

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 579**

51 Int. Cl.:

| | | |
|-------------------|-----------------------------|-----------|
| C22C 38/00 | (2006.01) C21D 1/56 | (2006.01) |
| C22C 38/22 | (2006.01) C21D 1/55 | (2006.01) |
| C22C 38/24 | (2006.01) C21D 6/00 | (2006.01) |
| C22C 38/44 | (2006.01) F01D 25/00 | (2006.01) |
| C22C 38/46 | (2006.01) F04B 39/10 | (2006.01) |
| C21D 1/18 | (2006.01) | |
| C21D 1/25 | (2006.01) | |
| C21D 8/02 | (2006.01) | |
| C21D 9/02 | (2006.01) | |
| C21D 9/52 | (2006.01) | |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2014** **E 14196949 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017** **EP 3031942**

54 Título: **Tira de acero inoxidable para válvulas de aleta**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.11.2017

73 Titular/es:

**VOESTALPINE PRECISION STRIP AB (100.0%)
Box 503
684 28 Munkfors, SE**

72 Inventor/es:

**MILLWARD, CHRIS;
NAWAZ, AZHAR y
LÖF, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 643 579 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

5 Tira de acero inoxidable para válvulas de aleta

CAMPO TÉCNICO

10 La invención se refiere a una tira de acero inoxidable para válvulas de aleta en compresores y otras aplicaciones de caña.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

15 Las válvulas de aleta o de caña se usan en diversos tipos de aplicaciones en las que un tipo específico de ciclo de compresión se regula para un propósito específico. Puede ser un ciclo de refrigeración en un compresor alternativo hermético de funcionamiento ininterrumpido en un refrigerador o en el acondicionador de aire de un automóvil. Una válvula de aleta es básicamente un resorte hecho de una tira de acero pre-endurecido. En su forma más simple, la válvula de aleta es en forma de lengüeta, donde un extremo es fijo y el extremo opuesto cuelga libremente y regula el flujo de líquido o de gas en el compresor. La válvula de aleta sufre tanto tensiones de flexión cíclica como tensiones de impacto cíclico durante su servicio. Frecuentemente, estas tensiones cíclicas causan eventualmente fallos por fatiga. Por consiguiente, las propiedades contra la fatiga son de suma importancia para el material de válvula de aleta.

25 La válvula de aleta hecha a partir de la tira de acero de la presente invención presenta unas propiedades de fatiga optimizadas por el efecto combinado de las modificaciones en la composición química del acero, las inclusiones no metálicas y el tratamiento térmico.

30 Los OEM de compresores requieren materiales que tengan una vida mayor contra la fatiga para mejorar el rendimiento y la vida útil del compresor.

Además, existe un interés creciente en la industria por desarrollar compresores energéticamente más eficientes y más silenciosos. El coeficiente de rendimiento (COP) puede incrementarse aumentando el levantamiento de la válvula y reduciendo el espesor de las válvulas. Por lo tanto, los diseñadores de compresores requieren materiales de válvula que tengan propiedades de amortiguación mejoradas además de la mejora de la resistencia a la fatiga.

35 Las calidades de acero existentes utilizadas para las válvulas de caña son versiones modificadas de un acero al carbono AISI 1095 y un acero inoxidable AISI 420 producido mediante procedimientos convencionales de fusión, colada, laminación y tratamiento térmico. Sin embargo, las exigencias de la industria y los requerimientos de rendimiento consecuentes implican que las futuras cañas de aleta tengan que estar hechas de una tira de acero muy delgada con una paulatina mayor esperanza de vida contra la fatiga y mayores propiedades de amortiguación.

40 El documento US5714114 describe un acero inoxidable martensítico de alta dureza con buena resistencia a la corrosión por picaduras, adecuado para productos que requieren al mismo tiempo buena resistencia a la corrosión, particularmente resistencia a la corrosión por picaduras, y alta dureza, tales como clavos, pernos, tornillos, herramientas afiladas, muelles y similares.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

50 El objeto general de la presente invención es proporcionar una tira de acero inoxidable pre-endurecido para válvulas de aletas que tenga un perfil de propiedades optimizado, de tal manera que pueda usarse para fabricar compresores más eficientes y fiables.

