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

(11) **PI 0414439-2 B1**

(22) Data do Depósito: 09/09/2004

(45) Data de Concessão: 29/05/2018

(54) Título: TROCADOR DE CALOR PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM FUNDO TUBULAR DE UM TROCADOR DE CALOR

(51) Int.Cl.: F28F 9/02; F28F 9/18; F28D 1/053

(30) Prioridade Unionista: 17/09/2003 DE 103 43 239.6

(73) Titular(es): MAHLE BEHR GMBH & CO. KG

(72) Inventor(es): KARSTEN EMRICH; WERNER HELMS; MARKUS RECK; STEFAN WEISE

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"TROCADOR DE CALOR PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM FUNDO TUBULAR DE UM TROCADOR DE CALOR".**

[001] A presente invenção refere-se a um trocador de calor, especialmente um refrigerador de ar de alimentação para um veículo automotor.

[002] Para se obter um aumento de potência de um motor de combustão interna, o ar a ser aduzido à combustão pode por exemplo ser comprimido com um turbocarregador, antes de ser aduzido às câmaras de combustão do motor de combustão interna. A compressão do ar acarreta, contudo, simultaneamente, um aquecimento do mesmo, que é desvantajosa para um ótimo decurso do processo de combustão interna. Por exemplo, pode assim ser disparada uma precoce ignição ou uma elevada emissão de óxido de nitrogênio. Para evitar as consequências desvantajosas de ar superaquecido aduzido à combustão interna, depois de um turbocarregador é conectado um trocador de calor executado como refrigerador de ar de alimentação, com o qual o ar comprimido pode ser resfriado para uma temperatura admissível antes de sua combustão.

[003] Um refrigerador de ar de alimentação é descrito, por exemplo, na patente alemã DE 197 57 034 A1. No trocador de calor ali, o ar quente é introduzido em um primeiro canal coletor do trocador de calor, onde se distribui e flui em corrente para dentro de tubos planos, que desembocam no canal coletor. Os tubos planos estão dispostos lado a lado e paralelamente entre si com as faces laterais contendo os lados longos de sua seção transversal e formam uma via de fluxo, pela qual o ar refrigerante é conduzido. Na via de fluxo, entre os tubos planos estão dispostas nervuras refrigerantes, que produzem uma eficaz troca de calor entre os tubos planos e a corrente de ar refrigerante. Depois da travessia da corrente de ar refrigerante, os tubos planos de-

sembocam em um segundo canal coletor, que aduz o ar de alimentação entrando, refrigerado, comprimido à combustão no motor.

[004] Em trocadores de calor como especialmente tais refrigeradores de ar de alimentação, os tubos usualmente estão inseridos em aberturas de um fundo tubular e soldados estanques a fluido. A cada alimentação com ar comprimido, essa união de solda é submetida a elevadas solicitações mecânicas devido a rápidas alterações de pressão. Especialmente, os lados estreitos de tubos planos não satisfazem os crescentes requisitos de resistência, podendo resultar faltas de estanqueidade especialmente em regiões de tais uniões de tubo-fundo voltadas para os lados do fundo tubular.

[005] Um caminho simples para aumentar a resistência de uniões de tubo-fundo é um emprego de tubos e/ou fundos tubulares com maior espessura de parede ou de nervuras externas e/ou internas com maior espessura de material. A maior estabilidade mecânica é clara em ambos os casos; mas o maior dispêndio em custos e peso de material necessário é muito alto.

[006] Outras propostas de solução se ocupam com uma redução da solicitação mecânica das uniões tubo-fundo mediante emprego de âncoras de tração nas caixas de ar de alimentação. Essas âncoras de tração estabilizam as caixas de ar de alimentação e aliviam assim as uniões tubo-fundo, mas acarretam um aumento do dispêndio de material e da perda de pressão provocada pelo refrigerador de ar de alimentação.

[007] O objetivo da invenção é disponibilizar um trocador de calor, especialmente um refrigerador de ar de alimentação, em que sejam reduzidas solicitações mecânicas de uniões de tubo-fundo sem maior dispêndio de material.

