



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

**(11) PI 0811283-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 09/05/2008**

**(45) Data de Concessão: 16/07/2019**

**(54) Título:** DISPOSITIVO PARA CONFORMAÇÃO A PRENSA DE UMA FOLHA FINA E MÉTODO DE CONFORMAÇÃO A PRENSA

**(51) Int.Cl.:** B21D 37/00; B21D 24/00; B30B 15/28.

**(30) Prioridade Unionista:** 09/05/2007 JP 2007-124807.

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

**(72) Inventor(es):** TAKUYA KUWAYAMA; NORIYUKI SUZUKI.

**(86) Pedido PCT:** PCT JP2008058982 de 09/05/2008

**(87) Publicação PCT:** WO 2008/140122 de 20/11/2008

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 06/11/2009

**(57) Resumo:** "DISPOSITIVO PARA CONFORMAÇÃO A PRENSA DE UMA FOLHA FINA E MÉTODO DE CONFORMAÇÃO A PRENSA". A presente invenção refere-se a um dispositivo de conformação a prensa inclui uma função e uma matriz, como um molde a ser medido, e um dispositivo de medição de deformação disposto dentro do molde e medindo uma quantidade de deformação gerada pela conformação a prensa. O dispositivo de medição de deformação é posicionado no lado de direção de pressão com relação a uma extremidade de raio de um ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material quando o molde é posicionado em um ponto morto inferior de conformação a prensa. O dispositivo de medição de deformação é preferivelmente posicionado dentro de uma região definida por uma superfície que está distante do centro de curvatura de uma superfície curva do molde pela distância que é dez vezes R, onde R é um raio de curvatura da superfície curva.

**Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "DISPOSITIVO  
PARA CONFORMAÇÃO A PRENSA DE UMA FOLHA FINA E MÉTODO  
DE CONFORMAÇÃO A PRENSA".**

**Campo Técnico**

5           A presente invenção refere-se a um dispositivo e um método para a conformação a prensa de uma folha fina. Mais especificamente, a invenção refere-se a um dispositivo e a um método para a conformação a prensa de uma folha fina capaz de medir uma tensão ou deformação (doravante, referida como "uma deformação") gerada em uma superfície curva de  
10          um molde de prensar e julgar o defeito de um produto pela conformação a prensa ou o molde (tal como trinca ou queima) com base na quantidade de deformação medida.

**Técnica Antecedente**

15          Na conformação a prensa, quando uma folha fina é moldada por prensa pela utilização de um molde de prensar possuindo uma estrutura de projeção curva formada no molde de prensar, tal como um reborbo ou uma projeção possuindo uma curvatura pequena, um defeito na conformação a prensa, tal como uma trinca, estrição (isto é, uma constrição gerada pela concentração de deformação plástica em uma determinada seção transversal da folha fina) ou uma ruga, pode se tornar um problema. Geralmente, tal trinca, estrição ou ruga é muito pequeno, e, portanto, é muito difícil se encontrar em um processo de fabricação.

20          Visto que uma força de prensagem de uma máquina de prensar ou uma força de reação devido à resistência à deformação de uma peça de trabalho a ser prensada é aplicada ao molde no momento da conformação a prensa, o molde pode ser elasticamente deformado. Essa deformação elástica é conhecida como "deformação de molde". A trinca, estrição ou ruga, gerado quando a folha fina é moldada por prensa pela utilização do molde de prensar possuindo a estrutura projetada curvada como descrito acima, é  
25          muito influenciado pela ocorrência de deformação de molde.

30          Como um dispositivo para medir a deformação de molde, a Publicação de Patente Japonesa não-examinada (Kokai) Nº 5-337554 descreve

um dispositivo para a correção de uma deformação da prensa viradeira mecânica possuindo uma viga superior com uma função e uma viga inferior com uma matriz, a função e a matriz sendo configuradas para mover uma com relação a outra de forma a dobrar uma peça de trabalho entre a função e a matriz. Esse dispositivo inclui: um sensor de deformação da viga superior para detectar uma deformação da viga superior; uma pluralidade de sensores de deformação da viga inferior para detectar uma deformação da viga inferior, os sensores sendo dispostos ao longo da direção longitudinal da viga inferior; uma pluralidade de atuadores para aplicação de uma força de prensagem a um molde superior ou um molde inferior, os atuadores sendo dispostos ao longo de uma linha de usinagem entre a viga inferior e o molde inferior ou entre a viga superior e o molde superior; e um dispositivo de controle configurado para parar a viga superior em um determinado ponto enquanto a pressurização é realizada, obter uma saída de detecção pelo sensor de deformação da viga superior e os sensores de deformação da viga inferior quando a viga superior é parada, calcular as quantidades de deformação das vigas superior e inferior com base na saída de detecção, controlar os atuadores com base no cálculo de forma que as quantidades de deformação se tornem valores adequados, e reinicializar a pressurização. Esse dispositivo deve produzir um produto possuindo um ângulo de dobramento uniforme ao longo de todo o comprimento do produto.

Por outro lado, a Publicação de Patente Japonesa não-examinada (Kokai) Nº 2004-249365 descreve um dispositivo de conformação a prensa possuindo uma função; uma matriz; uma matriz de retenção de molde; um dispositivo de medição de fricção disposto entre a matriz e a matriz de retenção de molde; e um dispositivo de ajuste de força de retenção de molde. Esse dispositivo deve gerar uma força de fricção adequada independentemente de fatores variáveis, tal como capacidade de lubrificação entre o molde e a peça de trabalho ou as características de superfície da peça de trabalho, e então fornece um bom produto mesmo quando as características de material da peça de trabalho e/ou as condições de ambiente variam.

Adicionalmente, alguns dos requerentes desse pedido descreve-

ram um dispositivo de conformação a prensa possuindo um elemento piezoelectrónico (ou um sensor de fricção de molde) posicionado perto de um ombro de uma matriz, para medir uma deformação de compressão ou exdeformação nas direções ortogonais, no 57 th. Journal of Conference on Technology of Plasticity, (2006), pp. 165-166. Por meio da informação sobre o sensor de fricção de molde, um retorno de mola e/ou uma torção referente ao formato de um produto pode ser previsto.

Apesar de a Publicação Japonesa de Patente não-examinada (Kokai) Nº 5-337554 descrever uma invenção com referência a um dispositivo possuindo uma função de medição da deformação do molde, é descrito que os sensores de deformação da viga são dispostos meramente ao longo da direção longitudinal da viga para o prensa viradeira mecânica. Em um processo de conformação a prensa utilizando um molde possuindo um formato complicado com relação a viga para o prensa viradeira mecânica, a fim de medir a deformação do molde do molde com um alto grau de precisão, é necessário se medir diretamente a deformação do molde pela utilização de um dispositivo de medição dentro do molde tal como a função, a matriz ou a matriz de retenção de molde. A esse respeito, a invenção como descrita na Publicação Japonesa de Patente não-examinada (Kokai) Nº 5-337554 é insuficiente.

Adicionalmente, na invenção da Publicação Japonesa de Patente não-examinada (Kokai) Nº 5-337554, o processo de formação é interrompido antes de a formação ser acabada e as quantidades de deformação das vigas superior e inferior são detectadas enquanto o processo de formação é interrompido, e depois disso, os atuadores são controlados de modo que as quantidades de deformação se tornem valores adequados e então a formação é reiniciada. No entanto, na conformação a prensa, diferentemente do processo de dobra da prensa viradeira mecânica, se a conformação a prensa for interrompida durante o processo, a fricção entre uma peça de trabalho e uma ferramenta se torna significativamente diferente a partir da fricção gerada durante a conformação a prensa. Portanto, se a invenção da Publicação de Patente Japonesa não-examinada (Kokai) Nº 5-337554 for aplicada à

conformação a prensa, a deformação de molde será diferente da que ocorre durante a conformação a prensa, onde uma precisão suficiente de medição não pode ser obtida.

Por outro lado, a Publicação de Patente japonesa não-examinada 5 (Kokai) Nº 2004-249365 descreve uma configuração possuindo um elemento de medição de deformação intercalado entre uma folha e uma matriz de retenção de molde fixado por um parafuso ou similar, para medir diretamente a fricção. Quando uma peça de trabalho, intercalada entre a folha e uma matriz é movida de forma deslizante, a deformação de cisalhamento é gerada 10 no elemento de medição de deformação e a fricção pode então ser medida. Essa configuração pode ser similar à presente aplicação de utilização do elemento de medição de deformação. No entanto, o elemento de medição da Publicação Japonesa de Patente não-examinada (Kokai) Nº 2004-249365 é 15 utilizado para medir a fricção pela disposição de um tipo de estrutura na matriz de retenção de molde ou na matriz, portanto, o elemento de medição não pode medir diretamente a deformação de molde da matriz de retenção de molde ou matriz.

A fim de a deformação de molde com um alto grau de precisão, é 20 necessário se medir diretamente a deformação de molde da função, da matriz e/ou da matriz de retenção de molde. A esse respeito, a invenção descrita na Publicação Japonesa de Patente não-examinada (Kokai) Nº 2004-249365 é 25 insuficiente. Por outro lado, a invenção descrita no 57th. Journal of Conference on Technology of Plasticity, (2006), pp. 165-166, inclui um sensor de fricção posicionado perto do ombro da matriz. No entanto, visto que o molde real possui um formato complicado, um ombro de alguns moldes não pode ser identificado claramente. Portanto, no molde real, é difícil se determinar onde o sensor de deformação deve ser posicionado, e a determinação precisa de tentativa e erro.

#### Descrição da Invenção

30 É um objetivo da presente invenção se fornecer um dispositivo e método de conformação a prensa com um alto grau de precisão e uma ampla aplicação, capaz de medir a deformação gerada na superfície curva do

molde de prensar, e julgar o defeito de um produto pela conformação a prensa ou o molde com base na quantidade medida de deformação ou quantidade de deformação.

De acordo com a presente invenção, é fornecido um dispositivo de conformação a prensa compreendendo: uma função; pelo menos uma matriz, como um molde a ser medido, capaz de mover com relação a função, o molde sendo capaz de formar um produto possuindo pelo menos uma superfície curva; e um dispositivo de medição de deformação, disposto no molde, para medir uma quantidade de deformação do molde gerada por formação de pressão, em que o dispositivo de medição de deformação é posicionado no lado de direção de pressão com relação a uma extremidade de raio de um ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material quando o molde é posicionado em um ponto morto inferior de conformação a prensa.

Preferivelmente, os dispositivos de medição de deformação são posicionados dentro de uma região definida por uma superfície que está distante do centro de curvatura de uma superfície curva do molde pela distância de dez vezes  $R$ , onde  $R$  é um raio de curvatura da superfície curva.

Mais preferivelmente, o dispositivo de medição de deformação é posicionado em uma região perto do centro de curvatura com relação às superfícies, cada uma formando uma interseção com cada parte de extremidade da superfície curva do molde e inclinada, para longe da superfície curva, por 45 graus com relação a uma linha normal em cada parte de extremidade.

Mais preferivelmente, em que o dispositivo de medição de deformação é posicionado longe de uma superfície do molde por uma distância igual a ou superior a 5 milímetros.

O dispositivo de conformação a prensa pode compreender adicionalmente uma matriz de retenção de molde para aplicar uma força de retenção de molde a uma peça de trabalho a ser processada.

Um exemplo concreto do dispositivo de medição de deformação é um sensor de elemento piezoelétrico. A quantidade de deformação medida na invenção é causada pela deformação elástica e uma teoria de elasticidade linear pode ser aplicada. Em outras palavras, pela utilização de uma lei

constitutiva referente a um corpo elástico isotrópico (ou lei de Hooke), a deformação e a tensão pode ser convertida de um para outro. Adicionalmente, a quantidade de deformação pode ser calculada pela conversão do deslocamento medido por um tipo de medidor.

5 A presente invenção também fornece um método de conformação a prensa que utiliza o dispositivo de conformação a prensa de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, o método compreendendo: julgar se o produto formado pelo dispositivo está defeituoso quando uma quantidade de deformação medida pelo dispositivo de medição de deformação está acima ou abaixo de uma faixa predeterminada.

10 A presente invenção também fornece um método de conformação a prensa utilizando o dispositivo de conformação a prensa de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, o método compreendendo: julgar que o molde a ser medido tem defeitos quando uma quantidade de 15 deformação medida pelo dispositivo de medição de deformação está acima ou abaixo de uma faixa predeterminada.

15 Na invenção, como ilustrado nas figuras 3 e 4, "um ombro de matriz" é indicado por uma parte de ombro 22 de uma matriz incluindo uma face de matriz 21 (com a qual uma peça de trabalho 4 a ser processada entra primeiro em contato). Adicionalmente, "uma extremidade de raio de um ombro de matriz (extremidade R de um ombro de matriz)" é indicada por duas extremidades 23 e 24 de uma parte curva (ou parte R) do ombro de matriz 22. Entre as duas extremidades, uma extremidade da parte R 23 posicionada perto da face de matriz 21 é referida como "uma extremidade de 20 raio de um ombro de matriz no lado de entrada de fluxo de material". Por outro lado, uma extremidade da parte R 24 posicionada no lado de direção de pressão (indicado pela seta) é referida como "uma extremidade de raio de um ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material". Em outras palavras, na extremidade do raio do ombro de matriz no lado de saída de 25 fluxo de material, o material deformado na parte R do ombro de matriz começa a fluir na direção da parte de parede geralmente vertical do molde.

30

Adicionalmente, "a direção de pressão" significa, como ilustrado

nas figuras 3 e 4, a direção na qual uma função 1 é movida na direção de uma matriz 2 possuindo um formato com recesso, ou direção na qual a função 1 pressiona uma peça de trabalho 4 a ser processada em formatos.

De acordo com a presente invenção, é fornecido um dispositivo de conformação a prensa e um método de conformação a prensa com um alto grau de precisão e uma ampla aplicação, na qual a deformação gerada em uma superfície curva de um molde de prensar pode ser medida, e o defeito de um produto pela conformação a prensa pode ser julgado com base na quantidade de deformação medida.

10 **Breve Descrição dos Desenhos**

Os objetivos, características vantagens acima e outros da presente invenção se tornarão mais aparentes pela descrição das modalidades preferidas a seguir, com referência aos desenhos em anexo, em que:

15 a figura 1 é uma vista esquemática de um dispositivo de conformação a prensa da invenção, na qual uma matriz é disposta em um elemento deslizante do dispositivo;

a figura 2 é uma vista esquemática de um dispositivo de conformação a prensa da invenção, na qual uma função é disposto em um elemento deslizante do dispositivo;

20 a figura 3 é uma vista detalhada ilustrando o dispositivo da figura 1, no qual um dispositivo de medição de deformação de molde é disposto no dispositivo;

25 a figura 4 é uma vista detalhada ilustrando o dispositivo da figura 2, no qual um dispositivo de medição de deformação de molde é disposto no dispositivo;

a figura 5 é uma vista ilustrando o dispositivo da invenção, no qual o dispositivo de medição de deformação de molde é disposto na função;

30 a figura 6 é uma vista ilustrando o dispositivo da invenção, no qual os dispositivos de medição de deformação de molde são dispostos na matriz;

a figura 7 é uma vista esquemática do dispositivo da figura 1, compreendendo adicionalmente uma matriz de retenção de molde;

a figura 8 é uma vista esquemática do dispositivo da figura 2, compreendendo adicionalmente uma matriz de retenção de molde;

a figura 9b é uma vista lateral do dispositivo de medição de deformação e um bujão;

5 a figura 9a é uma vista ilustrando um furo ao qual a constituição da figura 9b pode ser fixada;

a figura 10 ilustra um resultado da medição de uma quantidade de deformação e uma faixa predeterminada para julgar o defeito de um produto, de acordo com um método de conformação a prensa da invenção;

10 a figura 11 ilustra um resultado da medição de uma quantidade de deformação e uma faixa predeterminada para julgar o defeito do molde, de acordo com um método de formação de pressão da invenção;

a figura 12 é uma vista externa de um produto formado pelo dispositivo de conformação a prensa da invenção;

15 a figura 13 é uma vista indicando uma posição de instalação do dispositivo de medição de deformação;

a figura 14 é uma vista explicando um método para julgar o defeito do produto ou do molde, de acordo com o método de conformação a prensa da invenção;

20 a figura 15 é uma vista indicando outra posição de instalação do dispositivo de medição de deformação;

a figura 16 é uma vista explicando outro método para julgar o defeito do produto ou molde, de acordo com o método de conformação a prensa da invenção;

25 a figura 17 é uma vista externa de outro produto formado pelo dispositivo de conformação a prensa da invenção;

a figura 18 é uma vista indicando outra posição de instalação do dispositivo de medição de deformação;

30 a figura 19 é uma vista explicando outro método para julgar o defeito do produto ou molde, de acordo com método de conformação a prensa da invenção;

a figura 20 é uma vista indicando outra posição de instalação do

dispositivo de medição de deformação;

a figura 21 é uma vista explicando outro método para julgar o defeito do produto ou molde, de acordo com o método de conformação a prensa da invenção;

5 a figura 22 é uma vista esquemática ilustrando uma força que é aplicada de forma concentrada a um vértice de uma parte de canto;

a figura 23 é uma vista esquemática ilustrando uma pressão de superfície que é aplicada a uma parte de canto curva;

10 a figura 24 ilustra as linhas de contorno de uma distribuição de deformação no caso da figura 22;

a figura 25 ilustra as linhas de contorno de uma distribuição de deformação no caso da figura 23;

a figura 26 ilustra uma área de instalação preferida do dispositivo de medição de deformação;

15 a figura 27 é uma vista esquemática ilustrando uma força ou uma deformação aplicada a uma peça de trabalho na conformação a prensa;

a figura 28 é uma vista esquemática ilustrando uma força ou uma deformação aplicada à matriz na conformação a prensa;

20 a figura 29 é um gráfico explicando a limitação da área de instalação dos dispositivos de medição de deformação;

a figura 30 ilustra uma área de instalação preferida do dispositivo de medição de deformação em uma matriz convexa;

25 a figura 31 é um gráfico ilustrando a relação entre a resistência da peça de trabalho e a faixa de deformação elástica na conformação a prensa;

a figura 32 ilustra uma área de instalação preferida do dispositivo de medição de deformação em uma matriz côncava; e

30 a figura 33 ilustra um exemplo da instalação do dispositivo de medição de deformação em uma parte possuindo um raio de curvatura grande.

