



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

(21) PI 0719902-3 A2



* B R P I 0 7 1 9 9 0 2 A 2 *

(22) Data de Depósito: 27/07/2007
(43) Data da Publicação: 16/09/2014
(RPI 2280)

(51) Int.Cl.:
G06K 19/07
G06F 21/24
G06K 19/073

(54) Título: DISPOSITIVO DE JATEAMENTO A ALTA PRESSÃO PARA BRUNIR AS SUPERFÍCIES INTERNAS DE TUBOS DE AÇO. MÉTODO DE JATEAMENTO PARA SUPERFÍCIES INTERNAS DE TUBOS DE AÇO E MÉTODO PARA PRODUZIR TUBOS DE AÇO COM TEXTURAS DE ALTA QUALIDADE NAS SUPERFÍCIES INTERNAS. **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 01/09/2006 JP 2006-237467

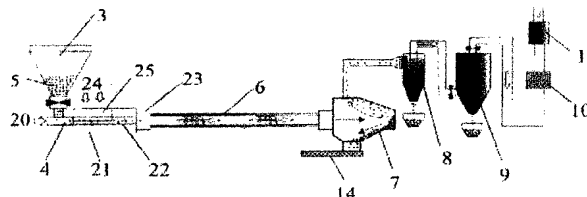
(73) Titular(es): SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.

(72) Inventor(es): Akihiro Sakamoto, Yoshiyuki Kuroiwa

(74) Procurador(es): Araripe & Associados

(86) Pedido Internacional: PCT JP2007064735 de 27/07/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/026404de
06/03/2008



“DISPOSITIVO DE JATEAMENTO A ALTA PRESSÃO PARA BRUNIR AS SUPERFÍCIES INTERNAS DE TUBOS DE AÇO. MÉTODO DE JATEAMENTO PARA SUPERFÍCIES INTERNAS DE TUBOS DE AÇO E MÉTODO PARA PRODUZIR TUBOS DE AÇO COM TEXTURAS DE ALTA QUALIDADE NAS SUPERFÍCIES INTERNAS”

Campo Técnico

A invenção que está sendo descrita nesse documento refere-se a um dispositivo de jateamento a alta pressão usado para brunir superfícies internas de tubos de aço usando materiais de polimento e enxugamento das superfícies internas de diversos tipos de tubos de aço mediante o uso de líquidos abrasivos e jateamento usados nas superfícies internas de tubos de aço, e o método para produzir tubos de aço que possuam texturas de alta qualidade nas suas superfícies internas.

Explicação Preliminar

Tubos de aço com superfícies internas de alta qualidade podem ser convencionalmente produzidas usando-se um dispositivo de jateamento de alta pressão, capaz de brunir a referida superfície interna de tubos de aço, para remover crostas das referidas superfícies internas ou para polir as referidas superfícies mediante o uso de líquidos abrasivos jateados a partir de uma das pontas dos referidos tubos de aço, e do jateamento das suas superfícies internas usando materiais abrasivos e de enxugamento.

Este tipo de dispositivo de jateamento são normalmente conhecidos como dispositivos de jateamento a alta pressão, bem como dispositivos de jateamento de pressão negativa de sucção.

O dispositivo de jateamento a alta pressão remove crostas das superfícies internas dos tubos de aço, polindo estas superfícies internas usando jateando ar a alta pressão juntamente com líquidos abrasivos que injetam estes materiais para dentro do tubo de aço a partir de uma de suas pontas, e jateando a superfície interna do tubo de aço com estes materiais de polimento ou enxugamento. Os materiais de polimento ou enxugamento jateados para dentro dos tubos de aço mediante o uso de ar a alta pressão que está contido em tanques providos de filtros que foram instalados na outra ponta do tubo de aço.

Por outro lado, em dispositivos de jateamento que utilizam pressão negativa de sucção, os

materiais de brunir ou enxugamento usados são armazenados dentro de uma unidade de suprimento montada próxima à entrada do tubo de aço, e são injetados neste a partir deste ponto, e o ar é sugado da outra ponta do tubo de aço mediante o uso de uma ventoinha. O tubo de aço foi ajustado para sofrer pressão negativa, e o material abrasivo ou de brunir é alimentado pela corrente de ar gerada pela referida pressão negativa, jateando a superfície do tubo de aço com o material de brunir ou enxugar, para remover crostas das superfícies internas dos tubos de aço, ou então para poli-las. Deve-se observar que o material de brunir ou enxugar que é jateado para dentro do tubo de aço através do fluxo de ar com pressão negativa é sugado pela ventoinha posicionado na outra ponta do tubo de aço e lançado para fora do mesmo. O material usado para brunir ou enxugar é recuperado através de qualquer um dos dispositivos de coleta de poeira ativados pela força da gravidade, de um coletor tipo ciclone ou de um coletor de poeira com filtro, instalado entre uma das pontas do tubo de aço e da ventoinha, ou então recuperado mediante o uso de uma combinação dos dispositivos acima, quando uma parte do material de brunir ou de enxugar é reciclada.

O Documento de Patente 1, descrito abaixo, descreve o referido dispositivo de jateamento a alta pressão e sucção mediante pressão negativa. Além de descrever os problemas encontrados quando se usam dispositivos de jateamento a alta pressão, este documento descreve um tipo de dispositivo de jateamento que representa um aperfeiçoamento sobre os dispositivos de jateamento que usam pressão de sucção negativa. Em outras palavras, em dispositivos de jateamento que operam com sucções negativas, quando o material para brunir ou enxugar é alimentado na parte anterior do tubo de aço através do fluxo de ar gerado pela pressão negativa, que é sugado para dentro do tubo de aço, sendo gerado pela pressão negativa que se forma dentro do referido tubo. Propõe-se que o formato da peça usada para jatear o material de enxugar ou brunir, que fica instalada na parte anterior do tubo de aço seja melhorada para provocar um redemoinho no fluxo de ar sob pressão negativa.

Documento de Patente 1: JP 5 228842A

Divulgação da Invenção

Conforme descrito abaixo, todavia, tanto o dispositivo de jateamento a alta pressão como

o dispositivo provocando pressão negativa de sucção tem apresentado os seguintes problemas:

5 A operação usando dispositivo de jateamento a alta pressão durante a operação de jateamento encontra-se descrita na Figura 1. Esta Fig. 1 ilustra o dispositivo de jateamento a alta pressão, que está ilustrado no Documento 1 de Patente descrito acima, e é designado com o nome de Figura 12.

Neste dispositivo, o Compressor 1 é usado para fornecer ar a alta pressão necessária para pulverizar, alimentando o material abrasivo (o Secador de Ar 2) usado para remover a mistura liquefeita usado ar comprimido a alta pressão durante o processo de
10 pressurização, o material abrasivo do Tanque 3, que é usado para lançar o material abrasivo para dentro da corrente de ar a alta pressão, juntamente com o material/fluido de enxugamento (Parte 4) usado para misturar esse material abrasivo com o fluxo de ar a alta pressão, estão conectados à uma ponta do Tubo 6 para serem jateados. A outra ponta do Tubo 6 encontra-se conectado ao Tanque 7 de recuperação, para receber o material
15 abrasivo uma vez que o Tubo de Aço 6 esteja seco, recuperando uma porção do referido material. O Ciclone 8 é usado para separar o ar injetado do material abrasivo que tem forma granular, que não foi totalmente pulverizado mesmo após o processo de enxugamento. O Coletor de Poeira 9 é usado para separar o ar injetado do material pulverizado de enxugamento, e a Ventoinha 10 é usada para sugar o material abrasivo
20 após o processo de enxugamento, e ar a alta pressão é usado para a flotação e alimentação do referido material abrasivo, alimentando este material a partir do Tanque 7 através do Ciclone 8, e do Coletor de Poeira 9, e enviando este ar, do qual o material abrasivo e a poeira coletada foram removidos, para o Silenciador 11 para disposição final.

O referido dispositivo de jateamento a alta pressão alimenta o material abrasivo usando
25 um fluxo de ar a alta pressão (20) como portador, para jatear a superfície interna do Tubo de Aço 6 usando o material abrasivo 5, e assim jateando a superfície interna do tubo de aço.

Fig. 2 mostra o diagrama que indica o estado quando o material abrasivo 5 está sendo transportado por ar a alta pressão (20), no momento quando o dispositivo jatea a
30 superfície interna do tubo de aço. O material abrasivo jatea a superfície interna do tubo

de aço através de um ângulo de incidência .

Quando este dispositivo de jateamento a alta pressão é usado durante o processo de jateamento, as condições de operação, tais como a taxa de fluxo de ar, a pressão estática do fluxo de ar, e o tipo e quantidade de material abrasivo são determinados com base na qualidade, no diâmetro interno do tubo, no comprimento do tubo 6 dentro do qual o jateamento é feito e nas especificações do jateamento. A pressão estática normalmente é regulada em 10 kg/cm² no início da injeção de ar a alta pressão, para assegurar a taxa de fluxo de ar. Partículas tais como granada, alumina e areia, medindo entre 10 m e 5mm (em diâmetros esféricos equivalentes) são usados como materiais de enxugamento.

10 As condições operacionais são normalmente determinadas empiricamente. Um jateamento de teste é executado sob condições operacionais normais, quando as referidas condições são revisadas para se determinar as condições operacionais reais. Uma vez ajustadas estas condições, o compressor 1 é acionado, o secador 2 remove a umidade do ar a alta pressão, e o material/fluido de enxugamento são misturadas á razão de 4 partes por 1, e 15 injetados mediante alta pressão para dentro do tubo através de uma de suas pontas, passando pela superfície interna do tubo de aço 6. O material abrasivo, injetado em suspensão e a alta pressão, seca a superfície interna do tubo, alcançando a outra ponta do tubo 6, quando é pulverizado no tanque de recuperação 7 através de ar sob alta pressão. A velocidade cai neste ponto, e partes do material abrasivo que não foram pulverizados 20 são então removidos. O ar contendo o material abrasivo pulverizado e a poeira é sugado pela ventoinha 10. Partes relativamente grandes do material abrasivo e de poeira são separados pelo ciclone 8. O material abrasivo, finamente pulverizado, e a poeira são separados pelo coletor de poeira 9, sendo em seguida lançados na atmosfera pela ventoinha 10 e pelo silenciador 11.

25 O caso do uso do material abrasivo para limpar a superfície interna do tubo de aço foi descrito acima. Esta mesma descrição se aplica ao caso onde um material de polimento é usado para polir a superfície interna do tubo de aço. Deve-se observar que, o material de polimento, que pode ser pó de alumina, pó de titânio, pó de diamantes, etc., deve ter diâmetros de forma esférica entre aproximadamente 0.1 m a 100 m.

30 Todavia, quando o ar a alta pressão, usado para transportar os materiais de enxugamento

ou de polimento, é injetado no tubo de aço a partir de um orifício de injeção, o ar a alta pressão dentro do dispositivo de jateamento a alta pressão é transformado em um fluxo laminar de ar quando injetado a baixas velocidades. As partículas do material abrasivo ou de polimento não conseguem uma aceleração suficiente dentro desta região de fluxo de ar laminar, de tal forma que o processo de enxugamento ou polimento se torna inadequado.

Em seguida, o tubo de metal deve ser girado em volta do seu eixo para conseguir polir ou enxugar a superfície interna do tubo de aço de uma forma uniforme e por toda a sua superfície ao longo da sua circunferência. Todavia, já que este efeito de enxugamento atua tão somente numa posição bem localizada, próxima ao ponto de injeção, o efeito de enxugamento não é uniforme devido a fatores como variações na pressão do ar a alta pressão, variações nas quantidades do fluxo das partículas, a velocidade rotacional irregular do tubo de aço, e a velocidade irregular de movimento no ponto de entrada das partículas. Para resolver este problema, foi proposta a injeção de ar a alta pressão através de orifícios múltiplos de injeção, para tornar o processo de enxugamento mais uniforme. Este método, todavia, ainda exige que o tubo seja girado, e isto torna o manuseio do dispositivo de jateamento mais complicado, e a sua eficiência operacional se deteriora.

O material usado para enxugamento ou polimento perde energia cinética com cada colisão. Já que não existe nenhum mecanismo dentro do dispositivo de jateamento a alta pressão para re-acelerar as partículas depois da sua colisão, o processo de enxugamento deve ser executado por toda a superfície do tubo ao mesmo tempo em que o ponto de injeção das partículas em movimento é movido longitudinalmente pela extensão do tubo, e para tal, é necessário usar-se grandes quantidades de material abrasivo ou polimento.

Além do mais, existem outros problemas com o dispositivo de jateamento a alta pressão, particularmente a taxa de material abrasivo ou polimento (volumes dos materiais de polimento ou enxugamento em relação aos volumes de ar) em relação ao ar atmosférico.

Quando os materiais de enxugamento/polimento são misturados a ar a alta pressão, o limite superior, onde o ar a alta pressão fica em suspensão e alimenta o material abrasivo/polimento, é de 1 para 1 (material de polimento/enxugamento em relação ao volume de ar). Mesmo se o material de polimento/enxugamento é misturado ao ar a alta

pressão além deste limite superior, o ar a alta pressão, injetado no tubo de aço, se expande e perde a sua pressurização fazendo com que o seu volume aumente, de tal forma que a taxa de sólidos/ar dentro do tubo de aço se torne muito pequena, conseqüentemente diminuindo o efeito do jateamento do material abrasivo/polimento.

5 Em contraste, a operação quando se usa sucção com pressão negativa está sendo descrita em seguida na Fig. 3. A Fig. 3 ilustra o dispositivo de jateamento usando pressão negativa descrito no Documento de Patente 1 (Fig. 1).

Neste dispositivo de jateamento com pressão de sucção negativa, o tanque de recuperação 7 encontra-se instalado na ponta do tubo 6 usado no jateamento, para receber o material abrasivo após a superfície interna do tubo 6 estiver seca, e, o fluxo de ar com pressão negativa, que mantém e que carrega o material em suspensão, separa o ar do material abrasivo que não foi pulverizado. O dispositivo de descarga 14 (o material abrasivo que foi separado é devolvido aqui para o tanque de enxugamento 3) também encontra-se instalado aqui para descarregar o material abrasivo que foi separado pelo tanque de recuperação 7.

O ciclone 8, usado para separar o material abrasivo pulverizado, e o material de descarte obtido do enxugamento do ar com pressão negativa e o coletor de poeira 9 são conectados à Ventoinha 10, a qual suga o material abrasivo após o processo de enxugamento bem como o fluxo de ar com pressão negativa, carregando o material usado no enxugamento do tubo jateado 6, levando-os através do tanque de recuperação 7 e do ciclone 8, e do coletor de poeira 9, levando o ar do qual o material abrasivo e os dejetos resultantes do mesmo foram removidos ao silenciador 11 para disposição final.

