



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0810055-1 B1

(22) Data do Depósito: 08/02/2008

(45) Data de Concessão: 18/10/2016



(54) Título: ROLO RAIADO PARA UM REDUTOR E REDUTOR

(51) Int.Cl.: B21B 27/02; B21B 17/14; B21B 27/10; B21B 28/04

(30) Prioridade Unionista: 08/02/2007 JP 2007-029480

(73) Titular(es): NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION

(72) Inventor(es): AKIHITO YAMANE

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para “**ROLO RAIADO PARA UM REDUTOR E REDUTOR**”

Campo da técnica:

A presente invenção se refere de forma geral a um rolo raiado para um
5 redutor (laminador de redução) e a um redutor que são usados para a fabricação de tubos. Mais particularmente, a presente invenção se refere a um rolo raiado para um redutor e um redutor que pode suprimir acentuadamente variações irregulares em uma distribuição
10 circunferencial dos aumentos de espessura, os quais são uma causa direta da ocorrência de poligonização, e que podem dessa forma eliminar essencialmente a ocorrência de poligonização mesmo quando uma pluralidade de tipos de tubos que diferem em
parâmetros tais como espessura da parede, diâmetro externo, e material são sujeitos a redução sob diferentes condições.

Técnica anterior:

Dimensionadores e redutores de alongamento, que são os tipos mais comuns
15 de redutores, são normalmente constituídos por uma pluralidade de suportes de laminação de tubo (tais como 8 a 28 suportes) instalados in tandem, com cada suporte sendo equipado com rolos raiados do tipo 2 ou 3 rolos. Por exemplo, no método de redução de 3 rolos usando rolos raiados do tipo 3 rolos, os rolos raiados são instalados em cada suporte de modo que os rolos raiados em suportes contíguos possuam ângulo de fase (diferença de
20 fase), de 60 graus com relação um ao outro. Um tubo sofre laminação pela passagem através da ranhura (passe) formada a partir dos rolos raiados, cada um tendo uma forma de ranhura elíptica sem ferramenta sendo inserida no interior do tubo e no caso de um redutor de alongamento com tensão sendo aplicada ao tubo entre os suportes adjuntos. A laminação diminui muito o diâmetro externo do tubo, com a espessura de parede
25 geralmente aumentando no caso de um dimensionador e geralmente diminuindo no caso de um redutor de alongamento. No método de redução de 2 rolos utilizando rolos raiados do tipo 2 rolos em cada suporte, existe uma diferença de fase de 90 graus entre os rolos raiados dos suportes contíguos. Em razão das ranhuras de rolo terem cada uma um formato elíptico, um tubo que é sujeito a redução pelos rolos raiados é fortemente
30 deformado na porção central na direção axial de cada rolo raiado (referido como a zona de

fundo de ranhura), e a força de laminação diminui na direção de ambas as porções de extremidade da ranhura (as porções de extremidade das zonas de flange em ambos os lados da zona de fundo de ranhura). Uma vez que a ferramenta não está presente no interior do tubo, quando o tubo é sujeito a vários passes através dos suportes de laminação, a tão falada poligonização acontece. Poligonização é um fenômeno no qual a forma de seção transversal transversa da superfície interna de um tubo se torna hexagonal (ou tetragonal em um método de redução de dois rolos).

Um tubo que possui poligonização desenvolvida tem uma forma em seção transversal transversa poligonal na sua superfície interna, mas a superfície externa do tubo que é acabado no redutor é aproximadamente circular. Portanto, a espessura de parede do tubo exibe variações de espessura de parede (desvios de espessura) nas quais a espessura de parede aumenta de forma periódica ou diminui na direção circunferencial (3 ou 6 vezes no caso da redução de 3 rolos). Poligonização é sabido ocorrer de forma particularmente fácil quando realizando laminação com um redutor de um tubo que possui uma espessura de parede grande ou intermediária na qual a razão da espessura de parede acabada com o diâmetro externo acabado é 8% ou mais.

Como descrito nos documentos de patente 1 e 2 listados abaixo o grau de poligonização varia com a retangularidade da ranhura de rolo, a qual é expressa pela razão (CLE/CLG) da distância CLE a partir da superfície de entrada da porção de borda para a superfície de saída de rolo com relação à distância CLG da superfície de entrada de fundo de ranhura de rolo para a superfície de saída de rolo. Uma medida conhecida contra a poligonização é o método de projeto de retangularidade no qual a retangularidade é selecionada de forma adequada.

O documento de patente 3 descreve a supressão da poligonização pelo ajuste adequado da quantidade de trabalho em cada suporte de uma pluralidade de suportes de rolo tendo rolos raiados. O documento de patente 4 descreve a redução da poligonização pelo ajuste da velocidade rotacional dos rolos raiados em cada suporte para um valor adequado de modo que a elongação total de um tubo laminado seja feita uniforme por meio do controle de velocidade dos motores de acionamento que acionam de forma rotacional os rolos raiados em cada suporte de um redutor de alongamento.

O documento de patente 5 descreve a supressão de poligonização pelo resfriamento de água de porções de um tubo durante a redução do tubo. Os documentos de patente 6 e 7 descrevem a supressão da poligonização durante a laminação de dimensionamento pelo ajuste da posição de rolo em cada suporte. Os documentos de
5 patente 8 a 10 descrevem a supressão da poligonização pelo ajuste adequado do ângulo de fase dos rolos em cada suporte durante a redução de um tubo.

Documento de Patente 1: JP H07-314013 A1

Documento de Patente 2: JP H08-19808 A1

Documento de Patente 3: JP H11-151506 A1

10 Documento de Patente 4: JP 2001-71012 A1

Documento de Patente 5: JP 2001-129603 A1

Documento de Patente 6: JP 2000-158015 A1

Documento de Patente 7: JP 2000-334504 A1

Documento de Patente 8: JP 2005-46874 A1

15 Documento de Patente 9: JP 2005-305447 A1

Documento de Patente 10: JP 2005-169466 A1

Entretanto, com as técnicas descritas nos documentos de patente 1 a 3, a quantidade de poligonização, que varia de acordo com as condições tais como a espessura da parede e a tensão de um tubo, não podem ser sempre suprimidas em uma faixa
20 constante sob todas as condições. Similarmente, as técnicas descritas nos documentos de patente 4, 6 e 7 podem apenas diminuir de forma suave a quantidade de poligonização que ocorre, e eles não podem suprimir a poligonização em uma faixa fixa sem levar em consideração as variações nas condições.

A técnica descrita no documento de patente 5 é baseada na variação do aquecimento de um tubo como sendo a causa principal de poligonização. Entretanto, se a
25 temperatura de um tubo durante a laminação é localmente diminuída pelo resfriamento à água, a água de resfriamento flui para porções outras do que aquelas da porção desejada e é extremamente difícil controlar a temperatura apenas de uma porção específica de um tubo. Assim, é verificado ser difícil suprimir a poligonização de uma forma estável com
30 essa técnica.

Afim de realizar as técnicas descritas nos documentos de patente 8 a 10, é necessário ajustar o ângulo de fase dos rolos raiados de cada suporte. Para este propósito, é necessário modificar as condições para redução, e a retangularidade de uma ranhura, a qual é uma causa direta de poligonização, varia, assim, esse método não pode suprimir de
5 forma estável a poligonização.

Descrição da invenção:

Assim, quando a redução de uma pluralidade de tipos de tubos tendo parâmetros diferentes tais como a espessura da parede é realizada em um redutor de alongamento sob diferentes condições utilizando métodos convencionais como descritos nos
10 documentos de patente 1 a 10, é extremamente difícil suprimir de forma estável a poligonização em uma extensão que ela seja essencialmente eliminada. A presente invenção proporciona um rolo raiado para um redutor que soluciona tais problemas.

Um rolo raiado para um redutor de acordo com a presente invenção possui uma ranhura tendo uma zona de fundo de ranhura incluindo o centro em uma direção axial
15 de rolo e zonas de flange contíguas a ambos os lados da zona de fundo de ranhura, caracterizado pela superfície da ranhura possuir uma distribuição de fricção na direção axial de rolo de modo que a força friccional com relação ao material sendo laminado na zona de fundo de ranhura é maior do que a força friccional com relação ao material sendo laminado nas zonas de flange.

