

422099



memoria descriptiva

B22D

CLASE DE REGISTRO

UNA PATENTE DE INVENCION, por veinte años en España.

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE

NIPPON STEEL CORPORATION
- sociedad japonesa -

RESIDENCIA Y DOMICILIO

TOKYO (JAPON)
6-3 Otomachi 2-chome, Chiyoda-ku.

OBJETO

" Procedimiento de fundición continua de metales".

INVENTORES

1.- Yasuo ITO. (ambos de nacionalidad japonesa)
2.- Yoshitake SUZUKI.

PRIORIDAD

Solicitud Pte. Japonesa nº 46.371/73 del 18 de Abril de 1973.



1 El presente invento se refiere a un procedimiento -
para fundir continuamente metal fundido, particularmente a un
procedimiento para producir continuamente un objeto fundido -
de una calidad mejorada por agitación, con inducción electro-
5 magnética en el procedimiento de fundición continua.

Es usual con muchas clases de metales fundido el -
contener una variedad de elementos extraños, por ejemplo, car-
bono, silicio, manganeso, fósforo, azufre, aluminio, níquel,
cromo, etc. en el metal fundido. Es conocido que en el proce-
10 so de enfriar el objeto fundido, conteniendo tales elementos,
como se han mencionado arriba, para solidificarse, la solidifi-
cación progresa cuando estos elementos se concentran en el
cráter del objeto fundido para cristalizar en sustancias sim-
ples ó compuestos. Así, la parte del objeto fundido, que se so-
15 lidifica por último, puede contener tales elementos en una -
cantidad mayor que las otras partes, que se hayan solidifica-
do anteriormente; por lo tanto, dicha parte puede solidificar-
se a la temperatura más baja, y se conoce por el nombre de -
"parte de segregación".

20 Los productos hechos de la fundición, que tenga la
parte de segregación, tienden a tener una resistencia mecáni-
ca rebajada y/o distribuida de una manera no uniforme, causan-
do posiblemente trastornos al momento de soldar, de modo que
tienen bajo valor comercial. Con el fin de evitar tales incon-
25 venientes, se ha dispuesto en el caso de la fundición tradi-
cional, el uso del molde de extremo cerrado, con un régimen -
incrementado de alimentación, de modo que la así incrementada
alimentación pueda contener la parte de segregación, que pue-



1 de ser separada después por corte. Sin embargo, tal dispositi-
vo da por resultado un rendimiento de producción rebajado y,
después un coste de producción aumentado, lo que constituye -
su inconveniente. En la fundición del procedimiento de fundi-
5 ción continua, tiene lugar segregación en la dirección perpen-
dicular a la de la retirada del objeto fundido, en una exten-
sión tan grande que no hay disponibles condiciones de opera- -
ción o dispositivos buenos para reducir, sin dificultad la -
parte de segregación por debajo del nivel conseguido en el ca-
10 so de usar el arriba mencionado dispositivo para la fundición
usando el molde de extremo cerrado.

En esfuerzos para resolver tales problemas como el
rendimiento rebajado de producción en el caso de fundir usan-
do el molde de extremo cerrado y la distribución de calidad no
15 uniforme de la fundición hecha por el método de fundición con-
tinua, es algo obvio realizar la necesidad de que un procedi-
miento para enfriar un metal fundido trabaje tan adecuadamen-
te que detenga la segregación de los elementos contenidos en
el metal fundido, para obtener su distribución uniforme. Se -
20 ha llegado a conocer como tal, un método de agitar el cráter
del objeto fundido usando fuerza electromagnética. Sin embar-
go, este método todavía no ha sido industrializado, ya que to-
davía no hay modelos del mismo, confirmados óptimamente, de -
fuerza agitadora y muestra de flujo de acuerdo con las clases
25 de metales fundidos, aún cuando se considera que es el más es-
table de los diversos dispositivos de operación.

Se ha confirmado que en el procedimiento de solidi-
ficación de objetos fundidos, por el uso del método conven- -
30 cional electromagnético, se rompe la dendrita, pero una agita



- 7 -

- 3 -

1 tación más intensa para acortar ulteriormente la dendrita ro-
ta, causará la formación de la así llamada "banda blanca" en
el borde entre la dendrita y el cristal libre. En el caso de
la plancha fundida, la banda blanca tiende a formar grosor a
5 lo largo del lado corto, donde incide el flujo de metal fundi-
do agitado.

En cuanto a la banda blanca, nadie se ha dedicado a
su estudio y mucho menos a investigaciones sobre su composi-
ción en relación con la calidad del objeto fundido, hasta don-
10 de han confirmado los inventores, la banda blanca es una espe-
cie de segregación negativa, cuyo contenido es de concentra-
ción inferior a aquella de la otra parte, demostrando que el
objeto fundido no está calificado como material comercial; y
la banda blanca misma estropea la buena apariencia del produc-
15 to hecho de tal material fundido.

En cualquier dirección, que se haga la agitación, -
la banda blanca se formará inevitablemente, en tanto que flu-
ye el metal fundido. De acuerdo con experimentos realizados -
por los inventores del presente invento, se ha hallado imposi-
20 ble impedir la formación de la banda blanca por cualesquiera
modificaciones en el método de agitación electromagnético -
aplicado al objeto fundido por el método de fundición conti-
nua. La agitación de acuerdo con el método conocido para impe-
dir la formación de la banda blanca, falla en la reducción de
25 la dendrita dando por resultado un fallo también en el propó-
sito original.

Como para el agitador electromagnético, para uso -
con el aparato de fundición continua, su cuerpo principal es
30 calentado a elevada temperatura, durante el funcionamiento, -



1

5

10

15

20

25

30

por calor radiante desde el objeto fundido y calor generado desde la corriente, que marcha sobre las bobinas; como resultado, su marco se deforma, haciendo difícil suministrar corriente a las bobinas a través de una prolongada operación continua y también reducir la brecha entre el objeto fundido y un agitador a un mínimo, causando trastornos, tales como sería pérdida de energía electromagnética, una vida más breve de las bobinas y flujos sobre la superficie del producto.

Con el fin de resolver estos problemas, se ha usado un dispositivo para enfriar el agitador electromagnético con un refrigerante apropiado. Así, el agitador tiene su cuerpo principal enfriado cerca o a la temperatura ambiente durante algún tiempo desde el comienzo de la operación o en el tiempo de reparación y después es calentado, por lo tanto, se devuelve al ciclo de calentamiento y refrigeración. En tal caso, donde se utilice un sistema de refrigeración por agua, que es el más económico para este fin, gotas de agua permanecen en el interior de pared del bastidor y en la superficie de los bobinas cuasando trastornos, tales como: (a) la detención del suministro de corriente o limitación del voltaje aplicado debido a la degradación del aislamiento de las bobinas; y (b) la producción de óxido sobre las partes del agitador debido a la alta temperatura en el interior del bastidor. La detención del suministro de corriente a las bobinas. significa la detención de la operación del agitador electromagnético y la producción del óxido requiere un íntimo mantenimiento de conservación del agitador, La parte del aparato fundidor continuo, sobre la que está montado el cuerpo principal del agitador elec



1 magnético, está en un lugar estrecho, sometido a depósito de
polvo y alta temperatura, haciendo tal posición casi imposi-
ble la inspección y conservación diarias, no obstante a su -
necesidad.

5 Tal agitador está provisto usualmente en una posi-
ción apropiada, alejado de la superficie del metal fundido -
en el molde en la dirección de retirada del objeto fundido.
Con el fin de evitar tales trastornos en el funcionamiento, -
como la formación de grietas en el interior del objeto fundi-
10 do o rotura de salida (de metal fundido fuera del casco soli-
dificado) es necesario disponer el agitador sin variar el pa-
so soportador del objeto fundido entre cada rodillo guiador
previsto en un gran número en la dirección de retirada del -
objeto fundido, en el aparato de fundición continua.

15 Un objeto del presente invento es procurar un pro-
cedimiento de fundición continua para producir el objeto fun-
dido conteniendo una pequeña parte de segregación, deteniend-
do el crecimiento de dendrita a través de la agitación del -
metal fundido en proceso de solidificación por medio de fun-
20 dición electromagnética.

Otro objeto del presente invento es procurar un -
procedimiento de fundición continua para producir el objeto
fundido de alta calidad deteniendo la formación de banda blan-
ca por medio de la agitación del metal fundido en proceso de
25 solidificación por medio de inducción electromagnética.

Un aparato de fundición continua para poner en prác-
tica eficazmente el procedimiento del presente invento, equi-
pado con un agitador electromagnético, que debe ser inspe- -
ccionado y mantenido con facilidad a bajo coste y para fun-
30



1 cionar con coste de explotación bajo sin estropear las circuns-
tancias sanitarias de trabajo. Todavía otro objeto del presente
invento es procurar un aparato de fundición continua que -
sea capaz de hacer que la distancia entre soporte del objeto -
5 fundido sea lo más estrecha permisible y dando eficaz agita- -
ción electromagnética con el resultado de muy pequeña pérdida
de energía.

Todavía otro objeto del presente procedimiento es fa-
bricar una plancha de acero, fundida continuamente, de una ca-
10 lidad tan excelente que tenga una capa de cristal equiaxilde -
grosor uniforme simétricamente contra la parte de la plancha -
central en grosor en la parte del núcleo de la misma.

Los arriba mencionados y otros objetos del presente
invento resultarán más aparentes haciendo referencia a la si-
15 guiente explicación detallada y a la forma de ejecución.

Con el fin de conseguir alcanzar los objetos arriba
mencionados, el procedimiento de fundición continua del presen-
te invento se caracteriza por la presencia del vector de veloci-
20 dad del flujo principal del metal fundido agitado sobre el -
plano perpendicular a la dirección de retirada del objeto fun-
dido, y por agitación electromagnética del metal fundido en pro-
ceso de solidificación efectuándose de tal modo que el flujo -
principal del cráter del objeto fundido, pueda estar confinado
dentro de la zona de agitación limitada.

25 Análogamente, el aparato de fundición se caracteriza
porque tiene su dispositivo, para retirar el objeto fundido, -
equipado con un grupo de rodillos hecho de un material no mag-
nético en la vecindad del agitador electromagnético, y haciendo

30



1 que su agitador electromagnético consista en un núcleo, te- -
niendo ranuras profundas, bobinas enrolladas alrededor del nú-
cleo y una carcasa hecha de un material no magnético teniendo
la forma de una conicidad descendiendo a su cabeza para prote-
5 ger el núcleo y las bobinas.

Las figs. 1 y 2 son gráficos, que muestran la distri-
bución del contenido de carbono de una plancha.

La fig. 3 es un gráfico que muestra la regulación -
entre el grado de segregación y el régimen de formación de -
10 dendrita.

Las figs. 4 y 5 son diagramas explicativos de la -
muestra de los respectivos flujos de agitación.

Las figs. 6 y 7 son diagramas explicativos de los -
respectivos flujos del metal fundido agitado en el plano C de
15 agitación.

La fig. 8 es un diagrama explicativo del procedi- -
miento del presente invento.

La fig. 9 es una vista de la impresión de azufre de
la sección transversal fundida continuamente y agitada por el
20 método convencional de agitación electromagnética.

La fig. 10 es una vista de impresión de azufre de
la sección transversal de una plancha fundida continuamente -
por el procedimiento del presente invento.

La fig. 11 es una vista esquemática seccional mos- -
trando una ejecución del aparato para aplicar agitación elec-
tromagnética al objeto fundido por el procedimiento de fundi-
ción continua.

La fig. 12 es un gráfico mostrando la relación en- -
30



1 tre la longitud de dendrita y el tiempo de las respectivas di-
recciones de corrientes usadas alternativamente para el agita-
dor electromagnético, en el procedimiento de solidificación -
de acero fundido.

5 La fig. 13 es un gráfico mostrando el retraso de la
velocidad del flujo de acero fundido debido a su viscosidad.

10 La fig. 14, es un gráfico mostrando la relación en-
tre el retraso de velocidad y el tiempo de alternación de di-
rección de corriente, en que la fig. 14a muestra el caso, en
que el tiempo de alternación de dirección de corriente es más
prolongado que el retraso de velocidad; la fig. 14b muestra -
el caso, en que éstos son iguales; la fig. 14c muestra el ca-
so, en que el tiempo de alternación de dirección de corriente
es más breve que el retardo de velocidad.

15 La fig. 15 es un esquema de una ejecución del aparato
de fundición continua con el agitador en el método de agi-
tación inductiva electromagnética de acuerdo con el presente
invento.

20 La fig. 16, es una vista en perspectiva de la parte
principal del agitador mostrado en la fig. 15.

 La fig. 17 es una vista en perspectiva de las bobinas
excitadoras del agitador mostrado en la fig. 16.

25 La fig. 18, es un diagrama de bloque de la fuente -
de energía de dicho agitador.

 La fig. 19 es una vista en perspectiva de una parte
recortada del objeto fundido continuamente, con el fin de qui-
tar el flujo del cráter del objeto fundido.

30 La fig. 20 es una vista lateral de una ejecución -
del aparato de fundición continua del presente invento.



1 La fig. 33 muestra fotografías de las impresiones -
 de azufre en la sección transversal de planchas formando un -
 plano perpendicular a la dirección de extracción del objeto -
 fundido, siendo la superior la de la plancha de acero fundida
 5 continuamente sin agitación electromagnética y siendo la infe-
 rior las de la plancha de acero fundida de acuerdo con el pre-
 sente invento.

 La fig. 34 es un aumento de una parte de la fotogra-
 fia mostrada en la fig. 33.

10 En las figuras significan las letras lo que sigue:
 AA, posición de muestreo; BB, contenido de carbono;
 C, superficie de fondo; D, parte central; E, superficie supe-
 rior, FF, comienzo; G, centro; H, final; II, grado de segrega-
 ción; K, régimen de formación de dendrita en o/o; LL, direc-
 15 ción de retirada; MM, dendrita; J cristal en frío; N, dendri-
 ta secundaria; O, banda blanca secundaria; P, cristal equia-
 xil; Q, zona de segregación; RR, banda blanca; S, longitud de
 dendrita (mm); T, posición de bobina, U, tiempos; t_p y t_n pa-
 ra el cambio de dirección de corriente; V, velocidad; W, en-
 20 trada; X, acero fundido; Y, tiempo; Z, salida; aa, curva de -
 retardo; bb, parte salida de la bobina; c, sin agitación (pa-
 ra comparación); d, extremo de plancha; e, centro de plancha;
 g, 500 A agitación; h, corriente eléctrica para agitación; i,
 evaluación de banda S; k, carbono (% de peso); l, evaluación
 25 de impresión S; mm, azufre (% de peso); n, banda de azufre; -
 o, sin agitación; q, con agitación.

 En el procedimiento de fundición continua la trans-
 misión de calor en la dirección perpendicular a la dirección

30



1 de empuje del objeto fundido es mucho mayor que en la direc--
ción de retirada del objeto fundido, tanto que se produce la
segregación arriba mencionada en la dirección de grosor del -
objeto fundido. La figura 1 es un gráfico típico mostrando la
5 distribución del contenido de carbono en varios puntos en la
dirección del grosor de la plancha fundida continuamente del
acero al carbono normal.

En el dibujo, se ilustran las posiciones, en las que
se hizo el muestreo para análisis. Como puede comprenderse fá-
cilmente en este gráfico, el contenido de carbono en el cen--
10 tro del grosor de la plancha, es decir, en la parte, en que -
puede existir por último su cráter de acero fundido, es de -
0,18%; este valor es considerablemente más elevado que 0,10%,
que es el valor en las otras posiciones. Por otra parte, la -
15 fig. 2 muestra que el contenido de carbono permanece el mismo
en la dirección de retirada el objeto fundido.

Mientras que la siguiente explicación del presente
invento se hace con acero fundido como un metal fundido conte-
niendo una variedad de elementos, huelga decir que el procedi-
20 miento del presente invento, son aplicables a cualquier otra
clase de metales fundidos. Como para la determinación del tama-
ño de la parte de segregación del objeto de acero fundido, se
efectúa muy raramente por el análisis de constituyentes, pero
25 generalmente de un modo tan simple como la clasificación de -
datos de tanteo. En la siguiente descripción la segregación -
es evaluada de acuerdo con la clasificación sobre impresiones
de azufre.

Cuando la segregación se observa desde el punto de



1 vista de la estructura de solidificación, se concluye que, si
aumenta la dendrita y se contrae la zona equiaxil, se produci
rá mucho la segregación. La fig. 3 muestra la relación entre
el grado de segregación y el régimen de área de dendrita en -
5 el plano perpendicular a la dirección del empuje del objeto -
fundido (denominada a continuación el "plano C"). Los grados
de segregación en este gráfico fueron determinados de acuerdo
con las evaluaciones hechas en tamaños y forma (considerando
si la parte de segregación está extendida o resumida en pun--
10 tos) en el centro del objeto fundido de muestra sobre impre--
siones de azufre, mostrando así la proporción del área, en -
que se ha formado dendrita respecto al área total. Como puede
comprenderse de la fig. 3, el grado de segregación está li- -
nealmente relacionado con el grado de área de dendrita.

