

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

(21) **PI0614952-9 A2**

(22) Data de Depósito: 23/08/2006
(43) Data da Publicação: 26/04/2011
(RPI 2103)



(51) *Int.Cl.:*
F04C 18/16
F01C 21/02

(54) Título: **COMPRESSOR DE PARAFUSO DE BAIXA PRESSÃO MELHORADO**

(30) Prioridade Unionista: 25/08/2005 BE 2005/0404

(73) Titular(es): ATLAS COPCO AIRPOWER, NAAMLOZE
VENNOOTSCHAP

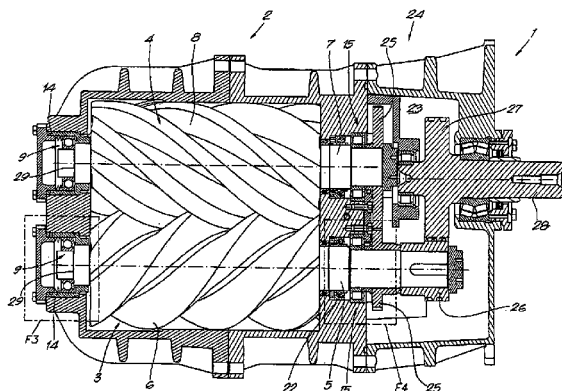
(72) Inventor(es): GERT AUGUST VAN LEUVEN

(74) Procurador(es): ORLANDO DE SOUZA

(86) Pedido Internacional: PCT BE2006000089 de 23/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/022605 de 01/03/2007

(57) **Resumo:** COMPRESSOR DE PARAFUSO DE BAIXA PRESSÃO MELHORADO. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado equipado com uma carcaça de rotor (2), com um lado de admissão e um lado de descarga, nesta carcaça (2) sendo colocados dois rotores (3 e 4), cada um consistindo em um eixo (5, 7 respectivamente) e um parafuso (6, 8 respectivamente), que é instalado em volta do eixo supra mencionado (5 ou 7), sendo que os rotores (3 e 4) são montados com seus eixos (5 ou 7) em rolamentos na dita carcaça de rotor (2), e onde cada rotor (3 e 4) é montado em rolamentos no lado de admissão da carcaça de rotor (2) através de um único rolamento livre e, no lado de descarga da carcaça de rotor através de um único rolamento cilíndrico fixo (15).



COMPRESSOR DE PARAFUSO DE BAIXA PRESSÃO MELHORADO

A presente invenção se refere a um compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, ou o que é chamado de um soprador de parafuso.

5 Em particular, a presente invenção se refere a um compressor de parafuso de baixa pressão melhorado que é equipado com uma carcaça de rotor na qual estão instalados dois rotores que consistem em um eixo e um parafuso colocado à volta do eixo supracitado, sendo que os rotores
10 supracitados estão colocados na carcaça de rotor de uma forma rotativa, uma vez que estão com seus respectivos eixos montados em rolamentos, de cada um dos lados no interior da carcaça de rotor.

Compressores de parafuso de baixa pressão ou
15 sopradores de parafuso, como são chamados, são compressores particularmente projetados para fornecer um grande fluxo de gás comprimido a pressões relativamente reduzidas, em outras palavras, pressões usualmente na casa de um a três bar de pressão relativa, no máximo, em relação à pressão
20 ambiente.

Compressores de parafuso de alta pressão já são conhecidos, por exemplo, onde os rotores mencionados acima são montados em rolamentos, em seu lado de admissão através de um rolamento cilíndrico de fileira única e um rolamento
25 de contato de quatro pontos, enquanto que em seu lado de descarga eles são montados em rolamentos através de um rolamento cilíndrico de fileira única e de um rolamento de encosto.

A presença do rolamento de encosto, mencionado acima,
30 é requerida em tais conhecidos compressores de parafuso, em

virtude de que consideráveis forças axiais são exercidas nos rotores quando tais compressores de alta pressão são operados, tais como forças de gases e forças provenientes de rodas de engrenagens de acionamento e/ou rodas de engrenagens de sincronização.

Uma desvantagem de tais conhecidos compressores de parafuso de alta pressão é que eles são relativamente caros devido ao citado arranjo de rolamentos, e que a sua montagem demanda um tempo considerável, devido ao número relativamente grande de rolamentos, e do seu alinhamento.

Uma outra desvantagem de tais conhecidos compressores de parafuso é que o arranjo dos rolamentos é altamente superdimensionado para as aplicações de baixa pressão.

Os chamados sopradores *Roots* já são conhecidos, equipados com dois rotores que interagem, montados em rolamentos em uma carcaça de rotor através de, por exemplo, um rolamento de contato esférico, angular, de fileira dupla, em um lado da carcaça de rotor, e da combinação de um rolamento esférico com, ou um rolamento esférico de sulco profundo, ou um rolamento cilíndrico.

