



PATENTE DE INVENCION

Case 1154A

388796

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I.P.C.
CLASE <u>C 21</u>
SUBCLASE <u>C</u>

Memoria Descriptiva

sobre:

Procedimiento para la producción de
acero de bajo contenido en carbono
y resistente al envejecimiento.

.....

Solicitante ARMCO STEEL CORPORATION, entidad norteamericana resi-
dente en 703 Curtis Street, Middletown, Ohio,
EE. UU. de A.

.....

5. La presente invención se relaciona con acero resis-
tente al envejecimiento, de bajo contenido en carbono
y tratado con columbio, que no presenta ningún alargam-
iento en el límite elástico en condición recocida, que
posee excelentes características superficiales y una

**POOR
QUALITY**

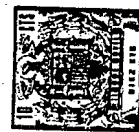
388796



- 2 -

- ausencia sustancial de inclusiones no metálicas y un amplio espectro de propiedades mecánicas, y con un método de producción de dicho acero. Aunque se usa aquí el término columbio, debe entenderse que el niobio es el mismo elemento. Aunque no se limita en tal sentido, el acero de la presente invención en forma de material laminar tiene una utilidad particular en operaciones de intenso estirado y alargamiento en procedimientos de revestimiento metálico y en la producción de acero es-
5. maltado de procelana.
10. Tanto el carbono como el nitrógeno dan lugar a un alargamiento en el límite elástico en los aceros de bajo contenido en carbono que han sido recocidos por recristalización, pero el envejecimiento por tensión, que
15. tiene por resultado una nueva aparición de alargamiento en el límite elástico después del laminado con temple en tales aceros, se debe ordinariamente al nitrógeno. Tal envejecimiento por tensión se impide añadiendo alu-
20. minio, que elimina al nitrógeno de la solución mediante formación de nitruro de aluminio. Si se someten a elevadas temperaturas aceros estabilizados con aluminio después de su laminado con temple, el carbono producirá un envejecimiento por tensión, a menos que sea también
25. eliminado de la solución sólida. Los primeros investigadores de este arte han afirmado que elementos tales como titanio, columbio, vanadio, zirconio y cromo, si se añaden en cantidades suficientes para combinarse con todo el carbono presente en el acero, eliminan el envejecimiento y el alargamiento en el límite elástico. Tales
30. elementos poseen una fuerte afinidad al carbono y forman

388796



- 3 -

- carburos estables, separando así al carbono soluble de la ferrita en tan bajo nivel que se elimina al alargamiento en el límite elástico en condición recocida, como asimismo el envejecimiento por tensión. La literatura ha indicado en general que la eficacia de tales elementos en cuanto a evitar el envejecimiento aumenta con la afinidad creciente al carbono, en el orden de cromo, zirconio, vanadio, columbio y titanio. Véase Journal of Iron and Steel Institute, 142, páginas 199-221 (1940); Iron and Steel, Junio de 1963, páginas 326-334.
- 5.
- 10.

- Así, el titanio se ha considerado como el elemento mas eficaz para eliminar el envejecimiento y el alargamiento en el límite elástico en aceros de bajo contenido en carbono, considerándose el columbio, y algo menos eficaces otros elementos tales como el vanadio y el cromo.
- 15.

- La patente estadounidense nº3.183.078, concedida el 11 de Mayo de 1.965 a T.Ohtake y colaboradores, describe un procedimiento de producción de hierro esmaltable y resistente al envejecimiento, dotado de buena estirabilidad. Este procedimiento implica la producción de un acero fundido que contiene menos del 0,04% de carbono y un análisis por lo demás comparable al del acero oxidado convencional (a excepción de un preferido contenido en manganeso del 0,05% como máximo), la desgasificación al vacío del acero fundido para reducir el contenido en carbono a menos del 0,02% menos del 0,020% de azufre y del 0,002 al 0,007%
- 20.
- 25.
- 30.

388796



- 4 -

- de nitrógeno, la adición de aluminio y titanio en proporciones suficientes para combinarse con el carbono, nitrógeno y azufre presentes en el acero. En la práctica preferida, se añade primeramente algo de aluminio
5. a fin de combinarlo con el oxígeno y nitrógeno residuales, poniendo así a disposición la mayor parte del titanio para su combinación con carbono, azufre y cualquier nitrógeno residual no combinado con aluminio.
10. La patente francesa n°1.511.529, concedida el 18 de Diciembre de 1967 a Yawata Iron and Steel Co. Ltd. (el concesionario de la patente estadounidense anteriormente mencionada), describe un procedimiento similar al de la citada patente estadounidense para la producción de material laminar laminado en frío y dotado de buenas propiedades de intenso estirado y alargamiento. En el procedimiento de esta patente francesa se somete un acero fundido a desgasificación al vacío con la adición de aluminio como agente desoxidante para producir un acero desgasificado que contiene
15. menos del 0,020% de carbono y menos del 0,015% de oxígeno. Se añade titanio en una relación en peso de 4:1 con el carbono y el acero desgasificado es luego fundido, laminado en caliente con una temperatura de acabado superior a 780°C (1053°K), laminado en frío a un
20. nivel de reducción superior al 30% y finalmente recocido a una temperatura de 650 a 1000°C (923 a 1273°K). Se afirma que el material laminar resultante presenta una fuerte orientación {111} normal a la superficie de la lámina, o una textura de cubo sobre esquina, y
25. que presenta una relación de tensión plástica (valor r)
- 30.

388796



- 5 -

que varía entre 1,75 y 2,47 aproximadamente, dependiendo del procedimiento usado. El tamaño granular ASTM varía entre 7,5 y 10.

5. Los valores r señalados en la patente francesa de Yawata no están identificados en cuanto a que valor r se designa. En cualquier caso, los aceros que contienen titanio, producidos por procedimiento similares por los solicitantes y otros en los Estados Unidos, indican que no pueden obtenerse unos valores medios r superiores a 2,0 aproximadamente.

10. En la presente solicitud, la relación de tensión plástica media \bar{r} es el patrón calculado como:

$$\bar{r} = 1/4 \left[r \text{ (longitudinal)} + r \text{ (transversal)} + 2r \text{ (diagonal)} \right]$$

15. Aunque la adición de titanio a un acero desgasificado al vacío tiene por resultado un producto dotado de propiedades de resistencia al envejecimiento y ningún alargamiento en el límite, el producto presenta sin embargo una serie de desventajas. Como el
20. titanio es un fuerte formador de nitruros, óxidos y sulfuros, así como un formador de carburos, se requiere una adición de titanio superior a la cantidad teóricamente necesaria para combinarse con el carbono, debido a la reacción de parte del titanio con nitrógeno,
25. oxígeno y azufre presentes en el acero. Así, aunque la relación estequiométrica teórica entre titanio y carbono es de 4:1 aproximadamente esta relación ha de incrementarse inicialmente a un valor de 8:1 aproximadamente, por que el titanio reacciona con el azufre y nitrógeno residuales presentes en el acero. Además se
- 30.



- pierde todavía mas titanio como resultado de la formación de óxido de titanio, que pasa a la escoria. Por consiguiente, se ha observado que en la práctica comercial el titanio ha de añadirse en una relación en peso con el carbono tan elevada como de 16:1, a fin de obtener un acero resistente al envejecimiento que carezca de punto de elasticidad. La recuperación del titanio puede ser así del orden del 50 al 60% bajo tales circunstancias.
- 5.
10. La formación de óxidos, nitruros y sulfuros de titanio en el acero tiene por resultado inclusiones no metálicas de estos compuestos perjudiciales y afecta adversamente a la calidad superficial del producto.
15. El titanio en solución en el acero puede evitar la curación de grietas calientes, como es sabido ocurre con el aluminio.
- La gran afinidad del titanio al oxígeno del aire también hace menos fluido el acero licuado durante la fundición.
20. Además, los aceros que contienen titanio, del tipo descrito en la citada patente francesa, poseen una resistencia inherentemente baja, que no excede de unos 130 MN/m^2 , de resistencia elástica que no puede incrementarse sustancialmente por el tratamiento de recocido final.
25. Debido a las citadas desventajas y al incrementado costo resultante de la necesidad práctica de añadir hasta cuatro veces la cantidad teórica del titanio necesario, los aceros tratados con titanio y des-
- 30.

388796



- 7 -

- gasificados al vacío no han obtenido una aceptación comercial respecto a los aceros oxidados y calmados, para aplicaciones de intenso estirado, alargamiento, revestimiento o esmaltado.
5. Se ha informado anteriormente Abrahamson y colaboradores en "Transactions Metallurgical Society of AIME", volumen 218, diciembre de 1960 páginas. 1101-1104, que el columbio y el zirconio retardan sustancialmente la velocidad de recristalización durante el recocido del material laminado en frío, en comparación con elementos aleadores tales como titanio y cromo. Estos descubrimientos se basaron en recocidos de una hora con temperaturas crecientes a lo largo de cada recocido. Sin embargo, nunca ha derivado anteriormente ningún beneficio o ventaja prácticos de este conocimiento.

Resumen

- La presente invención proporciona un acero resistente al envejecimiento y de bajo contenido en carbónico que no tiene sustancialmente ningún alargamiento en el límite elástico y muestra ausencia de desarrollo granular crítico tanto en condición laminada en caliente como en condición laminada en frío y recocida, que evita las desventajas de los aceros del arte anterior que contienen titanio y además muestra un alto grado de orientación cristalina casi de cubo sobre esquina y elevados valores \bar{r} , así como un tamaño granular relativamente pequeño, que es estable dentro de una amplia gama de temperaturas. Además el material se produce con amplio espectro de propiedades tanto en

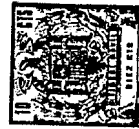


- condición laminada en caliente como en frío. El método de esta invención comprende las operaciones de proporcionar un acero fundido dotado de un contenido en carbono máximo del 0,05% aproximadamente y de suficiente manganeso para combinarse de modo sustancialmente completo con el azufre presente en el acero; la desgasificación al vacío del acero a un contenido en carbono del 0,015% como máximo aproximadamente, un contenido en oxígeno del 0,010% como máximo aproximadamente.
5. y un contenido máximo en nitrógeno del 0,012% aproximadamente; la adición de columbio en una proporción por lo menos suficiente para retardar la velocidad de recristalización del acero al solidificarse subsiguientemente; la fusión y solidificación del acero desgasificado;
10. el laminado en caliente del acero a un espesor de banda; su acabado a una temperatura de 1090 a 1200°K aproximadamente; y su bobinado a una temperatura de unos 1090°K o menos. El producto laminado en caliente es altamente deseable para algunas aplicaciones en
15. condición bobinada o recocida. Ordinariamente, el producto laminado en caliente, será deroxidado y reducido en frío a su calibre final, seguido de un recocido final a una temperatura y durante un espacio de tiempo seleccionados para producir un deseado nivel de solidez y ductilidad en una tira o lámina acabada.
20. 25.

El producto laminado en caliente puede usarse tal como queda bobinado o bien puede someterse a un recocido final dentro de la gama de temperaturas de 1005 a 1200°K aproximadamente. El producto laminado en

30. frío será sometido ordinariamente a un recocido final

388796



- 9 -

- dentro de la gama de temperaturas de 810 a 1145°K aproximadamente. En cualquier caso, el recocido final puede ser por cargas o continua o incidental pero necesaria para el revestimiento metálico por inmersión en caliente, pudiendo variar entre segundos y unas 16 horas. Para una máxima dureza y solidez en el producto laminado en caliente, la temperatura de bobinado deberá variar entre 775 y 975°K aproximadamente, y para el producto laminado en frío la temperatura de recocido final deberá ser de 810 a 1035°K aproximadamente. A la inversa, para una máxima blandura y ductilidad en el producto laminado en caliente, la temperatura de bobinado deberá variar entre 775 y 1090°K aproximadamente, y para el producto laminado en frío la temperatura de recocido final deberá estar comprendida entre 1035 y 1145°K aproximadamente.