[008] Segundo a invenção, um trocador de calor apresenta tubos que são apropriados a serem atravessados em corrente por um primei-

ro meio e circundados em corrente por um segundo meio, de modo que calor é transmissível do primeiro para o segundo meio ou inversamente. Ao menos uma caixa coletora comunicando com os tubos abrange ao menos um fundo tubular, sendo que o fundo tubular é executado essencialmente plano e apresenta passagens, nas quais são inseríveis os tubos para formação da união comunicante com a caixa coletora.

[009] A ideia básica da invenção é configurar geometricamente de tal maneira as regiões do fundo tubular envolvendo as passagens em forma de rebaixos ou elevações que as passagens fiquem dispostas respectivamente na "base" de um rebaixo ou no "cume" de uma elevação. Como resultado disso, as passagens são circundadas por flancos, a saber, os flancos dos rebaixos ou elevações. Graças a uma tal forma geométrica, especialmente pela configuração circundante dos flancos, é elevada a resistência à flexão do fundo tubular relativamente a um fundo tubular plano em muitas direções, de modo que são reduzidas deformações que ocorrem devido a uma solicitação por pressão da caixa coletora, sendo aliviadas mecanicamente uniões de tubos com o fundo tubular. De preferência, os rebaixos ou elevações são de tal largura que os flancos respectivamente de duas passagens vizinhas ficam contíguas formando uma acanaladura de reforço.

[0010] Graças à configuração de acordo com a invenção do trocador de calor, são elevadas sua resistência mecânica e com isso também sua vida útil, sem que para isso fosse necessário um maior dispêndio de material ou número de partes.

[0011] Segundo uma configuração preferida, os flancos apresentam respectivamente pela periferia de uma passagem uma largura essencialmente constante. É assim aumentada de modo essencialmente uniforme a resistência à flexão do fundo tubular em todas as direções.

[0012] Segundo uma forma de execução vantajosa, os tubos são

executados como tubos planos e dispostos em uma ou em várias fileiras. As passagens bem como as acanaladuras intermediariamente formadas pelos flancos são então configuradas ao comprido em correspondência às seções transversais tubulares.

[0013] De preferência apresentam os flancos respectivamente um arredondamento com raio de curvatura aproximadamente constante ou vários arredondamentos com diversos raios de curvatura. Obtém-se assim uma aproximação especialmente boa a uma seção transversal semicircular das acanaladuras situadas entre as passagens, resultando uma resistência à flexão particularmente elevada.

[0014] Segundo uma outra forma de execução, os flancos abrangem respectivamente uma ou várias regiões planas, de modo que os flancos ou as acanaladuras apresentam uma forma facetada entre as passagens. Isso possibilita uma segura fabricação com tolerâncias de fabricação baixas.

[0015] De modo especialmente preferido, ao menos uma região plana forma com a respectiva passagem um ângulo obtuso. Isso significa que a própria passagem produz um aumento adicional da resistência à flexão do fundo tubular, pois a passagem na mesma direção apresenta o rebaixo ou elevação em cuja "base" ou em cujo "cume" se encontra a passagem.

[0016] O ângulo entre a região plana do flanco e a passagem importa de preferência entre 30^{o} e 60^{o}, especialmente de preferência em cerca de 45^{o}. Nesse caso, a largura do flanco, sob determinadas circunstâncias, é aproximadamente igual a uma altura do flanco, de modo que resulta uma estabilidade especialmente elevada do fundo tubular relativamente a deformações.

[0017] Segundo uma configuração vantajosa, as passagens apontam para fora da ao menos uma caixa coletora. Isso tem eventualmente a vantagem de que respectivamente uma região dos flancos contí-

gua a uma borda do fundo tubular apresenta transição para uma borda do fundo tubular sob determinadas circunstâncias vertical, resultando um maior aumento de resistência do fundo tubular.

[0018] Segundo uma outra configuração preferida, o trocador de calor de acordo com a invenção é executado como refrigerador de ar de alimentação, que é empregável de modo especialmente preferido em veículos automotores. Especialmente apresenta o refrigerador de ar de alimentação duas caixas coletoras, das quais uma primeira é prevista para a distribuição e uma segunda para a coleta de ar de alimentação. Vantajosamente, cada uma das caixas coletoras apresenta precisamente um fundo tubular, que é provido de uma série de aberturas tubulares. Também é vantajoso empregar uma fileira de tubos planos com nervuras onduladas intermediárias, especialmente soldadas, pois assim se consegue uma área de transmissão de calor aumentada. Como meio refrigerante serve de preferência ar, sendo que também são viáveis outros meios refrigerantes, como água ou agente refrigerante.

