



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

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



## CARTA PATENTE N.º PI 0008448-4

*Patente de Invenção*

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0008448-4

(22) Data do Depósito : 17/02/2000

(43) Data da Publicação do Pedido : 31/08/2000

(51) Classificação Internacional : G01B 3/38; G01B 5/16

(30) Prioridade Unionista : 24/02/1999 FR 99/02526

(54) Título : PROCESSO DE CONROLE DE UM ROSQUEAMENTO CRÔNICO, APARELHO DE MEDIÇÃO DO PLANO DE DIAMENTRO E BLOCO DE PROVA.

(73) Titular : VALLOUREC MANNESMANN OIL & GAS FRANCE. Endereço: 54, Rue Anatole France, F-59620 Aulnoye-Aymeries, França (FR).; NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION, Sociedade Japonesa. Endereço: 6-1, Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-Ku, Tokyo 100-8071, JP-Japão., Japão (JP).

(72) Inventor : Thierry Noel, Sociedade Francesa. Endereço: 1, Rue Des Noyers Prolongee, F-59990 Sebourg, França. Cidadania: Francesa.; GILLES ASSENS. Endereço: 36, Rue de La Vauyon, F-58400 La Chariete Sur Loire, França. Cidadania: Francesa.

Prazo de Validade : 10 (dez) anos contados a partir de 12/08/2014, observadas as condições legais.

Expedida em : 12 de Agosto de 2014.

Assinado digitalmente por  
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira  
Diretor de Patentes



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO DE CONTROLE DE UM ROSQUEAMENTO CÔNICO, APARELHO DE MEDIÇÃO DO PLANO DE DIÂMETRO E BLOCO DE PROVA"**.

A presente invenção refere-se a um processo de controle dimensional de um rosqueamento cônico macho ou fêmea disposto na periferia de um elemento tubular macho ou fêmea, ele próprio situado na extremidade de um tubo metálico, e mais particularmente a um processo de controle dimensional do diâmetro primitivo desse rosqueamento cônico macho ou fêmea em um determinado plano de seção reta, e dispositivos de controle para aplicar o processo.

Por diâmetro primitivo de um rosqueamento entende-se o diâmetro medido sobre o flanco da rosca macho, à meia altura da rosca. O rosqueamento fêmea é definido em relação ao rosqueamento macho.

No caso de um rosqueamento cônico, o valor nominal do diâmetro primitivo deve ser definido em um determinado plano de seção reta.

Conhecem-se ligações rosqueadas de tubos metálicos, notadamente utilizadas para constituir colunas de tubos de perfuração, de produção ou de revestimento para poços de hidrocarbonetos ou poços de minas, a ligação ocorrendo entre um elemento macho e um elemento fêmea situados na extremidade dos tubos e munidos, cada um, de um rosqueamento cônico, respectivamente macho e fêmea, disposto sobre a superfície periférica, respectivamente externa e interna do elemento macho ou fêmea.

Por tubo, entende-se aqui qualquer tipo de tubo, não só um tubo de comprimento maior, mas também um elemento tubular de comprimento menor que forma, por exemplo, uma luva, e que permite associar dois tubos de comprimento maior.

A especificação API 5CT do Instituto Americano do Petróleo (American Petroleum Institute - API), que constitui um padrão mundial na indústria de extração de hidrocarbonetos, especifica assim tubos ligados por meio dessas ligações rosqueadas, comportando rosqueamentos cônicos, com roscas triangulares, redondos ou trapezoidais.

A especificação API 5B, igualmente emitida pelo Instituto Ameri-

cano do Petróleo, especifica, com relação a ela, os rosqueamentos correspondentes e a maneira de controlá-los.

A especificação API 5B menciona, principalmente para cada dimensão de tubo, o valor do diâmetro primitivo nominal dos rosqueamentos em um plano de seção reta situado na extremidade das roscas machos completas do lado do corpo do tubo, as roscas machos tendo, além desse plano, uma altura incompleta e que vai desaparecendo.

Em virtude desse documento, esse plano é chamado o plano de referência do diâmetro primitivo ou, em resumo, "plano de referência". O termo "primeira rosca" refere-se ao lado do rosqueamento dirigido para a extremidade livre do elemento macho ou fêmea correspondente; o termo "última rosca" refere-se ao lado do rosqueamento dirigido em oposição à extremidade livre do elemento correspondente.

A última rosca macho completa se situa, assim, no plano de referência, enquanto que a última rosca macho corresponde à extremidade do rosqueamento do lado do corpo do tubo.

Os rosqueamentos realizados segundo a especificação API 5B devem ser controlados por aperto à mão de calibradores, tais como anéis calibradores que comportam um rosqueamento interno, no caso do controle dos rosqueamentos machos ou dos tampões calibradores que comportam um rosqueamento externo, no caso do controle dos rosqueamentos fêmeas.

De fato, controla-se a posição axial relativa de fim de parafusação do calibre em relação ao rosqueamento controlado, e a especificação API 5B define um valor e uma tolerância sobre essa posição axial relativa.

O processo de controle especificado pela API 5B apresenta vantagens, a saber notadamente de permitir um controle global simples e rápido do rosqueamento, mas apresenta também, por outro lado, um certo número de inconvenientes, tanto econômicos quanto técnicos.

Em primeiro lugar, o processo de controle por calibradores maciços necessita, para cada um dos diâmetros de rosqueamento a ser controlado, de jogos de calibradores de níveis diferentes, a saber, calibradores primários e calibradores secundários ou de trabalho, os calibradores de traba-

lho devendo ser postos de lado, quando seu desgaste ultrapassar um nível crítico.

5        Resulta que um número extremamente elevado de calibres para realizar com grande precisão e gerar em função de seu estado de desgaste, portanto um custo de utilização considerável.

10        Em seguida, esse processo de controle do rosqueamento fornece um resultado global que é em função de vários parâmetros, dentre os quais o diâmetro primitivo, mas também a conicidade, a ovalização, parâmetros que interagem e não facilitam, portanto, a interpretação fina dos resultados de controle.

15        Assim, no caso do controle de um rosqueamento macho, se a conicidade do rosqueamento macho a ser controlada for inferior à do calibrador, os primeiros fundos das roscas machos ficam em contato com as roscas do calibrador, enquanto que os últimos fundos de roscas machos apresentam uma folga radial em relação às roscas correspondentes do calibrador. Se, por outro lado, a conicidade do rosqueamento macho a ser controlado for superior à do calibrador, os fundos das últimas roscas machos ficam em contato com as roscas do calibrador, mas não os fundos dos primeiros.

20        Nos dois casos, o diâmetro primitivo do rosqueamento macho no plano correspondente sobre o calibrador no plano de referência é inferior ao diâmetro primitivo nominal, mas, além disso, nos dois casos, o diâmetro primitivo ao nível das primeiras roscas machos é mal conhecido.

25        Do mesmo modo, no caso do controle de rosqueamento fêmea que a conicidade do rosqueamento fêmea a ser controlada seja inferior ou superior àquela do calibre, o diâmetro primitivo do rosqueamento fêmea, dentro do plano correspondente sobre o calibre em um plano de referência, é superior ao diâmetro primitivo nominal porém, se for inferior, o diâmetro primitivo ao nível das primeiras roscas machos é mal conhecido.

30        Os fabricantes dos acoplamentos rosqueados particulares, tais como, por exemplo, dos acoplamentos descritos nas patente EP 0 488 912 que são concebidos para terem desempenhos em serviço superiores aos

dos acoplamentos de acordo com API, foram levados, devido ao fato do reconhecimento e da imposição internacional das especificações API, em utilizar procedimentos de controle semelhantes às especificadas para os acoplamentos segundo API.

- 5                   O custo de aplicação desses procedimentos é considerável, o fabricante devendo dispor de cadeias completas de jogos de calibradores para ele próprio e para seus prepostos.

                  Processos de controle de rosqueamento foram, de fato, desenvolvidos, que não utilizam calibradores maciços, mas que efetuam uma determinação direta do diâmetro primitivo no plano de referência ou em um  
10                   outro lugar definido.

                  A patente US 4.524.524 descreve, assim, um processo e uma aparelhagem de controle direto do diâmetro primitivo de um rosqueamento macho ou fêmea disposto horizontalmente no qual:

- 15                   - a aparelhagem comporta uma superfície de contato superior e uma superfície de contato inferior situadas em um plano vertical à distância horizontal regulável de uma superfície vertical de apoio;

                  - regula-se a distância vertical entre as superfícies de contato superior e inferior sobre um valor preestabelecido;

- 20                   - coloca-se a aparelhagem de maneira que a superfície vertical de apoio repouse contra a extremidade do elemento, do qual se quer controlar o rosqueamento, e que as duas superfícies de contato fiquem em contato com os topos de rosca e dos pontos diametralmente opostos do rosqueamento;

- 25                   - mede-se o afastamento de distância entre essas duas superfícies de contato em relação ao valor preestabelecido com a ajuda, por exemplo, de um comparador, cujo zero foi tomado sobre o valor preestabelecido.

                  O valor preestabelecido corresponde, nesse caso, ao valor nominal do diâmetro entre os vértices de rosca, cujo valor nominal do diâmetro primitivo aumentado ou diminuído de uma altura de rosca, conforme o fato  
30                   de se tratar de um rosqueamento macho ou fêmea.

                  A descrição da aparelhagem comercializada pelo titular da pa-

tente US 4.524.524 fixa:

a) a relação necessária para correlacionar a tolerância sobre o diâmetro primitivo ( $\Delta D$ ), segundo o processo de controle pela medida do diâmetro primitivo entre a tolerância de posicionamento axial ( $\Delta S$ ) calibrador maciço definida pela especificação API 5B:

$$\Delta D = \Delta S \cdot TT_{nom}/100$$

$TT_{nom}$  sendo a conicidade nominal do rosqueamento em % em termos do diâmetro;

b) correções finas para considerar a influência da geometria das superfícies de contato da aparelhagem de controle sobre o valor preestabelecido da distância vertical entre as superfícies de contato;

c) a maneira de determinar o valor preestabelecido da distância vertical entre as superfícies de contato da aparelhagem de controle para considerar uma localização do plano de medida fora do plano de referência. Subtrai-se então do diâmetro primitivo nominal uma quantidade igual a:  $L \cdot TT_{nom}/100$ ,

$L$  sendo a distância axial entre plano de medida e plano de referência e  $TT_{nom}$  sendo o valor nominal da conicidade do rosqueamento expresso em % e em termos do diâmetro.

A descrição dessa aparelhagem não menciona, todavia, nenhum interesse particular em realizar o controle dimensional do diâmetro primitivo em um plano de medida diferente do plano de referência.

Procurou-se em um primeiro aspecto da presente invenção desenvolver um processo de controle de um rosqueamento cônico macho ou fêmea mais especificamente adaptado às ligações de elevados desempenhos de estanqueidade, cujos elementos macho e fêmea compreendem pelo menos um meio de estanqueidade, que não utilize calibrador maciço, mas que permita conseguir até mesmo garantir os mesmos desempenhos que o processo de controle por calibrador maciço.

Procurou-se assim utilizar um processo no qual se controla o diâmetro primitivo em um plano de medida determinado por meio de um aparelho de medida do plano de diâmetro.

Entende-se na sequência do presente documento por aparelho de medida do plano de diâmetro, e, em resumo, aparelho de medida um aparelho semelhante ou equivalente àquele descrito na patente US 4.524.524 que permite medir um diâmetro em um plano de seção reta determinado de um objeto a controlar e que compreende:

- uma superfície de apoio transversal;
- pelo menos duas superfícies de contato definidas em relação ao plano de medida e transversalmente à distância uma da outra e à distância axial regulável da superfície de apoio; e
- um meio de medida do diâmetro do círculo situado em um plano transversal de medida à distância axial determinada da superfície de apoio e tangente às superfícies de contato.

Procurou-se, além disso, efetuar a medida do diâmetro primitivo no plano de seção reta no qual é mais importante efetuá-lo, considerando-se características esperadas de estanqueidade das ligações a serem controladas.

Com efeito, um inconveniente da utilização de um aparelho plano de medida de diâmetro é que se conhece precisamente o diâmetro primitivo do rosqueamento a ser controlado apenas nas proximidades do plano de medida, o valor do diâmetro primitivo em um plano relativamente afastado do plano de medida sendo marcado de incerteza, considerando-se tolerâncias de fabricação sobre a conicidade do rosqueamento a ser controlado.

A patente US 5 360 239 descreve um método de controle, utilizando um aparelho de medida de plano de diâmetro, o diâmetro primitivo sendo medido nas proximidades das primeiras roscas completas machos e sobre as roscas fêmeas correspondentes.

Esse método permite garantir um valor elevado de interferência entre primeiras roscas completas machos e roscas fêmeas correspondentes, no caso de juntas rosqueadas de grandes diâmetros não munidas de meios separados de estanqueidade com a finalidade com a finalidade de obter juntas rosqueadas suficientemente estanques, apesar das pressões e dos esforços colocados utilizados.

Essa patente US 5 360 239 não descreve todavia a maneira de determinar o valor esperado do diâmetro primitivo no plano de medida ou os limites admissíveis desse diâmetro e não busca obter uma distribuição particular dos diâmetros medidos em relação à distribuição conseguida por controle convencional com o auxílio de calibres maciços.

O processo, de acordo com a invenção, de controle de um rosqueamento cônico macho ou fêmea disposto sobre a periferia externa ou interna de um elemento tubular macho ou fêmea ele próprio situado na extremidade de um tubo metálico e compreendendo pelo menos um meio de estanqueidade, é um processo no qual se controla o diâmetro primitivo do rosqueamento em um plano de medida determinado situado à distância L do plano de referência do desenho por meio de um aparelho plano de medida de diâmetro munido de um meio de medida de diâmetro.

Por meio de estanqueidade, entende-se no presente documento um meio tal como, por exemplo, um abaulamento de estanqueidade, uma superfície de apoio transversal ou um meio equivalente.

O(s) meio(s) macho(s) de estanqueidade fica(m) situado(s) nas proximidades da extremidade livre do elemento macho, enquanto que o(s) meio(s) fêmea(s) de estanqueidade fica(m) disposto(s) sobre o elemento fêmea, de modo a cooperar com aquele(s) situado(s) nas proximidades da extremidade livre do elemento macho ao qual o elemento fêmea é destinado a ser ligado.

