

1.4. Descrição e nomenclaturas do Turbocompressor

O turbocompressor (FIG. 1) é um componente que se utiliza da energia dos gases de escape para convertê-la em energia cinética. Esta energia potencial faz movimentar o rotor da turbina (quente), que ligado a um eixo, transmite este movimento a um rotor compressor (frio). Pela sua geometria, o ar atmosférico é succionado passando pelo filtro de ar, e comprimido para a admissão do motor.

A vista da peça ao lado representa os componentes do turbocompressor comumente utilizado com a nomenclatura das peças que o compõe. Convém ressaltar que, em outras famílias, poderão haver algumas variações nos tipos e quantidades de componentes.

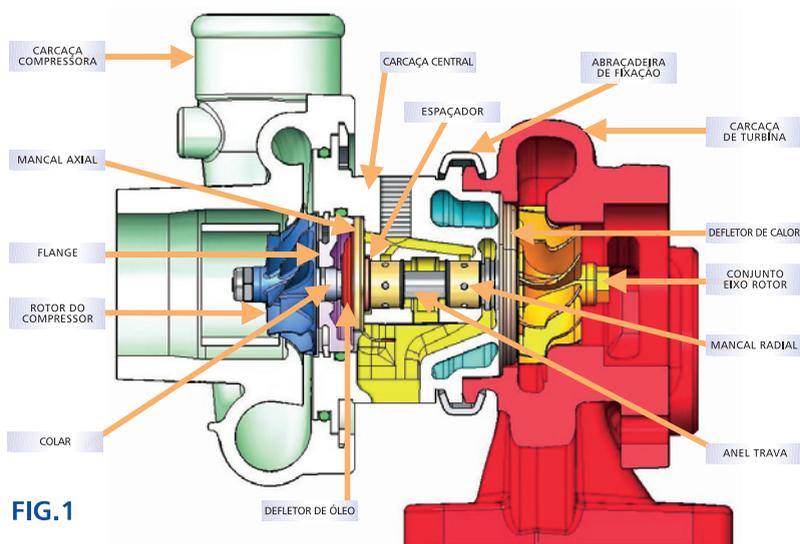


FIG. 1

1.4.1. Conjunto compressor (FIG.2.1)

Composto pela carcaça compressora e rotor do compressor e tem a função de aspirar o ar atmosférico e comprimi-lo para o interior do cilindro, chegando a atingir até três vezes a pressão atmosférica. (1 atmosfera=1.033 Kg/cm²)

1.4.2. Conjunto rotativo (FIG.2.2)

Composto pela carcaça de mancais, mancais radiais, mancal axial, prato difusor, defletor de calor, anéis trava, colar, anéis de pistão e demais itens específicos conforme a família do turbocompressor (pino de trava, defletor, flange, parafuso, etc). Tem como função receber o óleo lubrificante do próprio motor, e serve de sustentação ao conjunto do eixo rotor e rotor do compressor, que flutuam sob os mancais radiais.

1.4.3. Conjunto da turbina (FIG.2.3)

Composto pela carcaça de ferro fundido e conjunto eixo rotor. A turbina centrípeta é acionada pela energia térmica dos gases de escapamento e tem como função impulsionar o rotor do compressor.

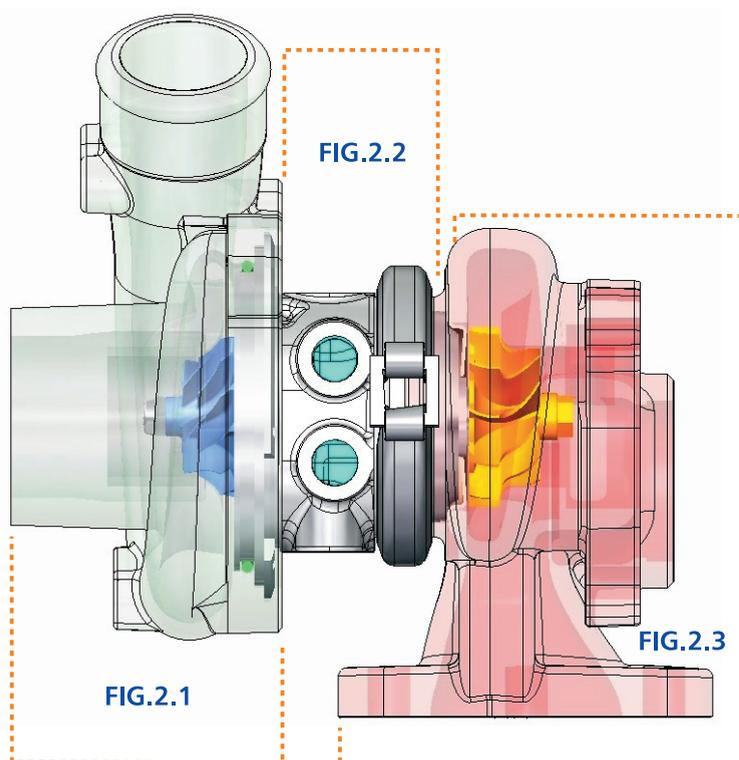


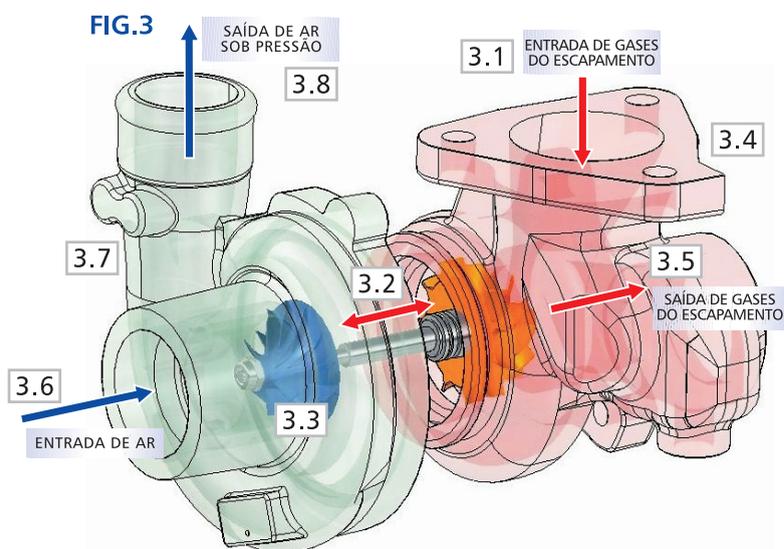
FIG.2.1

FIG.2.2

FIG.2.3

2. Funcionamento

2.1. Fluxo de gases e ar no Turbocompressor (FIG.3)



De toda a energia produzida por um motor de combustão interna, somente um terço fica disponível para a movimentação do veículo. Os outros dois terços são perdidos da seguinte forma: um terço se dissipa através do sistema de arrefecimento e é consumido pelo próprio mecanismo de funcionamento do motor, e o terço restante é eliminado como gases de escape. A energia térmica, de velocidade e pressão dos gases de escape (FIG.3.1) do motor são utilizados para girar o conjunto eixo rotor da turbina (FIG.3.2), que por estar unido ao rotor do compressor (FIG.3.3), faz com que ambos girem na mesma rotação. A carcaça da turbina (FIG.3.4) atua como um caracol direcionando o fluxo de gás para as palhetas do rotor da turbina, fazendo-o girar, e após sendo liberado para a atmosfera (FIG.3.5). O ar filtrado é aspirado (FIG.3.6) pelo rotor (FIG.3.3) e carcaça compressora (FIG.3.7), onde é comprimido e enviado sob pressão (FIG.3.8) para o coletor de admissão.

FIG.4

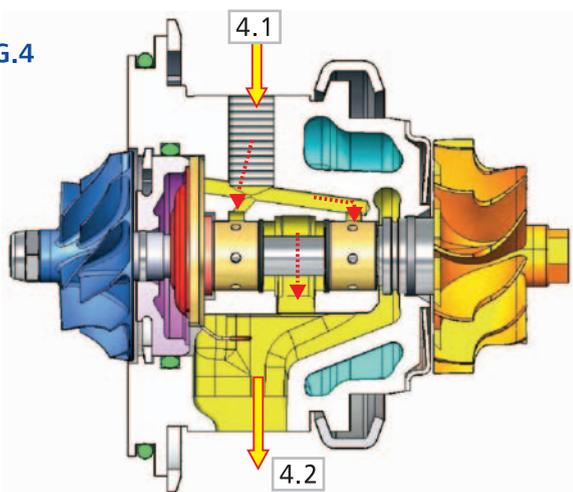
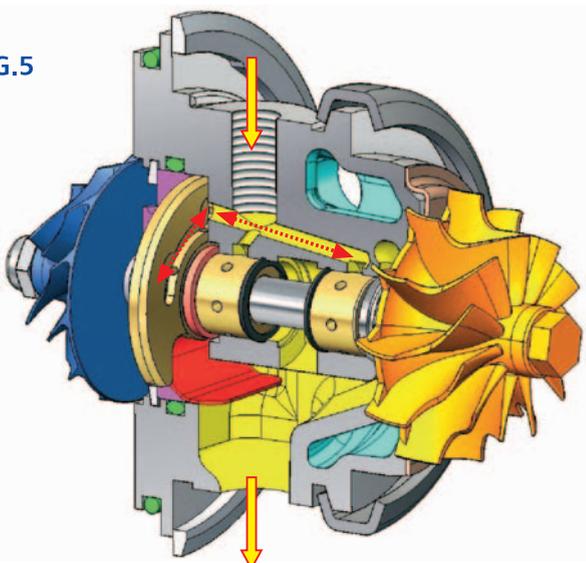


FIG.5



2.2. Fluxo de óleo no Turbocompressor (FIG. 4 e 5)

Para o bom funcionamento das partes móveis do turbo, é essencial um sistema de lubrificação que minimize qualquer atrito, principalmente do conjunto eixo rotor com os mancais radiais. O sistema de lubrificação do turbo se utiliza do mesmo óleo e da mesma bomba que fazem a lubrificação do motor, sendo conduzido através de tubulação ou flexíveis específicos até a carcaça de mancais. Após entrar pelas galerias de lubrificação da carcaça de mancais (FIG.4.1), o óleo é direcionado para o mancal axial e mancais radiais, formando uma película lubrificante que os envolve, mantendo flutuantes todos os componentes móveis. Após realizar a lubrificação forçada, o óleo retorna para o cárter por gravidade através da tubulação de retorno (FIG.4.2), a qual é imprescindível que esteja livre de qualquer obstrução.

2.3. Resultados do perfeito funcionamento do Turbocompressor

O perfeito funcionamento e dimensionamento do turbo na sua aplicação proporciona:



2.3.1. Aumento de potência (FIG.6)

O aumento da densidade do ar na câmara de combustão, proporcionado pelo turbocompressor, possibilita injetar maior quantidade de combustível, resultando em elevação de potência.