15 Si la fundición, que tiene una zona más amplia de -
dendrita se lamina en productos laminados, tendrán lugar tras
tornos, debidos a tal parte de segregación, en el caso de sol
dar placa gruesa y en la forma de pequeñas ondulaciones, ta--
les como crestas en particular en acero inoxidable, en el ca--
20 so de confeccionar chapas delgadas. Tales defectos producidos
de la segregación, consistente principalmente en dendrita son
conocidos y se han estudiado las condiciones de operación pa-
ra la prevención de tales defectos. Además, en el caso de fun
dición continua, es posible que el objeto fundido en proceso
25 de solidificación adopte un gradiente de temperatura porque -
la velocidad de solidificación producida por refrigeración for
zada usando chorro de refrigerante causan el crecimiento de -
dendrita. Por lo tanto, es muy difícil detener el crecimiento



1 de dendrita solo por medio de control de las condiciones de -
operación.

Como una serie de métodos para detener el crecimiento
to de dendrita, se presentan una variedad de métodos de rom--
5 per dendrita usando fuerza externa. Entre estos métodos, el -
más ampliamente usado que emplea fuerza electromagnética, es
el así llamado método de agitación electromagnética.

Este procedimiento ha sido presentado en una varie-
dad de modificación. Estas modificaciones se seleccionan por
10 muestras de flujo de los metales fundidos, agitados, de modo
que puede decirse que las muestras de tales flujos constitu--
yen un factor básico de la agitación electromagnética, común
a todas las modificaciones del procedimiento. Se ha hecho es-
fuerzos para conseguir tal agitación para constituir una mues-
15 tra, deseable para sus fines.

Tales muestras de flujos de los metales fundidos -
agitados se clasifican primeramente en dos grupos. Un grupo -
consiste en muchas muestras, tal como se ilustra en la fig. 4,
de acuerdo con la cual el vector de velocidad del flujo prin-
20 cipal del metal fundido agitado, es paralelo a la dirección -
de retirada del objeto fundido (denominada a continuación el
plano L de agitación); y el otro grupo consiste en muestras,
tales como las mostradas en la fig. 5, de acuerdo con las cua
25 les el vector de velocidad del flujo principal del metal fun-
dido agitado, es perpendicular a la dirección de retirada del
objeto fundido (denominado a continuación el plano de agita--
ción C). Estas dos clases de agitación son realizadas para -
conseguir la estructura de solidificación uniformemente distri-
30 buida rompiendo aquella dendrita que se hubiera producido en



1 el proceso de solidificación del metal fundido.

Los inventores del presente objeto realizaron tales experimentos usando modelos, como ensayos en tanque de agua y ensayos sobre los flujos fundidos de metales teniendo bajos -
5 puntos de fusión y un ulterior estudio de los métodos de agitación conocidos, con el fin de obtener las influencias, que ejercen varias muestras sobre la estructura de solidificación. El resultado de sus experimentos es como sigue:

10 En el caso de la agitación en el plano C, la agitación para la plancha fundida teniendo una proporción de su anchura a su altura somparativamente grande de más de 3, en una dirección fija, más preferentemente tal agitación que el vector de velocidad del flujo principal del metal fundido agitado del objeto fundido esté presente en el plano perpendicular
15 a la dirección del empuje de la plancha fundida, hace tal densidad secundaria o tal zona blanca secundaria, como se ilustra en la fig. 9 (a continuación, la banda blanca de mayor anchura también se denomina zona blanca por conveniencia) aparece sobre el plano C, impidiendo que toda la zona de agitación
20 se convierta en cristal acrizil. Si la proporción es más de 3, resultará difícil obtener un flujo circulante (m) en el plano C, como se ilustra en la fig. 6, porque el flujo del metal fundido agitado, marcha limitadamente en la dirección paralela a la dirección de anchura de la plancha fundida y porque
25 el flujo del metal fundido agitado, habiendo chocado con el casco solidificado, en el lado corto de la plancha fundida, se desvía y vuelve de nuevo su dirección desde descendente a ascendente, como se ilustra en la fig. 7. Con el fin de evi-

30



1 tar la formación de tal flujo, la inversión alternativa de di-
recciones de flujo a intervalos puede ser algo efectivo, pero
es difícil que tal método únicamente impida la formación de -
la zona de segregación, como se ilustra en la fig. 9. En el -
5 caso del tocho fundido, el lingote fundido o semejante, te-
niendo la proporción arriba mencionada de casi 1,0, es posi-
ble conseguir la estructura de solidificación uniformemente -
distribuida, como resultado de la agitación estable, obteni-
ble por operación en una dirección fija, así como por la in-
10 versión alternativa de la dirección de flujo a intervalos.

Entonces, en el caso de la agitación en el plano L,
es posible conseguir una agitación distribuida bastante unifor-
memente igual de la plancha fundida de mayor proporción de an-
chura a altura, en comparación con la agitación en el caso de
15 plano C. Por lo tanto, es más fácil impedir la formación de -
tal zona blanca, como se ha mencionado arriba, en el cuidado
de la agitación en el plano L. Sin embargo, esta agitación -
tiene el inconveniente de que la distribución de temperatura -
del flujo del metal fundido agitado se hace no uniforme por -
20 su mezclado con el flujo del metal fundido, justamente verti-
do en el molde, particularmente con el flujo del metal fundi-
do vertido desde la tobera sumergida, que ha sido recibido re-
cientemente de modo incrementado para el procedimiento de fun-
dición continua. Por lo tanto, la agitación en el plano L tie-
25 ne que hacerse en una posición tal, que esté libre de la in-
fluencia de los flujos arriba mencionados, particularmente de
aquel del metal fundido vertido desde la tobera sumergida. Ade-
más, el aparato de fundición continuo de escala comercial tie-
ne un gran número de rodillos equipados en la dirección de re-



1 tirada del objeto fundido para soportarle marchando al salir
del molde; es imposible para la tecnología del presente nivel
disponer de bobinas electromagnéticas confiables en el sumi--
nistro de fuerza electromagnética estable sin los inconvenien
5 tes de la disposición de tales rollos, en la posición adecua-
da para efectuar su función

Como se ha mencionado arriba, la zona blanca secun-
daria forma, como resultado de su giro ascendente del flujo,
que se ha formado cuando el flujo se desviaba de la corriente
10 principal del metal fundido agitado al chocar con el casco so-
lidificado. Cuando el flujo ascendente se hace mayor, hacien-
do así mayor la distancia L, mostrada en la fig. 7, la zona
blanca secundaria se hace mayor. Con el fin de impedir la for-
mación de la zona blanca secundaria, el flujo ascendente debe
15 ría hacerse pasar a través de un estrecho espacio a lo largo
del interior 2 del caso solidificado, donde puede producirse
la zona blanca. Es decir, debería hacerse de tal modo, de -
acuerdo con la fig. 7, que se acorte la distancia L, haciendo
el flujo descendente, formado cerca de la pared solidificada
20 a lo largo del lado corto del objeto fundido, convertido en -
un flujo ascendente justo cerca del punto divergente (punto -
de incidencia) del flujo de incidencia. Como resultado, sin -
embargo, la zona blanca se hará algo mayor, pero es fácil con-
25 trolar el tamaño en un grado tal, que no degrade la calidad -
del objeto fundido.

En cuanto al proceso de formación de la dendrita se-
cundaria, se considera que como la razón de formación de la -
dendrita secundaria, que se considera que es una extensión de



1 la dendrita original, en la forma de un pilar largo, que toca
con una cuerda en su parte central y que puede formarse fácil-
mente con una fuerza de agitación pequeña, cuando la fuerza -
de agitación es excesivamente pequeña, el metal fundido como
5 un todo, pero también cada una de sus partes, no cambian su -
posición en relación a las otras partes, no haciendo bastante
efectiva la agitación y, por lo tanto, se forma la dendrita -
secundaria.

Por otra parte, cuando se añade fuerza de agitación
10 el tipo original de dendrita secundaria se reemplaza por otro
tipo de dendrita secundaria. es decir que continuá existiendo
la dendrita secundaria en sí. Este es un punto muy importante,
sobre el que está fundado el presente invento. Es decir, como
se ilustra en la fig. 7, el flujo del metal fundido agitado -
15 se ramifica en un flujo ascendente y en un flujo descendente,
como un resultado del choque con la superficie solidificada.
El metal fundido, que ha sido conducido hacia arriba por el -
flujo ascendente de temperatura comparativamente alta, fluye
bajando dentro del flujo principal del acero fundido agitado.
20 Como no tendrá lugar la acción completa de la temperatura en-
tre el metal fundido, teniendo su temperatura nivelada con -
una comparativamente baja por medio de agitación y el flujo -
desde abajo, teniendo una temperatura comparativamente alta,
causando una mezcla de estos dos flujos para obtener un gra--
25 diente de temperatura, que trabaja para el crecimiento de den-
drita. Observando el flujo descendente, derivado del flujo, -
que choca como resultado de la agitación, no tiene tanta in--
fluencia como el flujo ascendente, pero es naturalmente un -



1 problema, si es de un volumen tan grande como para influir so
bre el flujo ascendente.

El propósito del presente invento es obtener la dis
tribución uniforme de la estructura de solidificación, estan
5 do libre de la segunda zona blanca y también de la segunda den
drita, pudiendo formar ambas, debido al flujo ascendente y al
flujo descendente, derivados del flujo principal del metal -
fundido agitado en la agitación en el plano C del objeto fun
dido, habiéndose causado tal derivación por el choque de di--
10 cho flujo principal contra la superficie de solidificación -
(es decir, el interior 2 del casco solidificado). Para este -
propósito, el vector de velocidad del flujo principal del me
tal fundido agitado, debería estar en el plano C y la agita--
ción debería hacerse de tal modo que la totalidad del metal -
15 fundido agitado pueda fluir dentro de la zona de agitación.

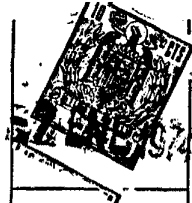
Hablando más específicamente sobre el arriba mencio
nado método de agitación, la velocidad del flujo principal 5
del metal fundido agitado debería ^{hacerse} mayor, por ejemplo, más de
10 veces mayor que la velocidad del flujo 4 del metal fundido
20 vertido desde la tobera sumergida 3, como se muestra en la -
fig. 8, haciendo por ello despreciable la turbulencia del flu
jo agitado por la corriente 4. El valor de "más de 10 veces"
es fácilmente alcanzable, en vista del hecho de que una velo
cidad de agitación de 2 m/segundo está dentro de la capacidad
25 del agitador del tipo normal, y la velocidad de vertido desde
la tobera puede ajustarse a cualquier valor, por selección de
una variedad de forma de tobera, la velocidad de casi todos -
los tipos ordinarios de aparatos para la fundición continua -
de planchas de gran tamaño, es de menos de 0,1 m/segundo. Ade
30



1 más, puesto que la velocidad de retirada del objeto fundido -
está entre $1/30$ y $1/80$ de lo arriba mencionado, puede concluir
se que el vector de velocidad del flujo principal 5 del metal
fundido agitado está aproximadamente sobre el plano C.

5 Entonces, la velocidad del flujo principal 5 del me
tal fundido agitado debería limitarse de tal modo que el flu-
jo del metal fundido agitado no esté más allá de la zona de -
agitación 7 establecida a una distancia apropiada en la direc-
ción de retirada del objeto fundido. El tamaño de la zona de
10 agitación 7 se determina de acuerdo con la anchura permitida
de la zona blanca; y la velocidad del flujo principal 5, del
metal fundido agitado, se determina de tal modo que el flujo
del metal fundido agitado esté presente dentro de la zona de
agitación 7. La restricción de la presencia del flujo del metal
15 fundido agitado dentro de la zona de agitación 7 es una condi-
ción indispensable para evitar la formación de la dendrita se-
cundaria debido a posible distribución irregular de la tempe-
ratura del cráter. En el caso de un líquido tal como agua, -
que tiene muy pequeña viscosidad, una gran velocidad del flu-
20 jo principal hará que la corriente 6 mostrada en la fig. 8 con
línea punteada forme un lazo haciendo por ello difícil estre-
char la zona de agitación 7. Sin embargo, en el caso de un me-
tal fundido, tal como acero fundido, que tiene gran viscosi-
dad, de modo que es comparativamente fácil de estrechar la zo-
25 na de agitación 7.

También, con el fin de hacer posible una agitación -
uniforme en la zona de agitación 7, aquella parte que no esté
sometida a corriente por agitación, es decir, que debería for-
marse la zona muerta.



1 Otro asunto, que debe ser considerado, en la distan-
cia desde el molde a la posición, en que deba hacerse tal -
agitación. Para este problema debería tomarse en considera--
ción la clase de metal fundido, la capacidad de un mecanismo
5 agitador de un aparato de fundición continua y semejante. Ha-
blando generalmente, con el fin de obtener el tamaño pequeño
de dendrita, debería hacerse la agitación en la posición, en
que el casco solidificado todavía permanece lo más delgado po-
sible, es decir, en la posición cercana al molde. Por otra -
10 parte, la agitación cerca del molde puede colocarse natural--
mente bajo la influencia del flujo del metal fundido, vertido
desde la tobera sumergida, incrementando tal situación una po-
sibilidad de formación de la dendrita secundaria. A este res-
pecto, el presente invento hace posible, como se ha menciona-
15 do arriba, elevar la velocidad del flujo principal del metal
fundido agitado, disminuyendo por ello la influencia del flu-
jo del metal fundido vertido, de modo que sea posible hacer -
agitación muy cerca del molde.

20 Lo que sigue es la esencia del presente invento, ex-
plicada empleando la forma de ejecución:

El objeto fundido de muestra es: una plancha fundi-
da de 210 mm. de grosor y 2.050 mm. de anchura, es decir, una
plancha de un grado de grosor 41 EK, como acero para barcos.

25 Composición: 0,15% C; 0,80% Mn; 0,2% Si

Tipo de aparato de fundición continua: 10,5 R del -
tipo de cabeza baja, generador de campo electromagnético mó--
vil: frecuencia de fuente de corriente: 8 Hz.

Mientras se usa un aparato con las especificaciones
30 arriba mencionadas, el tamaño de la zona de agitación extendi-



1 do alrededor de 300 mm. desde el generador de campo electro--
magnético móvil como centro de tal extensión. Las dos posicione
nes, a las que se ajustó en cada caso un generador, fueron -
respectivamente 5 metros desde el molde y 5 debajo del molde.
5 Estas dos posiciones fueron usadas para comparación entre las
influencias en las respectivas posiciones de flujo del acero
fundido vertido desde la tobera sumergida. En cuanto a la di-
rección del flujo principal del acero fundido agitado, en el
proceso de agitación, existen disponibles dos clases de agitaci
10 ciones en términos de direcciones, es decir, la agitación he-
cha intermitentemente en una dirección fija, y la agitación -
hecha en dos direcciones opuestas alternada a intervalos. En
el plano de agitación C para el experimento arriba indicado,
la primera agitación no fue usada, ya que era difícil para el
15 aparato arriba mencionado hacer que el flujo del acero fundi-
do agitado formase lazo.

En cuanto a los resultados de los experimentos, se
causaron diferencias por una variedad de muestras de suminis-
tro de corriente desde el generador de campo electromagnético
20 móvil. Cuando la muestra fue buena, el experimento tuvo éxito
para obtener la plancha de una estructura de solidificación -
uniforme sin formación ni de la zona blanca secundaria, ni de
la dendrita secundaria. La fig. 10 muestra la impresión de -
azufre de un ejemplo de la plancha aquí obtenida. La diferen-
25 cia en la posición, a la cual fue montado el generador del -
campo electromagnético móvil, dió por resultado solamente la
diferencia de la longitud de dendrita.

Lo que sigue es el resultado obtenido de los estu--
dios de tal método de agitación electromagnética, tal como es
30



1 capaz de detener la formación de la banda blanca, así como dis-
minuir la parte de segregación del objeto fundido en proceso
de solidificación, por medio de la disminución del área de
dendrita sobre el mismo, habiéndose hecho tal estudio con un
5 interés, situado sobre una posibilidad de controlar la fuente
de energía del flujo acero fundido agitado.

En la fig. 11 mostrando una ejecución del método de
agitación del presente invento, en que fue aplicado el método
al cráter del objeto fundido (por ejemplo, una plancha fundi-
10 da) fundida por el método de fundición continua, el número 1
indica el caso solidificador del objeto fundido, el número 2
indica el cráter del objeto fundido, y el número 9 indica un
agitador electromagnético colocado a lo largo del lado largo
del objeto fundido. Dicho agitador electromagnético 9 es tal
15 que se suministre corriente alterna polifásica a las bobinas
de arrollamiento polifásico enrolladas alrededor de un núcleo
de hierro para generar el campo electromagnético móvil en una
dirección especificada (en la dirección de anchura de la plan-
cha fundida, en el dibujo) por lo tanto, haciendo el flujo
20 del metal fundido agitado en la dirección perpendicular a la
dirección de retirada del objeto fundido. Naturalmente, el
agitador electromagnético 9 puede ser dispuesto de tal modo
que se cause tal flujo en la misma dirección de la retirada
del objeto fundido. En cuanto a la posición de montaje de di-
25 cho agitador 9, el mismo puede ser montado en cualquier posi-
ción apropiada entre justo por debajo del molde y el punto fi-
nal de solidificación del objeto fundido.