20 Nesse contexto, a “zona de fundo de ranhura” da ranhura de um rolo raiado é a região que é mais profunda do que os pontos médios dos ângulos entre o ponto mais profundo da ranhura (normalmente o ponto central na direção axial da ranhura) e os pontos mais rasos da ranhura (normalmente ambas as extremidades da ranhura) como visto do centro do suporte (os pontos médios estando na interseção entre a linha bi-
25 seccionando o ângulo da superfície da ranhura). Nesse contexto “as zonas de flange” da ranhura de um rolo raiado são as duas regiões em ambos os lados da zona de fundo de ranhura remanescentes após a remoção da zona de fundo de ranhura da ranhura, a saber, as duas regiões laterais que são mais rasas do que os pontos médios dos ângulos entre o ponto mais profundo e os pontos mais rasos à medida que são visualizados do centro do
30 suporte.

O termo “a direção axial de rolo” como usado aqui é naturalmente a direção de eixo rotacional de um rolo raiado que é acionado rotacionalmente. No caso dos rolos raiados do tipo 3 rolos, os 3 rolos raiados possuem direções axiais de rolo que estão a 120 graus um com relação ao outro.

5 Quando a força friccional entre a superfície de rolo e um material sendo laminado na zona de fundo de ranhura não é constante mas varia na direção axial de rolo na zona de fundo de ranhura, o valor médio do mesmo é considerado a força friccional na zona de fundo de ranhura. Nesse caso, a força friccional é preferencialmente maior no centro da zona de fundo de ranhura na direção axial de rolo. Similarmente, quando a força
10 friccional nas zonas de flange de ranhura varia, o valor médio é usado como a força friccional.

Em um rolo raiado para um redutor de acordo com a presente invenção, a zona de fundo de ranhura da ranhura possui preferencialmente uma aspereza/rugosidade de superfície maior do que as das zonas de flange, dessa forma a distribuição de fricção
15 acima descrita é formada. A aspereza de superfície da zona de fundo de ranhura e das zonas de flange é calculada do valor médio de cada quando a aspereza de superfície varia nessas regiões.

A partir de outro ponto de vista, a presente invenção é um redutor caracterizado por ter o rolo raiado acima descrito de acordo com a presente invenção e um
20 dispositivo de produção de distribuição de fricção para a produção da distribuição de fricção acima descrita na direção axial de rolo na superfície de ranhura.

Os meios para produção de uma distribuição de fricção em uma direção axial de rolo em um redutor podem ser (a) um dispositivo para trabalhar uma superfície que pode trabalhar as regiões de superfície periférica de pelo menos uma porção na
25 direção axial da superfície de ranhura de modo que a aspereza de superfície da zona de fundo de ranhura da ranhura é diferente a partir da aspereza de superfície das zonas de flange, ou (b) um aplicador modificador de lubricidade que pode aplicar um modificador de lubricidade em uma região de superfície periférica de pelo menos uma porção na direção axial da superfície de ranhura de modo que a quantidade aplicada e/ou o tipo de
30 modificador de lubricidade difira entre a zona de fundo de ranhura e as zonas de flange.

O dispositivo de trabalho de superfície é preferencialmente uma esmerilhadeira de rolo em linha que pode realizar o esmerilhamento de um rolo raiado enquanto ele permanece montado em um redutor. Um modificador de lubricidade é pretendido que abranja tanto um agente lubrificante (agente diminuidor de fricção ou anti-
5 fricção) ou agente antiderrapante (de aumento de fricção).

De acordo com a presente invenção, o acúmulo de distribuição circunferencial da espessura da parede aumenta, o que é uma causa direta da ocorrência de poligonização, pode ser radicalmente melhorado. Como resultado, a poligonização causada pode ser essencialmente eliminada mesmo quando uma pluralidade de tipos de
10 tubos tem parâmetros diferentes tais como espessura de paredes, diâmetro externo, ou material sofre redução sob diferentes condições.

Breve descrição das figuras:

A figura 1 é uma vista explanatória mostrando a relação entre a sobrecarga na direção axial e a sobrecarga na direção circunferencial a qual é desenvolvida em um
15 tubo durante redução.

A figura 2 é uma vista explanatória mostrando a distribuição circunferencial da quantidade do aumento da espessura de parede que acontece em um tubo no suporte i e no suporte $i+1$ imediatamente a jusante do mesmo, durante a laminação em um redutor.

A figura 3 é uma vista explanatória mostrando um exemplo da distribuição
20 de fricção na direção axial de rolo na superfície de ranhura em uma primeira modalidade.

A figura 4 é uma vista similar à figura 3 mostrando outro exemplo de uma distribuição de fricção.

A figura 5 é uma vista similar à figura 3 mostrando outro exemplo de uma distribuição de fricção.

25 A figura 6 é uma vista explanatória mostrando o caso quando a superfície de ranhura do rolo raiado é dividida na direção circunferencial da ranhura e o trabalho de superfície diferente é realizado nas regiões divididas diferentes.

A figura 7 é uma vista explanatória mostrando esquematicamente um exemplo de uma esmerilhadeira de rolo em linha.

A figura 8 é uma vista explanatória mostrando esquematicamente ainda outro exemplo de uma esmerilhadeira de rolo em linha.

A figura 9 é uma vista explanatória mostrando esquematicamente dois tipos (tipo 1 e tipo 2) de um aplicador modificador de lubricidade.

5 A figura 10 mostra gráficos ilustrando a magnitude dos componentes de desvio de espessura o qual acontece em cada rolo em um exemplo.

A figura 11 ilustra gráficos contrastando a mudança no raio externo, no raio interno, e no desvio de espessura (poligonização) de um tubo em cada suporte quando realizando a redução de um tubo com uma espessura de parede de 12 milímetros para um
10 exemplo comparativo (sem distribuição de fricção) e um exemplo de acordo com a presente invenção (possuindo uma distribuição de espessura).

A figura 12 mostra gráficos contrastando a mudança no raio externo, no raio interno, e no desvio de espessura (poligonização) de um tubo em cada suporte quando realizando a redução de um tubo com uma espessura de parede de 8 mm para um exemplo
15 comparativo (sem distribuição de fricção) e um exemplo de acordo com a presente invenção (tendo uma distribuição de fricção).

A figura 13 mostra gráficos contrastando a mudança no raio externo, no raio interno, e no desvio de espessura (poligonização) de um tubo em cada suporte quando realizando a redução de um tubo com uma espessura de parede de 3 mm para um exemplo
20 comparativo (sem distribuição de fricção) e um exemplo da presente invenção (tendo uma distribuição de fricção).

Melhor modo para realização da invenção:

Abaixo, um rolo raiado para um redutor e um redutor de acordo com a presente invenção será explicado mais concretamente enquanto se referindo aos desenhos
25 anexos. Um suporte de 3 rolos com rolos raiados, o qual é o tipo mais comum utilizado em um laminador de redução será considerado como exemplo, mas um rolo raiado para um redutor de acordo com a presente invenção pode ser similarmente aplicado a um rolo raiado de um suporte de 4 rolos ou 2 rolos com rolos raiados.

A figura 1 é uma vista explanatória mostrando a relação entre a sobrecarga
30 na direção axial ϕ_l e a sobrecarga na direção de espessura de parede ϕ_r o que acontece em

um tubo 1 durante a redução tendo a laminação no primeiro suporte e segundo suporte como exemplo.

Como ilustrado nessa figura, o fato de que a sobrecarga axial ϕ_1 de um tubo 1 é quase uniforme em torno de uma periferia inteira na direção circunferencial como pode ser visto a partir da metade superior do gráfico da figura 1 que mostra a sobrecarga (elongação) na direção axial do tubo devido aos plots para 1-F, 1-C e 1-G são quase superpostos e os plots para 2-F, 2-C e 2-G são quase superpostos. De outra forma, a partir da metade inferior do gráfico na figura 1 o qual ilustra a sobrecarga (compressão) na direção circunferencial do tubo 1, o que pode ser visto é que a sobrecarga na direção circunferencial ϕ_θ varia na direção circunferencial na seção transversal transversa do tubo 1. Uma vez que o volume do tubo não muda, a soma da sobrecarga na direção axial do tubo e a sobrecarga na direção circunferencial e a sobrecarga na direção de espessura é um valor constante. Dessa forma a sobrecarga na direção de espessura ϕ_r também varia na direção circunferencial em uma sessão transversal transversa do tubo 1. A saber, na metade inferior do gráfico 1, os plots para 1-F, 1-C e 1-G e aqueles para 2-F, 2-C e 2-G diferem muito um do outro na zona de fundo de ranhura, as zonas de flange, e um ponto na metade entre eles, particularmente a partir do início da laminação no primeiro suporte para a completude da laminação no segundo suporte. A partir dessa figura, pode ser deduzido que um aumento na espessura atinja a metade entre a zona de fundo de ranhura e as zonas de flange onde as sobrecargas compressivas são menores do que na zona de fundo de ranhura.

