



PATENTE DE INVENCION

(19) ES	(11) NUMERO (21) 453.888	(10) A I
(22) FECHA DE PRESENTACION 2-12-1976		

P.- 64.588
L-9550-SP

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO 637.392			(32) FECHA 3-12-75	(33) PAIS E.U.A.
(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL G01N	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA		
(54) TITULO DE LA INVENCION "UN PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR LAS CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA DE ALAMBRES O TIRAS METALICAS"				
(71) SOLICITANTE (S) UNION CARBIDE CORPORATION				
DOMICILIO DEL SOLICITANTE 270 Park Avenue, Nueva York, Nueva York, 10017, Estados Unidos de América				
(72) INVENTOR (ES) Jaak Stefaan van den Sype, William Alphonse Kilinskas y Richard Benedict Mazzarella				
(73) TITULAR (ES)				
(74) REPRESENTANTE DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ				

POOR
QUALITY

1 Esta invención se refiere a un procedimiento para mejorar la resistencia de alambres o tiras metálicas.

Las composiciones químicas de las aleaciones metálicas a las que está encaminada esta invención son bien conocidas e incluyen aquellas aleaciones enumeradas en "Steel Products Manual: Stainless and Heat Resisting Steels" (Manual de Productos de Acero: Aceros inoxidable y resistentes al calor), publicado por el Instituto Americano del Hierro y el Acero (American Iron and Steel Institute (AISI), ahora de Washington, D.C. en 1.974, y designadas como austeníticas, con la condición adicional de que estas aleaciones tengan, al menos inicialmente, una temperatura M_d no superior a aproximadamente 100°C (es decir más 100°C) y una temperatura M_s no superior a menos 100°C . Será evidente que la Designación de las Series AISI 200 y 300 son de interés aquí. Otras aleaciones consideradas en esta Memoria, de nuevo, deben ser austeníticas y tienen las temperaturas M_d y M_s establecidas. Estas aleaciones incluyen ciertas aleaciones no inoxidables sustituidas con manganeso que contienen hierro, manganeso, cromo y carbono, puestas de ejemplo por aquellas aleaciones designadas mediante las especificaciones DIN (Deutsche Industrie Norme) X40 Mn Cr 18 y X 40 Mn Cr 22 y descritas en las páginas 655 y 656 del Metallic Materials Specification Handbook (Manual de Especificaciones de Materiales Metálicos), publicado por E. y FN Spon Ltd., Londres, 1.972.

La expresión "austenítica" implica la microestructura cristalina de la aleación, a la que se denomina en esta Memoria Descriptiva austenítica o austenita cuando por lo menos aproximadamente el 95 por ciento en volumen de la mi-

1 microestructura tiene una estructura cúbica centrada en la
cara. Puede considerarse que tales aleaciones están esen-
5 cial o sustancialmente en la fase austenítica. Ha de enten-
derse que las aleaciones metálicas consideradas en esta Me-
moría están esencialmente en la fase austenítica o fase de
austenita, a la temperatura a la que se lleva a cabo la eta-
pa de deformación, independientemente del trabajo o la tem-
peratura aplicados anteriormente, por ejemplo, el metal o
aleación sometido a la etapa de deformación puede haber si-
10 do recocido con anterioridad y ser todavía esencialmente
austenítico cuando se realiza tal etapa.

15 La otra microestructura con la que hay relación en
esta Memoria es una estructura cúbica centrada en el espa-
cio denominada martensítica o martensita. Cuando al menos
aproximadamente 95 por ciento en volumen de la estructura
es martensítica, la aleación es considerada aquí como esen-
cial o sustancialmente en la fase de martensita.

20 La microestructura, como es lógico, puede contener
ambas, una fase austenítica y una fase martensítica, y el
tratamiento que se ha de discutir aquí en términos de la
técnica anterior y de la presente invención, es uno de trans-
formación de por lo menos parte de la austenita en marten-
sita, cambiando así la microestructura de la aleación trata-
da.

25 La temperatura M_d se define como la temperatura por
encima de la cual no tiene lugar transformación martensítica
con independencia de la cantidad de deformación mecánica que
se aplique al metal o aleación, y puede ser determinada me-
diante un ensayo de tracción sencillo y convencional, lleva-
do a cabo a diversas temperaturas.
30

1 La temperatura Ms se define como la temperatura a que la transformación martensítica empieza a tener lugar espontáneamente, es decir, sin la aplicación de deformación mecánica. La temperatura Ms puede ser determinada también
5 mediante ensayos convencionales.

Algunos ejemplos de temperaturas Md son los siguientes:

Acero inoxidable AISI tipo n.º	Temperatura Md (°C)
10 301	43
302	13
304	15
304L	18

Los aceros 301, 302, 304 y 304L tienen temperaturas Ms por debajo de menos 196°C.

15 Como se indica, la deformación a que se hace referencia es una deformación mecánica, y tiene lugar en la zona de deformación plástica que sigue a la zona de deformación elástica. Es ocasionada sometiendo el material a una
20 tensión mas allá de su límite elástico, suficiente para cambiar la forma de la totalidad o de parte de las piezas de trabajo.