FIG.6



2.3.2. Preservação ambiental (FIG.7)

A atenção com a preservação do meio ambiente é uma tendência cada vez mais acentuada. A aplicação correta do turbocompressor possibilita equalizar a mistura estequiométrica (ar/combustível), proporcionando um melhor rendimento, elevando a potência dentro do mesmo limite de emissão de gases poluentes.

FIG.7



2.3.3. Compensação de altitude (FIG.8)

Conforme o aumento da altitude, o ar torna-se cada vez mais rarefeito e a pressão atmosférica diminui, fazendo com que motores aspirados percam aproximadamente 10% de sua potência a cada 1.000 metros. O turbocompressor, por injetar ar na admissão mesmo em altitudes mais elevadas, consegue minimizar esta perda.

FIG.8



FIG.9

2.3.4. Redução do consumo de combustível (FIG.9)

Com o melhor aproveitamento da capacidade volumétrica do motor e queima do combustível injetado, o veículo equipado com motor turboalimentado se torna mais econômico (consumo específico).



FIG.10

2.3.5. Aumento de torque (FIG.10)

Aproveitando melhor a capacidade dos componentes do motor e sua maior potência com a aplicação do turbocompressor, o veículo apresentará aumento de desempenho em baixas rotações e respostas mais rápidas na retomada de velocidade.



FIG.11

2.3.6. Lavagem dos cilindros (FIG.11)

Na fração de segundo em que ocorre o cruzamento das válvulas de escapamento e admissão, no qual elas se encontram simultaneamente abertas, a pressão produzida pelo turbocompressor provoca a lavagem dos cilindros, que consiste em:

- eliminar os gases de combustão;
- resfriar válvulas, pistões e cabeçote, contribuindo para a redução da temperatura do motor.

3. Tipos de Turbocompressor

A criação de novos tipos de turbocompressores é contínua, devido à constante evolução tecnológica presente nos motores que visa economia, proteção ambiental, segurança e a melhor relação custo x benefício.

Atualmente, podem-se citar como tipos de turbocompressores:

3.1. Quanto ao fluxo de gases na carcaça da turbina

3.1.1. Fluxo simples monofluxo (FIG.12)

- A passagem dos gases de escape ocorre em uma única voluta tanto no coletor de escape quanto na carcaça da turbina;
- Utilizado principalmente em aplicações de dimensões reduzidas (motores de pequeno porte).

FIG.12



3.1.2. Fluxo duplo pulsativo (FIG.13)

- A passagem dos gases de escape é dividida em duas volutas tanto no coletor quanto na carcaça da turbina;
- Este sistema proporciona melhor rendimento em baixas rotações devido ao aproveitamento dos pulsos dos gases de acordo com a ordem de explosão que ocorre nos cilindros.

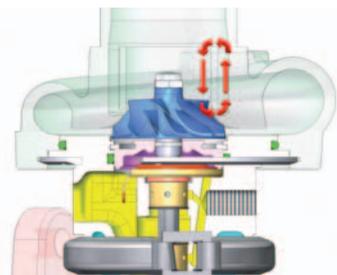
FIG.13



3.2. Quanto ao fluxo de ar no conjunto compressor (FIG.14)

No sistema *Reflow*, a carcaça compressora possui uma galeria externa ligada a área de aspiração através de um canal, que por sua vez, contribui para o aumento do fluxo de ar em baixas rotações.

FIG.14

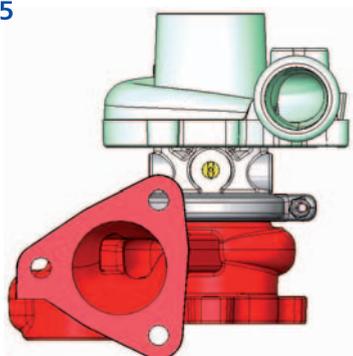


3.3. Quanto ao controle de rotações (do próprio Turbocompressor) (FIG.15)

3.3.1. Convencional

No sistema convencional toda a energia térmica é convertida em giro do conjunto eixo rotor, e conseqüentemente, há aspiração e compressão de todo o volume de ar disponível.

FIG.15



3.3.2. Com válvula (FIG.16)

Diferentemente do sistema convencional, este sistema conta com um atuador que controla a pressão e a rotação do turbocompressor de acordo com seu ajuste.

FIG.16

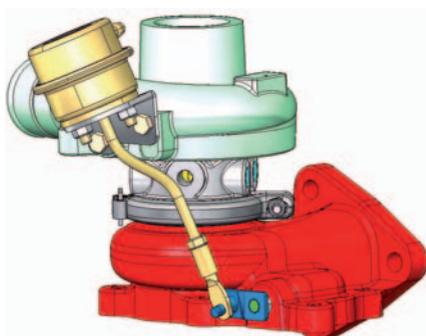


FIG.17



3.3.2.1. Particularidades deste sistema (FIG.17)

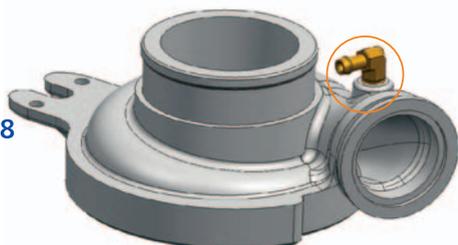
A válvula de alívio controla a pressão gerada pelo turbocompressor fornecendo um meio para que os gases de escape não alcancem o rotor da turbina.

A válvula (FIG.17.1) é o componente que atua como limitador da pressão e a rotação de volume de ar. Para isso, alguns componentes possuem particularidades específicas, sendo eles:

- Carcaça da Turbina (FIG.17.2) com um duto de escoamento dos gases antes da passagem pelo rotor de turbina.

- Carcaça Compressora (FIG.18) com conexão para a mangueira do atuador. Em alguns modelos, nela pode ser fixado o suporte do atuador.

FIG.18



- Atuador (FIG.19), que consiste num mecanismo composto por uma mola (FIG.20) e um diafragma (FIG.21) interno envolvidos por um corpo blindado, ligados à haste móvel existente na Carcaça da Turbina. No corpo blindado encontra-se a entrada da pressão seja ela positiva ou negativa, que determinará o momento no qual o atuador deve entrar em funcionamento.

FIG.19

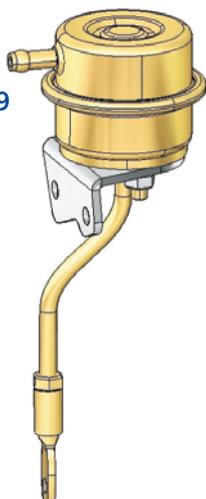


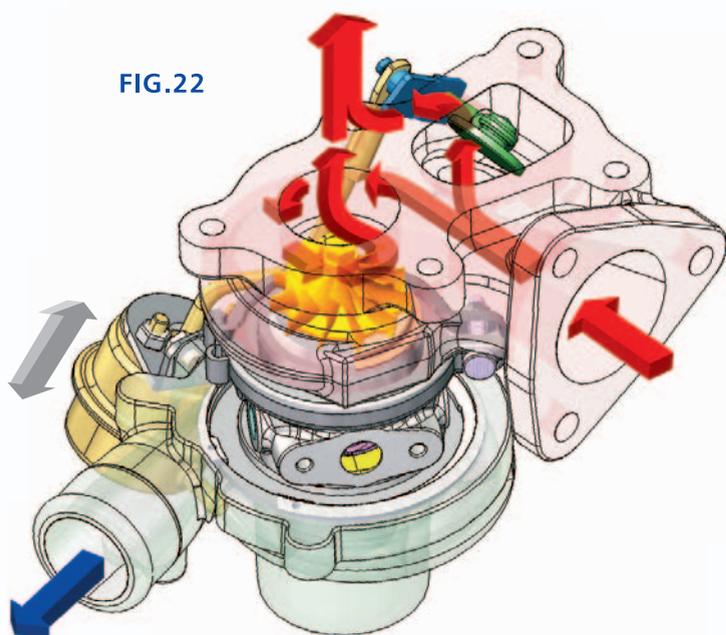
FIG.20



FIG.21



FIG.22



3.3.2.2. Funcionamento

Quando o turbo está comprimindo o ar para a admissão, a pressão excedente àquela previamente calibrada na montagem do turbo atua sobre o diafragma. Este movimenta a haste que está ligada à válvula na carcaça da turbina liberando parte dos gases produzidos pelo motor antes que passe pelo rotor da turbina, limitando a rotação e a pressão na admissão. Quando a pressão na admissão voltar abaixo daquela calibrada, o diafragma retorna ao seu estado original e a haste se contrai, fechando a válvula da carcaça da turbina (FIG.22).

Para o perfeito funcionamento deste sistema o ângulo das carcaças e a regulação da pressão feita na haste do atuador não devem ser alterados.

FIG.23

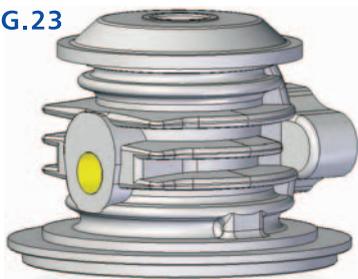


FIG.24

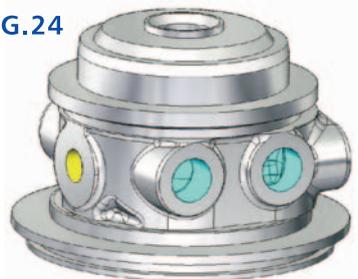


FIG.25

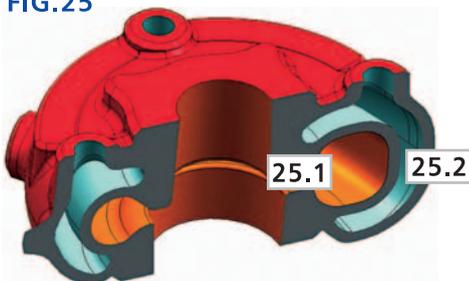


FIG.26

FIG.27

FIG.28



3.4. Quanto à refrigeração do conjunto rotativo

O turbocompressor trabalha em alta temperatura. Isso pode ocasionar dilatação de componentes, bem como comprometer o óleo lubrificante por afetar suas propriedades. Por isso é de extrema importância que o conjunto rotativo do turbocompressor tenha um sistema de refrigeração eficiente que consiga dissipar o calor e minimize seus efeitos. Atualmente, existem duas formas de refrigeração.

3.4.1. Refrigeração a óleo do próprio motor (FIG.23)

Neste tipo de turbocompressor, a refrigeração do conjunto rotativo é feita unicamente pelo óleo lubrificante do motor, através da passagem pelas galerias de lubrificação.