En líneas generales, el producto final de la presente invención presenta la siguiente composición:

- | | | |
|-----|--|-----------------|
| 20. | Carbono | 0,002 al 0,015% |
| | columbio | 0,02 al 0,30% |
| | manganeso | 0,05 al 0,60% |
| | azufre | hasta el 0,35% |
| | oxígeno | hasta el 0,10% |
| 25. | nitrógeno | hasta el 0,012% |
| | aluminio | hasta el 0,08% |
| | fósforo | residual |
| | silicio | residual |
| | resto, sustancialmente hierro. | |
| 30. | *El tantalio se encuentre comúnmente presen- | |



te como impureza en el columbio y en pequeñas proporciones no es indeseable, y actuará análogamente.

La presente invención constituye un descubrimiento de que el columbio es inesperadamente superior al titanio tanto desde el punto de vista del tratamiento como del producto, en una serie de aspectos importantes.

Por ejemplo, los solicitantes han descubierto que la velocidad de recristalización lento anteriormente notificado del acero laminado en frío y con contenido de columbio de esta invención permite conseguir un amplio espectro de propiedades mecánicas si se observan ciertos controles de tratamiento. La recristalización de la estructura laminado en frío del acero de esta invención es diferente a la de cualquier otro acero de bajo contenido en carbono. La recristalización empieza en las superficies de la tira y sigue hacia el interior, de tal manera que se observa frecuentemente una estructura estratificada o bandeda en un producto parcialmente recristalizado. Como variante, el tiempo y temperatura del recocido final pueden seleccionarse de manera que tenga por resultado una recristalización sustancial en toda la tira.

En el procedimiento de la presente invención, el azufre se combina con manganeso y a tal fin el contenido en manganeso se mantiene preferentemente en una relación en peso con el azufre de 7:1 aproximadamente. Puede añadirse aluminio para combinarlo con oxígeno y nitrógeno y, cuando se añade, la relación en peso entre aluminio y oxígeno es preferiblemente de 1,2:1, mientras

388796



- 11 -

- que la relación entre aluminio y nitrógeno es preferiblemente de 2:1. Como se encuentran presentes suficientes aluminio y manganeso para combinarse efectivamente con azufre, oxígeno y nitrógeno y como el columbio tiene menos afinidad con el oxígeno, azufre y nitrógeno que el titanio a las temperaturas implicadas, prácticamente todo el columbio añadido durante o después de la operación de desgasificación y después de la adición del aluminio, está disponible para combinarse con carbono. Se obtiene una eficacia muy superior y se obtienen recuperaciones de columbio del 75 al 95%.
- 5.
- 10.

- El aluminio puede omitirse o emplearse en su lugar otro formador de nitruro, tal como titanio. Si se omite un formador de nitruro, el nitrógeno se combinará con columbio. Si ha de practicarse un recocido de bobina hermética en una atmósfera de nitrógeno e hidrógeno, deberá añadirse aluminio, puesto que el acero absorbe nitrógeno de la atmósfera del recocido que se combinaría con columbio si hubiese insuficiente aluminio sin combinar, obteniéndose así un producto dotado de un alargamiento en el límite elástico en estado recocido si tiene lugar una nitruración hasta el grado en que se encuentre presente nitrógeno sin combinar. Cuando ha de practicarse un recocido de bobina abierta, no es preciso observar esta precaución.
- 15.
- 20.
- 25.

- El uso de columbio en lugar de titanio, la adición de suficiente aluminio para su combinación con oxígeno y nitrógeno y el mantenimiento de suficiente manganeso para su combinación con el azufre presente en el acero, tiene por resultado un material dotado de
- 30.



características superficiales superiores a las del acero que contienen titanio y las inclusiones no metálicas están sustancialmente eliminadas en el procedimiento de la presente invención mediante separación en la escoria.

5. Es bien sabido en el arte que los aceros dotados de titanio contienen una cantidad inconveniente de inclusiones y presentan una calidad superficial deficiente.

10. El acero de la presente invención tiene relaciones de tensión plástica muy superiores a las de los aceros análogamente tratados que contienen titanio.

15. Se ha observado que se obtienen elevadas relaciones de tensión plástica cuando se añade columbio en una proporción superior a la requerida para su combinación con carbono y cualquier nitrógeno sin combinar; es decir, cuando se encuentra presente columbio en la delgada barra laminada en caliente en forma sin combinar (aparentemente en solución sólida), se obtiene una textura que, tras la subsiguiente reducción en frío, recristaliza al recocerse a un producto final dotado de un alto grado de orientación casi de cubo sobre esquina, tal como de $\{554\}$ y $\{322\}$. Más específicamente, se obtienen relaciones de tensión plástica medias de 1,8 o más cuando se encuentra presente por lo menos un 0,025% en peso de columbio en forma no combinada en la delgada barra laminada en caliente, determinado por análisis efectivo laminar a temperatura ambiente.

20. El acero de la presente invención, fundido en forma de lingotes o en forma continua, puede laminarse en caliente mediante prácticas normales y en equipo laminador convencional, asegurándose así bajos costos de
- 25.
- 30.

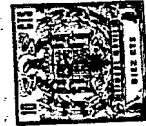
388796



- 13 -

tratamiento y la evitación de inversión de capital para equipo de nueva planta.

- El peso atómico del columbio es de 92,91 y por consiguiente la relación estequiométrica teórica para una reacción completa con el carbono (peso atómico: 12,01) presente en el acero es aproximadamente de 7,75:1. El titanio tiene un peso atómico de 47,90 y la relación estequiométrica teórica entre el titanio y el carbono es por lo tanto de 4:1 aproximadamente. Se ha observado que una relación entre columbio y carbono de 10:1, o preferiblemente de 12:1 producirá un material completamente resistente al envejecimiento y que no tiene alargamiento alguno en el límite elástico. Una relación entre columbio y carbono de 8:1 puede producir un material dotado de estabilidad marginal, en el sentido de que podría mostrar cierto alargamiento en el límite elástico bajo ciertas condiciones de recocido. Sin embargo, un acero que tenga cierto alargamiento en el límite elástico puede someterse a una operación normal de laminación con temple que elimine el límite elástico y el material será resistente al envejecimiento debido al bajo contenido en carbono. Como variante tal material podría descarburarse después de su laminación en frío, en una operación separada o incidentalmente en el recocido final por recristalización, para producir una completa estabilidad. Por consiguiente, un acero que tenga una relación entre columbio y carbono inferior a 8:1 se considera incluido en el ámbito de esta invención. En contraste con esto, cuando se entiende que en la práctica efectiva se requiere una relación entre titanio y
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



5. carbono tan elevada como de 16:1, debido a su reactividad con otros elementos y a su baja recuperación, a pesar de la relación estequiométrica teórica de 4:1, es evidente la marcada superioridad en cuanto a efectividad y eficacia del columbio sobre el titanio.

10. Aunque el elevado costo del columbio parecería a primera vista prohibir su uso en un acero de bajo contenido en carbono para aplicaciones tales como revestimientos, esmaltados y similares, los solicitantes han comprobado que el uso de columbio tiene por resultado la reducción de los costos de tratamiento, eliminación de algunas operaciones, menos rechazos y superiores rendimientos, que contrarrestan sobradamente el costo de la adición de columbio y la operación de
15. degasificación al vacío.

Breve descripción de los dibujos

Con referencia a los adjuntos dibujos:

20. La figura 1 es una representación gráfica de la respuesta de recristalización en función del tiempo de recocido y dureza de los aceros que contienen columbio, en comparación con los aceros que contienen titanio.

25. La figura 2 es un gráfico que muestra la relación entre \bar{r} y el porcentaje de reducción en frío para aceros oxidados, reposados con aluminio y tratados con titanio y columbio.

30. La figura 3 es un gráfico que muestra el efecto de la variación de las relaciones entre columbio y carbono sobre el alargamiento del punto de elasticidad y sobre la tensión elástica.

388796

- 15 -



5. La figura 4 es una comparación gráfica de las resistencias elásticas del acero con columbio de la invención con el acero que contiene titanio y con un acero esmaltable de grado comercial, de su estirado y recocido.

Las figuras 5 a 9 son microfotografías, con una ampliación de 100 veces, de secciones de un acero de la invención, que muestran el mecanismo de la recristalización durante el recocido final; y

10. La figura 10 es un gráfico que muestra la relación entre \bar{r} y la cantidad de columbio sin combinar presente en el producto laminado en caliente.

Descripción de las versiones preferidas

15. Una carga de acero puede fundirse en un horno de oxígeno básico y de hogar abierto o en un horno eléctrico, cuya carga tiene un análisis típico pero no limitativo de material destinado a acero estirable parcialmente oxidado o reposado (0,02 al 0,05% de carbono, 0,1 al 0,35% de manganeso, 0,01 al 0,020% de azufre, 20. 0,001 al 0,010% de nitrógeno y el resto sustancialmente hierro). El acero fundido se somete a descarburación mediante desgasificación al vacío en equipo convencional, preferiblemente con burbujeo de argón para facilitar la separación de impurezas y evitar estratificación de temperatura. Preferiblemente se añade algo de aluminio antes de la desgasificación a fin de "amortiguar" la carga, es decir, evitar un excesivo desprendimiento de gases. También pueden añadirse otros desoxidantes, tales como silicio, en pequeñas proporciones.

30. El resto del aluminio se añade preferiblemente



durante la desgasificación al vacío, pero después de la descarburación.

- La adición de aluminio por encima de la proporción necesaria para su combinación con nitrógeno y oxígeno puede no ser deseable, puesto que puede perjudicar la calidad del producto final. Más específicamente, la presencia de un exceso de aluminio en el producto puede obstaculizar el curado de grietas de fragilidad en caliente que puedan existir, aunque se evita la fragilidad en caliente, asegurando un contenido en manganeso suficientemente elevado para combinarse de modo sustancialmente completo con el azufre presente en el acero. A tal fin, deberá observarse una relación entre manganeso y azufre de 7:1 aproximadamente, si bien pueden tolerarse contenidos en manganeso superiores que no perjudicarían las propiedades finales.

- El columbio se añade después del aluminio, preferiblemente durante la desgasificación, o bien en el crisol o en el molde si se disponen medios de distribución adecuados.

- Para asegurar una completa y permanente separación de carbono mediante formación de carburo de columbio, es preferible una relación entre columbio y carbono de 12:1. Sin embargo, pueden utilizarse proporciones mayores aún de columbio, para promover la orientación granular y las propiedades mecánicas deseadas en el producto final.

- Preferiblemente no se añade silicio, aunque pueden tolerarse cantidades menores. También pueden tolerarse otros elementos en proporciones residuales

388796



- 17 -

normales.

El acero desgasificado deberá tener el siguiente análisis preferido, y la composición del producto final será también sustancialmente la misma:

5.	Carbono	0,005 al 0,010%
	columbio	0,08 al 0,12%
	manganeso	0,10 al 0,35%
	azufre	hasta el 0,02%
	oxígeno	hasta el 0,004%
10.	nitrógeno	hasta el 0,006%
	aluminio	0,015 al 0,020%
	fósforo	hasta el 0,010%
	silicio	hasta el 0,015%

15. resto, sustancialmente hierro, excepto impurezas incidentales.

El acero desgasificado y tratado puede fundirse luego en moldes para lingotes o puede fundirse en tiras por prácticas convencionales.

20. Cuando ha de practicarse una laminación en caliente continua, los lingotes se reducen al espesor de plancha, se recalientan si fuesen necesario, se laminan en caliente al espesor de banda y se bobinan.

25. Es preferible una temperatura de acabado en banda caliente convencional de aproximadamente 1090 a 1200°K, que no es crítica en la práctica de la presente invención. Sin embargo, una temperatura de acabado inferior a aproximadamente 1090°K tiene por resultado mayores necesidades de energía, siendo mas difícil obtener el espesor deseado. Una temperatura de acabado
30. sustancialmente superior a unos 1200°K aproximadamente



requiere mayores velocidades de laminación, enviándose a los bastidores de acabado una barra mas gruesa y mas caliente.

