República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112016026089-9 B1

(22) Data do Depósito: 11/05/2015

(45) Data de Concessão: 19/07/2022

(54) Título: COMPRESSOR SEM ÓLEO, RADIALMENTE CONFIGURADO

(51) Int.Cl.: F04B 27/04; F04B 35/00; F04B 39/06.

(30) Prioridade Unionista: 06/05/2015 US 14/705,339; 09/05/2014 US 61/990,974.

(73) Titular(es): WESTINGHOUSE AIR BRAKE TECHNOLOGIES CORPORATION.

(72) Inventor(es): JEFFREY HRITZ.

(86) Pedido PCT: PCT US2015030141 de 11/05/2015

(87) Publicação PCT: WO 2015/172144 de 12/11/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 08/11/2016

(57) Resumo: COMPRESSOR SEM ÓLEO PARA UM VEÍCULO FERROVIÁRIO. É descrito um compressor livre de óleo para um veículo ferroviário, incluindo um alojamento de compressor, um primeiro cilindro de pistão de baixa pressão suportado no alojamento do compressor, um segundo cilindro de pistão de baixa pressão suportado no alojamento do compressor, um primeiro cilindro de pistão de alta pressão suportado no alojamento do compressor, um segundo cilindro de pistão de alta pressão suportado no alojamento do compressor, e um conjunto de eixo de manivelas suportado pelo alojamento do compressor e conectado a pistões dos cilindros de pistão por meio de respectivas bielas. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão estão posicionados em uma configuração em formato de ?X? em torno de uma circunferência externa do alojamento do compressor.

COMPRESSOR SEM ÓLEO, RADIALMENTE CONFIGURADO

REFERÊNCIA CRUZADA COM PEDIDOS DE PATENTE RELACIONADOS

[001] Este pedido reivindica o benefício do Pedido de Patente Provisório nos Estados Unidos N° 61/990.974, depositado em 9 de maio de 2014, e do Pedido de Patente nos Estados Unidos N° 14 / 705.339, depositado em 6 de maio de 2015, cujos conteúdos estão aqui incorporados como referência na sua totalidade.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

CAMPO DA INVENÇÃO

[002] A presente descrição refere-se ao campo dos compressores de ar adaptados para uso em veículos ferroviários, para o fornecimento de ar comprimido para unidades pneumáticas associadas com o veículo ferroviário, e, em particular, a um compressor de ar livre de óleo em um veículo ferroviário, para o fornecimento de comprimido ar para diversas unidades pneumáticas associadas com o veículo ferroviário.

DESCRIÇÃO DO ESTADO DA ARTE RELACIONADA

[003] A utilização de um compressor de ar de múltiplos cilindros, de múltiplos estágios, é bem conhecida no estado da arte. É prática comum o uso de um compressor de ar de múltiplos cilindros e múltiplos estágios em uma locomotiva ou outro veículo ferroviário, para fornecer o ar comprimido que é consumido pelos vários dispositivos pneumáticos ao longo da locomotiva e dos vagões, para prover uma variedade de funções críticas. Uma dessas funções primárias é a de operar os freios da locomotiva e dos vagões. Os compressores tradicionais de movimento recíproco enchidos com óleo, utilizados comumente na América do Norte, são compressores de três cilindros e dois estágios, disponíveis em muitos modelos e configurações diferentes. Uma das configurações mais comuns para um compressor é um compressor com dois primeiros estágios ou cilindros de baixa pressão, e um segundo estágio ou cilindro de alta pressão. Este compressor geralmente é configurado em uma configuração em "W", com os cilindros de baixa pressão dispostos a 60 graus em relação a cada lado do cilindro de alta pressão, que fica na vertical. O compressor utiliza um grande reservatório de óleo para prover lubrificação e refrigeração dos componentes internos.

[004] Uma abordagem mais recente e menos comum relativa a um compressor de ar

para locomotivas consiste em usar compressores de movimento recíproco livres de óleo, em lugar dos tipos tradicionais enchidos com óleo. Esta tecnologia livre de óleo reduz a necessidade de um grande reservatório de óleo no alojamento do compressor e permite diferentes configurações dos cilindros, para obter melhorias específicas, tais como controle do pulso de torque, balanceamento dinâmico, e reduções do tamanho total. Um problema comumente associado com os novos compressores de movimento recíproco livres de óleo é o superaquecimento, que pode levar ao desligamento do compressor ou a uma operação em um nível ineficaz. Alguns compressores de movimento recíproco livres de óleo atuais também experimentam altos pulsos de torque e um balanceamento dinâmico desigual, sendo projetados de modo a melhorarem uma dessas características em detrimento da outra ou em detrimento de uma maior dimensão total do compressor. Um exemplo de um compressor de ar sem óleo para um veículo ferroviário está descrito no Pedido de Patente U.S. N° 14 / 030.588 de Kapadia et al., depositado em 18 de setembro de 2013, aqui incorporado na sua totalidade.

[005] Pela natureza da sua concepção, um compressor de movimento recíproco transfere o movimento rotativo de um eixo de manivelas para o movimento recíproco de um ou mais pistões, através de um número correspondente de bielas. Um compressor de ar de movimento recíproco utiliza uma biela para conectar o eixo de manivelas rotativo (através de um pino de manivela) a pistões de movimento recíproco (através de um pino de biela). As conexões entre o pino de biela, o pistão, a biela e o eixo de manivelas devem incluir uma superfície de rolamento capaz de suportar o movimento de oscilação ou de rotação e as cargas associadas das forças de inércia, de atrito e de compressão de gás. Existem muitos tipos de rolamentos e métodos de montagem aceitáveis, utilizados para criarem um conjunto confiável de rolamento e componentes associados. As bielas contêm rolamentos para transferirem a carga e o movimento do eixo de manivelas do compressor, através da biela, ao pino de biela e ao conjunto de pistão.

[006] Em um compressor de ar tradicional enchido com óleo os rolamentos podem ser de diversos tipos, tais como rolamentos planos, rolamentos de esferas, rolamentos de roletes, etc., já que o óleo provê a lubrificação e o resfriamento necessários. Esta variedade permite o uso de rolamentos fendidos, que ajudam na montagem do compressor de ar.

Em um compressor de ar sem óleo, uma variedade de rolamentos também podem ser utilizados. No entanto, existem vantagens na utilização de rolamentos de peça única, em oposição aos rolamentos fendidos, especialmente com relação à vida útil do compressor de ar e à simplicidade de projeto. Ao mesmo tempo, essas vantagens são compensadas pelas desvantagens desses modelos de bielas, que afetam o tamanho do compressor de ar, a complexidade de montagem do compressor de ar, a manutenção, e a vida útil do compressor de ar.

[007] Há uma necessidade atual por um compressor de movimento recíproco livre de óleo tendo um tamanho total reduzido e uma redução no torque de pulso. Há também uma necessidade atual por um compressor de movimento recíproco livre de óleo tendo balanceamento dinâmico melhorado e melhor fluxo de ar para resfriar os cilindros do compressor. Há ainda uma necessidade atual por uma melhor ventilação do alojamento do compressor. Há também uma necessidade atual por um conjunto de rolamento de peça única em uma extremidade do eixo de manivelas de uma biela, o qual pode reduzir o tamanho da biela, melhorar a permutabilidade das bielas, melhorar o campo de manutenção do compressor de ar, e simplificar a instalação das bielas.

SUMARIO DA INVENÇÃO

[008] Em um aspecto, um compressor sem óleo para um veículo ferroviário inclui um alojamento do compressor, pelo menos dois cilindros de pistão suportados radialmente no alojamento do compressor, e um conjunto de eixo de manivelas suportado pelo alojamento do compressor e conectado aos pistões de pelo menos dois cilindros de pistão por meio de respectivas bielas.

[009] Pelo menos dois cilindros de pistão podem incluir um primeiro e um segundo cilindros de pistão de baixa pressão radialmente suportados em uma primeira e uma segunda aberturas no alojamento do compressor, e um primeiro e um segundo cilindros de pistão de alta pressão radialmente suportados em uma terceira e quarta aberturas no alojamento do compressor. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão podem estar posicionados entre os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão, no alojamento do compressor. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão podem estar posicionados a aproximadamente 72 graus de distância um do outro. O

primeiro cilindro de pistão de baixa pressão pode estar posicionado a aproximadamente 72 graus de distância do primeiro cilindro de pistão de alta pressão, e o segundo cilindro de pistão de baixa pressão pode estar posicionado a aproximadamente 72 graus de distância do segundo cilindro de pistão de alta pressão. O primeiro cilindro de pistão de baixa pressão, o segundo cilindro de pistão de baixa pressão, o primeiro cilindro de pistão de alta pressão, e o segundo cilindro de pistão de alta pressão podem estar igualmente espaçados uns dos outros. O primeiro cilindro de pistão de baixa pressão, o segundo cilindro de pistão de baixa pressão, o primeiro cilindro de pistão de alta pressão, e o segundo cilindro de pistão de alta pressão podem estar espaçados por aproximadamente 72 graus de distância uns dos outros. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão podem estar posicionados aproximadamente 18 graus abaixo de um plano horizontal do compressor. O alojamento do compressor pode ter um formato com seção transversal substancialmente pentagonal. Uma ventoinha de resfriamento pode estar operativamente conectada ao conjunto do eixo de manivelas. A ventoinha de resfriamento pode criar um caminho de fluxo perpendicular aos cilindros de pistão. Cada um dos cilindros de pistão pode estar posicionado no caminho de fluxo da ventoinha de resfriamento.

[010] Em outro aspecto, um compressor livre de óleo para um veículo ferroviário inclui um alojamento de compressor, um primeiro cilindro de pistão de baixa pressão suportado no alojamento do compressor, um segundo cilindro de pistão de baixa pressão suportado no alojamento do compressor, um primeiro cilindro de pistão de alta pressão suportado no corpo do compressor, e um segundo cilindro de pistão de alta pressão suportado no alojamento do compressor. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão estendem-se radialmente a partir de um eixo longitudinal do alojamento do compressor. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão estão posicionados em uma linha substancialmente retilínea em torno de uma circunferência externa do alojamento do compressor.

[011] Os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão podem estar posicionados entre os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão no

alojamento do compressor. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão podem estar posicionados a aproximadamente 72 graus de distância um do outro. O primeiro cilindro de pistão de baixa pressão pode estar posicionado a aproximadamente 72 graus de distância do primeiro cilindro de pistão de alta pressão, e o segundo cilindro de pistão de baixa pressão pode estar posicionado a aproximadamente 72 graus de distância do segundo cilindro de pistão de alta pressão. O primeiro cilindro de pistão de baixa pressão, o segundo cilindro de pistão de baixa pressão, o primeiro cilindro de pistão de alta pressão, e o segundo cilindro de pistão de alta pressão podem estar espaçados por aproximadamente 72 graus de distância uns dos outros. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão podem estar posicionados aproximadamente 18 graus abaixo de um plano horizontal do compressor. Uma ventoinha de resfriamento pode estar operativamente conectada ao conjunto do eixo de manivelas. A ventoinha de resfriamento pode criar um caminho de fluxo perpendicular aos cilindros de pistão. Um conjunto de eixo de manivelas pode ser suportado pelo alojamento do compressor e estar conectado a pistões dos primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão e dos primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão por meio de respectivas bielas.

[012] Em outro aspecto, um compressor livre de óleo para um veículo ferroviário inclui um alojamento de compressor, um primeiro cilindro de pistão de baixa pressão suportado no alojamento do compressor, um segundo cilindro de pistão de baixa pressão suportado no alojamento do compressor, um primeiro cilindro de pistão de alta pressão suportado no alojamento do compressor, um segundo cilindro de pistão de alta pressão suportado no alojamento do compressor, e um conjunto de eixo de manivelas suportado pelo alojamento do compressor e conectado a pistões dos cilindros de pistão através das respectivas bielas. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão podem estar posicionados em uma configuração em formato de "X" em torno de uma circunferência externa do alojamento do compressor.

[013] Os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão podem ser configurados como a primeira e a segunda pernas inferiores da configuração em formato de "X", e os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão podem ser configurados como a

primeira e a segunda pernas superiores da configuração em formato de "X". Uma distância angular entre as duas pernas da configuração em formato de "X" pode ser maior do que a distância entre as duas pernas superiores da configuração em formato de "X". A configuração em formato de "X" pode não ser simétrica em torno de um plano horizontal que passa através de um eixo longitudinal do conjunto de eixo de manivelas. A configuração em formato de "X" pode ser simétrica em relação a um plano vertical que passa através de um eixo longitudinal do conjunto de eixo de manivelas. Uma distância angular entre o primeiro cilindro de pistão de alta pressão e o primeiro cilindro de pistão de baixa pressão, uma distância angular entre o primeiro cilindro de pistão de baixa pressão e o segundo cilindro de pistão de baixa pressão, e uma distância angular entre o segundo cilindro de pistão de baixa pressão e o segundo cilindro de pistão de alta pressão podem ser iguais entre si. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão podem estar posicionados abaixo de um plano horizontal que passa através de um eixo longitudinal do conjunto de eixo de manivelas. Uma distância angular entre as duas pernas da configuração em formato de "X" pode ser menor do que uma distância angular entre a primeira perna inferior, a primeira perna superior, a segunda perna superior, e a segunda perna inferior da configuração em formato de "X". O alojamento do compressor pode ter um formato com seção transversal pentagonal. Um ventoinha de resfriamento pode estar operativamente conectada ao conjunto de eixo de manivelas. A ventoinha de resfriamento pode criar um caminho de fluxo substancialmente perpendicular aos cilindros de pistão. Cada um dos cilindros de pistão está posicionado no caminho de fluxo da ventoinha de resfriamento.

[014] Ainda em outro aspecto, um compressor livre de óleo para um veículo ferroviário inclui um alojamento de compressor, um primeiro cilindro de pistão de baixa pressão suportado no alojamento do compressor, um segundo cilindro de pistão de baixa pressão suportado no alojamento do compressor, um primeiro cilindro de pistão de alta pressão suportado no alojamento do compressor, um segundo cilindro de pistão de alta pressão suportado no alojamento do compressor, um conjunto de eixo de manivelas suportado pelo alojamento do compressor e conectado a pistões dos cilindros de pistão por meio de respectivas bielas, e uma ventoinha de resfriamento operativamente conectada ao

conjunto de eixo de manivelas. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão estão posicionados em uma configuração em formato de "X" em torno de uma circunferência externa do alojamento do compressor.

[015] Os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão podem ser configurados como a primeira e a segunda pernas inferiores da configuração em formato de "X", e os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão podem ser configurados como a primeira e a segunda pernas superiores da configuração em formato de "X". Uma distância angular entre as duas pernas da configuração em formato de "X" pode ser maior do que a distância entre as duas pernas superiores da configuração em formato de "X". A configuração em formato de "X" pode não ser simétrica em torno de um plano horizontal que passa através de um eixo longitudinal do conjunto de eixo de manivelas. Uma distância angular entre o primeiro cilindro de pistão de alta pressão e o primeiro cilindro de pistão de baixa pressão, uma distância angular entre o primeiro cilindro de pistão de baixa pressão e o segundo cilindro de pistão de baixa pressão, e uma distância angular entre o segundo cilindro de pistão de baixa pressão e o segundo cilindro de pistão de alta pressão podem ser iguais entre si. A configuração em formato de "X" pode ser simétrica em relação a um plano vertical que passa através de um eixo longitudinal do conjunto de eixo de manivelas. A ventoinha de resfriamento pode criar um caminho de fluxo substancialmente perpendicular aos cilindros de pistão. Cada cilindro de pistão pode estar posicionado no caminho de fluxo da ventoinha de resfriamento. Os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão pode estar posicionados abaixo de um plano horizontal que passa através de um eixo longitudinal do conjunto de eixo de manivelas.

