



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

(11) PI 0819657-5 B1



(22) Data do Depósito: 21/11/2008

(45) Data de Concessão: 03/12/2019

(54) Título: MÉTODO PARA JATEAMENTO DE GRANALHA

(51) Int.Cl.: B24C 1/10.

(30) Prioridade Unionista: 28/11/2007 JP 2007-308049.

(73) Titular(es): SINTOKOGIO, LTD..

(72) Inventor(es): RYOHEI ISHIKURA; TAKASHI KANO; MAKIO KATO; SATORU UJIHASHI; KIYOSHI OKUMURA; YUJI KOBAYASHI.

(86) Pedido PCT: PCT JP2008071241 de 21/11/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/069556 de 04/06/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 26/05/2010

(57) Resumo: MÉTODO PARA JATEAMENTO DE GRANALHA O objeto da presente invenção é fornecer um método para jateamento de granalha pelo qual uma tensão de compressão residual que é maior do que qualquer obtida pelo método convencional pode ser alcançada quando a espessura do material processado que é raspado é suprimida. O método é caracterizado em que os materiais de disparo são disparados contra o material processado que tem a dureza de 750 HV ou mais, que é calculada a partir das equações (1) a (3) abaixo. Os materiais de disparo têm uma dureza Vickers que é maior do que a dureza do material processado em 50HV a 250 HV. A espessura do material processado que deve ser raspado é suprimida para 5 µm ou menos. $HV(m) = \{f(C) - f(T, t)\} (1 - yR / 100) + 400xyR / 100$ Equação (1) $f(e) = -660e^2 + 1373e + 27$ a Equação (2) $f(T, t) = 0,05T(\log t + 17) - 318$ Equação (3) onde e significa o teor de C (carbono) d em uma camada superficial que é obtida através de carburação (% em massa), T a temperatura de têmpera (K), t o tempo de retenção para têmpera (h), e yR a quantidade de austenita residual (% em vol).

MÉTODO PARA JATEAMENTO DE GRANALHA**DESCRIÇÃO****CAMPO TÉCNICO**

Esta invenção refere-se a um método para jateamento de granalha, e mais particularmente a um método para jateamento de granalha em que maior tensão de compressão residual pode ser gerada em uma camada de superfície de um material processado do que pelos métodos convencionais.

FUNDAMENTO DA TÉCNICA

Convencionalmente, o jateamento de granalha é conhecido como um método útil para melhorar a resistência à fadiga de um aço de alta resistência tal como aço carburizado, que é usado para as engrenagens de automóveis, etc. Uma tensão de compressão residual na camada superficial que é gerada pelo jateamento de granalha é conhecida por afetar significativamente a resistência à fadiga por flexão na raiz de um dente.

Sabe-se também que a tensão de compressão residual é afetada pelo tamanho, dureza, velocidade de disparo, tempo de disparo, etc, dos materiais de disparo. Muitos estudos têm sido feitos sobre os efeitos das condições de jateamento de granalha sobre a tensão de compressão residual.

Recentemente, as necessidades de aços de alta resistência vem aumentando já que componentes são feitos menores. Assim gerando uma maior tensão de compressão residual em um material processado por jateamento de granalha é necessário para alcançar uma maior resistência à fadiga.

Por exemplo, para conseguir uma maior resistência à

fadiga em 20%, a tensão de compressão residual de 1800 MPa em um material processado é necessária quando o pico da tensão de compressão residual que é gerada pelo jateamento de granalha em alta corrente é de 1500 MPa.

5 Anteriormente, o desenvolvimento de materiais de disparo mais duros tenha sido a principal forma de alcançar o maior valor de tensão de compressão residual no material processado. No entanto, materiais mais duros para jateamento de granalha nem sempre fazem com que o material
10 processado gere uma maior tensão de compressão residual. Na verdade, ele pode negativamente diminuir a tensão de compressão residual. A dureza dos materiais para jateamento deve ser apropriada para o material processado.

 Por exemplo, em algumas combinações de materiais de
15 disparo com uma certa dureza e um material processado com uma certa dureza, o material processado pode ser significativamente raspados pelos materiais de disparo. Neste caso, a energia para atirar é desperdiçada na raspagem. Assim, nenhuma tensão de compressão residual é
20 efetivamente gerada no material processado.

 Se os materiais de disparo têm uma dureza muito mais elevada do que o material processado, uma alta tensão de compressão residual é gerada, mas muito do material processado é raspado. Assim, o aspecto da superfície do
25 material processado torna-se áspero. Isso pode criar um ponto de partida para iniciar uma fratura por fadiga. Além disso, uma grande quantidade a ser raspada pode resultar na diminuição do tamanho de um componente.

 Materiais de disparo que têm uma dureza
30 significativamente maior são caros. Mesmo que os materiais

de disparo que são caros sejam usados, a tensão de compressão residual que é gerada no material processado não iria aumentar ao longo de um determinado valor. Assim, apenas o custo aumentaria.

