

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

15



ESTUDIO SOBRE LA FORMACION Y PREVEN-
CION DE GRIETAS EN EL PROCESO DE CO-
LADA CONTINUA EN PALANQUILLAS.

419

T E S I S
Que Para Obtener el Título de
Ingeniero Químico Metalúrgico
P r e s e n t a

MANUEL SERNA RODRIGUEZ

México, D. F.,

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

CLAS. Resin
ADQ. 1976
FECHA _____
PROC. MT
~~398~~ 397



CON AGRADECIMIENTO A:

ING: JOSE CAMPOS CAUDILLO

ING: ALBERTO FERNANDEZ LARA

Y PARA LOS COMPANEROS DEL DEPARTAMENTO DE "COLADA CONTINUA" EN SICARTSA, POR SU COLABORACION EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

A MIS PADRES

POR SU CARIÑO Y CONFIANZA
DEPOSITADOS EN MI, HACIEN
DO POSIBLE FINCAR LOS CI-
MIENTOS DE MI PORVENIR.

A MIS HERMANOS

POR SU APOYO DESINTERESADO
ACENTUANDO MÁS LA FIRMEZA
EN LA REALIZACIÓN DE MIS -
ESTUDIOS.

A MI ESPOSA IRMA

POR SU INAPRECIABLE COMPRENSIÓN
Y CARIÑO, QUE FUÉ UN ALICIENTE
PARA FRANQUEAR LOS MOMENTOS MÁS
DIFÍCILES.

A MIS MAESTROS Y CONDICIPULOS

I N D I C E

CAPITULO	I	INTRODUCCION
CAPITULO	II	GENERALIDADES
CAPITULO	III	PROCESO DESCRIPCION DEL MISMO Y DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES.
CAPITULO	IV	TIPOS DE DEFECTOS
CAPITULO	V	GRIETAS SU FORMACION Y PREVENCION
CONCLUSIONES		
BIBLIOGRAFIA		

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

I N T R O D U C C I O N

Con base en análisis comparativos, se afirma que el crecimiento y consolidación del sector siderúrgico ha sido y será siempre elemento fundamental en las reglas determinantes del crecimiento económico de un país, sin olvidar tampoco que las acciones que aspiran a promover el desarrollo deben sustentarse en una coherencia general con las aspiraciones generales de progreso.

La producción de acero en México se ha desarrollado a un ritmo anual de crecimiento que supera al de la economía nacional en su conjunto. Esto significa un importante esfuerzo productivo en términos de técnica, organización y funcionamiento, en el caso de México y como se dijo antes, el crecimiento de la industria siderúrgica constituye un reflejo fiel del ritmo general de desarrollo.

Una de las técnicas modernas usadas en la mayoría de las plantas siderúrgicas en México, es la colada continua, proceso por el cual obtenemos palanquillas de diferentes dimensiones que nos proporciona un ahorro de tiempo, espacio y calidad del acero.

Dentro de los defectos que se presentan en las palanquillas obtenidas por colada continua, los hay del tipo interno y externos siendo los más comunes los agrietamientos.

En este estudio mencionaré las principales causas que originan la formación de los agrietamientos, de los defectos en general y las rupturas, así como las formas de prevención de los mismos agrietamientos y rupturas.

Para la descripción del equipo haré referencia al de la planta de colada continua de la siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas, S. A. (SICARTSA), localizada en la desembocadura del Río Balsas, en el límite de los estados de Michoacán y Guerrero.

Esta planta cuenta con tres máquinas para colada continua del tipo curvo, cada máquina tiene seis líneas.

Las palanquillas coladas son de 125mm x 125mm. de sección y 6.5, 10 y 13 m. de longitud.

La producción anual será de 1,053,000 ton. de palanquillas de aceros al carbón (desde 1010 - 1095), y aceros de baja aleación (AISI-4110, 5150, 5160, 8620 y 8740).

El estudio se realizó en palanquillas de acero de bajo y medio carbón (1008-1045), debido a que es el tipo de acero que hasta ahora se ha producido en dicha planta.

Con esta producción y la de otras siderúrgicas del país se pretende satisfacer la demanda nacional de acero.

En la fig. 1 se da una distribución general de la planta de colada continua.

C A P I T U L O II

G E N E R A L I D A D E S

GENERALIDADES

La colada continua es un factor muy importante en la fabricación de acero. La economía, la flexibilidad y la calidad sobresalen para adoptar el proceso en plantas a nivel donde existe personal capacitado. Sin embargo, muchos conocimientos adicionales, experiencia y mejoras, particularmente en la calidad superficial, deben ser todavía desarrollados.

La industria fundamental del acero ha crecido en proporciones enormes y altos niveles de eficiencia en los pasados 30 años. El común denominador de la mayoría de estos progresos fue el incremento en el tamaño de las unidades de operación y un correspondiente incremento en la escala de producción.

Muy pocos de los conceptos básicos de producción requirieron de alteraciones en el curso de este avance económico, con resultado de que en la colada continua hay un mayor control del límite, de pérdidas, de la composición química y problemas mecánicos no uniformes, inherentes en la colada convencional en lingotera.

Estímulos adicionales para una reconsideración del uso del método de colada continua para la conversión del acero líquido en formas sólidas usuables, incluye potencialmente disminución en los costos de la planta y de operación.

Los inicios de la colada continua se remontan a los primeros decenios del siglo pasado durante los cuales Sir Henry Bessemer ideó la forma de colar metales en una barra continua, más larga que el molde donde se efectúa la solidificación.

Los metales que primero se colaron en máquinas de colada continua fueron el cobre, aluminio y sus aleaciones. J. Laing - patentó en E. E. U. U. un dispositivo para colar en forma con tinua tubos de plomo. Hasta el año de 1886 el norteamericano B. Atha prosiguió los trabajos de investigación y patentado - de un dispositivo para el colado continuo de lingotes. El di seño se basó en consideraciones económicas para reducir básicamente las pérdidas por mazorotas que se producen usando el método de vaciado en lingoteras.

La metalurgia de este proceso, para el cobre y aluminio, se - desarrolló más rápidamente que la del hierro, debido a que el cobre, aluminio y sus aleaciones tienen un punto de fusión mu cho menor que el del hierro. El cobre tiene además un calor específico más bajo y una conductiva térmica más alta que la del hierro.

T A B L A I

ELEMENTO	PUNTO DE FUSION (°C)	CALOR ESPECIFICO Cal/goC.	CONDUCTIVIDAD TERMICA Kcal hr. M2 C/M.
HIERRO	1535	0.113	31
COBRE	1080	0.093	303
ALUMINIO	656	0.217	230

& Conductividad del acero a 600

En el año de 1930 fueron los trabajos del alemán Sigfried Junghans, la base de la tecnología actual de la colada continua, construyéndose y patentando la primera planta experimental de colada continua que iniciara su operación en 1932. En el año de 1933 Junghans propuso que se aplicara al molde un movimien to ascendente - descendente con una amplitud de desplazamiento de 2 a 3 cms. y con una relación de velocidad ascendente;-

descendente de 3:1 y la velocidad descendente aproximadamente igual a la velocidad de extracción de la palanquilla del molde.

Ian Holliday, modificó el principio de Junghans, introduciendo la técnica llamada "Desprendimiento negativo".

Holliday, explicaba ésta diciendo que "Se logran resultados - muy superiores si el recorrido de descenso del molde se efectúa a una velocidad ligeramente mayor que la de extracción de la palanquilla". Así, la capa solidificada inicialmente, se desprende en dos formas; evitándose agrietamientos y rupturas de hilos:

- a) Durante la carrera ascendente - relativamente rápida.
- b) Durante la carrera descendente - muy lentamente. Como ésta actúa en dirección opuesta a la primera se le llama - "Desprendimiento negativo".

Posteriormente el desarrollo de las máquinas de colada continua siguió a grandes rasgos en la siguiente forma:

En 1938, los rusos construyeron una planta en Kusnetski.

Durante la segunda guerra mundial Junghans construyó una planta en Alemania.

La primera operación que tuvo éxito en los E. E. U. U. fue en la planta Watervliet en Nueva York en el año de 1947.

En Rusia la planta Barrow empezó a producir planchones de 180 mm x 180 mm. en 1951.

Actualmente en México trabajan las siguientes máquinas de colada continua: (Ver tabla II y Tabla III).

T A B L A II

PLANTAS DE COLADA CONTINUA EN MEXICO

PLANTA	LUGAR	TIPO DE MAQUINA	NUM. DE M. C. C.	NUM. DE LINEAS
Aceros de Chihuahua	Chihuahua	Vertical	2	1
Aceros Ecatepec	Tultepec, Edo. de México	Vertical Curva	2 1	1 2
HYLSA de México	Xoxtla, Pue.	Curva	2	4
Laminadora Azcapotzalco	D. F.	Vertical con doblaje progresivo y descarga horizontal.	1	2
Aceros CORSA	La Presa, Edo. de Méx.	Curva	1	2
Siderúrgica Guadalajara	Guadalajara, Jal.	Vertical con doblaje progresivo Curva	1 1	2 3
Aceros Nacionales	Tlalnepantla, Edo. México	Curva	2	2
Siderúrgica de Yucatán	Mérida, Yuc.	Curva	1	1
Altos Hornos de México	Monclova, Coah.	Curva	1	2
Aceros San Luis	San Luis Potosí, S.L.P.	Curva	1	2
SICARTSA	Cd. Lázaro Cárdenas	Curva	3	6

T A B L A I I I

PLANTAS DE COLADA CONTINUA EN PROYECTO PARA

1978

PLANTA	LUGAR	TIPO DE MAQUINA	NUM. DE M.C.C.	NUM. DE LINEAS
HYLSA MEXICO	PUEBLA, Pue.	curva	2	2
METALURGICA VERACRUZANA	CORDOBA, Ver.	curva	1	2
ACEROS SAN LUIS	SAN LUIS PO- TOSI, S.L.P.	curva	1	1

NOTA: Número de M.C.C. quiere decir número de máquinas de colada continua.

TIPOS DE PLANTAS DE COLADA CONTINUA.

Los tipos de plantas de colada continua caen dentro de cuatro clasificaciones, aún cuando hay algunas variaciones dentro de cada clasificación.

Los principales tipos son:

- a) Máquina vertical con corte en posición vertical.
- b) Máquina vertical con doblaje abajo de los rodillos extractores y descarga horizontal.
- c) Máquina baja de molde recto, doblaje debajo del molde y -
descarga horizontal.
- d) Máquina baja (curva) molde curvo con descarga horizontal.
- e) A continuación una breve descripción de cada tipo de máqui
na.

A) MAQUINA VERTICAL CON CORTE EN POSICION VERTICAL (Figura No. 2)

Esta máquina es el diseño más antiguo y es adecuado para tochos de tamaños muy grandes y para tipos de acero que -
tengan tendencia a agrietarse cuando son doblados. Con -
la introducción del tocho con forma de H sus altos costos de capital además de la lenta velocidad de descarga y lar
gos tiempos para volver a operar después de haber finalizado cada colada hacen que este tipo de máquinas tengan -
poco uso en las modernas acerías.

En esta máquina el molde, la cámara de espreas, los rodillos extractores y las unidades de corte están en la misma línea vertical. Esto da como resultado que las estruc
turas de la máquina sean muy altas, que se tenga un dispo
sitivo de descarga muy complicado y una barra falsa cons-

HERRAJE VERTICAL EN CORTE EN
POSICION VERTICAL

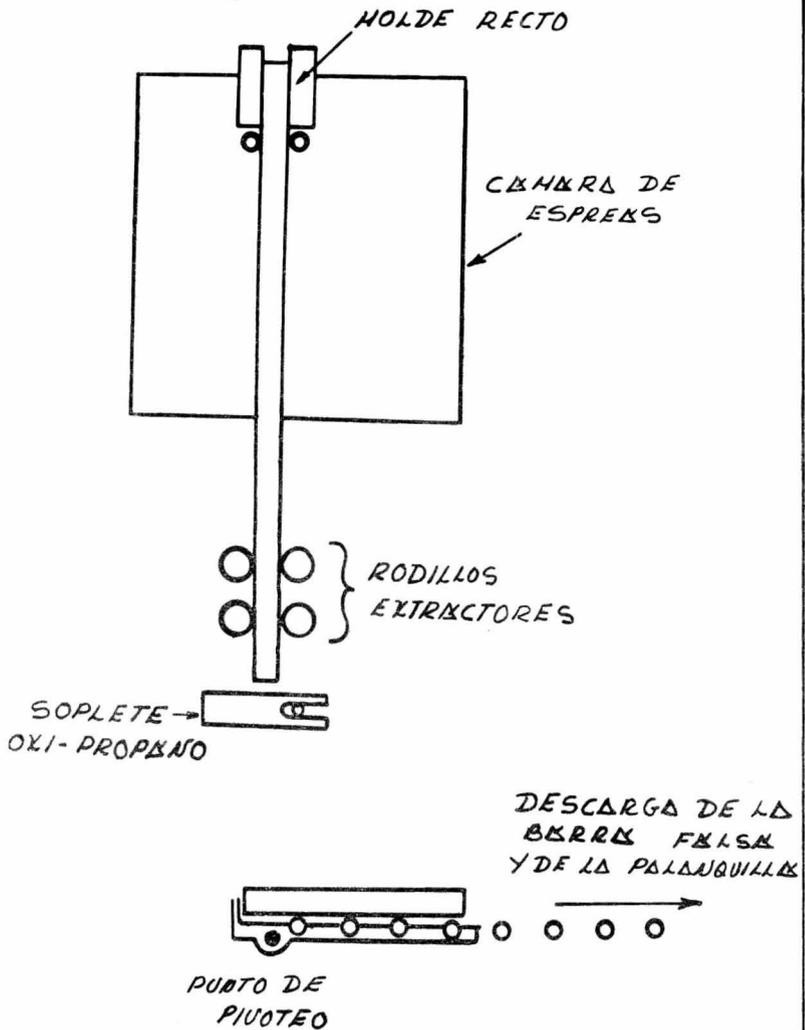


FIG. 2

tituída de muchas piezas. Estos dos últimos factores hacen que la descarga sea muy lenta y los tiempos de preparaci3n se alarguen.

B) MAQUINA VERTICAL CON DOBLAJE ABAJO DE LOS RODI--
LLOS EXTRACTORES Y DESCARGA HORIZONTAL.

Esta máquina también es de diseño anticuado y debido a su alto costo de capital ya no se instalan actual--
mente.

Esta máquina es capaz de colar a altas velocidades. -
Al molde recto se le puede fácilmente dar conicidad y los soportes en la zona de espreas necesarios para ob--
tener altas velocidades de colada, se pueden alinear--
más fácilmente con respecto al molde.

La calidad interna del producto es muy buena para to--
dos los tipos de acero debido al enfriamiento simétri
co y al doblaje que se realiza cuando la solidifica--
ci3n ya se completó.

En este tipo de máquina también el molde, la cámara -
de espreas y los rodillos extractores están en la mis--
ma línea vertical. Debajo de los rodillos extracto--
res la palanquilla es doblada por brazo hidráulico 90
después de lo cual se endereza para ser cortada y des--
cargada. La barra falsa se almacena debajo del brazo
de doblaje y puede volverse a introducir antes de que
la palanquilla haya sido desalojada completamente de
la máquina al finalizar una colada.

C) MAQUINA BAJA, DE MOLDE RECTO, DOBLAJE PROGRESIVO
Y DESCARGA HORIZONTAL (Figura No. 4)

Este tipo de máquina fué diseñado para reducir los al--
tos costos de capital de las máquinas verticales.

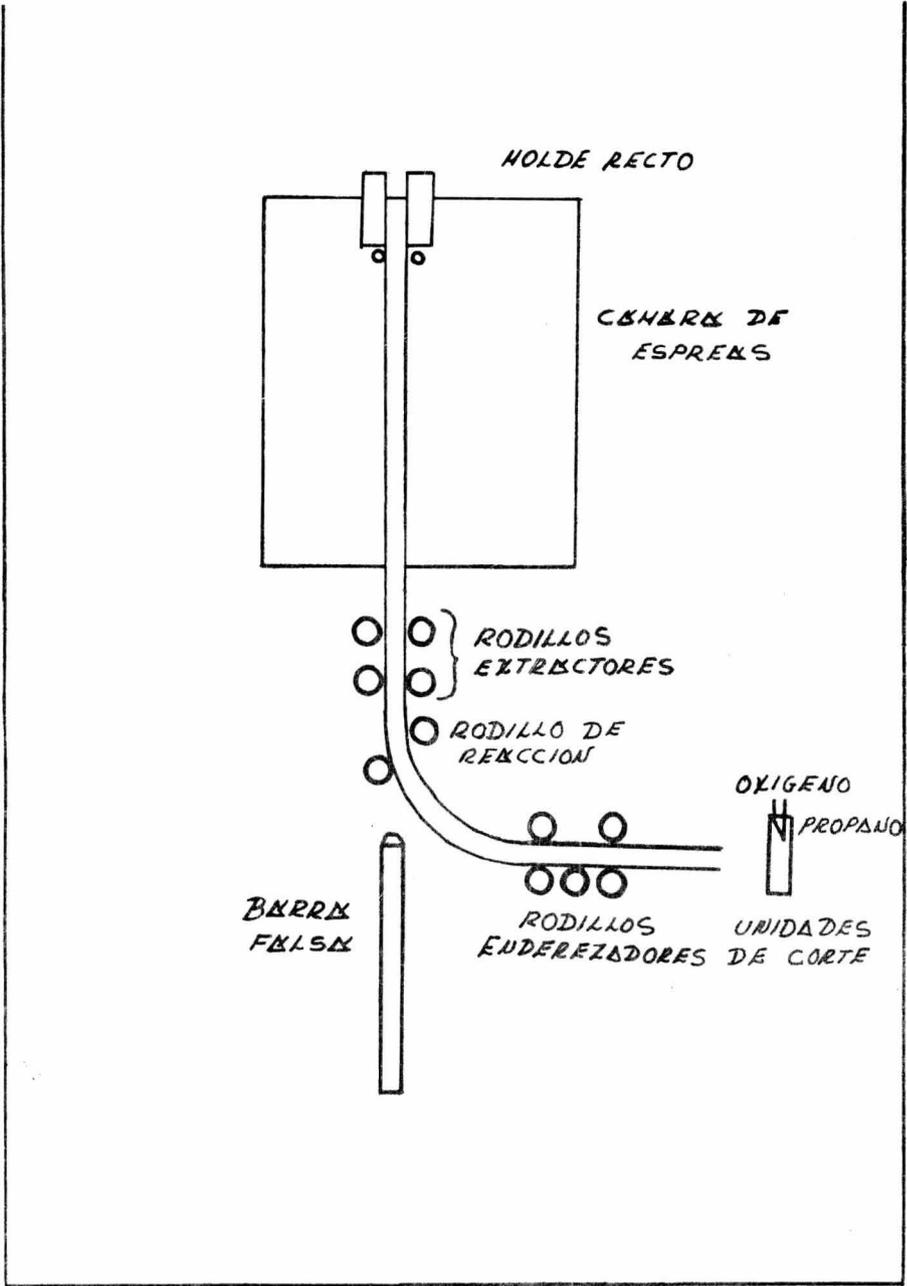


FIG. 3

Este tipo particular fue introducido por dos razones:

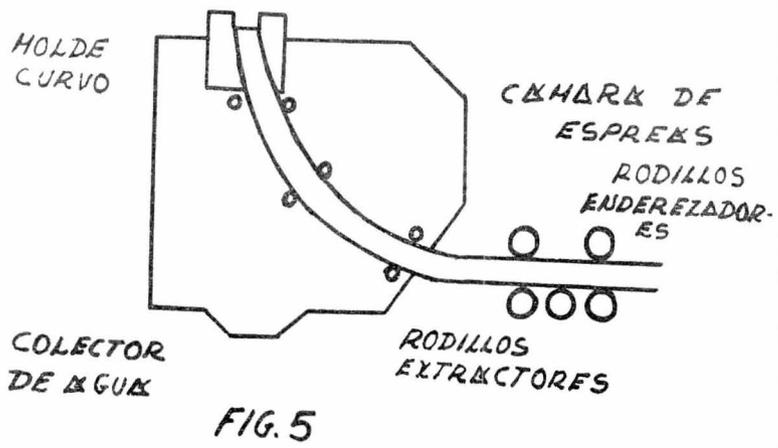
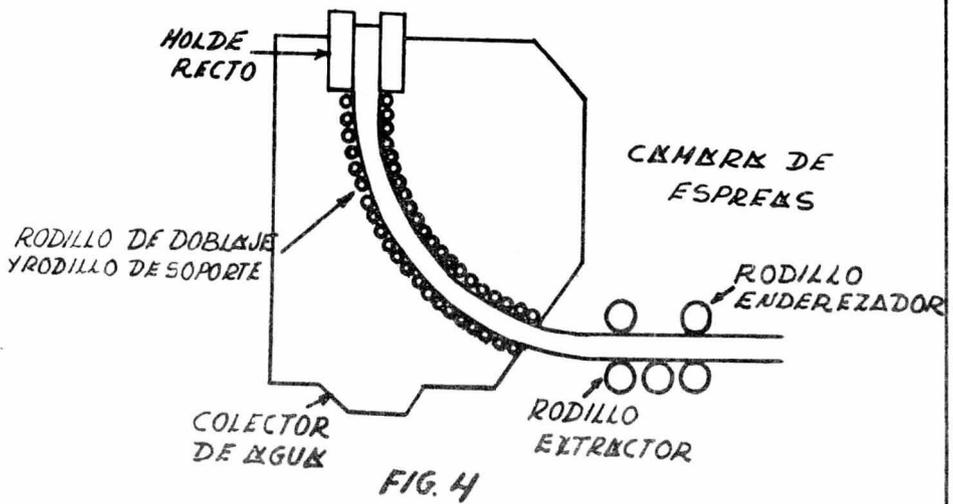
- i) Evitar patentes de otros constructores de máquinas
- ii) Reducir la segregación del radio interior, la cual aparece en otras máquinas de construcción baja -- cuando se cuelan planchones.