[016] Outros detalhes e vantagens serão compreendidos a partir da descrição detalhada a seguir, tomada em conjunto com os desenhos anexos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

- A fig. 1 é uma vista em perspectiva frontal de um compressor de ar radialmente configurado, em conformidade com esta descrição;

- A fig. 2 é uma vista em perspectiva traseira mostrando o compressor de ar radialmente configurado da fig. 1;

- A fig. 3 é uma vista frontal do compressor de ar radialmente configurado da fig. 1;
- A fig. 4 é uma vista traseira do compressor de ar radialmente configurado da fig. 1;
- A fig. 5 é uma vista de topo do compressor de ar radialmente configurado da fig. 1;
- A fig. 6 é uma vista inferior do compressor de ar radialmente configurado da fig. 1;
- As figs. 7 e 8 são vistas laterais do compressor de ar radialmente configurado da fig. 1;
- A fig. 9 é uma vista em corte transversal do compressor de ar radialmente configurado da fig. 1, ao longo da linha 9-9 na fig. 7;
- A fig. 10 é uma vista em corte transversal do compressor de ar radialmente configurado da fig. 1, ao longo da linha 10-10 na fig. 8;
- A fig. 11 é uma vista em corte transversal do compressor de ar radialmente configurado da fig. 1, ao longo da linha 11-11 na fig. 6;
- A fig. 12 é uma vista em perspectiva frontal de uma biela em conformidade com esta descrição;
- A fig. 13 é uma vista de topo da biela da fig. 12;
- A fig. 14 é uma vista de topo da biela da fig. 12, ilustrando a montagem da biela com o uso de parafusos e porcas;
- A fig. 15 é uma vista de topo da biela da fig. 12, ilustrando a montagem da biela com o uso de parafusos;
- A fig. 16 é uma vista em perspectiva frontal da biela da fig. 12, incluindo rolamentos e membros de vedação;
- A fig. 17 é uma vista de topo da biela da fig. 16.

DESCRIÇÃO DAS FORMAS DE INCORPORAÇÃO PREFERIDAS

[017] Para os propósitos da descrição abaixo, os termos de orientação espacial, tal como utilizados, referem-se ao aspecto referenciado conforme orientado nas figuras ou desenhos anexos, ou conforme descrito de outra forma na descrição detalhada a seguir. No entanto, deve ser entendido que os aspectos descritos abaixo podem assumir muitas variações e configurações alternativas. Também deve ser entendido que componentes, características e dispositivos específicos, e sequências operacionais, ilustrados nos desenhos ou figuras anexas, ou conforme aqui descrito de outro modo, são simplesmente exemplos e não devem ser considerados como limitativos.

[018] Fazendo referência às figs. 1 a 7, é mostrado um compressor de ar 10 de acordo com um aspecto. Conforme ilustrado, o compressor de ar 10 é um compressor de ar de múltiplos cilindros 10 incluindo pelo menos um primeiro cilindro de pistão 20, um segundo cilindro de pistão 30, um terceiro cilindro de pistão 40, e um quarto cilindro de pistão 50. Em um aspecto, o compressor de ar 10 é um compressor de ar sem óleo. O primeiro cilindro de pistão 20, o segundo cilindro de pistão 30, o terceiro cilindro de pistão 40, e o quarto cilindro de pistão 50 são suportados por um cárter ou alojamento do compressor 12, cada um sendo acionado por um conjunto de eixo de manivelas 60 disposto no interior do alojamento do compressor 12, rotativamente suportado pelo alojamento do compressor 12. Os componentes do compressor de ar 10 acima citados são aqui descritos em detalhes. O compressor de ar 10 pode ter uma seção transversal de formato pentagonal. Um membro de suporte 13 está fixado a uma superfície inferior do compressor de ar 10. O membro de suporte 13 é usado para montar o compressor de ar 10 em uma locomotiva ou veículo ferroviário.

[019] O primeiro cilindro de pistão 20, o segundo cilindro de pistão 30, o terceiro cilindro de pistão 40 e o quarto cilindro de pistão 50 têm construção substancialmente semelhante, com o primeiro cilindro de pistão 20 operando como o primeiro cilindro, o segundo cilindro de pistão 30 operando como o segundo cilindro, o terceiro cilindro de pistão 40 operando como o terceiro cilindro, e o quarto cilindro de pistão 50 operando como o quarto cilindro no compressor de ar de múltiplos cilindros 10. Em um aspecto da descrição, o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 são cilindros de pistão de alta pressão. Neste mesmo aspecto, o segundo cilindro de pistão 30 e o terceiro cilindro de pistão 40 são cilindros de pistão de baixa pressão. O primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 geralmente são menores e normalmente têm um diâmetro menor do que o segundo cilindro de pistão 30 e o terceiro cilindro de pistão 40.

[020] Em um aspecto, o primeiro cilindro de pistão 20, o segundo cilindro de pistão 30, o terceiro cilindro de pistão 40 e o quarto cilindro de pistão 50 estão radialmente configurados em torno de um eixo longitudinal 11 do compressor de ar 10. Os cilindros de pistão 20, 30, 40, 50 fazem interface com uma circunferência externa do compressor de ar 10. Em um aspecto, os cilindros de pistão 20, 30, 40, 50 estão posicionados em uma

configuração em formato de "X" em torno da circunferência externa do alojamento do compressor. O primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 podem ser configurados como a primeira e a segunda pernas inferiores da configuração em formato de "X". O segundo cilindro de pistão 30 e o terceiro cilindro de pistão 40 podem ser configurados como a primeira e a segunda pernas superiores da configuração em formato de "X". Em um aspecto, o segundo cilindro de pistão 30 e o cilindro terceiro pistão 40 estão posicionados no alojamento do compressor 12 entre o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50. Como mostrado na fig. 5, o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 podem estar deslocados no alojamento do compressor 12, de modo que o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 não ficam posicionados ao longo da mesma linha radial. É também possível que o primeiro cilindro de pistão 20, o segundo cilindro de pistão 30, o terceiro cilindro de pistão 40 e o quarto cilindro de pistão 50 fiquem alinhados ao longo de uma linha retilínea em torno da circunferência externa do alojamento do compressor 12.

[021] Conforme ilustrado nas figs. 3 e 4, o centro do primeiro cilindro de pistão 20 está posicionado a um primeiro ângulo α a partir de um plano horizontal 14 do alojamento do compressor 12. Em um aspecto, o primeiro ângulo α é de 18 graus. O centro do segundo cilindro de pistão 30 está posicionado a um segundo ângulo β em relação ao plano horizontal 14 do alojamento do compressor 12. Em um aspecto, o segundo ângulo β é de 54 graus. Em um aspecto, o centro do primeiro cilindro de pistão 20 está posicionado a 72 graus de distância do centro do segundo cilindro de pistão 30. O centro do segundo cilindro de pistão 30 e o centro do terceiro cilindro de pistão 40 estão posicionados a um terceiro ângulo γ entre si. Em um aspecto, o terceiro ângulo γ é de 72 graus. O centro do terceiro cilindro de pistão 40 está posicionado a um quarto ângulo ε em relação ao plano horizontal 14 do alojamento do compressor 12. Em um aspecto, o quarto ângulo ε é de 54 graus. O centro do quarto cilindro de pistão 50 está posicionado a um quinto ângulo θ a partir do plano horizontal 14 do alojamento do compressor 12. Em um aspecto, o quinto ângulo θ é de 18 graus. Em um aspecto, o centro do terceiro cilindro de pistão 40 está posicionado a 72 graus de distância do centro do quarto cilindro de pistão 50. Em um outro aspecto, o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 estão

posicionados a 144 graus de distância um do outro. Um sexto ângulo Δ está definido entre o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50. Em um aspecto, o sexto ângulo Δ é de 144 graus. Em um aspecto, a combinação do primeiro ângulo α e do segundo ângulo β, o terceiro ângulo γ, e a combinação do quarto ângulo ε e do quinto ângulo θ são iguais entre si. Neste aspecto, estes ângulos são iguais a 72 graus. Deve ser entendido, no entanto, que um perito comum na arte compreenderá que aspectos adicionais utilizando diferentes combinações de ângulos também são contemplados.

[022] Fazendo referência às figs. 3 e 4, em um aspecto, o sexto ângulo Δ é maior que o terceiro ângulo γ. Em outras palavras, a distância entre o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 é maior do que a distância entre o segundo cilindro de pistão 30 e o terceiro cilindro de pistão 40. Em um aspecto, a configuração em formato de "X" dos cilindros de pistão 20, 30, 40, 50 não é simétrica em relação ao plano horizontal 14 que passa através do eixo longitudinal 11 do conjunto de eixo de manivelas 60. A configuração em formato de "X" dos cilindros de pistão 20, 30, 40, 50 pode ser simétrica em relação a um plano vertical que passa através do eixo longitudinal 11 do conjunto de eixo de manivelas 60. O primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 podem estar posicionados abaixo do plano horizontal 14 que passa através do eixo longitudinal 11 do conjunto de eixo de manivelas 60. Em um aspecto, o sexto ângulo Δ é menor do que a combinação do primeiro ângulo α, do segundo ângulo β, do terceiro ângulo γ, do quarto ângulo ε, e do quinto ângulo θ.

[023] O posicionamento do primeiro cilindro de pistão 20, do segundo cilindro de pistão 30, do terceiro cilindro de pistão 40 e do quarto cilindro de pistão 50 cria uma redução no pulso de torque do compressor de ar 10, devido às forças de gás geradas durante o curso de compressão de cada cilindro de pistão. Um pico da força do gás ocorre em um cilindro do compressor à medida que o pistão se aproxima do ponto morto superior dentro do cilindro. A força do gás transmite um pulso de torque através do conjunto de eixo de manivelas 60, que é variável ao longo da rotação do conjunto de eixo de manivelas 60. O conjunto de eixo de manivelas 60 pode experimentar diferentes pulsos de torque em diferentes locais, baseado no pico da força do gás criada por cada cilindro. Dependendo do projeto, o pulso de torque pode mudar de direção ao longo de uma única rotação do

conjunto de eixo de manivelas 60. Isto significa que o pulso de torque pode mudar de um torque positivo para um torque negativo ao longo de uma única rotação do conjunto de eixo de manivelas. Este tipo de inversão de torque é um traço comum das máquinas de movimento recíproco de qualquer tipo. Nos compressores de ar com múltiplos cilindros, o torque instantâneo de cada pistão é somado de modo a criar uma curva de torque global para o compressor. Os compressores de ar pré-existentes podem experimentar um pulso de torque total que oscila entre um valor de pulso de torque alto até um valor de pulso de torque baixo. No entanto, para reduzir a quantidade de força de torção experimentada pelo conjunto de eixo de manivelas 60, é desejável dispor de um compressor de ar com um pulso de torque total consistente. Com o primeiro cilindro de pistão 20, o segundo cilindro de pistão 30, o terceiro cilindro de pistão 40 e o quarto cilindro de pistão 50 sendo posicionados no alojamento do compressor 12 conforme aqui descrito, um pulso de torque total mais consistente é conseguido. Além disso, utilizando esta configuração, o pulso de torque do compressor de ar 10 não inverte sua direção durante a rotação do conjunto de eixo de manivelas 60. Isto também ajuda a reduzir a força de torção aplicada ao conjunto de eixo de manivelas 60. A combinação da falta de inversão no pulso de torque e um pulso de torque total reduzido resulta em um compressor de ar 10 que é mais fácil de ser acionado, o que é especialmente vantajoso em aplicações onde o compressor de ar 10 é acionado por um motor elétrico. Além disso, posicionando-se o segundo cilindro de pistão 30 e o terceiro cilindro de pistão 40, que são cilindros de baixa pressão, entre o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50, o pulso de torque é reduzido ainda mais. Um compressor de ar 10 com dois cilindros de pistão de alta pressão posicionados entre dois cilindros de pistão de baixa pressão iria experimentar um pulso de torque maior.

[024] Uma melhoria adicional para os compressores de ar pré-existentes é conseguida através do posicionamento dos cilindros de pistão quase a 180 graus fora de fase. O balanceamento dinâmico do compressor de ar 10 é melhorado em comparação com os compressores de ar pré-existentes. Portanto, o compressor de ar 10 experimenta menores forças de desbalanceamento que podem afetar o funcionamento do compressor de ar 10.

[025] Conforme ilustrado nas figs. 9 a 11, o primeiro cilindro de pistão 20 inclui um

invólucro cilíndrico 21 tendo uma primeira extremidade 22a adaptada para ser inserida em uma abertura correspondente, tal como aqui descrito, no alojamento do compressor 12, e uma segunda extremidade 22b. O invólucro cilíndrico 21 é formado com um flange 23 localizado próximo da primeira extremidade 22a, para fazer a interface com o exterior do alojamento do compressor 12. Aletas de dissipação de calor 24 podem ser providas no invólucro cilíndrico 21, e o invólucro cilíndrico 21 pode ser formado por qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de dissipação de calor, tal como o alumínio.

[026] Um cabeçote de cilindro 25 está fixado à segunda extremidade 22b do invólucro cilíndrico 21. O cabeçote de cilindro 25 prende um conjunto de válvula 26 na segunda extremidade 22b do invólucro cilíndrico 21, por meio de prendedores mecânicos. O cabeçote de cilindro 25 também aloja uma tampa descarregadora 29 posicionada acima do conjunto de válvula 26. A tampa descarregadora 29 aloja um pistão descarregador 75 que é operado pneumaticamente pelo ar pilotado através da tampa descarregadora 29, mecanicamente fixada ao topo do cabeçote de cilindro 25. Uma vedação livre de lubrificação entre o pistão descarregador 75 e a tampa descarregadora 29 separa o ar pressurizado do processo, dentro da porção de entrada do cabeçote de cilindro 25, do ar pressurizado (ar de pilotagem) dentro do sistema descarregador. O pistão descarregador 75 opera para manter o lado de entrada do conjunto de válvula 26 aberto quando a pressão de ar é aplicada às portas piloto 77a, 77b da tampa descarregadora 29. Durante este período de operação, o compressor 10 pode girar sem fornecer ar comprimido para a descarga do compressor. O cabeçote de cilindro 25 inclui um primeiro canal de ar 28a e um segundo canal de ar 28b. O cabeçote de cilindro 25 pode ser formado por qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de transferência de calor, tal como o alumínio.

[027] Como mencionado anteriormente, o segundo cilindro de pistão 30 apresenta uma construção substancialmente semelhante ao restante dos cilindros de pistão, conforme descrito a seguir. O segundo cilindro de pistão 30 inclui um invólucro cilíndrico 31 tendo uma primeira extremidade 32a adaptada para ser inserida em uma abertura correspondente, conforme aqui descrito, no alojamento do compressor 12, e uma segunda

extremidade 32b. O invólucro cilíndrico 31 é formado com um flange 33 localizado próximo da primeira extremidade 32a, para fazer a interface com o exterior do alojamento do compressor 12. Aletas de dissipação de calor 34 podem ser providas no invólucro cilíndrico 31, e o invólucro cilíndrico 31 pode ser formado por qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de dissipação de calor, tal como o alumínio.

[028] Um cabeçote de cilindro 35 está fixado à segunda extremidade 32b do invólucro cilíndrico 31. O cabeçote de cilindro 35 prende um conjunto de válvula 36 na segunda extremidade 32b do invólucro cilíndrico 31, por meio de prendedores mecânicos. O cabeçote de cilindro 35 também aloja uma tampa descarregadora 39 posicionada acima do conjunto de válvula 36. A tampa descarregadora 39 aloja um pistão descarregador que é operado pneumaticamente pelo ar pilotado através da tampa descarregadora 39, mecanicamente fixada ao topo do cabeçote de cilindro 35. Uma vedação livre de lubrificação entre o pistão descarregador e a tampa descarregadora 39 separa o ar pressurizado do processo, dentro da porção de entrada do cabeçote de cilindro 35, do ar pressurizado (ar de pilotagem) dentro do sistema descarregador. O pistão descarregador opera para manter o lado de entrada do conjunto de válvula 36 aberto quando a pressão de ar é aplicada às portas piloto 78a, 78b da tampa descarregadora 39. Durante este período de operação, o compressor 10 pode girar sem fornecer ar comprimido para a descarga do compressor. O cabeçote de cilindro 35 inclui um primeiro canal de ar 38a e um segundo canal de ar 38b. O cabeçote de cilindro 35 pode ser formado por qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de transferência de calor, tal como o alumínio.

[029] Como mencionado anteriormente, o terceiro cilindro de pistão 40 apresenta uma construção substancialmente semelhante ao restante dos cilindros de pistão, conforme descrito a seguir. O terceiro cilindro de pistão 40 inclui um invólucro cilíndrico 41 tendo uma primeira extremidade 42a adaptada para ser inserida em uma abertura correspondente, conforme aqui descrito, no alojamento do compressor 12, e uma segunda extremidade 42b. O invólucro cilíndrico 41 é formado com um flange 43 localizado próximo da primeira extremidade 42a, para fazer a interface com o exterior do alojamento

do compressor 12. Aletas de dissipação de calor 44 podem ser providas no invólucro cilíndrico 41, e o invólucro cilíndrico 41 pode ser formado por qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de dissipação de calor, tal como o alumínio.

