

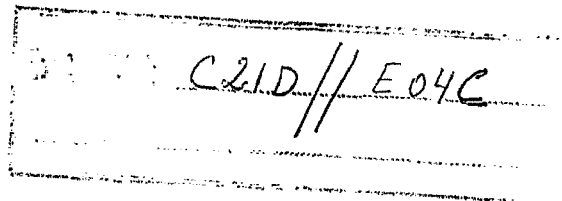


402594

MEMORIA DESCRIPTIVA  
correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

por 20 AÑOS  
en ESPAÑA



Solicitante: BAU STAHLGEWEBE GmbH.  
Nacionalidad: Alemana  
Domicilio: 4 DUSSELDORF -11- Burggrafenstrasse, 5 (Alemania)  
Inventores: D. Ludwig ETTEHREICH, D. Otto REIRANN y D. Kleus  
GREULICH.  
Prioridad: Solicitud correspondiente a la depositada en Ale-  
mania bajo el número P 21 23 687.3 de fecha 13 -  
de Mayo de 1.971.  
Enunciado: PROCEDIMIENTO CONTINUO DE TRATAMIENTO TERMICO EN  
ACEROS DE CONSTRUCCION EN FORMA DE VARILLAS CON  
BAJO CONTENIDO DE CARBONO.

...ooOoo...

POOR  
QUALITY

402594



- 1 -

1 El invento se refiere a un procedimiento continuo  
de tratamiento térmico en aceros de construcción en forma -  
de varilla con bajo contenido de carbono (máximo 0,26 C) -  
con el resto de hierro y con los elementos acompañantes - -  
5 usuales en los aceros de construcción generales, para lá me  
jora de las propiedades mecánicas del material (resistencia,  
dilatación o sus relaciones mutuas) empleando un calenta- -  
miento rápido con enfriamiento subsiguiente.

10 Para un calentamiento rápido es especialmente ade  
cuado el procedimiento de inducción. Los fundamentos de --  
ello pertenecen al estado de la técnica y se describen en -  
relación con los ejemplos de aplicación en "fundamentos del  
calentamiento inductivo" (Das Industrieblatt, Stuttgart, -  
15 Abril de 1.970, páginas 204/10). El campo de aplicación más  
conocido es el endurecimiento de inducción de superficie. -  
En este procedimiento se calientan durante breve tiempo y -  
seguidamente se enfrían calidades de acero con alto conteni  
do de carbono (endurecibles o también mejorables) durante -  
breve tiempo en la coquilla. Como se deduce de la cita biblio  
20 gráfica, sin embargo, también es posible conseguir mediante  
inducción un calentamiento pasante bastante uniforme de las  
piezas de labor (calentamiento de forjado).

25 En lo que sigue, se reconocen los méritos de los  
procedimientos conocidos que hacen uso del calentamiento rá  
pido mediante inducción.

30 De la memoria de patente alemana número 279.111 -  
se conocen el templear de modo electro-inductivo un acero en  
durecido adecuadamente desde el calor laminado.

POOR  
QUALITY

402594



- 2 -

1                   Se conoce un tratamiento mejorador de la memoria -  
de patente austriaca 173474 en que un alambre de acero se -  
austenitiza plenamente, se enfría y seguidamente se temple de  
manera especial.

5                   Los campos de aplicación, que acaban de indicarse,  
se referían<sup>a</sup> a calidades de acero con alto contenido de carbono,  
no soldables, especialmente aceros mejorables. Además, perte-  
nece al estado de la técnica por medio de la memoria de la -  
patente austriaca 281.089, tratar calidades de acero no endu-  
10 recibibles en sí (0,10 a 0,23% de C) mediante mecheros de gas-  
oxígeno o mediante dispositivos calentadores eléctricos y du-  
chas de agua conectadas posteriormente en el procedimiento -  
de empuje de avance. Este procedimiento conduce a un incre-  
mento considerable de las propiedades de resistencia. Las di-  
15 ferencias de dureza entre la superficie y el núcleo se com-  
pensan en el templeado subsiguiente según la resistencia exi-  
gida, de modo que con razón se pueda hablar de una mejora pa-  
sante.

20                   Dentro de ensayos de laboratorio también se efec-  
tuó un tratamiento térmico en un alambre de acero con bajo -  
contenido de carbono, en que el alambre de acero seguidamen-  
te en estado frío se siguió transformando. Según este proce-  
dimiento se calentaron alambres de acero de 8 hasta bajando  
25 a 2 mm. de diámetro, inductivamente a elevadas temperaturas  
y seguidamente por medio de agua se enfriaron rápidamente sa-  
liendo de la zona de austenita, en que se produjo una forma-  
ción de martensita. Con creciente temperatura de enfriamien-  
to resultó un aumento de la resistencia a la tracción con -

30

POOR  
QUALITY

402594



- 3 -

1 propiedades menos buenas de dilatación. Evidentemente estos ensayos no han conducido a un procedimiento de explotación.

5 En el tratamiento térmico de aceros para hormigón ha llegado a conocerse la aplicación de un calentamiento rápido con subsiguiente enfriamiento además en la siguiente relación.

10 Según Evangulova E.F., Tolovin G.F. (endurecimiento de superficie de acero de hormigón, Manual para colaboradores del Instituto de Investigación Allunion para técnica de alta frecuencia, "construcción de maquinaria" Moscú-Leningrado (1.965), parte 6, páginas 92/100) se calienta rápidamente una varilla de amadura presente en estado de laminación, de 32 mm. de diámetro (0,26% de C; 0,55% de Mn) en la cocuilla a 970 hasta 980° C, seguidamente se enfría y después a una temperatura de 500 a 530° C se refrigera retrocediendo. Las mediciones dieron por resultado, que el núcleo se calentaba a una temperatura de 600 a 650° C. Como se sigue describiendo, las varillas después del endurecimiento de superficie no pueden emplearse sin incandescencia de retroceso, ya que la dilatación es demasiado reducida.

20 Finalmente debe mencionarse todavía la memoria de publicación de patente al número 1.246.002 según la cual un acero de hormigón presente en estado de laminación puede someterse a un tratamiento inductivo de incandescencia o en partes de sección transversal próximas a la superficie a una temperatura situada entre 600 y 1.050° C con enfriamiento sucesivo y subsiguiente deformación en frío después de torsión, estiramiento o semejante.

30

POOR  
QUALITY

402594



- 4 -

1           En las dos publicaciones últimamente mencionada el principio del calentamiento rápido con subsiguiente enfriamiento es una sección de las etapas obligatorias de procedimiento.

5           El invento se ha impuesto la tarea de indicar un procedimiento de tratamiento térmico para acero con bajo contenido de carbono, que conduce a un incremento de la resistencia todavía con plenos valores de dilatación. Los valores mínimos preferidos, que deben alcanzarse por el procedimiento de tratamiento térmico según el invento se indicarán más tarde; en efecto, sólo un acero con valores de dilatación todavía muy buenos o también todavía satisfactorios puede encontrar empleo en la práctica en las exigencias crecientes, ya que todavía garantiza una suficiente seguridad.