5. Es preferible un rápido temple a una temperatura de bobinado comprendida entre 865 y 975°K aproximadamente, aunque pueden emplearse temperaturas de bobinado superiores o inferiores, extendidas hasta los límites prácticos. En general, el bobinar a temperatura superior, es decir, hasta 1500°F o 1090°K aproximadamente tiene por resultado un producto mas blando, mientras que el bobinar a temperaturas inferiores, es decir, hasta solo 940°F ó 775°K aproximadamente, da lugar a un producto más duro. Con el equipo existente es difícil conseguir un temple a tan bajas temperaturas de bobinado.
- 10.
- 15.

- Como adición o alternativa al bobinado a temperatura relativamente elevada, puede efectuarse un recocido continuo o por cargas de la banda laminada en caliente, a una temperatura de hasta aproximadamente 1230°K, para obtener un producto laminado en caliente dotado del máximo grado de blandura y ductilidad.
- 20.

- El material bobinado es luego desoxidado y laminado en frío sustancialmente a su calibre final, preferiblemente sin recocido intermedio, de acuerdo con la práctica convencional. La reducción en frío puede ser del orden del 60 al 70% y no constituye una limitación en el procedimiento de la invención. Mayores grados de reducción en frío, de hasta el 90%, tienen por resultado mayores valores de \bar{r} .
- 25.

30. La tira laminada en frío se somete luego a

388796

- 19 -



un recocido final en una atmósfera protectora, cuyo recocido puede ser continuo o por cargas.

- Se comprenderá que la barra delgada o banda laminada en caliente es un producto que se vende comercialmente, dependiendo sus propiedades de la composición del acero y de la temperatura de bobinado, es decir la velocidad de enfriamiento desde la temperatura de acabado a la de bobinado y el grado de recocido que tiene lugar en la bobina compacta al enfriarse lentamente. A diferencia de los aceros convencionales de bajo contenido en carbono o tratados con titanio, el producto laminado en caliente puede obtenerse con un amplio espectro de propiedades mecánicas, que varían entre elevadas solidez y dureza y moderada y baja solidez y elevada ductilidad correspondiente. Naturalmente, la relación de tensión plástica será sustancialmente de 1,0, como para cualquier acero de bajo contenido en carbono y laminado en caliente.

- La siguiente table IA ilustra la gama de propiedades mecánicas de una delgada barra laminada en caliente y de un espesor de 2,54 mm, producida en una carga experimental desgasificada al vacío y fundida y fundida en hogar abierto, de 145 toneladas métricas, tratada en un tren de laminación, cuya carga contenía un 0,11% de columbio y un 0,005% de carbono (relación columbio:carbono de 22:1). La siguiente table IB ilustra la gama de propiedades mecánicas de una delgada barra laminada en caliente, de 1,96 mm de espesor, producida en una carga experimental desgasificada al vacío y fundida en horno eléctrico, de 154 toneladas métricas,



- tratada en un tren de laminación, cuya carga contenía un 0,14% de columbio y un 0,008% de carbono (relación Cb: C de 17:1). El temple desde la temperatura de acabado en la laminación en caliente, de unos 1145°K a una baja temperatura de bobinado de unos 865°K o inferior, tiene por resultado una fina dispersión de precipitados de carburo de columbio que contribuyen a las elevadas solidez y dureza desarrolladas en el producto laminado en caliente, mientras que el empleo de temperaturas de bobinado superiores, de aproximadamente 975 a 1090°K tiene por resultado una dispersión más basta de estos precipitados, y una solidez y dureza inferiores.

Tabla IA

Barra delgada laminada en caliente (2,54 mm espesor) de acero producido y tratado en laminadora que contiene 0,11% columbio y 0,005% carbono.

Temperatura bobinado	Dureza R_B	Resistencia a la tracción MN/m^2	Resistencia elástica	%alargamiento en 508 mm
<u>°K</u>				
865	63	367	262	35
975	55	334	214	42
1090	45	318	179	47

388796

- 21 -



Tabla IB

Barra delgada laminada en caliente (1,96 mm espesor) de acero producido y tratado en laminadora, que contiene 0,14% columbio y 0,008% carbono.

Temperatura bobinado	Dureza R_B	Resistencia a la tracción MN/m^2	Resistencia elástica	% alargamiento en 508 mm
$^{\circ}K$				
775	76	468	356	25
865	75	449	319	36
975	60	364	214	40

- Independientemente de la solidez y dureza producidas por temple desde la temperatura de acabado a una baja temperatura de bobinado, la banda laminada en caliente puede hacerse blanda y dúctil mediante post-recocción. Si la banda se recuece en la banda ferrítica (por debajo de la temperatura A_1 de 1183°K aproximadamente), no se produce ningún desarrollo granular, pero los precipitados de carburo de columbio adquieren una granulación basta y se obtiene un producto más blando y más dúctil. El recocer algo por encima de la temperatura de austenitización tiene por resultado una ferrita transformada de granulación más basta y un producto más blando aún que el que puede obtenerse por recocido a una temperatura de la gama ferrítica. La table IIA ilustra el efecto de tales temperaturas de post-recocido sobre un material laminado en caliente que había sido bobinado aproximadamente 865°K.



Tabla IIA

Barra delgada laminada en caliente y post-recocida (2,54 mm de espesor de acero producido y tratado en laminadora, que contiene 0,11% columbio y 0,005% carbono)

Condición de post-recocido a la tracción	Tamaño granular ASTM	Dureza R_B	Resistencia a la tracción 508 mm	Resistencia elástica MN/m ²	% alargamiento en 508 mm	Recocido tira continua en la gama ferrítica (1145°K)	Recocido tira continua por encima temperatura austenitización 1200°K
	8-9	46	317	172	47	(1600°F-1145°K)	(1200°K)
	5-6	40	283	166	49		

- La lenta respuesta en el reblandecimiento de los aceros de la invención permite retener las propiedades de laminación en caliente después del revestimiento metálico por inmersión en caliente, aun cuando la banda laminada en caliente sea sometida a temperaturas relativamente elevadas, tales como de unos 1005°K, durante un corto tiempo, como en el revestimiento de aluminio. Esto se ilustra en la siguiente tabla IIB, en la que un material que tenía una relación entre columbio y carbono de 17:1 fué bobinado a unos 780°K (las propiedades antes del revestimiento se indican en la anterior tabla IB).
- 5.
- 10.

388796

- 23 -



Tabla IIB

Barra delgada laminada en caliente y revestida de aluminio (1,96 mm grosor), de acero producido y tratado en laminadora que contiene 0,14 % cromo y 0,008% carbono

Condición	Dureza R_B	Resistencia a la tracción MN/m ²	Resistencia elástica MN/m ²	% alargamiento en 508 mm	Revestido (temperatura de tira 10005° K), nivelada a rodillo y estriamiento
	74	449	373	20	

- La banda o barra delgada laminada en caliente de la presente invención no muestra alargamiento en el límite elástico y por consiguiente no está sujeta a rotura de bobina durante el bobinado sobre un mandrill o desbobinado desde el mismo. Por consiguiente, la banda laminada en caliente puede ser revestida metálicamente por inmersión en caliente en líneas de revestimiento continuo sin roturas de bobinas; ésto ha sido prácticamente imposible con los aceros del arte anterior. La tira revestida puede ser nivelada con rodillos o con estiradora para producir un alto grado de lisura sin experimentar estriamiento o tensiones producidas por la estiradora. El acero no muestra tensiones de ésta durante su formación, que pueden causar roturas y / o deficiente aspecto superficial en los aceros convencionales de bajo contenido carbónico.
- 5.
 - 10.
 - 15.

En la tira laminada en frío y recocida, puede producirse un amplio espectro de propiedades, que varían



entre una elevada solidez con limitada ductilidad y una moderada solidez con elevada ductilidad y altos valores de \bar{r} , requeridos para una buena e intensa estirabilidad. Las propiedades de la tira dependen de su composición, del ritmo de enfriamiento desde la temperatura de acabado en el procedimiento de laminación en caliente y de las condiciones de recocido.

- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- En los aceros, tratados con columbio, de la presente invención, el ritmo de recristalización durante el recocido final progresa tan lentamente a temperaturas de recocido de aproximadamente 865 a 1035°K, que sus propiedades pueden controlarse de manera práctica en las instalaciones de recocido y producción de acero existentes. El retardamiento de la respuesta a la recristalización es sustancialmente mayor que en cualquier acero ferrítico de bajo contenido en carbono, ya sea incompletamente desoxidado, calmado con aluminio o tratado con titanio. El gráfico de la figura 1 ilustra la respuesta a la recristalización, en función de la disminución de dureza, con el tiempo, a temperaturas de recocido de aproximadamente 920 y 975°K para aceros tratados con columbio y con titanio.

- 25.
- 30.
- Además, la formación de precipitados de carburo de columbio proporciona un reforzamiento inherente del acero, que puede controlarse también mediante la adenuada selección de las condiciones finales de recocido. La tabla III ilustra el espectro de resistencias a la tracción y elásticas que se desarrollan recociendo a unos 920°K y unos 975°K, respectivamente, una carga de hogar abierto de 145 toneladas métricas producida en

388796



- 25 -

5. laminadora, cuya carga contiene un 0,11 % de columbio y un 0,005% de carbono desgasificada al vacío, vertida en moldes para lingotes, laminada en caliente, a 2,54mm de grosor, bobinada a unos 975°K y reducida en frío en un 65%.

Tabla III

Espectro de propiedades desarrolladas
con el recocido

Tiempo de recocido, horas	1200°F (920°K)			1300°F (975°K)		
	Resistencia a la tracción MN/m ²	Resistencia elástica 0,5% MN/m ²	% alargamiento en 508 milímetros	Resistencia a la tracción MN/m ²	Resistencia elástica 0,5% MN/m ²	% alargamiento en 508 milímetros
1	492	464	10.5	340	191	39.7
2	470	433	14.2	324	166	43.8
4	402	332	21.2	318	145	45.6
16	370	276	29.2	313	139	48.2

Alargamiento en el límite elástico = 0%, en todas las condiciones.

10. Las propiedades desarrolladas por el recocido después de la reducción en frío están relacionadas y dependen de la solidez y dureza de la banda o barra delgada laminada en caliente. Cuanto mayor sea la dureza mostrada por la barra delgada laminada en caliente, antes de su reducción en frío, mayor será la solidez mostrada por la tira recocida para cualquier condición determinada de recocción. La barra delgada laminada en caliente y tratada de modo que muestre menos de una du-

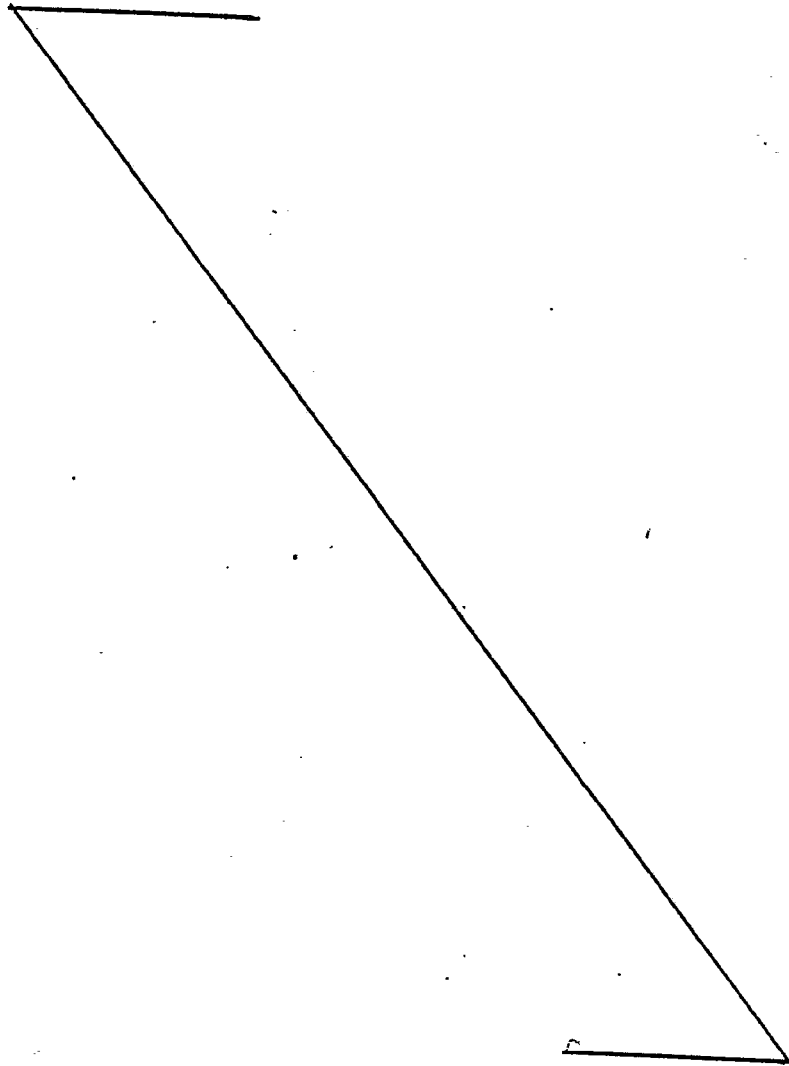
15.