De acuerdo con el presente invento, el suministro



1 de corriente al agitador electromagnético 9 del arriba mencio
nado aparato, se hace con una corriente que ha sido fijada en
una dirección (denominada a continuación la "dirección positi
va") y después se cambia en la dirección inversa, cuya opera
5 ción se hace en un proceso tal como se ha expresado en térmi
nos de direcciones del campo electromagnético móvil mostrado
en la fig. 11, de modo que la corriente del primer suministro
sea tal que genere el campo electromagnético móvil en la di--
rección (R) y entonces se cambia a una tal, que genere el cam
10 po electromagnético móvil en la dirección (L) inversa respec
to a la dirección arriba indicada.

Para estrechar la zona de agitación 7, lo que sigue
es muy eficaz:

15 Volver el área cercana al lado corto del casco 1 so
lidificado, recibiendo el choque del flujo total del cráter 8
a una zona de flujo de inercia, porque el flujo se hace por -
agitación electromagnética, de modo que dicho flujo total del
cráter 8 pueda incidir sobre el lado corto de la sección trans
versal del objeto fundido, lo más suavemente posible; en otras
20 palabras, hacer que el cráter 8, que fluye hacia el lado corto
del objeto fundido, impulsado por el empuje causando por fuer
za electromagnética, continúe fluyendo por inercia después de
la impulsión interrumpida de la fuerza electromagnética, de -
modo que el flujo, así continuado, pueda chocar con el lado -
25 corto del casco solidificado (1) suavemente.

Haciendo referencia a la fig. 25, la excitación de
las bobinas en la dirección U_2 , Z_2 produce empuje en la direc
ción R, mostrada en línea plenamente trazada, para hacer el -
30 flujo de acero fundido. En tal momento, sin embargo, las bobi



1 nas entre Z_1 y U_1 no son excitadas, de modo que el acero fundido fluye por inercia en la dirección R (pero mostrada con una línea punteada), y choca suavemente sobre el área (A) en el lado corto de la plancha fundida.

5 También en la fig. 25, la excitación de las bobinas en la dirección U_1 , Z_1 produce empuje en la dirección L mostrada en un trazo plenamente dibujado para hacer el flujo de acero fundido. En aquel instante, sin embargo, no se excitan las bobinas entre Z_2 y U_2 , de modo que el acero fundido fluye por inercia en la dirección L (Pero mostrada con una línea punteada) y choca suavemente con el área (B) sobre el lado corto de la plancha fundida.

10 Tal choque suave del metal fundido contra las áreas (A) o (B) sobre el lado corto de la plancha fundida, significa que no hay un choque tal que cause amplia divergencia del flujo principal del acero fundido agitado en las direcciones ascendente y descendente, por lo tanto, tal choque hace posible agitar el acero fundido dentro de una área limitada, casi sin producción de la banda blanca alrededor de las áreas (A) y (B), dando por resultado una buena calidad de la plancha.

15 En otras palabras, también cuando se hace circular el acero fundido excitando el agitador electromagnético superior en la dirección U_2 , Z_2 y el agitador electromagnético inferior en la dirección U_1 , Z_1 , con referencia a la fig. 25, tal alambrado para las bobinas como se ha mencionado arriba, hace posible agitar el acero fundido dentro de una área limitada sin peligro de choque del metal fundido alrededor de las áreas (A) y (B), por lo tanto con una pequeña posibilidad de ampliar divergencia del flujo principal del acero fundido agi



1 tado.

También, en la fig. 25, U_1 , U_2 , Z_1 y Z_2 indica respectivamente una porción de una fase de las bobinas trifásicas, significando que la corriente alterna trifásica se usa efectivamente para el agitador electromagnético. En cuanto a la disposición de las bobinas, cuando se usa corriente alterna trifásica, esto se aplica en la fig. 17, no haciéndose descripción en la fig. 25.

Por el método arriba mencionado, el metal fundido del cráter 8 puede hacerse fluir rectamente, como se ilustra en la fig. 29, o elípticamente, como se muestra en la fig. 30. Es deseable dar al cráter un empuje tal, que haga que el flujo del metal fundido, formulado en $a \approx b \times 3$, en que a representa la longitud de la zona de flujo de inercia; b representa el grosor del cráter de la zona de flujo de inercia, en el caso en que el curso del flujo del metal fundido forme una elipse; y en $a \approx b \times 10$ en el caso en que el curso del flujo forme una línea recta.

La razón de hacer la proporción entre la longitud de la zona de flujo de inercia (a) y el grosor del cráter (b) para que sea de más de 3, es que un valor interior al arriba mencionado, no ayuda para barrer fuera la segregación, causando un peligro de reducir parcialmente del modo anormal la resistencia tensil de la plancha gruesa, que fácilmente adopta la banda blanca.

Sin embargo, el límite superior de la proporción entre la longitud de la zona de flujo de inercia (a) y el grosor del cráter (b) no se especifica, ya que cambia de acuerdo con la mejora del rendimiento del agitador electromagnético.



1 En el caso de que sea tan grande que la fuerza de agitación -
resulte corta, a causa del equipo, puede obtenerse un efecto
casi tan alto como el obtenible como se menciona arriba, por
la instalación de agitadores electromagnéticos en una plurali-
5 dad en la dirección de empuje de la plancha, o abreviando a,
y también usando gran empuje, producido por las bobinas exci-
tadas, cuya dirección también se conmuta frecuentemente. Sin
embargo, no es el mejor método, a causa de la complicada con-
servación.

10 En el caso de usar una pluralidad de agitadores elec-
tromagnéticos en la dirección de empuje del objeto fundido, -
el más superior, es decir, el colocado cerca del molde, debe-
ría usarse para dar un empuje, tal como se ha mencionado arri-
ba, al metal fundido.

15 En el caso de la fundición continua de plancha de -
acero, la plancha de acero de tan buena calidad, que una capa
de cristal equiaxial de grosor uniforme, simétricamente contra
la parte central en grosor de la plancha en el núcleo de la -
misma, puede producirse moviendo el acero fundido en la direc-
20 ción de anchura de la placa sobre plano perpendicular a la di-
rección de empuje del objeto fundido por energía de agitación
electromagnética y controlando la velocidad del flujo del ace-
ro fundido, antes de que el acero fundido choque con el casco
solidificado sobre el lado corto de la plancha. En aquel tiem-
25 po, la diferencia entre la temperatura del acero fundido jus-
to antes de verse en el molde y aquella sobre la línea de
líquidus del acero fundido, se desea que sea menos de 100° C.

La fig. 12 muestra el resultado de los experimentos



1 hechos por los inventores del presente invento en el cambio -
de longitud de dendrita en la estructura de solidificación del
objeto fundido, cuyo cambio tiene lugar en el cambio de la di-
rección de suministro de corriente entre la dirección positi-
5 va y la dirección inversa, en términos de tiempo para suminis-
tro de corriente en las respectivas direcciones. En el dibujo
(tp) significa el tiempo de suministro de corriente en la di-
rección positiva; (tn) significa el tiempo para el suministro
de corriente en la dirección inversa. En este caso, $tp = tn$;
10 el eje horizontal es para el tiempo (segundos) del cambio (ci-
clo) de modo que "20 segundos" por ejemplo, significa $tp: 20$
segundos, que entonces se cambia a $tn: 20$ segundos. Puede en-
tenderse, observando la fig. 12, que el incremento en la en-
trada causa un fenómeno, tal como la nueva fundición del cris-
15 tal por el flujo del acero fundido agitado, rompiendo la den-
drita en una longitud más corta hasta un cierto volumen de en-
trada, después de cuyo punto no hay casi ningún cambio en la
longitud de dendrita. Tal punto se considera como el punto -
crítico (T_c). de acuerdo con el conocimiento y la experiencia
20 de los inventores en este caso, el punto crítico (T_c) nada -
tiene que ver con la entrada, y es variable bajo la influen-
cia de la viscosidad, para variar de acuerdo con las clases
de acero.

25 En esta conexión, se hace referencia a la fig. 13,
mostrando esquemáticamente el retardo de la velocidad del flu-
jo del acero fundido; debido a su viscosidad, Significa que,
aún cuando la velocidad prescrita para la entrada se indique
paso a paso, el acero fundido de estado normal requiere el -
30 tiempo retardado (T_d) antes de alcanzar la velocidad para cu-



1 brir la entrada así dada, a causa de su resistencia de visco-
sidad. Este tiempo retardado (t_d) puede considerarse como el
mismo que (t_c) en la fig. 12. Con alguna tolerancia para el -
cambio, de acuerdo con las clases de acero, entrada y los otros
5 factores (t_c) puede estar en el alcance de 5 a 30 segundos.

Lo que sigue es una explicación de la relación en--
tre el tiempo para el cambio de direcciones de corriente, usa-
das alternadamente, y el retardo de la velocidad del flujo -
del acero fundido con referencia al esquema de la fig. 14. La
10 fig. 14a indica el caso, en que el tiempo para la variación es
más prolongado que el retardo de la velocidad del flujo del -
acero fundido. La fig. 14b indica el caso, en que el tiempo -
para el cambio es igual al retardo de la velocidad del flujo
del acero fundido, y la fig. 14c indica el caso, en que el -
15 tiempo para el cambio es más breve que el retardo de la velo-
cidad del flujo de acero fundido. En la fig. 14a, a causa de
que la duración de tiempo para la que el flujo del acero fun-
dido agitado (mostrado como una parte horizontal en el dibujo)
marcha en la dirección fijada, existe una posibilidad de for-
20 mación de la banda blanca. En la fig. 14c, como la dirección
de la corriente es cambiada antes de que la velocidad del ace-
ro fundido haya alcanzado aquella que ha sido establecida por
la entrada, no puede obtenerse tal efecto de romper la dendri-
ta, como se espera de la agitación. Haciendo referencia a la
25 fig. 12, si el tiempo para el cambio es sustancialmente mayor
que en el punto (T_c) (en el caso de la fig. 14a) la dendrita
se romperá, pero la banda blanca permanecerá sin suprimir.; -
por el contrario, si el tiempo para el cambio es sutancial--
30 mente menor que en el punto (t_c) (en el caso de la fig. 14c)



1 la banda blancas se suprimirá, pero la dendrita secundaria no
podrá detenerse a causa del pequeño volumen de la entrada.

Por otra parte, en el caso de la fig. 14b, el acero
fundido recibe empuje de la dirección inversa, al mismo tiem-
5 po que su velocidad ha alcanzado el nivel prescrito, de modo
que recibe gran fuerza de agitación, mientras que no hay casi
ningún movimiento del acero fundido mismo, haciendo, por lo -
tanto, que el baño eficaz de agitación rompa la dendrita y de
tenga la formación de la banda blanca. Se concluye de lo arri-
10 ba mencionado que el método de agitación más eficaz para su-
primir la banda blanca y romper la dendrita, esaquel, de - -
acuerdo con el que el tiempo de cambio de dirección de corrie-
te, usado alternadamente, se hace igual al retardo de la velo-
cidad del flujo de acero fundido, debido a su viscosidad; la
15 agitación de acuerdo con el método permitirá que trabaje con
gran fuerza de agitación al tiempo del cambio, tan eficaz pa-
ra romper la dendrita: y la presencia de casi ningún flujo -
del acero fundido agitado hace que disminuya grandemente la -
banda blanca. En lo que concierne al acero normal al carbono
20 y acero con contenido extremadamente bajo de carbono, son su-
ficiente de 5 a 30 segundos, respectivamente para (tp) y (tn).

En la ejecución arriba mencionada, se hizo la expli-
cación en base de $(tp) = (tn)$, en que (tp) representa el tiem-
25 po, para el que se hace el suministro de corriente en la direc-
ción positiva, y (tn) representa el tiempo, para el que se ha-
ce suministro de corriente en la dirección opuesta. En la -
práctica del procedimiento y aparato del presente invento es
permisible hacer $(tp) < (tn)$, es decir, hacer que el tiempo, -



1 para el que el suministro de corriente se hace en la direc- -
ción inversa, más breve que el tiempo para el que el suminis-
tro de corriente se hace en la dirección positiva. Esto se ha-
ce porque puede obtenerse suficiente fuerza de agitación si -
5 el tiempo para el que se hace el suministro de corriente en -
la dirección positiva (tp) corresponde al retardo de la velo-
cidad del flujo de metal fundido aún cuando el tiempo para el
que el suministro de corriente se hace en dirección inversa -
(tn) es más breve que (tp): análogamente, si esto ocurre, pue-
10 de obtenerse un producto tan bueno que compensa el efecto ad-
verso de la banda blanca, formada por un flujo no demasiado -
grande del acero fundido. Sin embargo, el tiempo, para el que
el suministro de corriente se hace en la dirección inversa -
(tn) se abrevia demasiado, la formación de la banda blanca -
15 puede resultar excesiva, afectando a la calidad del producto
de tal fundición, siendo, por lo tanto, deseable mantener -
(tp) / (tn) en el alcance de 1,0, a 3,0. Si (tp) / (tn) es más
de 3, la banda blanca se forma en un volumen muy grande, que
constituye un efecto tan malo al producto de tal fundición, -
20 que está más allá de la tolerancia.

Como la esencia del presente invento es la alterna-
ción de direcciones de corriente, están prescritas la frecuen-
cia y calidad de corriente usada por el agitador electromagné-
tico, pero pueden usarse como tales cualesquiera que sean efi-
25 caces para la agitación de acero fundido de estado normal. -
Tal agitador puede ser usado para el objeto fundido por el mé-
todo de fundición usando moldes con extremos cerrados, así co-
mo para el objeto por el método de fundición continua. Sin em-
30 bargo, puede usarse para este último con resultado comparati-



1 vamente mejor.

Como se ha mencionado arriba, la agitación del cráter de acero fundido de acuerdo con el método del presente invento, es eficaz para romper la dendrita y también para de
5 tener la formación de la banda blanca, mejorando grandemente la calidad del producto de la fundición así hecha.

Además, el presente invento se caracteriza por
10 usar el campo electromagnético móvil excitado por corriente alterna polifásica, teniendo una frecuencia de menos de 20 Hz, en una posición entre el punto de 3 metros alejado de la superficie del metal fundido en el molde en la dirección de
15 retirada del objeto fundido y el punto de 60% de la longitud total del aparato de fundición continua, para introducción electromagnética para la agitación del cráter del metal fundido del objeto fundido por el método de fundición continua: donde la longitud total del aparato de fundición continua significa la distancia desde la superficie superior del molde
al rodillo final de apriete.

20 La posición, en la que es agitado el cráter del objeto fundido, se determina tomando en consideración el efecto de agitación del metal fundido, la irrupción y límite de espacio para el agitador.

Haciendo referencia a la fig. 15, una posición entre el punto de 3 metros alejado de la superficie del metal
25 fundido es el molde en la dirección de retirada del objeto fundido, y el punto de 60% del largo total del aparato de fundición continua, se prefiere que esté continuamente justo por debajo del molde, ya que la posición de agitación, como la
30 agitación hecha en la posición anterior, produce menos volu-



1 men de segregación negativa, que es un factor para la mejora de la calidad mecánica de la fundición. El incremento de segregación negativa puede causar la formación de la parte inde-
seable de segregación.

5 Además, como la posición para la agitación debería estar en el alcance, en que el metal fundido permanece sin so-
lidificar, la misma debería limitarse naturalmente entre la -
superficie del metal fundido en el molde y la salida para la
sección de rodillo guiador.

10 La mayoría de todos los tipos de aparatos de fundi-
ción continua, incluyendo el aparato del tipo L, están equipa-
dos con un gran número de rodillos, de tal manera que se dis-
pone de muy pequeño espacio entre ellos y, por lo tanto, es ne-
cesario tomar en consideración esto cuando se instale un agi-
15 tador.

Por lo antes mencionado, no se recomienda una posi-
ción entre justo por debajo del molde y 3 metros alejado del
mismo, por razones, tales como dificultad de inspección y man-
tenimiento del aparato y posible irrupción, aparte de la for-
20 mación de la capa de segregación negativa.

En una posición descendente por debajo del punto de
60% del largo total del aparato de fundición continua, desde
la superficie del metal fundido en el molde, no hay peligro -
de irrupción, pero el grosor del caso solidificado del objeto
25 fundido, será más de 1/3 del grosor del objeto fundido, y la
viscosidad de la fundición aumentará, debido a una caída de -
temperatura, como resultado de la cual se deteriorará repenti-
namente el efecto de agitación de inducción electromagnética.
30 También, la presión estática del metal fundido aumenta en ca



1 sos generales cuando el metal fundido está alejado de la su--
perficie del metal fundido en el molde resultando difícil -
ajustar colocando un agitador electromagnético.