#### Descrição Detalhada

A melhor forma de realização da invenção será descrita agora

em detalhes com referência aos desenhos.

As figuras 1 e 2 são vistas transversais de um dispositivo de conformação a prensa de acordo com uma primeira modalidade da invenção. Na figura 1, uma matriz 2 é disposta em um elemento deslizante de pressão, e na figura 2, uma função 1 é disposto no elemento deslizante de pressão. Em ambos os casos, o dispositivo de conformação a prensa possui a função 1 e a matriz 2 configurados para serem movidos com relação um ao outro.

Uma peça de trabalho 4 a ser processada é comprimida contra a função 1 por meio da matriz 2 e é formada em um formato predeterminado. Nesse ponto, descobriu-se que um defeito de formação tal como uma trinca, estrição e ruga, e um defeito de molde, tal como aderência do molde pode ser detectado pela disposição de um dispositivo de medição de deformação 5 (como descrito abaixo) no molde em torno de uma parte convexa curva formada na superfície da função 1 ou matriz 2 e pelo monitoramento de uma quantidade de deformação ou uma quantidade de deformação medida pelo dispositivo de medição.

A fim de se julgar de forma efetiva o defeito de formação tal como uma trinca, estrição ou ruga, a posição de instalação do dispositivo de medição de deformação 5 é muito importante. As figuras 3 e 4 ilustram posições preferidas do dispositivo de medição de deformação 5.

Na figura 3, a matriz 2 é disposta no elemento deslizante de pressão, e na figura 4, a função 1 é disposto no elemento deslizante de pressão. Em ambos os casos, a posição de instalação do dispositivo de medição de deformação 5 é posicionado no lado de direção de pressão com relação a uma extremidade de raio de um ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material quando o molde a ser medido (função 1 ou matriz 2 nesse caso) é posicionado em um ponto morto inferior da conformação a prensa.

A razão para tal posicionamento do dispositivo de medição por pressão é impedir que o molde seja quebrado ou danificado devido à posição do dispositivo de medição de deformação 5 no molde. Em particular, na

matriz 2, se o dispositivo de medição de deformação 5 não for posicionado no lado de direção de pressão com relação a uma extremidade de raio de um ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material, um orifício no molde para instalação do dispositivo de medição de deformação não deve 5 ter uma precisão dimensional suficiente. Geralmente, uma broca é utilizada para formar o orifício no molde para o dispositivo de medição de deformação 5. Nesse ponto, se a espessura do molde entre o orifício para instalação do dispositivo de medição de deformação 5 e a superfície da matriz 2 for pequena, a broca durante o processamento pode ser dobrada na direção da 10 superfície do molde devido à rigidez insuficiente da broca, onde a precisão dimensional do orifício pode ser reduzida. Quando tal problema ocorre, a espessura real do molde é menor do que a dimensão direcionada, onde um risco de quebra do molde se torna maior. A fim de se evitar esse problema, é 15 preferível que o dispositivo de medição de deformação 5 seja posicionado no lado de direção de pressão com relação à extremidade de raio do ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material.

Quando o dispositivo de medição de deformação 5 não está posicionado no lado de direção de pressão com relação à extremidade do raio do ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material, uma falha do processamento além da perfuração do furo pode ocorrer. Por exemplo, uma trinca pode ocorrer no molde durante um tratamento térmico. Mesmo quando a perfuração do furo e o tratamento térmico são realizados com sucesso, o molde pode ser danificado devido à falta de resistência do molde depois que o molde é utilizado repetidamente.

25 As figuras 5 e 6 ilustram vistas transversais de um dispositivo de conformação a prensa de acordo com uma segunda modalidade da invenção. Na segunda modalidade, a posição de instalação do dispositivo de medição de deformação 5 é adicionalmente limitada a fim de medir a quantidade de deformação mais precisamente do que na primeira modalidade.

30 A figura 5 é uma vista ampliada em torno do dispositivo de medição de deformação 5 disposto na função 1. Como ilustrado, o dispositivo de medição de deformação 5 é posicionado em uma região de instalação 6 den-

tro do molde.

A região de instalação preferida 6 para o dispositivo de medição de deformação 5 é definida por uma superfície que está distante de um centro de curvatura 7 de uma superfície curva do molde pela distância que é 5 igual a dez vezes R, onde R é o raio de curvatura da superfície curva.

Na presente invenção, o raio de curvatura é definido como um raio de curvatura de uma parte curva, em uma seção transversal da função ou a matriz paralela à direção de pressão, a parte curva sendo aproximada por uma parte possuindo uma curvatura de raio constante. Com base na parte curva 10 aproximada, o centro da curvatura 7 é determinado.

A seguir, a razão pela qual a região de instalação do dispositivo de medição de deformação está dentro de uma região definida por uma superfície que está distante do centro de curvatura 7 da superfície curva do molde pela distância que é dez vezes R, será explicada.

15 Uma solução teórica de uma força concentrada aplicada a um campo de deformação bidimensional já foi obtida por Melan, e outros (1932). Por exemplo, como ilustrado na figura 22, uma distribuição de deformação bidimensional quando uma força concentrada  $F_0$  é aplicada a um vértice de um canto possuindo um ângulo  $\alpha$  que pode ser calculada pela equação (1) 20 abaixo:

$$\sigma_r = - \frac{2F_0}{(\alpha + \sin \alpha)} \cdot \frac{\cos \theta}{r}, \sigma_\theta = 0, \tau_{r\theta} = 0 \quad (1)$$

Como ilustrado na figura 23, mesmo quando uma pressão de superfície  $P$  é aplicada a uma parte curva possuindo um raio  $r_d$  e uma curvatura de raio  $\phi$ , a equação (1) pode ser utilizada para obter uma distribuição de deformação aproximada se o raio  $r_d$  for pequeno ( $0,3 \text{ mm.} < r_d < 30,0 \text{ mm.}$ ). Nesse caso, a distribuição de deformação pode ser calculada pela equação (2).

$$\sigma_r = - \frac{2P\phi r_d}{(\alpha + \sin \alpha)} \cdot \frac{\cos \theta}{r}, \sigma_\theta = 0, \tau_{r\theta} = 0 \quad (2)$$

Como indicado nas equações (1) e (2), na distribuição de deformação bidimensional obtida pela força de concentrado, a deformação na

direção além da direção do raio em um sistema de coordenadas polares indicada por  $r, \theta$  se torna zero. Além disso, a distribuição de uma deformação  $\sigma_r$  na direção do raio pode ser indicada pelas coordenadas polares  $r, \theta$ .

5 A figura 24 ilustra as linhas de contorno da distribuição de deformação correspondentes à equação (1).

A figura 25 ilustra as linhas de contorno da distribuição de deformação correspondendo à equação (2).

10 A deformação  $\sigma_r$  na equação (2) pode ser simplificada como indicado na equação (3), quando os ângulos  $\alpha$  e  $\phi$  são fixados a valores constantes e  $\theta$  é igual a zero no sistema de coordenadas polares. onde

$$\sigma_r = -\frac{P \cdot r_d}{r} \left( \text{onde } \alpha = \frac{\pi}{2}, \theta = 0, \phi = \frac{\left(\frac{\pi}{2} + 1\right)}{2} \right) \quad (3)$$

15 O dispositivo de medição de deformação 5 pode medir uma quantidade de deformação elástica gerada devido à deformação  $\sigma_r$  na direção do raio como indicado nas equações (2) e (3). No entanto, de forma similar a outros meios de medição, existe uma limitação na resolução finita no dispositivo de medição de deformação 5. Portanto, é difícil se medir uma quantidade muito pequena de deformação ou uma mudança na deformação pelo dispositivo de medição de deformação.

20 A fim de se medir com alta precisão com o dispositivo de medição de deformação 5, é considerado que a quantidade de deformação gerada na posição de instalação do dispositivo de medição de deformação deva ser igual a ou superior a uma quantidade de deformação mínima mensurável  $\varepsilon_m$ .

25 De acordo com a lei de Hooke, a deformação  $\sigma_m$  correspondente à quantidade mínima de deformação mensurável  $\varepsilon_m$  pode ser representada pela equação (4) pela utilização de um módulo elástico  $E$ .

$$\sigma_m = E \cdot \varepsilon_m \quad (4)$$

De acordo com a consideração acima, a deformação  $\sigma_m$  na e-

quação (3) deve ser maior que a deformação  $\sigma_m$  na equação (4). Portanto, com relação à coordenada polar  $r$  da posição de instalação do dispositivo de medição de deformação 5, a equação (5) abaixo é verdadeira.

$$r < \frac{P \cdot r_d}{E \cdot \epsilon_m} \quad (5)$$

Pela utilização da equação (5), a região de instalação para o dispositivo de medição de deformação 5 pode ser determinada, onde o dispositivo de medição pode medir a quantidade de tensão com alta precisão.

No entanto, é difícil se calcular com precisão a pressão de superfície  $P$  na equação (5) correspondendo a uma pressão de superfície de contato entre o molde e uma folha de aço. Isso porque a região de instalação do dispositivo de medição de deformação deve ser determinada antes de o molde ser fabricado e, dessa forma, um valor medido não pode ser utilizado para determinar a região de instalação. Apesar de a pressão de superfície poder ser prevista por FEM ou similar, a precisão pode ser insuficiente.

De acordo, sem se levar em consideração a pressão de superfície  $P$  que é difícil de ser precisamente calculada, é considerado que a deformação  $\sigma_m$  na equação (4) é igual a 10% da pressão de superfície  $P$ , a fim de se determinar a região de instalação do dispositivo de medição de deformação 5. Então, a equação (6) pode ser obtida pela equação (3).

$$r < 10r_d \quad (6)$$

Pela utilização da equação (6), a região de instalação  $r$  do dispositivo de medição de deformação 5 pode ser facilmente determinada, sem se levar em consideração a pressão de superfície  $P$  que é difícil de ser calculada com precisão. Na invenção, portanto, a posição preferida de instalação do dispositivo de medição de deformação é definida por uma superfície que está distante do centro de curvatura da superfície curva pela distância que é dez vezes  $R$ , onde  $R$  é um raio de curvatura da superfície curva.

A figura 26 ilustra a região de instalação preferida do dispositivo de medição de deformação 5 determinada pela equação (6). A região de instalação é uma região dentro de um arco possuindo o raio  $5r_d$ , a coor-

nada ( $r, \theta$ ) do centro do qual é igual a  $(5r_d, 0)$ .

Na invenção, a região de instalação adequada do dispositivo de medição de deformação 5 é determinada pela equação (6). Adicionalmente, a região determinada pela equação (6) pode ser adicionalmente limitada pelo cálculo da equação (5) utilizando a pressão de superfície  $P$  calculada por uma análise FEM, uma análise teórica ou dados anteriores. No entanto, não é proibido de o resultado calculado pela equação (5) ser maior do que a região de instalação calculada pela equação (6).

Como uma limitação da região de instalação calculada pela equação (6), a equação (5) é calculada como descrito abaixo, pela utilização da pressão de superfície  $P$  obtida pelo resultado da análise teórica.

A figura 27 ilustra de forma esquemática o formato do molde de prensar e da condição de conformação a prensa. Uma deformação  $\sigma_d$  na parte R do ombro de matriz (ou ombro de matriz R) pode ser representada pela equação (7) pela utilização de uma deformação  $Y$  e uma espessura  $t$  da peça de trabalho 4; um coeficiente de fricção  $\mu$  entre a peça de trabalho 4 e a função 1 ou matriz 2; uma força de retenção de molde  $H$ ; um ângulo de contato  $\phi$  de uma área de contato entre a matriz 2 e a peça de trabalho 4; uma distância  $r_0$  da linha central d função 1 para a extremidade da peça de trabalho 4; e uma distância  $r_2$  a partir da linha central da função 1 até um ponto intermediário da espessura da peça de trabalho no lado de saída de fluxo de material da área de contato entre a matriz 2 e a peça de trabalho 4.

$$\sigma_d = Y \exp(\mu\phi) \cdot \left( \ln \frac{r_0}{r_2} + \frac{2\mu H}{tY} \right) + \frac{t}{2r_d} Y \quad (7)$$

Adicionalmente, a equação (7) pode ser modificada como nas equações (8-1) a (8-3).

$$\sigma_d = a_0 Y + C \quad (8-1)$$

$$a_0 = \exp(\mu\phi) \cdot \left( \ln \frac{r_0}{r_2} \right) + \frac{t}{2r_d} \quad (8-2)$$

$$C = \exp(\mu\phi) \cdot \left( \frac{2\mu H}{t} \right) \quad (8-3)$$

Nesse ponto, quando  $\mu=0,15$ ,  $\phi=\pi/2\text{rad}$ ,  $r_0=100\text{ mm}$ ,  $r_2=90\text{mm}$ ,  $t=1,0\text{mm}$ ,  $r_d=10\text{mm}$  e  $H=200\text{N/mm}$ ,  $a_0=0,18$ ,  $C=75,94\text{ MPa}$ .

Por outro lado, como ilustrado na figura 28, a pressão de superfície  $P$  aplicada ao ombro de matriz  $R$  pode ser representada pela equação 5 (9) utilizando a força concentrada  $F_0$  aplicada ao ombro de matriz  $R$ .

$$P = \frac{F_0}{\phi r_d} = \frac{2\sigma_d t \sin\left(\frac{\phi}{2}\right)}{\phi r_d} \quad (9)$$

Quando  $\phi=\pi/2\text{rad}$  e  $t=1,0\text{mm}$ , a equação (10) abaixo é verdadeira.

$$P = \frac{2\sqrt{2}\sigma_d}{\pi r_d} \quad (10)$$

Pela designação da equação (10) à equação (5), equação (11), com referência à região de instalação adequada do dispositivo de medição 10 de deformação 5, é obtido.

$$r < \frac{2\sqrt{2}\sigma_d}{\pi E \epsilon_m} \quad (11)$$

Considerando que o módulo elástico  $E=206\text{GPa}$  e  $\epsilon_m=10\mu\epsilon$  e pela designação das equações (8-1) a (8-3) à equação (11), a equação (12) abaixo é obtida.

$$r < 0.08Y + 33.19 \quad (12)$$

A figura 29 ilustra um exemplo no qual a região de instalação 15 determinada pela equação (6) é adicionalmente limitada pela utilização da equação (12). Quando a peça de trabalho 4 possuindo deformação de rendimento  $Y=840\text{MPa}$  (correspondendo ao limite de resistência a tração de 1500 MPa) é utilizada, a região de instalação do dispositivo de medição de deformação 5 está dentro de dez vezes  $R$ , pela utilização da equação (6) ou 20 da equação (12). No entanto, quando a peça de trabalho 4 possuindo a deformação de rendimento  $Y=340\text{MPa}$  (correspondendo ao limite de resistência à tração de 600 MPa) é utilizada, a região de instalação do dispositivo de medição de deformação 5 é limitada a seis vezes  $R$ , pela utilização da equa-

ção (12).

A figura 6 é uma vista ampliada em torno do dispositivo de medição de deformação 5 dispostas na matriz 2. De forma similar ao caso da figura 5, o dispositivo de medição de deformação 5 é disposto na região de 5 instalação 6 indicada pelo tracejado dentro do molde, como ilustrado.

É preferível que o dispositivo de medição de deformação seja posicionado em uma região perto do centro da curvatura com relação às superfícies, cada uma formando uma interseção com cada parte de extremidade da superfície curva do molde e inclinada, para longe da superfície curva, 10 por 45 graus com relação a uma linha normal em cada parte de extremidade (vide figuras 30 e 32 como descrito abaixo). Geralmente, a deformação aplicada ao molde através da folha de aço se torna maior na parte curva do molde. Nesse ponto, a deformação tende a progredir em uma região dentro do molde definida por linhas que se estendem a partir de um ponto de partida 15 para a deformação na superfície e inclinadas por 45 graus com relação à linha normal no ponto de partida e não tende a progredir em uma região dentro do molde fora das linhas definidas. Portanto, pelo posicionamento do dispositivo de medição de deformação em uma região perto do centro da curvatura com relação às superfícies, cada uma formando uma interseção com 20 cada parte de extremidade da superfície curva do molde e inclinadas, para longe da superfície curva, por 45 graus com relação a uma linha normal em cada parte de extremidade, a deformação da parte curva do molde pode ser medida de forma sensível.

Adicionalmente, os dispositivos de medição de deformação são 25 preferivelmente posicionados para longe da superfície do molde a ser medida por mais de 5 mm. Quando o dispositivo de medição de deformação é posicionado na posição que não está distante da superfície por mais de 5 mm, a resistência da superfície perto do dispositivo de medição de deformação pode ser reduzida e a quebra pode ocorrer na superfície.

As figuras 7 e 8 são vistas transversais de um dispositivo de 30 conformação a prensa de acordo com uma terceira modalidade da invenção. Na figura 7, uma matriz de retenção de molde 3 é adicionada ao dispositivo

de formação de pressão da figura 1, onde a formação de gravação de ação única pode ser realizada.

Por outro lado, na figura 8, uma matriz de retenção de molde 3 é adicionada ao dispositivo de conformação a prensa da figura 2, onde a formação de gravação de ação dupla pode ser realizada. Em ambos os casos, de forma similar aos casos nas figuras 4 e 5, o mesmo efeito pode ser obtido pelo posicionamento do dispositivo de medição de deformação 5 na região de instalação como descrito acima.

