



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

(11) PI 0314879-3 B1

(22) Data do Depósito: 14/10/2003

(45) Data de Concessão: 06/02/2018



(54) Título: PROCESSO E DISPOSITIVO PARA DESINTEGRAÇÃO E ATIVAÇÃO TRIBOQUÍMICA, ESPECIALMENTE DE MATERIAIS INORGÂNICOS

(51) Int.Cl.: B02C 13/20; B02C 13/22

(30) Prioridade Unionista: 17/10/2002 DE 102 48 612.3, 19/12/2002 DE 102 59 456.2

(73) Titular(es): KRAUSE-HILGER MASCHINENBAU GMBH.

(72) Inventor(es): PETER KRAUSE; ALFRED BARON; GEORG HILGER; WALTER MENZEL; ULF PAHNKE; RAINER KRENSKI

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO E DISPOSITIVO PARA DESINTEGRAÇÃO E ATIVAÇÃO TRIBOQUÍMICA, ESPECIALMENTE DE MATERIAIS INORGÂNICOS"**.

[001] A presente invenção refere-se a um processo e um dispositivo para a desintegração e a ativação triboquímica especialmente de substâncias inorgânicas.

[002] Desintegradores são conhecidos para as mais diversas aplicações. Na produção de cimento, primeiro são triturados em escala industrial, por exemplo, blocos de pedra calcária e diversos aditivos. Em seguida, são aquecidos para temperaturas de 1400°C a 1600°C, sinterizados, e em seguida, moídos até obter a granulometria desejada.

[003] A desvantagem desse processo consiste no fato de que para a ativação dos materiais básicos precisa-se de um alto dispêndio de energia.

[004] Da patente DE 195 48 645 é conhecido se obter com a ajuda de cristais tratados com triboquímica um teor de energia potencialmente elevado e com isso uma capacidade de reação química elevada. A ativação mecânica de cimento permite, por exemplo, um aumento essencial da resistência do agente aglutinante mineral hidratado. A causa disso são a granulometria das partículas primárias e as interferências de grade dessas partículas.

[005] Também na patente DE 28 27 944 é descrito um processo para a produção de uma argamassa de reboco ativada onde os componentes da composição são de tal maneira alterados de modo mecanoquímico através de efeitos mecânicos de golpe ou impacto de 3 ... 8 golpes a intervalos de 10^{-2} s a 10^{-3} s, de modo que possuem uma capacidade de reação maior.

[006] Para o tratamento triboquímico de materiais básicos exis-

tem vários processos de tratamento, tais como, por exemplo, triturar por meio de processamento entre duas superfícies ou por meio de colisões de partículas livremente móveis com superfícies firmes ou através de colisões das partículas entre si. Para introduzir uma energia potencial alta nas menores partículas na granulometria de alguns 1 μm e as interferências de estrutura assim causadas, são utilizados os chamados desintegradores. O princípio construtivo é caracterizado por duas coroas de pinos ou de dentes em movimento mutuamente contrário. Em uma variação as partículas são fragmentadas por meio de colisão com os pinos ou os dentes, conforme descreve a patente DE-AS 12 36 915. Para uma ativação suficiente são exigidos, no caso, pelo menos três colisões com os pinos a uma distância de no máximo 50 ms a uma velocidade relativa de pelo menos 15 m/s. A desvantagem dessa disposição é que o desgaste dos pinos é muito alto, especialmente em caso de materiais de partida muito duros.

[007] É conhecida a utilização de pinos com configuração aerodinâmica para reduzir a resistência do ar. A patente US 2,338,373 descreve pinos em forma de pingos para reduzir a necessidade de energia. Também a patente US 4,522,342 refere-se à forma das ferramentas de impacto em rotação. Ficou evidente que é vantajoso, dotar as ferramentas de impacto de um perfil de arrastamento atrás da direção de movimento para evitar a formação de turbilhões e cavitação. Bolsas abertos para frente recebem o material a ser fragmentado, de modo que o processo de fragmentação propriamente dito acontece por cima de material a ser fragmentado e que desse modo o desgaste dos pinos é reduzido e que os pinos possuem no lado traseiro um perfil apropriado do ponto de vista da técnica dos fluidos. Todas essas soluções têm em comum o objetivo de que uma formação aerodinâmica dos pinos de impacto, das ferramentas de golpe ou dos corpos moldados traz a redução da resistência à corrente.

