

382073

PATENTE DE INVENCION

SECCION TECNICA Clase 1125.  
CLASIFICACION I. P. C.  
CLASE C 21 \_\_\_\_\_  
SUBCLASE D \_\_\_\_\_

23



# Memoria Descriptiva

sobre:

PROCEDIMIENTO PARA ELIMINAR LAS RUGOSIDADES EN ACEROS  
INOXIDABLES FERRITICOS AL CROMO.

---

*Solicitante:* ARMO STEEL CORPORATION, entidad norteamericana,  
residente en 703 Curtis Street, Middletown, Ohio  
EE.UU. de A.

---

5.

Esta invención se relaciona con un acero al cromo mejorado y con el método para producirlo por medio del cual la forma laminar acabada de dicho acero exhibe características de no-rugosidad. Más específicamente, la invención se relaciona con perfeccionamientos en aceros ferrí-

382073



ticos al cromo tales como los del tipo 430 A.I.S.I., cuyos límites generales de composición son los siguientes:

Cromo	-	14-18%
Carbono	-	0,12% max.
Manganeso	-	1,0% max.
Silicio	-	1,0% max.
Fosforo	-	0,040% max.
Azufre	-	0,030% max.
Hierro	-	resto excepto para impurezas incidentales.

5.

10.

Dichos, aceros cuando se estiran severamente en una parte fornada, estan sometidos a un defecto conocido como rugosidad. Este defecto se manifiesta por si mismo en la formación de arrugas en el metal paralelamente a la dirección en la cual el metal se laminó originalmente, cuando el metal es estirado. Las arrugas hacen antiestético al artículo estirado y conducen a desestimaciones, especialmente puesto que no existe ningún modo de restaurar la apariencia de un artículo rugoso a excepción de una costosa operación de pulido, la cual no es siempre efectiva.

15.

20.

La rugosidad es un defecto que deberá distinguirse del fenómeno de una rugosidad superficial por no estirarse uniformemente el material. Este problema, que aparece como marcas alargadas sobre los artículos estirados, es una función del alargamiento en el límite de fluencia y puede ser aliviado o eliminado por endurecimiento por laminado en frio del material laminar antes de estirar los artículos. La rugosidad no puede eliminarse o reducirse al mínimo de esta forma. Además, la rugosidad superficial se presenta en aproximadamente los primeros 5% del alargamiento debido al estirado, y entonces desaparece

25.

30.

382073



mientras que la rugosidad comienza a evidenciarse primeramente en aproximadamente este punto e incrementa a un máximo hasta justo antes de la rotura del metal en tensión.

5. Uno de los aspectos mas difíciles del problema de la rugosidad reside en la translación de la severidad del mismo a un sistema uniforme. En la actualidad, no existe ningún ensayo estándar que proporcione una medida cuantitativa, de la rugosidad. Se ha descubierto que si
10. una lámina de los aceros que llevan cromo es sujeta en sus extremos en una máquina adecuada y se estira a continuación hasta un punto próximo pero antes de llegar cerca de su punto de rotura, se presentará una rugosidad evidentemente en la porción estirada si el metal posee cualquier
15. tendencia a la rugosidad. Pero el grado de rugosidad deberá ser observado por el ojo, de tal forma que los resultados del ensayo son, de este modo, subjetivos.

- No obstante, a pesar de este ensayo impirico, un trabajador y/o un fabricante de acero expertos, pueden
20. reconocer fácilmente el defecto y la severidad de tensión en una parte estirada. Seleccionando un procedimiento de ensayo uniforme, es decir, estirando una muestra laminar a un límite cercano del punto de rotura, es posible graduar arbitrariamente a las muestras a ensayar sobre una escala
25. de rugosidad. Dicha escala ha sido adoptada para la evaluación del acero de esta invención, en la cual una primera graduación extrema "0" ejemplifica a un material que no exhibe ninguna rugosidad, mientras que el otro extremo de la graduación de la escala "7" representa un material que
30. muestra una rugosidad en tal grado que constituye un de-

382073



1970

fecto muy serio si se aplica a partes estiradas. En este sistema de evaluación, un material deberá tener una escala de rugosidad de 1,0 o menos para que sea considerado con una calidad de baja rugosidad.