55 Un objeto adicional es proporcionar una tira de acero inoxidable pre-endurecido para válvulas de aletas, que reduce la contribución de la caña de aleta a los niveles de ruido global del compresor.

También es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento para producir tal tira de acero mejorada.

60 Los objetos anteriores, así como las ventajas adicionales, se consiguen en una medida significativa proporcionando una tira de acero inoxidable martensítico laminada en frío y endurecida que tiene una composición, microestructura y propiedades físicas según se especifica en las reivindicaciones.

La invención se define en las reivindicaciones.

65

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La importancia de los elementos separados y su interacción entre sí, así como las limitaciones de los ingredientes químicos de la aleación reivindicada, se explican brevemente a continuación. Todos los porcentajes para la composición química del acero se dan en % en peso (% en peso) a lo largo de la descripción. La cantidad de fases microestructurales se da en % volumen (% en volumen). Los límites superior e inferior de los elementos individuales pueden combinarse libremente dentro de los límites establecidos en las reivindicaciones.

Carbono (0,3 - 0,5%)

Debe estar presente en un contenido mínimo de 0,3%, preferiblemente de al menos 0,32, 0,34, 0,36 o 0,36%. El carbono es un fuerte estabilizador de austenita con una solubilidad relativamente grande en austenita. El límite superior para el carbono es de 0,5% y puede ajustarse a 0,48, 0,46, 0,44 o 0,42%. Un intervalo de referencia es de 0,35 a 0,41%. En cualquier caso, la cantidad de carbono debe ser controlada de tal manera que la cantidad de carburos primarios del tipo $M_{23}C_6$, M_7C_3 y M_6C en el acero esté limitada, preferiblemente el acero estará libre de tales carburos primarios.

Silicio (0,2 - 0,8%)

El silicio se utiliza para la desoxidación. Si es un fuerte formador de ferrita y aumenta la actividad del carbono. Si es también un potente elemento de endurecimiento de la solución sólida y refuerza la matriz de acero. Este efecto aparece en un contenido de 0,2% de Si. Un intervalo preferido es de 0,30 - 0,60%.

Manganeso (0,2 - 1,0%)

El manganeso es un estabilizador de austenita y contribuye a mejorar la templabilidad del acero. Por lo tanto, el manganeso estará presente en un contenido mínimo de 0,2%, preferiblemente de al menos 0,3, 0,35 o 0,4%. Cuando el contenido de Mn es demasiado grande, la cantidad de austenita retenida después del recocido final puede ser demasiado alta. Por lo tanto, el acero contendrá un máximo de 1,0% Mn, preferiblemente un máximo de 0,8, 0,7 o 0,65%.

Cromo (12,0 - 15,0%)

El cromo es un elemento estabilizador de ferrita, que se añade para impartir al acero resistencia a la corrosión. El Cr debe estar presente en un contenido de al menos 12,0% para proporcionar una película pasiva sobre la superficie de acero. El límite inferior puede ser 12,4, 12, 6, 12, 8 o 13%. Sin embargo, cuando el contenido de Cr excede el 15,0%, puede formarse ferrita delta.

Molibdeno (0,5 - 2,0%)

Mo es un estabilizador de ferrita y se sabe que tiene un efecto muy favorable sobre la templabilidad. El molibdeno es esencial para lograr una buena respuesta de endurecimiento secundario. El contenido mínimo es de 0,5% y puede fijarse en 0,6, 0,7 o 0,8%. El molibdeno es un potente elemento formador de carburo y también un potente formador de ferrita. Por lo tanto, el contenido máximo de molibdeno es del 2,0%. Preferiblemente, Mo está limitado a 1,5, 1,3 o 1,1%.