5 Por isso é importante equilibrar a dureza dos materiais de disparo com aquela do material processado para adequadamente gerar uma maior tensão de compressão residual na camada superficial do material processado.

Até agora, nenhuma descoberta foi revelada para tais
10 formas de pensar. Por exemplo, as técnicas para gerar uma tensão de compressão residual em um material processado por disparo dos materiais de disparo contra o material processado foram reveladas na publicação da patente n° 2002-36115, publicação da patente japonesa n° 2001-79766,
15 publicação da patente japonesa n° H9-57629.

No entanto, a publicação da patente japonesa n° 2002-36115 não discute sobre a raspagem. A publicação da patente japonesa n° 2001-79766 não discute sobre qualquer relação entre o material processado e materiais de disparo, nem a
20 publicação da patente japonesa n° H9-57629.

REVELAÇÃO DA INVENÇÃO

Com base na explicação como discutida acima, o objeto da presente invenção é fornecer um método para jateamento de granalha através da qual uma maior tensão de compressão
25 residual é gerada no tratamento de aço, enquanto o raspado é evitado. Assim, a resistência à fadiga é efetivamente melhorada pela maior tensão de compressão residual.

O primeiro aspecto da presente invenção é caracterizado em que, quando uma dureza HV (m) de um aço
30 processado que é calculada a partir das equações (1) a (3)

abaixo é 750 HV ou mais, materiais de disparo com uma dureza Vickers que é maior que a dureza do aço processado por 50 HV a 250 HV são disparados contra o aço processado. Durante o processo a espessura do aço processo raspado é 5 μm ou menos.

$$\text{HV(m)} = \{f(C) - f(T, t)\} (1 - \gamma_R / 100) + 400 \times \gamma_R / 100 \quad \text{Equação (1)}$$

$$f(C) = -660C^2 + 1373C + 278 \quad \text{Equação (2)}$$

$$f(T, t) = 0,05T(\log t + 17) - 318 \quad \text{Equação (3)}$$

onde C significa o teor de C (carbono) d em uma camada superficial que é obtida através de carburação (% em massa), T a temperatura de têmpera (K), t o tempo de retenção para têmpera (h), e γ_R a quantidade de austenita residual (% em vol). O valor HV (m) é calculado a partir da equação (1). Ela representa uma estimativa da dureza Vickers. É equivalente ao valor da dureza Vickers. Assim, as letras HV são adicionadas ao valor.

O segundo aspecto da presente invenção é caracterizado em que, no primeiro aspecto, o teor de C da camada superficial está dentro da faixa de 0,60 a 1,0%.

O terceiro aspecto da presente invenção é caracterizado em que, no primeiro ou no segundo aspecto, os tamanhos dos materiais de disparo estão dentro da faixa de 0,05 a 0,6 mm de diâmetro e os materiais de disparo são disparados contra o aço processado por via aérea em uma pressão de 0,4 a 0,6 MPa.

Os tamanhos dos materiais de disparo são tipicamente medidos pelo método de medição de tamanhos de grãos como estipulado no Japanese Industrial Standards por JIS G5904.

Como discutido acima, a presente invenção é para gerar uma tensão de compressão residual em uma camada superficial

de um aço processado fazendo a dureza HV (m) do aço processado 750 HV ou mais. Esta dureza é calculada a partir das equações (1) a (3). A tensão de compressão é gerada pelo jateamento dos materiais de disparo com uma dureza
5 Vickers que é maior do que a dureza do aço processado por 50 HV a 250 HV, enquanto a espessura do aço processado raspado é 5 μ m ou menos. Pela presente invenção, uma tensão de compressão residual tal como 1800 MPa ou mais, que é maior do que a do aço convencional, pode ser gerada no aço
10 processado. Assim, a resistência à fadiga de um componente de alta resistência, tal como uma engrenagem de um automóvel, pode ser efetivamente aumentada.

Se a dureza HV (m) do aço processado é inferior a 750 HV, tensão de compressão residual suficiente não é gerada
15 na camada superficial do aço processado por jateamento de granalha.

O limite máximo para gerar uma tensão de compressão residual é quase igual à resistência a tração (cerca de 0,2% de tensão de prova) do aço processado. A resistência à
20 tração é proporcional à dureza do aço.

Assim, se a dureza HV (m) do aço é inferior a 750 HV, o limite máximo da tensão de compressão residual é baixa. Assim uma tensão de compressão residual suficientemente maior não pode ser gerada.

25 Portanto, a dureza HV (m) do aço processado deve ser 750 HV ou mais.

É importante que a dureza Vickers HV das materiais de disparo seja superior a dureza HV (m) do aço processado.

Se a dureza Vickers HV dos materiais de disparo for
30 menor do que a dureza HV (m) do aço processado, os

materiais de disparo sofrem deformação plástica (tração). Assim, energia suficiente para gerar uma tensão de compressão residual não pode ser transferida para o aço processado. Além disso, a vida útil dos materiais de disparo é encurtada.

