



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112016015645-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 08/12/2015**

**(45) Data de Concessão: 13/12/2022**

---

**(54) Título:** TIRA DE AÇO INOXIDÁVEL PARA VÁLVULAS DE CHARNEIRA

**(51) Int.Cl.:** C22C 38/24; C21D 9/02; C22C 38/46; F16F 1/02.

**(30) Prioridade Unionista:** 09/12/2014 EP 14196949-3; 25/08/2015 SE 1551093-6.

**(73) Titular(es):** VOESTALPINE PRECISION STRIP AB.

**(72) Inventor(es):** CHRIS MILLWARD; AZHAR NAWAZ; ALEXANDER LÖF.

**(86) Pedido PCT:** PCT SE2015051316 de 08/12/2015

**(87) Publicação PCT:** WO 2016/093762 de 16/06/2016

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 04/07/2016

**(57) Resumo:** TIRA DE AÇO INOXIDÁVEL PARA VÁLVULAS DE CHARNEIRA A invenção se refere a uma tira de aço inoxidável martensítica/austenítica enrijecida e laminada a frio para válvulas de charneira em compressores, aonde a tira de aço é feita a partir de aço de % em peso (wt%): 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 - 0,2 apresentando uma matriz consistindo de martensita em têmpera e tendo um % em volume de austenitização entre 5 e 15 e uma resistência de deformação (Rm) de 1970-2300 MPa.

“TIRA DE AÇO INOXIDÁVEL PARA VÁLVULAS DE CHARNEIRA”

CAMPO TÉCNICO

[0001] A invenção se refere a uma tira de aço inoxidável em compressores e outras aplicações de palheta.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[0002] Empregam-se válvulas de charneira ou de palheta em diversos tipos de aplicações aonde um tipo específico de ciclo de refrigeração vem a ser regulado para uma finalidade específica. O mesmo pode compreender de um ciclo de refrigeração em um compressor de reciprocção hermético funcionando de modo ininterrupto em um refrigerador ou no ar condicionado de um carro. Uma válvula de palheta consiste, basicamente, de uma mola feita a partir de uma tira de aço pré-temperada. No formato mais simplificado, a válvula de palheta apresenta um formato de lingueta, aonde uma extremidade vem a ser fixada com a extremidade oposta solta se efetuando a regulação do fluxo de líquido ou de gás no compressor. A válvula de charneira é afetada tanto por tensões de encurvamentos cíclicos como por tensões de impactos cíclicos durante o tempo de serviço. Normalmente, essas tensões cíclicas levam eventualmente a falhas por fadiga. Consequentemente, as propriedades da fadiga apresentam-se como da maior importância para o material da válvula de charneira.

[0003] Uma válvula de charneira feita de uma tira de aço desta invenção apresenta as suas propriedades de fadiga otimizadas através de um efeito combinado de modificações junto à composição química do aço com as inclusões não-metálicas e o tratamento térmico.

[0004] Os compressores OEM requerem materiais apresentando um tempo de vida de fadiga mais elevado para o melhoramento do desempenho e durabilidade do compressor.

[0005] Além disso, existe um interesse crescente na indústria quanto ao desenvolvimento de compressores mais silenciosos e com maior eficiência de energia. O coeficiente de desempenho (COP) pode ser aumentado através da intensificação do fechamento de válvula e através da redução da espessura das válvulas. Os projetistas de compressores necessitam, no entanto, de materiais para válvulas que apresentem propriedades de amortecimento acentuadas em acréscimo a melhora da resistência quanto a fadiga.

[0006] As graduações existentes para o aço utilizado em válvulas de palheta consistem de versões modificadas do aço de carbono AISI 1095 e do aço inoxidável AISI 420 produzidos via processos de tratamentos por fusão, fundição, laminação e por tratamento térmico. Entretanto, as demandas da indústria e os requisitos resultantes quanto ao desempenho implicam em que as válvulas de palheta virão a necessitar de virem a ser desenvolvidas progressivamente a partir de uma tira de aço delgada incorporando melhor expectativa de vida e propriedades de amortecimento mais elevadas.

#### DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[0007] O objetivo geral da presente invenção compreende da provisão de uma tira de aço inoxidável pré-temperada voltada para válvulas de charneira apresentando um perfil de propriedade otimizado de modo que possa ser utilizada para a produção de compressores mais eficientes e

confiáveis.

[0008] Um objetivo adicional consiste na provisão da tira de aço inoxidável pré-temperada para válvulas de charneira para reduzir a contribuição da palheta/charneira junto aos níveis totais de ruído do compressor.

[0009] Compreende ainda um objetivo da presente invenção a provisão de um método de produção tal como uma tira de aço aperfeiçoada.

[0010] Os objetivos anteriores, bem como as vantagens adicionais são alcançadas junto a uma medida significativa de provisão de tira de aço inoxidável martensítico temperada e laminada a frio apresentando uma composição, microestrutura e propriedades físicas estabelecidas de acordo com o quadro de reivindicações.

[0011] A invenção fica definida pelo quadro de reivindicações.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

[0012] A importância dos elementos separados e as suas interações entre si, bem como as limitações dos ingredientes da liga reivindicada são explicadas resumidamente a seguir. Todas as percentagens referentes a composição química do aço são fornecidas em % de peso (wt.%) ao longo do relatório descritivo. A quantidade de fases microestruturais vem a ser fornecida em % de volume (% vol.). Os limites superior e inferior dos elementos individuais podem ser combinados arbitrariamente dentro dos limites estabelecidos no quadro de reivindicações.

[0013] **Carbono** (0,3 - 0,5 %) se faz presente em um teor mínimo de 0,3%, preferivelmente pelo menos 0,32,

0,34, 0,36 ou 0,36%. O carbono consiste de um estabilizador austenítico forte contendo uma solubilidade relativamente grande na austenitização. O limite superior do carbono consiste de 0,5% e pode ser ajustado como 0,48, 0,46, 0,44 ou 0,42 %. Uma faixa de preferência é de 0,35-0,41%. Em qualquer caso, a quantidade de carbono pode ser controlada de modo que seja limitada a quantidade de carburetos primários do tipo  $M_2C$ ,  $M_7C_3$  e  $M_6C$  no aço, preferencialmente o aço se apresenta livre de tais carburetos primários.

[0014] **Silicone** (0,2-0,8%) é empregado para desoxidação. O Si consiste de um forte formador ferrítico aumentando a atividade do carbono. O Si compreende ainda de um elemento de intensificação de solução poderosa de sólido e intensifica a matriz de aço. Este efeito aparece em um conteúdo de 0,2% de Si. Uma faixa preferencial compreende de 0,3 a 0,6%.

[0015] **Manganês** (0,2-1,0%) consiste de um estabilizador austenítico e contribui para o melhoramento da capacidade de têmpera do aço. O manganês deve apresentar, portanto, um conteúdo mínimo de 0,2%, preferencialmente, pelo menos, 0,3, 0,35, ou 0,4%. Quando o conteúdo de Mn é de quantidade muito elevada, a austenitização retida após a finalização do recozimento pode se apresentar muito elevada. Portanto, o aço deverá conter no máximo 1,0% de Mn, preferencialmente um máximo de 0,8, 0,7 ou 0,65%.

[0016] **Cromo** (12-15 %) consiste de um elemento de estabilização ferrítico, que vem a ser adicionado para fornecer resistência a corrosão junto ao aço. O Cr

necessita estar presente em um teor pelo menos de 12% de modo a proporcionar com uma película passiva junto à superfície do aço. O limite inferior pode ser de 12,4, 12,6, 12,8 ou de 13%. Entretanto, quando o conteúdo de Cr excede a 15% pode ser formado o delta ferrítico.

[0017] **Molibdênio** (0,5-2%) consiste de um estabilizador ferrítico sendo conhecido por apresentar um efeito muito favorável quanto a capacidade de temperabilidade. O molibdênio é essencial para se vir a obter uma boa resposta de têmpera secundária. O teor mínimo é de 0,5% e pode ser ajustado para chegar a 0,6, 0,7 ou 0,8%. O molibdênio consiste em um elemento de forte formação do carboneto e também um forte formador ferrítico. O teor máximo de molibdênio vem a ser, portanto, de 2,0%. Preferencialmente, o Mo fica limita a 1,5, 1,3 ou 1,1%.

