



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

(11) PI 0408672-4 B1



(22) Data de Depósito: 03/03/2004

(45) Data da Concessão: 18/08/2015
(RPI 2328)

(54) Título: Dispositivo e método de calibração de nivelador multirolo para nivelar tiras metálicas e método para calibrar

(51) Int.Cl.: B21D1/02

(30) Prioridade Unionista: 07/03/2003 FR 03/02845

(73) Titular(es): USINOR

(72) Inventor(es): Alain Fouratier , Christian Hoff, Dominique Kircher, Eric Vasseur, Fabrice Tondo, Gilbert Petig, Jacques-Yves Bourgon, Olivier Madelaine-Dupuich, Philippe Wallendorf, Stéphane Rossi

“DISPOSITIVO E MÉTODO DE CALIBRAÇÃO DE NIVELADOR MULTI-ROLO PARA NIVELAR TIRAS METÁLICAS E MÉTODO PARA CALIBRAR”

[001] A presente invenção pertence ao campo metalúrgico, mais particularmente faz referência à produção de chapas metálicas e se relaciona à calibração de um nivelador multi-rolo, excluindo niveladores de tensão multi-rolo.

[002] É bem conhecido que niveladores são projetados para corrigir ou reduzir consideravelmente defeitos em chapas metálicas que resultam dos vários estágios de produção (laminação, resfriamento, tratamento térmico). Deve ser feita menção a defeitos progressivos (curvamento inicial) e defeitos não-progressivos (defeitos “ao longo da borda” ou “ao longo do centro”).

[003] Deve ser lembrado que o princípio de nivelamento a frio consiste esquematicamente em converter um defeito geométrico em um sistema de tensões residuais variáveis dentro da espessura por meio de tensões alternadas de curvamento. A chapa ou tira a ser nivelada assim passa através de uma estação formada por um conjunto que compreende pelo menos duas séries de rolos superiores e inferiores uma contra a outra. As duas séries são arranjadas aproximadamente paralelas uma da outra e perpendiculares à direção do movimento da chapa ou tira. Quando a chapa passa entre estes rolos, sofre uma deformação plástica parcial curvando em uma direção e a seguir na direção oposta. A amplitude do curvamento diminui progressivamente porque a imbricação dos rolos diminui à medida que segue adiante em direção à saída do nivelador. Conseqüentemente, será possível produzir produtos tendo uma excelente planicidade com um nível muito baixo de tensão residual, capaz de atender certas aplicações por exemplo na indústria de móveis de aço, em aparelhos elétricos, e na indústria automobilística.

[004] Tolerâncias mais apertadas para planicidade ou nível de tensão residual imposto por usuários requerem um melhor controle do comportamento mecânico de niveladores sem o que sua operação seria errática. Neste estágio da descrição, parece interessante para entender melhor os vários parâmetros descrever melhor os principais componentes de um nivelador multi-rolo.

[005] Com este propósito, a figura 1 mostra um nivelador, em corte longitudinal esquemático, compreendendo uma série de rolos inferiores 11, especificamente 11a a 11n (dez neste caso particular) e uma série de rolos superiores 12, especificamente 12a a 12n, respectivamente suportados por viga inferior 13 e viga superior 14. A tira metálica 12 é conduzida através do nivelador ao longo da direção indicada pela seta F. Os rolos 11, 12 são mutuamente imbricados em uma extensão que diminui ao longo da direção de movimento da tira. Assim a tira é significativamente deformada ao ser curvada entre os rolos de entrada 11a, 12a, 11b, mas muito pouco nos rolos de saída 11m, 12m, 11n da zona de saída do nivelador. Conseqüentemente, os defeitos geométricos na tira são convertidos por deformação plástica em um sistema de tensões residuais, cuja amplitude diminui com aquela da curvatura imposta pelos rolos.

[006] A figura 2 mostra esquematicamente meios conhecidos para ajustar a imbricação dos rolos; "tilt" (inclinação) caracteriza inclinação da viga superior 14 em relação à viga inferior 13 na direção de movimento da tira. A viga inferior é considerada plano de referência. A viga 14 é suportada sobre uma estrutura superior 15 por conjuntos de ajuste 16a, 16b, 16c, 16d, por exemplo, tipo porca e parafuso.

[007] Os conjuntos de ajuste de acordo com o exemplo acima do tipo porca parafuso são atuados por motores 19a e 19b por eixos motrizes 17a e 17b. Os acoplamentos 18a e 18b são usados para desacoplar

temporariamente os conjuntos de ajuste que eles conectam, de modo a permitir ajuste de paralelismo transversal (ou deslocamento) entre rolos superior e inferior, nos lados de entrada e saída do nivelador. A imbricação dos rolos então é ajustada por motores que simultaneamente acionam os conjuntos de ajuste na entrada ou saída do nivelador.

[008] O deslocamento tem que ser corrigido por um considerável número de operações na máquina. A inclinação é ajustada de modo padrão para modificar a imbricação dos rolos em particular, de acordo com as características da tira em processo.

[009] A figura 3 mostra esquematicamente em vista frontal um nivelador convencional, ilustrando meios disponíveis para compensar o curvamento dos rolos sob carga. Isto acontece porque as forças de reação durante o nivelamento da tira deformam o rolo. Para compensar esta deformação, os rolos niveladores são suportados por estágios de suporte e rolos ou rampas de contra pressão. As rampas de contra-pressão são montadas em estrutura chamada cassete colocada em um conjunto de rampas de contra-pressão que são independentes e ajustáveis na altura, estas rampas são distribuídas na direção transversal do nivelador. A figura 3 ilustra exemplo de onze colunas de meios de contra-pressão 21 para compensar curvamento dos rolos 11. O movimento lateral dos rolos é limitado por rolamentos 20. A posição vertical destas rampas pode ser ajustada com cunhas inclinadas ajustáveis 22.

[010] A figura 4 mostra, de maneira intencionalmente exagerada, as deformações causadas por estas rampas de contra-pressão nos rolos inferiores por um deslocamento vertical mais ou menos importante das rampas. As deformações podem ser produzidas nos rolos quer sob carga ou não.

[011] A figura 5 mostra um exemplo no qual a altura destes meios de contra-pressão pode ser ajustada com uma cunha inclinada 23

interposta entre os rolos de suporte 11 e um quadro inferior rígido 15'. O deslocamento relativo das cunhas inclinadas é provido por um cilindro 24 e pode ser medido, por exemplo, com um sensor de posição 25.