Os presentes inventores descobriram que o padrão não uniforme da distribuição de sobrecargas na direção de espessura, a saber a distribuição do aumento na espessura de parede pode ser modificada pela variação do coeficiente de fricção na zona de flange de um rolo raiado e do coeficiente de fricção da zona de fundo de ranhura e eles descobriram que pela utilização desse fenômeno, a distribuição circunferencial dos aumentos de espessura de parede, o que é uma causa direta da ocorrência de poligonização, pode ser suprimida.

A figura 2 é uma vista explanatória mostrando a distribuição na direção circunferencial de um tubo do aumento na espessura de parede que acontece após a

realização de redução em um suporte dado i outro do que o suporte final e a distribuição na direção circunferencial de um tubo do aumento na espessura de parede que acontece após a realização da redução no suporte (i+1) o qual é um suporte à jusante do mesmo quando três diferentes padrões (A-C) do coeficiente de distribuição de fricção na direção axial de rolo de uma ranhura de um rolo raiado são empregados. Nas figuras, o fundo de ranhura na abscissa é o centro da zona de fundo de ranhura onde ela é mais profunda e os flanges significam as porções de extremidades da ranhura (as porções de extremidade de flange). A abscissa mostra a posição na direção circunferencial do tubo a partir de um fundo de ranhura na direção de um dos flanges, com o fundo de ranhura estando em 0 graus e a porção de extremidade do flange estando a 60 graus.

Utilizando a figura 2, a maneira na qual a poligonização (formação de uma forma hexagonal) acontece e o padrão da poligonização que resulta pode ser explicado. O padrão C indica o caso no qual o coeficiente de fricção na direção axial de rolo não é ajustada e o qual possui uma forma de ranhura que é determinada pelo método de design convencional utilizando retangularidade como um parâmetro de design como o descrito nos documentos de patente acima descritos. O padrão do aumento na espessura de parede a partir do fundo de ranhura na direção das porções de extremidade de flange é representando por uma curva côncava. Se o coeficiente de fricção da zona de fundo de ranhura é gradualmente aumentado enquanto se usa uma ranhura tendo a mesma forma da ranhura usada para produzir o padrão C, o padrão de aumento na espessura de parede muda para o padrão B e então para o padrão A. Se o aumento na espessura de parede do padrão C acumula em cada suporte, a variação na quantidade de espessura de parede aumenta no suporte $i + 1$ mostrado na figura correta acumula e a poligonização em forma de pétala acontece no tubo na finalização da redução. De outra forma, se um aumento de espessura de parede do padrão A acumula em cada suporte, a poligonização em forma de estrela acontece no tubo na finalização da redução. Em contraste, mesmo se um aumento na espessura de parede do padrão B acumula em cada suporte, como mostrado pela quantidade do aumento de espessura de parede no suporte $i + 1$, a quantidade do aumento da espessura de parede é uniforme a partir do fundo de ranhura para o flange e a poligonização não acontece.

Baseado nesse conhecimento, quando realizada a redução de um tubo utilizando um rolo raiado de acordo com a presente invenção, fazendo a força friccional entre a superfície de rolo e um material sendo laminado na zona de fundo de ranhura de uma ranhura maior do que a força friccional entre a superfície de rolo e um material sendo laminado nas zonas de flange de uma ranhura por um meio conveniente, a saber, proporciona um coeficiente de distribuição de fricção para a superfície de modo que o coeficiente de fricção nas zonas de flange seja menor do que o coeficiente de fricção na zona de fundo de ranhura, a faixa de variação da distribuição do aumento de espessura de parede na direção circunferencial de um tubo, o qual é uma causa direta de poligonização, pode ser minimizada mesmo se a redução for realizada nos tubos tendo espessura de parede diferente sob condições diferentes. Como resultado, a poligonização pode ser reduzida e essencialmente eliminada.

A seguir, algumas modalidades preferidas de um rolo raiado para um redutor de acordo com a presente invenção e um redutor equipado com tais rolos será explicado.

Primeira modalidade:

Um rolo raiado para um redutor desta modalidade possui uma ranhura na qual a superfície de ranhura possui um coeficiente de fricção variando na direção axial de rolo. A saber, a superfície de ranhura possui uma distribuição de fricção na direção axial de rolo de modo que o coeficiente de fricção na zona de fundo de ranhura incluindo o centro na direção axial de rolo é maior do que o coeficiente de fricção nas zonas de flange em ambos os lados da zona de fundo de ranhura.

A figura 3 é um gráfico mostrando exemplos de tal distribuição de fricção. Esta distribuição de fricção é proporcionada a um rolo em um exemplo que exhibe os efeitos da modalidade descrita abaixo. O “ângulo circunferencial” na figura é o ângulo quando a superfície da ranhura é visualizada ao longo da circunferência do tubo a partir do eixo de tubo. 0 Grau significa a localização mais profunda da zona de fundo de ranhura da ranhura. Em um rolo raiado para um suporte de três rolos, o ângulo na direção circunferencial de ambas as extremidades de flange é de + ou - 60 graus.

No exemplo ilustrado, a superfície da ranhura do rolo de ranhura possui uma distribuição de fricção na direção axial de rolo de modo que o coeficiente de fricção que produz uma força friccional em pelo menos uma porção do fundo de ranhura incluindo o centro na direção axial do rolo é de 0,3 e o coeficiente de fricção que produz uma força friccional nas zonas de flange em ambos os lados contíguos do fundo da zona de fundo de ranhura é 0,1. As porções da zona de fundo de ranhura próximas às zonas de flange possuem um coeficiente de fricção de 0,1, mas na média, o coeficiente de fricção da zona de fundo de ranhura é maior do que o coeficiente de fricção das zonas de flange, o qual é 0,1.

A distribuição de fricção na direção axial de rolo na superfície de ranhura de um rolo raiado não é limitada a uma que varia de maneira escalonada como mostrado no gráfico da figura 3. De fato, baseado nos descobrimentos acima descritos, a distribuição de fricção mostrada na figura 4, na qual o coeficiente de fricção gradualmente diminui a partir do centro na direção axial de rolo em direção às porções de extremidade, ou a distribuição de fricção mostrada na figura 5 em cujo coeficiente de fricção gradualmente do centro na direção axial de rolo a algum ponto nos flanges e então permanece constante em um nível baixo, é preferível.

Os gráficos na figura 3 a 5 são exemplos de casos em que o valor máximo do coeficiente de fricção é ajustado em 0,3. Entretanto, o valor máximo do coeficiente de fricção não precisa ser 0,3, e ele pode ser feito de um valor diferente tal como 0,4 ou 0,25. Em adição, esses gráficos mostram o caso no qual o valor mínimo do coeficiente de fricção é ajustado para 0,1, mas o valor mínimo não precisa ser 0,1, e ele pode ser outro valor tal como 0,05 ou 0,15.

Nesta modalidade não é necessário limitar os valores do coeficiente de fricção em faixas específicas à medida que a distribuição do coeficiente de fricção da superfície da ranhura possa ser ajustado de modo que a força de fricção da superfície da rolo na zona de fundo de ranhura inclui o centro na direção axial de rolo seja maior do que a força friccional da superfície de rolo nas zonas de flange contíguas às zonas de fundo de ranhura.

Como mencionado acima, quando o coeficiente de fricção da superfície da ranhura de um rolo raiado varia, por exemplo, como mostrado na figura 4 ou figura 5, o coeficiente de fricção é o valor médio para tanto a zona de fundo de ranhura quanto às zonas de flange. A saber, os valores médios dos coeficientes de fricção na zona de fundo de ranhura e as zonas de flange podem ser comparados um com o outro e isto é suficiente para o coeficiente de fricção da zona de fundo de ranhura para ser maior do que o coeficiente de fricção das zonas de flange. A fim de conseguir adequadamente alcançar os efeitos da presente invenção a diferença entre o valor médio do coeficiente de fricção na zona de fundo de ranhura e o valor médio do mesmo nas zonas de flange é preferencialmente pelo menos 0,05.