As figuras 9a e 9b ilustram um exemplo concreto do dispositivo de medição de deformação 5. Em um exemplo, um orifício e uma rosca interna são formados na matriz 2 como ilustrado na figura 9a, e então, um sensor de deformação 8 é inserido no orifício e um bujão utilizado para gerar uma força axial para encaixar por pressão o sensor, como ilustrado na figura 9b. Nesse ponto, quando um sensor de elemento piezelétrico é utilizado como sensor de deformação 8, a medição com resposta de alta frequência pode ser realizada.

A figura 30 é uma vista explicando uma região de instalação preferida para o dispositivo de medição de deformação. Como descrito acima, o dispositivo de medição de deformação é posicionado no lado de direção de pressão com relação à extremidade de raio do ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material. Adicionalmente, como ilustrado na figura 30, quando o sensor de deformação 8 é encaixado por pressão no ombro 22 da matriz 2, é preferível que uma distância D na direção da pressão entre um ponto de medição (ou uma extremidade dianteira) 81 do sensor 8 e a superfície de matriz 21 seja igual a ou inferior ao raio de um orifício 25 formado na matriz 2, em vista da resistência da matriz. Por exemplo, quando o raio do ombro de matriz for igual a 2 mm. e o raio do orifício for igual a 4 mm. é preferível que a distância D seja igual a ou superior a 4 mm., mais preferivelmente, igual a ou superior a 5 mm.

Adicionalmente, como ilustrado na figura 30, quando o sensor de deformação 8 se estende na direção perpendicular à direção de pressão, uma força de fricção entre a peça de trabalho e a matriz pode ser detectada

sem ser afetada pela força de prensagem.

A seguir, a região de instalação preferida para o dispositivo de medição de deformação será explicada. Foi observado que a distribuição da deformação elástica da matriz 2 gerada pela conformação a prensa se torna 5 maior à medida que a parte R do ombro de matriz é aumentada. Por exemplo, quando uma peça de trabalho possuindo a resistência de 600 MPa é formada por pressão com uma força de retenção de molde de 3 MPa, a região de deformação elástica está dentro de uma região que não está distante do centro da curvatura 7 por uma distância 4 vezes o raio da parte R. Nesse 10 ponto, existe uma relação linear entre o tamanho da região de deformação elástica e a resistência da peça de trabalho. Por exemplo, como indicado por uma linha sólida em um gráfico como ilustrado na figura 31, quando a peça de trabalho possui a resistência de 1500 MPa que é considerada o limite superior em uma conformação a prensa geral, a região de deformação elástica está dentro de uma região que não está distante do centro de curvatura 15 7 por uma distância dez vezes o raio da parte R. Em outras palavras, o tamanho da região de deformação elástica pode ser calculada pela multiplicação de um coeficiente adequado por um produto da resistência da peça de trabalho e o raio do ombro de matriz.

20 A região de deformação elástica varia dependendo da força de retenção de molde, como indicado pelas linhas tracejadas no gráfico da figura 31, cada um representando um caso no qual a força de retenção de molde é igual a 2 MPa ou 5 MPa. Como ilustrado, a influência da força de retenção de molde é relativamente grande quando a resistência da peça de trabalho 25 é pequena, e diminui à medida que a resistência aumenta. Por exemplo, quando a força de retenção de molde e a resistência da peça de trabalho são iguais a 5 MPa e 600 MPa, respectivamente, a região de deformação elástica está dentro de uma região que não está distante do centro da curvatura por uma distância 7 vezes o raio da parte R. Por outro lado, quando a 30 resistência da peça de trabalho é igual a 1500 MPa, a região de deformação elástica não varia substancialmente. De acordo, uma região de instalação adequada 6 para a medição de deformação está dentro de uma região que

não está distante do centro de curvatura por uma distância dez vezes o raio da parte R, e que pode variar dependendo da resistência da peça de trabalho e/ou a força de retenção de molde.

Adicionalmente, como ilustrado na figura 30, a deformação elástica da matriz 2 pode ser medida de forma mais sensível quando o dispositivo de medição de deformação é posicionado dentro de uma região perto do centro de curvatura com relação às superfícies 231 e 241 (indicado por linhas na figura 30), cada uma formando uma interseção com cada uma das extremidades de raio 23 e 24 da superfície curva, por 45 graus com relação a uma linha normal em cada parte de extremidade. Portanto, a região com tracejado na figura 30 é a região mais preferida para o ponto de medição do sensor de deformação.

Apesar de a figura 30 explicar o caso do ombro de matriz possuindo o formato convexo, o conceito similar pode ser aplicado ao caso da função ou da matriz possuindo o formato côncavo, como ilustrado na figura 32. No entanto, no caso da matriz ou função possuindo o formato côncavo, um centro de curvatura 7' é posicionado fora da matriz ou da função a ser medida. Nesse caso, quando uma peça de trabalho possuindo a resistência de 600 MPa é formada por pressão com uma força de retenção de molde de 3 MPa, uma região de instalação preferida 6' para o dispositivo de medição de deformação está dentro de uma região indicada por um formato geralmente semiesférico que não está distante do centro de curvatura 7' por uma distância quatro vezes o raio da parte R. No exemplo da figura 32, a região com tracejado é a região mais preferida para o ponto de medição do sensor de deformação.

Como ilustrado na figura 33, quando a curvatura da parte convexa ou côncava é consideravelmente grande (por exemplo,  $R \geq 100$  mm), pode ser difícil se medir a deformação elástica da matriz ou função entre as extremidades de raio 23 e 24 pela utilização de um sensor de deformação. Em tal caso, uma pluralidade de (dois no desenho) sensores 8 pode ser efetivamente utilizada. O número de sensores pode ser determinado de forma adequada. Como ilustrado na figura 33, uma região de detecção preferível de

cada sensor é geralmente definida por linhas que se estendem a partir da extremidade dianteira do sensor e inclinadas por +/- 45 graus. O número de sensores pode ser determinado com base na região de detecção de cada sensor.

5 A seguir, um método de conformação a prensa, capaz de julgar um defeito de um produto formado, será explicado com referência à figura 10. A figura 10 é um gráfico ilustrando um resultado de medição de uma quantidade de deformação pela utilização de sensor de tensão 8. No gráfico, um eixo geométrico horizontal indica um curso de conformação  $S$ .  $S_{start}$  significa a posição do elemento deslizante de pressão quando a formação da peça de trabalho 4 começa, e  $S_{end}$  significa a posição do elemento deslizante de pressão quando o elemento deslizante alcança um ponto morto inferior da conformação a prensa e a formação da peça de trabalho 4 é encerrada. Por outro lado, um eixo geométrico vertical do gráfico indica uma quantidade de deformação. Nesse ponto, a deformação de compressão é indicada por um valor de mais (positivo).

20 Na figura 10, as linhas tracejadas G1 e G2 indicam limites superior e inferior de uma faixa predeterminada ou limite da quantidade de deformação, respectivamente. Um método de determinação dos limites superior e inferior da faixa da quantidade de deformação pode ser explicado. Uma pluralidade de operações de conformação a prensa são realizadas, e então, os dados de quantidade de deformação nos quais um produto formado não apresenta defeitos são adquiridos. Uma quantidade de deformação média de dez ou mais dados incluindo nenhum defeito é utilizada para julgar o defeito 25 de formação.

30 Adicionalmente, na pluralidade de operações de conformação a prensa, os dados de quantidade de deformação excedendo a quantidade de deformação média acima são adquiridos. Uma quantidade de deformação média de dez ou mais dados excedendo a média é utilizada como um limite superior de uma faixa de quantidade de deformação predeterminada.

De forma similar, na pluralidade de operações de conformação a prensa, os dados de quantidade de deformação que se encontram abaixo da

quantidade de deformação média acima são adquiridos. Uma quantidade de deformação média de dez ou mais dados que se encontram abaixo da média é utilizada como um limite inferior da faixa de quantidade de deformação predeterminada.

5 A figura 10 indica, como um exemplo, três resultados de medição das quantidades de deformação (i), (ii) e (iii). O resultado da medição (i) é julgado como não apresentando problemas na conformação a prensa, visto que esse resultado está dentro da faixa de quantidade de deformação predeterminada. Por outro lado, o resultado da medição (ii) é julgado como 10 incluindo o defeito de formação, visto que uma parte do mesmo excede o limite superior da faixa predeterminada. De forma similar, o resultado da medição (iii) é julgado como incluindo o defeito de formação, visto que uma parte do mesmo se encontra abaixo do limite inferior da faixa predeterminada. De tal forma, o defeito de formação do produto formado é julgado.

15 Em particular, como no resultado da medição (iii), quando uma parte do resultado de medição se encontra abaixo do limite inferior da faixa predeterminada enquanto o curso de conformação  $S$  é igual a ou superior a 50% de  $S_{end}$  (isto é, em uma metade posterior da operação de conformação a prensa), é julgado que uma trinca ou um estrição seja gerado no produto 20 formado.

25 Em particular, como no resultado da medição (ii), quando uma parte do resultado da medição excede o limite superior da faixa predeterminada enquanto o curso de conformação  $S$  é igual a ou inferior a 50% de  $S_{end}$  (isto é, em uma metade anterior da operação de conformação a prensa), é julgado que um retorno ou um volume de entrada de fluxo anormal do material ocorre no produto formado.

30 Em particular, quando uma parte do resultado da medição excede o limite superior da faixa predeterminada enquanto o curso de conformação  $S$  é igual a ou superior a 50% de  $S_{end}$  (isto é, a metade posterior da operação de conformação a prensa), é julgado que uma ruga é gerada no produto formado.

A seguir, um método de conformação a prensa, capaz de julgar

um defeito do molde de prensar, será explicado com referência à figura 11. De forma similar à figura 10, a figura 11 é um gráfico ilustrando um resultado de medição de uma quantidade de deformação. Na figura 11, as linhas traçadas G3 e G4 indicam os limites superior e inferior de uma faixa predeterminada ou limite da quantidade de deformação, respectivamente.

Um método de determinação dos limites superior e inferior da faixa da quantidade de deformação será explicado. De forma similar ao caso de julgamento do produto formado, uma pluralidade de operações de conformação a prensa são realizadas, e então, os dados de quantidade de deformação nos quais o molde de prensar não apresenta defeitos são adquiridos. Uma quantidade de deformação média de 50% ou mais dos dados não incluindo qualquer defeito é utilizada para julgar os defeitos do molde.

Adicionalmente, na pluralidade de operações de conformação a prensa, os dados de quantidade de deformação excedendo a quantidade de deformação média acima são adquiridos. Uma quantidade de deformação media de 50% ou mais dos dados excedendo a média é utilizada como um limite superior de uma faixa de quantidade de deformação predeterminada.

De forma similar, na pluralidade de operações de conformação a prensa, os dados de quantidade de deformação que se encontram abaixo da quantidade de deformação média acima são adquiridos. Uma quantidade de deformação media de 50% ou mais de dados que se encontram abaixo da medida é utilizada como um limite inferior da faixa de quantidade de deformação predeterminada.

A figura 11 indica, como um exemplo, três resultados de medição das quantidades de deformação (iv), (v) e (vi). O resultado da medição (iv) é julgado como não possuindo qualquer problema no molde, visto que esse resultado está dentro da faixa de quantidade de deformação predeterminada. Por outro lado, o resultado da medição (v) é julgado como incluindo um defeito de molde, visto que uma parte do mesmo excede o limite superior da faixa predeterminada. De forma similar, o resultado da medição (v) é julgado como incluindo o defeito de molde, visto que uma parte do mesmo está abaixo do limite inferior da faixa predeterminada. De tal forma, o defeito de

formação do molde de prensar é julgado.

Em particular, quando uma parte do resultado da medição excede o limite superior da faixa predeterminada enquanto o curso de conformação  $S$  é igual a ou menor do que 50% de  $S_{end}$  (isto é, em uma metade formada da operação de conformação a prensa), é julgado que uma aderência é gerada no molde de prensar.

Como ilustrado na figura 10, quando o resultado da medição da quantidade de deformação excede o limite superior devido ao defeito de formação (gráfico (ii)), o gráfico tende a exceder o limite superior em um segundo ponto máximo local a partir de  $S_{start}$ . Por outro lado, como ilustrado na figura 11, quando o resultado da medição da quantidade de deformação excede o limite superior devido ao defeito de molde (gráfico (v)), o gráfico tende a exceder o limite superior em um primeiro ponto máximo local de  $S_{start}$ . Devido a isso, o defeito de formação e o defeito de molde podem ser distinguidos um do outro.

#### Exemplo 1

Com base na presente invenção, o dispositivo de conformação a prensa como ilustrado na figura 3 foi fabricado para realizar a conformação a prensa, como um exemplo 1. A característica de uma folha de aço utilizada como uma peça de trabalho é indicada na tabela 1. A espessura e a limite de resistência à tração da folha de aço utilizada foi de 1,8 mm e 590MPa, respectivamente.

Tabela 1

Material	Tensão resultante [MPa]	limite de resistência à tração [MPa]	Alongamento (%)
folha de aço	379	608	35

O formato do elemento formado pelo dispositivo de conformação a prensa é ilustrado na figura 12. A seção transversal do elemento possui um formato de cabana, como indicado por uma seção transversal A-A da figura 12. O elemento possui uma parede vertical com uma parte dobrada de forma que a deformação possa ser aplicada à parede vertical e o defeito de formação na parede possa ser reduzido.

Na conformação a prensa, ambos a função e a matriz foram selecionadas como o molde a ser medido e, como ilustrado na figura 13, dois meios de medição de deformação 5 foram dispostos, isto é, um na função 1 e o outro na matriz 2.

5 Cada um dos dois dispositivos de medição de tensão foi posicionado no lado de direção de pressão com relação à extremidade de raio do ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material quando a função e a matriz foram posicionados em um ponto morto inferior da conformação a prensa. A direção de pressão é indicada por uma seta no desenho.

10 A curvatura de raio da parte curva convexa na superfície R5 da função 1 é de 5 mm, e o dispositivo de medição de deformação 5 dentro da função foi posicionado longe do centro de curvatura 7 por 60 mm na direção da pressão. Em outras palavras, o dispositivo de medição de deformação 5 foi posicionado fora da região definida pela distância dez vezes R a partir do 15 centro da curvatura 7.

A curvatura do raio da parte curva convexa na superfície R3 da matriz 2 foi de 3 mm., e o dispositivo de medição de deformação 5 dentro da matriz foi posicionado longe do centro de curvatura 7 por + 40 mm na direção de pressão. Em outras palavras, o dispositivo de medição de deformação 5 foi posicionado fora da região definida pela distância igual a dez vezes R a partir do centro da curvatura 7.

20 A fim de dispor o dispositivo de medição de deformação 5, como ilustrado na figura 9a, um orifício não-vazado foi formado no molde e roscas integrais foram formadas no orifício, como ilustrado na figura 9a. Adicionalmente, um sensor de deformação 8 como ilustrado na figura 9 foi inserido no orifício e então um bujão foi inserido de modo a aplicar uma força axial para 25 o encaixe por pressão.

Como o sensor de deformação 8, um sensor de elemento piezétrico foi utilizado. A direção da deformação de compressão ou de exdeformação medida pelo sensor foi a mesma que a direção de pressão.

30 A quantidade de deformação medida pelo dispositivo de medição de deformação 5 disposto como tal foi representada em um gráfico co-

mo ilustrado na figura 14. O defeito do molde e o defeito de formação foram julgados pela utilização de uma faixa de quantidade de deformação pre-terminada (intercalada por um limite superior G5 e um limite inferior G6) para julgar o defeito de molde, e uma faixa de quantidade de deformação pre-terminada (intercalada por um limite superior G7 e um limite inferior G8) para julgar o defeito de formação, respectivamente.

Na conformação a prensa, um curso quando da formação da peça de trabalho 4 foi iniciado a 0mm, e um curso quando da formação foi acabado em 105mm. Uma quantidade de deformação média G9 para julgar o defeito de formação foi determinada pela realização de cem operações de conformação a prensa, e pelos dados de quantidade de deformação médios obtidos pelo sensor de deformação 8 de 75 operações de conformação a prensa incluindo nenhum defeito de formação.

Dentre as cem operações acima, os dados de quantidade de deformação incluindo o defeito de formação foram adquiridos e então, no décimo primeiro dado, a quantidade de deformação excedeu a quantidade de deformação média G9. Portanto, uma média de onze dados foi determinada como limite superior G7 da faixa de quantidade de deformação. Adicionalmente, o limite superior foi geralmente igual a um gráfico obtido pela adição de  $100\mu\epsilon$  à quantidade de deformação media G9 por toda uma faixa de curso.

Dentre as cem operações acima, os dados de quantidade de deformação incluindo o defeito de formação foram adquiridos e então, no décimo quarto dado, a quantidade de deformação esteve abaixo da quantidade de deformação média G9. Portanto, uma média de quatorze dados foi determinada como o limite inferior G8 da faixa de quantidade de deformação. Adicionalmente, o limite inferior foi geralmente igual a um gráfico obtido pela subtração de  $80\mu\epsilon$  a partir da quantidade de deformação média G9 por toda uma faixa de curso.

De forma similar, uma quantidade de deformação média G10 para julgar o defeito de molde foi determinada pela realização de mil operações de conformação a prensa, e pela realização da média dos dados de

quantidade de deformação obtidos pelo sensor de deformação 8 de 895 operações de conformação a prensa incluindo nenhum defeito de molde.