[012] No caso de um nivelador compreendendo 5 ou 6 níveis de rolos sobrepostos (não mostrados) rolos excêntricos são também presentes, se suportando sobre rolos intermediários e tornando possível ajustar a pressão do rolo de entrada 12a e o rolo de saída 12m.

[013] Assim, o ajuste total de um nivelador envolve muitos parâmetros, particularmente:

[014] - o ajuste do deslocamento (paralelismo transversal entre rolos superior e inferior) executado, por exemplo, por conjuntos de ajuste parafuso-porca, ou rampas de contra pressão;

[015] - ajuste da imbricação de rolo na entrada e saída do nivelador inclinando a viga;

[016] - ajuste dos meios de contra-pressão para compensar o curvamento dos rolos sob carga; e

[017] - tensão na tira.

[018] Para permitir o ajuste do nivelador de acordo com as características da tira, por conseguinte, é necessário calibrar ou inicializar o citado nivelador. Daí são necessários valores para determinar os ajustes de base adequados do nivelador para obter o efeito pretendido. Também é desejável conhecer os valores de ajuste controláveis pelos meios disponíveis (especialmente ajuste de imbricação, ajuste de altura de rolo de contra pressão) e também quantidade de jogo, elasticidade, e curvamento dos rolos durante nivelamento. Assim é possível levar em conta estes valores para ajustar o nivelador.

[019] Para se obter boa planicidade de produto, por conseguinte se requer:

[020] - que as folgas de entrada e saída devem ser precisamente calibradas, por exemplo em $\pm 0,05$ mm;

[021] - verificar ausência de inclinação ou deslocamento parasita nas vigas teoricamente paralelas a partir do ponto de vista do operador; e

[022] - calibrar precisamente a altura dos meios de contra-pressão, por exemplo em $\pm 0,02$ mm.

[023] No momento atual, operações de nivelamento, e em particular calibração, envolvem uma certa quantidade de empirismo por diversas razões:

[024] - os pré-ajustes ou gráficos indicados pelos fabricantes podem se mostrar não adequados;

[025] - uma verificação regular da calibração de nivelador freqüentemente é realizada pelos operadores usando produtos redondos de diâmetro calibrado que são introduzidos na folga para verificar seu valor, quando os rolos de nivelamento contatam a barra. Esta operação, executada sem carga, portanto não garante uma folga preciso quando o nivelador estiver sob carga (pressionando o produto), uma vez que jogo e elasticidade da máquina não são considerados. A precisão deste método de calibração é difícil de quantificar porque depende da sensibilidade e experiência do operador e sua reproducibilidade não é garantida.

[026] No entanto, um método foi proposto (Modeling of the levelling process and applications to heavy plate mills and strip finishing mill" METECCV Dusseldorf 1994) para caracterizar niveladores sob carga dinâmica e permitir sua calibração. Este método se baseia no uso de chapas de referência de diferentes formatos que incluem "strain_gages" em linha com cada meio de contra-pressão.

[027] Embora este método usando chapas instrumentadas seja perfeitamente adequado para definir os ajustes iniciais, no entanto é inadequado para monitorar regularmente sua operação apropriada. Isto ocorre

porque seu uso requer que a máquina seja parada por diversas horas, e porque um operador habilitado tem que trabalhar na máquina com sofisticados meios de medição, daí penalizando grandemente sua produtividade. Adicionalmente no caso de niveladores grandes, o tamanho das chapas e a dificuldade de manipulá-las se torna um problema significativo.

[028] Por conseguinte, há uma grande necessidade de um método facilmente implementável, que torne possível:

[029] - detectar quaisquer defeitos mecânicos de um nivelador;

[030] - verificar calibração da máquina em caso de dúvida;

[031] - verificar se os ajustes inicialmente definidos não se alteraram ao longo do tempo;

[032] - executar esta calibração muito mais rapidamente que no método de chapa instrumentada, e com precisão e reproducibilidade muito maior que do presente método manual que usa barras calibradas; e

[033] - ajustar com precisão a pressão dos rolos de entrada e saída agindo sobre meios excêntricos ou equivalentes.

[034] O objetivo da presente invenção é atender estes requisitos. Em particular, o objetivo da presente invenção é determinar, precisamente e simplesmente, as características de um nivelador realizando uma calibração reproduzível sob carga com cargas conhecidas.

[035] O objetivo da presente invenção também é determinar a posição dos ajustes de contra-pressão, de modo a permitir correção do curvamento dos rolos de nivelamento.

[036] O objetivo da invenção também é corrigir deslocamento do nivelador e verificar sua inclinação com as vigas paralelas.

[037] O objetivo da invenção também é particularmente garantir que os ajustes iniciais não se alterem ao longo do tempo.

[038] Visando estes objetivos, a matéria da presente invenção trata de um dispositivo para calibrar um nivelador multi-rolo para nivelar tira metálica compreendendo pelo menos um conjunto tendo duas séries de rolos, especificamente rolos inferiores e superiores colocados voltados um contra o outro, de modo a imbricar os rolos de uma série nos rolos da outra série, estas séries de rolos são colocadas substancialmente paralelas uma com a outra e perpendiculares à direção do movimento da tira em processo, o citado dispositivo se caracteriza pelo fato de adicionalmente incluir uma barra de medição rígida de comprimento suficiente para ser posicionada na direção de nivelamento entre o citado jogo dos citados rolos superior e inferior, se estendendo sobre todos os rolos, projeções rígidas integradas com a barra reproduzindo, quando colocadas apuradas com os rolos inferiores, a ação dos citados rolos inferiores e suas propriedades mecânicas, e uma placa metálica fina disposta sobre estas projeções e fixada a uma delas em torno do parte média da barra, a citada placa fina metálica tendo extensômetros para medir suas deformações elásticas.

[039] De acordo com um aspecto preferido da presente invenção, o comprimento da placa fina instrumentada é maior que a distância que separa o primeiro rolo do último rolo do nivelador, a largura da citada placa preferivelmente deve ser menor que de rolo ou rampa de contra-pressão.

[040] De acordo com um outro aspecto vantajoso da presente invenção, as características geométricas e mecânicas da citada placa fina são escolhidas de modo que quando esta placa fina é submetida a uma força que corresponde ao nivelamento das tiras de menor espessura e módulo de elasticidade mais baixo que são tratadas no nivelador, resulta em uma deformação dentro da região elástica do material da placa.