Vanadio (0,01 - 0,20%)

El vanadio forma carburos, nitruros y carbonitruros bien precipitados uniformemente distribuidos del tipo V (N, C) en la matriz del acero. Esta fase dura también se puede designar MX, en la que M es principalmente V, pero otros metales como Cr y Mo pueden estar presentes hasta cierto punto. X es uno o ambos de C y N. Por consiguiente, el vanadio estará presente en una cantidad de 0,01 - 0,20%. El límite superior puede ajustarse a 0,1 o 0,08%. El límite inferior puede ser 0,02, 0,03, 0,04 o 0,05%.

Nitrógeno (0,02 - 0,15%)

El nitrógeno es un potente formador de austenita. N se restringe al 0,15% para obtener el tipo y la cantidad deseados de fases duras, en particular V (C, N). Un contenido más alto de nitrógeno puede conducir a endurecimiento por trabajo, fisuras en el borde y/o una gran cantidad de austenita retenida. Cuando el contenido de nitrógeno se equilibra adecuadamente con el contenido de vanadio, se formarán carbonitruros ricos en vanadio V (C, N). Éstos se disolverán en parte durante la etapa de austenitización y después se precipitarán durante la etapa de templado como partículas de tamaño nanométrico. Se considera que la estabilidad térmica de los carbonitruros de vanadio es mejor que la de los carburos de vanadio. Por lo tanto, la resistencia contra el crecimiento del grano a altas temperaturas de austenitización se incrementa. El límite inferior puede ser 0,02, 0,03, 0,04 o 0,05%. El límite superior puede ser de 0,12, 0,10, 0,08 o 0,06%.

Níquel ($\leq 2,0\%$)

5 El níquel es un formador de austenita. Ni puede estar presente en una cantidad de $\leq 2,0\%$. Da al acero una buena templabilidad y dureza. Sin embargo, debido al coste, el contenido en níquel del acero debe ser limitado. Por lo tanto, el límite superior puede fijarse en 1,0, 0,5 o 0,5%. Sin embargo, el Ni normalmente no se añade deliberadamente.

Cobalto ($\leq 2,0\%$)

10 El cobalto es un formador de austenita. Co hace que la temperatura de solidificación aumente y por lo tanto proporciona una oportunidad para aumentar la temperatura de endurecimiento. Por lo tanto, durante la austenitización es posible disolver una fracción mayor de carburos y, de este modo, aumentar la templabilidad. Co también aumenta la temperatura M_s . Sin embargo, una gran cantidad de Co puede resultar en una reducción de la tenacidad y la resistencia al desgaste. La cantidad máxima es del 2% y puede fijarse en 0,5%. Sin embargo, por razones prácticas, tales como la manipulación de chatarra, normalmente no se hace una adición deliberada de Co.

Cobre ($\leq 2,0\%$)

20 El Cu es un elemento estabilizador de austenita pero tiene una baja solubilidad en ferrita. Cu puede contribuir a aumentar la dureza y la resistencia a la corrosión del acero. Sin embargo, no es posible extraer el cobre del acero una vez que se ha añadido. Esto hace drásticamente más difícil la manipulación de la chatarra. Por esta razón, el límite superior puede ser de 1,0, 0,5 o 0,3%. Normalmente, el cobre no se añade deliberadamente.

Aluminio ($\leq 0,06\%$)

25 Se puede usar aluminio para desoxidación en combinación con Si y Mn. El límite inferior se ajusta a 0,001, 0,003, 0,005 o 0,007% para asegurar una buena desoxidación. El límite superior está restringido al 0,06% para evitar la precipitación de fases no deseadas tales como AlN e inclusiones de Alumina duras y quebradizas. El límite superior puede ser de 0,05, 0,04, 0,03, 0,02 o 0,015%.