5 Por otra parte, la agitación hecha en una posición
de
entre el punto/3 metros alejado de la superficie del metal -
fundido en el molde y el punto de 60% del largo total del apa-
rato de fundición continua, está casi libre de irrupción de -
metal fundido desde el casco. El grosor del caso solidificado
10 por estar entre 1/4 y 1/3 del grosor del objeto fundido, no -
produce la posibilidad de irrupción, aún cuando exista toda--
vía un flujo activo de metal fundido allí. En este alcance, -
está cayendo la temperatura de metal fundido, con una viscosi-
dad más alta del metal fundido justo por debajo del molde, -
dando por resultado un efecto de agitación algo inferior que,
15 sin embargo, puede recuperarse por la elevada permeabilidad -
de fuerza de agitación por inducción electromagnética, el uso
de una dirección más eficaz del flujo del metal fundido agita-
do y por algunos otros métodos.

20 Lo arriba mencionado es la razón a favor de ajustar
una posición para la agitación entre el punto de 3 metros ale-
jado de la superficie del metal fundido en el molde y el pun-
to de 60% del largo total del aparato de fundición continua.

25 Si la finalidad de agitación está limitada a la for-
mación de una estructura de solidificación de la fundición -
tal, que esté casi toda compuesta de cristal equiaxial distri-
buido uniformemente, el agitador electromagnético puede ser -
colocado fuera del arriba mencionado alcance, en tanto que no
esté demasiado alejado del alcance.



1 Como se ha mencionado arriba, la viscosidad del me-
tal fundido se mejora en el alcance degradando el efecto de -
agitación; sin embargo, tal degradación puede compensarse -
principalmente por la elevada permeabilidad de fuerza de agi-
5 tación por inducción electromagnética.

 La permeabilidad de la fuerza electromagnética en -
la fundición es proporcional a $1/f$ frecuencia de la corriente
de excitación. Por lo tanto, cuanto menor sea la frecuencia de
la corriente de excitación, tanto mayor será la permeabilidad
10 y el resultante efecto de agitación.

 Los métodos convencionales de agitación, no toman -
en consideración la frecuencia de la corriente excitadora pa-
ra las bobinas, ni más específicamente que aproximadamente me-
nos que la designada frecuencia comercial (50 Hz o 60 Hz) no
15 siendo útil tal designación aproximada como especificación pa-
ra un agitador electromagnético.

 Con el fin de determinar la frecuencia más eficaz -
en la agitación, los inventores realizaron varios experimen-
tos para encontrar que debería ser de menos de 20 Hz. Aunque
20 la mayor permeabilidad de fuerza electromagnética puede obte-
nerse usando la frecuencia más baja, el uso de una frecuencia
demasiado baja reducirá el empuje para conseguir un flujo de
metal fundido, lo que le hace poco práctico. De lo arriba men-
cionado resulta que la frecuencia deseable debe ser de más de
25 1 Hz, más preferentemente de 4 a 15 Hz en casos prácticos.

 Lo que sigue es una explicación todavía de otra eje-
cución del presente invento como una prueba de su excelente -
efecto de fundición.

 La fig. 33 muestra fotografías de las impresiones -



1 de azufre de la sección transversal de respectivas planchas,
formando un plano perpendicular a la dirección de arrastre -
del objeto fundido, siendo la superior la plancha fundida con
5 tinuamente sin agitación electromagnética y siendo la más ba-
ja aquella de la plancha fundida de acuerdo con el presente -
invento.

La fig. 34 es el aumento de una parte de la fotogra-
fía mostrada en la fig. 33.

10 Las condiciones de fundición, usadas para producir
las planchas ilustradas en las fotografías de las figs. 33 y
34, son:

- tamaño de las planchas: 200 mm. de grueso x 2.050 mm.
de ancho.
- Composición de la plancha: C 0,16% de peso
15 Si 0,24
Mn 0,71
P 0,018
S 0,012
Siendo el resto Fe, e inciden-
20 talmente impurezas.

El acero fundido de las composiciones arriba indica-
das fue vertido desde la tobera sumergida del crisol en el -
molde vibrado a modo de onda sinusoidal del tipo de vertical-
más-flexión de aparato de fundición continua (radio: 10,5 m).
25 La temperatura del acero fundido en el crisol fue de 1.542°C.

La temperatura sobre la línea de líquidus del acero
fundido, fue de 1.500°C. La temperatura de vertido fue 22°C -
más alta, de modo que la velocidad de arrastre del objeto fun-
30



1 dido fue ajustada a 0,75 m/minuto.

El acero fundido fue dividido en dos vetas desde el mismo crisol. Una veta fue equipada con un agitador electromagnético del tipo de motor lineal y fue dirigida de tal modo que la dirección de flujo del acero fundido fue invertida en 5 segundos a 8 Hz, no estando equipada así la otra veta. Además, de si se había equipado o no con el agitador electromagnético. no hubo ninguna diferencia entre estas dos vetas. Se realizó agitación electromagnética en la posición, en que el cráter tuvo un grosor de 70 mm. La longitud de la zona de flujo de inercia se ajustó a 700 mm. Por ello la relación entre ellas, era de 10.

Como se ilustra en las fotografías de las fig. 33 y 34, en el caso de una agitación electromagnética especializada, conducida en el alcance de la temperatura normal de operación de fundición, (la temperatura del acero fundido vertido se hizo de 5 a 25°C más alta que la temperatura sobre la línea de liquidus del acero fundido), el objeto fundido de acuerdo con el presente invento tuvo estructura equiaxil, formada simétricamente contra su centro, aún cuando se fundió por el aparato de fundición continua del tipo de vertical-más-flexión.

En cuanto al grosor del cristal, equiaxil, el mismo fue de alrededor de un tercio del grosor de la plancha fundida, en el caso de esta ejecución. Se observará que, de acuerdo con el presente invento, se formó una estructura equiaxil por primera vez sobre la superficie superior de la plancha fundida por el aparato de fundición continua del tipo verti-

30



1 cal-más-flexión (lado superior de la fotografía). También, de
de acuerdo con el presente invento, puede verterse acero fundido
a una temperatura de 5 a 40°C más alta que la temperatura so-
bre la línea de liquidus del acero fundido, haciendo más fá-
5 cil controlar la temperatura de vaciado, que constituye un mé-
rito del presente invento.

En las figs. 33 y 34 las fotografías del lado supe-
rior muestran los objetos fundidos, hechos en las condiciones
convencionales de fundición sin usar agitación electromagnéti-
ca. Los objetos fundidos, tienen respectivamente banda de azu-
10 fre en la parte central, estructura de dendrita cerca de la -
parte superior de la plancha y una capa de cristal equiaxial -
de sólo alrededor de 1/6 del grosor de la plancha.

Las figs. 31 y 32 son gráficos mostrando grados de
15 segregación de contenido de carbono y de azufre en la direc-
ción del grosor de las planchas fundidas, respectivamente, de
acuerdo con el presente invento, usando agitación electromag-
nética y por el método de fundición usando la agitación elec-
tromagnética con planchas, que se muestran en las figuras 33
20 y 34.

También de estos gráficos está claro que la fundi-
ción de acuerdo con el presente invento, es eficaz.

Lo que sigue, es explicación en detalle de un agita-
dor electromagnético de inducción, colocado en el aparato del
25 tipo L de fundición continua para fundir continuamente plan-
chas de acero que efectúa el método del presente invento.

El aparato 11 de fundición continua tiene un molde
14, colocado debajo de la tobera 13 de un crisol 12. Acero -
fundido es vertido desde un cucharón 20 en el crisol 12 y des-
30



974

1 pués se vierte en el molde 14 a través de la tobera 13. En el
molde 14 la parte de acero fundido en contacto con el molde -
se enfría para solidificarse en un delgado casco encerrando -
una plancha 21, teniendo una sección transversal de un tamaño
5 de 960 a 2.200 mm. de anchura y de 180 a 300 mm. de grosor.

Debajo del molde 14 se coloca un grupo de rodillos
guiadores 15, que tienen diámetro variando de acuerdo con el -
grosor del casco solidificado y presión estática del acero -
fundido para la prevención de hinchazón de la plancha fundida.
10 es decir, el diámetro de rodillos de apriete cerca del molde
14 es menor que aquel de los rodillos de apriete alejados del
molde 14.

Por medio de tales rodillos guiadores 15, la plan--
cha fundida 21 es retirada a una velocidad entre 0,5 y 1,7 m/
15 minutos.

Un aparato 31 de inducción electromagnética se colo
ca entre el segundo segmento 16 y el tercer segmento 17 del -
grupo de rodillos guiadores 15 de dicho aparato 11 de fundi--
ción continua. Dicho agitador 31 se ajusta en el punto de al-
rededor de 6 metros alejado del extremo del fondo de la tobe-
ra 13 del crisol. En aquella posición, un juego de rodillos -
guiadores (teniendo un diámetro de 250 a 300 mm.) se ha ex- -
traído para ser remplazado por un excitador 32 del agitador -
20 31. En cuanto a los rodillos 18 y 19 respectivamente, por de-
lante y por detrás del excitador 32, están hechos de un mate-
25 rial no magnético, particularmente acero inoxidable austeníti-
co. El uso de tal material se destina a la prevención de la -
debilidad de la fuerza de agitación del acero fundido, que po-
30 siblemente podría causarse por absorción de fuerza electromag



1 nética, producida por el excitador 32 en las partes, particu-
larmente en los ródillos guidores, si estos estuvieran hechos
de material magnético.

5 El agitador 31 de inducción electromagnética consis-
te principalmente en un excitador 32 y en una fuente de ener-
gía 41. El excitador 32 está construido con un núcleo de hie-
rro 33 teniendo alrededor de 10 a 30 hendiduras 34, bobinas
10 35, 36 y 37, colocadas en astas hendiduras y una carcasa he-
cha de un material no magnético envolviendo el núcleo de hie-
rro 33 y las bobinas 35, 36 y 37.

15 Dicho excitador 31 tiene un par de piezas, dispues-
tas para tener interpuesta entre ellas una plancha fundida 21.
El núcleo de hierro 33 de tal excitador 32 se extiende en la
dirección de la anchura de la plancha fundida 21. Las bobinas
15 35, 36 y 37 están arrolladas alrededor del núcleo de hierro
33 siguiendo la dirección de la anchura de la plancha 21. La
brecha entre la superficie de la plancha fundida 21 y aquella
del núcleo de hierro 33, está prescrita para que sea de 3 a 5
20 mm. en consideración al contacto de la plancha 21 con el nú-
cleo de hierro 33 y al calor y a la resistencia magnética con
la superficie de la plancha fundida 21. A causa de que el ex-
citador 32 se deja mover en la dirección del grosor de la plan-
cha fundida 21, la brecha es ajustable para corresponder a la
25 variación de grosor de la plancha fundida 21.

Las bobinas 35, 36 y 37 están calentadas a una ele-
vada temperatura con su propia resistencia eléctrica y el ca-
lor de la plancha fundida 21, elevando la resistencia de la bo-
bina y degradando el aislamiento.

30 Con el fin de evitar tales inconvenientes, las bobinas
35, 36 y 37 tienen un espacio hueco para permitir el paso



1 de agua para enfriarlas. En la fig. 16, los números 39 y 40 -
indican respectivamente una entrada y una salida de agua re-
frigerante para las bobinas.

La carcasa 38 tiene una parte refrigerada con agua
5 para la prevención de recalentamiento excesivo de las bobinas
35, 36 y 37 y también para evitar su propia deformación.

Lo que sigue es una explicación de una ejecución de
una fuente de energía 41 con referencia a la fig. 18.

La entrada a la fuente de energía 41 se hace de tal
10 modo que una corriente de energía trifásica de 3,3 Kv de vol-
taje y de 50 Hz de frecuencia, se transmite a través de un pa-
nel 42 de entrada de alto voltaje a un transformador 43, don-
de se reduce a 220 V; entonces la corriente se transmite a -
una fuente de energía 44 de baja frecuencia, que consiste en
15 un convertidor de tiristor de tres fases o un convertidor me-
cánico, usando un motor síncrono o semejante, y en que dicha
corriente alterna es convertida de 50 Hz a menos de 20 Hz, -
más preferentemente de 4 a 15. Hz. La salida de dicha fuente
20 44 de energía de baja frecuencia se envía a un convertidor de
frecuencia 45 para ser elaborada en la frecuencia más preferi-
da de menos de 20 Hz. La salida del convertidor de frecuencia
45 se transmite a las bobinas 35, 36 y 37 a través de un con-
vertidor de fase automático 46.

Lo que sigue es la explicación del procedimiento pa-
25 ra agitar el cráter 23 de la plancha fundida 21 usando el agi-
tador 31 electromagnético, que está construido como se ha men-
cionado arriba.

La plancha 21 fundida en el molde 14 es retirada ha



1 cia abajo por el grupo de rodillos guidores 15; según se va
retirando, la misma se enfría con agua y aire para solidificarse
se y formar el casco 22 solidificado. Cuando la plancha 21 ha
alcanzado el agitador electromagnético 31, el casco solidifi-
5 cado 23 ha crecido a un grosor de 40 a 60 mm. conteniendo en
el interior el cráter 23.

En tales condiciones, como se ha mencionado arriba,
la plancha fundida 21 pasa a través del campo magnético produ-
cido por las bobinas 35, 36 y 37. Como se muestra en la fig.
10 19, la bobina 35 hace que la corriente I produzca flujo magné-
tico ϕ . Análogamente, la bobina 36 trabaja para producir flujo
magnético ϕ . Análogamente la bobina 36 trabaja para producir
un flujo magnético ϕ' . Como la corriente excitadora I es ener-
gía alterna trifásica, pasa a lo largo de la dirección de la
15 flecha M desde el flujo magnético ϕ ϕ' . Esto puede interpre-
tarse como si el acero fundido 23 se moviese a lo largo de la
dirección de la flecha M' . Por lo tanto, se producen corrien-
tes de inducción I' en el acero fundido 23. La corriente de -
inducción I' así producida y el flujo magnético ϕ causan una
20 fuerza electromagnética F de alrededor de 20 a 40 mm. Hd para
trabajar en el acero fundido.

En la fig. 16, el acero fundido 23 fluye en la di-
rección de la flecha A en dicha fuerza electromagnética F . Co-
mo se ha mencionado arriba, la entrada en las bobinas 35, 36
25 y 37, se convierte en ciertos intervalos; después de conver-
sión, el acero fundido 23 fluye inversamente en la dirección
de la flecha B . Así, el acero fundido 23 en el cráter de la -
plancha fundida se agita con inversión de la dirección de flu-



1 jo del acero fundido 23 a ciertos intervalos.

En el caso arriba mencionado de agitación, la co-
rriente excitadora usada es de una frecuencia tan baja como -
de 4 a 15 Hz, de modo que sea posible tener una fuerza elec-
5 tromagnética de 10 a 50 mm. Hz, que penetre en el aceño fundi
do 23 a través del casco solidificado 22, que puede ser de un
grosor de 40 a 60 mm.

A causa de tal grosor el casco solidificado 22, el
flujo de acero fundido 23 no causa irrupción. La alternación
10 de la dirección del flujo del acero fundido 23 mejora el efec
to de la agitación del metal fundido 23. Como la dirección de
flujo del acero fundido 23 no está fijada, puede evitarse que
la presión dinámica del flujo se añada a la misma parte del -
casco solidificado 22; por lo tanto, no hay peligro de defor-
15 mación de la plancha vaciada 21.

Según se ha explicado arriba, el método de agita-
ción electromagnética del presente invento, produce alta per-
meabilidad a la fuerza electromagnética, aumentando grandemen
te la eficacia de la agitación. Funciona en la posición, en -
20 que el casco solidificado de la plancha fundida ha crecido a
un grosor tal, que sea lo bastante fuerte para resistir la -
irrupción, por lo tanto, no hay peligro de tales inconvenien
tes con la plancha fundida.

La mejora de la eficacia de la agitación es efecti-
25 va para la prevención de la parte de segregación y de burbu-
jas de soplado en el objeto fundido.

Lo que sigue es una consideración ulterior del agi-
tador electromagnético arriba mencionado.

30



1 En la fig. 20, mostrando una ejecución del agitador
electromagnético del presente invento, el número 50 indica un
agitador electromagnético en dos partes contrarias, teniendo
cada una una cabeza cónica, teniendo la línea de retirada en-
5 tre ellas; el número 55 indica cada uno de los rodillos meno-
res, colocados proxímanamente por encima y por debajo del agita-
dor 50; el número 56 indica un objeto fundido continuamente -
en el molde en la forma prescrita; el número 57 indica cada -
uno de los rodillos guidores previamente colocados. Para la
10 posición, en la que el agitador electromagnético es colocado -
sobre el aparato de fundición continua, debe hacerse referen-
cia a la descripción arriba mencionada.