3.4.2. Refrigeração à água e óleo do próprio motor (FIG.24)

Neste tipo de turbocompressor, a refrigeração do conjunto rotativo é feita pelo óleo lubrificante do motor, através da passagem pelas galerias de lubrificação, e pela água do sistema de arrefecimento do motor, que passará por dutos existentes no interior da carcaça de mancais.

3.5. Quanto à refrigeração da carcaça de turbina (FIG.25)

Os turbocompressores da linha marítima podem apresentar a carcaça da turbina refrigerada com água, pois devido a questões de segurança e ao alojamento no motor, há dificuldade de dissipação de calor neste componente.

A carcaça da turbina, neste tipo de turbocompressor, possui duas galerias: uma onde ocorre a passagem dos gases de escape (FIG.25.1) para movimentar o conjunto eixo rotor, e outra galeria que envolve esta primeira (FIG.25.2), onde circula água do sistema de arrefecimento do motor, atuando como dissipador de calor.

3.6. Outros tipos:

3.6.1. TGV – Turbo Geometria Variável

Nestes turbocompressores, existe um sistema no interior da carcaça de turbina, que mediante funcionamento do atuador, direciona o fluxo dos gases com maior ou menor incidência sobre as palhetas do rotor de turbina, fechada (FIG.27), aberta (FIG.26). Quando em baixas rotações e menor fluxo de gases de escape, o sistema provoca a aceleração dos gases durante a passagem pelas aletas móveis, simulando uma carcaça de turbina de área reduzida. Quando ocorre o aumento da rotação e emissão de um maior fluxo de gases, as palhetas se abrem diminuindo a velocidade dos gases mantendo a pressão de sobrealimentação estável conforme necessidade do motor.

3.6.2. Turbocompressor com rolamentos

Os turbocompressores com rolamentos possuem o mesmo princípio de funcionamento dos turbocompressores em geral, tendo como única diferença a presença de rolamentos com esferas cerâmicas (FIG.28) substituindo os mancais radiais. Este sistema gera menor atrito entre os componentes, sendo indicado para aplicações de alta performance e competições.

4. Sistema de Vedações no Turbocompressor

Conforme visto nas teorias de funcionamento do turbocompressor, há pressão dos gases de escapamento na carcaça de turbina, pressão do ar na carcaça compressora e pressão do óleo lubrificante no conjunto rotativo, podendo ainda existir as pressões de água nos sistemas com conjunto rotativo refrigerado ou com carcaça de turbina refrigerada, em menor intensidade e devidamente suportadas.

O turbocompressor conta com três sistemas integrados de vedação: Força Centrífuga, Anéis de Pistão e Pressões das Carcaças de Turbina e Compressora.

4.1. Força centrífuga

Este sistema de vedação atua somente com o turbocompressor em altas rotações, evitando vazamentos de óleo lubrificante.

No conjunto eixo rotor, existe um canal (FIG.29) que funciona como defletor do óleo lubrificante enquanto o eixo gira em elevadas rotações, desviando o óleo para as galerias internas da carcaça de mancais e retornando ao cárter. Quando o eixo está em baixas rotações, este canal não consegue atuar como defletor, permitindo que o óleo atinja o anel de pistão, ocasionando vazamentos em longos períodos de marcha lenta.

O mesmo raciocínio se aplica na vedação do conjunto compressor. Entretanto, a função exercida pelo canal do eixo passa a ser exercida pela combinação entre colar (FIG.30 e FIG.31) e mancal axial (FIG.32). Da mesma forma, longos períodos em marcha lenta também resultam em vazamentos, pois o colar, ao invés de expelir o óleo lubrificante, acaba permitindo que ele atinja o anel de pistão.

FIG.29

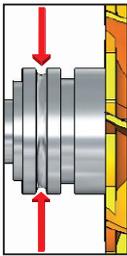


FIG.29

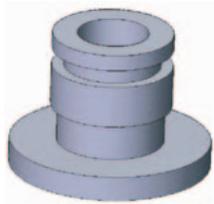
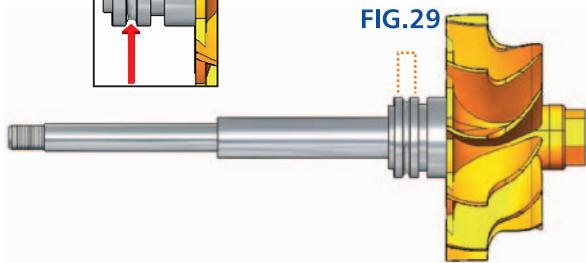


FIG.30



FIG.31

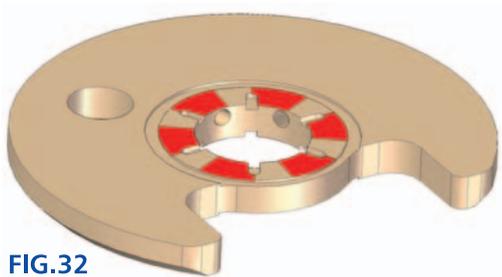


FIG.32

FIG.33



4.2. Anéis de pistão (FIG.33)

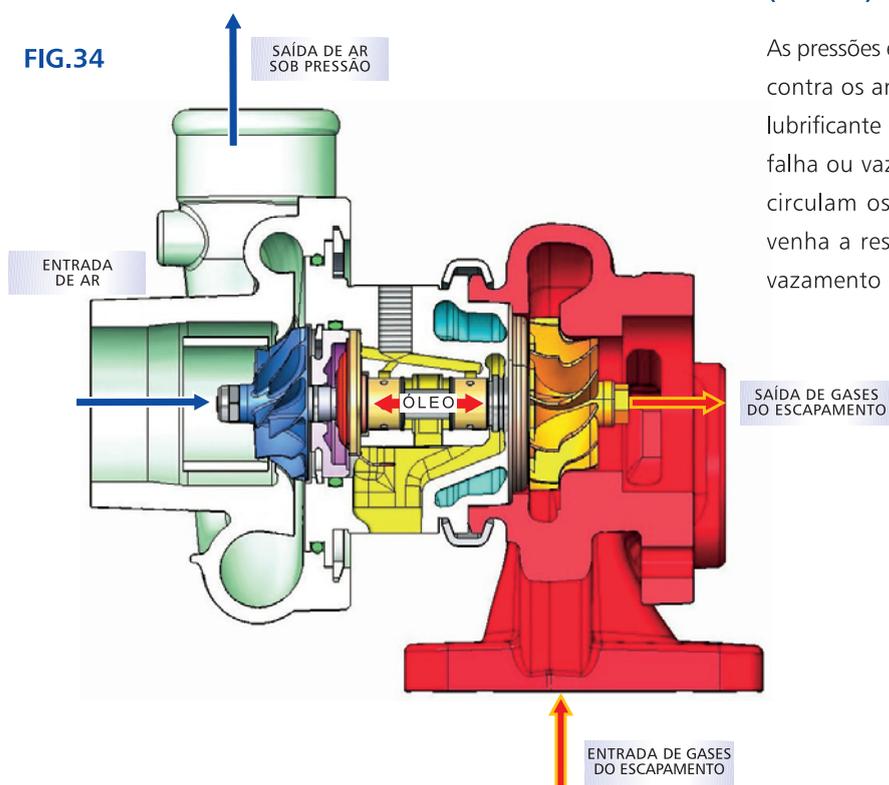
Estes anéis atuam na vedação do óleo lubrificante quando em baixas rotações (dentro de determinado período de funcionamento nestas condições) e impede a entrada das pressões dos gases de escapamento e ar comprimido para o interior da carcaça de mancais.

Sempre que a força centrífuga não conseguir fazer a vedação do óleo lubrificante, ele atingirá os anéis de pistão, que por sua vez, conseguirão fazer a vedação por um tempo aproximado de 5 minutos quando o funcionamento do motor for em marcha lenta. Alguns turbocompressores são projetados com dois anéis, tanto para o lado compressor quanto para o lado turbina. Entretanto, isso não significa, necessariamente, que o sistema é mais ou menos eficiente.

Os anéis de pistão também atuam como barreira de entrada das pressões da energia térmica e do ar comprimido para o interior da carcaça de mancais. Estas pressões tendem a entrar passando por trás do rotor de turbina e defletor de calor e do rotor do compressor e prato difusor ou flange de vedação, atingindo os anéis. Estes componentes, por sua vez, impedem que as pressões penetrem na carcaça de mancais.

4.3. Pressões das carcaças de turbina e compressora (FIG. 34)

FIG.34



As pressões exercidas pelos gases de escapamento e ar comprimido contra os anéis de pistão contribuirão também para que o óleo lubrificante não saia da carcaça de mancais. Entretanto, qualquer falha ou vazamento nas tubulações ou componentes por onde circulam os gases de escapamento e o ar comprimido e que venha a resultar em queda de pressão, resultará também em vazamento de óleo lubrificante.

5. Temperaturas no Turbocompressor

5.1. Influências do Turbocompressor nas temperaturas

Fisicamente sabe-se que o ar ao ser comprimido tem a sua temperatura elevada e densidade reduzida. Devido a esta menor concentração de moléculas de oxigênio, a quantidade de combustível a ser injetada deve ser limitada para obter-se uma melhor combustão. Visando minimizar este efeito, alguns veículos contam com componentes que resfriam o ar após sua compressão pelo Turbocompressor.

5.2. Influências das temperaturas sobre o Turbocompressor (FIG. 35)

O funcionamento do turbocompressor depende da energia térmica proveniente dos gases de escape. Assim, se a relação da mistura ar/combustível estiver fora dos padrões especificados, a temperatura do motor como um todo será mais elevada, sendo ela retransmitida ao turbocompressor. Esta elevação da temperatura poderá danificar os componentes do turbocompressor, pois a dilatação dos materiais será maior que o previsto pelo projeto. Também haverá maior probabilidade de carbonização do óleo lubrificante na carcaça de mancais, prejudicando o sistema de lubrificação.

A figura 35 traz as temperaturas normais do turbocompressor em pleno funcionamento.