O processo compreende as seguintes etapas:

a) uma etapa de ajuste sobre esse aparelho plano de medida de diâmetro da distância entre a superfície de apoio e o plano de medida, essa distância sendo função da distância entre plano de medida e plano de referência;

b) uma etapa de regulação desse meio de medida sobre um valor da distância transversal entre as superfícies de contato por meio de um bloco de prova, cuja cota característica é definida em relação ao valor estimado do diâmetro primitivo no plano de medida. A cota característica é respectivamente superior ou inferior segundo o fato de se controlar um rosque-



amento macho ou fêmea ao valor estimado do diâmetro primitivo no plano de medida de uma quantidade  $h$ ; essa quantidade  $h$  é igual à soma da altura de uma rosca e de um fator de correção geométrica conhecido em si;

5 c) uma etapa de medida do diâmetro entre os topos de roscas do rosqueamento no plano de medida escolhido, esse aparelho de medida sendo escorado por sua superfície de apoio contra a extremidade livre do elemento considerado;

d) uma etapa de comparação do dispositivo medido entre topos de roscas em relação aos bornes do intervalo admissível.

10 O plano de medida do diâmetro primitivo do rosqueamento macho é um plano situado entre o plano de referência e a primeira rosca macho completa. A escolha do plano de medida deve certamente permitir às superfícies de contato do aparelho de medida poder ser aplicadas em um comprimento suficiente de topos de roscas completas.

15 Preferencialmente, o plano de medida do diâmetro primitivo do rosqueamento macho é o plano situado sensivelmente à meia distância axial entre o plano de referência e aquele correspondente à primeira rosca macho completo.

20 O plano de medida do diâmetro primitivo do rosqueamento cônico fêmea é o plano do desenho que coincide com o plano de medida do diâmetro primitivo do rosqueamento macho, quando os dois rosqueamentos macho e fêmea estão ligados no desenho.

25 Como variante, se o plano do desenho que coincide com o plano de medida do diâmetro primitivo do rosqueamento macho não cair em uma zona de roscas fêmeas completas, o plano de medida do diâmetro primitivo do rosqueamento cônico fêmea será o plano de seção reta situado na zona de roscas fêmeas completas o mais próximo desse plano coincidente.

30 O valor estimado  $D1_e$  do diâmetro primitivo do rosqueamento macho no plano de medida é obtido pelas seguintes fórmulas, todos os valores de conicidade na sequência do presente documento sendo relacionados ao diâmetro e expressos em %:

$$D_{1e} = D_{nom} - L_1 \cdot TT_{rep1} / 100$$

$$TT_{rep1} = TT_{nom} + K_1 \cdot \Delta TT_1 + \frac{K_1 \cdot \sigma_1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot (\Delta TT_1 / \sigma_1)^2\right] - K_1 \cdot \Delta TT_1 \cdot g(-\Delta TT_1 / \sigma_1)$$

O valor estimado  $D_2$  do diâmetro primitivo do rosqueamento fêmea no plano de medida é obtido pelas seguintes fórmulas:

$$D_{2e} = D_{nom} - L_2 \cdot TT_{rep2} / 100$$

$$TT_{rep2} = TT_{nom} + K_2 \cdot \Delta TT_2 - \frac{K_2 \cdot \sigma_2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot (\Delta TT_2 / \sigma_2)^2\right] - K_2 \cdot \Delta TT_2 \cdot g(\Delta TT_2 / \sigma_2)$$

Os índices 1 e 2 nas equações são relativos, respectivamente, às filetagens macho ou fêmea.

5  $D_{nom}$  é valor nominal do diâmetro primitivo no plano de referência;

$TT_{rep}$  é o valor de referência da conicidade;

$L$  é a distância entre o plano de medida e o plano de referência computada positivamente, quando o plano de medida fica situado do lado dos diâmetros menores em relação ao plano de referência;

$TT_{nom}$  é o valor nominal da conicidade do rosqueamento;

$\Delta TT$  é o valor algébrico do desvio ( $TT_{moy} - TT_{nom}$ );

$TT_{min}$ ,  $TT_{max}$  e  $TT_{moy}$  são respectivamente os valores mínimo, máximo e médio da conicidade das filetagens feitas;

15  $\sigma$  é desvio-padrão da distribuição dos valores de conicidade realizados;

$K_1$  é a relação do comprimento do rosqueamento macho com a distância entre o plano de referência (PO) e a primeira rosca macho completa e  $K_2$  é a relação do comprimento do rosqueamento fêmea com a distância entre o plano de referência (PO) e a última rosca fêmea completa;

$G(x)$  é o valor da distribuição normal centrada reduzida para o valor  $x$  da variável.

O valor da conicidade de referência  $TT_{rep}$  definida por sua equação corresponde à conicidade de um cone fictício, cujo diâmetro maior igual ao valor nominal do diâmetro primitivo é posicionado no plano de referência

e cujo diâmetro menor igual ao valor médio dos diâmetros primitivos dos rosqueamentos controlados por meio de calibradores maciços é posicionado no plano situado na extremidade das roscas dos rosqueamentos controlados do lado do(s) meio(s) de estanqueidade.

5                   A presente invenção resolve o problema referente ao local em que é mais importante efetuar a medida do diâmetro primitivo do rosqueamento a controlar para otimizar as características de estanqueidade da ligação rosqueada.

10                   Com efeito, os inventores descobriram que, quando do desenvolvimento da invenção, uma interferência diametral muito grande em rosqueamento na zona das primeiras roscas completas machos tinha uma influência nefasta sobre a estanqueidade da ligação, notadamente quando um abaulamento metálico de estanqueidade é previsto entre o rosqueamento macho e a extremidade do elemento macho para interferir radialmente com  
15                   um abaulamento metálico de estanqueidade disposto sobre o elemento fêmea.

                  A interferência diametral entre os pontos conjugados de duas superfícies de revolução que interferem radialmente é definida de maneira geral como a diferença de diâmetro de seção reta das superfícies nesses  
20                   pontos, diferença essa medida antes da ligação e computada positivamente, quando as duas superfícies, uma vez ligadas, exercem uma pressão de contato entre os pontos conjugados. Essa definição pode ser aplicada tanto a rosqueamentos interferentes, quanto a abaulamentos de estanqueidade.

                  Para estimar o valor da interferência diametral nas roscas próximas das primeiras roscas completas machos, é necessário efetuar uma medida do diâmetro primitivo mais próximo dessa zona antes de tudo em direção às últimas roscas perfeitas machos para não introduzir uma incerteza importante devido à variabilidade da conicidade: esse objetivo é bem considerado pela presente invenção.

30                   A presente invenção permite assim garantir que o valor médio dos diâmetros primitivos dos rosqueamentos controlados pelo processo, de acordo com a invenção, no plano das roscas vizinhas do(s) meio(s) de es-

tanqueidade será o mesmo que se efetua o controle pelo processo, de acordo com a invenção, ou por meio de calibradores maciços como especifica a API 5B, mesmo se o plano de medida não ficar situado inteiramente na extremidade do rosqueamento.

- 5 Preferencialmente, o valor médio da conicidade do rosqueamento fêmea é inferior ao valor médio da conicidade do rosqueamento macho que lhe é associado.

Essa dissociação leva a favorecer a realização de ligações cuja interferência entre rosqueamentos é reduzida nas proximidades do(s) meio(s) de estanqueidade, o valor da interferência diametral em rosqueamento nesse nível sendo apreciada de forma ótima pelo processo de controle, de acordo com a invenção.

- 10 Preferencialmente, o valor médio da conicidade do rosqueamento macho é superior ao valor nominal.

- 15 Como variante, o valor médio da conicidade do rosqueamento fêmea é inferior ao valor nominal.

Os valores mínimos e máximos admissíveis do diâmetro medido entre topos de roscas podem ser definidos diretamente a partir dos valores mínimos e máximos admissíveis relativos ao diâmetro primitivo no plano de medida considerado aumentados ou diminuídos da altura de uma rosca segundo o fato de se controlar um rosqueamento macho ou fêmea.

Os valores mínimos e máximos admissíveis do diâmetro primitivo podem ser definidos diretamente por tolerâncias sobre o valor estimado do diâmetro primitivo  $D1_e$  ou  $D2_e$  ou ainda substituindo-se na fórmula que dá o valor estimado do diâmetro primitivo no plano de medida o valor da distância entre plano de referência e plano de medida por valores mínimos e máximos admissíveis dessa distância.

Preferencialmente, quando da etapa de regulação do meio de medida, efetua-se um zero do meio de medida, depois, quando da etapa de medida, mede-se um desvio em relação ao zero e, enfim, quando da etapa de comparação, efetua-se a comparação do desvio em relação a um intervalo de tolerância.

Vantajosamente, quando o aparelho de medida dispõe de duas superfícies de contato, o processo de controle é aplicado quatro vezes no mesmo plano de medida girando o aparelho de medida ou o rosqueamento a controlar de um oitavo de volta entre cada medida em torno do eixo de ligação, o diâmetro entre topos de roscas no plano de medida levado em conta sendo considerado igual ao valor médio das quatro medidas.

Como variante, quando o aparelho de medida comporta três superfícies de contato dispostas a  $120^\circ$  uma da outra, o processo de controle é aplicado três vezes, girando o aparelho de medida ou o rosqueamento de  $40^\circ$  seja um nono de volta em torno do eixo da ligação entre cada medida.

Procurou-se em um segundo aspecto da invenção inventar um aparelho de medida plano de diâmetro que permita aplicar o processo, de acordo com a invenção, de maneira rápida, portanto econômica.

Quando o aparelho de medida compreende duas superfícies de contato, é necessário fazer girar esse aparelho em torno de uma das duas superfícies de contato para detectar o ponto do rosqueamento a controlar diametralmente oposto do ponto em que é aplicada a superfície de contato pivô, o diâmetro entre topos de roscas correspondente a um máximo na medida feita durante essa rotação. Esse aparelho de medida compreende então um meio para adquirir automaticamente esse máximo.

Buscou-se também que o processo de controle, de acordo com a invenção, permitisse reagir rapidamente em caso de desvio das fabricações.

Com essa finalidade, o aparelho de medida compreende um meio para efetuar cálculos estatísticos sobre os valores conseguidos.

Um terceiro aspecto da invenção refere-se a um bloco de prova utilizado para ajustar o valor preestabelecido da distância entre as superfícies de contato no processo de controle segundo o primeiro aspecto da invenção.

No caso do controle de rosqueamentos cônicos machos, o bloco de prova utilizado com um aparelho de medida com duas superfícies de contato é, segundo esse terceiro aspecto, em forma de cunha truncada que

compreende:

- uma superfície transversal de extremidade; e
- duas faces planas, de orientações sensivelmente longitudinais, inclinadas simetricamente em relação à superfície transversal de extremidade e convergente para esta;
- o ângulo entre essas faces planas inclinadas sendo igual a  $2 \cdot \arctg (TT_{moy1}/2)$ ; e
- a distância transversal entre essas faces planas inclinadas sendo igual a  $(D1_e + h)$  à distância longitudinal  $L_A$  da superfície de extremidade, caso  $h$  seja a quantidade anteriormente definida.

Como variante, o bloco de prova utilizado com um aparelho de medida com três superfícies de contato é em forma de tronco de cone e compreende uma superfície transversal de extremidade do lado do topo do cone e uma superfície periférica cônica de conicidade igual a  $TT_{moy1}$ , o diâmetro da superfície cônica à distância  $L_A$  da superfície transversal de extremidade sendo igual a  $(D1_e + h)$ .

O bloco de prova pode, além disso, comportar na extremidade de suas faces planas inclinadas ou de sua superfície periférica cônica do lado da superfície de extremidade uma parte de inclinação ou de conicidade diferente que reproduz o perfil do(s) meio(s) de estanqueidade do elemento macho. Esse bloco de prova permite regular um segundo aparelho de medida plano de diâmetro para notadamente efetuar o controle do diâmetro do abaulamento de estanqueidade.

No caso do controle de rosqueamentos cônicos fêmeas, o bloco utilizado com um aparelho de medida com duas superfícies de contato apresenta, segundo esse terceiro aspecto, uma superfície de extremidade transversal e um espaço interno delimitado por duas faces planas do bloco, de orientação sensivelmente longitudinal, inclinadas simetricamente em relação a essa superfície de extremidade e convergindo para o fundo do espaço interno, o ângulo entre essas faces planas inclinadas sendo igual a  $2 \cdot \arctg (TT_{moy2}/2)$  e a distância transversal entre essas faces planas inclinadas sendo igual a  $(D2_e - h)$  à distância longitudinal  $L_B$  da superfície de extremidade,

se  $h$  é a quantidade anteriormente definida.

Como variante para o controle de rosqueamentos cônicos fêmeas, o bloco de prova utilizado com um aparelho de medida com três superfícies de contato compreende uma superfície transversal de extremidade e um espaço interno delimitado por uma superfície periférica cônica de eixo longitudinal e de conicidade igual a  $TT_{moy2}$ , cujo topo fica voltado para o lado oposto à superfície transversal de extremidade e cujo diâmetro à distância  $L_B$  da superfície transversal de extremidade é igual a  $(D2_e - h)$ .

O bloco de prova para o controle de rosqueamentos cônicos fêmeas pode, além disso, comportar na extremidade de suas faces planas inclinadas ou de sua superfície periférica cônica do lado oposto à superfície de extremidade transversal uma parte de inclinação ou de conicidade diferente que reproduz o perfil do(s) meio(s) de estanqueidade do elemento fêmea. Esse bloco de prova permite regular um segundo aparelho de medida do plano de diâmetro para notadamente efetuar o controle do diâmetro do abaulamento de estanqueidade.

As figuras a seguir ilustram exemplos não limitativos de modos de realização da invenção.

A figura 1 mostra um elemento rosqueado fêmea na extremidade de tubo.

A figura 2 mostra um elemento rosqueado macho na extremidade de tubo.

A figura 3 mostra os elementos das figuras 1 e 2, uma vez ligados.

A figura 4 ilustra esquematicamente o controle de um elemento fêmea por um tampão calibre, segundo a especificação API 5B.

A figura 5 ilustra esquematicamente o controle de um elemento macho por um anel-calibrador segundo a especificação API.5B.

A figura 6 mostra o controle de um elemento macho do tipo da figura 2 com o auxílio de um aparelho de medida plano de diâmetro de acordo com a invenção.

A figura 7 mostra um detalhe da figura 6 ao nível de uma super-

fície de contato do aparelho de medida do plano de diâmetro

A figura 8 mostra um detalhe da figura 6 ao nível de uma outra superfície de contato do aparelho de medida plano de diâmetro.