388796

- 26 -



- reza máxima, por ejemplo bobinado a una temperatura relativamente elevada (v.gr. de aproximadamente 975°K ó más) o mediante post-recocido, presentará una solidez más moderada y mayor ductilidad después de la reducción en frío y el recocido. El efecto de la dureza de la barra delgada sobre las propiedades mecánicas después de la reducción en frío y del recocido, se muestra en la tabla IV, para una carga experimental producida en laminadora, con una relación columbio:carbono de 22:1.
- 5.



388796

- 27 -

Efecto de la dureza laminada en caliente des laminadas en

Recocido 920°K

Tiempo, horas Resistencia a la tracción, K si % Alargamiento en 508 milímetros

	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1/6	77.4	71.3	63.4	71.6	67.2	57.3	11.5	10.5	15.2
1/2	75.8	68.2	60.8	69.1	62.6	52.9	11.5	14.2	21.0
1	71.0	58.2	52.5	61.1	48.0	37.1	15.2	21.2	31.5
4	67.2	57.6	51.0	54.0	44.8	33.9	18.1	23.5	35.0
16	61.5	53.6	49.3	46.5	39.9	29.5	23.4	29.2	39.7

% alargamiento punto elasticidad = 0, en todas las condiciones

Barra delgada Dureza - R_B

- A 56 Bobinado a unos 810°K, reducida en frío
- B 55 Bobinada a unos 975°K, reducida en frío
- C 42 Bobinada a unos 975°K, recocida a unos

Nota - Para obtener MN/m², multiplíquese por 6,9

Tabla IV

de la barra delgada sobre las propiedades de frío y recocidas

Recocido 975°K

Resistencia a la tracción, K si Resistencia elástica 0,5% MN/m² % Alargamiento en 508 milímetros

	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1/6	71.1	64.2	56.3	61.8	55.1	43.6	15.2	16.4	25.1
1/2	60.7	54.0	48.8	45.8	35.9	27.3	26.9	31.5	37.4
1	51.0	49.2	46.1	28.9	27.6	20.7	36.2	39.7	43.2
4	47.4	46.2	44.5	22.8	21.0	18.9	43.3	45.6	46.7
16	46.0	45.4	44.5	21.1	20.2	18.7	43.9	48.5	47.1

al 65% recocida

al 65% recocida

1145°K, reducida en frío al 65% recocida

POOR QUALITY

388796

Efecto de la dureza de la laminada en caliente sobre des laminadas en frío

Recocido 920°K

Tiempo, horas	Resistencia a la tracción, K si			Resistencia elástica 0,5% MN/m ²			% Alargamiento en 508 milímetros			Res.
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1/6										71.
1/2										60.
1	77.4	71.3	63.4	71.6	67.2	57.3	11.5	10.5	15.2	51.
2	75.8	68.2	60.8	69.1	62.6	52.9	11.5	14.2	21.0	
4	71.0	58.2	52.5	61.1	48.0	37.1	15.2	21.2	31.5	47.
8	67.2	57.6	51.0	54.0	44.8	33.9	18.1	23.5	35.0	
16	61.5	53.6	49.3	46.5	39.9	29.5	23.4	29.2	39.7	46.

% alargamiento punto elasticidad = 0, en todas las condiciones

Barra delgada Dureza - R_B

A 66

B 55

C 42

Bobinado a unos 810°K, reducida en frío

Bobinada a unos 975°K, reducida en frío

Bobinada a unos 975°K, recocida a unos

al 65%

al 65%

1145°K

Nota - Para obtener MN/m², multiplíquese por 6,9

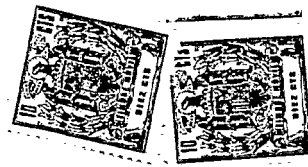


Tabla IV

de la barra delgada
sobre las propieda-
frío y recocidas

388796

Recocido 975°K

Resistencia a la tracción, K si			Resistencia elástica 0,5% MN/m ²			% Alargamiento en 508 milímetros		
A	B	C	A	B	C	A	B	C
71.1	64.2	56.3	61.8	55.1	43.6	15.2	16.4	25.1
60.7	54.0	48.8	45.8	35.9	27.3	26.9	31.5	37.4
51.0	49.2	46.1	28.9	27.6	20.7	36.2	39.7	43.2
47.4	46.2	44.5	22.8	21.0	18.9	43.3	45.6	46.7
46.0	45.4	44.5	21.1	20.2	18.7	43.9	48.5	47.1

al 65% recocida

al 65% recocida

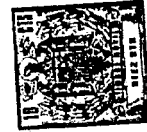
1145°K, reducida en frío al 65% recocida



388796

- El efecto de la reducción en frío sobre la relación de tensión plástica se ilustra gráficamente en la figura 2, en la que se compara un acero de esta invención, dotado de una relación columbio:carbono de 17:1, con un acero tratado con titanio y con aceros convencionales reposado con aluminio e incompletamente desoxidado. Es evidente la superioridad en valores \bar{r} del acero de la invención, dentro del nivel de reducción en frío del 50 al 90%.
- 5.
10. La respuesta lenta al reblandecimiento, anteriormente explicada, en los aceros de la presente invención, proporciona un potencial para la producción de tira metálicamente revestida y totalmente dura, que hasta ahora ha sido imposible de producir con revestimientos de aluminio. Un producto totalmente duro es uno que tiene unas propiedades reducidas en frío tales como de una resistencia elástica de 621 MN/m^2 o superior, en condición revestida. Durante el revestimiento metálico, la tira se calienta ordinariamente a unos 950°K o más, para limpiar la superficie y ponerla a la temperatura de revestimiento. Los aceros del arte anterior incompletamente desoxidados, reposados o tratados con titanio recristalizan muy rápidamente a temperaturas próximas a unos 920°K y por consiguiente pierden las propiedades de completa dureza. La aleación de esta invención puede recocerse durante cortos tiempos a temperaturas de unos 950°K sin recristalización o reblandecimiento sustancial. Por consiguiente, se obtienen las propiedades deseadas mientras se usa una temperatura a la que pueden asegurarse una buena limpieza y adherencia del revestimiento.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

388796



- El efecto de la composición sobre la resistencia elástica y la ausencia de alargamiento en el límite elástico, en condición recocida, se ilustra gráficamente en la figura 3. Los datos trazados en el gráfico de esta figura se obtuvieron de cargas producidas y tratadas en laboratorio. Las cargas fueron fundidas al vacío y todas ellas contenían aproximadamente un 0,31% en peso de carbono. El material fué laminado en caliente para simular la práctica comercial de granulación controlada con una temperatura de acabado de unos 1145°K y una temperatura de bobinado de unos 865°K. La banda laminada en caliente fué reducida en frío en un 60% y recocida a unos 1020°K durante una hora, para producir chapa laminada en frío y totalmente recristalizada. Es evidente por la figura 3 que en los aceros del contenido en carbono especificado, que han sido sometidos al procedimiento de la presente invención, una relación columbio:carbono de 8:1 ó más libera a los aceros de alargamiento en el límite elástico, aun cuando se hallen presentes azufre, oxígeno y nitrógeno. Como la relación estequiométrica entre columbio y carbono en el carburo de columbio es de 7,75:1, el gráfico de la figura 3 ilustra la elevada eficacia y efectividad del columbio en cuanto a combinarse selectivamente con carbono y separar éste de la solución.

- Las condiciones de recocido afectan también al alargamiento del punto de elasticidad de aceros producidos en el laboratorio, dentro de la gama de relaciones columbio:carbono de 7:1 a 10:1 aproximadamente. Así en un acero producido en el laboratorio, dotado de una

POOR
QUALITY



388796

- relación columbio:carbono de 7:1 aproximadamente, el recocido a unos 975°K produjo una inestabilidad transitoria durante un tiempo de recocido de hasta unas 8 horas, pero la continuación del recocido hasta 16 horas tuvo por resultado una reducción del alargamiento en el límite elástico a un valor inferior al 1%. Por otra parte, el recocido a temperaturas del orden de 1035 a 1145°K aproximadamente tuvo por resultado tipos tanto transitorios como persistentes de inestabilidad para unos tiempos de recocido de hasta 16 horas.
- 5.
- 10.

- En un acero producido en el laboratorio, con una relación columbio:carbono de 10:1, el recocido a un nivel de temperatura de aproximadamente 1035 a 1090°K produjo una inestabilidad temporal durante un tiempo de recocido de unas 2 horas, pero al continuarse hasta 8 horas, el alargamiento en el límite elástico se redujo a un valor del 0%. Por otra parte el recocido a unos 1145°K produjo inestabilidad tanto transitoria como persistente para tiempos de recocido de hasta 9 horas.
- 15.

- En contraste con esto, en un acero producido en el laboratorio y dotado de una relación columbio:carbono de 12,5:1 aproximadamente, el material quedó completa y permanentemente libre de alargamiento del punto de elasticidad bajo condiciones de recocido comprendidas entre temperaturas de aproximadamente 975 a 1145°K, durante tiempos de 5 minutos a 16 horas.
- 20.
- 25.

- La inestabilidad transitoria puede ser solamente un fenómeno observado en los materiales producidos en el laboratorio, probablemente como resultado del enfriamiento relativamente rápido de lingotes y bandas calien-
- 30.



388796

tes, que da lugar a precipitados de carburo muy finos. Tal fenómeno no se ha observado en una carga producida en laminadora, con una relación columbio:carbono marginal.

5. La presencia de un alargamiento en el límite elástico en aceros dotados de una relación columbio:carbono del orden de 7:1 a 10:1, a temperaturas de recocido de aproximadamente 1090 a 1145°K, reduciría al mínimo el valor de ésta invención para el uso de tal material en un revestimiento continuo por inmersión en caliente con aluminio o cinc, puesto que tal procedimiento de revestimiento implica el recocido durante un corto tiempo a temperaturas comprendidas entre aproximadamente 1005 y 1145°K. Sin embargo, como se indica anteriormente, el material puede laminarse con temple para eliminar el alargamiento en el límite elástico y posteriormente el producto sería resistente al envejecimiento.
- 10.
- 15.

- Una de las propiedades más notables del acero de la presente invención es su falta de desarrollo granular crítico, que hace al material particularmente útil para acero esmaltable. El recocido de partes estiradas y revestidas con esmalte de porcelana da lugar a un desarrollo granular crítico cuando se usan aceros convencionales o tratados con titanio, lo cual ha constituido un problema de larga duración. El desarrollo granular crítico tiene por resultado una extremada pérdida de solidez, debido al gran tamaño de los granos de ferrita, que se desarrollan a lo largo de las zonas estiradas críticamente de una parte estirada en el recoci-
- 20.
- 25.
- 30.