Em um rolo raiado para um redutor de acordo com essa modalidade, um rolo raiado tendo a distribuição de fricção acima descrita pode ser obtida fazendo a rugosidade de superfície da zona de fundo de ranhura da ranhura incluindo no centro na direção axial de rolo maior do que a rugosidade de superfície das zonas de flange em ambos os lados da zona de fundo de ranhura.

Por exemplo como mostrado pela seção transversal na figura 6, se a circunferência da ranhura de um rolo raiado para um redutor (o comprimento da superfície periférica da ranhura medida na direção circunferencial de um tubo) é dividida em três regiões iguais A, B e C na direção circunferencial do tubo e da rugosidade de superfície da superfície da ranhura realizado apenas com relação à região B a qual é localizada no centro e que inclui o centro de circunferência de ranhura quando a ranhura é mais profunda. Uma distribuição de fricção na direção axial de rolo pode ser obtida de modo que a força friccional na direção B é maior do que a força de fricção da região A ou B. Entretanto, a presente invenção não é limitada de modo que um modo no qual a distribuição do coeficiente de fricção possui três regiões igualmente divididas e pode ser três regiões, uma das quais compreende tudo ou uma porção da zona de fundo de ranhura incluindo o centro na direção axial de rolo, as outras duas regiões incluindo as zonas de flange que estão contíguas às zonas de fundo de ranhura (e que podem incluir o remanescente da zona de fundo de ranhura). Nesse caso uma distribuição de fricção escalonada como aquela mostrada na figura 3 é formada.

A rugosidade de superfície da superfície de ranhura na região B pode ser realizada pelo mascaramento inicial das regiões outras do que a região central B, por exemplo, as duas regiões A e C posicionadas em ambas as extremidades da região B, e então realizar o sopro de disparo. Isto é também possível para realizar o método no qual a
5 superfície em forma de treliça risca com cada unidade da treliça tendo um comprimento de 3 mm, por exemplo, em um lado são proporcionados com uma esmerilhadeira ou um método no qual a maquinaria descrita abaixo é realizada para formar irregularidades de superfície.

Um rolo raiado para um redutor de acordo com a presente modalidade
10 pode ser produzido pela realização de trabalho da superfície de ranhura de modo que a rugosidade de superfície varia na direção axial de rolo na maneira como descrita acima. Exemplos de um meio para tal trabalho de superfície de rolo são esmerilhamento e sopro de disparo. A rugosidade de superfície pode também ser previamente permitida à superfície de rolo por um meio de trabalho mecânico tal como uma formação de
15 ondulação e formação de grade.

Esses métodos de trabalho de superfície podem ser adequadamente combinados para produzir a rugosidade de superfície de pelo menos uma porção da zona de fundo de ranhura incluindo o centro na direção axial de rolo maior do que a rugosidade de superfície das zonas de flange em ambos os lados contíguos a esta zona de fundo de
20 ranhura. A superfície de ranhura do rolo pode inicialmente ser trabalhada pela usinagem com um torno mecânico para obter uma superfície de espelho e então os vários tipos acima descritos de trabalho de superfície são empregados em combinação para formar irregularidades de minuto na superfície da ranhura de modo que a forma das irregularidades varie ao longo da direção axial de rolo. Como visto microscopicamente,
25 essas irregularidades aumentam a força friccional ao segurar um tubo, resultando na formação de uma distribuição de fricção de maneira que a força friccional com relação a um tubo varie na direção axial de rolo. Um rolo raiado tendo uma distribuição de fricção na direção axial de rolo a qual gradualmente varia na superfície de ranhura como mostrado na figura 4 ou na figura 5 pode ser formado pela usinagem e ou trabalho de
30 superfície.

Um rolo raiado para um redutor de acordo com esta modalidade possui uma distribuição de fricção de modo que a força friccional com relação ao tubo não é constante na direção axial de rolo. Ao invés disso, a força friccional com relação ao tubo na zona de fundo de ranhura incluindo o centro na direção axial de rolo é maior do que a força friccional com relação ao tubo nas zonas de flange contíguas à zona de fundo de ranhura. Como resultado, o fluxo de metal particularmente na direção dos flanges pode ser suprimido, de modo que uma distribuição adequada na direção circunferencial do aumento da espessura de parede seja alcançado e a ocorrência de poligonização seja suprimida.

É claramente desejado suprimir o fluxo de metal na direção circunferencial em torno da circunferência inteira de um tubo. Entretanto, se a força friccional for excessivamente diminuída, um material a ser laminado não poderá mais ser agarrado por um rolo. Portanto, a zona de fundo de ranhura preferivelmente exerce uma força de fricção adequada. A partir desse ponto, o coeficiente de fricção com relação a um material sendo laminado da superfície de rolo no centro da zona de fundo de ranhura possui preferivelmente um valor médio de pelo menos 0,2. Um redutor de acordo com esta modalidade compreende o rolo raiado acima descrito e um meio de produção de distribuição de fricção para produção da distribuição de fricção acima descrita. O meio de produção de distribuição de fricção pode ser um dispositivo de trabalho de superfície que pode realizar trabalho de modo que a zona de fundo de ranhura inclua o centro na direção axial de rolo de uma ranhura e as zonas de flange contíguas à ambos os lados da zona de fundo de ranhura possuam diferentes níveis de rugosidade de superfície.

Este dispositivo de trabalho de superfície é preferivelmente uma máquina de esmerilhamento de rolo em linha ou dispositivo de trabalho de superfície que pode realizar esmerilhamento de um rolo raiado enquanto o rolo permanece montado em um redutor. A condição de superfície da ranhura de um rolo raiado de um redutor varia à medida que o rolo raiado é usado. À medida que a superfície se gasta com o tempo, as irregularidades da superfície (a rugosidade de superfícies) gradualmente diminui. Portanto, nesta modalidade, à medida que a altura ou profundidade das irregularidades na superfície de rolo de uma ranhura diminui para um valor pré-determinado ou menor ou à medida que o efeito de suprimir variações de espessura diminui de forma significativa é empiricamente

determinado baseado na relação entre o número de vezes que o rolo passa e a mudança na condição de superfície de rolo. Baseado no seu valor empírico, o tempo de esmerilhamento é determinado e baseado nesse tempo, o trabalho de superfície é realizado na ranhura de um rolo raiado em um estado on-line usando a máquina de esmerilhamento on-line ou dispositivo de trabalho de superfície de modo que a rugosidade de superfície e de acordo com a porção friccional exercida pela zona de fundo de superfície se torna maior do que aquela exercida pelas zonas de flange. É geralmente suficiente a realização desse trabalho de superfície apenas na zona de fundo de ranhura, mas se necessário, pode ser realizado nas zonas de flange.

10 As figuras 7 e 8 são vistas explanatórias mostrando de forma esquemática máquinas de esmerilhamento de rolo em linha 10 e 11, respectivamente, as quais podem ser usadas nesta modalidade. Estas máquinas de esmerilhamento de rolo em linha 10 e 11 podem ambas ser ilustrativas e isto é possível usar uns de uma estrutura diferente que pode realizar esmerilhamento da superfície de rolo ao longo da ranhura de um rolo raiado 12 em um estado on-line. Ambos os exemplos realizam esmerilhamento quando um tubo não passa ali. Durante um processo de fabricação normal para um tubo sem costura, o tempo para o qual a laminação é realizada em cada suporte de um redutor é em torno de 5 segundos, enquanto o passo de laminação é de 10 segundos a várias dezenas de segundos. Portanto, existem pelo menos 5 segundos de espera para o suporte. A superfície de rolo de 20 um rolo raiado pode ser sujeita ao esmerilhamento durante a espera.

A máquina de esmerilhamento de rolo em linha 10 mostrada na figura 7 usa um atuador 14 para ajustar a quantidade de esmerilhamento de usando uma pedra de afiar 13 tendo a mesma forma como usado para o esmerilhamento de rolo. A quantidade de movimento para frente do atuador 14 é controlado baseado na quantidade de movimento para frente saído de um computador 15 para iniciar um esmerilhamento de rolo, e o 25 esmerilhamento de rolo é finalizado pela retração da pedra de afiar 13 usando um atuador 14.