Tungsteno ($\leq 2,0\%$)

35 En principio, el molibdeno puede sustituirse por el doble de tungsteno debido a sus similitudes químicas. Sin embargo, el tungsteno es caro y también complica la manipulación de la chatarra. Por lo tanto, la cantidad máxima está limitada a 2,0%, preferiblemente 0,5% o 0,3% y, más preferiblemente, no se realizan adiciones deliberadas.

Niobio ($\leq 0,05\%$)

40 El niobio es similar al vanadio porque forma carbonitruros del tipo M (N, C) y puede en principio utilizarse para reemplazar parte del vanadio, pero se requiere la cantidad doble de niobio en comparación con el vanadio. Sin embargo, Nb da lugar a una forma más angular de la M (N, C) y estos son también mucho más estables que V (C, N) y por lo tanto pueden no disolverse durante la austenitización. Por lo tanto, la cantidad máxima es 0,05%, preferiblemente 0,01% y, más preferiblemente, no se realizan adiciones deliberadas.

Ti, Zr y Ta ($\leq 0,05\%$ cada uno)

45 Estos elementos son formadores de carburo y pueden estar presentes en la aleación en los intervalos reivindicados para alterar la composición de las fases duras. Sin embargo, normalmente no se añade ninguno de estos elementos.

Boro ($\leq 0,01\%$)

50 B se puede utilizar para aumentar adicionalmente la dureza del acero. La cantidad está limitada a 0,01%, preferiblemente $\leq 0,005$ o incluso $\leq 0,001\%$.

Ca y REM (metales de tierras raras)

55 Estos elementos pueden añadirse al acero en las cantidades reivindicadas con el fin de mejorar aún más la trabajabilidad en caliente y modificar la forma de inclusiones no metálicas.

Elementos de impureza

60 P, S y O son las impurezas principales, que tienen un efecto negativo sobre las propiedades mecánicas de la banda de acero. P puede por lo tanto estar limitado a 0,03%, preferiblemente a 0,01%. S puede limitarse a 0,03, 0,01, 0,008, 0,0005 o 0,0002%. O puede limitarse a 0,003, 0,002 o 0,001%.

Los presentes inventores han investigado sistemáticamente el efecto de una composición química modificada y de un tratamiento térmico modificado sobre las propiedades mecánicas del material de válvula de aleta. Las modificaciones realizadas a la composición química con respecto al material convencional se centraron principalmente en aumentos de nitrógeno y vanadio, aunque algunos beneficios también se obtuvieron a partir de aumentos en los niveles de austenita y el control más estricto sobre elementos tales como carbono, manganeso y fósforo.

El endurecimiento continuo de la tira de válvula se llevó a cabo usando diferentes parámetros del horno para trazar la respuesta de endurecimiento del material de las composiciones químicas convencionales y modificadas. Los ensayos de producción se llevaron a cabo a una velocidad de línea constante con temperaturas de endurecimiento en el intervalo de 1000°C a 1080°C, enfriamiento en una aleación de plomo fundido a una temperatura en el intervalo de 250°C a 350°C y templado a temperaturas en el intervalo de 220°C a 600°C.

Las propiedades mecánicas resultantes de estos ensayos de endurecimiento sobre el material convencional se correspondieron con:

- un límite elástico $R_{p0,2}$ entre 1300 MPa y 1600 MPa,
- una resistencia a la tracción R_m entre 1740 MPa y 2100 MPa
- un intervalo de alargamiento A50 entre 4% y 6%

Se llevaron a cabo ensayos de endurecimiento continuo adicionales sobre el material con la composición química modificada y contenido con inclusión no metálica. Los ensayos de producción se llevaron a cabo a una velocidad de línea constante con temperaturas de endurecimiento en el intervalo de 1050°C a 1100°C, enfriamiento en una aleación de plomo fundido a una temperatura en el intervalo de 250°C a 350°C y templado a temperaturas en el intervalo de 220°C a 600°C.