388796



- do, lo cual tiene lugar como resultado del recocido de la frita aplicada. Los solicitantes han comprobado que los aceros de la presente invención tratados con columbio no solo muestran ausencia de desarrollo granular crítico, sino que incluso ofrecen una acentuada solidez como resultado de la tensión crítica de las partes estiradas. La tabla V y la figura 4 comparan una carga experimental del acero de la presente invención producida en laminadora y que contiene columbio, con un
5. acero esmaltable que contiene titanio, de la composición descrita en la patente estadounidense nº3.183.078 anteriormente mencionada, y un grado normal comercialmente obtenible de acero esmaltable, vendido bajo la marca comercial registrada de UNIVIT. El acero tratado
10. con columbio corresponde a la misma carga descrita en la anterior tabla III. El gráfico de la figura 4 muestra que el acero de la presente invención aumenta gradualmente de solidez con grados crecientes de tensión hasta del 16% y nunca disminuye a la solidez original,
15. mientras que el acero tratado con titanio aumenta de solidez cuando se estira hasta un 8%, pero muestra una pérdida de solidez por debajo de la original, al estirarse en un 12% o más. El acero esmaltable comercial muestra una pérdida de solidez como resultado incluso
20. del más ligero grado de tensión. Además, la tabla V muestra que el tamaño granular del acero de la presente invención permanece constante aun cuando sea estirado por encima del 16%.
- 25.



388796

388796

Tabla V

Desarrollo granular del recocido a 1060° durante 5 minutos

Acero esmaltable de grado UNIVIT Armco

Acero producido en laminadora y tratado con columbio

% estirado antes del recocido	Acero producido en laminadora y tratado con columbio		Acero tra		Acero esmaltable de grado UNIVIT Armco		Tamaño granu. ASTM
	Resistencia elástica MN/m	% alargamiento en el límite elástico	Tamaño granular ASTM	Resistencia elástica MN/m ²	% alargamiento en el límite elástico	Resistencia elástica MN/m ²	
0	134	0	8	117	0	238	8-9
4	170	0	8	156	0	225	8-9
8	202	0	8	132	0	223	8
12	233	0	8	98	0	94	1-2
16	246	0	8	107	0	97	1-3
20	202	0	8	103	0	95	3-4
24	177	0	8		0	114	3-4
							4-5



20474

388796

Desarrollo granular del recocido a 1060°K durante 5 minutos

Acero producido en laminadora y tratado con columbio

Acero tratado con titanio

% estirado antes del recocido	Resistencia elástica MN/m ²	% alargamiento en el límite elástico	Tamaño granular ASTM	Resistencia elástica MN/m ²	% alargamiento en el límite elástico
0	134	0	8	117	
4	170	0	8	156	
8	202	0	8	192	
12	233	0	8	98	
16	246	0	8	107	
20	202	0	8	103	
24	177	0	8		

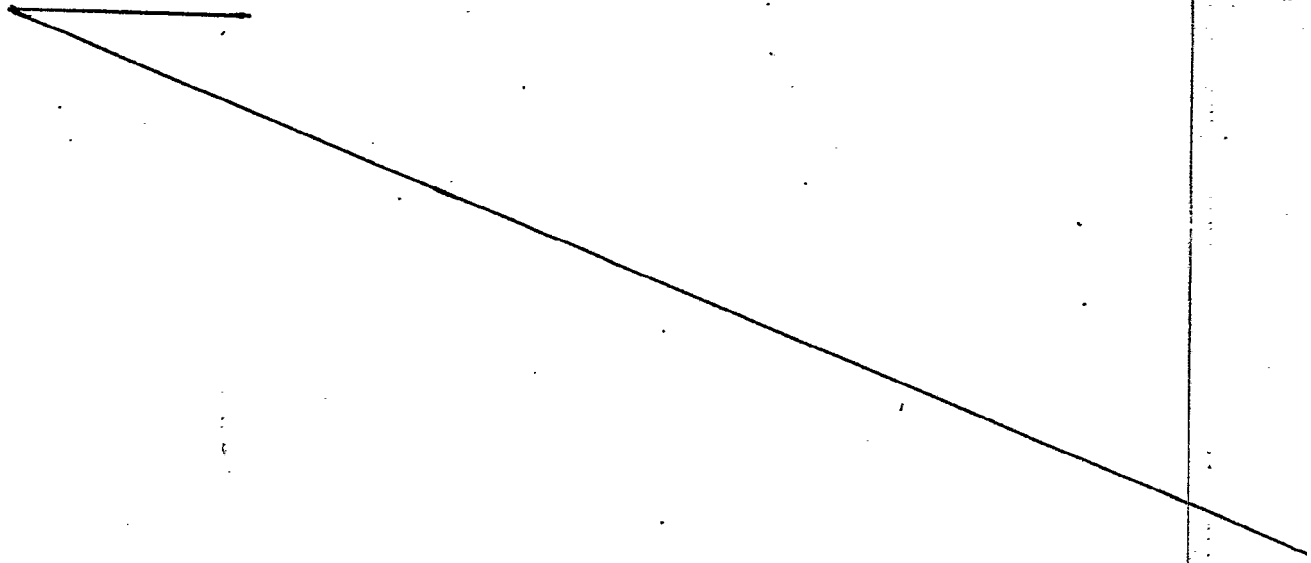


Tabla V



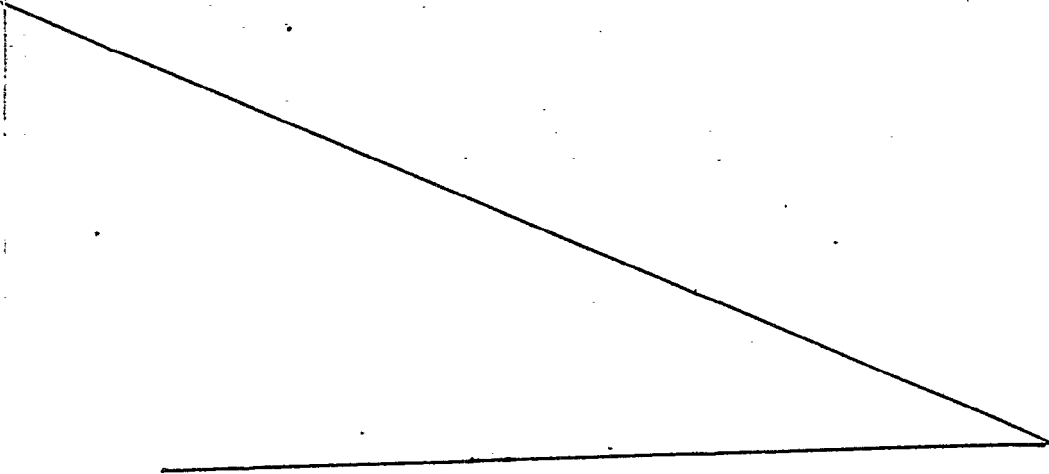
388796

crítico después
aproximadamente
minutos

tado con
nio

Acero esmaltable de grado
UNIVIT Armco

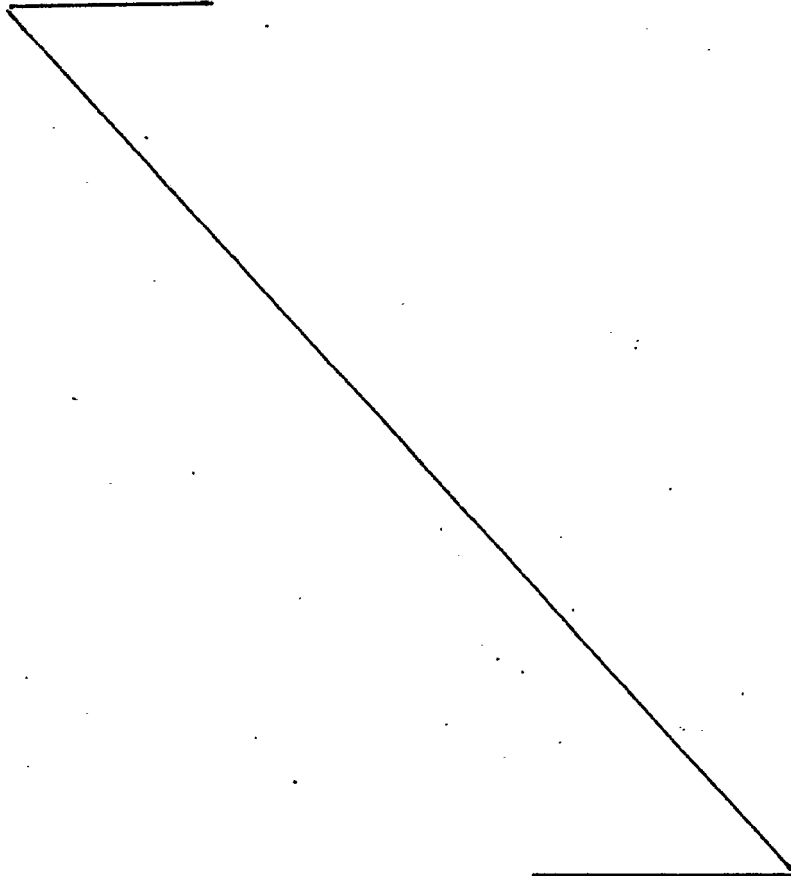
% alargamiento en el límite elástico	Tamaño granular ASTM	Resistencia elástica MN/m ²	% alargamiento en el límite elástico	Tamaño granular ASTM
0	8-9	238	8.0	8-9
0	8-9	225	4.2	8-9
0	8	223	2.5	8-9
0	1-2	94	0	1
0	1-3	97	0	2-3
0	3-4	95	0	3-4
		114	0.8	4-5





388708

- Se elaboró un acero preferido, tratado con columbio, de la presente invención, que contenía un 0,11% de columbio y un 0,005% de carbono, en las fases de laminación en caliente y de bobinado y luego se sometió a
5. una variedad de subsiguientes operaciones. Las propiedades mecánicas se exponen en la siguiente tabla VI. Es notable destacar que pueden obtenerse valores de solidez y alargamiento comparables y elevados valores \bar{r} en lámina reducida en frío, mediante recocido por cargas y revestimiento
 10. metálico por inmersión en caliente. El producto laminado en caliente y revestido puede obtenerse con los mismos valores de solidez y elevados valores de alargamiento que se obtienen con los productos laminados en frío, recocidos por cargas y/o revestidos.



388796

- 35 -

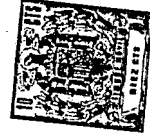


Tabla VI

Acero de calidad estirable producido en laminadora y
que contiene un 0,11 % de columbio y un 0,005 % de carbono.

Condición	Dureza R_B	Resistencia elástica 0,5% MN/m ²	Resistencia a la tracción MN/m ²	% alargamiento en 508 milíme- tros	\bar{r}
Recocido en bobina, abierta a unos 1020°K- 8 horas después reduc- ción en frío al 65 % a un calibre 20 y luego laminado con temple al 0,2% para su lisura.	41 - 44	145- 152	310- 314	45 - 48	1.95- 2.10
Recocido en caja a unos 1020°K - 12 horas después reducción en frío al 65% a un calibre 20, y luego laminado con temple al 0,2% para su lisura.	39	138- 145	310	44	2.1
Revestido con cinc después de una reducción en frío al 70 % a un calibre 22; t... temperatura de tira, apro- ximadamente 1090-1145 °K.	40	152- 159	314- 324	40 - 41	1.78
Revestido con cinc des- pués de la banda laminada en caliente de 26,4 mm; temperatura tira aproxi- madamente 1090-1145 °K.	43 - 47	152- 172	304- 310	45 - 47	1.0
Alargamiento en el límite elástico = 0%, en todas las condiciones.					