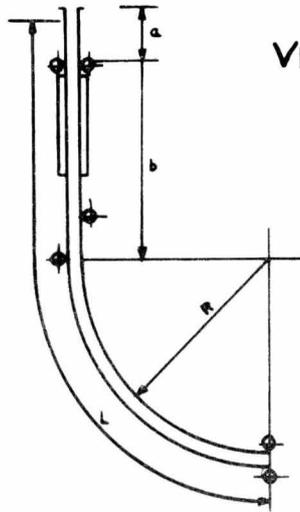
Cuando se cuela la palanquilla los argumentos de segregación no son válidos debido a las altas velocidades de colada y a la corta sección recta que hay debajo del molde.

El molde es del mismo tipo que el usado en las máquinas verticales pero se hace el doblaje aproximadamente un metro debajo del molde para lograr la descarga horizontal. La curvatura dada en ésta area continúa a través de la cámara de espreas de los rodillos extractores, con este tipo de máquina no es posible usar una barra falsa rígida por la cual se usa la barra falsa de eslabones flexibles.

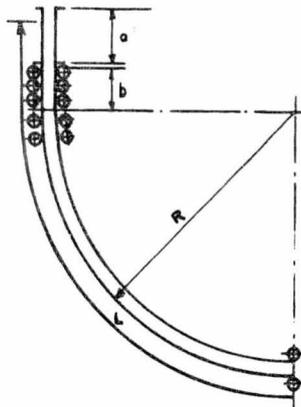
La principal ventaja con este tipo de máquina es la gran tensión aplicada a la palanquilla en el punto de doblaje. Esta tensión es tan grande que pueden aparecer grietas internas a lo largo de los bordes de los cristales dentríticos. Estas grietas se vuelven más pronunciadas al aumentar los contenidos de carbón y a zure y el sobrecalentamiento del acero.

El bastidor de rodillos en esta zona, también está sometido a tensiones y es por ello que en esta parte se encuentra un gran número de rodillos, estos rodillos si no se les da un buen mantenimiento, conducen a reducir la calidad de la palanquilla. Aún manteniendo en buen estado estos rodillos, este diseño representa altos costos de mantenimiento.

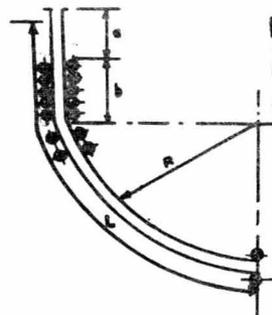




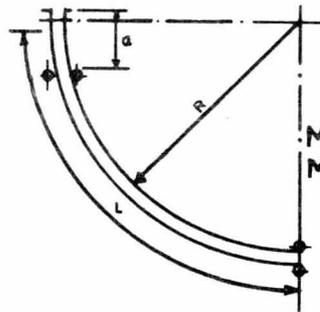
VERTICAL CON DOBLAJE



MAQUINA DE MOLDE
RECTO CON CURVATURA
CONSTANTE "R"



MAQUINA DE
MOLDE RECTO
CON DOBLAJE
PROGRESIVO



MAQUINA TIPO
MOLDE CURVO

TIPO DE MAQUINARIA	a	b	L	R
VERTICAL DOBLAJE	0.762	12.8 M	20.17 M	4.877M
MOLDE RECTO CON CURVATURA CONSTANTE	0.78	0.254	9.6	6.0
	0.80	1.050	11.45	6.0
	0.70	N.A.	15.0	5.1
MOLDE RECTO CON DOBLAJE PROGRESIVO	0.64	2.143	9.4	∞ 4.8
MOLDE CURVO	0.70		9.6	6.8
	0.80		8.1	5.0
	0.80		8.1	5.0
	0.70		15.8	5.1
	0.76		13.16	7.925

D) MAQUINA BAJA, MOLDE CURVO CON DESCARGA HORIZONTAL
(Figura No. 5)

La diferencia entre esta máquina y la descrita previamente es que el molde tiene la curvatura del radio de la máquina. Esto elimina la necesidad de doblar la palanquilla debajo del molde y consecuentemente simplifica el diseño de la cámara de espreas.

En la cámara de espreas tanto la palanquilla como el - bastidor de rodillos no reciben ninguna tensión o es--fuerzo.

El bastidor de rodillos se usa sólo como una guía para volver a introducir la B. F.

C A P I T U L O I I I

PROCESO, DESCRIPCION DEL MISMO Y DE LOS EQUIPOS

PRINCIPALES

PROCESO, DESCRIPCION DEL MISMO Y DE LOS EQUIPOS

PRINCIPALES

Proceso. El proceso de colada continua, es la técnica de la solidificación continua del acero en forma de productos semi terminados como son: palanquilla, planchón o tocho en cuya o peración la pieza clave es un molde de cobre sin fondo, re-- frigerado con agua, cuya forma interior es la sección transversal del producto que se desea obtener. Para iniciar la - colada se introduce la cabeza de una barra falsa en la parte inferior del molde, sirviéndole de fondo, la cual se empaqa para evitar que se derrame el acero líquido mientras se lle-- na el molde hasta cierto nivel. La finalidad del molde re-- frigerado consiste en eliminar al acero, suficiente calor pa ra producir un espesor solidificado adecuado, de manera que contenga con seguridad el acero líquido existente en la parte interna de la palanquilla, la cual, completa su solidifi-- cación fuera del molde con agua espreada, mientras es sacada por medio de un sistema extractor cuya velocidad debe ser lo más constante posible para evitar que la corteza solidifica-- da se fracture debido a las tensiones a que se somete y origi-- ne un derrame de acero líquido o ruptura. Una vez que la palanquilla ha dejado el sistema extractor-enderezador, pasa por la unidad de corte, donde se cortan a la longitud reque-- rida y son conducidas a la mesa de transferencia de donde -- son desplazadas a la cama de enfriamiento por medio de empu-- jadores.

Durante su recorrido a lo largo de la cama de enfriamiento - las palanquillas van girando 90° sobre su eje longitudinal - con el objeto de lograr un enfriamiento más rápido y uniforme, pasando después a la cama de almacenaje por medio de un

empujador de donde son llevados al patio del taller de colada para que se enfrien completamente, posteriormente, se trasladan al molino de barras o al molino de alambroñ, en el taller de laminación.

Actualmente el proceso de colada continua tiene prioridad sobre el vaciado convencional por las múltiples ventajas que presenta, siendo una de ellas la reducción de los pasos en el proceso.

Comparación del proceso de colada continua con el proceso convencional. (Fig. 6)

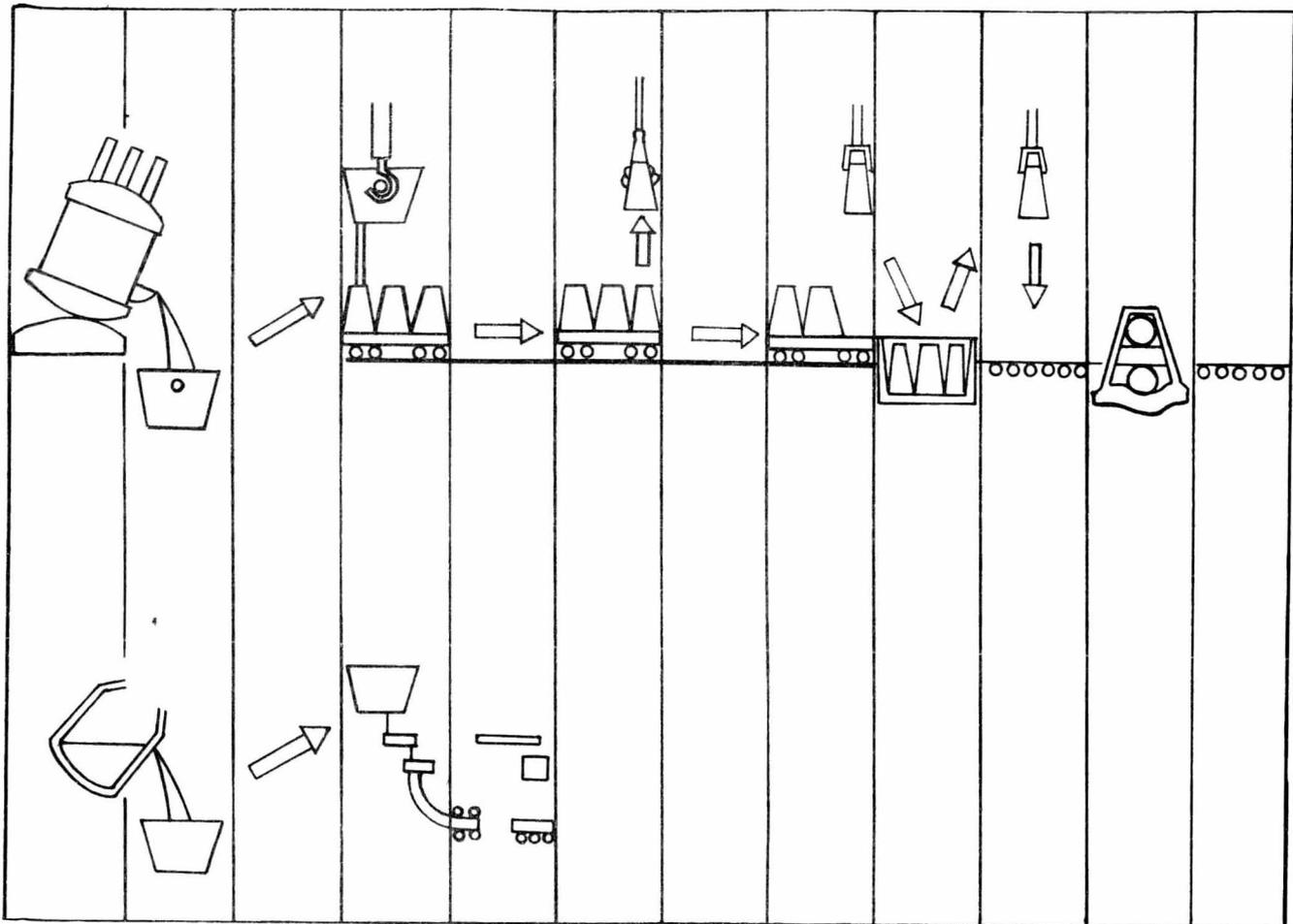
COMPARACION ENTRE LOS PROCESOS DE COLADA CONVENCIONAL Y COLADA CONTINUA.

Como se puede ver en la Fig. (6) la colada convencional se realiza en 12 etapas que son:

1. Fabricación del acero en el horno.
2. Vaciado del acero a la olla.
3. Transporte de la olla hacia las lingoteras.
4. Vaciado del acero a las lingoteras.
5. Transporte de las lingoteras a la zona de desmolde o -- descoquilado.
6. Desmoldeo del lingote.
7. Transporte del lingote al horno del recalentamiento.
8. Carga del lingote en el horno.
9. Recalentamiento del lingote hasta la temperatura de desbastado.
10. Colocación del lingote en el desbastador.
11. Desbastado del lingote.
12. Palanquilla terminada.

Estos doce pasos para producir palanquillas se realizan en sólo cinco pasos cuando se utilice el proceso de colada continua.

Fig. 6



Estos pasos son:

1. Fabricación del acero en el horno.
2. Vaciado del acero en la olla.
3. Transporte de la olla a la máquina de colada continua.
4. Colada de la palanquilla.
5. Palanquilla terminada.

El proceso de colada continua se ha venido utilizando cada vez con mayor frecuencia debido a las ventajas que presenta como - por ejemplo:

El aumento de la productividad debido al incremento del rendimiento y a la eliminación de varios pasos operacionales, como resultado de la disminución de los pasos tales como desmoldeo, recalentamiento y desbastado primario, se tienen ahorro de -- energía y reducción del costo de capital.

Para hacer más clara la descripción del proceso de colada continua, iniciaré antes una descripción del equipo que incluye - cada máquina y los equipos comunes para las tres máquinas, y a continuación la descripción del proceso de acuerdo a las operaciones que se realizan antes, durante, y después de la colada.

El orden que sigue la descripción del equipo es el mismo en el que entran en operación en el proceso de colada continua.

EQUIPOS POR MAQUINA

3. EQUIPO

3.1 TORRETA GIRATORIA

La torreta para la olla es del tipo de brazos gemelos, girando en torno a un eje central y dispuesta para transportar una olla llena desde la nave de transferencia; esta nave se localiza entre los talleres de BOF y colada continua,

TORRETA PARA
LA OLLA

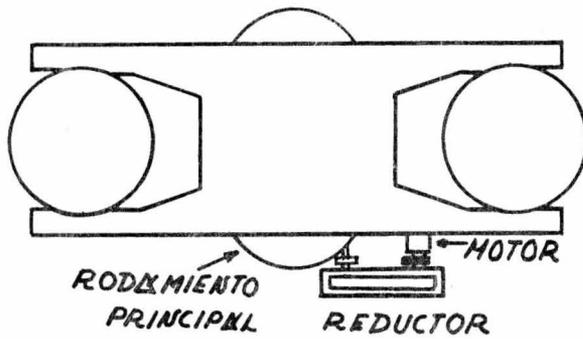
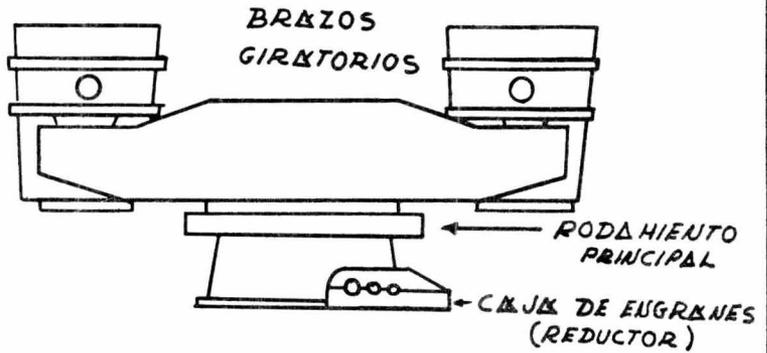


DIAGRAMA DE LA
TORRETA

FIG. 7

a la posición de colada.

El brazo del lado opuesto transportará simultáneamente una olla vacía desde la posición de colada a la nave de transferencia. La rotación del brazo es mediante un ciclo programado, iniciado cuando se presiona un botón, girando entonces los brazos 180° y parando automáticamente en la posición correcta.

El levantamiento y colocación de la olla se lleva a cabo por medio de grúas localizadas en la nave de transferencia. La definición principal de la torreta es la de lograr empalmes o coladas secuenciales, que describiré posteriormente.

La capacidad de carga total máxima es de 350 ton.

Es una operación normal, la velocidad de giro es de 1 RPM y en caso de emergencia es de 0.5 RPM (Ver figs. 7 y 8 y Núm.-2).

3.2 OLLA DE COLADA

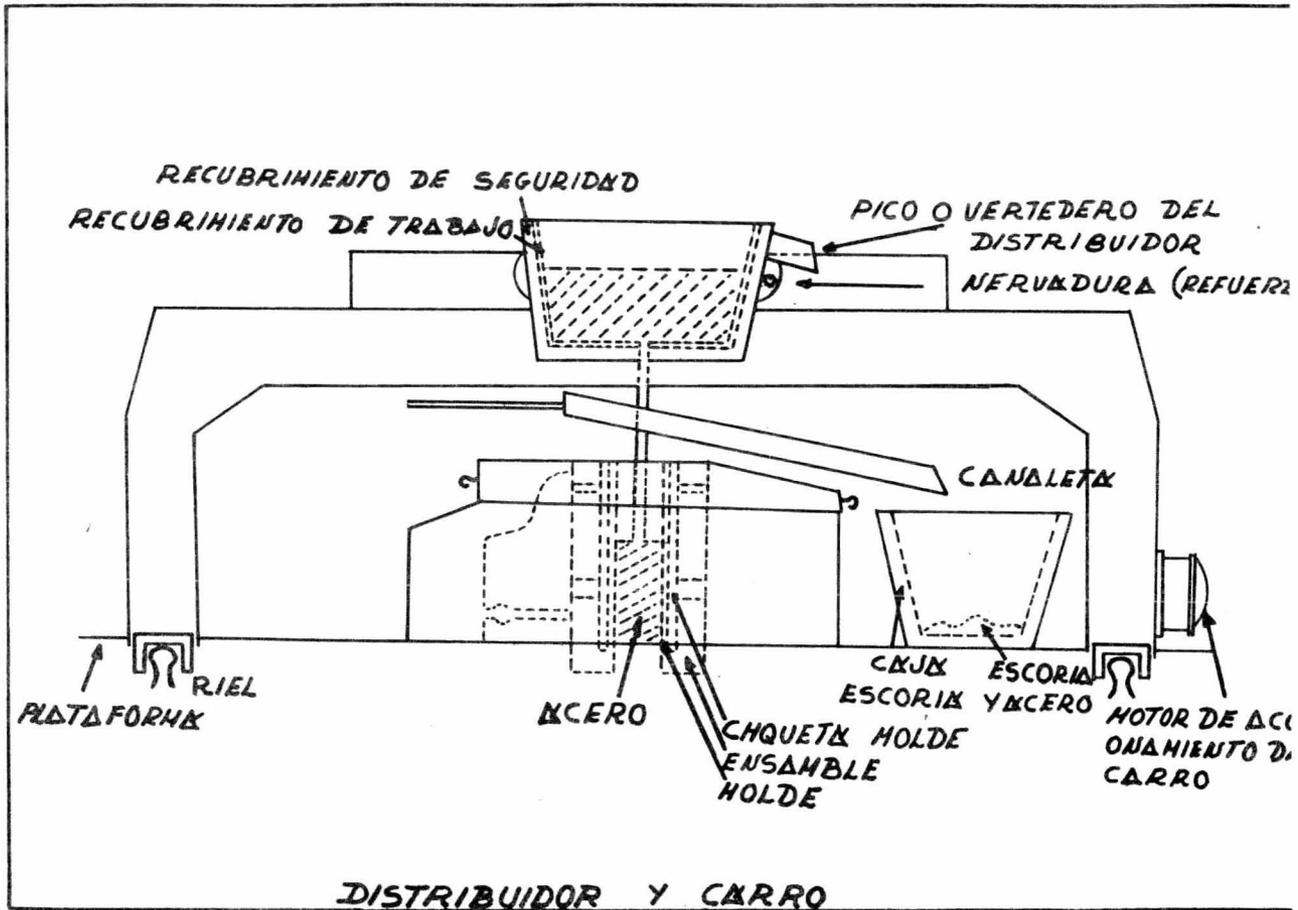
Una vez puesta la olla en posición de colada, se suministra acero líquido al distribuidor abriendo la válvula deslizable que tiene en su parte inferior, por medio de la cual se controla el flujo del metal líquido.

