

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

19	ES	11	NUMERO	10	A 1
		21	457.388		
		22	FECHA DE PRESENTACION		
			31-3-77		

PATENTE DE INVENCION

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
	31	NUMERO			
		672.099	31 de marzo de 1976		NORTEAMERICA

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			C21C, C22C		

54	TITULO DE LA INVENCION
	PROCEDIMIENTO PARA FABRICAR PLANCHA DE ACERO.

71	SOLICITANTE (S)
	USS ENGINEERS AND CONSULTANTS, INC.

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	600 Grant Street, Pittsburgh, Estado de Pensilvania, EE.UU.de A.

72	INVENTOR (ES)
	JAMES GUY BASSETT, JR, SAUL GILBERT.

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO Y POMBO

Este invento se refiere a la colada continua de aceros de bajo contenido de carbono y, en particular, se refiere a un procedimiento para modificar la morfología de las inclusiones de silicato en dichos aceros para mejorar su capacidad de conformación y de soldadura. El invento tiene particular aplicación a la fabricación de productos en chapas gruesas o planchas, v.g. laminados en caliente y laminados en frío de grueso calibre (en general de un espesor superior a 1,27 mm).

La plancha laminada en frío, producida a partir de tochos de acero de bajo contenido de carbono de colada continua ha alcanzado una amplia aceptación. En general, dicha plancha producida por procedimientos como los conocidos por la patente EE. UU. RE 27.447 ha demostrado una capacidad de conformación igual o superior que la de los aceros calmados de lingotes de fundición. Desgraciadamente, se ha averiguado que, en vista de ciertas características de estos aceros asociadas con la morfología del silicato, inclusiones del tipo de cadena, estos aceros no son convenientes para muchas aplicaciones de plancha laminada en caliente y de plancha laminada en frío de grueso calibre y plancha o chapa galvanizada, especialmente las aplicaciones que exigen operaciones de conformación difíciles. Con respecto a la chapa de poco espesor laminada en frío, se ha averiguado que estas inclusiones no producen esencialmente efecto perjudicial en las propiedades de conformación, puesto que la reducción en frío fragmenta y dispersa las inclusiones.

No obstante, durante la laminación en caliente o durante la reducción en frío relativamente ligera estas inclusiones de tipo de cadena o por betas no se fragmentan ni dispersan extensamente.

Una solución a este problema se expone en la patente

EE.UU. 3.459.537 según la cual el contenido de oxígeno, y por lo tanto el contenido de inclusiones se reduce notablemente por el tratamiento al vacío. Aunque este método puede conseguir la producción de zamarras de colada continua con capacidad de conformación mejorada para aplicaciones de planchas de gran espesor, el procedimiento es costoso como resultado de los mayores costos de capital asociados con la instalación de equipo de desgasificación por vacío y los mayores costos de explotación.

Por lo tanto, el principal objeto del presente invento es proporcionar un método económico para la producción de plancha de acero de bajo contenido de carbono de colada continua con una capacidad de conformación mejorada cuando se elabora en chapa comparativamente gruesa.

Según el presente invento, se proporciona un procedimiento para fabricar planchas de acero que consiste esencialmente en peso, en 0,01 a 0,15 % C, 0,2 a 0,6 % Mn, 0,01 a 0,10 % Si, 0 a 0,015 % Al, siendo el resto hierro y algunas impurezas, mediante la colada continua de un fundido de acero para producir una barra de colada continua, y laminar la barra solamente hasta el grado necesario para producir dicha plancha, cuyo procedimiento comprende introducir Mg en el fundido en una cantidad de 62,5 a 500 partes por millón en peso, para mejorar de este modo la capacidad de conformación de la plancha reduciendo el área total de inclusión y el porcentaje de inclusiones continuas alineadas del tipo de cadena o de veta en dicha plancha.

Las características del presente invento resultarán más evidentes al leer la descripción que sigue y en las reivindicaciones adjuntas.