La forma o configuración del material al que está encaminada la presente invención, es la de alambre o tira metálica preparada y manejada mediante técnicas convencionales excepto que se describa de otro modo en esta Memoria
25 Descriptiva.

Las propiedades físicas concernientes a la presente invención incluyen las de resistencia a la tracción, límite
30 elástico por torsión, y aptitud para la conformación.

1 La propiedad de resistencia a la tracción puede ser
determinada con facilidad según un ensayo de tracción uni-
axial sencillo, tal y como se describe en la norma ASTM mé-
todo E-8. Este método aparece en la parte 10 del Annual
5 Book of ASTM Standards de 1.975 publicado por la American
Society for Testing Materials, Filadelfia, Pa. La resisten-
cia a la tracción es el esfuerzo de tracción máximo que el
material es capaz de soportar. La resistencia a la tracción
es la proporción de la carga máxima durante un ensayo de
10 tensión llevado hasta fractura, respecto a la superficie de
la sección transversal original de la muestra.

El límite elástico por torsión de alambres, por ejem-
plo, puede ser determinado retorciendo una longitud finita
del alambre según ángulos crecientes y observando cuando
15 tiene lugar una primera distorsión angular permanente. Un
límite elástico por torsión de dos por ciento se define co-
mo el esfuerzo de cizalla que ocurre en la superficie del
alambre cuando se retuerce según un ángulo suficiente para
dar lugar a una deformación angular permanente de dos por
20 ciento. Una definición similar se aplica a un límite elásti-
co por torsión de cinco por ciento.

Un ensayo tipo de aptitud para la conformación para
alambres usado en la fabricación de muelles consiste en en-
rollar el alambre en torno a un árbol que tiene un diámetro
25 igual al diámetro del alambre. El alambre pasa el ensayo si
resiste la fractura durante este ensayo. Queda claro que en
tal ensayo de enrollado, la superficie externa del alambre
sufre la mayor cantidad de deformación plástica y, por con-
siguiente, requiere la máxima ductilidad. Un requisito típi-
30 co de aptitud para la conformación para tiras metálicas es

1 que la tira resista la fractura en un ensayo de curvado en noventa grados en torno a un radio igual a tres veces el grosor de la tira metálica.

5 Prácticamente todo el alambre de alta resistencia que se encuentra disponible en el comercio se produce en la actualidad mediante procedimientos de estirado de alambre. Típicamente, los materiales iniciales a partir de los que se estira el alambre son varillas metálicas o barras de metal, a las que se denomina comúnmente varillas redondeadas, que
10 son laminadas en caliente partiendo de tochos cilíndricos de acero, hasta el diámetro deseado de la varilla redondeada inicial. La superficie en corte transversal de la varilla inicial es reducida hasta el tamaño de alambre final deseado en una serie de etapas de estirado consecutivas, cada una de cuyas etapas consiste en estirar el alambre a través
15 de una hilera que tiene aberturas en corte transversal progresivamente menores. La superficie en corte transversal del alambre se reduce aproximadamente un veinte por ciento en cada etapa de estirado. Ya que se requiere una cantidad sustancial de endurecimiento por medios mecánicos para producir
20 alambre de alta resistencia, son necesarias un gran número de etapas de estirado para comunicar resistencia al metal, más bien que con propósitos de reducción de tamaño. Por consiguiente, la práctica general es seleccionar un alambre reconocido inicial sustancialmente de mayor tamaño con respecto
25 a la superficie en corte transversal del alambre terminado para permitir reducciones de superficie que son incidentes con el endurecimiento por medios mecánicos deseado del metal durante el estirado. Para alambre de alta resistencia del tipo usado por los fabricantes de muelles, la disminución total
30

1 de la superficie en corte transversal del material recocido inicial es por lo general de aproximadamente setenta y cinco a noventa por ciento.

5 Los efectos indeseables del estirado sobre las propiedades mecánicas del alambre resultante son bien conocidos en la técnica. La desventaja principal inherente al estirado es la gran fuerza de fricción generada entre la pared de la hilera y el metal de trabajo a medida que el alambre es forzado a pasar a través del orificio estrecho de la hilera.

10 Esto da como resultado el endurecimiento mecánico preferente de la porción externa (o "piel") del alambre con respecto al núcleo interior, hasta el grado de que el producto terminado no está reforzado uniformemente. Por tanto, el alambre que es estirado tiene una "piel" altamente reforzada y

15 un núcleo que esta reforzado en un grado mucho menor. Así pues, el grado en que un alambre puede ser reforzado por estirado viene limitado por la resistencia a la tracción a la que la porción exterior se agrieta o rompe.

20 Además, la resistencia a la tracción utilizable de alambre de alta resistencia del tipo usado por los fabricantes de muelles viene limitada además por el requisito de una aptitud para la conformación adecuada. Por ejemplo, se espera que el alambre de menos de 6,35 mm. de diámetro soporte sin fractura el enrollado en torno a un árbol con un diámetro

25 igual al diámetro del alambre. En un ensayo de enrollado tal las fibras exteriores del alambre sufren la mayor proporción de deformación plástica y por tanto requieren la máxima ductilidad. El endurecimiento mecánico preferente de la "piel" del alambre durante el estirado hace disminuir en gran

30 manera la aptitud para la conformación del alambre debido a

1 que el material de la piel se hace más quebradizo y menos dúctil a medida que disminuye la superficie en corte transversal debido al estirado en frío.