 Como se ilustra en las figs. 21 y 22, dicho agita-
dor electromagnético 50 está construido con un núcleo 51 del
15 tipo de ranura profunda, teniendo ranuras para bobinas de -
arrollamiento, bobinas 52 enrolladas alrededor de dicho nú- -
cleo 51 y una carcasa 54 encerrando dicho núcleo 51 y dichas
bobinas 52 para protegerlas. La razón del tipo de ranura pro-
funda del núcleo 51, que está cerca del objeto fundido 56 y -
20 las bobinas 52 enrolladas alrededor del mismo es que deben es-
tar tan lejos como sea posible del objeto fundido 56, para -
que las bobinas 52 estén lo más libres posibles de la alta --
temperatura de calor radiante desde el objeto fundido 56 para
protegerlo, mientras que el núcleo 51 debería estar lo más -
25 cerca posible del objeto 56 para hacer más eficaz la fuerza -
de agitación de la misma.

 En cuanto al núcleo 51 del tipo de ranura profunda,
tiene la punta hecha lo bastante ancha para sostener el paso
de rodillo en la dirección de anchura y también tiene la ranu
30



1 ra tan profunda que no entre en contacto con los rodillos me-
nores 55, colocados por encima y por debajo, cuando se carga
con las bobinas. La carcasa 54 para la protección de dicho nú-
cleo 51 tiene dobles paredes, con la pared interna 54a y la -
5 pared exterior 54b, constituyendo el espacio entre estas pare-
des un paso 53; y su cabeza enfrentada al objeto fundido 56 -
forma un cono, teniendo un ángulo agudo hacia ambos lados des-
pués de la forma hecha por la junta del núcleo 51 de ambos ex-
tremos de las bobinas. Los rodillos menores 55 están coloca--
10 dos en los espacios, constituidos por cada una de estas formas
de la carcasa 54.

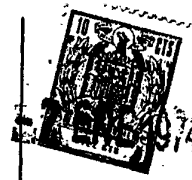
En cuanto al material de construcción de la carcasa
54, tiene que ser un material no magnético, tal como acero -
inoxidable 18-8 con el fin de reducir la pérdida de energía -
15 de agitación electromagnética a un mínimo. Además, tales otras
partes del aparato de fundición continua, de acuerdo con el -
presente invento, como el grupo de rodillos guadores y miem-
bros de segmento y semejantes para el soporte de los rodillos
todos en la vecindad del agitador, por ejemplo, los rodillos
20 menores 55, el bastidor 58 de soporte y rodillos laterales 59,
ilustrados en la fig. 20, con preferencia deberían estar he--
chos de un material no magnético. Que partes deberían construir
se de este modo, depende de la capacidad y del tamaño del agi-
tador, pero se considera suficiente, en vista de la presente
25 ejecución, si todos los miembros dentro del alcance de alrede-
dor de 300 mm. desde la superficie del agitador se construye-
sen de este modo, cuyo alcance se muestra en la fig. 20 con -
rayado.

30



1 La disposición de los rodillos 55 guidores menores
por encima y por debajo de dicho cuerpo del agitador 50, es -
hacer el paso para el soporte de la fundición entre rodillos
guiadores del mismo o incluso más estrecho que en la presente
5 ejecución. Esto hará posible no sólo colocar el agitador más
proximamente al objeto fundido, sino también hacerlo así en -
un espacio tan estrecho entre los rodillos guidores 57 como
pueda conseguirse desmantelando dos rodillos guidores, asegu
rando así un funcionamiento suave sin gran modificación del -
10 aparato de fundición continua y también sin peligro de irrup
ción. En cuanto a los rodillos menores, su diámetro es de al
rededor de 1/2 a 1/4 de aquel de los rodillos guidores, que
deberían estar hendidos en más de dos partes, cada una para -
ser soportada independientemente entre sí con preferencia es
15 tando integrados en un solo cuerpo.

 La fig. 26 muestra un caso en que rodillos hendidos
de diámetro menor se usan conjuntamente con rodillos previa--
mente dispuestos de diámetro mayor. En el dibujo, el número -
61 indica rodillos guidores, que no están hendidos y están -
20 dispuestos previamente, por ejemplo, respecto al aparato de
fundición continua de la plancha, el número 72 indica una can
tidad de rodillos guidores de diámetro menor, que están hen
didos en dos porciones, teniendo cada una, una anchura aproxi
madamente correspondiente a aquella de dicho rodillo guidor
25 71, para soportar este rodillo 71. Cada uno de los rodillos -
guiadores 72 está soportado independientemente del otro de ta
les rodillos, de modo que pueda colocarse o desmontarse por -
sí mismo; pero todos ellos se sujetan como un todo por un bas
30 tidor sujetador 75, como se ilustra en el dibujo.



1 El número de porciones, en que está dividido un rodillo
llo guizador de diámetro menor es de 6, en la fig. 26; sin em--
bargo, de acuerdo con el presente invento, depende de la anchu
ra del objeto fundido y de otras operaciones de fundición. Las
5 porciones así hendidas pueden disponerse no solo en una línea
recta, sino también en aquellas formas no lineales como en zig
zag. También, de acuerdo con el invento, los rodillos guiado--
res de menor diámetro 72 están dispuestos en la dirección - -
transversal a la dirección de retirada del objeto fundido (mos
10 trado con la flecha N en la fig. 26). La disposición en la di--
rección transversal respecto a la dirección de retirada del ob
jeto fundido, significa generalmente la disposición de rodi--
llos guizadores de diámetro menor 72 en paralelo con la direc--
ción perpendicular a la dirección de retirada del objeto fundi
15 do o bien, según sea el caso, la disposición de tales rodillos
inclinados respecto a la dirección de retirada del objeto fun-
dido.

Además, estos rodillos guizadores 72 con porciones -
hendidas, dispuestas de tal manera que cubran el amplio alcan-
20 ce del objeto fundido en la dirección de retirada del objeto -
fundido, deben procurarse necesariamente en un gran número, -
junto con los rodillos de mayor diámetro 71 a lo largo de la -
dirección de retirada del objeto fundido (en el caso ilustrado
en la fig. 26); sin embargo, si fuera necesario, todos los ro-
25 dillos refrigeradores, rodillos de apriete, rodillos guizadores,
enderezador y semejantes, pueden ser remplazados por rodillos
hendidos 72.

Lo que sigue es una descripción detallada de alrede-
30 dor de un caso de construcción de un solo rodillo guizadore72 -



1 citado de menor diámetro.

5 Como se ilustra en la fig. 27, el cuerpo de dicho rodillo está compuesto de un manguito de rodillo 73 y de un vástago 74 de rodillo; un cojinete entre el manguito 73 y el vástago 74 y una pluralidad de anillos de junta 77 entre el árbol 74 y el cojinete 74. En cuanto al árbol 74 de rodillo, el mismo se sujeta fijamente por los soportes 75 en ambos lados. La parte 75 de dicho soporte y aquella del árbol 74 que existen para fijar el árbol 74, son de forma poligonal, como cuadrangular, tal como se muestra en la fig. 28, para mejores condiciones soportadoras de carga. En cuanto al suministro de lubricante, no ilustrado, para los rodillos hendidos, el suministro, a través de tuberías independientes, a cada uno de los rodillos, es más conveniente, que la sustitución de rodillos hendidos uno tras otro.

15 Generalmente, el diámetro de los rodillos guidores 71 del aparato de fundición de planchas por métodos continuos es de alrededor de 300 mm., pero aquel de los rodillos de diámetro menor 72, de acuerdo con el presente invento es menor de 20 120 mm. En cuanto a la longitud del árbol 74 de rodillo, la misma es menor de 400 mm. y aquella del manguito 73 del rodillo se hace que sea menor de 300 mm.

25 Con el fin de evitar la generación de calor magnético sobre los rodillos cercanos al agitador electromagnético, el manguito 73 de rodillo del árbol 74 de rodillo y de los soportes 75 para los rodillos guidores de diámetro menor 72, con preferencia se hace de acero inoxidable, un material no magnético; los cojinetes 76 y los anillos de junta 87 deberían hacerse respectivamente de un material basado en fundición de 30



1 latón de alta tensión, adicionada con grafito como lubricante y de goma de nitrilo resistente al calor.

5 A causa del uso de rodillos guidores de diámetro menor 72 teniendo la construcción arriba mencionada, el aparato de fundición continua del presente invento, puede marchar sin mayor trabajo que la sustitución por rodillos nuevos, cuando y como los rodillos en uso estén desgastados o fuera de uso; además, tal sustitución puede hacerse sin dificultad y a bajo coste.

10 Además, el diámetro de rodillos hendidos es mucho menor que aquél de los rodillos, que se han usado durante mucho tiempo para este tipo de aparato de fundición continua, de modo que la distancia entre soportes del objeto fundido (la distancia entre rodillos adyacentes en la dirección de retirada del objeto fundido) puede hacerse estrecha, lo que es útil para el funcionamiento de fundición suave, tal como la prevención de irrupción.

15 Aún cuando tengan un diámetro pequeño, estos rodillos tienen un árbol comparativamente corto, estando cada uno soportado por su respectivo cojinete independientemente, por lo tanto, teniendo una gran fuerza soportadora de objeto fundido y suficiente presión de rodillo, dando por resultado una eficaz operación de retirada de objeto fundido.

20 Como se ha mencionado arriba, en comparación con la sustitución de rodillo de diámetro mayor como en el caso del tipo convencional de aparato de fundición continua, puede esperarse un trabajo de sustitución mucho más fácil del aparato del presente invento, 1/6 a 1/10 en términos de tiempo requerido para la sustitución de rodillos; también, puede obtenerse sufi

30



1 ciente presión de rodillo sólo de acuerdo con el presente in-
vento.

Respecto a la forma de la cabeza de dicha carcasa -
54, dicha cabeza puede tener cualquier forma, según se proyec-
5 te o puede tener superficie convexa, aparte de tener forma có-
nica, como se muestra en la figura 21.

Lo que sigue es una explicación de una ejecución -
del aparato del presente invento.

Con el fin de mantener el paso entre rodillos a un
10 mínimo necesario para el funcionamiento y reducir a un mínimo
la pérdida de energía de agitación, es necesario colocar el -
núcleo 51 mismo tan cerca como sea posible de la plancha fun-
dida 56, de modo que la anchura del núcleo 51 en la dirección
de avance del objeto fundido, debería hacerse lo menor posi-
15 ble, por ejemplo, menor de 100 mm.

El núcleo 51 tiene la punta conformada a semejanza
de las púas de un peine y tiene en la dirección longitudinal
hendiduras concavas para contener las bobinas 52 arrolladas.
En la punta del núcleo 51, la profundidad de las ranuras es -
20 de más de 100 mm., de modo que la distancia entre la punta -
del núcleo 51 y el extremo de las bobinas 52 cargadas en las
ranuras, es más de 50 mm.

La dimensión efectiva de la carcasa 54 es: menor de
100 mm. para la anchura de la cabeza, para corresponder con -
25 la anchura del núcleo 51; con una inclinación desde cada ángu-
lo en la cabeza entre 30 y 60 grados; y menos de 350 mm. para
la anchura en la parte central del cuerpo. Considerando los -
rodillos menores 55, su diámetro es menor de 120 mm. (mien- -
30 tras que aquel de los rodillos mayores es de alrededor de -



1 300 mm.).

Lo que sigue es una explicación del proceso de refrigeración del núcleo y de las bobinas.

5 En la fig. 23, el refrigerante marcha desde la admisión 59 de refrigerante a través de dicho paso 53, a la salida 60 de refrigerante, desde la que se descarga saliendo del aparato 50. Dentro de la pared protectora 54a, se comprime gas seco tal como nitrógeno o aire para cubrir las bobinas 52, en el núcleo 51, etc. con tal atmósfera seca. Tal gas es suministrado desde la admisión 61 de gas, hecha en la parte posterior del agitador 50, y después de circulación, se descarga desde la salida 62 de gas.

15 En el caso de la pared protectora, ésta es de doble estructura con la pared interna 54a y la pared exterior 54b, no debiéndose colocar la junta de estas paredes en el lado del objeto fundido 56; sino que todos los miembros importantes, tales como la junta, las admisiones y la salida deberían colocarse en el lado opuesto al objeto fundido 56.

20 Mientras la carcasa 54 es de doble pared, con las paredes 54a y 54b, en el caso de la ejecución arriba mencionada, tal carcasa es perfecta para los propósitos del presente invento. En este caso, el refrigerante, que rellena la carcasa 63 directamente, se pone en contacto con el núcleo 51 y las bobinas. Se prefiere como refrigerante un líquido, tal como agua, es decir que tenga elevadas eficacias refrigerantes. Como la plancha tiene alta temperatura, el refrigerante debería ser con preferencia un líquido no inflamable para la prevención de fuego en el caso de fugas del mismo. Para la prevención de

30



1 calentamiento excesivo del agitador 50 electromagnético some-
tido durante largo tiempo a calor radiante desde el objeto -
fundido 56, el refrigerante debería estar a una temperatura -
por debajo de un cierto punto. Un dispositivo para este propó-
5 sito es aquel, en que el refrigerante es enfriado al exterior
del agitador 50 electromagnético en un aparato de circulación
de refrigerante (no ilustrado) antes de cargarse en el agita-
dor 50 desde la admisión 65 de refrigerante.

En el caso del arriba mencionado aparato de fundi-
10 ción continua del presente invento se ha hecho posible que se
provea un agitador electromagnético en una posición tal, que
sea capaz de trabajar a su plena capacidad, sin remodelación
sustancial del aparato, usando rodillos menores y la estructu-
ra especial del cuerpo principal del agitador. Además, el agi-
15 tador mismo tiene una estructura altamente resistente al ca-
lor y tiene rodillos menores, eficaces para conseguir un paso
soportador constante para el objeto fundido (en la dirección
de retirada del objeto fundido) que hace suave la operación -
de fundición.

20 De acuerdo con el presente invento, el casco exte-
rior del agitador y los miembros cercanos al casco, que están
hechos de un material no magnético, dando por resultado una -
eficacia de agitación tan alta que el agitador puede usarse -
más de 90%, haciendo posible tal aumento de la eficacia de -
25 agitación, la reducción de la capacidad y también el tamaño.
Además, no hay peligro de que los miembros alrededor del agi-
tador sean calentados por flujo de fuga desde el agitador.

También, de acuerdo con el presente invento, el agi-
30



E 1974

1 tador electromagnético tiene el exterior encerrado por el pa-
so de refrigerante y el interior contiene gas seco. Esta cons-
trucción da por resultado alta resistencia del cuerpo princi-
5 objeto fundido de alta temperatura, no ocurriendo ningún acci-
dente por la presencia de gotas de agua, y moderada introduc-
ción de refrigerante en el interior de las bobinas, siendo es-
to eficaz en la extensión de la vida de las bobinas. Además,
10 la cabeza del agitador electromagnético puede mantenerse muy
cercana a la superficie de la fundición dando por resultado -
la reducción de energía de agitación electromagnética a menos
de un mínimo y tales otros efectos como la buena calidad del
objeto fundido así fabricado.

15 - N O T A -
=====

La presente patente de invención comprende las si-
guientes reivindicaciones:

20 1.- Procedimiento de fundición continua de metales
en que el metal fundido es vertido en un molde y es retirado
en la forma de un objeto fundido que se enfría lentamente pa-
ra solidificación, cuando el cráter es sometido a agitación -
electromagnética aplicando el campo electromagnético móvil a
tal objeto fundido en el proceso de solidificación para obte-
25 ner la fundición de una uniformidad tal de la solidificación,
que la estructura esté compuesta casi totalmente de cristales
equiaxiales, caracterizado porque el vector de velocidad del -
flujo principal del metal de retiro agitado está presente en
el plano perpendicular a la dirección de la retirada del obje





1 to fundido y el flujo entero del cráter es confinado dentro -
de la zona limitada de agitación.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en que
el metal fundido es vertido en un molde y es retirado en la -
5 forma de una fundición de una proporción comparativamente gran
de de anchura a altura para enfriarse lentamente para solidi-
ficación cuando el cráter es sometido a agitación electromag-
nética por aplicación del campo electromagnético móvil a di--
10 cho objeto fundido en proceso de solidificación, de modo que
se obtenga la fundición con tal uniformidad de la estructura
de solidificación, que se compone casi totalmente de crista--
les equiaxiales, caracterizado porque el vector de velocidad -
del flujo principal del metal de retiro, está presente en el
plano perpendicular a la dirección de retirada del objeto fun-
15 dido y todo el flujo del cráter está en una zona de agitación
tan limitada como para convertir la corriente desviada hacia
abajo del metal fundido agitado, formada por la colisión con
el casco solidificado, en un flujo ascendente tan cerca como
sea posible del punto de colisión.

20 3.- Procedimiento según las reivindicaciones prece-
dentes, en que el metal fundido es vertido en un molde y es -
retirado en la forma de un objeto fundido, que debe ser lenta-
mente enfriado para solidificación, cuando el cráter es some-
tido a agitación electromagnética aplicando el campo electro-
25 magnético móvil a tal objeto fundido en proceso de solidifica-
ción, con el fin de obtener la fundición de tal uniformidad -
de estructura de solidificación, que se compone casi totalmen-
te de cristal equiaxil, caracterizado porque el vector de ve-
locidad de flujo principal del metal fundido agitado, es más



1 de diez veces mayor en velocidad de flujo, que el flujo de me
tal fundido vertido, presente en el plano perpendicular a la
dirección de retirada del objeto fundido; y el flujo entero -
del cráter está en una zona de agitación tan limitada que se
5 convierten los flujos ascendente y el descendente desviado del
metal fundido agitado, ambos formados por la colisión con el
casco solidificado, respectivamente, en un flujo descendente
y un flujo ascendente, tan cerca como sea posible del punto -
de colisión.