A ventoinha 10, conectada ao coletor de poeira 9, suga o material abrasivo suado bem como o material abrasivo suspenso no fluxo de ar com pressão negativa do tubo jateado 6, levando este através do tanque de recuperação 7, do ciclone 8 e do coletor de poeira 9, encaminhando-os juntamente com o ar do qual estes materiais foram removidos ao silenciador 10 para a sua disposição final.

Uma unidade de suprimento de ar (unidade 13) para materiais de enxugamento, usada para suprir materiais de enxugamento e fluxo de ar com pressão negativa, suspendendo e levando materiais de enxugamento para dentro do tubo 6 é conectada à ponta do tubo 6.

O material abrasivo é lançado no fluxo de ar com pressão negativa a partir do tanque 3 que armazena este material. O material é então suspenso e levado para dentro do tubo 6 através de sucção negativa de pressão de forma que a superfície interna do tubo 6 é enxugada com esse material abrasivo suspenso, sendo alimentada pela pressão negativa do
5 fluxo de ar. Uma vez enxugado o tubo, o material abrasivo e o fluxo de ar negativo são sugados do tubo 6 e descartados.

Um meio de causar turbulência ao fluxo (que não está sendo mostrado aqui) é instalado no material abrasivo/suprimento de ar negativo da unidade 13. Este material abrasivo é então suspenso no fluxo de ar com pressão negativa neste estado de turbulência, e é
10 alimentado pelo fluxo de ar. O material abrasivo, já em estado de turbulência, entra então em contato com a superfície interna do tubo 6 para efetuar o jateamento.

Mediante o uso deste dispositivo de sucção através de pressão negativa, a superfície interna do tubo de aço é jateada usando o material abrasivo 5 que está suspenso no fluxo de ar com pressão negativa, na medida que é empurrado pela superfície interna do tubo 6,
15 jateando-a com o material abrasivo.

A Fig. 4 representa o diagrama do processo, que mostra o estado do tubo quando o material abrasivo 5 é alimentado pelo fluxo de ar com pressão negativa 15 no momento em que o transportador jatea a superfície interna do tubo de aço 6. O material abrasivo é usado para jatear a parede interna do tubo de aço através de um ângulo de incidência .

20 Durante o processo de jateamento que usa este dispositivo de pressão negativa, as condições operacionais, tais como a pressão negativa e a taxa de transferência do fluxo de ar de pressão negativa, bem como o tipo e a quantidade de material abrasivo são determinados com base na qualidade do material, no diâmetro interior do tubo, no comprimento do tubo 6 usado durante o jateamento, e nas especificações quanto ao
25 jateamento que são as mesmas que as usadas em jateamento efetuado através de injeção de materiais a alta pressão. A pressão negativa é normalmente ajustada para entre 0 a -1 kg/cm². Partículas como granada, alumina e areia, medindo entre 10 m a 5mm (diâmetros esféricos equivalentes) são usados como material abrasivo, semelhantemente ao que ocorre durante jateamento com injeção de materiais sob alta pressão.

30 As condições operacionais são normalmente determinadas empiricamente. O jateamento

de teste é executado sob estas condições operacionais, e as mesmas são então revistas para determinar as condições operacionais reais. Após determinar as condições operacionais, o material abrasivo é lançado do tanque 8 que contém esses materiais para dentro da unidade 13 de suprimento de ar para ser usado nos materiais de enxugamento, quando os referidos materiais de enxugamento são alimentados através de sucção negativa para dentro do tubo 6 que é então jateado. O material abrasivo sendo alimentado enquanto está suspenso através do fluxo de ar com pressão negativa enxuga a superfície interna, alcançando a ponta do tubo 6, quando é recuperado ou pelo coletor de poeira 7 através da ação da gravidade, do ciclone 8 ou do coletor de poeira 9 (com filtro) ou então por uma combinação de todos eles. O gás usado como meio de transporte que contém somente partículas ultra-finas é descarregado para a atmosfera através da ventoinha 10 e do silenciador 11. Uma parte do material abrasivo que não foi pulverizado é recuperado ou através do coletor de poeira 7 (ação da gravidade) ou através do ciclone 8, sendo reciclado mecanicamente ou no tanque de materiais de enxugamento 3 e/ou através do dispositivo 14 de alimentação de fluídos.

O processo do uso do material abrasivo para enxugar a superfície interna do tubo de aço já foi descrito acima. Esta mesma descrição se aplica nos casos quando o polimento da superfície interna do tubo de aço é efetuado usando material de polimento. Este material pode ser, por exemplo, o pó de alumina, pó de titânio, ou pó de diamantes, desde que tenham um diâmetro aproximado entre 0,1 m a 100 m.

No caso de dispositivos de jateamento que usam sucção negativa, essa pressão de sucção negativa é gerada por uma ventoinha que suga o fluxo de ar com pressão negativa, alimentando o material abrasivo ou polimento através de um tubo de suprimento de ar. Quando nesta condição, o material de polimento ou enxugamento é fornecido por uma unidade própria, sendo misturado com um fluxo de ar com pressão negativa, o que coloca o material usado em suspensão, enviando-o a uma ventoinha de tal maneira que a velocidade do material abrasivo ou polimento sem suspensão, que está sendo alimentado através deste fluxo de ar com pressão negativa, possa alcançar entre 20 a 50% da velocidade do ar conseguida através de um fluxo de ar de pressão negativa dentro de um tubo de aço, o que é suficiente para ou enxugar ou polir a superfície interna do tubo.

Conseqüentemente, mesmo nos casos onde o tubo de aço tenha um diâmetro largo, a velocidade do ar dentro do tubo de aço não é reduzida, e a ponta do tubo de grande diâmetro consegue ser enxugada e polida de uma maneira uniforme. Além do mais, o processo de enxugamento e polimento pode ser executado sem a necessidade de girar o

5 tubo de aço.

Já que a velocidade do material de polimento/enxugamento em suspensão, e alimentado por meio da pressão negativa do fluxo de ar pode alcançar até 20% a 50% da velocidade do fluxo de ar dentro do tubo de aço, a diferença entre a pressão estática, quando o material de polimento/enxugamento fornecido pela unidade de suprimento é misturado

10 com o fluxo de ar com pressão negativa, e a pressão estática quando o material de polimento/enxugamento passa através do interior do tubo de aço são pequenos quando comparados com os valores obtidos quando se usa um dispositivo de jateamento de alta pressão, portanto, o processo de polimento ou enxugamento desse material pode ser misturado com o fluxo de ar com pressão negativa, até um limite superior da suspensão e

15 da alimentação do material de polimento/enxugamento. Conseqüentemente, o problema de se baixar a taxa de sólidos/ar dos materiais de enxugamento/polimento (quantidade de material de polimento/enxugamento por unidade de volume de ar), produzidos por um dispositivo de jateamento operado por alta pressão pode ser ignorado.

Todavia, em casos de dispositivos de jateamento que usam pressão negativa, já que o

20 material de polimento/enxugamento fica armazenado em um dispositivo instalado próximo à parte inicial do tubo de aço, é injetado em uma das pontas do tubo de aço, e o ar dentro do mesmo é sugado através da outra ponta por uma ventoinha, neste caso a velocidade das partículas pode não ser suficiente para jatear a superfície interna perto da entrada do tubo de aço. Nestes casos, o processo de enxugamento/polimento próximo à entrada do tubo

25 pode se tornar impossível.

No caso de dispositivos de sucção através de alta pressão (Documento de Patente 1) descritos acima, quando um determinado material abrasivo/polimento é alimentado nas proximidades da parte inicial do tubo de aço através de um fluxo de ar com pressão negativa, sugado para dentro do tubo de aço através da pressão negativa para dentro do

30 tubo de aço, então nesse caso propõe-se que o formato da peça de suprimento fornecendo

o material de polimento/enxugamento, usada próximo à parte inicial do tubo de aço, seja modificada para poder redemoinhar o fluxo de ar de pressão negativa. Por outro lado, este componente (redemoinho) da velocidade do ar enfraquece a parte posterior do tubo, causando o problema de deterioração do efeito de jateamento.

- 5 O objetivo desta invenção é de resolver os problemas mencionados acima, problemas estes relacionados com o processo convencional, através de um método de jateamento a ser aplicado na superfície interna do tubo de aço, e através de um processo de jateamento a ser usado na superfície interna do tubo que ofereça um desempenho melhor e mais adequado relativo ao jateamento da superfície interna do tubo de aço, jateamento este a
- 10 ser feito desde uma ponta até a outra.

Formas de Resolver os Problemas

Os inventores atuais efetuaram diferentes estudos para determinar como ofertar um dispositivo de jateamento para as superfícies internas do tubo de aço que oferecem um desempenho melhor bem como uma capacidade suficiente para jatear a superfície interna

15 do tubo de aço, começando com a parte anterior e indo à parte posterior do tubo de aço, e de oferecer um método de jateamento a ser aplicado nas superfícies internas do tubo de aço que produza os mesmos resultados. Como consequência, as seguintes descobertas ((a) a (h)) foram feitas:

- (a) Os materiais de enxugamento/polimento deveriam ser injetados no tubo de aço através
- 20 do uso de fluidos impelidos por alta pressão, usados como portadores, em ordem para jatear completamente a superfície interna desde a parte anterior do tubo de aço. Para assegurar-se que a velocidade do ar seja suficiente para jatear a superfície interna a partir da parte anterior do tubo, este deveria ser posicionado horizontalmente. Uma unidade gerando o fluxo do fluido deveria ser providenciado para dentro do tubo a partir da
- 25 porção anterior deste, e os materiais de enxugamento/polimento deveriam ser injetados no fluxo do fluido em uma direção horizontal, juntamente com o fluido transportando esses materiais, e soprados a partir do orifício formado na extremidade da face da unidade de
- 30 fluido do transportador tubular. Deve-se observar que, o orifício usado para injetar o material abrasivo/polimento para o fluido transportador na direção horizontal, juntamente com o referido fluido transportador, deveria ser preferencialmente formado no centro da

extremidade da unidade de fluxo do transportador tubular do fluido.

(b) Neste caso, o material abrasivo/polimento não terá qualquer dificuldade em jatear a superfície interna do tubo de aço a partir da parte anterior, quando um simulacro de tubo for providenciado entre a parte anterior do tubo de aço e a unidade de fluxo tubular para a transportadora horizontal do fluido interligada a ele, quando a superfície interna será jateada juntamente com uma parte do tubo fantoche. É, portanto preferível que a porção anterior do tubo de aço e a unidade tubular para o fluxo do fluido sejam conectadas através do tubo fantoche, e que a parte anterior do tubo de aço seja posicionada fluxa abaixo a partir da posição onde o material abrasivo/polimento começar a jatear a superfície interior.

(c) Deve se assegurar que a velocidade do ar seja estável quando um eixo do tubo for providenciado e mantido em uma posição concêntrica, e dentro do tubo da unidade tubular de entrada do carregador de fluido, e quando o material abrasivo/polimento for injetado horizontalmente a partir de um orifício formado na face de beirada da unidade tubular transmissora do fluido através deste eixo do tubo. Ajustando-se o comprimento, o diâmetro de saída, o formato de saída deste eixo do tubo e a velocidade do fluido transportador, permitindo que o transportador do fluido que alimenta o material abrasivo/polimento que está sendo injetado seja jateado contra a porção anterior do tubo de aço a partir de um ângulo pré-determinado. O material abrasivo/polimento assim carregado pelo transportador poderá ser ajustado para começar o jateamento exatamente a partir da superfície interna da parte anterior do tubo de aço. Conseqüentemente, é preferível que o eixo do tubo coaxial, juntamente com uma unidade de transporte para o fluido de entrada sejam providenciados dentro da unidade tubular do transportador do fluido de entrada.

(d) Além do mais, para se poder jatear a superfície interior do tubo de aço adequadamente do começo ao fim por toda a superfície interna, as partículas devem ser preferivelmente dispersadas por toda a seção transversal de tal forma que, além de gerar um fluxo horizontal através da injeção do material abrasivo/polimento para dentro da unidade tubular de entrada do fluido juntamente com o fluido transportador, o dispositivo transportador do fluido que alimenta o material abrasivo/polimento deve ser forçado a

produzir um redemoinho na superfície interna do tubo de aço, redemoinho este que deve ser combinado com o fluxo com rotação ao longo da circunferência do tubo de aço, forçando o material abrasivo/polimento redemoinhar em volta e para cima da superfície interna do tubo de aço dentro do mesmo.

5 (e) Este tipo de fluxo rotativo por toda a circunferência da superfície interior do tubo de aço é gerado através da formação de uma ou mais entradas para o fluxo de ar, que permite que este penetre na unidade de entrada do fluido, dentro de uma parte da unidade do transportador do fluido de entrada. Para que se possa girar o fluxo superficial em volta da circunferência do tubo, a partir da entrada da superfície interna do tubo de aço, o fluxo
10 de ar deve ser preferencialmente dirigido a partir do orifício de entrada de ar e por toda a extensão da parede interna da unidade transportadora tubular do tubo. Mais especificamente, o fluxo de ar injetado em, ou sugado do orifício de entrada de ar deveria ser preferencialmente dirigido ou para cima ou para baixo por toda a extensão da porta de entrada da unidade tubular de entrada, transportadora do fluido através de um aparelho em
15 forma de assovio, localizado no orifício de entrada de ar.

(f) Em contraste ao acima, e para garantir que a superfície interna na parte posterior do tubo de aço seja jateada suficientemente, o ar que se encontra dentro do tubo de aço deve ser preferencialmente sugado da parte posterior do tubo de aço de tal forma que o interior do tubo de aço alcance pressão negativa, desta forma assegurando que o ar alcance uma
20 velocidade suficientemente elevada mesmo na parte posterior do tubo de aço.

(g) É possível assim obter uma pressão suficiente para o jateamento a partir da parte anterior do tubo de aço através da inserção do material abrasivo/polimento no tubo de aço usando a alta pressão do fluido como meio de transporte, bem como através da sucção do ar de dentro do tubo de aço a partir da parte posterior do tubo de aço de forma que o
25 interior do referido tubo alcance uma pressão negativa. Em outras palavras, em ambos os dispositivos de injeção a alta pressão, e nos dispositivos de jateamento operados a sucção em alta pressão, o jateamento não seria completo nas partes do tubo de aço, apesar que, através do uso de um tipo híbrido de dispositivo de jateamento que combina injeção a alta pressão e sucção através de pressão negativa, o jateamento pode ser adequadamente
30 efetuado a partir da parte anterior e até a parte posterior do tubo de aço.