[041] De acordo com um outro aspecto vantajoso da presente invenção, os extensômetros podem ser "strain_gages" baseados em

extensômetros resistivos ou extensômetros de fibra óptica que medem mudança de comprimento em uma cavidade Fabry_Perot ou qualquer outro meio para medir deflexão local da citada placa fina.

[042] De acordo com um outro aspecto da presente invenção, a barra inclui um tirante de alinhamento inserido entre dois rolos inferiores para posicionar a citada barra de maneira precisa e reproduzível ao longo da direção longitudinal do citado nivelador.

[043] De acordo com outro aspecto da presente invenção pelo menos 2 extensômetros se localizam no centro e na parte inferior da placa, de modo que com a barra instrumentada colocada no lugar no nivelador, os extensômetros são localizados em linha com o 4º rolo a partir da entrada do nivelador e com o N-3º rolo a partir da saída do nivelador, o citado nivelador tendo N rolos.

[044] Vantajosamente, pelo menos dois extensômetros são posicionados na parte inferior da placa, de modo que uma vez a barra instrumentada colocada no lugar no nivelador, os citados extensômetros são localizados em linha com o segundo rolo a partir da entrada do nivelador e com N-1º rolo a partir da saída do nivelador, o citado nivelador tendo N rolos.

[045] De acordo com outro aspecto da presente invenção, a barra vantajosamente inclui uma extensão para facilmente manipulá-la dentro do nivelador.

[046] O objetivo da presente invenção também é um método para calibrar um nivelador multi-rolo usando o dispositivo de barra instrumentada definido acima que se caracteriza pelo fato de duas destas barras, incluindo uma placa instrumentada fina, serem posicionadas perto dos rolamentos no nivelador, as rampas de contra-pressão sendo completamente baixadas, as séries de rolos inferior e rolos superiores são levados uma em direção à outra com os meios de controle de pressão, de modo a exercer uma

força sobre as citadas barras de medição, esta força de referência correspondendo ao nivelamento das tiras tendo a menor espessura, a resistência ao escoamento mais baixa e o módulo de elasticidade mais baixo que podem passar no nivelador, a citada placa estando em um estado de deformação elástica. Uma vez esta força tendo sido atingida, as deformações da barra são medidas com os citados extensômetros, deduzindo das mesmas folga de referência, deslocamento, e inclinação do citado nivelador, procedendo às correções conforme os resultados obtidos, se apropriado.

[047] De acordo com um método preferido de implementação, a etapa de calibração definida acima é executada, e então em uma etapa subsequente as duas barras de medição, incluindo uma placa instrumentada, são posicionadas aprumadas com as rampas de contra-pressão mais próximas dos rolamentos, e as duas séries de rolos inferiores e rolos superiores são levadas uma em direção à outra com os meios de controle de pressão para prover folga de referência medida na etapa anterior, os deslocamentos das duas rampas de contra-pressão acima mencionados então são alterados para obter uma força idêntica à força de referência, medida a partir das deformações da placa fina instrumentada e através de deslocamento lateral das barras aprumadas com as outras rampas de contra-pressão, esta operação é repetida tantas vezes quanto necessárias até todos os meios de contra-pressão terem sido calibrados.

[048] De acordo com um outro método de implementação, são usadas tantas barras de medição, incluindo uma placa fina instrumentada definida acima, quantas rampas de contra-pressão houver, duas das citadas barras de medição são posicionadas próximas aos rolamentos no nivelador, as duas séries de rolos são levadas uma em direção à outra com os meios de controle de pressão, exercendo uma força de referência sobre as barras de medição, a citada força correspondendo ao nivelamento das tiras com

espessura mais fina, resistência ao escoamento mais baixa e módulo de elasticidade mais baixo que podem passar no citado nivelador, e com placa em estado de deformação elástica, as deformações sofridas pelas placas são medidas com extensômetros para deduzir das mesmas folga de referência, e se apropriado proceder à correção de deslocamento e inclinação do citado nivelador, a seguir todas as barras de medição são colocadas no nivelador, posicionadas respectivamente em linha com cada rampa de contra-pressão, as duas séries de rolos sendo levadas uma em direção à outra com os meios de controle de pressão para obter folga de referência, os deslocamentos dos meios de contra-pressão são alterados para obter a força de referência, e as deformações sofridas pelas placas são medidas com extensômetros para deduzir das mesmas folga e a força de pressão aplicada pelos rolos e, onde apropriado, proceder às correções de acordo com os resultados obtidos.

[049] Vantajosamente, os métodos de calibração descritos acima são implementados usando barras que incluem um tirante de alinhamento inserido entre dois dos rolos inferiores para posicionar cada barra de maneira precisa e reproduzível ao longo da direção longitudinal do nivelador, de modo que projeções rígidas, reproduzindo ação dos rolos inferiores, sejam colocadas alinhadas com estes rolos.

[050] A presente invenção será agora descrita mais precisamente, mas de modo nenhum propósito limitante, com referência às placas dos desenhos anexos, nos quais:

[051] - as figuras 1 a 5 ilustram o princípio e a construção de um nivelador multi-rolo já comentado anteriormente;

[052] - a figura 6 mostra um dispositivo de barra instrumentado de acordo com a presente invenção e o modo no qual tal dispositivo é posicionado em um nivelador multi-rolo;

[053] - a figura 7 ilustra um modo de fixar a placa fina a uma projeção da barra instrumentada;

[054] a figura 8 ilustra a pressão medida em um nivelador através da presente invenção, com as rampas de contra-pressão totalmente baixadas; e

[055] - a figura 9 ilustra a pressão medida em um nivelador através da presente invenção, depois da homogeneização em ambas direções, longitudinal e transversal.

[056] O dispositivo ilustrado na figura 6 consiste em primeiro lugar de uma barra rígida 8, por exemplo feita de aço, tendo um comprimento maior que do nivelador. Esta barra rígida inclui projeções fixadas 81, também rígidas, o espaçamento das quais reproduzindo com fidelidade a distância de centro a centro dos rolos 11 da viga inferior do nivelador. A geometria destas projeções é preferivelmente escolhida para criar um contato linear com uma placa fina disposta sobre elas. Por exemplo, projeções cilíndricas são escolhidas tendo um diâmetro próximo ao dos rolos do nivelador. O projeto geral da barra é feito com base nas condições de nivelamento para uma gama de produtos que requeiram uma carga mínima (mínimo curvamento dos rolos de nivelamento).