Los procedimientos de desoxidación que se emplean en la colada continua de acero de bajo contenido de carbono se pue-

den dividir dos categorías principales aquellas en las cuales el siliceo es un desoxidante principal y aquellas en las cuales el aluminio es el desoxidante principal. La colada continua satisfactoria de aceros calmados con aluminio exigen en general el empleo de toberas sumergidas y fundentes de molde que se suman a las dificultades de la operación y al coste de la colada continua. Principalmente, como resultado de sus ventajas económicas el principal método de desoxidación en el que se utiliza siliceo (v.g., patente EE.UU. RE 27.447) se emplea con profusión en la producción de plancha de acero apropiada para aplicaciones tales: tapa para esmaltar, chapa eléctrica, y hojalata y TFS (acero exento de estaño) para la fabricación de recipientes, así como en otras áreas en las que se han empleado tradicionalmente aceros fundidos del tipo calmado. Los productos de desoxidación que se conservan como inclusiones en dichos aceros desoxidados con Si se han analizado como manganeso-silicatos o manganeso-aluminio-silicatos complejos. Estas conclusiones son plásticas a las temperaturas en laminación en caliente y, por lo tanto, tiende a aparecer como betas continuas en el producto de la plancha laminada en caliente. Ocurre al contrario que con las inclusiones normales de manganeso-hierro-óxido en los aceros calmados y de ferbescencia interrumpida y las inclusiones de alúmina en el acero calmado con aluminio que no son plásticas a temperaturas elevadas de laminación, y, por lo tanto, no se deforman notablemente durante la laminación en caliente. Debido a la morfología en veta continua de las inclusiones de silicato de manganeso en un producto de chapa gruesa de colada continua, este producto ha demostrado tener una capacidad de conformación limitada y tiende a presentar rasgamiento laminar en soldaduras por puntos probadas por fracturas. Por lo tanto, se realizó un programa experimental

para determinar si podría conseguirse una morfología de inclusiones más favorables por adición de diversos elementos al acero de bajo contenido de carbono de colada continua. Se realizaron experimentos iniciales relativos al efecto de dichos elementos de adición en la morfología de las vetas, utilizando lingotes de colada normal y tamaño para laboratorio. La primera serie de pruebas utilizaron concentraciones variables de cada uno de los elementos (o mezclas de los mismos) relacionadas en la tabla I, a continuación.

T A B L A I

	<u>Adición</u>	<u>Concentraciones añadidas</u>	
		<u>Min. (%)</u>	<u>Max. (%)</u>
1	B	0,004	0,008
2	Ti	0,01	0,03
3	Cb	0,005	0,01
4	V	0,01	0,03
5	V + Ti	0,005 (V) 0,005 (Ti)	0,01 (V) 0,01 (Ti)
6	Ti + B	0,01 (Ti) 0,004 (B)	0,01 (Ti) 0,008 (B)

La segunda serie de pruebas utilizaba aleaciones de adición que contenía: Ca-Mn-Al; Ca-Al-Ba; Mn-Si y Mn-Al, de nuevo en proporciones variables. Todos los agentes de adición indicados anteriormente (ambas series de pruebas) demostraron ser ineficaces para modificar la morfología en cadena o de beta en grado suficiente para mejorar materialmente la capacidad de conformación.

Aunque el empleo de otros elementos, incluyendo el de los metales alcalinotérreos como el calcio demostraron ser ineficaces, se averiguó a pesar de todo que las adiciones de Mg po-

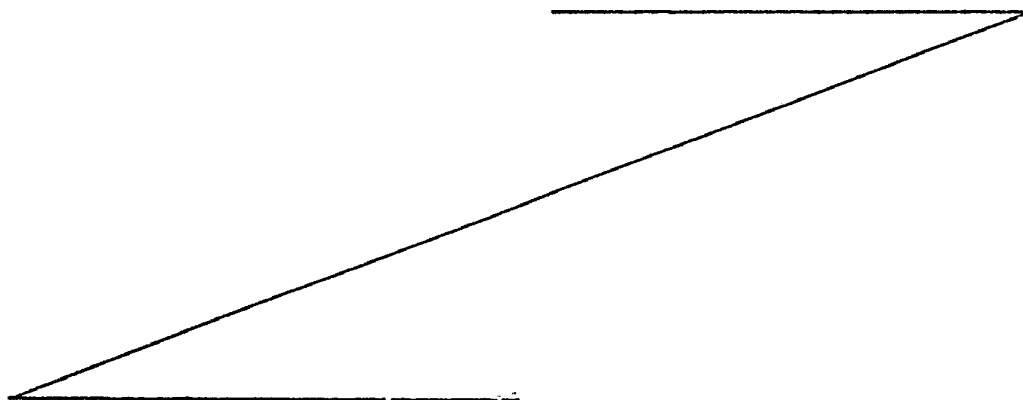
drían alterar notablemente la morfología de inclusiones perjudiciales de betas de silicato de manganeso, para producir una plancha con una capacidad de conformación comparativamente buena en condiciones de laminación en caliente o de laminación en frío de grueso caliente. La experimentación y los resultados de este último trabajo se expondrán más adelante con más detalle.

