



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

(11) PI 0703812-7 B1

(22) Data do Depósito: 24/08/2007

(45) Data de Concessão: 24/07/2018



(54) Título: ATOMIZADOR PARA SISTEMAS DE INJEÇÃO DE COMBUSTÍVEL

(51) Int.Cl.: F02M 61/18; F23D 11/38; F02M 19/03

(73) Titular(es): MAGNETI MARELLI SISTEMAS AUTOMOTIVOS IND. E COM. LTDA

(72) Inventor(es): MICHAEL PONTOPPIDAN; GINO MONTANARI

(85) Data do Início da Fase Nacional: 24/08/2007

Atomizador para sistemas de injeção de combustível.

O presente pedido de patente se refere a um atomizador de dupla camada para sistemas de injeção de combustível, com o objetivo de obter um padrão de spray produzido por um injetor de combustível que pode ser moldado em um padrão desejado e com um momentum adequado sem o uso de qualquer adaptador mecânico após o atomizador.

Estado da técnica

O injetor de combustível é um elemento chave no processo de controle de combustão de qualquer motor de combustão interna com ignição comandada. A qualidade da combustão (pressão e produtos da pós-combustão) é, entre outros fatores, relacionada com a preparação da mistura homogeneizada na câmara de combustão antes da própria combustão. Desta forma, a mistura gás/combustível produzida no coletor de admissão (antes da sede das válvulas) em cada ciclo do motor é decisiva para o resultado da combustão.

O ciclo primário de um motor a combustão interna é o ciclo de ar, no qual se introduz em cada abertura de admissão certa quantidade de gás fresco (de agora em diante referido como gas-core) na câmara de combustão. O combustível líquido é colocado no gas-core para se misturar com este antes de ser introduzido dentro do cilindro.

Para todas as distribuições relacionadas à invenção, a dosagem do combustível dentro do gas-core é feita por um injetor de combustível controlado em *duty-cycle*. O injetor de combustível pode ser basicamente dividido em três partes funcionais:

- A parte atuadora (atuador) – a qual trabalha em um ciclo de *duty-cycle* e pode ser mecânica ou eletro-mecânica;
- A parte vedante/dosadora – a qual intermedeia o atuador com a terceira parte e faz a dosagem do fluxo de combustível no injetor;
- A parte atomizadora de combustível (atomizador) – que é montada subseqüentemente após a unidade dosadora.

O combustível é normalmente enviado por um duto de combustível pressurizado (doravante referido como galeria) (100) para o topo do injetor (200), passando então através da área da sede de vedação (300) e finalmente dosado e injetado dentro do gas-core através do atomizador (400). A figura 1 mostra um exemplo dessa solução técnica para um desenho de um injetor de sede plana.

Experiências recentes com combustíveis de baixa evaporação, tais como etanol puro ou misturado com gasolina (flex-fuel) mostrou que o processo de vaporização e mistura física depende da taxa dinâmica de *momentum* (sendo *momentum* igual à massa vezes a velocidade) do *spray* e do gas-core. No gas-

core a massa é uniformemente distribuída sobre o volume.

O mesmo não acontece para o *spray* de combustível. O *spray* é composto de gotículas de vários diâmetros produzidos pela capacidade de quebra do combustível pelo dispositivo atomizador e pelo vapor formado pela superfície livre das gotículas. Inicialmente a fração de massa mais importante é a contida nas gotículas. Os vetores de velocidade das gotículas são determinados pelo projeto do atomizador.

O atomizador é normalmente projetado com um ou com múltiplos orifícios de injeção, que guiam cada jato formador do *spray* em uma dada direção, de acordo com a taxa correspondente a extensão (LH) sobre o diâmetro (DH) de cada orifício de injeção. A distribuição de momentum do *spray* varia de acordo com o seu volume e é principalmente controlada por três fatores: a distribuição inicial de gotículas, o caminho livre de vaporização das gotículas e a eventual coalescência das gotículas dentro do volume de *spray*. Genericamente a distribuição inicial de gotículas é relacionada com a pressão disponível na galeria pressurizada e a área efetiva de fluxo do orifício de injeção. A área efetiva de fluxo do orifício ou orifícios de injeção não pode ser escolhida livremente, sendo determinada pela quantidade de combustível requerida pelo motor.