Uma vez que os sopradores *Roots* conhecidos têm velocidades de rotação limitadas de apenas três mil rotações por minuto, em média, a, no máximo, cinco mil rotações por minuto, e que os rolamentos não estão sob carga de forças axiais, um tal arranjo de rolamentos é possível, mas no caso de compressores de parafuso de baixa pressão que normalmente trabalham a velocidades de rotação de seis mil ou mais rotações por minuto, o uso do padrão acima mencionado de rolamentos esféricos angulares de duas fileiras é excluído, devido a restrições técnicas impostas

pelos fabricantes de rolamentos.

A presente invenção visa remediar um ou vários dos problemas mencionados acima e outras desvantagens.

Para este fim, a presente invenção se refere a um
5 compressor de parafuso de baixa pressão que é equipado com
uma carcaça de rotor na qual estão colocados dois rotores
que interagem, cada um consistindo em um eixo com um
parafuso instalado à volta do dito eixo, onde os rotores
mencionados acima são instalados de uma forma girante, uma
10 vez que são montados com seus respectivos eixos em
rolamentos, a cada lado da carcaça de rotor, sendo que cada
um dos rotores mencionados acima está montado em
rolamentos, no lado de admissão da carcaça de rotor através
de um único rolamento esférico de sulco profundo solto, e
15 do lado de descarga da carcaça de rotor através de uma
rolamento cilíndrico fixo; e sendo que é equipado com um
atuador que empurra um ou ambos os rotores na direção da
descarga da carcaça de rotor, atuador este construído na
forma de ao menos uma mola que se estende entre a carcaça e
20 o rotor, resultando que a folga na ponta, entre os rotores
e a carcaça de rotor no lado de descarga, é minimizada.

Por "rolamentos cilíndricos" quer-se falar de
rolamentos que têm anéis externo e interno concêntricos,
entre os quais são colocados elementos rotativos
25 cilíndricos que são feitos na forma de roletes cilíndricos.

Pelo termo "rolamento esférico de sulco profundo"
significa-se um rolamento que é equipado com anéis externo
e interno concêntricos, nos quais estão feitos sulcos
opostos uns ao outros, onde são colocados elementos
30 rotativos na forma de esferas redondas.

Na prática, tais rolamentos esféricos de sulco profundo também são chamados de rolamentos esféricos de sulco ou mesmo, abreviadamente, rolamentos de esferas.

Uma vantagem de um compressor de parafuso melhorado segundo a invenção é que, devido ao uso de rolamentos cilíndricos, ele pode ser feito de forma compacta, pois que estes rolamentos têm apenas uma largura axial limitada.

Outra vantagem de um compressor de parafuso melhorado segundo a invenção é que ele é capaz de absorver grandes esforços radiais, e também que as forças radiais podem ser absorvidas via os flanges de tais rolamentos cilíndricos.

Desde que o rolamento solto mencionado acima é feito na forma de um rolamento esférico de sulco profundo, e que meios adicionais são fornecidos de forma a empurrar um ou ambos os rotores na direção de descarga da carcaça de rotor, o compressor de parafuso melhorado de acordo com a invenção apresenta a vantagem de que, no lado de descarga, a folga na ponta entre os parafusos e a carcaça de rotor é minimizada, de forma que qualquer perda de eficiência pode ser limitada.

Uma vez que o atuador para empurrar um ou ambos os rotores na direção de descarga da carcaça de rotor é construído na forma de uma mola que se estende entre a carcaça e os parafusos deste rotor, o compressor de parafuso melhorado de acordo com a invenção é vantajoso, uma vez que ele é de construção simples e que a força da mola pode ser selecionada em função das dimensões e das condições características de operação do compressor de parafuso.

De forma a melhor explicar as características da

presente invenção, as seguintes concepções preferidas de um compressor de parafuso melhorado de acordo com a invenção são oferecidas apenas como exemplo, com referências aos desenhos em anexo, nos quais:

5 a figura 1 representa, esquematicamente, um compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com a invenção, em perspectiva;

a figura 2 é uma seção de acordo com a linha II-II na figura 1;

10 as figuras 3 e 4 representam as partes indicadas na figura 2 por F3 e F4, respectivamente, em uma escala maior.

As figuras 1 e 2 representam um compressor de parafuso de baixa pressão 1, melhorado de acordo com a invenção, que
15 é equipado com uma carcaça de rotor 2, com um lado de admissão e um lado de descarga, e onde são colocados dois rotores 3 e 4 que interagem, e um rotor motor ativo 3 e um rotor passivo 4, respectivamente.

O rotor motor ativo 3 é construído da forma usual, na
20 forma de um eixo em volta do qual se estende um parafuso macho 6, ao passo que o rotor passivo 4 também é feito da maneira usual, com um eixo 7 em torno do qual está colocado um parafuso fêmea 8, com qual o parafuso macho mencionado acima interage.