Especialmente para ser observado, verificou-se que a dureza Vickers dos materiais de disparo deve ser superior a dureza HV (m) do aço processado por 50 HV ou mais para gerar uma maior tensão de compressão residual do aço processado.

Em contrapartida, se a dureza Vickers dos materiais de disparo é maior do que a dureza HV (m) do aço processado por 250 HV ou mais, a energia dos materiais de disparo usada para raspar o aço processado é desperdiçada. Assim, nenhuma maior tensão residual de compressão é eficazmente ou estavelmente gerada.

Mesmo se uma maior tensão de compressão residual é gerada no aço processado, uma grande quantidade é raspada de sua camada superficial, devido à dureza excessivamente elevada dos materiais de disparo. Assim, o tamanho do componente de alta resistência pode desviar da especificação. Além disso, a grande quantidade a ser raspada faz com que o aspecto da superfície seja áspero. Isso pode criar um ponto de partida para iniciar uma fratura por fadiga.

Mesmo se uma maior tensão de compressão residual é gerada, ela não pode aumentar ao longo de um determinado valor. Ou seja, ela não aumenta à medida que a dureza dos materiais de disparo aumenta. Mas, em vez disso, ela gradualmente atinge um determinado valor.

Além disso, os materiais de disparo que tem uma dureza muito alta são caros. Assim, o custo para o tratamento torna-se maior.

Por este motivo, é importante que a diferença entre a
5 dureza HV (m) do aço processado e a dureza Vickers HV dos materiais de disparo seja limitada a 250 HV ou menos.

Na presente invenção, a espessura a ser raspada do material processado é limitada a 5 μm . Se a espessura for superior a esse limite, a energia dos materiais de disparo
10 é desperdiçada por raspagem. Assim, Lea não é efetivamente utilizada para gerar a tensão de compressão residual. Além disso, uma grande espessura a ser raspada faz com que o tamanho do componente de alta resistência diminua, assim reduzindo sua qualidade.

15 A dureza HV (m) do aço processado como na especificação é a dureza da camada superficial do aço após a carburização e em uma profundidade de 0,050 mm ou menos a partir da superfície. Ou seja, a dureza HV (m) do aço processado que é calculada a partir das equações (1) a (3)
20 representa a dureza da camada superficial, onde a profundidade é de 0,050 milímetros ou menos.

Na presente invenção a dureza HV (m) do aço processado é calculada pelas equações (1) a (3). Ao fazê-lo, a dureza HV (m) de 750 HV pode ser mantida controlando as condições
25 de carburização, etc. A dureza é estimada a partir de um teste não-destrutivo e corresponde à dureza Vickers.

A primeira parte da equação (1), $\{f(C)-f(T, t)\}(1-\gamma_R/100)$, representa a contribuição da martensita temperada à dureza. A segunda parte da equação (1), $400 \times \gamma_R/100$,
30 representa a contribuição da austenita residual para a

dureza.

A transformação martensítica do aço processado não pode ser concluída pelo resfriamento do material à temperatura ambiente. Assim, ela tem uma estrutura que é
5 uma combinação de uma estrutura temperada (martensita) e austenita residual que não foi transformada.

Portanto, a estimativa da dureza HV (m) do aço processado deve-se basear nestas duas estruturas. A parte $\{f(C) - f(T, t)\}$ da primeira parte da equação (1) representa
10 a dureza da martensita após têmpera. O termo $f(C)$ significa a dureza da martensita antes da têmpera. O termo $f(T, t)$ indica a redução da dureza ao temperar. A parte $(1 - \gamma_R / 100)$ representa a razão entre o volume da martensita.

Se o termo $f(C)$ é expresso como a equação (2), ou
15 seja, $f(C) = -660C^2 + 1373C + 278$. Esta equação é obtida através da aproximação de uma curva quadrática a relação entre o teor de carbono da martensita e sua dureza. Para obter a equação vários tipos de martensita que tem diferentes teores de carbono são usados.

20 Condições de têmpera são determinadas pela temperatura de têmpera e tempo de têmpera. Assim, a redução da dureza $f(T, t)$ pela têmpera é expressa por uma aproximação (por Hollomon, et al.) $0,05T (\log t + 17) - 318$, que utiliza a temperatura T de têmpera e o tempo t de têmpera.

25 O valor 400 da segunda parte da equação 1 indica a dureza (dureza Vickers) da austenita residual.

No segundo aspecto da presente invenção, o teor de C da camada superficial é mantida dentro da faixa de 0,60% para 1,0%. Assim, as condições do primeiro aspecto são
30 mantidas.

Se o teor de C é menor do que 0,60%, a dureza do aço processado é menor devido ao teor de C baixo. Assim, pode ser difícil manter a dureza de modo a cumprir as condições do primeiro aspecto.