[057] Uma placa fina 82 é disposta sobre as projeções 81. A presença desta placa simula aquela de uma parte fina em contato linear com projeções tendo uma dureza comparável a dos rolos de nivelamento. O comprimento total desta placa é maior que a distância que separa o eixo geométrico do primeiro rolo do eixo geométrico do último rolo. A largura da placa, definida de modo que o suporte global seja suficientemente rígido, não deve exceder a largura de um meio de contra-pressão. A placa fina é integrada com a barra, sendo fixada a uma única projeção central da barra, de modo a permitir deformação livre da placa em ambos os lados do ponto de fixação

durante aplicação de pressão. A placa sendo fixada por parafuso 82, como ilustrado na figura 7, ou por um outro sistema equivalente.

[058] As características desta placa metálica são escolhidas de acordo com os seguintes pontos. Como mencionado acima, as tensões são aquelas definidas pelas condições de nivelamento para uma gama de produtos que requeira uma carga mínima. Por definição, estas condições resultam na deformação plástica do produto acabado (nivelado). As características da placa, no entanto, devem ser escolhidas de modo que estas mesmas condições resultem somente em sua deformação dentro da faixa elástica. Isto significa que pelo menos uma das seguintes características da placa, especificamente resistência ao escoamento, espessura, e módulo de elasticidade, deve ser maior que dos produtos nivelados.

[059] Vantajosamente, o dispositivo inclui uma extensão 85 de fácil manipulação, para ser movida transversalmente dentro do nivelador, por exemplo. Esta extensão também provê as conexões elétricas dos "strain_gages".

[060] A figura 6 mostra o dispositivo disposto sobre a série inferior de rolos 11 do nivelador. Para garantir que fique precisamente posicionada longitudinalmente com respeito aos rolos subjacentes, é conveniente empregar um sistema de posicionamento que pode ser, por exemplo, um tirante de alinhamento 84 integrado com a barra, que é inserida entre dois rolos inferiores 11 no nivelador. Desta forma, a barra é posicionada longitudinalmente de maneira precisa e reproduzível, as projeções rígidas reproduzindo a ação dos rolos inferiores perfeitamente aprumadas com estes rolos. No entanto, outros meios de posicionamento equivalentes também podem ser empregados, desde que proporcionando o mesmo nível de precisão.

[061] Como pode ser visto, dois extensômetros 83a e 83b (por exemplo “strain_gages” ou “strain_gages” de fibra óptica que refletem mudança no comprimento em cavidade Fabry_Perot, ou qualquer outro meio para medir deflexão local da placa fina) são fixados à parte inferior da placa fina. Esta localização deve corresponder aos seguintes dados.

[062] - os dois extensômetros são colocados tão próximos quanto possível das extremidades (entrada e saída) do nivelador, de modo a medir por diferença a inclinação da máquina tão precisamente quanto possível.

[063] - para obter maior precisão possível, os extensômetros são colocados em uma região altamente tensionada no curvamento, portanto localizá-los a uma distância intermediária entre dois rolos superior e inferior (deformação zero) não atende o propósito desejado;

[064] - vantajosamente, os extensômetros são posicionados na parte da placa fina estressada por alongamento. Embora seja teoricamente possível localizá-los na parte comprimida, as dificuldades para posicioná-los na superfície diretamente em contato com rolos tornam esta opção substancialmente mais difícil de implementar;

[065] - também é recomendável localizar os extensômetros em ponto considerado completamente embutido, as condições limite dos mesmos sendo definidas somente pelas posições dos rolos. Esta condição não é atendida com os rolos 12a e 12m em linha na figura 6, uma vez que a chapa fica livre além dos rolos 11a e 11n. Esta condição no entanto é plenamente preenchida com rolos 12b e 12l em linha. De modo geral, se N é o número total de rolos do nivelador (i.e., $m+n$ é a soma do número de rolos das séries superior e inferior) 1 é o rolo de entrada e N o rolo de saída, os extensômetros são preferivelmente localizados na face em extensão da placa fina em linha com o 4º rolo (portanto, no lado de entrada do nivelador) e em linha com $N-3^\circ$ rolo (na saída do nivelador). Os extensômetros são colocados no centro da

placa em linha com os dois rolos acima mencionados, para medir a deformação por curvamento local máximo.

[066] - No entanto, pode ser vantajoso também colocar os extensômetros em regiões onde a pressão tem que ser controlada mais rigidamente, e onde meios específicos são colocados para atuar nos mesmos. Este é o caso que ocorre na entrada ou saída do nivelador, onde a pressão pode ser modificada especialmente por excêntrico atuando indiretamente nos rolos 12a e 12m. Neste caso, pode ser vantajoso colocar extensômetros no centro da placa, em linha com os dois rolos acima mencionados (83c e 83d, na figura 6) para medir a deformação local. Se isto for significativamente diferente do medido em qualquer outro ponto longitudinal na barra em linha com um rolo (por exemplo, nivelado com rolos 12b e 12l), pode se concluir disto que há um ajuste imperfeito do excêntrico (por exemplo, por aplicação de superpressão), que deve ser modificado.

[067] A espessura total do dispositivo (barra+projeções+placa+sistema de alinhamento) é suficiente grande para garantir rigidez da montagem, e ainda permanecer compatível com a abertura máxima disponível no nivelador.

[068] Para medição, a barra é colocada entre rolos inferior e superior do nivelador. O fim de curso (stop) 84 (ou sistema de posicionamento equivalente) posiciona a barra em relação a estes rolos e assim garante que a barra inteira seja disposta longitudinalmente em relação ao nivelador, como apropriado. Uma vez que a posição transversal de uma barra em relação à rampa de contra-pressão não é crítica, a mesma pode ser posicionada colocando a barra ao longo do eixo geométrico do meio de contra-pressão usando um dispositivo de medição padrão ou um sistema equivalente.