[030] Um cabeçote de cilindro 45 está fixado à segunda extremidade 42b do invólucro cilíndrico 41. O cabeçote de cilindro 45 prende um conjunto de válvula 46 na segunda extremidade 42b do invólucro cilíndrico 41, por meio de prendedores mecânicos. O cabeçote de cilindro 45 também aloja uma tampa descarregadora 49 posicionada acima do conjunto de válvula 46. A tampa descarregadora 49 aloja um pistão descarregador que é operado pneumaticamente pelo ar pilotado através da tampa descarregadora 49, mecanicamente fixada ao topo do cabeçote de cilindro 45. Uma vedação livre de lubrificação entre o pistão descarregador e a tampa descarregadora 49 separa o ar pressurizado do processo, dentro da porção de entrada do cabeçote de cilindro 45, do ar pressurizado (ar de pilotagem) dentro do sistema descarregador. O pistão descarregador opera para manter o lado de entrada do conjunto de válvula 46 aberto quando a pressão de ar é aplicada às portas piloto 79a, 79b da tampa descarregadora 49. Durante este período de operação, o compressor 10 pode girar sem fornecer ar comprimido para a descarga do compressor. O cabeçote de cilindro 45 inclui um primeiro canal de ar 48a e um segundo canal de ar 48b. O cabeçote de cilindro 45 pode ser formado por qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de transferência de calor, tal como o alumínio.

[031] Como mencionado anteriormente, o quarto cilindro de pistão 50 apresenta uma construção substancialmente semelhante ao restante dos cilindros de pistão, conforme descrito a seguir. O quarto cilindro de pistão 50 inclui um invólucro cilíndrico 51 tendo uma primeira extremidade 52a adaptada para ser inserida em uma abertura correspondente, conforme aqui descrito, no alojamento do compressor 12, e uma segunda extremidade 52b. O invólucro cilíndrico 51 é formado com um flange 53 localizado próximo da primeira extremidade 52a, para fazer a interface com o exterior do alojamento do compressor 12. Aletas de dissipação de calor 54 podem ser providas no invólucro cilíndrico 51, e o invólucro cilíndrico 51 pode ser formado por qualquer material adequado

que proveja características suficientes de resistência mecânica e de dissipação de calor, tal como o alumínio.

[032] Um cabeçote de cilindro 55 está fixado à segunda extremidade 52b do invólucro cilíndrico 51. O cabeçote de cilindro 55 prende um conjunto de válvula 56 na segunda extremidade 52b do invólucro cilíndrico 51, por meio de prendedores mecânicos. O cabeçote de cilindro 55 também aloja uma tampa descarregadora 59 posicionada acima do conjunto de válvula 56. A tampa descarregadora 59 aloja um pistão descarregador 78 que é operado pneumaticamente pelo ar pilotado através da tampa descarregadora 59, mecanicamente fixada ao topo do cabeçote de cilindro 55. Uma vedação livre de lubrificação entre o pistão descarregador 78 e a tampa descarregadora 59 separa o ar pressurizado do processo, dentro da porção de entrada do cabeçote de cilindro 55, do ar pressurizado (ar de pilotagem) dentro do sistema descarregador. O pistão descarregador opera para manter o lado de entrada do conjunto de válvula 56 aberto quando a pressão de ar é aplicada às portas piloto 80a, 80b da tampa descarregadora 59. Durante este período de operação, o compressor 10 pode girar sem fornecer ar comprimido para a descarga do compressor. O cabeçote de cilindro 55 inclui um primeiro canal de ar 58a e um segundo canal de ar 58b. O cabeçote de cilindro 55 pode ser formado por qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de transferência de calor, tal como o alumínio.

[033] Fazendo referência às figs. 9 a 11, o primeiro cilindro de pistão 20 inclui ainda um primeiro pistão 61 que é operável reciprocamente no interior do invólucro cilíndrico 21. O pistão 61 inclui uma primeira extremidade 62a e uma segunda extremidade 62b, e é feito de qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de transferência de calor, como o alumínio. O pistão 61 está operacionalmente conectado ao conjunto de eixo de manivelas 60 por meio de uma biela 63. Em operação, o pistão 61 opera em um movimento de vai-e-vém (recíproco), que é gerado por meio de rotação do conjunto de eixo de manivelas 60. O ar é aspirado para dentro do invólucro cilíndrico 21 do primeiro cilindro de pistão 20 através de um dos canais de ar 28a, 28b, como resultado do movimento descendente do pistão 61. Um conjunto de válvula 26 inclui uma porção que se abre durante o movimento descendente do pistão 61, aspirando ar

para dentro do invólucro cilíndrico 21, e se fecha durante o movimento ascendente. Além disso, o conjunto de válvula possui uma outra porção que se fecha durante o movimento descendente do pistão 61, e se abre durante o movimento ascendente do pistão 61, e com isto o ar no invólucro cilíndrico 21 é comprimido e guiado para fora do invólucro cilíndrico 21 através de um dos canais de ar 28a, 28b.

[034] O segundo cilindro de pistão 30 inclui ainda um segundo pistão 64 que é operável reciprocamente no interior do invólucro cilíndrico 31. O pistão 64 inclui uma primeira extremidade 65a e uma segunda extremidade 65b, e é feito de qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de transferência de calor, como o alumínio. O pistão 64 está operacionalmente conectado ao conjunto de eixo de manivelas 60 por meio de uma biela 66. Em operação, o pistão 64 opera em um movimento recíproco, que é gerado por meio de rotação do conjunto de eixo de manivelas 60. O ar é aspirado para dentro do invólucro cilíndrico 31 do primeiro cilindro de pistão 30 através de um dos canais de ar 38a, 38b, como resultado do movimento descendente do pistão 64. Um conjunto de válvula 36 inclui uma porção que se abre durante o movimento descendente do pistão 64, aspirando ar para dentro do invólucro cilíndrico 31, e se fecha durante o movimento ascendente. Além disso, o conjunto de válvula possui uma outra porção que se fecha durante o movimento descendente do pistão 64, e se abre durante o movimento ascendente do pistão 64, e com isto o ar no invólucro cilíndrico 31 é comprimido e guiado para fora do invólucro cilíndrico 31 através de um dos canais de ar 38a, 38b.

[035] O terceiro cilindro de pistão 40 inclui ainda um segundo pistão 67 que é operável reciprocamente no interior do invólucro cilíndrico 41. O pistão 67 inclui uma primeira extremidade 68a e uma segunda extremidade 68b, e é feito de qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de transferência de calor, como o alumínio. O pistão 67 está operacionalmente conectado ao conjunto de eixo de manivelas 60 por meio de uma biela 69. Em operação, o pistão 67 opera em um movimento recíproco, que é gerado por meio de rotação do conjunto de eixo de manivelas 60. O ar é aspirado para dentro do invólucro cilíndrico 41 do primeiro cilindro de pistão 40 através de um dos canais de ar 48a, 48b, como resultado do

movimento descendente do pistão 67. Um conjunto de válvula 46 inclui uma porção que se abre durante o movimento descendente do pistão 67, aspirando ar para dentro do invólucro cilíndrico 41, e se fecha durante o movimento ascendente. Além disso, o conjunto de válvula possui uma outra porção que se fecha durante o movimento descendente do pistão 67, e se abre durante o movimento ascendente do pistão 67, e com isto o ar no invólucro cilíndrico 41 é comprimido e guiado para fora do invólucro cilíndrico 41 através de um dos canais de ar 48a, 48b.

[036] O quarto cilindro de pistão 50 inclui adicionalmente um segundo pistão 70 que é operável reciprocamente no interior do invólucro cilíndrico 51. O pistão 70 inclui uma primeira extremidade 71a e uma segunda extremidade 71b, e é feito de qualquer material adequado que proveja características suficientes de resistência mecânica e de transferência de calor, como o alumínio. O pistão 70 está operacionalmente conectado ao conjunto de eixo de manivelas 60 por meio de uma biela 72. Em operação, o pistão 70 opera em um movimento recíproco, que é gerado por meio de rotação do conjunto de eixo de manivelas 60. O ar é aspirado para dentro do invólucro cilíndrico 51 do primeiro cilindro de pistão 50 através de um dos canais de ar 58a, 58b, como resultado do movimento descendente do pistão 70. Um conjunto de válvula 56 inclui uma porção que se abre durante o movimento descendente do pistão 70, aspirando ar para dentro do invólucro cilíndrico 51, e se fecha durante o movimento ascendente. Além disso, o conjunto de válvula possui uma outra porção que se fecha durante o movimento descendente do pistão 70, e se abre durante o movimento ascendente do pistão 70, e com isto o ar no invólucro cilíndrico 51 é comprimido e guiado para fora do invólucro cilíndrico 51 através de um dos canais de ar 58a, 58b.

[037] O compressor de ar 10 experimenta uma melhor ventilação do alojamento do compressor 12, devido ao deslocamento aumentado do alojamento do volume do compressor 12, sem comprometer os benefícios adicionais do pulso de torque e do balanceamento dinâmico melhorados do compressor de ar 10. Em um aspecto, o alojamento do compressor 12 desloca uma quantidade de ar que é aproximadamente igual a 72% do volume movido do compressor de ar 10 durante cada rotação do conjunto de eixo de manivelas 60. Isto cria um resfriamento eficaz do compressor de ar 10,

forçando o ar fresco para dentro e para fora do compressor de ar 10 com a finalidade de resfriar os componentes internos do compressor de ar 10 durante o funcionamento. Alguns dos compressores de ar pré-existentes concebidos para reduzirem os pulsos de torque e minimizarem as vibrações inerciais têm uma proporção muito menos favorável de deslocamento em relação volume movido no alojamento compressor 12, o que significa que a quantidade de ar de resfriamento disponível para os componentes internos é menor. Este tipo de resfriamento pode até mesmo ser reduzido ao ponto em que ele não é mais eficaz para uma operação confiável do compressor de ar. Outros compressores de ar pré-existentes também sacrificam o pulso de torque e controle de balanceamento em favor de um deslocamento interno maior. Utilizando a configuração do compressor de ar 10 da presente invenção, não há necessidade de usar o ar que entra no compressor para resfriar o alojamento do compressor 10. Este tipo de configuração de resfriamento usada com os compressores de ar pré-existentes reduz a eficiência do compressor, aumenta as temperaturas do ar de operação, e pode fazer com que a temperatura do alojamento do compressor 12 aumente durante o funcionamento em vazio (sem carga).

[038] O compressor de ar 10 inclui ainda uma ventoinha de resfriamento 73. A ventoinha de resfriamento 73 está operativamente conectada ao conjunto de eixo de manivelas 60 do compressor de ar 10. A rotação do conjunto de eixo de manivelas 60 gira a ventoinha de resfriamento 73, que cria um caminho de fluxo 74 que se estende perpendicularmente ao primeiro cilindro de pistão 20, ao segundo cilindro de pistão 30, ao terceiro cilindro 40 do pistão, e ao quarto cilindro de pistão 50. A ventoinha de resfriamento 73 provê uma ventilação de resfriamento para os cilindros de pistão. Em um aspecto, o caminho de fluxo perpendicular 74 criado pela ventoinha de resfriamento 73 provê ventilação para cada um dos cilindros de pistão, porque o primeiro cilindro de pistão 20, o segundo cilindro de pistão 30, o terceiro cilindro de pistão 40, e o quarto cilindro de pistão 50 estão, cada um deles, posicionados por trás da ventoinha de resfriamento 73 no caminho de fluxo perpendicular 74. A disposição radial dos cilindros de pistão permite que o resfriamento proveniente da ventoinha de resfriamento 73 flua diretamente sobre cada cilindro de pistão. Este é um aperfeiçoamento em relação aos compressores de ar pré-existentes que incluem cilindros de pistão horizontalmente opostos, em que um caminho de fluxo gerado

por uma ventoinha de resfriamento, o qual passa entre os cilindros de pistão, é parcialmente ou completamente impedido de resfriar os cilindros de pistão posicionados na parte de trás do compressor de ar. Quando os cilindros de pistão de um compressor de ar estão posicionados um atrás do outro, o caminho de fluxo de resfriamento da ventoinha de resfriamento não atinge cada um dos cilindros de pistão. O compressor de ar 10 desta invenção resolve este problema. A configuração radial do primeiro cilindro de pistão 20, do segundo cilindro de pistão 30, do terceiro cilindro de pistão 40 e do quarto cilindro de pistão 50 também permite que uma maior parte de cada cilindro de pistão fique localizada dentro do caminho de fluxo 74 da ventoinha de resfriamento 73. Também é contemplado que a ventoinha de resfriamento 73 possa ser operada com uma embreagem para otimizar o resfriamento do compressor de ar 10.

[039] Ao ser utilizada a configuração do compressor de ar 10 acima descrita, as dimensões totais são reduzidas em comparação com os compressores de ar pré-existentes. Sem os cilindros de pistão posicionados lado a lado na direção longitudinal ao longo do corpo do compressor 12, o comprimento longitudinal do compressor de ar 10 é diminuído em comparação com os compressores de ar pré-existentes. Posicionando-se o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 a 18 graus a partir do plano horizontal 14 do compressor de ar 10, a largura do compressor de ar 10 é menor em comparação com os compressores de ar com cilindros de pistão posicionados horizontalmente. Além disso, posicionando-se o primeiro cilindro de pistão 20 e o quarto cilindro de pistão 50 a 18 graus a partir do plano horizontal 14 do compressor de ar 10, a altura do compressor de ar 10 é reduzida em comparação com os compressores de ar pré-existentes, especialmente em um compressor de ar com os cilindros de pistão dispostos em uma configuração em "W".

[040] Com referência às figs. 12 a 17, as bielas 63, 66, 69, 72 são descritas em maiores detalhes. Embora a descrição seja apresentada com relação à biela 63, deve ser entendido que as demais bielas 66, 69, 72 são configuradas de maneira semelhante à biela 63. A biela 63 inclui um membro de barra 100, uma extremidade receptora de pino de manivela 102, provida em uma extremidade do membro de barra 100, e uma extremidade receptora de pino de biela 104, provida em uma extremidade oposta do membro de barra

100. O membro de barra 100 pode ser substancialmente retangular, estendendo-se entre a extremidade receptora do pino de manivela 102 e a extremidade receptora de pino de biela 104. A extremidade receptora do pino de manivela 102 e a extremidade receptora de pino de biela 104 são substancialmente circulares e definem um orifício receptor de pino de manivela 106 e um orifício receptor de pino de biela 108, respectivamente. Uma vez montado, o pino de manivela do conjunto de eixo de manivelas 60 é inserido através do orifício receptor de pino de manivela 106, e o pino de biela do primeiro conjunto de pistão 61 é inserido através do orifício receptor de pino de biela 108 da biela 63.

[041] A biela 63 pode ser provida como duas porções separadas 110, 112. A primeira porção 110 pode incluir o membro de barra 100 e a extremidade receptora de pino de biela 104. A segunda porção 112 pode incluir a extremidade receptora de pino de manivela 102. A primeira porção 110 e a segunda porção 112 podem ser divididas em uma linha de separação 114. O membro de barra 100 e a extremidade receptora de pino de biela 104 podem ficar posicionados acima da linha de separação 114, e a extremidade receptora de pino de manivela 102 pode ficar posicionada abaixo da linha de separação 114. A linha de separação 114 está posicionada entre o membro de barra 100 e a extremidade receptora de pino de manivela 102, que fica disposta em uma posição mais elevada do que a posição onde as bielas típicas são divididas. Uma primeira porção de base 101 pode estender-se a partir de uma superfície superior da extremidade receptora de pino de manivela 102. Uma segunda porção de base 103 pode estender-se a partir de uma superfície inferior do membro de barra 100. A linha de separação 114 pode ser estabelecida entre a primeira porção de base 101 e a segunda porção de base 103. Pelo menos dois parafusos prisioneiros 118 podem estender-se a partir da superfície superior da segunda porção 112. Os parafusos prisioneiros 118 podem ser recebidos em aberturas correspondentes na primeira porção 110. Porcas 120 podem ser rosqueadas nas extremidades dos parafusos prisioneiros 118, para travarem a primeira porção 110 sobre a segunda porção 112. Também é contemplado que a primeira porção 110 e a segunda porção 112 possam ser aparafusadas juntas na linha de separação 114. Conforme ilustrado na fig. 15, um par de parafusos 131 podem ser providos para conectarem as duas porções 110, 112. Os parafusos 131 podem ser rosqueados em aberturas 133

definidas na segunda porção 112. Conforme mostrado na fig. 14, pelo menos um pino de posicionamento 119 pode ser provido em uma superfície superior da segunda porção 112. Em um aspecto, dois pinos de posicionamento 119 podem ser providos na segunda porção 112. Os pinos de posicionamento 119 podem ser inseridos em aberturas correspondentes definidas na primeira porção 110. Os pinos de posicionamento 119 ajudam a alinhar a primeira porção 110 e a segunda porção 112 uma em relação à outra, na conexão das duas porções 110, 112 com os parafusos prisioneiros 118 e as porcas 120.