25 Os rotores 3 e 4 acima mencionados podem rodar dentro da carcaça de rotor 2, mencionada acima, uma vez que cada um deles está montado com seus respectivos eixos 5 e 7 em rolamentos, a cada lado interno da dita carcaça de rotor 2.

De acordo com a invenção, os rotores 3 e 4,
30 mencionados acima, são montados em rolamentos, do lado de

admissão da carcaça de rotor 2 através de um único rolamento solto 9, que é, preferencialmente mas não obrigatoriamente, feito na forma de um rolamento de esferas de fileira única, de sulco profundo, engraxado.

5 Por rolamento de fileira única entende-se, neste caso, um rolamento que apresenta uma única fileira de elementos rolantes, se olhado numa direção axial.

Neste caso, cada um dos rolamentos de esferas de sulco profundo 9 estará solto, uma vez que eles são equipados com
10 um anel exterior 10 que é colocado na carcaça de rotor 2, mencionada acima, de uma tal forma que ele possa se mover na direção axial de um respectivo rotor 3 ou 4.

Os respectivos anéis internos 11, de cada um dos rolamentos de esferas de sulco profundo mencionados acima,
15 são, neste caso, fixados a um eixo 5, 7, respectivamente, de um rotor 3, 4, respectivamente.

Entre os anéis externo e interno 10 e 11, mencionados acima, estão colocados elementos rolantes 12 na forma de esferas redondas, que são mantidas no lugar através de
20 gaiolas, na forma usualmente conhecida, as quais não são representadas nas figuras.

Se os rolamentos de esfera de sulco profundo 9, mencionados acima, são engraxados, estes rolamentos 9 preferencialmente serão selados dos dois lados.
25 Naturalmente, de acordo com a invenção, não se preclui que os rolamentos de esferas de sulco profundo 9 sejam lubrificados a óleo.

Como representado em detalhe na figura 3, o compressor de parafuso 1 possui neste caso, mas não necessariamente,
30 um atuador 13 que empurra ao menos um e, neste caso, ambos

os rotores 3 e 4 para o lado de descarga da carcaça de rotor 2.

O atuador 13, mencionado acima, é preferencialmente feito na forma de ao menos uma mola 14 que se estende entre a carcaça de rotor 2 e os respectivos rotores 3 e 4, molas 14 essas que, neste caso, empurram os rotores 3 e 4 indiretamente, via anéis externos 10 dos respectivos rolamentos de esferas de sulco profundo 9.

No lado de descarga da carcaça de rotor 2, cada um dos respectivos eixos 5 e 7 dos rotores 3 e 4, de acordo com a invenção, são montados em rolamentos por meio de um único rolamento cilíndrico fixo, preferencialmente mas não obrigatoriamente, na forma de um rolamento cilíndrico de fileira única 15, lubrificado a óleo.

De acordo com a invenção, não se proíbe que os rolamentos 9 e/ou 15, mencionados acima, sejam rolamento de duas ou múltiplas fileiras.

Conforme detalhadamente representado na figura 4, o rolamento cilíndrico 15, mencionado acima, neste caso é na forma do que é chamado de rolamento NUP que, em outras palavras, é equipado com um anel externo fixo 16, instalado dentro da carcaça de rotor 2 com dois flanges fixos 17, que confinam a superfície de rolamento dos elementos rolantes 18.

Um tal rolamento cilíndrico NUP também é equipado com um anel interno 19, que é equipado com apenas um flange fixo 20, contra o qual os elementos rolantes 18, mencionados acima, são equipados com uma borda.

Em oposição ao lado da outra borda dos elementos rolantes 18 do rolamento cilíndrico 15, mencionado acima,

está presente um flange removível 21, no caso de um tal rolamento NUP.

Neste caso, os rolamentos cilíndricos 15 são colocados de tal forma que seus respectivos flanges fixos 20 estejam situados nos lados dos rolamentos cilíndricos 15 opostos aos parafusos 6 e 8.

Entretanto, de acordo com a invenção, também é possível que os rolamentos cilíndricos 15, mencionados acima, tenham a forma do que é chamado um rolamento NJ, que não é representada nas figuras, onde o anel externo 16 é equipado com dois flanges fixos 17 e o anel interno 19 é equipado com apenas um flange fixo, mas onde nenhum segundo flange solto está presente.

Uma vantagem de tais rolamentos NJ é que eles são mais baratos do que os supra-citados rolamentos NUP, e que a montagem de tais rolamentos NJ leva pouco tempo, uma vez que estes rolamentos são compostos de diversas partes, o que grandemente simplifica a desmontagem e a montagem dos compressores, de forma que uma menor quantidade de homens-hora é necessária para a fabricação, manutenção, reparo e o mais.