O número de orifícios de injeção determinará o tamanho inicial das gotículas. Para prover a distribuição de momentum mais homogênea dentro do *spray* é importante que as gotículas iniciais e seus vetores de velocidade sejam contidos dentro de limites precisos determinados pelo momentum dinâmico do gás-core e através do controle do fenômeno de coalescência.

Hoje o conceito geral no projeto de atomizadores é aplicar uma configuração a furos múltiplos onde o *spray* é realizado através de vários jatos provenientes de um ou mais grupos de furos. Em geral é utilizado um grupo de furos quando o injetor é aplicado em motores com uma válvula de admissão por cilindro e dois grupos em motores com 2 válvulas de admissão por cilindro (atomizadores a duplo *spray*).

Como dito anteriormente, a inserção de um número crescente de furos com certa pressão na galeria de combustível e uma efetiva área de fluxo, vai produzir uma ruptura inicial do combustível em partículas com menor diâmetro médio. A consequência disso, na área próxima a saída do injetor (abaixo do atomizador), será um aumento da superfície ativa do *spray* e em consequência da capacidade de vaporização, mas irá gerar uma redução do momentum total do *spray*.

Uma justificativa simplificada inicial estática, que infelizmente é errada nas condições de fluxo instáveis com alta turbulência na área de admissão do motor, leva a conclusão que a simples multiplicação dos furos do injetor

melhora automaticamente a homogeneidade do *spray* e a sua capacidade de vaporizar nas áreas mais distantes do da saída do injetor e na câmara de combustão do motor.

Muitas visualizações em alta velocidade e simulações numéricas 3D, realizadas na área de admissão e na câmara de combustão, mostraram que o resultado real nunca é este. Devido à coalescência não controlada e a elevada turbulência nas áreas mais distantes da saída do injetor o *spray* vai se recompor de uma forma casual e em consequência, com um alto nível de não homogeneidade.

Além disso, a multiplicação do número de furos no atomizador gera mais inconvenientes. Ao reduzir o diâmetro dos furos abaixo de certo nível, como consequência do aumento dos furos, cresce de uma forma exponencial a complexidade construtiva e em consequência o custo do processo de manufatura.

Somente o controle aprimorado e simultâneo da ruptura inicial das gotículas e do fenômeno de coalescência, através de uma configuração inteligente do atomizador a dupla camada, como a proposta da invenção, gera um aperfeiçoamento da vaporização e da homogeneização da mistura transferida a câmara de combustão durante o ciclo de admissão.

Breve descrição da invenção

O objetivo da presente invenção é o de prover um atomizador dotado de duas ou mais camadas de orifícios de injeção com uma distribuição geométrica tal que gere gotículas no tamanho desejado, com um fluxo controlado e direcionado de tal forma que permita uma melhor combustão resultando na redução em até sete por cento de emissões poluentes ao meio-ambiente, tais como de CO e CO₂. A presente invenção é relativa somente ao atomizador em si, podendo ser utilizado nos mais diversos tipos de injetores, sem qualquer limitação no escopo da invenção.

Descrição das figuras

O presente pedido será mais bem compreendido a luz das figuras anexas, dadas a título meramente exemplificativo, mas não limitativo, nas quais:

- A figura 1 mostra uma galeria de combustível completa e em detalhes um injetor com suas respectivas partes principais;

- A figura 2 mostra uma sede plana de um atomizador, incluindo detalhes do dispositivo de vedação;

- A figura 3a mostra em detalhes a área de interesse do atomizador proposto, o eixo A-A representando o eixo de simetria do injetor e a figura 3b mostra a configuração dos jatos de combustível, conforme a invenção;

- A figura 4a mostra um atomizador com duas camadas de orifícios desiguais e a figura 4b mostra duas camadas de orifícios iguais;

- A figura 5 mostra outra possível variação da distribuição dos orifícios do atomizador.

Descrição de uma configuração preferencial

A invenção poderá ser melhor entendida a partir da figura 2 que mostra uma sede de atomizador plana (1) em conjunto com a parte inferior da agulha (2), incluindo a parte superior da estrutura de sede plana (3). O núcleo da invenção corresponde apenas à área central do atomizador (4), a qual é localizada dentro do perímetro limitado pelo anel de vedação interno (3). Esta parte do atomizador (4) é totalmente localizada abaixo da área de vedação (3).