[042] Conforme ilustrado nas figs. 12 e 13, as bielas do estado da arte anterior são tipicamente divididas na linha de separação pontilhada 116. Esta linha de separação 116 estende-se através do centro da extremidade receptora de pino de manivela 102. Dividindo-se a biela 63 acima da extremidade receptora de pino de manivela 102, conforme a presente descrição, um rolamento de peça única (não fendido) de qualquer tipo (plano, de esferas, com roletes, etc.) pode ser vedado com elementos de vedação que também não têm divisões dentro da extremidade receptora de pino de manivela 102. As bielas do estado da técnica anterior não provêem esta característica, já que a linha de separação 116 se estende através da extremidade receptora de pino de manivela 102, criando a necessidade por um rolamento fendido e por elementos de vedação. Esta concepção em peça única ou não separada da extremidade receptora de pino de manivela 102 simplifica bastante o projeto da biela 63 e melhora a lubrificação de longa vida do rolamento na extremidade receptora de pino de manivela 102. Esta concepção adiciona mais simplicidade do que os projetos típicos, uma vez que não são necessárias tolerâncias rígidas entre as duas porções de extremidade da biela e podem ser utilizados rolamentos padronizados. Ao ser eliminada a linha de separação 116 dentro da extremidade receptora de pino de manivela 102, uma superfície de vedação também é eliminada, criando assim menos caminhos para a graxa lubrificante escapar do rolamento.

[043] Conforme ilustrado nas figs. 16 e 17, diversos rolamentos podem ser providos na biela 63. Um rolamento de pino de biela 122 pode ser provido no orifício receptor de pino de biela 108. O rolamento de pino de biela 122 pode ser vedado no orifício receptor de pino de biela 108 utilizando-se uma vedação de rolamento de pino de biela 124. Da mesma forma, um rolamento de pino de manivela 126 pode ser provido no orifício

receptor de pino de manivela 106. O rolamento de pino de manivela 126 pode ser vedado no orifício receptor de pino de manivela 106 utilizando-se uma vedação de rolamento de pino de manivela 128. O rolamento de pino de manivela 126 e o rolamento de pino de biela 122 podem ser de qualquer tipo, incluindo rolamentos planos, de esfera, e com roletes, entre outros. Um primeiro ponto de lubrificação com graxa 130 pode ser provido na extremidade receptora de pino de manivela 102. O primeiro ponto de lubrificação com graxa 130 está configurado para prover lubrificação para o rolamento de pino de manivela 126. Do mesmo modo, um segundo ponto de lubrificação com graxa 132 pode ser provido no membro de barra 100. O segundo ponto de lubrificação com graxa pode ser configurado para prover lubrificação para o rolamento do pino de biela 122.

[044] A biela 63 provê vários conceitos de projeto que melhoram a facilidade de montagem da biela 63 e a capacidade de manutenção do compressor de ar 10. A extremidade receptora de pino de manivela 102 em peça única permite que o rolamento de pino de manivela 126 e a vedação do rolamento de pino de manivela 128 sejam montados como um subconjunto completo antes da montagem no conjunto de eixo de manivelas 60. A biela 63 dividida também permite a substituição da primeira porção 110 e da segunda porção 112 independentemente uma da outra. Esta substituição não pode ser feita em compressores de ar com bielas de peça única, como as que são frequentemente utilizadas nos compressores livres de óleo. Com bielas de peça única, é necessário tipicamente remover a biela inteira do compressor para substituir o rolamento do pino de biela. Isto significa que o rolamento de pino de manivela precisa ser manipulado, e frequentemente é necessário que o conjunto inteiro do eixo de manivelas seja removido, o que muitas vezes é mais complexo, requerendo uma manutenção dispendiosa. Como são necessárias ferramentas especiais para esta manutenção, esta é uma tarefa que comumente não pode ser concluída em campo por um usuário final. A biela 63 dividida permite que a primeira porção 110 seja removida sem ser preciso manipular o rolamento de pino de manivela 126. O processo também é simplificado para o usuário final. Da mesma forma, a segunda porção 112 pode ser removida sem ser preciso manipular o rolamento de pino de biela 122.

[045] Além disso, a biela 63 é fabricada de modo a que a primeira porção 110 e a

segunda porção 112 não sejam um "par casado". Portanto, qualquer primeira porção 110 e qualquer segunda porção 112 podem ser combinadas para formarem uma única biela 63. Isto permite a provisão de uma primeira porção 110 incluindo um novo pino de biela já vedado e lubrificado, que pode ser instalado em qualquer segunda porção 112 já montada no compressor de ar 10. As bielas divididas tradicionais são pares casados em que a extremidade receptora de pino da manivela e a extremidade receptora de pino de biela são usinadas como uma unidade única, e depois divididas no centro da extremidade receptora de pino de manivela. A biela deve sempre permanecer unida como um par. Movendo-se a linha de separação 114 acima da extremidade receptora de pino de manivela 102 e utilizando-se pinos de posicionamento 119, a primeira porção 110 e a segunda porção 112 não precisam ser mantidas como um par casado. Esta característica permite que um *kit* completo de extremidade receptora de pino de biela 104 (uma extremidade receptora de pino de biela com um novo pino de biela, um conjunto de pistão, e opcionalmente um conjunto de cilindro) seja provido para a manutenção de meia-vida, para instalação em campo.

[046] Um método para re-lubrificar o rolamento de pino de manivela 126 durante sua vida útil é descrito abaixo. Os rolamentos tradicionais com uma única fileira de esferas em um sulco profundo não contêm uma ranhura ou ponto de lubrificação para permitir a re-lubrificação em serviço, como alguns rolamentos esféricos, rolamentos com roletes, rolamentos de agulha, e rolamentos com fileiras duplas de esferas. Os rolamentos de bordas vedadas exigem que uma vedação seja removida para haver o reabastecimento de graxa no rolamento. Na presente biela 63, o rolamento de pino de manivela 126 é vedado com vedações (ou blindagens) de rolamento de pino de manivela 128 instaladas externamente. Para prover uma maior cavidade de lubrificação com graxa e meios para instalar a graxa, um par de anéis espaçadores 134, 135 (fig. 16) são instalados entre o rolamento de pino de manivela 126 e a vedação de rolamento de pino de manivela 128. Os anéis espaçadores 134, 135 podem ser colocados em um ou em ambos os lados do rolamento de pino de manivela 126. O anel espaçador interno 134 inclui um lábio que mantém a posição do dito anel espaçador interno 134 durante a montagem. O anel espaçador externo 135 inclui ranhuras que permitem que a graxa passe em torno do

mesmo anel espaçador externo 135 e dentro do rolamento de pino de manivela 126. O primeiro ponto de lubrificação com graxa 130 pode estar alinhado e em comunicação com o anel espaçador externo 135.

[047] Usando este conjunto da biela 63, a segunda porção 112 pode ser construída completa, com um rolamento, espaçadores, vedações, e graxa, antes da instalação no conjunto de eixo de manivelas 60 do compressor. Uma vez instalado, ele pode ser mantido em bom estado pela adição de graxa no rolamento de pino de manivela 126, para substituir a graxa que foi perdida através da vedação de rolamento de pino de manivela 128, durante a meia-vida do compressor de ar 10, quando a primeira porção 110 sofre manutenção. Como mencionado anteriormente, a biela 63 dividida permite a manutenção e a substituição da primeira porção 110.

[048] Embora um aspecto de um compressor sem óleo radialmente configurado tenha sido mostrado nas figuras anexas e descrito acima em detalhes, outros aspectos serão aparentes e facilmente realizáveis pelos peritos na arte, sem fugir do escopo e do espírito da invenção. Por conseguinte, a descrição acima destina-se a ser ilustrativa e ao invés de restritiva. O invento aqui descrito é definido pelas reivindicações anexas, e todas as alterações na invenção, que estejam dentro do significado e do alcance de equivalência das reivindicações, estão abrangidas dentro do seu escopo.

Reivindicações

1. Compressor sem óleo (10) para um veículo ferroviário, compreendendo:

um alojamento do compressor (12);

um membro de suporte (13) fixado a uma superfície inferior de um alojamento do compressor (12) para montar o compressor (10) a um veículo ferroviário;

um primeiro cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40) suportado no alojamento do compressor (12);

um segundo cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40) suportado no alojamento do compressor (12);

um primeiro cilindro de pistão de alta pressão (20 ou 50) suportado no alojamento do compressor (12);

um segundo cilindro de pistão de alta pressão (20 ou 50) suportado no alojamento do compressor (12); e

um conjunto de eixo de manivelas (60) suportado pelo alojamento do compressor (12) e conectado a pistões (61, 64, 67) dos cilindros de pistão (20, 30, 40, 50) por meio de respectivas bielas (63);

caracterizado por

os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão (30, 40) e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão (20, 50) estarem posicionados em uma configuração em formato de “X” em torno de uma circunferência externa do alojamento do compressor (12);

dois dos primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão (30, 40) e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão (20, 50) estarem configurados como as primeira e segunda pernas inferiores da configuração em formato de “X”, e dois dos primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão (30, 40) e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão (20, 50) estarem configurados como as primeira e segunda pernas superiores da configuração em formato de “X”;

as primeira e segunda pernas inferiores da configuração em formato de “X” estão posicionadas abaixo de um plano horizontal (14) que passa através de um eixo longitudinal

(11) do conjunto de eixo de manivelas (60) e as primeira e segunda pernas superiores da configuração em formato de “X” estão posicionadas abaixo de um plano horizontal (14); e

as primeira e a segunda pernas inferiores de uma configuração em formato de “X” se projetam para fora e para baixo a partir do alojamento do compressor (12) para repousar angularmente (14) entre o plano horizontal e o membro de suporte (13).

2. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão (20, 50) estarem configurados como as primeira e segunda pernas inferiores da configuração em formato de “X”, e os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão (30, 40) estarem configurados como as primeira e segunda pernas superiores da configuração em formato de “X”.

3. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por uma distância angular entre as duas pernas da configuração em formato de “X” ser maior do que a distância entre as duas pernas superiores da configuração em formato de “X”.

4. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por a configuração em formato de “X” não ser simétrica em relação a um plano horizontal (14) que passa através de um eixo longitudinal (11) do conjunto de eixo de manivelas (60).

5. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por a configuração em formato de “X” ser simétrica em relação a um plano vertical (14) que passa através de um eixo longitudinal (11) do conjunto de eixo de manivelas (60).

6. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** por uma distância angular entre o primeiro cilindro de pistão de alta pressão (20 ou 50) e o primeiro cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40), uma distância angular entre o primeiro cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40) e o segundo cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40), e uma distância angular entre o segundo cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40) e o segundo cilindro de pistão de alta pressão (20 ou 50) serem iguais entre si.

7. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** por os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão (20 ou 50) estarem posicionados abaixo do plano horizontal (14) que passa através de um eixo longitudinal (11) do conjunto de eixo de manivelas (60).

8. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por uma distância angular entre as duas pernas da configuração em formato de “X” ser menor do que a soma de uma distância angular entre a primeira perna inferior e a primeira perna superior, uma distância angular entre a primeira perna superior e a segunda perna superior, e uma distância angular entre a segunda perna superior e a segunda perna inferior da configuração em formato de “X”.

9. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por o alojamento do compressor (12) ter uma seção transversal com formato pentagonal.

10. Compressor sem óleo (10) para um veículo ferroviário, compreendendo:

um alojamento do compressor (12);

um membro de suporte (13) fixado a uma superfície inferior de um alojamento do compressor (12) para montar o compressor (10) a um veículo ferroviário;

um primeiro cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40) suportado no alojamento do compressor (12);

um segundo cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40) suportado no alojamento do compressor (12);

um primeiro cilindro de pistão de alta pressão (20 ou 50) suportado no alojamento do compressor (12);

um segundo cilindro de pistão de alta pressão (20 ou 50) suportado no alojamento do compressor (12);

um conjunto de eixo de manivelas (60) suportado pelo alojamento do compressor (12) e conectado a pistões (61, 64, 67) dos cilindros de pistão alta pressão (20, 30, 40, 50) por meio de respectivas bielas (63); e

uma ventoinha de refrigeração (73) operacionalmente conectada ao conjunto de eixo de manivelas (60);

caracterizado por

os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão (30, 40) e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão (20, 50) estarem posicionados em uma configuração em formato de “X” em torno de uma circunferência externa do alojamento do compressor (12);

dois dos primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão (30, 40) e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão (20, 50) estarem configurados como as primeira e segunda pernas inferiores da configuração em formato de “X”, e dois dos primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão (30, 40) e os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão (20, 50) estarem configurados como as primeira e segunda pernas superiores da configuração em formato de “X”;

as primeira e segunda pernas inferiores da configuração em formato de “X” estão posicionadas abaixo de um plano horizontal (14) que passa através de um eixo longitudinal (11) do conjunto de eixo de manivelas (60) e as primeira e segunda pernas superiores da configuração em formato de “X” estão posicionadas abaixo de um plano horizontal (14); e

as primeira e a segunda pernas inferiores de uma configuração em formato de “X” se projetam para fora e para baixo a partir do alojamento do compressor (12) para repousar angularmente entre o plano horizontal (14) e o membro de suporte (13).

11. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** por os primeiro e segundo cilindros de pistão de alta pressão (20, 50) estarem configurados como as primeira e segunda pernas inferiores da configuração em formato de “X”, e os primeiro e segundo cilindros de pistão de baixa pressão (30, 40) estarem configurados como as primeira e segunda pernas superiores da configuração em formato de “X”.

12. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** por uma distância angular entre as duas pernas da configuração em formato de “X” ser maior do que a distância entre as duas pernas superiores da configuração em formato de “X”.

13. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato da configuração em formato de “X” não ser simétrica em relação a um plano horizontal (14) que passa através de um eixo longitudinal (11) do conjunto de eixo de manivelas (60).

14. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** por uma distância angular entre o primeiro cilindro de pistão de alta pressão (20 ou 50) e o primeiro cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40), uma distância angular entre o primeiro cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40) e o segundo cilindro de pistão de baixa pressão (30 ou 40), e uma distância angular entre o segundo cilindro de pistão de

baixa pressão (30 ou 40) e o segundo cilindro de pistão de alta pressão (20 ou 50) serem iguais entre si.

15. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** por a configuração em formato de “X” ser simétrica em relação a um plano vertical (14) que passa através de um eixo longitudinal (11) do conjunto de eixo de manivelas (60).

16. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** por a ventoinha de refrigeração (73) criar um caminho de fluxo substancialmente perpendicular aos cilindros de pistão (20, 30, 40, 50).

17. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** por cada cilindro de pistão (20, 30, 40, 50) estar posicionado no caminho de fluxo da ventoinha de resfriamento (73).

18. Compressor sem óleo (10), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** por os primeiro e o segundo cilindros de pressão de pistão (20, 50) estarem posicionados abaixo de um plano horizontal pistão (14) que passa através de um eixo longitudinal (11) do conjunto de eixo de manivelas (60).