Se moldearon cuatro caldas de 136 Kg en un molde de cobre refrigerado por agua de 82 x 82 x 457 mm de longitud para producir una barra moldeada con una longitud de aproximadamente 2438 mm. Una aleación del 15 % de magnesio y 85 % de níquel triturada, contenida en una delgada vaina de acero para formar un alambre, se añadió al metal en el molde durante la colada. Una aleación de níquel-magnesio, que tiene preferiblemente un contenido de magnesio inferior al 30 % en peso, se empleó en lugar de magnesio elemental porque tenía una densidad más próxima a la del acero líquido y porque la actividad de la aleación de magnesio-níquel es menor que la del magnesio puro en acero líquido y menos propensa a producir humos o vapores.

La composición química general aproximada del alambre, incluyendo la vaina de acero, era 65 % hierro, 5 % magnesio y 30 % níquel. El alambre se añadió en proporciones variables de 25,4, 50,8 y 76,2 mm/segundo durante la colada continua de estos aceros. El ritmo de la colada en las tres caldas fué de 1270 mm/minuto. Como el alambre (vaina más aleación de Ni-Mg) pesaba 1,32 gramos por cada 25,4 mm, el régimen de alimentación de alambre de 25,4, 50,8 y 76,2 mm/segundo dió por resultado adiciones de magnesio de aproximadamente 0,062, 0,125 y 0,187 gramos por tonelada de acero fundido. Una sección de 305 mm de la barra de fundición se cortó de la longitud media de cada colada y se laminó en caliente hasta alcanzar una plancha de 12,7 mm de espesor.

Se recalentaron secciones de planchas de 12,7 mm a 1260°C y se laminaron en caliente en tres fases hasta un espesor de plancha de 2,28 mm, se acabaron a 871°C y se enrollaron a 635°C para simular los procedimientos normales de laminación en caliente.

5 Las muestras de las chapas laminadas en caliente a un espesor de 2,28 mm se obtuvieron para análisis químicos, exámen metalográfico incluyendo mediciones de contenido de inclusiones en el microscópio cuantitativo de televisión (QTM), análisis de inclusiones en el microscópio electrónico de exploración (SEM),
10 pruebas de impacto con entalla en V Charpy, y pruebas de expansión de agujeros del Kaiser Wilhelm Institute (KWI). Las composiciones de las cuatro caldas empleadas en esta evaluación se indican en la Tabla II. La adición de 0,062 Kg de magnesio por tonelada de acero representa solamente una adición de 62,5 partes por millón de magnesio en el acero. Este aumento en la concentración de magnesio no se observó en los análisis químicos del
15 acero. Evidentemente, la mayor parte del magnesio se perdió (como vapor) durante la colada del acero. No obstante, el aumento en el contenido de níquel de los aceros con el aumento del régimen de alimentación de la aleación de Ni-Mg concuerda con la
20 adición de níquel contenido en la aleación y es indicativa de la cantidad de aleación que se había añadido a los aceros.

