



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

21

CONTROL DE LA CALIDAD DE LA BARRA
HUECA NACIONAL USADA PARA
BARRENAS DE MINAS

460

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P R E S E N T A

Vicente Velázquez Sánchez

1 9 7 6



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.

~~178~~

431

LAS Paris
LIB 1926
FECHA 1
REC 1



UNIVERSITY OF MARYLAND
NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE:	PROF. MANUEL GAVIÑO RIVERA
VOCAL:	PROF. KURT H. NADLER GUNDEISHEIMER
SECRETARIO:	PROF. JOSE CAMPOS CAUDILLO
1er. SUPLENTE:	PROF. MA. EUGENIA NOGUEZ ANAYA
2do. SUPLENTE:	PROF. HUMBERTO MALAGON ROMERO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

SIDERURGICA NACIONAL, S. A.

SUSTENTANTE: VICENTE VELAZQUEZ SANCHEZ.

ASESOR DEL TEMA: ING. JOSE CAMPOS CAUDILLO 

A LA MEMORIA DE MI
MADRE

A MI ESPOSA:
YOLANDA

A MIS HIJOS:
JUAN CARLOS

Y

MARIO

QUE SON LOS SERES MAS QUERIDOS QUE
DIOS ME DIO.

A MI PADRE:
AMBROSIO VELAZQUEZ ORTA.

A MIS HERMANOS:
JUAN Y GUALO
FEDERICO
AGUSTIN
JESUS Y GUADALUPE
IGNACIO
GRACIELA
MAGDALENA
MAURICIO

A MI PRIMA:
TERESA FRANCO S.

GRACIAS POR TODA LA AYUDA QUE ME BRINDARON
PARA SER LO QUE AHORA SOY, Y PARA TODOS --
AQUELLOS QUE DESINTERESADAMENTE ME BRINDA-
RON SU COLABORACION.

Y EN FORMA MUY ESPECIAL, LE DOY LAS
GRACIAS AL ING. JOSE CAMPOS CAUDILLO -
QUE CON SU VALIOSA COLABORACION HIZO
POSIBLE ESTE TRABAJO, ASI MISMO LA - -
AYUDA Y ORIENTACION QUE HE RECIBIDO -
EN EL CAMPO DEL TRABAJO .

A MIS MAESTROS.

A MIS COMPAÑEROS.

UN AGRADECIMIENTO MUY ESPECIAL A TODAS AQUELLAS
PERSONAS QUE COLABORARON FISICAMENTE EN ESTE - -
TRABAJO.

SRITA. CONCEPCION CASTELAZO R.

SR. ING. ABELARDO MARTINEZ M.

SR. ROBERTO MERCADO

SR. MIGUEL REYES V.

SR. FELIX BAUTISTA P.

SR. JESUS JARDINES Z.

SR. MARCELINO GARCIA C.

SR. PAULINO JUAREZ C.

SR. NICOLAS CRUZ

SR. PROTASIO MANCILLA V.

SR. MARGARITO LEAL

SR. ANTONIO BELLO

Y A TODOS MIS COMPAÑEROS DE:

SIDERURGICA NACIONAL, S. A.

CUESTIONARIO

- I.- INTRODUCCION
- II.- ANTECEDENTES
- III.- CONTROL DEL PROCESO DE FUSION
 - A.- Control de la materia prima.
 - B.- Control de la fusión.
 - C.- Control del vaciado en el lingote.
- IV.- CONTROL DEL LAMINADO DE BILLET
 - A.- Control del tratamiento térmico.
 - B.- Transformación del lingote a billet y su control.
 - C.- Recocido del billet y su control.
 - D.- Fresado del billet y su control.
 - E.- Barrenado del billet y su control.
 - F.- Introducción del núcleo al billet y su control.
- V.- CONTROL DE LA FABRICACION DE LA BARRA HUECA
 - A.- Laminado del billet y su control.
 - B.- Extracción del núcleo.
- VI.- CONTROL DE CALIDAD DE LA BARRA HUECA
 - A.- Control dimensional.
 - B.- Control metalográfico.
 - C.- Control físico.
- VII.- CONCLUSIONES
- VIII.- BIBLIOGRAFIA

CAPITULO I
INTRODUCCION

Este estudio está basado en el control de la calidad, de la elaboración de la barra hueca, que sirve como materia prima, para producir la barrenadora que se utiliza en la perforación de minas.

Tal estudio se originó a raíz de que SIDERURGICA NACIONAL, S. A. se hechó a cuestas la elaboración de dicha barra hueca, siendo el primer productor en América Latina.

Y como consecuencia de lo anotado anteriormente, al principio de su fabricación se tuvieron ciertas dificultades, que se fueron eliminando a través del tiempo; sin embargo a la fecha, no se ha llegado a obtener una barra hueca que esté aún en óptimas condiciones, sobre todo en sus dimensiones como se podrá observar en lo subsecuente.

CAPITULO II

ANTECEDENTES

México importaba la barra hueca como materia prima, para la fabricación de las barrenas utilizadas en las distintas minas del país. Estos países son Suecia y Canadá.

Esta importación representaba una fuga de divisas para el país, por lo que el gobierno de México, llevó a cabo el estudio para que se fabricara la barra hueca aquí, ya que se consideró que el análisis químico del acero, que es el siguiente:

% C -	0.39	a	0.44
Cr -	0.60	a	0.80
Si -	1.40	a	1.60
Mo -	0.18	a	0.28
Ni -	0.40	a	0.50
Mn -	0.75	a	0.95
S -	0.020	máximo	
P -	0.025	máximo	
Cu -	0.15	máximo	
Sn -	0.010	máximo	

no habrá mucho problema al fabricarlo, ya que se elaboran en el país aceros con aleaciones más complicadas.

Esta fabricación se le encomendó a SIDERURGICA NACIONAL, S.A., la cual empezó a elaborarla en el año de 1973 hasta la fecha, con los resultados que a continuación se detallan.

CAPITULO III

CONTROL DEL PROCESO DE FUSION

A.- CONTROL DE LA MATERIA PRIMA .

Para la fusión del acero usado como materia prima de la barra hueca, se llevó a cabo el siguiente control.

El análisis químico del acero para la fabricación de la barra hueca - es el siguiente:

%	C -	0.39 a 0.44
	Cr -	0.80 a 0.80
	Si -	1.40 a 1.60
	Mo -	0.18 a 0.28
	Ni -	0.40 a 0.50
	Mn -	0.75 a 0.95
	S -	0.020 máximo
	P -	0.025 máximo
	Cu -	0.15 máximo
	Sn -	0.010 máximo

Con este análisis químico se está en condiciones de llevar a cabo la selección de la chatarra, previamente analizada, junto con el retorno de este tipo de acero, que es el material que tendrá que intervenir en la fabricación del acero, como se indica a continuación.