5 A figura 9 mostra o controle de um elemento fêmea do tipo da figura 1 com o auxílio de um aparelho de medida do plano de diâmetro, de acordo com a invenção.

10 As figuras 10 a 13 mostram variantes de blocos de prova cheios a serem utilizados no caso do controle de rosqueamentos machos, de acordo com a figura 6, enquanto que as figuras 14 a 17 são relativas a blocos de prova ocos a serem utilizados, em caso do controle de rosqueamentos fêmeas, de acordo com a figura 9.

15 A figura 18 ilustra esquematicamente a relação entre a posição do diâmetro primitivo em uma extremidade do rosqueamento macho para diferentes conicidades possíveis em relação à posição do diâmetro primitivo de um anel-calibrador do gênero da figura 5.

A figura 19 ilustra o mesmo tipo de relação no caso de um rosqueamento fêmea em relação à posição do diâmetro primitivo de um tampão-calibre do gênero da figura 4.

20 Nessas figuras 18 e 19, os desvios de conicidades foram muito amplificados para mostrar mais claramente as distribuições dos valores.

25 A figura 3 representa uma ligação rosqueada 100 entre um elemento macho 1 em extremidade de um primeiro tubo metálico 101 e um elemento fêmea 2 na extremidade de um segundo tubo metálico 102 que pode ser um tubo de grande comprimento ou uma luva. Essas ligações rosqueadas permitem, por exemplo constituir colunas de tubos de revestimento ou de produção para os poços de hidrocarbonetos.

30 O elemento macho 1 representado na figura 2 comporta sobre sua superfície periférica externa um rosqueamento macho cônico 3 com rosas trapezoidais e sua extremidade que é também a extremidade do primeiro tubo 101 apresenta uma superfície de extremidade macho 7 anular e transversal.

Representou-se na figura 2 o plano P0 que é, segundo a especi-



ficação API 5 B, o plano de seção reta situado na extremidade da zona de roscas machos completas correspondentes à última rosca macho completa.

O elemento fêmea 2 representado na figura 1 comporta sobre sua superfície periférica interna um rosqueamento fêmea cônico 4 com ros-  
 5 cas trapezoidais conjugado com o rosqueamento macho 3 e a extremidade do elemento fêmea 2 que é também a extremidade do segundo tubo 102 apresenta uma superfície de extremidade fêmea 10 anular e transversal.

A ligação dos tubos 101, 102 é obtida, parafusando-se o ros-  
 queamento macho 3 do elemento macho 1 no rosqueamento fêmea 4 do  
 10 elemento fêmea 2.

Preferencialmente, para aplicar a invenção, os rosqueamentos cônicos 3, 4 são de estágio único.

A ligação da figura 3 comporta sobre cada um dos elementos meios adicionais que tornam a ligação particularmente estanque, a saber:

15 a) sobre o elemento macho

- um abaulamento de estanqueidade macho 5 externo e cônico, cuja conicidade é em geral superior àquela do rosqueamento macho 3; a conicidade do abaulamento de estanqueidade macho 5 em termos do diâmetro é, por exemplo, de 20 %;

20 - uma superfície de apoio 7 anular e transversal constituída pela superfície de extremidade macho;

b) sobre o elemento fêmea:

- um abaulamento de estanqueidade fêmea 6 interno e cônico, cuja conicidade é sensivelmente idêntica àquela do abaulamento de estan-  
 25 queidade macho 5;

- um rebordo interno com uma superfície de apoio 8 anular e transversal.

A superfície de extremidade macho 7 pode ser de maneira conhecida em si cônica côncava com meio-ângulo com vértice muito aberto,  
 30 por exemplo com abertura de  $75^\circ$ , a superfície de apoio fêmea 8 sendo, nesse caso, convexa com mesmo meio-ângulo de abertura.

Os meios adicionais 5, 6, 7, 8 funcionam da seguinte maneira

sobre a ligação 100.

O abaulamento de estanqueidade macho 5 interfere radialmente com o abaulamento de estanqueidade fêmea 6, isto é, seu diâmetro em um ponto de referência é antes da ligação superior no diâmetro do ponto conjugado do abaulamento de estanqueidade fêmea 6, diâmetro igualmente medido antes da ligação.

Durante a parafusação, uma vez o contato entre abaulamentos de estanqueidade obtido, o prosseguimento da parafusação induz a uma interferência diametral crescente dos abaulamentos de estanqueidade.

A posição precisa de fim de ligação é determinada pela colocação da superfície de extremidade macho 7 em batente contra a superfície de apoio 8 do rebordo interno fêmea, o que define um valor preciso de interferência entre os abaulamentos de estanqueidade 5, 6.

As superfícies de apoio (7, 8) podem também exercer um papel de meio de estanqueidade embora sua disposição transversal as torne de pior desempenho desse ponto de vista que os abaulamentos de estanqueidade (5, 6).

A posição de fim de ligação pode notadamente ser marcada por um valor determinado do binário de parafusação.

A forma vantajosamente cônica côncava-convexa da superfície de apoio 7, 8 não representada nas figuras impede o desencaixe das superfícies de apoio e aumenta aproximadamente de contato dos abaulamentos de estanqueidade 5, 6.

A figura 4 ilustra esquematicamente o controle do rosqueamento cônico fêmea 4 de um elemento fêmea 2, segundo a especificação API 5 B por um tampão-calibre 21 macho munido de um rosqueamento cônico macho 23 executado segundo tolerâncias nitidamente mais contidas do que aquelas do rosqueamento 4 a ser controlado, por exemplo dez vezes mais contidas. Pode-se assim considerar que o diâmetro primitivo do calibre no plano de sua última rosca completa é igual ao diâmetro primitivo nominal e que a conicidade do calibre é igual à conicidade do desenho.

Para simplificar, representaram-se na figura 4, assim como na

figura 5, os cones primitivos dos rosqueamentos, sem fazer representar os cones dos topos e fundos de roscas.

De acordo com a especificação API 5B para controlar o rosqueamento 4, parafusa-se o tampão-calibre 21 manualmente até que uma posição de bloqueio, para a qual o diâmetro primitivo do rosqueamento 23 em uma das extremidades 25, 27 do tampão-calibre 21 é igual ao diâmetro primitivo do rosqueamento fêmea 4 a ser controlado em um plano determinado deste.

A distância A entre a extremidade do elemento fêmea 10 e a superfície anular transversal 29 do tampão-calibre é comparada ao valor padrão S dessa distância para um binário anel-calibrador/tampão-calibre determinado, o rosqueamento fêmea 4 sendo considerado aceitável, quando o desvio de distância em relação ao valor padrão está compreendido em um intervalo de tolerância determinado.

Quando as roscas do tampão-calibre 21 estão em contato com aquelas do rosqueamento fêmea 4 a controlar do lado extremidade 25 do rosqueamento do tampão-calibre 21, o que ocorre quando a conicidade do rosqueamento 4 a controlar é inferior ao valor nominal, o diâmetro primitivo do rosqueamento 4 no plano situado na extremidade oposta à sua entrada é superior de um valor  $\Delta d_2$  ao diâmetro primitivo do rosqueamento do tampão-calibre 21 no plano correspondente.

Pode-se então considerar que, para todos os valores da conicidade do rosqueamento fêmea 4 inferiores ao valor nominal, o cone primitivo do rosqueamento 4 gira em torno de um ponto situado no plano situado na extremidade 25 do rosqueamento do tampão-calibre.

O contrário ocorre, quando a conicidade do rosqueamento 4 a controlar é superior ao valor nominal, o cone primitivo do rosqueamento 4 girando então em torno de um ponto situado no plano situado na extremidade 27 do rosqueamento do tampão-calibre.

A figura 5 ilustra do mesmo modo o controle do rosqueamento cônico macho 3 de um elemento macho conforme a especificação API 5B com o auxílio de um anel-calibrador 22 munido de um rosqueamento cônico

fêmea 24 realizado segundo tolerâncias muito controladas.

Parafusa-se o anel-calibrador 22 sobre o rosqueamento macho 3 a ser controlado até uma posição de bloqueio que permite definir uma distância P entre a extremidade do elemento macho 7 e o plano situado na extremidade 28 do rosqueamento do anel-calibrador 22.

Quando as roscas do anel-calibrador 22 estão em contato com aquelas do rosqueamento macho 3 a controlar do lado extremidade 26 do rosqueamento do anel-calibrador, o que ocorre quando a conicidade do rosqueamento 3 a controlar é superior ao valor nominal, o diâmetro primitivo do rosqueamento 3 no plano situado à entrada do rosqueamento é inferior ao diâmetro primitivo do rosqueamento 24 do anel-calibrador 22 no plano correspondente.

Pode-se então considerar que, para todos os valores da conicidade do rosqueamento macho 3 superiores ao valor nominal, o cone primitivo do rosqueamento 3 gira em torno de um ponto situado na extremidade 26 do rosqueamento do anel-calibrador.

O contrário ocorre quando a conicidade do rosqueamento macho 3 é inferior ao valor nominal, o cone primitivo do rosqueamento 3 girando então em torno de um ponto situado na extremidade 28 do rosqueamento do anel-calibrador.

A figura 6 mostra esquematicamente o controle do diâmetro primitivo de um rosqueamento cônico macho 3 com o auxílio de um aparelho de medida do plano de diâmetro 51 do tipo daquele descrito na patente US 4.524.524.

O aparelho de medida 51 compreende:

- uma travessa de extremidade 57 que compreende uma superfície de apoio transversal formada pelas arestas 54, 54';
- dois braços longitudinais 52, 53 distantes transversalmente que são montados sobre a travessa 57 de maneira ajustável em função do tipo e do diâmetro dos rosqueamentos a serem controlados;
- duas facas 58, 59 dispostas longitudinalmente, cujas arestas ficam voltadas uma para a outra, ficam distantes transversalmente uma da

outra e constituem superfícies de contato 60, 61, a faca 58 sendo montada sobre o braço longitudinal 52, de maneira a poder somente girar em seu plano, enquanto que a faca 59 é montada do mesmo modo giratório sobre uma haste móvel 56 disposta transversalmente;

- 5                   - um meio de medida que é, no caso, um comparador 55 disposto sobre o braço longitudinal 53 e acionado pela haste móvel 56.

Os eixos de rotação das facas definem um plano de medida P1, transversal ao aparelho de medida 51 e paralelo à superfície de apoio 54, 54'; pode-se fazer deslizar a travessa 57 para que o plano de medida P1  
10   fique situado a uma distância determinada  $L_A$  da superfície de apoio 54, 54'.

O comparador 55 mede o desvio de distância entre a superfície de contato 61 e a superfície de contato 60 em relação a um valor preestabelecido de distância correspondente ao zero do comparador. A medida do diâmetro entre topos de rosca D1s é obtida então acrescentando-se o valor  
15   algébrico do desvio medido pelo comparador 55 ao valor preestabelecido.

O comparador 55 pode ser vantajosamente substituído por um captador eletrônico de deslocamento que permite a aquisição automática e a afixação direta das medidas.

O procedimento de controle do rosqueamento macho 3 é o seguinte.  
20

Ajusta-se a distância  $L_A$  entre a superfície de apoio 54, 54' e plano de medida P1 sobre o valor correspondente no desenho da figura 2 à distância entre o plano P1 e a superfície de extremidade 7 do elemento macho 1. Essa distância  $L_A$  é igual à diferença entre a distância de PO à extremidade 7 e a distância L1 entre os planos P0 e P1.  
25

A posição do plano de medida P1 é escolhida de maneira que as superfícies de contato 60, 61 se apoiem sobre topos de roscas completas, as superfícies de contato 60, 61 tendo um comprimento suficiente para entrar em contato com pelo menos dois topos de rosca 13.

30                   A posição do plano de medida P1 é preferencialmente escolhida conforme mostrado na figura 2 à meia-distância entre o plano de referência P0 e o plano correspondente à primeira rosca macho completa.

Essa posição permite efetuar a medida do diâmetro primitivo muito mais próximo da entrada do rosqueamento macho e, portanto, melhor apreciar o valor da interferência diametral nesse nível, assegurando uma base correta das superfícies de contato 60, 61, mesmo quando a zona de  
5 roscas completas é relativamente curta.

Regula-se em seguida o zero do comparador 55 ou afixa-se diretamente o valor preestabelecido, interpondo-se entre as superfícies de contato 60, 61 as duas faces planas do bloco de prova 70 da figura 10, essas faces planas ficando distantes entre elas do valor  $(D1_e + h)$  que é a cota característica do bloco de prova;  $D1_e$  é o valor estimado do diâmetro primitivo do rosqueamento a controlar no plano de medida;  $h$  é igual à soma da altura de rosca e de um fator de correção geométrica determinado pelo fabricante do aparelho de medida 51; esse fator de correção leva em conta notadamente o fato de as facas 58, 59 não girarem em torno das superfícies de contato  
10 60, 61.  
15

Esse bloco de prova 70 é muito menos dispendioso, quanto à fabricação, do que um calibrador rosqueado, tal como 22, já que não comporta rosqueamento e se desgasta também muito menos rápido, pois não é submetido a múltiplas parafusações-desaparafusamentos.

20 Para determinar  $D1_e$ , utiliza-se a seguinte relação:

$$D1_e = D_{nom} - L1 \cdot TT_{rep1} / 100$$

$D_{nom}$  sendo o valor nominal do diâmetro primitivo, portanto o valor dessa grandeza no plano de referência P0;

L1 sendo a distância entre os planos P0 e P1 que é computado positivamente, já que P1 é do lado dos diâmetros menores em relação a P0;  
25

$TT_{rep1}$  sendo o valor de referência da conicidade macho que será definida depois; ele é superior ao valor nominal da conicidade.

Como variante, para regular o zero do comparador 55, ao invés de utilizar um bloco de prova que apresente duas superfícies planas e paralelas, pode-se utilizar o bloco de prova 70 em forma de cunha truncada da  
30 figura 12. O bloco 70 compreende uma superfície transversal de extremidade 72 e duas faces planas de orientação sensivelmente longitudinal, inclina-

das simetricamente em relação à superfície transversal de extremidade e convergindo para esta; o ângulo C entre as faces planas inclinadas é igual a  $2 \cdot \arctg (T_{t_{moy1}} / 2)$  e a distância transversal entre as faces palnas inclinadas é igual a  $(D1_e + h)$  à distância longitudinal  $L_A$  da superfície de extremidade 72.