El material con que se construye la olla es acero, revestida interiormente con ladrillo refractario.

La capacidad máxima de la olla es de 125 tons. (Ver fig. 8 Núm. 1).

3.3 DISTRIBUIDOR

El distribuidor recibe el acero proveniente de la olla, y su función, como parte principal del equipo dentro de la o-



peración de la colada es actuar como un depósito que distribuye acero a los seis moldes, a través de las boquillas dispuestas en su piso o fondo.

El diámetro de las boquillas del distribuidor es la base para controlar el flujo de acero a los moldes. Este diámetro y la altura del nivel del acero en el distribuidor son de suma importancia para el control de la velocidad de colada. - (Ver fig. 8, Núm. 3 y fig. 9).

3.4 CARRO DE DISTRIBUIDOR

Los carros para distribuidor se mueven perpendicularmente a la dirección de colada.

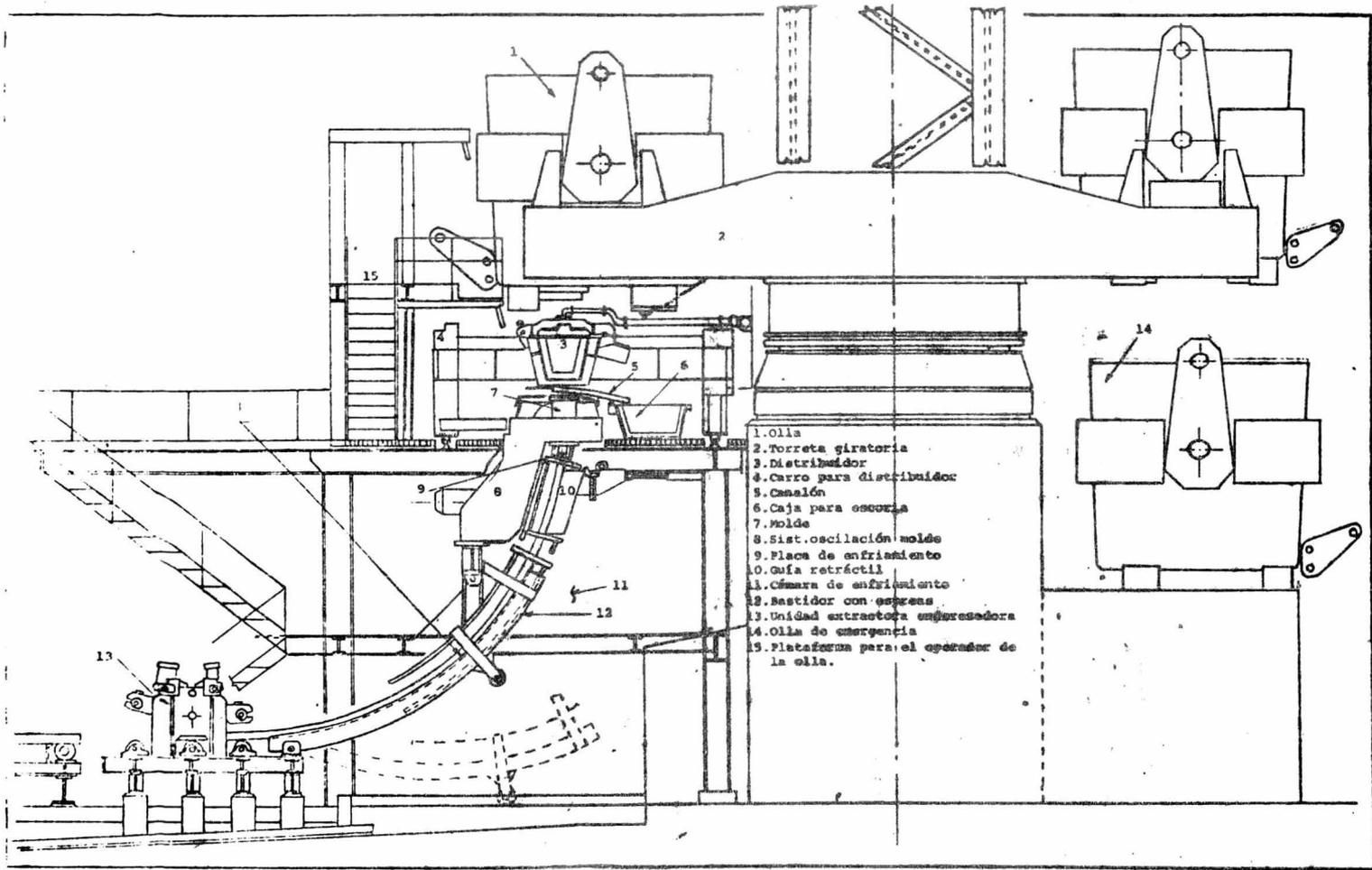
Las funciones del carro para manejo del distribuidor son las de soportarlo durante las operaciones de calentamiento y de colada, así como transferirlo de la posición de calentamiento a la de colada y viceversa, cuando ha finalizado la colada para ser levantado por la grúa y llevado a las estaciones para limpieza, reparación y preparación.

El carro está montado sobre vías y su locomoción se efectúa por medio de un motor eléctrico.

El carro tiene conectado un sistema de pesaje para controlar el peso del acero líquido en el distribuidor. Este control también se puede efectuar a simple vista, controlando la altura del nivel de acero, por medio de la válvula deslizable (Ver Fig. 8, Núm. 7 y Fig. 9).

3.5 CANAL GIRATORIO Y CAJA PARA ESCORIA

Los canales giratorios están colados entre los moldes y el fondo del distribuidor, y están soportados por la caja para escoria, teniéndose uno por línea.



- 1. Olla
- 2. Torreta giratoria
- 3. Distribuidor
- 4. Carro para distribuidor
- 5. Canalón
- 6. Caja para escoria
- 7. Molde
- 8. Sist. oscilación molde
- 9. Placa de enfriamiento
- 10. Guía retráctil
- 11. Cámara de enfriamiento
- 12. Bastidor con espigas
- 13. Unidad extractora empujadora
- 14. Olla de emergencia
- 15. Plataformas para el operador de la olla.

Su función es la de recibir la escoria y el primer acero proveniente de las boquillas, al ser enviadas por los canales giratorios, recibe también la escoria o acero que se llegue a derramar del distribuidor, en caso de que llegue a subir el nivel, así como también, recibir la escoria que salga del distribuidor al finalizar la colada (Ver Fig. 8, Núm. 5 y 6 y Fig. 9).

3.6 ESTACIONES DE PRECALENTAMIENTO DEL DISTRIBUIDOR Y BOQUILLAS.

El distribuidor debe ser precalentado antes de colar. Se tiene una estación de precalentamiento localizada a cada uno de los lados de cada máquina, en línea con el desplazamiento del carro para distribuidor sobre la plataforma de colada. El ensamble del quemador, está montado sobre un pivote permitiendo su elevación para despejar el distribuidor para su levantamiento y posicionamiento por medio de la grúa en la plataforma de colada.

Hay también una estación de precalentamiento localizada en posición de colada, para mantener la temperatura del distribuidor durante período de espera de la olla. El ensamble del quemador es giratorio permitiendo con esto que durante las coladas la olla gire libremente.

Las estaciones de precalentamiento para las boquillas están localizadas entre el fondo del distribuidor y el nivel del piso de la plataforma. Hay una de éstas en cada estación de precalentamiento para distribuidores. El ensamble del quemador está apoyado al piso por medio de ángulos.

3.7 MOLDE

El molde determina la sección transversal del producto, y suministra el enfriamiento primario, el cual produce la solidificación inicial de la palanquilla.

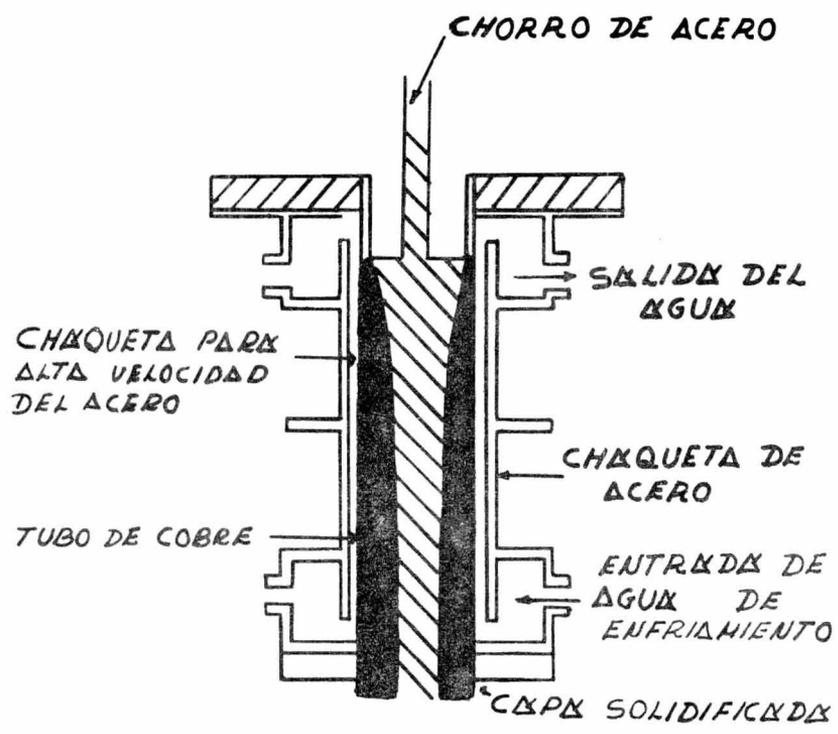
Los moldes son fabricados de cobre porque es el más práctico y económico de los metales, con alta conductividad térmica. En colada continua se emplean varios grados de cobre, pero - SICARTSA emplea el cobre electrolítico de 99.9% pureza, para obtener un mejor producto.

Los moldes tienen una cierta conicidad desde la parte superior, hasta la parte inferior para mejorar las características de la transferencia de calor y en su interior llevan una película de cromo para aumentar su resistencia al desgaste, - reducir los daños, facilitar la limpieza y aumentar la calidad del producto. Con esta conicidad, lo que se busca es hacer mayor la longitud en la cual la palanquilla está en contacto directo con las paredes del molde para asegurar una mejor solidificación y con ello disminuir la probabilidad de que haya rupturas en las líneas (ver fig. 8, núm. 7 y fig.9)

3.7.1. ENFRIAMIENTO DEL MOLDE

Los moldes son enfriados por medio de agua, la cual en circulación induce a la formación de la corteza de acero solidificado. La temperatura del agua es medida antes y después de su introducción al molde.

La temperatura del agua de salida siempre será más alta que la del agua de entrada y el diferencial es una medida de la cantidad de calor extraído del acero, y transferido al agua del molde. Se ha visto que la mayor cantidad de calor removido sucede en la parte superior del molde en donde el acero está en contacto con el cobre, y que la corteza solidificada, en la parte inferior, se contrae, lo cual reduce la transferencia de calor. Una indicación de una pobre transferencia de calor es una caída en el diferencial de temperatura en el agua para molde, también bajas velocidades de transferencias de calor en los moldes son causadas muchas veces por precipitados del agua sobre la cara de cobre. (Ver fig. 10).



VISTA DE UN MOLDE
TIPICO

FIG. 10

Estos precipitados pueden ser debidos a un sinnúmero de impurezas en el agua, incluyendo:

1. Dureza (carbonatos de calcio o magnesio).
2. Fosfatos.
3. Oxidos de fierro u otros óxidos metálicos.
4. Lamas de reacciones de bacterias orgánicas en el -- sistema.

Si cualesquiera de estos, se precipitan en la cara exterior del molde, la cara interna se deforma en el area - de mayor transferencia de calor (se pandea).

3.7.2 TRANSMISION DE CALOR EN EL MOLDE

La transferencia de calor del acero líquido al molde es un proceso bastante complicado, que tiene lugar en las siguientes etapas:

1. Transferencia de calor del centro de la palanquilla a la pared externa de la misma.
2. Transferencia de calor de la pared externa de la palanquilla a la pared interna del molde.
3. Transferencia de calor por conducción a través de - la pared del molde.
4. Transferencia de calor de la pared externa del molde al agua de enfriamiento.

ETAPA 1). En la primera etapa, la transferencia de calor es una función de constantes físicas tales como la conductividad térmica del acero (tanto en la parte lí--quida como en la que haya solidificado), la diferencia de temperatura y el tiempo.

ETAPA 2). La transferencia de calor de la superficie - de la palanquilla, a la pared interna del molde, es la etapa más crítica, debido a que la transferencia de ca-

lor por conducción es mucho mayor que la efectuada por radiación, pero la conducción es posible, sólo en la zona donde la palanquilla está en contacto directo con el molde. Debido a la contracción que se produce al solidificar la palanquilla y las paredes del molde causando una disminución en la eficiencia de la transferencia de calor, ya que la mayor parte de la misma se efectúa por radiación, y una pequeña porción por convección en el gas. Por lo tanto, el factor más importante que afecta la velocidad del crecimiento de la capa sólida, es el diseño del molde cuya geometría asegure un buen contacto entre la palanquilla y las paredes del molde desde el nivel superior hasta la salida del mismo. Esto significa tener un molde con una disminución gradual que corresponda a la cantidad que se contraiga el acero. La contracción varía con la velocidad de colada y el tipo de acero.

ETAPA 3). Con respecto a la transferencia de calor a través de la pared del molde, los factores que la controlan son:

La conductividad térmica del cobre, el gradiente de temperatura y el tiempo.

ETAPA 4). La transferencia de calor de las paredes externas del molde al agua de enfriamiento se reduce considerablemente cuando se forma un depósito de carbonato en la pared del molde. Esto se puede evitar controlando bien el tratamiento del agua que se utilice en este equipo.

El molde es la parte más crítica de la máquina, es un depósito sin fondo, de cobre con un recubrimiento interno de cromo, del tipo curvo, con un radio de curvatura de 5 mts. de sección transversal aproximadamente cuadrada 128mm x 129mm 813mm. de longitud y con una conicidad

de 0.6%/m. Este molde está diseñado para que por su parte superior, haya una alimentación de aceite que hace -- que disminuya la fricción entre la capa de acero solidificado en el molde y las paredes del mismo.

3.7.3 LUBRICACION DEL MOLDE

Es necesario lubricar la superficie interna del molde para reducir la adherencia de la corteza de acero al cobre. El lubricante es almacenado en un tanque de depósito equipado con un medidor de nivel, de aquí se suministrará el aceite a cada una de las líneas, el flujo puede ser ajustado por medio de un mecanismo ajustador de volumen - colocado en la bomba que tiene cada hilo, accionadas por un motor eléctrico.

3.7.4 OSCILACION DEL MOLDE

Sirve para ayudar a la separación de la corteza solidificada de la pared del molde. El sistema de oscilación está situado debajo de la plataforma de colada, se acciona por medio de un motor eléctrico con un excéntrico acoplado, transfiriendo al molde un movimiento ascendente - descendente.

Para emplear el molde con oscilación sinusoidal, es recomendable disminuir las vibraciones en la estructura y tener levas simples, este sistema es ahora estandar en las máquinas nuevas (ver Fig. 8, Núm. 8).

3.7.5 ENSAMBLE DEL MOLDE

El ensamble del molde consiste de los siguientes componentes:

Guía para colocar el molde dentro de la chaqueta de enfriamiento, ductos para la lubricación del molde, placa-

cuña para soportar el molde en el ensamble, tubería para entrada y salida del agua de enfriamiento en la chaqueta y dispositivos para su manejo y levantamiento (Ver Fig.- 9).

3.7.6 CONTROL AUTOMATICO PARA EL NIVEL DE ACERO EN EL MOLDE.

Cada línea equipada con un sistema para medir y controlar el nivel de acero en el molde por medio del control de la velocidad del sistema motriz de la unidad extractora enderezadora.

El sistema consistirá de una fuente radioactiva y una undad detectora de gas ionizado.

3.8 CAMARA DE ENFRIAMIENTO

Fundamentalmente el enfriamiento de la palanquilla se divide en dos partes:

Enfriamiento primario y enfriamiento secundario.

El enfriamiento primario es el que se le da al acero cuando es tá en el molde.

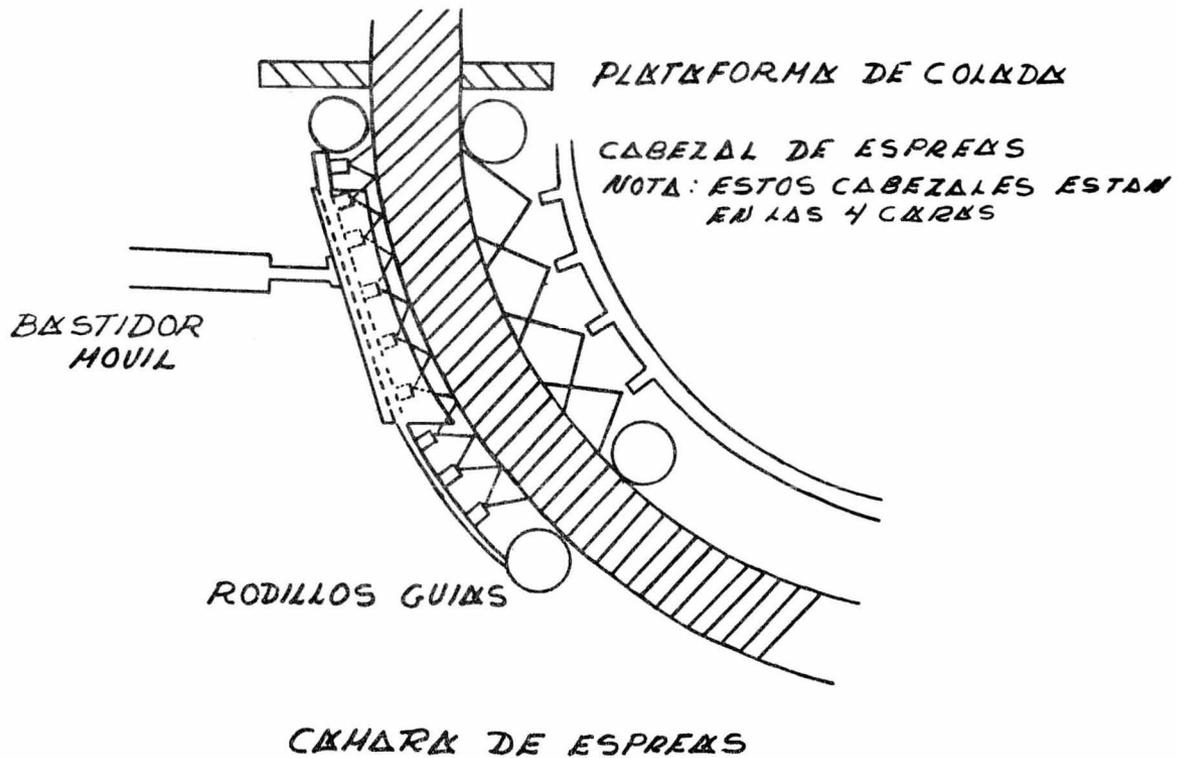
El enfriamiento secundario es el que se le da a la palanquilla en la cámara de enfriamiento apenas sale del molde.