Si utilizamos chatarra de primera, con residuales controlados, pa-

ra una carga con un peso aproximado de 4000 kgs., tenemos que utilizando el 50 % de chatarra de retorno de barra hueca y el 50 % de chatarra de troquel, y las siguientes ferroaleaciones:

Si Mn al 64 % de Mn
 Fe Mn AC al 73 % de Mn
 Fe Mn. BC al 85 % de Mn
 Fe Cr . BC al 65 % de Cr
 Fe Cr . Ac al 70 % de Cr.
 Sinter de Ni al 85 % de Ni
 Mo O₃ al 60 % de Mo
 Fe Mo al 65 % de Mo
 Fe Si al 50 % de Si
 Fe Si al 75 % de Si

Con los datos anteriores estamos en condiciones de poder efectuar el balance de la carga, así tenemos que:

	%	B H 4000 kg. de la carga	B H 2000 kg. de retorno	diferencia
Mn	- 0,85	34 kg. Mn	17 kg. Mn	17 kg. Mn
Cr	- 0,70	28 kg. Cr	14 kg. Cr	14 kg. Cr
Ni	- 0,45	18 kg. Ni	9 kg. Ni	9 kg. Ni
Mo	- 0,23	9 kg. Mo	4 kg. Mo	4 kg. Mo
Si	- 1,50	60 kg. Si	2 kg. Si	58 kg. Si

Con las siguientes ferroaleaciones anotadas anteriormente, tenemos que utilizar los siguientes kilogramos:

- 26 kg de Si Mn
- 23 kg de Fe Mn . AC.
- 20 kg de Fe Mn . BC.
- 22 kg de Fe Cr . BC.
- 20 kg de Fe Cr . AC.
- 11 kg de sinter de Ni
- 9 kg de Mo O₃
- 8 kg de Fe Mo
- 80 kg de Fe Si al 75 %
- 116 kg de Fe Si al 50 %

A continuación damos los kilogramos de chatarra de troquel que por diferencia necesitamos, utilizando las ferroaleaciones que se indican:

- 2000 kg de retorno de barra hueca
- 22 kg de Fe Cr BC
- 11 kg de sinter de Ni
- 8 kg de Fe Mo
- 23 kg de Fe Mn AC
- 80 kg de Fe Si al 75 %
- 2 144 kg en total

En consecuencia, si estamos fabricando una carga con peso aproximado de 4000 kg, necesitamos:

- 4000 kg
- 2144 kg
- 1856 kg de chatarra de troquel

Que es la cantidad de chatarra de troquel que necesitamos para --
nuestra carga de 4000 kg.

B.- CONTROL DE LA FUSION

La fusión de este acero se lleva a cabo en un horno eléctrico de arco.

Con los datos anteriores, estamos en posibilidad de seguir la práctica para la fabricación del acero que se utiliza en la elaboración de la barra hueca, con el 50 % de retorno del mismo acero.

1.- Cargar una cama de CaCO_3 en el horno junto con la carga metálica.

2.- Fundir hasta temperatura de 1620°C y en este momento enviar preliminar para checar los porcentajes de carbono, molibdeno y níquel.

3.- Oxidar durante 5 minutos aproximadamente para que de esta manera se obtenga un carbono aproximado de 0.20 %.

4.- En este paso se desoxida con carburo de calcio (CaC_2), calcio silicio (CaSi) o ferrosilicio en polvo (FeSi), hasta obtener una escoria básica

(esto se puede observar, enfriando la escoria en agua, que deberá tener un color verde a un color blanco).

5.- En seguida de la operación anterior, se manda un preliminar para checar el por ciento de carbono, manganeso, cromo y silicio.

6.- Se elimina la escoria reductora o desoxidante en un 80 % aproximadamente.

7.- Efectuado lo anterior, se carga en el horno carbonato de calcio (CaCO_3) calcinado (CaO), para formar una nueva escoria.

8.- Se mantiene la temperatura del horno aproximadamente a 1600°C hasta que llega el preliminar, para que a continuación se ajuste la carga.

9.- Como se notará en el análisis químico de esta carga, los elementos manganeso y silicio son altos, cuando ya se encuentra lista la carga para vaciar, entonces en este momento se bloquea con ferromanganeso - - - (FeMn) o silicomanganeso (SiMn) o con ferrosilicio (FeSi).

10.- Con lo anterior estamos en condiciones de vaciar el horno, te--

niendo en consideración, que debe tener el acero fundido una temperatura de 1600°C, para que al vaciar en la olla se obtenga una temperatura comprendida entre 1570° - 1580°C. La olla de vaciado antes de recibir el metal fundido, debe tener una temperatura de aproximadamente 500°C.

C.- CONTROL DEL VACIADO EN EL LINGOTE

Y para vaciar posteriormente de la olla a las lingoteras, éstas deben tener una temperatura entre 100°C y 150°C, para con ésto evitar el choque térmico, que nos puede afectar posteriormente.

Vaciado el acero a las lingoteras, éstas se desmoldean estando solidificado el acero y abajo de una temperatura de 700°C. Esta práctica se hace para no provocar un choque térmico que pudiera fracturar el lingote, como se podrá observar en la fotografía N° 1.

Los lingotes usados como materia prima son de 178 mm x 178 mm - (7" x 7"). Esto primordialmente se debe a una cuestión económica, ya que de esta manera se desbasta en el molino directamente, sin pasar por forja, como se tendría que llevar a cabo si se usaran lingotes más grandes.



FOTOGRAFIA N° 1

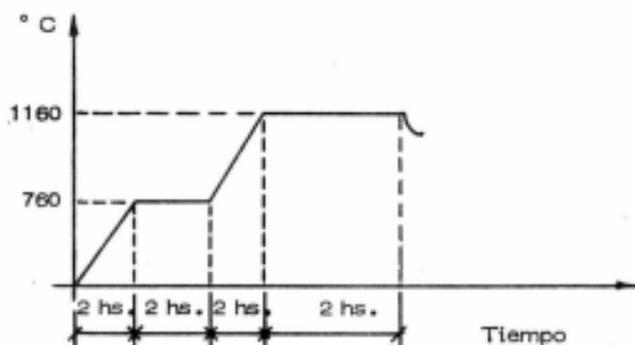
CAPITULO IV

CONTROL DEL LAMINADO DEL BILLET

A.- CONTROL DEL TRATAMIENTO TERMICO

El ciclo de calentamiento para el desbaste del lingote a billet es el siguiente:

Temperatura de precalentamiento:	760°C (1400°F)
Temperatura de calentamiento:	1160°C (2125°F)
Tiempo de estabilización:	2 horas



Estas temperaturas se deben de mantener para evitar que en el momento de laminar a una baja temperatura, no se abra el material por no ser plástico.