Dentre as mil operações acima, os dados de quantidade de deformação incluindo defeito de molde foram adquiridos e então, no quinquagésimo segundo dado, a quantidade de deformação excedeu a quantidade de deformação média G10. Portanto, uma média de cinquenta e dois dados foi determinada como o limite superior G5 da faixa de quantidade de deformação. Adicionalmente, o limite superior foi geralmente igual a um gráfico obtido pela adição de  $250\mu\epsilon$  à quantidade de deformação média G10 por toda uma faixa de curso.

Dentre as mil operações acima, os dados de quantidade de deformação incluindo o defeito de molde foram adquiridos e então, no quinquagésimo terceiro dado, a quantidade de deformação esteve abaixo da quantidade de deformação média G10. Portanto, uma média de cinquenta e três dados foi determinada como sendo o limite inferior G6 da faixa de quantidade de deformação. Adicionalmente, o limite inferior foi geralmente igual a um gráfico obtido pela subtração de  $200\mu\epsilon$  da quantidade de deformação média G10 por toda uma faixa de curso.

As tabelas 2 a 5 indicam o resultado de teste da conformação a prensa pela utilização do dispositivo de conformação a prensa fabricado como o exemplo 1.

Tabela 2

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos			
				trinca	rugas	deformação de superfície	Defeito de quantidade de entrada de fluxo
Resultado da Inspeção dos produtos	19471	18257	1214	231	14	0	598
Julgamento pelo dispositivo de medição de produtos	19471	18214	1257				371
Itens do Julgamento normal (relação julgamento sultado da inspeção de defeito coincide com o julgamento de defeito)				1207			
deteção excessiva					50		
deteção insuficiente						7	

Tabela 2 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos			
				trinca	rugas	deformação de superfície	retorno
Taxa de defeito (número de produtos possuindo defeito/número total de produtos)	6,23%		1,19%	0,07%	0,00%		3,07%
Taxa de julgamento de defeito (número de produtos no julgamento normal/número total de produtos)	6,20%						
Taxa de detecção excessiva (número de produtos excessivamente detectados/número total de produtos)			0,26%				
Taxa de defeito insuficiente (número de produtos insuficientemente detectados/número total de produtos)			0,04%				

A tabela 2 indica um resultado da inspeção de produtos para a detecção de um defeito de produto tal como uma trinca ou um retorno e um resultado do julgamento do defeito de produto pela utilização dos dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5, posicionado na matriz 2. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 6,20% foi obtida, onde a taxa de defeito era de 6,23%. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,26% e 0,02%, respectivamente.

Tabela 3

Tabela 3 –continuação-

Dispositivo de medição de defor- mação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo ne- nhum defeito	Número de pro- dutos apresen- tando defeitos	Itens de produtos defeituosos			
				trinca	rugas	deformação de superfície	retorno
Taxa de julgamento de defeito (número de produtos no julgamento normal/número total de produtos)			5,54%				
Taxa de detecção excessiva (nú- mero de produtos excessivamente detectados/número total de produ- tos)			0,92%				
Taxa de defeito insuficiente (núme- ro de produtos insuficientemente detectados/número total de produ- tos)			0,11%				

De forma similar ao acima, a tabela 3 indica um resultado da inspeção de produto para a detecção de um defeito de produto tal como uma trinca ou uma ruga e um resultado do julgamento do defeito de produto pela utilização de dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de 5 medição de deformação 5 posicionado na função 1. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito obtida foi de 5,54%, onde a taxa de defeito foi de 5,65%. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,92% e 0,11%, respectivamente.

Tabela 4

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz		Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Trinca de Molde	Aderência	Itens de Moldes defeituosos
<b>Resultado da inspeção dos moldes</b>		1523784	1523740	44	3	39	2
Julgamento pelo dispositivo de medição de deformação	1523784	1523739	45				
Itens do julgamento normal (resultado da inspeção julgamento coincide com o julgamento de defeito)			37				
Deteção excessiva			8				
Deteção insuficiente			7				
Taxa de detecção [ppm] (Nº de produtos possuindo defeito/Nº total de produtos)		28,9			2,0	25,6	1,3
Taxa de julgamento de defeito [ppm] - (Nº de produtos no julgamento normal/Nº total de produtos)		24,3					
Taxa de detecção excessiva [ppm] - (Nº de produtos excessivamente detectados/Nº total de produtos)		5,3					
Taxa de detecção insuficiente [ppm] - (Nº de produtos insuficientemente detectados/ Nº total de produtos)		4,6					

A Tabela 4 indica um resultado da inspeção de molde para a detecção de um defeito de molde tal como uma trinca ou uma aderência e um resultado do julgamento do defeito de molde pela utilização dos dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na matriz. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 24,3 ppm foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 28,9 ppm. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 5,3 ppm e 4,6 ppm, respectivamente.

Tabela 5

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função		Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
Itens do julgamento	Julgamento normal (resultado julgamento da inspeção coincide com o julgamento de defeito)	Molde	Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado		
Resultado da inspeção dos moldes	1523784	1523734	50	3	2		45
Julgamento pelo dispositivo de medição de deformação	1523784	1523729	55				
Detecção excessiva				13			
Detecção insuficiente			8				
Taxa de detecção [ppm] (Nº de produtos possuindo defeito/Nº total de produtos)		32,8		2,0	1,3		29,5

Tabela 5 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
				Molde	Trinca de Molde	Aderência estranha quebrado
Taxa de julgamento de defeito [ppm] (Nº de produtos no julgamento normal/Nº total de produtos)			27,6			
Taxa de detecção excessiva [ppm] - (Nº de produtos excessivamente detectados/Nº total de produtos)			8,5			
Taxa de detecção insuficiente [ppm] (Nº de produtos insuficientemente detectados/Nº total de produtos)			5,3			

A Tabela 5 indica um resultado da inspeção de molde para a detecção de um defeito de molde tal como uma trinca ou uma aderência e os dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionados na função 1. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 27,6 ppm foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 32,8 ppm. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 8,5 ppm e 5,3 ppm, respectivamente.

Devido aos resultados acima, é compreendido que o julgamento de defeito do produto ou molde foi alcançado de acordo com a invenção.

#### 10 Exemplo 2

Com base na presente invenção, o dispositivo de conformação a prensa como ilustrado na figura 4 ou 5 foi fabricado para realizar a conformação a prensa, como um exemplo 2.

15 A característica de uma folha de aço utilizada como uma peça de trabalho é indicada na tabela 1. O formato do elemento formado pelo dispositivo de conformação a prensa é ilustrado na figura 12.

Na conformação a prensa, ambos a função e a matriz foram selecionados como o molde a ser medido e, como ilustrado na figura 15, dois dispositivos de medição de deformação 5 foram dispostos, isto é, um na função 1 e o outro na matriz 2. Cada um dos dois dispositivos de medição de deformação foi posicionado no lado da direção de pressão com relação à extremidade de raio do ombro da matriz no lado de saída de fluxo de material quando a função e a matriz foram posicionados em um ponto morto inferior da conformação a prensa. A direção de pressão é indicada por uma seta no desenho.

30 A curvatura do raio da parte curva convexa na superfície R5 da função 1 era de 5 mm, e o dispositivo de medição de deformação 5 dentro da função foi posicionado em uma região que não está distante do centro da curvatura 7 por 50 mm, como ilustrado. A curvatura de raio da parte curva convexa na superfície R3 da matriz 2 foi de 2 mm., e o dispositivo de medição de deformação 5 dentro da matriz foi posicionado em uma região que não está distante do centro da curvatura 7 por 30mm, como ilustrado.

A fim de se dispor o dispositivo de medição de deformação 5, como ilustrado na figura 9a, um orifício não vazado foi formado no molde e as roscas internas foram formadas no orifício, como ilustrado na figura 9a. Adicionalmente, um sensor de deformação 8 como ilustrado na figura 9 foi 5 inserido no orifício e então um bujão foi inserido de modo a aplicar uma força axial para encaixe por pressão.

Como o sensor piezelétrico 8, um sensor de elemento piezelétrico foi utilizado. A direção da deformação de compressão ou de exdeformação medida pelo sensor foi a mesma que a direção de pressão.

10 A quantidade de deformação medida pelo dispositivo de medição de deformação 5 disposto como tal foi representada em um gráfico como ilustrado na figura 16. O defeito de molde e o defeito de formação foram julgados pela utilização de uma faixa de quantidade de deformação predeterminada (intercalada por um limite superior G11 e um limite inferior G12) 15 para julgar o defeito de molde, e uma faixa de quantidade de deformação predeterminada (intercalada por um limite superior G13 e um limite inferior G14) para julgar o defeito de formação, respectivamente.

Uma quantidade de deformação média G15 para julgar o defeito 20 de formação e uma faixa de quantidade de deformação predeterminada, e uma quantidade de tensão média G16 para julgar o defeito de molde e uma faixa de quantidade de deformação predeterminada, como ilustrado na figura 16, foram determinadas pelo mesmo método como no exemplo 1.

As tabelas 6 a 9 indicam o resultado de teste de conformação a 25 prensa pela utilização do dispositivo de conformação a prensa fabricado como exemplo 2.

Tabela 6

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos		
				trinca	rugas	deformação de superfície
Resultado da Inspeção dos produtos	19471	18257	1214	231	14	0
Julgamento pelo dispositivo de medição de produtos	19471	18252	1219			
Itens do Julgamento normal (resultado de julgamento do da inspeção coincide com o julgamento de defeito)			1214			
deteção excessiva			5			
deteção insuficiente			0			
Taxa de defeito (número de produtos possuindo defeito/número total de produtos)	6,23%			1,19%	0,07%	0,00%
					3,07%	1,91%

Tabela 6 -continuação-

Dispositivo de medição de deformação é Nº total de produtos posicionado na matriz	Nº de produtos possuindo algum defeito	Nº de produtos apresentando defeitos	Número de produ-			Itens de produtos defeituosos		
			trinca	rugas	de deformação	retorno	Defeito	
			de superfície	de	quantidade	de	entrada de fluxo	
Taxa de julgamento de defeito (número de produtos no julgamento normal/número total de produtos)	6.23%							
Taxa de detecção excessiva (número de produtos excessivamente detectados/número total de produtos)	0,03%							
Taxa de defeito insuficiente (número de produtos insuficientemente detectados/número total de produtos)	0,00%							

A Tabela 6 indica um resultado da inspeção de produto para a detecção de um defeito de produto tal como uma trinca ou um retorno e um resultado de julgamento do defeito de produto pela utilização de dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na matriz 2. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 6,23% foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 6.23%. Em outras palavras, todos os defeitos de produtos foram julgados. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,03% e 0,00%, respectivamente. Portanto, esses resultados 10 foram melhores do que os resultados do exemplo 1.

Tabela 7

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função		Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos		
Resultado da Inspeção dos produtos		19471	18370	1101	trinca	ruga	deformação de superfície
Julgamento pelo dispositivo de medição de produtos		19471	18362	1109			
Itens do julgamento normal (relação julgamento sultado da inspeção de defeito coincide com o julgamento de defeito)				1101			
detecção excessiva					8		
detecção insuficiente				0			
Taxa de defeito (número de produtos possuindo defeito/número total de produtos)			5,65%		2,02%	1,53%	1,97% 0,00% 0,13%

Tabela 7 –continuação-

Dispositivo de medição de defor- mação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo ne- nhum defeito	Número de produtos apre- sentando de- feitos	Itens de produtos defeituosos			
				trinca	rugas	deformação de superfície	retorno
Taxa de julgamento de defeito (número de produtos no julgamento normal/número total de produtos)		5,65%					
Taxa de detecção excessiva (nú- mero de produtos excessivamente detectados/número total de produ- tos)		0,04%					
Taxa de defeito insuficiente (núme- ro de produtos insuficientemente detectados/número total de produ- tos)		0,00%					

De forma similar ao acima, a tabela 7 indica um resultado da inspeção de produto para detecção de um defeito de produto tal como uma trinca ou uma ruga e um resultado do julgamento do defeito e produto pela utilização de dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de 5 medição de deformação 5 posicionado na função 1. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 5,65% foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 5,65%. Em outras palavras, todos os defeitos de produto foram julgados. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,04% e 0,00%, respectivamente. Portanto, 10 esses resultados foram melhores do que os resultados no exemplo 1.

Tabela 8

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
				Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Resultado da inspeção dos moldes	1523784	1523740	44	3	39	2
Julgamento pelo dispositivo de medição de deformação	1523784	1523740	44			
Itens do julgamento normal (resultado julgamento da inspeção coincide com o de defeito julgamento de defeito)			44			
Deteção excessiva				0		
Deteção insuficiente				0		
Taxa de detecção [ppm] (Nº de produtos possuindo defeito/ Nº total de produtos)		28,9		2,0	25,6	1,3

Tabela 8 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
				Molde	Trinca de Molde	Aderência
Taxa de julgamento de defeito [ppm] - (Nº de produtos no julgamento normal/ Nº total de produtos)			28,9			
Taxa de detecção excessiva [ppm] - (Nº de produtos excessivamente detectados/ Nº total de produtos)			0,00			
Taxa de detecção insuficiente [ppm] - (Nº de produtos insuficientemente detectados/ Nº total de produtos)			0,00			

A tabela 8 indica um resultado da inspeção de molde para a detecção de um defeito de molde tal como uma trinca ou uma aderência e um resultado de julgamento do defeito de molde pela utilização dos dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na matriz 2. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 28,9 ppm foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 28,9 ppm. Em outras palavras, todos os defeitos de molde foram julgados. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,0 ppm e 0,0 ppm, respectivamente. Portanto, esses resultados foram melhores do que os resultados do exemplo 1.

Tabela 9

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
				Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Resultado da inspeção dos moldes	1523784	1523734	50	3	2	45
Julgamento pelo dispositivo de medição de deformação	1523784	1523734	50			
Itens do Julgamento normal (re-julgamento sultado da inspeção coincide com o julgamento de defeito)			50			
Detectão excessiva			0			
Detectão insuficiente			0			
Taxa de detecção [ppm] (Nº de produtos possuindo defeito/Nº total de produtos)	32,8			2,0	1,3	29,5

Tabela 9 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
				Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Taxa de julgamento de defeito [ppm] (Nº de produtos no julgamento normal/ Nº total de produtos)	32,8					
Taxa de detecção excessiva [ppm] - (Nº de produtos excessivamente detectados/ Nº total de produtos)	0,0					
Taxa de detecção insuficiente [ppm] (Nº de produtos insuficientemente detectados/ Nº total de produtos)	0,0					

A tabela 9 indica um resultado da inspeção de molde para a detecção de um defeito de molde tal como uma trinca ou uma aderência e um resultado do julgamento do defeito de molde pela utilização dos dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na função 1. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito foi de 32,8 ppm, onde a taxa de defeito foi de 32,8 ppm. Em outras palavras, todos os defeitos de molde foram julgados. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,0 ppm e 0,0 ppm, respectivamente. Portanto, esses resultados foram melhores do que os resultados do exemplo 1.

Devido aos resultados acima, é compreendido que o julgamento do defeito do produto ou do molde foi alcançado com maior precisão, de acordo com a invenção. Em outras palavras, pelo posicionamento de dispositivos de medição de deformação 5 no molde, dentro da região definida pela distância que é dez vezes R a partir do centro da curvatura 7 da parte curva, a precisão de julgamento do defeito de produto ou defeito de molde pode ser aperfeiçoada em comparação com ao exemplo 1.

### Exemplo 3

Com base na presente invenção, o dispositivo de conformação a prensa como ilustrado na figura 7 foi fabricado para realizar a conformação a prensa, como um exemplo 3. A característica de uma folha de aço utilizada como uma peça de trabalho é indicada na tabela 10. A espessura e a limite de resistência à tração da folha de aço utilizada foram de 0,8 mm e 270 MPa, respectivamente.

25 **Tabela 10**

Material	Deformação de Rendimento [MPa]	Limite de resistência à tração [MPa]	Alongamento [%]
Folha de aço	129	308	52

O formato do elemento formado pelo dispositivo de conformação a prensa é ilustrado na figura 17. Como indicado por uma seção transversal A-A na figura 17, o elemento possui uma parede de matriz vertical possuindo uma parte característica com R3, e um fundo de função possuindo uma par-

te característica com R5.

Na conformação a prensa, ambos a função e a matriz foram selecionados como o molde a ser medido e, como ilustrado na figura 18, dois dispositivos de medição de deformação 5 foram dispostos, isto é, um na função 5 1 e outro na matriz 2.

Cada um dos dois dispositivos de medição de deformação foi posicionado no lado de direção de pressão com relação à extremidade de raio do ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material quando a função e a matriz foram posicionados em um ponto morto inferior da conformação a prensa. A direção de pressão é indicada por um seta no desenho.

A curvatura de raio da parte curva convexa na superfície R5 da função 10 1 foi de 5 mm., e o dispositivo de medição de deformação 5 dentro da função foi posicionado longe do centro da curvatura 7 por 60 mm., na direção de pressão. Em outras palavras, o dispositivo de medição de deformação 15 5 foi posicionado fora da região definida pela distância que é dez vezes R a partir do centro da curvatura 7.

A curvatura de raio da parte curva convexa na superfície R3 da matriz 20 2 foi de 3 mm, e o dispositivo de medição de deformação 5 dentro da matriz foi posicionado longe do centro da curvatura 7 por + de 40 mm, na direção de pressão. Em outras palavras, o dispositivo de medição de deformação 5 foi posicionado fora da região definida pela distância que é dez vezes R a partir do centro da curvatura 7.

A fim de se dispor o dispositivo de medição de deformação 5, como ilustrado na figura 9a, um orifício não vazado foi formado no molde e 25 as roscas internas foram formadas no orifício, como ilustrado na figura 9a. Adicionalmente, um sensor de deformação 8 como ilustrado na figura 9 foi inserido no orifício e então um bujão foi inserido de forma a aplicar uma força axial para realizar o encaixe por pressão.