[008] Em uma outra variação, por exemplo, de acordo com a patente DE 30 34 849 A1, o material de partida primeiro é fragmentado através da aplicação de colisões das partículas em turbilhões, sendo que os turbilhões são gerados por meio de coroas de pás especialmente configuradas, movendo-se em sentido contrário. Ao mesmo tempo consegue-se com isso que o desgaste nas bordas de impacto das pás ou das coroas dentadas seja reduzido consideravelmente.

[009] Para o desenvolvimento de novos agentes aglutinantes inorgânicos, a ativação que pode ser obtida com desintegradores ou moinhos conhecidos não é suficiente. Especialmente no caso de partículas pequenas e leves que surgem depois de um curto período de moagem, a colisão dessas partículas a uma alta velocidade relativa de, por exemplo, superior a 100 m/s, não pode ser realizada devido à inclusão dessas partículas em uma corrente de ar ou turbilhões de ar.

[010] A presente invenção tem a tarefa de colocar à disposição um processo e um dispositivo para a desintegração, onde um tratamento dinâmico das partículas é realizado com energias e frequências de atuação maiores em comparação com o estado da técnica.

[011] Essa tarefa da presente invenção é solucionada com um desintegrador do gênero inicialmente mencionado onde os materiais básicos na forma de um granulado são submetidos a ondas de impacto de pressão com um amplo espectro de frequência e a uma duração de impulso inferior a 10 μ s. Em virtude da ação em curta sequência sobre as partículas com velocidade supersônica das ondas de pressão de impacto ocorre uma fragmentação adicional das partículas até a destruição da estrutura cristalina. Como resultado dessa fragmentação surge um conglomerado de cristais mistos que possuem uma capacidade maior para a formação de cristais em uma posterior administração de água. As ondas de pressão de impacto são geradas por corpos moldados com um perfil e com superfícies de formação aerodinâmica

que são aceleradas até para dentro da chamada faixa transônica. Assim sendo, são geradas frentes de pressão de impacto que fragmentam o granulado introduzido no desintegrador até a granulometria das partículas desejada. Nisso, os corpos moldados movimentam-se sobre discos pouco abaixo da velocidade do som. Devido à ação de alta energia mecânica ocorre, ao lado da fragmentação, uma ativação das partículas, e com isso uma alteração das propriedades químicas.

[012] No caso de substâncias orgânicas, um tratamento preliminar torna-se necessário para reduzir a elasticidade.

[013] Se a velocidade relativa do ar que corre contra os corpos moldados inclusive das partículas que flutuam nesse ar for pouco abaixo da velocidade do som, então a velocidade da corrente, em comparação com os corpos moldados, pode parcialmente alcançar a velocidade supersônica. A faixa de velocidade inferior à velocidade do som onde o ar que flui ao redor do corpo moldado em parte tem velocidade supersônica, na literatura é denominada de faixa de velocidade transônica/Sigloch: Technische Fluidmechanik; editora VDI-Verlag 1996.

[014] Para evitar reações químicas, podem ser utilizados, no lugar do ar, gases de proteção apropriados.

[015] Dependendo da configuração dos corpos moldados de ação aerodinâmica, a faixa de velocidade transônica começa em 0,75 ... 0,85 Mach e termina ao alcançar a velocidade do som do corpo moldado em relação ao ar que chega.

[016] Se a velocidade do ar que chega em relação ao corpo moldado ficar na faixa da velocidade transônica, a velocidade supersônica ocorre em uma zona em relação ao perfil aerodinâmico do corpo moldado. Essa zona do ar com velocidade supersônica, em relação ao corpo moldado, é limitada por meio de um impacto de compressão, um impacto principal e o perfil do corpo moldado. Na frente traseira ocorre

uma transição da velocidade supersônica para a velocidade normal. Essa transição é acompanhada por uma frente de impacto de pressão, isto é, a pressão do ar sobe para um múltiplo da pressão normal e, em seguida, cai novamente para a pressão normal depois de um curto período de pressão baixa. A particularidade dessa frente de impacto de pressão consiste no fato de que as trocas de pressão teoricamente são limitadas a poucos comprimentos de moléculas, mas praticamente são muito curtas em virtude de aquecimento e turbilhões na faixa de 100 μm , e em todo caso relacionadas à geometria dos corpos moldados.

[017] Esses efeitos são suficientemente conhecidos no desenvolvimento de perfis para as asas de aviões supersônicos e, na verdade, não são desejados. A frente de impacto de pressão causa um desgaste considerável da cobertura exterior das asas. Além disso, a compressão do ar para se tornar uma frente de impacto de pressão exige uma energia maior de propulsão do avião. Graças à configuração especial dos perfis das asas tenta-se, então, diminuir os efeitos da faixa de velocidade transônica e superar essa faixa rapidamente ("rompimento da barreira do som").