5 Em contrapartida, se o teor de C ultrapassa 1,0%, haverá muito austenita residual. Isso resulta na diminuição da dureza do aço processado. Assim, pode ser difícil manter a dureza de modo a cumprir as condições do primeiro aspecto. Além disso, se o teor de C é excessivo, muito
10 carboneto é depositado nas bordas de grão. Isso pode causar uma deterioração da resistência à fadiga.

O teor de C é preferencialmente mantido na faixa de 0,60% a 0,85%. Se for superior a 0,85%, a dureza do aço processado começa a diminuir por causa do excesso de
15 austenita residual. No entanto, quando o aço está sujeito a um tratamento subzero, isto é, onde é resfriado a uma temperatura (por exemplo, -80°C) muito inferior à temperatura ambiente, a austenita residual se transforma em martensita. Assim, a relação entre o volume da austenita
20 residual, que é 10-40% em vol, é reduzida para 5 a 15% em vol. Como resultado, a dureza do aço processado pode ser melhorada.

Carburização é realizada preferencialmente como uma carburação eutectóide a vácuo.

25 Na carburização a gás, uma camada de forma anormal carburizada, que é uma camada mole causada pela oxidação da superfície (capacidade de deterioração para temperar devido a oxidação nas bordas dos grãos), pode ser criada para diminuir a dureza do aço processado. Assim, é difícil
30 manter a dureza do aço processado de modo a cumprir com as

condições do primeiro aspecto. No entanto, mesmo para carburação a gás, é possível ter a dureza do aço processado de modo a cumprir as condições, quer através de um material que tem uma boa capacidade de têmpera ou remover a camada
5 anormalmente carburizada após a têmpera (antes do jateamento de granalha).

No terceiro aspecto da presente invenção, materiais de disparo que são 0,05 a 0,6 mm de diâmetro, são usados. Eles são disparados contra o aço processado pelo ar a uma
10 pressão de 0,4 a 0,6 MPa.

Se os materiais de disparo são menores de 0,05 mm de diâmetro, é difícil fabricá-los. Se eles são maiores do que 0,6 mm, o pico da tensão de compressão residual ocorre em um ponto mais profundo. Assim, a distribuição da tensão de
15 compressão residual não é eficaz para melhorar a resistência à fadiga. O pico ocorre preferencialmente a 100 μ m ou menos a partir da superfície, de modo a aumentar a resistência à fadiga.

Se a pressão do ar é inferior a 0,4 MPa, a intensidade
20 do jateamento de granalha diminui. Assim, pode ser difícil de gerar uma tensão de compressão residual elevada tal como 1800 MPa ou maior.

Em contrapartida, se ela for superior a 0,6 MPa, a intensidade pode ser excessiva. Assim, a maior parte do aço
25 processado pode ser raspado. Além disso, é difícil de comprimir o ar em pressão de 0,6 MPa ou maior com a máquina de jateamento de granalha.

O pedido de patente japonês básico nº 2007-308049 depositado em 28 novembro de 2007 é incorporado por
30 referência, em sua totalidade no presente pedido.

A presente invenção será mais bem compreendida a partir da descrição detalhada a seguir. No entanto, a descrição detalhada e a modalidade específica são apenas ilustrações de modalidades desejadas da presente invenção, e por isso são indicadas apenas para uma explicação. Vários possíveis alterações e modificações serão aparentes para aqueles versados na técnica a partir da descrição detalhada.

O requerente não tem qualquer intenção de dedicar-se ao público com qualquer modalidade revelada. Entre as mudanças e modificações reveladas, aquelas que não podem, literalmente, se enquadram no âmbito das presentes reivindicações constituem, assim, uma parte da presente invenção, no sentido da doutrina de equivalentes.

O uso dos artigos "uma", "um" e "a" e referências similares no relatório e reivindicações devem ser interpretados para cobrir ambos o plural e o singular, salvo indicação em contrário aqui ou claramente em contrário com o contexto. O uso de quaisquer e todos os exemplos, ou linguagem exemplar (por exemplo, "tal como") fornecidos aqui, é intencionado somente para melhor ilustrar a invenção, e assim não limita o escopo da invenção salvo indicação em contrário.

MELHOR MODO DE REALIZAR A INVENÇÃO

Abaixo uma modalidade da presente invenção é discutida em detalhe.

Aço com composição química conforme listado na Tabela 1 é usado para preparar um material processado. O aço é SCM420H (aço de cromo-molibdênio), conforme especificado pelo JIS G4502. A linha do meio da tabela 1 mostra a

variação da composição química de SCM420H. A linha inferior mostra a composição química do material que é usado para o material processado. A matéria-prima do aço é fabricada em uma barra de aço que é 25 mm de diâmetro x 100 mm de comprimento. A barra é carburizada e processada por jateamento de granalha, nas condições listadas das tabelas 2 e 3. Em seguida, as espessuras de materiais processados e raspados e os valores de pico das tensões de compressão residuais são medidos. O processo de jateamento de granalha é discutido abaixo.