En esta cámara el enfriamiento se lleva a cabo por flujo y proyección espreada de agua sobre cada una de las caras de la palanquilla y está dividida en tres zonas:

Zona superior o anillo

Zona número 1

Zona número 2



Zona superior o anillo: En esta zona se tiene espreas cortas con un ángulo de aspersion mayor que la de las zonas 1 y 2 -- montadas sobre cabezales soportados por un bastidor de rodillos.

La zona #1 está formada por una guía móvil empleada durante la inserción de la barra falsa, tiene una longitud de poco más de 1.5mm accionada por medio de un pistón neumático.

Las espreas son del tipo de cono lleno, la distancia lateral desde la punta de la esprea a la cara de la palanquilla es de 114mm.

El agua para espreas está acondicionada para suministrar el mayor volumen de agua a la parte superior de la máquina (cerca del molde), porque allí, la corteza solidificada es delgada y la extracción del calor es más efectiva. El tipo de esprea tiene una influencia importante en la precisión dimensional y la calidad interna de la sección colada. (Ver Fig. 11 y Fig. 8, Núm. 11).

El agua ya utilizada fluye hasta un hidrociclón mezclador de donde es bombeada a la planta de tratamiento de agua para limpiarla, enfriarla y volverla a utilizar.

Cada cámara de enfriamiento cuenta con un sistema de extracción de vapor, para lo cual cuenta con dos abanicos. Los ventiladores de flujo axial son los usados y los ductos son de lámina galvanizada.

3.9 HIDROCICLON

Una fosa cilíndrica en la cual el agua entra en forma tangencial para mantener en suspensión la escama, mientras es bombeada a la planta de tratamiento de agua donde es decantada, limpiada de aceite, filtrada, enfriada, almacenada y enviada nuevamente a la máquina. Cuenta con dos bombas verticales --

una de las cuales trabaja continuamente y la otra está de reserva.

3.10 BASTIDOR DE RODILLOS

El bastidor tiene un radio de curvatura de 5 mts. El bastidor sostiene y guía a la palanquilla mientras es enfriada por el agua atomizada por las espreas. Los rodillos también se utilizan para guiar y soportar la barra falsa cuando la cabeza de ésta se inserta en el molde antes de iniciar una colada. - (Ver Fig. 8, Núm. 12).

3.11 UNIDADES EXTRACTORAS - ENDEREZADORAS

Los extractores cuentan con dos rodillos superiores sin motor y tres rodillos inferiores dos de los cuales tienen motor y - cuya finalidad es la de extraer y enderezar la palanquilla -- con una presión regulable tal que la palanquilla no sufra deformaciones, así como insertar la barra falsa, dirigiéndola - hacia el molde antes de iniciar la colada, la presión de trabajo de estas unidades es de 400 psi.

Cada línea cuenta con una unidad extractora - enderezadora, - estando localizadas inmediatamente a la salida de la cámara - de enfriamiento.

Todos los rodillos llevan enfriamiento interno por medio de agua. Cada extractor es accionado por dos motores eléctricos de C.D. y un sistema hidráulico. (Ver Fig. 12 y Fig. 8, Núm. 13).

3.12 UNIDADES DE CORTE

Después que la palanquilla ha sido extraída es cortada a la - longitud deseada por medio de los sopletes de la unidad de -- corte, el cual es del tipo oxi-gas de coque. Este soplete es tá montado sobre un carro que se desplaza paralelamente a la

CILINDRO HIDRÁULICO
PARA EL ACCIONAMIENTO
DEL RODILLO ENDEREZADOR

CILINDRO HIDRÁULICO
PARA EL ACCIONAMIENTO
DEL RODILLO EXTRACTOR

RODILLO LOCO
ENDEREZADOR

RODILLOS LOCOS
EXTRACTORES

RODILLO ENDEREZADOR
HOUIL

RODILLO EXTRACTOR
HOUIL

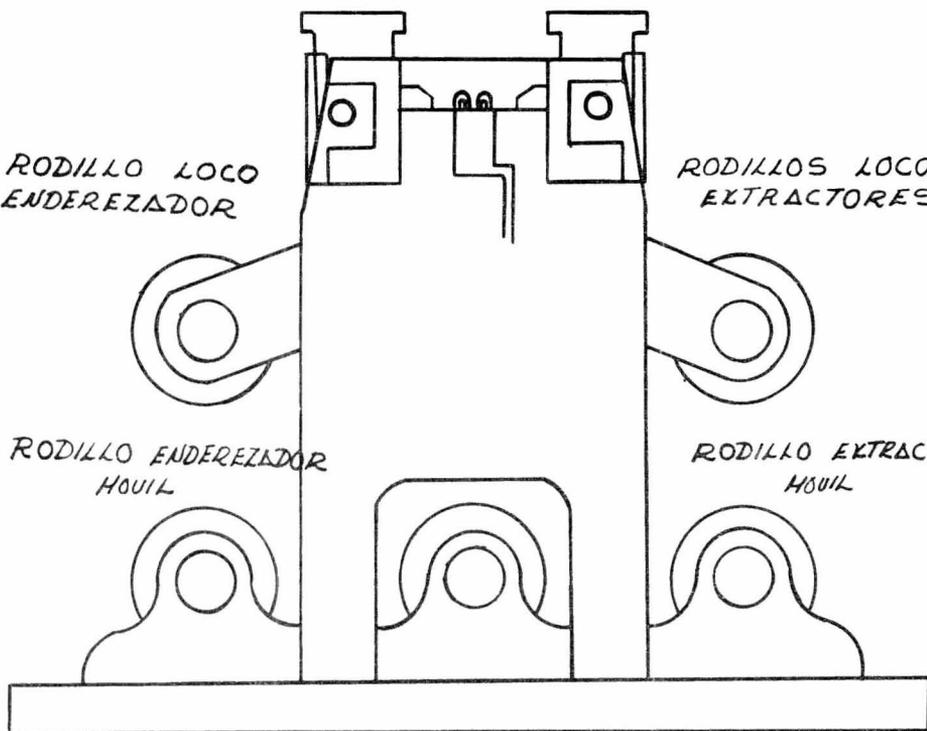


DIAGRAMA DE LA UNIDAD
EXTRACTORA - ENDEREZADORA

FIG. 12

dirección de colada.

El movimiento del carro hacia adelante va acompañado por un sistema de fijación neumático para la palanquilla. Después del corte la unidad regresa a su posición inicial por medio de un contra peso que está guiado por un manquito. El movimiento transversal del soplete lo dá un motor de C. D. con control de velocidad variable. Las unidades podrán manejar se en corte manual o automático.

3.13 MESA DE APROXIMACION

Se denomina así a la parte de la mesa de salida localizada entre las unidades extractoras-enderezadoras y la unidad de corte, sirve para conducir tanto la barra falsa como la palanquilla al ser extraída por la unidad extractora o para guiar la barra falsa al ser insertada para ser introducida al molde.

Los rodillos son huecos, con refuerzos soldados a las paredes inferiores en ángulo de 120°.

El número de rodillos por línea es de 8, accionados individualmente con motor-reductor eléctrico de C.A. proporcionando una velocidad de 20 m/min.

3.14 RODILLOS MOVILES

Se localizarán en el espacio que queda entre la mesa de aproximación y el área para almacenaje de la barra falsa, es decir, debajo de la trayectoria del soplete de corte. Hay dos rodillos por cada hilo, tienen acoplado un cilindro hidráulico, mediante la acción de un mints switch, los rodillos se bajan poniéndose fuera de la trayectoria del soplete mientras el carro-ensamble se desplace hacia adelante a lo largo de un par de rieles.

3.15 SISTEMA PARA RECOLECCION DE DESPUNTES

Una rejilla de acero, así como una caja para recolección de despuntes se tiene por cada tres hilos por máquina.

Las rejillas están colocadas debajo de la unidad de corte, inmediatamente después de abandonar la mesa de aproximación estas rejillas inclinadas 35 parten del centro de la máquina a unas fosas localizadas a ambos lados de la misma. Donde se encuentran las cajas recolectoras, las cuales cuando se llenan son sacadas por medio de una grúa.

3.16 BARRA FALSA Y DISPOSITIVO DE ALMACENAJE

La barra falsa se utiliza para sellar el fondo del molde, de tal manera que al iniciarse la colada y enfriar el acero líquido que cae en la cabeza, sirva la conexión entre la primera palanquilla formada y la unidad extractora-endereza dora.

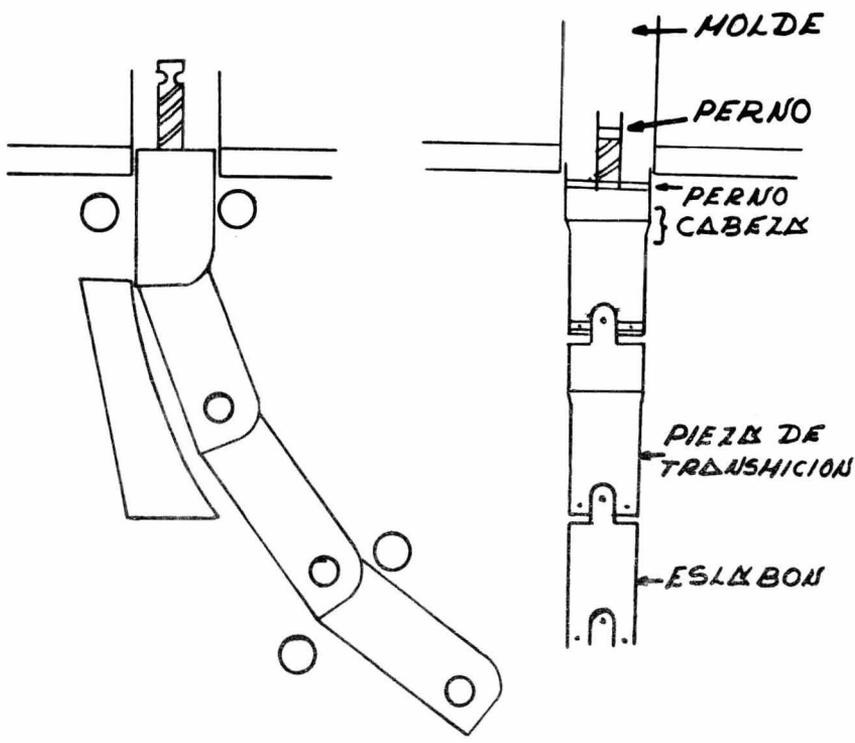
Su longitud es de 9.400 mm., consta de 28 eslabones, un eslabón de transición y la cabeza, están conectadas de manera que toda la barra falsa sea flexible en una sola dirección.

La cabeza de la barra falsa es una sección removible diseñada para lograr la configuración y dimensiones requeridas de la palanquilla a colar. (Ver Fig. 13).

3.17 PREPARACION DE LA BARRA FALSA

La preparación de la barra falsa se efectúa de la forma siguiente:

- a) Usando perno de sujeción: En barreno de la cara de la barra falsa que sirve como fondo del molde se introduce un perno de anclaje el cual es varilla corrugada de 1", de la cual se maquina en un extremo para afianzar-



BARRAS FALSAS EN LA HAQUINA ANTES DE LA COLADA

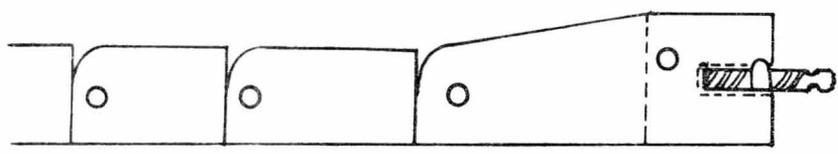


FIG.13

lo con el perno de sujeción. (Ver Fig. Núm 13), el perno de sujeción se introduce en forma perpendicular al perno de anclaje, después se rellena con cordón de asbesto el espacio alrededor del perno de anclaje y el barreno para que quede bien fijo, por último se le aplica una película de material refractario a la cara de la cabeza de la barra falsa y se seca para quitarle la humedad.

3.18 MESA DE SALIDA

Sirve para transportar la palanquilla sin cortar y ya cortada a la mesa de transferencia.

El número de rodillos por línea es de 40, de los cuales tenemos 11 rodillos locos y 29 accionados individualmente con motor reductor - eléctrico de C. A.

La velocidad de la línea es de 60 m/min.

La disposición de los rodillos es en la forma siguiente:

- a) La mesa de aproximación todos son motorizados.
- b) De la unidad de corte hasta la mesa de transferencias.

Del número 1 al número 5 están motorizados.

Del número 6 al número 32, 1 loco y 2 motorizados.

La mesa de salida está dividida con fines de control - en 4 acciones:

1a. Sección: Mesa de rodillos de aproximación.

2a. Sección: Es de la unidad de corte al final del dis positivo de almacenaje de la barra falsa.

3a. Sección: Del final del mecanismo de almacenaje de la barra falsa al primer tope móvil, frente a la mesa de -- transferencia.

4a. Sección: Es desde el primer tope móvil hasta el final de la mesa de salida denominada mesa de transferencia.

TOPES MOVILES

Se tienen dos por línea: Están montados en los principales de la mesa, siendo operados por medio de un cilindro neumático.

El primer tope móvil está colocado a 15 mts. del tope fijo. Este tope fijo se encuentra localizado al final de la cama de transferencia. La finalidad del primer tope móvil es pa-- rar las palanquillas antes de entrar a la mesa de transfe-- rencia cuando se opera este mecanismo.

El segundo tope móvil está colocado a 7 mts. del tope fijo. Este se utiliza para manejar tramos de palanquillas de 6.5- mts., en dos grupos para su transferencia a la cama de en-- friamiento.

3.19 TOPES FIJOS

Se tiene uno por línea, colocado al final de la mesa de trans-- ferencia (final de la 4a. sección mesa de salida), diseñado - para operar como tope fijo de la palanquilla, absorbiendo la carga de choque de la misma al desplazarse y llegar al final de la mesa, contando para ello con resortes de disco.

Los 6 topes fijos en la máquina están ligeramente desfasados en el plano de transferencia para eliminar el choque o trabar se las palanquillas al realizarse la transferencia de las mis-- mas a la cama de enfriamiento.

3.20 MECANISMO DE TRANSFERENCIA

Está colocado de los rodillos Núms. 31 al 40 de la mesa de salida, es un mecanismo común para los 6 hilos del tipo de cadena con rodillos.

El accionamiento se realiza mediante un motor de C.A. el mecanismo consiste en 7 cadenas paralelas entre sí, del tipo prensado trabajo pesado, cada una teniendo acoplados dos empujadores, espaciados y colocados a 180°, los empujadores se mueven en forma perpendicular a los 6 hilos, transfiriendo las palanquillas de la mesa de salida a la entrada de la cama de enfriamiento.

La velocidad de transferencia es de 17 m/min., y el tiempo de transferencia son 30 segundos.

3.21 CAMA DE ENFIRAMIENTO

Es un mecanismo común para las 6 líneas, siendo su accionamiento del tipo viga caminante.

Está situada perpendicularmente a la mesa de transferencia. - Las palanquillas desplazadas por los empujadores caen a la cama de enfriamiento a través de una placa inclinada, al caer son separadas y giradas por el movimiento secuencial de una serie de perfiles.

El accionamiento es mediante motor eléctrico de C. A. acoplamiento y freno magnético del tipo trabajo pesado, engrane-reductor.

El mecanismo consiste de 14 pares de barras, teniendo estas un perfil o contorno o base de muestras, arregladas de tal manera que la acción de cada barra del par es opuesta (cuando se mueve hacia adelante - abajo y la otra hacia atrás - arriba, siendo los movimientos concurrentes durante un ciclo). El

perfil diferente de las barras y su acción opuesta transporta a la palanquilla una moesca hacia adelante, girándola además, 90° en cada ciclo.

El arreglo de este mecanismo visto en una sección perpendicular es el siguiente:

Motor, reductor, excéntrico (movimiento hacia atrás), chumace-
ra y excéntrico (movimiento hacia adelante).

El mecanismo o accionamiento, así como los soportes de los -
excéntricos, y de los brazos-basculador, están montados en -
cimientos.

La cama de enfriamiento tiene una longitud de 25.70 mts.

La capacidad de la cama es de 150 Tons. equivalente a contor-
nos para 97 palanquillas de 13.5mts. de longitud.

El espaciamiento o pasos entre los contornos de las vigas es
de 150mm.

El gradiente de temperatura en la cama es aproximadamente de
900° a 300° g.

EMPUJADORES

Al final de la cama de enfriamiento de cada máquina se cuenta
con un mecanismo empujador, es un mecanismo operado hidráuli-
camente, el cual mueve la palanquilla de la salida de la cama
de enfriamiento aproximadamente 130mm hacia adelante, con el
fin de dejar lugar para la descarga de la siguiente palanqui-
lla.

3.22 CAMA DE ALMACENAJE

Tiene una longitud de 5.398m. Su capacidad es para 61 Ton. - Está formada por 10 rieles montados en miembros de acero estructural, los que a su vez están soportados por dos partes - de acero estructural mismas que tienen sus bases-cimientos.

Las conexiones de los rieles están diseñadas para permitir expansiones térmicas.

La palanquilla fría es removida de la cama de almacenaje por medio de electro-magnetos acoplados a las grúas.

3.23 SERVICIOS Y EQUIPOS AUXILIARES POR MAQUINA

3.23.1 SISTEMA DE LUBRICACION

- 1) Sistema de lubricación del molde. Se efectúa por medio de bombeo del aceite la chaqueta del molde se introduce - por la parte superior del molde y fluye entre la palanquilla y la superficie del molde para reducir fricciones y adherencias entre sus superficies.
- 2) Sistema de engrasado centralizado. Mediante este sistema se logrará la lubricación de los siguientes componentes principales: Unidades de oscilación del molde U. Extractores-enderezadoras, partes móviles del almacenamiento de la barra falsa, topes móviles, mismos de transferencia, partes móviles de la cama de enfriamiento, así - como empujadores.

3.23.2 SISTEMAS HIDRAULICOS

Se requieren estas unidades para el accionamiento de los siguientes mecanismos debido a las grandes presiones que se - requieren:

- 1) Sistemas Hidráulicos para el movimiento de los rodillos de las unidades extractoras - enderezadoras, así como para depositar la barra falsa en su lugar de almacenaje, - candado de fijación para la torreta, válvula deslizable de la olla, levantamiento de quemadores, rodillos móviles.
- 2) Sistemas Hidráulicos para el empujador de palanquillas - de la cama de enfriamientos a la cama de almacenaje.