(h) Usando-se um dispositivo de jateamento de um tipo híbrido que combine injeção a altas pressões e sucção através de pressão negativa, isto aumentaria a velocidade de alimentação do material abrasivo/polimento a partir da porção anterior do tubo de aço de forma que, a velocidade pela qual o material abrasivo/polimento jatea a superfície interna do tubo de aço aumente. Uma vez que surge uma quantidade maior de energia cinética quando o material abrasivo/polimento jatea a superfície interior do tubo de aço, o efeito do jateamento na superfície interior do tubo de aço torna-se bem mais acentuado.

Além do mais, o efeito do jateamento sobre a superfície interna do tubo de aço pode ser melhorado ainda mais através da alimentação do material abrasivo/polimento a partir do orifício de entrada de ar da unidade transportadora do fluido, adicionalmente à injeção horizontal do material abrasivo/polimento na unidade transportadora do fluido, injeção esta que é feita em conjunto com o fluido da unidade transportadora.

A invenção aqui descrita foi finalizada com base nestas novas descobertas, e, de acordo com esta invenção, o dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas de tubos de aço está baseado em qualquer um dos métodos que foram descritos entre (1) e (9). De acordo com esta invenção, o método de jateamento usado nas superfícies internas dos tubos de aço foi baseado no método (10). De acordo com esta invenção, o método de fabricação de tubos de aço que produz uma textura muito boa nas suas superfícies internas foi baseado no método (11). Deste ponto em diante, cada um deles é mencionado como sendo parte das invenções (1) a (10). Em alguns casos, as invenções de (1) a (11) são consideradas como sendo parte desta invenção.

(1) Um dispositivo de jateamento usado para jatear as superfícies internas de um tubo de aço, compreendendo uma unidade transportadora de entrada de ar, conectada a uma ponta do tubo de aço instalado horizontalmente, juntamente com uma unidade de sucção operada a pressão negativa, conectada à outra ponta do tubo de aço, através dos quais o material abrasivo/polimento é injetado horizontalmente dentro da unidade transportadora do fluxo de ar (juntamente com o fluido transportado) através de um orifício formado na beirada da bainha da unidade transportadora do fluido de entrada.

(2) O dispositivo de jateamento usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço, que é formado de uma unidade tubular transportadora de fluido de entrada, conectada a

uma ponta do tubo de aço instalado horizontalmente, e também conectado à outra ponta do tubo de aço, onde o material abrasivo/polimento é injetado para dentro da unidade transportadora de fluido horizontalmente, juntamente com o fluido transportado, tudo isto sendo feito a partir de um orifício formado no centro da beirada da face da unidade tubular transportadora do fluido de entrada.

(3) O dispositivo de jateamento usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço conforme descrito em (1) ou em (2), onde um tubo fictício conecta uma ponta do tubo de aço instalado horizontalmente com a unidade transportadora do fluido de entrada.

(4) O dispositivo de jateamento usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço (descrito em qualquer um dos métodos de (1) a (3)), onde o tubo de aço concêntrico, juntamente com a unidade tubular de entrada de fluido é instalada dentro da unidade tubular transportadora do fluido de entrada.

(5) O dispositivo de jateamento usado para jatear superfícies internas de tubos de aço (descrito por qualquer um dos métodos (1) a (4)), de acordo com os quais pelo menos um orifício alimentador de ar para dentro da unidade transportadora do fluido de entrada é formado na parte tubular da unidade transportadora do fluido de entrada.

(6) O dispositivo de jateamento usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço (descrito em (5) ou (6)), onde adicionalmente à injeção horizontal do material abrasivo/polimento no tubo de aço posicionado, juntamente com o fluido transportado, o material abrasivo/polimento é também fornecido a partir do orifício de entrada da unidade transportadora do fluido de entrada.

(7) O dispositivo de jateamento usado para superfícies internas de tubos de aço, conforme descrito em (5) ou (6), onde além da injeção horizontal de material abrasivo ou de polimento, a mesma também recebe ar através do orifício da unidade transportadora do ar de entrada.

(8) O dispositivo de jateamento usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço, conforme descrito em qualquer um dos métodos de (5) a (7), onde o ar alimentado pelo orifício de entrada de ar forma um fluxo em forma de redemoinho, que percorre a parede interna da unidade transportadora do fluido de entrada.

(9) O dispositivo de jateamento usado para jatear a superfície interna do tubo de aço,

conforme descrito em qualquer um dos métodos (1) a (8), onde o tubo de aço é formado de aço inoxidável endurecido.

(10) O método de jateamento usado para jatear superfícies internas de tubos de aço usando o dispositivo de jateamento conforme descrito em qualquer um dos métodos de (1) a (9).

(11) Método de produção de tubos de aço que produz texturas muito boas nas superfícies internas nos tubos de aço, que são enxugados ou polidos através do uso de dispositivos de jateamento usados para jatear superfícies internas de tubos de aço, conforme descrito por qualquer um dos métodos (1) a (9).

10 Efeitos da Invenção

Esta invenção consiste de um dispositivo de jateamento a ser usado nas superfícies internas de tubos de aço oferece resultados melhorados no tocante a seu desempenho, bem como a capacidade de jatear adequadamente as superfícies internas de tubos de aço, começando com a sua parte anterior e indo até a sua parte posterior. Este método de jateamento produz superfícies internas com texturas excelentes.

A Melhor Maneira de Usar a Invenção

A partir deste ponto, esta invenção será descrita através do uso de desenhos. Deve se observar que esta invenção não está limitada às suas diferentes modalidades. As modalidades que seguem descrevem o material abrasivo. Este material é sempre o mesmo.

20 Primeira Modalidade

A Fig. 5 mostra um exemplo do dispositivo de jateamento usado para jatear a superfície interna de tubos de aço usando o dispositivo descrito nessa invenção, a qual oferece um apanhado geral do dispositivo de jateamento que é usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço.

Este dispositivo usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço é do tipo híbrido que combina injeção a alta pressão com sucção a pressão negativa através da injeção de materiais de enxugamento para dentro do tubo 6, jateando-o com fluido inserido com alta pressão (fluido 20), bem como sugando o ar contido dentro do tubo de aço a partir da porção posterior do tubo de aço 6, de forma de permitir que a pressão negativa permeie o interior do tubo de aço. Já que as flutuações de pressão no fluido transportador são

pequenas e se iniciam a partir do começo do fim e se reproduzem por todo o tubo de aço que está sendo jateado, a velocidade do fluxo que é necessária para jatear a superfície interna do tubo de aço é suficiente para assegurar o jateamento do referido tubo.

No dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas de tubos de aço, o material abrasivo que foi armazenado no tanque 3 é lançado no fluxo de ar a alta pressão (20),
5 fornecido por um compressor (que não está sendo mostrado), e o material/fluido de enxugamento que é misturado (parte 4) com esse material sob alta pressão é inserido no início da beirada do tubo de aço, que é então jateado com o fluido contido no transportador tubular (unidade 21) e no tubo fictício (22).

10 Um tanque do que recupera o fluido usando a força da gravidade (7), e que é usado para receber o material abrasivo após a superfície interna do tubo 6 ter sido enxugada, e após a pressão negativa do fluxo de ar ter colocado este material em suspensão e ter carregado-o, posteriormente separando o referido material abrasivo do ar, quando o mesmo é inserido na parte posterior do tubo de aço 6 que então está pronto para ser jateado. A
15 ventoinha (10) usada para liberar o ar (do qual os dejetos do enxugamento e o material abrasivo (exceto pelas partículas ultra-finas) foram removidos) é conectada ao silenciador 11, que por sua vez é conectada ao tanque de recuperação 7 através do ciclone 8 e do coletor de poeira 9. Uma parte do material usado no enxugamento é recuperada através do uso da gravidade, sendo armazenada no coletor 7 e/ou no ciclone 8, sendo então
20 reciclada no tanque 3 de materiais de enxugamento e/ou pelo alimentador de fluido (14).

A Fig. 6 mostra um cenário ampliado (vista em perspectiva) da unidade tubular de transporte do fluido de entrada, inserida dentro da unidade de jateamento usada no tubo de aço, que por sua vez é mostrado na Fig. 5.

A unidade (21) tubular do fluido de entrada inclui um orifício (19) no centro da beirada
25 da unidade tubular transportando o fluido de entrada, que é usada para injetar o material abrasivo horizontalmente para dentro da unidade 21 transportando o fluido de entrada, juntamente com o fluido transportado (20).

A unidade (21) transportando o fluido de entrada inclui um tubo coaxial em forma de eixo
30 (22) juntamente com o tubo da unidade transportadora do fluido de entrada. O fluido transportado (20) usado para alimentar o material abrasivo que é injetado horizontalmente

a partir do orifício (19) formado na beirada da unidade transportadora do fluido de entrada (21) é injetado para dentro do referido tubo em forma de eixo a uma velocidade longitudinal V_2 , sendo então transferido através do tubo em forma de eixo a uma velocidade longitudinal V_1 , sendo então adicionado horizontalmente ao fluido transportado (20), alimentando o material abrasivo após passar pelo tubo em forma de eixo.

Em outras palavras, após ter passado através do tubo em forma de eixo, a velocidade radial V_1 é adicionada à velocidade longitudinal V_2 do material abrasivo, que está sendo alimentado pelo transportador de fluido (20), quando o referido material abrasivo é jateado para o tubo (6) de aço, que é jateado a uma velocidade V , que é calculada pela seguinte equação:

$$V = (V_2^2 + V_1^2)^{1/2} \quad (\text{Equação 1})$$

O comprimento do tubo em forma de eixo 22 é ajustado para ter o mesmo comprimento que a unidade (21) transportadora do fluido de entrada, apesar que a unidade transportadora do fluido 20 usada para alimentar o material abrasivo pode ser usada para jatear a partir de um ângulo específico e a partir de uma posição específica ajustando-se o comprimento do eixo do tubo 22 e a velocidade do fluido transportado 20. O comprimento do tubo em forma de eixo 22 pode ser então preferencialmente ajustado de tal forma que o material abrasivo que está sendo alimentado pela unidade transportadora do fluido 20 possa iniciar o processo de jateamento da superfície interna precisamente a partir do ponto de início do tubo de aço.

Um tubo fictício (23) é instalado neste ponto, localizado entre o início da parte anterior do tubo de aço e a unidade tubular 21 transportadora do fluido de entrada, ambos posicionados horizontalmente em relação um ao outro. A instalação do tubo fictício (23) permite o jateamento da superfície interna, incluindo o jateamento do tubo fictício (23) de forma que o material abrasivo possa jatear completamente a superfície interna do tubo a partir de seu início.

Segunda Modalidade

A Fig. 7 representa um outro exemplo de um dispositivo de jateamento usado para jatear superfícies internas de tubos de aço, conforme mostrado nesta invenção, que também mostra a visão geral do dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de tubos

de aço.

Esta modalidade representa um tipo híbrido de um dispositivo de jateamento que combina injeção a alta pressão e sucção a pressão negativa. Esta modalidade funciona da mesma forma que o dispositivo de jateamento usado para jatear superfícies internas de tubos de aço mostradas na Primeira Modalidade, injetando o material abrasivo para dentro do tubo de aço 6, que é então jateado através de um fluido a alta pressão (da mesma forma que feito pela transportadora de fluido 20), ao mesmo tempo sugando ar para dentro do tubo de aço a partir da porção posterior do tubo de aço 6, de forma a permitir que a superfície interna do tubo de aço alcance pressão negativa.

10 Todavia, a unidade tubular transportadora do fluido de entrada 21, usada para injetar o material abrasivo para dentro do tubo de aço 6, que será jateado usando um fluido injetado sob alta pressão pela transportadora de fluidos 20, inclui um orifício de entrada de ar (25) usado para alimentar ar (24) para dentro da unidade tubular transportadora do fluido de entrada 21. Um fluxo em forma de redemoinho é formado por toda a superfície interna da unidade tubular transportadora do fluido de entrada 21 pelo ar (24) que foi sugado ou injetado a partir deste orifício de entrada de ar. O material abrasivo 5 é injetado juntamente com o fluido transportado (20), que é injetado horizontalmente na unidade 21 transportadora de fluido, após ter sido misturado com o fluido da transportadora 20 e com o material/fluido de enxugamento misturado na parte 4.

20 Ao mesmo tempo, já que as flutuações de pressão na unidade transportadora de fluidos são pequenas no início da parte inicial e até a parte posterior, isto sendo verdadeiro por todo o tubo de aço 6 que está sendo jateado, a velocidade do fluxo necessária para jatear a superfície interna do tubo de aço é assegurada dentro do tubo de aço 6 que está sendo jateado.

25 Neste dispositivo usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço, o material abrasivo armazenado no tanque 3 é lançado no fluxo de ar a alta pressão (20) fornecido por um compressor (que não está sendo mostrado), juntamente com o material abrasivo/fluido de mistura (parte 4) usado para misturar o referido material abrasivo com ar a alta pressão. Este dispositivo encontra-se instalado no começo da beirada do tubo de
30 aço 6, que será jateado pela unidade tubular (21) transportadora do fluido de entrada e

pelo tubo faz de conta 22. A estrutura deste material abrasivo/fluido de mistura (parte 4) é a mesma que a da mistura que está sendo mostrada na Fig. 2. O fluxo de ar a alta pressão (20) é fornecido pelo bico 16, e o material abrasivo é fornecido pelo alimentador 17; ambos sendo misturados no dispositivo de difusão 18, e alimentados á unidade 21 transportadora do fluido de entrada.

O tanque de recuperação 7, é usado para o recebimento do material abrasivo usado após o enxugamento da superfície interna do tubo 6, e do fluxo de ar com pressão negativa, colocando ambos em suspensão, levando o material abrasivo, e separando-os do material abrasivo que não foi pulverizado do ar. Este dispositivo encontra-se instalado na parte posterior do tubo de aço 6 que está sendo jateado. Um dispositivo de descarga (14) (o material abrasivo que foi separado anteriormente é devolvido para este ponto (ao tanque de armazenagem 8 para o material de descarga), usado para descarregar o material abrasivo que foi separado pelo tanque de recuperação 7 também foi instalado. O ciclone 8 e o coletor de poeira 9 usado para separar o material abrasivo e a poeira enxugada do fluxo de ar a pressão negativa, e a ventoinha 10 é usada para sugar o material abrasivo usado após o mesmo ter sido colocado em suspensão pelo fluxo de ar a pressão negativa, sendo então levado através do ciclone 8 e do coletor de poeira 9 do tubo de aço 6 que está sendo jateado, descarregando este ar do qual o material abrasivo e os dejetos de enxugamento foram removidos – tudo isso sendo transportado ao silenciador 11 que está conectado ao tanque de recuperação 7.

A Fig. 8 mostra uma reprodução ampliada (em perspectiva) da unidade de jateamento transportadora do fluido de entrada usada para jatear as superfícies internas de tubos de aço, conforme descrito pela Segunda Modalidade.

