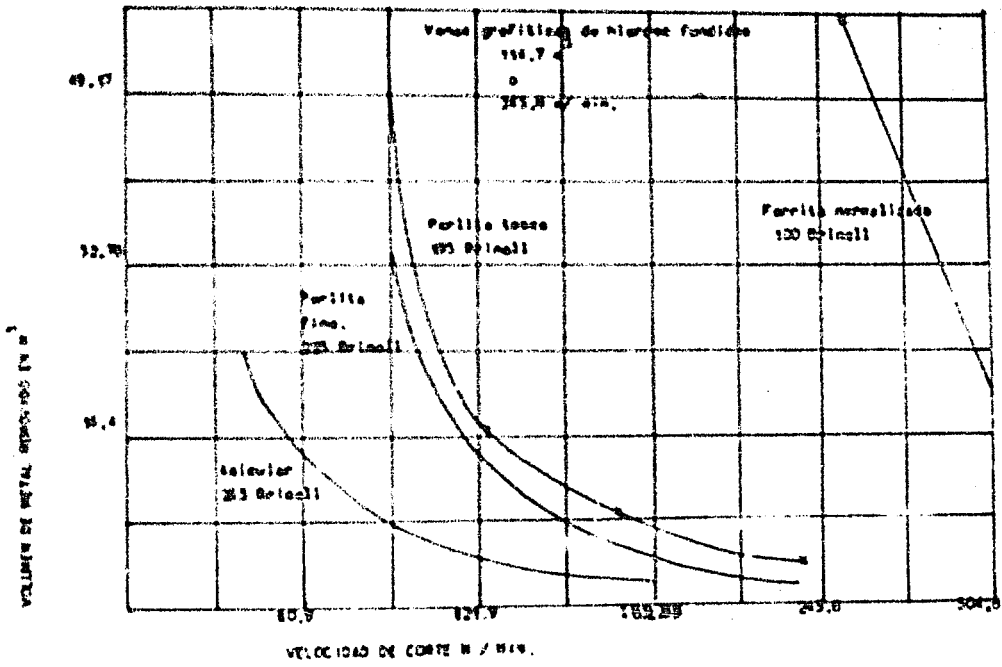


FIG. 11 Curvas de velocidad horizontal en un torneado, para una serie de hierros con vance grafitica y con diferente estructura en la estructura.