15           El problema impuesto se resuelve según el invento porque el acero, solo en su coquilla, se calienta de tal modo a una temperatura entre  $Ac_1$  y  $1.300^\circ C$ , que el núcleo como promedio se calienta con por lo menos  $100^\circ C/segundo$ , preferentemente  $300^\circ C/segundo$ , a una temperatura situada entre el comienzo de la transformación de perlita ( $Ac_1$ ) y  $900^\circ C$ , después de lo cual, antes de alcanzar el ajuste de equilibrio respecto al contenido de C, se enfría rápidamente. La impresión más evidente para el alcance de temperatura elegido se obtiene considerando la fig. 1 descrita posteriormente.

25           Ventajosamente el núcleo se calienta como promedio con aproximadamente  $700^\circ C/segundo$ .

30           Con ventaja especial se enfría rápidamente en el instante, en que la temperatura del núcleo y la temperatura

402594



1

de la superficie de la coquillas son iguales ( $t=t_2$  según la fig. 1).

En esta fig. 1 significa X = núcleo, Y = coquilla.

5

Preferentemente el tiempo total desde el paso del punto de  $Ac_1$  hasta el comienzo del enfriamiento debe importar como máximo 5 segundos.

10

Resultan ventajas especiales cuando el tiempo de permanencia desde el primer paso de la línea de perlita en el núcleo hasta el comienzo del enfriamiento rápido en la superficie importa un máximo de 1,5, especialmente por debajo de un segundo. Pueden obtenerse buenos resultados también todavía por debajo de 0,5 segundos. El primer paso por la línea de perlita se refiere a una primera parte transformada de la estructura en el núcleo (es decir no a la estructura completa). El instante de tiempo puede comprobarse fácilmente por medio de investigaciones microscópicas.

15

Preferentemente se enfría con rapidez por aplicación de ducha o rociamiento de superficie de agua a una presión de por lo menos dos atmósferas.

20

Resultan ventajas (especialmente económicas) cuando el acero, antes del tratamiento térmico, se calienta previamente como máximo a temperaturas por debajo de  $Ac_1$ . Adecuadamente, este calentamiento previo se limita a la zona superior de la recuperación de cristal. Esta zona superior de la recuperación de cristal en los presentes aceros con bajo contenido de carbono debe importar como máximo aproximadamente 550° C. En este alcance todavía no deben producirse modificaciones de estructura (recristalización). Con ven

25

30

402594



- 6 -

1      taja especial se calienta previamente el acero de modo conti-  
nuo, mediante inducción, con elevada profundidad de penetra-  
ción. Bajo el término de elevada profundidad de penetración  
5      se entiende que, en el caso de dimensiones delgadas de vari-  
lla como 6 mm. de diámetro-, se calienta previamente de modo  
primario más de 90% de la sección transversal de la varilla.  
mientras que el resto de la sección transversal de la vari--  
lla se calienta previamente por conductibilidad térmica ha--  
10      cia el núcleo. Como límite inferior de la elevada profundi--  
dad de penetración en las dimensiones usuales -como 12 a 16  
mm. de diámetro- se comprenden por lo menos 60% de la sec- -  
ción transversal de la varilla por el calentamiento previo -  
primariamente. En la práctica es necesario para ello, si se  
15      anteconecta en la dirección de la marcha de la varilla de -  
la instalación de inducción de alta frecuencia, que sirve pa  
ra el calentamiento rápido, una instalación de inducción de  
frecuencia media.

Es especialmente ventajoso, cuando en el procedi--  
20      miento según el invento, para aumentar las propiedades de re-  
sistencia ( $\sigma_p$ ,  $\sigma_s$ ) con propiedades de dilatación todavía muy  
buenas, en el núcleo se produce una temperatura de lo por lo  
menos  $A_{c1}$  con una temperatura de superficie de coquilla has-  
ta  $1.000^\circ C$  (véase fig. 1) después de lo cual, a partir de -  
25      allí, con una velocidad de enfriamiento (valor medio) se en-  
fría por lo menos a  $800^\circ C/\text{segundo}$ . El valor medio indicado  
de la velocidad de enfriamiento se refiere a un plazo de -  
tiempo, en que la superficie está enfriada aproximadamente a  
una temperatura por debajo de  $150^\circ C$ . Al comienzo del enfria

30

402594



- 7 -

1 miento resulta un valor considerablemente más elevado. Al co  
mienzo del enfriamiento resultan velocidades de enfriamiento  
de 1.200 a 1.700° C/segundo.

5 Preferentemente dentro de la zona de equilibrio de  
temperatura para el plazo de tiempo  $t=t_2$  instante de tiempo,  
en que la temperatura del núcleo y la temperatura de la su-  
perficie de la coquilla son iguales -se produce una tempera-  
tura de 750 a 850° C, después de lo cual, a partir de allí,  
se enfría rápidamente.

10 Como medio de enfriamiento rápido se prefiere agua  
y se aplica con una presión de hasta 12 atmósferas sobre la  
superficie de la varilla. Se prefiere especialmente un volu-  
men de agua entre 6 y 30 litros por kg. de acero. La indica-  
ción "kg. acero" corresponde a la cantidad transportada en -  
15 la zona de enfriamiento rápido de acero en varilla. Se pre-  
fiere especialmente una presión de agua entre 3 y 7 atmósfe-  
ras. Como límite superior de tiempo, en que debería efectuar  
se lo más tarde el enfriamiento rápido, debe considerarse el  
20 punto de tiempo, en que la temperatura de la superficie de -  
la coquilla cae por debajo de 650° C ( $t=t_3$  según fig. 1).

Es ventajoso, después del enfriamiento, para deter-  
minados fines de utilización una deformación en frío reduci-  
da - en la medida de una rectificación.

25 Para otros fines, especialmente para elevar el lí-  
mite de elasticidad (así como también el límite de reptación)  
es ventajoso, después del enfriamiento rápido, proceder a un  
tratamiento térmico a temperaturas entre 100 y 380° C, prefe-  
rentemente alrededor de 340° C, especialmente en la zona de -  
30

402594



- 8 -

1 tiempos de duración, en que el límite de elasticidad aumenta fuertemente (por ejemplo, un tiempo de duración de 20 a 30 minutos).

5 Preferentemente se aplica el procedimiento según el invento a una varilla con una estructura, que en más de 50% se compone de ferrita previa de eutectoide, especialmente un material de varilla enfriado al aire después de la laminación en caliente.

10 Respecto al contenido de aleación el procedimiento según el invento se aplica preferentemente a acero sin aleación con un contenido de C entre 0,06 y 0,26%, especialmente 0,12 y 0,22% con contenidos usuales de manganeso y silicio. Es ventajoso, cuando el contenido de Si importa un máximo de 0,5 y el contenido de Mn importa un máximo de 0,8%

15 Sin embargo, también se obtienen buenos resultados en aceros, cuyo contenido de Mn se ha elevado hasta 1,8%

20 El contenido total de los elementos de aleación no debería sobrepasar 3%, resto hierro y C, así como elementos acompañantes (impurezas) en cantidades conocidas, condicionadas por la fabricación.