A figura 3 detalha melhor essa área de interesse, lembrando que o eixo A-A representa o eixo de simetria do injetor. Apesar de no presente exemplo ser utilizada uma área plana para representar a área central do atomizador (4), poderão ser utilizados outros formatos, tais como domos ou cones.

De acordo com a presente invenção, são locadas duas camadas concêntricas de orifícios de injeção (5,6) na área central do atomizador (4), sendo que a camada mais interna (5) é caracterizada por um raio R1 e a camada externa (6) é caracterizada por um raio R2 a partir do eixo de simetria A-A.

Valores típicos para R1 se situam entre 0,2 e 0,5 mm e para R2 valores entre 0,6 a 1 mm.

O número total de orifícios de injeção é distribuído exclusivamente nas camadas interna (5) e externa (6) de tal forma que o número de orifícios na camada externa (6) seja sempre igual ou maior que número de orifícios na camada interna (5).

Os eixos de descarga dos orifícios localizados na camada externa (6) (e de agora em diante considerados como o eixo do jato emergindo de cada orifício) são sempre paralelos ao eixo do injetor A-A, não importado à posição desse eixo em relação à câmara de combustão (figura 3b). Com essa configuração, os jatos produzidos pelos orifícios da camada externa (6) formam um spray tronco-cônico com um ângulo de cone β tipicamente entre 10° e 20° e um eixo coincidente como eixo A-A do injetor que abrange os jatos dos orifícios da camada interna.

Os eixos dos orifícios de injeção localizados na camada interna (5) formam um ângulo α maior que zero com o eixo A-A do injetor. O valor de α é determinado de forma que o spray produzido pela camada interna (5) de orifícios gere uma colisão (*grazing*) com os jatos da camada externa (6) a uma distância desejada da ponta do injetor, conforme pode ser visto na figura 3b. Por estes meios o fenômeno de coalescência é bem controlado. Tipicamente, mas não de forma limitativa, os valores de α ficam entre 3° e 10° .

As figuras 4a e 4b mostram uma seqüência de configurações de distribuição dos orifícios de injeção. A figura 4a mostra um atomizador tendo uma camada interna (5) de dois orifícios opostos entre si e uma camada externa

(6) de três furos, com um ângulo de 72° entre os dois furos mais próximos e de 144° destes em relação ao outro furo. A figura 4b mostra um atomizador tendo uma camada interna (5) de três orifícios e uma camada externa de três furos (6), com um ângulo entres esses de cento e vinte graus em torno de uma circunferência.

5 A figura 5 por sua vez mostra uma possível variação da distribuição de camadas de orifícios do atomizador. Nesse arranjo tem-se um ângulo de inclinação (*offset*) tipicamente entre 1° e 10° com relação ao eixo do injetor, toda a configuração de ambos os jatos paralelos produzidos pelos orifícios de camada externa (6) e os jatos divergentes produzidos pela camada interna (5) de orifícios.

10 Em testes realizados com motores de bancada, nos quais foram confrontados as estruturas dos atomizadores de múltiplos orifícios com os atomizadores da presente invenção, verificou-se que com a melhoria na homogeneidade do momentum do *spray* em um motor flex-fuel em baixas cargas, com condições de motor aquecido, uma diminuição de 7 % no conteúdo de hidrocarbonetos nos gases de
15 exaustão.

Reivindicações

13

5 1. Atomizador para sistemas de injeção de combustível, dito atomizador constituído por uma sede de atomizador (1), agulha (2) e parte superior de uma estrutura de sede (3), possuindo uma área central do atomizador (4), localizada dentro do perímetro limitado pelo anel de vedação interno (3), **caracterizado** pelo fato de possuir duas camadas concêntricas de orifícios de injeção (5,6) na área central do atomizador (4), sendo que a camada mais interna (5) possui um raio R1 e a camada externa (6) possui um raio R2 a partir do eixo de simetria do injetor, ditos eixos dos orifícios de injeção localizados na camada interna (5) formando um ângulo α maior que zero com relação ao eixo do injetor, e os eixos dos orifícios localizados na camada externa (6) serem paralelos ao eixo do injetor.

10

2. Atomizador, conforme a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do atomizador (1) possuir formato plano, cônico de domo ou esférico.