Como ilustrado nesse exemplo, em um sistema preferido, o atuador 14 e o computador 15 são conectados por uma rede, e o movimento, o tempo operacional, e 30 outros do atuador 14 são controlados pelo computador 15.

A máquina de esmerilhamento em linha 11 mostrada na figura 8 compreende uma máquina de esmerilhamento em linha 16 que é tipicamente usada em laminação de placa, e um atuador 17 para movimentar a máquina de esmerilhamento 16 na direção da ranhura de rolo. A posição de esmerilhamento pode se controlada biaxialmente (em duas direções axiais). O esmerilhamento é iniciado pelo avanço da pedra de afiar usando um atuador 17 e o esmerilhamento é terminado pela retração da pedra de afiar usando o atuador 17.

Em ambos os casos, o atuador é preferivelmente conectado a um computador por uma rede, e o movimento e o tempo de operação do atuador são controlados pelo computador. Em ambos os casos, a máquina de esmerilhamento que é usada é a que pode esmerilhar pelo menos uma parte da zona de fundo de ranhura de um rolo raído e que pode proporcionar uma rugosidade de superfície desejada com a pedra de afiar montada na máquina de esmerilhamento. Tal máquina de esmerilhamento em linha é preferivelmente provida em todos os suportes, mas é possível para uma das máquinas de esmerilhamento em linha ser compartilhada por todos os suportes ou por uma pluralidade de suportes. É também possível usar dois ou mais tipo de pedras de afiar de modo a proporcionar superfícies diferentes para a zona de fundo de ranhura e as zonas de flange de modo que a rugosidade de superfície da zona de fundo de ranhura é maior.

Nessa modalidade, quando não é ainda possível impedir a poligonização por um método de proporcionar distribuição de fricção para a superfície de rolo de acordo com essa invenção, o efeito da supressão de poligonização é preferivelmente suplementado pela variação adequada dos parâmetros operacionais tais como o esticamento do laminador de laminação global, a velocidade de rotação dos rolos, ou outra variáveis de acordo com as técnicas de design operacional. Quando aplicando lubrificante aos rolos raiados de qualquer dos suportes, o lubrificante pode ser uniformemente aplicado à superfície dos rolos raiados. Alternativamente, como explicado abaixo, para uma segunda modalidade, é possível variar a quantidade de tipo de lubrificante.

Segunda modalidade

Um rolo raído para um redutor de acordo com essa modalidade é diferente da primeira modalidade acima descrita em que a rugosidade de superfície da ranhura de

um rolo raiado pode ser a mesma na zona de fundo de ranhura incluindo o centro na direção axial de rolo e nas zonas de flange contíguas a ambos os lados da zona de fundo de ranhura. A saber, a superfície de ranhura pode ter uma rugosidade de superfície global uniforme. Ao invés disso, a quantidade de lubrificante aplicado na superfície de rolo em uma porção da zona de fundo de ranhura inclui pelo menos o centro da ranhura na direção axial de rolo é feita menor do que a quantidade aplicada à superfície de rolo nas zonas de flange. Como resultado, a superfície de ranhura possui uma distribuição de fricção na direção axial de rolo de modo que a força friccional na zona de fundo d ranhura é maior do que a força friccional nas zonas de flange.

Tal distribuição friccional pode ser obtida não apenas pela variação da quantidade de lubrificante mas também pela variação do tipo de lubrificante, a saber, pela aplicação de um lubrificante tendo uma lubricidade maior (tendo um efeito de redução de fricção maior) nas zonas de flange e aplicando um lubrificante tendo uma lubricidade menor ou aplicando um agente de aumento de fricção (agente antiderrapante) na zona de fundo de ranhura. A saber, a aplicação pode ser realizada usando pelo menos um tipo de modificador de lubricidade selecionado de lubrificantes e agentes de aumento de fricção. É também possível variar tanto o tipo como a quantidade de modificador de lubricidade.

Em um redutor de acordo com essa modalidade, o aplicador modificador de lubricidade pode realizar a aplicação de um modificador de lubricidade de modo que a quantidade aplicada e/ou o tipo de um modificador de lubricidade em uma porção em uma direção axial de rolo da zona de fundo de ranhura incluindo pelo menos o centro da ranhura é diferente da quantidade aplicada e/ou o tipo de um modificador de lubricidade nas zonas de flange ser provido como um meio de produção de distribuição de fricção. Esse aplicador modificador de lubricidade pode ser de qualquer tipo que pode aplicar um modificador de lubricidade à superfície de uma ranhura, tal como um que realiza a aplicação por spray, enquanto proporciona variações de acordo com a posição na direção axial de rolo de um rolo raiado.

Por exemplo, o aplicador modificador de lubricidade pode ser equipado com uma unidade de difusão de modificador de lubricidade que difunde um modificador de lubricidade e uma unidade de remoção de água gelada que insufla água gelada que está

presente na superfície de rolo a fim de garantir que o modificador de lubricidade adira à superfície de rolo. Uma unidade de difusão de modificador de lubricidade pode difundir modificador de lubricidade em uma quantidade que varia de acordo com a posição na direção axial de rolo de uma ranhura ou que difunde um modificador de lubricidade apenas na porção de uma ranhura (a saber, pelo menos em uma porção de uma zona de fundo de ranhura incluindo o centro na direção axial de rolo).

A figura 9 é uma vista explanatória mostrando esquematicamente a estrutura de dois exemplos (tipo 1 e tipo 2) dessa unidade de difusão de modificador de lubricidade. No tipo 1, um conjunto único de bocais lubrificantes é provido para difundir um modificador de lubricidade nas zonas de flange da ranhura de um rolo raiado. A quantidade de modificador de lubricidade que é aplicada é controlada por uma válvula regulativa. O tipo 2 possui dois conjuntos de bocais de lubrificação com válvulas de regulação independentes. A saber, existe um conjunto de bocais de lubrificação *a* que difundem um modificador de lubricidade primariamente nas zonas de flange, e outro conjunto de bocais de lubrificação *b* que difundem um modificador de lubricidade na zona de fundo de ranhura. O tipo e/ou a quantidade aplicada de modificador de lubricidade podem ser independentemente controlados para os dois conjuntos de bocais. Na verdade, ao se proporcionar três ou mais válvulas de regulação, é possível controlar de forma mais apurada a quantidade de modificador de lubricidade na superfície de rolo, a qual é desejável.

O grau de abertura das válvulas de regulação para controle da quantidade de modificador de lubricidade pode ser controlada manualmente, mas as válvulas são preferivelmente conectadas a e controladas por computador. Quando existe uma pluralidade de conjuntos de bocais lubrificadores, o tipo de modificador de lubricidade é preferivelmente variado para cada conjunto e a aplicação do modificador de lubricidade é preferivelmente realizada de modo que o modificador de lubricidade tenha o efeito maior de diminuição do coeficiente de fricção é aplicado aos flanges.

O modificador de lubricidade que é aplicado pode ser um lubrificante para laminação o qual é usado na redução de um tubo ou um agente anti deslizante (i.e. agente de aumento de fricção). A quantidade de modificador de lubricidade que é aplicada na

superfície de ranhura pode ser variada na direção axial de rolo. Por exemplo, um modificador de lubricidade não pode ser aplicado na porção central na direção axial de rolo (correspondendo a pelo menos uma porção da zona de fundo de ranhura) ou a quantidade aplicada para aquela porção pode ser menor do que para as zonas de flange (tal como 1/3 do mesmo).

O modificador de lubricidade é preferivelmente uma combinação de um agente anti-deslizante que aumenta o coeficiente de fricção e um óleo lubrificante normalmente usado para lubrificação de rolo, mas é possível usar óleo lubrificante sozinho.

O agente anti-deslizante que pode ser usado pode ser, por exemplo, um pulverizador de silicone ou algum outro baseado em graxa. O óleo lubrificante pode ser um tipo de éster sintético. A taxa de mistura e o tipo desses agentes anti deslizante convencionais e óleos lubrificantes podem ser adequadamente variados entre a zona de fundo de ranhura e as zonas de flange.