Con ventaja se aplica el procedimiento según el invento a varillas con un diámetro de 4 a 36 mm., especialmente 6-16 mm.

25 Se han obtenido resultados especialmente buenos en la aplicación del procedimiento a material de varilla, deformado en frío de 20 a 70%, especialmente 30-50%.

30 Como objeto de utilización, en el caso de material de varilla de acero para hormigón resultan las calida-

402594



- 9 -

1 des tratadas según el invento adecuadas para armaduras pre-  
tensadas o flojas, especialmente para esteras de acero de -  
construcción soldadas.

5 Se indica que especialmente los puntos de referen-  
cia A indicados se corren por los elementos de aleación. Pa-  
ra el punto  $Ac_1$  resulta, por ejemplo, por cada tanto por -  
ciento de manganeso, un descenso de este punto de referen-  
cia por alrededor de  $15^\circ C$ .

10 Una ventaja especial del procedimiento según el in-  
vento consiste en que con claro incremento de las propieda-  
des de resistencia todavía se conservan muy buenas propieda-  
des de dilatación.

15 Primeramente se definirán algunos conceptos emplea-  
dos en la descripción y en las reivindicaciones:

"Forma de varilla"; Se entiende bajo este término  
dimensiones que, perpendicularmente a su eje longitudinal,  
en esencia siempre presentan la misma superficie de sección  
transversal, pero especialmente también dimensiones que ade-  
más poseen un contorno de superficie igual.

20 "Cocquilla" de la varilla; Se entiende por ello la  
cava situada hacia fuera, frente a la zona del núcleo de la  
varilla.

25 Como se deduce del párrafo subsiguiente, el gro-  
sor de la cocquilla, es decir especialmente el volumen de la  
cocquilla en relación al volumen del núcleo, se determina por  
la temperatura de núcleo deseada. Técnica mente en el proce-  
dimiento de inducción el grosor de la cocquilla deseada se -  
determina por la frecuencia, dada previamente. El grosor de  
30 la cocquilla es tanto más fuerte, cuanto menor se elija la -

402594



1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

frecuencia. Por medio de las dimensiones de la bobina y la densidad de potencia se regula la cantidad de calor transmitida. Cuanto más elevada se elija la densidad de potencia, tanto más rápidamente y a mayor altura se calienta la coquilla. Por lo tanto, por la elección de la frecuencia y sintonización de la velocidad de avance de la varilla frente a la dimensión de la bobina y la densidad de potencia (tiempo de permanencia de la varilla en la zona de inducción) se regula la deseada temperatura en la coquilla. La sintonización de la densidad de potencia requerida, en relación a la proporción de volumen de coquilla, respecto al volumen del núcleo, se efectúa a medida de la temperatura deseada del alcance de temperatura, en que deba procederse al enfriamiento rápido (zona de equilibrio de temperatura).

Para la mejor comprensión se hace mención aquí a la fig. 1. En la fig. 1 se indica esquemáticamente el transcurso de tiempo-temperatura de un calentamiento inductivo sin enfriamiento rápido subsiguiente con agua (enfriamiento en aire por irradiación). La ilustración esquemática corresponde aproximadamente al curso de la temperatura de un alambre de 3 mm. de diámetro que, en base de una determinada frecuencia, se había calentado primariamente en una coquilla de aproximadamente 0, 8 mm. de grosor. Como muestra la fig. 1, ya durante el tiempo de permanencia en la bobina de inducción tiene lugar en pequeño volumen un flujo de calor hacia el núcleo. En el ejemplo mostrado tiene lugar la mayor parte del flujo de calor desde la coquilla caliente hacia el núcleo relativamente frío, después de abandonar la bobina de inducción

402594



- 11 -

1 (T<sub>OS</sub> en la fig. 1). Este equilibrio que transcurre con el -  
tiempo por encima de la sección transversal de la varilla -  
cae bajo el concepto del alcance de equilibrio de temperatu-  
ra  $\Delta t$ . Para conseguir los efectos según el invento el enfria-  
5 miento rápido subsiguiente por agua debe efectuarse dentro -  
de este plazo de tiempo (alcance de equilibrio de temperatu-  
ra).

La imagen ilustrada en la fig. 1 muestra el trans-  
curso de temperatura simulado mediante calculador sin el en-  
10 friamiento subsiguiente por agua, en lo que sólo se inscribe  
el punto de tiempo inferior y el superior, en que debe comen-  
zar el enfriamiento rápido con agua.

Para cumplimentar el límite cronológicamente infe-  
rior (abscisa  $t_1$ ) es necesario que la temperatura del núcleo  
15 esté situada por encima de T<sub>1K</sub>. Para cumplimentar el límite  
superior cronológico (abscisa  $t_3$ ) la temperatura superficial  
de la coquilla no debe descender por debajo de T<sub>3S</sub>. Los valo-  
res de temperatura indicados en las reivindicaciones y en -  
los ejemplos indican en ello condiciones marginales (tempera-  
20 tura de la superficie de la coquilla y del núcleo).

Resulta evidente que, en un calentamiento y enfria-  
miento extraordinariamente rápidos, los valores diferencia-  
les de temperatura -es decir las temperaturas, que deben me-  
25 dirse en el espacio entre coquilla y núcleo- pueden desviar-  
se de ello, por ejemplo, pueden estar más elevadas en el pun-  
to de tiempo  $t=t_2$ .

El procedimiento según el invento, sin embargo, -  
por la indicación de las condiciones marginales proporciona

30



402594

1 una enseñanza clara. Según la reivindicación 1 el enfriamiento rápido debe efectuarse dentro del siguiente lapso de tiempo: En un límite inferior cronológico  $t=t_1$  la temperatura del núcleo ( $t_1K$ ) debe estar situada en la conversión iniciada de perlita ( $Ac_1$ ), estando ajustado este instante de tiempo a -  
 5 las primeras porciones de estructura comprobable, que en el núcleo han recorrido la conversión ( $\alpha-\gamma-d$ ). Para el límite superior  $t=t_2$  se ha indicado que dentro del alcance de temperatura indicado ( $Ac_1$  hasta  $900^\circ C$ ) antes de alcanzar el ajuste del equilibrio respecto al contenido de C, se enfría rápidamente. Como se expondrá posteriormente, las relaciones deben establecerse de tal modo que en el caso de la austenitización no debe haberse efectuado ninguna compensación total de difusión del contenido de C en el material calentado.