5 También está reconocido en la técnica que estos efectos indeseables del estirado sobre las propiedades del alambre dependen del diámetro del alambre, siendo capaces secciones más delgadas de mayor estirado en frío, antes de que tenga lugar el agrietamiento de la "piel", que secciones gruesas.

10 Esto se refleja en el hecho, por ejemplo, de que puede obtenerse alambre de acero inoxidable 302 de alta resistencia, comercial, el alambre inoxidable más comúnmente usado para aplicaciones de fabricación de muelles, con una resistencia a la rotura por tracción (RRT) de 22.400 kg/cm^2
15 para alambre de 0,25 mm. de diámetro, mientras que a un diámetro de 6,35 mm., la RRT es de aproximadamente 12.250 kg/cm^2 . Por tanto, el grado en que un alambre puede ser reforzado por estirado viene limitado por la resistencia a la tracción a que la porción exterior se agrieta o rompe.
20 Queda claro, por consiguiente; que las operaciones convencionales de estirado son métodos altamente ineficaces para reforzar alambres de diámetros relativamente grandes.

25 Problemas semejantes tienen lugar en la fabricación de tiras de acero de alta resistencia. Tales tiras se obtienen comúnmente mediante laminado. Queda claro que los efectos de reforzamiento del material que se producen mediante el laminado se propagan al material desde la superficie límite entre dicho material y los rodillos, de tal modo que la mayor parte del aumento de resistencia debido
30 al laminado en frío se concentra en la porción exterior

1 ("piel") de la tira metálica y aparece en un grado menor en
las regiones interiores de la tira metálica. Por consiguien
te, los efectos indeseables del estirado sobre las propieda
des mecánicas del alambre aparecen también durante el lami
5 nado de las tiras metálicas. En particular, el grado en que
la tira metálica puede ser reforzada por laminado y tener
todavía una aptitud para la conformación suficiente para la
fabricación, por ejemplo, de muelles, viene limitada por la
resistencia a la tracción a que la porción de piel de la ti
10 ra metálica se agrieta o rompe durante la formación de di-
chos muelles. El endurecimiento mecánico preferente de la
superficie de la tira metálica durante el laminado limita,
por tanto, la resistencia a la tracción utilizable de la ti
ra metálica laminada y para una aptitud para la conforma-
15 ción dada, especificada, por ejemplo en un ensayo de curva
do, la resistencia a la tracción utilizable disminuirá al
aumentar el espesor de la tira metálica.

Se ha encontrado que el estirar alambre o laminar
tiras metálicas partiendo de las aleaciones a que se ha alu
20 dido anteriormente, a temperaturas criógenas, convirtiendo
con ello parcialmente el material austenítico en la fase de
martensita, mejora la resistencia a la tracción del alambre
o tira metálica sin necesidad de efectuar reducciones gran-
des de diámetro o espesor. Aún cuando conceptualmente inte
25 resante en cuanto se refiere al endurecimiento por medios
mecánicos de las aleaciones, el efectuar el estirado a tem-
peraturas criógenas tiene limitaciones prácticas serias que
han evitado que tal procedimiento adquiriera una aceptación
comercial. Una limitación viene fijada por la ausencia de
30 lubricantes capaces de reducir eficazmente la fricción en-

1 tre el alambre y la pared de la hilera a temperaturas crio-
génicas permitiendo con ello la producción de alambre con
la uniformidad y acabado superficial desprovisto de defectos
necesario para aplicaciones críticas de fabricación de mue-
5 lles. Las irregularidades superficiales tales como muescas
y grietas procedentes de una lubricación inadecuada, tienden
a disminuir la longevidad a la fatiga de muelles, por ejem-
plo.

10 Además, el problema inherente a la totalidad de las
operaciones de estirado y de laminado de tiras metálicas, a
saber, el endurecimiento preferente por medios mecánicos de
la porción externa del alambre o tira metálica con respecto
al núcleo, es todavía más pronunciado a temperaturas crióge-
nas. Por consiguiente, la inmensa mayoría del alambre y de
15 las tiras metálicas de alta resistencia producidos comercial-
mente es estirada y laminada, respectivamente, a temperatu-
ra ambiente.

Además, es deseable que el límite elástico por tor-
sion de los alambres usados para la fabricación de muelles
20 sea tan alto como pueda ser posible en relación con la re-
sistencia a la tracción del alambre. Sin embargo, se encuen-
tra que para alambre de acero inoxidable AISI 302 estirado
convencionalmente, la proporción entre el límite elástico
por torsión de dos por ciento y la resistencia a la tracción
25 está comprendida entre 0,3 y 0,4, lo que se considera bajo
desde el punto de vista comercial. Se encuentra un problema
similar al curvar tiras metálicas y a ésto se denomina lí-
mite proporcional alto al curvar.