Quando realizando a redução de uma pluralidade de tipos de tubo tendo espessuras de parede diferentes ou similares sob condições diferentes tanto na primeira ou na segunda modalidade acima explanadas, a variação no aumento na espessura de parede como aquela ilustrada na figura 2 ocorrendo sob essas condições de laminação é previamente investigada e a distribuição de fricção na direção axial de rolo da superfície de ranhura de um rolo raiado que é efetivo para minimização da variação no aumento de espessura de parede é determinada. Pelo ajuste da distribuição da rugosidade de superfície na direção axial de rolo da superfície de ranhura ou aplicação de um modificador de lubricidade de modo que sua distribuição de fricção seja obtida, a variação no aumento de espessura de parede na direção circunferencial que é uma causa direta da ocorrência de poligonização, pode ser suprimida, e a ocorrência de poligonização pode ser essencialmente eliminada.

Exemplos

Três tipos de tubo possuindo um diâmetro de 60 mm, um comprimento de 400 mm e uma espessura de parede de 12 mm, 8mm, ou 3 mm foram sujeitos à laminação à frio (estiramento) usando uma laminação modelo para redução tendo quatro padrões.

O caso 1 foi um exemplo comparativo usando um rolo raiado que foi uniformemente sujeito a uma insuflação de disparo sobre a totalidade da superfície de ranhura. O caso 2 foi um exemplo da presente invenção usando um rolo raiado que, como ilustrado na figura 6, foi dividido em três regiões iguais ao longo da circunferência da superfície de ranhura, com a zona de fundo de ranhura na terceira central sendo sujeita à insuflação de disparo sob as mesmas condições como descrito acima, e com a superfície de ranhura tendo uma distribuição de fricção de modo que a força friccional com relação ao tubo da zona de fundo de ranhura inclui uma porção central na direção axial de rolo for maior do que a força friccional com relação a um tubo das zonas de flange em ambos os lados do mesmo. A velocidade rotacional do rotor foi ajustada como mostrada na tabela 1 com o objetivo de evitar a tensão entre os padrões.

Tabela 1

Padrão	RPM
Padrão # 1	579
Padrão # 2	570
Padrão # 3	562
Padrão # 4	556

A figura 10 é um gráfico que compara a quantidade de componentes de variação de espessura (componente de primeira ordem, segunda ordem, quarta ordem, e sexta ordem) para cada rolo em um exemplo da presente invenção e um exemplo comparativo. Esses componentes de variação de espessura foram obtidos pela análise da frequência usando uma análise de Fourier da distribuição circunferencial da espessura de parede. Um componente da variação de espessura de parede que varia uma vez na circunferência é um primeiro componente de ordem, um componente que varia duas vezes é um componente de segunda ordem e um componente que varia n vezes é um componente de enésima ordem.

Como mostrado na figura 10, proporcionar a distribuição de fricção acima descrita da superfície de ranhura não possui efeito no segundo componente de ordem ou do quarto componente de ordem da distribuição de fricção de rolo, mas ele diminui ao sexto componente de ordem. Como resultado, o grau de variação de espessura pode ser

suprimido. O primeiro componente de ordem é conjecturado para ser originado pela variação do tempo do estiramento.

Figuras 11, 12 e 13 são gráficos mostrando mudanças no raio externo, o raio interno e a poligonização da espessura de parede do tubo em cada suporte em um exemplo da presente invenção e um exemplo comparativo quando a espessura de parede de um tubo mãe a ser laminado era 12 mm, 8 mm e 3 mm, respectivamente. Nos gráficos das figuras 11 – 13, a fim de permitir uma comparação com positivo e negativo, apenas o componente que leva extremos na direção vertical (especificamente o sexto componente de ordem) foi extraído e a direção na qual o valor se torna mais espesso ou maior foi feito positivo.

Como mostrado nos gráficos das figuras 11-13, mesmo quando a espessura de parede foi variada dentre 12 mm, 8mm, e 3mm o exemplo da presente invenção tendo uma distribuição de fricção foi superior (com menos desvio de espessura) para toda da espessura de parede com relação a quantidade de aumento de poligonização hexagonal para o exemplo comparativo, o qual não possui uma distribuição de fricção.

REIVINDICAÇÕES

1. Rolo raiado (12) para um redutor com uma ranhura tendo uma zona de fundo de ranhura incluindo o centro da ranhura na direção axial de rolo e zonas de flange contíguas em ambos os lados da zona de fundo de ranhura, a superfície da ranhura possuindo uma distribuição de fricção na direção axial de rolo de modo que a força friccional com relação ao material sendo laminado na zona de fundo de ranhura é maior do que a força friccional com relação a um material sendo laminado nas zonas de flange **CARACTERIZADO** pelo fato de que a zona de fundo da ranhura possui uma maior rugosidade de superfície do que as zonas de flange.

2. Redutor possuindo um rolo raiado (12) com uma ranhura tendo uma zona de fundo de ranhura incluindo o centro da ranhura na direção axial de rolo e zonas de flange contíguas em ambos os lados da zona de fundo de ranhura, a superfície da ranhura possuindo uma distribuição de fricção na direção axial de rolo de modo que a força friccional com relação ao material sendo laminado na zona de fundo de ranhura é maior do que a força friccional com relação a um material sendo laminado nas zonas de flange e um meio de produção de distribuição de fricção para produzir uma distribuição de fricção na direção axial do rolo da superfície da ranhura, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o meio de produção de distribuição de fricção é um dispositivo de trabalho de superfície que pode trabalhar a região da superfície periférica de pelo menos uma porção na direção axial da superfície de ranhura de forma que a rugosidade da superfície da zona de fundo de ranhura da ranhura seja diferente da rugosidade da superfície das zonas de flange das mesmas.

3. Redutor de acordo com a reivindicação 2 **CARACTERIZADO** pelo fato de que o meio de produção de distribuição de fricção é uma esmerilhadeira de rolo em linha (10, 11, 13) que pode executar o esmerilhamento de um rolo (12) de um redutor enquanto o rolo (12) é montado no redutor.

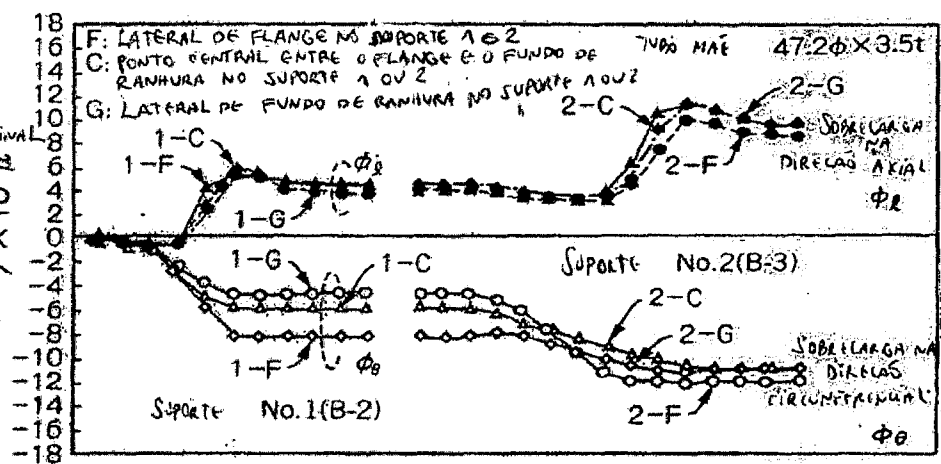
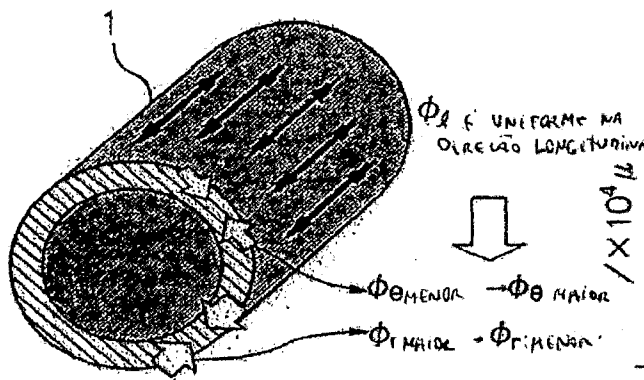