Tabela 1

Composição química (% em massa)

Aço	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Fe
SCM420H	0,17	0,15	0,55	0,030	0,030	0,25	0,85	0,15	Restante
	-	-	-	ou	ou	ou	-	-	
	0,23	0,35	0,95	menos	menos	menos	1,25	0,30	
Material usado	0,19	0,20	0,72	0,025	0,018	0,11	1,10	0,16	restante

MÉTODO PARA JATEAMENTO DE GRANALHA

Como mostrado na figura 1, uma máquina de jateamento de granalha a ar, que tem um bocal de injeção 10, é usada para processar um material 12 por jateamento de granalha.

O material a ser processado 12 está localizado a 200 mm do bocal de injeção 10. Ele é colocado de modo que a sua superfície a ser processada esteja perpendicular ao ângulo para disparar os materiais de disparo.

Enquanto o material 12 é girado sobre uma mesa giratória de 30 rpm (uma rotação d em cada dois segundos), a sua superfície é processada por jateamento de granalha.

O tempo para jateamento de granalha é estabelecido de

modo que a cobertura da superfície do jateamento de granalha seja de 300%. Os materiais de disparo têm diâmetros de 0,05 a 0,6 mm e uma dureza Vickers de 700 HV a 1380 HV. A pressão do ar para o jateamento está dentro da
5 faixa de 0,3 a 0,6 MPa.

O número "14" na figura 1 significa um material de mascaramento.

Utilizando os materiais processados que são preparados como acima, as espessuras de materiais raspados e os
10 valores de pico das tensões de compressão residuais são medidas como abaixo.

MÉTODO PARA MEDIR ESPESSURA DO MATERIAL RASPADO

Os diâmetros dos materiais processados 12 ambos antes o jateamento de granalha e após o jateamento de granalha
15 são medidos através de um dispositivo de medição a laser. A espessura do material raspado é calculada pela seguinte equação. A espessura é o valor médio de dez medidas ($n = 10$). As posições utilizadas para as medições são os centros das áreas contra as quais os materiais de disparo de
20 granalha são disparados (as posições onde a espessura máxima de materiais raspados ocorrem).

A espessura do material raspado = $(D1 - D2) / 2$,
onde D1 significa o diâmetro do material processado antes do jateamento de granalha, D2 significa o diâmetro do
25 material processado após jateamento de granalha.

MÉTODO PARA MEDIR TENSÃO DE COMPRESSÃO RESIDUAL

Um método para medir a tensão por raio X, que é um método comum de um teste não-destrutivo, e especificado pela JIS B 2711, é utilizado para medir as tensões
30 residuais de compressão dos materiais processados após

jateamento de granalha.

Uma vez que as amostras têm estruturas martensíticas, as tensões residuais são medidas usando radiação $\text{CrK}\alpha$ como raios-X e $-318 \text{ MPa}/^\circ$ como a constante de tensão k. As posições de medição são os centros das áreas contra as

O pico (valor máximo) da tensão residual de compressão é medido pelo eletropolimento do material processado a uma determinada espessura em uma área que é aproximadamente o dobro da área transversal de um feixe de raio-x incidental e medindo a distribuição da tensão.

O teor de carbono e os percentuais de austenita residual nas camadas superficiais nas Figuras 2 e 3 são medidos como abaixo.

MÉTODO PARA MEDIR TEOR DE CARBONO NA CAMADA SUPERFICIAL

O teor de carbono nas camadas superficiais é medido por meio de espécies fictícias (20 mm de diâmetro x 5 mm de espessura) que são colocadas com os materiais processados a ser carburizados para evitar uma amostra (material processado 12) de ser fraturado. O teor de carbono é medido por espectrofotometria por luminescência. Ele é medido em superfícies planas das espécies fictícias. O número de medições são definidas como duas ($n = 2$). O princípio da medida é evaporar e excitar um elemento-alvo (C) em uma espécie pela descarga de plasma para medir os comprimentos de onda do espectro atômico característico do elemento alvo. Em seguida, o teor de carbono é determinado pela intensidade da luminescência.

MÉTODO PARA MEDIR A QUANTIDADE DE AUSTENITA RESIDUAL

A quantidade de austenita residual (γ_R) é medida de

forma não-destrutiva em uma camada superficial (profundidade de dezenas de microns ou menos) pelo método de difração de raios-X.

5 O princípio da medição é medir $\gamma_R \{220\}$ por difração de raios-X. Ao comparar martensita $\alpha\{211\}$ para a integração do perfil de linha de difração, o percentual de austenita residual é obtido.