[0018] **Vanádio** (0,01-0,2%) forma-se sendo distribuído uniformemente através de refinados de carbonetos, nitretos precipitados e carbonitretos do tipo V(N,C) na matriz de aço. Esta fase rígida pode ser representada também como MX, aonde M é principalmente o V, no entanto, outros metais como o Cr e o Mo podem estar presentes em uma certa quantidade, O X consiste tanto do C ou do N, ou de ambos. Portanto, o vanádio pode estar presente em uma quantidade indo de 0,01 a 0,2%. O limite superior pode ser ajustado em 0,1 ou 0,08 %. O limite inferior pode ser de 0,02, 0,03, 0,04 ou de 0,05%.

[0019] **Nitrogênio** (0,02-0,15%) consiste de um forte formador de austenitização. O N fica restrito a 0,15% de modo a obter o tipo e quantidade de fases rígidas, em particular, o V(C,N). O teor mais elevado de nitrogênio

pode levar a serviço de têmpera, craqueamento de borda e/ou uma elevada quantidade de austenítico retido. Quando o teor de nitrogênio é devidamente balanceado em função do teor de vanádio, tem-se a formação de carbonitretos V(C,N) ricos em vanádio. Os mesmos virão a ser parcialmente dissolvidos durante a etapa de austenitização, sendo precipitados em seguida durante a etapa de revenido na forma de partículas apresentando um tamanho nanométrico. A estabilidade térmica dos carbonitretos de vanádio vem a ser considerada como sendo melhor do que aquela referente aos carbonetos de vanádio. Portanto, vem a ser acentuada a resistência quanto ao crescimento de grãos junto à temperaturas elevadas de austenitização. O limite inferior pode ser de 0,02, 0,03, 0,04 ou de 0,05%. O limite superior pode ser de 0,12, 0,10, 0,08 ou de 0,06%.

[0020] **Níquel** ( $\leq 2,0\%$ ) consiste de um formador de austenitização. O Ni pode estar presente em uma quantidade de  $\leq 2,0\%$ . Ele fornece uma boa capacidade de têmpera e resistência. Entretanto, devido ao custo, o teor de níquel presente no aço deve ser restrito. O limite superior, no entanto, pode ser ajustado em 1,0, 0,5 ou 0,5%. Entretanto, o Ni em regra não vem a ser deliberadamente adicionado.

[0021] **Cobalto** ( $\leq 2,0\%$ ) consiste de um formador de austenitização. O Co provoca o aumento da temperatura dos componentes sólidos, proporcionando com uma oportunidade para elevar a temperatura de têmpera. Durante a austenitização vem a ser possível a dissolução de uma fração maior dos carburetos, intensificando portanto a capacidade de têmpera. O Co aumenta ainda a temperatura Ms.

Entretanto, a grande quantidade de Co pode resultar na redução da capacidade de resistência, de esforço e desgaste. A quantidade máxima é de 2% e pode ser ajustada como sendo de 0,5%. Entretanto, por razões práticas, tal como o manuseio de sucata, normalmente não se faz uma adição deliberada de Co.

[0022] **Cobre** ( $\leq 2,0\%$ ) consiste de um elemento de estabilização austenítico apresentando uma baixa estabilidade de ferrita. O Cu pode contribuir para o aumento da rigidez e da resistência a corrosão do aço. Entretanto, não é possível se extrair cobre do aço, uma vez que este haja sido adicionado. Drasticamente, isto dificulta ainda mais o manuseio da sucata. Por este motivo, o limite superior pode ficar em 1,0, 0,5, ou 0,3%. Normalmente, o cobre não vem a ser deliberadamente adicionado.