Fig. 1

Fig. 4

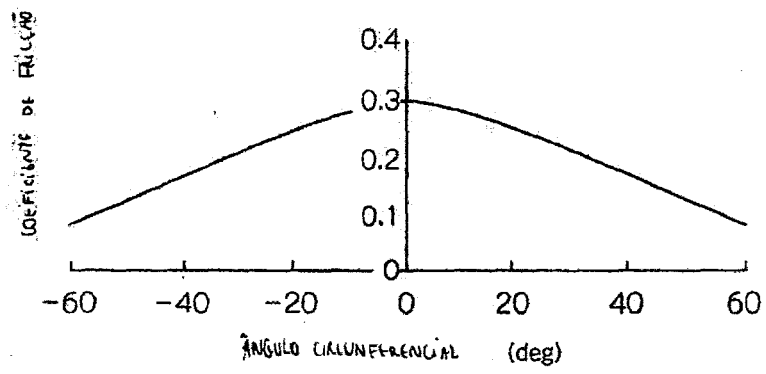


Fig. 5

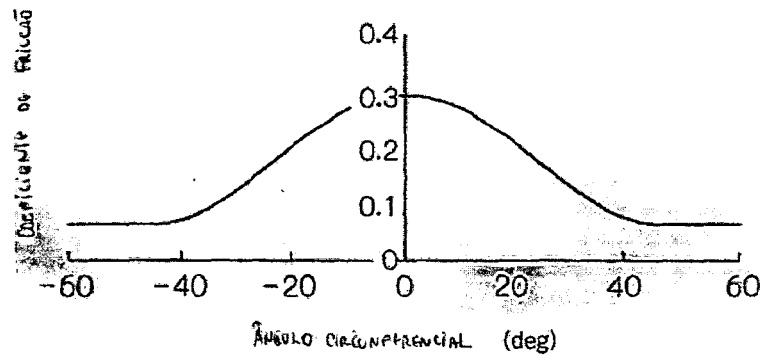


Fig. 6

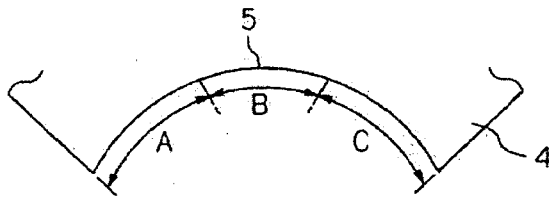


Fig. 7

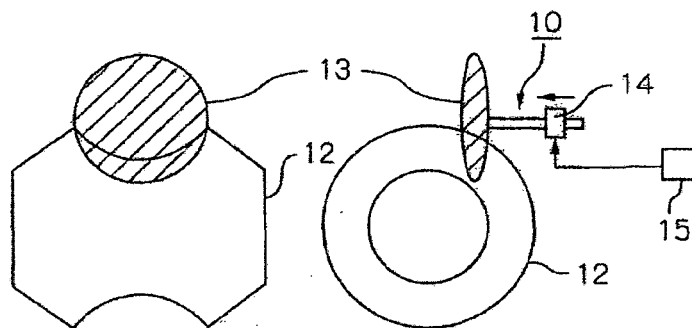


Fig. 8

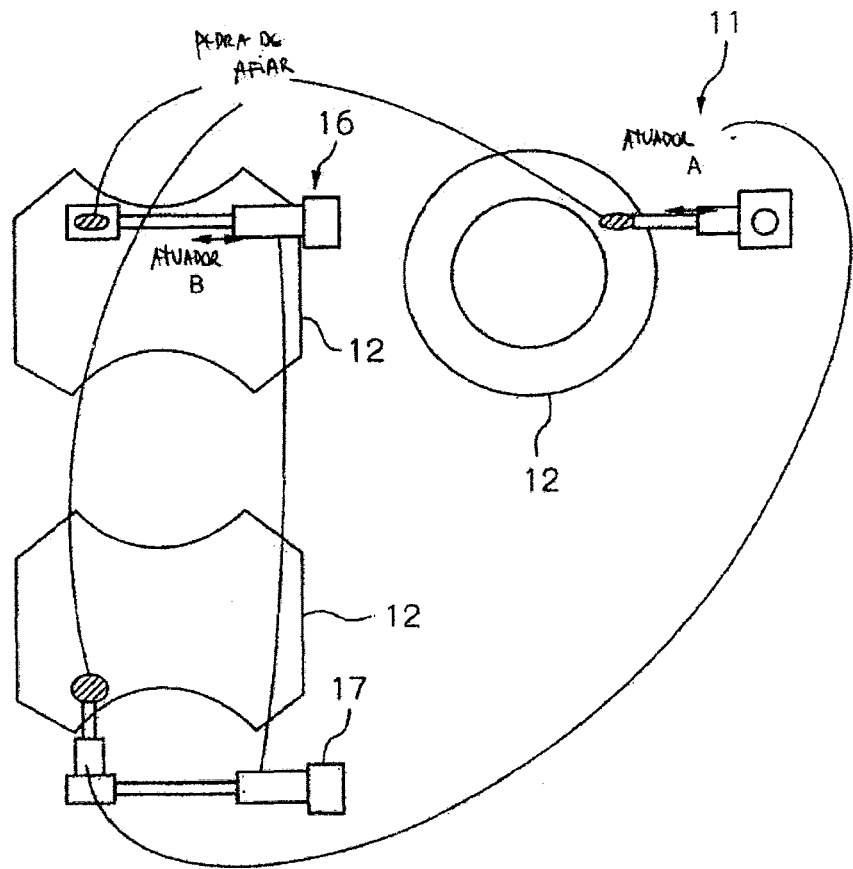


Fig. 9

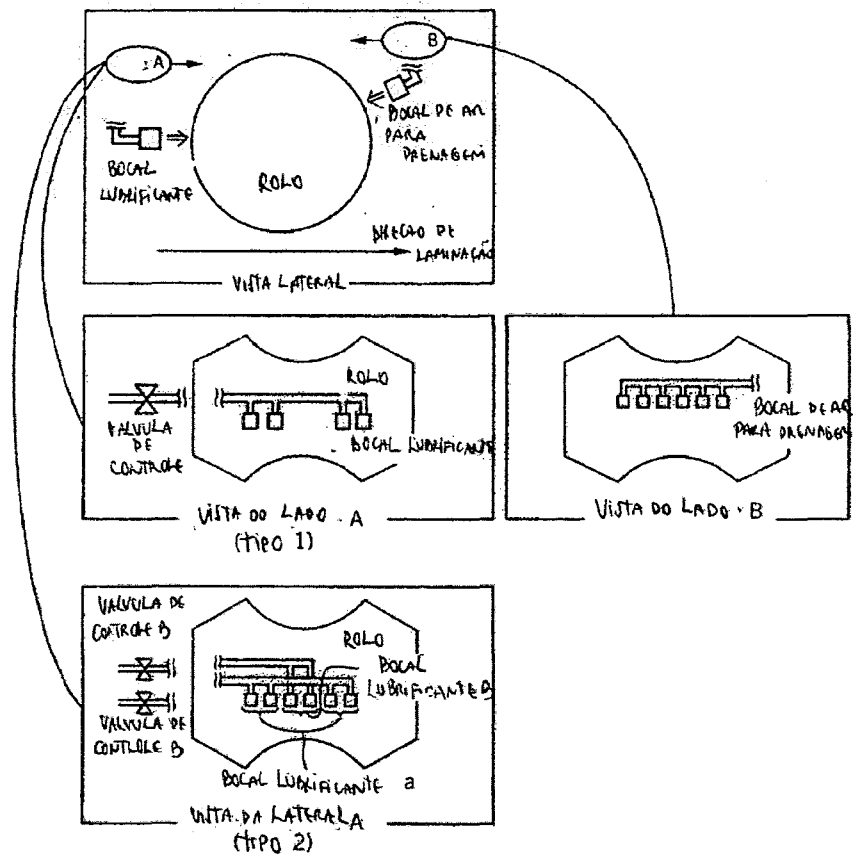


Fig. 10

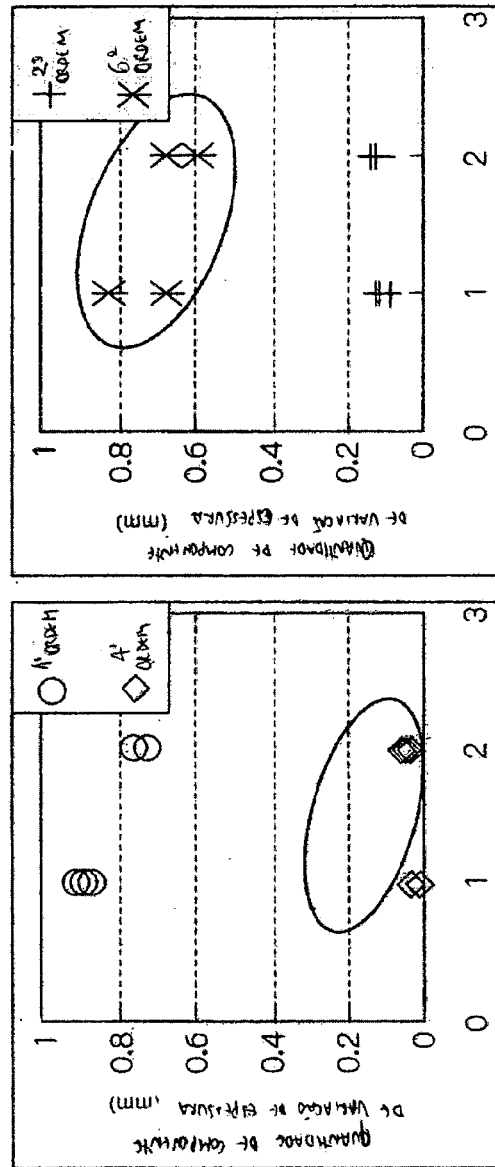
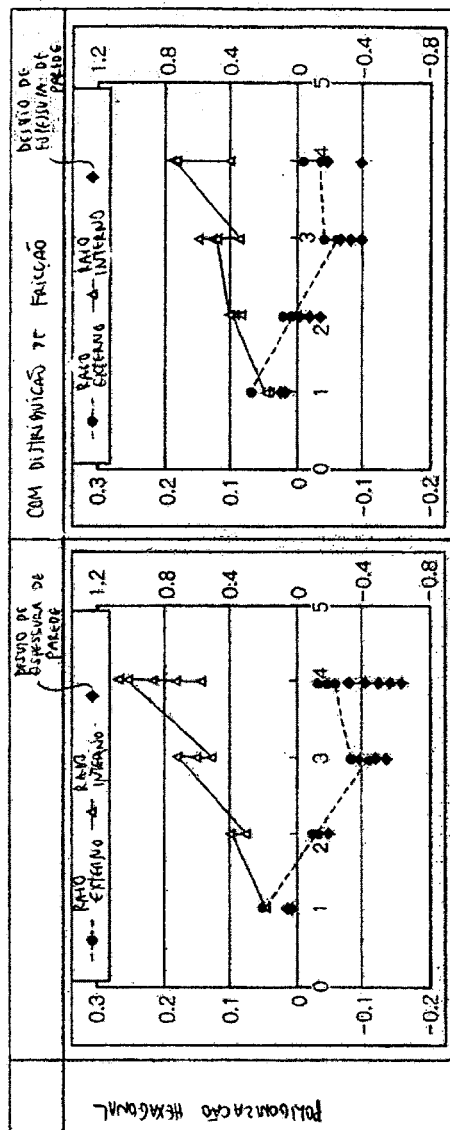


Fig. 11

EFEITO DE PRESSÃO DE DISTINÇÃO DE FALCÃO NAS AULAS (I_{M} , ABSCISSA: SUPORTE # ORDENADO DA ESQUERDA -
VARIACÃO DE DIÂMETROS RADIAIS) ORDENADO DA DIANTA (QUANTIDADE DE DEVOVO DE EFECTIVA DE PARADE)



EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DE FRICÇÃO NOS ROLOS (T_g, ABSCISSA, SUPORTE # ORDENADO DA ESQUERDA:
 VARIAÇÃO DAS DIMENSÕES RADIAIS; ORDENADO DA DIREITA: QUANTIDADE DO DEJVO DE ESPESURA DE PAREDE)

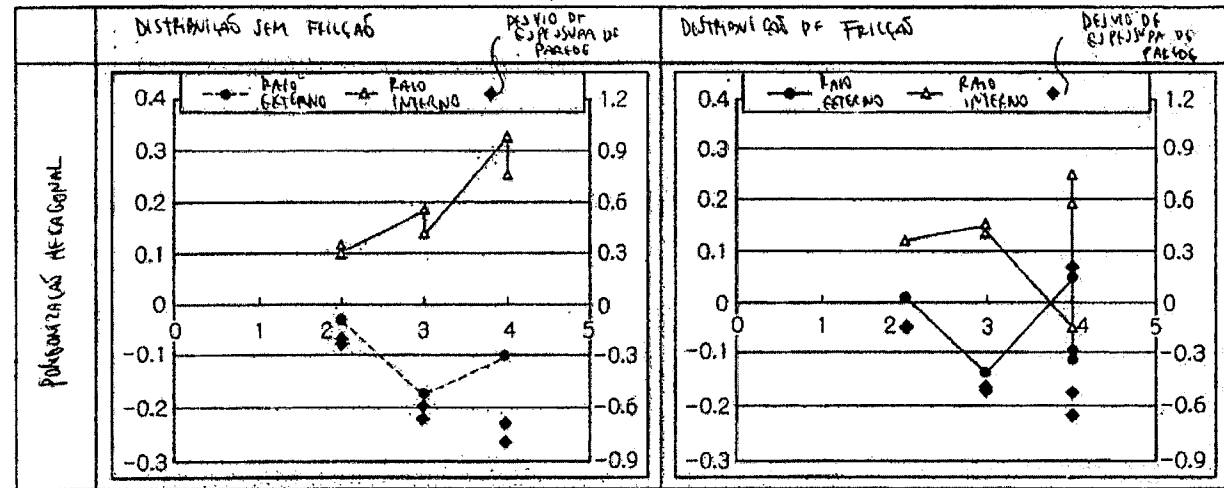


Fig. 12

EFEITO DE PRODUTOS DE DISTRIBUIÇÕES DE FRIÇÃO NOS ALOS (τ_8 , ABSCISSA: SUPORTE #) ORDENADO DA ESQUERDA, VARIACÃO DAS DIMENSÕES RADIAIS; ORDENADO DA DIREITA: QUANTIDADE DE DEVIJO DE ESPESURA DE PAREDES)

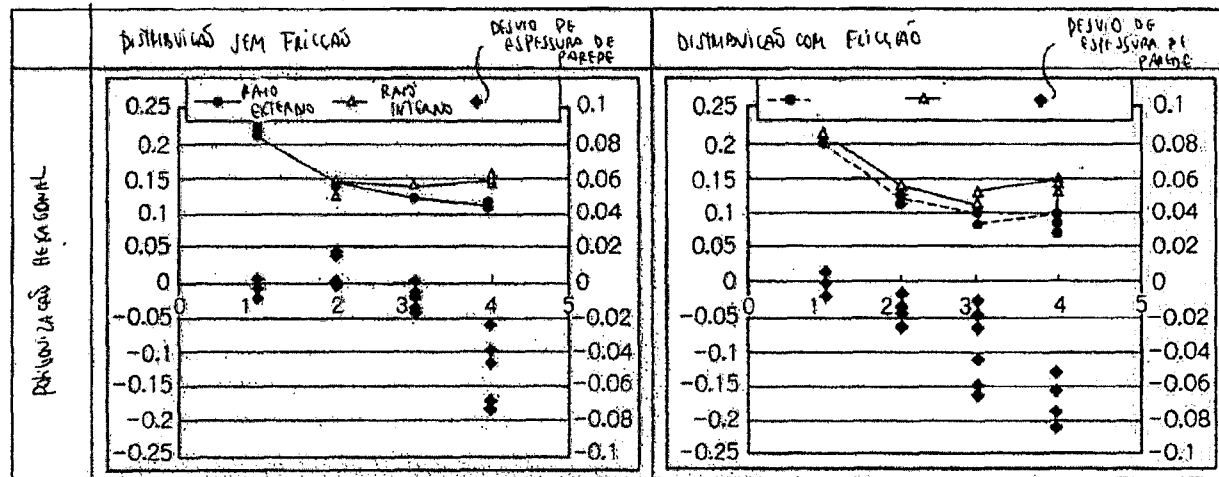


Fig. 13