Os resultados das medições são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2

Exemplos de trabalho

No	aço	Tratamento	C% na camada superficial	Relação da área de carbono	Subze-ro	Resid. γ (%)	Temperatura de têmpera [°C]	Tempo de têmpera [min]	Dureza do material processado HV(m)	Condições de jateamento			Materiais de disparo - materiais processados (dureza HV)	Após o jateamento de granalha	
										Dureza dos materiais de disparo [HV]	Tamanho dos materiais de disparo [mm]	Pressão a ar [MPa]		Espessura da raspagem (μ m)	Pico de tensão de compressão residual [MPa]
1	SCM420H	Carburização	0,79	-	-	25,00	50	60	782	850	0,05	0,5	68	0,0	1869
2		eutectóide a vácuo	0,72	-	-	24,80	150	60	763	900	0,05	0,5	137	0,0	1994
3			0,79	-	-	25,00	150	60	782	900	0,1	0,5	118	0,0	1813
4			0,70	-	-	21,18	150	60	774	900	0,3	0,5	126	0,0	2049
5			0,72	-	-	24,80	150	60	763	950	0,3	0,5	187	0,0	2041
6			0,75	-	-	21,40	140	120	791	950	0,6	0,5	159	0,0	2030

7			0,80	-	-	-	21,64	140	120	803	950	0,3	0,5	147	0,0	1939
8			0,78	-		Sim	8,55	140	120	865	950	0,3	0,5	85	0,0	2016
9			0,85	-		-	25,77	180	60	772	950	0,3	0,5	178	0,0	1916
10			0,85	-		sim	8,26	180	60	860	950	0,3	0,5	90	0,0	1977
11			1,03	-		sim	15,30	180	60	845	950	0,3	0,5	105	0,0	2157
12			0,75	-		-	21,40	140	120	791	950	0,6	0,4	159	0,0	1925
13			0,75	-		-	21,40	140	120	791	950	0,6	0,6	159	0,0	2135
14		Carbu- rização a gás (remo- ção de camada anormal	0,75	-		-	18,50	180	60	783	950	0,3	0,5	167	0,0	1850

Tabela 3

Exemplos comparativos

No	aço	Trata- mento	C% na camada	Rela- ção da	Sub ze-	Resid, Y (%)	Tempe- ratura	Tempo de	Dureza do	Condições de jateamento	Materi- ais de	Após o jateamento de granalha
----	-----	-----------------	-----------------	-----------------	------------	-----------------	------------------	-------------	--------------	-------------------------	-------------------	----------------------------------

		térmico	superficial	área de carbono	ro		de tempe- ra [°C]	témpe- ra [min]	mate- rial proce- sado HV (m)	Dureza dos mate- riais de dispa- ro [HV]	Tamanho dos materi- ais de disparo [mm]	Pres- são a par [MPa]	disparo - materiais proce- sados (dureza HV)	Espes- sura da raspage m (µm)	Pico de tensão de compres- são residu- al [MPa]
1	SCM420H	Carburização	0,51	-	-	16,91	80	60	682	700	0,6	0,3	18	0,0	1400
2		etuec-	0,72	-	-	24,80	150	60	763	700	0,6	0,3	63	1,2	1074
3		tóide a vácuo	0,75	-	-	21,40	140	120	791	700	0,6	0,5	91	0,0	1490
4		Carburização a gás	0,71	-	-	26,06	180	60	735	950	0,3	0,5	215	4,7	1580
5		Carburização	0,76	-	-	26,50	180	60	748	950	0,3	0,5	202	0,0	1724
6			0,51	-	-	16,91	180	60	682	950	0,3	0,5	268	6,0	1545

7		eutec- tóide a vácuo	1,03	-	-	41,01	180	60	710	950	0,3	0,5	240	0,0	1757
8		Super carbu- rização	1,93	19,4	-	26,11	180	60	402	950	0,3	0,5	548	0,0	1590
9		Carbu- rização	0,51	-	-	16,91	180	60	682	900	0,05	0,5	218	9,4	1616
10		eutec- tóide a vácuo	0,72	-	-	24,80	150	60	763	1380	0,1	0,3	617	9,6	1582
11			0,79	-	-	25,00	150	60	782	1380	0,1	0,5	598	76,5	2073
12			0,72	-	-	24,80	150	60	763	1380	0,2	0,5	617	81,7	1929
13			0,70	-	-	21,18	150	60	774	1200	0,3	0,5	426	163,9	1925

No exemplo 1 da Tabela 3 mostra que a dureza HV (m) do material processado é 682 HV, que é inferior ao limite mínimo, 750 HV, para a invenção. Além disso, a diferença entre a dureza do material processado e aquela dos materiais de disparo é pequena. Assim, a tensão de compressão residual não atinge a tensão alvo, 1800 HV ou mais.

Exemplo n° 1 comparativo mostra que a % de C na camada superficial é de 0,51%, o que não cumpre com o requisito para o segundo aspecto. Isso faz com que a dureza HV (m) do material processado seja baixa.