[0019] Segundo uma execução vantajosa da invenção, é fabricado um fundo tubular, na medida em que por meio de um processo de deformação uma ou várias regiões de borda de uma chapa plana são erguidas e rebaixos mutuamente contíguos introduzidos na chapa. Os rebaixos apresentam então respectivamente uma área de base essencialmente plana e um flanco circulante e abraçando a área de base. Em seguida, as áreas de base dos rebaixos são perfuradas com auxílio de um processo de perfuração formando passagens. Devendo tubos ser enfiados pelo lado dos rebaixos no fundo tubular, de modo especialmente preferido são formadas chanfraduras de introdução para facilitar uma tal inserção de tubos nas passagens.

[0020] Em termos de técnica de fabricação, é vantajosa uma forma de configuração de um fundo tubular com uma ou várias fileiras de

flancos e/ou passagens iguais.

[0021] A invenção será a seguir explicada com auxílio de exemplos de execução com referência aos desenhos. Mostram:

Figura 1 - uma vista oblíqua de um fundo tubular,

Figura 2 - uma vista lateral de um fundo tubular com tubo inserido,

Figura 3 - um corte longitudinal por um fundo tubular com tubos inseridos,

Figura 4 - um corte longitudinal por um recorte de fundo tubular com tubo inserido e

Figura 5 - um corte longitudinal por um recorte de fundo tubular com tubo inserido.

[0022] A Figura 1 mostra um recorte de um trocador de calor 10 em uma representação em perspectiva. Uma caixa coletora 20 para distribuição de um primeiro meio consiste em um fundo tubular 30 e uma tampa de caixa não mostrada, que estão soldados entre si em uma área de contato 50 comum. A tampa de caixa está aí inserida no fundo tubular 30. É igualmente concebível assentar a tampa de caixa sobre o fundo tubular 30 ou dispô-la de outra maneira no fundo tubular 30. Em outros exemplos de execução não mostrados, um fundo tubular e uma tampa de caixa estão unidos entre si por soldagem, colagem ou por travamento devido à forma, a saber formados em uma só peça ou uma só parte, isto é, por exemplo de uma placa moldada.

[0023] O fundo tubular 30 apresenta uma abertura tubular 60, cuja borda 70 é moldada como assim chamada passagem para fora da caixa coletora. Um tubo plano essencialmente retangular é inserível na abertura tubular 60 e soldável ou pode ser unida por solda forte com o fundo tubular 30. Não estão representadas nervuras onduladas, que em ambos os lados são contíguas ao tubo plano igualmente não mostrado e soldadas com este último, de modo que é aumentada uma

transmissão de calor de um meio fluindo através do tubo para um meio fluindo em torno do tubo e das nervuras, ou vice-versa. No total, abrange o trocador de calor 10 toda uma fileira de nervuras onduladas e tubos planos alternados, que formam um assim chamado bloco de nervuras-tubos.

[0024] Sendo a caixa coletora 20 ativada com um meio sob pressão, a caixa coletora 20 sob determinadas circunstâncias se deforma de tal maneira que sua forma de seção transversal se aproxima de uma forma circular. Para se fazer face a uma tal deformação, a passagem 70 é abraçada por um flanco 90 circundante, que se conecta à passagem em um ângulo obtuso. O flanco apresenta uma largura que é essencialmente constante à volta da passagem 70. Resulta assim um rebaixo uniforme do fundo tubular 30 tanto em direção longitudinal do fundo tubular pelas regiões de flanco 91, 92 nos lados frontais da passagem 70 como também em direção transversal do fundo tubular pelas regiões de flanco 93, 94 nos lados longitudinais da passagem 70.

[0025] Disso resulta uma menor deformação do fundo tubular 30 sob solicitação por pressão da caixa coletora 20. Essa deformação reduzida do fundo tubular 30 acarreta uma diminuição da solicitação mecânica do tubo ou da união tubo-fundo. Especialmente, os lados frontais do tubo plano mecanicamente ao máximo solicitados quando de tais deformações condicionadas por pressão são assim aliviados.