[0023] **Alumínio** ( $\leq 0,06\%$ ) pode ser usado para a desoxidação em combinação com o Si e Mn. O limite inferior é ajustado em 0,001, 0,003, 0,005 ou 0,007% de modo a assegurar uma boa desoxidação. O limite superior fica restrito a 0,06% para se evitar a precipitação de fases indesejáveis, tais como inclusões de Alumina quebradiço, rígido e AIN. O limite superior pode ser de 0,05, 0,04, 0,03, 0,02 ou de 0,015%.

[0024] **Tungstênio** ( $\leq 2\%$ ). Em princípio, o molibdênio pode ser substituído em dobro pelo tungstênio devido as similaridades químicas entre os mesmos. Entretanto, o tungstênio é de custo elevado e também é complicado no que tange ao manuseio de metal de sucata. A quantidade máxima tolerada fica limitada a 2%,

preferencialmente, 0,5 ou 0,3%, e mais preferencialmente não são efetuadas adições deliberadas.

[0025] **Nióbio** ( $\leq 0,05\%$ ) é similar ao vanádio no sentido de vir a formar carbonitretos do tipo  $M(N,C)$ , podendo em princípio ser utilizado para substituir parte do vanádio, porém requerendo o dobro da quantidade de nióbio em comparação com o vanádio. Entretanto, o Nb resulta em um formato mais regular dos  $M(N,C)$  e estes são também muito mais estáveis do que os  $V(C,N)$ , e portanto, podem não ser dissolvidos durante a austenitização. Portanto, a quantidade máxima fica em 0,05%, preferencialmente em 0,01% e mais preferencialmente não são efetuadas adições deliberadas.

[0026] **Ti, Zr e Ta** ( $\leq 0,05\%$  cada). Esses elementos compreendem de formadores de carburetos e podem se fazer presentes na liga dentro das faixas reivindicadas para alteração da composição das fases rígidas. Entretanto, normalmente, não se faz a adição de nenhum desses elementos.

[0027] **Boro** ( $\leq 0,01\%$ ). O B pode ser empregado de modo a aumentar ainda mais a rigidez do aço. A quantidade fica limitada em 0,01%, preferencialmente  $\leq 0,005$  ou mesmo  $\leq 0,001\%$ .

[0028] **Ca e REM** (Metais Terrosos Raros). Esses elementos podem ser adicionados ao aço dentro das quantidades reivindicadas de modo a melhorarem ainda mais a capacidade funcional a quente e modificarem o formato de inclusões não-metálicas.

[0029] **Elementos de Impureza**. O **P**, **S** e o **O** compreendem de impurezas principais, as quais apresentam um

efeito negativo junto às propriedades mecânicas da tira de aço. Portanto, o **P** pode ficar limitado a 0,03%, preferencialmente a 0,01%. O **S** pode ficar limitado a 0,03, 0,01, 0,008, 0,0005 ou 0,0002%. O **O** pode ficar limitado a 0,003, 0,002 ou 0,001%.

[0030] Os presentes inventores efetuaram uma investigação esquemática do efeito de uma composição química e de um tratamento térmico modificado junto as propriedades mecânicas do material de válvula de charneira. As modificações efetuadas junto à composição química relativas ao material convencional vieram a ser principalmente focadas quanto ao aumento de nitrogênio e vanádio, muito embora alguns benefícios tenham vindo a ser também obtidos a partir do aumento dos níveis austeníticos e de um controle mais firme sobre tais elementos, como o carbono, o manganês e o fósforo.

[0031] A têmpera contínua da tira de válvula foi efetuado utilizando-se diferenciados parâmetros de fornalha para mapeamento da resposta de têmpera de material a partir de composições químicas convencionais e modificadas. As tentativas de produção foram levadas adiante para uma velocidade de alinhamento constante apresentando temperaturas de têmpera na faixa de 1000°C a 1080°C, com esfriamento rápido junto a uma liga de chumbo fundida para uma temperatura na faixa de 250°C a 350° e com revenido a temperaturas na faixa indo de 220°C a 600°C.