- 5 O bloco de prova 70 é inserido, de maneira a aplicar sua superfície de extremidade 72 contra a superfície de apoio 54, 54' do aparelho de medida 51 e suas faces planas inclinadas entre as superfícies de contato 60, 61 do aparelho de medida 51. Tem-se então apenas necessidade de um só bloco de prova 70, independentemente da distância L1.

- 10 Como variante da figura 12, o ângulo C entre as faces planas inclinadas é igual a  $2 \cdot \arctg (T_{rep1} / 2)$  e a distância transversal entre as faces planas inclinadas é igual a  $(D_{nom} + h)$  à distância longitudinal  $(L_A + L1)$  da superfície de extremidade 72.

- O bloco de prova 70 pode, além disso, comportar na extremidade das faces planas do lado da superfície de extremidade 72 uma parte não representada na figura 12 de inclinação diferente que reproduz o perfil do(s) meio(s) de estanqueidade do elemento macho 1, notadamente do abaulamento de estanqueidade 5 e eventualmente da superfície de extremidade macho 7. Esse bloco de prova permite regular um segundo aparelho de medida do plano de diâmetro 51 para efetuar o controle do diâmetro do abaulamento de estanqueidade 5.
- 15 20

- Para efetuar a medida, dispõe-se o aparelho de medida 51, de maneira a colocar sua superfície de apoio 54, 54' contra a superfície de extremidade 7 do elemento macho 1 ou contra os pontos os mais externos dessa superfície de extremidade, quando não é plana, mas é, por exemplo, ligeiramente cônica côncava, com meio-ângulo de abertura  $75^\circ$  e a colocar as superfícies de contato 60, 61 externamente em contato com os vértices 13 de rosca macho diametralmente opostos.
- 25

- Durante a medida, a superfície de contato 60 é mantida fixa sobre os topos de rosca com os quais ela está em contato, enquanto que se faz girar o aparelho de medida 51, a superfície de contato 61 permanecendo em contato como topo de rosca oposto durante a rotação.
- 30

A medida do diâmetro  $D1_s$  entre topos de rosca no plano de medida P1 corresponde ao valor máximo da distância transversal entre as superfícies de contato 60, 61 durante a rotação, valor máximo que pode ser obtido por leitura sobre o comparador 55 ou melhor ainda automaticamente determinada, caso se utilize um captador eletrônico no lugar do comparador 55 e um circuito eletrônico que detecta e memoriza o valor máximo durante a rotação do aparelho de medida 51 em torno da superfície de contato 60.

A última etapa do processo de controle do rosqueamento macho 3 é uma comparação entre o valor  $D1_s$  medido do diâmetro entre topos de roscas e os limites admissíveis definidos por um intervalo em torno de  $D1_e$ .

O valor  $D1$  do diâmetro primitivo macho no plano de medida P1 sendo obtido ao se retirar a quantidade  $h$ , anteriormente definida no valor medido  $D1_s$  do diâmetro entre topos de roscas no mesmo plano P1, os valores dos limites do intervalo admissível do diâmetro medido entre topos de roscas  $D1_s$  podem ser definidos diretamente a partir dos limites relativos ao diâmetro primitivo  $D1$ , majorados da quantidade  $h$ .

Eles podem também ser obtidos indiretamente, através da substituição, na fórmula  $D1_e = D_{nom} - L1 \cdot TT_{rep1}/100$  que gera o valor estimado do diâmetro primitivo no plano de medida, dos seguintes valores: o valor da distância  $L1$  entre o plano de referência e o plano de medida por valores de  $L1_{min}$ ,  $L1_{max}$  que o envolvem em  $\pm \Delta L1$ .

A maneira de se obter  $TT_{rep1}$  é definida pelo cálculo seguinte que é explicitado pela figura 18.

De uma forma geral, buscou-se que o valor médio dos diâmetros primitivos dos rosqueamentos machos 3 controlados segundo o presente método, seja igual ao valor médio dos diâmetros primitivos dos rosqueamentos 3 controlados com um anel-calibrador 22, segundo a especificação API 5B, isto no plano de extremidade 28 desse anel-calibrador 22 que é posicionado em média sobre a primeira rosca macho completa.

O ponto  $G_1$  marca na figura 18 o valor médio do diâmetro primitivo do rosqueamento 3 no plano 28 de extremidade do anel-calibrador, o qual fica distante sobre o anel-calibrador de  $Ls1$  do plano de referência P0 e de



Lf1 do plano 26 situado na outra extremidade do rosqueamento do anel-calibrador.

Considerar-se-á que:

5 a) conforme indicado mais acima, os cones primitivos dos rosqueamentos feitos giram em torno de um ponto situado em uma extremidade ou na outra do rosqueamento do anel-calibrador 22 parafusada sobre o rosqueamento macho 3 a ser controlado, segundo o fato de a conicidade TT1 do rosqueamento 3 controlado ser inferior ou superior à conicidade do rosqueamento do anel-calibrador, a qual é considerada como igual ao valor  
10 nominal da conicidade;

b) a distribuição das conicidades dos rosqueamentos realizados segue uma distribuição normal centrada sobre o valor médio  $TT_{moy1}$  da conicidade, o intervalo entre o valor máximo e o valor mínimo das conicidades ( $TT_{max1} - TT_{min1}$ ) sendo igual a 6 vezes o desvio padrão  $\sigma_1$  da distribuição.  
15

Segue-se que a conicidade do rosqueamento controlado é superior ao valor nominal  $TT_{nom}$ , o ponto do rosqueamento controlado no plano 28 de extremidade do anel-calibrador fica situado no intervalo  $O'_1A_1$  o ponto  $O'_1$  corresponde a conicidade  $Tt_{nam}$  do anel-calibrador e o ponto  $A_1$  correspondente ao valor máximo  $TT_{max1}$  da conicidade do rosqueamento à controlar. A densidade de probabilidade de um ponto qualquer do intervalo  $O'_1A_1$ , segue uma lei de Gauss centrada em  $O_1$ , ilustrada pela parte em traços cheios da curva em sino representada na figura 18, o ponto  $O_1$  correspondendo ao valor médio  $TT_{moy1}$  da conicidade do rosqueamento 3 a ser controlado.  
20  
25

Se a conicidade TT1 do rosqueamento controlado for inferior ao valor nominal  $TT_{nom}$ , a extremidade do rosqueamento controlado no plano de extremidade 28 do anel-calibrador for o ponto pivô  $O'_1$ . A probabilidade associada à posição do ponto  $O'_1$  é igual à área da parte em pontilhados da curva em sino da figura 18.  
30

O valor médio resultante da posição da extremidade do rosqueamento no plano 28 é o centro de gravidade  $G_1$  das posições para o conjun-

to dos valores de conicidade entre  $TT_{\min 1}$  e  $TT_{\max 1}$  e permite definir um valor de referência da conicidade  $TT_{\text{rep}1}$  pela inclinação da reta  $Q_1G_1$ , o ponto  $Q_1$  correspondendo ao valor nominal do diâmetro primitivo.

Pode-se escrever sobre um eixo voltado de  $O'_1$  para  $A_1$ :

$$TT_{\text{rep}1} = TT_{\text{nom}} + O'_1G_1/Ls1 = TT_{\text{nom}} + O'_1O_1/Ls1 + O_1G_1/Ls1$$

$$\frac{O_1O_1}{Ls1} = \frac{Lf1}{Ls1} \cdot \Delta TT1$$

- 5 A relação  $Lf1/Ls1$  é ainda igual à relação  $K1$  do comprimento do rosqueamento macho à distância entre o plano de referência  $P0$  e a primeira rosca macho completa.

$$\frac{O_1G_1}{Lf1 \cdot \sigma 1} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \cdot \rho(x) \cdot dx$$

$x$  é uma variável centrada reduzida igual a  $(TT1 - TT_{\text{moy}1})/\sigma 1$  que pode variar de  $-\infty$  a  $+\infty$ ,  $TT1$  correspondendo à variável conicidade.

- 10  $F(x)$  é uma função de Gauss =  $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-x^2/2)$

$$\begin{aligned} \text{com } \rho(x) &= x & \text{para } x > -\Delta TT1 / \sigma 1 & \text{ seja para } TT1 > TT_{\text{nom}} \\ \rho(x) &= -\Delta TT1 / \sigma 1 & \text{para } x \leq -\Delta TT1 / \sigma 1 & \text{ seja para } TT1 \leq TT_{\text{nom}} \end{aligned}$$

$$\frac{O_1G_1}{Lf1 \cdot \sigma 1} = \int_{-\infty}^{-\Delta TT1 / \sigma 1} \frac{-\Delta TT1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma 1} \exp(-x^2/2) \cdot dx + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\Delta TT1 / \sigma 1}^{+\infty} x \cdot \exp(-x^2/2) \cdot dx$$

Pode-se então facilmente deduzir daí a fórmula:

$$TT_{\text{rep}1} = TT_{\text{nom}} + K1 \cdot \Delta TT1 + \frac{K1 \cdot \sigma 1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot (\Delta TT1 / \sigma 1)^2\right] - K1 \cdot \Delta TT1 \cdot g(-\Delta TT1 / \sigma 1)$$

Aplicação numérica:

$$TT_{\text{nom}} = 6,25\%$$

$$K1 = 2,22$$

$$TT_{\min 1} = 6,10\%$$

$$TT_{\max 1} = 6,60\%$$

$$TT_{\text{moy}1} = 6,35\%$$

$$15 \quad \Delta TT1 = (TT_{\text{moy}1} - TT_{\text{nom}}) = 0,10\% \quad \sigma 1 = (6,60 - 6,10)/6 = 0,08\%$$

Obtém-se:  $TT_{\text{rep}1} = 6,48\%$

Preferencialmente, buscou-se que o valor  $TT_{\text{rep}1}$  estivesse compreendido no intervalo entre  $TT_{\text{nom}}$  e  $TT_{\max 1}$ , o que corresponde ao caso da

presente aplicação numérica.

O cone formado pelos topos de roscas 13 pode apresentar imperfeições geométricas, tais como notadamente uma ovalização, cavados e bossas periódicas conforme uma seção reta.

5 Então, é vantajoso para se conseguir uma medida representativa do diâmetro primitivo no plano de medida P1 efetuar várias medidas do diâmetro.

Os inventores constataram que-no caso de um aparelho de medida com duas superfícies de contato 60, 61 do gênero do aparelho 51, não  
10 é necessário efetuar mais de quatro medidas para se conseguir um valor representativo do diâmetro primitivo no plano P1.

Portanto, propôs-se efetuar quatro medidas ou determinações sucessivas do diâmetro primitivo, girando o aparelho de medida 51 ou o rosqueamento 3 a ser controlado de  $45^\circ$ , seja um oitavo de volta em torno do  
15 eixo de rosqueamento XX entre cada medida, D1 sendo considerado igual ao valor médio dessas quatro medidas.

Como variante não representada, o aparelho de medida de plano de diâmetro comporta, de maneira conhecida em si, três superfícies de contato distantes de  $120^\circ$  uma da outra que permitem definir diretamente o  
20 círculo formado pela interseção do cone dos topos de roscas com o plano de medida P1 e, por conseguinte, o diâmetro entre topos de roscas D1s, sem que seja necessário fazer girar o aparelho em torno de uma superfície de contato, durante a medida.

O bloco de prova 70 possui então, conforme indicado na figura  
25 11, uma forma cilíndrica de diâmetro D1s.

Como variante, de acordo com a figura 13, ele possui uma forma troncônica de diâmetro igual a  $(D_{1e} + h)$  em um plano de seção reta situado à distância longitudinal  $L_A$  da superfície transversal de extremidade 72 de diâmetro menor do tronco de cone; sua conicidade é igual ao valor  $TT_{moy1}$ , o  
30 bloco de prova 70 cônico sendo inserido de maneira a aplicar sua superfície de extremidade 72 de diâmetro menor contra a superfície de apoio 54, 54' do aparelho de medida 51 e sua superfície periférica cônica entre as superfícies

de contato do aparelho de medida 51. Tem-se apenas necessidade de um bloco de prova independentemente do comprimento  $L_A$ , conforme no caso da figura 12.

Como variante da figura 13, o bloco de prova 70 tem um diâmetro  
5 igual a:  $(D_{nom} + h)$  em um plano de seção reta situado à distância longitudinal  $(L_A + L_1)$  da superfície transversal de extremidade 72 de diâmetro menor do tronco de cone; sua conicidade é igual ao valor  $TT_{rep1}$ .

Como variante não representada da figura 13, o bloco de prova  
70 pode, além disso, comportar na extremidade de sua superfície periférica  
10 cônica do lado da superfície de extremidade 72 uma parte não representada na figura 12 de conicidade diferente que reproduz o perfil da extremidade do elemento macho 1, notadamente do abaulamento de estanqueidade 5 e eventualmente da superfície de extremidade macho 7. Esse bloco de prova  
15 permite regular um segundo aparelho de medida do plano de diâmetro 51 para efetuar o controle do diâmetro do abaulamento de estanqueidade 5.

Com um aparelho de medida com três superfícies de contato, os  
inventores constataram que bastava efetuar três medidas do diâmetro primitivo, fazendo-se girar o aparelho de medida ou o rosqueamento 3 a ser controlado de  $40^\circ$  seja um nono de volta em torno do eixo de rosqueamento  
20 entre cada medida e assumir o valor médio dessas três medidas para se obter um valor representativo de D1 no plano de medida P1.

As figuras 9 e 19 são semelhantes às figuras 6 e 18 para ilustrar e explicitar o controle do diâmetro primitivo D2 de um rosqueamento cônico fêmea 4 no plano de medida P2 com o auxílio de um aparelho de medida do  
25 plano de diâmetro 51.

O aparelho de medida 51 da figura 9 é sensivelmente idêntico àquele da figura 6, salvo pelo fato de, tratando-se de controlar um rosqueamento fêmea, os braços longitudinais 52, 53 serem girados de  $180^\circ$  para que as superfícies de contato 60, 61 sejam voltados em oposição um ao outro.  
30

O processo de controle comporta as mesmas etapas que aquele relativo a um rosqueamento macho com, todavia, certas diferenças que vão

ser expostas.

Ajusta-se inicialmente sobre o aparelho de medida 51 a distância  $L_B$  entre a superfície de apoio 54, 54' e o plano de medida P2.

A posição do plano de medida P2 foi escolhida na figura 3, de maneira a ficar situada em uma zona de roscas perfeitas fêmeas e ser a mais próxima do plano do desenho que coincide com o plano de medida P1 do rosqueamento macho, quando, no desenho, os rosqueamentos macho e fêmea são ligados.