15 En la ejecución de la enseñanza dada según el invento, el técnico debe tomar en consideración todavía los siguientes puntos:

Entre los cursos de curvas, simulables mediante -  
 20 calculadores, de la temperatura superficial y de núcleo y los verdaderos cursos de temperatura, conseguidos en la práctica, puede producirse una desviación, porque en el programa de cálculo no se tomasen en consideración las pérdidas de irradiación desde la superficie hacia la atmósfera después de -  
 25 abandonar la bobina de inducción. Por otra parte, para el técnico, en la práctica, es lo más sencillo determinar la temperatura de superficie mediante un pirómetro de hilo incandescente. Por esta razón, los valores de temperatura, indicados en las reivindicaciones y en la memoria descriptiva, se refieren a temperaturas de pirómetro medidas (superficie

402594

70



- 13 -

1 de coquilla). Respecto al límite cronológicamente superior -  
del equilibrio de temperatura (abscisa  $T_3$ ) se observa que es  
ta temperatura no se prefiere en la ejecución práctica, sino  
que esta indicación sirve más bien para la delimitación del  
5 procedimiento según el invento para el punto de tiempo supe-  
rior del enfriamiento por agua. De acuerdo con el procedi- -  
miento según el invento dentro del alcance de equilibrio de  
temperatura dado en la práctica se elige preferentemente el  
10 punto de tiempo para el enfriamiento rápido, en que la tempe-  
ratura creciente del núcleo y la temperatura decreciente de  
la superficie forman intersección [ $t = t_2$  según la fig. 1).

El alcance cronológico de este punto de intersec-  
ción puede determinarse perfectamente por medio de una medi-  
ción de pirómetro en la práctica, puesto que después del -  
15 equilibrio de temperatura hacia el núcleo, la caída de tempe-  
ratura, medible en la superficie de la coquilla, se efec-  
túa de un modo expresamente más lento que anteriormente, ya  
que una salida de flujo de calor ahora sólo se efectúa por -  
irradiación hacia la atmósfera.

20 Por medio de ejemplos, en lo que sigue se explica-  
rá detalladamente los pasos, que comprende el técnico para -  
cumplir las condiciones marginales indicadas en las reivindi-  
caciones.

25 De acuerdo con la enseñanza según el invento, la -  
coquilla se calienta de tal modo a una temperatura entre  $Ac_1$   
y  $1.300^\circ C$ , que el núcleo, como promedio, se calienta por lo  
menos con  $100^\circ C/segundo$ , preferentemente por lo menos  $300^\circ$   
30  $c/segundo$ , a una temperatura entre  $Ac_1$  y  $900^\circ C$ , después de



402594

1 lo cual, antes de alcanzar, el ajuste de equilibrio respecto al contenido de carbono, se enfría rápidamente.

5 Como se deduce de los siguientes ejemplos, se prefiere una temperatura de núcleo de 750° C (respectivamente - 850° C). De la velocidad preferida de calentamiento de un - promedio de 300° C/segundo y la temperatura de núcleo de 750° C. se calcula que desde la entrada en bobina hasta el instan- te de tiempo del enfriamiento con agua transcurren 2,5 segun- dos (2,8). Partiendo de las condiciones marginales indicadas 10 y de un diámetro de varilla de 8 mm. se calcula que, en un - tiempo de permanencia de 1,3 segundos en la bobina, se re- quiere una frecuencia de 485 kHz y una densidad de potencia dentro del alcance de 800 a 1.200 W/cm<sup>2</sup>.

15 Si se hace uso de la posibilidad preferente del - efectuar el tratamiento térmico según el invento en una vari- lla precalentada, se abrevian los tiempos de calentamiento - inicial correspondiendo a la temperatura de partida a la que se había precalentado la varilla. Por lo tanto, si la vari- 20 lla, por ejemplo, se calienta previamente a 550° C y se tra- ta de alcanzar una temperatura de núcleo de 750° C. entonces transcurren desde la entrada en la bobina de alta frecuencia hasta el comienzo del enfriamiento, a una velocidad de calen- tamiento de aproximadamente 300° C/segundo, sólomente 0,66 se- 25 gundos. Para mantener esta velocidad de calentamiento es ne- cesario calentar correspondiente mente de modo elevado la co- quilla en la bobina de alta frecuencia, sin alcanzar enton- ces después de este breve tiempo, ya en el alcance de equili- brio de temperatura, el punto de tiempo  $t = t_2$ .

30

POOR QUALITY

402594

10 MAY 1972

- 15 -

1

En la realización práctica, este punto de tiempo (temperatura) puede conseguirse para un determinado diámetro de varilla por la sintonización de la velocidad de avance, densidad de frecuencia y de potencia dentro de los límites indicados en las reivindicaciones, por diferentes posibilidades. Así, por ejemplo, una coquilla muy delgada (en relación al volumen del núcleo) puede calentarse en la bobina a una temperatura muy elevada (muy por encima de  $A_c3$ ) o eventualmente también una coquilla muy gruesa a una temperatura, que no esté muy alejada (50 a 200° C) de la temperatura que resulta en el punto de tiempo  $t_2$  (según la fig. 1).

5

10

En lo que sigue se describirán algunos ejemplos de ejecución que están reproducidos en detalle en las tablas 1, 2, 3:

15

Las tablas muestran en cada caso para una determinada sección transversal de varilla y el análisis indicado, las variaciones de las propiedades mecánicas del material - en base del tratamiento térmico según el invento.

20

En todos los valores se habrá enfriado rápidamente en el punto de tiempo preferido  $t = t_2$  según la fig. 1. El valor designado con A indica los valores mecánicos del material de partida (estado de laminado en caliente) temperatura ambiente).

25

Con I se indica la zona de una refrigeración más débil (3 a 5 atmósferas) y con II se caracteriza la zona de una refrigeración más fuerte (7 a 12 atmósferas) (medio refrigerante, agua).

30

POOR  
QUALITY

10 MAY 1972



402594

- 16 -

1 Para la tabla I están vigentes los siguientes datos:

	Estado de partida A	Laminado en caliente, temperatura ambiente.
5	Análisis: 0,16% C, 0,9% Si, 0,52% Mn,	Resto hierro y los restantes elementos acompañantes.
	Diámetro	6 mm.
	Tiempo de permanencia en la bobina	1 segundo
	Frecuencia	485 kHz
10	Tiempo total hasta el comienzo del enfriamiento	2 segundos
	(agua) I	4 atmósferas de sobrepresión; cantidad 8 l/kg de acero
	(agua) II	3 atmósferas de sobrepresión; cantidad 26 l/kg de acero
15	Tiempo de permanencia en el trayecto de refrigeración	0,5 segundos

En la intensidad I de enfriamiento rápido, la varilla, poco antes de abandonar el trayecto de refrigeración, tiene en la superficie todavía una temperatura de aproximadamente 60° C.