30 Con objeto de sacar ventaja del gran aumento en la
resistencia a la tracción que puede ser conseguido a tempe-

1 raturas criógenas, es evidente que han de ser solucionados
tres problemas: (1) la lubricación a temperaturas criógenas
5 (2) la obtención de altas resistencias a la tracción inde-
pendientemente del diámetro del alambre o del espesor de la
tira metálica de modo que puedan tratarse alambres de diáme-
tro relativamente grande o tiras metálicas relativamente gruesas
a temperaturas criógenas, en particular en la que res-
pecta a alambres que tienen un diámetro, y tiras metálicas
que tienen un espesor, superiores a aproximadamente 0,50 mm
10 y (3) la mejora del límite elástico por torsión sobre aque-
llos límites de que se dispone en la actualidad en alambre
para emplear, por ejemplo, en la fabricación de muelles he-
licoidales de tensión o compresión, ya que aquí los esfuer-
zos son de naturaleza torsional, siendo los esfuerzos máxi-
15 mos esfuerzos de cizalla en la superficie de la pieza de tra-
bajo, o la mejora en el límite proporcional alto al curvar
tiras metálicas.

Un objeto de esta invención, por consiguiente, es
proporcionar una mejora en los procedimientos de criodefor-
20 mación conocidos para preparar alambres o tiras metálicas
con lo que se elimina el problema de lubricación; las resis-
tencias a la tracción son liberadas de su dependencia del
diámetro del alambre y del espesor de las tiras metálicas;
y los límites de torsión o límites de curvado son mejorados
25 sobre los alcanzados con anterioridad.

Otros objetos y ventajas llegarán a ser evidentes
más adelante en la Memoria.

Según la presente invención, se ha descubierto un
procedimiento, que mantiene las ventajas conseguidas en la
30 resistencia a la tracción a las temperaturas de criodeforma-

1 ción al tiempo que se elimina la necesidad de lubricantes;
libera la propiedad de resistencia a la tracción de su de-
pendencia del diámetro del alambre o del espesor de la tira
metálica; y mejora los límites de elasticidad por torsión
5 y los límites de curvado. El procedimiento se lleva a cabo
con respecto a alambres o tiras metálicas que tienen una
composición constituida esencialmente por una aleación me-
tálica austenítica seleccionada del grupo constituido por
aleaciones de acero inoxidable de las series AISI 200 y 300
10 y aleaciones de acero no inoxidable, que contienen hierro,
manganeso, cromo y carbono, cuyas aleaciones tienen una tem-
peratura M_d no superior a aproximadamente 100°C y una tem-
peratura M_s no superior a aproximadamente menos 100°C , que
comprende la etapa siguiente:

15 tensor el alambre o tira metálica uniaxialmente has-
ta un alargamiento de al menos aproximadamente 10 por cien-
to y a una temperatura no superior a aproximadamente menos
75 $^{\circ}\text{C}$, de tal modo que el alambre o tira metálica tiene una
fase martensítica de al menos aproximadamente 50 por ciento
20 en volumen y una fase austenítica de al menos aproximadamen-
te 10 por ciento en volumen.

 La optimación final de la propiedad de resistencia
se consigue sometiendo la aleación metálica a un envejeci-
miento convencional a una temperatura comprendida entre apro-
25 ximadamente 350°C y aproximadamente 450°C .

 Las Figuras 1 y 2 son diagramas esquemáticos que
ilustran la vista lateral del aparato, y la vista en corte
transversal en parte, que puede ser usado para llevar a ca-
bo la etapa de estirado a que se ha aludido antes.

30 Las aleaciones a que se aplica el procedimiento se

1 han descrito anteriormente y, como se ha hecho notar, son
convencionales. Los únicos requisitos previos son que cuan-
do se aplica la etapa de deformación cumplan la definición
de austeníticas, y sus temperaturas Md no sean superiores a
5 aproximadamente 100°C y sus temperaturas Ms no sean superio-
res a aproximadamente menos 100°C.

El estirado es una deformación mecánica y tiene lu-
gar en aquella región conocida como la región de deformación
plástica, y las técnicas de estirado que pueden ser usadas
10 son convencionales así como también los aparatos utilizados
para llevar a cabo estas técnicas. Serán evidente con faci-
lidad para los expertos en las técnicas metalúrgicas los
aparatos que pueden ser usados para el estirado uniaxial
aquí requerido.

15 Como es lógico, la deformación debe ser suficiente
para proporcionar los porcentajes establecidos de martensi-
ta y austenita, que se determinan primeramente mediante téc-
nicas analíticas convencionales tales como difracción de ra-
yos X o medidas magnéticas, y después sobre la base de la
20 experiencia del operador con las diversas aleaciones en de-
formación en los intervalos de temperatura anotados. Para
definir la deformación con mayor exactitud, se ha fijado en
términos de alargamiento. Se ha encontrado que para los pro-
ductos a que se aplica la invención, los efectos del estira-
do pueden ser evaluados a partir de los efectos de estirado
25 observados durante un ensayo de tensión sencillo usando el
principio del alargamiento "uniaxial equivalente" o alarga-
miento "eficaz" como se indica, por ejemplo, en "Mechanical
Metallurgy" por G.E. Dieter Jr, publicado por McGraw-Hill
30 Book Company (1.961), en la página 66.