A figura 3 mostra esse caso em que o plano P2 coincide com o plano P1 no desenho da ligação. A distância  $L_B$  corresponde então na figura 3 à distância entre o plano P2 e a superfície 10 de extremidade do elemento fêmea 2.

Regula-se o zero do comparador 55, colocando-se as superfícies de contato 60, 61 sobre as duas faces planas, paralelas e diante uma da outra das ramificações de um bloco de prova 80 em forma de U da figura 14, as duas faces planas delimitando um espaço interno 81 de largura igual a  $(D2_e - h)$ . Nessa fórmula,  $D2_e$  é o valor estimado do diâmetro primitivo no plano de medida P2 e  $h$  representa a soma da altura de uma rosca e de um fator de correção geométrica próprio ao aparelho de medida 51 e conhecido em si conforme indicado mais acima.

Para determinar  $D2_e$ , utiliza-se uma relação semelhante àquela para o rosqueamento macho:

$$D2_e = D_{nom} - L2 \cdot TT_{rep1} / 100$$

$D_{nom}$  sendo o valor nominal do diâmetro primitivo;

$L2$  sendo a distância entre os planos P0 e P2 que é computado positivamente, já que P2 é o lado dos diâmetro menores em relação a P0;

$TT_{rep2}$  sendo o valor de referência da conicidade fêmea que será definida depois; ela é inferior ao valor nominal da conicidade.

Como variante, ao invés de utilizar o bloco de prova da figura 14 que comporta um espaço interno delimitado por duas faces planas paralelas, pode-se utilizar o bloco 80 em U da figura 16 que apresenta uma superfície de extremidade transversal 82 e cujo espaço interno 81 é delimitado por du-

as faces planas inclinadas em cunha, de orientação sensivelmente longitudinal, inclinadas simetricamente em relação à superfície de extremidade 82 e convergindo para o fundo do espaço interno 81, isto é, para o fundo do U. O ângulo  $D$  entre as superfícies planas inclinadas é igual a  $2 \cdot \arctg (TT_{moy1}/2)$  e a distância transversal entre as faces planas inclinadas à distância longitudinal  $L_B$  da superfície de extremidade 82 é igual a  $(D_{2e} - h)$ . O aparelho de medida 51 é inserido, de maneira a aplicar sua superfície de apoio 54, 54' contra a superfície de extremidade 82 do bloco de prova 80 e suas superfícies de contato 60, 61 contra as faces planas inclinadas do bloco 80. Tem-se apenas necessidade de um bloco de prova 80, independentemente do comprimento  $L_B$ .

Como variante da figura 16, o ângulo  $D$  entre as superfícies planas inclinadas é igual a  $2 \cdot \arctg (TT_{rep2}/2)$  e a distância transversal entre as faces planas inclinadas à distância longitudinal  $(L_B - L_2)$  da superfície de extremidade 82 é igual a  $(D_{nom} - h)$ .

Como variante não representada da figura 16, o bloco de prova 80 pode, além disso, comportar na extremidade de sua superfície periférica cônica do lado da superfície de extremidade 82 uma parte não representada na figura 16 de conicidade diferente que reproduz o perfil da extremidade do elemento macho 2, notadamente do abaulamento de estanqueidade 6 e eventualmente da superfície de apoio fêmea 8. Esse bloco de prova permite regular um segundo aparelho de medida do plano de diâmetro 51 para efetuar o controle do diâmetro do abaulamento de estanqueidade 6.

Efetua-se a medida do mesmo modo que no caso do rosqueamento macho colocando-se a superfície de apoio 54, 54' contra a superfície de extremidade 10 do rosqueamento fêmea 4 ser controlado e colocando-se as superfícies de contato 60, 61 internamente em contato com os topos de roscas fêmeas diametralmente opostos.

Faz-se girar o aparelho em torno da superfície de contato 61 que gira permanecendo em contato com os topos de roscas.

A medida do diâmetro  $D_{2s}$  entre topos de roscas corresponde ao valor máximo da distância transversal entre as superfícies de contato 60,

61.

Conforme para o rosqueamento macho, esse valor pode ser lido sobre o comparador 55 ou diretamente afixado, caso se utilizem circuitos eletrônicos apropriados descritos mais acima.

- 5                Pode-se, conforme no caso do rosqueamento macho, utilizar um aparelho de medida do plano de diâmetro que comporta três superfícies de contato e que dá o valor de  $D_{2s}$ , sem ter de fazer girar o aparelho em torno de uma de suas superfícies de contato.

10              Nesse caso, utiliza-se o bloco de prova 80 da figura 15 que comporta uma cavidade cilíndrica.

15              Como variante, utiliza-se o bloco de prova 80 da figura 17, que comporta uma superfície transversal de extremidade 82 e um espaço interno 81 delimitado por uma superfície periférica cônica de conicidade igual a  $TT_{moy2}$ , cujo topo fica voltado do lado oposto à superfície transversal de extremidade e cujo diâmetro à distância  $L_B$  da superfície transversal de extremidade 82 é igual a  $(D_{2e}-h)$ . O aparelho de medida 51 é inserido de maneira a aplicar sua superfície de apoio 54, 54' contra a superfície de extremidade 82 do bloco de prova 80 e suas superfícies de contato contra a superfície periférica cônica do bloco de prova 80. Tem-se apenas necessidade de um bloco de prova, independentemente do comprimento  $L_B$  conforme no caso da figura 16.

Como variante da figura 17, a superfície periférica cônica possui uma conicidade igual a  $TT_{rep2}$  e seu diâmetro à distância  $(L_B - L_2)$  da superfície transversal de extremidade 82 é igual a  $(D_{nom}-h)$ .

25              Como variante não representada da figura 17, o bloco de prova 80 pode, além disso, comportar na extremidade de sua superfície periférica cônica do lado da superfície de extremidade 82 uma parte não representada na figura 17 de conicidade diferente que reproduz o perfil do(s) meio(s) de estanqueidade do elemento fêmea 2, notadamente do abaulamento de estanqueidade 6 e eventualmente da superfície de apoio fêmea 8. Esse bloco de prova permite regular um segundo aparelho de medida do plano de diâmetro 51 para efetuar o controle do diâmetro do abaulamento de estanquei-

dade 6.

A medida do diâmetro D2s entre topos de roscas no plano de medida P2 é feita do mesmo modo que a medida do diâmetro D1s sobre o rosqueamento macho.

- 5 A última etapa do processo de controle do rosqueamento fêmea 4 é uma comparação entre o valor D2s medida entre topos de roscas e os limites admissíveis definidos por um intervalo em torno de D2<sub>e</sub>.

O valor D2 do dispositivo primitivo do rosqueamento fêmea 4 no plano de medida P2 é obtido acrescentando-se a quantidade h anteriormente definida no valor medido D2s.

Os limites do intervalo admissível do diâmetro medido entre topos de roscas D2s podem ser definidos diretamente a partir dos limites relativos ao diâmetro primitivo D2, minoradas da quantidade h.

- 15 Elas podem, além disso, ser definidas indiretamente, substituindo-se, na fórmula  $D2_e = D_{nom} - L2 \cdot TT_{rep2}/100$ , dando o valor estimado do diâmetro primitivo no plano de medida, o valor da distância 2 entre planos P0 e P2 por valores  $L2_{min}$ ,  $L2_{max}$  que o envolvem a  $+\Delta L2$ .

Determina-se D2<sub>e</sub> a partir das relações ilustradas pela figura 19, utilizando-se o mesmo tipo de cálculos que para determinar D1<sub>e</sub>.

- 20 De forma geral, buscou-se que o valor médio dos diâmetros primitivos dos rosqueamentos 4 controlados de acordo com o presente método seja igual ao valor médio dos diâmetros primitivos dos rosqueamentos 4 controlados com um tampão calibre 21, segundo a especificação API 5B, isto no plano de extremidade 27 desse tampão-calibre 21 que é posicionado em, 25 média sobre a última rosca fêmea completa.

O ponto G<sub>2</sub> marca na figura 19 o valor médio do diâmetro primitivo do rosqueamento 4 no plano de extremidade 27 do tampão-calibre que fica distante de Ls2 do plano de referência P0 e Lf2 do plano 25 situado na outra extremidade do tampão-calibre.

- 30 Considerar-se-á que:

a) conforme indicado mais acima, os cones primitivos dos rosqueamentos feitos giram em torno de um ponto situado em uma extremidade



ou na outra do rosqueamento do tampão-calibre 21 parafusado sobre o rosqueamento fêmea 4 a ser controlado segundo o fato de a conicidade TT2 do rosqueamento 4 controlado ser inferior ou superior à conicidade do rosqueamento do tampão-calibre, a qual é considerada como igual ao valor nominal da conicidade;

b) a distribuição das conicidades dos rosqueamentos feitos segue uma distribuição normal centrada sobre o valor médio  $TT_{moy2}$  da conicidade, o intervalo entre valor máximo e valor mínimo das conicidades ( $TT_{max2} - TT_{min2}$ ) sendo igual a 6 vezes o desvio-padrão  $\sigma_2$  da distribuição.

Segue-se que, se a conicidade do rosqueamento controlado for inferior ao valor nominal  $TT_{nom}$ , o ponto do rosqueamento controlado no plano 27 de extremidade do tampão-calibre ficará situado no intervalo  $O_2'A_2$ , o ponto  $O'_2$  correspondente à conicidade  $TT_{nom}$  do tampão-calibre e o ponto  $A_2$  correspondente ao valor mínimo  $TT_{min2}$  da conicidade do rosqueamento a ser controlado. A densidade de probabilidade de um ponto qualquer a ser controlado. A densidade de probabilidade de um ponto qualquer do intervalo  $O_2'A_2$ , corresponde a uma lei de Gauss centrada em  $O_1$  ilustrada pela parte em traços cheios da curva em sino representada na figura 19, o ponto  $O_1$  correspondente ao valor médio  $TT_{moy2}$  da conicidade do rosqueamento 4 a ser controlado.

Se a conicidade TT2 do rosqueamento controlado for inferior ao valor nominal  $TT_{nom}$ , a extremidade do rosqueamento controlado no plano de extremidade 27 do anel-calibrador é o ponto pivô  $O'_2$ . A probabilidade associada à posição do ponto  $O'_2$  é igual à área da parte em pontilhados da curva em sino da figura 19.

O valor médio resultante da posição da extremidade do rosqueamento no plano 27 é o centro de gravidade  $G_2$  das posições para o conjunto dos valores de conicidade entre  $TT_{min2}$  e  $TT_{max2}$  e permite definir um valor de referência da conicidade  $TT_{rep2}$  pela inclinação da reta  $Q_2G_2$ , o ponto  $Q_2$  correspondente ao valor nominal do diâmetro primitivo.

Pode-se escrever sobre um eixo voltado de  $A_2$  para  $O'_2$ :

$$TT_{rep2} = TT_{nom} + O'_2 G_2 / Ls2 = TT_{nom} + O'_2 O_2 / Ls2 + O_2 G_2 / Ls2$$

$$\frac{O'_2 O_2}{Ls2} = \frac{Lf2}{Ls2} \cdot \Delta TT2$$

A relação  $Lf2/Ls2$  é ainda igual à relação  $K2$  do comprimento do rosqueamento macho à distância entre o plano de referência PO e a última rosca fêmea completa.

$$\frac{O_2 G_2}{Lf2 \cdot \sigma^2} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \cdot \rho(x) \cdot dx$$

5 x é uma variável centrada reduzida igual a  $(TT2 - T_{Tmoy2})/\sigma^2$  que pode variar de  $-\infty$  a  $+\infty$ ,  $TT2$  correspondendo à variável conicidade.

$$F(x) \text{ é uma função de Gauss } = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-x^2/2)$$

$$\begin{aligned} \text{com } \rho(x) &= x & \text{para } x < -\Delta TT2 / \sigma^2 & \text{ seja para } TT2 < TT_{nom} \\ \rho(x) &= -\Delta TT2 / \sigma^2 & \text{para } x \geq -\Delta TT2 / \sigma^2 & \text{ seja para } TT2 \geq TT_{nom} \end{aligned}$$

$$\frac{O_2 G_2}{Lf2 \cdot \sigma^2} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-\Delta TT2 / \sigma^2} x \cdot \exp(-x^2/2) \cdot dx - \frac{\Delta TT2}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma^2} \int_{-\Delta TT2 / \sigma^2}^{+\infty} \exp(-x^2/2) \cdot dx$$

Pode-se então facilmente deduzir daí a fórmula:

$$\begin{aligned} TT_{rep2} = TT_{nom} + K2 \cdot \Delta TT2 - \frac{K2 \cdot \sigma^2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot (\Delta TT2 / \sigma^2)^2\right] \\ - K2 \cdot \Delta TT2 \cdot g(\Delta TT2 / \sigma^2) \end{aligned}$$

Aplicação numérica:

$$\begin{aligned} TT_{nom} &= 6,25\% & K1 &= 2,22 \\ 10 \quad TT_{min2} &= 6,05\% & TT_{max2} &= 6,45\% & TT_{moy2} &= 6,25\% \\ \Delta TT2 &= \sigma^2 &= 0,07\% \\ TT_{rep2} &= 6,19\% \text{ e está compreendida no intervalo desejado entre } TT_{min2} \text{ e } TT_{nom}. \end{aligned}$$

15 É vantajoso para os desempenhos dos rosqueamentos machos ou fêmeas controlados pelo processo, de acordo com a presente invenção, que o valor médio de  $TT_{moy2}$  da conicidade do rosqueamento fêmea 4 seja inferior ao valor médio  $TT_{moy1}$  da conicidade do rosqueamento macho 3, cada um dos elementos macho ou fêmea 1, 2 comportando meios de estan-

queidade, tal como um abaulamento de estanqueidade 5, 6 que interfere radialmente sobre aquele do elemento conjugado sobre a ligação 100 e/ou uma superfície de apoio 7, 8 em batente com aquela do elemento conjugado sobre a ligação 100, os meios de estanqueidade machos 5, 7 sendo dispo-

5 tos nas proximidades da extremidade livre do elemento macho 1.

Quando os valores médios das conicidades são assim acionados, os rosqueamentos têm tendência a interferir pouco nas proximidades do(s) meio(s) de estanqueidade. Ora, os inventores puderam mostrar uma influência favorável de uma pequena interferência dos rosqueamentos do

10 lado dos meios de estanqueidade (5, 6, 7, 8) sobre o nível de pressão de contato dos meios de estanqueidade.