[0026] Como se pode ver na vista lateral do trocador de calor 110 na Figura 2, o tubo 120 está inserido em tal medida na abertura tubular 160 que uma região de borda 121 superior do tubo 120 se projeta além do fundo tubular 130. É assim garantido um bom aproveitamento de uma área interna da passagem 170 não visível, voltada para o tubo 120, como área de encosto para a união tubo-fundo. Isso serve, por exemplo, a uma soldagem estanque. Para se evitar uma queda des-

necessariamente alta de pressão do primeiro meio pelo trocador de calor, a ultrapassagem do tubo 120 além do fundo tubular 130 é mantida tão pequena quanto possível. Por esse motivo, a abertura tubular 160 se encontra em uma região central 131 essencialmente plana do fundo tubular 130.

[0027] A passagem 170 é abraçada por um flanco 190, cujos lados frontais 191, 192 apresentam transição, de um lado, sob um ângulo obtuso, para a passagem 170 e, de outro lado, igualmente sob um ângulo obtuso, para uma região de borda 132 vertical do fundo tubular 130. Graças à seção transversal do fundo tubular 130 em forma de s, assim unida, na região da área de conexão de tampa 150 - região de borda 132 - região de flancos 191/192 - passagem 170, ao tubo 120 ou à união tubo-fundo é atribuída uma redução de solicitação adicional.

[0028] A Figura 3 mostra um outro exemplo de execução de um trocador de calor 210 em recorte em um corte longitudinal. Tubos 220, 221, 222 estão inseridos em passagens 270, 271, 272 de um fundo tubular 230. Para reduzir uma queda de pressão de um meio fluindo através do trocador de calor 210 e, inclusive, pelos tubos 220, 221, 222, as passagens 270, 271, 271 se projetam da caixa coletora não mostrada e os tubos 220, 221, 222 não se salientam pelo fundo tubular ou por suas passagens 270, 271, 272.

[0029] As passagens 270, 271, 272 são então abraçadas por flancos 290, que apresentam respectivamente uma região parcial 295 plana. A região parcial 295 plana forma com a passagem 270 um ângulo obtuso, com o quê é adicionalmente reforçado o efeito de escora do rebaixo formado pelo flanco 290 no fundo tubular 230. Os flancos 290 estão então diretamente contíguos, de modo que são formadas acanaladuras 299, que podem ser vistas na Figura 3 em sua seção transversal. Como mostrado nitidamente nessa seção transversal, as acanaladuras 299 não apresentam regiões horizontais, situadas entre os flan-

cos 290.

[0030] Vantajosamente, a largura b é semelhante à altura h dos flancos 290, especialmente de preferência quase igual. Por esse motivo, o ângulo entre a região parcial 295 plana do flanco 290 e a passagem 270 importa em cerca de 45^{o}. Para as acanaladuras 299 resulta assim um ângulo de acanaladuras α de cerca de 90^{o}, a que está associado um efeito de reforço especialmente elevado das acanaladuras 299.

[0031] A Figura 4 mostra o recorte de uma configuração modificada do trocador de calor da Figura 3. Aqui o tubo 320 se projeta pela passagem 370, mas termina abaixo de uma superfície 335 do fundo tubular 330. Com isso resulta uma elevada segurança de fabricação no tocante a uma união estanque a fluido entre o fundo tubular 330 e o tubo 320. Por exemplo, uma união soldada é aperfeiçoada por uma fenda de solda 376 acrescentada adicionalmente à fenda de solda 375. A fenda de solda serve então simultaneamente como chanfradura de introdução para facilitar a inserção do tubo 320 no fundo tubular 330.

[0032] Em oposição a isso, no exemplo de execução mostrado na Figura 5, o tubo 420 se projeta pela passagem 470 e por uma superfície 435 do fundo tubular 430. Devido às maiores tolerâncias a isso associadas no tocante ao comprimento do tubo 420, segue-se um maior aumento da segurança de fabricação.