Las propiedades mecánicas resultantes de los ensayos de endurecimiento adicionales sobre el material con la composición química modificada y el contenido con inclusión no metálica se correspondieron con:

- un rango $R_{p0,2}$ entre 1400 MPa y 1750 MPa,
- un rango R_m entre 1970 MPa y 2300 MPa
- un rango A50 entre 4% y 8%

EJEMPLO

En este ejemplo, una tira de acero inoxidable de acuerdo con la invención se compara con una tira de acero inoxidable convencional. La composición de los aceros investigados fue la siguiente:

| | Convencional | Inventivo |
|----|--------------|-----------|
| C | 0,38 | 0,40 |
| Si | 0,36 | 0,42 |
| Mn | 0,48 | 0,56 |
| Cr | 13,1 | 13,4 |
| Mo | 0,98 | 0,99 |
| N | 0,017 | 0,052 |
| V | 0,009 | 0,055 |
| Ni | 0,31 | 0,15 |
| P | 0,018 | 0,018 |
| S | 0,0004 | 0,0006 |

Siendo el resto Fe e impurezas.

Las tiras laminadas en frío utilizadas para las pruebas de endurecimiento y templado tenían todas un grosor de 0,203 mm y una anchura de 140 mm. Las tiras se sometieron a endurecimiento y templado en el horno de endurecimiento continuo antes mencionado. Las mediciones de resistencia a la tracción se realizaron de acuerdo con la norma ISO 6892: 2009. La Figura 1 describe propiedades de tracción en función de la temperatura de austenización. La Figura 2 describe las propiedades de tracción en función de la temperatura de templado. La resistencia a la tracción (R_m) y la estructura del acero según la invención se ajustan a la reivindicación 1.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

La tira de acero de la invención se puede usar para fabricar válvulas de aleta para compresores que tienen propiedades mejoradas.

5

REIVINDICACIONES

5 **1.** Tira de acero inoxidable martensítico/austenítico laminada en frío y endurecida para válvulas de aletaa de los compresores, en la que la tira de acero

10 a) está hecha de acero que consiste en % en peso (% en peso):

| | |
|-----|-------------|
| C | 0,3 - 0,5 |
| Si | 0,2 - 0,8 |
| Mn | 0,2 - 1,0 |
| Cr | 12,0 - 15,0 |
| Mo | 0,5 - 2,0 |
| N | 0,02 - 0,15 |
| V | 0,01 - 0,20 |
| Ni | ≤ 2,0 |
| Co | ≤ 2,0 |
| Cu | ≤ 2,0 |
| W | ≤ 2,0 |
| Al | ≤ 0,06 |
| Ti | ≤ 0,05 |
| Zr | ≤ 0,05 |
| Nb | ≤ 0,05 |
| Ta | ≤ 0,05 |
| B | ≤ 0,01 |
| Ca | ≤ 0,009 |
| REM | ≤ 0,2 |

15 Siendo el resto Fe e impurezas

- b) tiene una matriz que consiste en martensita templada y entre 5 y 15% en volumen de austenita,
- c) tiene una resistencia a la tracción (R_m) entre 1970-2300 MPa,
- d) tiene un espesor de 0,07 - 3 mm y una anchura de ≤ 500 mm

20

2. Tira según la reivindicación 1 que cumple al menos uno de los siguientes requisitos:

| | |
|----|-------------|
| C | 0,35 - 0,41 |
| Si | 0,30 - 0,60 |
| Mn | 0,40 - 0,65 |
| Cr | 13 - 14 |
| Mo | 0,8 - 1,2 |
| N | 0,03 - 0,13 |
| V | 0,02 - 0,10 |
| Ni | ≤ 0,5 |
| Co | ≤ 0,5 |
| Cu | ≤ 0,5 |
| W | ≤ 0,5 |
| Al | ≤ 0,01 |