[069] O procedimento a seguir descreve a citada etapa que determina e corrige deslocamento e inclinação de nivelador:

[070] Duas barras de medição 8, com placa instrumentada, são arranjadas no nivelador tão próximas quanto possível dos rolamentos 20, com as rampas de contra-pressão 21 totalmente baixadas. Em uma primeira etapa, as duas séries de rolos 11 e 12 são levadas uma em direção à outra com os meios de controle de pressão (motores 19a e 19b), de modo a exercer uma força de nivelamento. Para garantir maior precisão ao método de calibração, esta força de nivelamento de referência é escolhida de modo a reproduzir a força mais baixa dentro da gama de aplicação industrial do nivelador, que corresponde ao nivelamento dos produtos mais finos, com módulo de elasticidade mais baixo, e resistência ao escoamento mais baixo. As deformações medidas nas barras 8 permitem deduzir das mesmas folga (chamada "folga de referência"). Examinando e comparando valores de folga de referência medidos ao longo das direções longitudinal e transversal do nivelador, será possível corrigir deslocamento e inclinação do nivelador, por exemplo por meio de ajustes 16a, 16b, 16c, 16d de dispositivos tipo porca-parafuso ou equivalentes.

[071] O procedimento a seguir descreve uma etapa subsequente visando determinar folga e pressão aplicada pelos rolos em linha com os meios de contra-pressão.

[072] Duas barras de medição 8 são posicionadas apuradas com as primeira e segunda rampas de contra-pressão 21a e 21k mais próximas dos rolamentos. As duas séries de rolos inferiores 11 e rolos superiores 12 são levadas uma em direção à outra com os meios de controle de pressão para prover folga de referência medida na etapa anterior. Os deslocamentos dos meios de contra-pressão 21a e 21k em questão variam de modo a obter a força de referência, a medição sendo provida com base nas deformações da placa fina instrumentada 82 das barras 8. Esta etapa é repetida, deslocando lateralmente as barras em linha com dois outros meios de contra-pressão 21

tantas vezes quanto necessárias, até que todos os meios de contra-pressão 21 tenham sido calibrados.

[073] Com propósito de executar calibração e ajuste mais rapidamente, também é possível empregar tantas barras de medição 8, incluindo placa fina instrumentada 82, quantas rampas de contra-pressão houver 21. A primeira etapa permanece igual à descrita acima, onde a etapa seguinte consiste colocar uma barra 8 sob cada rampa 21.

[074] Como exemplo, os seguintes resultados ilustram a invenção, dispositivo e método foram usados para caracterizar nivelador multi-rolo. Na figura 8, os números 1 e 9 correspondem aprumo com primeira e última rampas de contra-pressão deste nivelador, enquanto o número 5 é o eixo geométrico longitudinal do nivelador. A figura 8 ilustra variação transversal na pressão medida na entrada (E) e saída (S) do nivelador por meio de barras de placa instrumentada, com as rampas de contra-curvamento totalmente baixadas. A primeira etapa permite identificar qualquer curvamento dos rolos sob carga, e também qualquer torcimento do cassete do nivelador.

[075] A figura 9 ilustra a pressão medida no mesmo nivelador depois da correção feita nos meios de contra-pressão, levando em conta as indicações a partir da etapa de caracterização acima. O curvamento dos rolos e folga da máquina sob carga foram feitas uniformes. A pressão nas barras instrumentadas depois desta operação de calibração é $0,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.

[076] Deve se dito ainda que a presente invenção não se limita aos exemplos descritos acima, outrossim se estende a muitas versões alternativas equivalentes desde que sua definição, dada nas reivindicações que se seguem, seja reproduzida. De uso simples para operador, permite estabelecer diagnóstico de desvios e significativamente melhorar a qualidade dos produtos nivelados, provendo maior planicidade e regularidade.

REIVINDICAÇÕES

1. DISPOSITIVO DE CALIBRAÇÃO DE NIVELADOR MULTI-ROLO PARA NIVELAR TIRAS METÁLICAS, compreendendo pelo menos um conjunto que consiste de duas séries de rolos, especificamente rolos superiores (11) e rolos inferiores (12), voltados um contra outro de modo a imbricar os rolos de uma série nos rolos da outra série, as citadas séries de rolos sendo colocadas substancialmente paralelamente umas com as outras, perpendicularmente à direção do movimento da tira a ser nivelada, caracterizado pelo fato de que adicionalmente incluir uma barra de medição rígida (8) tendo comprimento suficiente para ser posicionada na citada direção de nivelamento entre o citado jogo dos citados rolos superiores e inferiores, se estendendo sobre os rolos, projeções rígidas (81) integradas com a barra reproduzindo, quando dispostas aprumadas com os rolos inferiores, a ação dos citados rolos inferiores (11) e suas propriedades mecânicas, e uma placa metálica fina (82) suportada nestas projeções e fixada a uma delas pela parte central da barra, a citada placa metálica tendo extensômetros (83) para medir suas deformações elásticas.

2. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o comprimento da citada placa fina instrumentada (82) ser maior que a distância que separa o eixo geométrico do primeiro rolo (11a) do eixo geométrico do último rolo (11n) do citado nivelador, e a largura da citada placa ser menor que a largura de uma rampa ou rolo de contra-pressão.

3. DISPOSITIVO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que as características geométricas e mecânicas da citada placa fina (82) serem escolhidas de forma que esta placa fina seja submetida a uma força que corresponda ao nivelamento das tiras, tendo a espessura mais fina, a resistência ao

escoamento mais baixa, e o módulo de elasticidade mais baixo, que devem passar no citado nivelador, daí resultando uma deformação dentro da região elástica do material da citada placa.

4. DISPOSITIVO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que os extensômetros (83) serem “strain_gages” baseados em mudança de resistência, ou extensômetros de fibra ou outra que medem a mudança no comprimento de uma cavidade Fabry_Perot, ou meios para medir deflexão local da citada placa fina (82).

5. DISPOSITIVO, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a citada barra (8) incluir um tirante de alinhamento (84) inserido entre dois dos citados rolos inferiores (11) para posicionar a citada barra de uma maneira precisa e reproduzível ao longo da direção longitudinal do citado nivelador.

6. DISPOSITIVO, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que pelo menos dois dos citados extensômetros (83) serem posicionados no centro e na parte inferior da placa (82), de modo que, uma vez a barra instrumentada colocada no nivelador, os citados extensômetros são localizados em linha com o 4º rolo (12b) a partir da entrada do nivelador e com o N-3º rolo (12l) a partir da saída do nivelador, o citado nivelador tendo N rolos.