FIG.35

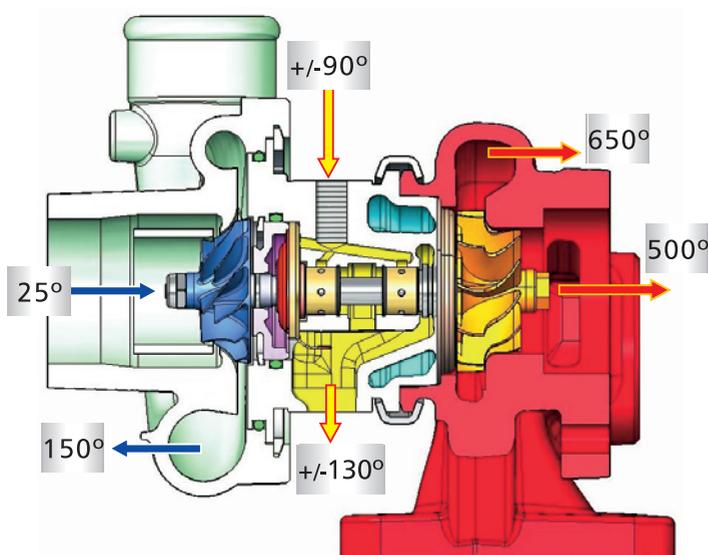
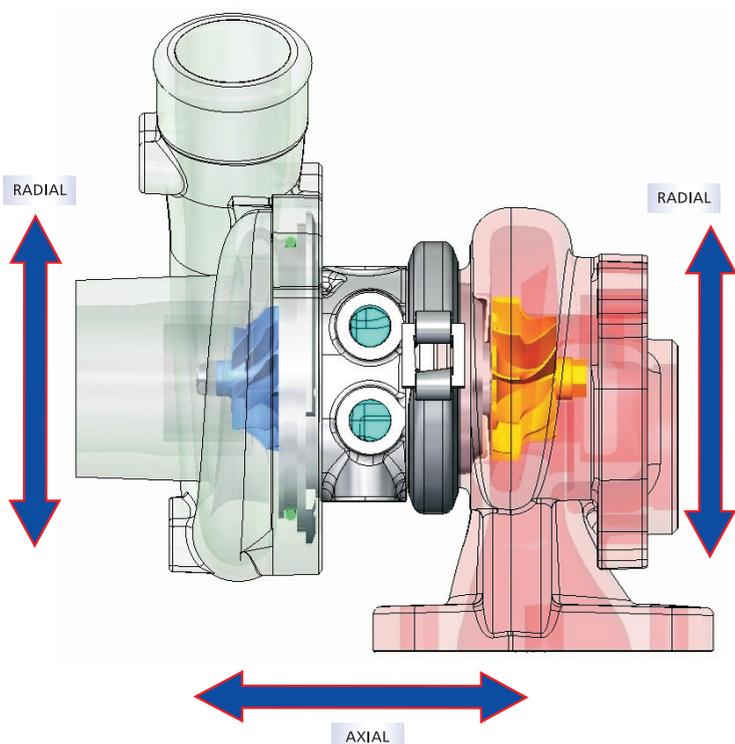


FIG.36



5.3. As folgas em temperaturas normais de trabalho (FIG. 36)

O turbocompressor possui duas folgas essenciais para o seu funcionamento: folga radial e folga axial (FIG. 36). Em ambas, haverá formação de uma película de óleo lubrificante, fazendo com que as peças móveis fiquem flutuando e evitando o atrito. A folga radial provém do dimensionamento do alojamento do mancal radial na carcaça de mancais e dos mancais radiais em relação ao eixo, sendo essa perceptível. A folga axial provém do dimensionamento do mancal axial e do colar, e, por sua vez, não é perceptível. Ambas são proporcionais à temperatura, ou seja, elas foram projetadas considerando-se a faixa de temperatura ideal de trabalho do turbocompressor e o coeficiente de dilatação dos materiais utilizados. Portanto, ao verificar as folgas do turbocompressor, manualmente, é essencial que ele esteja devidamente lubrificado e em temperatura ambiente. A folga radial excessiva é percebida visualmente pelos sinais de contato dos rotores em suas respectivas carcaças, sendo mais comum no lado compressor. Já nos casos de folga axial, não existem sinais visíveis sem realizar a desmontagem do turbocompressor. O único meio é verificá-la manualmente. Para evitar maiores danos ao turbocompressor e ao motor, sempre que forem constatadas estas folgas, a substituição do turbocompressor é recomendada.

A figura 36 ilustra as folgas do turbocompressor.



FIG.38

8. Cuidados na Aplicação do Turbocompressor

Os cuidados na instalação do turbocompressor são primordiais para o seu perfeito funcionamento.

8.1. Correta identificação do modelo a ser aplicado

Com a evolução tecnológica dos motores e a busca constante pela melhoria da sua *performance*, o dimensionamento do turbocompressor está cada vez mais rigoroso de acordo com a aplicação. Portanto, é de suma importância que seja respeitada a correta aplicação. Não convém “deduzir” que determinado turbocompressor, por apresentar dimensões que aparentam ser mais eficientes, efetivamente apresentará bons resultados. O seu dimensionamento e aplicação são fruto de estudos aprofundados que visam obter o melhor aproveitamento do motor.

Dessa forma, é muito importante que, na aplicação de um turbocompressor, seja consultado o catálogo de compatibilidade (FIG.38) ou o site www.masterpower.com.br para obter a correta informação do modelo a ser aplicado.

8.2. Ajuste do ângulo das carcaças

Antes de qualquer explanação sobre o ajuste do ângulo das carcaças, convém salientar que:

- Algumas famílias de turbocompressores não permitem o ajuste, devido ao sistema de fixação das carcaças. Ex.: **MP400**
- Os turbocompressores com válvula também não permitem este ajuste, e qualquer alteração do posicionamento das carcaças poderá ocasionar funcionamento inadequado do atuador da válvula.

Nos turbocompressores que necessitem e permitirem ajuste do ângulo, ele pode ser feito tanto na carcaça compressora quanto na carcaça de turbina. Se a alteração for feita na carcaça de turbina, basta desapertar, ajustar e reapertar os parafusos ou a abraçadeira de fixação. Entretanto, se o ajuste for feito na carcaça compressora, são necessários maiores cuidados, conforme descrito abaixo.

8.2.1. Lubrificação do anel de vedação da carcaça compressora (FIG. 39)

Todos os turbocompressores contém, entre a carcaça compressora e o conjunto central, um anel cuja finalidade é realizar a vedação entre estas duas partes. Durante a montagem, este anel é lubrificado com silicone para que o atrito resultante entre o conjunto rotativo e a carcaça compressora não o danifique. Após o aperto e pelo período de armazenamento, o anel acaba se aderindo às superfícies

FIG.39





FIG.38

8. Cuidados na Aplicação do Turbocompressor

Os cuidados na instalação do turbocompressor são primordiais para o seu perfeito funcionamento.

8.1. Correta identificação do modelo a ser aplicado

Com a evolução tecnológica dos motores e a busca constante pela melhoria da sua *performance*, o dimensionamento do turbocompressor está cada vez mais rigoroso de acordo com a aplicação. Portanto, é de suma importância que seja respeitada a correta aplicação. Não convém “deduzir” que determinado turbocompressor, por apresentar dimensões que aparentam ser mais eficientes, efetivamente apresentará bons resultados. O seu dimensionamento e aplicação são fruto de estudos aprofundados que visam obter o melhor aproveitamento do motor.

Dessa forma, é muito importante que, na aplicação de um turbocompressor, seja consultado o catálogo de compatibilidade (FIG.38) ou o site www.masterpower.com.br para obter a correta informação do modelo a ser aplicado.

8.2. Ajuste do ângulo das carcaças

Antes de qualquer explanação sobre o ajuste do ângulo das carcaças, convém salientar que:

- Algumas famílias de turbocompressores não permitem o ajuste, devido ao sistema de fixação das carcaças. Ex.: **MP400**
- Os turbocompressores com válvula também não permitem este ajuste, e qualquer alteração do posicionamento das carcaças poderá ocasionar funcionamento inadequado do atuador da válvula.

Nos turbocompressores que necessitem e permitirem ajuste do ângulo, ele pode ser feito tanto na carcaça compressora quanto na carcaça de turbina. Se a alteração for feita na carcaça de turbina, basta desapertar, ajustar e reapertar os parafusos ou a abraçadeira de fixação. Entretanto, se o ajuste for feito na carcaça compressora, são necessários maiores cuidados, conforme descrito abaixo.

8.2.1. Lubrificação do anel de vedação da carcaça compressora (FIG. 39)

Todos os turbocompressores contém, entre a carcaça compressora e o conjunto central, um anel cuja finalidade é realizar a vedação entre estas duas partes. Durante a montagem, este anel é lubrificado com silicone para que o atrito resultante entre o conjunto rotativo e a carcaça compressora não o danifique. Após o aperto e pelo período de armazenamento, o anel acaba se aderindo às superfícies

FIG.39



e a lubrificação se perde. Dessa forma, não é correto simplesmente desapertar os parafusos ou a abraçadeira de fixação e girar a carcaça para ajustar o ângulo, pois isso pode resultar em danos ou até rompimento do anel, comprometendo a vedação.

8.2.2. Vedação dos furos passantes de fixação da carcaça compressora (FIG.40)

Nos turbocompressores cuja fixação da carcaça compressora é feita através de parafusos, em algumas famílias esta peça apresentará furos passantes. Nestes furos, no processo de montagem, é aplicado silicone para alta temperatura a fim de evitar vazamentos. Se necessário ajustar o ângulo entre as carcaças, o correto é retirar completamente os parafusos e reaplicar silicone para garantir a perfeita vedação.

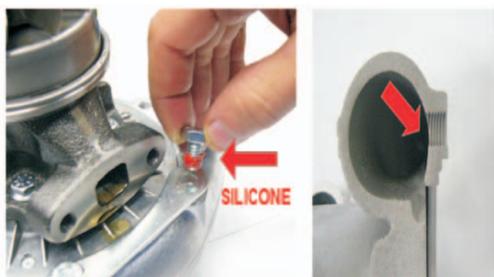


FIG.40



FIG.41

8.3. Utilização correta do jogo de juntas (FIG.41)

Cada turbocompressor é fornecido com o respectivo jogo de juntas adequadas à aplicação. Em alguns casos não se utilizam juntas. Portanto, não convém reaproveitar as juntas ou arruelas que estavam instaladas, e de forma alguma, aplicar juntas com perfis ou dimensões diferentes do local da aplicação, pois isso pode resultar em vedações inadequadas, prejudicando o perfeito funcionamento do turbocompressor.

8.4. Pré-lubrificação (FIG.42)

Ao passar pela inspeção final, o turbocompressor recebe lubrificação idêntica às condições reais de trabalho. Entretanto, devido ao período de armazenamento e transporte, o óleo lubrificante contido no interior do conjunto rotativo acaba fluindo, deixando o interior isento de lubrificação.

Dessa forma, é fundamental que, ao ser instalado, seja feita a pré-lubrificação do turbocompressor com óleo especificado pelo fabricante do motor. Esta pré-lubrificação consiste em simular a lubrificação realizada quando em funcionamento, colocando óleo na galeria de entrada da carcaça de mancais e girando o eixo rotor para que esta lubrificação se espalhe pelo interior do conjunto rotativo.



FIG.42

9. Manutenção Periódica do Veículo

Muitas das manutenções periódicas que devem ser realizadas no veículo contribuem diretamente para o bom funcionamento e aumento da vida útil do turbocompressor.