3.23.3 DISPOSITIVOS DE ALIMENTACION DE ALUMINIO

Son unidades portátiles, montados en ruedas para su transporte.

Es un sistema de alimentación de aluminio directo al chorro del acero del distribuidor al molde, para desoxidar y afinar el tamaño de grano del acero.

3.23.4 OLLA DE EMERGENCIA

Se localiza en una base de concreto a un nivel de 3.5m y a 180° de la posición de colada. (Ver fig. 8 núm. 4).

3.24 EQUIPO COMUN A LAS TRES MAQUINAS

3.24.1 ESTACIONES DE SECADO

Se utilizan para secar el refractario, una vez que éste ha sido repuesto en los distribuidores.

Se localizan en el nivel del piso.

Se tienen seis estaciones de secado, tres están al oriente de la MCC-1 y tres al oriente de la MCC-2. (Ver fig. 1).

3.24.2 ESTACION DE REPARACION DEL VOLTEO Y REPOSICION DE REFRACTARIO DE LOS DISTRIBUIDORES.

Es una estación de acero estructural montada en el piso, tiene en su construcción posibilidades para soportar un distribuidor en posición inclinada con el fin de limpiarlo lanceando con ozígeno, así como demolición parcial de refractario mediante cincel neumático y herramientas portátiles, caso de realizarse un parcheo o reparación parcial. (Ver fig. 1).

Para la reposición de refractario se bajará el distribuidor al piso; los distribuidores son manejados por medio de grúas.

En la estación de volteo se usa una grúa para el descostreo del distribuidor.

3.24.3 CARRO DE TRANSFERENCIA DE DISTRIBUIDORES.

Se desplaza sobre rieles a nivel del piso con el fin de transportar los distribuidores al área de demolición y reparación de refractario de la nave de colada. (Ver fig. 1).

3.24.4 GRUAS

Para la plataforma de colada se usan dos grúas, la CC-01 y CC-06 con capacidad de 30/10 ton. para cambio de moldes distribuidores, caja de escoria, canaletas, etc. para el volteo y levantamiento de distribuidores se usa la grúa CC-02 con capacidad de 15 ton., para la descarga de las palanquillas de la mesa de almacenaje y carga de las mismas a los carros que las tienen. Las grúas CC-04 y CC-06 con capacidad de 25 ton. Para la colocación de la olla se usa una grúa con capacidad de 60 y 180 toneladas.

3.24.5 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

El diseño de esta planta incluye dos sistemas independientes. Un sistema o circuito cerrado para el enfriamiento de los moldes y otro abierto, denominado enfriamiento secundario para el enfriamiento de la palanquilla por medio de espreas, así como también el enfriamiento mismo de la máquina.

En general podemos decir, que los componentes son comunes a las tres máquinas y localizadas en la planta de tratamiento de agua, separada del edificio principal.

El circuito de enfriamiento secundario o por espreas, así como el enfriamiento de la máquina, está diseñado de tal manera que todo el equipo es complementario común a las tres máquinas y localizado en la P.T.A. dicho sistema enfría la palanquilla parcialmente solidificado que sale del molde, por medio de lfujos provenientes tanto del anillo, como del bastidor de espreas dividido este en dos zonas.

El agua de espreas fluye a través de un cabezal antes de distribuirse a los diferentes componentes por medio de las derivaciones respectivas. En cuanto al sistema de enfriamiento interno de los bastidores, los rodillos de la unidad extractora - enderezadora, sopletes de las unidades de corte, así como el enfriador del tanque de depósito de sistema hidráulico del empujador.

Esta agua de enfriamiento al abandonar el equipo fluye en canalones hasta un hidrociclón, de donde es bombeado a la P.T.A. para su tratamiento, enfriamiento y recirculación a la máquina.

El sistema de enfriamiento del molde sirve para iniciar el enfriamiento del acero a través del ensamble mismo, enviarlo a la P.T.A. para su enfriamiento y volverlo a circular a la máquina.

La P.T.A. está constituida por:

Un cuarto de control, un cuarto de baño para análisis y dosificación de agentes químicos, cuartos eléctricos o subestaciones. Se tiene además en esta área la torre de enfriamiento secundario, la que sirve para enfriar los intercambiadores de calor, tanto los de la P.T.A. de CC como B.O.F.

3.24.6 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOLDE POR AGUA

Dicho sistema es un circuito para recircular agua de enfriamiento para las tres máquinas. La capacidad del sistema está basado en dos máquinas operando simultáneamente a plena capacidad.

La capacidad del sistema es como sigue:

Agua desmineralizada y químicamente tratada es almacenada - en un tanque depósito con presión atmosférica; agua de reposición se añade automáticamente para mantenerse el nivel -- del depósito por medio de controlador de nivel o flotador, el cual acciona una válvula. Seis bombas succionan el agua de dicho tanque a través de un filtro manual y descargan - hacia la máquina a través de un grupo de 4 intercambiadores de calor, del tipo carcasa y tubos.

El agua se distribuye equitativamente, dividiendo los flujos, entre los intercambiadores y controlándolos manualmente por medio de válvulas.

De los intercambiadores el agua se junta en un cabezal, el que alimenta a las tres máquinas mediante una tubería de -- 500mm, soportadas por un puente de tuberías. Derivación -- del cabezal se localizan en el edificio de calada, para cada máquina, contando con una válvula de cadena que permite aislar las máquinas según secuencia de operación.

El retorno al tanque proveniente del taller se realiza mediante tres tuberías de 350mm \varnothing una por máquina.

3.24.6.1 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO SECUNDARIO POR ESPREAS.

El sistema agua de enfriamiento mediante espreas es un circuito abierto, diseñado para recircular agua de enfriamiento a los cabezales de distribución para la solidificación de la palanquilla por medio de espreas, cubriendo el sistema a las tres máquinas.

La capacidad del sistema está basado en el trabajo simultáneo de dos máquinas, operando a su máxima capacidad.

El agua a manejarse es agua tratada, limpiada de escamas y sólidos en suspensión, eliminación de aceite, filtrada, suavizada enfriada, almacenada y bombeada de la P.T.A. El flujo del agua para espreas es checado por medio de tableros de control.

La operación del sistema es como sigue:

En la planta de T.A. un depósito de almacenaje de agua limpia guarda el agua para espreas; agua de reposición se añade automáticamente para mantener el nivel del depósito por medio de un controlador de nivel a través de una válvula operada neumáticamente en la línea de alimentación de agua de repuesto. Un sistema automático de alimentación de Químicos a dicho tanque, controla la calidad del agua. Cuatro bombas succionan el agua del tanque depósito descargado a un cabezal común, el que alimenta a cualquiera de las tres máquinas.

Un filtro de retrolavado automático para cada máquina, remueve cualquier partícula fina que se localice antes de entrar a la misma.

El agua de retorno proveniente del enfriamiento por espreas así como el de la máquina, es colectada en el hidrociclón - uno por máquina y regresa a la P.T.A. por medio de bombas, dos en cada hidrociclón, en líneas separadas, hacia el clarificador de la P.T.A.

Un tiempo de retención adecuado en el clarificador permite el asentamiento de la mayor parte de las partículas en suspensión o escamas que contiene el agua. El agua es bombeada a través de un grupo de filtros de arena, en donde las partículas restantes de escamas más finas son removidas también, los filtros pueden ser retrolavados y las partículas filtradas enviadas al tanque que existe para la sedimentación de tales partículas. El agua limpia de los filtros, es bombeada a través de un grupo de intercambiadores de calor para su enfriamiento, retornando al tanque de agua limpia.

3.24.6.2 SISTEMA AGUA DE ENFRIAMIENTO SECUNDARIO TORRE DE ENFRIAMIENTO.

Dicho sistema suministra agua de enfriamiento para los intercambiadores de calor de la planta de aceración B.O.F. y colada continua, ya que el enfriamiento de los mismos se logra por medio de un intercambio de calor agua y siendo ésta cruda.

En el caso de la planta de colada continua se tienen cuatro intercambiadores de calor para el sistema de enfriamiento - agua de moldes y dos intercambiadores de calor para el sistema de enfriamiento agua de espreas.

En el caso de B.O.F. se tienen 11 intercambiadores de calor para el sistema de enfriamiento: chimeneas 13 pares skirt y lanzas, tres grandes y cinturón del convertidor (dos chicos).

El sistema de enfriamiento de 4 celdas. (espacio para 2 celdas futuras).

La torre de enfriamiento está construida de concreto precolado y su diseño está basado en una serie de rejillas a través de las cuales va a circular el aire, siendo forzado éste hacia arriba por la acción de abanicos colocados en la parte superior de cada celda, a través de un filtro del tipo mecánico inducido, doble flujo cruzado.

Dos grupos de bombas, una por B.O.F. otra para colada continua, las que bombean el agua de enfriamiento secundario tomándola de un depósito localizado a un costado en la parte inferior de la torre.

El depósito cuenta con tubería de drenaje y rebosadero que va al drenaje también. Se tiene además una bomba para recirculación de agua del depósito de la torre, válvula de compuerta en la descarga de la bomba y para volver al depósito.

3.25 DESCRIPCION DEL PROCESO

La secuencia de trabajo de una colada, se describe a continuación, desglosando las actividades a realizar por operaciones antes, durante y después de la colada.

3.25.1 OPERACIONES ANTES DE LA COLADA

Los chequeos efectuados antes de la colada son de suma importancia, ya que de la buena realización de ellos depende el éxito de la colada.

Generalmente estos chequeos consisten en revisar el equipo con el cual se va a colar para evitar fallas durante la colada, así como el material de trabajo se tenga listo.

Se checa:

- I) Pre calentamiento del distribuidor y olla.
- II) Torre giratoria.
- III) Pistón hidráulico.
- IV) Moldes Tubo
 Agua
 Sistema de lubricación
 Sistema de oscilación
 Válvula del agua de moldes
 Empaques de moldes
 Ensamblés disponibles
- V) Zona Espreas. Válvula del agua
 Revisión de las espreas
 Revisión de las conexiones del agua
 a las espreas
 Extractores de vapor
 Bastidor móvil
- VI) Unidad Extractora - enderezadora
- VII) Mesa de salida de rodillos
- VIII) Unidades de Corte Nivel del soplete
 Ajuste y calibración
 Mordazas
 Presiones de O₂ y gas de coque para
 el corte
 Boquillas
- IX) Barra falsa Preparada
 Sistema de Almacenaje
- X) Topes móviles
- XI) Transportadores (o perros)
- XII) Cama de enfriamiento
- XIII) Empujadores

- | | | |
|------|----------------------|--------------------|
| XIV) | Material de Trabajo. | Arena crómica |
| | | Soplete |
| | | Lanza de oxígeno |
| | | Termocoples |
| XV) | Material de Trabajo | Tapones de Asbesto |
| | | Aislante térmico |
| | | Tomador de muestra |
| | | Escoriadores |

I) PRECALENTAMIENTO DEL DISTRIBUIDOR Y OLLA

El precalentamiento del distribuidor se efectúa antes de la colada. Anterior al precalentamiento se somete a un secado a fuego lento aproximadamente 10 horas para evitar el desprendimiento refractario, después se somete al precalentamiento aproximadamente durante dos horas antes de iniciarse la colada para tener la temperatura adecuada, asegurando así la fluidez del acero y disminuir la pérdida inicial de temperatura en el acero.

La temperatura de precalentamiento del distribuidor es entre 1000 °C y 1100 °C, la cual debe mantenerse hasta que entra en operación.

II) TORRE GIRATORIA

De la torre giratoria se prueba su accionamiento para evitar cualquier falla en el momento de colar, se gira y se coloca en posición de recibir la olla con el acero, asimismo, al recibir la olla se acciona para colocarla en posición de colada, una falla en la torreta puede ocasionar el suspender la colada en esa máquina, o por lo menos pérdida de temperatura y tiempo si la falla es momentánea.

III) PISTON HIDRAULICO

Se prueba en las posiciones de "abrir" y "cerrar" de -

la válvula deslizable.

IV) MOLDES

a) Tubo del Molde. Se le revisa que no presente fisuras profundas, deformaciones en las caras, perforaciones, romboidez, vida del molde, ya que cada uno de estos factores provocan serios problemas durante la colada y en la palanquilla, como son rupturas defectos internos y externos.

b) Agua de enfriamiento en el molde. Debe ser agua -- desmineralizada para evitar incrustaciones que salen -- en el molde, que bajan la eficiencia del enfriamiento del acero en el molde, y debe ser suficiente de 1280 a 1600 lts/min.

c) Sistema de Lubricación. La lubricación del molde -- es de suma importancia, ayuda a la separación de la -- corteza solidificada de la pared del molde, formando -- también una atmósfera reductora. Los tipos de aceites usados son: minerales y vegetales.

d) Sistema de Oscilación. El sistema de oscilación se prueba para verificar que trabaje adecuadamente y no -- golpee con las tapas del molde, la oscilación ayuda a la separación de la corteza solidificada del acero de la pared del molde.

e) Válvula del Agua de Molde. Se checa que las válvulas de entrada estén abiertas para proporcionar la can- ti- dad necesaria para el enfriamiento del molde, ya que el calor cedido por el acero afecta al molde en el caso de ser deficiente, asimismo las válvulas de retorno están abiertas para que vuelva a la planta de trata-- miento de agua.

f) Empaque de moldes. El empaque de los moldes se efectúa cuidadosamente, para evitar al iniciar la colada haya perforaciones, provocando cerrar esa línea, para poder empacar los moldes, de la sección de descarga suben las barras falsas en dirección contraria a la de colar - hasta un poco antes de llegar al molde, y el operador de los moldes se encarga ya de subirla y empacar.

g) Ensamles Disponibles. Siempre deben tenerse ensam--bles disponibles ya que durante la colada se puede dañar alguno al terminar de colar se puede hacer el cambio rápidamente.

V) ZONA DE ESPREAS O CAMARA DE ENFRIAMIENTO.

En la zona de espreas se efectúa el enfriamiento secundario de la palanquilla de acero, es una plataforma intermedia entre la plataforma de colada y la sección de descarga, en ella se revisan, después de cada colada, las válvulas del agua de espreas de cada cara, todas y cada una de las espreas, las conexiones del agua de espreas el bastidor móvil y las mangueras.

a) Válvulas del agua de espreas. Se efectúa una revisión de las válvulas antes y después de la colada en cada cara de la zona secundaria del enfriamiento de la palanquilla, debiendo tener todas las caras la misma presión 7 Kg/cm², ya que si algunas de las 4 caras presentan mayor enfriamiento la palanquilla tenderá a curvarse en esa cara, debido a la mayor contracción que presenta por el excesivo enfriamiento.

b) Revisión de las Espreas. Las espreas se revisan todas y cada una de ellas en cada cara de la zona de enfriamiento, debido a que pueden llegar a taparse por las partículas que trae el agua de enfriamiento o por el derrame

de acero que se ocasiona cuando ocurre una ruptura o perforación. La revisión se lleva a cabo para poder asegurar el proporcionarle un buen enfriamiento a la palanquilla, de lo contrario sería deficiente y ocasionaría defectos internos o agrietamientos al pasar por la unidad extractora, ya que por ejemplo en el caso de enfriamiento deficiente conservaría acero líquido en el centro de la palanquilla, o solidificaría muy lento o en forma -- irregular ocasionando deformaciones en la misma.

c) Revisión de las conexiones del agua de enfriamiento, al bastidor de espreas. Todas y cada una de las caras - del bastidor de espreas tienen una conexión al agua de - enfriamiento las cuales entran a presión, estas deben estar bien colocadas para evitar enfriamientos defectuosos en cualquier cara.

d) Extractores de aire. Es muy importante que estos extractores funcionen bien para poder extraer la gran cantidad de vapor de agua que se produce al estar colando.

e) Bastidor móvil. Este bastidor debe estar "dentro" o sea en la posición para subir la barra falsa. Así se -- mantiene hasta iniciar la colada, que es cuando pasa a - la posición "fuera".

VI) UNIDAD EXTRACTORA - ENDEREZADORA

Esta unidad deberá tener presión de 400 psi (32.0 Kg/cm²) tanto en el rodillo tangencial, como en el enderezador y deberán mantenerse abajo, posición que se mantiene desde que se suben las barras falsas, hasta que termina la colada. Por lo general permanecen abajo, se levantan sólo en caso necesario.

VII) MESA DE SALIDA DE RODILLOS

Se efectúa una revisión para comprobar que todos los rodillos motorizados funcionen en las posiciones de alimen
tar y colar.

VIII) UNIDADES DE CORTE

Nos ayudan a seccionar las medidas requeridas las palanquillas y para lograrlo es necesario nivelar, ajustar, calibrar y regular dichas unidades.

a) El nivel del soplete. Para efectuar un buen corte es necesario mantener el soplete a una cierta altura - para esto la distancia existente entre la palanquilla y la boquilla del soplete es de 2 1/2", esto aparte de efectuar buenos cortes evita que se salpiquen las boquillas y se tapen.

b) Ajuste y calibración. Para efectuar un buen precalentamiento y terminar el corte se ajustan y calibran las unidades de corte.

Primero se ajustan centrando el maneral del soplete en el soporte del mismo, para calibrarlo se hace por medio de los topes de los mimits schwits, tanto para el precalentamiento como para el recorrido al efectuar el corte.

c) Mordazas. Es necesario efectuar pruebas de abrir y cerrar las mordazas en la unidad de corte antes de la Colada, para que no fallen al colar, una falla de este tipo ocasiona cortar la palanquilla con sopletes manua
les.

d) Presiones del oxígeno y gas de coque. Para tener una buena flama (color azul toda) es necesario regular bien el oxígeno de precalentamiento y el gas de coque lográndose así buenos cortes. La presión del gas de coque es de 1.0 Kg./cm², la del oxígeno de precalentamiento es de 1.5 Kg/cm² y del oxígeno de corte es de 4 Kg/cm².

e) Boquillas. Es la parte más crítica de las unidades de corte, se deben manejar con cuidado y estar bien limpias, de lo contrario no se efectúan bien los cortes. - Todos los asientos de las boquillas (partes que embonan al colocarle la boquilla al maneral del soplete) deberán conservarse en buenas condiciones de lo contrario puede haber fuga del oxígeno de corte y mezclarse con el gas de coque y oxígeno de precalentamiento ocasiona reacciones violentas que afectan al soplete, ya que llegan a - destruirlo.

IX) BARRA FALSA

Debe comprobarse la buena preparación de la barra falsa, para evitar que le entre rebaba en el barreno y el perno de - anclaje en caso de prepararse mal.

a) Sistema de almacenaje de la barra falsa. Se checa - que accione hacia arriba (posición de almacenaje) y hacia abajo, se revisa el hidráulico para el accionamiento de ésta y que esté restablecida la línea, es decir, que se encuentre energizada.

X) TOPES MOVILES

Se comprueba el accionamiento hacia arriba y hacia abajo, es muy importante que funcionen bien, de lo contrario se pueden tener problemas para la transferencia de las palanquíu

llas cuando hay más de una palanquilla cortada en la misma - línea.

XI) TRANSPORTADORES

Se checa el accionamiento de estos ya que si llegasen a fallar ocasionaría serios problemas para sacar las palanquillas de la mesa de transferencia, teniendo que estrobarlas - una por una y sacarlas, ocasionando a la vez que sean rechazadas las palanquillas por la deformación que sufren al ser levantadas por la grúa.

XII) CAMA DE ENFRIAMIENTO

Debe comprobarse su buen funcionamiento de lo contrario ocasiona los mismos problemas que los transformadores; en caso de falla a veces es preferible para la colada.

XIII) EMPUJADORES

Su accionamiento también es importante para evitar que se amontonen las palanquillas en la cama de almacenaje al pasar de la cama de enfriamiento.