Y por el contrario, cuando se laminan a temperaturas muy altas, el problema que se presenta es que el material tiende a descarbonarse demasiado y a quemarse.

B.- TRANSFORMACION DEL LINGOTE A BILLET Y SU CONTROL

El desbaste que se efectúa al lingote de 178 mm x 178 mm (7" x 7"), es para obtener un billet de 69.80 mm x 69.80 mm (2.3/4" x 2.3/4"). Es necesario para obtener este billet 7 pasos en el molino, más una pasada para encuadrar el billet a 90°; hay que tener cuidado de que el billet no se tuerza en esta última operación.

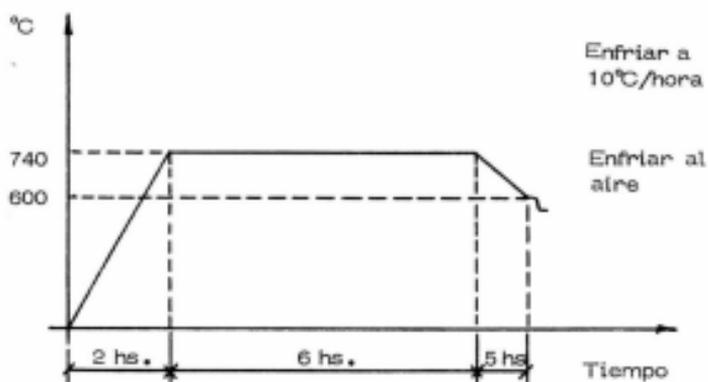
Obtenido el billet de 69.80 mm x 69.80 mm (2.3/4" x 2.3/4") de la laminación, éste se enfría al aire.

C.- RECOCIDO DEL BILLET Y SU CONTROL

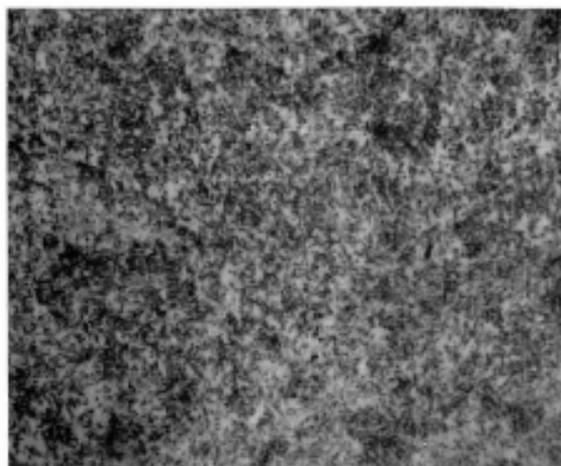
Enseguida, a toda la carga de billets de 69.80 mm x 69.80 mm (2.3/4" x 2.3/4"), se le aplica un recocido como se detalla a continuación:

- 1.- Calentar el horno a una temperatura de 740°C (1370°F) durante 6 horas de estabilización.
- 2.- Dado el tiempo de estabilización, bajar el horno a 10°C por hora (50°F / hora).

3.- Enfriar al aire cuando se tenga una temperatura de 600°C -- (1100°F).



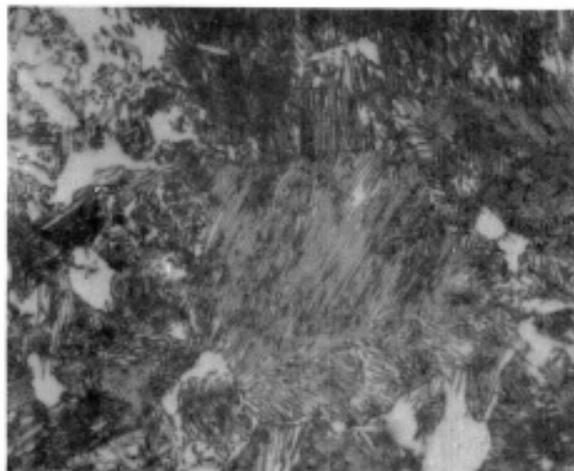
En este recocido lo que se trata de obtener es una microestructura perlítica globular, como se muestra en la fotografía N° 2, y en consecuencia una dureza comprendida entre 197 y 207 Brinell. Se requiere de estas dos condiciones para poder barrenar el centro del billet posteriormente.



FOTOGRAFIA N° 2

1100 X Ni²⁺AL 4 %

Quando por alguna razón no se obtienen las condiciones antes citadas, como por ejemplo, si tenemos una perlita laminar, como se muestra en la fotografía N° 3 y una dureza superior a 229 Brinell



FOTOGRAFIA N° 3

1100 X NITAL 4 %

en este caso lo más conveniente es volver a efectuar otro recocido, para obtener las condiciones requeridas.

D.- FRESADO DEL BILLET Y SU CONTROL

A continuación se enderezan los billets en una prensa hidráulica lo más derecho posible, para que quede bien cuadrado y se efectúe correcta-

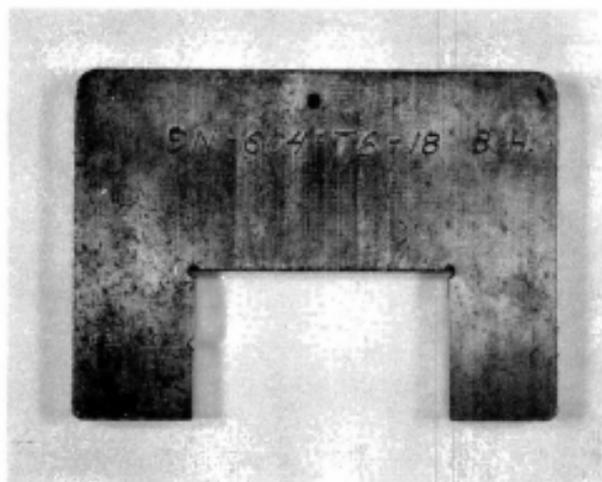
mente el fresado, y posterior a esta operación el centrado del barrenado.

Cuando los billets cumplen todos los requisitos anotados anteriormente, se cortan a una longitud fija de 1 metro (39.3") con una tolerancia de $+ 0.000$ y $- 5$ mm ($+ 0.000$ y $- 0.197$ "). El corte deberá ser a 90° con la menor desviación posible.

Esta longitud y esta tolerancia se usan únicamente, por el método particular de la operación del torno, donde se efectúa el barrenado de los billets ya cortados.

Cuando ya se tienen los billets cortados a la longitud fija, el siguiente paso es el del fresado de los billets. Esta operación es de suma importancia ya que es con el fin de cuadrar el billet y que la siguiente operación del barrenado quede centrado.