REIVINDICAÇÕES

1. Trocador de calor (10; 110; 210) com tubos (120; 220; 320; 420) e ao menos uma caixa coletora (20), sendo que a caixa coletora (20) abrange ao menos um fundo tubular (30; 130; 230; 330), sendo que o fundo tubular (30; 130; 230; 330) apresenta passagens (70; 170; 270; 370; 470), onde são inseríveis os tubos (120; 220; 320; 420), caracterizado pelo fato de que as passagens (70; 170; 270; 370; 470) são envoltas por respectivamente um flanco circundante (90; 190; 290), sendo que os flancos circundantes (90; 190; 290) de duas passagens (70; 170; 270; 370; 470) vizinhas estão mutuamente contíguos formando uma acanaladura (299).

2. Trocador de calor de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os flancos circundantes (90; 190; 290) apresentam respectivamente pela periferia de uma passagem (70; 170; 270; 370; 470) uma largura essencialmente constante.

3. Trocador de calor de acordo com reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que os tubos (120; 220; 320; 420) são tubos planos dispostos em ao menos uma fileira, sendo que as passagens (70; 170; 270; 370; 470) são executadas longitudinalmente em correspondência às seções transversais de tubo (120; 220; 320; 420) e sendo que os flancos (90; 190; 290) das passagens (70; 170; 270; 370; 470) são mutuamente contíguos formando acanaladuras (299) longitudinais.

4. Trocador de calor de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que os flancos (290) apresentam respectivamente um arredondamento com raio de curvatura aproximadamente constante.

5. Trocador de calor de acordo com reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que os flancos (290) apresentam respectivamente vários arredondamentos com diversos raios de curvatura.

6. Trocador de calor de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que os flancos (290) apresentam respectivamente ao menos uma região plana (295).

7. Trocador de calor de acordo com reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que ao menos uma região plana (295) forma com a respectiva passagem (270) um ângulo obtuso, especialmente um ângulo entre 30^{o} e 60^{o}.

8. Trocador de calor de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que as passagens (70; 170; 270; 370; 470) se projetam de ao menos uma caixa coletora (20).

9. Processo para fabricação de um fundo tubular (30; 130; 230; 330) de um trocador de calor, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelas etapas de,

a) disponibilização de uma chapa plana,

b) montagem de uma ou várias regiões de borda da chapa plana por meio de um processo de deformação,

c) introdução de rebaixos mutuamente contíguos na chapa por meio de um processo de deformação, sendo que os rebaixos apresentam respectivamente uma área de base essencialmente plana e um flanco circundante e abraçando a área de base,

d) perfuração das áreas de base por meio de um processo de perfuração e especialmente,

e) estampagem de chanfraduras de introdução para facilitar uma introdução de tubos (120; 220; 320; 420) nas passagens (70; 170; 270; 370; 470) produzidas na etapa d).