XIV) MATERIAL DE TRABAJO

Antes de iniciar la colada es necesario tener el material de trabajo en cantidad suficiente.

a) Arena Crómica. Es usada en las boquillas del distribuidor, se coloca una vez que se la ha puesto el tapón de asbesto que se describe en el siguiente párrafo; se utiliza para ayudar a abrir la boquilla al comenzar a - colar en una línea ya que no permite que entre acero a la parte más angosta de la boquilla, donde podría solidificar y dificultar o impedir el arranque de alguna -

línea. Es importante tenerla a la mano, de no tenerla puede ocasionar retrasos en la colada y pérdidas considerables de temperatura en el distribuidor y el acero.

b) Tapones de asbesto. Deben prepararse con bastante anticipación. Se preparan enrollando asbesto en un pedazo de alambre de aluminio hasta alcanzar el diámetro interno de la boquilla del distribuidor.

c) Sopletes. Deben tenerse dos por máquina para auxiliarse en caso de no abrir alguna línea, para sopletear la boquilla del distribuidor.

d) Lanza de oxígeno. Se tiene siempre una lanza para lanzar la boquilla de la olla en caso de que no abra, así como para lanzar los "changos" o costras de acero que se forman a los lados de donde cae el chorro de acero de la olla en el distribuidor. Además se tienen otras lanzas pequeñas para lanzar las boquillas del distribuidor cuando no abran bien o tiendan a cerrarse a las líneas.

e) Termocoples. Se revisa el que haya suficientes termo coples para tomar temperaturas cada 10 minutos durante la colada.

f) Aislante Térmico. Se coloca suficiente, aproximadamente 90 kg. en un depósito localizado en la plataforma del operador de flujos, se agrega el acero en el distribuidor con el fin de conservar la temperatura.

g) Tapones de Cu. Cada operador de molde prepara su herramienta y checa que tenga tapones suficientes para cerrar la línea al finalizar la colada o en cualquier momento cuando así lo requiera. La punta de este tapón se coloca en la boquilla del distribuidor cuando se quiera cerrar la línea.

h) Escoriadores. Son varillas que se usan para quitarle la escoria al acero en el molde, de éstos deben tenerse suficientes para cada operador de molde.

i) Tomador de muestra. Deben tenerse dos por máquina, - éstos se preparan antes de iniciar la colada, untándolos con melaza de caña toda la parte externa del muestreador para evitar se le peque acero o se enjarra con refractario. Después se le coloca una pedazo de alambre de aluminio con el fin de evitar que la muestra salga porosa.

3.25.2 OPERACIONES DURANTE LA COLADA.

Para iniciar la colada, colocamos la olla en la torreta y se mueve el carro del distribuidor hacia la plataforma de colada para colocar el distribuidor en posición de colar, una vez -- realizado lo anterior, se colocan tapones de asbesto en las boquillas del distribuidor, se agrega arena crómica para tener un nivel de acero con suficiente presión ferromagnética para que los chorros de acero salgan concéntricos y uniformes, después giramos la torreta a 180° para colocar la olla en posición de colar, se pone el cilindro hidráulico en la válvula deslizable de la olla, se abre la válvula y el operador de flujos controla el nivel por medio del sistema de pesaje y en forma visual, teniendo el control del nivel del acero en el distribuidor por medio de la válvula deslizable desde el inicio hasta el final de la colada, el tiempo de la colada se inicia cuando abre la válvula deslizable debiendo tener 75 minutos de duración la colada, o sea el tiempo necesario para colar una olla de acero - de 125 toneladas, una vez que se tiene un nivel equivalente a 1.8 ton. en el distribuidor se le da la orden para abrir las - líneas, se inicia abriéndose las 2 líneas del centro. Abren - otras dos líneas solo cuando se han asegurado las que primero abrieron, y finalmente se abren las de los extremos. La velocidad de colada es muy variable, pudiéndose efectuar una buena - colada desde 1.8 metros por minuto hasta 2.5 mts/min, estando

sincronizada esta velocidad con la del sistema de oscilación.

Al abrir las líneas se deja la canaleta tapando el molde para evitar que caiga escoria o arena desviándose ésta a la caja de escoria, poco después se quita la canaleta dejando que el chorro de acero caiga al molde, volviendo a poner la canaleta para desviar el chorro de acero a la caja de escoria con el fin de darle tiempo a que solidifique el acero en el molde y evitando así un posible derrame, se quita la canaleta y el chorro cae nuevamente en el molde hasta alcanzar un nivel predeterminado aproximadamente unos 20 cm. debajo de la parte superior del molde, pudiéndose ver en el indicador de nivel en el panel. Una vez alcanzado el nivel se procede a arrancar la línea, al hacerlo inician su accionamiento, el sistema de oscilación, el sistema de lubricación del molde, la extracción de la barra falsa y el agua de espreas para el enfriamiento secundario, el operador del molde regula la velocidad de colada aumentándola o disminuyéndola en caso necesario para evitar que se rebose o baje el nivel en el molde, teniendo mucho cuidado en quitar la escoria existente para evitar perforaciones, para esto efectúa el desescoriado inmediato al arrancar la línea, asegurándose que quede lo menos posible de escoria para evitar que pueda pasar con el acero y provocar una perforación.

Ya estabilizado el nivel del acero en el molde, éste deberá ser de aproximadamente 10 cm de la parte superior del molde, aproximadamente a los tres minutos de iniciada la colada se toma una temperatura y una muestra del acero, después se efectúan tomas de temperatura cada 10 minutos. Las muestras son tomadas para conocer la composición química final del acero.

En caso de ser necesario o sea que tenga baja temperatura el acero se agrega un aislante, para conservarla lo más posible, una vez que se alcanza el nivel deseado en el molde, se arranca la línea comenzando a extraerse la barra falsa y la palanquilla de acero parcialmente solidificada en el molde. (ya -

que con el enfriamiento en el molde solidifica la parte externa en un espesor de 15 a 16mm aproximadamente. Al salir del molde se inicia el enfriamiento secundario en la zona de espreas, teniendo que solidificar completamente la palanquilla antes de llegar la unidad extractoria enderezadora para evitar defectos tanto internos como externos al pasar por dicha unidad. El agua atomizada por las espreas llega a la palanquilla en forma espreada, figurando un abanico, por las cuatro caras de la misma. El enfriamiento debe ser igual para evitar contracciones en aquellas caras en que el enfriamiento sea irregular. Cuando la unión de la barra falsa y la palanquilla va llegando a la extractora, se levanta el rodillo tangencial quedando el enderezador abajo, para evitar pueda llegar a atorarse.

Una vez que la unión de la barra falsa y la palanquilla llegan a las unidades de corte, se efectúa el primer corte para separar la barra falsa de la palanquilla y se procede a almacenar la barra falsa, a la cual inmediatamente se le quita el despunte u así poderse preparar para la siguiente colada, cuando se efectúa el segundo corte las palanquillas pasan a la mesa de transferencia donde se checa su longitud y se transfieren a la cama de enfriamiento, pasando después a la cama de almacenaje, cuando termina de vaciarse el acero de la olla se cierra la válvula deslizable y se gira 180° La torreta para que el gruis ta la quite y tire la escoria en la fosa de emergencia. El acero que resta en el distribuidor al cerrarse la válvula deslizable, tarda unos 5 minutos aproximadamente en colarse antes de que se comience a tapar las boquillas cerrando las líneas, terminándose así la colada. Parando el sistema oscilatorio y el sistema de lubricación y agua de espreas. El agua del molde continúa trabajando unos minutos para mayor seguridad y evitar posibles deformaciones del tubo de cobre.

3.25.3 OPERACIONES DESPUES DE LA COLADA

Una vez que se cierra la válvula deslizable de la olla, se gi-

ra la torreta 180° para quitar la olla y tirar en la fosa de emergencia la escoria, se saca el carro del distribuidor a su lugar y ahí se levanta con la grúa el distribuidor para llevarlo a la estación de reparación de distribuidores, procediéndose a la vez a colocar a precalentamiento otro distribuidor para tener disponibilidad de ellos en cualquier momento. -- Cuando se quita el carro del distribuidor se limpian los moldes de todas las líneas, se efectúan una revisión en la cámara de enfriamiento todas y cada una de las espreas, así como los bastidores móviles, se prepara el material de trabajo y se cambia algún molde si se afectó durante la colada. Esto en la plataforma de colada y en la zona intermedia, lo que corresponde a la sección de descarga, primeramente se inicia la preparación de las barras falsas, se cierran las válvulas del agua de enfriamiento de la máquina, se prueban unidades de -- corte y se limpian todas las boquillas, se descargan todas -- las palanquillas. Una vez que se terminó de preparar las barras falsas, se vuelven a subir para que sean empacadas e iniciar otra colada, una vez que se encuentran arriba dichas barras, se abren nuevamente las válvulas del agua de enfriamiento para la siguiente colada.

3.25.4 COLADA SECUENCIAL

Para empalmar o realizar una colada secuencial, se ahorran muchos pasos, como son: preparación de barras falsas, usar otro distribuidor, etc., iniciándose ésta al terminarse el acero de la olla que se colocó en la torreta al comenzar la colada, para emplamar coladas es necesario un buen control del nivel del acero en el distribuidor, para esto cuando faltan aproximadamente unas cinco ton. de acero en la olla se da la orden de colocar una nueva olla de acero en el otro brazo de la torreta, y una vez colocada se procede a abrir la válvula deslizable completamente de la olla inicial para aumentar el nivel de acero en el distribuidor lo más posible, para ver tiempo a cerrar la válvula deslizable de la olla con que se inicia la colada, girar la torreta, colocar la nueva olla en posición -

colada, girar la torreta, colocar la nueva olla en posición -- de colar y colocar el pistón hidráulico y abrir la válvula -- deslizante de la olla, para aumentar el nivel del acero en -- distribuidor y continuar colando normalmente.

Los problemas que se presentan al empalmar son siempre el aumento y descenso del nivel del distribuidor, o sea el descenso del nivel al empalmar, ya que estos producen aumentos o -- disminuciones en las velocidades de colada que pueden ocasionar rupturas o rebosamientos respectivamente.

Las ventajas que se tienen al realizar un empalme, son todas del tipo económico, ya que se reducen los tiempos muertos, se efectúa en un sólo distribuidor, se ahorra tiempo en preparar las barras falsas y se logra una mayor producción que es lo -- que se busca y por lo tanto una mayor eficiencia de la máquina.

Un distribuidor usado en coladas secuenciales tiene un promedio de vida de 4 coladas, debido al desgaste que sufren las -- boquillas del mismo, teniendo una duración de aproximadamente de 70 minutos máximo por olla.

"CONTROL DE CALIDAD DE LA PALANQUILLA"

El control de calidad de la palanquilla obtenida por la colada continúa se efectúa de las siguientes formas:

- a) Análisis Químico. El cual se efectúa por espectrometría o por vía húmeda.
- b) Metalografía. Es una sección transversal en la que se efectúa micro o macroataque para ver el tamaño del -- grano, los constituyentes, y defectos internos.
- c) Ultrasonido. Para detectar los defectos internos.

d) Inspección Visual. Para localizar posibles defectos superficiales y de forma, como son: grietas, romboides, abombamiento y concavidades.

C A P I T U L O I V

T I P O S D E D E F E C T O S

TIPOS DE DEFECTOS

La mayoría de los defectos tienen su formación durante la solidificación del acero.

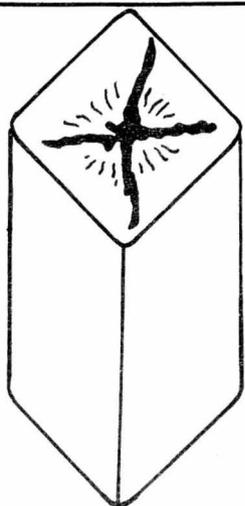
En este capítulo se darán a conocer las definiciones y causas de los defectos en colada continua.

Los defectos en colada continua han sido subdivididos en 3 categorías principales:

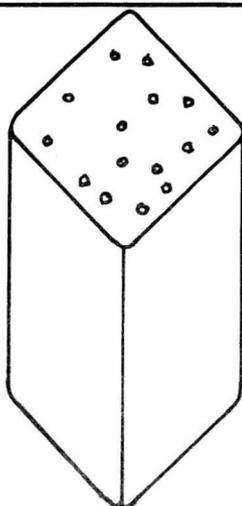
- a) Defectos superficiales.
- b) Defectos internos.
- c) Defectos de forma.

Dentro de los defectos superficiales existen:

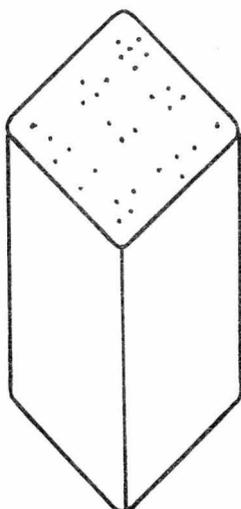
1. Grietas longitudinales en los vértices.
2. Grietas longitudinales en las caras.
3. Grietas transversales en los vértices.
4. Grietas transversales en las caras.
5. Depresiones longitudinales.
6. Depresiones transversales.
7. Fuga de acero o pliegue.
8. Doble capa (doble piel) o pliegue.
9. Marcas de oscilación severas.
10. Pared falsa.
11. Salpicaduras.
12. Inclusiones.
13. Marcas de guía.
14. Carburización.



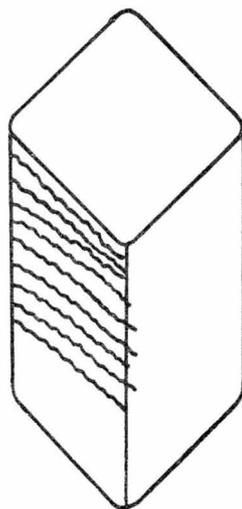
GRIETA INTERNA
CENTRAL



POROSIDAD

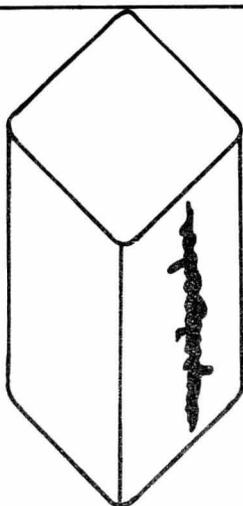


INCLUCIONES INTERNAS
DE ESCORIA

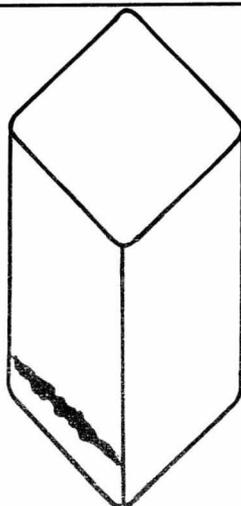


MARCAS DE
OSCILACION

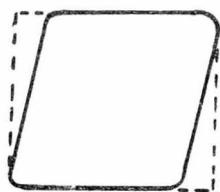
Fig. 14



GRIETA LONGITUDINAL
EN LAS CARAS



INCLUCIONES DE ESCORIA
EN LAS CARAS

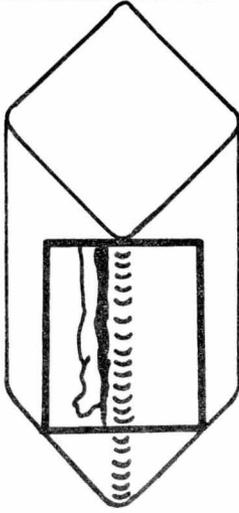


ROMBOIDEZ

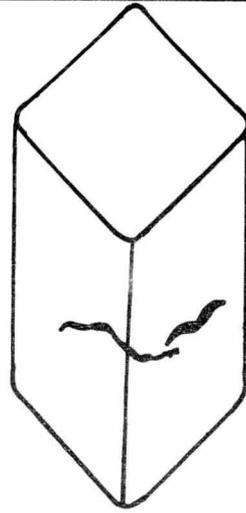


GRIETA DIAGONAL INTERNA

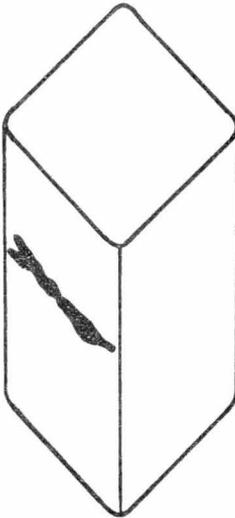
Fig. 15



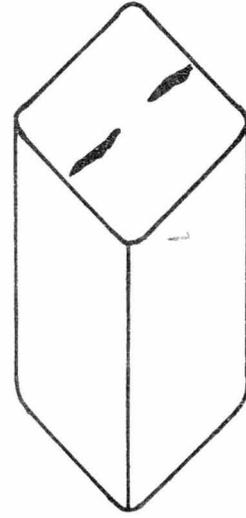
GRIETA LONGITUDINAL
EN LAS ESQUINAS



GRIETA TRANSVERSAL
EN LAS ESQUINAS



GRIETA TRANSVERSAL
EN LAS CARAS



GRIETA INTERNA PERPENDICULAR
A LAS CARAS

Fig. 16

15. Sopladuras.
 16. Cavidades (porosidades).

a) DEFECTOS SUPERFICIALES.

A menudo sucede que varios defectos ocurren al mismo tiempo y es difícil determinar la causa inicial, por esta razón un defecto se incluye como defectos superficiales -- cuando es visible en el exterior del producto, ya sea que se origine en la superficie o que haya llegado hasta ella.

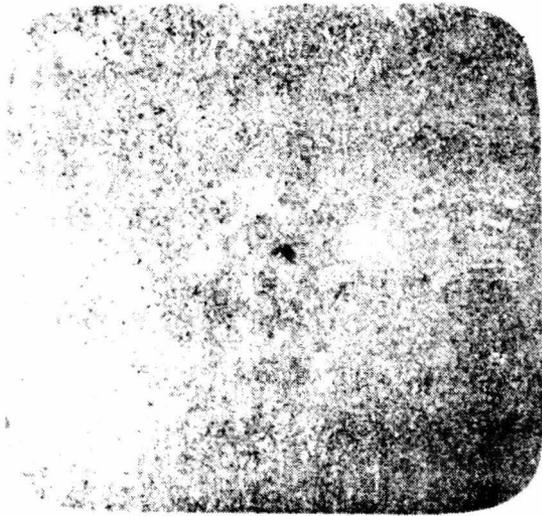
Los números 1, 2, 3 y 4 se detallarán en el capítulo V.

DEPRESIONES LONGITUDINALES. Es una depresión con forma acanalada en la cara del producto, recorriéndolo en la dirección del eje. Una depresión cerca a una esquina o vértice es la precursora de una grieta interna o externa en esa posición. Las causas son similares a aquellas que originan las grietas longitudinales en las caras. (Figs. 17, 18 y 19).