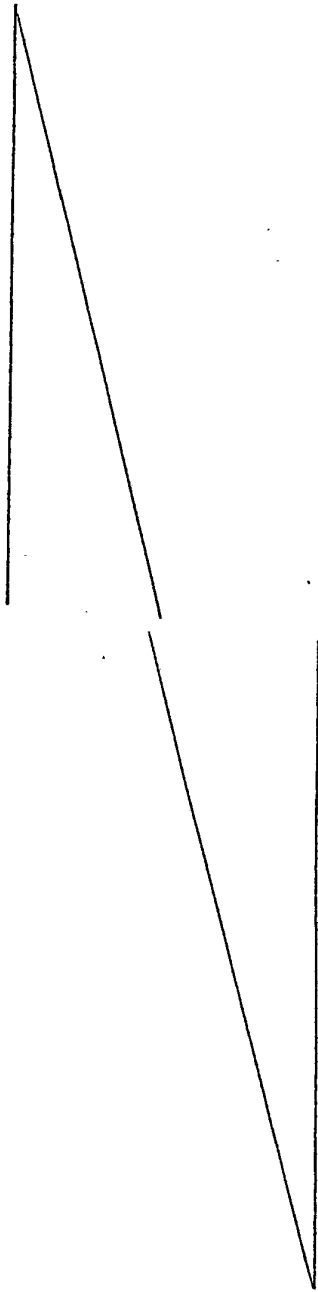


T A B L A II

Adiciones de magnesio
Composición química de los aceros de baldaños

Número de colada	Adiciones de alambre de Ni-Mg, mm/se-fundo	Composición %							Ni	Mg	Al		O. ppm
		C	Mn	P	S	Si	Sol	Total			N		
1171	0 (0 [¶])	0,043	0,37	0,010	0,015	0,045		0,06	<0,0003	0,001	<0,002	0,010	535
1149	25,4 (0,062)	0,050	0,36	0,010	0,016	0,060		0,10	<0,0003	<0,001	<0,002	0,010	393
1172	50,8 (0,125)	0,052	0,36	0,010	0,016	0,048		0,13	0,0060	<0,001	<0,002	0,009	336
1148	76,2 (0,187)	0,054	0,36	0,011	0,017	0,060		0,18	0,0086	0,001	<0,002	0,010	387

¶ Los valores entre paréntesis son adiciones de magnesio equivalentes correspondientes en kilogramos de magnesio por tonelada de acero.

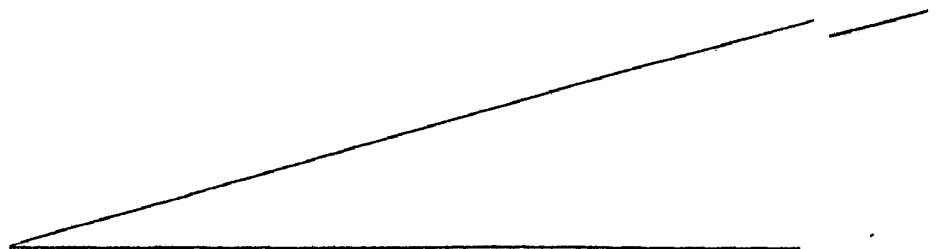


T A B L A II

Adiciones de magnesio
Composición química de los aceros de balado

Número de colada	Adiciones de alambre de Ni-Mg, mm/segundo	Composición %						Ni
		C	Mn	P	S	Si		
1171	0 (0 ^{III})	0,043	0,37	0,010	0,015	0,045	0,0	
1149	25,4 (0,062)	0,050	0,36	0,010	0,016	0,060	0,10	
1172	50,8 (0,125)	0,052	0,36	0,010	0,016	0,048	0,10	
1148	76,2 (0,187)	0,054	0,36	0,011	0,017	0,060	0,10	

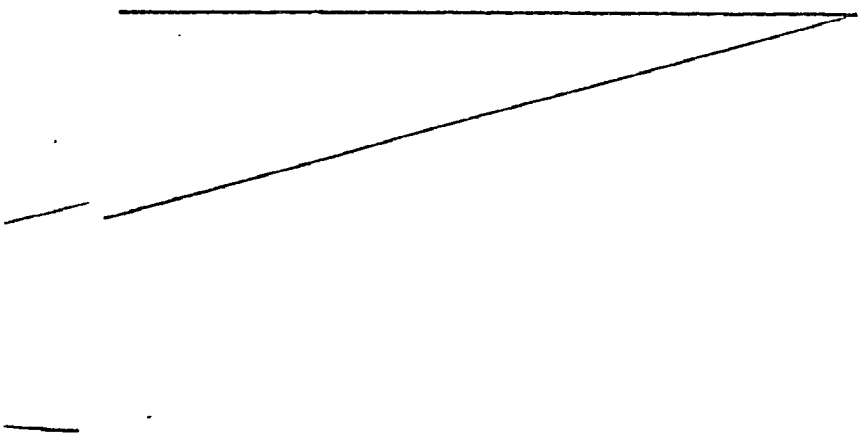
^{III} Los valores entre paréntesis son adiciones de magnesio equivalentes correspondientes



devaluados

	Ni	Mg	Al		N	O. ppm
			Sol	Total		
045	0,06	<0,0003	0,001	<0,002	0,010	535
060	0,10	<0,0003	<0,001	<0,002	0,010	393
048	0,13	0,0060	<0,001	<0,002	0,009	336
060	0,18	0,0086	0,001	<0,002	0,010	387

datos correspondientes en kilogramos de magnesio por tonelada de acero.