A unidade tubular 21 transportadora de fluidos inclui o orifício 19 posicionado no centro da beirada da face da unidade tubular 21 transportadora do fluido de entrada, que é usada para injetar o material abrasivo horizontalmente para dentro de unidade 21 tubular transportadora do fluido de entrada que é usada para injetar o material abrasivo horizontalmente na unidade transportadora 21, juntamente na unidade transportadora 20.

A unidade tubular transportadora de fluidos 21 inclui um orifício para entrada de ar (25) para alimentar o ar (24) para a unidade transportadora de fluido 21. Um fluxo em forma

de redemoinho é formado ao longo da parede interna da unidade transportadora de fluido, que é levado a uma velocidade V_{θ} pelo ar (24), que é sugado ou injetado através deste ar que entra pelo orifício 25.

Neste ponto, a unidade transportadora de ar 21 recebe um tubo tipo eixo (22) coaxial, juntamente com o tubo da unidade transportadora de fluido, e a transportadora de fluido 20 usados para alimentar o material abrasivo que foi injetado horizontalmente através do orifício 19, formado na beirada da superfície da unidade tubular 21 transportadora do fluido de entrada, que são usados para injetar o material no eixo do tubo a uma velocidade V_z , e lançados através do eixo do tubo a uma velocidade longitudinal V_z .

Um fluxo em forma de redemoinho é formado pelo ar (24), que é alimentado pelo fluxo de ar vindo do orifício (25), que é depois aplicado à transportadora de ar 20, para alimentar o material abrasivo horizontalmente ao eixo do tubo. A velocidade é uma combinação da velocidade longitudinal V_z , da velocidade na circunferência V_{θ} , e a velocidade radial V

Em outras palavras, após percorrer pelo eixo do tubo, o material abrasivo que foi alimentado pela transportadora de fluido 20 é jateado para dentro do tubo de aço 6 a uma velocidade v , que é calculada a partir da seguinte equação:

$$V = (V_z^2 + V_{\theta}^2 + V_r^2)^{1/2} \quad \text{Equação (2)}$$

Além do mais, o comprimento do eixo do tubo 22 é ajustado para o mesmo comprimento da unidade tubular 21 transportadora de fluido de entrada, mas já que a transportadora (20) de fluido, usada para alimentar o material abrasivo injetado, pode ser usada para jatear a parte anterior do tubo de aço a um ângulo específico mediante o ajuste do eixo do tubo 22, à mesma velocidade que a transportadora de fluido 20, o comprimento do eixo do tubo 22 pode ser preferencialmente ajustado de tal forma que o material abrasivo que é alimentado pela transportadora de fluido 20, comece a jatear a superfície interna exatamente a partir da parte inicial do tubo de aço.

Um tubo espúrio (29) é instalado entre a parte inicial do tubo de aço e a unidade tubular 21 transportadora de fluido, ambas posicionadas paralelamente uma à outra. A instalação do tubo espúrio 23 permite o jateamento da superfície interna, incluindo uma parte do tubo espúrio 23, de forma que o material abrasivo possa jatear completamente o referido

tudo, começando da parte inicial da superfície interna do mesmo.

Terceira Modalidade

A Fig. 9 representa um outro exemplo (de acordo com esta invenção) de um dispositivo usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço, mostrando um apanhado geral do dispositivo usado para jatear superfícies internas de tubos de aço.

Esta modalidade é do tipo híbrido, combinando injeção a alta pressão com sucção a pressão negativa. Esta modalidade funciona da mesma forma que o dispositivo usado para jatear superfícies internas de tubos de aço que foi descrito na Primeira Modalidade, injetando o material abrasivo no tubo de aço 6, e jateando-o através do fluido a alta pressão obtido da transportadora de fluido 20, e também sugando o ar de dentro do tubo de aço, começando pela parte posterior do mesmo, fazendo com que o interior do tubo de aço fique com pressão negativa. Neste caso, porém, a unidade tubular 21 de transporte de fluido de entrada, usada para injetar material abrasivo para dentro do tubo de aço 6, que é então jateado a alta pressão. A transportadora de fluido 21 contém um aparelho para alimentar ar em forma de assovio, que alimenta ar (24) para a unidade transportadora de fluido de entrada 21. Um redemoinho é formado ao longo da parede interna da transportadora de ar 21 pelo ar que foi sugado ou injetado pelo dispositivo de alimentação de ar 26. Neste ponto, o material abrasivo 5 é injetado horizontalmente, ao mesmo tempo que o fluido da transportadora 21 é injetado horizontalmente na unidade transportadora de ar 21, após ter sido misturado com o fluido transportado juntamente com o material/fluido de enxugamento (parte 4).

Além do mais, já que as flutuações de pressão do fluido sendo transportado são pequenas desde a parte inicial do tubo 6 até o seu final, a velocidade do fluxo, necessária para jatear a superfície interna do tubo de aço, é suficiente para efetuar jateamento do tubo 6.

Neste dispositivo de jateamento, o material abrasivo armazenado no tanque 3 é lançado dentro do fluxo de ar a alta pressão (20), que é fornecido por um compressor (que não está sendo mostrado), juntamente com o material abrasivo/fluido da parte 4, que é misturado sob alta pressão com o referido material abrasivo. Este misturador encontra-se instalado no início da beirada do tubo de aço 6, sendo que o mesmo é jateado pelo fluxo de ar da unidade 21 e do tubo espúrio 22. A estrutura desse material/fluido de

enxugamento misturado com a parte 4 é o mesmo que a mistura mostrada no DES 2. O fluxo de ar a alta pressão (20) que é fornecido através do bico 16, bem como o material abrasivo 5, fornecido pela alimentadora 17 são misturados pelo difusor 18, e alimentados á unidade transportadora de fluido de entrada 21.

5 O tanque de recuperação 7, usado para armazenar o material abrasivo após a superfície interna do tubo 6 ter sido enxugada, juntamente com o fluxo de ar sob pressão negativa contendo os materiais em suspensão carregando o material abrasivo, separa o material abrasivo não pulverizado do ar. Este tanque é instalado na parte posterior do tubo 6 que está sendo jateado. A descarga desse material (14) significa que o material abrasivo foi
10 devolvida para esse enxugador do tanque de armazenagem 3 do material abrasivo). Além deste, o ciclone 8 e o coletor de poeira 9 também são usados para separar o material abrasivo pulverizado e a poeira resultante do enxugamento do fluxo de ar sob pressão negativa, separação esta que é efetuada pela ventoinha 10 mediante a sucção do material abrasivo usado após o enxugamento, quando o fluxo de ar sob pressão negativa que
15 mantém o material abrasivo em suspenso, e que transporta o referido material abrasivo do tubo 6 que está sendo jateado através do ciclone 8 e do coletor de poeira 9, quando então o ar, do qual o material abrasivo e os dejetos foram removidos, é enviado ao silenciador 11 que está conectado a o tanque de recuperação 7.

A Fig. 10 mostra uma visão ampliada (em perspectiva) da unidade transportadora tubular do fluido de entrada usada no dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de
20 tubos de aço de acordo com a Terceira Modalidade.

A unidade tubular (21) transportadora do fluido de entrada contém um orifício (19) no centro da beirada da face da unidade (21) transportadora do fluido de entrada, que é usada para injetar o material abrasivo (5) horizontalmente para dentro da unidade (21)
25 transportadora do fluido de entrada, e também na unidade transportadora 20. A unidade transportadora tubular (21) contém um dispositivo em forma de assovio usado para alimentar ar (24) para dentro da unidade transportadora do fluido de entrada 21. Um fluxo em forma de redemoinho é formado ao longo da parede interna da unidade transportadora do fluido de entrada pelo ar 24 que circula a velocidades combinadas (de
30 circunferência V_{θ} e a uma velocidade radial V) e que foi sugado ou injetado pelo

dispositivo (26) de alimentação de ar.

Aqui, a unidade (21) transportadora do fluido de entrada inclui um eixo de tubo (22) coaxial juntamente com o tubo da unidade transportadora do fluido de entrada, e a transportadora de fluido (20) alimenta o material abrasivo, injetando-o horizontalmente a partir do orifício 19 que foi formado na beirada da face da unidade 21 transportadora do fluido de entrada, que é injetado ao longo do eixo deste tubo a uma velocidade longitudinal V_z , atravessando o eixo do tubo a uma velocidade longitudinal V_z .

Um redemoinho é formado pelo ar (24) que foi sugado ou injetado pelo aparelho de alimentação de ar (26), e que é portanto repassado ao transportador de fluido (20) para alimentar o material abrasivo horizontalmente após o mesmo ter passado pelo eixo do tubo, e a sua velocidade é uma combinação da velocidade longitudinal V_z e de uma velocidade de circunferência V_θ , e da velocidade radial V_r .

Em outras palavras, uma vez que atravessou o eixo do tubo, o material abrasivo alimentado pelo fluido da transportadora (20) é jateado para dentro do tubo de aço a uma velocidade V , conforme calculada pela fórmula que segue (2), conforme mostrado na Modadlidade:

$$V = (V_z^2 + V_\theta^2 + V_r^2)^{1/2} \quad \text{Equação (2)}$$

Deve-se observar que o comprimento do eixo do tubo 22 também é ajustado para corresponder ao mesmo comprimento que a unidade 21 que transporta o fluido de entrada, apesar que o transportador do fluido de entrada 20, que alimenta o material abrasivo, pode ser ajustado para jatear a parte anterior do tubo de aço ajustando-se o comprimento do tubo de aço 22 bem como a velocidade da transportadora de fluido 20, e que, o comprimento do eixo do tubo 22 pode ser ajustado de tal maneira que o material abrasivo alimentado pela transportadora de fluido 20 comece a jatear a superfície interna precisamente a partir da parte inicial do tubo de aço.

O tubo espúrio (23) é instalado entre a parte anterior do tubo de aço e a unidade tubular transportadora do fluido de entrada (21), que são posicionadas horizontalmente e paralelamente uma à outra. A instalação do tubo 23 permite que a superfície interna do mesmo seja jateada, incluindo a parte do tubo espúrio 23, de forma que o material abrasivo possa ser usado para jatear completamente a superfície interna do tubo,

começando da parte anterior da superfície interna do tubo de aço.

Quarta Modalidade

De acordo com esta invenção, a Fig. 11 representa um outro exemplo do dispositivo usado para jatear a superfície interna.

- 5 A modalidade representa um tipo híbrido que combina injeção a alta pressão com sucção sob pressão negativa. Esta modalidade opera da mesma forma como o dispositivo de jateamento usado para jatear a superfície interna do tubo 6 que foi descrito na Primeira Modalidade. Ela também suga o ar de dentro do tubo a partir da parte anterior deste, de forma que a parte interna do tubo fica sujeita à pressão negativa. Neste caso, todavia, a
- 10 unidade tubular transportadora do fluido de entrada 21, que é usada para injetar o material abrasivo para dentro do tubo de aço 6 que usa o fluido 20 sob alta pressão, possui um dispositivo em forma de assovio (26) que é usado para alimentar ar (24) para a unidade transportadora de fluido de entrada 21. Este dispositivo em forma de assovio (26) também fornece o material abrasivo que está armazenado no tanque 3 para a unidade
- 15 transportadora de fluido de entrada 21. Um redemoinho é formado ao longo da parede interna da unidade de suprimento 21 pelo ar (24) sugado ou injetado por este dispositivo de suprimento de ar 26. Neste caso, o material abrasivo 5 é injetado horizontalmente ao longo da transportadora de fluido 20 para dentro da unidade de transporte do fluido de entrada 21 após misturar o referido fluido com o material/fluido de enxugamento (parte 4).
- 20 Deve-se observar que já que as flutuações de pressão no fluido sendo transportado são pequenas desde a parte anterior até o final de todo o tubo de aço 6 que está sendo jateado, a velocidade do fluxo necessário para jatear a superfície interna do tubo de aço é suficiente para garantir que o tubo de aço 6 seja jateado.

Neste dispositivo de jateamento, o material abrasivo que está armazenado no tanque 3 é

25 lançado no fluxo de alta pressão 20, que é fornecido pelo compressor (que não é mostrado), e o material abrasivo/fluido sendo misturado (parte 4), que usado para misturar esse material abrasivo com ar sob alta pressão, é instalado na parte anterior da superfície do tubo de aço 6 que está sendo jateado através da unidade transportadora tubular de fluido de entrada 21 e do tubo espúrio 22. A composição desse material/fluido de

30 enxugamento (parte 4) é a mesma que a mistura que foi mostrada no DES 2. O fluxo de ar

sob alta pressão que é fornecido pelo bico 16 e o material abrasivo 5 fornecido pelo alimentador 17 são misturados através de um difusor (18) e depois é alimentado á unidade tubular transportadora de fluido de entrada 21. Neste dispositivo usado para jatear superfícies internas de tubos de aço, o material abrasivo é também suprido pelo dispositivo em forma de assovio, que se encontra ao lado da unidade tubular transportadora do fluido de entrada 21, sendo que este é suprido à unidade transportadora de fluido 21, e conseqüentemente o tanque 3 de armazenagem de material abrasivo, que também pode ser usado para armazenar o material abrasivo 5 é também instalado acima do aparato alimentador de ar 26.

O tanque de recuperação 7, que é usado como receptáculo para armazenar o material abrasivo usado após o jateamento da superfície interna do tubo 6, juntamente com o fluxo de ar sob pressão negativa carregando o material em suspensão juntamente com o material abrasivo que depois é usado para separar o material abrasivo não pulverizado do ar, é também instalado na parte anterior do tubo de aço 6 que está sendo jateado. Um meio de descarregar esse composto (14) é utilizado, separando. (o material abrasivo usado é devolvido ao tanque de armazenagem de material abrasivo 3), que é usado para descarregar o material abrasivo separado pelo tanque de recuperação 7 é também instalado, juntamente com o ciclone 8 e o coletor de poeira 9, e o mesmo é usado para separar o material abrasivo pulverizado e a poeira enxugada do fluxo de ar operando sob pressão negativa, e uma ventoinha (10) é usada para sugar o material abrasivo usado após o enxugamento, juntamente com o fluxo de ar sob pressão negativa que leva o material abrasivo do tubo de aço 6 que está sendo jateado. Tudo isso é conseguido através do ciclone 8 e do coletor de poeira 6, descarregando e removendo o ar do material abrasivo juntamente com os detritos enxugados para o silenciador 11, sendo que todos estes dispositivos encontram-se conectados ao tanque de recuperação 7.