10 4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3,
caracterizado porque tal agitación electromagnética se hace -
en una posición entre tres metros en la dirección de retirada
del objeto fundido y 60% de toda la longitud del aparato de -
fundición continua, ambos desde el nivel de superficie de me-
15 tal fundido en el molde; y tal campo magnético móvil es agita
do por la corriente alterna polifásica teniendo una frecuen-
cia de menos de 20 hz.

20 5.- Procedimiento según las reivindicaciones prece-
dentes, para fundir continuamente una plancha de acero apli-
cándose agitación electromagnética según el cual la inducción
electromagnética para agitación teniendo el vector de veloci-
dad de la corriente principal del acero fundido agitado, si-
tuado sobre el plano perpendicular a la dirección de retirada
del objeto fundido, se realiza utilizando un agitador electro-
25 magnético de inducción, dispuesto cerca del lado largo de la -
plancha fundida, teniendo un contorno en sección transversal
de forma rectangular de tal manera, que se interpone dicha -
plancha entre sus partes contrarias sin contacto con estas -

30



1 partes contrarias y también dispuesto desde alrededor de tres
metros a 60% del largo total del aparato fundidor continuo -
alejado de la superficie del metal fundido en el molde en la
dirección de extracción del objeto fundido, caracterizado -
5 porque comprende la agitación de inducción electromagnética -
del cráter de la plancha fundida continuamente, que se reali-
za con rodillos guidores menores, añadidos encima y debajo -
del cuerpo de dicho agitador para mantener la misma según es-
té prescrito o menor de lo prescrito, el objeto fundido, sos-
10 teniendo un paso entre cada dos de los rodillos guidores dis-
puestos en el paso del objeto fundido desde la posición ajus-
tada de dicho agitador en la dirección del objeto fundido, -
usando el campo electromagnético móvil, excitado por la co-
rriente eléctrica polifásica, teniendo una frecuencia de me-
15 nos de 20 Hz.

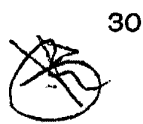
6.- Procedimiento según las reivindicaciones prece-
dentes, aplicándose con agitación electromagnética según el -
cual la inducción electromagnética para la agitación, que tie-
ne el vector de velocidad de la corriente principal de acero
20 fundido agitado, situado sobre el plano perpendicular a la di-
rección de extracción del objeto fundido, se realiza usando -
un agitador electromagnético de inducción previsto cerca del
lado largo de la plancha fundida, teniendo un contorno rectan-
gular en sección transversal de tal manera que se interponga
25 dicha plancha entre sus partes contrarias sin contacto con és-
tas y también dispuesto a alrededor de tres metros hasta 60%
del largo total del aparato de fundición continua alejado de
la superficie del metal fundido en el molde en la dirección -
de la extracción del objeto fundido, caracterizado porque com-
30





1 prende agitación electromagnética de inducción del cráter de
la plancha fundida continuamente que se realiza con un agita-
dor electromagnético de inducción teniendo hecha la carcasa -
de un material no magnético, estrechándose su cabeza para la
5 protección de arrollamientos, devanados sobre el núcleo del -
tipo de hendidura profunda, usando el campo electromagnético
móvil excitado por la corriente eléctrica polifásica teniendo
una frecuencia de menos de 20 Hz.

7.- Procedimiento según las reivindicaciones prece-
10 dentes, aplicado con agitación electromagnética, según el -
cual la agitación de inducción electromagnética tiene el vec-
tor de velocidad de la corriente principal del acero fundido
agitado, situado sobre el plano perpendicular a la dirección
de la extracción del objeto fundido, que se realiza usando un
15 agitador electromagnético de inducción, previsto cerca del la-
do largo de la plancha fundida teniendo un contorno rectangu-
lar en sección transversal, de tal manera que se interponga -
dicha plancha entre sus partes contrarias sin contacto con és
tas y también previsto a alrededor de tres metros hasta 60% -
20 de todo el largo del aparato de fundición continua alejado de
la superficie del metal fundido en el molde en la dirección -
de extracción del objeto fundido, caracterizado porque com-
prende la agitación electromagnética de inducción realizada -
con el grupo de rodillos en la vecindad de dicho agitador, -
25 y estando hechos todos sus miembros soportadores de un mate-
rial no magnético, usando el campo electromagnético móvil es-
citado por la corriente eléctrica polifásica teniendo una fre-
cuencia de menos de 20 Hz.



8.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracte-
30 rizado porque la frecuencia de tal corriente alterna es de
4 a 5 Hz.



1 9.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 8;
caracterizado porque tal campo electromagnético móvil es va-
riable alternativamente en dirección opuesta y es excitado -
por una corriente suministrada durante 5 a 30 segundos para -
5 cada fase de alternaciones.

10 10.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracte-
rizado porque tal corriente tiene un régimen de corriente -
de una dirección respecto a la dirección opuesta entre 1,0 y
3,0.

15 11.- Procedimiento según las reivindicaciones prece-
dentes, usando el procedimiento de agitación electromagnética,
caracterizado porque la agitación comprende el área cerca del
casco solidificado sobre el lado corto del objeto fundido con-
tinuamente en el proceso de solidificación, recibiendo la in-
cidencia del flujo total del cráter, desviándose a una zona -
de flujo de inercia, de modo que el vector de velocidad del -
flujo principal del metal fundido agitado se pueda formar so-
bre el plano perpendicular a la dirección de extracción del -
objeto fundido y el flujo total del cráter puede chocar con -
20 el casco solidificado sobre el lado corto de la sección trans-
versal del objeto fundido lo más suavemente posible.

25 12.- Procedimiento según la reivindicación 11, ca-
racterizado porque el empuje para producir el flujo de metal
de acero fundido, adquiere la fórmula de $A \approx B \times 3$, donde A re-
presenta la longitud de la zona de flujo de inercia y B repre-
senta el grosor de los cráteres en la zona de flujo de iner-
cia, entregándose al más alto de los agitadores electromagné-
ticos previstos en una pluralidad de direcciones de extracción
del objeto continuamente fundido.

30



1 13.- Procedimiento según la reivindicación 12, ca-
 racterizado porque la fórmula $Z \geq 8 \times 10$ se aplica en el ca-
 so en que el acero fundido fluye rectamente en la dirección
 de anchura de la plancha.

5 14.- Procedimiento de fundición continua de me-
 tales utilizando un aparato del tipo vertical de mayor fle-
 xión a una diferencia de temperatura dentro de los 100°C
 entre la temperatura del acero fundido antes de vaciarse en
10 el molde y la temperatura en la línea de líquido del metal
 fundido, caracterizado porque para obtener planchas fundi-
 das el acero fundido es movido por energía de agitación -
 electromagnética en la dirección de anchura de dicha plan-
 cha, dentro del plano perpendicular a la dirección de extrac-
15 ción del objeto fundido, para formar una zona para contro-
 lar la velocidad de flujo del acero fundido antes de chocar
 el acero fundido con el caso solidificado sobre el lado cor-
 to de dicha plancha, formando por lo tanto, una capa de -
 cristales equiaxiales de grosor uniforme, simétricamente -
20 hacia el centro en la parte gruesa de la plancha en su par-
 te de núcleo.

 15.- " Procedimiento de fundición continua de
 metales.

25 Según se describe y reivindica en la presente -
 memoria descriptiva y se ilustra con los planos reglamen-
 tarios que a la misma se acompañan.

30



1

Consta la presente memoria de cincuenta y nueve
hojas foliadas y escritas a máquina por una sola de sus -
caras.

Madrid, a

7 ENE 1974

5

CARLOS ROEB
P. P.

Fdo: Pedro Matorros

10

15

20

25

30



7
BNC 19/4

FIG. 1

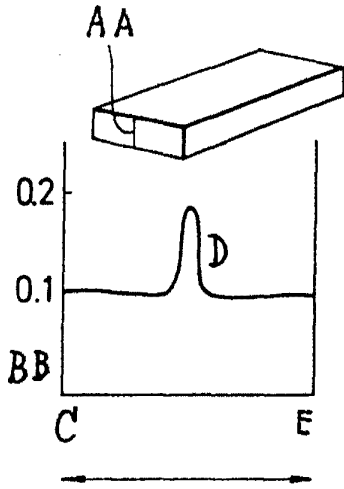


FIG. 2

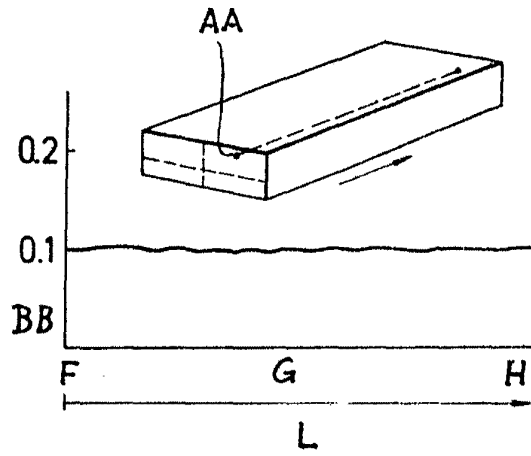


FIG. 3

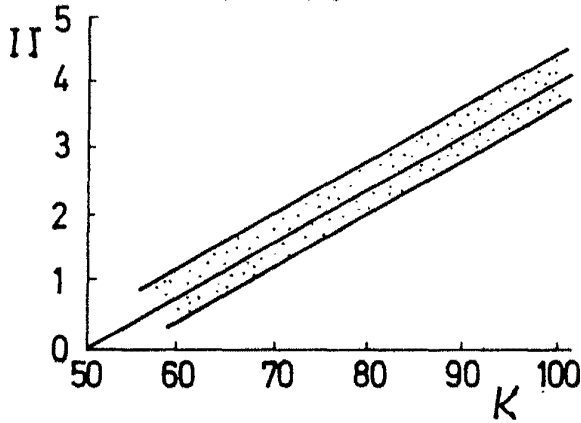


FIG. 6

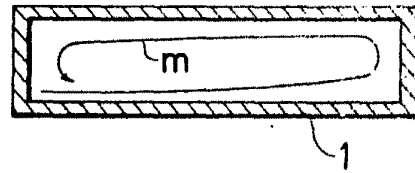


FIG. 4

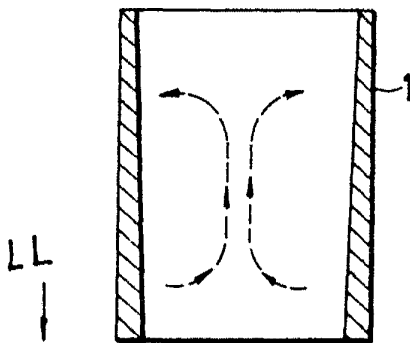
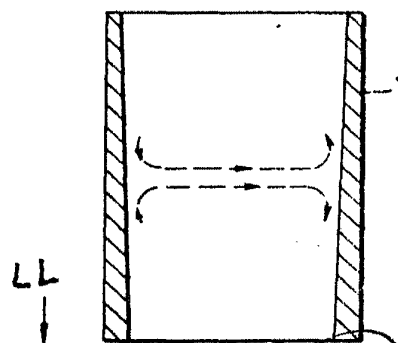


FIG. 5



ESCALA VARIABLE
CARLOS ROEB
P. P.

Fdo: Pedro Matamorón

ESCALA ABOLIDA
CARLOS ROJAS
P. P.

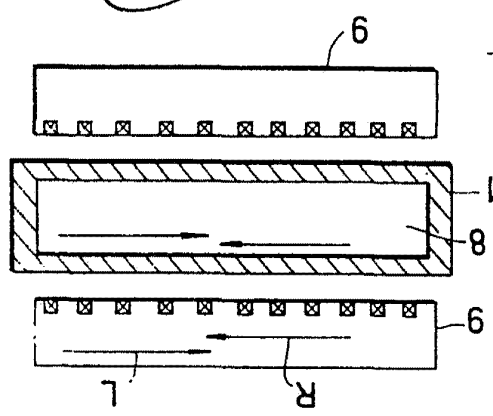


FIG. 11

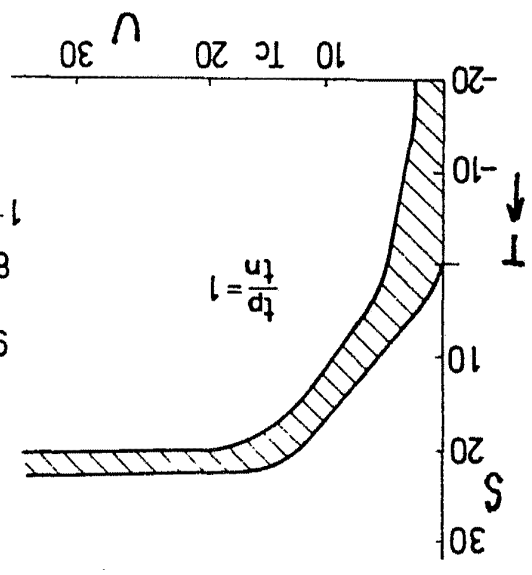


FIG. 12

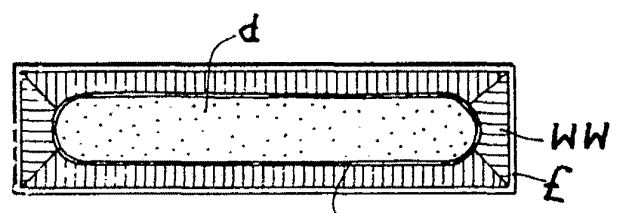


FIG. 10

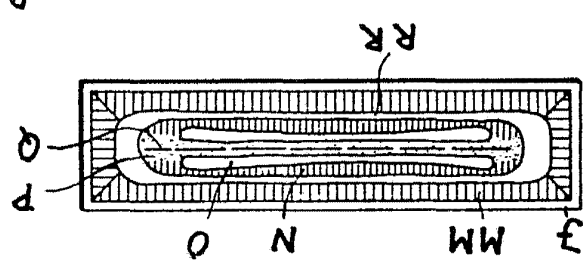


FIG. 9

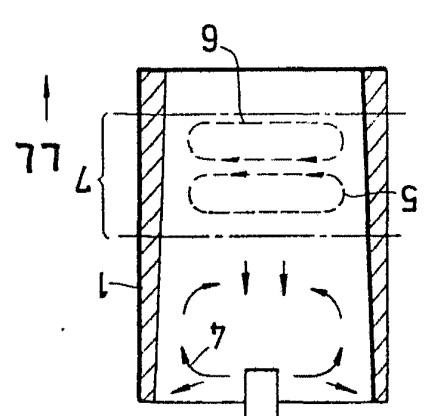


FIG. 8

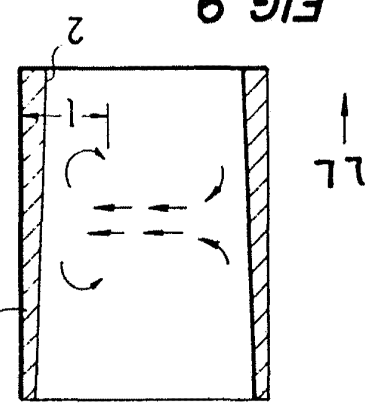


FIG. 7



FIG. 13

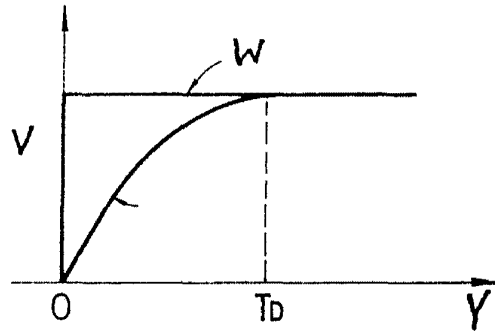


FIG. 14a

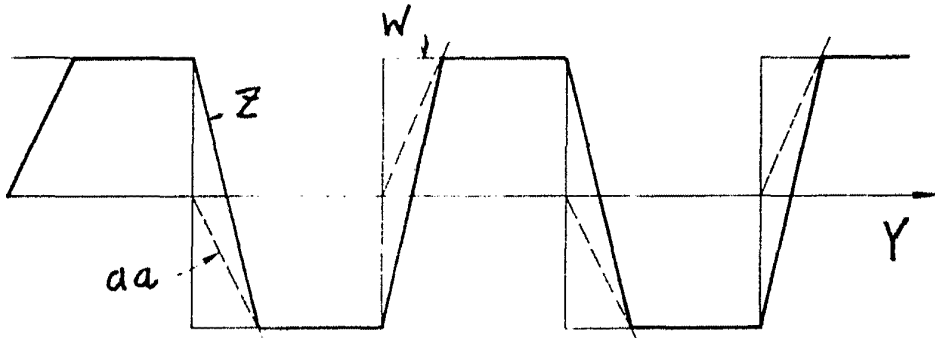


FIG. 14b

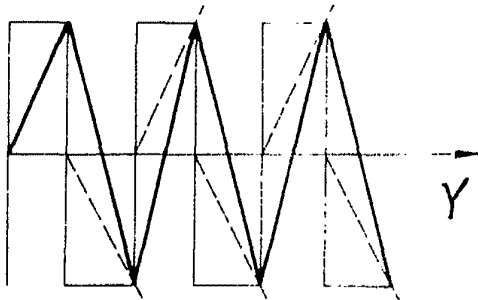
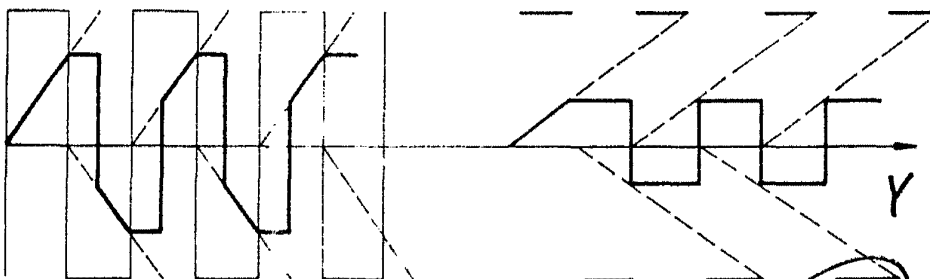


FIG. 14c



ESCALA VARIABLE
CARLOS ROEB.
P. P.