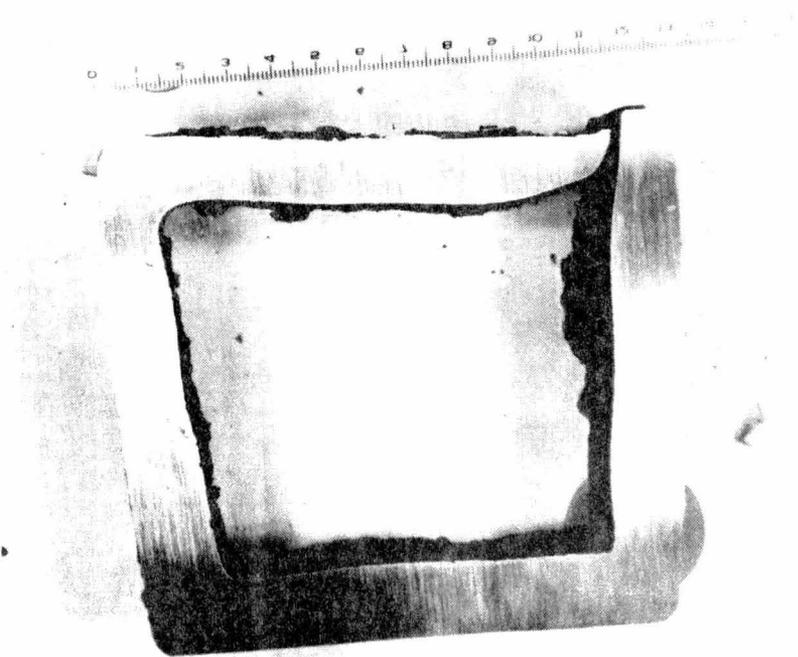
DEPRESIONES TRANSVERSALES. Depresiones localizadas en la superficie, normales del eje y a menudo a intervalos regulares a lo largo del producto. Esto se debe a la pérdida del contacto con las paredes del molde, lo cual ha sido atribuido a varios factores, incluyendo: lubricación inadecuada, enfriamiento demasiado rápido, mucha variación en el nivel dentro del molde.

La delgada capa resultante puede dar lugar a grietas transversales en las caras, pequeñas rupturas de acero que solidifican sin llegar a perforar completamente, o en esos extremos, a producir rupturas.

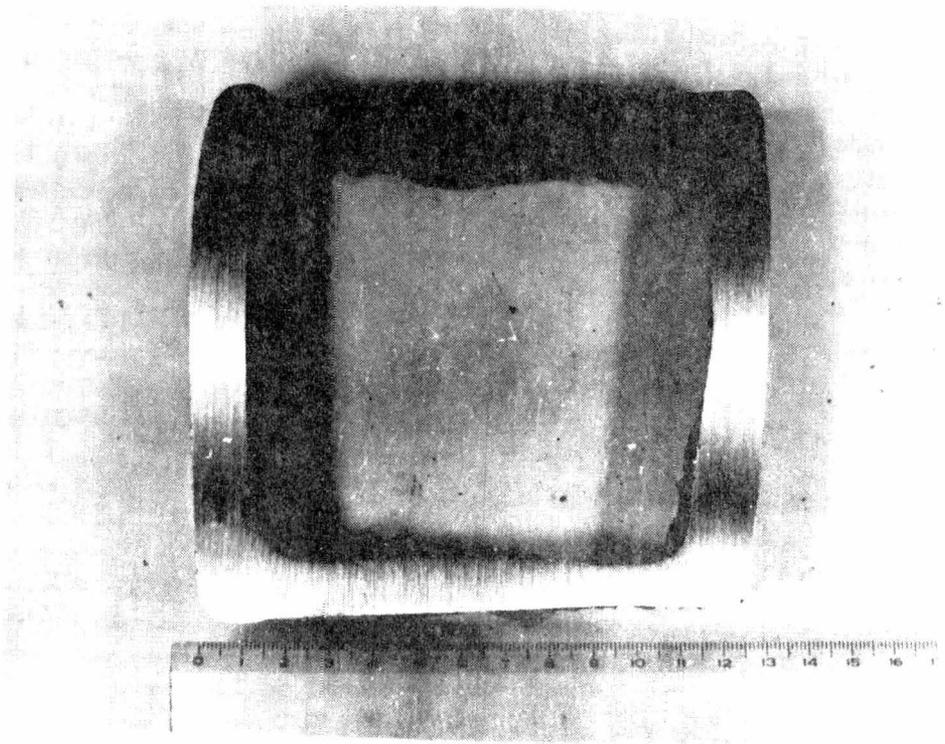
FUGA DE ACERO (sin llegar a rupturas). Es un pliegue en la capa solidificada causada por la elevación del metal líquido que atrapa una capa que ya había solidificado contra la pared del molde (figura 20).



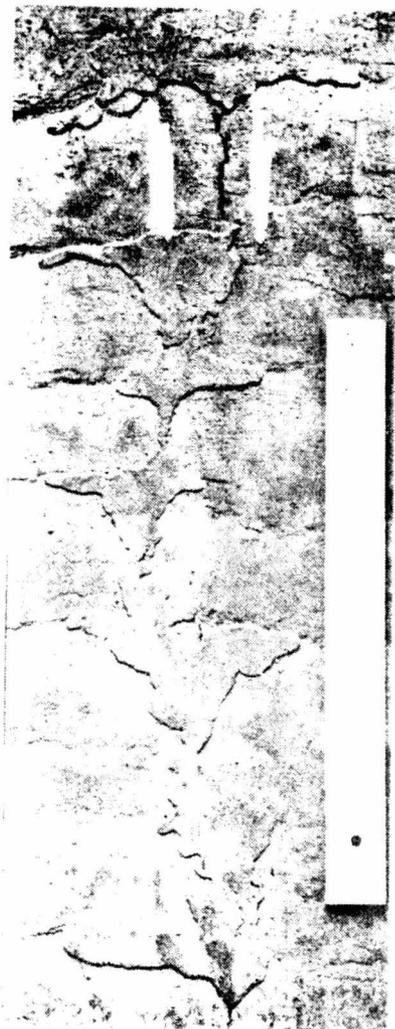
(Fig. 17) Depresión Longitudinal



(Fig. 18) Depresión Longitudinal



(Fig. 19) Depresión Longitudinal



(Fig. 20) Fuga de acero (sin llegar a ruptura)

MARCAS DE OSCILACION SEVERAS. Marcas transversales -- comunmente separadas por una distancia relacionada a la -- cantidad que el producto ha bajado en un ciclo de oscila -- ción, formadas por baja lubricación.

Marcas de oscilación severas pueden originar arrastre de la capa solidificada, caracterizado por un desplazamiento longitudinal de parte o partes de las marcas de oscilación.

La severidad de las marcas de oscilación está relacio -- nada con: lubricación, temperatura de vaciado y con el ti -- po de sistema de oscilación (figura 21).

PARED FALSA. Es una irregularidad superficial muy -- pronunciada, a todo elrededor del producto, provocada por una separación temporal de la capa solidificada con el pro -- ducto que está descendiendo.

SALPICADURAS. Pequeñas partículas de metal que que -- dan atrapadas entre la superficie del metal y la pared del molde.

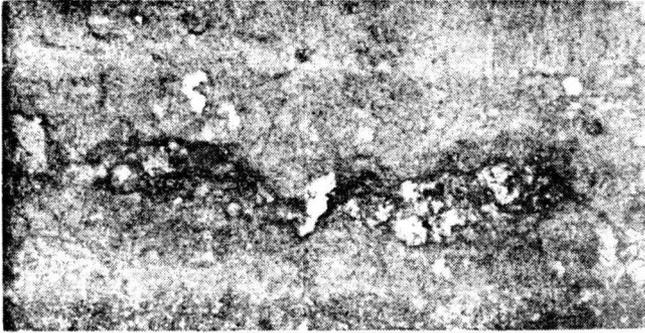
INCLUSIONES. Escoria o refractario que ha sido ero -- sionado y que son atrapados, formando parches en la super -- ficie del producto (figura 22), también el CM, AL, y Acei -- te.

Con lubricación con escoria, partículas de ésta pue -- den quedar atrapadas en irregularidades de la superficie dando un efecto similar.

MARCAS DE GUIA. Daño mecánico resultante de irregula -- ridades en las guías, soportes, rodillos extractores o en -- derezadores, o por mal alineamiento. Algún metal extraño que esté adherido a estos también produce marcas de guías.



(Fig. 21) Marcas de oscilación severas



(Fig. 22) Inclusiones por escoria y refractarios

CARBURIZACION. Es carbón localizado en la superficie que se recoge del aceite de lubricación, se presenta principalmente cuando se cuegan aceros inoxidable de bajo contenido de carbón. La carburización se detecta por micro-exámen o por examen del producto terminado atacado.

SOPLADURAS. Son agujeros grandes o pequeños alargados en la dirección del crecimiento columnar; en general se deben a una mala desoxidación. En aceros inoxidable la causa puede ser el hidrógeno. Las sopladuras pueden o no llegar hasta la superficie del producto (figura 23), también por exceso de lubricante.

CAVIDADES. Son agujeros pequeños similares a las sopladuras y se encuentran tanto en aceros calmados como efervescentes, próximos a la superficie y con frecuencia en agrupamientos.

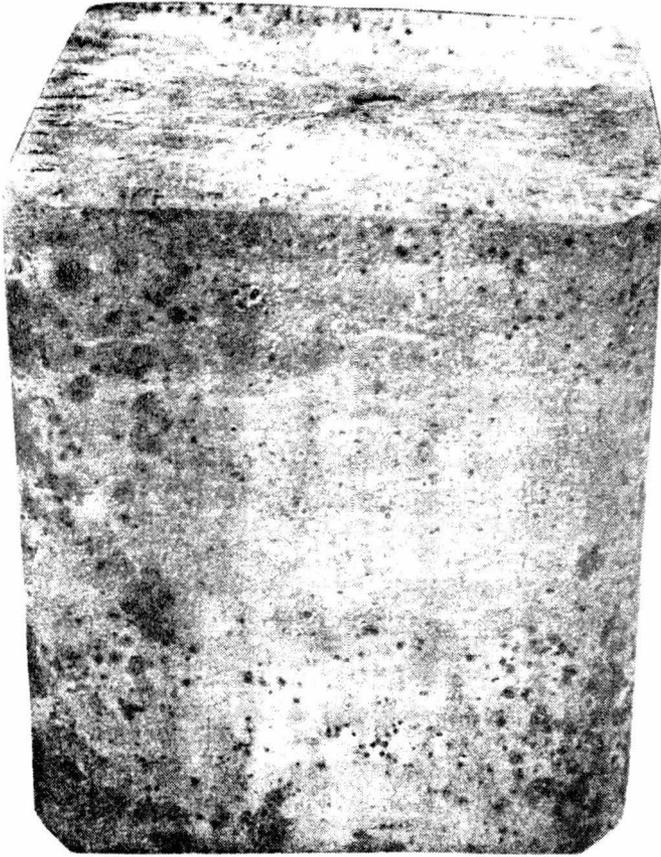
Son frecuentemente sub-superficiales dando por resultado que queden al descubierto al esmerilarse o al atacar.

Las cavidades se atribuyen a altos niveles de oxígeno e hidrógeno en el acero (figura 24), o por la gran cantidad de aceite lubricante.

b) DEFECTOS INTERNOS.

1. Grietas longitudinales.
2. Grietas transversales.
3. Grietas estrella.
4. Grietas diagonales.
5. Grietas intermedias.
6. Grietas provocadas por los rodillos extractores.
7. Irregularidad central.
8. Segregación.

Los números 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se detallarán en el capítulo V.



(Fig. 23) Sopladuras en la palanquilla



(Fig. 24) Cavidades en la palanquilla

IRREGULARIDAD CENTRAL. Es una cavidad o porosidad cuya gravedad depende del acero que se esté vaciando, del tamaño y forma del producto y de las condiciones de la colada, y del enfriamiento secundario deficiente. (Fig. 25).

SEGREGACION. Este defecto no es muy común encontrarlo en aceros vaciados por colada continua debido a las secciones relativamente pequeñas que se vacían. Sin embargo, la segregación, principalmente de carburos, ocurre en aceros de alto carbón, o por mala homogenización.

c) DEFECTOS DE FORMA.

Los defectos de forma son aquellos en los cuales la sección transversal del producto se distorsiona quedando fuera de forma geométrica. Con los defectos de forma frecuentemente aparecen agrietamientos. Las causas son numerosas, pero se relacionan generalmente con enfriamiento inadecuado o insuficiente, velocidades de colada muy altas, temperaturas de colada demasiado altas o rodillos de soporte inadecuados. Los defectos que se definen a continuación han sido encontrados en palanquillas planchones o redondos, pero distorsiones similares pueden surgir en productos con otras secciones transversales.

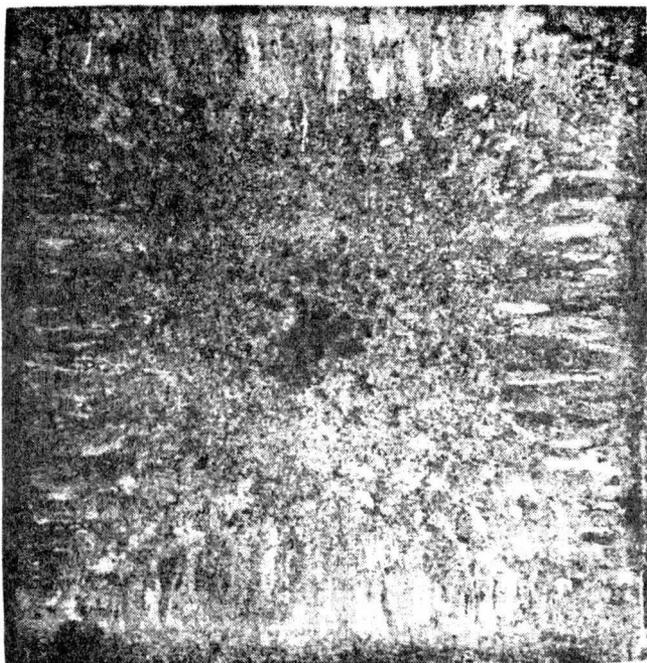
DEFECTOS DE FORMA.

1. Romboidez.
2. Abombamiento.
3. Concavidad.

ROMBOIDEZ. En palanquillas o planchones, una diagonal de una sección cuadrada o rectangular puede ser mayor que la otra.

La romboidez es la diferencia entre diagonales.

La romboidez se expresa en tanto por ciento como:



(Fig. 25) Irregularidad central en la palanquilla

$$R = \frac{d1 - d2}{d2} \times 100$$

donde

d1 = diagonal mayor

d2 = diagonal menor

(ver figura 26)

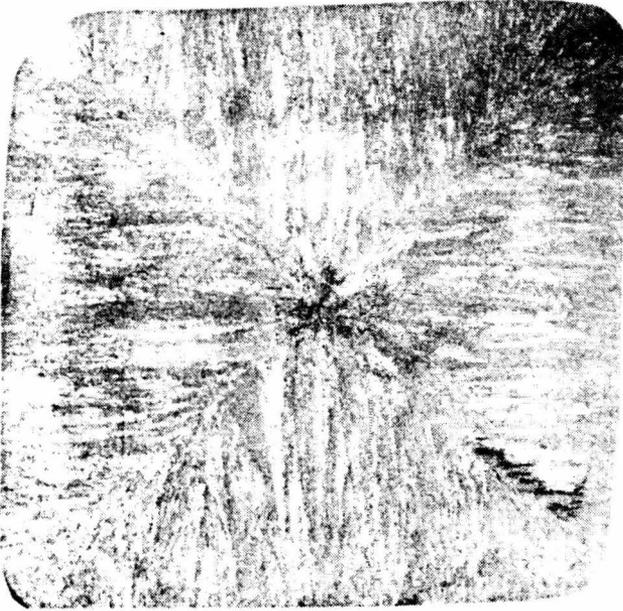
ABOMBAMIENTO. Distorsión del producto de sección -- transversal cuadrada o rectangular dando lugar a superficies convexas, debido a inadecuado soporte de las capas solidificadas para que contrarresten los efectos de la presión ferrostática.

CONCAVIDAD. Distorsión de productos de sección -- transversal cuadrada o rectangular dando una superficie cóncava, atribuida a una mala distribución del enfriamiento -- con espreas (figura 27).

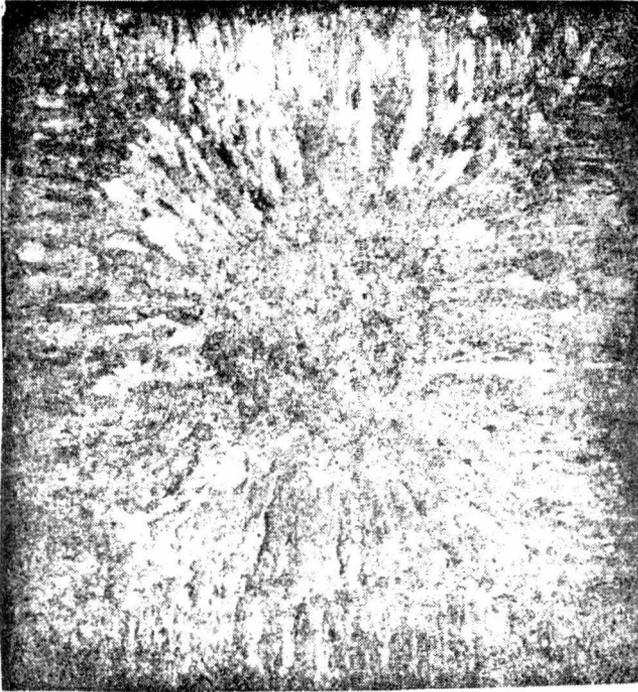
En este capítulo se incluyen las rupturas que se producen como consecuencia de algunos defectos, la frecuencia de estas en colada continua es muy grande.

Las rupturas ocurren básicamente, debido a que la capa solidificada está demasiado delgada, mal formada o por paso de escoria o refractario.

Una variedad de causas dan a uno o varios de esos defectos pero siempre existe alguna causa en la cual, si se identifica, puede indicarse la acción preventiva para el futuro. En la figura 18 se aprecia un agrietamiento longitudinal en el vértice que provoca una ruptura 10 cms., abajo de la sección mostrada.



(Fig. 26) Romboidez en la palanquilla



(Fig. 27) Concavidad en la palanquilla

R U P T U R A S

C A U S A S

- 1.- Exceso de escoria en el acero al principio de la colada
- 2.- Exceso de escoria en el acero durante la colada.
- 3.- Deficiencia de agua de espreas
- 4.- Deficiencia de agua en el molde
- 5.- Exceso de agua de espreas.
- 6.- Molde rugoso
- 7.- Lubricación insuficiente o falta de lubricación al inicio de la colada.
- 8.- Temperatura demasiado alta del acero.
- 9.- Insuficiente material para enfriar el primer acero en el molde

CORRECCIONES

- Checar la limpieza y estado de la olla y distribuidor.
- Optimizar la desoxidación en el proceso de fusión y checar el nivel del distribuidor.
- Checar presiones y flujos, valvulas y líneas para eliminar goteras, espreas tapadas.
- Checar presiones y flujos, válvulas y líneas para eliminar goteras.
- Reducir el flujo.
- Cambiarlo.
- El molde debe prelubricarse antes de la colada por espacio de 5 a 8 segs. (durante la colada debe cuidarse que no se pierda).
- Reducir la temperatura de vaciado.
- Aumentar la cantidad y disminuir el tamaño de las rebabas.

- | | |
|---|--|
| 10.- Inicio de la extracción demasiado prematura. | Recomienda iniciar la extracción cuando esté lleno a más de la mitad del <u>mol</u> de y no antes. |
| 11.- Mal empacado de la <u>cabe</u> za de la barra falsa. | Checarlo antes de iniciar la colada, checar el <u>proce</u> dimiento. |
| 12.- Desalineamiento del molde con respecto a los <u>bastido</u> res de la zona de espreas. | Checarlo periódicamente y corregirlo cuando sea necesario. |
| 13.- Incorrecta oscilación del molde. | Verificar que no golpee - antes de la colada. |
| 14.- Fallas operacionales. | Motivación . |

CAPITULO V

GRIETAS: SU FORMACION Y PREVENCIÓN

GRIETAS: SU FORMACION Y PREVENCIÓN

Las grietas representan un serio problema y traen como resultado que una palanquilla con este defecto se deseche como chatarra.