20 Como muestra la tabla 1, resulta a las temperaturas de equilibrio ( $t = t_2$ ) de 750° C, 800° C y 850° C, una fuerte elevación de las propiedades de resistencia con propiedades de dilatación todavía muy buenas; por ejemplo, se obtiene a una temperatura de equilibrio de 800° C, según el

25 tratamiento térmico de acuerdo con el invento, un acero con una resistencia de tracción de 75,5 kg/mm<sup>2</sup> y una dilatación ( $\epsilon_{10}$ ) de 12,1%. Resultan valores considerablemente mejores en la resistencia a la tracción con un contenido de carbono ligeramente más elevado y un mayor contenido de manganeso,

30



402594

- 17 -

1 como indica por ejemplo, la tabla 3 en el alambre laminado -  
de 12 mm. de diámetro. Allí se alcanza, a una temperatura de  
equilibrio de 800° C y con la intensidad de refrigeración II,  
una resistencia de tracción de 93,0 kg/mm<sup>2</sup> con una dilata-  
5 ción ( $\epsilon_{10}$ ) de 11%. Este acero, al borde tenía una dureza de  
Vickers de 359 y en el núcleo una dureza de Vickers de 300 -  
kg/mm<sup>2</sup>. (estos valores de dureza de Vickers son valores me-  
dios y sólo condicionadamente con fuerza expresiva, ya que -  
especialmente en tiempos muy breves de austenitización y ba-  
10 jas temperaturas de austenitización, se produce una estructu-  
ra fuertemente heterogénea, tanto respecto a la sección - -  
transversal total, como también respecto a las distintas -  
cristalitas.

15 Como indica la tabla 1, resulta con una elevación  
fuerte de la resistencia de tracción también un aumento de -  
la dureza de Vickers al borde de la varilla de acero y en el  
núcleo de la varilla de acero. Los valores indicados de dure-  
za de Vickers son valores medios de 8 mediciones individua--  
20 les.

Los valores individuales para un valor medio pueden  
fluctuar tan fuertemente que el valor medio esté situado por  
más del doble por encima del valor más bajo.

25 Con el procedimiento según el invento pueden conse-  
guirse ventajosamente las siguientes propiedades mínimas ma-  
teriales:

- Resistencia a la tracción  $\sigma_B = 70 \text{ kg/mm}^2$  y más.
- En una dilatación  $\epsilon_{10} = 11,0\%$  y más.
- Y una dilatación uniforme  $\epsilon_g$  de 5,0% y más.

30

402594



1

Para la delimitación mas estrecha del procedimiento según el invento se mencionan los siguientes resultados, que pueden conseguirse en la aplicación de las condiciones preferentes del procedimiento:

5

Según la enseñanza preferida, para el punto de tiempo  $t=t_2$  según la fig. 1, se produce una temperatura de 750 a 850° C. En detalle son especialmente importantes los siguientes valores:

10

- Estado de partida: -

Alambre	Diámetro	% C	% Mn	% Si
1	6 mm	0,10	0,61	0,16
2	8 mm	0,21	0,70	0,17

15

- Propiedades materiales: -

Estado de partida (36% deformado en frio)	Temperatura a $t=t_2$ según fig. 1.		
	750° C	800° C	850° C
$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup> 64,0	80,0	85,0	113,0
$\sigma_S$ kg/mm <sup>2</sup> 56,0	45,0	56,0	93,0

20

Alambre:

$\delta_{10}$ (%) 10,2	9,5	10,0	8,2
$\delta_g$ (%) 3,0	6,7	5,2	4,1

25

Alambre 2:

$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup> 72,0	78,0	116,0	132,0
$\sigma_S$ kg/mm <sup>2</sup> 65,0	56,0	38,0	110,0
$\delta_{10}$ (%) 6,9	8,3	8,5	8,0
$\delta_g$ (%) 2,9	7,3	5,2	5,0

30

402594



- 19 -

1

El calentamiento rápido estuvo situado por encima de 300° C/segundo y el tiempo de enfriamiento rápido en la ducha de agua importó aproximadamente 1 segundo.

5

Dentro del alcance de los contenidos de carbono - arriba citados, en las condiciones preferidas del procedimiento, por lo tanto se hacen resaltar especialmente los siguientes valores mínimos:

10

- una resistencia a la tracción  $R_B$  de 90 kg/mm<sup>2</sup> y más.
- En un límite de estiramiento de  $S = 70$  kg/mm<sup>2</sup> y más.
- En una dilatación (%)  $l_{10}$  de 8% y más.
- y una dilatación uniforme  $g$  de 4% y más.

15

Las relaciones técnicas expuestas conducen a la idea general de que se trata de fenómenos, en los que representan un papel esencial las inhomogeneidades de la estructura cristalina. En los aceros infraeutectoides tratados durante el enfriamiento por el alcance de dos fases gamma/alfa como es conocido tiene lugar un incremento - en la imagen de estado Fe-Fe<sub>3</sub>C a lo largo de la línea GOS. En ello tiene lugar un desprendimiento de ferrita previamente eutectoide, correspondiente a la línea GP. La austenita restante se enriquece en ello con carbono hasta el punto de perlita "S" y se transforma en perlita al alcanzar la línea de perlita.

20

25

En un calentamiento rápido según el invento y con los breves tiempos aplicados en el alcance de la temperatura de la austenitización se produce un estado de estructura en el que todavía no ha tenido lugar ninguna compensación total del carbono dentro de la estructura.

30



402594

- 20 -

1                   En ello pueden constituirse las relaciones de tal  
modo que solo la perlita se convierta en austenita. Sin em-  
bargo, también puede permitirse adicionalmente una conver-  
sión de ferrita en austenita, a condición de que esta auste-  
5                   nita permanezca más pobre en carbono que una austenita co--  
rrespondiente después de equilibrio total de difusión al es-  
tado de equilibrio.

10                   El enfriamiento rápido, previsto según el invento  
convierte la parte más rica de carbono de la estructura en  
un componente de más alta resistencia, en lo que, sin embar-  
go, acostumbra a presentarse martensita sólo en pequeñas can-  
tidades.

15                   Por ello resulta una estructura diferenciada, que  
podría ser responsable al mismo tiempo de las favorables -  
propiedades mecánicas del material, especialmente una exce-  
lente relación entre resistencia y dilatación. De esta idea  
inventiva general resulta, por lo tanto, la enseñanza según  
la solicitud:

20                   Un acero de construcción con bajo contenido de car-  
bono, de la clase arriba descrita, que posee una estructura  
de partida cristalina-heterogénea (alfa y perlita), por -  
ejemplo, a partir de su conformación en caliente, se calien-  
ta con una alta velocidad de recalentamiento a través de la  
25                   zona de temperatura por encima de la línea de perlita. La -  
velocidad de recalentamiento y la temperatura final se eli-  
gen de tal modo que, en esencia la porción de perlita y even-  
tualmente también ferrita previamente eutectoide, se con- -  
vierten en austenita, en lo que, sin embargo, para evitar el

30

10 MAY 1972

402594

- 21 -

1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

el ajuste de equilibrio respecto al contenido de carbono, -  
se enfría rápidamente de modo prematuro.

La imágenes de rectificación de las varillas trata-  
das según el procedimiento del invento muestran, en una típi-  
ca forma de ejecución, centros de ferrita relativamente po-  
bres en carbono que están rodeados por una ancha reticula- -  
ción de troostita y a velocidades de enfriamiento más altas,  
también por estructuras de grado intermedio.