Fdo.: Pedro Matamorón



-7

FIG. 15

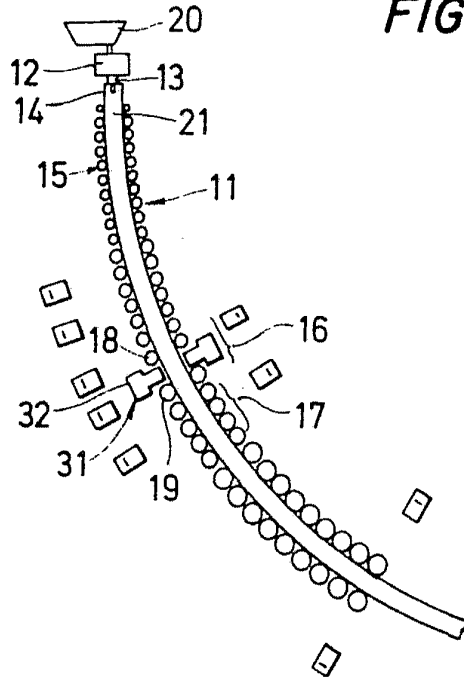
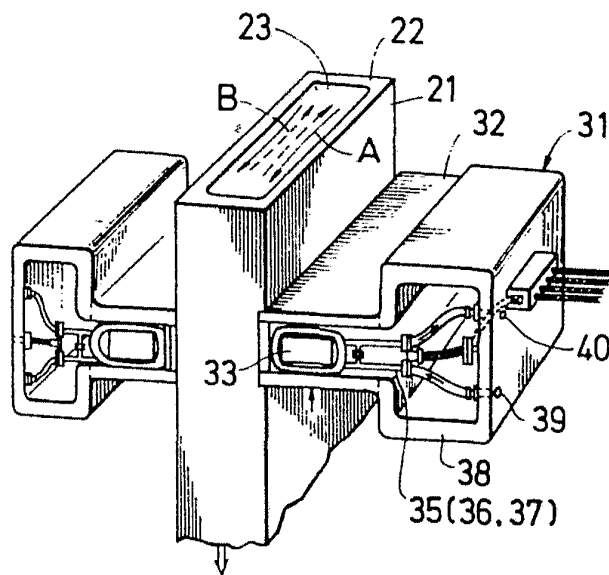


FIG. 16



ESCALA 1:100
CARTELOS 10/10

Fdo.: Pedro Maramorón



FIG. 17

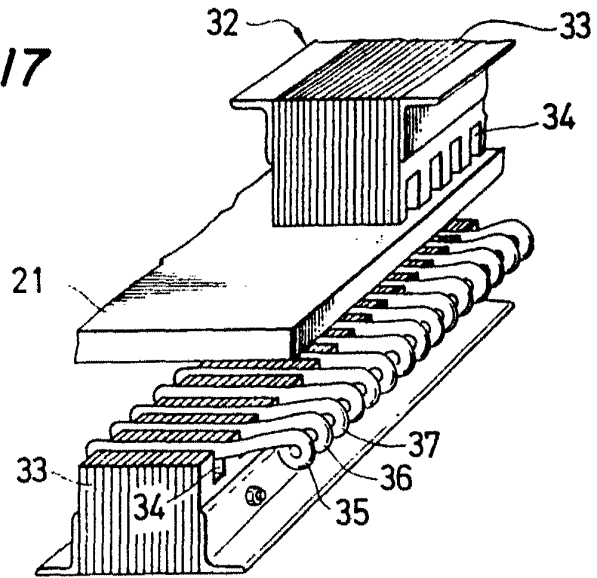


FIG. 18

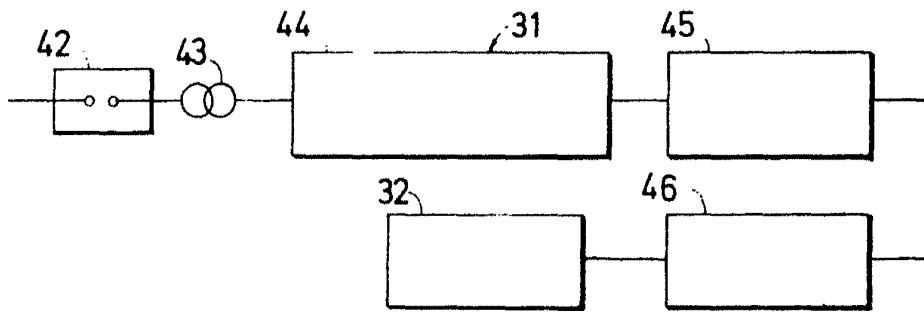
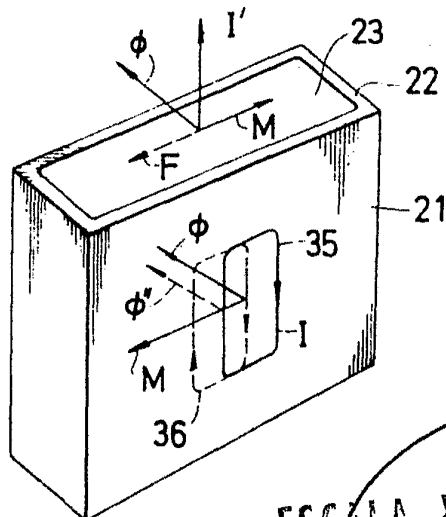


FIG. 19



ESCALA VERDELL
CARLOS VERDELL
P. R.
Fdo: Pedro Mazamorón



FIG. 20

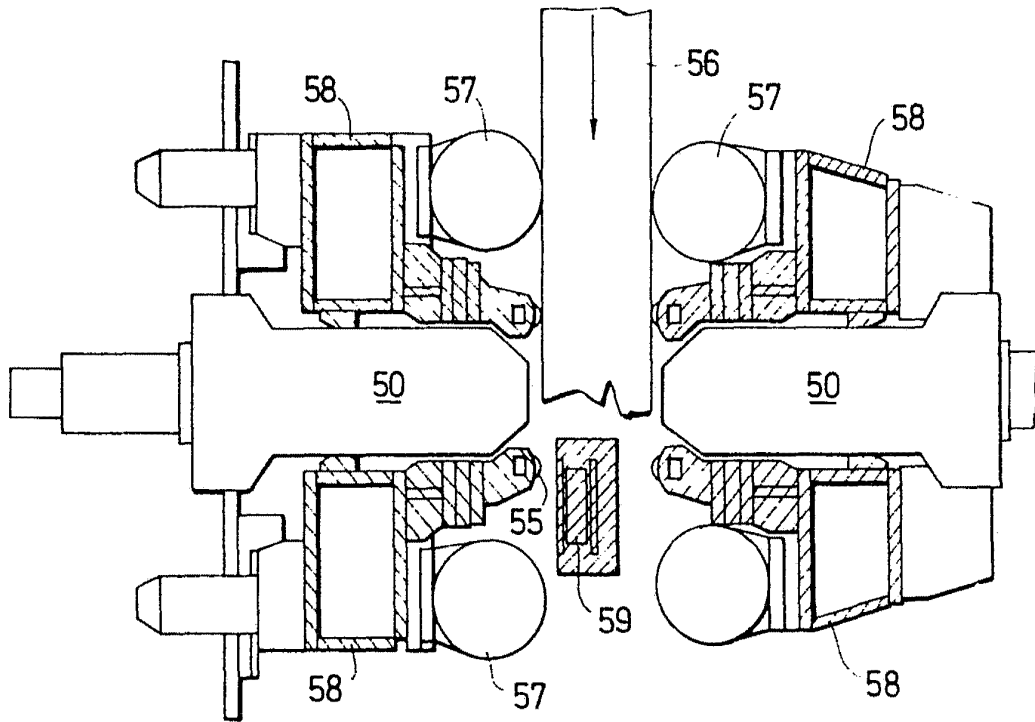
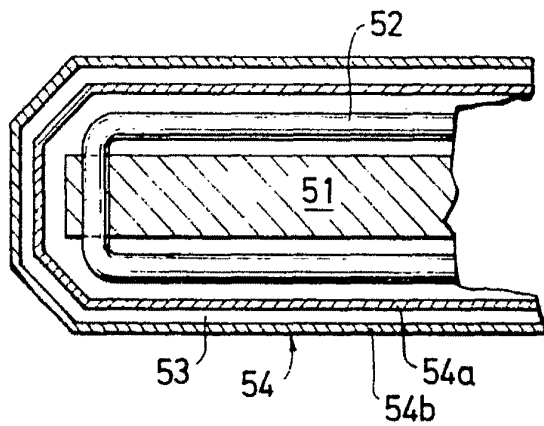


FIG. 21



ESCALA VARIABLE
CARLOS RO...

Fdo.: Pedro...

FIG. 22

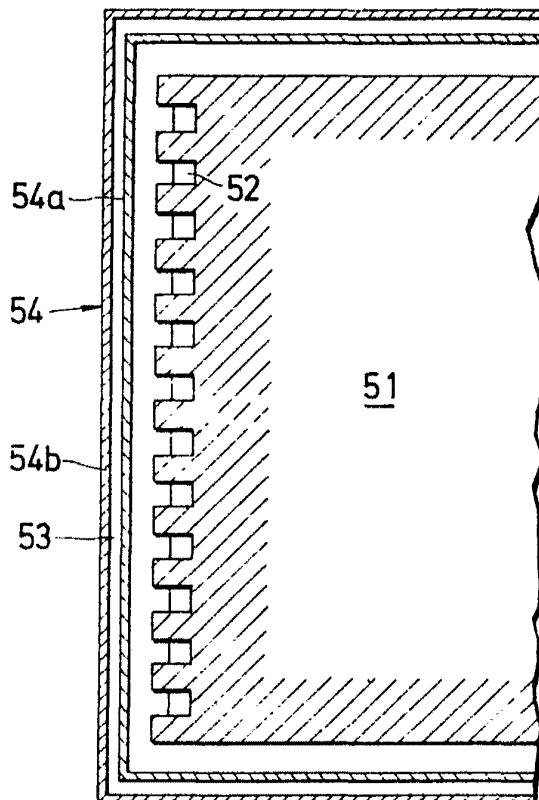


FIG. 23

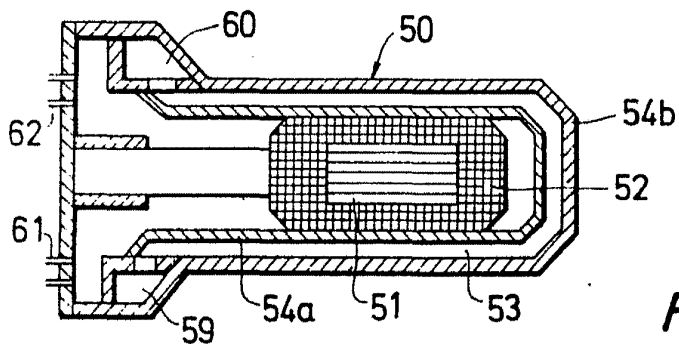
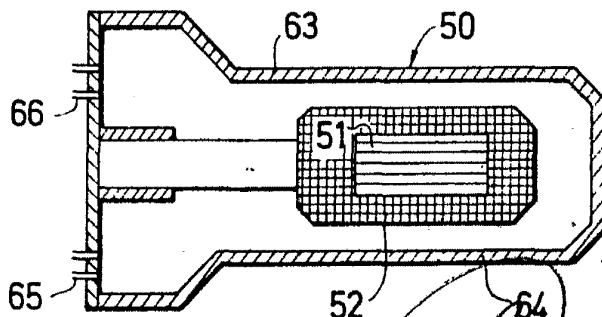


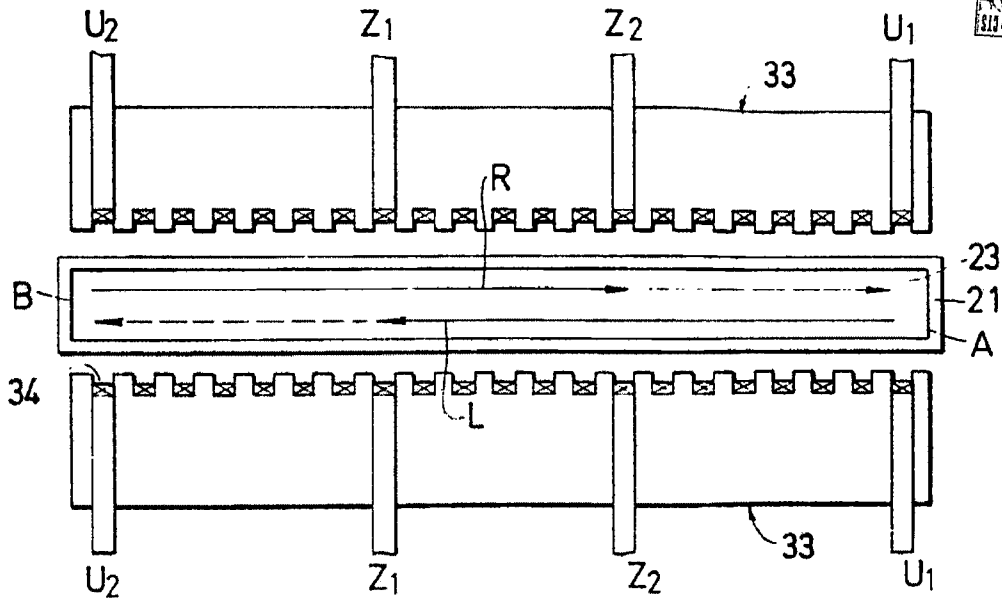
FIG. 24



ESCALA VARIABLE
C.A. 1/2000
P. P.