Além disso, o exemplo comparativo n° 1 mostra que a pressão do ar para jateamento de granalha é de 0,3 MPa, o que não cumpre com o requisito para o terceiro aspecto. Estas condições resultam na baixa tensão de compressão residual.

Exemplo comparativo n° 2 mostra que a dureza HV (m) do material processado cumpre com os requisitos da presente invenção. No entanto, a dureza Vickers HV dos materiais de disparo é menor do que a dureza do material processado. Assim, a tensão residual de compressão é baixa.

O exemplo mostra que o requisito para o terceiro aspecto não é cumprido.

Exemplo comparativo n° 3 mostra que a dureza Vickers HV dos materiais de disparo é menor do que a dureza HV (m) do material processado. Assim, a meta para a tensão de compressão residual, que é de 1800 MPa ou mais, não é alcançada.

Exemplo comparativo n° 4 mostra que a dureza HV (m) do material processado é 735 HV, que é inferior ao limite

mínimo, 750 HV, para a invenção. Assim, a tensão de compressão residual não atinge a tensão, 1800 HV ou mais.

Já que a espécie para o exemplo tem sido carburizada a gás, sua dureza HV (m) do material processado é baixa
5 devido a uma camada anormalmente carburizada.

Exemplo comparativo n° 5 mostra que a dureza HV (m) do material processado é menor do que o limite mínimo para a invenção. Assim, a tensão de compressão residual não atinge a tensão alvo.

10 Exemplo comparativo n° 6 mostra que a dureza HV (m) do material processado é baixa e que a tensão de compressão residual não atinge a tensão alvo.

Além disso, o exemplo mostra que a diferença entre a dureza Vickers HV dos materiais de disparo e a dureza HV
15 (m) do material processado é 268 HV, que é maior que o limite superior para a invenção. Assim, a espessura do material processado a ser raspado é grande, e é superior a 5 μ m.

Exemplo comparativo n° 7 mostra que a dureza HV (m) do
20 material processado é baixa e que a tensão de compressão residual também é baixa.

O exemplo mostra também que a % de C na camada superficial é de 1,03%, o que não cumpre com o requisito para o segundo aspecto. A porcentagem de austenita residual
25 é tão alta quanto 41%. Esta alta porcentagem faz com que a dureza HV (m) do material processado seja diminuída.

Exemplo comparativo n° 8 mostra que a dureza HV (m) do material processado é baixa e que a tensão de compressão residual também é baixa.

30 Já que a espécie para o exemplo foi super-carburizada

(carburizada para um teor mais alto de C), a dureza da matriz é baixa devido à precipitação de carboneto.

Exemplo comparativo n° 9 mostra que a dureza HV (m) do material processado é baixa e que a espessura do material processado que é raspada excede 5 μm . Ele também mostra que a tensão de compressão residual é baixa.

Além disso, é mostrado que a % C na camada superficial é inferior ao limite mínimo para o segundo aspecto. Isso faz com que a dureza HV (m) do material processado seja baixa.

Exemplo comparativo n° 10 mostra que a dureza HV (m) do material processado cumpre com os requisitos da presente invenção. Mas a dureza Vickers HV dos materiais de disparo é extremamente alta. Assim, a diferença entre a dureza HV dos materiais de disparo e a dureza HV (m) do material processado é muito maior que o limite superior. Portanto, a tensão de compressão residual não atinge a tensão alvo. Além disso, a espessura do material processado que é raspada se torna grande. Este exemplo mostra também que a pressão de ar para disparar os materiais de disparo não cumpre com o requisito para o terceiro aspecto.

Exemplo comparativo n° 11 mostra que a dureza Vickers HV dos materiais de disparo é extremamente alta. Embora a tensão de compressão residual atinja a tensão alvo, ou seja, 1800 MPa, a espessura do material processado que é raspada se torna grande.

Exemplo comparativo n° 12 também mostra que a dureza Vickers HV dos materiais de disparo é alta. Assim, a espessura do material processado que é raspada torna-se tão grande como é, para o exemplo comparativo n° 11.

Exemplo comparativo n° 13 também mostra que a dureza Vickers HV dos materiais de disparo é alta. Como a diferença entre a dureza HV dos materiais de disparo e a dureza HV (m) do material processado excede o limite máximo para a presente invenção, a espessura do material processado que é raspada se torna grande.

Em contraste, todos os exemplos de trabalho n°s 1-14 mostram que os requisitos da presente invenção são respeitados. Assim, as tensões de compressão residuais são maiores do que a tensão alvo, que é de 1800 MPa.

Exemplos de trabalho n°s 1-7 mostram que as durezas HV (m) dos materiais processados são altas devido à têmpera em baixa temperatura.

Exemplo de trabalho n° 8 mostra que a dureza do material processado torna-se alta devido à têmpera em baixa temperatura em adição ao tratamento subzero.

Exemplo de trabalho n° 9 mostra que a dureza HV (m) do material processado torna-se alta, pois o conteúdo de C na camada superficial é devidamente ajustado. Para o exemplo de trabalho n° 10, a dureza HV (m) se torna maior por causa do tratamento subzero além do ajuste do conteúdo de C.