Las dimensiones a que deben quedar los billets fresados, están comprendidas en el cuadrado, que debe ser de 66.6 mm x 66.6 mm ($2.5/8$ " x $2.5/8$ " con una tolerancia de $+ 0.000$ y $- 0.50$ mm ($+ 0.000$ y $- 0.020$ "). Estas tolerancias se checan con el escantillón que se muestra en la fotografía N° 4.



FOTOGRAFIA N° 4

En esta operación de fresado se elimina la posible capa descarburada, que se pudo haber originado en las caras al momento de laminar y - en el recócido.

Las esquinas que a la hora de fresar no limpian, en este caso se — acondicionan esmerilándolas. Este trabajo se efectúa con el fin de eliminar cualquier grieta que se pudiera haber originado en la laminación, así mismo la capa descarburada.

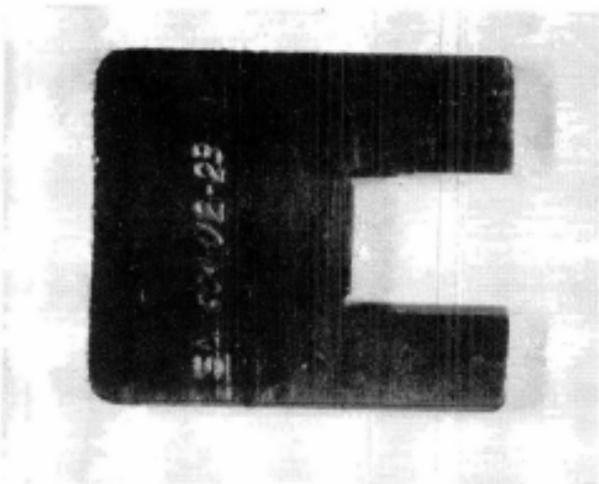
A continuación, para seguir adelante la operación, se corta un tejo de 12.7 mm (1/2") para efectuar una metalografía. Esta se efectúa con el fin de poder determinar si se han eliminado por completo los defectos - mencionados anteriormente. En caso de existir cualquier defecto, se regresará el material y se acondicionará nuevamente, practicando otra metalografía posteriormente.

La siguiente operación después del fresado y acondicionado de los billets, es el barrenado central.

E.- BARRENADO DEL BILLET Y SU CONTROL

La operación del barrenado, será mucho mejor teniendo las condiciones que se citaron en el momento de efectuar el recocido, es decir, una estructura perlítica globular (ver fotografía N° 2) y una dureza Brinell -- comprendida entre 197 y 207.

El diámetro del barreno está comprendido entre 20.7 mm a 21.0 mm (0.807" a 0.827"), con una desviación máxima permisible de 0.6 mm (0.023"). Con esta especificación se checan el 100 % de los billets barrenados. Esto se efectúa con el escantillón que se muestra en la fotografía N° 5.



FOTOGRAFIA N° 5

Esta inspección se lleva a cabo para poder determinar cuáles billetes están dentro de especificación, cuando por alguna circunstancia el orificio del barrero está desviado en la tolerancia permisible, calculamos por una simple regla de tres el material que está dentro de especificación, como a continuación se indica:

Desviación fuera de especificación ——— En un metro

Desviación permisible ——— A que distancia está esa desviación permisible.

Con los datos anteriores se podrá determinar la distancia en la cual el barrenado se encuentra dentro de especificación y así desechar el pedazo en donde el barrenado está desviado.

De esta manera se elaboró la siguiente tabla, que hasta la fecha ha dado buenos resultados.

TOLERANCIAS EN DESVIACION DEL BARRENADO DE BILLETS
(CORTES RECUPERABLES Y RECHAZOS)

Desviación	Corte a longitud "Rechazo"	Corte "Recuperable"
0.609 mm (0.024")	OK	OK
0.635 mm (0.025")	OK	OK
0.660 mm (0.026")	4 cm	96 cm
0.686 mm (0.027")	7 cm	93 cm
0.711 mm (0.028")	11 cm	89 cm
0.736 mm (0.029")	13 cm	87 cm
0.762 mm (0.030")	17 cm	83 cm
0.787 mm (0.031")	19 cm	81 cm
0.813 mm (0.032")	22 cm	78 cm
0.838 mm (0.033")	24 cm	76 cm
0.863 mm (0.034")	26 cm	74 cm
0.889 mm (0.035")	28 cm	72 cm
0.914 mm (0.036")	30 cm	70 cm
0.940 mm (0.037")	32 cm	68 cm
0.965 mm (0.038")	34 cm	66 cm
0.991 mm (0.039")	36 cm	64 cm
1.016 mm (0.040")	37 cm	63 cm
1.041 mm (0.041")	39 cm	61 cm
1.067 mm (0.042")	40 cm	60 cm
1.092 mm (0.043")	42 cm	58 cm
1.112 mm (0.044")	43 cm	57 cm
1.143 mm (0.045")	44 cm	56 cm
1.168 mm (0.046")	45 cm	55 cm
1.194 mm (0.047")	47 cm	53 cm
1.219 mm (0.048")	47 cm	53 cm
1.244 mm (0.049")	49 cm	51 cm
1.270 mm (0.050")	50 cm	50 cm
1.295 mm (0.051")	50 cm	50 cm
1.320 mm (0.052")	52 cm	48 cm
1.346 mm (0.053")	53 cm	47 cm
1.372 mm (0.054")	54 cm	46 cm
1.397 mm (0.055")	55 cm	45 cm
1.422 mm (0.056")	56 cm	44 cm
1.448 mm (0.057")	57 cm	43 cm
1.473 mm (0.058")	57 cm	43 cm
1.499 mm (0.059")	57 cm	43 cm
1.524 mm (0.060")	58 cm	42 cm
1.549 mm (0.061")	58 cm	42 cm
1.575 mm (0.062")	59 cm	42 cm
1.600 mm (0.063")	60 cm	41 cm
1.626 mm (0.064")	60 cm	40 cm
1.651 mm (0.065")	61 cm	40 cm
1.778 mm (0.070")	64 cm	36 cm
1.905 mm (0.075")	67 cm	33 cm
2.032 mm (0.080")	69 cm	31 cm

Efectuada la inspección del barreno de los billets en un 100 %, la siguiente operación es la introducción del núcleo,

F.- INTRODUCCION DEL NUCLEO AL BILLET Y SU CONTROL

Este núcleo está fabricado de un acero alto en manganeso y su composición química es la siguiente:

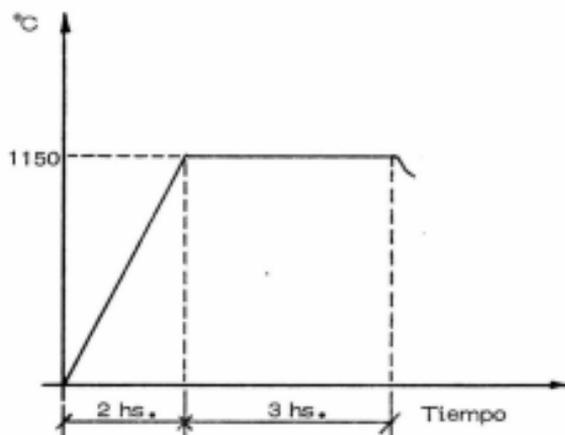
% C -	0.75 a 1.00
Mn -	12.00 a 14.00
Si -	0.50 a 1.00
P -	0.025 máximo
S -	0.025 máximo

Este acero se fabrica en hornos eléctricos de arco, en lingotes de 178 mm x 178 mm (7" x 7") enfriados al aire.