5. En la patente USA no. 2.851.384, concedida el 9 de septiembre de 1.958 a J.H. Waxweiler, se describe un procedimiento para reducir al mínimo el problema de rugosidad en el acero inoxidable del tipo 430. El procedimiento sugerido estaba basado en la conclusión de que la
10. rugosidad es un fenómeno promovido por la orientación preferida de grano. Por consiguiente, se desarrolló un método para promover una orientación del grano al azar. Se determinó que una orientación parcialmente al azar de los granos podría efectuarse por un cambio de fase o transformación.
15. Para conseguir esto, se desarrollaron una composición austenítica promotora y un tratamiento. A pesar de que dicha patente contiene una descripción más detallada, en resumen se ha encontrado que un acero inoxidable del tipo 430, que tiene un potencial de austenita de por lo menos 35% y preferiblemente del 55%, debería exhibir unas características
20. mínimas de rugosidad cuando se calienta por encima de la temperatura de transformación crítica.

- Resultó efectivo el tratamiento de normalización para producir una calidad de baja rugosidad. Sin embargo,
25. este procedimiento implica un estrecho control en la fusión de la aleación, y no era suficiente para reducir sustancialmente o eliminar el fenómeno sin afectar adversamente a otras propiedades tales como dureza y conformabilidad.

- En un desarrollo ulterior, la patente USA No.
30. 3.128.211, concedida el 7 de abril de 1.964 a J.H. Waxweiler,

382073

23



llega de nuevo a la conclusión de que las tendencias a la baja rugosidad podrían ser desarrolladas en el acero inoxidable del tipo 430 mediante procedimientos que implican el control de las características de grano del metal. Las

5. areas de factores que fueron evaluadas con relación a su efecto sobre la consecución de las características deseadas de grano pueden resumirse brevemente como sigue: composición, producción de lingotes, laminación en caliente y ulteriores etapas de procesamiento.
10. La producción de material con la mínima rugosidad se consiguió en parte por la formación de un estado de grano fino equidimensional en el lingote, cuya química se controló para incluir un carbono máximo del 0,06% y cromo del orden de 0,05 a 0,50%.
15. En cooperación con estos factores, se estableció que por lo menos el 50% final de la laminación en caliente debería ejecutarse a una temperatura por debajo de 870°C. Para completar el procesamiento final, cuyas todas etapas estan establecidas para cooperar entre ellas, la
20. lamina laminada en caliente se sometió a una serie de reducciones en frio y recocidos, efectuándose los últimos a temperaturas inferiores a la temperatura crítica.  
En cada una de las patentes mencionadas anteriormente, podrá ser evidente que los controles son numerosos y por consiguiente costosos. Contrario a todo esto, la presente invención contempla solamente un control que disminuye drásticamente o elimina la rugosidad de aceros ferríticos al cromo cuando son estirados en una parte fabricada.
25. En la práctica, de esta invención, se elige un
30. acero inoxidable ferrítico teniendo la siguiente química:

382073



5.	Carbono	-	0,01% max.
	Cromo	-	14-18%
	Manganeso	-	1% max.
	Silicio	-	1% max.
	Fosforo	-	0,040% max.
	Azufre	-	0,030% max.
	Hierro	-	resto excepto para impurezas incidentales.

10. Se ha determinado que la reducción sustancial de carbono en el sistema de aleación, del valor típico inicial de 0,06%, se traduce en la eliminación de la rugosidad.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

15. A pesar de que resulta difícil determinar con precisión la respuesta o cambios que se presentan con los tratamientos térmicos de aleaciones de acero que contienen cierto número de agentes de aleación, se pueden predecir ciertos cambios basados en un sistema simplificado utilizando los componentes principales de la aleación. Por ejemplo, puede emplearse un estudio del sistema de equilibrio hierro-cromo como base para el estudio del acero inoxidable del tipo 430.

20. Es bien conocido, a partir de un análisis del diagrama de equilibrio hierro-cromo, que la austenita está presente como una fase de elevada temperatura en el extremo rico en hierro del sistema. La región de austenita se caracteriza adicionalmente por una banda o región de dos fases que rodea a la misma y que la separa de la fase de ferrita enriquecida en cromo. Esta región de dos fases es austenita y ferrita. La experiencia ha confirmado la presencia de estas fases en el análisis típico del tipo 430.

382073

23



5. Con este conocimiento y fundamento, una creencia principal que ha prevalecido en la industria consistió en que la rugosidad del tipo regular 430 estaba asociada con la microestructura listada, es decir, una compuesta de bandas alternativas de ferrita y ferrita más carburos, resultando a partir de la laminación en caliente, en la región de dos fases. Como consecuencia, los intentos previos efectuados por los expertos en el arte se han dirigido al descubrimiento de medios o procedimientos para romper la estructura listada. El tratamiento de normalización y el uso de columbio o titanio representan dos de las soluciones propuestas.