A Fig. 12 mostra um cenário ampliado (visão em perspectiva) da unidade transportadora tubular do fluido de entrada usada no dispositivo de jateamento para jatear a superfície interna do tubo de aço, conforme mostrado pela Modalidade Quatro:

A unidade transportadora tubular do fluido de entrada contém um orifício (19) no centro da beirada da superfície da unidade transportadora tubular de fluxo de entrada (21), que é

usada para injetar o material abrasivo (5) horizontalmente para dentro da unidade transportadora tubular de fluxo de entrada (21), juntamente com a transportadora de fluido 20. A unidade transportadora tubular de fluido de entrada 21 contém um dispositivo em forma de assovio (26) que é usado para alimentar o ar (24) para a unidade transportadora de fluido 21, juntamente com o material abrasivo 5. Um redemoinho com velocidade de circunferência V_{θ} e velocidade radial V , que são combinadas, se forma ao longo da parede interna da unidade transportadora do fluido de entrada causado pelo ar (24) que é sugado ou injetado por este dispositivo alimentador de ar 26.

Neste ponto, a unidade transportadora de fluido de entrada 21 contém um tubo em forma de eixo coaxial (32) juntamente com a unidade transportadora do fluido de entrada, e a unidade transportadora 20 que alimenta o material abrasivo que é injetado horizontalmente a partir do orifício 19, que é formado na beirada da face da unidade transportadora tubular do fluido de entrada 21, é injetada para dentro deste tubo em forma de eixo a uma velocidade longitudinal V_z , e é passada através do eixo do tubo a uma velocidade longitudinal V_z . Depois disso, o ar (24) suprido pelo dispositivo em forma de assovio é alimentado para dentro do dispositivo 26, que está instalado na unidade transportadora de fluido de entrada 21, que por sua vez alimenta o material abrasivo 5 que é fornecido a partir do dispositivo em forma de assovio 26, e que também forma um redemoinho que gira a uma velocidade V_{θ} ao longo da parede interna da unidade transportadora tubular do fluido de entrada 21 e sobre a circunferência externa do eixo do tubo 22.

O redemoinho formado pelo ar transportando o material abrasivo 5, fornecido pelo dispositivo de alimentação de ar 26 é portanto aplicado ao fluido transportado 20, sendo alimentado horizontalmente ao material abrasivo após passar através do eixo do tubo, e a sua velocidade é uma combinação da velocidade longitudinal V_z , com uma velocidade de circunferência de V_{θ} , e velocidade radial de V .

Em outras palavras após passar pelo eixo do tubo, o material abrasivo alimentado pelo fluido transportado 20 é jateado para dentro do tubo de aço 6 a uma velocidade V , que é calculada de acordo com a seguinte equação (2), de uma maneira semelhante como na Segunda Modalidade:

$$V = (V_z^2 + V_{\theta}^2 + V_r^2)^{1/2} \quad \text{Equação (2)}$$

Deve-se observar que a extensão do eixo do tubo de aço 22 também é ajustado para corresponder ao comprimento da unidade transportadora do fluido de entrada 21, mas, como a transportadora de fluido 20, usada para alimentar o material abrasivo pode ser jateada contra a parte anterior do tubo de aço a um ângulo especificado anteriormente, através do ajuste do comprimento do eixo do tubo 22, e da velocidade da unidade transportadora de fluido 20, o comprimento do eixo do tubo 22 pode ser preferencialmente ajustado de forma que o material abrasivo que é alimentado pelo dispositivo transportador de fluido 20 inicie o processo de jateamento da superfície interna exatamente da parte anterior do tubo de aço.

5 O tubo espúrio 23 é instalado entre a parte anterior do tubo de aço e a unidade transportadora tubular de fluido 21, posicionadas horizontalmente em relação uma a outra. A instalação do tubo espúrio 23 permite que a superfície interna seja jateada, incluindo uma parte do tubo espúrio 23 de tal forma que o material abrasivo possa ser jatear a parte interior do tubo espúrio 23 em sua totalidade, começando da parte anterior da superfície interna do tubo.

15 Com o objetivo de comparar com o desenho ampliado, a Fig. 13 mostra a vista em perspectiva da unidade transportadora tubular do fluido de entrada operando sob pressão negativa e pressão de sucção do dispositivo de jatear (mostrado como Fig. 1 no documento de Patente 1) na Fig. 8.

20 A unidade transportadora tubular 21 do fluido de entrada contém um dispositivo em forma de assovio juntamente com o material abrasivo 5. Um redemoinho é formado ao longo da parede interna da unidade transportadora do fluido de entrada, que é transportado a uma velocidade de circunferência V_{θ} pelo ar (24) que é sugado ou injetado pelo dispositivo de alimentação de ar 26. Além disso, já que o fluxo em forma de redemoinho é puxado longitudinalmente pela pressão negativa do fluxo de ar, uma velocidade longitudinal V_z , adicionalmente à velocidade de circunferência V_{θ} de forma que a velocidade do fluxo de ar se torna uma combinação da velocidade longitudinal V_z e da velocidade de circunferência V_{θ} .

25 Em outras palavras, o material abrasivo que é alimentado por meio da pressão negativa do ar 24 é jateado dentro do tubo de aço 6, a uma velocidade V , o que é mostrado pela

equação (3):

$$V = (V_z^2 + V_\theta^2 + V_r^2)^{1/2} \quad \text{Equação (3)}$$

Quinta Modalidade

- 5 Um teste efetuado usando um aparelho experimental e apresentando a estrutura do dispositivo de jateamento usado para superfícies internas de tubos de aço, conforme mostrado na Terceira Modalidade, foi feito para se poder entender como o material abrasivo se comporta dentro do tubo de aço sendo jateado pelo material abrasivo que está sendo alimentado pelo fluido transportado.
- 10 A Fig. 14 mostra o aparelho experimental usado para entender o comportamento do material abrasivo quando o mesmo é usado para jatear um tubo de aço usando-se um aparelho de jateamento aplicado a um tubo de aço, conforme mostrado pela Terceira Modalidade. Um tubo transparente, fabricado de polietileno foi usado como material de jateamento. Areia de sílica, que foi lançada para dentro deste tubo transparente fabricado
- 15 de polietileno foi fotografado em diferentes pontos em uma direção longitudinal dentro do tubo sendo jateado por uma câmara fotográfica de alta velocidade, onde a velocidade e a direção da areia de sílica foram analisados em cada posição.
- Um fluxo de ar (20) impelido sob alta pressão e dispensado por um compressor (não mostrado), a uma taxa de transmissão de Q_s foi alimentado a uma unidade misturadora de
- 20 material abrasivo/fluido (parte 4), com um diâmetro D . Neste momento, a areia de sílica que foi usada como material abrasivo (5) foi fornecida por um tanque de enxugamento 3, e após ambos estes elementos terem sido misturados, a mistura foi injetada para dentro da unidade transportadora do fluido de entrada 21 através do eixo do tubo 22.
- Em separado, o ar (24) foi sugado ou injetado para dentro da unidade 21 transportadora
- 25 do fluido de entrada através de um dispositivo em forma de assóvio (26) instalado na unidade transportadora do fluido de entrada 21, impulsionada por pressão negativa, a uma taxa de fluxo Q_A , para formar um redemoinho ao longo da parede da unidade transportadora do fluido de entrada 21. As condições experimentais deste experimento são mostradas na Tabela 1 (exemplos de invenção 1 e 2).
- 30 Para se poder comparar o comportamento do material abrasivo dentro do tubo sendo

jateado, quando o referido material abrasivo está sendo alimentado pela transportadora, foi determinado usando-se um aparelho experimental comparativo, usando-se a estrutura do dispositivo operando com pressão de sucção negativa, conforme mostrado nas Fig. 3 e Fig. 13.

- 5 A Fig. 15 mostra o dispositivo experimental que foi usado para fins de comparação. Este aparelho experimental foi usado para entender o comportamento do material abrasivo usado para jatear a superfície interna de um tubo de aço sob pressão negativa. Um tubo transparente, fabricado de policarbonato foi usado como o material a ser usado no processo de jateamento. Areia de sílica, percorrendo este tubo transparente de bicarbonato longitudinalmente foi fotografada em diversos pontos no tubo, quando a velocidade e a
- 10 direção da areia de sílica foram analisadas em cada uma das referidas posições. Ao mesmo tempo que a areia de sílica estava sendo usada como o material abrasivo 5 que seria normalmente suprido pelo tanque 3 a um dispositivo em forma de assovio (26), equipado na unidade transportadora do fluido de entrada (21), o ar (24) estava sendo
- 15 sugado para dentro da unidade transportadora de fluido de entrada (21) através de um dispositivo em forma de assovio montado na unidade transportadora do líquido de entrada (21) acionado por pressão negativa, a uma taxa de transferência Q_A , formando um redemoinho ao longo da parede interna da unidade transportadora do líquido de entrada 21. As condições experimentais aqui descritas são mostradas na Tabela 1 (Exemplos
- 20 comparativos 1 e 2).

Tabela 1

		Pressão Negativa (sucção de ar) Q_A	Fluxo de Ar sob Alta Pressão
arca	Formato do Bico	Velocidade Média na Secção	Fluido Transportador
	Exemplo de invenção 1,	30 Nm/s	6 a 9% da pressão negativa (ar sugado).
	Exemplo de invenção 2	40 Nm/s	

	Exemplo comparativo 1	30 Nm/s	
	Exemplo comparativo 2	40 Nm/s	Nenhum

Os diferentes tipos de movimento (velocidade combinada V_1 , velocidade longitudinal V_2 , velocidade na circunferência V_θ) da areia de sílica que serviu de material abrasivo, e o ângulo de incidência α da areia de sílica são mostrados nos Des. 10 a 19.

Comparando-se os exemplos de invenção 1 e 2 com os exemplos comparativos 1 e 2, não
 5 foi detectada qualquer diferença na velocidade combinada V na parte longitudinal do tubo sendo jateado, apesar que os exemplos 1 e 2 da invenção excederam os dos exemplos comparativos 1 e 2 a partir do meio e para frente do tubo sendo jateado (DES. 16). A velocidade longitudinal V_2 dos exemplos de invenção 1 e 2 excederam a velocidade dos exemplos comparativos 1 e 2 em todos os casos a partir da parte anterior do tubo sendo
 10 jateado (Fig. 17).

Em contraste, o ângulo θ formado pelo redemoinho (ângulo entre os componentes de velocidade V_θ e V_2 do material abrasivo) dos exemplos comparativos 1 e 2 excederam significativamente os exemplos de invenção 1 e 2 na parte anterior do tubo sendo jateado, e também excederam os dos exemplos de invenção 1 e 2 na parte posterior do tubo sendo
 15 jateado (Fig. 18). Quando o θ formado pelo redemoinho é grande demais, todavia, como por exemplo, nos exemplos comparativos 1 e 2, então os padrões indesejados da faixa podem acabar ocorrendo na superfície interna do tubo sendo jateado, e quando a diferença no ângulo θ se torna muito grande entre as partes anterior e posterior do tubo sendo jateado, como acontece, por exemplo, nos exemplos comparativos 1 e 2, então surge o
 20 problema no sentido que diferentes efeitos do jateamento podem ocorrer ao longo da direção longitudinal na superfície interna do tubo sendo jateado.

O ângulo de incidência do material abrasivo nos exemplos comparativos 1 e 2 na parte anterior do tubo sendo jateado são superiores ao ângulo de incidência nos exemplos de invenção 1 e 2 na parte anterior do tubo de aço sendo jateado, e até excedendo os dos
 25 exemplos de invenção 1 e 2 da parte posterior do tubo (Fig. 19). Todavia, quando o ângulo de incidência no material abrasivo é muito grande, como aconteceu nos exemplos comparativos 1 e 2, então os efeitos do jateamento podem não aparecer na superfície interna do tubo. Quando há uma diferença muito grande no ângulo de

incidência do material abrasivo, entre as partes anterior e posterior do tubo sendo jateado, então surge um problema no sentido que diferentes efeitos do jateamento aparecem longitudinalmente ao longo da superfície interna do tubo sendo jateado. Em contraste, todavia, o ângulo de incidência no material abrasivo nos exemplos de invenção 1 e 2 fica dentro do ângulo aceitável que varia entre 10 e 30 graus.

Adicionalmente, a razão de não haver qualquer diferença entre as velocidades combinadas V na parte anterior do tubo de aço sendo jateada é que a velocidade longitudinal V_z nos exemplos de invenção 1 e 2 é alta, e a velocidade de circunferência V_θ é alta nos exemplos comparativos 1 e 2.

A razão pela qual 10 ou 30 graus representam a melhor gama de ângulos para determinar o ângulo de incidência do material abrasivo é a seguinte:

A Fig. 20 representa um gráfico que mostra a inter-relação entre o ângulo de colisão e a quantidade de abrasão (Arundel et al – reimpressos da Fig. 3.13 do texto “Measuring Abrasion of Airborne Particles”, que foi editado por Hashimoto Kenji, p. 56, NTS 1989).

A descrição deste gráfico mostra que a velocidade de colisão das partículas de metal geralmente tem um pico entre 10 e 30 graus a um ângulo de incidência, e que o ângulo de incidência é preferencial entre 10 e 30 graus.

Sexta Modalidade

O dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas de tubos de aço na Terceira Modalidade (Ver Figs. 9 a 10), foi aplicado a um dispositivo de jateamento real, que foi usado para jatear a superfície interna de um tubo de aço. O tubo de aço (diâmetro externo de 114,3 mm), fabricado com 13% de martensita Cr e de aço inoxidável 1 (de acordo com as especificações da API – American Petroleum Institute) teve as suas escamas removidas usando areia de sílica como material abrasivo. As condições experimentais foram como segue:

A velocidade média pelo corte transversal do tubo variou entre 90 e 110 metros por segundo (a diferença depende das posições longitudinais).

A taxa de fluxo do fluido transportador = 3% da velocidade de sucção padrão.

O diâmetro interior do eixo do tubo = cerca de $\frac{1}{4}$ do diâmetro interior da unidade transportadora do fluxo interno 21.

Diâmetro externo do eixo to tubo = 114,3 mm

Espessura da parede do tubo de aço = 6,88 mm

Comprimento do tubo de aço = 12,5 m

Posição de entrada do pó = mesma posição longitudinal que no fim do fluxo de ar.

- 5 O dispositivo de sucção sob pressão negativa mostrado no DES 3 e DES 13 foi aplicado ao dispositivo real usado no processo de jateamento da superfície interna. O tubo de aço (diâmetro externo = 113,3 mm), fabricado com 13% de aço inoxidável (conforme as especificações da API - American Petroleum Institute) teve as suas escamas removidas (Exemplo comparativo 3), quando areia de sílica foi usada como material abrasivo. As
- 10 condições experimentais foram como segue:

Velocidade média do fluxo no corte transversal do tubo = 90 a 110 metros por segundo (variando de acordo com as posições longitudinais).

Posição de entrada do pó = o pó de entrada é lançado pelo dispositivo de sucção 26.