9.1. Troca do filtro de ar

A função dos filtros é a retenção de impurezas. Eles devem ser substituídos em períodos pré-determinados conforme as condições de trabalho e especificações do fabricante. A não substituição acarreta a saturação do filtro, que passa a restringir a entrada do ar, ocasionando perda de rendimento no veículo ou vazamento de óleo lubrificante pela carcaça compressora do turbocompressor, devido ao aumento da pressão de sucção do ar (vácuo).

9.2. Troca do filtro de óleo

Filtro de óleo não substituído em períodos pré-determinados conforme as condições de trabalho e especificações do fabricante se tornam saturados e possibilitam a passagem de impurezas, pois internamente, eles possuem uma válvula chamada "by pass", que se abre quando o filtro atinge determinados níveis de saturação, liberando para todas as galerias o óleo com impurezas.

9.3. Troca do óleo lubrificante

Conforme descrito na página 10, item 2.2, o óleo lubrificante é de fundamental importância para o bom funcionamento do turbocompressor. Os óleos lubrificantes para motores são dotados de propriedades específicas para a sua perfeita atuação por um determinado período, ou seja, a sua vida útil, a qual também poderá ser maior ou menor conforme o estado do motor. Motores mais desgastados permitirão maior passagem de contaminantes provenientes da combustão e, conseqüentemente, as trocas de óleo deverão ser mais frequentes pois o óleo se contaminará mais rapidamente. Portanto, o uso prolongado do óleo lubrificante resultará em danos ao motor e ao próprio turbocompressor, pois ele já não estará cumprindo perfeitamente com todas as suas funções. As trocas devem ser realizadas conforme o regime de trabalho e especificações do fabricante.

9.4. Regulagem do sistema de injeção de combustível

Qualquer sistema de injeção de combustível, seja ele mecânico ou eletrônico, requer uma manutenção periódica específica, visto que a utilização de combustíveis de baixa qualidade e o próprio desgaste de componentes afeta o seu perfeito funcionamento.

9.5. Regulagem das válvulas

Para o perfeito fluxo do ar da admissão e gases do escapamento, é imprescindível que as válvulas estejam trabalhando em condições adequadas, o que é obtido através da sua regulagem periódica.

9.6. Revisão do sistema de arrefecimento

Conforme visto anteriormente, as temperaturas tem influência no funcionamento e vida útil do turbocompressor e motor. Portanto, é imprescindível que a manutenção periódica do sistema de arrefecimento seja realizada rigorosamente para que ele atue de forma eficaz, mantendo a temperatura ideal de trabalho.

9.7. Inspeção geral nas tubulações

Várias tubulações estão ligadas ao turbocompressor, cada qual com sua função específica. Desta forma, o acompanhamento das suas condições (rachaduras, trincas, amassados, obstruções, etc.), envolvendo não só os dutos, mas inclusive seus sistemas de fixação e vedação, também influenciam no perfeito funcionamento e vida útil do turbocompressor.

10. Danos ao Turbocompressor

Conforme as abordagens anteriores, verificamos que vários fatores influenciam diretamente no funcionamento e vida útil do turbocompressor. Conseqüentemente, todos esses fatores poderão ocasionar avarias ou influenciar no seu rendimento. De nada adianta substituir um turbocompressor defeituoso sem realizar uma análise criteriosa de todos os elementos, para que seja identificado e eliminado o real fator causador do problema.

A seguir são apresentados os principais tópicos que tratam dos fatores mais comuns causadores de danos ao turbocompressor:

10.1. Insuficiência de lubrificação

10.1.1. Tubulações ou flexíveis danificados/obstruídos

Os condutores do óleo lubrificante devem estar em perfeitas condições para que a lubrificação do turbocompressor seja eficiente. Curvaturas excessivas, amassados, entupimentos decorrentes do uso de material de má qualidade ou pela presença de impurezas ainda antes da instalação no veículo, entre outros fatores, são causadores de problemas de lubrificação pois não conduzem o óleo lubrificante da forma adequada até o turbocompressor.

Evidência (FIG.43): Colo dos mancais radiais azulados; folgas radial e/ou axial.



FIG.43

10.1.2. Aplicação de cola, silicone ou fita veda-rosca

A aplicação destes elementos em galerias nas quais fluirá o óleo lubrificante não é recomendada, pois eles podem acabar obstruindo-as total ou parcialmente, seja pela aplicação de forma inadequada ou pelos próprios resíduos que poderão desprender-se com o tempo.

Evidência (FIG.44, FIG.45 e FIG.46): Presença de resíduos de cola, silicone externa ou internamente ao turbocompressor.

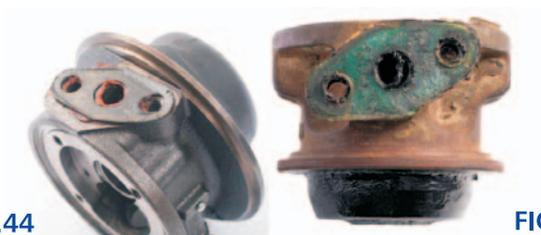


FIG.44

FIG.45



FIG.46

10.1.3. Baixa pressão de lubrificação

O desgaste natural dos componentes obrigatoriamente resultará em progressiva perda da pressão de lubrificação.

Em **todas** as substituições de turbocompressor deve ser feita a medição dessa pressão (estando o motor na sua temperatura ideal de trabalho), cujo resultado deve estar conforme as especificações do fabricante do motor. Caso não atinja essa especificação, é um sinal que o desgaste já chegou a um nível que requer a realização de uma manutenção mais criteriosa.

Evidência (FIG.47): Desgaste superficial no conjunto eixo rotor, na região do colo dos mancais.



FIG.47

10.1.4. Excesso de temperatura

O trabalho em temperaturas excessivas causa a modificação das propriedades dos materiais, o que inclui o óleo lubrificante. Ele poderá perder as suas propriedades e não exercer a perfeita função de lubrificação. As temperaturas podem se tornar elevadas por problemas no sistema de arrefecimento do motor, regulagem da bomba injetora, bicos injetores ou anomalias no sistema de injeção eletrônica.

Evidência (FIG.48 e FIG.49): Eixo e mancais radiais com coloração escura, e formação excessiva de carvão na região do anel de pistão do eixo.

10.1.5. Cuidados ao ligar ou desligar o motor

A lubrificação é feita pela bomba do óleo, que somente atua quando o motor estiver em funcionamento. É nessa condição que o óleo lubrificante estará pressurizado em todas as galerias do motor ou demais componentes que utilizam o mesmo óleo para a lubrificação, situação na qual se inclui o turbocompressor. Além disso, geralmente o turbocompressor é o componente mais distante da bomba do óleo, conseqüentemente sendo o último a recebê-lo.

Quando o motor está desligado, principalmente por um longo período, o óleo lubrificante está todo depositado no cárter, e os dutos não estão devidamente preenchidos. Ao dar a partida, será necessário um pequeno período para que o óleo lubrificante atinja os dutos e galerias com volume e pressão ideais. Dessa forma, ao ligar o motor, ele deve permanecer em marcha lenta por, no mínimo, 30 segundos, para que o turbocompressor não atinja rotações elevadas neste período em que a lubrificação não é a ideal. Algo semelhante ocorre ao desligar o motor estando em altas rotações. O turbocompressor também estará em altas rotações e a alimentação de óleo lubrificante será cortada no momento em que o motor for desligado. Logo, o turbocompressor continuará girando sem receber óleo lubrificante. Assim, também deve-se deixar o motor funcionando em marcha lenta por 30 segundos antes de desligá-lo.

Evidência (FIG.50): Desgaste nos mancais radiais e conjunto eixo rotor.

10.1.6. Parada quente (FIG. 51)

O desrespeito aos 30 segundos de funcionamento em marcha lenta antes de desligar o veículo, além de ocasionar os problemas abordados no tópico anterior, também gera o que chamamos de "parada quente". Isso significa que todo o calor que estava contido na carga de turbina é transmitido para o conjunto rotativo, gerando indícios da parada no mancal radial e eixo (FIG. 51).



FIG.52



FIG.53



FIG.54



FIG.55

10.2. Contaminação do óleo

10.2.1. Filtro saturado

Conforme mencionado no item 9.2, página 22, a saturação do filtro de óleo lubrificante resulta na presença de impurezas ao longo das galerias, comprometendo a lubrificação. Conseqüentemente, ocorrerá o aumento do desgaste dos componentes, mais facilmente evidenciado pela presença de ranhuras ou acúmulo das impurezas nas galerias do turbocompressor.

Evidência (FIG.52, FIG.53, FIG. 54 e FIG. 55): Componentes internos desgastados e com ranhuras.

10.2.2. Montagem do motor

Quando é feita a retífica do motor, a limpeza dos componentes deve ser rigorosamente realizada. A permanência dos resíduos de retífica pode se misturar ao óleo lubrificante, saturando o filtro de óleo prematuramente, conforme 10.2.1.

Evidência (FIG.52, FIG.53, FIG.54 e FIG.55): Componentes internos desgastados, com ranhuras.

10.2.3. Contaminação natural proveniente da combustão combinada com uso prolongado do óleo lubrificante

Em todos os motores sempre haverá a contaminação do óleo lubrificante proveniente da combustão, devido às folgas existentes nos anéis de pistão, que variam conforme o tempo de uso e regime de trabalho do motor. Por isso da importância da troca do óleo conforme citado em 9.3. O uso prolongado de óleo lubrificante, já sem suas propriedades, irá acelerar o desgaste do motor, e conseqüentemente, de forma cada vez mais rápida o óleo se tornará contaminado. Além disso, a adição de óleo lubrificante novo não melhora as propriedades do óleo já existente no cárter. Simplesmente aumentará a quantidade de óleo contaminado existente, pois o óleo "velho" contaminará o óleo "novo".

Evidência (FIG.56): Componentes internos desgastados, formação de borra nas galerias de lubrificação do turbocompressor.

10.2.4. Carbonização

Conforme itens 5.2 e 10.1.4, a carbonização do óleo lubrificante é decorrente de temperaturas elevadas, tanto do motor, ocasionando a carbonização ainda no cárter, quanto no turbocompressor, ocasionando a carbonização nas suas galerias internas.

Evidência (FIG.56): Acúmulo de borra e carvão nas galerias internas do turbocompressor.

FIG.56





FIG.57



FIG.58



FIG.59

FIG.60



FIG.61



FIG.62



FIG.63

10.3. Ingestão de corpos estranhos

10.3.1. Pelo conjunto compressor

10.3.1.1. Filtro de ar danificado ou ausente

Conforme citado em 9.1, página 22, o filtro de ar tem a função de reter impurezas. A sua ausência implicará na entrada de objetos estranhos que atingirão o rotor compressor, danificando-o, ou então, estes serão enviados juntamente ao ar comprimido para a admissão do motor.

Evidência (FIG.57, FIG.58, FIG.59 e FIG.60): Palhetas do rotor compressor danificadas e acúmulo de poeira no bocal de entrada do turbocompressor.