Como o sensor de deformação 8, um sensor de elemento piezoelectrônico foi utilizado. A direção da deformação de compressão ou de exdeformação medida pelo sensor foi igual à direção de pressão.

A quantidade de deformação medida pelo dispositivo de medi-

- ção de deformação 5 disposto como tal foi representada em um gráfico como ilustrado na figura 19. O defeito de molde e o defeito de formação foram julgados pela utilização de uma faixa de quantidade de deformação predeterminada (intercalada por um limite superior G17 e um limite inferior G18)
- 5 para julgar o defeito de molde, e uma faixa de quantidade de deformação predeterminada (intercalada por um limite superior G19 e um limite inferior G20) para julgar o defeito de formação, respectivamente.

Uma quantidade de deformação média G21 para julgar o defeito de formação e uma faixa de quantidade de deformação predeterminada, e

10 uma quantidade de deformação média G22 para julgar o defeito de molde e uma faixa de quantidade de deformação predeterminada, como ilustrado na figura 19, foram determinadas pelo mesmo método que no exemplo 1.

As tabelas 11 a 14 indicam o resultado de teste da conformação a prensa pela utilização do dispositivo de conformação a prensa fabricado

15 como o exemplo 3.

Tabela 11

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos			
				trinca	rugas	deformação de superfície	retorno
Resultado da Inspeção dos produtos	22780	21589	1191	574	12	0	280
Julgamento pelo dispositivo de medição de produtos	22780	21511	1269				325
Itens do Julgamento normal (julgamento sultado da inspeção de defeito coincide com o julgamento de defeito)				1181			
d detecção excessiva					88		
d detecção insuficiente						10	

Tabela 11 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos			
				trinca	ruga	deformação de superfície	retorno
Taxa de defeito (número de produtos possuindo defeito/número total de produtos)			5,23%	2,52%	0,05%	0,00%	1,23% 1,43%
Taxa de julgamento de defeito (número de produtos no julgamento normal/número total de produtos)			5,18%				
Taxa de detecção excessiva (número de produtos excessivamente detectados/número total de produtos)			0,39%				
Taxa de defeito insuficiente (número de produtos insuficientemente detectados/número total de produtos)			0,04%				

A tabela 11 indica um resultado da inspeção de produto para detecção de um defeito de produto tal como uma trinca ou um retorno e um resultado do julgamento do defeito de produto pela utilização de dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na matriz 2. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 5,18% foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 5,23%. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,39% e 0,04%, respectivamente.

Tabela 12

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos			Defeito de quantidade de entrada de fluxo
				trinca	rugas	deformação de superfície	
Resultado da Inspecção dos produtos	22780	21697	1083	365	287	412	0
Julgamento pelo dispositivo de medição de produtos	22780	21606	1174				19
Itens do julgamento normal (relacionamento sultado da inspecção com o julgamento de defeito incide com o julgamento de defeito)			1074				
deteção excessiva				100			
deteção insuficiente				9			

Tabela 12 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos			
				trinca	rugas	deformação de superfície	retorno
Taxa de defeito (número de produtos possuindo defeito/número total de produtos)	4,75%			1,60%	1,26%	1,81%	0,00%
Taxa de julgamento de defeito (número de produtos no julgamento normal/número total de produtos)			4,71%				0,08%
Taxa de detecção excessiva (número de produtos excessivamente detectados/número total de produtos)				0,44%			
Taxa de defeito insuficiente (número de produtos insuficientemente detectados/número total de produtos)				0,04%			

Similar ao acima, a tabela 12 indica um resultado da inspeção de produto para detecção de um defeito de produto tal como uma trinca ou uma ruga e um resultado do julgamento do defeito do produto pela utilização dos dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na função 1. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 4,71% foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 4,75%. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,44% e 0,04%, respectivamente.

Tabela 13

Dispositivo de medição de deformação é positionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresen- tam defeito	Nº de produtos possuindo de- feito	Itens de Moldes defeituosos		
				Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estra- ño quebrado
Resultado da inspeção dos moldes	2110077	2110043	34	1	14	19
Julgamento pelo dispositivo de medição de deformação	2110077	2110026	51			
Itens do Julgamento normal (resulta- do julgamento do da inspeção coincide com o julgamento de defeito)			28			
Deteção excessiva				23		
Deteção insuficiente				6		

Tabela 13 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Trinca de Molde	Itens de Moldes defeituosos	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Taxa de detecção [ppm] (Nº de produtos possuindo defeito/ Nº total de produtos)			16,1			0,5	9,0
Taxa de julgamento de defeito [ppm] - (Nº de produtos no julgamento normal/ Nº total de produtos)			13,3				
Taxa de detecção excessiva [ppm] - (Nº de produtos excessivamente detectados/ Nº total de produtos)			10,9				
Taxa de detecção insuficiente [ppm] - (Nº de produtos insuficientemente detectados/ Nº total de produtos)			2,8				

A tabela 13 indica um resultado da inspeção de molde para a detecção de um defeito de molde tal como uma trinca ou uma aderência e um resultado do julgamento do defeito de molde pela utilização de dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na matriz 2. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 13,3 ppm foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 16,1 ppm. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 10,9 ppm e 2,8 ppm, respectivamente.

Tabela 14

Dispositivo de medição de deformação é Nº total de produtos posicionado na função	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
			Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Resultado da inspeção dos moldes	2110077	2109997	80	1	78
Julgamento pelo dispositivo de medição de deformação	2110077	2110077	95		
Itens do Julgamento normal (resultado do julgamento da inspeção coincide com o julgamento de defeito)			69		
Deteção excessiva				26	
Deteção insuficiente				11	

Tabela 14 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é positionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apre- sentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
				Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Taxa de detecção [ppm] (Nº de produtos possuindo defeito/ Nº total de produtos)	37,9			0,5	0,5	37,0
Taxa de julgamento de defeito [ppm] - (Nº de produtos no julgamento normal/ Nº total de produtos)	32,7					
Taxa de detecção excessiva [ppm] - (Nº de produtos excessivamente detectados/ Nº total de produtos)	12,3					
Taxa de detecção insuficiente [ppm] - (Nº de produtos insuficientemente detecta- dos/ Nº total de produtos)	5,2					

A tabela 14 indica um resultado da inspeção de molde para detecção de um defeito de molde tal como uma trinca ou uma aderência e um resultado do julgamento do defeito de molde pela utilização de dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na função 1. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 32,7 ppm foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 37,9 ppm. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foi de 12,3 ppm e 5,2 ppm, respectivamente.

Devido aos resultados acima, é compreendido que o julgamento de defeito do produto ou do molde foi alcançado de acordo com a invenção.

#### Exemplo 4

Com base na presente invenção, o dispositivo de conformação a prensa como ilustrado na figura 7 foi fabricado para realizar a conformação a prensa, como um exemplo 4. A característica de uma folha de aço utilizada como uma peça de trabalho é indicada na tabela 10. O formato do elemento formado pelo dispositivo de conformação a prensa é ilustrado na figura 17.

Na conformação a prensa, ambos a função e a matriz foram selecionados como o molde a ser medido e, como ilustrado na figura 20, dois dispositivos de medição de deformação 5 foram dispostos, isto é, um na função 1 e o outro na matriz 2. Cada um dos dois dispositivos de medição foi posicionado no lado de direção de pressão com relação à extremidade de raio do ombro de matriz no lado de saída de fluxo de material quando a função e a matriz foram posicionados em um ponto morto inferior da conformação a prensa. A direção de pressão é indicada por uma seta no desenho.

A curvatura de raio da parte curva convexa na superfície R5 da função 1 foi de 5 mm, e o dispositivo de medição de deformação 5 dentro da função foi posicionado em uma região que não está distante do centro de curvatura 7 por 50mm, como ilustrado.

A curvatura de raio da parte curva convexa na superfície R3 da matriz 2 foi de 3 mm, e o dispositivo de medição de deformação 5 dentro da matriz foi posicionado em uma região que não está distante do centro de curvatura 7 por 30 mm, como ilustrado.

A fim de dispor o dispositivo de medição de deformação 5, como ilustrado na figura 9a, um orifício não vazado foi formado no molde e roscas internas foram formadas no orifício, como ilustrado na figura 9a. Adicionalmente, um sensor de deformação 8 como ilustrado na figura 9 foi inserido no orifício e então um bujão foi inserido de forma a aplicar uma força axial para realizar o encaixe por pressão.

Como o sensor de deformação 8, um sensor de elemento piezétrico foi utilizado. A direção da deformação de compressão ou de exdeformação medida pelo sensor foi igual à direção da pressão.

A quantidade de deformação medida pelo dispositivo de medição de deformação 5 disposta como tal é representada em um gráfico como ilustrado na figura 21. O defeito de molde e o defeito de formação foram julgados pela utilização de uma faixa de quantidade de deformação predeterminada (intercalada por um limite superior G23 e um limite inferior G24) para julgar o defeito de molde, e uma faixa de quantidade de deformação predeterminada (intercalada por um limite superior G25 e um limite inferior G26) para julgar o defeito de formação, respectivamente.

Uma quantidade de deformação média G27 para julgar o defeito de formação e uma faixa de quantidade de deformação predeterminada, e uma quantidade de deformação média G28 para julgar o defeito de molde e uma faixa de quantidade de deformação predeterminada, como ilustrado na figura 21, foram determinadas pelo mesmo método como no exemplo 1.

As tabelas 15 a 18 indicam o resultado de teste da formação de pressão pela utilização do dispositivo de conformação a prensa fabricado como o exemplo 4.

Tabela 15

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos			
				trinca	ruga	deformação de superfície	Defeito de quantidade de entrada de fluxo
Resultado da Inspeção dos produtos	22780	21589	1191	574	12	0	280
Julgamento pelo dispositivo de medição de produtos	22780	21580	1200				325
Itens do julgamento normal (resultado do julgamento da inspeção coincide com o julgamento de defeito)			1191				
deteção excessiva				9			
deteção insuficiente				0			

Tabela 15 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos			
				trinca	ruga	deformação de superfície	retorno
Taxa de defeito (número de produtos possuindo defeito/número total de produtos)			5,23%	2,52%	0,05%	0,00%	1,23%
Taxa de julgamento de defeito (número de produtos no julgamento normal/número total de produtos)			5,23%				1,43%
Taxa de detecção excessiva (número de produtos excessivamente detectados/número total de produtos)				0,04%			
Taxa de defeito insuficiente (número de produtos insuficientemente detectados/número total de produtos)				0,00%			

A tabela 15 indica um resultado de inspeção de produto para detectar um defeito de produto tal como uma trinca ou um retorno e um resultado do julgamento do defeito de produto pela utilização de dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na matriz 2. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 5,23% foi obtido, onde a taxa de defeito foi de 5,23%. Em outras palavras, todos os defeitos de produto foram julgados. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,04% e 0,00%, respectivamente. Portanto, esses resultados 10 são melhores do que os resultados no exemplo 3.

Tabella 16

Tabela 16 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos possuindo nenhum defeito	Número de produtos apresentando defeitos	Itens de produtos defeituosos		
				trinca	rugas	deformação de superfície
Taxa de defeito (número de produtos possuindo defeito/número total de produtos)			4,75%			
Taxa de julgamento de defeito (número de produtos no julgamento normal/número total de produtos)			4,75%			
Taxa de detecção excessiva (número de produtos excessivamente detectados/número total de produtos)			0,06%			
Taxa de defeito insuficiente (número de produtos insuficientemente detectados/número total de produtos)			0,00%			

De forma similar ao acima, a tabela 16 indica um resultado da inspeção de produto para detecção de um defeito de produto tal como uma trinca ou uma ruga e um resultado do julgamento do defeito de produto pela utilização dos dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na função 1. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 4,75% foi obtida, onde a taxa d defeito foi de 4,75%. Em outras palavras, todos os defeitos do produto foram julgados. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 006% e 0,00%, respectivamente. Portanto, 5 esses resultados foram melhores do que os resultados no exemplo 3.

10

Tabela 17

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na matriz	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos que não possuem defeito	Itens de Moldes defeituosos		
				Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Resultado da inspeção dos moldes	2110077	2110043	34	1	14	19
Julgamento pelo dispositivo de medição de deformação	2110077	2110042	35			
Itens do julgamento normal (resultado julgamento da inspeção coincide com o julgamento de defeito)			34			
Deteção excessiva				1		
Deteção insuficiente				0		

Tabela 17 –continuação-

Dispositivo de medição de deformação é Nº total de produtos posicionado na matriz	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos que não possuem defeito	Itens de Moldes defeituosos		
			Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Taxa de detecção [ppm] (Nº de produtos possuindo defeito/ Nº total de produtos)	16.1	0.5	6.6	9.0	
Taxa de julgamento de defeito [ppm] - (Nº de produtos no julgamento normal/ Nº total de produtos)	16,1				
Taxa de detecção excessiva [ppm] - (Nº de produtos excessivamente detectados/ Nº total de produtos)	0,5				
Taxa de detecção insuficiente [ppm] - (Nº de produtos insuficientemente detectados/ Nº total de produtos)	0,0				

A tabela 17 indica um resultado da inspeção de molde para a detecção de um defeito de molde tal como uma trinca ou uma aderência e um resultado do julgamento do defeito de molde pela utilização de dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 posicionado na matriz 2. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 16,1 ppm foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 16,1 ppm. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,5 ppm e 0,0 ppm, respectivamente. Portanto, esses resultados foram melhores do que os resultados no exemplo 3.

Tabela 18

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
				Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Resultado da inspeção dos moldes	2110077	2109997	80	1	1	78
Julgamento pelo dispositivo de medição de deformação	2110077	2109997	80			
Itens do Julgamento normal (resultado de julgamento da inspeção coincide com o julgamento de defeito)			80			
Detectção excessiva			0			
Detectção insuficiente			0			

Tabela 18 -continuação-

Dispositivo de medição de deformação é posicionado na função	Nº total de produtos	Nº de produtos que não apresentam defeito	Nº de produtos possuindo defeito	Itens de Moldes defeituosos		
				Trinca de Molde	Aderência	Arranhões causados por material estranho quebrado
Taxa de detecção [ppm] (Nº de produtos possuindo defeito/ Nº total de produtos)			37,9		0,5	37,0
Taxa de julgamento de defeito [ppm] - (Nº de produtos no julgamento normal/ Nº total de produtos)			37,9		0,5	
Taxa de detecção excessiva [ppm] - (Nº de produtos excessivamente detectados/ Nº total de produtos)			0,0			
Taxa de detecção insuficiente [ppm] - (Nº de produtos insuficientemente detectados/ Nº total de produtos)			0,0			

A Tabela 18 indica um resultado de inspeção de molde para detecção de um defeito de molde tal como uma trinca ou uma aderência e um resultado do julgamento do defeito de molde utilizando os dados de quantidade de deformação obtidos pelo dispositivo de medição de deformação 5 5 posicionado na função 1. Devido ao dispositivo de medição de deformação 5, a taxa de julgamento de defeito de 32,8 ppm foi obtida, onde a taxa de defeito foi de 32,8 ppm. Em outras palavras, todos os defeitos de molde foram julgados. A taxa de detecção excessiva e a taxa de detecção insuficiente foram de 0,00 ppm e 0,00 ppm, respectivamente. Portanto, esses resultados formam melhores do que os resultados no exemplo 3.

Devido aos resultados acima, pode-se compreender que o julgamento do defeito do produto ou do molde foi alcançado de forma mais precisa, de acordo com a invenção. Em outras palavras, pelo posicionamento do dispositivo de medição de deformação 5 no molde, dentro da região 15 definida pela distância que é dez vezes R a partir do centro de curvatura 7 da parte curva, a precisão de julgamento do defeito de produto ou do defeito de molde pode ser aperfeiçoada em comparação ao exemplo 3.

Enquanto a invenção foi descrita com referência às modalidades específicas escolhidas para fins de ilustração, deve ser aparente que inúmeras modificações podem ser realizadas à mesma pelos versados na técnica, 20 sem se distanciar do conceito básico e do escopo da invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de conformação a prensa, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma função (1);

5 pelo menos uma matriz (2), como um molde a ser medido, capaz de mover com relação à função, o molde sendo capaz de formar um produto possuindo pelo menos uma superfície curva; e

10 um dispositivo de medição de deformação (8), disposto no molde, para medir uma quantidade de deformação do molde gerada pela conformação a prensa, em que o dispositivo de medição de deformação (8) é posicionado no lado de direção de pressão com relação à extremidade de raio (24) de um ombro de matriz (22) no lado de saída de fluxo de material quando o molde é posicionado em um ponto morto inferior da conformação a prensa;

15 em que o dispositivo de medição de deformação (8) é posicionado em uma região perto do centro da curvatura com relação às superfícies (231, 241), cada um formando uma interseção com cada parte de extremidade (23, 24) da superfície curva do molde e inclinado, para longe da superfície curva, por 45 graus com relação a uma linha normal em cada parte de 20 extremidade (23, 24).

2. Dispositivo de conformação a prensa de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de medição de deformação (8) é posicionado dentro de uma região definida por uma superfície que está distante do centro de curvatura de uma superfície curva do molde 25 pela distância que é dez vezes R, onde R é um raio de curvatura da superfície curva.

3. Dispositivo de conformação a prensa de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de medição de deformação (8) é posicionado distante de uma superfície do molde por uma 30 distância igual a ou superior a 5 milímetros.

4. Dispositivo de conformação a prensa de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que compreende

adicionalmente uma matriz de retenção de molde (3) para aplicação de uma força de retenção de molde a uma peça de trabalho a ser processada.

5. Dispositivo de conformação a prensa de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o dispositivo 5 de medição de deformação (8) é um sensor de elemento piezelétrico.

6. Método de conformação a prensa utilizando o dispositivo de conformação a prensa como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que compreende:

o julgamento de se um produto (4) formado pelo dispositivo 10 apresenta defeitos quando uma quantidade de deformação medida pelo dispositivo de medição de deformação (8) está acima ou abaixo de uma faixa predeterminada.