- A Tabela 2 mostra os resultados experimentais obtidos do exemplo comparativo 3 na
- 15 Sexta Modalidade. Nestes resultados, as condições da parte posterior da superfície interna do tubo após o mesmo ter sido jateado em momentos pré-determinados foram observadas visualmente. Aqui "O" indica que a remoção das escamas foi completa e "x" indica que as escamas não foram totalmente removidas.

Tabela 2

	6ª. Modalidade	Exemplo Comparativo 3
12,4 min (condição operacional)	O	O
11,2 min (encurtada em 10%)	O	X
9,9 min (encurtada em 20%)	x	x

- 20 Quando o dispositivo de jateamento foi usado na Sexta Modalidade para jatear a superfície interna do tubo de aço na invenção atual, a remoção das escamas foi completa quando o tempo de operação foi reduzido em 30%. No exemplo comparativo 3, quando o dispositivo de sucção negativa foi usado, todavia, a remoção das escalas não foi

completa quando o tempo da operação foi reduzido em 10%. Em outras palavras, os resultados indicaram que o dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas desta invenção apresentou um desempenho superior ao desempenho apresentado pelo equipamento de jateamento sob pressão negativa.

5 Aplicação Industrial

Esta invenção fornece um dispositivo de jateamento para ser usado nas superfícies internas de tubos de aço, dispositivo este que tem um desempenho bem melhor, bem como a capacidade de jatear adequadamente a superfície interna do tubo de aço a partir da parte anterior à parte posterior do mesmo, a ponto de produzir uma
10 excelente textura interior no tubo de aço.

Descrição Breve dos Desenhos

A Fig. 1 mostra um dispositivo de jateamento sob alta pressão, conforme mostrado no Documento de Invenção 1 como Fig. 12.

15 A Fig. 2 mostra o diagrama do estado do tubo de aço quando o material abrasivo 5, que é transportado pelo fluxo de ar a alta pressão 20 no momento quando o material transportado está jateando a superfície interna do tubo de aço a um ângulo de incidência ;

 A Fig. 3 mostra o desenho do dispositivo de jateamento sob sucção
20 negativa, que foi mostrado na Fig. 1 no documento de Patente 1;

A Fig. 4 é um diagrama que mostra as condições do tubo de aço quando o material abrasivo 5, é transportado pelo fluxo de ar sob pressão negativa 15, enquanto o dispositivo de transporte jatea a superfície interna do tubo de aço 6 a um ângulo de incidência .

25 A Fig. 5 é um exemplo de um dispositivo de jateamento usado para jatear as superfícies internas de tubos de aço de acordo com esta invenção, e mostra um apanhado geral do dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de tubos de aço.

 A Fig. 6 mostra um quadro ampliado (vista em perspectiva) da unidade de
30 transporte tubular do fluido de entrada usada para jatear superfícies internas de tubos de

aço, conforme mostrado na Fig. 5.

A Fig. 7 mostra um outro exemplo de um dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas de tubos de aço de acordo com esta invenção, e mostra uma visão geral do dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas de tubos de aço.

5 A Fig. 8 mostra uma visão ampliada (vista em perspectiva) da unidade transportadora tubular do fluido de entrada usada no jateamento de superfícies internas de tubos de aço, conforme mostrado pela Fig. 7.

A Fig. 9 é um outro exemplo do dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de tubos de aço nesta invenção, e mostra um apanhado geral do
10 dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de tubos de aço.

A Fig. 10 mostra uma vista ampliada (vista em perspectiva) da unidade transportadora tubular 9.

A Fig. 11 mostra um outro exemplo do dispositivo de jateamento da unidade transportadora tubular do fluido de entrada usada no jateamento de superfícies
15 internas de tubos de aço, mostrando também uma visão geral do dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de tubos de aço.

A Fig. 12 mostra uma visão ampliada (vista em perspectiva) da unidade transportadora tubular do fluido de entrada da unidade transportadora tubular do fluido de entrada usada no jateamento de superfícies internas de tubos de aço, conforme mostrado
20 pela Fig. 11.

A Fig. 13 mostra uma visão ampliada (vista em perspectiva) da unidade transportadora tubular do fluido de entrada operando sob pressão negativa, e usada em dispositivos de jateamento. A Fig. 3 é mostrada para comparação.

A Fig. 14 mostra o aparelho experimental que ajuda a entender o
25 comportamento do material abrasivo em tubos de aço jateados quando o dispositivo de jateamento é usado em superfícies internas de tubos de aço, conforme mostrado nas Fig. 9 e Fig. 10;

A Fig. 15 mostra o aparelho experimental que é usado para entender o comportamento do material abrasivo usado em tubos de aço, e que opera sob pressão
30 negativa de sucção, conforme mostrado na Fig. 3.

A Fig. 16 mostra a velocidade de movimento (velocidade combinada V) da areia de sílica usada como material abrasivo.

A Fig. 17 mostra a velocidade de movimento (velocidade longitudinal V_z) da areia de sílica usada como material abrasivo.

5 A Fig. 18 mostra o ângulo θ de incidência da areia de sílica usada como material abrasivo.

A Fig. 19 mostra o ângulo de incidência da areia de sílica que é usada como material abrasivo.

10 A Fig. 20 representa um diagrama que mostra o relacionamento entre o pó de metal e a superfície de metal, o ângulo de colisão e a quantidade removida.

Descrição dos Números de Referência

- 1) Compressor;
- 2) Secador de Ar;
- 3) Tanque do Material abrasivo;
- 15 4) Material abrasivo/Fluido misturado;
- 5) Material abrasivo;
- 6) Tubo de aço que vai ser jateado;
- 7) Tanque de recuperação operando por gravidade;
- 8) Ciclone;
- 20 9) Coletor de Poeira e filtro;
- 10) Ventoinha de Sucção;
- 11) Silenciador;
- 13) Unidade de Fornecimento do Material abrasivo;
- 14) Meio de descarga;
- 25 15) Fluxo de ar a pressão negativa (fluido transportado);
- 21) Unidade transportadora do fluido de entrada;
- 22) Eixo do Tubo;
- 23) Tubo Espúrio;
- 24) Ar;
- 30 25) Orifício de Entrada de Ar;

26) Aparelho de fornecimento de ar.

= ângulo de incidência do material abrasivo

θ = ângulo formado pelos componentes de velocidade V_{θ} e V_z do material

abrasivo

5

D = diâmetro interno do material abrasivo/fluido misturado

Q_A = taxa de fluxo do ar

Q_N = taxa de fluxo de ar

V_z = velocidade longitudinal

V_{θ} = Velocidade na circunferência

10

V = Velocidade radial

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de jateamento usado em superfícies internas, **CARACTERIZADO** por compreender uma unidade transportadora tubular do fluido de entrada, conectada a uma das pontas do tubo de aço, e que está instalada horizontalmente, juntamente com a unidade de sucção a pressão negativa, conectada à outra ponta do tubo de aço, onde o material abrasivo ou o material de polimento são injetados horizontalmente dentro da unidade transportadora do fluido de entrada, juntamente com o fluido transportado a partir de um orifício formado na beirada da unidade transportadora tubular do fluido de entrada.

2. Dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas de tubos de aço, **CARACTERIZADO** por compreender uma unidade transportadora tubular do fluido de entrada, conectada a uma das pontas do tubo de aço instalado horizontalmente, juntamente com uma unidade de sucção a pressão negativa, conectada à outra ponta do tubo de aço, onde o material abrasivo juntamente com o fluido que o transporta são injetados horizontalmente no fluido que os transporta, injeção esta que é feita a partir de um orifício formado no centro da superfície da unidade transportadora tubular do fluido de entrada.

3. Dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas de tubos de aço de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que um tubo espúrio é conectado entre uma ponta de um tubo de aço instalado horizontalmente e a unidade transportadora tubular do fluido de entrada.

4. Dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de tubos de aço de acordo com as reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o tubo de aço é instalado concêntricamente com o tubo da unidade transportadora do fluido de entrada dentro da unidade transportadora do fluido de entrada.

5. Dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas de tubos de aço de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um orifício para o ar de entrada está localizado, que é usado para alimentar o ar para dentro da unidade transportadora do fluido de entrada, orifício este localizado na unidade transportadora tubular do fluido de entrada.

6. Dispositivo de jateamento para superfícies internas de tubos de aço de acordo com a reivindicação 5, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que um dispositivo em forma de assovio foi instalado para permitir a injeção de ar, ou onde um dispositivo injetor de ar foi instalado.

5 7. Dispositivo de jateamento usado nas superfícies internas de tubos de aço, de acordo com as reivindicações 5 ou 6, **CHARACTERIZADO** pelo fato de adicionalmente injetar o material abrasivo ou o material de polimento horizontalmente na unidade transportadora do fluido de entrada juntamente com o fluido transportado, o material abrasivo ou o material de polimento são também fornecidos através do orifício
10 de entrada de ar pela unidade transportadora do fluido de entrada.

8. Dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de tubos de aço de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o ar alimentado pelo orifício de entrada de ar forma um redemoinho ao longo da parede interna da unidade transportadora tubular de fluidos de entrada.

15 9. Dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de tubos de aço de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 8, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o tubo de aço foi fabricado de martensite e de aço inoxidável.

10 10. Dispositivo de jateamento usado em superfícies internas de tubos de aço, **CHARACTERIZADO** pelo fato de estar de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9.

25 11. Método usado para produzir tubos de aço com superfícies internas possuindo excelentes texturas, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície interna do tubo de aço é esfregada ou polida usando o dispositivo de jateamento para trabalhar as superfícies internas de tubos de aço, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9.

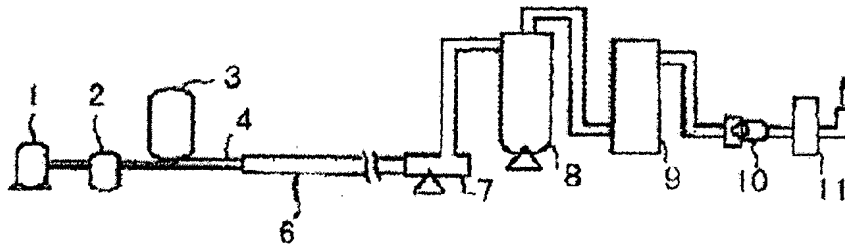


FIG. 1

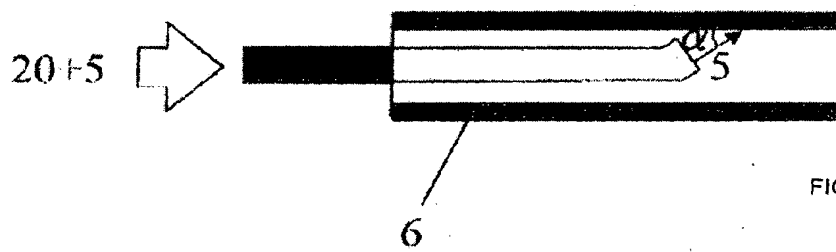


FIG.2

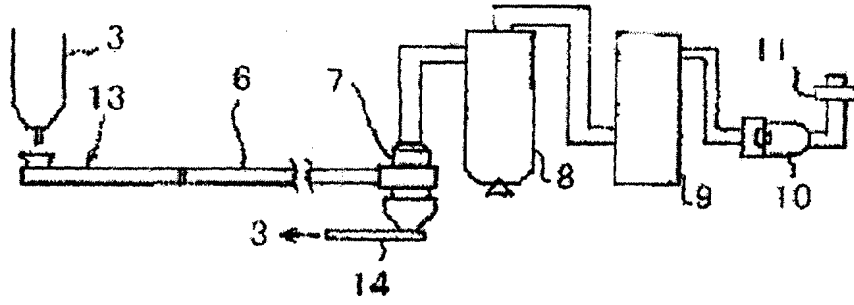


FIG. 3

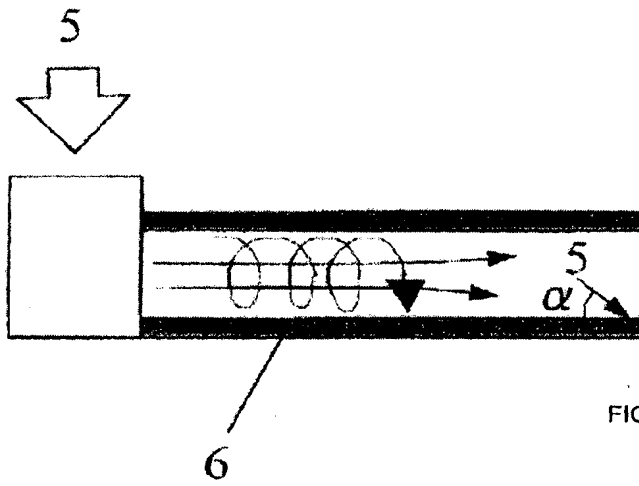
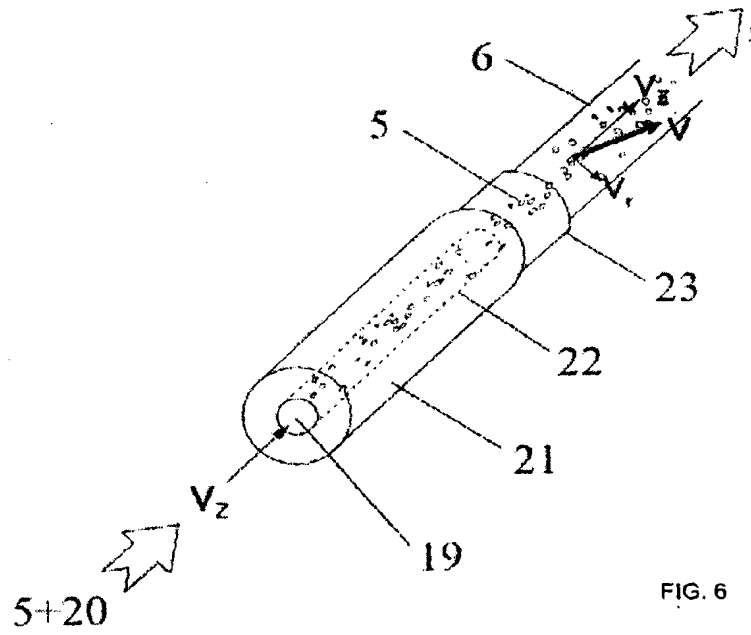
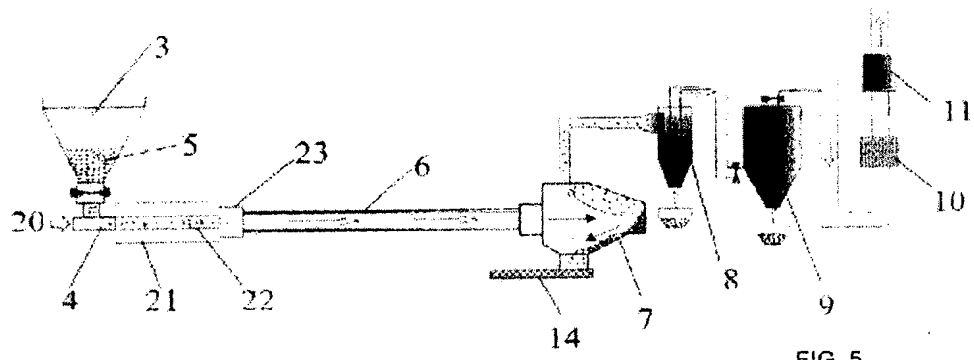