10.3.1.2. Carcaça de filtro ou tubulação danificados

A carcaça que aloja o filtro ou a tubulação que conduz o ar até o turbocompressor deve estar em perfeitas condições de vedação, nas conexões e isenta de qualquer rompimento que possibilite a entrada de ar não-filtrado.

Evidência (FIG.57, FIG.58, FIG.59 e FIG.60): Palhetas do rotor compressor danificadas e acúmulo de poeira no bocal de entrada do turbocompressor.

10.3.1.3. Montagem inadequada da tubulação e do filtro de ar

Deve-se observar o perfeito acoplamento dos elementos que compõem a tubulação e vedações do conjunto do filtro de ar. Isso não inclui apenas a perfeita vedação, mas sim analisar se a tubulação não ficou com torções ou potenciais fatores que ocasionem rompimentos com a vibração do veículo.

Evidência (FIG.59 e FIG.60): Palhetas do rotor compressor danificadas devido a entrada de pedaços provenientes do anel de vedação.

10.3.1.4. Processo de limpeza na substituição do filtro de ar

Não convém limpar o filtro de ar. Ao direcionar ar comprimido ou lavando-o, a porosidade do elemento é alterada e o filtro perde seu potencial de retenção de impurezas. Dessa forma, o correto é não somente a substituição, mas também estar atento quanto a limpeza do seu alojamento, tendo o cuidado de não deixar resíduos de panos ou estopas utilizados na limpeza, que poderão ser aspirados pelo turbocompressor.

Evidência (FIG.61, FIG.62 e FIG.63): Palhetas do rotor compressor danificadas.

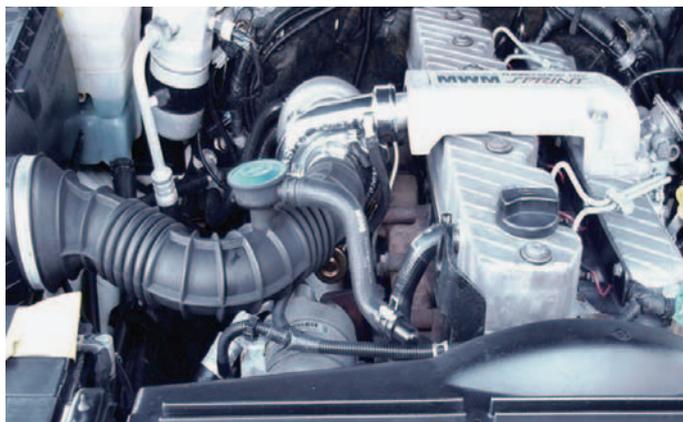


FIG.64a



FIG.64

10.3.1.5. Processo de limpeza na substituição do Turbocompressor

Devido a vigência de normas ambientais, os sistemas de ventilação do cárter devem permanecer fechados impedindo que os vapores de óleo sejam libertados para a atmosfera. Observa-se na imagem ao lado o roteiro utilizado pelos fabricantes de motores para a adequação da norma. Em motores turbalimentados, os gases são direcionados para a tubulação de admissão de ar e portanto, é normal encontrar a presença de uma pequena quantidade de óleo geralmente depositado nas mangueiras, flange de admissão e rotor do compressor. Caso haja uma quantidade excessiva de óleo nesta instalação, recomenda-se verificar as condições do motor.

Evidência (FIG.64): Turbocompressor com presença de entrada de óleo lubrificante na entrada de ar.



FIG.65

FIG.66



FIG.67

10.3.2. Pelo conjunto da turbina

10.3.2.1. Quebra de componentes internos do motor

Podem ocorrer avarias no rotor da turbina, decorrentes de partes de bicos injetores, válvulas, anéis de pistão ou outros componentes que venham a quebrar internamente no motor. Dessa forma, quando identificado esse tipo de situação, além da troca do turbocompressor, é necessário o reparo do motor.

Evidência (FIG.65, Fig.66 e FIG.67): Palhetas do rotor de turbina danificadas no diâmetro maior.

10.3.2.2. Más condições do coletor de escapamento

Os coletores de escapamento também podem se fragmentar e essas partes virem a atingir o rotor de turbina. Material de má qualidade, excesso de temperatura e término da vida útil são os principais causadores da fragmentação dos coletores. Dessa forma, quando identificado esse tipo de situação, além da troca do turbocompressor, é necessária a substituição do coletor de escapamento, até porque coletores em más condições dificultam a vedação entre a sua base e a base da carcaça de turbina.

Evidência (FIG.68): Rachaduras, escamações e desgastes na base do coletor.

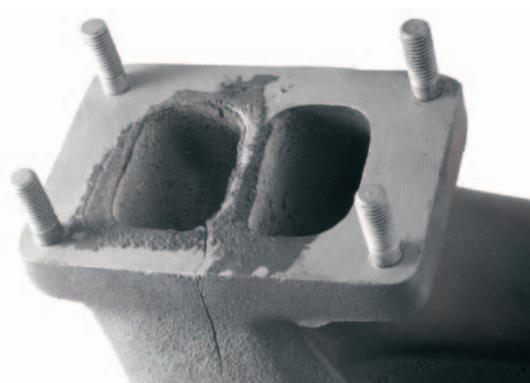


FIG.68



FIG.69



FIG.70

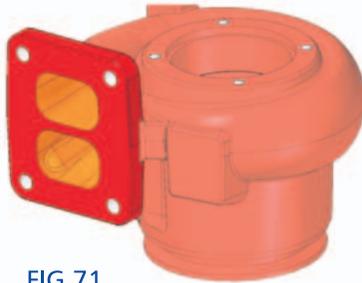


FIG.71

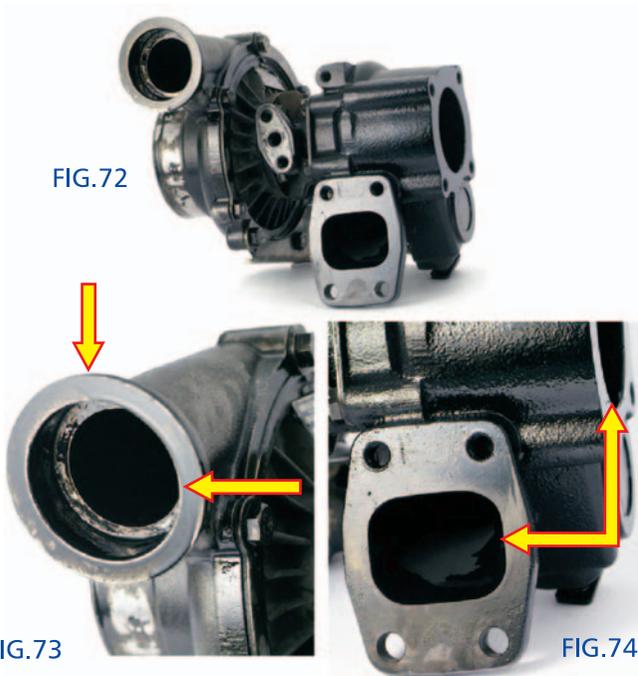


FIG.72

FIG.73

FIG.74



FIG.75

10.3.2.3. Aplicação de juntas incorretas

De acordo com o item 8.3, para evitar a entrada de objetos estranhos no rotor da turbina, a Master Power recomenda que seja utilizada a junta adequada conforme o tipo de turbocompressor. (FIG. 69)

10.3.2.4. Aplicação de vedante para escapamento

Quando não há a necessidade ou na impossibilidade de ser colocada a junta, pode-se aplicar vedante, desde que em quantidade moderada e na borda externa da base da carcaça da turbina. (FIG. 71) O excesso de vedante, exposto à altas temperaturas, se solidifica podendo se desprender e danificar o rotor da turbina.

Evidência (FIG. 70): Acúmulo de vedante para escapamento na base da carcaça de turbina.

10.4. Pressão no cárter ou tubulação de retorno de óleo obstruída

O cárter pode ter sua pressão elevada devido à obstrução da tubulação de respiro do motor, principalmente nos motores mais antigos, ocasionada pelo acúmulo de borra ou poeira. Nos motores com controle de emissão de poluentes, as restrições são ocasionadas pelo acúmulo de resíduos no separador de óleo. Esse aumento de pressão fará com que aumente a dificuldade ou até mesmo venha a impedir que o óleo lubrificante retorne por gravidade ao cárter após ter lubrificado o turbocompressor. Também pode ocorrer a obstrução da própria tubulação do retorno do óleo lubrificante, ocasionada por amassados, formação de borra, material de má qualidade ou aplicação de silicone. Tanto numa situação quanto na outra, o efeito é o vazamento de óleo lubrificante em ambas as carcaças (compressora e de turbina).

Evidência (FIG.72, FIG.73 e FIG.74): Turbocompressor com as folgas normais e a presença de óleo lubrificante em ambas as carcaças.

10.5. Obstrução do filtro de ar

Conforme citado em 9.1, página 22, o filtro de ar tem grande influência no funcionamento do turbocompressor. Estando saturado, ele dificulta a passagem do ar que está sendo aspirado, resultando em perda de rendimento ocasionada pela menor quantidade de ar na admissão. Também ocorrerá formação de vácuo na tubulação entre o filtro e o turbocompressor. Conseqüentemente, se tornará reduzida ou até mesmo inexistente a pressão na carcaça compressora possibilitando o vazamento de óleo lubrificante do conjunto rotativo para o bocal de saída da carcaça compressora.

Evidência (FIG.75): Turbocompressor com as folgas normais e presença de óleo lubrificante somente no bocal de saída da carcaça compressora.

11. Outros Aspectos a Serem Considerados

11.1. Influência do sistema de exaustão

11.1.1. Freio-motor (FIG.76)

A busca por novas tecnologias e aprimoramento dos sistemas relacionados à segurança e economia faz com que hoje existam diversos sistemas de freio-motor, um dispositivo de extrema importância e cuja utilização é recomendada. Alguns sistemas são mais eficientes, outros menos, mas apesar dos benefícios gerais, para o turbocompressor, ele é prejudicial. Quando acionado, o freio-motor de sistema convencional representa uma barreira para a exaustão da energia térmica, formando contrapressão sobre o rotor de turbina e o anel de pistão, reduzindo a vida útil do turbocompressor. Para minimizar esses efeitos, é conveniente o uso racional desse dispositivo.



FIG.76



FIG.77

11.1.2. Escapamento: tubulação e silencioso

O escapamento tem grande influência sobre o rendimento do veículo e vida útil do turbocompressor. Curvaturas excessivas, amassados no silencioso, catalisador obstruídos (FIG.77) ou alterações dos sistemas originais de exaustão são fatores que, na maioria dos casos, dificultam a exaustão dos gases, formando contrapressão sobre o rotor de turbina e o anel de pistão. O sistema de fixação, se não estiver em boas condições, transmite vibração para o turbocompressor, podendo desapertá-los ou até mesmo quebrá-los, resultando em vazamentos. Portanto, uma inspeção periódica no sistema de exaustão e a manutenção da sua originalidade são fundamentais para o bom funcionamento do veículo e controle da emissão de poluentes.