Neste caso, em torno de cada eixo 5 e 7, entre o respectivo parafuso 5, 8 e o rolamento cilíndrico 15, é colocado um selo mecânico 22.

No outro lado dos rolamentos cilíndricos 15, ambos os eixos 5 e 7 dos rotores 3 e 4 se estendem para formar duas extremidades de eixo livres, que se estendem até uma câmara selada 23 em uma caixa de transmissão 24 que é instalada junto à carcaça de rotor 2 mencionada acima, ou que é uma parte dela.

Neste caso, uma engrenagem de sincronização 25 está colocada na caixa de transmissão 24 mencionada acima, em torno de cada uma das extremidades de eixo livres, mencionadas acima.

5 Na extremidade livre do eixo 5 do rotor motor 3, neste caso também está instalado um anel de engrenagem 26 que interage com uma roda de engrenagem 27, trabalhando conjuntamente a ela, e que é montada em um eixo 28 que está acoplado a um motor de acionamento, que não está
10 representado nas figuras.

O funcionamento de um compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com a invenção, é muito simples, e é como se segue:

Ativando-se o motor de acionamento, o rotor 3 é
15 acionado através das engrenagens de acionamento 26 e 27, o que, por seu lado, aciona o rotor passivo 4 através das engrenagens de sincronização 25.

Conforme os parafusos 6 e 8 interagem, uma quantidade de gás é comprimida entre estes parafusos 6 e 8, na forma
20 conhecida, gás este que é succionado no lado de admissão da carcaça de rotor 2, e que deixa a carcaça de rotor 2, de forma comprimida através da descarga, o que não está representado.

Desta forma, o gás fresco de entrada que é succionado
25 tem um efeito refrigerante sobre o rolamento de esferas de sulco profundo 9, mencionado acima, no lado de admissão da carcaça de rotor 2, de forma que lubrificação por engraxamento pode ser aplicada.

Forças axiais que são exercidas sobre os rotores 3 e 4
30 são absorvidas pelo rolamento de esferas de sulco profundo

9, mencionado acima, assim como pelo rolamento cilíndrico 15.

Devido ao arranjo específico dos rolamentos de acordo com a invenção, um compressor de parafuso de baixa pressão
5 melhorado 1 é muito mais apropriado para altas velocidades de rotação do que sopradores *Roots* convencionais, que fazem uso de rolamentos de esferas de contato angular.

As forças motoras axiais, que são transmitidas pelas engrenagens motoras 26 e 27, e as forças do gás que são
10 criadas pela compressão do gás entre os parafusos 6 e 8, mencionados acima, garantem que os rotores 3 e 4 são empurrados na direção da descarga da carcaça de rotor 2, durante a operação do compressor de parafuso 1.

Entretanto, no caso onde se usa um rolamento NUP de
15 acordo com qualquer uma das possibilidades da invenção, essas forças axiais podem ser absorvidas pelos flanges 17 e 20 dos rolamentos cilíndricos 15, que impedem os seus elementos rolantes 18 de se moverem em direção à carcaça de rotor 2, e que são preferencialmente lubrificados a óleo,
20 para este fim.

Na medida em que os anéis externos 10 dos rolamentos de esferas de sulco profundo 9 são instalados na carcaça de rotor 2, de uma forma tal que eles podem se mover na direção axial do respectivo rotor 5 e 7, as forças
25 exercidas nos ditos anéis externos 10 pelo atuador 13, mencionado acima, são transferidas, via as esferas, para os anéis internos 11, que empurram contra um colar 29 dos eixos 5 e 7, mencionados acima, respectivamente.

Graças às forças do atuador 13 que empurram, os
30 rotores 3 e 4 são sempre forçados para o lado de descarga

da carcaça de rotor 2, também durante a operação do compressor de parafuso 1, de forma que as forças axiais mencionadas acima são compensadas, como resultado da compressão do gás e, possivelmente, das rodas de engrenagem de transmissão, e os flanges fixos 20 e 17 dos rolamentos cilíndricos 15 sofrem menor carga.

Naturalmente, isto é vantajoso para a vida destes rolamentos cilíndricos 15 e, conseqüentemente, o período entre duas manutenções de tais compressores melhorados de acordo com a invenção é estendido.

Uma outra vantagem da presença do atuador 13, mencionado acima, é que a folga na ponta, entre os parafusos 6 e 8 e a carcaça de rotor 2 no lado de descarga da carcaça de rotor 2, é sempre mantida em um mínimo, de tal forma que perdas são evitadas e a produção do compressor 1 aumenta e, em resultado disto, o compressor 1 trabalhará de uma forma estável também a pressões de saída baixas.

Outra vantagem do atuador 13 mencionado acima é que o rolamento 9 não pode sair do eixo 5; caso contrário, uma trava adicional seria necessária no anel interno ou externo.