En tiempos de permanencia más prolongados (por -  
ejemplo, 10 segundos) y temperaturas suficientemente eleva--  
das de austenitización, por el contrario estos límites cla--  
ros se borran entre el centro de ferrita y la reticulación -  
circundante cada vez más.

La varilla, sobre su sección transversal completa  
debe estar casi libre de martensita. Sin embargo, se permi--  
ten pequeños contenidos de martensita en el borde de la vari-  
lla. Bajo el término de pequeño se consideran contenidos de  
martensita por debajo de 5%.

Si a continuación del tratamiento térmico según el  
invento se realiza el tratamiento térmico según la reivindica-  
ción 19 (límite de elasticidad) a 340° C durante 30 minutos,  
entonces se alcanzan incrementos del límite de elasticidad -  
de hasta 50%, por ejemplo a la calidad según la tabla 3 (II  
850° C) de 51 kg/mm<sup>2</sup> a 76 kg/mm<sup>2</sup>. El límite de estiramiento  
se conserva, mientras que desciende ligeramente la resisten-  
cia a la tracción. El estrechamiento de rotura se conduce de  
un modo aproximadamente análogo al límite de elasticidad.

Una modificación del contenido de carbono dentro -



402594

1 de los límites indicados, exige, para mantener las condicio-  
nes óptimas frente a los ejemplos de ejecución en el caso de  
una rebaja más fuerte del contenido de carbono, una tempera-  
tura de núcleo más alta dentro del alcance de equilibrio rei-  
5 vindicado e inversamente. La temperatura en la coquilla rápi-  
damente calentada debe adaptarse a la deseada temperatura de  
núcleo más alta o más baja.

En lo que sigue se describirá la fig. 2, en la que  
se ilustra esquemáticamente un dispositivo preferente para -  
10 la ejecución del procedimiento según el invento.

En ello se designa con 1 la varilla, con 2 la ins-  
talación de frecuencia media, que sirve para el calentamiento  
previo, con 3 la instalación de alta frecuencia, que sirve -  
para el calentamiento rápido y con 4, la ducha de agua, dis-  
15 puesta a la distancia a de ello y que sirve para el enfria-  
miento rápido. La zona del calentamiento previo puede estar  
limitada por la velocidad mínima de recalentamiento indicada  
para el núcleo.

Las ventajas especiales de las varillas para horni-  
20 gón, fabricadas según el invento, residen en que, en varillas  
con elevadas propiedades de dilatación, por la elevada pro-  
porción de la dilatación uniforme, se obtienen estructuras -  
de construcción con armadura floja con una seguridad mucho -  
mayor, mientras que las varilla altamente resistentes son es-  
25 pecialmente adecuadas para las armaduras pretensadas.

Además es esencial que, especialmente en las cali-  
dades de bajo contenido de carbono, no queden afectadas las  
propiedades de material conseguidas según el invento, por -  
30

402594

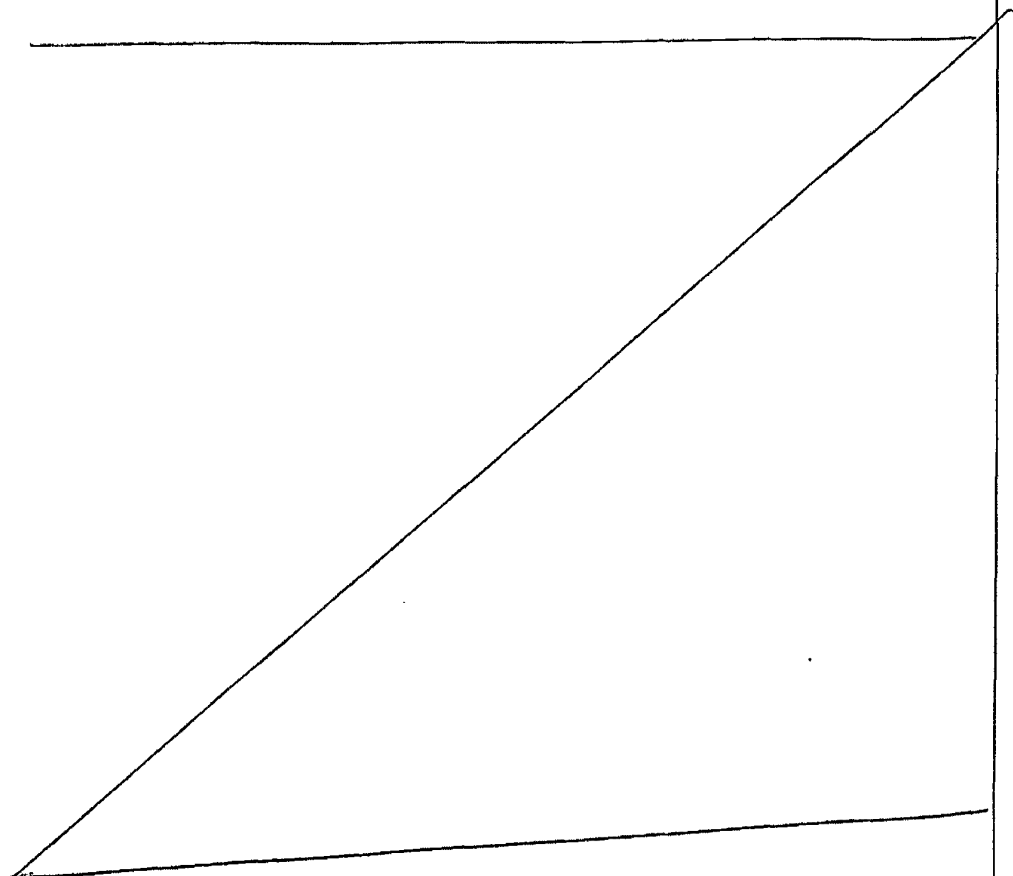


1  
  
  
  
5  
  
  
10  
  
  
15  
  
  
20  
  
  
25  
  
  
30

ejemplo, por la soldadura de puntos de resistencia.

Las investigaciones se efectuaron en la cruz soldada de una estera soldada de acero de construcción. El examen de la fuerza mínima de cizallamiento en el ensayo de cizallamiento ( $S = 0,3 \times 6_{0,2} \times$  superficie de sección transversal de la varilla de partida) dió por resultado los valores mínimos requeridos.

En el caso de propiedades de material mecánicas comparables con el objeto del invento según el estado de la técnica sólo pueden conseguirse en aceros mejorables en base de correspondientes contenidos de aleación y por medio de un complicado tratamiento térmico en lo que debe tomarse en consideración que estos aceros mejorables a causa de su más alto contenido de carbono, no son soldables.