Los factores que influyen en la formación de grietas son: diseño del molde, condiciones del molde, alta temperatura de colada, enfriamiento de la palanquilla demasiado rápido o inadecuado, velocidad de extracción y alineamiento del bastidor de rodillos. Como en la práctica de colada convencional, algunas composiciones químicas de los aceros tienen más tendencia a las grietas que otros.

Los agrietamientos suelen ser de dos tipos: grietas externas y grietas internas.

Las grietas externas se clasifican como sigue:

- 1.- Grieta longitudinal en los vértices
- 2.- Grieta longitudinal en las caras
- 3.- Grieta transversal en los vértices
- 4.- Grieta transversal en las caras

1.- GRIETA LONGITUDINAL EN LOS VERTICES.

Es una grieta en el vértice de la palanquilla y a lo largo del eje longitudinal de la palanquilla. Aún con un buen diseño -- del molde, el desgaste o la distorsión del molde tienen una influencia considerable en la incidencia de grietas longitudinales en los vértices, así como también un enfriamiento inadecuado o deficiente en el molde (Figs. 18 y 28) y en la cámara de espreas, o mala lubricación en el molde.

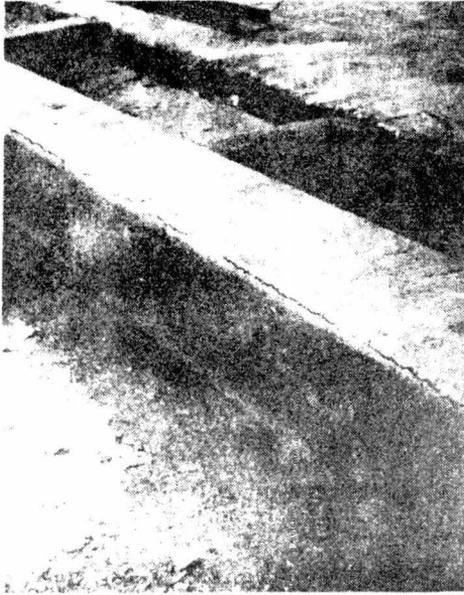
En la práctica para evitar estos agrietamientos se recomienda una revisión constante de los moldes tanto de las condiciones o estado del molde (no presente rayaduras profundas, abomba--- miento), como de las dimensiones del mismo, una vez que se lleva a rectificación, y checar que las válvulas del agua de en---friamiento del molde estén abiertas al 100%.

2.- GRIETA LONGITUDINAL EN LAS CARAS.

Es cualquier grieta que vala a lo largo del eje longitudinal - del producto y que no se localice en el vértice. Hay dos categorias a media cara y cercanas a los vértices. Este tipo de grietas son causadas por inadecuado enfriamiento en el molde, molde deformado, o por inadecuado enfriamiento secundario en - las diferentes caras del producto. El efecto posterior puede ser producido si las espreas están desalineadas o tapadas o -- bloqueadas. Este defecto también está asociado con la distorsión del molde principalmente en la zona caliente, o sea el nivel del menisco del acero.

Las grietas próximas a los vértices están asociadas con depresiones longitudinales (figura 29 y figura 30), o con una carrera defectuosa de la oscilación - del molde.

Inicialmente para atacar este tipo de grietas se efectúa una - revisión después de cada colada de todas y cada una de las es-



(Fig. 28) Grieta Longitudinal en el vértice



(Fig. 29) Grieta Longitudinal en las caras

preas hasta tenerlas limpias, alineadas y el total de ellas en cada cara del enfriamiento, así como revisar el flujo y presión del agua de espreas y agua del molde que sean adecuadas para el tipo de acero que se está colando.

Para evitar una grieta longitudinal en las caras, se debe hacer una alineación en el bastidor de rodillos con relación al molde y a la unidad extractora.

3.- GRIETAS TRANSVERSALES EN LOS VERTICES.

Es una grieta en el vértice normal al eje del producto. Las -- causas más comunes de esta grieta son el doblaje o enderezamiento de la palanquilla a temperaturas demasiado bajas o el que se pegue el producto en el molde (figura 31).

Una práctica a seguir para la eliminación de estas grietas es - la de colar a la velocidad de colada adecuada dependiendo del - tipo de acero o en caso contrario, la reducción del flujo del agua de espreas, así como vigilar que haya buena lubricación en el molde al estar colando.

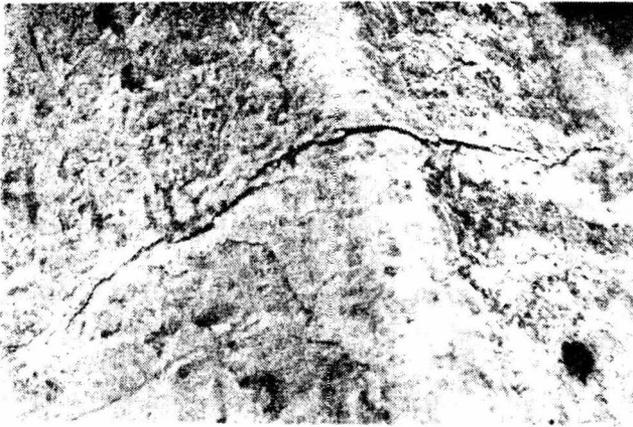
4.- GRIETAS TRANSVERSALES EN LAS CARAS.

Es una grieta en la cara, normal)o perpendicular) al eje del - producto. La causa puede ser el que se pegue el producto en el molde y, en el caso de secciones grandes, la causa puede ser un enfriamiento demasiado severo en el molde cuando se cuela a baja velocidad, o en las espreas colando normalmente. Este tipo de grietas está asociada amenudo con depresiones transversales.

Ambos tipos de grieta transversales (en los vértices y en las - caras), pueden ser tan largas que queden incluidas unas y otras en ambas categorías (figura 32).



(Fig. 30) Grieta Longitudinal en la cara cerca del vértice de la palanquilla



(Fig. 31) Grieta transversal en el vértice

Estas grietas transversales en las caras normalmente se han combatido con una buena lubricación durante la colada y un enfriamiento adecuado.

GRIETAS INTERNAS.

Estas grietas se localizan generalmente en la zona próxima a la capa que solidifican en el molde o en las zonas más lejanas a la superficie, es decir en la parte central de la misma. Los principales factores que originan grietas internas son las siguientes:

- a) Contenidos elevados de azufre en el acero. Como se sabe, - el azufre forma con el hierro y el manganeso del acero los sulfuros correspondientes de bajo punto de fusión que como tardan más tiempo en solidificar, constituyen puntos de menor resistencia y pueden originar una grieta o incluso, rupturas.
- b) Velocidad de colada inadecuada y temperatura de colada elevada. Colando a velocidades demasiado bajas y teniendo un enfriamiento excesivo. Se producen grietas en el interior de la palanquilla por los rápidos cambios de volumen debidos al fuerte enfriamiento.
- c) Mala alineación de los rodillos guías con relación a los rodillos de la unidad extractora o de aquellos con el molde.
- d) Excesiva presión en los rodillos de la unidad extractora.

Las grietas internas se clasifican como sigue:

- 1.- Grietas longitudinales
- 2.- Grietas transversales
- 3.- Grietas estrella

- 4.- Grietas diagonal
- 5.- Grietas intermedias
- 6.- Grietas provocadas por rodillos extractores.

1.- y 2.- GRIETAS LONGITUDINALES Y GRIETAS TRANSVERSALES.

Las grietas longitudinales y transversales inmediatas a las caras o a los vértices pueden aparecer internamente sin romper la superficie. Sus definiciones y causas son similares a aquellas de las grietas superficiales y las formas de evitarlas o disminuirlas son también similares a las ya mencionadas para aquellas.

3.- GRIETAS ESTRELLAS.

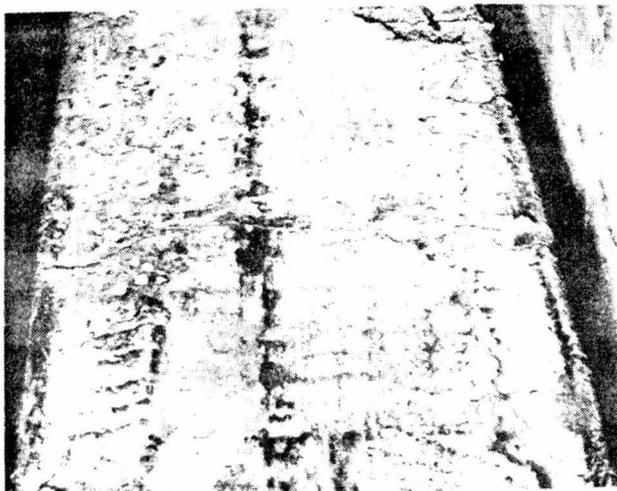
Son grietas radiales en forma de estrella originadas en el centro del producto, causadas por un enfriamiento secundario demasiado severo (fuerte) (figura 33).

Se debe disminuir flujos y/o presiones, si el flujo y la presión fueran los adecuados pudiera ser la causa el estar operando a velocidades de colada muy bajas.

4.- GRIETAS DIAGONALES.

Son grietas muy marcadas (fuertes) siguiendo la interfase de 2 planos de cristalización diferentes. En secciones cuadradas, las grietas diagonales pueden ir de una esquina a otra. Son originadas por un enfriamiento (irregular) en el molde o en las espreas y se asocian normalmente con la romboidez (figura 34).

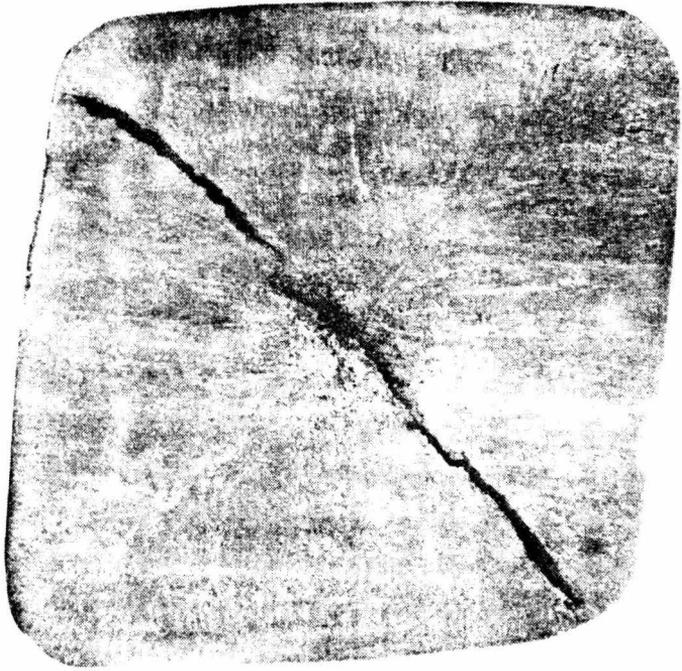
Para evitarlas se debe disminuir el flujo de agua de espreas. En aceros con alto contenido de carbón se reduce a 2 terceras partes el flujo de agua de espreas comparado con aceros de bajo carbón y en la zona 2 de enfriamiento se deja completamente sin agua.



(Fig. 32) Grieta transversal en la cara de la palanquilla



(Fig. 33) Grietas Estrellas



(Fig. 34) Grietas Diagonales

5.- GRIETAS INTERMEDIAS.

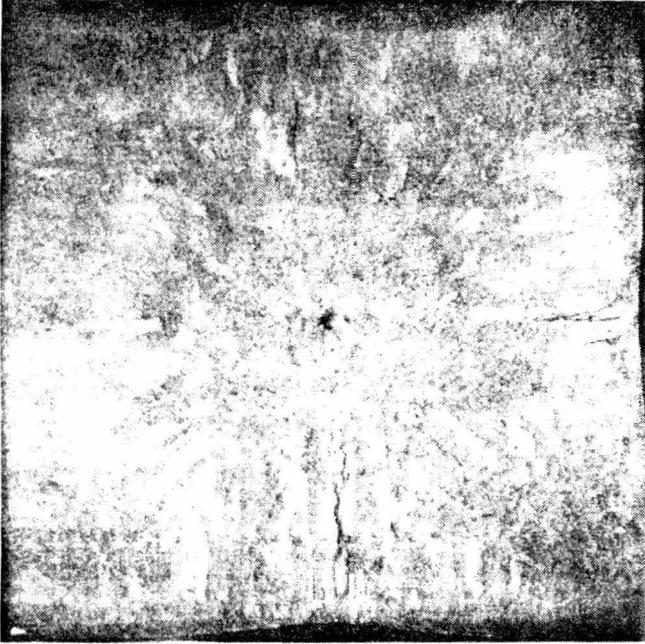
Son grietas intercolumnares que aparecen aproximadamente a la mitad de la sección del producto entre el exterior y el centro. Son originadas por tensiones térmicas las cuales se atribuyen a un enfriamiento muy fuerte o irregular durante la solidificación (figura 35).

Para resolver este problema se debe disminuir el flujo de agua de moldes y espreas y, de checar las condiciones de las chaquetas del molde así como la alineación de los cabezales de espreas.

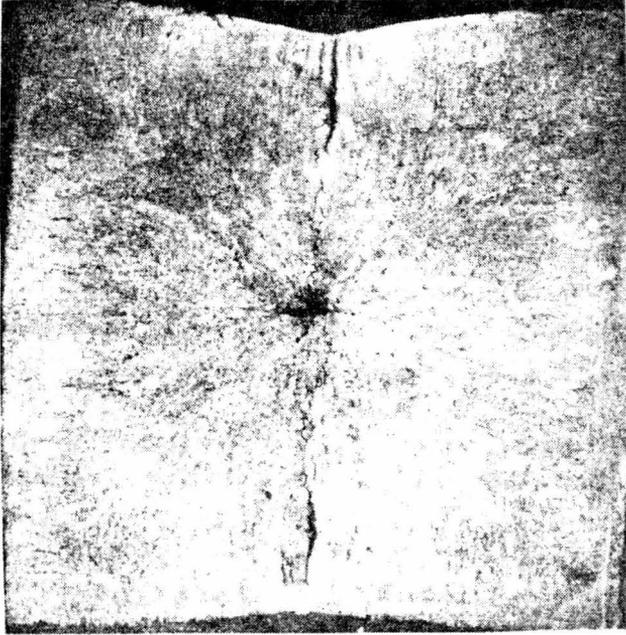
6.- GRIETAS PROVOCADAS POR LOS RODILLOS EXTRACTORES.

Son grietas internas transversales, normales a los ejes de los rodillos, provocadas por una reducción del producto mientras el centro está en un estado semifundido o pastoso (figura 36).

Aparecen cuando la palanquilla es sometida a una presión excesiva en los rodillos extractores o enderezadores cuando llega semifundido. Para eliminarlas se debe reducir la presión en las unidades extractoras, y la presión con la que trabajan normalmente son 32 kg/cm².



(Fig. 35) Grietas intermedias en la palanquilla



(Fig. 36) Grietas provocadas por los rodillos extractores en la palanquilla

C O N C L U S I O N E S

C O N C L U S I O N E S .

La formación de los agrietamientos en las palanquillas producidas por el proceso de colada continua son causadas por alguna irregularidad en las condiciones del molde, el flujo y presiones del agua de espreas y de moldes, la presión de la unidad - extractora, mala lubricación, mala oscilación, enfriamiento no uniforme o brusco, la velocidad de colada, el chorro de acero que cae al molde, acero mal homogenizado, acero mal fabricado (relación 3:1 de C-Mn), acero con alto azufre, acero oxidado, desnivelación del molde con respecto al bastidor de rodillos.

Como cada uno de estos factores, o inclusive más de uno a la - vez ocasionan algún tipo de agrietamiento en la palanquilla, - es necesario una revisión constante de cada uno de ellos.

Dentro de las condiciones del molde entre tanto el estado del molde, como las dimensiones, es por esto recomendable utilizar moldes que hayan sido checados tanto en sus dimensiones como - en su estado, por ejemplo:

Un molde defectuoso puede presentar condiciones tales como:

- 1.- Esquinas fuera de radio (por desgaste).
- 2.- Abombado (por sobrecalentamiento)
- 3.- Rayaduras (ocasionadas por ejemplo al sacar trozos de palanquillas que quedan dentro del molde) o condiciones tales como alta temperatura del agua al entrar al molde, variaciones en el flujo y la presión del agua de molde, mala lubricación oscilación irregular.

NOTA.- En la planta de colada continua de SICARTSA, no es recomendable usar más de 100 coladas un mismo molde por las

razones anteriores.

Es muy importante conocer la temperatura del acero a colar, -- puesto que nos da la pauta para seleccionar la velocidad de colada óptima, así como el enfriamiento secundario de la palanquilla colada, obteniéndose un mejor producto.

Efectuado un buen control de estos factores se eliminan los agrietamientos, pero dependiendo de las condiciones del acero y la maquinaria se presentan en un cierto porcentaje los agrietamientos.

B I B L I O G R A F I A

B I B L I O G R A F I A

Alberto Fernández L., Asistente Técnico de Colada Continua, Curso de inducción al Proceso de Colada Continua de Palanquilla, SICARTSA. 1977.

Billets, 4a. Evaluación, CONCAST. 1977

BYRON F. L. The Future of Continuous Casting. Iron and Steel Engineer Year Book. 833-836 (1963)

Continuous Casting Machines for Steel. Reference List. Special Edition. 4th Concast Convention of Licences. 1975.

Descripción General del Departamento de Aceración. Planta de Colada Continua. SICARTSA 1976.

Pasado, Presente y Futuro de la Colada Continua. Por David H. Miller. Planning and Development Engineer. Jones & Laughlin Steel Corp. Pittsburgh, Pa. y Dr. Terence E. Dancy. Assitant Director of Research. Graham Research Laboratory. Jones & -- Laughlin Steel Corp. Pittsburgh, Pa.

Herck, K. and Fastert, H. Metallurgical Considerations in the Design of Continuous Casting Plants. Iron and Steel Eng. 50 (2) 33-38 (1973).

Jackson A. Oxygen Steelmaking for Steelmeters Allard & Son. Limited Dorking. London 229-269 (1969).

Seminario sobre Colada Continua "Refractarios para Ollas en - la Colada Continua". Instituto Mexicano del Hierro y del Acero. Ing. José Luis Martínez A. Harbison Walker Klir de México, S. A. Marzo 30, 1973.

S.T.W. Concast. Technical Section Corner Break Outs. Blooms Machine Marzo 10, 1974. J. Monks. J. Purdle.

S.T.W. Concast. Departamento Técnico. Rupturas J. R. Connel Aprobado pro: J. Purdle. Ref. 5-12-74-SC

Loreto D. P. The continuous Casting of Steel Billets 9-47 - - (1974).

McBride, D. L. Present Status of Continuous Casting in the Steel Industry. Iron and Steel Eng. 41 (6) 69-75 (1964).

Manual e Instructivo de Trabajo de la Planta de Tratamiento de Agua. Colada Continua - Area Aceración SICARTSA 1976.

Definitions and Causes of Continuous Casting Defects by The Nonienclature of Continuous Casting Defects Group of the Steel making Division, British Iron and Steel Research Association.

Internal Defects in Continuous By Cast Square Billets V.S. - Rutes, N.A. Nikolaer and V.I. Akhtyrsii.

Rossi, I, The Continuous Casting Machine comes of Age. Iron 0 and Steel Ing. 41 (2) 125-130 (1964).

Temperatura de Solidificación de los Aceros por R.B. Center. R. Bruce. Ref. TP, CK Octubre 22, 1973 Concast Incorporated.

Tarmann, M.B. Continuous Casting Development. Iron and Steel Eng. 49 61-7 (1972)