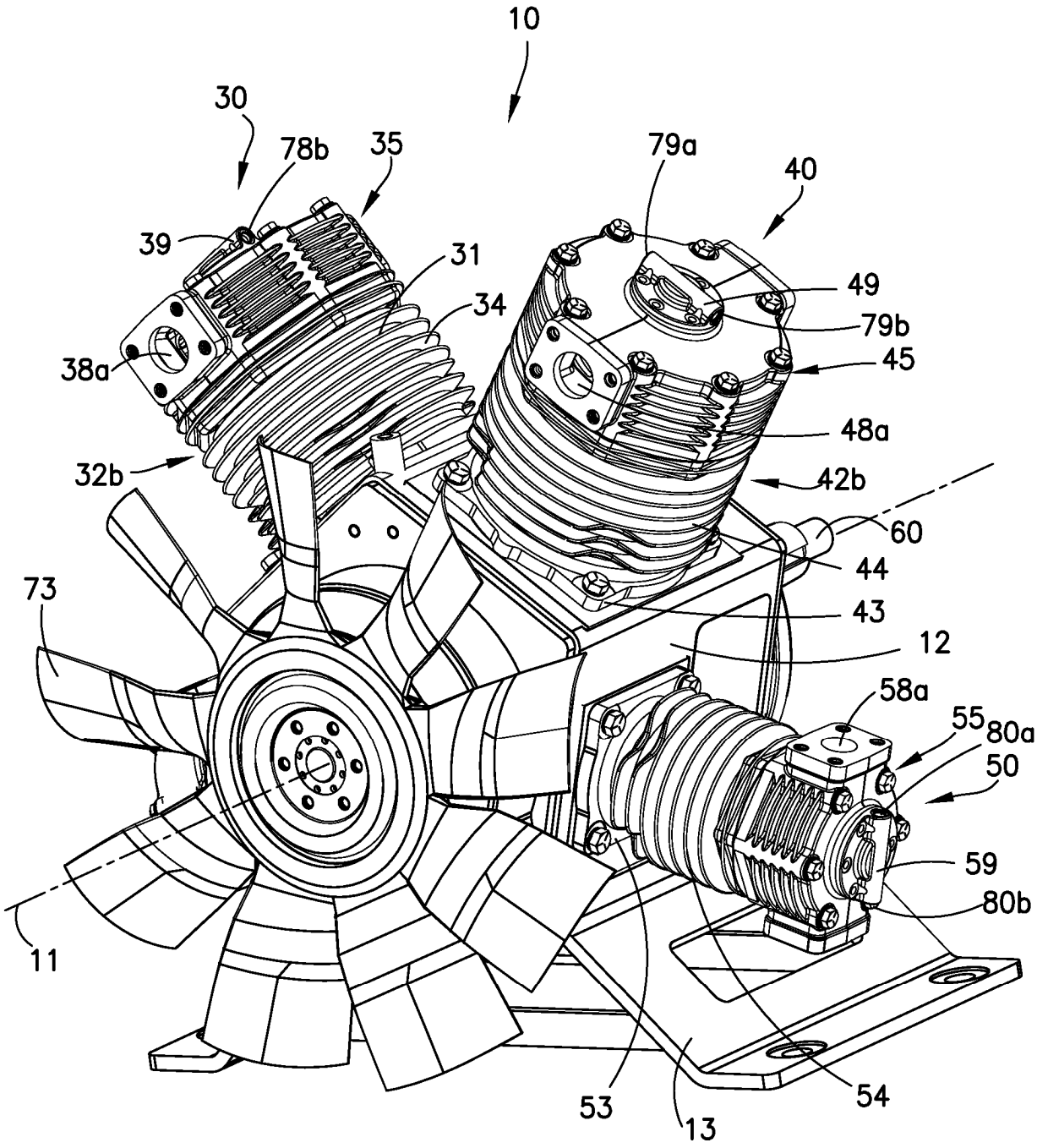

10
30
78b
35
79a
40
39
31
49
34
79b
38a
45
48a
32b
42b
60
44
73
43
12
58a
55
80a
50
59
80b
11
53
13
54

FIG. 1

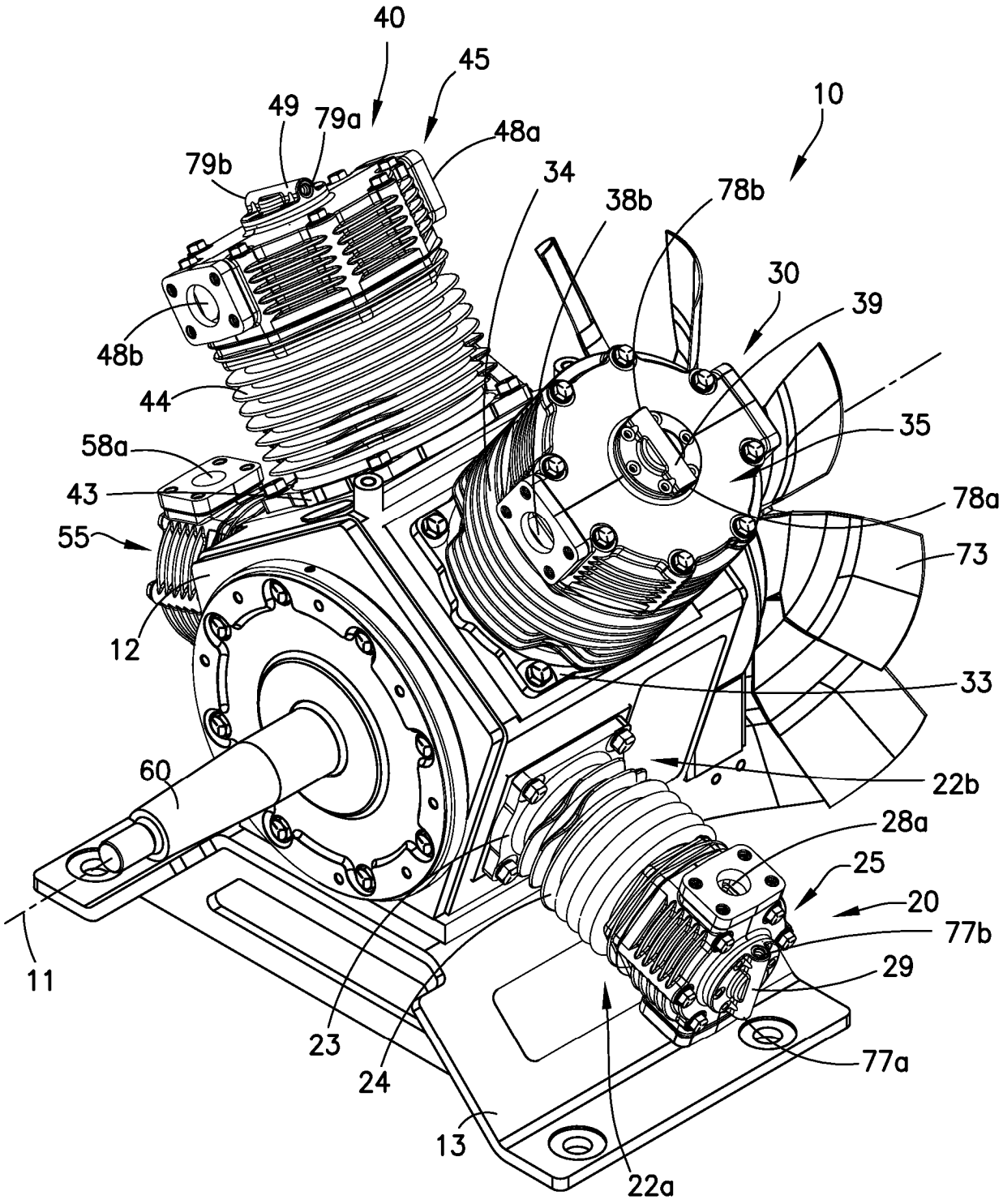

40
45
49
79a
48a
79b
10
34
38b
78b
30
39
48b
44
35
58a
43
78a
55
73
12
33
60
22b
28a
25
20
77b
11
29
23
77a
24
13
22a

FIG.2

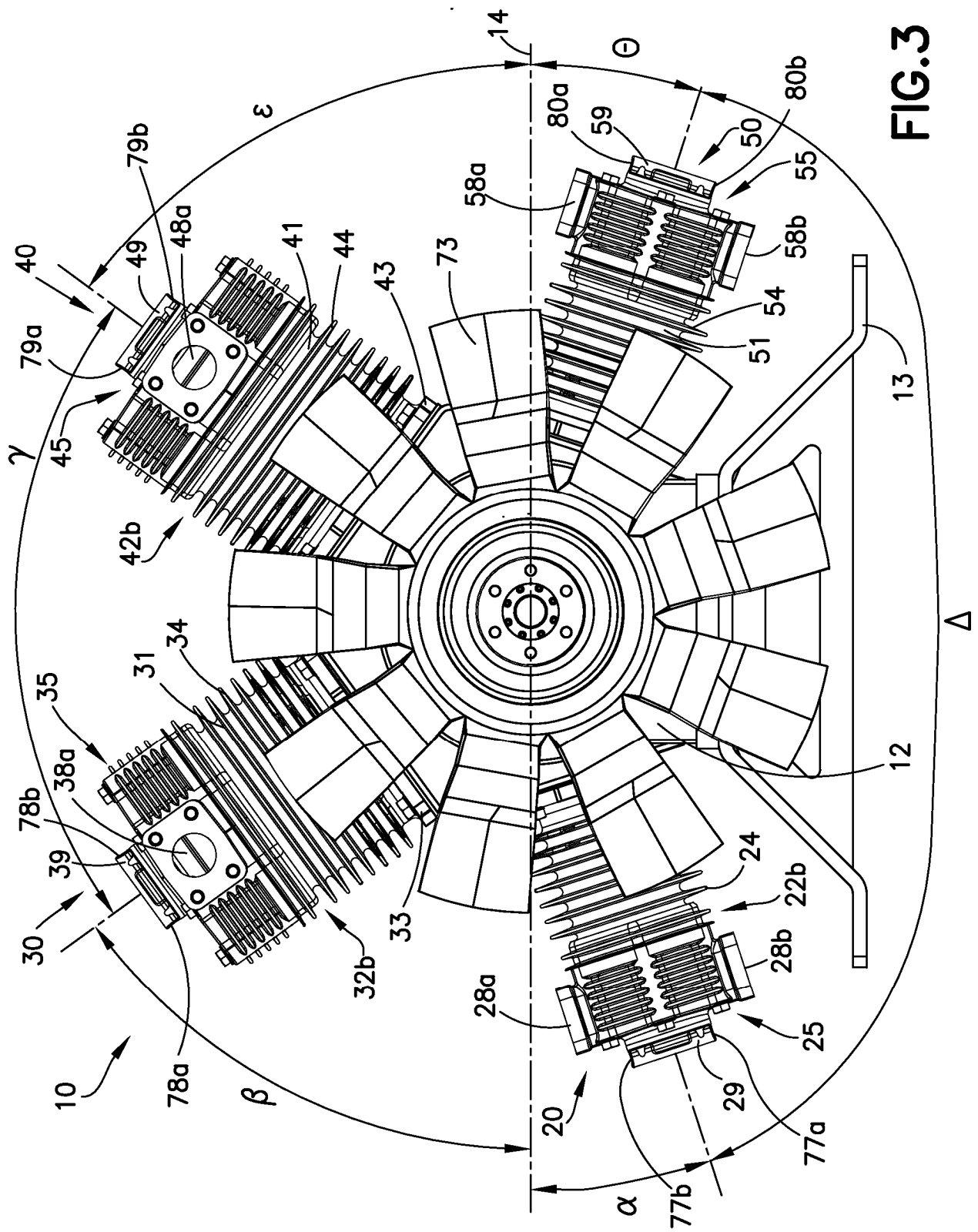

14
Θ
ε
80a
59
50
80b
55
58a
58b
54
51
13
12
Δ
24
22b
28b
25
29
77a
77b
α
20
28a
33
32b
34
31
35
38a
78b
39
30
78a
10
β
γ
45
42b
79a
40
49
48a
79b
41
44
43
73

FIG.3

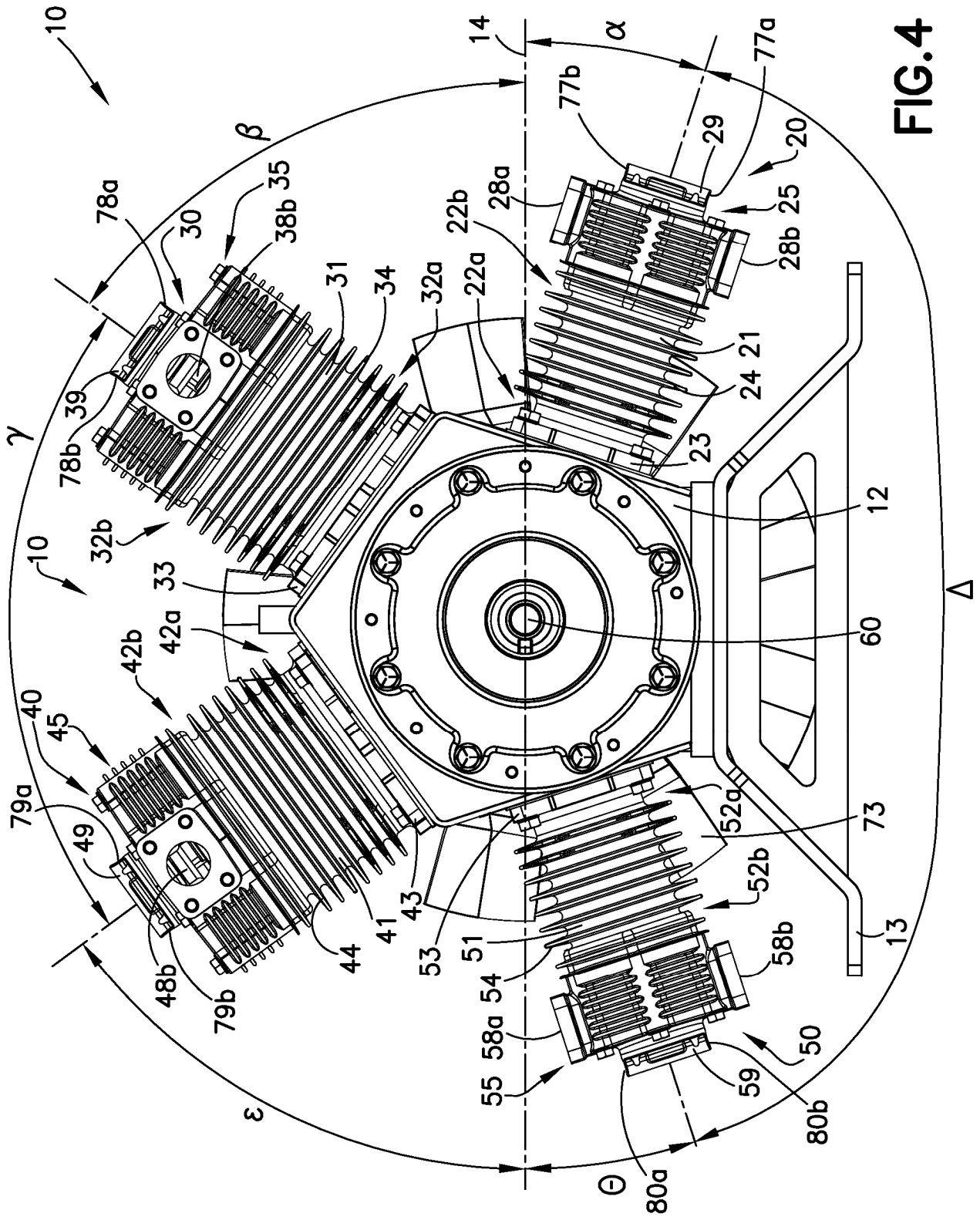

10
14
α
β
γ
ε
Θ
Δ
77a
77b
29
20
25
28a
28b
22b
22a
32a
34
31
35
38b
30
78a
78b
39
21
24
23
12
60
32b
33
42a
42b
40
45
79a
49
48b
79b
44
41
43
53
51
54
58a
55
52a
73
52b
58b
13
50
59
80b
80a