[018] Ao passo que nos documentos acima citados US 2,338373 e US 4,522342 o objetivo é a redução da resistência à corrente, no processo de acordo com a presente invenção o objetivo é o aproveitamento da energia mecânica para a geração de ondas de impacto de pressão no ar que chega. O típico é, portanto, um aumento da resistência à corrente em velocidades na faixa da velocidade transônica.

[019] Se antes do impacto de compressão existe uma camada fronteira laminar sobre a superfície do perfil, então se formam, relativamente ao perfil do corpo moldado um ou vários impactos de compressão na transição da velocidade abaixo do som para a velocidade supersônica. Esse impacto de compressão é seguido, a uma determi-

nada distância, por um impacto principal. Ambos os impactos juntos também são denominados de impacto Lambda. Em caso de uma camada fronteira turbulenta o impacto de compressão desaparece quase que totalmente, o impacto principal é respectivamente mais forte.

[020] De acordo com a presente invenção, os efeitos da faixa de velocidade transônica são aproveitados para a fragmentação e ativação de granulado mineral. No caso, o aproveitamento da frente de impacto de pressão é muito eficaz em virtude de dois fatores. Por um lado, a frente de impacto de pressão é um impulso muito curto com um tempo de crescimento de poucos μ s. Por outro lado, a sequência direta do aumento de pressão e da queda de pressão é muito eficaz em relação ao esforço mecânico do granulado. O impacto de pressão também pode ser entendido espectralmente como a soma de ondas de pressão de frequências bastante diferentes. Condicionado pelo caráter agudo do impacto de pressão também há partes de frequência de ondas de pressão com alguns 100 kHz. Com isso, para diversos tamanhos de partículas e consistências de partículas existem partes de uma frequência de fragmentação característica que são especialmente eficazes em sentido da fragmentação e ativação desejadas.

[021] A construção de acordo com a presente invenção do desintegrador expõe o granulado ou as partículas em sequências a várias centenas dessas frentes de impacto de pressão. Isso se consegue devido à utilização de vários corpos moldados que giram em torno de um eixo comum. Além disso, por meio de um grupo de movimento oposto de corpos moldados impede-se que a velocidade relativa dos corpos moldados em comparação com o ar contendo o granulado ou as partículas é reduzida em virtude de efeitos de arrastamento. Com isso, as partículas movimentam-se relativamente devagar através do espaço de desintegração em relação à velocidade do som, devido ao arrastamento das partículas para uma ou a outra direção.

[022] A frequência de sequência das frentes de impacto de pressão fica então na faixa do ultrassom, é inaudível e pode ser abafada relativamente bem para proteger os operadores.

[023] Com isso resultam diretrizes para uma configuração otimizada do perfil para a aplicação do processo.

[024] Uma colisão das partículas com os corpos moldados é relativamente rara quando as superfícies frontais dos corpos moldados apresentam uma configuração apropriada, uma vez que especialmente partículas menores são arrastadas em torno da superfície dos corpos moldados. Uma blindagem ou armação especial das superfícies frontais dos corpos moldados não é necessária. Apenas no lado de saída, isto é, em relação ao fluxo na parte traseira, ocorrem no ponto de corte da frente de impacto de pressão com a superfície do corpo moldado esforços maiores que podem ser compensados por meio de materiais apropriados, tais como aços para ferramentas altamente ligados. É recomendável a execução da superfície do corpo moldado como um chamado perfil subcrítico, isto é, a corrente que passa é essencialmente laminar (Sigloch: Technische Fluidmechanik; editora VDI-Verlag 1996). Nesse caso, o corpo moldado é arredondado na frente dianteira e suas superfícies de saída formam um ângulo agudo.

[025] A seguir a presente invenção é explicada detalhadamente com a ajuda de um exemplo de execução. Ele mostra:

[026] A figura 1a mostra o perfil do corpo moldado pelo qual é envolvido pela corrente na faixa abaixo da velocidade do som.

[027] A figura 1b mostra a posição da faixa de ultra-som em relação ao corpo moldado onde o ar chega na faixa de velocidade transônica.

[028] A figura 2 mostra o efeito alternado de frentes de impacto de pressão sobre uma partícula.

[029] A figura 3 mostra a disposição dos corpos moldados movi-

dos em sentidos opostos.