El desbaste de este lingote de 178 mm x 178 mm (7" x 7") se hace de una medida de billet de 66.6 mm x 66.6 mm (2.5/8" x 2.5/8") y se corta en la cizalla en caliente.

El ciclo de calentamiento para el desbaste es el siguiente:

Temperatura de calentamiento:	1150°C (2100°F)
Tiempo de estabilización:	3 horas

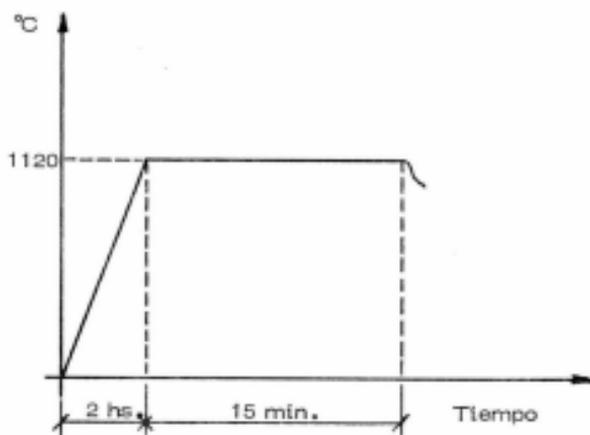


Posteriormente ya obtenido el billet, se acondiciona esmerilando únicamente aquellas partes que presenten defectos.

Acondicionados los billets de 66.6 mm x 66.6 mm (2.5/8" x 2.5/8") se laminan a una medida de 20.63 mm de diámetro (13/16" \varnothing). El ciclo de calentamiento para laminar es el siguiente:

Temperatura de laminación: 1120°C (2050°F)

Tiempo de estabilización: 15 minutos



Se enfría al aire después de laminar sin necesidad de efectuar un tratamiento térmico posterior.

Ya obtenido el redondo de 20.63 mm de diámetro (13/16" \varnothing), se estira en frío a 20.24 mm de diámetro (51/64" \varnothing), a continuación se corta a longitudes fijas de 1.10 metros.

Con lo expuesto anteriormente el núcleo se introduce, como se muestra en la fotografía N° 6, al núcleo antes de introducirlo se le pone un lubricante a base de grafito, cal u óxido de cromo, el cual deberá estar completamente seco antes de introducirlo, ésto es con el fin de evitar descarbura-ción interna. Este lubricante se le coloca con el fin de poder extraer el núcleo, después de laminada la barra hueca.

Introducido el núcleo, se le dará un margen de 50.8 mm (2") por lado del billet y se le pondrá un punto de soldadura con el fin de que no se mueva al momento de laminar.



FOTOGRAFIA N° 8

CAPITULO V

CONTROL DE LA FABRICACION DE LA BARRA HUECA

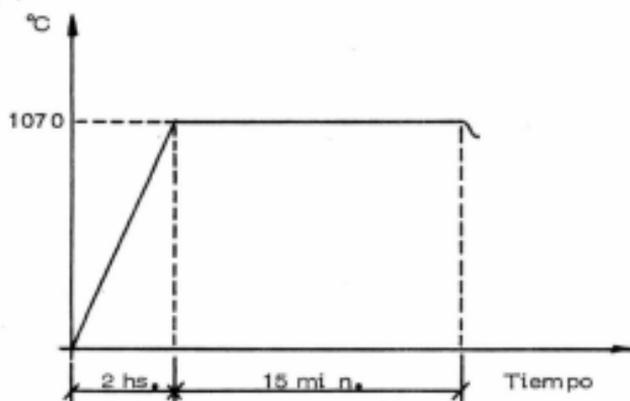
A.- LAMINADO DEL BILLET Y SU CONTROL

Cuando al billet se le ha introducido el núcleo, se está en condiciones de empezar a laminar, lo que en si va hacer la barra hueca con una medida de 22.22 mm hexagonal (7/8").

El ciclo de calentamiento para el laminado de los billets es el siguiente:

Temperatura de laminación: 1070°C (1960°F)

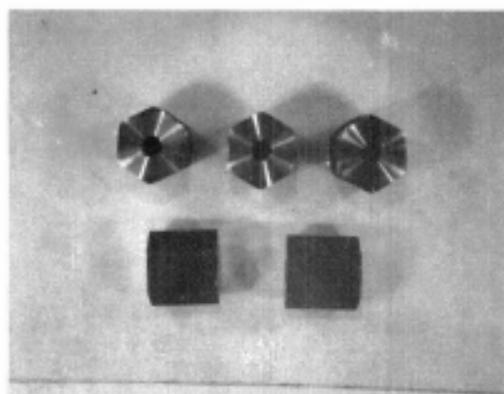
Tiempo de estabilización: 15 minutos



El tiempo y la temperatura en esta operación son muy importantes, ya que se va a obtener el producto final, si no se controlan correctamente

existe la posibilidad de obtener una mayor capa descarbonada o en su defecto grietas producidas a la hora de laminar.

Para obtener la medida final de 22.22 mm hexagonal (7/8") partiendo de billet de 66.6 mm x 66.6 mm (2.5/8" x 2.5/8"), es necesario efectuar 9 pasos en el castillo de desbaste, girando la barra en cada paso a 90° y posteriormente se le dan 4 pasos finales para obtener el hexágono, como se muestra en la fotografía N° 7.



FOTOGRAFIA N° 7

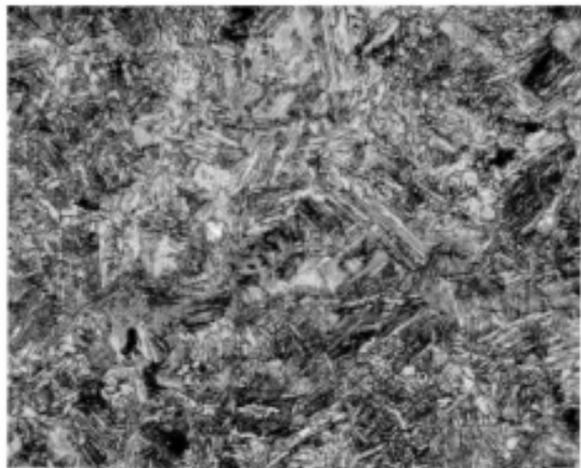
Antes de efectuar la fabricación en masa, se ajustará el molino che cando dimensionalmente el hexágono, que como ya se indicó es de 22,22 mm ($7/8'' = 0.875''$), con una tolerancia de + 0.381 mm y - 0.381 mm (+ 0.015" y - 0.015") y visualmente el agujero ya que todavía se encuentra el núcleo.