Outra vantagem do atuador 13 mencionado acima é que o rolamento 9 é pré-tencionado, de forma que sempre há a carga mínima necessária no rolamento 9, garantindo uma operação estável.

Está claro que a presença das engrenagens de sincronização 25 não é de forma alguma necessária, de acordo com a invenção, uma vez que os parafusos 6 e 8 também podem acionar um ao outro diretamente.

Também não é necessário mencionar que a presente invenção não está restrita a compressores de parafuso de baixa pressão sem óleo, mas que ela também pode ser aplicada a compressores de parafuso de baixa pressão, com
5 injeção de óleo.

Não é necessário mencionar que o atuador 13 mencionado acima, que empurra um ou ambos os rotores 3 e/ou 4 contra o lado de descarga da carcaça de rotor 2 de acordo com a invenção, pode ser implementado de várias formas, por
10 exemplo, na forma de uma ou mais molas de compressão, uma ou mais molas helicoidais, um ou mais feixes de mola, ou qualquer outro tipo de mola que seja apropriado.

Além do mais, o atuador 13 mencionado acima, de acordo com a invenção, pode ser feito, por exemplo, na forma de um
15 fluido sob pressão, que transfere forças, diretamente ou através de um elemento de transmissão, para os rotores 3 e 4 mencionados acima.

De acordo com a invenção, o rolamento solto mencionado acima não está restrito a um rolamento de esferas de sulco
20 profundo 9, mas em uma outra concepção ele pode ser incorporado por um outro tipo de rolamento, tal como, por exemplo, um rolamento cilíndrico do tipo NU, onde o anel interno 11 não tem flanges e o anel externo 10 é equipado com dois flanges fixos, entre os quais são colocados
25 elementos rolantes 12 na forma de roletes, ou do tipo NJ, onde o anel interno 11 tem um único flange.

A presente invenção não é de qualquer forma restrita às concepções dadas como exemplo e representadas nos desenhos; ao contrário, um tal compressor de parafuso 1 de
30 baixa pressão melhorado de acordo com a invenção pode ser

feito de todas as formas e dimensões, ainda permanecendo dentro do escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, equipado com uma carcaça de rotor (2) com um lado de admissão e um lado de descarga, onde nesta carcaça de rotor (2) estão colocados dois rotores (3 e 4) que consistem em um eixo (5, 7 respectivamente) e um parafuso (6, 8 respectivamente), instalados em volta do eixo (5 ou 7) mencionado acima, sendo que os rotores (3 e 4) mencionados acima são instalados na carcaça de rotor (2), mencionada acima, de uma forma girante, uma vez que eles são montados em rolamentos com seus respectivos eixos (5 ou 7) de cada lado interior da carcaça de rotor (2), caracterizado pelo fato de que cada um dos rotores (3 e 4), mencionados acima, está montado em rolamentos, no lado de admissão da carcaça de rotor (2) por meio de um único rolamento de esferas (9), de sulco profundo, solto e, no lado de descarga da carcaça de rotor (2), através de um rolamento cilíndrico fixo (15); e sendo que é equipado com um atuador (13) que empurra um ou ambos os rotores (3 e/ou 4), em direção à descarga da carcaça de rotor (2), tal atuador (13) sendo feito na forma de ao menos uma mola (14) que se estende entre a carcaça de rotor (2) e os rotores (3 ou 4), com o resultado que a folga na ponta, entre os rotores (3 e 4) e o lado de descarga da carcaça de rotor (2) seja minimizada.

2. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o rolamento solto mencionado acima é equipado com um anel externo (10) que é instalado de tal forma que ele possa movimentar-se, dentro da carcaça de

rotor (2) mencionada acima, na direção axial de um dos rotores (3 ou 4) mencionados acima.

3. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o rolamento cilíndrico (15), mencionado acima, é feito na forma de um rolamento cilíndrico de fileira única.

4. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o rolamento cilíndrico (15), mencionado acima, é lubrificado a óleo.

5. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que o rolamento cilíndrico (15), mencionado acima, é feito na forma de um rolamento do tipo NUP.

6. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que o rolamento cilíndrico (15), mencionado acima, é feito na forma de um rolamento do tipo NJ.