[030] A figura 4 mostra uma seção transversal da disposição do desintegrador.

[031] A figura 5 mostra uma vista lateral do desintegrador ao longo da linha de corte A - A de acordo com a figura 4.

[032] A figura 6 mostra a configuração de um corpo moldado em seção transversal.

[033] A figura 1a mostra um corpo moldado 1 tipicamente configurado junto com linhas de corrente 9 na faixa abaixo da velocidade do som. As linhas de corrente 9 passam de modo laminar pelo perfil do corpo moldado 1, sendo que na área traseira do corpo moldado 1, em dependência do perfil do corpo moldado 1, a corrente laminar pode se romper e podem surgir turbilhões 3.

[034] A figura 1b mostra as relações de velocidade na chamada faixa de velocidade transônica. Relacionado à superfície do corpo moldado 1 surge uma zona onde a velocidade relativa do ar da corrente em parte alcança velocidade supersônica. Na figura 1b a área é caracterizada por " $Ma > 1$ ". No curso superior da corrente, a faixa é limitada pelo impacto de compressão 6 e no curso inferior da corrente, pela frente de impacto de pressão do impacto principal 4. O ponto 5a marca o ponto do perfil onde a frente do impacto de compressão toca no perfil. Porém, o impacto de compressão atinge apenas a zona externa de uma camada fronteira que cerca o perfil. Dentro dessa camada fronteira a pressão do impacto principal 6 propaga-se no curso superior da corrente a partir do ponto 5b em direção ao ponto 5a. Com isso aumenta a probabilidade de uma separação de corrente.

[035] Resultados otimizados para a aplicação do processo de acordo com a presente invenção são obtidos com a configuração do perfil aerodinâmico de tal maneira que o risco de uma separação de corrente é evitado. Nesse caso resulta uma posição estável do ponto

5b, e relacionado à profundidade do perfil (verticalmente ao plano do desenho na figura 1b) na junção dos pontos 5b, uma linha como linha de partida para a frente de impacto do impacto principal. A existência de tal linha é característica para uma configuração aerodinâmica otimizada do corpo moldado. A princípio é possível eliminar completamente o impacto de compressão. Nesse caso, o impacto principal sai quase que verticalmente da superfície do perfil, razão pela qual a compressão que ocorre na frente de impacto é consideravelmente mais forte do que no impacto Lambda.

[036] Possibilidades para a configuração aerodinâmica necessária do perfil são a escolha da relação espessura/comprimento de $6 = d/l$, a escolha do raio r_p da ponta do perfil em relação à espessura do perfil d e da rugosidade da superfície do perfil. Regras de configuração apropriadas são:

[037] Relação da espessura do perfil $d = d/l$ 6 ... 12
ótimo 9

[038] Raio da ponta do perfil r_p/d 0,05 ... 2 ótimo 0,1

[039] Rugosidade $> 0,1$

[040] A figura 2 ilustra o efeito das frentes de impacto de pressão 4 sobre uma partícula. A partícula passa duas vezes através de uma frente de impacto de pressão 4 com direções diferentes.

[041] A figura 3 mostra a disposição dos corpos moldados 1 entre si. Como exemplo são mostrados dois grupos de corpos moldados 1a e 1b que giram em torno do eixo 14, em sentido horário ou anti-horário. No exemplo de execução, cada grupo contém respectivamente 16 corpos moldados que giram ao redor do eixo 14 com uma frequência de rotação de 500 rotações por segundo. No caso de um raio de 100 mm resulta uma velocidade relativa de aproximadamente 315 m/s, isto é, aproximadamente 95 % da velocidade do som. A sequência das frentes de impacto de pressão 4, sem levar em consideração o

grupo de rotação em sentido contrário, no caso, é de 8 kHz. O caminho das partículas 8 no espaço de desintegração 29 é mostrado de modo esquematizado na figura 3.

[042] A figura 4 mostra uma seção transversal de um desintegrador de acordo com a presente invenção. Os corpos moldados 1 do primeiro grupo 1 a estão fixados no disco A 15. No exemplo de execução são utilizados dois grupos para cada sentido de rotação. O disco A 15, por sua vez, é fixado com o cubo A 28 no eixo 25 que é colocado em movimentação através de um motor de acionamento 32 girando com o número de rotações mínimo. O eixo 25 é apoiado na caixa 20 através de um mancal A 26. Uma vedação do eixo A 27 impede a fuga de partículas ou a poluição dos mancais A 26. O segundo grupo dos corpos moldados 1 b é fixado no disco B 16. Esse disco B 16 é firmemente conectado ao disco B1 17 e o eixo B 21, sendo que o eixo B 21, por sua vez, também é apoiado através do mancal B 24 na caixa 20. O segundo grupo dos corpos moldados 1 b é acionado pelo motor 33 contra o sentido de rotação do motor 32.