15

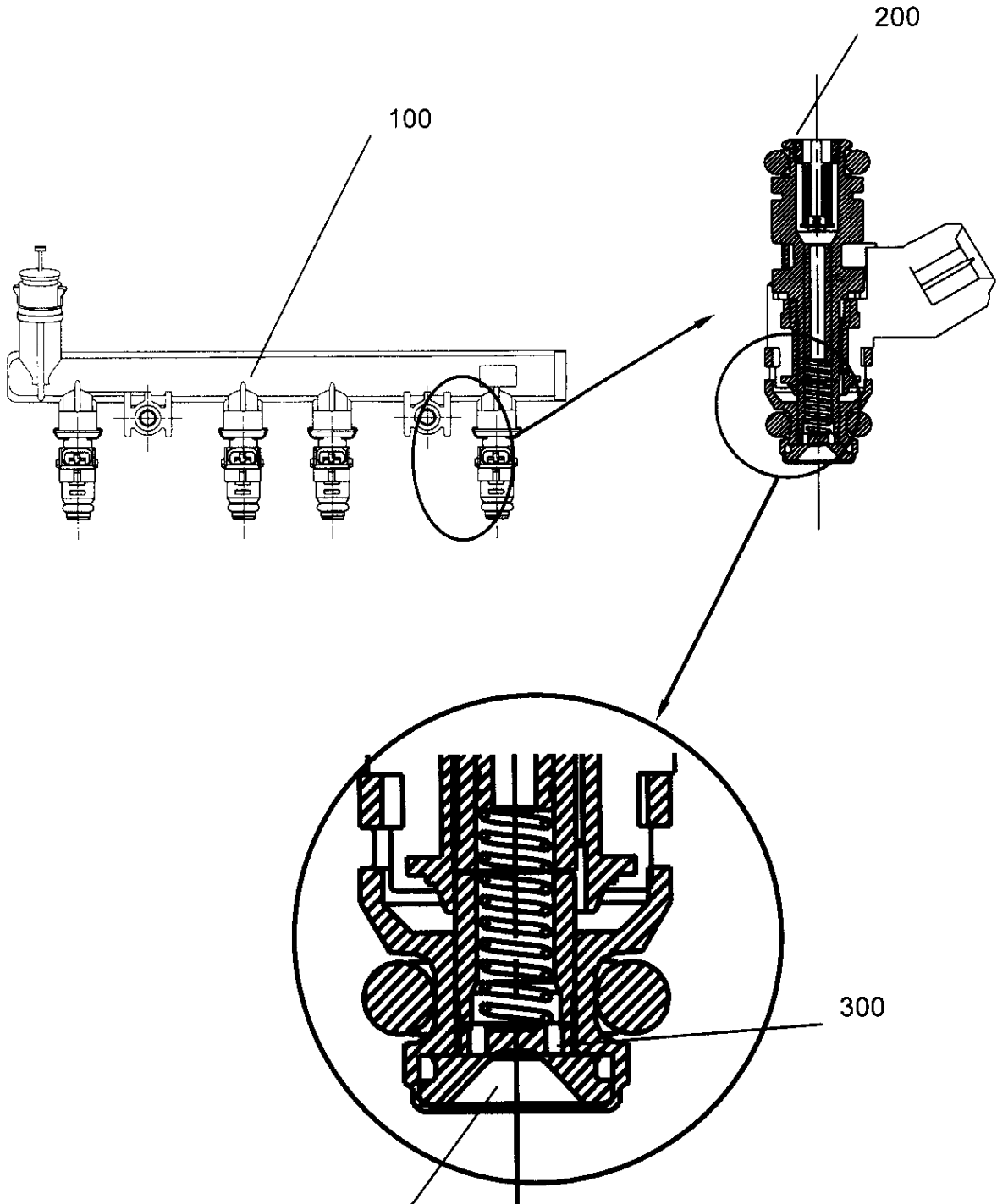
3. Atomizador, conforme a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de dita camada externa (6) possuir um total de orifícios de injeção igual ou maior que o total de orifícios de injeção da camada interna (5).

4. Atomizador, conforme a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de R1 se situar entre 0,2 e 0,5 mm e R2 entre 0,6 a 1 mm.

20

5. Atomizador, conforme a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de α ser entre 3° e 10° em relação ao eixo do injetor.

6. Atomizador, conforme a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da configuração dos orifícios se manter paralela ao eixo do injetor quando esse se encontra em um plano que não o vertical (*offset*).



Handwritten signature or initials.