10. La presente invención da al traste, o por lo menos lo modifica con el concepto de que la rugosidad está asociada con la microestructura listada después de la laminación en caliente. Ahora, se ha establecido un concepto más definido por el presente desarrollo. Es decir, la eliminación de carbono del sistema de aleación se traduce en la eliminación de rugosidad. A pesar de que se observó una microestructura listada después de la laminación en caliente en algunos aceros de bajo contenido en carbono de esta invención, no se encontró ninguna rugosidad. Por otro lado, en una aleación comparativa investigada durante el desarrollo de esta invención, se encontró rugosidad sin formación de bandas en la estructura laminada en caliente.

15. Para ayudar a demostrar las características perfeccionadas de los aceros ferríticos al cromo de esta invención, se prepararon 6 aleaciones y se procesaron a una forma laminar mediante procedimientos que implican

20.

25.

30.

382073 23



variaciones en temperatura. Las dos aleaciones cuya química cae dentro de las enseñanzas de esta invención (D y F) y no muestran sustancialmente ninguna rugosidad prescindien- do del método de procesamiento empleado. Las cifras químicas para las seis aleaciones se indican a continuación.

QUÍMICA DE LA ALEACION

<u>Calor</u>	<u>Cr</u>	<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Si</u>	<u>N</u>	<u>Ti</u>	<u>Cb</u>	<u>"A.P."</u>
A	16,6	0,064	0,30	0,003	0,016	0,34	0,037	-	-	52,2%
B	16,4	0,061	0,34	0,002	0,017	0,42	0,042	-	0,58	52,6%
C	16,6	0,057	0,38	0,004	0,015	0,47	0,038	0,29	-	44,1%
D	16,0	0,0039	0,27	<0,002	0,0064	0,44	0,080	-	-	55,1%
E	16,4	0,12	0,27	<0,002	0,010	0,45	0,0035	-	-	56,8%
F	16,5	0,0019	0,15	<0,002	0,0078	0,24	0,0036	-	-	28,3%

"A.P." = Potencial de austerrita, basado en la fórmula de Waxweiler:

$$A.P. = 288 C + 350 N + 22Ni + 7.5Mn - 18,75 Cr - 54Si + 338,5$$

Nota: Ni varía entre 0,42 y 0,56%.

Los lingotes de ensayo a partir de cada calentamiento fueron procesados a un calibre de laminado final por las siguientes vías:

TABLA I

<u>Via X</u>	<u>Via Y</u>	<u>Via Z</u>
1. Laminado en caliente 1120°C 3,30 mm	1. Laminado en caliente 955°C. 3.30mm.	1. Laminado en caliente 1120°C. 3,30mm
2. Recocido en caja 845°C Decapado	2. Recocido en caja 845°C Decapado	2. Normalizado de banda 1120°C.
3. Laminado en frio 1,65mm.	3. Laminado en frio 1,65mm.	3. Recocido en caja 845°C. Decapado

382073

23



<u>Via X</u>	<u>Via Y</u>	<u>Via Z</u>
4. Recocido de banda 800°C Decapado	4. Recocido de banda 800°C Decapado	4. Laminado en frío 1,65mm.
5. Laminado en frío 0,64 mm.	5. Laminado en frío 0,64mm.	5. Recocido de banda 800°C Decapado
6. Recocido de banda 800°C Decapado	6. Recocido de banda 800°C Decapado	6. Laminado en frío 0,64mm. 7. Recocido de banda 800°C Decapado

La tabla II muestra las propiedades mecánicas y calidad de rugosidad de las diversas aleaciones tratadas en la forma antes citada.

TABLA II

<u>Especificación de la muestra</u>	<u>0,2% Y.S. Kg/mm<sup>2</sup></u>	<u>U.T.S. Kg/mm<sup>2</sup></u>	<u>%A en 50,8mm</u>	<u>Dureza Rp</u>	<u>Grado de rugosidad</u>
AX	33,6	52,6	26,5	74,8	1,4
AY	34,1	52,9	28,0	75,3	1,5
AZ	32,6	54,1	29,0	75,5	1,0
BX	35,7	51,9	26,5	74,5	2,4
BY	36,2	51,8	31,5	74,5	0,7
BZ	41,8	57,2	24,0	74,5	0,2
CX	34,2	52,2	25,0	72,0	3,7
CY	29,4	49,4	31,0	72,0	0,9
CZ	30,0	48,1	28,5	71,0	0,1
DX	42,5	60,3	14,0	78,5	0
DY	30,3	49,8	24,5	73,0	0
DZ	31,4	50,6	26,5	74,5	0
EX	35,9	53,2	30,0	75,5	0,5
EY	34,9	51,2	32,0	74,2	1,3
EZ	36,2	52,9	31,0	74,0	0,5