[043] A alimentação do granulado 7 ocorre através da tubuladura de alimentação 31 perto do centro do desintegrador para dentro da câmara de enchimento. Aqui, o granulado 7 entra na área de influência das frentes de impacto de pressão 4, e no caminho para as áreas externas, é fragmentado.

[044] Na realização do desintegrador de acordo com a presente invenção é preciso atentar, que através dos discos 15 e 16 que circulam com um alto número de rotações o ar é arrastado com os corpos moldados 1 fixados neles, ar este que é levado para fora em virtude das forças centrífugas. Ao passo que no espaço de desintegração 29 ocorre uma mudança permanente da velocidade das rotações e assim a velocidade das partículas é freada sempre de novo, a força centrífuga age de modo inalterado nas duas superfícies externas 38 e 39 dos

dois discos 15 e 16. Especialmente no disco B 16 que é interrompido pela tubuladura de preenchimento 31, o ar acelerado pela força centrífuga pode causar na superfície externa 39 do disco B 16 efeitos de sucção não desejados do granulado 7 vindo da tubuladura de alimentação 31, e granulado 7 pode ser transportado diretamente para a tubuladura de saída 34, esquivando-se da influência dos corpos moldados 1. Esse efeito pode ser diminuído quando a superfície externa 39 do disco B 16 for relativamente vedada contra a caixa 20 por meio de um anel de vedação 35. Uma outra solução para esse problema consiste na disposição de pás 19 na superfície externa 39 do disco B 16 que agem contra a força centrífuga com a ajuda de uma corrente de ar oposta.

[045] Depois de uma passagem através do espaço de desintegração 29 as partículas saem pela tubuladura de saída 34, conforme se pode ver na ilustração da figura 5.

[046] Ficou evidente que uma única passagem do granulado 7 através do desintegrador no sentido da fragmentação e ativação desejada já é o suficiente. Assim sendo, o dispositivo descrito funciona em processo contínuo. A mesma quantidade de granulado 7 que pode ser alimentada pela tubuladura de alimentação 31 em virtude da sua geometria para a câmara de enchimento 18, surge como pó acabado de partículas na tubuladura de saída 34.

[047] A figura 6 mostra uma execução especialmente vantajosa dos corpos moldados 1. Em virtude da forma pontiaguda das superfícies de saída 37 evita-se turbilhões, e a energia de acionamento necessária é reduzida.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para desintegração e ativação triboquímica, especialmente de materiais inorgânicos, caracterizado pelo fato de que os materiais de partida, por meio da ação de frentes de impacto de pressão (4), as quais ocorrem como impacto de compactação em perfis que se movem de modo transônico, com uma duração de impulso menor que 10 μ s e uma frequência sequencial maior que 8 kHz, são reduzidos, ou seja, desintegrados para um tamanho de partícula menor que 1 μ m.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pela desintegração de materiais com estrutura cristalina é gerado um conglomerado de cristais mistos ativos, que possuem capacidade aumentada para formação de cristais modificados pela adição de água.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a duração da ocorrência das frentes de impacto de pressão (4) é tal que persiste até o início da destruição da estrutura de cadeia cristalina da partícula.

4. Processo de acordo com a reivindicação 1 e 3, caracterizado pelo fato de que as frentes de impacto de pressão (4) ocorrem por meio de corpos moldados rotativos (1) com perfis conformados aerodinamicamente, os quais são acelerados até na região de velocidade transônica.

5. Processo de acordo com a reivindicação 1, 3 e 4, caracterizado pelo fato de que as partículas são submetidas a frentes de impacto de pressão (4) de corpos moldados (1) que giram em sentidos contrários.

6. Processo de acordo com a reivindicação 1, 2, 3, 4 e 5, caracterizado pelo fato de que a desintegração ocorre sob gás de proteção.