[0032] As propriedades mecânicas advindas dessas tentativas de têmpera junto à material convencional corresponderam a:

- uma resistência de deformação  $R_{p0,2}$  na faixa entre 1300

MPa e 1600 MPa,

- uma resistência de tensão Rm na faixa entre 1740 MPa e 2100 MPa.
- um alongamento A50 na faixa entre 4% e 6%.

[0033] Adicionais tentativas de têmpera contínua foram conduzidas a partir de material contendo composição química modificada e conteúdo com inclusão não-metálica. As tentativas de produção foram conduzidas para uma velocidade de alinhamento constante a partir de temperaturas de têmpera na faixa de 1050°C a 1100°C, com esfriamento rápido junto a uma liga de chumbo fundida para uma temperatura na faixa de 250° a 350°C e revenido a temperaturas na faixa indo de 220°C a 600°C.

[0034] As propriedades mecânicas advindas de tentativas adicionais de têmpera junto ao material contendo composições químicas modificadas e conteúdo de inclusão não-metálica corresponderam a

- \* um  $R_{p0,2}$  na faixa entre 1400 MPa e 1760 MPa,
- \* um Rm na faixa entre 1970 MPa e 230 MPa
- \* um A50 na faixa entre 4% e 8%.

#### EXEMPLO

[0035] Neste exemplo tem-se que uma tira de aço inoxidável de acordo com a invenção vem a ser comparada com uma tira de aço inoxidável convencional. A composição dos aços investigados veio a ser como se segue:

[0036]

	Convencional	Inventivo
C	0,38	0,4
Si	0,36	0,42
Mn	0,48	0,56

Cr	13,1	13,4
Mo	0,98	0,99
N	$17 \times 10^{-3}$	$52 \times 10^{-3}$
V	$9 \times 10^{-3}$	$55 \times 10^{-3}$
Ni	0,31	0,15
P	$18 \times 10^{-3}$	$18 \times 10^{-3}$
S	$4 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$
Fe e balanço de impurezas		

[0037] As tiras laminadas a frio utilizadas para tentativas de têmpera e revenido apresentaram todas uma espessura de 0,203 mm e uma largura de 140 mm. As tiras foram submetidas a têmpera e revenido na fornalha de têmpera contínua mencionados anteriormente. Foram efetuadas medições de resistência a tensão de acordo com o padrão iso 6892-2009. A Fig, 1 descreve propriedades como uma função da temperatura de austenitização. A Fig. 2 descreve as propriedades de tensão na forma de função da temperatura de revenido.

#### APLICABILIDADE INDUSTRIAL

[0038] A tira de aço inventiva pode ser utilizada para a produção de válvulas e carneira voltadas para compressores apresentando propriedades melhoradas.

REIVINDICAÇÕES

1. Tira de aço inoxidável martensítica/austenítica laminada a frio e temperada para válvulas de carneira nos compressores **caracterizada** pelo fato de que:

a) é feita a partir de aço que consiste, em porcentagem em peso, em:

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	≤ 0,3
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,

o restante sendo Fe e impurezas;

- b) apresenta uma matriz que consiste em martensita revenida e entre 5% e 15% em volume de austenita;
- c) apresenta uma resistência a tensão (Rm) de 1970 MPa a 2300 MPa; e

d) apresenta uma espessura de 0,07 mm a 3 mm e uma largura menor ou igual a 500 mm.

2. Tira, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** por atender a pelo menos um dos seguintes 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	$\leq 0,5$
Co	$\leq 0,5$
Cu	$\leq 0,5$
W	$\leq 0,5$
Al	$\leq 0,01$
Ti	$\leq 0,01$
Zr	$\leq 0,01$
Nb	$\leq 0,01$
Ta	$\leq 0,01$
B	$\leq 0,001$
Ca	0,0005 - 0,0002

e em que o teor de impurezas de P, S e O atende aos seguintes requisitos:

P	$\leq 0,03$
S	$\leq 0,03$
O	$\leq 0,003$ .

3. Tira, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, **caracterizada** por atender aos

requisitos a seguir:

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.