7. Método de conformação a prensa utilizando o dispositivo de conformação a prensa como definido em qualquer uma das reivindicações 1 15 a 5, caracterizado pelo fato de que compreende:

o julgamento de se o molde (2) a ser medido é defeituoso quando uma quantidade de deformação medida pelo dispositivo de medição de deformação (8) está acima ou abaixo de uma faixa predeterminada.

Fig.1

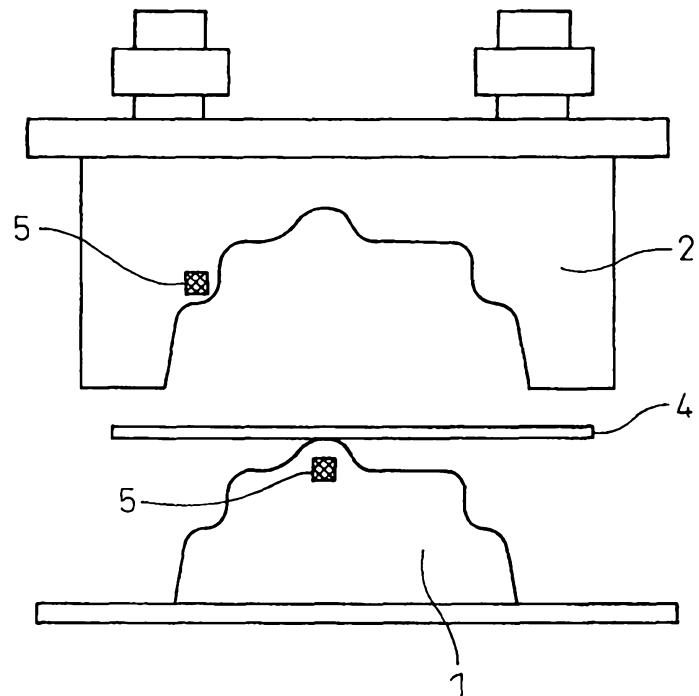


Fig.2

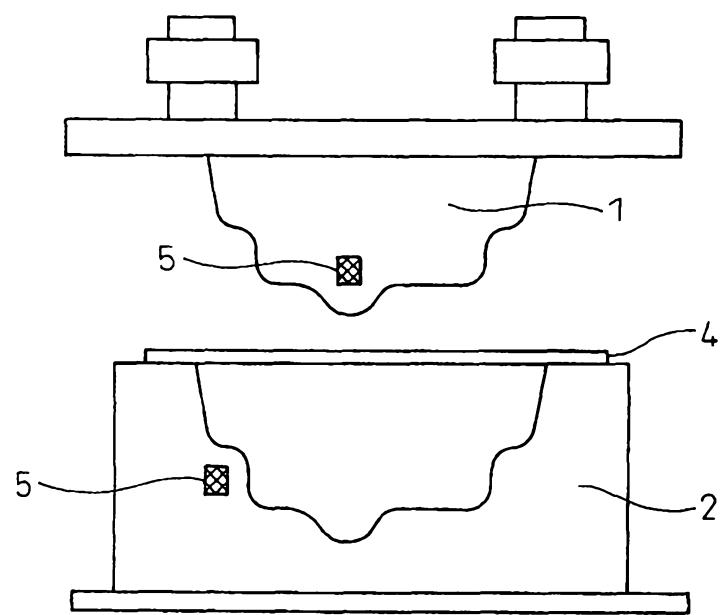


Fig.3

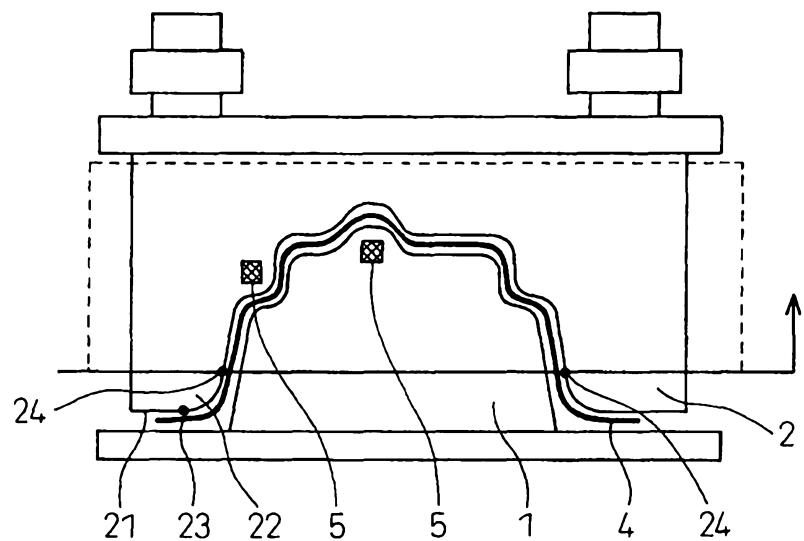


Fig.4

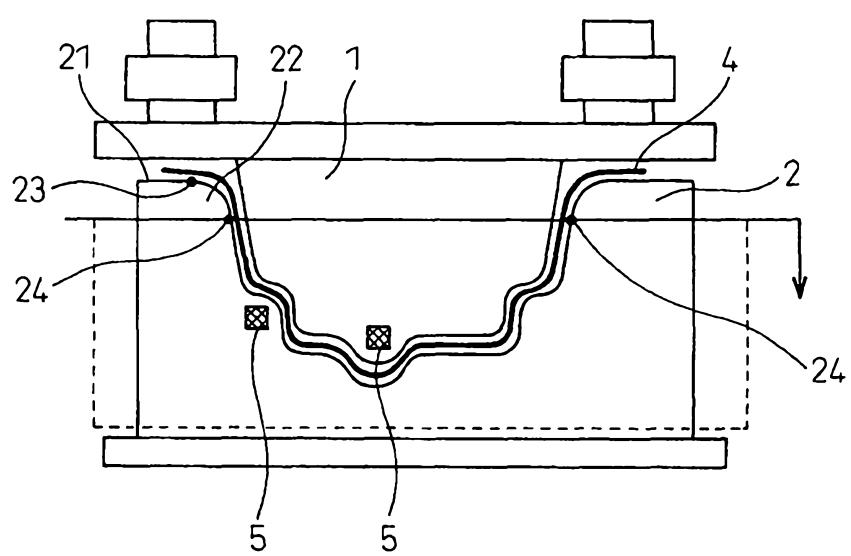


Fig.5

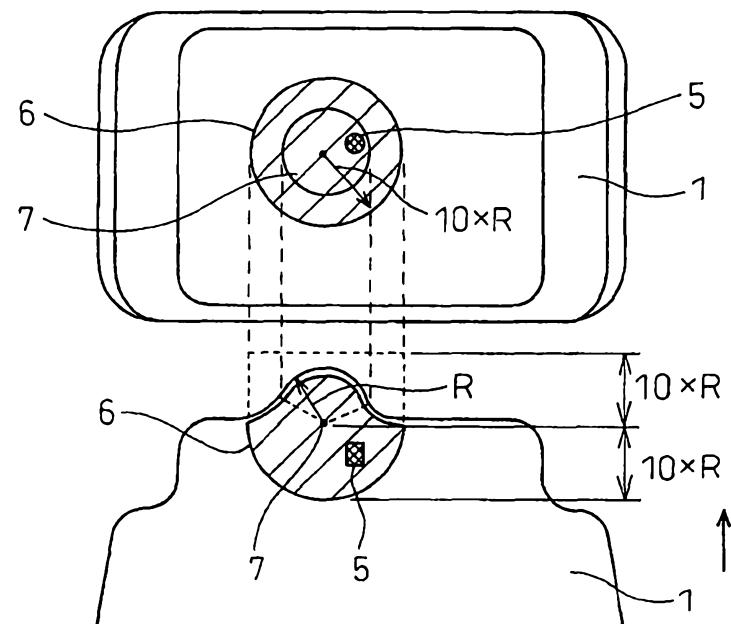


Fig.6

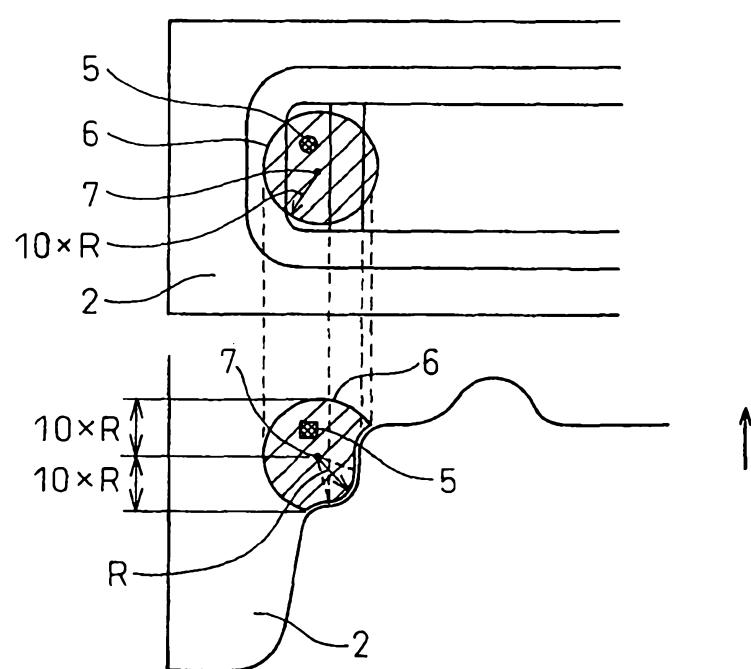


Fig.7