Ya que se ha calibrado el molino, se está en condiciones de poder -- producir en serie la barra hueca.

Producidas las barras hexagonales en el molino de laminación, éstas se enfrían al aire en una cama de enfriamiento, con una velocidad de enfria miento adecuada que nos permita obtener una estructura bainítica como se muestra en la fotografía N° 8 y una dureza comprendida entre 38 y 44 Rc.

En dicha cama se colocarán las barras de tal manera que **no** se lleguen a torcer.

Cuando las barras ya se encuentren frías, se está en condiciones de extraer el núcleo.



FOTOGRAFIA N° 8

600 X NITAL 4 %

B.- EXTRACCION DEL NUCLEO

Como primera operación para extraer el núcleo, se hará una muesca y la fractura de uno de los extremos, debiéndose aplastar el extremo a fin de que el núcleo quede apretado y permita así la tracción del mismo.

La tracción se deberá aplicar tanto tiempo, hasta que se alcance un alargamiento del 25 al 30 % de la longitud total de la barra.

Después de la operación anterior, se cortará el núcleo en el extremo y se procederá a extraerse manualmente por el otro lado.

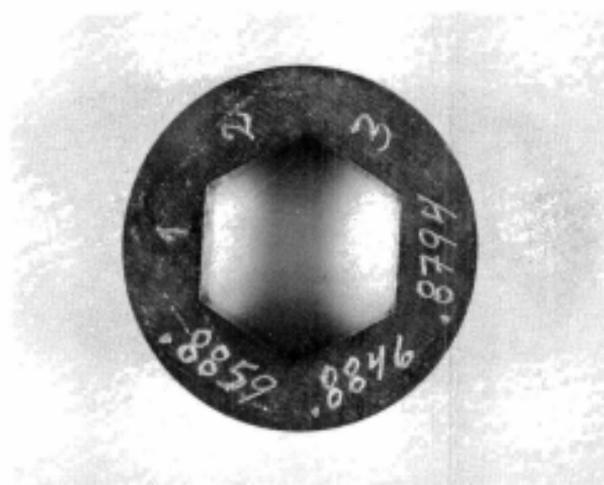
Enseguida de extraído el núcleo, lo que se hace antes de su inspección es enderezar la barra hueca, en la máquina enderezadora de perfiles no redondos.

CAPITULO VI

CONTROL DE CALIDAD DE LA BARRA HUECA

A.- CONTROL DIMENSIONAL

Como ya se indicó anteriormente, la barra hueca forma un hexágono de 22.22 mm ($7/8'' = 0.875''$) con una tolerancia en medida en $+0.381$ mm y -0.381 mm ($+ 0.015''$ y $- 0.015''$). Este control dimensional del hexágono, se efectúa con el vernier o con el patrón que se indica en la fotografía N° 9, de "pasa no pasa".



FOTOGRAFIA N° 9

Cuando por alguna circunstancia la barra hueca se encuentra fuera de medida en lo que respecta a este control dimensional, ésta se desecha como chatarra.

Efectuado el control del hexágono en lo correspondiente a las caras, la siguiente operación es checar las aristas, que deben estar comprendidas entre:

- 1.- Radio máximo de la arista 2.99 mm (0.118")
- 2.- Radio nominal de la arista 2.48 mm (0.098")
- 3.- Radio mínimo de la arista 1.98 mm (0.078")

Este radio se controla con el fin de no tener radios agudos, que pudieran afectar en la fabricación de la barrenadora, en lo que corresponde a las operaciones posteriores del forjado y del temple del zanco de la barrenadora en sí.

Generalmente por el tipo de laminación que se tiene, no se obtienen aristas agudas, en consecuencia se puede seguir su inspección.

La inspección final dimensional, se lleva a cabo al orificio de la barra hueca, con la siguiente tolerancia:



- 1.- Diámetro máximo del orificio 7.23 mm (0.285")
- 2.- Diámetro nominal del orificio 6.37 mm (0.251")
- 3.- Diámetro mínimo del orificio 5.96 mm (0.235")

Estas tolerancias se aplican en lo que respecta a la desviación del orificio, en la cual se tienen muchos problemas ya que un 30 % de la fabricación de la barra, sale con el orificio desplazado fuera de tolerancia.

Esta inspección se hace ya sea con el vernier o con el escalímetro, que se observa en la fotografía N° 10.



FOTOGRAFIA N° 10

También se checa la excentricidad del orificio, quedando como máximo permisible 0.812 mm (0.032").

El ovalamiento del orificio tendrá un máximo permisible de 1.27 mm (0.050").

Quedando entendido que este valor se obtendrá de la diferencia entre el diámetro mayor y el diámetro menor del orificio.

B.- CONTROL METALOGRAFICO

Para llevar a cabo este control, se toman veinte probetas cortadas de diez barras de ambos extremos. Estas probetas para su examen metalográfico, se preparan como a continuación se indica:

Se cortan de 25.4 mm (1") aproximadamente de longitud, esto es con el fin de que sean manuales, se desbastan groseramente en la lija que puede ser del grado N° 80, a continuación se empieza el desbaste fino a partir de la lija grado N° 100 o 120, enseguida con las lijas grado N° 240, 320, 400 y 600 sucesivamente, teniendo cuidado de girar la probeta a 90°, a fin de que el sentido de las rayas producidas por la lija anterior, quede en sen-

tido transversal y se puedan eliminar al producirse las rayas de esa lija en sentido longitudinal.

Hay que tener cuidado al pasar de una lija a otra, para que no se contamine, ya que nos provocaría rayas que no se eliminarían posteriormente.

Si a través del desbaste fino quedaran unas rayas profundas, es conveniente empezar otra vez el principio del mismo, ya que en el pulido final no se eliminarían.

El siguiente paso a seguir, después del desbaste fino, es en sí el pulido de la muestra, el cual se lleva a cabo en pulidoras con discos cubiertos con paños de calidad apropiada.

Este pulido generalmente se hace con alúmina en sus distintos grados. Preparadas de esta manera, las probetas se atacan con nital al 4 % para su inspección metalográfica posterior.

La microestructura en este acero debe ser bainítica, como se muestra en la fotografía N° 8 y la capa descarbonada tanto en el interior como en

el exterior debe tener como máximo 0.15 mm (0.006"). Por lo que respecta al nivel de inclusiones no metálicas, éstas deben estar en el nivel N° 3 de la Norma B-86 de la Dirección General de Normas, y para esta inspección se prepara de igual manera la probeta a la descrita anteriormente, pero en sentido longitudinal, se observa sin atacar y a 100 aumentos.