4. Tira, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** por atender a pelo menos um dos seguintes requisitos:

uma resistência a tensão ( $R_m$ ) de 2000 MPa a 2200 Mpa,  
uma resistência à deformação ( $R_{p0,2}$ ) de 1500 MPa a 1750 MPa,  
uma Dureza Vickers (HVI) de 570 a 650,  
uma ductibilidade A50 de 4% a 9%.

5. Tira, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** por atender aos requisitos a seguir:

fadiga em flexão reversa sendo superior a 850 MPa.

6. Tira, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** por ter uma espessura de 0,1 mm a 1,5 mm e/ou uma largura de 5 mm a 150 mm.

7. Tira, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de que o tamanho de inclusão globular máximo é de 6  $\mu\text{m}$ .

8. Tira, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de que o espécime de inclusão primário é do tipo silicato com uma largura máxima de 4  $\mu\text{m}$ .

9. Método de produção de uma tira conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizado** por compreender as seguintes etapas:

- a) Laminação a quente de um aço apresentando uma composição conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 3,
- b) Laminação a frio da tira laminada a quente até uma espessura de 0,07 mm a 3 mm,
- c) Temperar e revenir continuamente a tira laminada a frio,
- d) Opcionalmente, cortar em tiras a tira laminada a frio.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que a temperatura de austenitização é de 1000°C a 1150°C na etapa c) e em que a temperatura de revenido é de 200°C a 600°C.

11. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que a têmpera envolve o resfriamento brusco da tira em um banho de chumbo fundido ou de liga de chumbo fundida.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o banho mantém uma temperatura de 250°C a 350°C.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 12, **caracterizado** pelo fato de que o aço utilizado é produzido por metalurgia do pó e em que o tamanho de inclusão globular máximo do dito aço é de 6 µm.

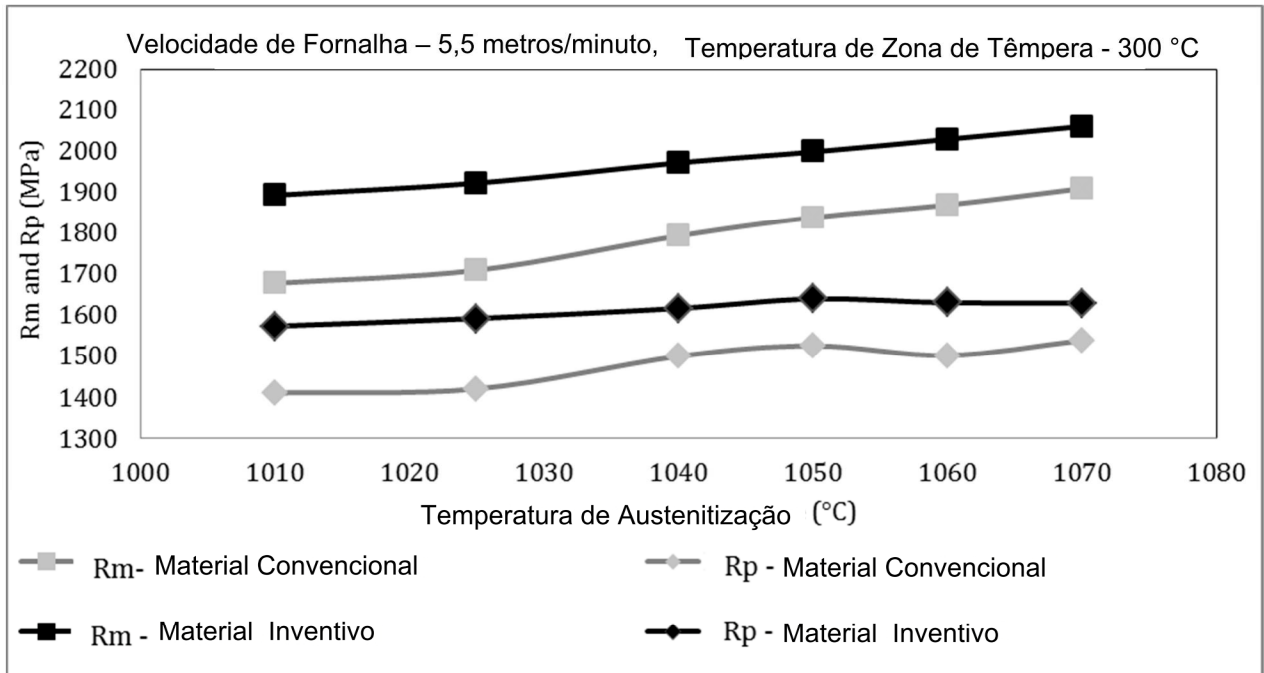


Fig. 1. Propriedades de Tensão em Função da Temperatura de Austenitização em Fornalha de Enrijecimento Contínuo