O valor médio  $TT_{moy1}$  da conicidade do rosqueamento macho pode ser superior ao valor nominal  $TT_{nom}$ .

O valor médio  $TT_{moy2}$  da conicidade do rosqueamento fêmea

15 pode ser inferior ao valor nominal  $TT_{nom}$ .

A tabela 1 a seguir é oriunda de cálculos numéricos sobre uma ligação de tubos de diâmetro 177,8 mm (7"), de espessura de 8,05 mm (23 lb/ft) segundo as designações anglo-saxônicas em uso na técnica) e de limite de elasticidade mínima (SMYS) igual a 551 MPa, a ligação sendo seme-

20 lhante àquela da figura 3. Ela dá o valor da pressão de contato ao nível dos abaulamentos de estanqueidade 5, 6, calculada para um binário de parafusação de 9,8 kN.m.

	conicidade		interferência do rosqueamento (mm)		relação pressão de contato/SMYS
	macho	fêmea	lados das primeiras roscas macho	lado das últimas roscas macho	
1º caso	6,00%	6,60%	-0,48 mm	0,19 mm	0,74
2º caso	6,50%	6,10%	0,30 mm	-0,15 mm	0,59

Tabela 1: pressão de contato sobre os abaulamentos de estanqueidade em função da interferência em rosqueamento.

25 Constata-se o efeito nefasto de uma intereferência diametral positiva do lado das primeiras roscas machos sobre o valor da pressão de contato ao nível dos abaulamentos de estanqueidade 5, 6. Parece portanto judi-

cioso poder estimar a interferência diametral do lado entrada macho e notadamente no plano correspondente à última rosca fêmea completa presa com a primeira rosca macho completa. Uma medida do diâmetro primitivo dos rosqueamentos nesse local aparece em consequência vantajosa.

- 5 Mas, mesmo realizando-se a ligação com valores médios desenhados de conicidade e controlando-se o diâmetro primitivo relativamente próximo dos abaulamentos de estanqueidade pelo processo, de acordo com a invenção, poderia advir para certos pares de elementos macho/fêmea aceitos pelo processo de controle, de acordo com a invenção,
- 10 que o valor da interferência em rosqueamento nas proximidades dos abaulamentos de estanqueidade 5, 6, seja superior ao valor máximo da interferência em rosqueamento no mesmo local para rosqueamentos controlados por calibres maciços, segundo a especificação API 5B.

Esse ponto pode ser verificado por cálculo geométrico.

- 15 No caso dos tubos dados no exemplo antes, consideraram-se tolerâncias admissíveis sobre as conicidades que o valor máximo da interferência em rosqueamento nas proximidades dos abaulamentos de estanqueidade no caso do processo de controle, de acordo com a invenção, é inferior de 0,07 mm ao valor máximo da interferência em rosqueamento no mesmo
- 20 local para rosqueamentos controlados segundo a espessura API 5B.

Esse resultado é satisfatório. Se esse não fosse o caso, para que haja estrita equivalência dos processos, conviria, por exemplo, reduzir o intervalo de tolerância sobre a conicidade dos rosqueamentos feitos e controlados pelo processo, de acordo com a invenção.

- 25 Uma última verificação a ser feita em relação à equivalência face ao controle segundo a especificação API 5B é a equivalência dos binários de parafusação.

- O binário de parafusação no momento da abordagem das superfícies de apoio 7, 8 é essencialmente função da interferência global sobre o
- 30 conjunto dos rosqueamentos.

Ora, se o valor da interferência rosqueamento nas proximidades dos abaulamentos de estanqueidade 5, 6 for bem controlado pela aplicação

do processo, de acordo com a invenção, o valor da interferência na outra extremidade do rosqueamento, seja no nível das roscas machos não completas, será, ao contrário, pior controlado.

Os inventores verificaram, assim, que o binário de parafusação  
5 especificado não deve ser modificado, caso o valor da área da interferência  
rosqueamento, calculado para dimensões médias dos elementos macho/fêmea 1, 2 e integrando o valor da interferência ao longo do rosqueamento, é pouco diferentes entre rosqueamentos controlados pelo processo, de acordo com a invenção, e rosqueamentos controlados segundo a especificação API 5B.  
10

No caso dos tubos dados antes no exemplo, o valor dessa área de interferência é 2 % menor para o processo, de acordo com a invenção, em relação ao controle, segundo a especificação API 5B; essa diferença é inteiramente aceitável.

15 No caso de ser encontrada uma diferença importante, superior a 30 %, por exemplo em um sentido ou no outro, seria conveniente, por exemplo, reduzir os limites do intervalo de tolerância sobre as conicidades dos rosqueamentos.

A presente invenção não se limita aos modos de realização expostos nas figuras ou nos exemplos.  
20

A invenção pode notadamente ser aplicada ao controle dos rosqueamentos cônicos de ligações ditas integrais, cada tubo sendo de comprimento maior e comportando um elemento macho 1 em uma extremidade e um elemento fêmea 2 na outra extremidade, o elemento macho de um primeiro tubo 101 sendo ligado ao elemento fêmea de um segundo tubo 102.  
25

Ela pode também se aplicar ao controle dos rosqueamentos cônicos de ligações com luvas entre tubos de grande comprimento comportando um elemento macho 1 em cada uma de suas extremidades, as luvas de ligação sendo munidas em cada um de suas extremidades de um elemento fêmea 2.

30 Ela pode também ser aplicada ao controle dos rosqueamentos cônicos com roscas de todas as espécies de forma, redondas, triangulares, trapezoidais com flancos de ângulo positivos ou negativos e outros.

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo de controle de um rosqueamento cônico macho (3) disposto sobre a periferia externa de um elemento macho (1) ele próprio situado na extremidade de um tubo metálico (101) e compreendendo pelo menos um meio de estanqueidade (5, 7) situado nas proximidades dessa extremidade, no qual se controla o diâmetro primitivo (D1) do rosqueamento em um plano de medida (P1) determinado situado à distância L1 do plano de referência (P0) por meio de um aparelho de medida do plano de diâmetro (51) que compreende uma superfície de apoio (54, 54') pelo menos duas superfícies de contato (60, 61) transversalmente à distância uma da outra e à distância axial regulável da superfície de apoio e um meio de medida (55) do diâmetro de um círculo situado em um plano transversal de medida (P1) e tangente às superfícies de contato, esse processo compreendendo as etapas seguintes:
  - a) uma etapa de ajuste sobre esse aparelho de medida do plano de diâmetro (51) da distância  $L_A$  entre a superfície de apoio (54, 54') e o plano de medida (P1), em função da distância L1, escolhida;
  - b) uma etapa de regulação desse meio de medida sobre um valor preestabelecido da distância transversal entre as superfícies de contato por meio de um bloco de prova (70), cuja cota característica é definida em relação ao valor estimado ( $D1_e$ ) do diâmetro primitivo no plano de medida (P1);
  - c) uma etapa de medida no plano de medida (P1) do diâmetro do rosqueamento entre os topos de roscas (D1s), o aparelho de medida (51) sendo colocado em batente por sua superfície de apoio (54, 54') contra a extremidade livre do elemento macho;
  - d) uma etapa de comparação do diâmetro medido entre topos de roscas (D1s) em relação aos limites do intervalo admissível e sendo **caracterizado pelo fato de que** o plano de medida (P1) do diâmetro primitivo do rosqueamento macho (3) é um plano situado entre o plano de referência (P0) e a primeira rosca macho completa e em que o valor estimado do diâmetro primitivo ( $D1_e$ ) no plano de medida (P1) corresponde às seguintes e-

quações:

$$D_{1e} = D_{nom} - L1 \cdot TT_{rep1} / 100$$

$$TT_{rep1} = TT_{nom} + K1 \cdot \Delta TT1 + \frac{K1 \cdot \sigma 1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot (\Delta TT1 / \sigma 1)^2\right] - K1 \cdot \Delta TT1 \cdot g(-\Delta TT1 / \sigma 1)$$

$D_{nom}$  é valor nominal do diâmetro primitivo no plano de referência;

$TT_{rep1}$  é o valor de referência da conicidade;

5  $TT_{nom}$  é o valor nominal da conicidade do rosqueamento;

$TT_{min1}$ ,  $TT_{max1}$  e  $TT_{moy1}$  sendo respectivamente os valores mínimo, máximo e médio da conicidade dos rosqueamentos machos realizados;

$\Delta TT1$  é o valor algébrico do desvio ( $TT_{moy1} - TT_{nom}$ )

10  $\sigma 1$  sendo o desvio-padrão da distribuição dos valores de conicidade realizados;

$K1$  sendo a relação do comprimento do rosqueamento macho à distância entre o plano de referência (P0) e a primeira rosca macho completa,

15  $g(u)$  ser o valor da distribuição normal centrada reduzida para o valor  $u$  da variável.

2. Processo de controle, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o plano de medida (P1) fica situado à meia-distância entre o plano de referência (P0) e o plano correspondente à primeira rosca macho completa.

20 3. Processo de controle de um rosqueamento cônico fêmea (4), disposto sobre a periferia interna de um elemento fêmea (2) ele próprio situado na extremidade de um tubo metálico (102) e compreendendo pelo menos um meio de estanqueidade (6, 8) disposto de modo a cooperar com aquele(s) (5, 7) situados nas proximidades da extremidade livre do elemento macho, no qual se controla o diâmetro primitivo (D2) do rosqueamento em  
25 um plano de medida (P2) determinado situado à distância L2 do plano de referência (P0) por meio de um aparelho de medida do plano de diâmetro (51) que compreende uma superfície de apoio (54, 54'), pelo menos duas superfícies de contato (60, 61) transversalmente à distância uma da outra e

à distância axial regulável dessa superfície de apoio e um meio de medida (55) do diâmetro de um círculo situado em um plano transversal de medida (P2) e tangente a essas superfícies de contato, esse processo compreendendo as seguintes etapas:

- 5 a) uma etapa de ajuste sobre o aparelho de medida de plano de diâmetro (51) da distância ( $L_B$ ) entre a superfície de apoio (54, 54') e o plano de medida (P2) em função da distância  $L2$  escolhida;
- b) uma etapa de regulação desse meio de medida (55) sobre um valor preestabelecido da distância transversal entre as superfícies de contato por meio de um bloco de prova (80), cuja cota característica é definida em relação ao valor estimado ( $D2_e$ ) do diâmetro primitivo no plano de medida (P2) considerado;
- 10 c) uma etapa de medida no plano de medida (P2) do diâmetro entre os topos de roscas ( $D2s$ ), o aparelho de medida (51) sendo escorado por sua superfície de apoio (54, 54') contra a extremidade livre do elemento fêmea;
- 15 d) uma etapa de comparação do diâmetro medido entre topos de roscas ( $D2s$ ) em relação aos limites do intervalo admissível e **caracterizado pelo fato de que** o plano de medida (P2) do diâmetro primitivo do rosqueamento cônico fêmea(4) fica situado em uma zona de roscas fêmeas completas e é o mais próximo do plano (P0), coincidindo com o plano de medida (P1) do diâmetro primitivo do rosqueamento macho definido pela reivindicação 1 ou 2, quando, no desenho, os dois rosqueamentos macho e fêmea (3, 4) são ligados e pelo fato de o valor estimado do diâmetro primitivo ( $D2_e$ ) do rosqueamento fêmea no plano de medida (P2) corresponder às seguintes equações:
- 20
- 25

$$D2_e = D_{nom} - L2 \cdot TT_{rep2} / 100$$

$$TT_{rep2} = TT_{nom} + K2 \cdot \Delta TT2 - \frac{K2 \cdot \sigma 2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[ -\frac{1}{2} \cdot (\Delta TT2 / \sigma 2)^2 \right] - K2 \cdot \Delta TT2 \cdot g(\Delta TT2 / \sigma 2)$$

$D_{nom}$  é valor nominal do diâmetro primitivo no plano de referência;

$TT_{rep2}$  é o valor de referência da conicidade;



$TT_{nom}$  é o valor nominal da conicidade do rosqueamento;

$TT_{min2}$ ,  $TT_{max2}$  e  $TT_{moy2}$  sendo respectivamente os valores mínimo, máximo e médio da conicidade dos rosqueamentos realizados;

$\Delta TT2$  é o valor algébrico do desvio ( $TT_{moy} - TT_{nom}$ );

5  $\sigma2$  sendo o desvio-padrão da distribuição dos valores de conicidade realizados,

$K2$  sendo a relação do comprimento do rosqueamento fêmea à distância entre o plano de referência (P0) e a última rosca fêmea completa,

10  $g(u)$  é o valor da distribuição normal centrada reduzida para o valor  $u$  da variável.

4. Processo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato de que** o(s) meio(s) de estanqueidade compreendem um abaulamento de estanqueidade (5, 6).

15 5. Processo de controle, de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que** o(s) meio(s) de estanqueidade compreende(m) uma superfície de apoio transversal (7, 8).

20 6. Processo de controle de um rosqueamento cônico fêmea (4), de acordo com uma das reivindicações 3 a 5, **caracterizado pelo fato de que** o valor médio ( $TT_{moy2}$ ) da conicidade do rosqueamento fêmea (4) é inferior ao valor médio ( $TT_{moy1}$ ) da conicidade do rosqueamento macho (3) que lhe é associado.

25 7. Processo de controle de um rosqueamento cônico macho (3), de acordo com uma das reivindicações 1, 2, 4 ou 5, **caracterizado pelo fato de que** o valor médio ( $TT_{moy1}$ ) da conicidade do rosqueamento macho (3) é superior ao valor nominal ( $TT_{nom}$ ).

8. Processo de controle de um rosqueamento cônico fêmea (4), de acordo com uma das reivindicações 3 a 5, **caracterizado pelo fato de que** o valor médio ( $TT_{moy2}$ ) da conicidade do rosqueamento fêmea (4) é inferior ao valor nominal ( $TT_{nom}$ ).

30 9. Processo de controle, de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizado pelo fato de que** os valores dos limites do intervalo admissível do diâmetro entre topos de roscas são obtidos substituindo na

fórmula que dá o valor estimado do diâmetro primitivo no plano de medida o valor (L1, L2) da distância entre plano de referência (P0) e plano de medida (P1, P2) por valores ( $L1_{\min}$ ,  $L1_{\max}$ ,  $L2_{\min}$ ,  $L2_{\max}$ ) que envolvem este.