1 El alargamiento mínimo en la deformación es por lo
menos de aproximadamente 10 por ciento. No existe límite su-
perior para el tanto por ciento de alargamiento excepto el
5 marcado por la practicalidad, ya que en un cierto punto el
cambio de microestructura y las propiedades de resistencia-
tenacidad se hacen mínimos y, como es lógico, hay un límite
en cuanto a la fractura del material. En cualquier caso el
intervalo de alargamiento sugerido está comprendido entre
aproximadamente 10 y aproximadamente 60 por ciento y, prefe-
10 riblemente, aproximadamente 20 y aproximadamente 40 por cien-
to.

Como se ha apuntado, la aleación inicial utilizada
en el procedimiento es al menos aproximadamente 95 por cien-
to en volumen austenítica, siendo martensita el resto, y
15 hay, preferentemente, de 0 a aproximadamente 2 por ciento
en volumen de martensita y aproximadamente de 98 hasta apro-
ximadamente 100 por ciento en volumen de austenita en la
aleación. Las aleaciones tomadas en consideración en esta
Memoria se consideran estables, es decir, austeníticamente
20 estables, a la temperatura ordinaria.

La temperatura a que se lleva a efecto el estirado
es menor de aproximadamente menos 75°C y es, preferiblemen-
te, inferior a aproximadamente menos 100°C. Estas tempera-
turas pueden ser conseguidas llevando a cabo la etapa en ni-
25 trógeno líquido (Punto de ebullición menos 196°C); oxígeno
líquido (Punto de ebullición menos 183°C); argón líquido
(Punto de ebullición menos 186°C); neón líquido (Punto de
ebullición menos 246°C); hidrógeno líquido (Punto de ebulli-
ción menos 252°C); o helio líquido (Punto de ebullición me-
30 nos 269°C). Se prefiere el nitrógeno líquido. También puede

1 ser usada una mezcla de hielo seco y metanol, etanol o acetona que tiene un punto de ebullición de aproximadamente menos 79°C. Cuanto más baja es la temperatura, menor es la tensión necesitada para cada porcentaje de mejora en resistencia a la tracción. Debe apreciarse aquí que la deformación introduce energía en el material y esto ocasiona una elevación de temperatura, que puede terminar en un intervalo por encima de aproximadamente menos 75°C. Esto no afectará al procedimiento con tal que las condiciones de la deformación sean llevadas a cabo antes de la elevación de temperatura. Además, el enfriamiento a las temperaturas bajas de finidas puede tener lugar antes o al mismo tiempo que la deformación, y cuanto más estrecha sea la coordinación entre los dos más rápido y por consiguiente, más económico será el proceso.

15
20 En la etapa de deformación, es decir, el estirado, la microestructura de la aleación cambia apreciablemente de modo que al menos 50 por ciento en volumen se encuentra en la fase de martensita y al menos 10 por ciento en volumen está en la fase de austenita. El intervalo preferido está situado en la zona de aproximadamente 60 a aproximadamente 90 por ciento en volumen de martensita y aproximadamente 10 a aproximadamente 40 por ciento en volumen de austenita.

25 En todas las ocasiones en esta Memoria Descriptiva la microestructura de la aleación inicial y de los productos de la criodeformación y envejecimiento, se considera constituida esencialmente por austenita y/o martensita en los porcentajes anteriormente indicados. Cualesquiera otras fases presentes no tienen interés aquí dado que tales fases, si se encuentran presentes, son inferiores a aproximadamente

30

1 uno por ciento en volumen y tienen pequeño efecto o no ejercen efecto alguno sobre las propiedades de la aleación.

5 Después de la etapa de estirado, la aleación es sometida preferiblemente a envejecimiento para optimizar la resistencia. El envejecimiento se lleva a cabo de un modo convencional a una temperatura comprendida entre aproximadamente 350°C y aproximadamente 450°C y, de preferencia, entre aproximadamente 375°C y aproximadamente 425°C. El tiempo de envejecimiento puede estar comprendido entre aproximadamente 30 minutos y aproximadamente 10 horas y está comprendido preferiblemente entre aproximadamente 30 minutos y aproximadamente 2,5 horas. Se usa un ensayo convencional aquí para determinar la temperatura y el tiempo que proporcionan la máxima resistencia a la tensión y el máximo límite de elasticidad.

15 Se apreciará que el envejecimiento tiende a mejorar el límite de elasticidad incluso más que la resistencia a la tensión y, para que la aleación alcance los máximos niveles de resistencia, puede ser llevado hasta un punto en que el límite de elasticidad se aproxime a la resistencia a la tracción.