Microlimpieza - Los resultados de calificaciones de limpieza QTM, Tabla III, demuestran que los cuatro parámetros de limpieza: área de inclusiones, campo peor número de campos con $\geq 0,5\%$ en volumen de fracciones de inclusiones, y factor de longitud, mejoran en general al aumentar las adiciones de níquel-magnesio. La adición óptima para estas condiciones específicas parece ser de aproximadamente 0,125 Kg de magnesio por tonelada.

T A B L A III

Resultados de QTM para aceros Tratados con Níquel-Magnesio de la Tabla II.

Colada Nº	Adiciones de Mg en el Molde, Kg/Ton.	Area de Inclusiones %	Area de Campo peor %	Número de Campos $\geq 0,5\%$	Factor de Longitud (100 campos)*
1171	0	0,78	36,00	7,8	44,2
1149	0,062	0,24	6,20	2,5	14,3
1172	0,125	0,14	0,63	0,8	0,5
1148	0,187	0,17	0,88	1,5	0,5

$$\text{*Factor de Longitud (100 campos)} = 2 \left(\frac{\text{Suma de Longitud desde todas las Inclusiones Con Longitud mayor que 125 micrones en 50 Campos}}{125 \text{ micrones}} \right)$$

Morfología - Según se ilustra en la Tabla IV, las inclusiones del tipo de silicato en las muestras que no contienen magnesio eran en general típicas de las que se encuentran normalmente en estos aceros: o sea, silicatos de manganeso vítreos alargados y silicatos de manganeso-aluminio. A un contenido de 0,062 Kg de magnesio por tonelada, muchas de las inclusiones de silicato contenían magnesio y se habían vuelto globulares. La morfología de los silicatos de manganeso sin magnesio detectable parece también haber cambiado en algunos casos, volviéndose menos continua. Como el límite detectable para el óxido de magnesio con el SEM en estas inclusiones es de aproximadamente 1 a 2 %, es posible

que el cambio de morfología fuera causado por la presencia de una cantidad de magnesio por debajo del nivel de detección con el SEM.

T A B L A IV

5 Morfología y Composición de las Inclusiones Halladas en Planchas laminadas en Caliente de Aceros Tratados con Niquel-Magnesio

	Colada Nº	Adición de Mg en el molde, Kg/ton.	Area de Inclusio nes %	Area de Campo peor %	Número de Cam pos ≥ 0,5%	Factor de lon- gitud (100 cam pos)
10	1171	Ninguna	1	S	C	Mn-Si
			2	S	C	Mn-Si-Al
			3	S	C	Mn-Si-S
			4	S	C	Mn-Si-S-Al
			5	S	B	Mn-Si-S
15			6	S	D	Mn-Si-S
	1149	0,062	1	G	D	Si-Mn-Mg-S-Al
			2	S	C	Mn-Si-Mg
			3	G	D	Mn-Si-Al-Mg-S
20			4	S	B	Mn-Si
			5	S	B	Mn-Si-S-Al
			6	G	D	Mn-Si-Mg
	1172	0,125	1	S	B	Mn-Si-S
			2	G	B	Si-Mn-Mg
25			3	G	D	Si-Mn-Mg-Al
			4	S	B	Mn-Si
			5	G	D	Mn-Si-Mg
	1148	0,187	1	G	B	Mn-Si-Al-Mg
			2	G	D	Mn-Si-Mg
30			3	G	D	Si-Mn-Mg
			4	G	B	Si-Mn-Mg

* Código de Inclusión (morfología):

Forma-S = veta; G = globular.

Dispersiones - C = continuas, alineadas; B = rotas, alineadas;

D = dispersión, sin alinear.