FIG.4

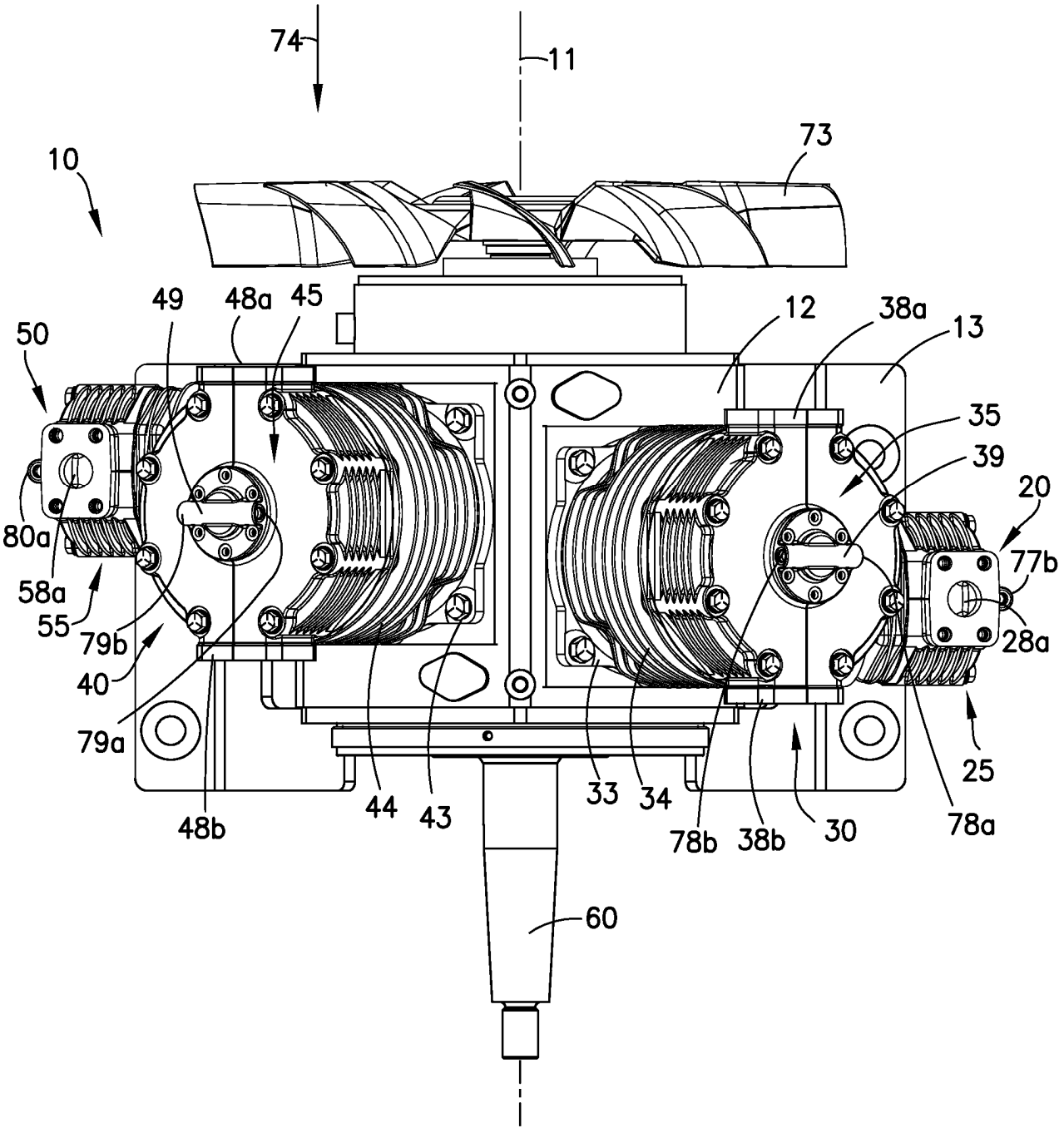

74
11
73
10
49
48a
45
12
38a
13
50
35
39
20
80a
77b
58a
55
79b
28a
40
79a
25
48b
44
43
33
34
78b
38b
30
78a
60

FIG.5

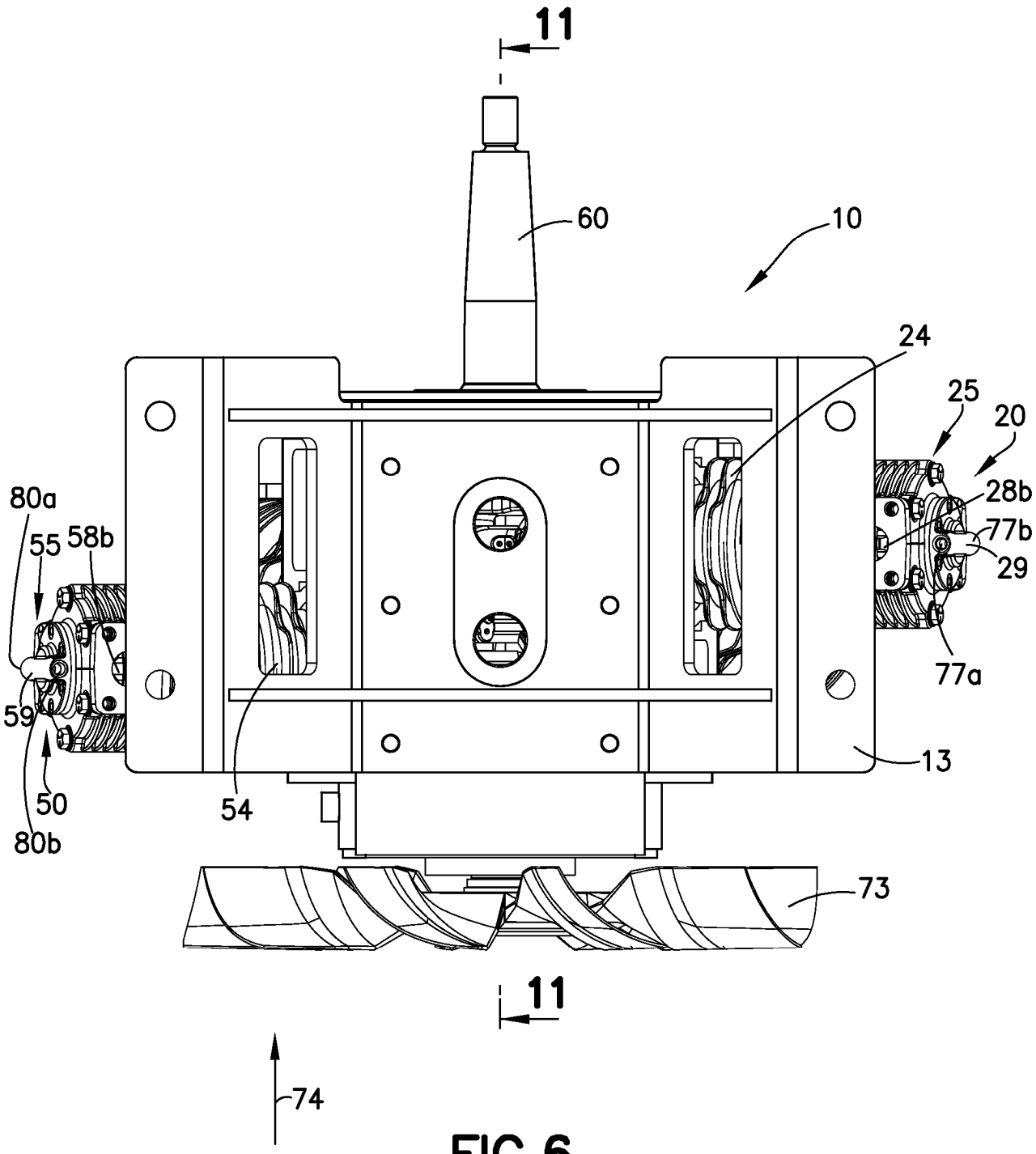


FIG.6

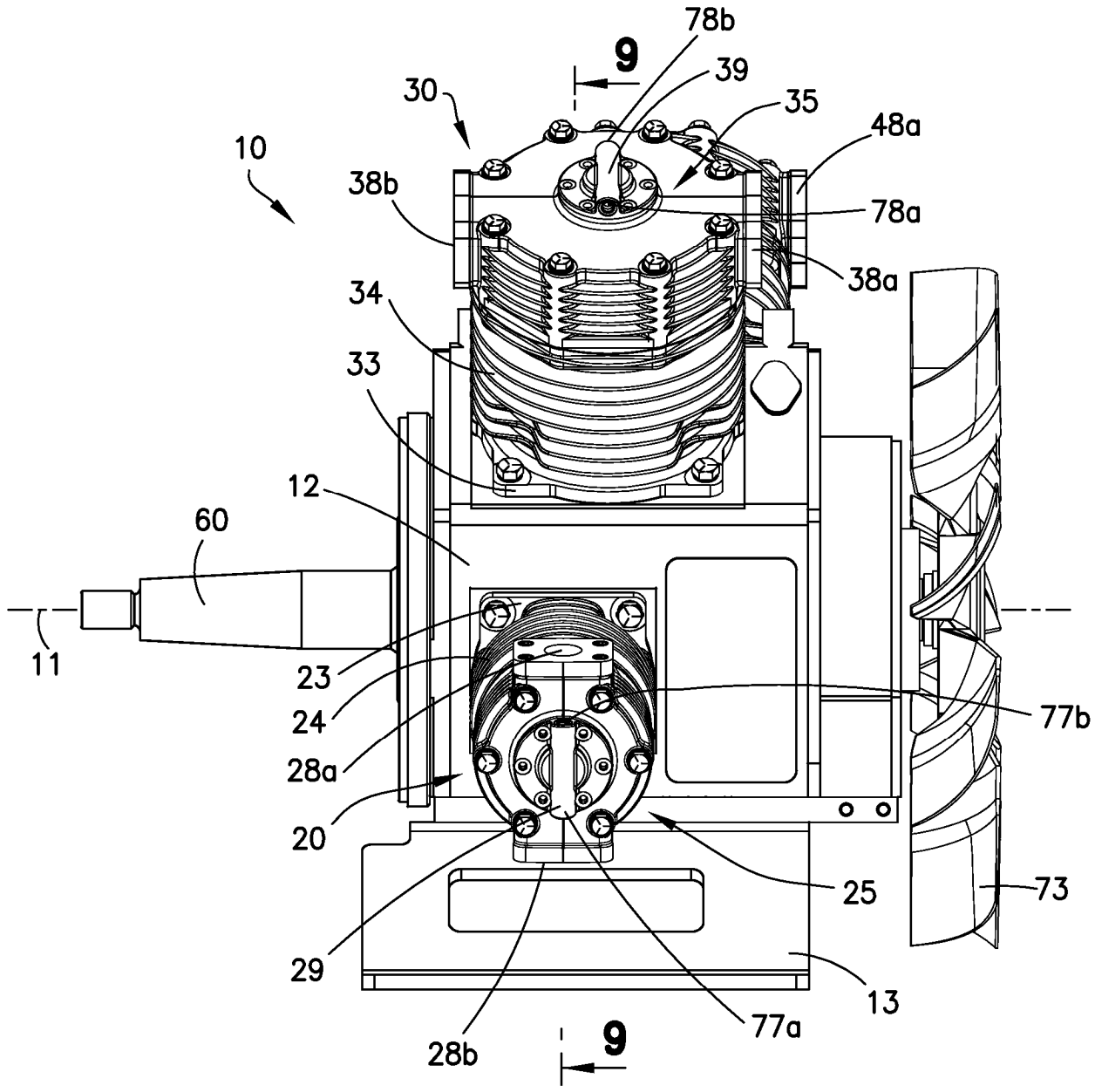

78b
9
39
30
35
48a
10
38b
78a
38a
34
33
12
60
11
23
24
28a
20
77b
25
73
29
13
77a
28b
9

FIG.7

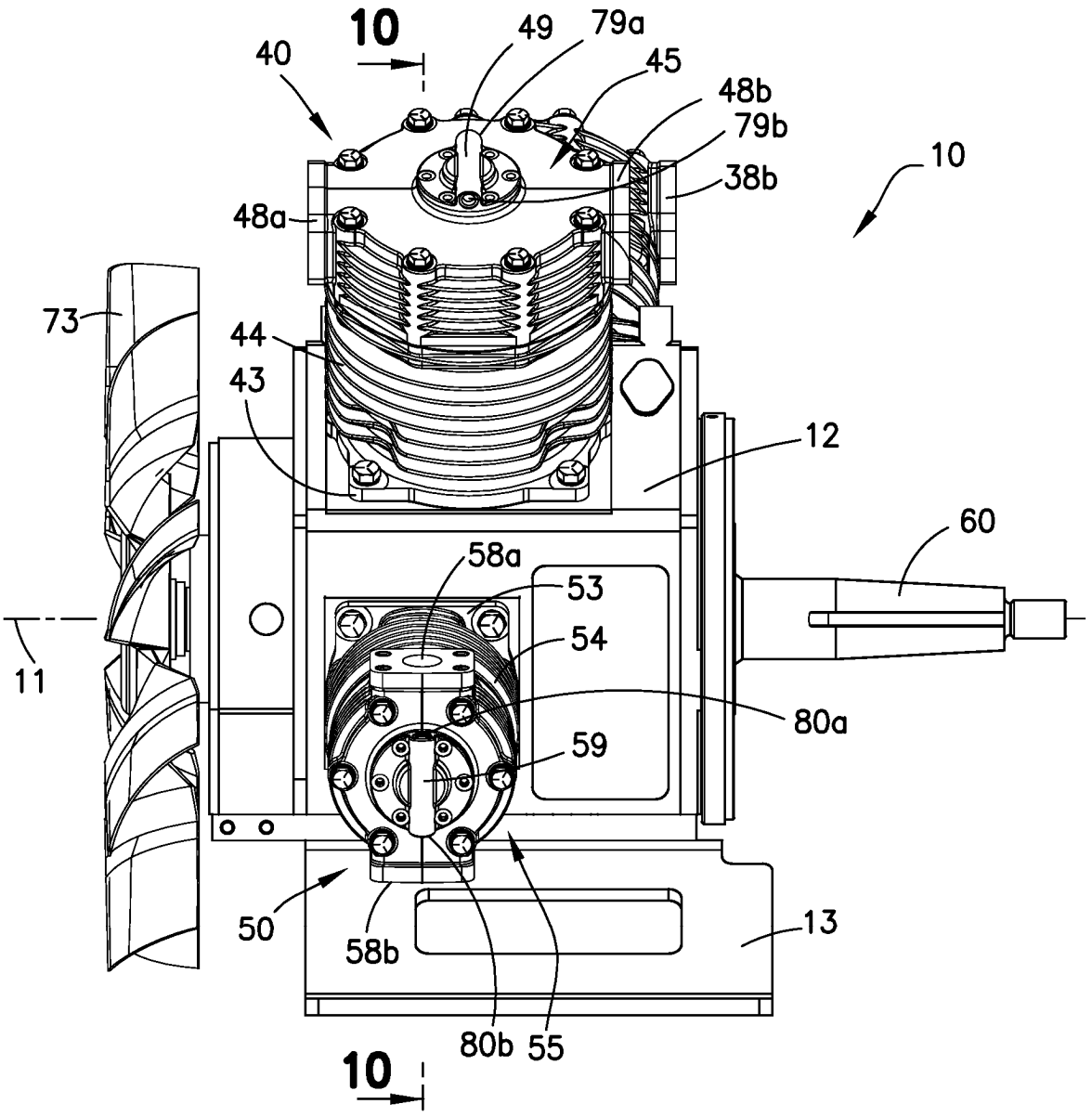

10
49
79a
40
45
48b
79b
10
38b
48a
73
44
43
12
60
58a
53
54
11
80a
59
50
58b
13
80b
55
10

FIG.8

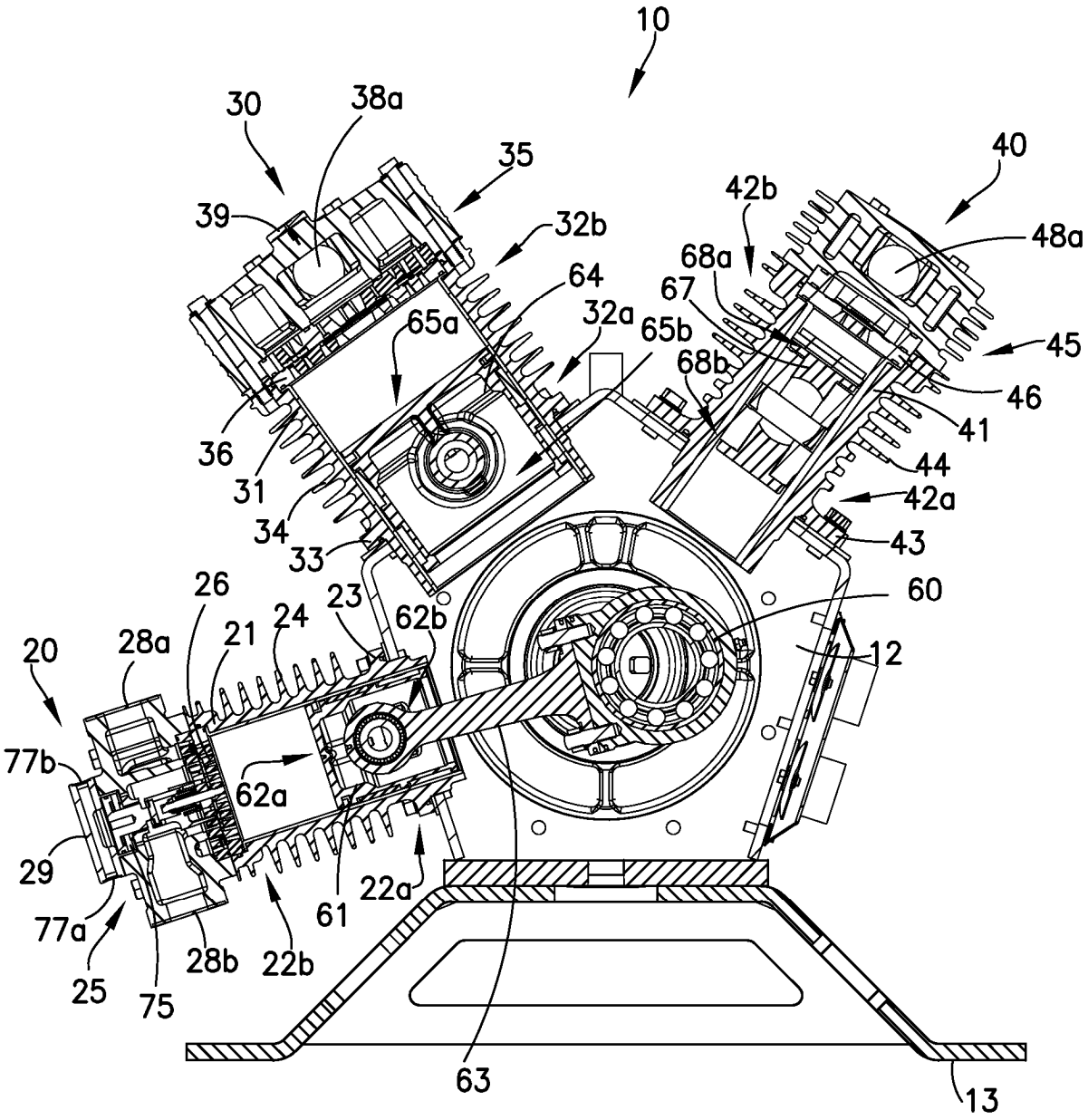

10
30
38a
35
40
42b
39
32b
48a
68a
64
67
32a
65a
65b
45
68b
46
36
41
31
44
34
42a
33
43
26
23
60
24
62b
28a
21
12
20
77b
62a
29
22a
61
77a
28b
22b
25
75
63
13

