

MANUAL

Análise de Falhas Prematuras em Juntas de Cabeçote

TAKAO
CC 1.28D

TAKAO
PENSOU MOTOR, PENSOU TAKAO



*O seu conhecimento,
é o nosso diferencial.*

www.academia.takao.com.br



WWW.TAKAO.COM.BR



ACADEMIA DO MOTOR



@TAKAODOBRASIL

NOTA DE DIREITOS AUTORAIS

Todos os direitos reservados à TAKAO do Brasil.

A reprodução total ou parcial de qualquer parte deste manual, seja escrita ou visual, deve ser submetida à avaliação prévia da TAKAO do Brasil e requer sua autorização por escrito, do contrário, será considerada plágio e poderá desencadear a aplicação de ações jurídicas cabíveis.

NOTA DE RESPONSABILIDADE

Este manual técnico foi desenvolvido apenas para ser utilizado como material de consulta durante avaliações técnicas de juntas de cabeçote TAKAO que eventualmente possam sofrer avarias que gerem redução parcial ou total de sua vida útil, isto é, sua durabilidade. Portanto, não nos responsabilizaremos por sua utilização com outras peças de um motor de combustão interna, ou com peças de outros fabricantes.

Mesmo que este material tenha sido cuidadosamente elaborado, não nos responsabilizamos por termos ou informações apresentadas que possam vir a ser utilizadas por terceiros, ficando exposto que a responsabilidade da análise do motor e de seus componentes é totalmente devida ao profissional que efetuou montagem e/ou desmontagem da junta no motor e que em caso de problemas com junta de cabeçote TAKAO, a peça deverá ser enviada para análise de garantia através de um distribuidor autorizado, respeitando os termos e condições da política de garantia que podem ser acessados no site garantia.takao.com.br.

Não podemos nos responsabilizar juridicamente pelo uso total ou parcial de qualquer parte deste documento técnico, e não temos incumbência de arcar com danos diretos ou indiretos, materiais ou imateriais, decorrentes da utilização devida ou indevida das informações aqui contidas, desde que não sendo resultantes de dolo ou inadvertência de nossa parte.

Nos reservamos o direito de corrigir, atualizar ou alterar a qualquer momento, total ou parcialmente, este manual técnico, por quaisquer motivos e por nossa livre vontade. Em caso de atualização desta versão ela se torna obsoleta, não devendo mais ser utilizada.

SUMÁRIO

1. Objetivo	03
2. Prefácio	03 - 04
3. Introdução	05
4. Análise de Falhas Prematuras em Juntas de Cabeçote	06 - 24
5. Recomendações	25
6. Instruções de Aperto do Cabeçote	26

OBJETIVO

A TAKAO do Brasil vem cada vez mais forte com a estruturação de um controle de qualidade aprimorado, focando na melhoria contínua de seus produtos e processos, auditando seus fornecedores e controlando com maior assertividade as especificações de material e de fabricação dos seus produtos, portanto, é imprescindível que também ocorra um aprimoramento no seu processo de análises de garantia, com a estruturação de um processo mais eficaz e eficiente.

Foi com esse entendimento que se percebeu a necessidade deste material, para facilitar a análise das juntas de cabeçote que eventualmente retornam em garantia com alegações de falhas, sejam de material ou de fabricação. Dessa forma, serão apresentados os modelos de falha prematura mais frequentes que são encontrados pelo departamento de análise técnica da TAKAO, que podem ocorrer por erros de montagem ou por condições inadequadas de funcionamento do motor, levando a danificar o produto e gerar sua falha prematura (redução de vida útil).

Este manual foi estruturado para que se obtenha facilmente a resposta para uma determinada característica de falha prematura encontrada em uma junta de cabeçote, considerando que muitos casos de solicitação de análise de peças podem ser eliminados apenas pela consulta de um manual técnico.

PREFÁCIO

Este manual técnico foi desenvolvido para auxiliar na avaliação técnica de juntas de cabeçote quando ocorre um mau funcionamento do componente, que no geral pode ser resultado de um erro de montagem ou de um funcionamento inadequado do motor.

Considerando a importância de ter o total entendimento e compreensão das informações dadas neste manual, é recomendado que o leitor siga algumas instruções para ter o melhor proveito do material, as quais estão listadas a seguir:

1. Observe na tabela de (Causa/Foto/Pág.) se alguma delas se assemelha à aparência da peça que está avaliando, e encontrando uma semelhança vá direto até a página da foto, reduzindo assim o tempo de procura.
2. Se possuir acesso ao motor e/ou componentes que atuam em conjunto com a junta avariada, verifique se encontra algum indício que se enquadre com as possíveis causas apresentadas, e ao verificar o indício, solucione o problema antes de montar o motor novamente.
3. Caso encontre algo que não ficou claro durante a leitura, ou se achar que podemos melhorar este manual, nos comunique, pois estaremos sempre melhorando nossos materiais nas versões de atualização.
4. Na dúvida, solicite o suporte de um técnico especialista da TAKAO através da nossa central

de atendimento.