(continuación)

| | |
|----|----------------|
| Ti | ≤ 0,01 |
| Zr | ≤ 0,01 |
| Nb | ≤ 0,01 |
| Ta | ≤ 0,01 |
| B | ≤ 0,001 |
| Ca | 0,0005 - 0,002 |

y donde el contenido de impurezas de P, S y O cumple los siguientes requisitos

5

| | |
|---|---------|
| P | ≤ 0,03 |
| S | ≤ 0,03 |
| O | ≤ 0,003 |

10 **3.** Tira según la reivindicación 1 o 2 que cumple los siguientes requisitos:

| | |
|----|-------------|
| C | 0,35 - 0,41 |
| Si | 0,30 - 0,60 |
| Mn | 0,40 - 0,65 |
| Cr | 13 - 14 |
| Mo | 0,8 - 1,2 |
| N | 0,03 - 0,10 |
| V | 0,03 - 0,09 |

15 **4.** Tira según cualquiera de las anteriores reivindicaciones, que cumple al menos uno de los siguientes requisitos:

20 una resistencia a la tracción (R_m) entre 2000-2200 MPa,
un límite elástico ($R_{P0.2}$) entre 1500-1750 MPa,
una dureza Vickers (HV1) entre 570 - 650,
una ductilidad A50 entre 4-9%

25

5. Tira según cualquiera de las anteriores reivindicaciones, que cumple los siguientes requisitos:
la fatiga por flexión inversa es > 850 MPa.

30

6. Tira según cualquiera de las anteriores reivindicaciones que tiene un espesor entre 0,1 - 1,5 mm y / o una anchura entre 5 - 150 mm.

35

7. Tira según cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en la que el tamaño máximo de inclusión globular es de 6 μm .

40

8. Tira según cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en la que las especies de inclusión primaria son de tipo silicato con una anchura máxima de 4 μm .

5 **9.** Procedimiento para producir una tira de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, el cual comprende las siguientes etapas:

- 10 a) Laminación en caliente de un acero que tiene una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3,
b) Laminación en frío de la banda laminada en caliente hasta un espesor de 0,07 - 3 mm,
c) Endurecimiento y templado continuo de la banda laminada en frío,
d) Opcionalmente, cortado de la tira laminada en frío.

15 **10.** Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la temperatura de austenización es 1000-1150°C en la etapa c) y en la que la temperatura de templado es de 200 a 600°C.

20 **11.** Procedimiento según la reivindicación 9 o 10, en el que el endurecimiento implica el enfriamiento rápido de la tira en un baño de plomo fundido o aleación de plomo, manteniendo preferiblemente el baño a una temperatura de 250 - 350°C.

25 **12.** Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el acero utilizado es producido por metalurgia de polvo y en el que el tamaño máximo de inclusión globular de dicho acero es de 6 µm.