FIG.9

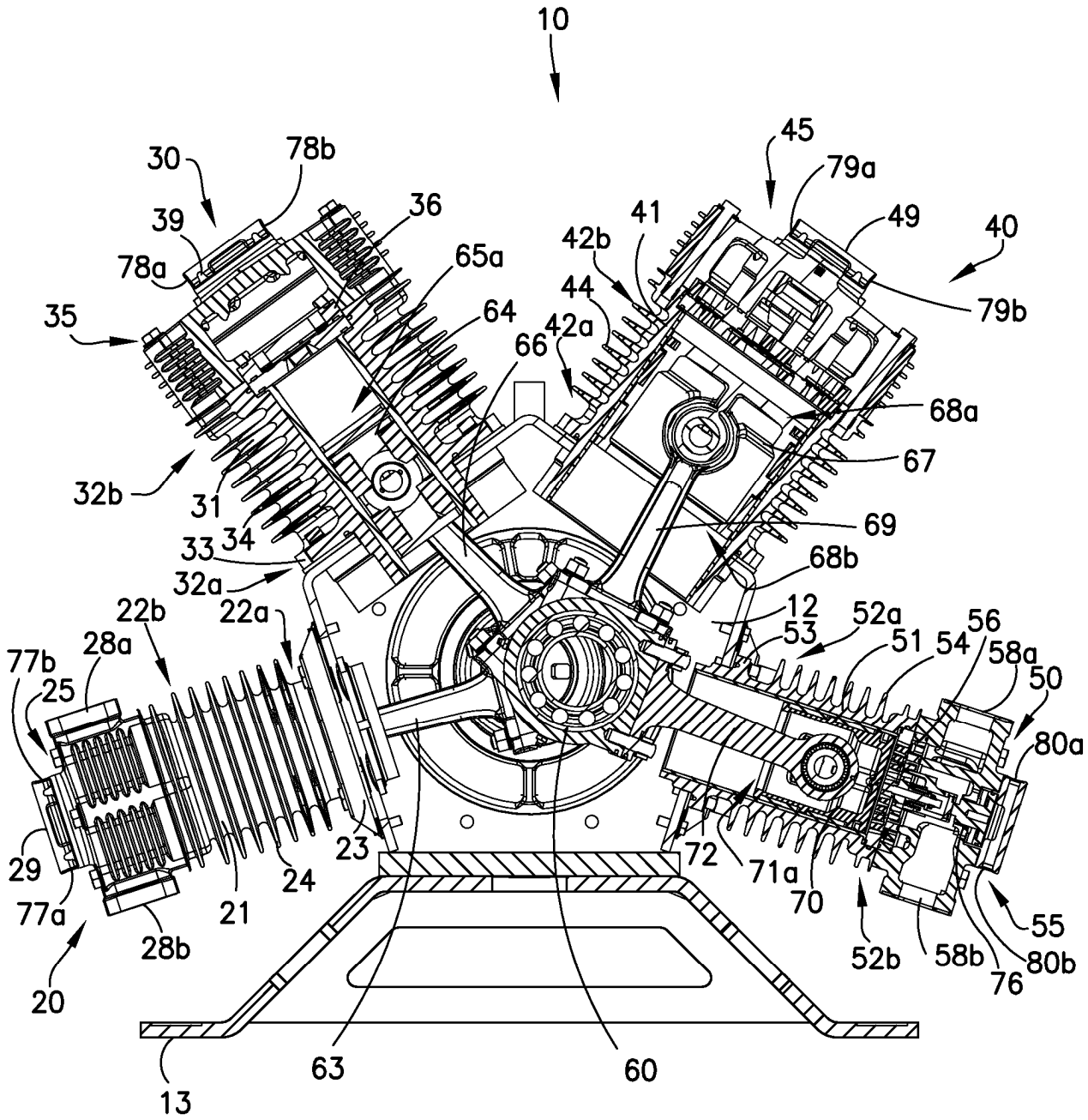

10
30
78b
39
36
78a
65a
35
64
66
42a
44
42b
41
45
79a
49
40
79b
68a
67
69
68b
32b
31
34
33
32a
22b
22a
12
52a
53
51
54
56
58a
50
80a
77b
28a
25
29
77a
28b
20
21
24
23
72
71a
70
52b
58b
76
80b
55
63
60
13