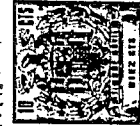
388796

La correlación entre la relación de tensión plástica media y la cantidad de columbio sin combinar en la barra delgada laminada en caliente, se ilustra gráficamente en la figura 10. Los datos se obtuvieron de una serie de cargas continuamente fundidas y de una serie de cargas de lingotes, sometiéndose cada tipo a las mismas condiciones de tratamiento. Los lingotes o planchas fueron laminados en caliente, con una temperatura de acabado de 1170° K y bobinados a 920°K. La barra delgada laminada en caliente presentaba un espesor comprendido entre 2,29 y 2,54 mm.

Los contenidos de columbio, carbono y aluminio se variaron intencionadamente en estas cargas, mientras que los restantes elementos se mantuvieron constantes dentro de los límites comercialmente practizables. Más específicamente, se variaron los contenidos totales de columbio entre el 0,068% y el 0,25% aproximadamente, los de carbono entre el 0,0022% y el 0,020% y los de aluminio entre menos del 0,002% y el 0,070%. Otros elementos se encontraban dentro de los siguientes valores:

20.	manganeso	0,3 - 0,5%
	azufre	0,008 - 0,019%
	oxígeno	0,001 - 0,01%
	nitrógeno	0,004 - 0,008%
25.	fósforo y silicio	residuales
	resto, sustancialmente	hierro.

La cantidad de columbio sin combinar se calculó mediante cualquiera de las dos siguientes fórmulas, dependiendo de que se añadiese o no aluminio para su combinación con nitrógeno:



388796

$$1. \% Cb_{\text{sin combinar}} = \% Cb_{\text{total}} - 7.75\% C_{\text{total}} - 6.65 \left[\% N_{\text{total}} - \frac{\% Al_{\text{soluble en acido}}}{1.93} \right]$$

$$\text{donde } \left[\% N_{\text{total}} - \frac{\% Al_{\text{soluble en acido.}}}{1.93} \right] > 0$$

$$2. \% Cb_{\text{sin combinar}} = \% Cb_{\text{total}} - 7.75\% C_{\text{total}}$$

$$\text{donde } \left[\% N_{\text{total}} - \frac{\% Al_{\text{soluble en acido.}}}{1.93} \right] = 0$$

Si se emplea titanio como formador de nitruros en lugar del aluminio, éstas fórmulas pueden modificarse adecuadamente teniendo en cuenta tal sustitución.

- 5. En la figura 10, los valores \bar{r} se refieren al producto final después de una reducción en frío del 62% y de un recocido a 1020°K, mientras que los porcentajes de columbio sin combinar están calculados por las fórmulas 1 y/ó 2, usando valores de porcentajes de columbio, carbono y nitrógeno totales y de aluminio soluble en ácido para la barra delgada laminada en caliente, determinados por análisis laminar a temperatura ambiente. Se comprenderá naturalmente que el porcentaje efectivo de columbio sin combinar, o de columbio en solución sólida, a la temperatura de laminación en caliente, no será igual al analizado a temperatura ambiente. Sin embargo, se ha observado que existe una relación bien definida entre \bar{r} y el Cb sin combinar, determinada a temperatura ambiente.
- 10. Como resulta evidente por la figura 10, se produce una marcada diferencia en los valores \bar{r} entre el 0,022% y el 0,026% aproximadamente de columbio sin combinar, y el valor crítico parece por consiguiente ser del
- 15.
- 20.



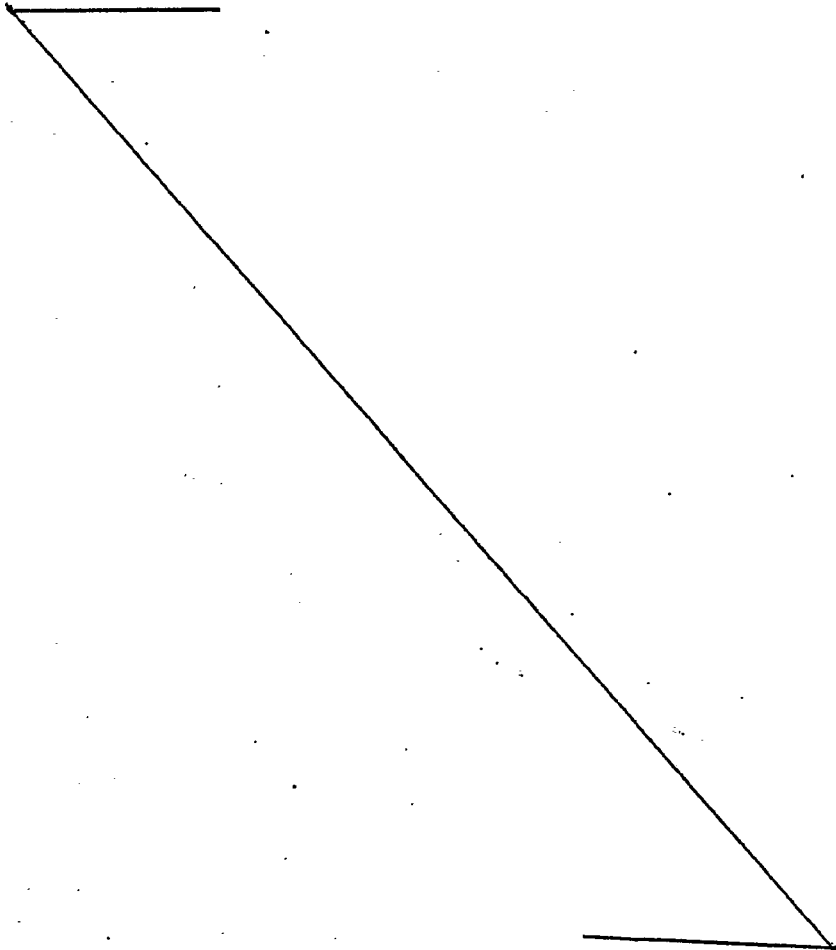
388796

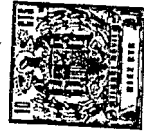
5.

0,025% aproximadamente de columbio sin combinar, por encima del cual pueden obtenerse unos valores \bar{r} superiores a 1.8. Una carga, que tenía un 0,027% de columbio sin combinar, mostró un valor \bar{r} de 1,65 solamente, y ésta excepción a todos los demás datos no es actualmente explicable.

10.

Las variaciones en los contenidos totales de carbono, aluminio y nitrógeno se observó que ejercían un efecto relativamente pequeño sobre los valores \bar{r} , siempre que se añada suficiente columbio para proporcionar un exceso del 0,025% aproximadamente, por lo menos, de columbio sin combinar, determinado en el producto laminado en caliente, como resultará evidente mediante una consideración de la siguiente tabla VII.





388796

Tabla VII

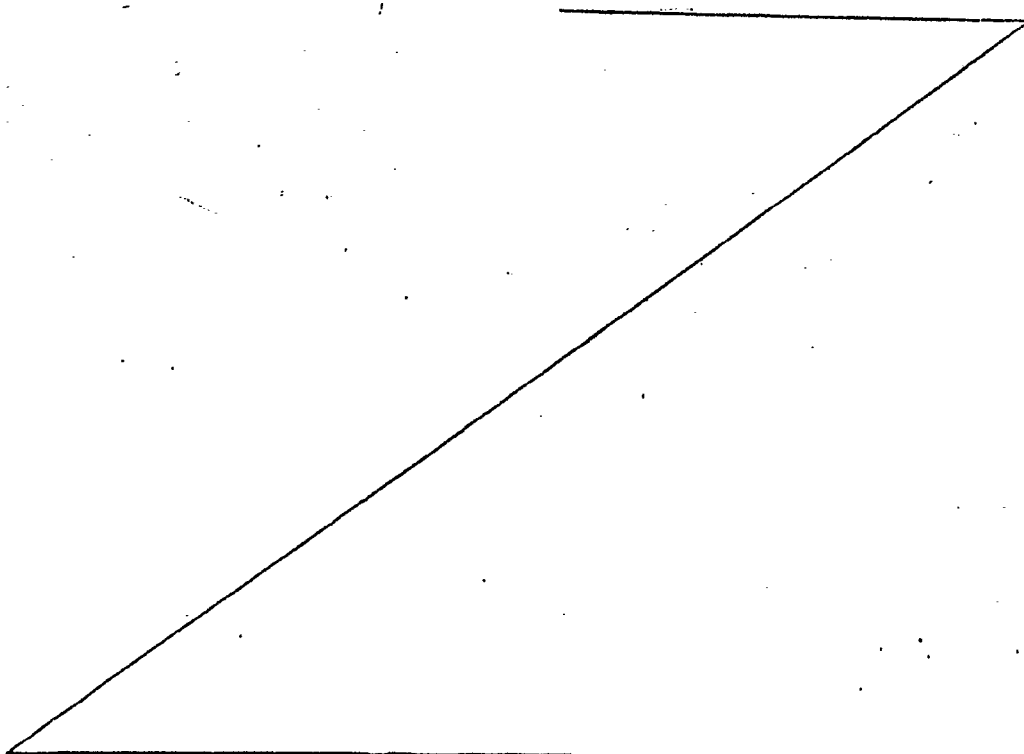
	<u>% Al</u>	<u>1.93% N + 1.2% O</u>			
<u>% Cb</u>	<u>sin combinar.</u>	<u>\bar{r}</u>	<u>% Cb</u>	<u>% C</u>	<u>% N</u>
<u>por la fórmula 2</u>					
5.	.071	2.10	.095	.0031	.0063
	.076	1.97	.098	.0028	.0048
	.057	2.13	.079	.0029	.0055
	.109	2.06	.15	.0053	.0053
	.087	2.19	.12	.0043	.0057
10.	.061	2.07	.083	.0029	.0068
	.036	1.89	.091	.0069	.0063
	.191	1.97	.24	.0063	.0056
	.089	2.10	.11	.0027	.0050
	.103	1.96	.12	.0022	.0053
15.	.081	1.94	.13	.0063	.0051
	.062	1.90	.094	.0041	.0056
	.231	1.80	.25	.0025	.0070
	.092	2.02	.11	.0023	.0058
	.078	1.84	.11	.0042	.0064
20.	.027	1.65	.068	.0053	.0069
	0	1.60	.14	.020	-
<u>% Al</u> <u>1.93% N + 1.2% O</u>					
<u>por la fórmula 1</u>					
	.047	2.12	.096	.0038	.0050
25.	.038	1.97	.091	.0027	.0044
	.034	2.13	.090	.0049	.0047
	.002	1.59	.073	.0047	.0062
	.014	1.66	.074	.0040	.0053
	.038	2.04	.082	.0027	.0045
30.	.162	1.92	.20	.0022	.0042
	.031	2.10	.092	.0037	.0059
	.026	1.91	.086	.0040	.0044
	.022	1.47	.094	.0076	.0075
	0	1.44	.10	.010	.0084
	0	1.48	.11	.011	.0053

388796



Los datos de la tabla VII se relacionan con las mismas cargas trazadas en la figura 10.

- Las estructuras estratificadas o bandeadas anteriormente mencionadas asociadas con la recristalización incompleta de acero han sido verificadas por examen microscópico de las secciones químicamente atacadas de un acero producido y tratado en laminadora que contenía 0,11% de columbino y 0,005% de carbon, laminado en caliente hasta un espesor de 2,54 mm, bobinado a unos 975°K y reducido en frío en un 65%.
5. Muestras de esta tira reducida en frío exhibía una recristalización gradual progresiva hacia el interior desde las superficies cuando fue recocida a unos 920°K durante 4,8 y 16 horas. Muestras adicionales, recocidas a unos 975°K durante 4 horas, y a unos 1020°K durante 8 horas, respectivamente exhibieron una recristalización completa a una microestructura muy estable. Las propiedades mecánicas de estas muestras se detallan en la Tabla VIII a continuación.
- 10.
- 15.