30

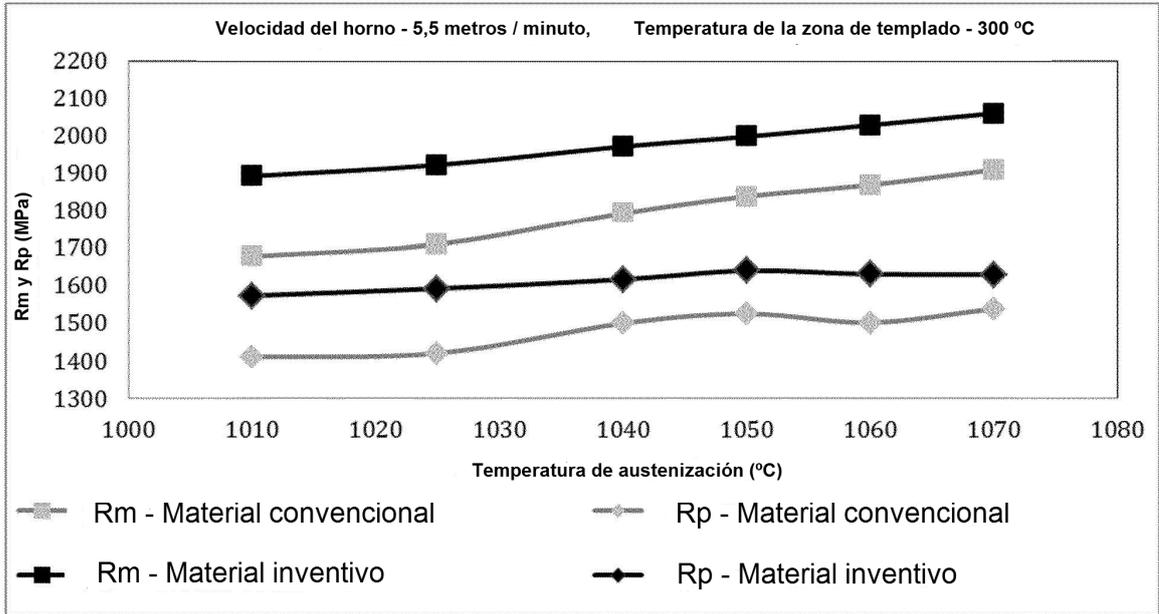


Fig. 1. Propiedades de tracción vs. temperatura de austenización en horno de endurecimiento continuo.

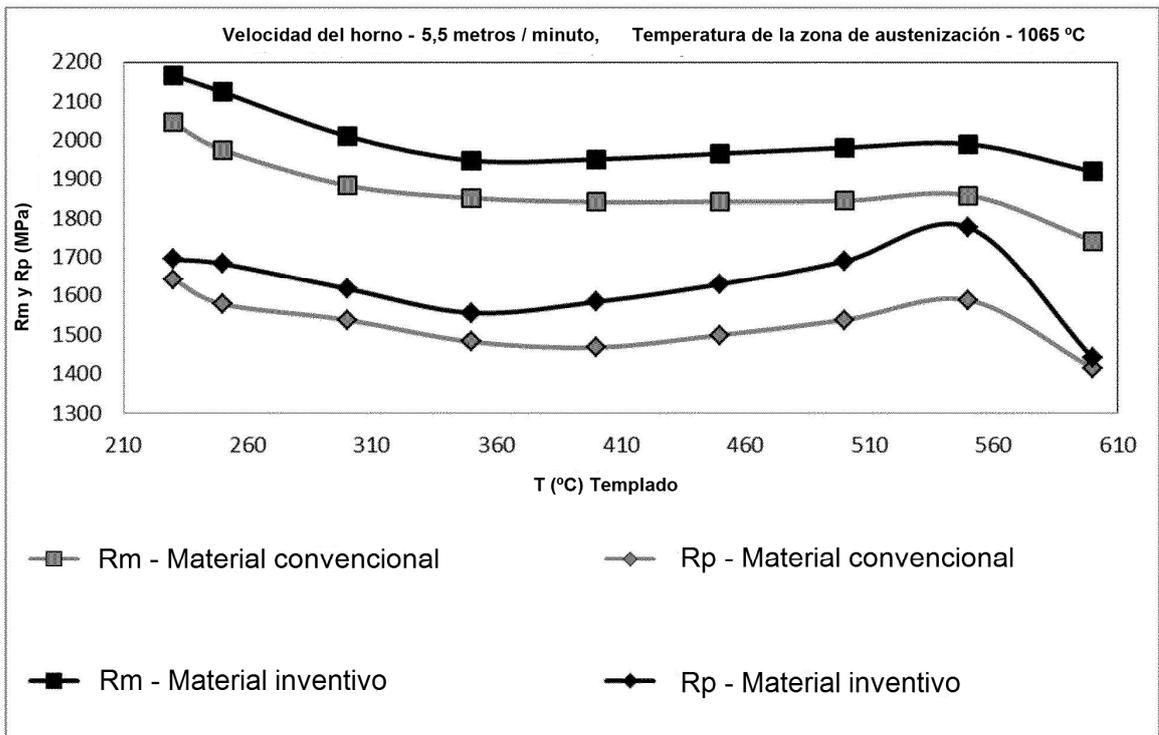


Fig. 2. Propiedades de tracción vs. temperatura de templeado en horno de endurecimiento continuo.