110 MAY 1972

402594

1

- T A B L A - 1 -

Estado de partida A; Laminado ca Temperatura 6mm Diámetro  
 liente ambiente;  
 Análisis: 0,16% C; 0,09% Si; 0,52% Mn Resto hierro  
 y los usua--  
 les conteni--  
 dos

5

T	$\sigma_s$	$\sigma_B$	$\sigma_{10}$	$\sigma_g$	Dureza Vickers	
$T = T_2$					borde	núcleo
°C	kp mm <sup>2</sup>	kp mm <sup>2</sup>	%	%		

10

A	27,5	42,7	33,5	21,7	181	172
I 700	44,5	48,1	26,3	15,0	195	170
I 750	45,2	69,0	13,3	8,8	255	262
II 800	51,5	75,5	12,1	6,2	234	256
II 850	56,5	77,0	11,6	6,0	314	320

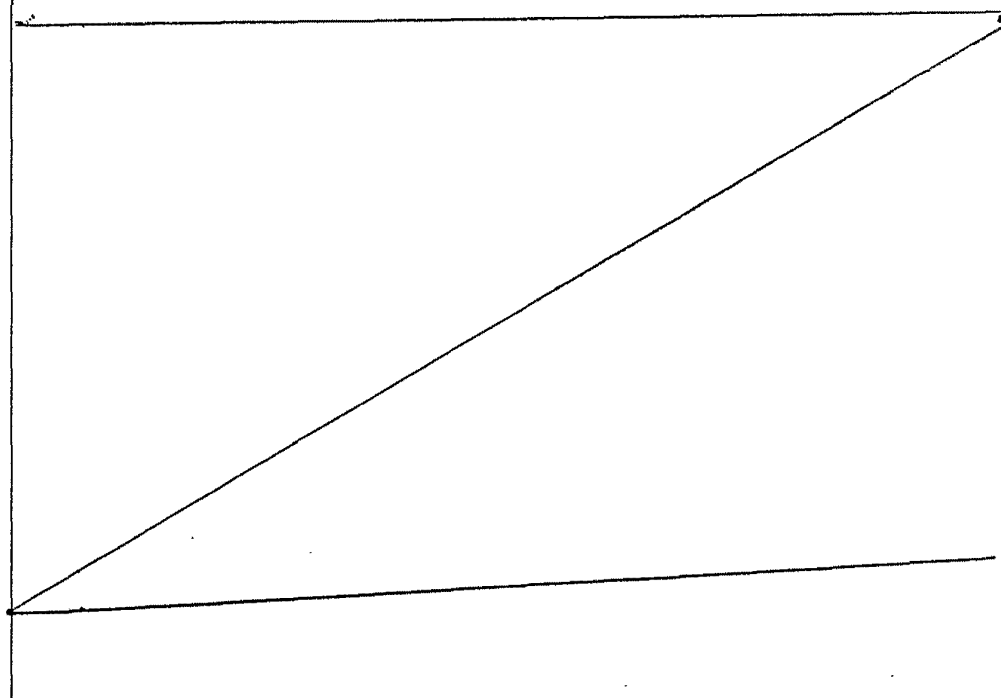
15

I débil intensidad de refrigeración  
 II fuerte intensidad de refrigeración.

20

25

30



402594



- 25 -

1

## - T A B L A - 2 -

Estado de partida A; Laminado en Temperatura ambiente; 3mm de diámetro

Análisis: (0,16% C; 0,16% Si; 0,70% Mn) Resto hierro y los contenidos usuales

5

$\sigma_C$	$\sigma_S$	$\sigma_B$	$\sigma_{10}$	$\sigma_g$
$t = t_2$	kp/mm <sup>2</sup>	kp/mm <sup>2</sup>	%	%
A	34	48	27,7	15,0
I 750	42	70	15,2	10,0
I 800	53,5	77	13	7,0
I 850	69	87	10	5,4

10

## - T A B L A - 3 -

Estado de partida A; Laminado en Temperatura ambiente; 12 mm de diámetro

Análisis: 0,17% C; 16% Si; 0,63% Mn; Resto hierro y los contenidos usuales

15

T	$\sigma_S$	$\sigma_B$	$\sigma_{10}$	$\sigma_g$
$t = t_2$	kp mm <sup>2</sup>	kp mm <sup>2</sup>	%	%
A	25,2	44,0	32,6	22,0
I 700	40,5	57,5	20,0	13,8
I 750	39,2	53,2	19,0	15,0
I 800	49,5	71,5	14,3	9,5
II 800	51,5	93,0	11,0	5,0
II 850	73,0	103,0	9,4	4,5

20

25

30

10



402594

1

- N O T A -  
=====

La presente patente de invención comprende las siguientes reivindicaciones:

5

1.- Procedimiento continuo de tratamiento térmico en aceros de construcción en forma de varilla con bajo contenido de carbono (máximo 0,26% de carbono), resto hierro y los elementos acompañantes usuales en los aceros de construcción comunes, para mejorar las propiedades materiales mecánicas (resistencia, dilatación o su relación mutua) con aplicación de un calentamiento rápido con subsiguiente enfriamiento rápido, caracterizado porque el acero, sólo en su coquilla, se calienta de tal modo a una temperatura entre  $A_{c_1}$  y  $1.300^{\circ} C$  que su núcleo, como promedio, se calienta por lo menos en  $100^{\circ} C/segundo$ , preferentemente  $300^{\circ} C/segundo$ , a una temperatura situada entre el comienzo de la conversión de perlita ( $A_{c_1}$ ) y  $900^{\circ} C$ , después de lo cual, antes de alcanzar el ajuste de equilibrio respecto al contenido de carbono, se enfría rápidamente.

10

15

20

2.- Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque el núcleo, como promedio, se calienta con una velocidad aproximada de  $700^{\circ} C/segundo$ .

25

3.- Procedimiento, según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque se enfría rápidamente en el punto de tiempo, en que la temperatura del núcleo y la temperatura de la superficie de la coquilla son iguales.

30

4.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el tiempo total desde el paso por el punto  $A_{c_1}$  hasta el comienzo del enfriamiento rápido im



402594

1  
  
  
5  
  
  
10  
  
  
15  
  
  
20  
  
  
25  
  
  
30

porta como máximo cinco segundos.

5.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el tiempo de permanencia desde el primer paso por la línea de perlita en el núcleo hasta el comienzo del enfriamiento rápido en la superficie importa como máximo 1,5 segundos, especialmente menos de 1 segundo.

6.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque por aplicación de duchado o esparcimiento en abanico de agua se enfría rápidamente con una presión de por lo menos 2 atmósferas.

7.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el acero, antes del tratamiento térmico, se calienta previamente a temperaturas máximas por debajo de  $A_{c1}$ .

8.- Procedimiento, según la reivindicación 7, caracterizado porque el acero se calienta previamente de modo continuo mediante inducción, con gran profundidad de penetración.

9.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque para el aumento de las propiedades de resistencia, todavía con muy buenas propiedades de dilatación en el núcleo, se ocasiona una temperatura de por lo menos  $A_{c1}$  con una temperatura de superficie de cocuilla de hasta 1.000° C, después de lo cual, a partir de allí se enfría rápidamente con una velocidad de enfriamiento (valor medio) de por lo menos 500° C/segundo.