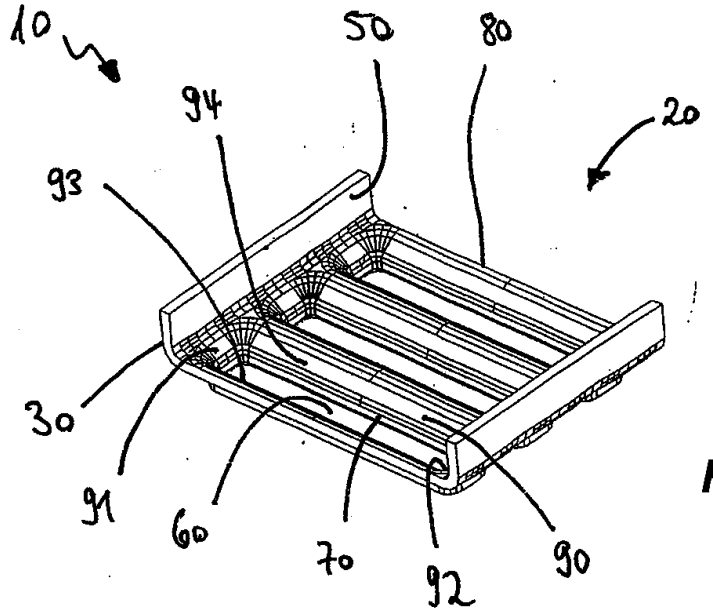

10
50
80
94
20
93
30
91
60
70
92
90

Fig.1

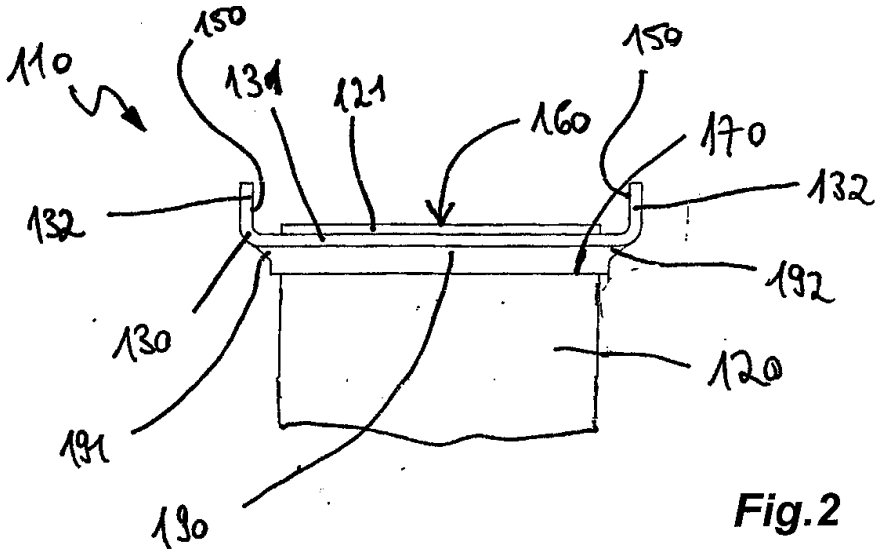

110
150
131
121
160
150
170
132
132
192
130
120
191
190

Fig.2

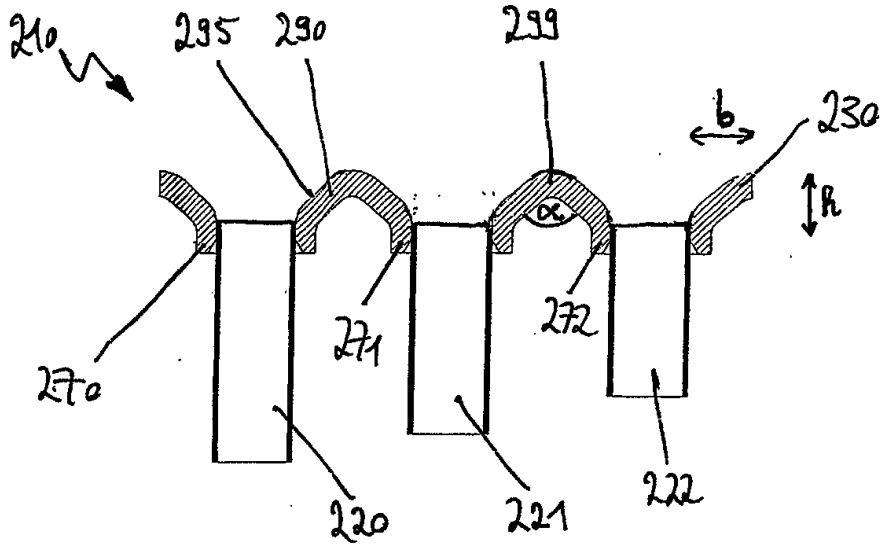


Fig.3

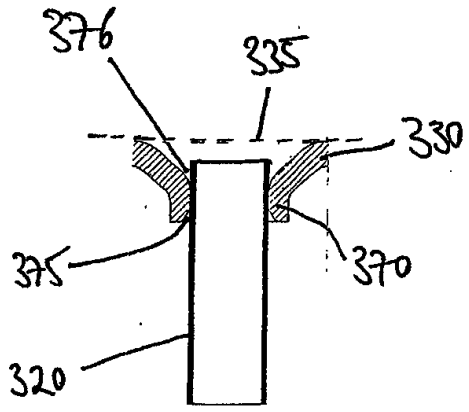


Fig.4

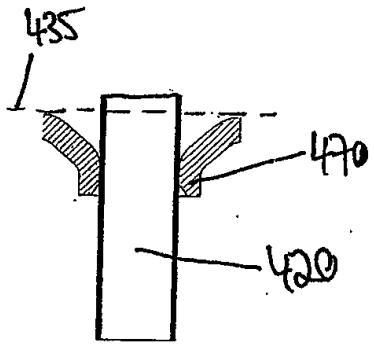


Fig.5