FIG. 4



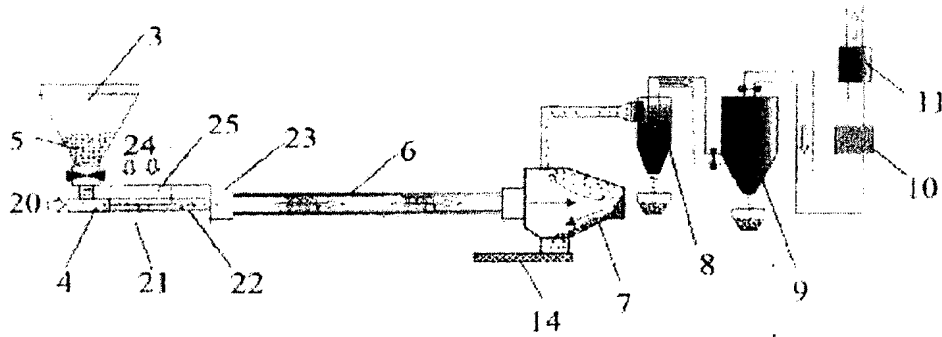


FIG. 7

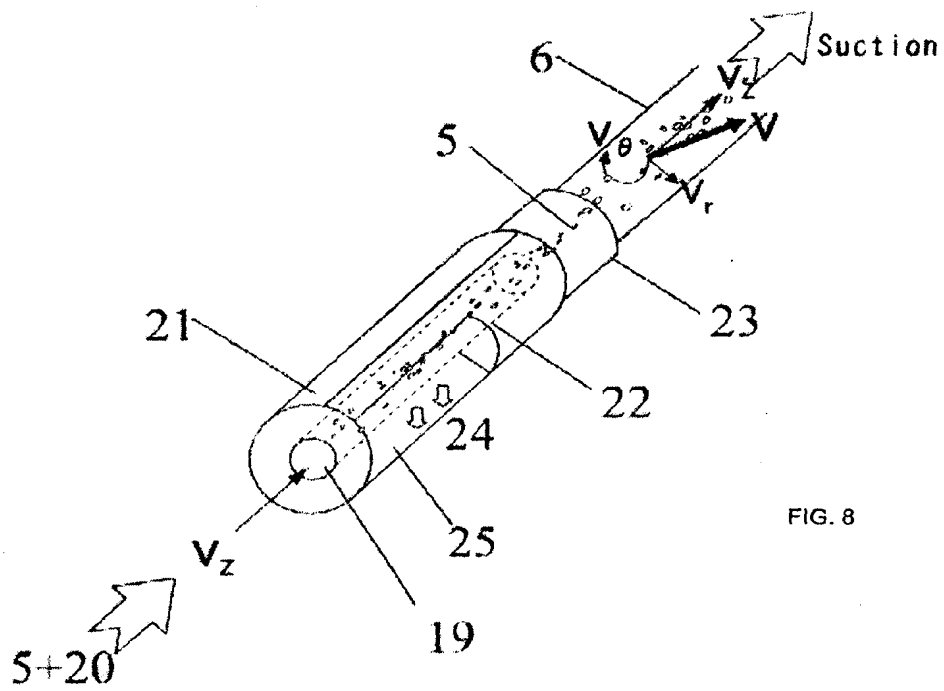


FIG. 8

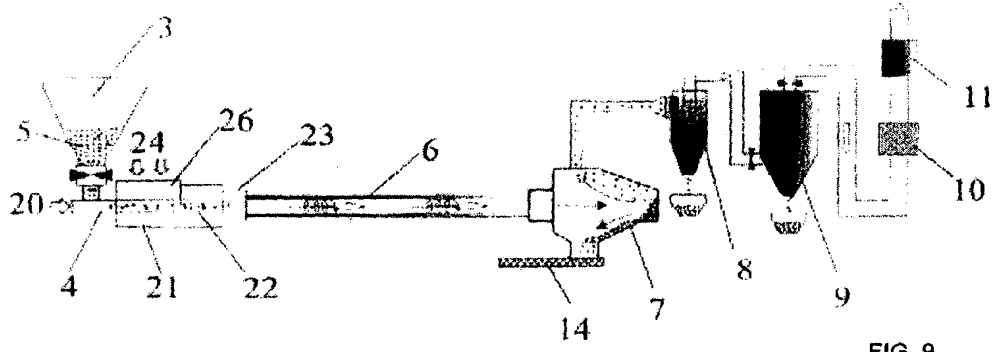


FIG. 9

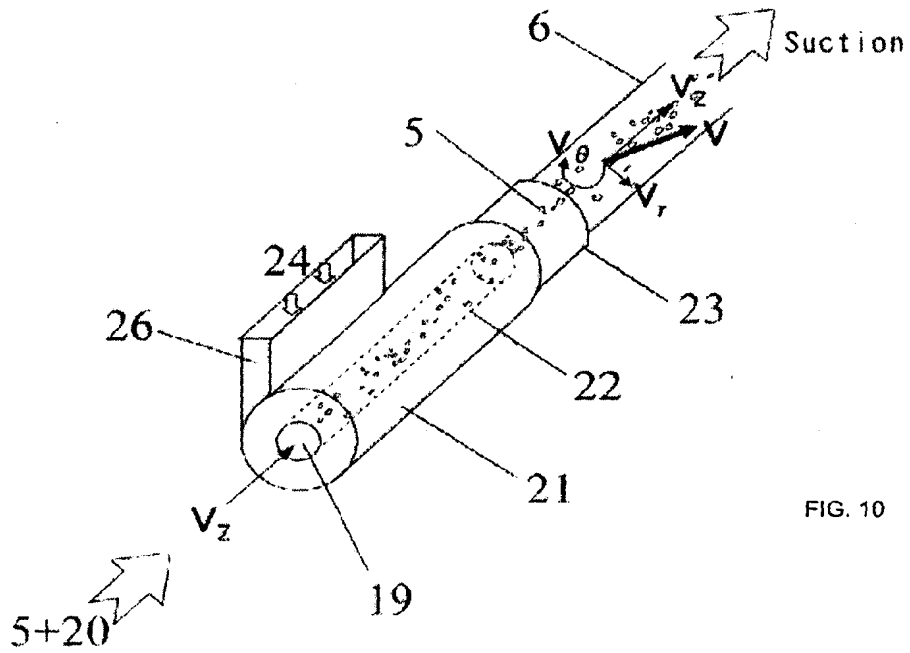


FIG. 10

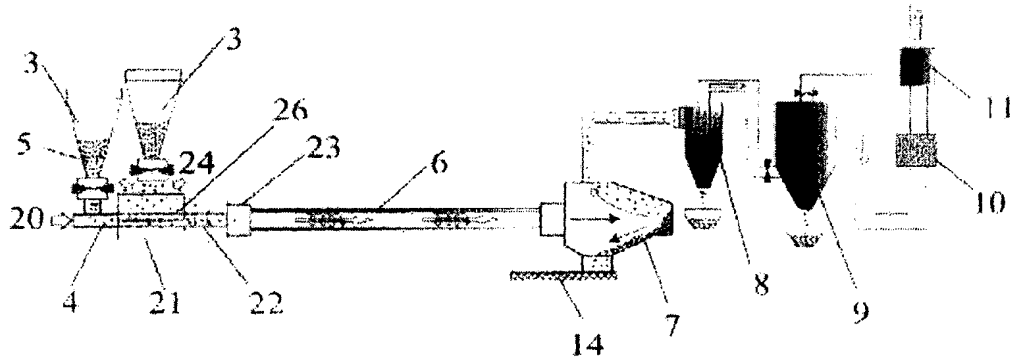


FIG. 11

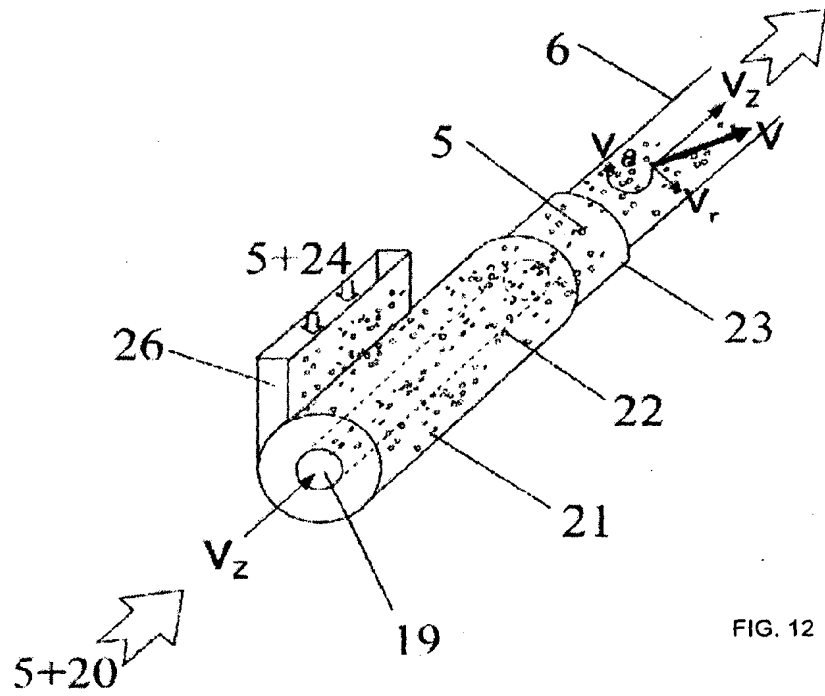


FIG. 12

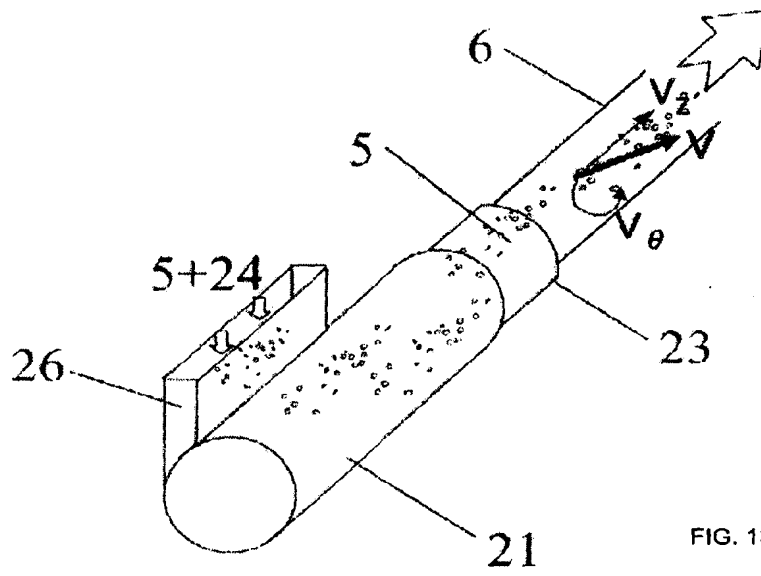


FIG. 13

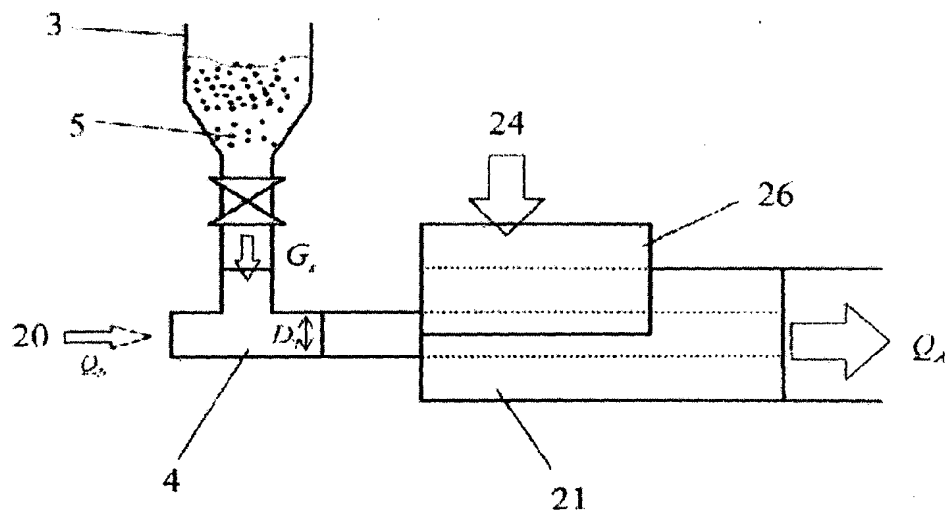


FIG. 14

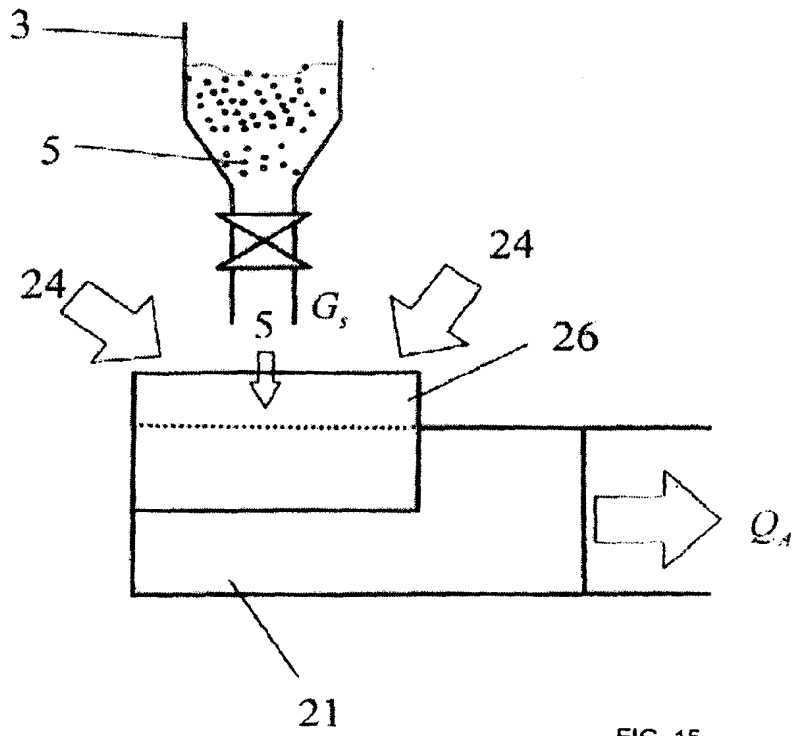
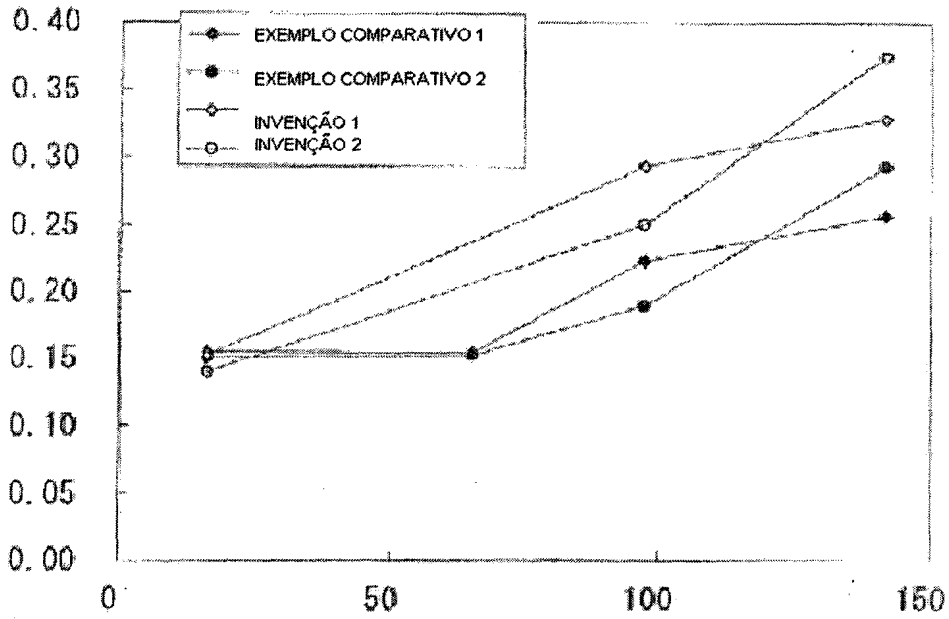
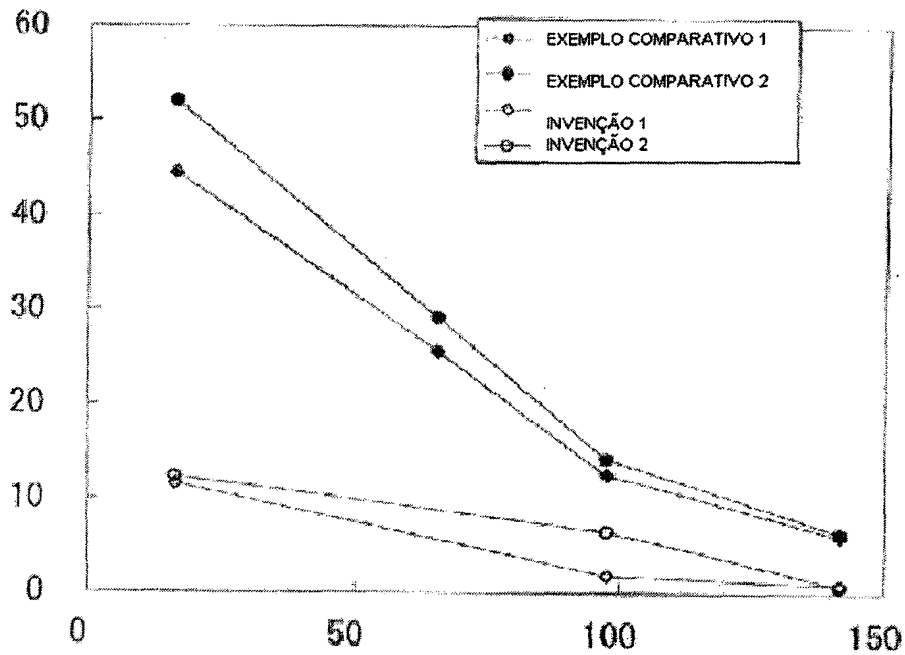


FIG. 15



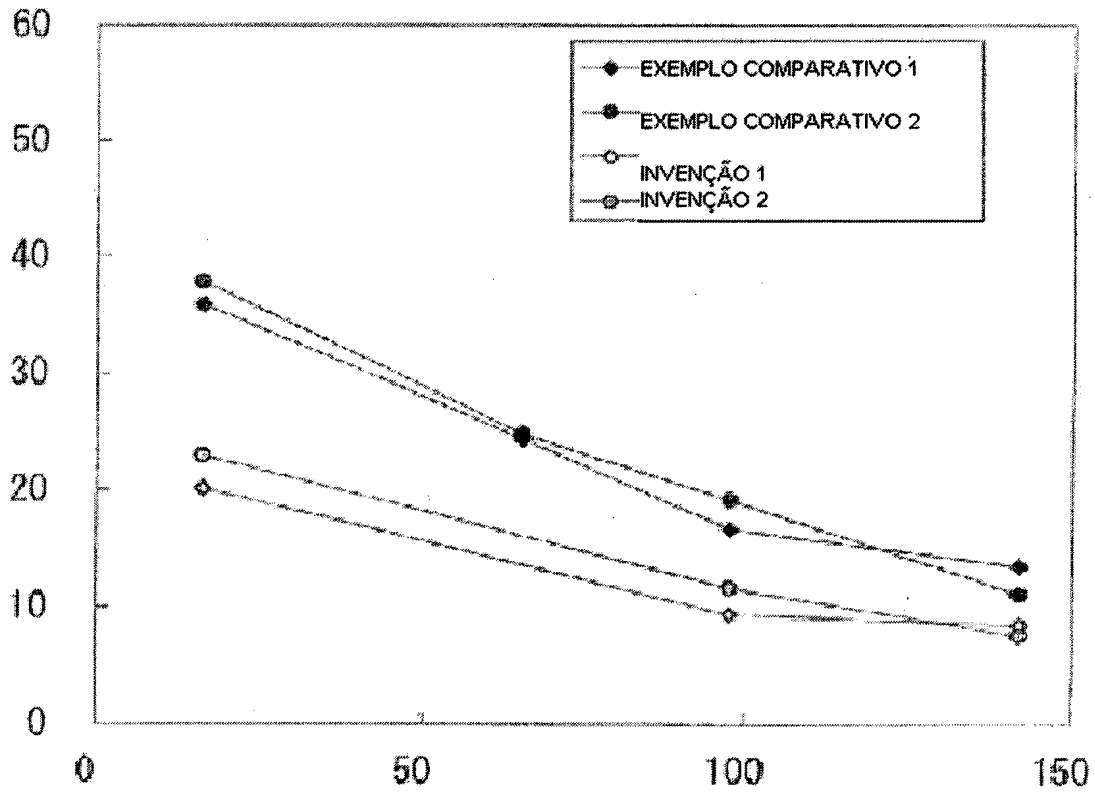
Média da velocidade combinada V / Velocidade padrão do gás dentro do tubo
 Posições longitudinais
 Diâmetro interno do tubo

FIG. 16



Média da velocidade combinada V_2 / Velocidade padrão do gás dentro do tubo
 Posições longitudinais
 Diâmetro interno do tubo

FIG. 17

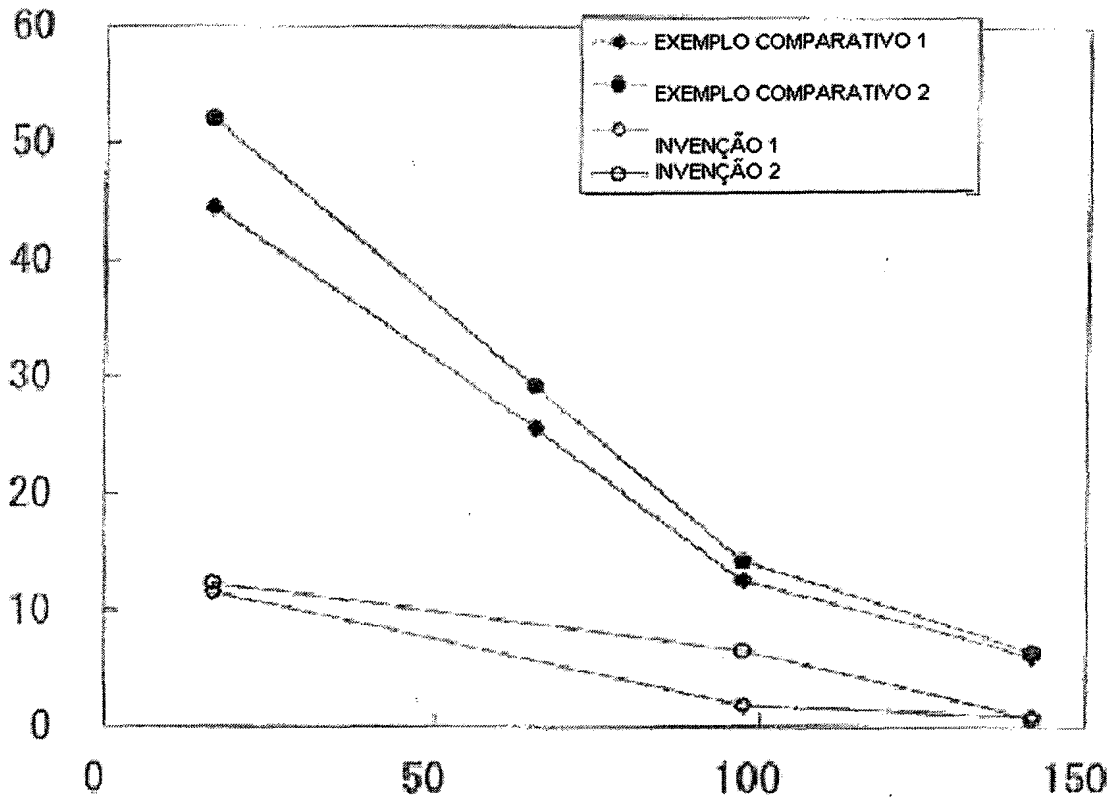


Valor médio do ângulo de redemoinho \varnothing do material abrasivo

Posições longitudinais

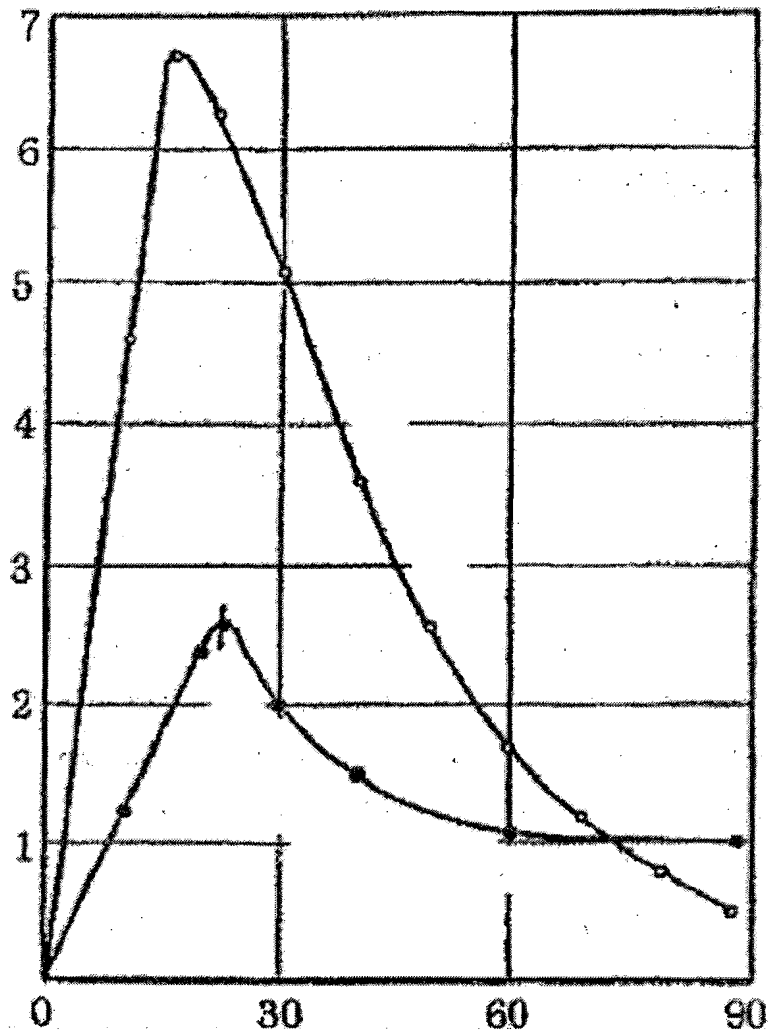
Diâmetro interno do tubo

FIG. 18



Valor médio do ângulo de incidência α do material abrasivo
Posições longitudinais
Diâmetro interno do tubo

FIG. 19



Volume de abrasão ($\times 10^{-3} \text{ cm}^3 / \text{kg}$)

Aço com alto conteúdo de cromo

(11% de cromo)

Liga de alumínio