7. Dispositivo para a desintegração e ativação triboquímica, especialmente de substâncias inorgânicas, compreendendo,

a) corpos moldados (1) dispostos em um disco acionado de modo a girar,

b) uma tubuladura de alimentação (31) provida próxima ao centro do dispositivo, para o material a ser desintegrado,

c) e uma tubuladura de saída (34) para o material desintegrado,

caracterizado pelo fato de que,

d) os corpos moldados (1) apresentam um perfil de forma aerodinâmica que é arredondado na parte frontal, na direção de rotação, e no qual as superfícies de saída (37) se encontram em um ângulo agudo,

e) o acionamento sendo configurado de tal forma que os corpos moldados (1) se movem a uma velocidade, que está justamente abaixo da velocidade do som, e o ar fluindo ao redor dos corpos moldados (1) alcança parcialmente a velocidade do som, essa região ($Ma > 1$) sendo limitada na parte de trás pela frente de impacto de pressão (4).

8. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o acionamento é configurado de tal forma que a velocidade relativa do ar fluindo contra os corpos moldados (1) é de pelo menos 0,75 a 0,85 Mach.

9. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que apresenta dois discos (15, 16) equipados com corpos moldados (1) e acionados em direções opostas por dois motores (32, 33).

10. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que cada disco (15, 16) é equipado com dois grupos de corpos moldados (1).

11. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a frequência de repetição das frentes de impacto de pressão (4), resultantes da velocidade rotacional dos discos (15, 16) e do número de corpos moldados (1), é maior do que 8kHz.

12. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a superfície do corpo moldado (1) é construída como uma superfície subcrítica, de modo que o fluxo circundante seja substancialmente laminar.

59/D

Fig 1a

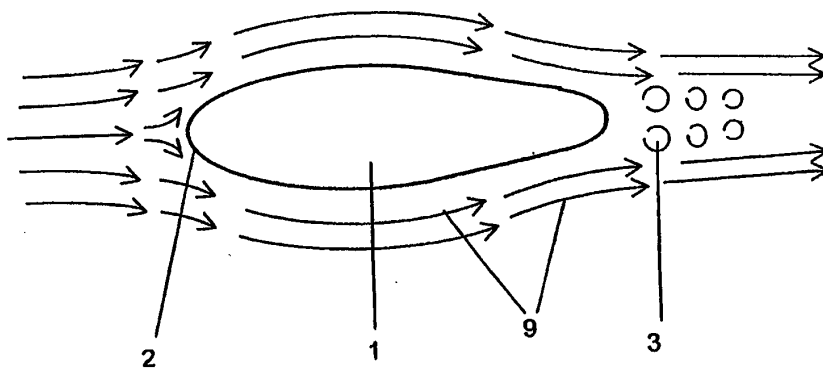
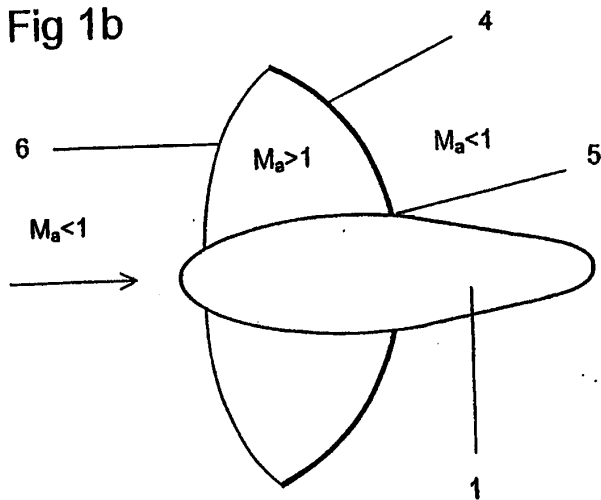