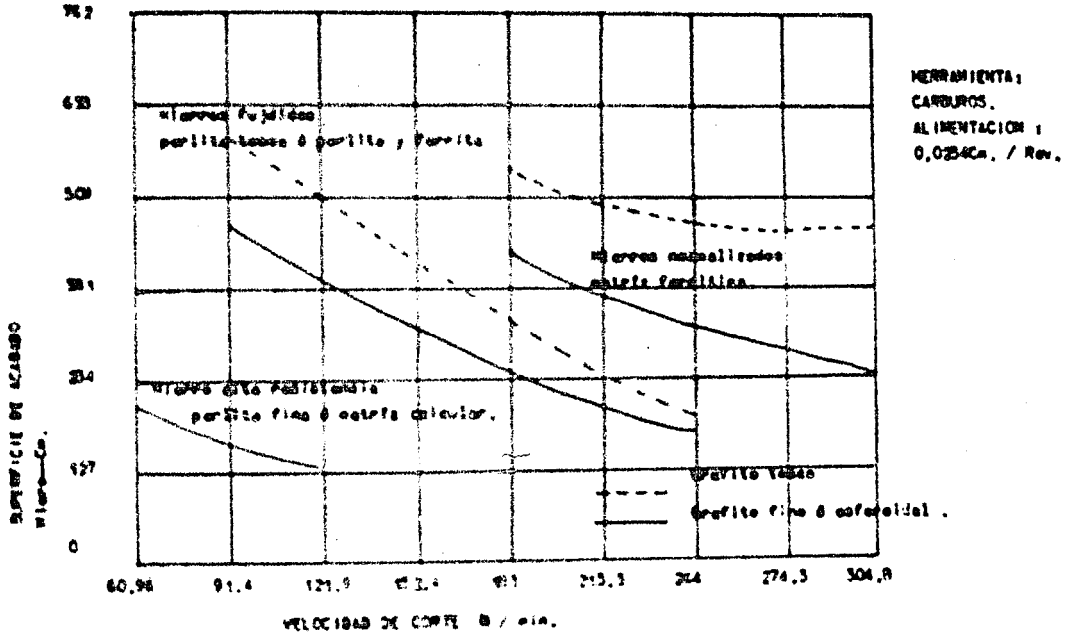
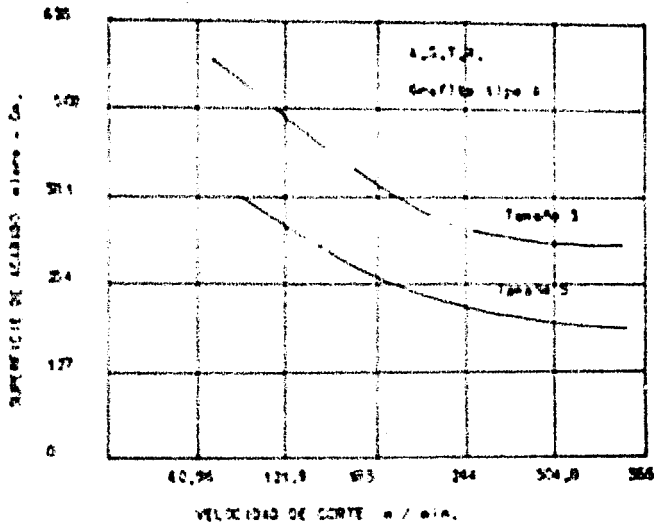


FIG. 12 La influencia de la microestructura y velocidad de corte sobre la superficie de acabado.

cio, el acabado puede ser que mejore como se ilustra en la figura 13. - Así también la nariz radial de la herramienta que genera la superficie, tiene un efecto muy importante en el acabado de la superficie a medida que el radio de la nariz de herramienta aumenta, la superficie tiende a mejorarse en su acabado figura 14.

En el fresado hay tendencia a descascaramiento en la orilla de la pieza maquinada cuando la herramienta acaba de salir de la pieza. En la operación el descascararse disminuye a medida que la alimentación y profundidad de corte disminuye, y, además cuando el tamaño del grafito o la microestructura disminuye, la relación entre el descascararse de la pieza maquinada y la alimentación se ilustra en la figura 15. El acabado de su superficie se puede mejorar utilizando una alimentación ligera y un corte poco profundo. La calidad es mucho más sensible a la alimentación de corte que a su profundidad, como se muestra en la figura 16. En una alimentación de 0.012 cms. por revolución y una profundidad de corte de diez milésimas se obtuvo un acabado de 50 micropulgadas.



HERRAMIENTA: Carburo.
 ALIMENTACION: 0,030 Cm / Paso

FIG. 13 La influencia del tamaño de grafito y varias velocidades de corte sobre la rugosidad de la superficie de acabado.