7. DISPOSITIVO, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que pelo menos dois dos citados extensômetros (83) serem posicionados no centro e na parte inferior da placa (82), de modo que, uma vez a barra instrumentada colocada no nivelador, os citados extensômetros são localizados em linha com o 2º rolo (1a) a partir da entrada do nivelador e com o N-1º rolo (12m) a partir da saída do nivelador, o citado nivelador tendo N rolos.

8. DISPOSITIVO, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a citada barra rígida (8) incluir uma extensão (85) para manipulá-la dentro do citado nivelador.

9. MÉTODO DE CALIBRAÇÃO DE NIVELADOR MULTI-ROLO, usando o dispositivo reivindicado em qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que as duas citadas barras de medição (8), incluindo placa fina instrumentada (82), serem dispostas próximas rolamentos (20) no citado nivelador, com as rampas de contra-pressão (21) completamente baixadas, as séries de rolos inferiores (11) e rolos superiores (12) são levadas uma em direção à outra com os meios de controle de pressão, de modo a exercer uma força de referência sobre as citadas barras de medição, a citada força de referência correspondendo ao nivelamento das tiras tendo a espessura mais fina, a resistência ao escoamento mais baixa, e o módulo de elasticidade mais baixo que podem passar no citado nivelador, com a citada placa em estado de deformação elástica e uma vez esta força tendo sido alcançada, as deformações das barras são medidas com os citados extensômetros (83), deduzindo das mesmas folga de referência, deslocamento, e inclinação do citado nivelador, e procedendo às correções, conforme resultados obtidos, quando apropriado.

10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, usando o dispositivo reivindicado em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que, em etapa subsequente, duas das citadas barras de medição, incluindo placa instrumentada (82), serem posicionadas transversalmente no citado nivelador e apuradas com as rampas de contra-pressão mais próximas dos rolamentos (21a) e (21k), as duas séries de rolos inferiores (11) e rolos superiores (21) sendo levadas uma em direção à outra com os meios de controle de pressão, até obter a citada folga de referência, os deslocamentos das rampas de contra-pressão (21a) e (21k) variam de modo a

obter a citada força de referência medida a partir das deformações da placa (82), as citadas barras sendo movidas lateralmente sob as citadas rampas de contra-pressão (21), e sob ação da citada força, sendo determinadas folga e força de pressão aplicada pelos rolos em linha com cada uma das citadas rampas de contra-pressão (21) do nivelador.

11. MÉTODO DE CALIBRAÇÃO DE NIVELADOR MULTI-ROLO, usando o dispositivo reivindicado em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que são usadas tantas das citadas barras de medição, incluindo placa fina instrumentada (82), quantas rampas de contra-pressão houver, e de as citadas duas barras de medição, incluindo placa fina instrumentada (82), serem posicionadas próximas aos rolamentos (20) no citado nivelador, as duas séries de rolos sendo levadas uma em direção à outra com os meios de controle de pressão, de modo a exercer uma força de referência sobre as citadas barras de medição, a citada força correspondendo ao nivelamento das tiras tendo a espessura mais fina, a resistência de escoamento mais baixa, e o módulo de elasticidade mais baixo, que podem passar no citado nivelador, e com a citada placa em um estado de deformação elástica, as deformações sofridas pelas citadas placas são medidas com os citados extensômetros (83), deduzindo das mesmas folga de referência e procedendo à correção de deslocamento e inclinação do citado nivelador, e a seguir todas as citadas barras de medição são colocadas no nivelador posicionadas respectivamente em linha com cada rampa de contra-pressão (21), as duas séries de rolos sendo levadas uma em direção à outra com os meios de controle de pressão para obter a citada folga de referência, os deslocamentos das rampas de contra-pressão (21) sendo alterados para obter a citada força de referência, as deformações sofridas pelas citadas placas são medidas com os citados extensômetros, deduzindo das mesmas folga e força de pressão aplicada pelos rolos, e procedendo às correções, conforme resultados obtidos, quando apropriado.

12. MÉTODO PARA CALIBRAR o nivelador reivindicado em qualquer uma das reivindicações 9 a 11, caracterizado pelo fato de que o dispositivo reivindicado na reivindicação 5 ser inserido entre dois dos citados rolos (11) para posicionar com o tirante de alinhamento (84) a citada barra (8) de maneira precisa e reproduzível na direção longitudinal do citado nivelador, para as projeções rígidas (82), que reproduzem ação dos rolos inferiores (11), serem dispostas alinhadas com os rolos.