Fig 1b



60

Fig 2

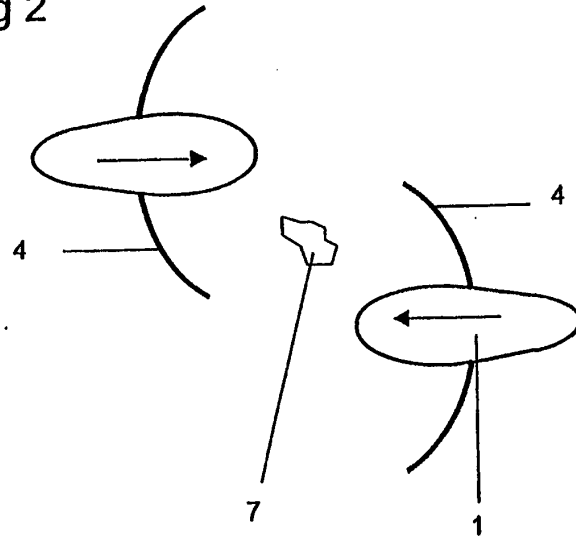
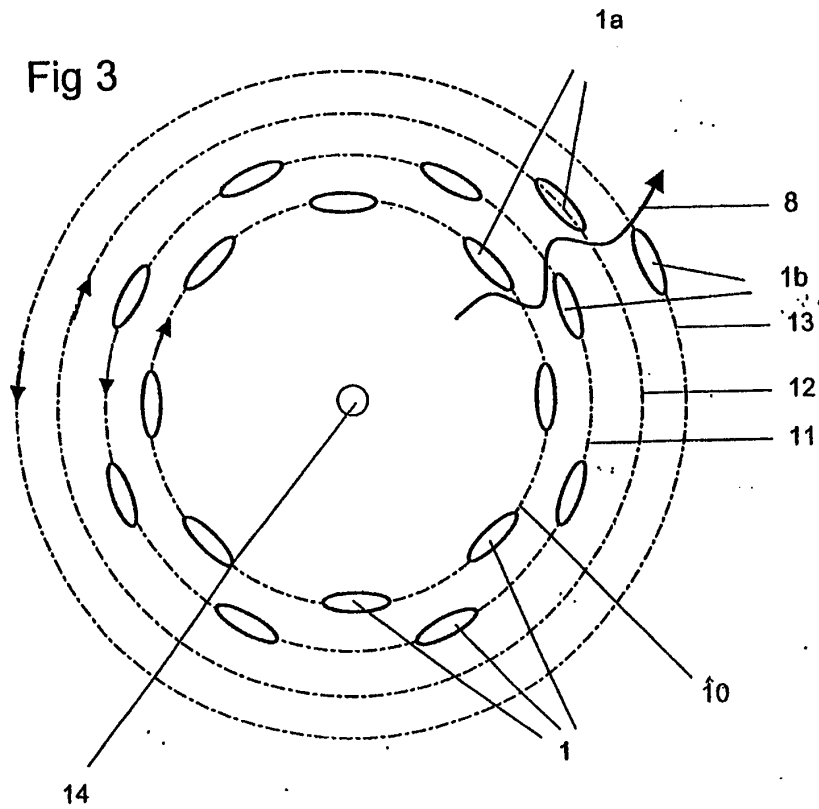
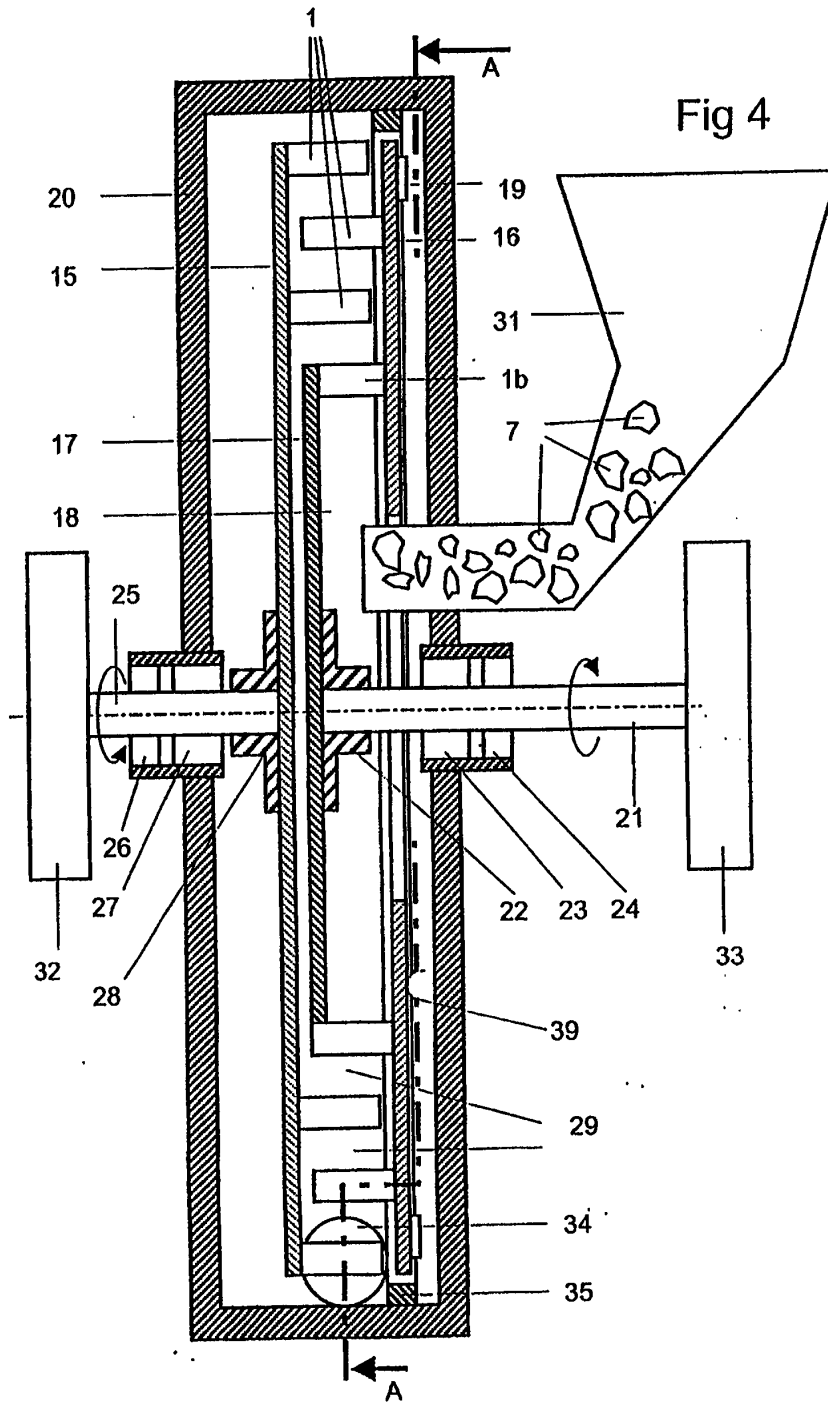