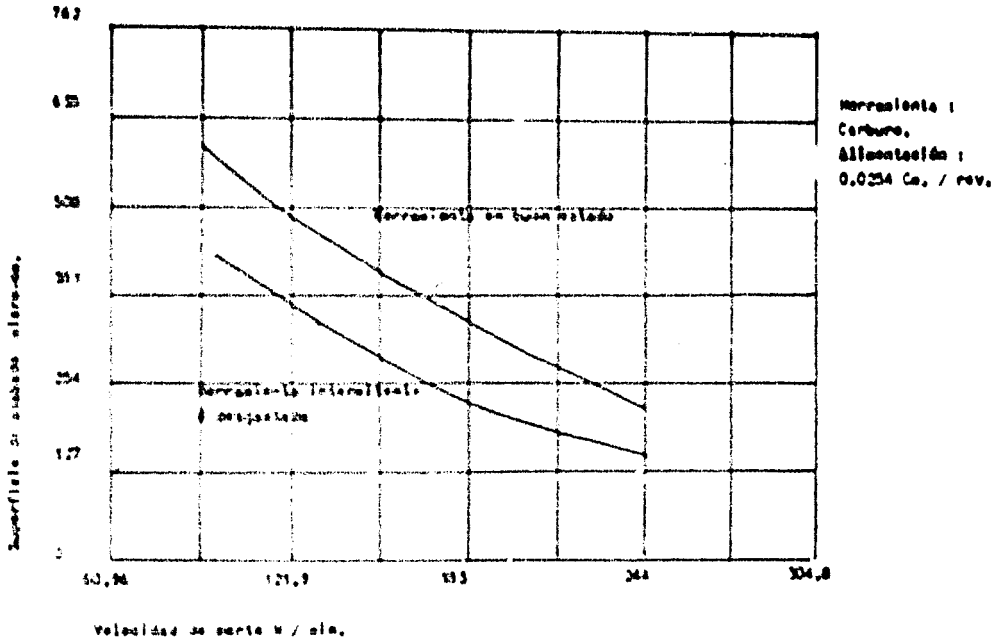


Fig. 16 El efecto del desgaste de herramienta sobre la superficie de acabado.

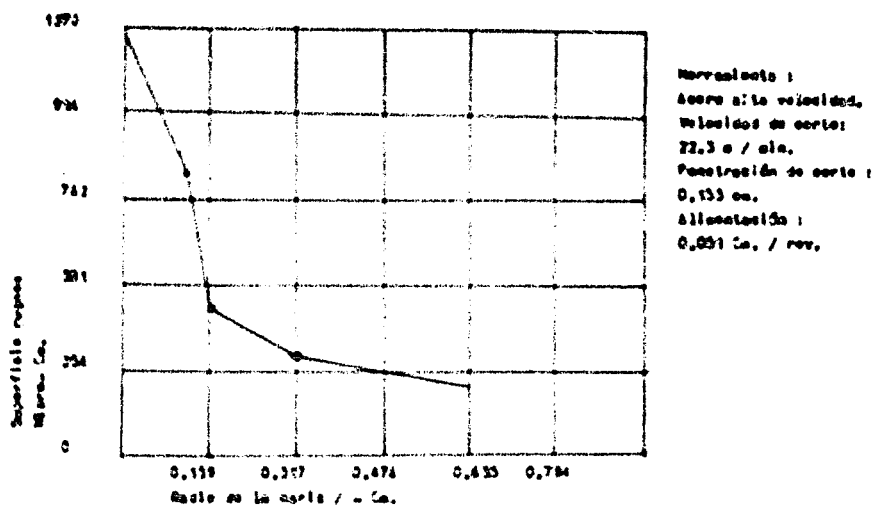


FIG. 15 LA INFLUENCIA DEL RADIO DE LA PUNTA DE LA HERRAMIENTA, SOBRE LOS RESULTADOS DE LA SUPERFICIE DE ACABADO.