5 En el acero tratado con 0,125 Kg de magnesio por tonelada, la mayor parte de las inclusiones eran del tipo de manganeso-silicato de magnesio (globulares), con muy pocas vetas rotas de silicato de manganeso también presentes. En el acero que con-
10 tenía 0,187 kg/de magnesio por tonelada, todas las inclusiones de silicato contenían por lo menos una cantidad detectable de óxi-
do de magnesio, y esencialmente todas las inclusiones eran del tipo globular o angular, aunque muchas estaban alineadas como ve-
tas discontinuas.

Propiedades Mecánicas - La dureza Rockwell B de la plancha lami-
15 nada en caliente, tabla V, era del orden de 61,1 a 65,2 y no parecía verse afectada por las ediciones de níquel-magnesio. Estos valores de dureza caen dentro de la gama normal de los aceros lami-
nados en caliente de este tipo. La absorción de energía de
20 impacto con muesca en V Charpy transversal a 26°C (energía acumulada) se sabe que aumenta (mejora) al mejorar la limpieza (canti-
dad, tamaño, forma o distribución de inclusiones no metálicas).
En estas muestras, la energía acumulada aumentaba al aumentar las
adiciones de Mg, lo cual indicaba una mejora eficaz en la micro-
limpieza.

25 Pruebas de Expansión de Agujero KWI - Los resultados de las prue-
bas de expansión de agujero KWI en muestras con taladros mecaniza-
dos de 16,7 mm de diámetro se indican también en la tabla V. En
las pruebas de este tipo, la profundidad formada en la fractura
se relaciona de un modo particular, según se sabe, con la presen-
30 cia (o ausencia) de inclusiones de vetas.

T A B L A V

Dureza, energía acumulada de escotadura en V Charpy, y resultados de profundidad KWI hasta la fractura de la plancha laminada en caliente

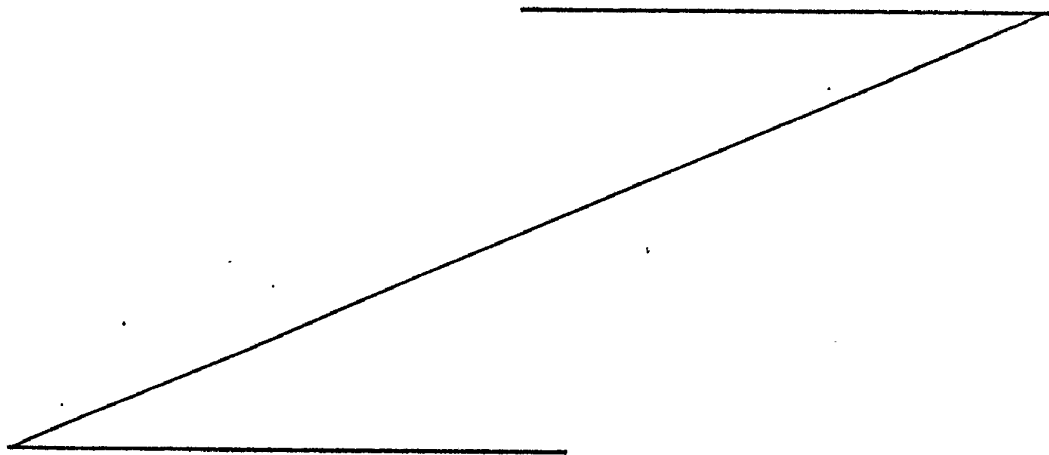
5	Colada Nº	Adición de Mg en el molde, Kg/Ton.	Dureza R _B	Promedio de Absorción de Energía de Impacto CVN Transver sal a 26°C, metros/Kg	Prueba de expansión del agujero de KWI [¶]	
					Promedio de profun didad has ta la Frac tura, mm	Tensiones Circunfe renciales, %
10	1171	0	62,7	4,89	10,92	86,4
	1149	0,062	62,7	7,57	16,45	94,3
	1172	0,125	65,2	8,24	18,38	107,2
	1148	0,187	61,1	10,72	18,21	107,1

15 [¶] Prueba de Expansión de Agujero del Kaiser Wilhelm Institute empleando un agujero taladrado de 16,66 mm.