Exemplo de trabalho n° 11 mostra que a dureza HV (m) do material processado torna-se alta por causa do tratamento subzero além do alto teor de C na camada superficial.

O tratamento subzero é realizado pela colocação de uma espécie em uma atmosfera de -85°C por 120 min.

A descrição acima da modalidade é apenas um exemplo. Várias possíveis mudanças na presente invenção podem ser concebidas no escopo da presente invenção.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Figura 1 é um desenho explicativo do método de jateamento de granalha por uma modalidade da presente invenção.

Reivindicações

1. Método para jateamento de granalha caracterizado pelo fato de que compreende disparar um material de disparo contra um material processado, o material processado sendo
5 um aço temperado e carburizado;

em que uma dureza HV (m) do material processado que é calculada a partir das equações (1), (2) e (3), é de 750 HV ou mais,

em que uma dureza Vickers dos materiais de disparo é
10 maior do que a dureza do material processado em 50 HV a 250 HV, e

em que uma espessura do aço processado que é raspado é de 5 µm ou menos, e em que um teor de C (carbono) em uma camada superficial que é obtida através de carburação está
15 dentro de uma faixa de 0,6% a 1%,

$$HV(m) = \{f(C) - f(T, t)\} (1 - \gamma_R / 100) + 400 \times \gamma_R / 100 \quad \text{Equação (1)}$$

$$f(C) = -660C^2 + 1373C + 278 \quad \text{Equação (2)}$$

$$f(T, t) = 0,05T(\log t + 17) - 318 \quad \text{Equação (3)}$$

em que C denota o teor de C (carbono) em uma camada
20 superficial que é obtida através de carburação (% em massa), T a temperatura de têmpera (K), t o tempo de retenção para têmpera (h), e γ_R a quantidade de austenita residual (% em vol).

2. Método para jateamento de granalha, de acordo com a
25 reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os tamanhos dos materiais de disparo estão dentro de uma faixa de 0,05 mm a 0,6 mm de diâmetro, e em que os materiais de disparo são disparados contra o material processado pelo ar a uma pressão de 0,4 a 0,6 MPa.

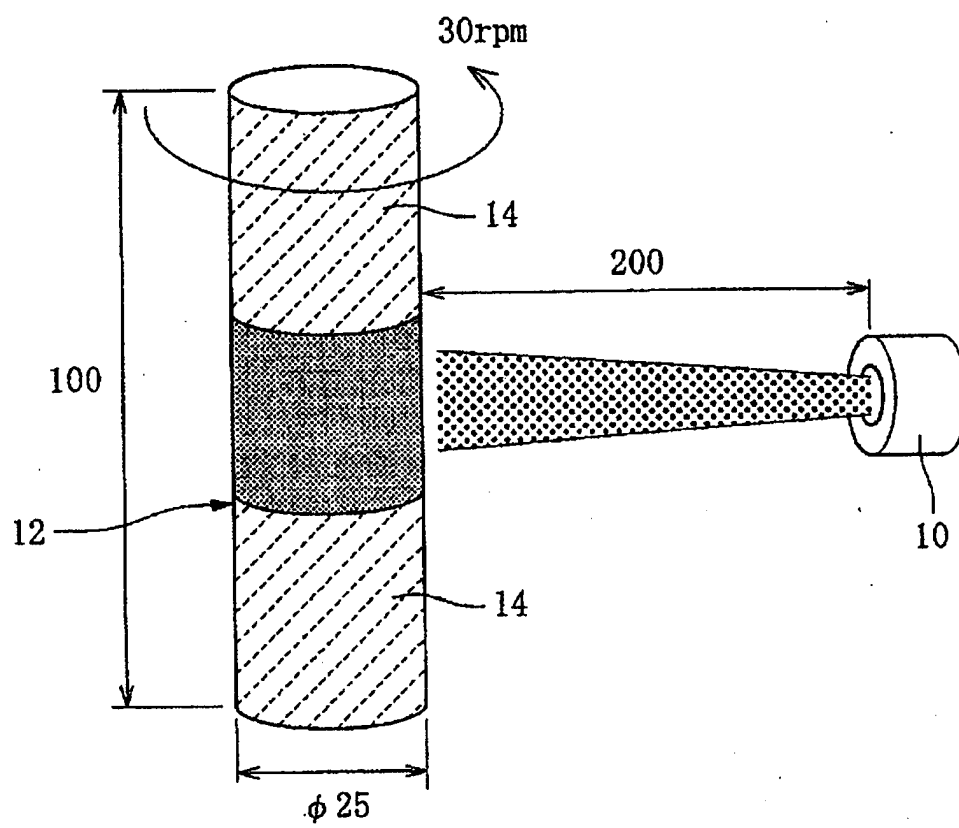


Fig.1