FIG. 20

RESUMO**“DISPOSITIVO DE JATEAMENTO A ALTA PRESSÃO PARA
BRUNIR AS SUPERFÍCIES INTERNAS DE TUBOS DE AÇO. MÉTODO DE
JATEAMENTO PARA SUPERFÍCIES INTERNAS DE TUBOS DE AÇO E
5 MÉTODO PARA PRODUZIR TUBOS DE AÇO COM TEXTURAS DE ALTA
QUALIDADE NAS SUPERFÍCIES INTERNAS”**

Oferece um dispositivo de jateamento a ser usado em superfícies internas de tubos de aço que tenha um desempenho melhor de jateamento bem como a capacidade de jatear suficientemente a superfície interna de um tubo de aço a partir da sua parte anterior até a parte posterior: um método de jateamento a ser usado nas superfícies internas de tubos de aço, juntamente com um método para produzir superfícies internas em tubos de aço com excelentes texturas. O dispositivo de jateamento para jatear as superfícies internas de tubos de aço inclui uma unidade tubular (21) transportadora do fluido de entrada, conectada a uma das pontas de um tubo de aço horizontal (6) e uma unidade de sucção a pressão negativa conectada a outra ponta do tubo de aço 6, que é caracterizada pelo fato que o material abrasivo ou o material de polimento 5 são injetados horizontalmente na unidade transportadora do fluido de entrada juntamente com o fluido de entrada 20 a partir do orifício 19 formado na beirada da unidade tubular de transporte do fluido de entrada 21.