FIG.78



FIG.79

11.2. Formação de borra na carcaça compressora (FIG. 78 e FIG. 79)

É natural a formação de uma película escura, em proporções moderadas, na carcaça compressora e tubulação até a admissão, devido a diversos fatores normais do funcionamento do turbocompressor e do sistema como um todo. A presença de óleo lubrificante resultante dos períodos de funcionamento em marcha lenta associada à alta temperatura, formando vapores que serão conduzidos até a admissão, se unem às pequenas partículas que o filtro de ar não consegue reter, formando essa película ao longo de toda a tubulação. Nos motores eletrônicos, devido às suas características de funcionamento (temperaturas mais elevadas, altas pressões de turbocompressor, ponto atrasado ou adiantado e constante auto diagnóstico), essa película pode ser mais espessa, em algumas circunstâncias resultando inclusive na formação de borra, tornando necessária uma manutenção mais criteriosa quanto à obstrução do intercooler e demais tubulações relacionadas.

12. Aplicação do Turbocompressor em Motores Originalmente Aspirados

Todos os motores originalmente aspirados, tanto ciclo diesel quanto ciclo otto, podem receber um turbocompressor. Entretanto, é necessário, primeiramente, determinar para qual finalidade se aplicará o mesmo. A busca por potência associada à economia, juntamente aos demais benefícios proporcionados pelo turbocompressor (conforme consta nas páginas 11 e 12) corresponde à uma situação. Já se a aplicação tem como finalidade somente o ganho de potência, a situação é completamente diferente. Portanto, o dimensionamento para cada situação deverá ser realizado por um profissional devidamente capacitado, para que os resultados almejados sejam obtidos. Uma aplicação inadequada pode acarretar em danos ao turbocompressor e ao motor.



FIG.80



FIG.81

12.1. Condições do motor, dimensionamento do Turbocompressor e do conjunto de acessórios

O primeiro passo antes da aplicação do turbocompressor é a avaliação do motor (FIG.80), considerando-se os seguintes aspectos: horas ou quilometragem de trabalho, consumo de óleo lubrificante, consumo de combustível, ruídos internos e presença de vazamentos. Essa avaliação é de fundamental importância para verificar se o motor está em condições de receber o turbocompressor. Motores com certo desgaste podem ter sua vida útil reduzida se o turbocompressor for aplicado, não sendo recomendado nestas circunstâncias.

Em seguida, com o auxílio de profissionais capacitados (FIG.81), deve-se dimensionar o conjunto de acessórios a ser aplicado, incluindo filtro de ar e escapamento, conforme tópico seguinte. Após o dimensionamento, a aquisição deve ser feita em locais confiáveis onde a qualidade seja assegurada, evitando transtornos ou danos posteriores.

A instalação do conjunto de acessórios deve ser realizada seguindo-se as orientações do seu fabricante tomando-se os cuidados necessários para preservação do veículo como, por exemplo, com circuitos elétricos, funilaria, etc... e dos componentes adicionais que passarão a integrar o motor.

Finalmente, após a instalação, deve ser realizado o monitoramento dos resultados de *performance*, sinais de ruídos anormais, possíveis vazamentos de óleo lubrificante ou gases. Tendo a certeza de que a instalação foi bem sucedida, após um curto período de utilização, deve ser feito o reaperto de todos os componentes aplicados, e a partir daí, prosseguir com a manutenção periódica.

12.2. Redimensionamento da tubulação de escapamento e filtro de ar (FIG. 82)

Com a aplicação do turbocompressor, o consumo de ar atmosférico e emissão de energia térmica serão maiores. Consequentemente, é de fundamental importância reavaliar e substituir o filtro de ar, bem como sua tubulação até o turbocompressor, e o sistema de escapamento, desde o turbocompressor até sua saída. Essas atitudes são essenciais para que se evite problemas com pressões, contrapressões ou restrições no turbocompressor.



FIG.82

12.3. Instalação de acessórios (FIG. 83)

Não basta a seleção do melhor turbocompressor e perfeita instalação se o local de tomada de ar estiver apresentando restrições. A aplicação de acessórios, inversão do sentido ou quaisquer outros fatores que alterem as características originais do local da tomada de ar (que geralmente está projetado para que o ar seja admitido na temperatura ambiente) repercutem em alterações de rendimento e na temperatura de funcionamento do sistema.



FIG.83

13. Desmontagem do Turbocompressor

O turbocompressor pode estar sendo o fator causador de avarias nele mesmo ou em outras partes do veículo, mas pode também estar danificado por ter sofrido consequências de outros defeitos. Portanto, a sua desmontagem de forma criteriosa é fundamental para que seja feito um diagnóstico correto.

Independente do motivo, a desmontagem do turbocompressor deve respeitar uma sequência lógica de atividades. A utilização de ferramentas adequadas e o cuidado com os componentes também é fundamental para que não se confunda um defeito real decorrente do funcionamento com uma avaria em algum componente gerada no momento da desmontagem. Segue abaixo a sequência de desmontagem do turbocompressor com as respectivas avaliações obrigatórias a serem realizadas.

1º Identificação do modelo de Turbocompressor (FIG.84)

A identificação quanto à correta aplicação do turbocompressor é feita através da placa, que estará fixada na carcaça de mancais ou na carcaça compressora, contendo informações como o Código do Turbo (Nº de parte), Série de Fabricação e Modelo, ou através do Catálogo de Compatibilidade da Master Power, tanto em meio físico fornecido ou através do site www.masterpower.com.br. Vale ressaltar que estas informações são essenciais para a análise do problema, e inclusive para eventuais contatos realizados com a Master Power, pois correspondem a maneira com que o produto será rastreado.

2º Avaliação externa

Neste passo, o objetivo é identificar possíveis avarias perceptíveis externamente no turbocompressor. Deve-se observar a existência de:

- Danos nas palhetas dos rotores;
- Óleo lubrificante nos seguintes pontos: bocal de entrada de ar atmosférico ou bocal de saída de ar comprimido da carcaça compressora; na base ou na saída da carcaça de turbina para o escapamento;
- Desgastes ou quebra em todas as conexões do turbocompressor;
- Em turbocompressores com atuador, o alinhamento da haste;
- Coloração da carcaça de turbina;
- Folga radial e/ou axial.



FIG.84



FIG.85



FIG.86



FIG.87



FIG.88



FIG.89

3º Retirada do atuador (se aplicável)

Método: Retirar a trava rápida (FIG.85), desencaixando a haste (FIG.86) da alavanca; soltar a abraçadeira de fixação (FIG.87) da mangueira, removendo-a da conexão da carcaça compressora (FIG.88); retirar os parafusos de fixação (FIG.89) do suporte, e remover todo o conjunto.

Avaliação: Não requer.



FIG.90



FIG.91



FIG.92



FIG.93

4º Retirada da carcaça de turbina

Método: Desapertar os parafusos de fixação ou abraçadeira (FIG.90 e 91) e remover a carcaça de turbina (FIG.92). Devido à oxidação do material, a carcaça de turbina pode estar firmemente unida à carcaça de mancais. Utilizar marreta para facilitar a remoção, cujos impactos não devem ser aplicados somente em um ponto da carcaça de turbina (FIG.93). Não aplicar impactos na base, para evitar empenamento.

Avaliação:

- Carcaça de turbina: Presença de trincas e escamações na divisão das galerias (pulsativo);
- Rotor de turbina: Desgaste ou quebra nas palhetas.



FIG.94



FIG.95



FIG.96



FIG.97



FIG.98



FIG.99



FIG.100

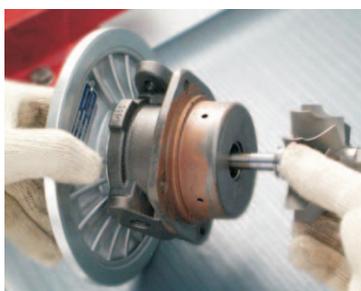


FIG.101



FIG.102

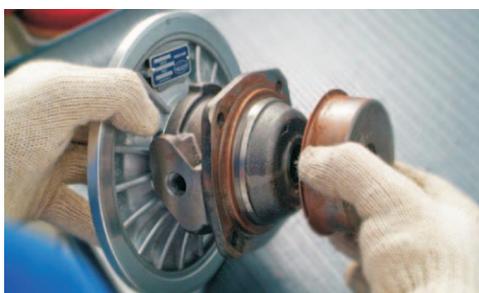


FIG.103

5º Retirada da carcaça compressora

Método: Afrouxar os parafusos de fixação ou abraçadeira (FIG.94). Caso necessário remova a conexão de lubrificação (FIG.95) nesse passo. Se houver dificuldade na remoção da carcaça compressora, utilizar-se de dispositivos de impacto não metálicos (FIG.96), lembrando que é um componente de alumínio, que poderá danificar-se facilmente. Remova a carcaça compressora (FIG.97).

Avaliação:

- Carcaça Compressora: Presença de óleo lubrificante na parte interna; condições do anel de vedação;
- Rotor compressor: Desgaste ou quebra nas palhetas.

6º Retirada do rotor compressor

Método: Fixar o conjunto rotativo através do rotor de turbina (FIG.98), não danificando suas palhetas. Desapertar a porca de fixação do rotor compressor (FIG.99) ao eixo, observando o sentido da rosca. As porcas que possuem um pequeno entalhe no sextavado são rosca esquerda. Remover o rotor compressor (FIG.100). Se houver dificuldade na remoção, retirar o conjunto do local onde estava fixo e aplicar leves impactos com dispositivo não metálico na ponta do eixo rotor, deslocando-o.

Avaliação: Não requer.

7º Retirada do conjunto eixo rotor de turbina

Método: Se houve facilidade na retirada do rotor compressor, dispensando aplicação de impactos, o eixo rotor estará inteiramente alojado no interior da carcaça de mancais e fixo, bastando puxá-lo para a remoção (FIG.101). Se houve aplicação de impacto na retirada do rotor compressor, o eixo rotor já estará solto (FIG.102). Após a retirada do eixo, remover o defletor de calor (FIG.103).

Avaliação: Desgastes e coloração do eixo, condições do(s) anel(is) de pistão, formação de carbonização.