10. Processo de controle, de acordo com uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado pelo fato de que** é aplicado com o auxílio de um aparelho de medida de plano de diâmetro (51) que comporta duas superfícies de contato (60, 61) quatro vezes no mesmo plano de medida (P1, P2) girando o aparelho de medida (51) ou o rosqueamento (3, 4) de um oitavo de volta em torno do eixo de rosqueamento (XX) entre cada medida e em que utiliza o valor médio dessas quatro medidas para definir o diâmetro entre topos de roscas no plano de medida.

11. Processo de controle, de acordo com uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado pelo fato de que** é aplicado com o auxílio de um aparelho de medida do plano de diâmetro (51) que comporta três superfícies de contato três vezes no mesmo plano de medida (P1, P2) girando o aparelho de medida (51) ou o rosqueamento (3, 4) de 40 ° em torno do eixo de rosqueamento (XX) entre cada medida e pelo fato de se utilizar o valor médio dessas três medidas para definir o diâmetro entre topos de roscas no plano de medida.

12. Aparelho de medição do plano de diâmetro (51) em um plano de medida (P1, P2) para aplicar o processo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 10, comportando uma superfície de apoio (54, 54'), duas superfícies de contato (60, 61) transversalmente à distância uma da outra e à distância axial regulável da superfície de apoio e um meio de medida (55) do diâmetro de um círculo situado em um plano transversal de medida (P1) e tangente às superfícies de contato (60, 61), **caracterizado pelo fato de que** compreende um meio para adquirir automaticamente o valor máximo obtido durante a medida.

13. Aparelho de medição do plano de diâmetro (51), de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado pelo fato de que** compreende um meio para efetuar cálculos estatísticos sobre os valores adquiridos de diâmetro entre topos de roscas.

14. Bloco de prova (70) utilizado para ajustar o valor preestabelecido da distância entre as superfícies de contato (60, 61) no processo de controle, conforme definido na reivindicação 1 ou 2, utilizando um aparelho de medida do plano de diâmetro com duas superfícies de contato, **caracteri-**  
 5 **zado pelo fato de que** o bloco (70) é em forma de cunha truncada e compreende uma superfície transversal de extremidade (72) e duas faces planas de orientação longitudinal, inclinadas simetricamente em relação à superfície transversal de extremidade e convergindo para esta, o ângulo C entre essas faces planas inclinadas sendo igual a  $2 \cdot \arctg (TT_{moy1}/2)$  e a distância trans-  
 10 versal entre essas faces planas inclinadas sendo igual a  $(D1_e + h)$  à distância longitudinal ( $L_A$ ) da superfície de extremidade (72), h sendo igual à soma da altura de um dente (13) do rosqueamento a ser controlado (3) e de um fator de correção geométrica conhecido em si e próprio ao aparelho de medida (51).

15 15. Bloco de prova (70) utilizado para ajustar o valor preestabelecido da distância entre as superfícies de contato no processo de controle, conforme definido na reivindicação 1 ou 2, utilizando um aparelho de medida de plano de diâmetro com 3 superfícies de contato, **caracterizado pelo fato**  
 20 **de que** o bloco (70) é em forma de tronco de cone e compreende uma superfície transversal de extremidade (72) do lado do topo do cone e uma superfície periférica cônica de conicidade igual a  $TT_{moy1}$ , o diâmetro da superfície cônica à distância ( $L_A$ ) da superfície transversal de extremidade sendo igual a  $(D1_e + h)$ , h sendo igual à soma da altura de um dente (13) do rosqueamento a ser controlado (3) e de um fator de correção geométrica co-  
 25 nhecido em si e próprio ao aparelho de medida (51).

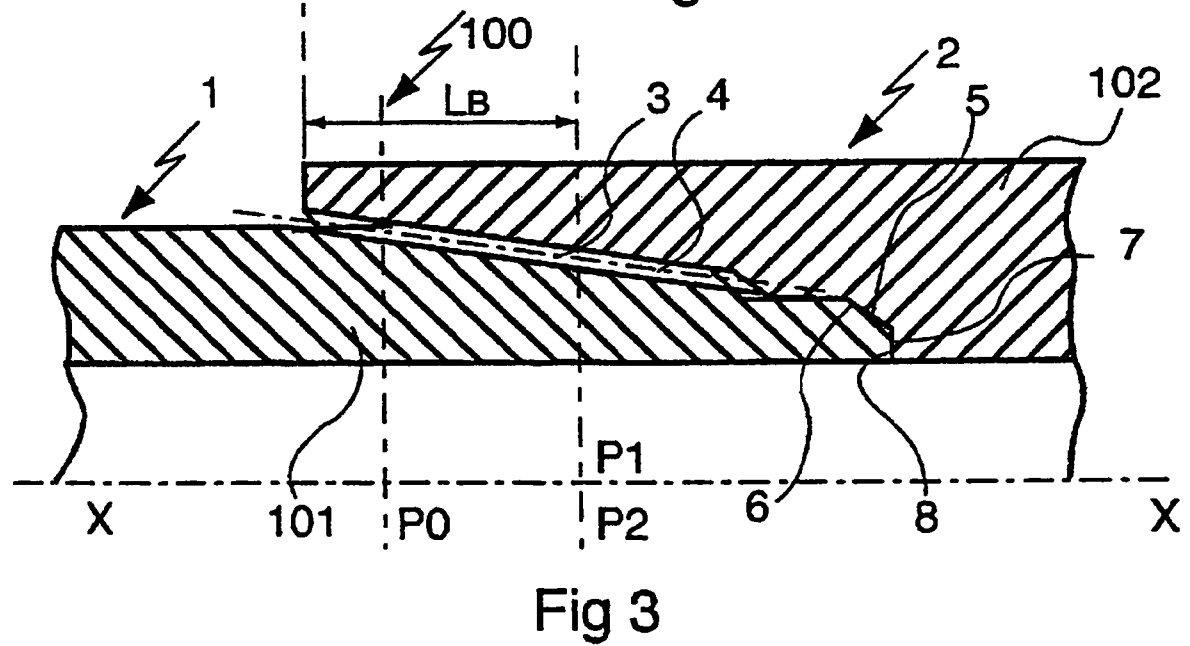
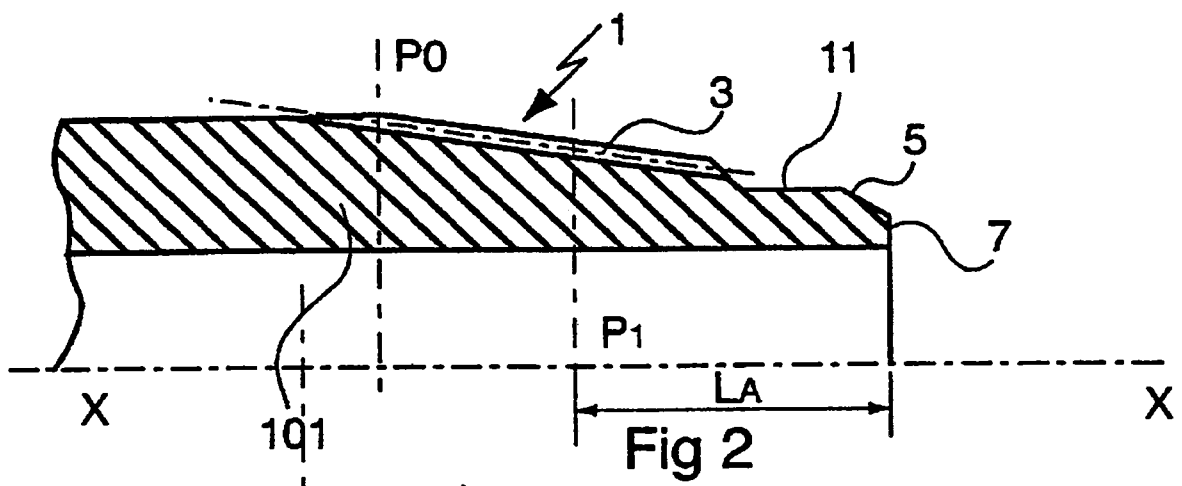
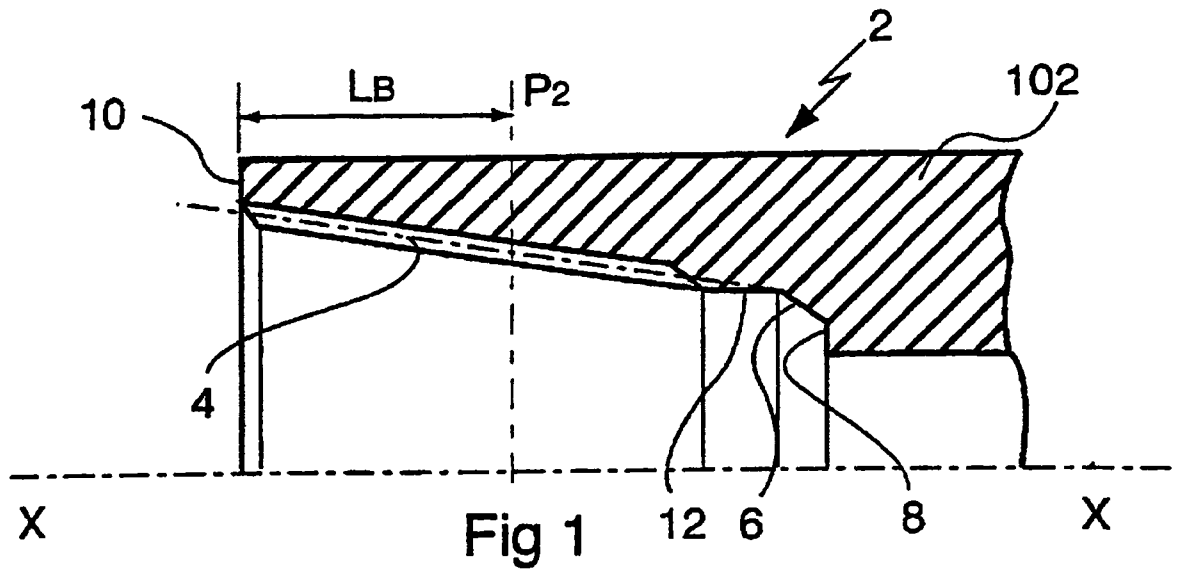
16. Bloco de prova (70), de acordo com a reivindicação 14 ou 15, **caracterizado pelo fato de que** o bloco de prova comporta na extremidade de suas faces planas inclinadas ou de sua superfície periférica cônica do lado da superfície de extremidade (72) uma parte de inclinação ou de co-  
 30 nicidade diferente que reproduz o perfil do(s) meio(s) de estanqueidade (5, 7) do elemento macho (1).

17. Bloco de prova (80), utilizado para ajustar o valor preestabe-

lecido da distância entre as duas superfícies de contato (60, 61) no processo de controle, conforme definido na reivindicação 3, utilizando um aparelho de medida de plano de diâmetro com duas superfícies de contato, **caracterizado pelo fato de que** o bloco (80) apresenta uma superfície de extremidade transversal (82) e um espaço interno (81) delimitado por duas faces planas do bloco, de orientação longitudinal, inclinadas simetricamente em relação a essa superfície de extremidade (82) e convergindo para o fundo do espaço interno (81), o ângulo  $D$  entre essas faces planas inclinadas sendo igual a  $2 \cdot \arctg(TT_{moy2}/2)$  e a distância transversal entre essas faces planas inclinadas sendo igual a  $(D2_e - h)$  à distância longitudinal ( $L_B$ ) da superfície de extremidade (82),  $h$  sendo igual à soma da altura de um dente do rosqueamento a ser controlado (4) e de um fator de correção geométrica conhecido em si e próprio para o aparelho de medida (51).

18. Bloco de prova (80) utilizado para ajustar o valor preestabelecido da distância entre as superfícies de contato no processo de controle, conforme definido na reivindicação 3, utilizando um aparelho de medida de plano de diâmetro com três superfícies de contato, **caracterizado pelo fato de que** o bloco (80) apresenta uma superfície transversal de extremidade (82) e um espaço interno (81) delimitado por uma superfície periférica cônica de eixo longitudinal e de conicidade igual a  $TT_{moy2}$ , cujo topo fica voltado do lado oposto à superfície transversal de extremidade e cujo diâmetro à distância ( $L_B$ ) da superfície transversal de extremidade (82) é igual a  $(D2_e - h)$ ,  $h$  sendo igual à soma da altura de um dente do rosqueamento a ser controlado (4) e de um fator de correção geométrica conhecido em si e próprio ao aparelho de medida (51).

19. Bloco de prova (80), de acordo com a reivindicação 17 ou 18, **caracterizado pelo fato de que** o bloco (80) comporta na extremidade de suas faces planas inclinadas ou de sua superfície periférica cônica do lado oposto à superfície de extremidade transversal (82) uma parte de inclinação e de conicidade diferente que reproduz o perfil do ou dos meio(s) de estanqueidade (6, 8) do elemento fêmea (2).