Si al examinar las probetas alguna de ellas presenta cualquier tolerancia de las descritas anteriormente fuera de especificación, éstas se desechan y se vuelve a hacer un nuevo muestreo, y si es necesario, se chequeará el 100 % para poder separar las que estén fuera de especificación.

C.- CONTROL FISICO

Este es el último control que se lleva a cabo y que corresponde a la dureza del material, que como ya se indicó anteriormente está comprendida entre 39 y 44 Rc.

Al principio se tuvieron muchos problemas por lo que corresponde a este control, derivado por el tipo de enfriamiento, ya que se obtenían barras con durezas mayores y menores a los límites establecidos. Esta situación originó que se llevara a cabo el estudio correspondiente a la cur

va de revenido, para posteriormente estar en la tolerancia establecida.

Y así se obtuvieron los siguientes resultados, con los cuales se -
elaboró la curva de revenido, como lo muestra la gráfica correspondiente
te.

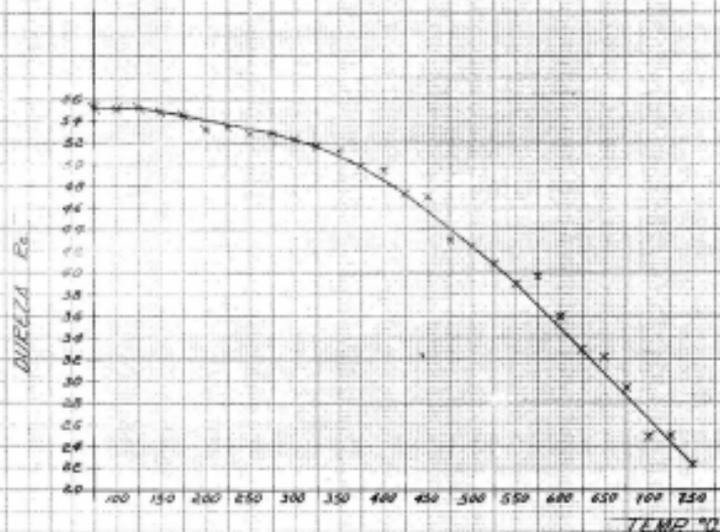
BARRA HUECA

TEMPLADAS A 870°C / 10 MINUTOS/ACEITE

Probeta N°	Tempera- tura re- venido °C	Dureza Rockwell "C"										Promedio	
1	000	55,5	55,5	55,5	55,0	55,0	55,0	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5	55,36
2	100	55,2	55,2	55,2	55,0	55,0	55,2	55,2	55,0	55,0	55,0	55,0	55,10
3	125	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,20
4	150	55,0	54,8	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	54,8	55,0	55,0	54,96	
5	175	54,0	54,5	54,2	54,5	54,5	54,2	55,0	54,5	54,5	54,5	54,44	
6	200	54,0	54,0	54,0	53,5	53,8	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0	53,90	
7	225	53,0	53,2	53,5	53,2	53,5	53,5	53,5	53,8	53,5	53,5	53,42	
8	250	53,0	52,8	52,8	52,5	52,8	52,5	52,8	52,8	52,5	52,5	52,70	
9	275	52,8	53,0	52,8	52,8	52,8	52,8	52,8	53,0	52,8	52,8	52,84	
10	300	52,0	52,2	52,0	52,2	52,5	52,5	52,2	52,2	52,5	52,0	52,20	
11	325	51,1	51,5	51,5	52,0	52,0	51,5	52,2	52,0	52,0	51,8	51,76	
12	350	51,0	50,5	51,2	51,5	51,8	52,0	51,5	51,5	51,5	51,5	51,40	
13	375	50,0	51,0	50,0	49,8	49,2	49,2	50,0	50,0	49,8	49,8	49,88	
14	400	49,0	49,8	49,5	49,2	49,8	49,0	49,8	49,8	49,8	49,8	49,55	
15	425	47,2	47,2	47,5	47,2	47,2	47,2	47,2	47,0	47,2	47,5	47,21	
16	450	46,8	47,0	47,0	47,2	47,0	47,2	47,0	47,0	47,1	46,9	47,02	
17	475	42,5	42,5	42,5	43,2	43,2	43,1	43,0	43,2	43,5	43,5	43,02	
18	500	42,2	43,0	42,5	42,5	42,5	40,2	42,5	42,5	42,5	42,5	42,39	
19	525	40,5	41,0	40,8	41,0	40,8	41,0	40,8	40,8	40,2	40,5	40,74	
20	550	39,0	39,0	38,8	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	39,3	39,8	39,09	
21	575	40,0	40,0	39,5	40,0	39,5	40,0	40,0	39,5	40,0	40,0	39,85	
22	600	36,0	36,2	36,0	36,0	35,8	35,8	35,8	36,2	36,2	36,0	36,00	
23	625	32,5	32,8	32,8	32,5	32,0	33,2	33,0	33,5	34,0	33,8	33,00	
24	650	32,2	32,2	32,0	32,0	32,2	32,2	32,0	32,5	32,2	32,5	32,20	
25	675	29,5	29,0	29,0	29,5	29,5	29,2	30,0	30,0	29,8	29,0	29,45	
26	700	25,0	25,0	25,0	25,2	24,5	25,0	24,5	25,0	24,8	24,5	24,65	
27	725	24,5	24,8	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	24,90	
28	750	22,0	23,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	23,0	22,5	22,25	

Asimismo se efectuó la curva de normalizado, encontrándose los siguientes valores y la gráfica correspondiente.