388796

Tabla VIII

<u>Condiciones de recocido de las muestras</u>	<u>Resistencia elástica 0,5% MN/m²</u>	<u>Resistencia a la tracción MN/m²</u>	<u>% alargamiento en 508 milímetros</u>	<u>p</u>
920°K - 4 horas	372	462	18	1.00
920°K - 8 horas	296	407	26	1.17
920°K -16 horas	214	366	32	1.54
975°K - 4 horas	172	331	40	1.94
1020°K - 8 horas	145	318	44	1.92

Aunque la práctica preferida del procedimiento de la presente invención considera la operación de templar el material laminado en caliente desde una temperatura de acabado del orden de 1090 a 1200°K a una temperatura inferior a aquella, a una velocidad suficientemente rápida para causar la precipitación de carburos en forma finamente dispersa, se comprenderá que el ámbito de la invención no se limita en tal sentido y cubre un producto no obtenido de esta manera, que no obstante es plenamente estable en razón a la adición del columbio y que posee una grande particular utilidad para aplicaciones de estirado y/o alargamiento, esmaltado, revestimiento metálico y otros usos en los que se requiere una buena ductilidad, ausencia de desarrollo granular crítico, envejecimiento y alargamiento del punto de elasticidad.

N O T A

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



5. en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Norteamericana con los números 15.415 de 2 de Marzo de 1.970 y 107.077 de 16 de enero de 1.971, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que solicita una Patente de Invención por 20 años, en España, sobre: PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE ACERO DE BAJO CONTENIDO EN CARBONO Y RESISTENTE AL ENVEJECIMIENTO; caracterizándose por lo siguiente:
10. 1.- Procedimiento para la producción de acero de bajo contenido en carbono y resistente al envejecimiento, con una composición de entre 0,002% a 0,015% de carbono, 0,05 a 0,60% de manganeso, 0 a 0,035% de azufre, 0 a 0,010% de oxígeno, 0 a 0,012% de nitrógeno, 0 a 0,08% de aluminio, 0 a 0,010% de fósforo, columbio en una gama superior a 0,025 - 0,30%, y el resto acero a excepción de impurezas en cantidades despreciables, caracterizado porque comprende las etapas
15. de fundir un acero que contiene un contenido en carbono de como máximo 0,05% en peso; la desgasificación al vacío del acero para obtener un contenido en carbono del 0,015% como máximo, un contenido en oxígeno del 0,010% como máximo, y un contenido en nitrógeno de un 0,012% como máximo; la adición
20. de columbio en una cantidad suficiente para proporcionar por lo menos 0,025% en peso de columbio libre según se determina por análisis a temperatura ambiente y calculada; la fusión y solidificación del acero desgasificado; la laminación en caliente del acero a un determinado espesor de banda; y su bobinado a una temperatura de hasta unos 1090°K.
25. 30.

M &

388796



5. 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye la operación de añadir un formador de nitrito u óxido al acero fundido, antes de añadir columbio, es una cantidad suficiente para combinar con el oxígeno y nitrógeno presente en el acero, y porque se añade el columbio en una cantidad determinada.
10. 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, ó 2, caracterizado porque incluye la operación adicional de revestir por inmersión en caliente, el acero laminado en caliente con recubrimiento metálico fundido.
15. 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, ó 2, caracterizado porque la banda laminada en caliente es templada y bobinada a una temperatura de aproximadamente entre 775 y 920°K.
20. 5.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la banda laminada en caliente se bobina a una temperatura de entre 975 a 1090°K, aproximadamente.
25. 6.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque incluye la operación de recocer continuamente la banda laminada en caliente a una temperatura de 1090 a 1230°K, aproximadamente.
30. 7.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque la banda laminada en caliente se templada y bobinada a una temperatura de entre 775 y 865°K aproximadamente, y que dicha operación de revestimiento comprende someter la banda laminada en caliente a una temperatura de hasta 1005°K durante un corto tiempo.
- 8.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque dicha operación de revestimiento implica

M/G

388796



someter el acero laminado en caliente a una temperatura de entre 1090 a 1230°K aproximadamente durante un corto tiempo.

5. 9.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque comprende la operación adicional de reducir en frio el acero laminado en caliente al espesor final determinado.

10. 10.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque comprende templar o bobinar el acero laminado en caliente a una temperatura de entre 775 y 975°K aproximadamente, y porque la banda laminada en frio se recuece a una temperatura de entre 920 y 1035°K aproximadamente.

15. 11.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque la banda laminada en frio se recuece a una temperatura de entre 975 y 1145°K aproximadamente.

12.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque comprende la operación adicional de recubrir, por inmersión en caliente, la banda laminada en frio con un recubrimiento metálico fundido.

20. 13.- Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque el acero laminado en caliente se temple y bobina a una temperatura de entre 775 y 975°K aproximadamente, y que dicha operación de revestimiento comprende someter la banda laminada en frio a una temperatura de hasta 950°K durante un corto tiempo.

25. 14.- Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque la operación de revestimiento comprende someter la banda laminada en frio a una temperatura de hasta 1145°K aproximadamente, durante un corto tiempo.

30. 15.- Procedimiento según la reivindicación 9, ca-

m/c

388796



racterizado porque comprende la operación adicional de recocer por cargas la tira laminada en frío a una temperatura de 975^oK aproximadamente, por lo menos durante varias horas.

5. 16.- Procedimiento para la producción de acero de bajo contenido en carbono y resistente al envejecimiento, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de cuarenta y cinco hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