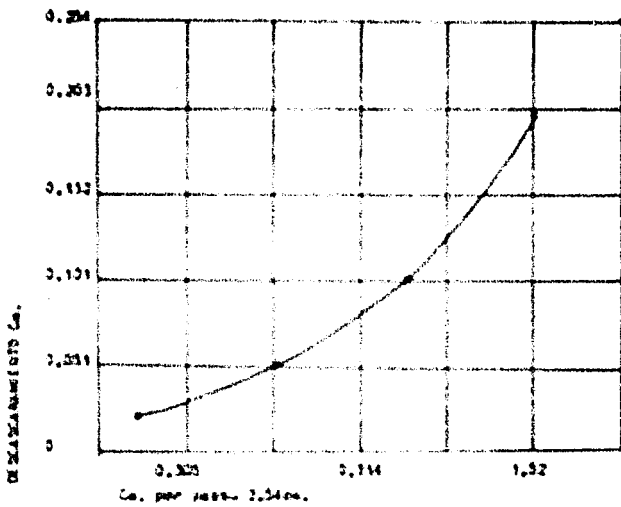
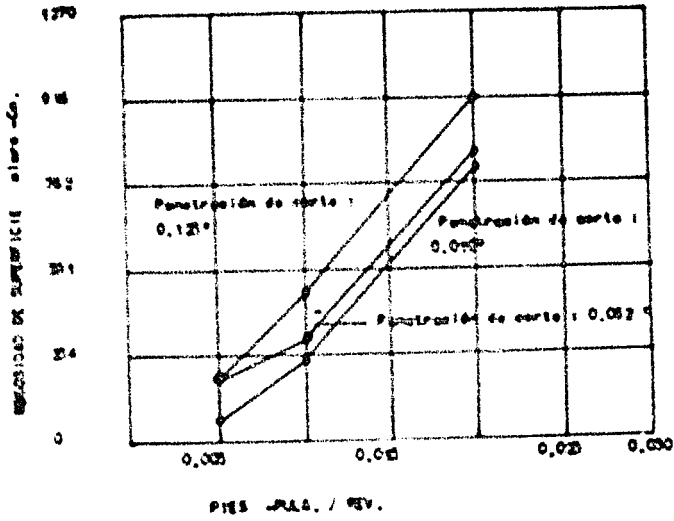


FIG. 16. L. DESEMBLAMIENTO ES INFLUENCIADO POR LA ALIMENTACION EN FRESCO O CEPILLADO.
 Nota: Otros importantes factores son la estructura y fuerza de corte.



INSTRUMENTO: Acero alta velocidad.

FIG. 17 EFECTO de alimentación y profundidad de corte sobre el acabado.

CONCLUSIONES

Los puntos más importantes en este Teste, tomando como base los resultados prácticos obtenidos y comparados con gráficas hechas por expertos en la materia, pueden resumirse en tres.

1o.- COMPOSICION QUIMICA DEL HIERRO.

Este punto es el más importante, pues de él dependerán absolutamente los buenos resultados de maquinabilidad, la composición química deberá siempre ajustarse a la especificación deseada, así como la buena marcha y control del proceso de fundido.

2o.- VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO.

La velocidad de enfriamiento de la pieza colada, deberá ser más lenta en nuestro caso (carentes de inoculantes) para evitar que la pieza en sus áreas más delgadas queden duras, originando un desgarramiento prematuro en la herramienta de corte y lo que es peor, rotura de la misma y consecuentemente aumento de costo en el maquinado, rigiéndose anteriormente específicamente por la falta de uso de inoculantes (grafitizantes como ferrosilicio) los cuales impiden zonas duras en partes delgadas.

3o.- SELECCION DE LA HERRAMIENTA DE CORTE.

En este punto se debe tener en cuenta la calidad del hierro (composición química, dureza, estructura) selección del tipo de herramienta y diseño de la pieza, para reducir riesgos en el maquinado.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- AMERICAN SOCIETY FOR METALS.
Metals handbook committee.- 8a. Edición
Vol. 1 Pág. 354, 355, 660.
- 2.- AMERICAN FOUNDRYMEN'S SOCIETY.- 1957.
Cast metals handbook.- 4a. Edición.
- 3.- STANDARDS INFORMATION REPORTS RECOMMENDED PRACTICES.- 1965.
SAE handbook.
- 4.- EMILIO SCORIALZA.- 1962.
La herramienta y factores diversos para la rápida producción.
Ed. Científico-édica. Barcelona.
- 5.- CHARLES F. WALTCH.- 1958.
Gray Iron Castings handbook
Gray Iron Founders Society Inc.- Cleveland.
- 6.- JOHNSON Y WEEKS.
Metalurgia.- 4a. Edición
Ed. Reverte, S. A. México.