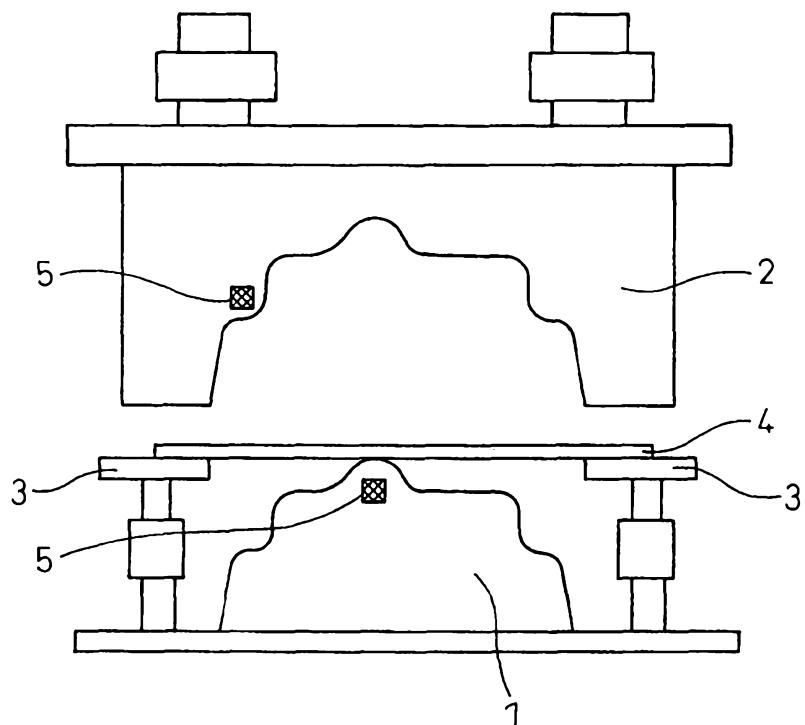


Fig.8

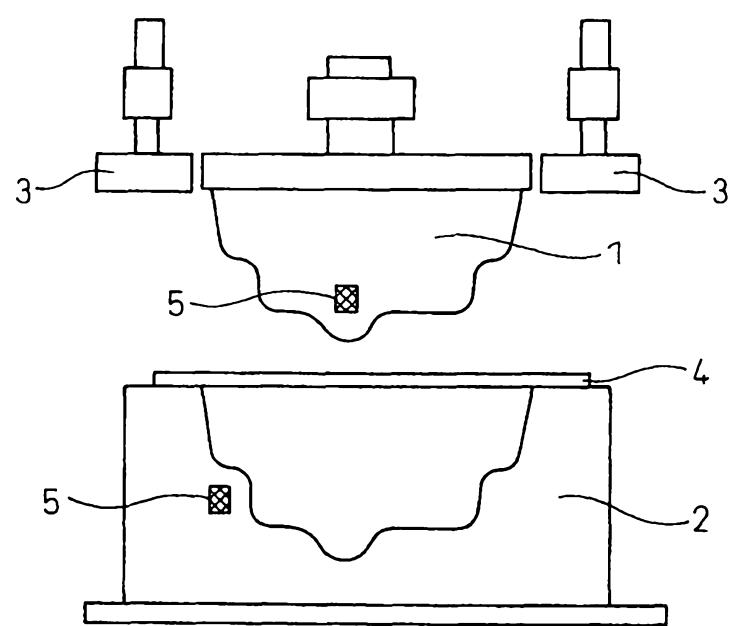


Fig.9a

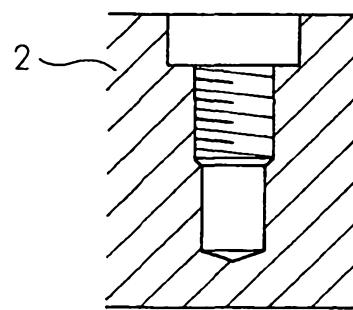


Fig.9b

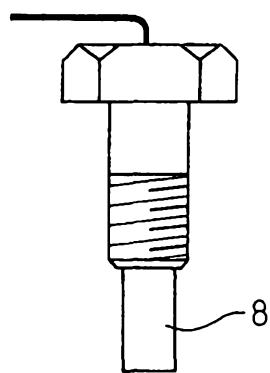


Fig.10

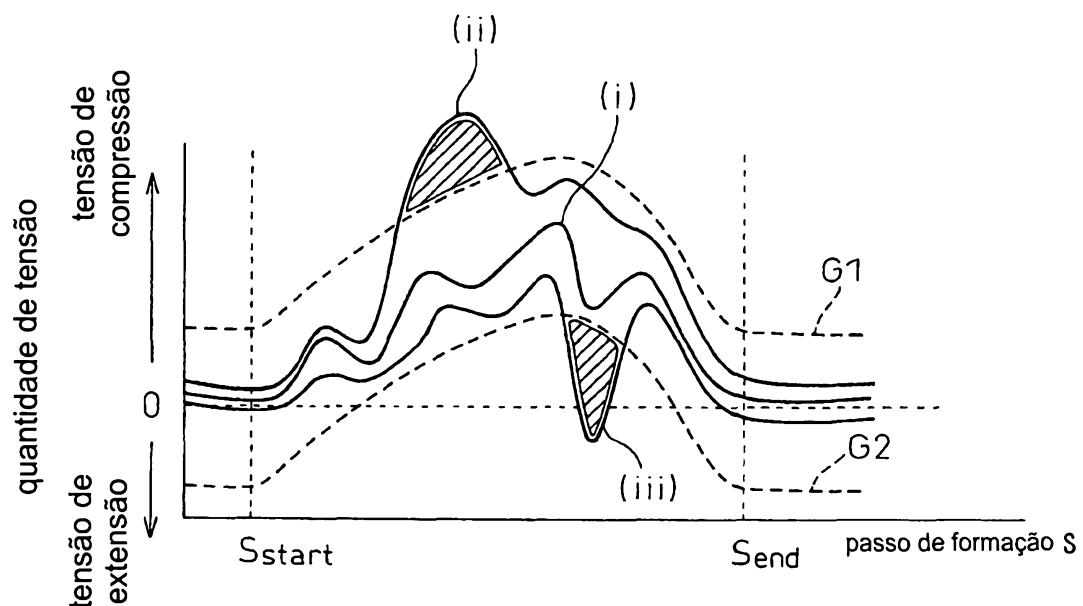


Fig.11

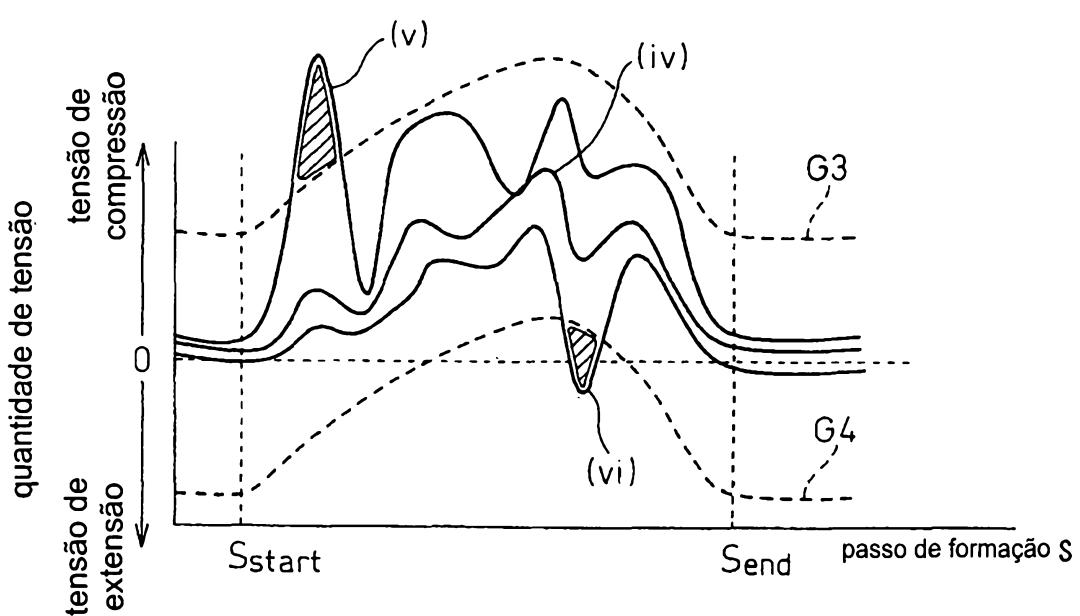


Fig.12

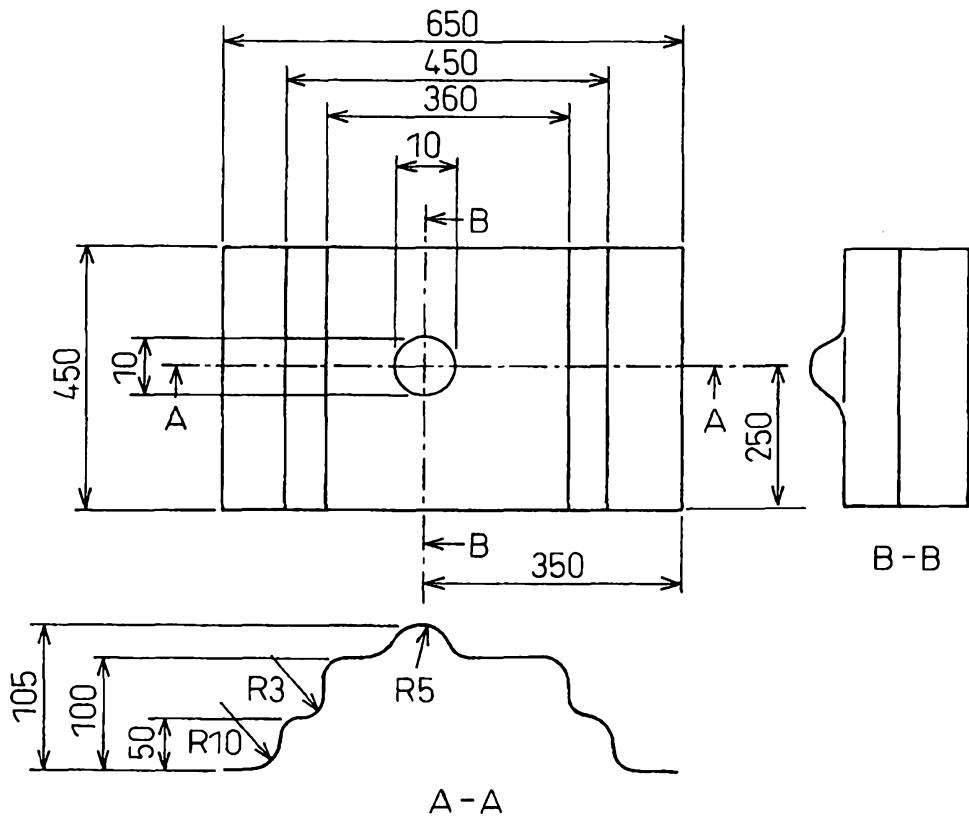


Fig.13

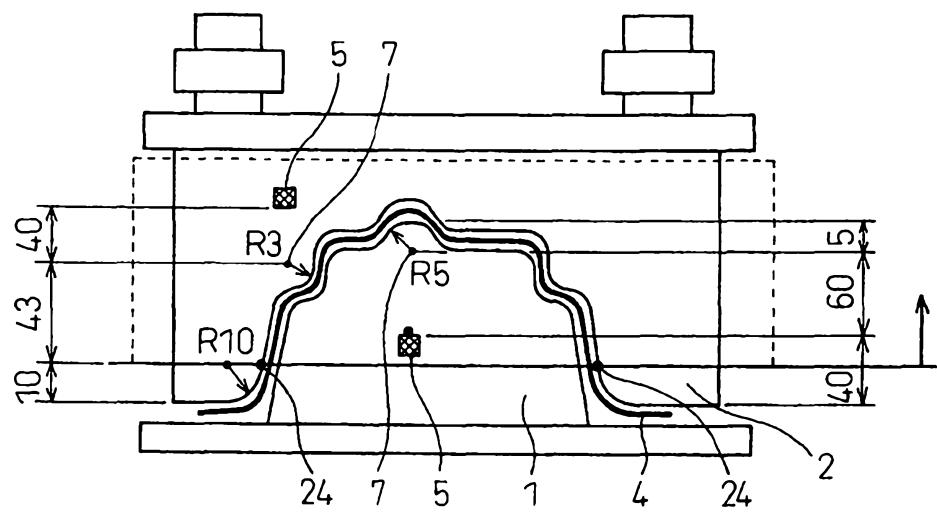


Fig.14

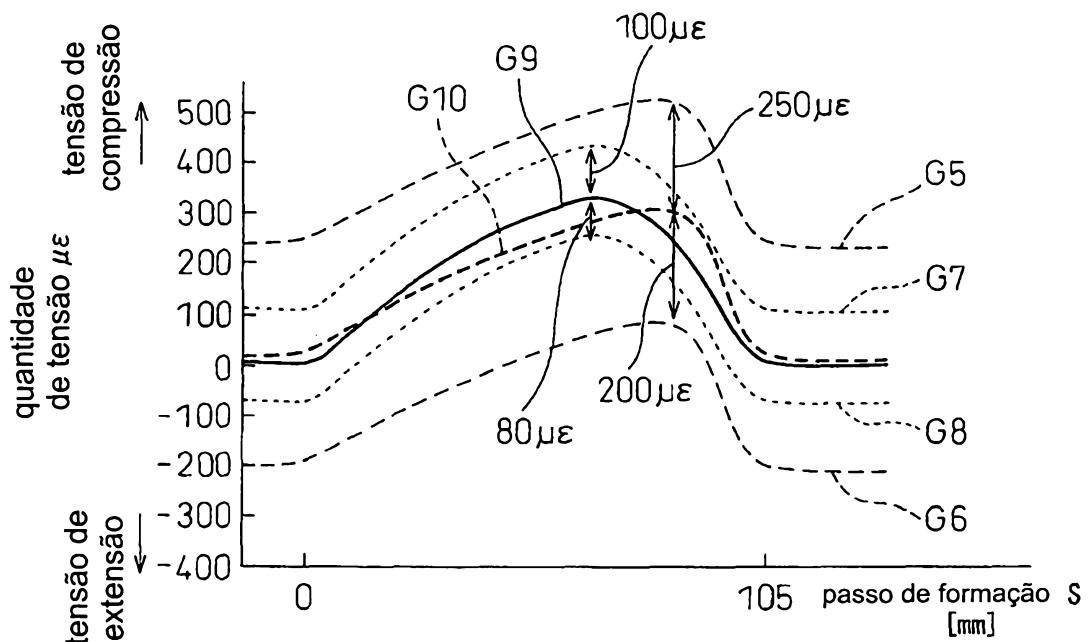


Fig.15

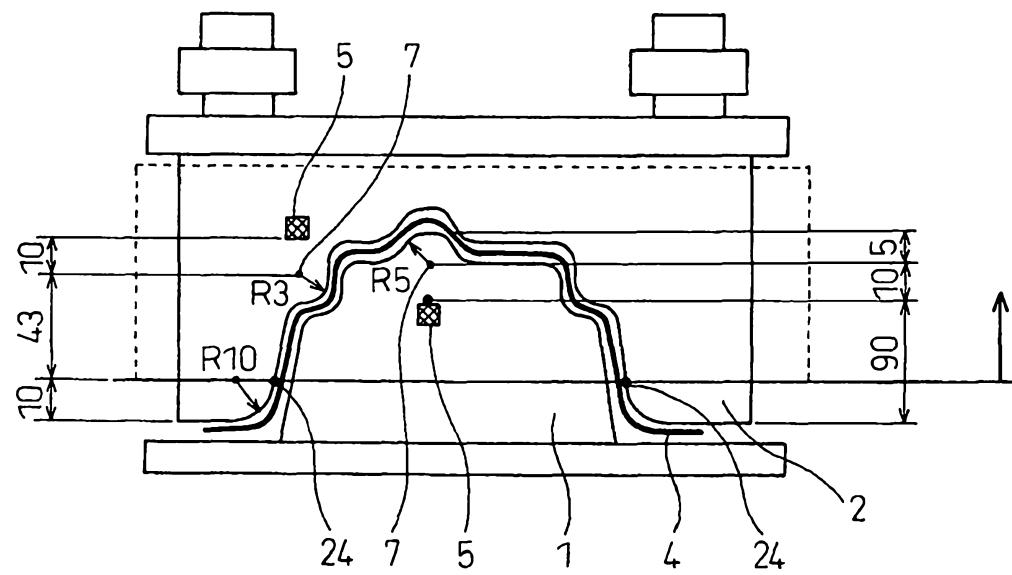


Fig.16

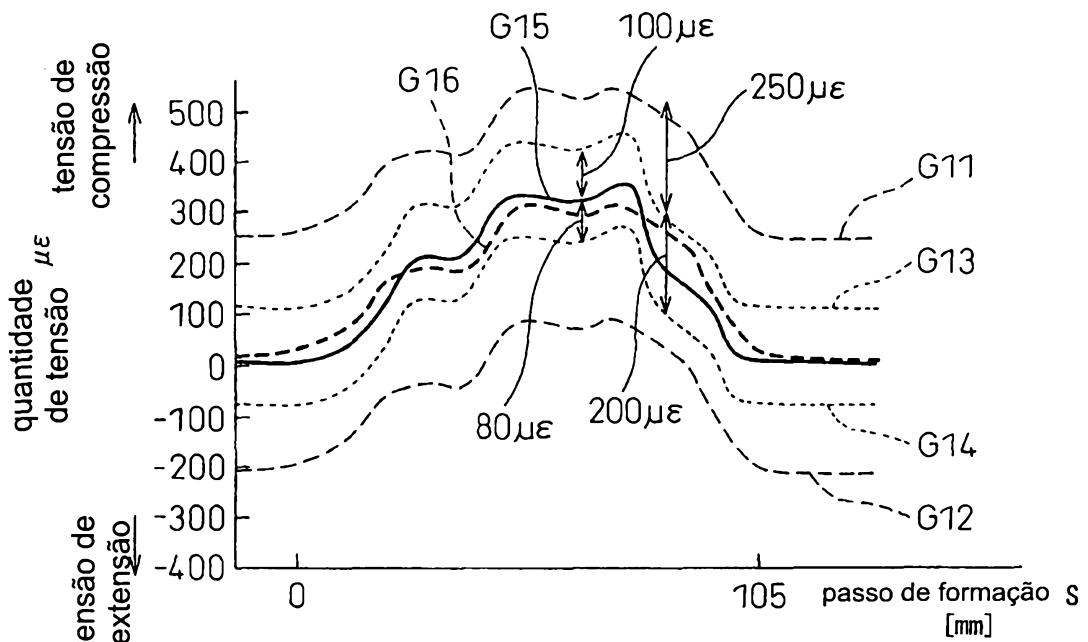


Fig.17

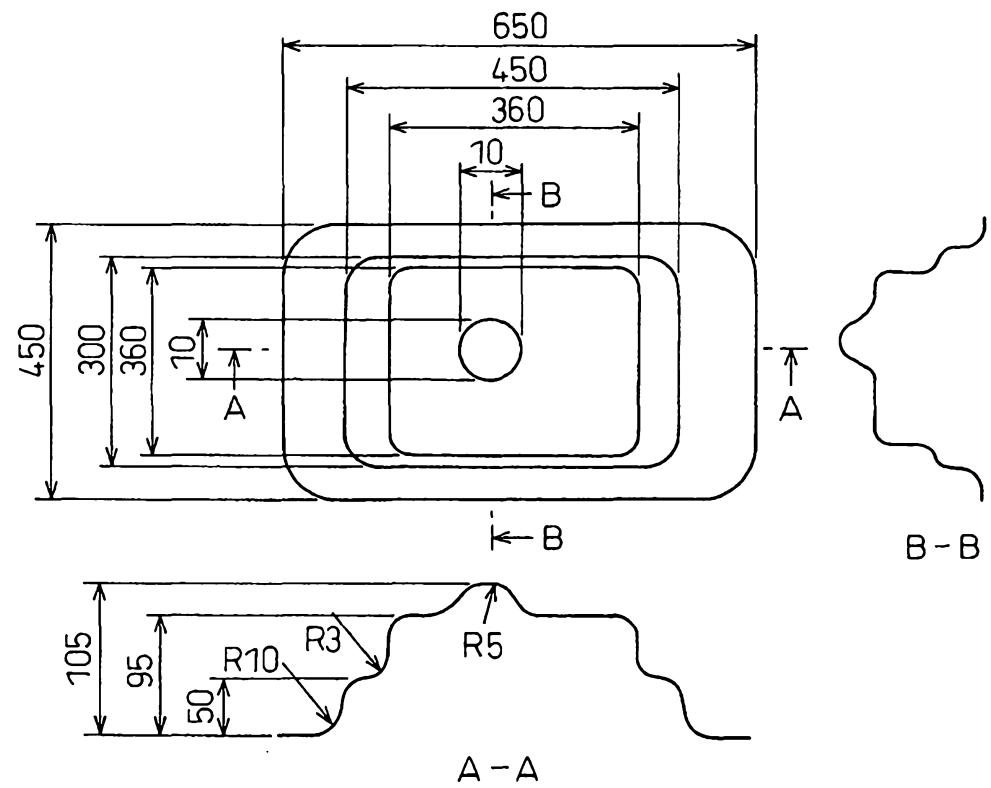


Fig.18

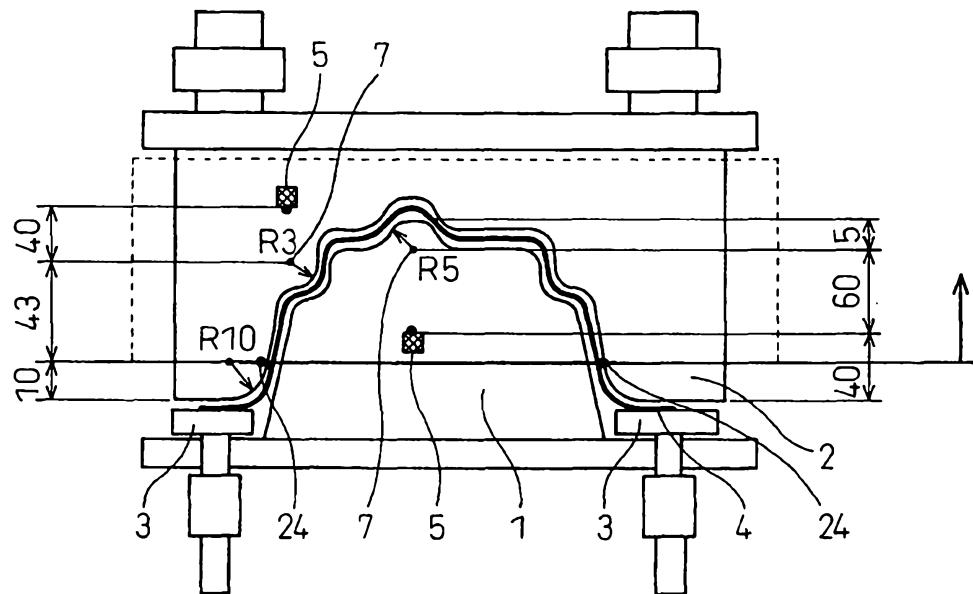


Fig.19

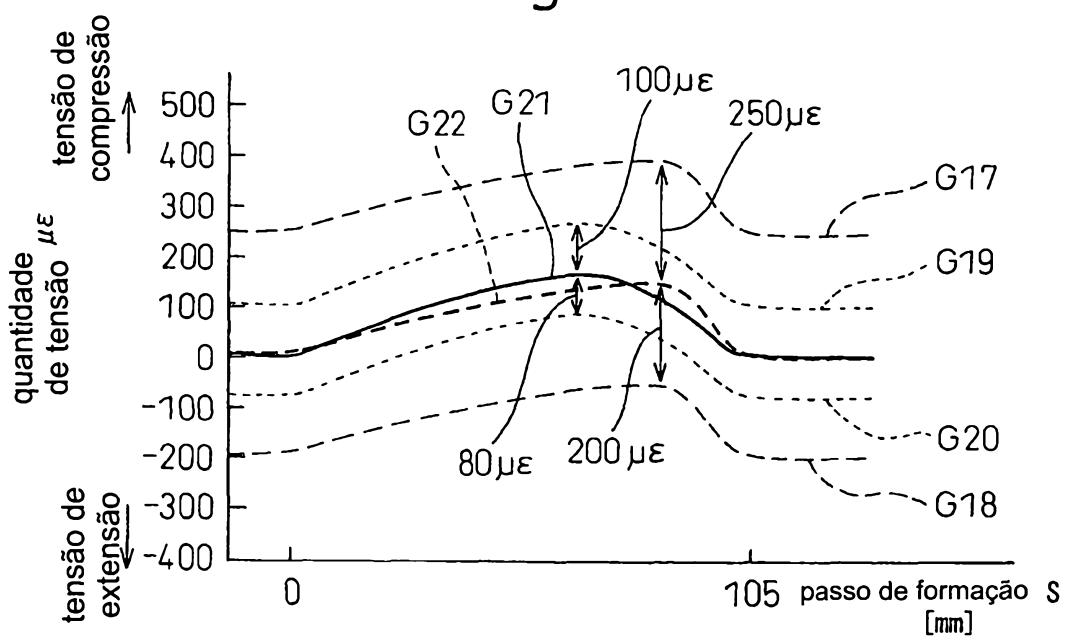