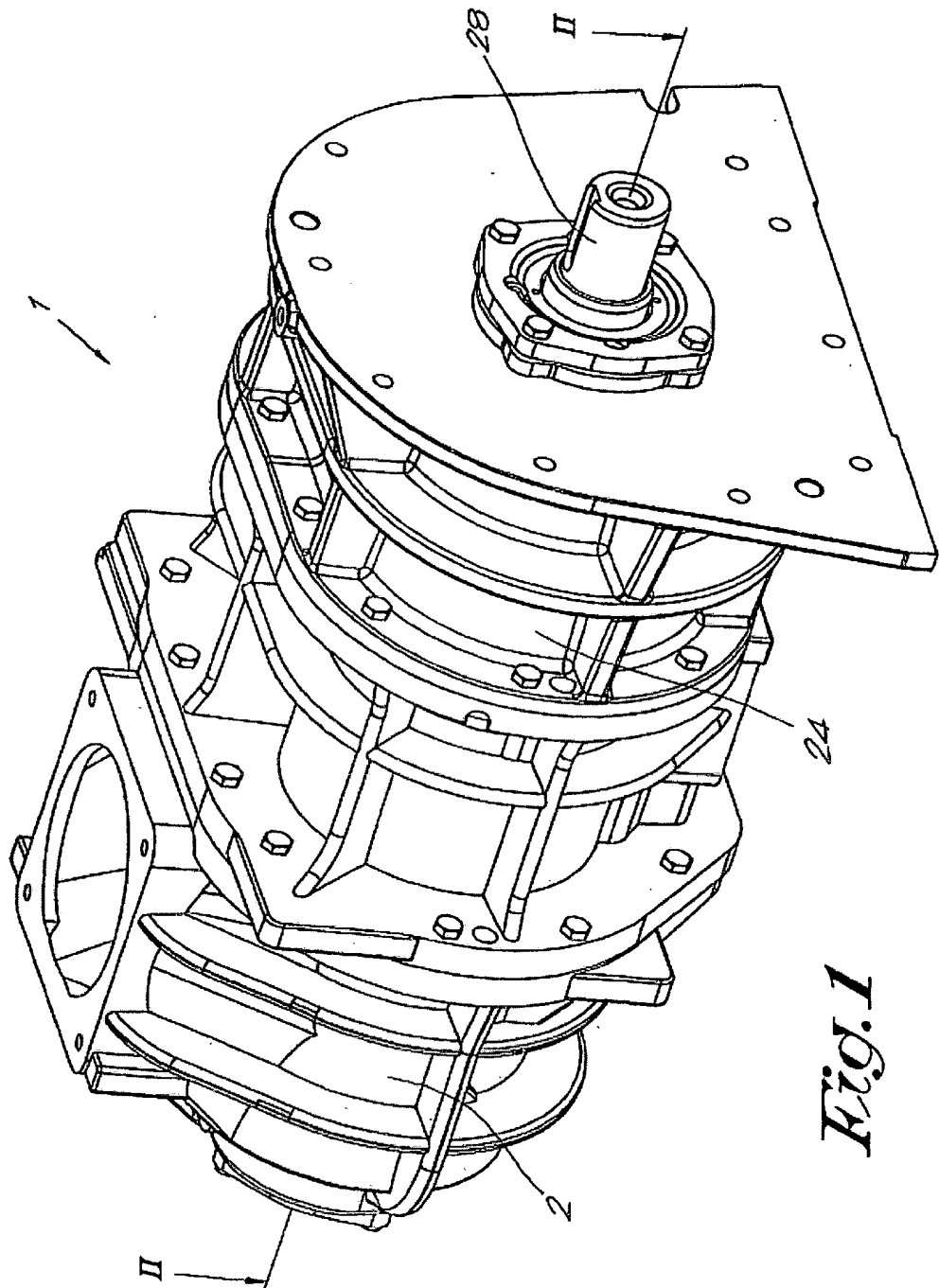
7. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que o rolamento de esferas de sulco profundo (9), mencionado acima, é de fileira única.