20 El estirado se define como una deformación de las piezas de trabajo en que una dimensión, denominada la dirección longitudinal, es mucho mayor que las otras dos dimensiones, como en los alambres o tiras metálicas. La deformación comprende aplicar fuerzas en la dirección longitudinal de modo que esencialmente la totalidad de la sección transversal de la pieza de trabajo se encuentra bajo un esfuerzo de tracción uniaxial uniforme durante la deformación. Los esfuerzos de tracción son de magnitud suficiente para indu-

25

30

1 cir una deformación plástica permanente en la pieza de tra-
bajo, definiéndose la aplicación de esfuerzos en términos
de tanto por ciento de alargamiento. Dado que la expresión
"estirado" tal y como se usa en esta Memoria está en contra
5 dicción con otros procedimientos de deformación tales como
estirado y laminado que implican estados de esfuerzos mul-
ti-axiales, la expresión "estirado...uniaxialmente" ha sido
usada para acentuar más la diferencia y que los expertos en
la técnica reconozcan que el alargamiento longitudinal de
10 un alambre durante el estirado a través de una hilera ocu-
rre bajo la influencia de esfuerzos de compresión en direc-
ción transversal a la dirección de estiramiento además de
los esfuerzos de tracción en la dirección de estiramiento o
longitudinal.

15 Las formas de los materiales tienen un interés par-
ticular en el presente procedimiento de estirado debido a
sus dimensiones peculiares, es decir, que la dirección lon-
gitudinal es mucho mayor que las otras dos dimensiones. Es-
tas formas son alambres y tiras metálicas que tienen en co-
20 mún esta característica dimensional. Se ha apuntado que la
etapa de deformación aquí prescrita no es una etapa de esti-
rado o de laminado, para enfatizar la importancia del esti-
rado uniaxial y excluye las técnicas en que la pieza de tra-
bajo no es robustecida uniformemente, es decir, en donde la
25 porción de "piel" es altamente robustecida mientras que la
porción de núcleo es robustecida en un grado mucho menor,
limitando de este modo la resistencia a la tracción del alam-
bre estirado o de la tira metálica laminada a aquella en
que la porción de "piel" se agrieta o se rompe. Como se ha
30 apreciado hasta ahora, esta deficiencia en los alambres es-

1 tirados conduce a problemas adicionales en una aplicación
específica, es decir, la de muelles helicoidales en que la
aptitud para la conformación es de interés especial. En es
te caso, la porción de "piel" ha de ser suficientemente dúc
5 til para resistir el enrollado en torno a un árbol sin frac
tura, pero, desgraciadamente, el endurecimiento mecánico
preferente de la "piel" durante el estirado hace que la piel
se haga más quebradiza y menos dúctil, disminuyendo así la
aptitud para la conformación.

10 El procedimiento de estirado a baja temperatura des
crito en esta Memoria ha mostrado que mejora la resistencia
a la tracción y la aptitud para la conformación así como
también las propiedades de torsión y de fatiga.

15 La etapa de estirado debe ser efectuada en el inter
valo de temperatura prescrito, es decir, a una temperatura
inferior a menos 75°C, y la deformación definida debe ser
conseguida por estirado para obtener todos los beneficios
de esta invención. Por otra parte, pueden ser usados técni
cas y aparatos convencionales para llevar a cabo esta eta
20 pa.

Una forma de aparato, que es útil para llevar a ca
bo el estirado de la segunda etapa en que el alambre es la
pieza de trabajo, y el procedimiento usado en conexión con
ella, puede ser descrito como sigue con referencia a las
25 Figuras 1 y 2; el procedimiento se lleva a cabo en un depó
sito aislado 10 lleno hasta un cierto nivel H con un fluido
criógeno, tal como nitrógeno líquido, siendo la cantidad de
fluido tal que cubre completamente la operación de estirado.
El alambre prealargado 12 se carga desde una bobina de sumi
30 nistro 13 al depósito 10 y se hace pasar en torno a un par

1 de cabrestantes 14 y 15, que están introducidos de modo que
pueden girar en el depósito 10 por debajo de la superficie
del fluido. Los dos cabrestantes son idénticos y cada uno
de ellos está constituido por dos rodillos cilíndricos de
5 diámetros diferentes. Un corte transversal del cabrestante
14 tomado a lo largo de la línea 2-2 de la Figura 1 aparece
en la Figura 2 y muestra acanalados, siendo guiado el alam
bre por dichos acanalados para evitar "deslizamiento". El
acanalado exterior del rodillo 16 es el acanalado más lej
10 no del rodillo 17; el acanalado interior del rodillo 16 es
el acanalado adyacente al rodillo 17; el acanalado interior
del rodillo 17 es el acanalado adyacente al rodillo 16; y
el acanalado exterior del rodillo 17 es el acanalado más le
jano del rodillo 16. El diámetro del rodillo estrecho se de
15 nomina D0 y el diámetro del rodillo ancho se denomina D1.
Después de entrar en el líquido criógeno, el alambre 12 es
transportado en la dirección de las flechas a lo largo del
acanalado exterior del rodillo 16 del cabrestante 14 en tor
no al rodillo 16 y después pasa al acanalado exterior del
20 rodillo 18 del cabrestante 15 y continúa volviendo atrás y
saliendo entre los rodillos 16 y 18 a través del acanalado
provisto para ello hasta los acanalados interiores al tiem
po que se enfría gradualmente hasta la temperatura del flui
do criógeno. La fuerza de tracción sobre el alambre 12 se
25 acumula también gradualmente mediante la fricción hasta que
el alambre alcanza un punto B sobre el acanalado interior
del rodillo 18 donde pasa al punto C sobre el acanalado in
terior del rodillo 17 del cabrestante 14. Dado que ambos ca
brestantes giran a la misma velocidad angular, tiene lugar
30 un estirado uniforme. La cantidad de estirado es igual a