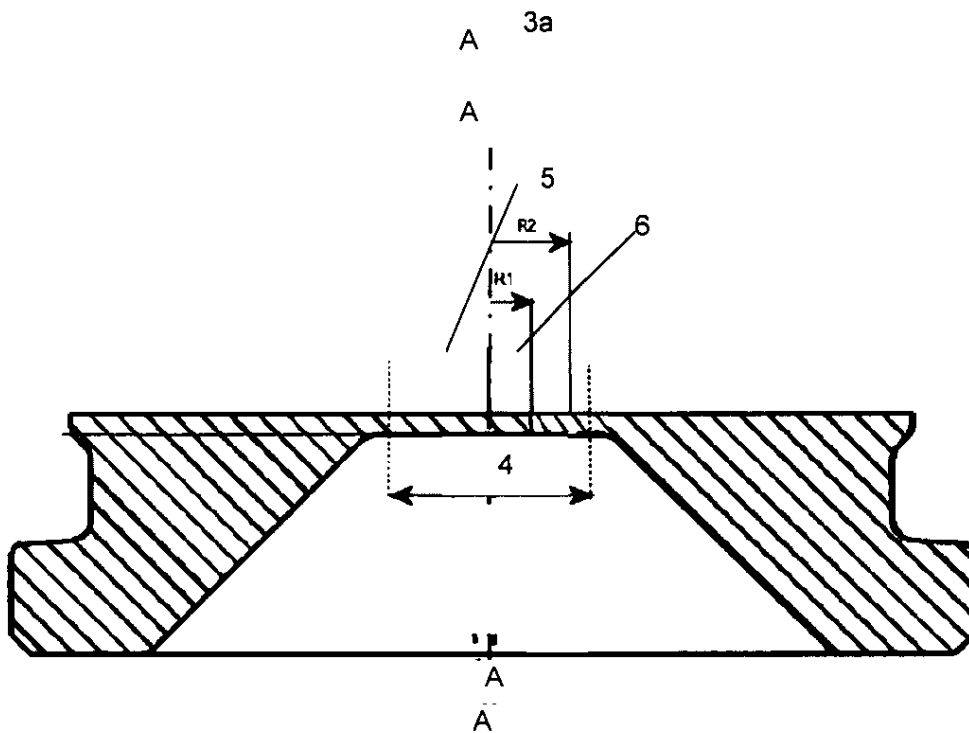
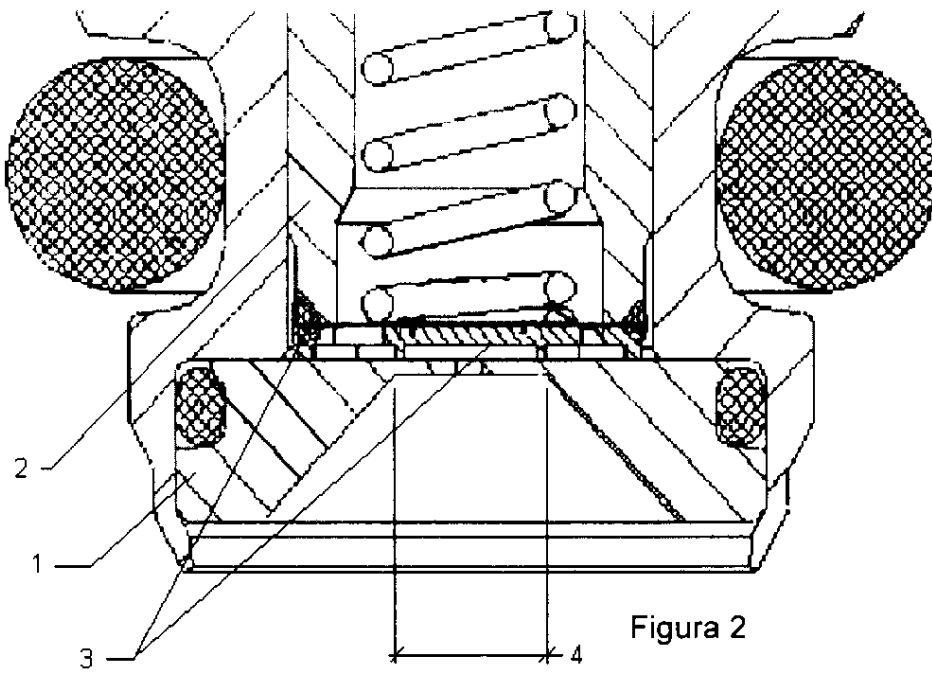
400