1/5

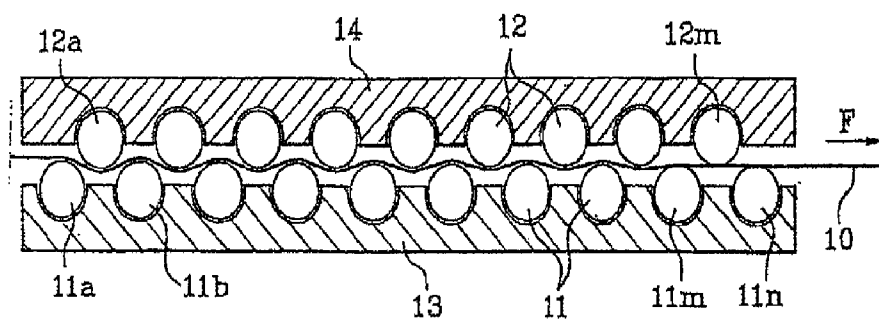


FIG.1

TÉCNICA ANTERIOR

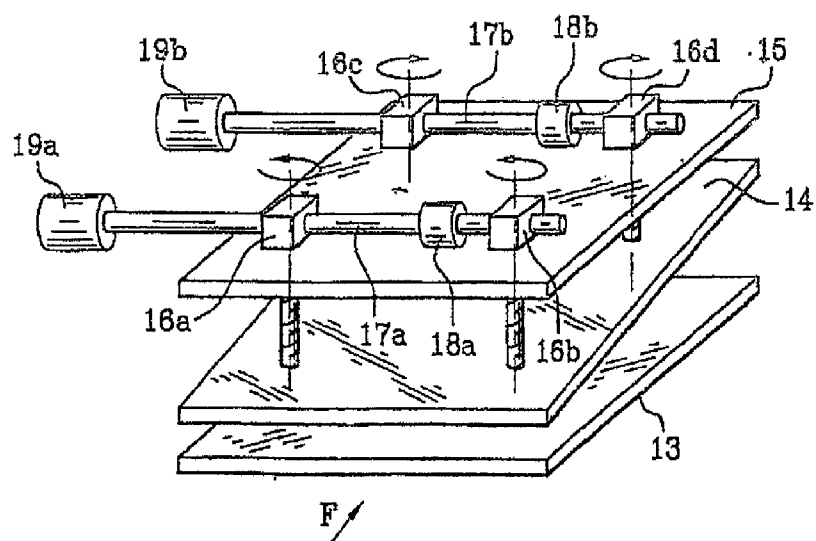
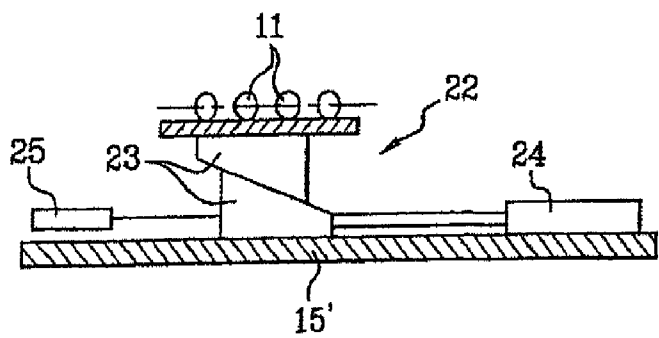
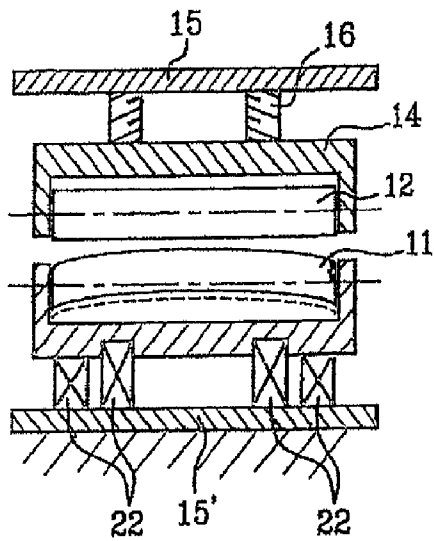
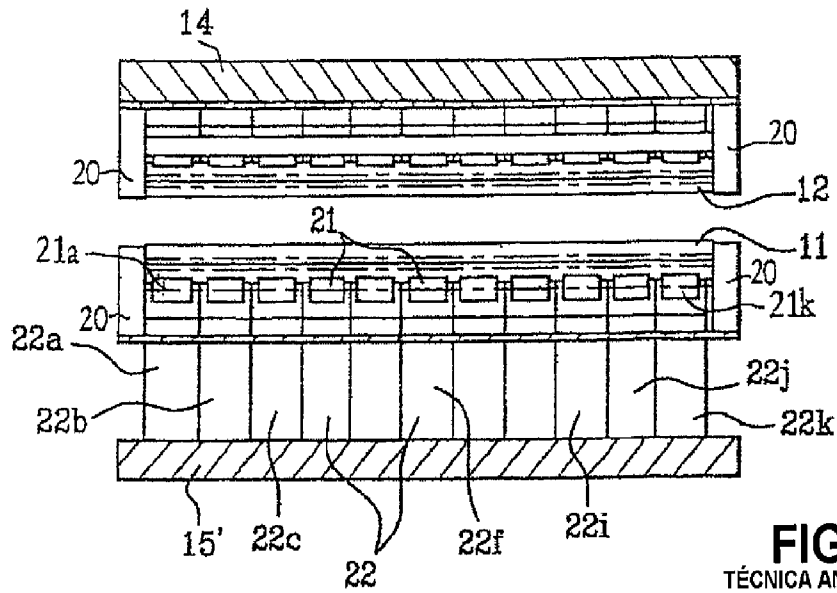