1 D1-DO. Después del punto C, el alambre continúa desde el ro-
 DO dillo 17 al rodillo 19, desde el acanalado interior al aca-
 nalado exterior, en una forma similar a su progreso a lo lar-
 go de los rodillos 16 y 18, moviéndose gradualmente hacia
 5 el acanalado exterior al tiempo que disminuyen las fuerzas
 de tracción. Después de pasar a través del acanalado exte-
 rior del rodillo 19, el alambre 12 sale del depósito 10 y
 se enrolla en el carrete de toma 21.

Los ejemplos siguientes ilustran la invención:

10 Ejemplos 1 a 3

Se usa alambre de acero inoxidable recocido AISI ti-
 po 302, cuya composición química es la siguiente:

<u>Elemento</u>	<u>Tanto por ciento en peso</u>
C	0,07
15 S	0,021
P	0,02
Mn	0,52
Si	0,37
Ni	8,5
20 Cr	18,9
Mo	0,22
Cu	0,19
V	0,05
Zr	menos de 0,02
25 Ti	menos de 0,01
Al	menos de 0,05
Fe	<u>el resto</u>
Total	100

30 El recocido se efectúa con técnicas convencionales
 calentando el material entre 980°C y 1150°C seguido de en-
 friamiento rápido.

En el Ejemplo 1, que ilustra la invención, el alambre recocido se estira a un alargamiento de 20 por ciento bajo nitrógeno líquido a menos 196°C según el procedimiento y con el aparato descrito anteriormente en la Memoria Descriptiva y en las Figuras 1 y 2. El alambre se envejece después convencionalmente durante 1,5 horas a 400°C. El contenido de martensita del alambre tratado final del ejemplo 1 es al menos del 60 por ciento en volumen.

El tratamiento a menos 196°C se hace en un recipiente Dewar metálico aislado lleno de nitrógeno líquido, de modo que la totalidad de la muestra está sumergida en un baño de nitrógeno líquido. El tratamiento de envejecimiento se lleva a cabo en un horno Lindberg modelo 59744, en aire. La oxidación superficial del alambre que tiene lugar durante el envejecimiento se supone que no afecta a las propiedades mecánicas resultantes. La temperatura a lo largo de la longitud del alambre no varía más de $\pm 10^\circ\text{C}$ de la temperatura previamente fijada.

El tanto por ciento en volumen de martensita viene determinado por una técnica cuantitativa de difracción de rayos X. El resto (hasta completar un total de 100 por ciento) se considera que es austenita. Otras fases o impurezas no constituyen más del uno por ciento en volumen y no se consideran aquí: Nota: Todas las muestras en todos los ejemplos contenían al menos 95 por ciento en volumen de austenita antes de la deformación.

El alambre del Ejemplo 1 muestra una aptitud para la conformación adecuada ya que puede ser enrollado en torno a un árbol igual al diámetro final del alambre sin fractura.

1 Los ensayos de tracción para todos los ejemplos se efectúan según el método ASTM E8 y los ensayos de torsión como se ha descrito anteriormente en la Memoria Descriptiva.

5 Los Ejemplos 2 y 3 son ejemplos comparativos en los que el alambre recocido es tratado según procedimientos de la técnica anterior. En ambos ejemplos, el alambre es estirado convencionalmente a plena dureza lo que representa un alargamiento de al menos 75 por ciento a 21°C. El alambre se somete entonces a un envejecimiento convencional durante 10 1,5 horas a 400°C justamente como en el ejemplo 1. La oxidación superficial durante el envejecimiento se supone que no afecta a las propiedades mecánicas resultantes y la temperatura no varía más de $\pm 10^\circ\text{C}$, también como en el Ejemplo 1.

15 El diámetro final del alambre, la resistencia a la tracción después de envejecimiento, el límite elástico por torsión después de envejecimiento, y la proporción de límite elástico por torsión respecto a resistencia a la tracción, se indican en la Tabla.

20

25

30

TABLA

<u>Ejemplo</u>	<u>Diámetro final del alambre en milíme- tros</u>	<u>Resistencia a la tracción.</u> $\frac{Kg}{cm^2}$ (Mpa)	<u>Límite elástico por torsión de</u> $\frac{Kg}{cm^2}$ (Mpa)	<u>2%</u> $\frac{Kg}{cm^2}$ (Mpa)	<u>5%</u> $\frac{Kg}{cm^2}$ (Mpa)	<u>Proporción: Límite elástico por torsión de 2% res- pecto a resistencia a la tracción</u>
1	0,69	$1,79 \times 10^4$ (1.764)	$0,92 \times 10^4$ (909)	$1,08 \times 10^4$ (1.061)		0,52
2	0,69	$2,18 \times 10^4$ (2.150)	$0,74 \times 10^4$ (723)	$0,99 \times 10^4$ (978)		0,34
3	3,00	$1,88 \times 10^4$ (1.853)	$0,76 \times 10^4$ (744)	$1,00 \times 10^4$ (992)		0,40