10.- Procedimiento, según la reivindicación 9, caracterizado porque dentro de la zona de equilibrio de tempe-

POOR QUALITY

10 MAY 1972



402594

- 28 -

1 ratura para el punto de tiempo  $t = t_2$  se ocasiona una temperatura de 750° C hasta 850° C, después de lo cual se enfría rápidamente desde allí.

5 11.- Procedimiento, según la reivindicación 10, caracterizado porque se enfría rápidamente con velocidades de enfriamiento de 1.200 hasta 1.700° C/segundo.

12.- Procedimiento, según las reivindicaciones 10 u 11, caracterizado porque por aplicación de agua se enfría rápidamente a una presión de hasta 12 atmósferas.

10 13.- Procedimiento, según la reivindicación 12, caracterizado porque la cantidad de agua importa de 6 a 30 l/kg. de acero.

15 14.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque después del enfriamiento rápido se efectúa una reducida deformación en frío (rectificación).

20 15.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque después del enfriamiento rápido se efectúa un tratamiento térmico a temperaturas entre 100 y 380° C, especialmente alrededor de 340° C con un tiempo de permanencia (especialmente 20 a 30 minutos) en que sube fuertemente el límite de elasticidad.

25 16.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque se trata un acero con una estructura que en 50% consiste en ferrita pre-eutectoide, especialmente consecuencia de enfriamiento al aire, después del laminado en caliente.

30 17.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones

402594



- 29 -

1 nes 1 a 16, caracterizado por-que se tratan aceros sin alea-  
ción, con un contenido de carbono entre 0,06 y 0,26%, prefe-  
rentemente 0.12 a 0,22% y contenidos usuales de manganeso y  
silicio.

5 18.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones  
1 a 16, caracterizado porque se tratan, que están aleados con  
manganeso hasta 1,8%.

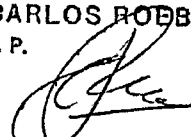
10 19.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones  
1 a 18, caracterizado porque se tratan varillas con un diáme-  
tro de 4 a 36 mm., especialmente de 6 a 16 mm.

20.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones  
1 a 19, caracterizado porque se trata 20 a 70%, preferentemen-  
te 30 a 50% de material de varilla deformado en frío.

15 21.- Procedimiento, según una de las reivindicaciones  
1 a 20, caracterizado porque se tratan de acero para hormigón,  
para armaduras pretensadas o flojas, especialmente para este-  
ras soldadas de acero de construcción.

20 22.- Procedimiento continuo de tratamiento térmico  
en aceros de construcción en forma de varilla con bajo conte-  
nido de carbono.

Según se describe y reivindica en la presente memoria  
descriptiva y consta de veintinueve hojas foliadas y escritas  
a máquina por una sola de sus caras, y los planos que a la mis-  
ma se acompañan.

25 CARLOS ROBB  
P. P.  
Madrid, a 10 de Mayo de 1972.  
  
Fdo.: Carlos Pérez

30

402594 10 MAY 1972

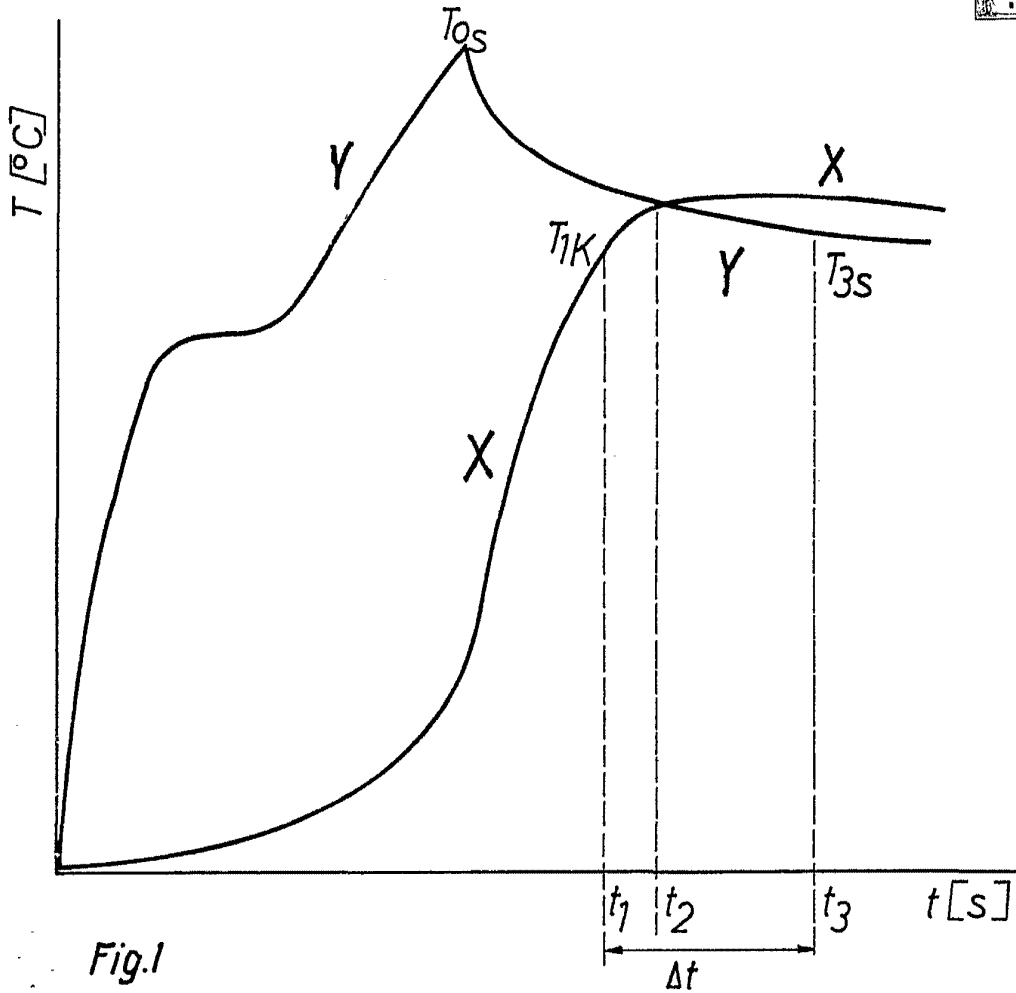


Fig.1

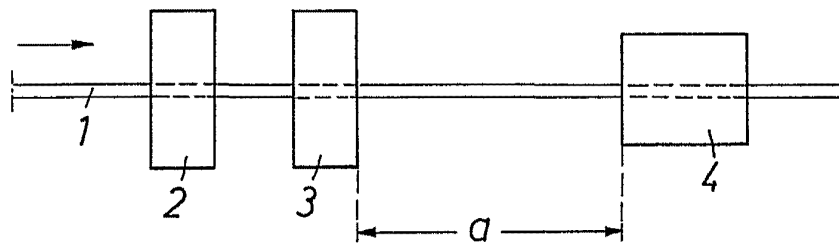


Fig.2

ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB  
P. P.

Fdo. Carlos Pérez