Fig.20

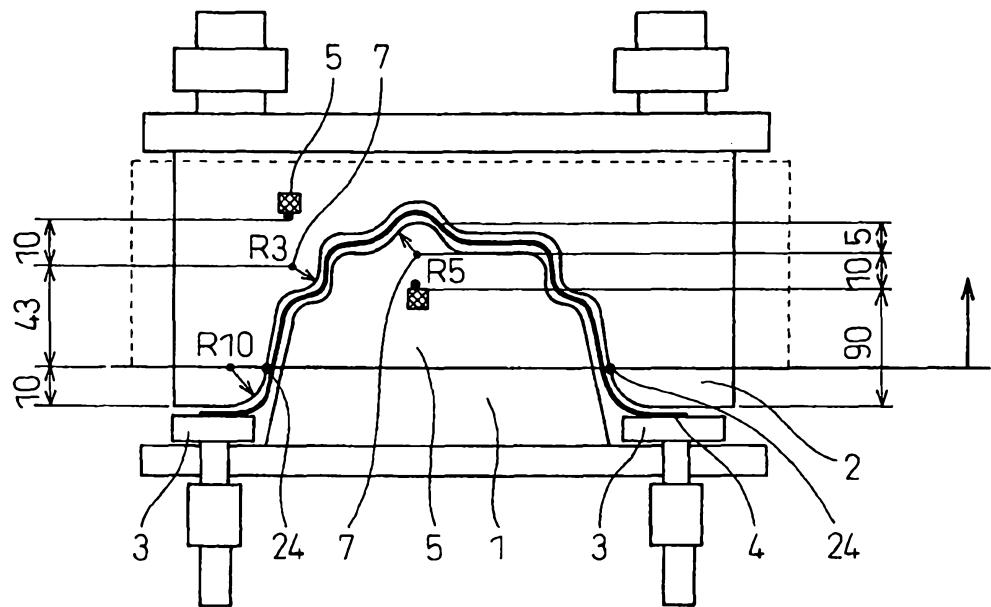


Fig.21

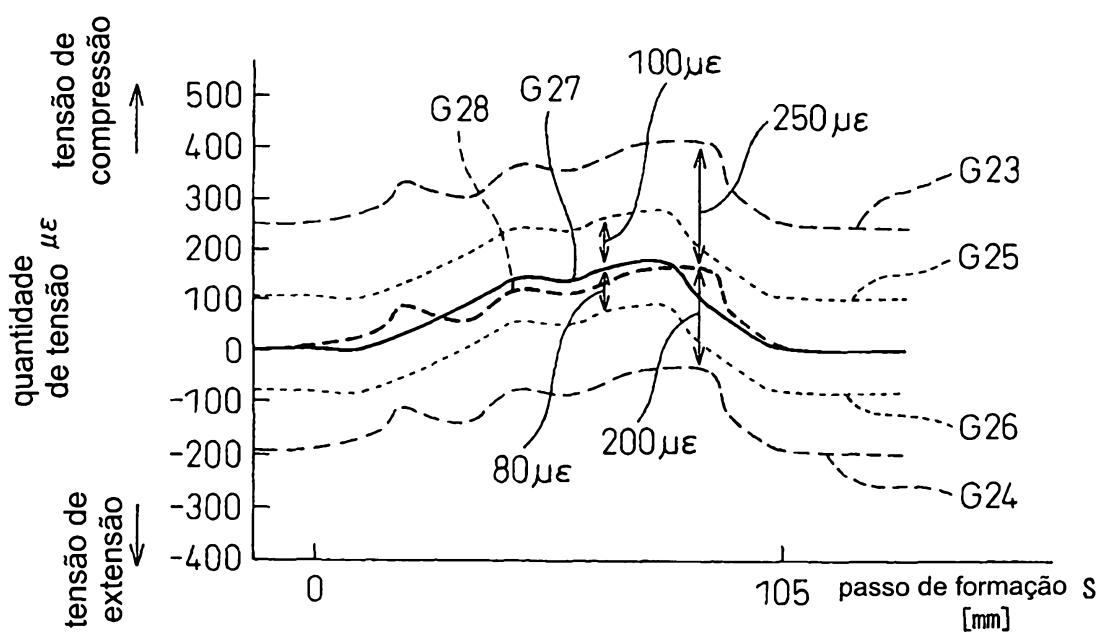


Fig.22

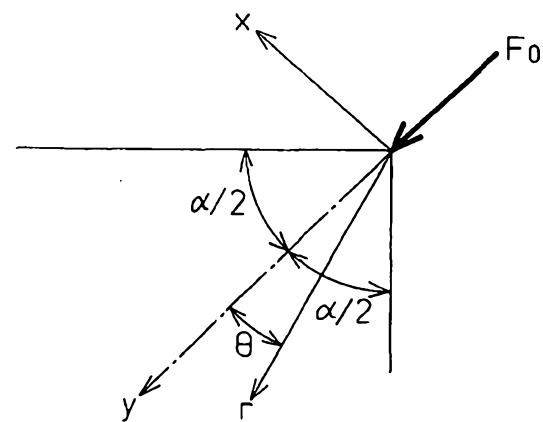


Fig.23

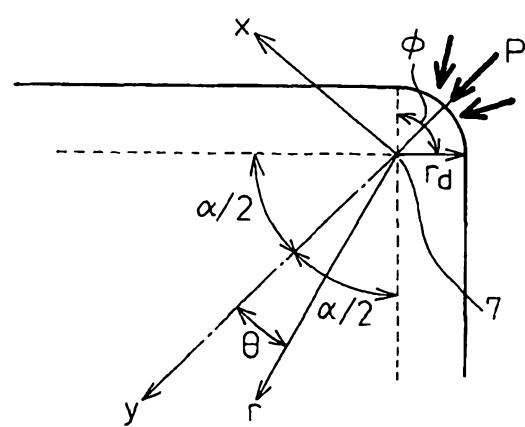


Fig.24

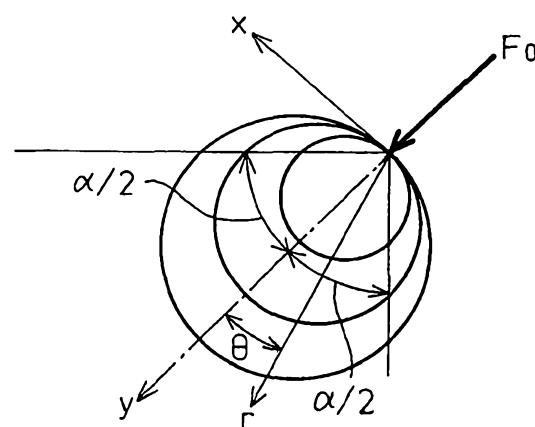


Fig.25

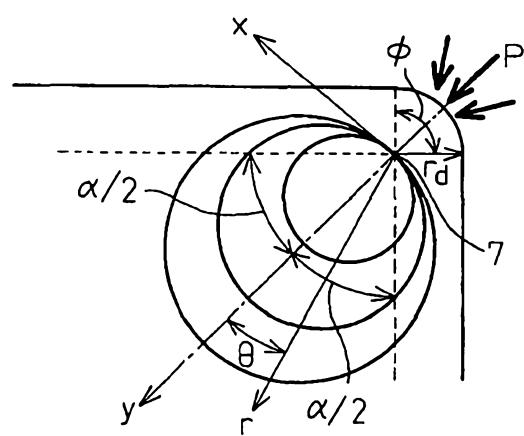


Fig.26

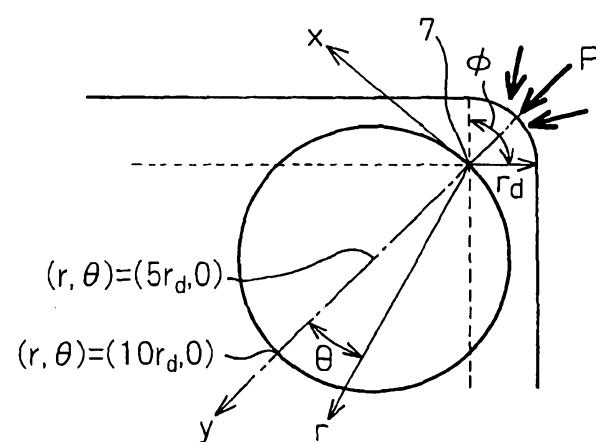


Fig.27

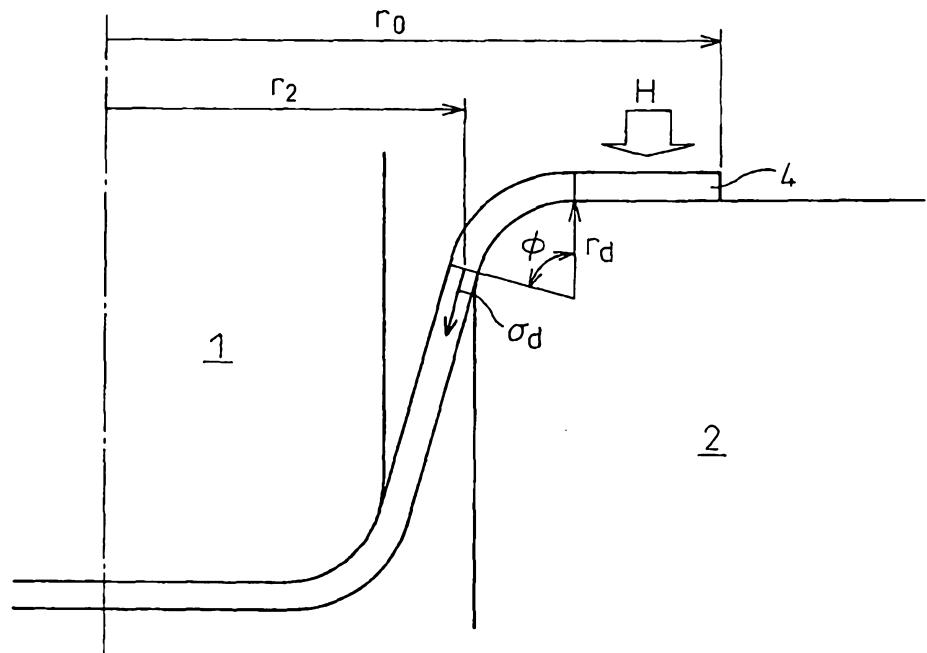


Fig.28

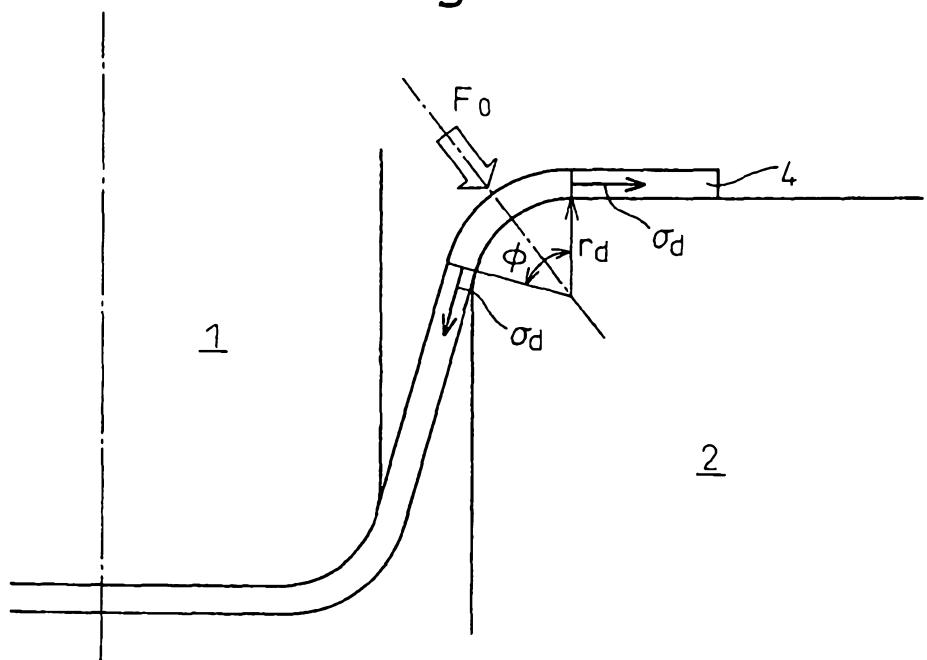


Fig.29

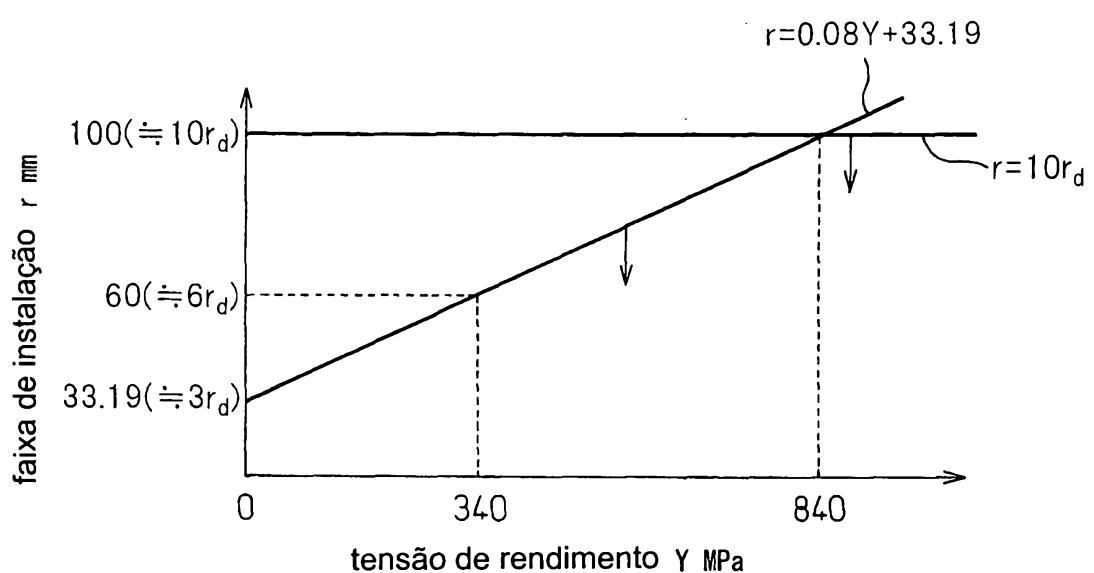


Fig.30

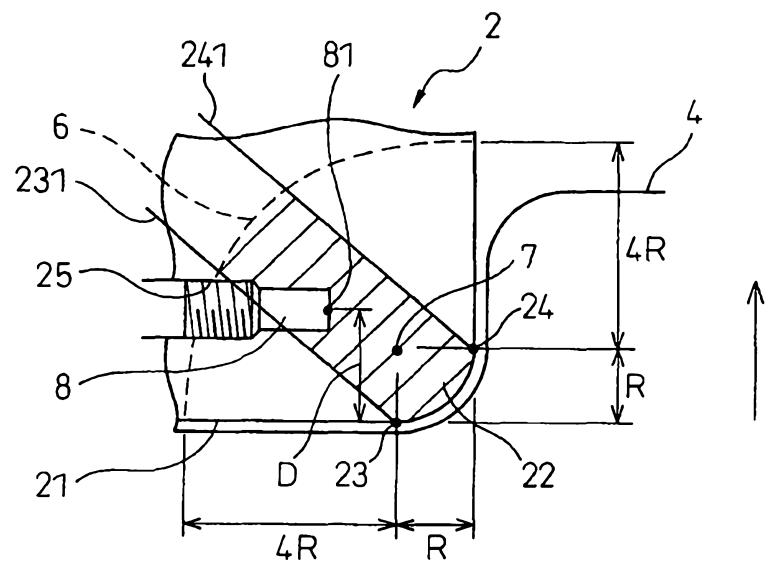


Fig.31

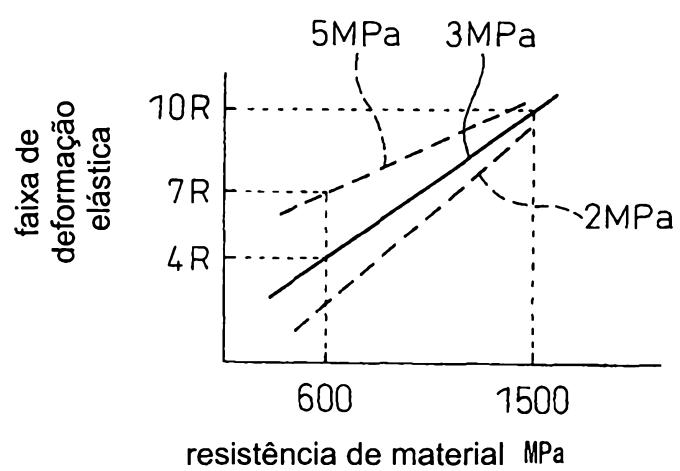


Fig.32

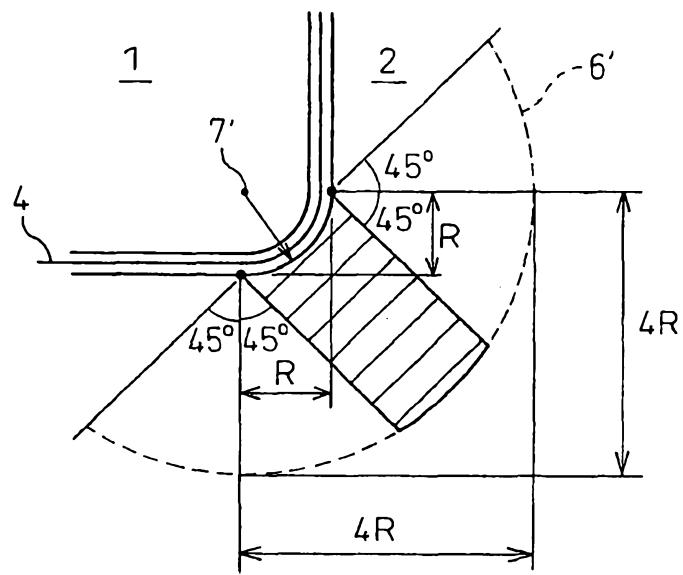


Fig.33