FIGURA 1

300

200

100



10
2
C

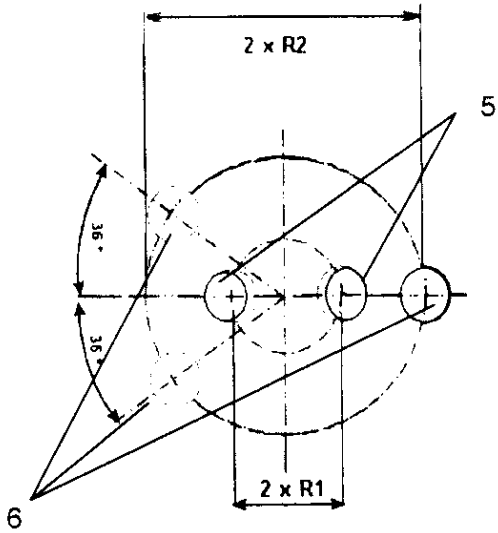


Figura 4a

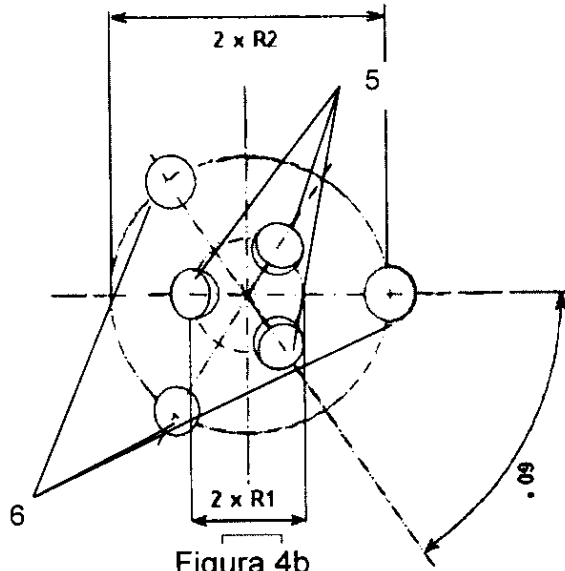


Figura 4b

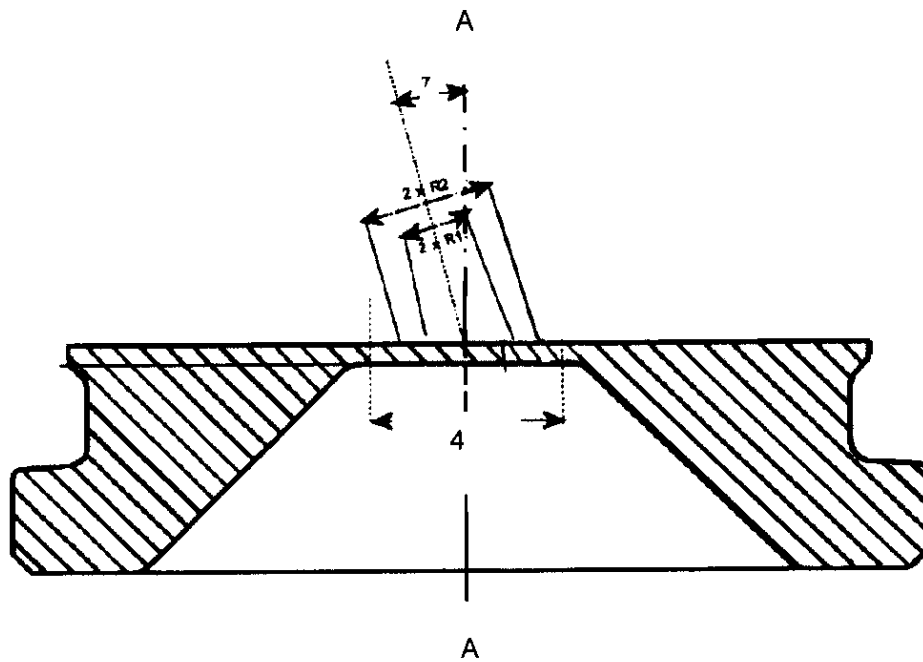


Figura 5