Fdo.: Pedro Castamón

FIG. 25



7 ENE 1971

FIG. 27

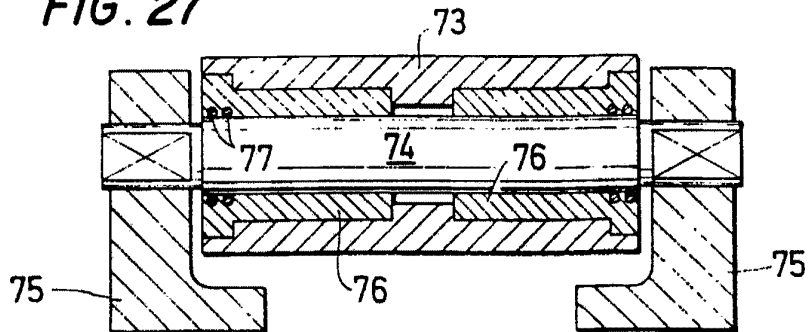
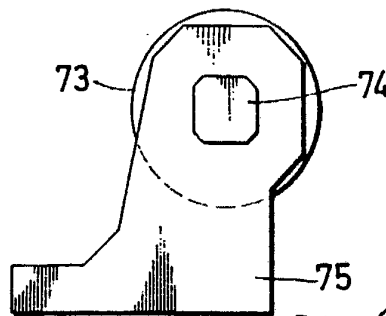


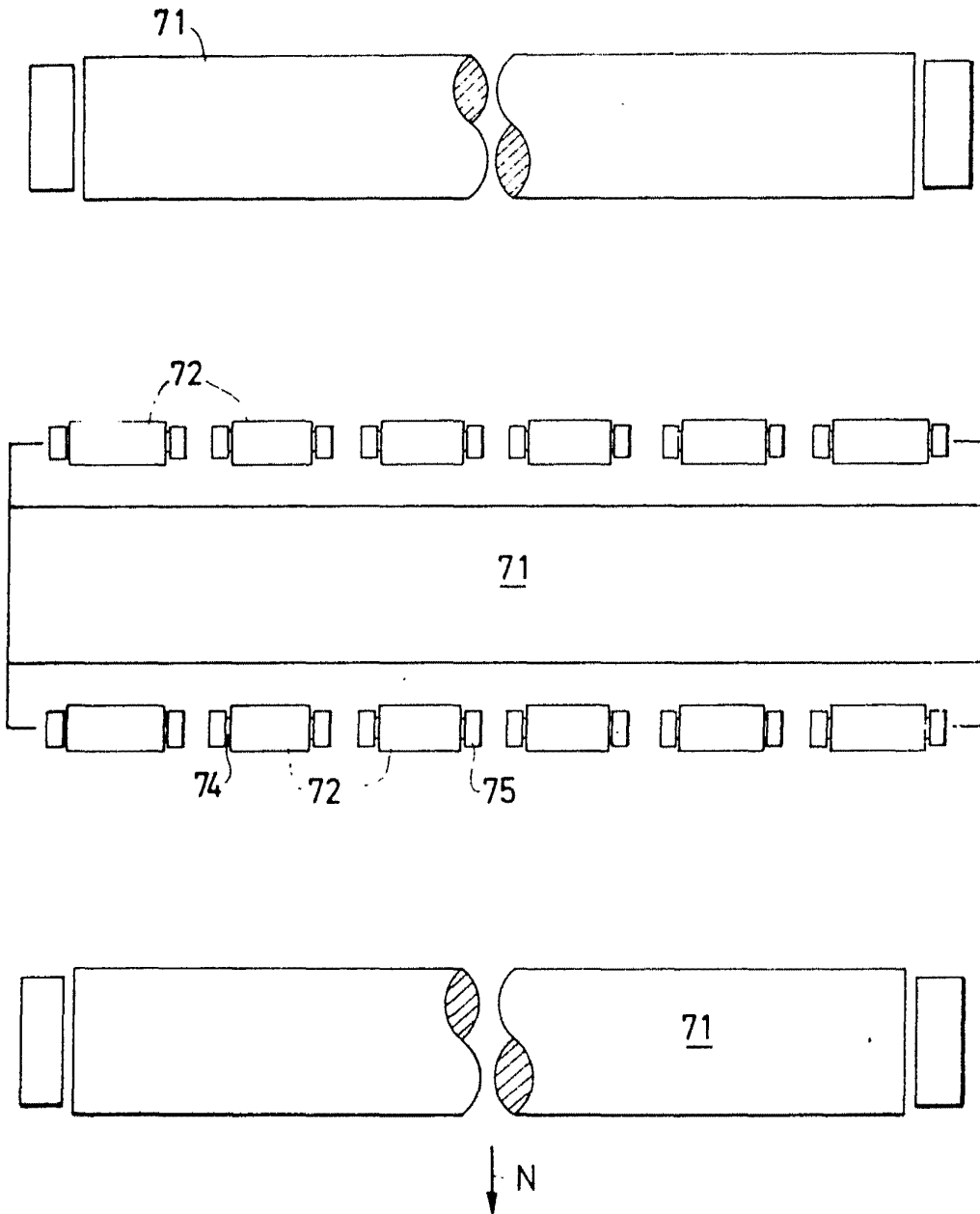
FIG. 28



ESCALA
CARLOS
P. P.
Fdo.: Pedro Palamorón



FIG. 26



ESCALA 1:1
CARLOS ROEB
P. P.
Fdo. Pedro Matamorón

NO. 7
7 FEB 1974
818 5 01

FIG. 29

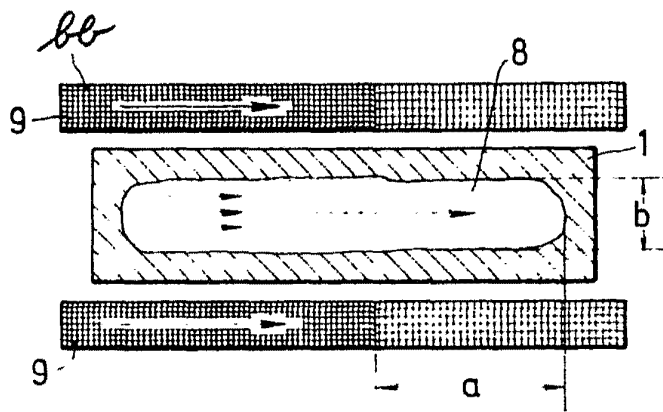
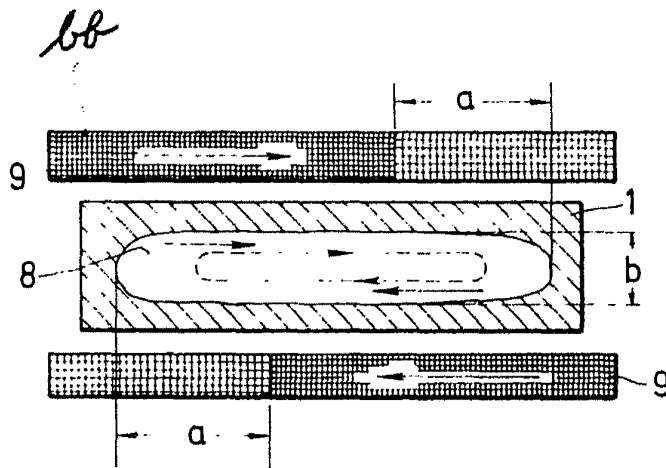


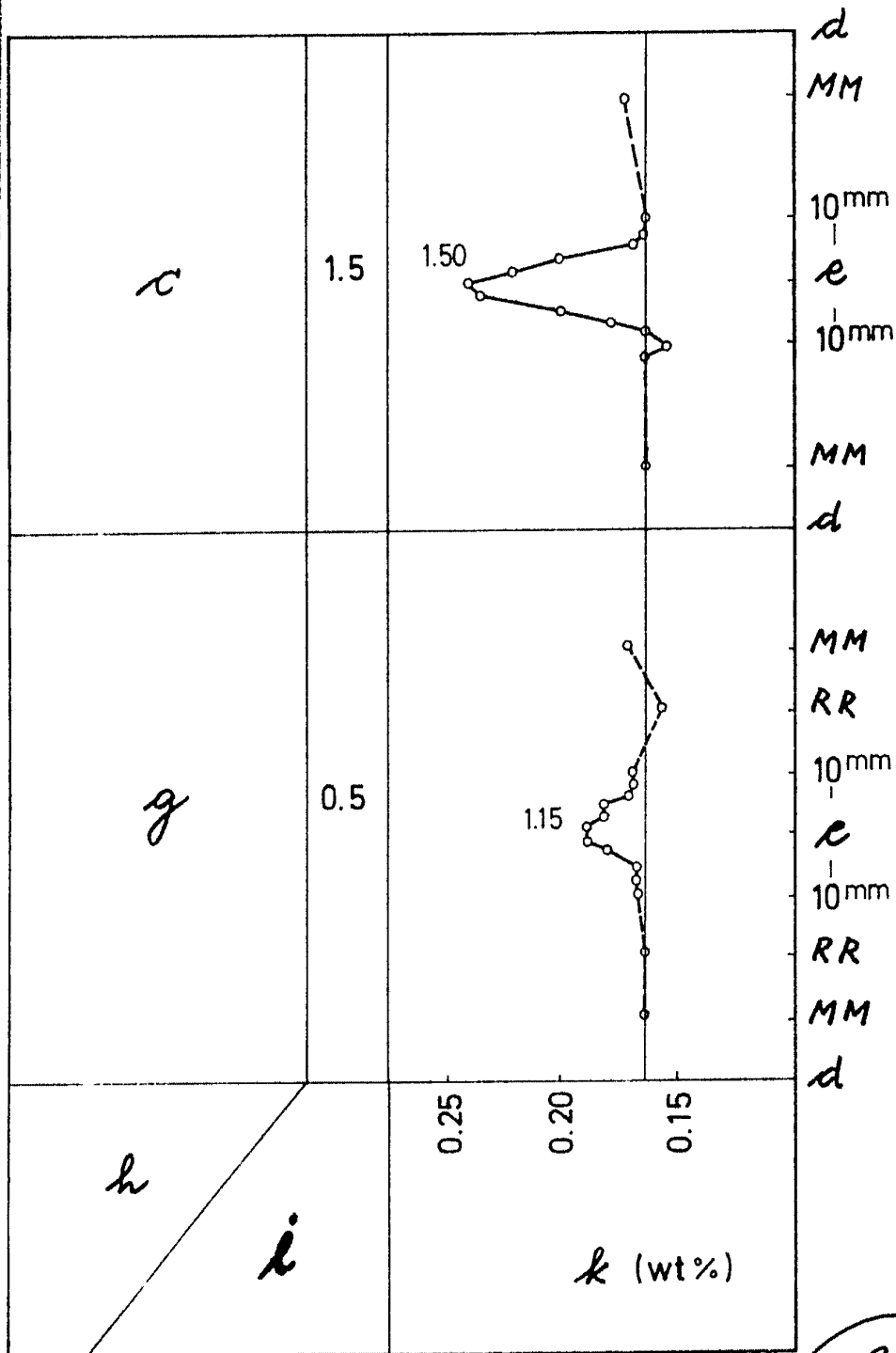
FIG. 30



ESCALA CADAMBI
CARLOS DEB
P. P.
Fdo: Pedro Matamorán



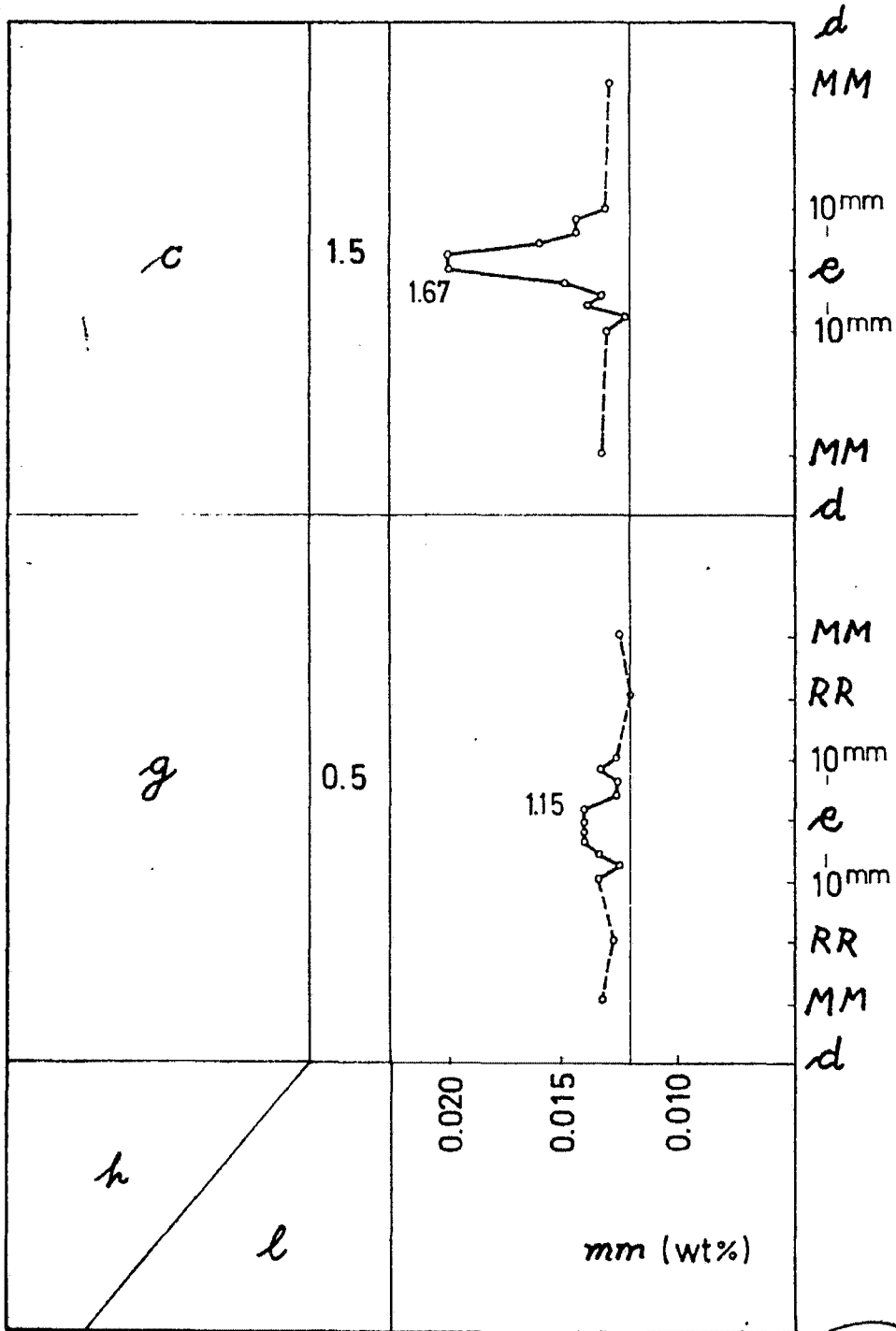
FIG. 31



ESCUELA N.º 101
 CAJON ROSA
 R. P.

Fdo.: Pedro Maramón.

FIG. 32



ESCALA
CARLOS
P.P.

Fdo.: Pedro Matamorón

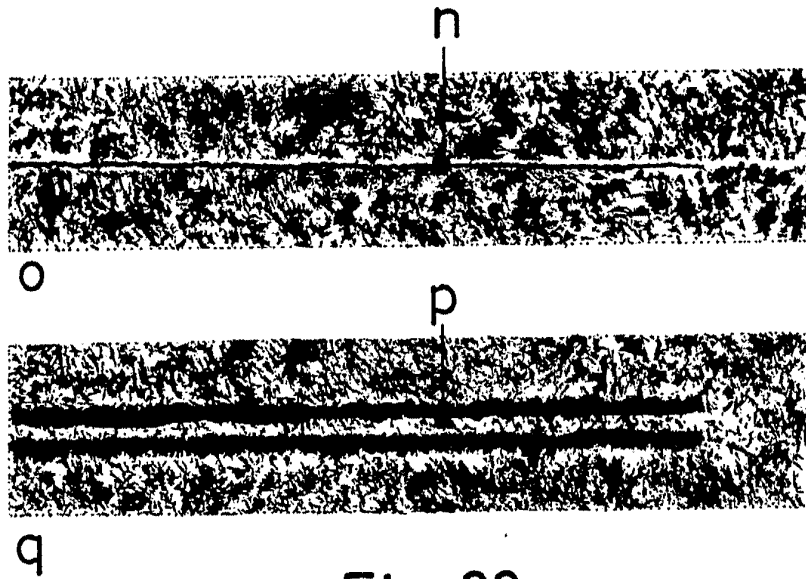


Fig. 33

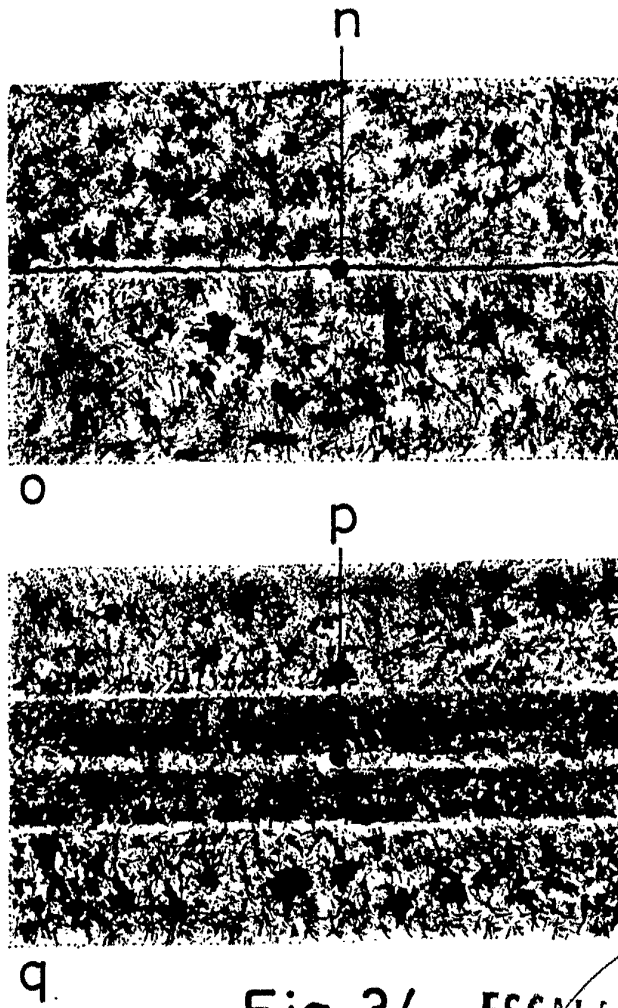


Fig. 34 ESCALA VARIABLE

CAJAS
P. P.
Fdo.: Pedro Matamoros

26.225