FIG.2

TÉCNICA ANTERIOR



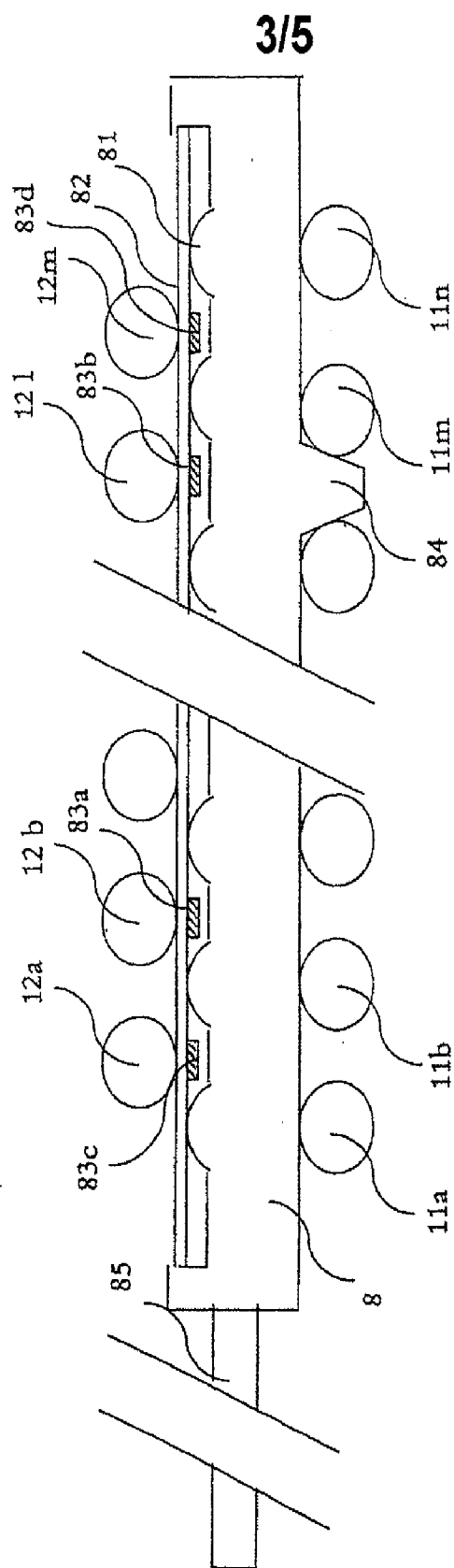


FIG. 6

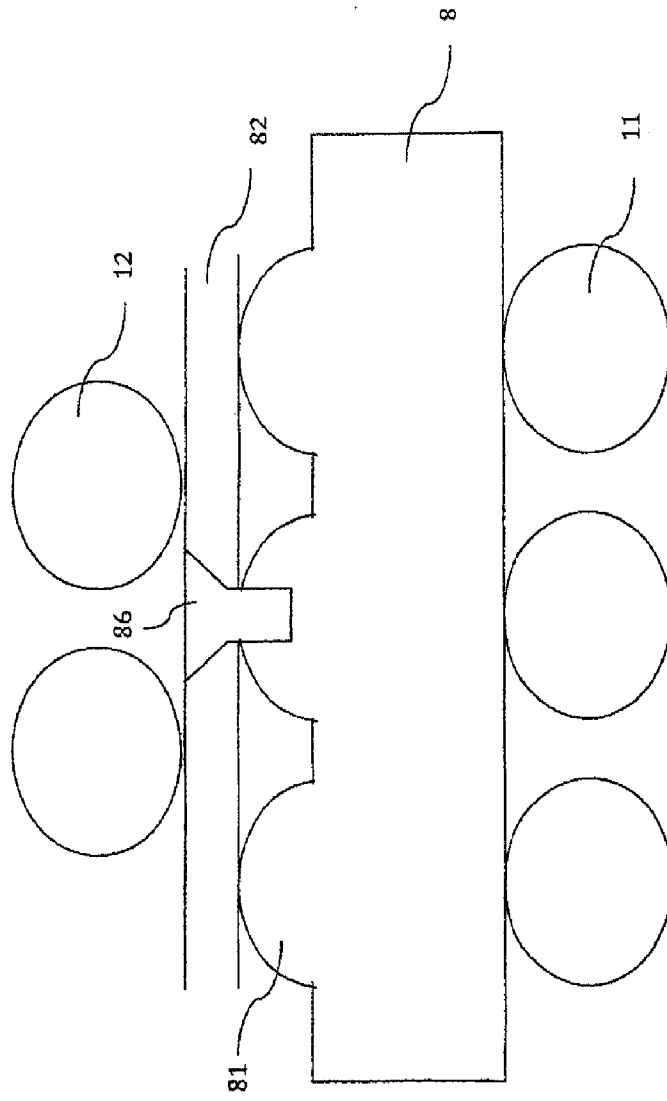


FIG. 7

5/5

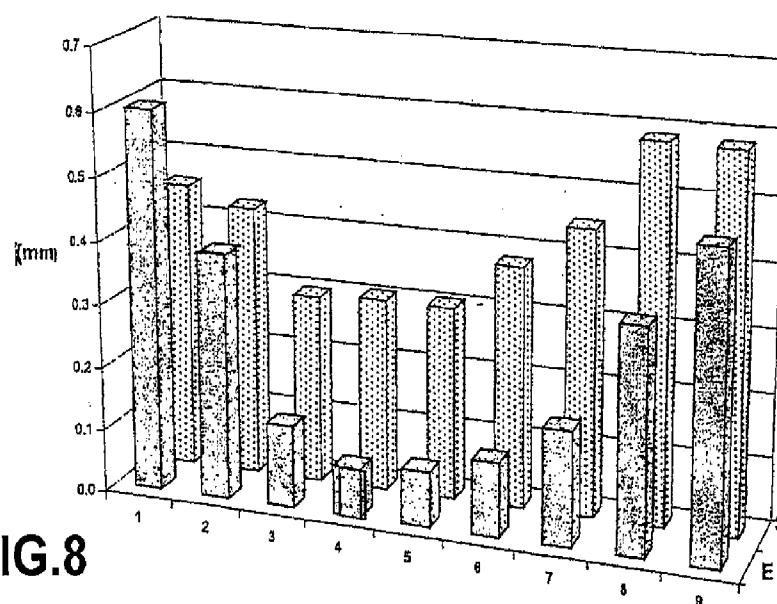


FIG.8

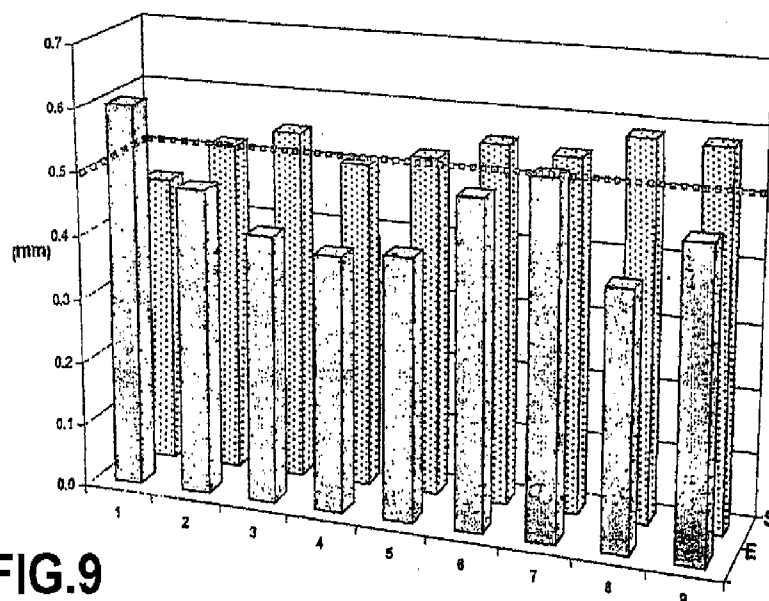


FIG.9

RESUMO**“DISPOSITIVO E MÉTODO DE CALIBRAÇÃO DE NIVELADOR MULTI-ROLO PARA NIVELAR TIRAS METÁLICAS E MÉTODO PARA CALIBRAR”**

[001] Uma barra rígida (8) com dimensões tais que possa ser colocada entre rolos inferiores (11) e rolos superiores (12) de um dispositivo nivelador, compreendendo segmentos rígidos (8) que reproduzem ação dos rolos inferiores (11). Uma placa fina metálica (82) é disposta sobre os citados segmentos rígidos, sendo fixada a um ponto central e compreendendo extensômetros (83) para medir deformações elásticas durante aplicação de pressão provida pelo dispositivo nivelador. A barra (8) também pode incluir dispositivo de posicionamento longitudinal (84) no dispositivo nivelador e extensão (85).