Fig 3



6/



68

4/4

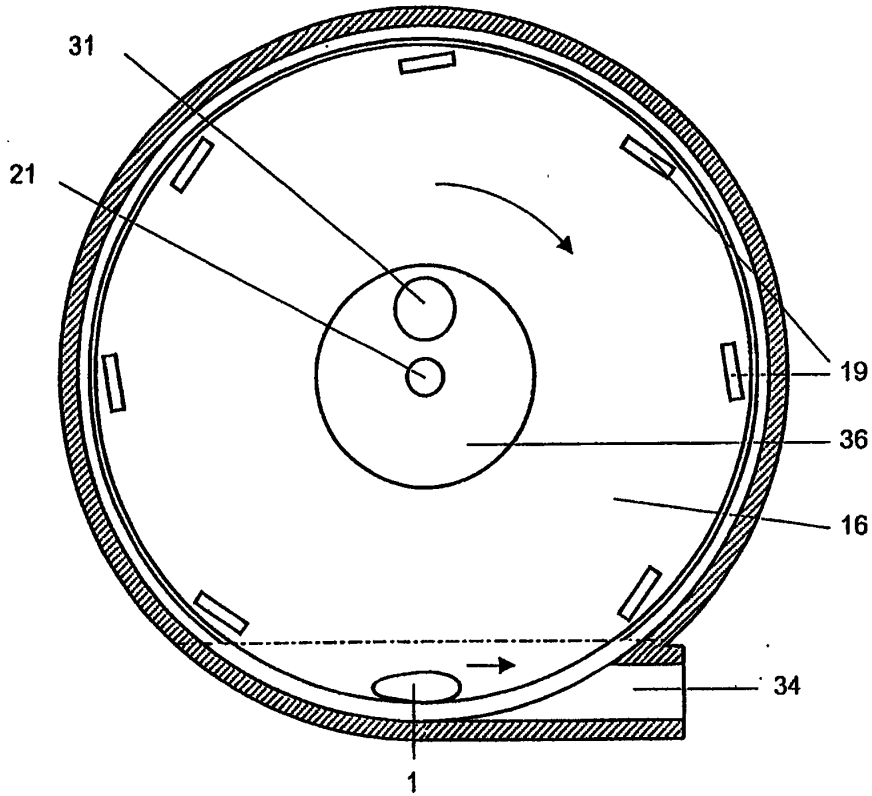


Fig 5

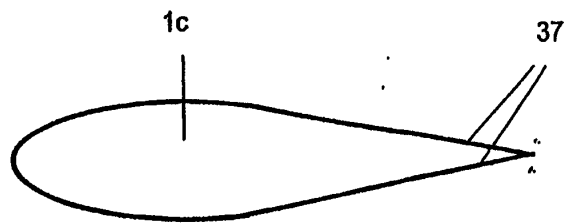


Fig 6