De este modo se pueden obtener los beneficios del presente invento utilizando el procedimiento siguiente. De una manera normal, el fundido de acero se ajusta hasta una composición consistente esencialmente, en porcentaje en peso, en: 0,01-0,15 C; 0,2-0,6 Mn; 0,01-0,10 Si ú 0,015 máx. Al; de preferencia el máximo de C será de 0,08 y el Si estará comprendido dentro de la gama de 0,03 a 0,08. El fundido así ajustado se vierte en una artesa refractaria y después se efectúa la colada en un molde de colada continua en el cual se alimenta un alambre de Mg re-
 20 vestido en el metal dentro del molde, en una proporción de 0,062 a 0,250 Kg/Ton de acero fundido, preferiblemente 0,125 a 0,187 Kg/Ton. En un punto contíguo a la línea de contacto de la co-
 25 rriente de metal con la superficie del depósito del metal en el interior del molde. No obstante, se comprenderá que la modifica
 30

ción de la morfología de las vetas depende de la cantidad de Mg que se recupera en la barra de la colada y no en el punto de adición de Mg. Así, sería posible, aunque no generalmente práctico, conseguir la modificación de la morfología deseada añadiendo Mg al metal fundido en la artesa refractaria o aun en la cuchara. No obstante, este último procedimiento sería materialmente más costoso, puesto que la recuperación Mg se reduciría notablemente (mayores cantidades evaporadas y/u oxidadas). Se incurriría en costes adicionales, puesto que el empleo de procedimientos especiales (v.g. buza purgada con argón) sería en general necesarios para evitar bloqueo de la buza. Pueden surgir problemas similares, aunque menos graves, si se añadiera el Mg al metal en la artesa refractaria. En vista de la menor recuperación puede que fuera necesario añadir hasta 0,5 Kg de Mg por tonelada de acero en la artesa refractaria.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.



REIVINDICACIONES

5 1^a.- Procedimiento para fabricar plancha de acero, consistente esencialmente en peso: 0,01 a 0,15 % C; 0,2 a 0,6 % Mn; 0,01 a 0,10 % Si; 0 a 0,015 % Al, siendo el resto hierro y ciertas impurezas, mediante colada continua de un fundido de acero para producir una barra colada y laminación de dicha barra solamente hasta el grado necesario para producir dicha plancha; caracterizado porque, para mejorar la capacidad de conformación de dicha plancha de acero, se introduce Mg en dicho fundido en una cantidad de 62,5 a 500 partes por millón en peso.

10 2^a.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el fundido se vierte en un molde de colada continua y dicho Mg se introduce en el molde en una cantidad de 62,5 a 250 partes por millón en peso.

15 3^a.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque dicho Mg se introduce en forma de una aleación de Mg-Ni que contiene menos del 30 % de Mg en peso.

20 4^a.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la cantidad de Mg añadida es de por lo menos 125 partes por millón en peso.