Mpa = Megapascal

15

10

15

20

25

30

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1ª.- Un procedimiento para mejorar las características de resistencia de alambres o tiras metálicas que poseen una composición que consta esencialmente de una aleación metálica austenítica seleccionada del grupo constituido por aleaciones de acero inoxidable de las series AISI 200 y 300 y aleaciones de acero no inoxidable que contienen hierro, manganeso, cromo y carbono, cuyas aleaciones tienen una temperatura Md no superior a aproximadamente 100°C y una temperatura Ms no superior a aproximadamente menos 100°C, que comprende la etapa siguiente: (a) tensar el alambre o tira metálica uniaxialmente hasta un alargamiento de al menos aproximadamente 10 por ciento y a una temperatura no superior a aproximadamente menos 75°C de tal modo que el alambre o tira metálica tiene una fase martensítica de al menos aproximadamente 50 por ciento en volumen y una fase austenítica de al menos aproximadamente 10 por ciento en volumen.

2ª.- Un procedimiento según la reivindicación 1ª, que comprende la etapa adicional siguiente: (a) envejecer el producto obtenido en la etapa (a) a una temperatura comprendida entre aproximadamente 350°C y aproximadamente 450°C.

3ª.- Un procedimiento según la reivindicación 2ª, en el que, en la etapa (a), el alargamiento está comprendido entre aproximadamente 10 y aproximadamente 60 por ciento, y la temperatura es menor de aproximadamente menos 100°C, y el producto de dicha etapa (a) tiene una fase martensítica

1 de al menos aproximadamente 60 por ciento en volumen y una fase austenítica de al menos aproximadamente 10 por ciento en volumen.

5 4ª.- Un procedimiento según la reivindicación 3ª, en el que la etapa (b) se lleva a cabo a una temperatura comprendida entre aproximadamente 375°C y aproximadamente 425°C.

10 5ª.- Un procedimiento según la reivindicación 1ª, en el que el material es una aleación de acero inoxidable de la serie AISI 300.

6ª.- Un procedimiento según la reivindicación 2ª, en el que el material es una aleación de acero inoxidable de la serie AISI 300.

15 7ª.- Un procedimiento según la reivindicación 3ª, en el que el material es una aleación de acero inoxidable de la serie AISI 300.

8ª.- Un procedimiento según la reivindicación 4ª, en el que el material es una aleación de acero inoxidable de la serie AISI 300.

20 9ª.- Un procedimiento para mejorar las características de resistencia de alambres o tiras metálicas.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

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

Madrid, 23. DIC. 1976

P.A.

30 **Fernando de Elizaburu**
Por Poder

FIG. 1

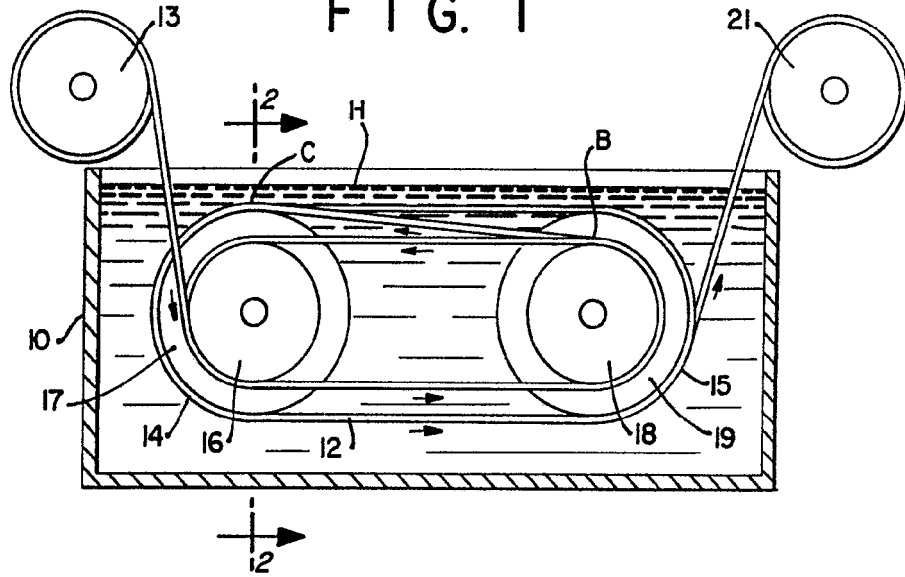
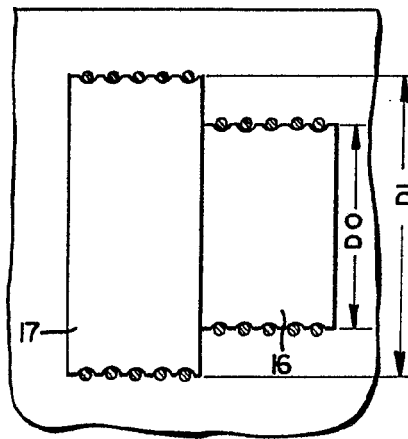


FIG. 2



Ferrario de Echeburu
Per i...