- 2 JUL. 1973

ARMCO STEEL CORPORATION

J. GOMEZ ACEBO Y MODESTO

p. p. Firmado: L. Galia Feroñades

388796

ESCALA VARIABLE

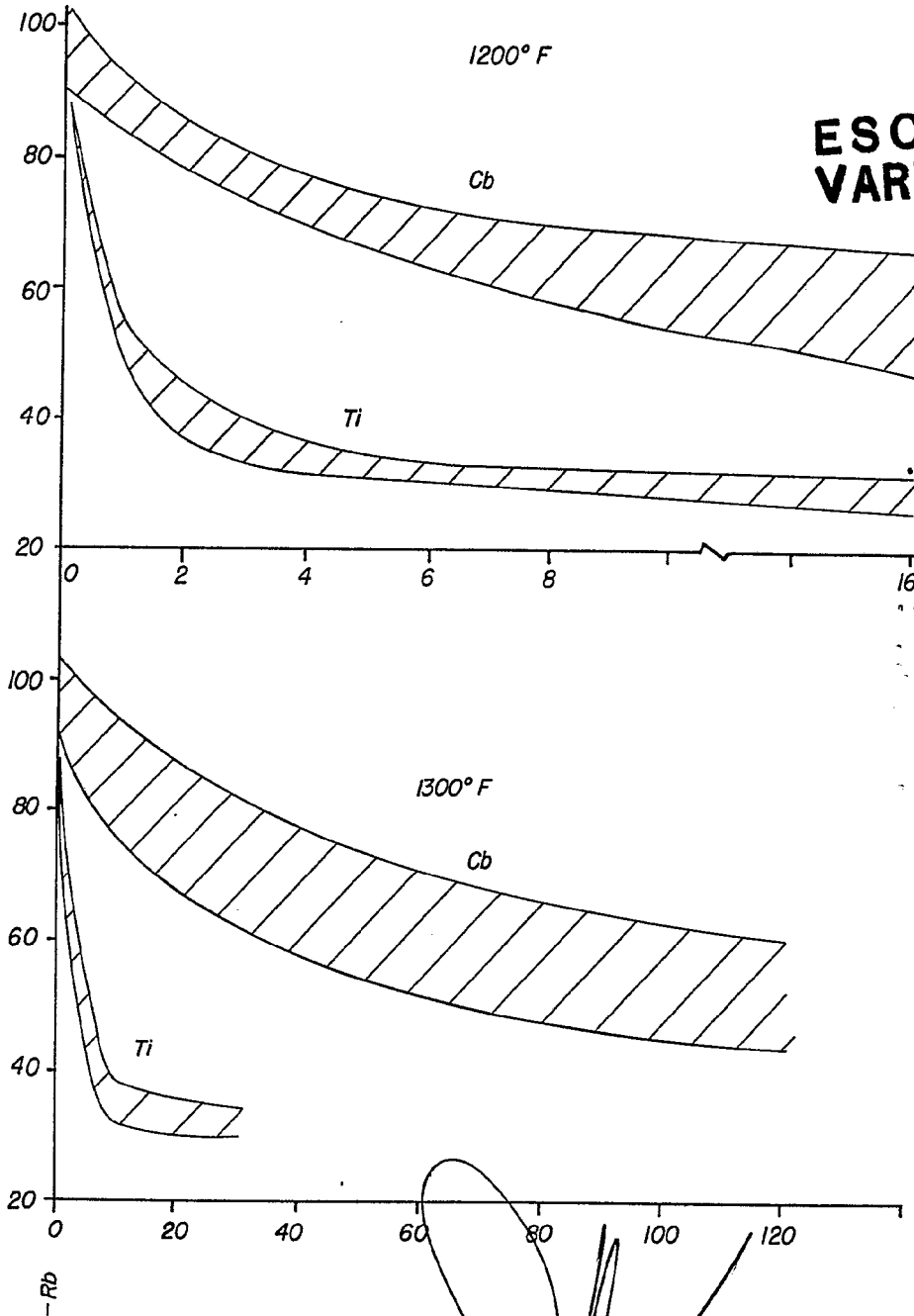


FIG. I

- 1 JUL. 1971

Madrid

A. GOMEZ ACEBO Y MODER
Ingenieros F. Hernández Ruiz

|388796|

**ESCALA
VARIABLE**

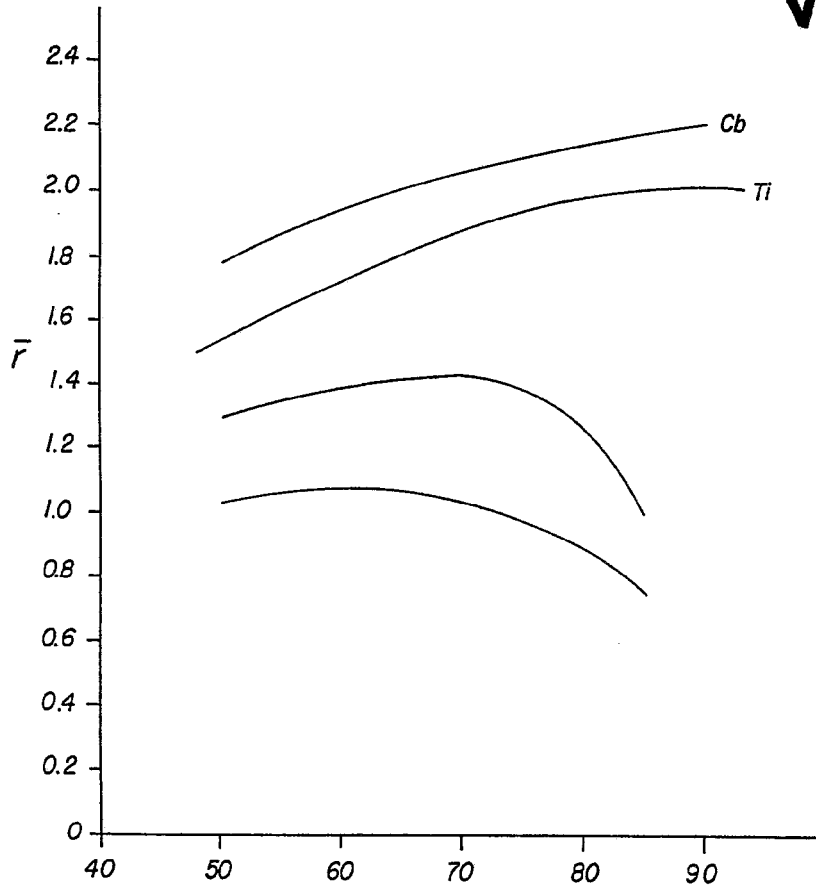


FIG.2

Madrid - 1 JUL. 1971

I. GOMEZ ACEBO Y MODER
Firmado: F. Hernández Ruiz

388796

ESCALA VARIABLE

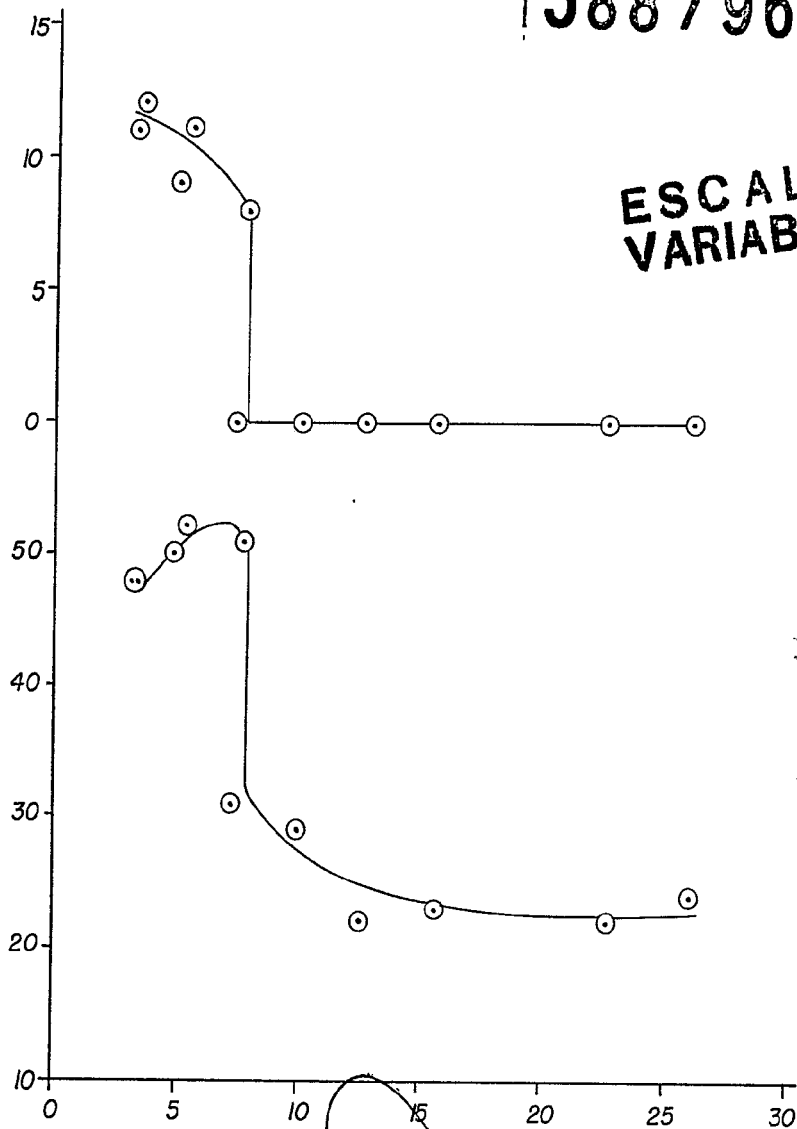


FIG.3

$\frac{Cb}{C}$

- 1 JUL. 1971

Madrid

A. SOMER ACEBO Y MODER

En. de. Firmados: F. Hernández Ruiz

388796

ESCALA VARIABLE

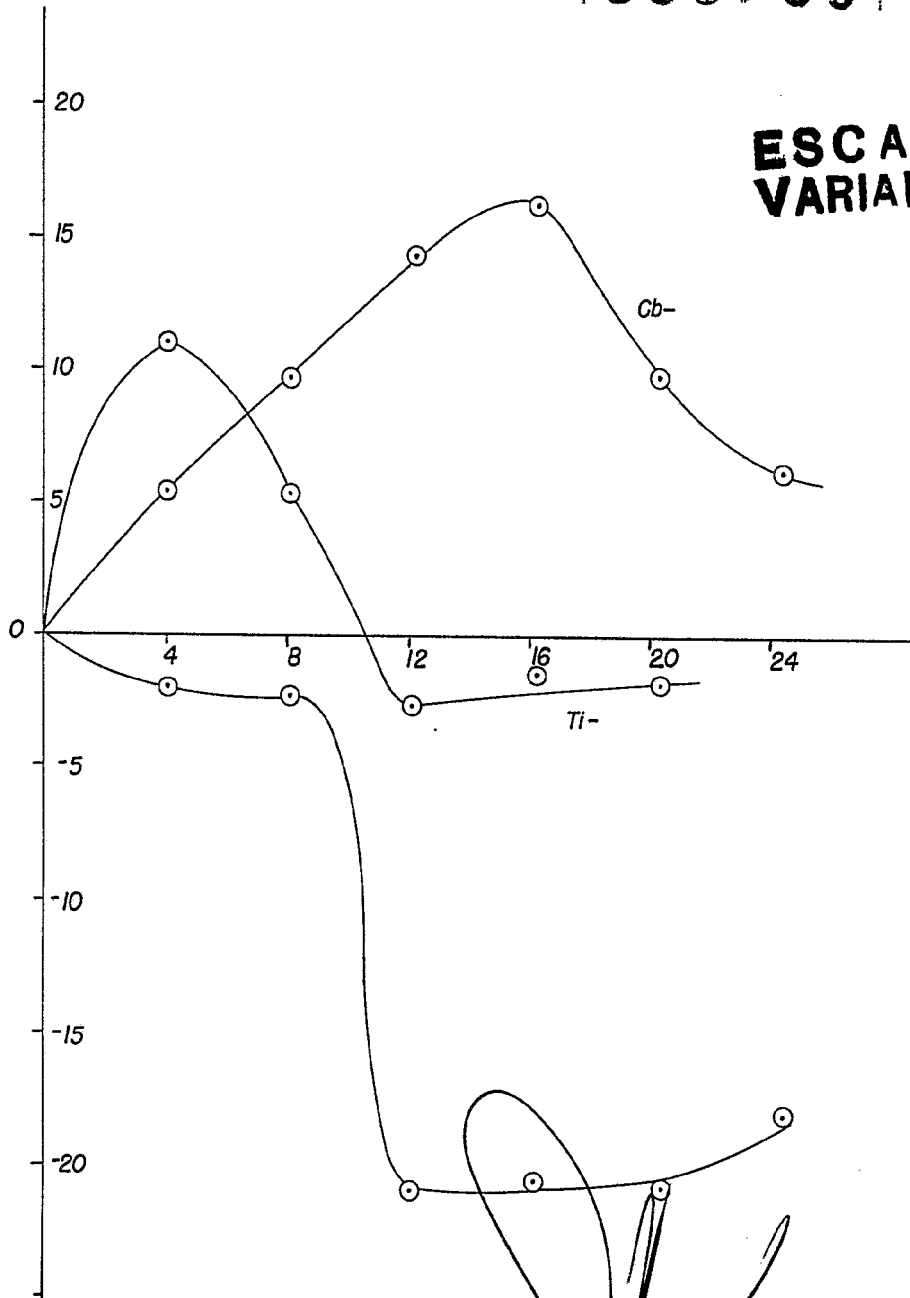


FIG.4

- 1 JUL. 1971

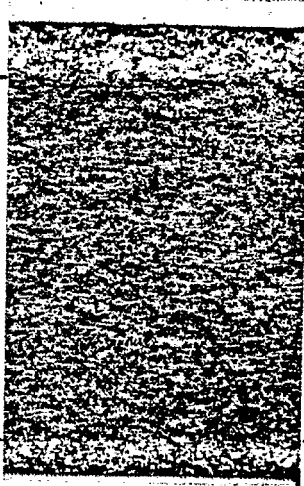
~~ARMCO~~
~~GÓMEZ ACEBO Y CAJAL~~
e. p. Firmador F. Hernández Ruiz

388796

ESCALA
VARIABLE

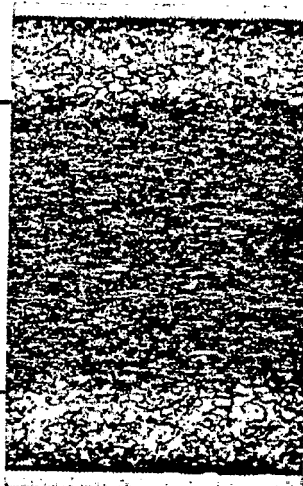
1200°F-4
100x

FIG. 5

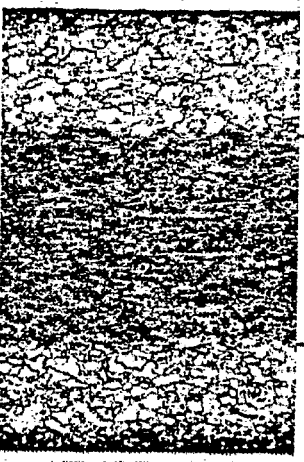


1200°F-8
100x

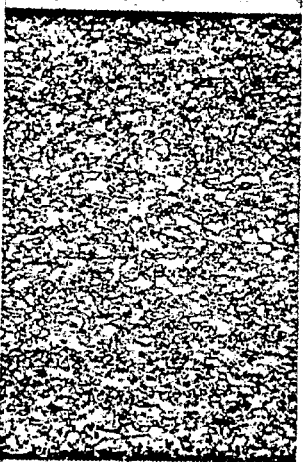
FIG. 6



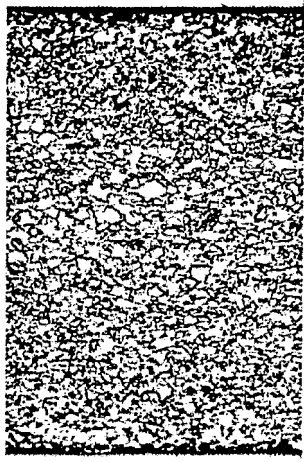
1200° F -
16
100x
FIG. 7



1300° F -
4
100x
FIG. 8



1380°F-8
100x
FIG. 9



- 1 JUL. 1971

Madrid

A. GOMEZ ACEBO Y MODA
D. p. Firmado: F. Hernández Ruiz

388796

ESCALA
VARIABLE

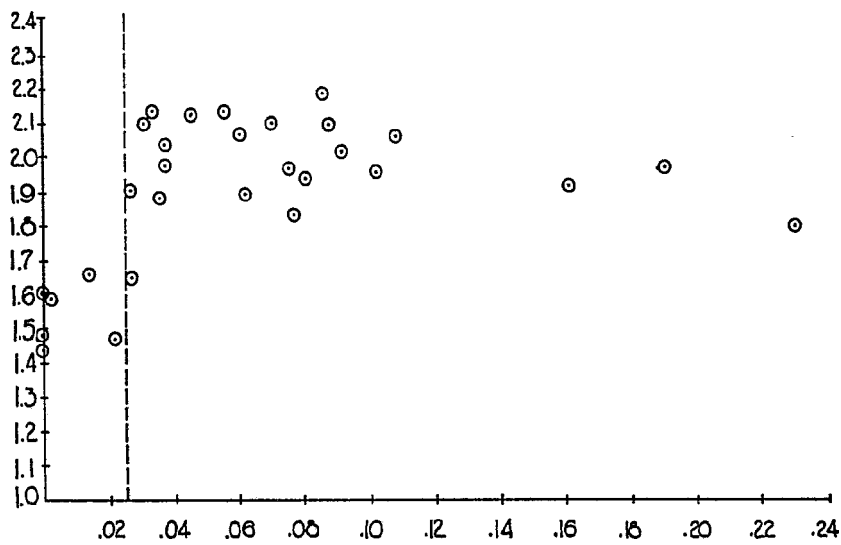


FIG 10

- 1, JUL. 1971

Madrid

GOMEZ ACEBO Y MOJER

no. 2. Firmado: F. Hernández Ruiz