382073



Especificación de la muestra	0,2% Y.S. Kg/mm <sup>2</sup>	U.T.S. Kg/mm <sup>2</sup>	%A en 50,8mm	Dureza R <sub>B</sub>	Grado de rugosidad
FX	26,4	37,5	38,5	65,0	0,1
FY	26,2	39,0	33,5	65,0	0
FZ	26,2	38,0	39,5	62,2	N.G.

Superficie rugosa con grandes granos, no graduada por consiguiente; sin embargo, no se observó ninguna rugosidad visible.

De esta forma, puede llegarse a la conclusión que la eliminación de carbono del sistema de aleación, representado por las muestras D y F, se traduce en la eliminación de la rugosidad. Es decir, estas aleaciones no eran rugosas independientemente de la modalidad o vía de procedimiento. A partir de un estudio de la microestructura de las muestras procesadas, se observó que la muestra D poseía una microestructura listada después de la laminación en caliente. Esto resultó probablemente a partir de la laminación en caliente en la región bifásica austenita-ferrita. Se puede observar que mientras el contenido en carbono era bajo, el contenido en nitrógeno era, en la muestra D, el doble aproximadamente, conduciendo a un valor comparable "A.P."

En las muestras de contraste D y F, sería fácilmente evidente que con el incremento en nitrógeno en la muestra D, el potencial de austenita, resistencia y dureza fueran restaurados o mantenidos en los niveles mostrados por las aleaciones restantes. Se insistirá en que la fórmula A.P. dada anteriormente mostró al carbono y al nitrógeno como fuertes elementos formadores de austenita.

En cualquier caso, la eliminación de carbono a partir del sistema de aleación no significa que las propie-

382073

23



dades restantes de la aleación resultante sean sacrificadas para conseguir los resultados deseados. De hecho, se abren ahora más caminos para variar la ejecución de los aceros inoxidable ferríticos al cromo.

5. Por encima de las mejoras dramáticas conseguidas por la eliminación de carbono, se observaron varios procedimientos para realzar adicionalmente las características de no rugosidad de los aceros inoxidable del tipo 430. Se observaron mejoras con algunas muestras con las temperaturas mas inferiores de laminación en caliente, sin embargo, puede verse un beneficio más general con una vía que incluye un tratamiento de normalización a continuación de la laminación en caliente. No obstante, como anteriormente se ha indicado, en los niveles de carbono seleccionados para las muestras D y F, se observó la mejora en no rugosidad para todos los programas de la vía.
- 10.
- 15.

El beneficio reconocido con los procedimientos preferidos podrá ser evidente a medida que el nivel de carbono se incrementa por encima del límite preferido de 0,003% en peso. Así, esta invención contempla e incluye niveles de carbono tan elevados como del 0,01% en peso.

20.

N O T A

25. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento se refiere a una solicitud de patente presentada en Norteamérica Ser. No. 844.213 de 23 de julio de 1969, acogiéndose por lo tanto a los
- 30.

382073,



beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento, se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: Procedimiento para eliminar las rugosidades en aceros inoxidables ferríticos al cromo; caracterizándose por lo siguiente:

5. 1.- Procedimiento para eliminar las rugosidades en aceros inoxidables ferríticos al cromo tras ser estirados a partir de una forma laminar, caracterizado porque comprende seleccionar una composición para dicho acero con un contenido en carbono máximo de 0,01% en peso; y someter dicho acero a una secuencia de operaciones de tratamiento térmico y laminación adecuadas para reducir dicho acero a una forma laminar.
10. 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha secuencia de procesado incluye una reducción en caliente seguida por un tratamiento de normalización.
15. 3.- Procedimiento según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho carbono está presente en una cantidad no superior al 0,005% en peso.
20. 4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 3, caracterizado porque la composición se selecciona para incluir de 0,04 a 0,09% en peso de nitrógeno.
25. 5.- Procedimiento para eliminar las rugosidades en aceros inoxidables ferríticos al cromo, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria.

382073

23



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

Madrid, 23 JUL. 1970

ARRCO STEEL CORPORATION

L. GOMEZ ACEBO Y MODER  
Firmado: F. Hernández Rola