FIG.104



FIG.105



FIG.106

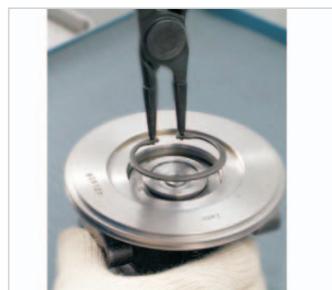


FIG.107



FIG.108



FIG.109



FIG.110



FIG.111



FIG.112



FIG.113

8º Retirada do prato compressor ou flange

Método: Quando com prato difusor (FIG.104), fixar a carcaça de mancais para poder desapertar os parafusos de fixação (FIG.105) do prato. Quando com flange (FIG.106), utilizar alicate apropriado para remover o anel (FIG.107) e, posteriormente, a flange. Ambos os componentes trarão consigo o colar (FIG.108 e FIG.109), que pode ser facilmente removido.

Avaliação: Condições do(s) anel(is) de pistão e desgaste do colar.

9º Retirada de componentes internos

Método: Se a fixação do mancal axial (FIG.110) for através de parafusos, desapertá-los para a posterior remoção do mancal. Em seguida, remover o espaçador (FIG.111), os anéis de trava dos mancais radiais (FIG.112) e os mancais radiais (FIG.113).

Avaliação: À medida que os componentes acima forem removidos, a avaliação deve abranger desgaste, coloração, presença de ranhuras ou outros danos.

Obs: A desmontagem é de fundamental importância para a identificação do dano causado ao turbocompressor. A Master Power não autoriza a realização deste procedimento fora de sua rede de assistência técnica autorizada.

14. Diagnóstico de Manutenção



FIG.114

Rotor do compressor totalmente danificado por ingestão de objeto estranho na carcaça compressora.



FIG.115

Palhetas do rotor do compressor danificadas por ingestão de objeto estranho na carcaça compressora.

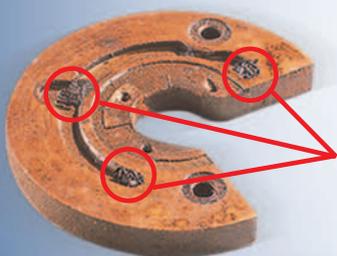


FIG.116

Depósito de impurezas nos canais de lubrificação do mancal axial.



FIG.117

Mancal axial(2) e colar(1) azulados por falha no sistema de lubrificação.



FIG.118



FIG.119

Mancais riscados devido a presença de impurezas no óleo lubrificante (contaminantes).

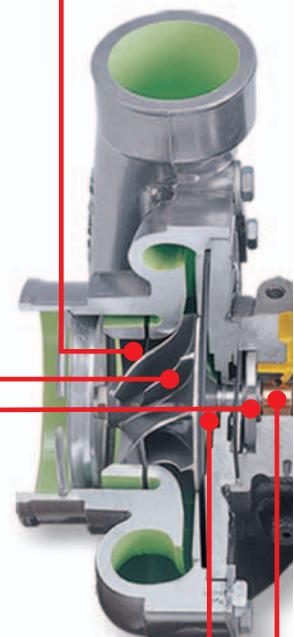


FIG.124

Lub



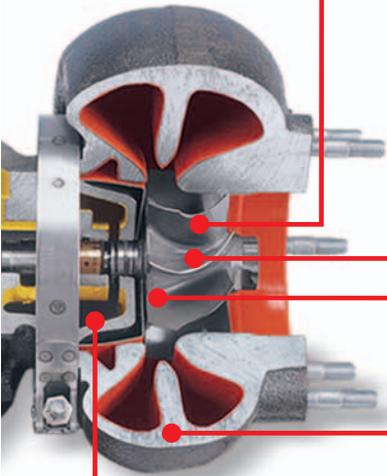
FIG.120

Lubrificante temperatura



lubrificante contaminado.

FIG.125



carbonizado, excesso de
a ou má qualidade do óleo.



FIG.123

Falha no sistema
de lubrificação.

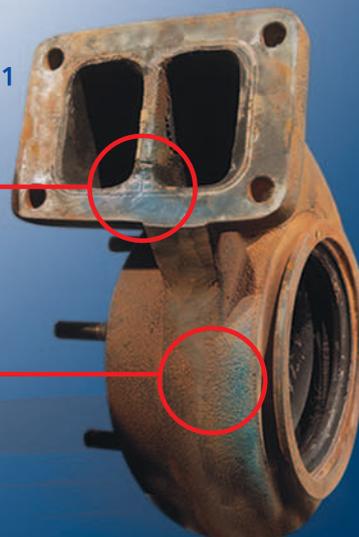
Palhetas do rotor da turbina
danificadas por ingestão de objeto
estranho na carcaça da turbina.

FIG.122



Carcaça da turbina azulada, com
trincas internas e na base causada
pelo superaquecimento.

FIG.121



Assistência Preventiva

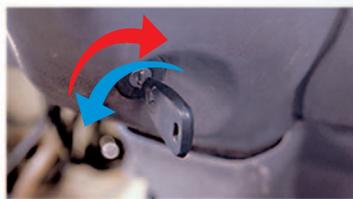


FIG.126

Ao dar partida no motor, não acelere. Espere trinta segundos para estabelecer o fluxo de óleo ao turbo.

Ao desligar o motor não acelere. Espere durante trinta segundos para só após desligar dando tempo ao turbo para baixar a rotação.

Troque regularmente o óleo lubrificante do motor seguindo as especificações do fabricante do motor.



Use somente filtros de óleo de elemento de papel, especificado pelo fabricante do motor.
FIG.129

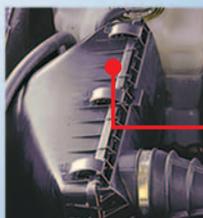


FIG.127

A limpeza frequente e a troca periódica do elemento do filtro do ar protege o turbo.



Use somente elemento de filtro de ar de papel.
FIG.130



Revisar o turbo a cada 150.000 km.
FIG.131

Mantenha o sistema de tubulações sempre com as conexões apertadas e livres de obstruções.

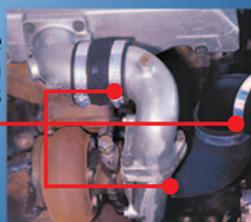


FIG.128

Mantenha o sistema de injeção de combustível regulado conforme especificado pelo fabricante.

Procedimentos na Reposição

Certifique se houve aumento do consumo de combustível



FIG.132

Importante verificar se está havendo baixa excessiva do óleo lubrificante



FIG.133

3) Após saber há quanto tempo o turbo não é revisado, verifique se o mesmo apresenta alguma folga, atrito ou vazamento. Para detectar possível desgaste gire o eixo do turbo forçando ligeiramente no sentido vertical (radial) e no sentido horizontal (axial)

1) Verificar se algum material vindo do filtro de ar terá danificado o rotor do lado frio da turbina.

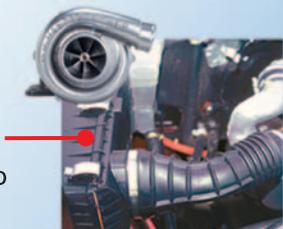


FIG.134



FIG.135

4) Verificar a pressão do óleo e se o elemento do filtro não está obstruído, pois isto pode causar falta de lubrificação no turbo.

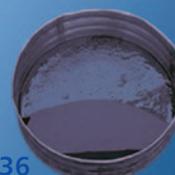


FIG.136

5) Na reposição do turbo observar se o óleo não está deteriorado pelo tempo de uso sem troca.

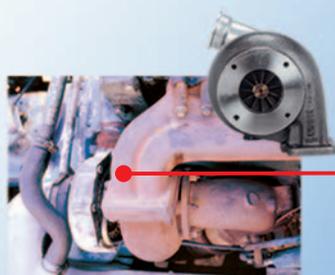


FIG.137

2) Certifique se não há fragmentos vindos do motor que danificam o eixo da turbina.



FIG.138

6) Jamais use cola nas juntas de lubrificação e retorno de óleo.

Diagnóstico de Falhas

- ◆ 1 - PERDA DE POTÊNCIA DO MOTOR
- ▲ 2 - EMISSÃO DE FUMAÇA PRETA NO ESCAPE
- 3 - EMISSÃO DE FUMAÇA BRANCA NO ESCAPE
- 4 - CONSUMO EXCESSIVO DE ÓLEO

- 5 - TURBO COM RUÍDO ANORMAL
- △ 6 - RUÍDO DE VAZAMENTO DE AR
- 7 - VAZAMENTO DE ÓLEO PELO COMPRESSOR
- 8 - VAZAMENTO DE ÓLEO PELA TURBINA

CAUSA	SOLUÇÃO
Filtro de ar sujo ◆ ▲ ● ■	- ○ Trocar filtro de ar. Limpar o sistema
Restrição na entrada de ar do turbo ▲ ● ■	- ○ Remover restrição. Se necessário, repor peças danificadas
Restrição na saída de ar do turbo ◆ ▲	- Remover restrição. Se necessário, repor peças danificadas
Restrição no coletor de admissão ◆ ▲ ●	- Remover restrição. Consultar manual do motor
Vazamento de ar entre filtro de ar e turbo	- △ Trocar juntas e reapertar braçadeiras/parafusos
Vazamento de ar entre compressor e coletor de admissão ◆ ▲ ● ■	- △ Trocar juntas e reapertar braçadeiras/parafusos
Vazamento de ar no coletor de admissão ◆ ▲ ● ■	- △ Trocar juntas e reapertar parafusos. Consultar manual do motor
Obstrução do escape antes ou após o turbo ◆ ▲ ● ■	- ○ Remover restrição. Consultar manual do motor
Restrição no sistema de escape ◆ ▲	- ○ Remover restrição. Se necessário, repor peças danificadas
Vazamento de gás no coletor de escape ◆ ▲	- △ Trocar juntas e reapertar parafusos. Consultar manual do motor
Vazamento de gás entre coletor e turbo ◆ ▲	- △ Trocar juntas e reapertar parafusos
Vazamento de gás no escape após turbo	- △ Corrigir vazamento. Consultar manual do motor
Restrição no dreno de óleo do turbo ● ■	○ □ Remover restrição. Se necessário, repor peças danificadas
Restrição no respiro do carter do motor ● ■	○ □ Remover restrição. Consultar manual do motor
Turbo com óleo carbonizado no interior ● ■	○ □ Retirar o turbo para reparo. Trocar óleo e filtro de óleo
Bomba injetora e/ou bicos desregulados ◆ ▲	Revisar e regular o sistema, conf. especificado pelo fabric. do motor
Válvulas do motor desregulados ◆ ▲	Consultar manual do motor para ajustes e reparos
Motor com anéis de pistão desgastados ◆ ▲ ● ■	○ □ Consultar manual do motor para reparos
Desgaste nas válvulas e/ou pistões do motor ◆ ▲ ● ■	○ □ Consultar manual do motor para reparos
Acúmulo de sujeira no rotor do compressor ◆ ▲ ● ■	- ○ □ Revisar sistema de filtragem e alimentação de ar. Revisar o turbo
Turbo danificado ◆ ▲ ● ■	- ○ □ Encontre e corrija a causa da falha. Revisar e/ou trocar o turbo