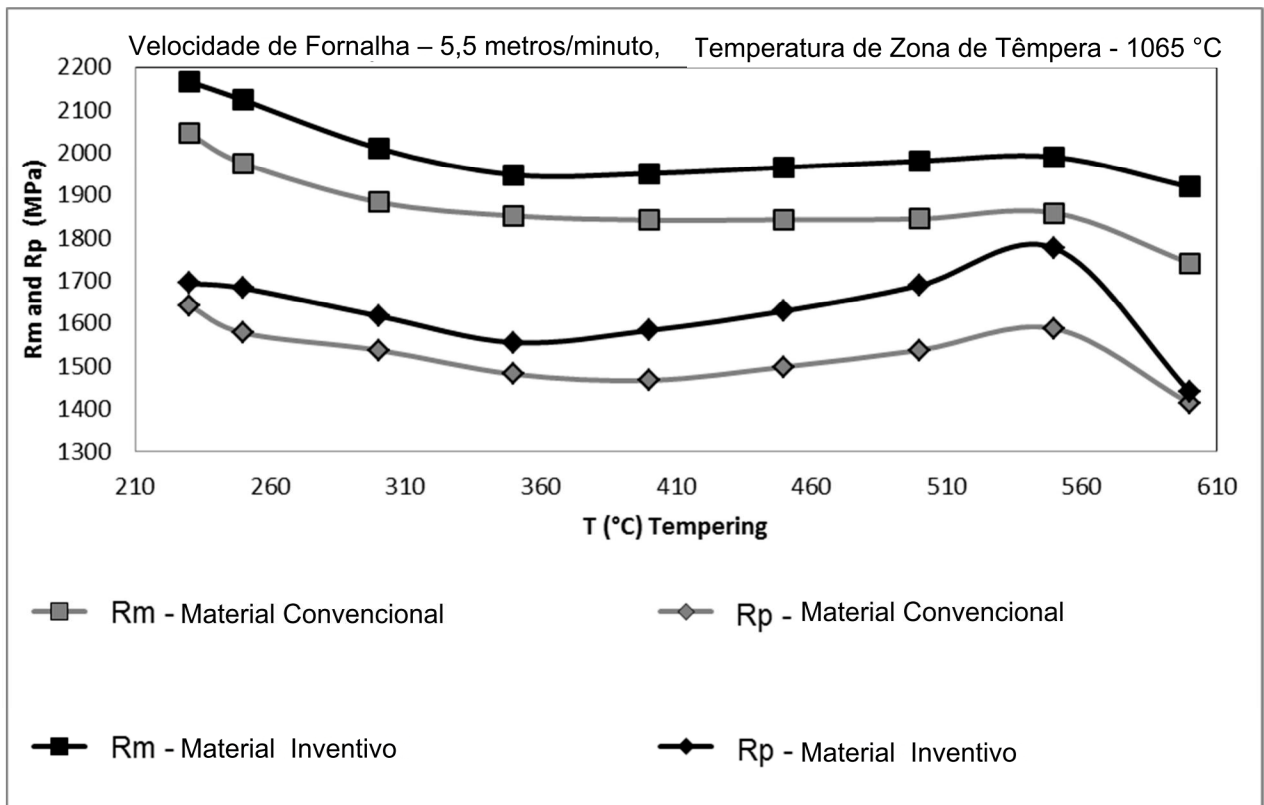


Fig. 2 Propriedades de Tensão em Função das Temperaturas de Têmpera em Fornalha de Enrijecimento Contínuo