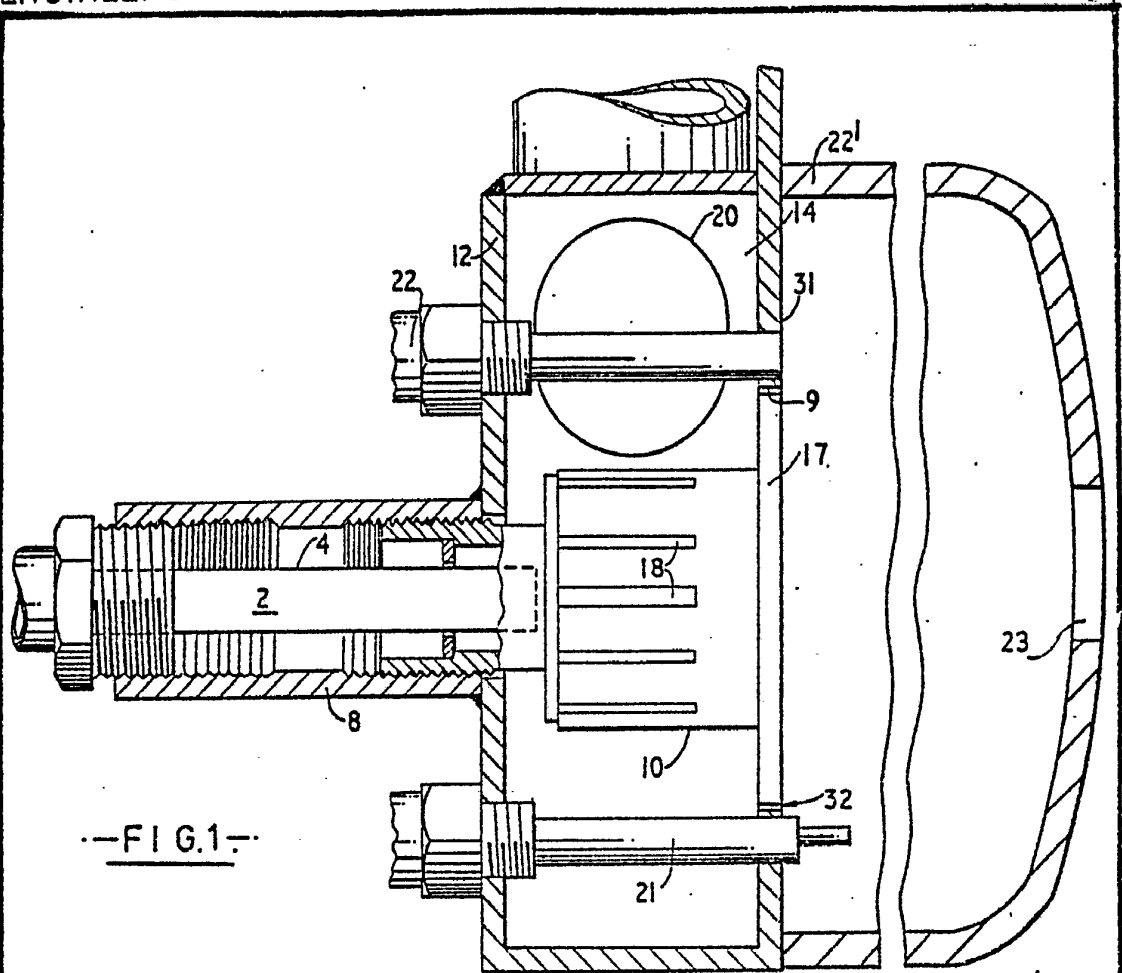
5^a.- Procedimiento para fabricar plancha de acero, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria.

Esta Memoria consta de 14 hojas, escritas a máquina por una sola cara.

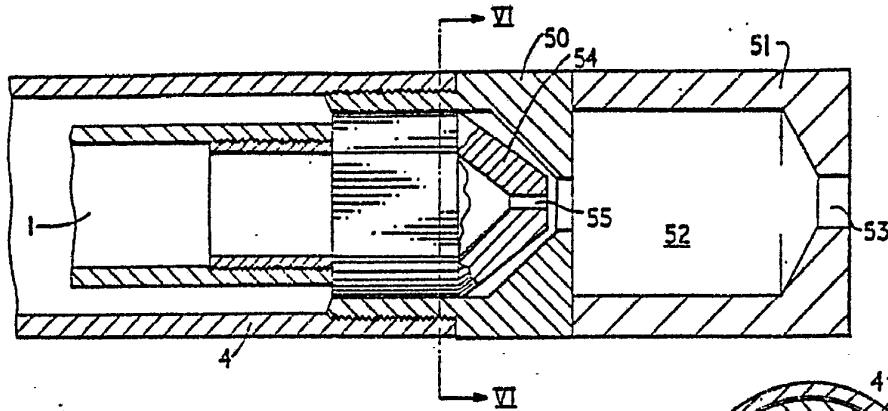
25 Madrid 20 ABR. 1977

USS ENGINEERS AND CONSULTANTS, INC.

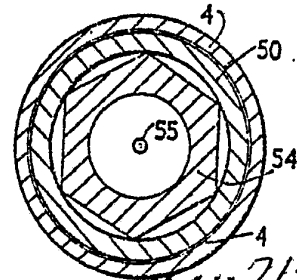
J. M. FERNANDEZ AGUDO Y POMBO
P. Fernández L. García Fernández



---FIG.1---



---FIG.2---



Madrid 71-Mar-1977

---FIG.3--- GOMEZ ACEBO Y CA
P. Firmador L. Guals Fern

ESCALA VARIABLE