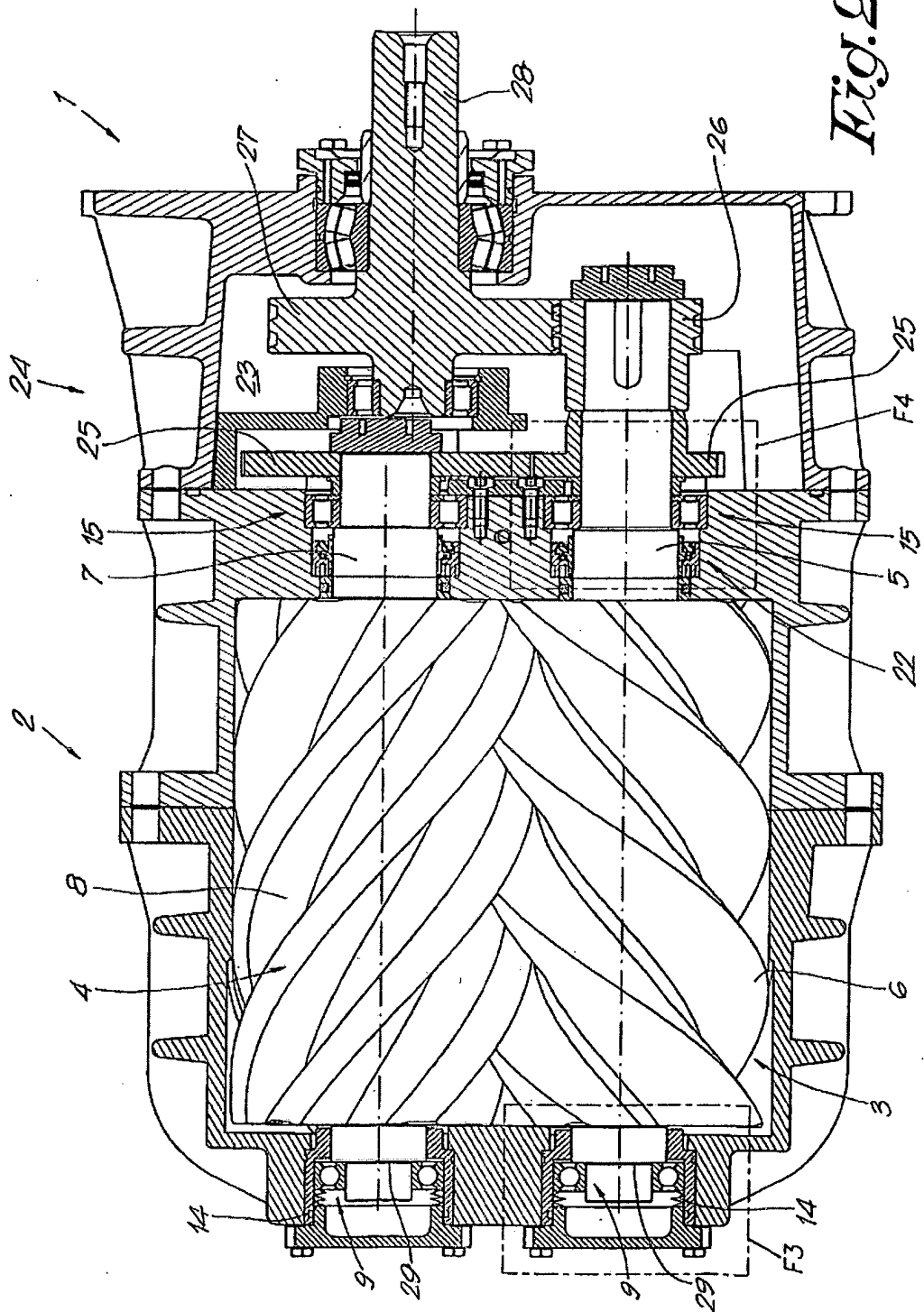
8. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que o rolamento de esferas de sulco profundo (9), mencionado

acima, é engraxado.

9. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que um ou 5 mais dos rolamentos de esferas de sulco profundo (9), mencionados acima, são selados em ambos os lados.

10. Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a mola (14), mencionada acima, empurra 10 contra o anel externo (11) do rolamento de esferas de sulco profundo (9) mencionado acima.