FIG.10

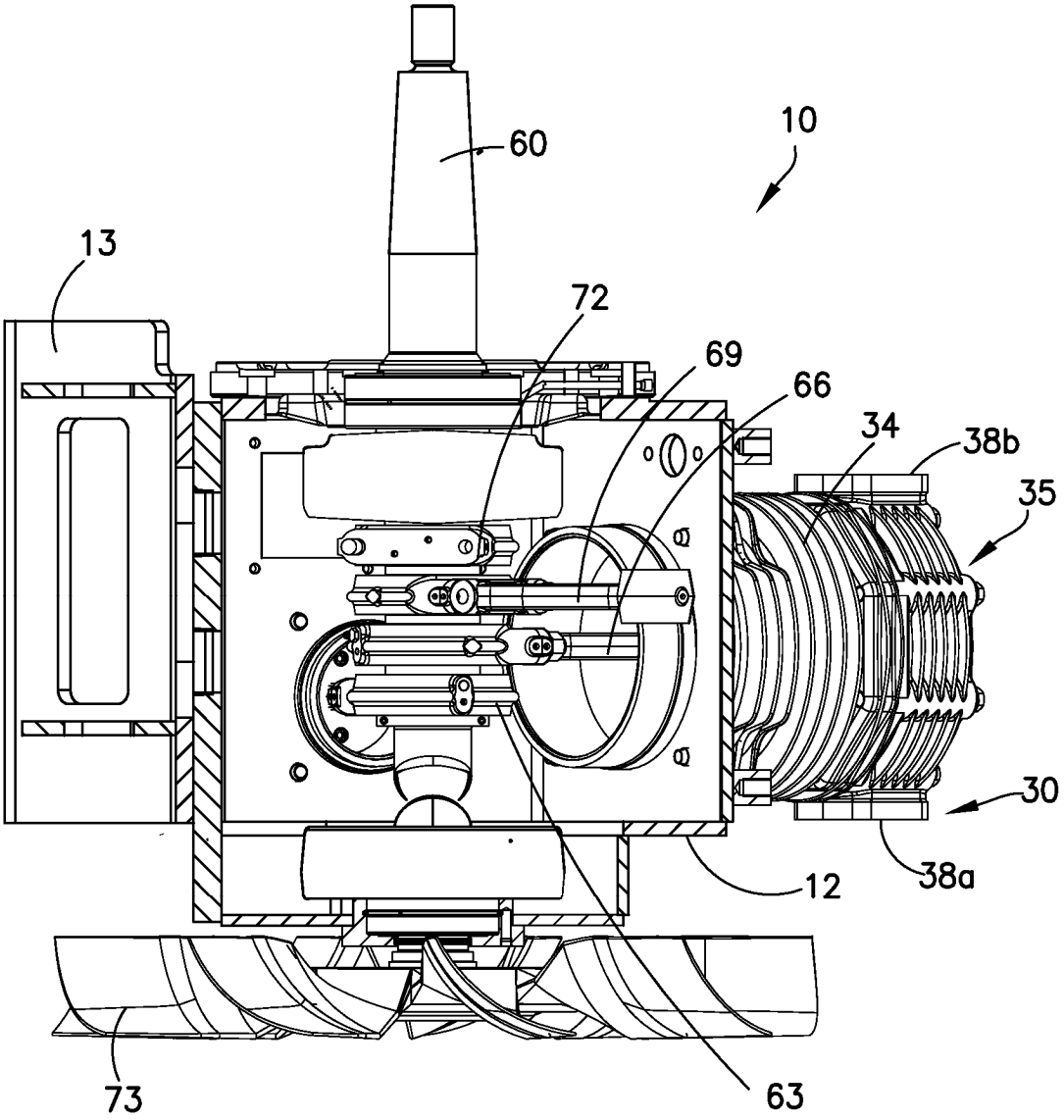


FIG.11

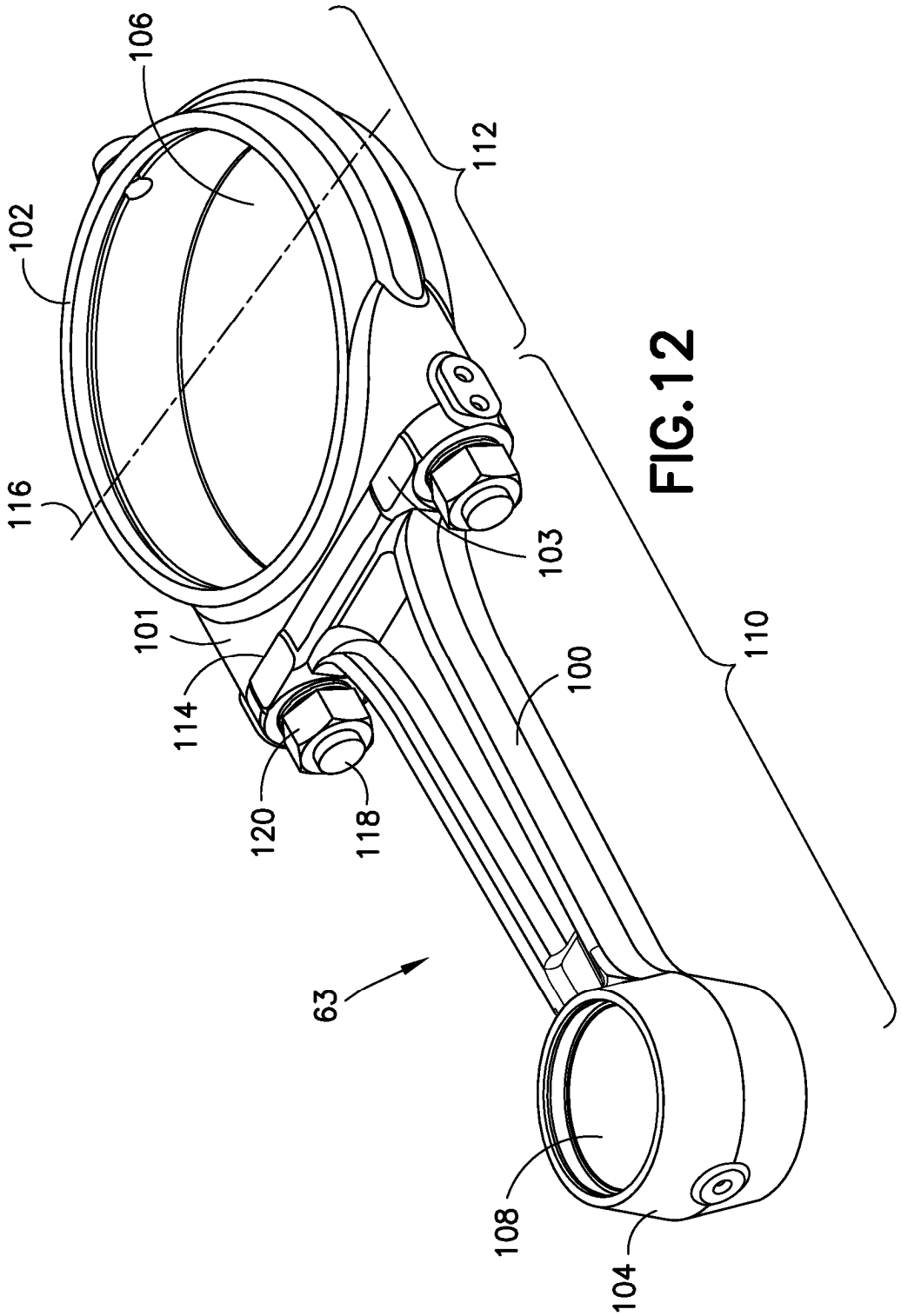


FIG.12

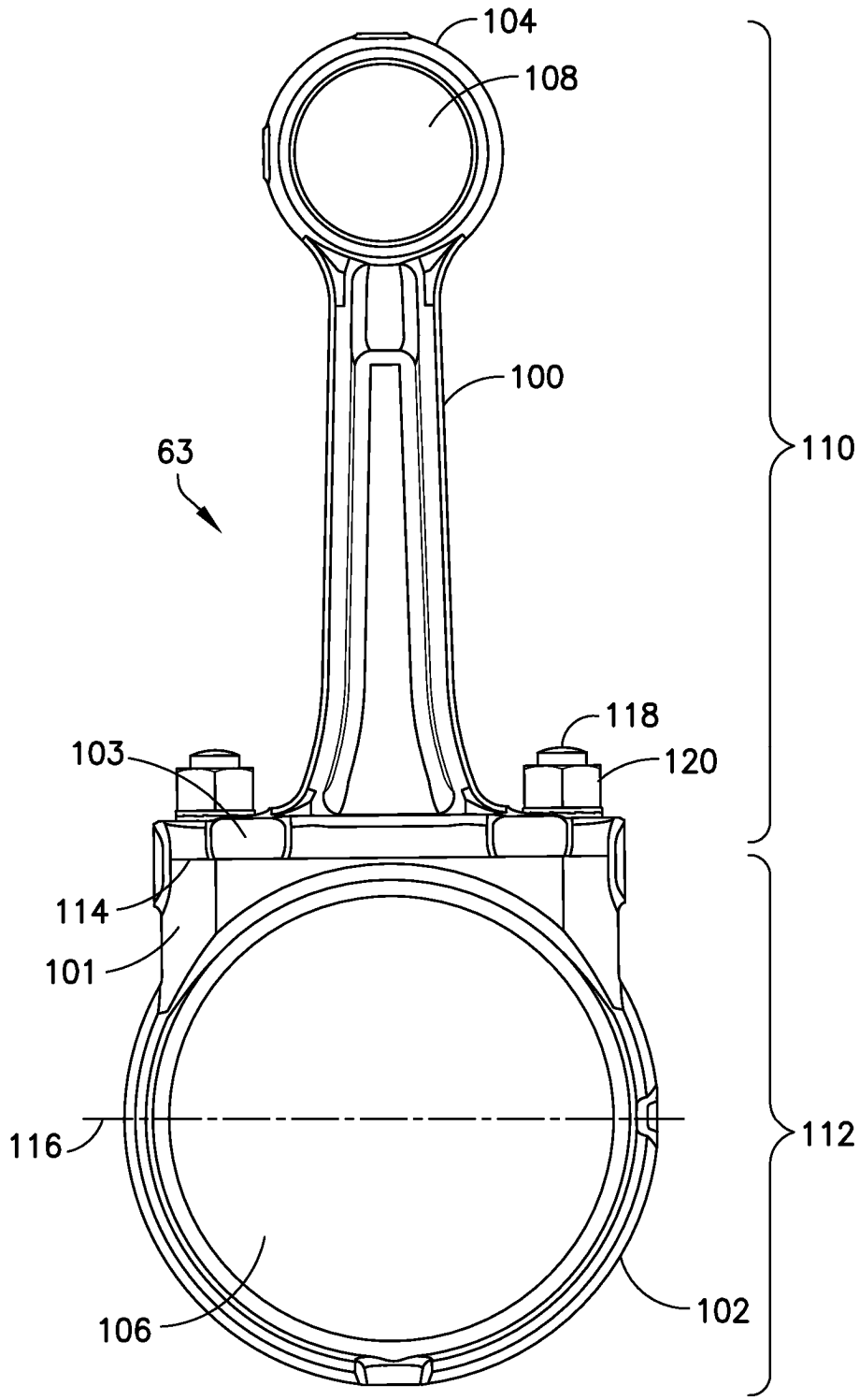


FIG.13

FIG.14

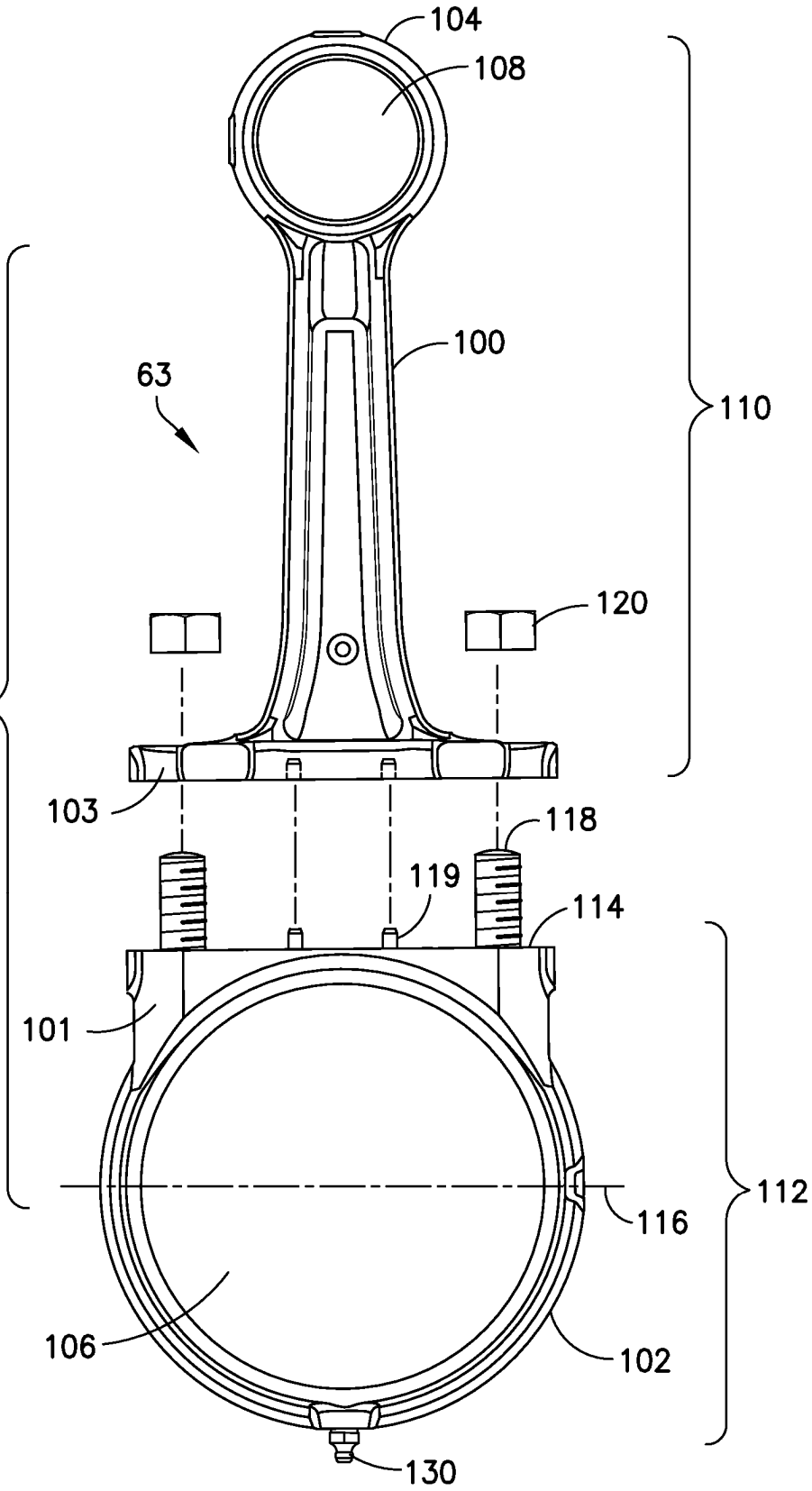
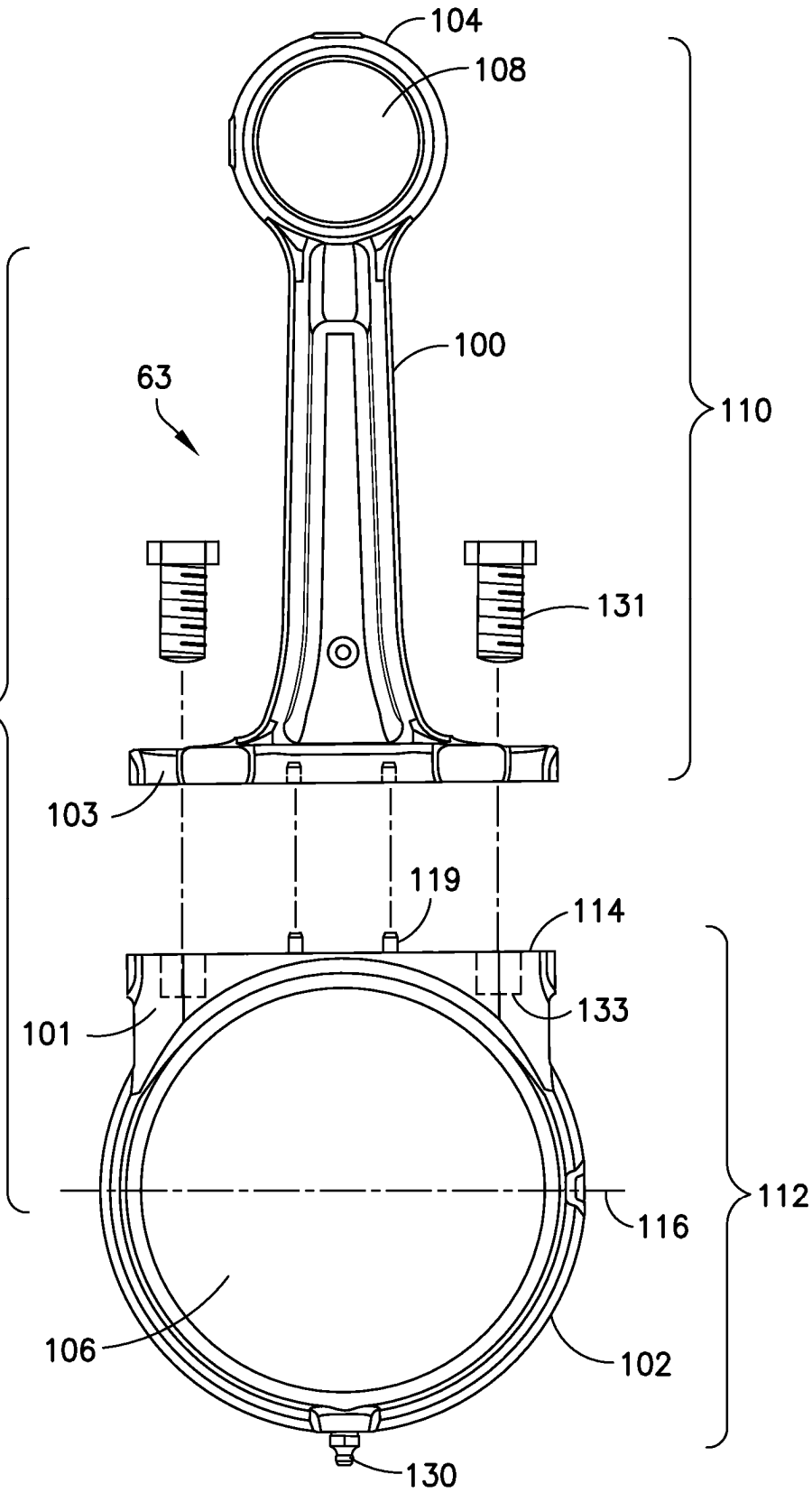


FIG.15



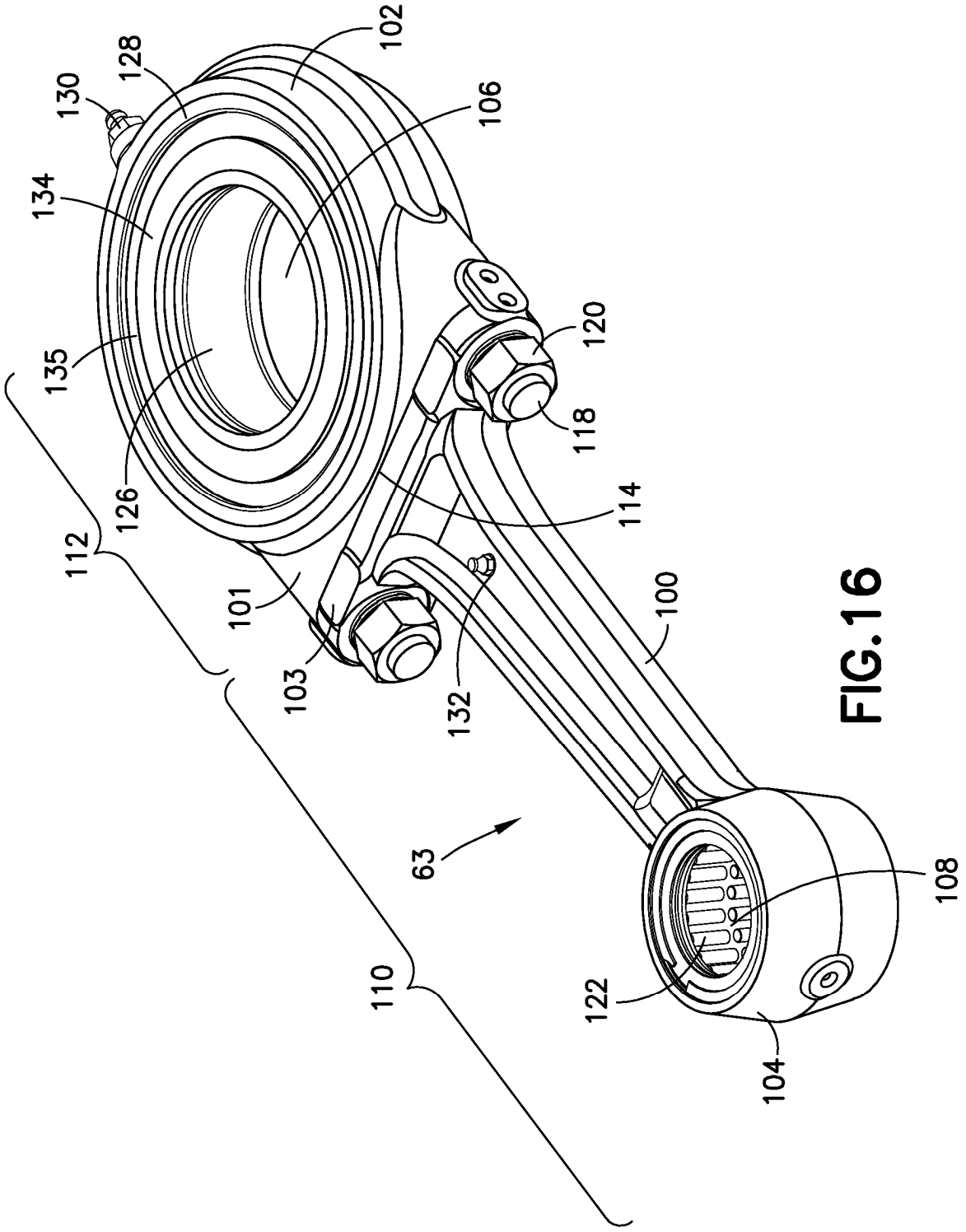

102
128
130
106
134
120
135
118
126
114
112
101
100
103
132
63
108
110
122
104

FIG.16

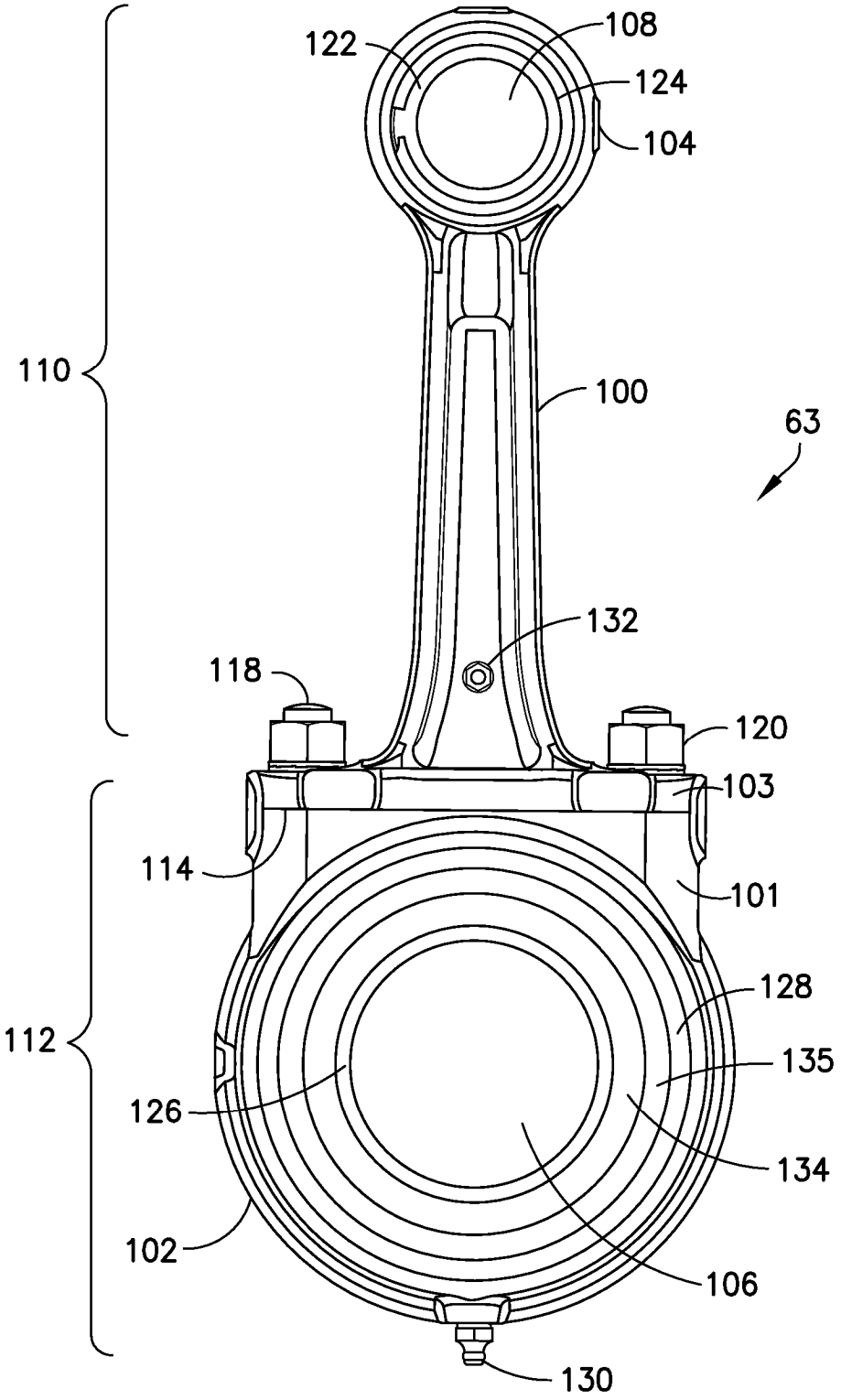

122
108
124
104
110
100
63
132
118
120
103
114
101
128
112
135
126
134
102
106
130

FIG.17