CURVA DE REVENIDO PARA LA BARRA HUEGA
TEMPLADA A 870°C / 18 MM / ACEITE

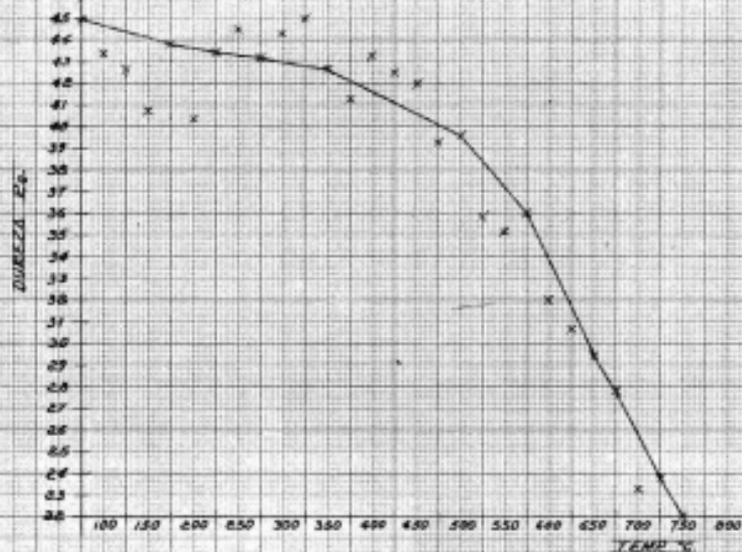


BARRA HUECA

NORMALIZADAS A 900°C/10 MINUTOS/AIRE

Probeta N°	Temperatura re- venido °C	Dureza Rockwell "C"											Promedio
1	000	45,0	45,0	45,0	44,5	44,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	44,90
2	100	44,0	43,8	43,8	43,0	43,0	43,0	43,0	43,2	43,5	43,8	43,41	
3	125	43,0	42,5	41,5	41,2	41,2	43,0	43,2	43,5	43,5	43,5	42,61	
4	150	40,0	40,0	40,0	41,8	41,5	40,8	40,8	40,8	41,0	41,2	40,79	
5	175	44,8	44,0	44,0	43,5	43,0	42,8	43,5	44,2	44,5	44,0	43,83	
6	200	40,8	40,8	40,5	40,5	39,8	40,2	40,2	40,2	40,5	40,2	40,34	
7	225	43,2	42,8	42,2	42,5	43,0	44,0	44,0	43,8	44,0	45,0	43,45	
8	250	44,5	45,0	44,5	44,5	44,5	44,8	44,5	44,5	44,5	44,5	44,58	
9	275	43,0	43,0	42,8	42,5	42,2	43,0	43,5	43,8	44,0	44,0	43,18	
10	300	44,2	44,2	44,2	44,2	44,5	44,2	44,5	44,5	44,5	44,5	44,35	
11	325	44,8	44,8	44,8	45,0	45,0	45,0	45,2	45,5	45,2	45,2	45,05	
12	350	43,0	42,5	43,5	43,2	42,8	42,5	42,5	42,0	42,0	42,5	42,65	
13	375	40,0	41,0	41,0	41,5	41,2	42,0	42,0	41,0	41,5	41,5	41,27	
14	400	43,5	43,5	43,8	43,5	43,8	43,0	43,2	43,0	42,8	42,8	43,29	
15	425	42,5	43,0	42,8	43,0	43,0	42,8	42,5	42,0	41,8	41,8	42,52	
16	450	42,0	42,0	41,8	42,2	41,8	42,0	42,0	42,0	42,2	42,0	42,00	
17	475	39,2	39,5	39,2	39,5	39,0	39,0	39,5	39,2	39,2	39,5	39,26	
18	500	40,0	39,8	39,8	40,0	39,2	39,0	39,2	38,8	39,8	40,0	39,52	
19	525	36,2	35,5	36,0	35,5	35,2	36,0	36,2	36,0	36,0	36,0	35,86	
20	550	35,0	34,8	34,8	35,0	36,0	35,8	35,0	35,0	35,2	35,5	35,21	
21	575	36,5	36,2	36,0	35,5	35,8	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,00	
22	600	32,0	32,0	31,8	31,8	32,0	32,0	32,2	32,0	32,2	32,2	32,02	
23	625	31,5	30,8	30,2	30,0	30,5	30,5	30,8	30,5	30,8	31,0	30,66	
24	650	28,8	29,8	29,0	29,0	30,0	29,8	29,8	29,5	29,2	29,2	29,41	
25	675	27,2	27,8	28,0	28,0	27,9	27,8	28,0	27,8	28,0	28,0	27,85	
26	700	23,0	23,0	23,0	23,5	23,5	23,0	23,5	24,0	23,8	23,5	23,36	
27	725	23,8	24,0	23,2	24,0	23,8	23,8	23,8	24,0	23,8	23,8	23,80	
28	750	22,5	22,8	22,0	22,5	22,0	22,0	21,0	21,5	22,0	22,0	22,03	
29	775	34,0	32,0	32,0	33,0	32,0	31,5	33,0	34,0	33,0	32,0	32,65	
30	800	24,2	23,8	22,0	21,0	22,0	22,0	23,0	23,5	24,0	24,0	22,96	

CURVA DE NORMALIZADO PARA LA BARRA HUECA
NORMALIZADO A 900°C / 10 MIN / AIRE



Elaborada la gráfica de revenido, ya se podía efectuar el tratamiento adecuado, cuando el material estuviera duro o en su defecto bajo de dureza.

Efectuado el tratamiento adecuado para la barra hueca, se vuelve a tomar un muestreo para checar dureza en la escala Rc, la cual se determina aplicando una carga primaria de 10 kg, posteriormente se aplica la carga máxima de 150 kg. Después de aplicada esta carga máxima, se retira sin quitar la carga pequeña de 10 kg, con lo cual la huella recupera elásticamente su profundidad y así de esta manera se determina la dureza del material. Este ensayo se lleva a cabo con un penetrador de diamante a 120° (Rc).

Y por último se lleva a cabo la inspección con magnaflux. Esto es para poder determinar cualquier grieta posible que pudiera haberse provocado a la hora de laminar y así tomar la decisión correspondiente.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Como se podrá observar, hay que tener un buen control de los siguientes factores para obtener la barra hueca:

- 1.- LA MATERIA PRIMA: Control químico de la chatarra, de la carga en sí y de las ferroaleaciones que intervienen.
- 2.- CONTROL DEL LINGOTE: Tanto en su formación y su aspecto exterior, como las temperaturas a las que se somete para su reducción. Asimismo, las temperaturas de los recocidos que se le aplican ya en billet.
- 3.- CONTROL DEL BILLET: Control tanto de la microestructura del billet como su barrenado y la introducción del núcleo.
- 4.- CONTROL DE LA LAMINACION: Control de la temperatura de laminación y dimensional para el ajuste del molino.

5.- CONTROL FINAL: Este incluye los factores dimensionales, metalográficos y físicos de la barra hueca.

Tomando en cuenta todos estos factores, se está en posibilidad de obtener una barra hueca que puede competir en el mercado tanto nacional como internacional.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

- 1.- George L. Kehl
THE PRINCIPLES OF METALLOGRAPHIC LABORATORY
PRACTICE.
Editorial Mc Graw - Hill Book Company
Nueva York.
- 2.- Metals Handbook
Volumen 2: HEAT TREATING, CLEANING AND FINISHING
American Society For Metals.
Eighth Edition
- 3.- Metals Handbook
Volumen 7: ATLAS OF MICROSTRUCTURES OF INDUSTRIAL
ALLOYS
American Society For Metals.
Eighth Edition
- 4.- José Apraiz Barreiro
TRATAMIENTO TERMICO DE LOS ACEROS
Editorial Dossat
Madrid