*Fig. 1*



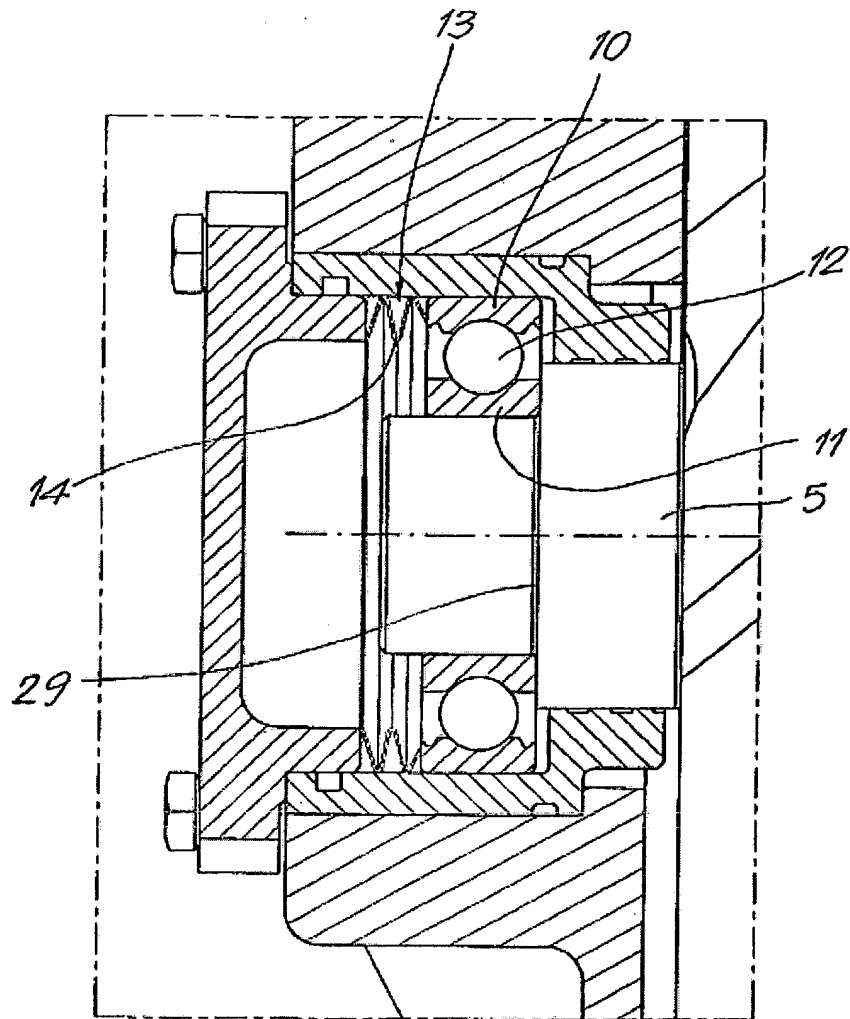
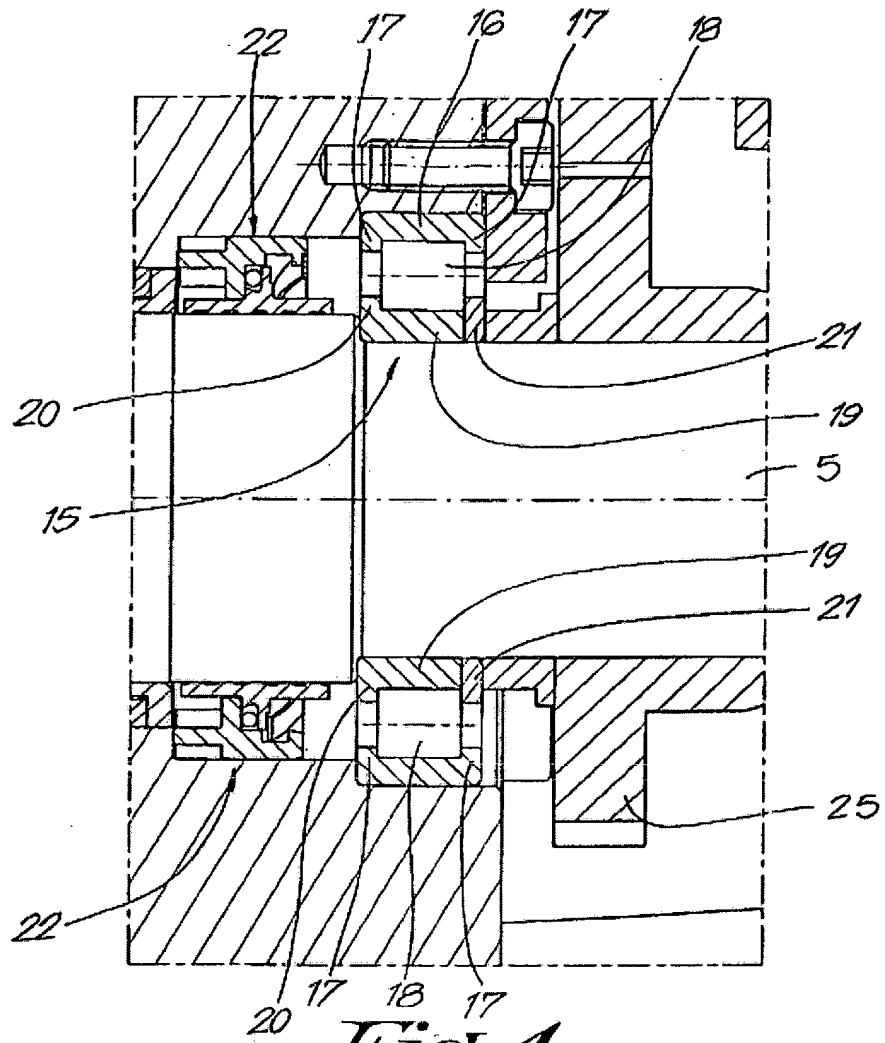


Fig.3



COMPRESSOR DE PARAFUSO DE BAIXA PRESSÃO MELHORADO

Compressor de parafuso de baixa pressão melhorado equipado com uma carcaça de rotor (2), com um lado de admissão e um lado de descarga, nesta carcaça (2) sendo colocados dois rotores (3 e 4), cada um consistindo em um eixo (5, 7 respectivamente) e um parafuso (6, 8 respectivamente), que é instalado em volta do eixo supra mencionado (5 ou 7), sendo que os rotores (3 e 4) são montados com seus eixos (5 ou 7) em rolamentos na dita carcaça de rotor (2), e onde cada rotor (3 e 4) é montado em rolamentos no lado de admissão da carcaça de rotor (2) através de um único rolamento livre e, no lado de descarga da carcaça de rotor através de um único rolamento cilíndrico fixo (15).