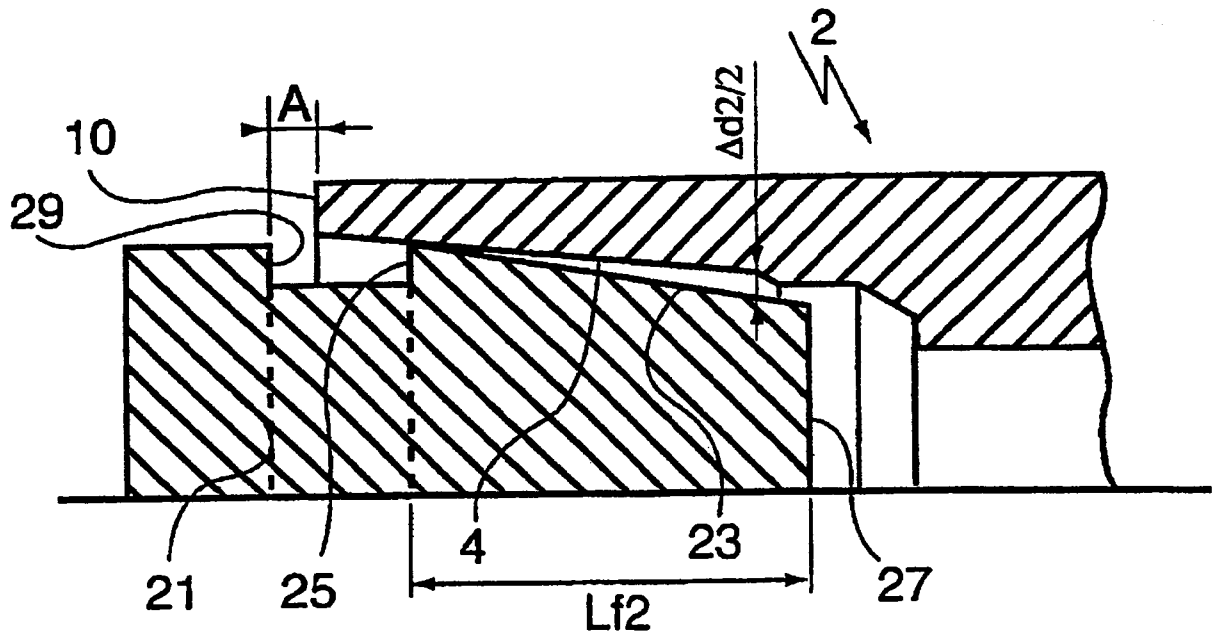


Fig 4

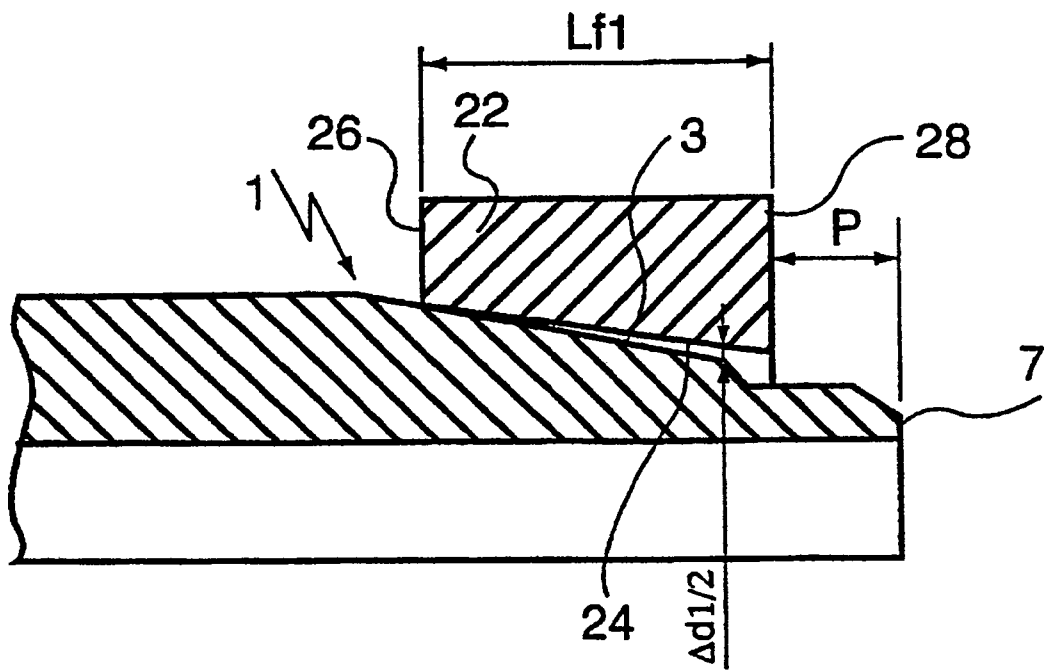
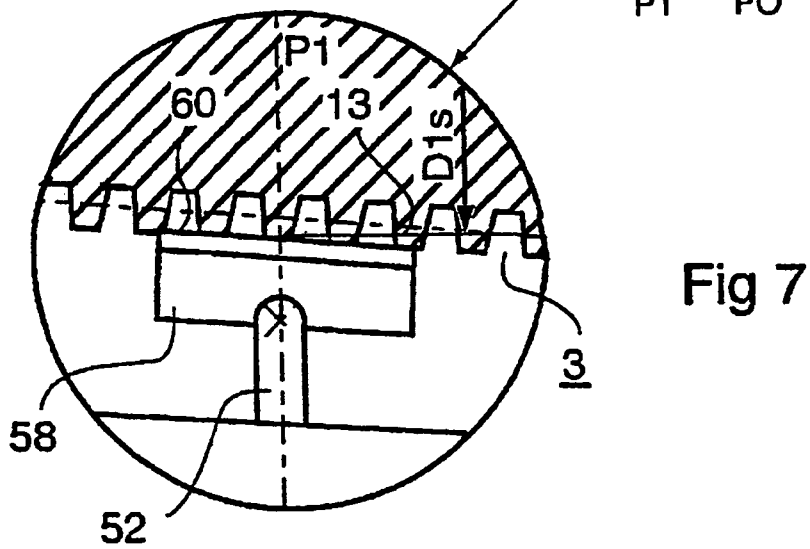
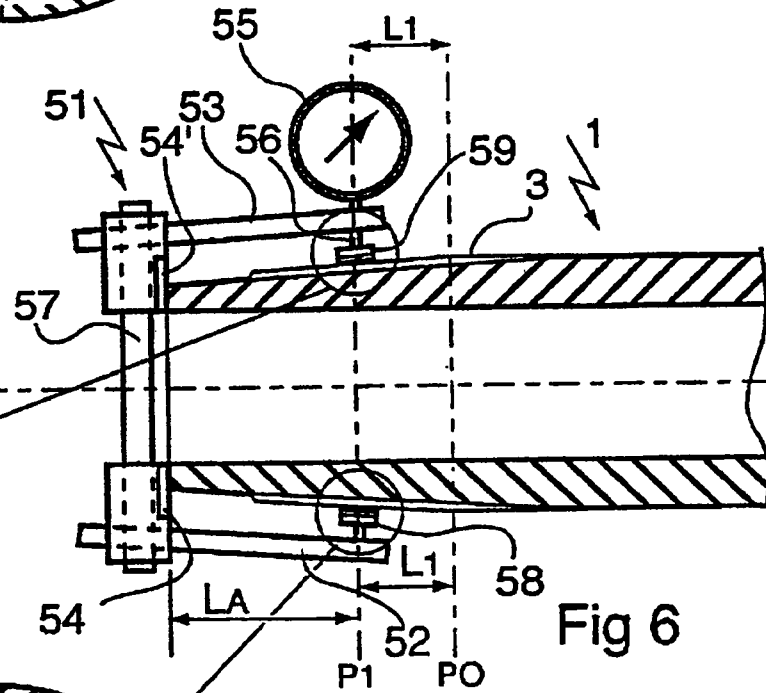
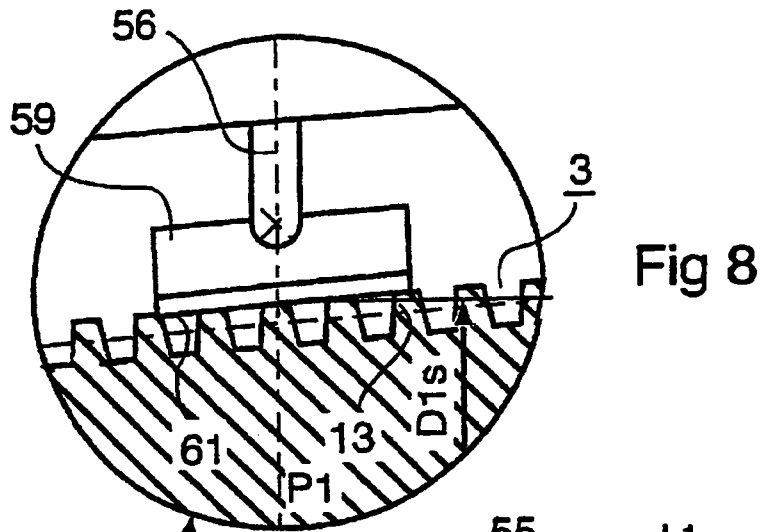
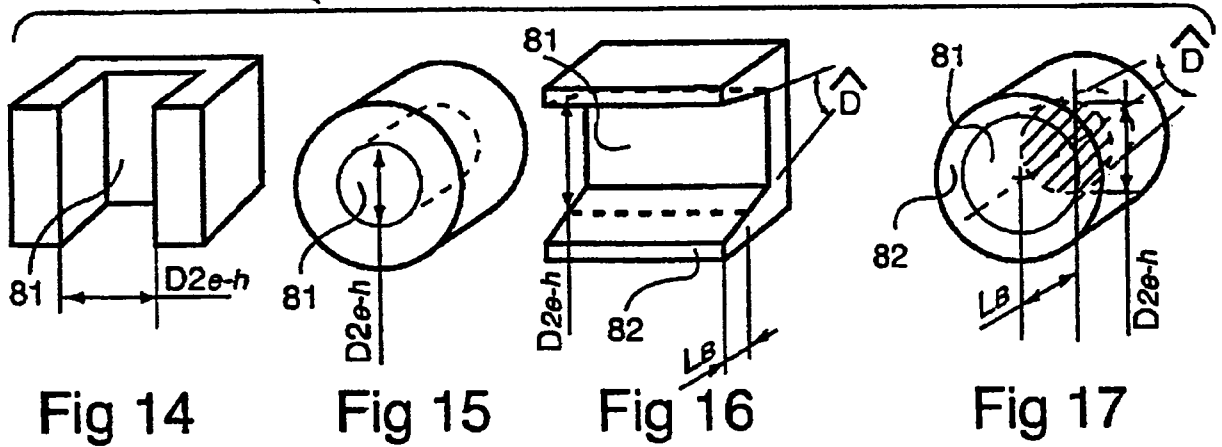
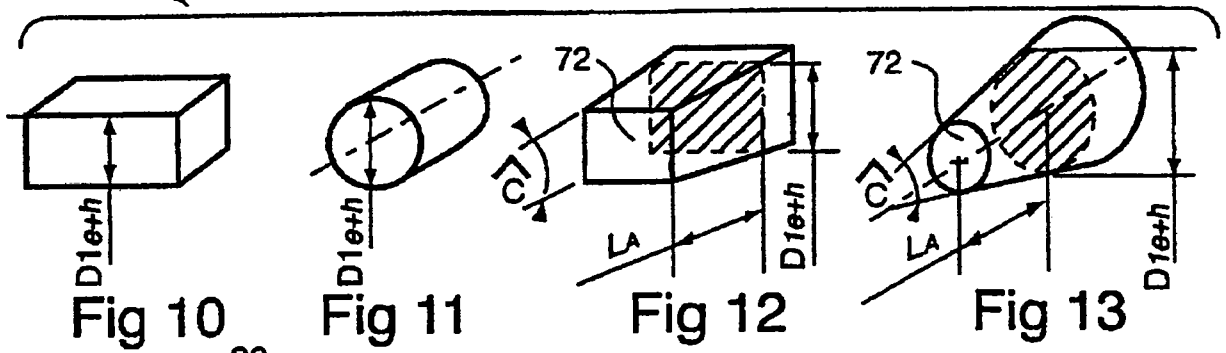
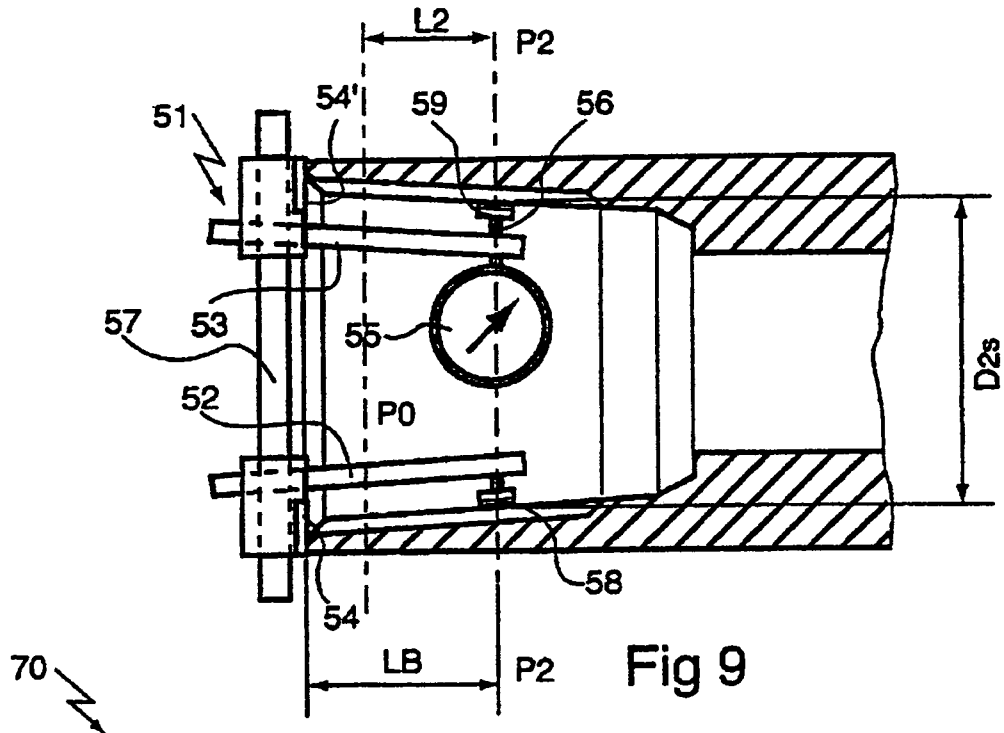


Fig 5









## RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO DE CONTROLE DE UM ROSQUEAMENTO CÔNICO, APARELHO DE MEDIÇÃO DO PLANO DE DIÂMETRO E BLOCO DE PROVA"**.

5               A presente invenção refere-se ao controle de rosqueamentos cônicos machos (3) ou fêmeas situados em extremidades de tubos metálicos para permitir a ligação estanque destes. Ela consiste em realizar um controle do diâmetro primitivo dos rosqueamentos em um plano de medida (P1) situado sensivelmente no meio da zona de roscas completas com o auxílio de  
10               um aparelho de medida do plano de diâmetro (51), enquanto que o diâmetro primitivo dos rosqueamentos é convencionalmente definido pela especificação API 5B no plano (P0) da última rosca macho completa e em comparar o diâmetro primitivo dos rosqueamentos medido com um valor estimado ( $D1_e$ ) calculado a partir do valor nominal do diâmetro primitivo no plano P0, da distância entre P0 e P1 e de um valor de referência da conicidade, ela própria  
15               função da distribuição das conicidades realizadas. A invenção permite apreciar melhor a interferência rosqueamento nas proximidades de abaulamentos de estanqueidade (5, 6) e/ou de superfícies de apoio (7, 8), portanto os desempenhos de estanqueidade da ligação.