5. Este manual foi desenvolvido apenas para avaliação de falhas prematuras em juntas de cabeçote TAKAO, portanto, não nos responsabilizamos pela utilização com peças de outros fabricantes.

6. Não utilize este manual para avaliar outro tipo de peça de um motor de combustão interna ou para peças que se aplicam no uso industrial.

Além de seguir essas recomendações, para entender os conceitos e definições que serão vistos neste manual é conveniente que o leitor tenha uma base de conhecimento sobre o funcionamento de um motor de combustão interna, pois deve ter entendimento sobre quais peças atuam em conjunto no motor, quais são os tempos do ciclo de funcionamento do motor e suas particularidades, as diferenças entre os ciclos OTTO e DIESEL, ter conhecimento de quais sistemas que existem no motor e todas as suas funções.



INTRODUÇÃO

A análise técnica de um componente mecânico é o estudo pormenorizado de cada informação que pode ser retirada do componente em avaliação, por meio de análises visuais, dimensionais e de material, estas podendo ser realizadas independente uma da outra, ou em conjunto, buscando encontrar indícios que justifiquem as características que a peça apresenta.

Esse estudo é necessário para identificar a origem de um possível problema que tenha ocorrido com o componente após seu funcionamento no motor, portanto, exige conhecimentos adquiridos pela engenharia mecânica e com a ciência dos materiais.

Além do conhecimento adquirido com a engenharia mecânica e de materiais, a evolução tecnológica fez as análises de falhas em componentes mecânicos evoluir a um patamar de exatidão ainda maior, pois o surgimento de novas ferramentas e, a evolução de ferramentas que já eram utilizadas, auxiliou na comprovação dos conceitos previamente definidos, e atualmente há diversos estudos acadêmicos e científicos publicados que comprovam como surgem os fenômenos de falhas em peças de um MCI. Os diversos fenômenos que ocorrem com peças durante seu ciclo de vida em um MCI são estudados desde o desenvolvimento dos primeiros motores, para definir as limitações de seus componentes, bem como a durabilidade que possuem. Os conhecimentos adquiridos com as experiências práticas e com o avanço da engenharia de materiais nos permitem saber por qual fenômeno um componente foi acometido, e as suas possíveis origens.

Antes de mais nada, é importante saber que uma determinada característica que uma peça apresenta pode ser resultado de um ou mais fenômenos somados, e que pode haver mais de uma possível causa para um mesmo fenômeno ocorrido, mas tal situação não afeta a qualidade da análise, pois a assertividade da análise – quando bem embasada em estudos de casos reais solucionados com a aplicação dos conhecimentos da engenharia e com ferramentas que permitem uma análise criteriosa – é suficiente para definir se um problema ocorrido com a peça foi por falha mecânica, de material, de fabricação, ou, por utilização inadequada do componente, seja por erros de montagem, manuseio, ou por condições de funcionamento irregulares do motor que afetaram a peça, levando-a a uma falha prematura.

Este manual deverá ser utilizado para análises visuais, e com base nas figuras apresentadas será possível realizar a comparação direta com a aparência da peça que está em análise. Com isso, erros de análise serão mitigados e o processo de análise tornar-se-á muito mais eficiente, garantindo maior agilidade e assertividade às análises visuais.

Análise de Falhas Prematuras em **Juntas de Cabeçote**



TAKAO
PENSOU MOTOR, PENSOU TAKAO

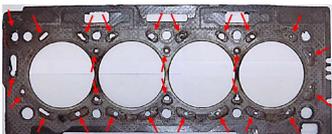
<p>Fig.01 Aplicação de massa vedante na junta.</p>  <p>Página: 08</p>	<p>Fig.07 Vazamento de gases de combustão.</p>  <p>Página: 17</p>
<p>Fig.02 Junta sem marcas de aperto.</p>  <p>Página: 09</p>	<p>Fig.08 Junta queimada entre cilindros.</p>  <p>Página: 18</p>
<p>Fig.03 Distribuição irregular da força de união do cabeçote com o bloco.</p>  <p>Página: 10</p>	<p>Fig.09 Rompimento entre anéis corta fogo.</p>  <p>Página: 20</p>
<p>Fig.04 Lixar, riscar ou remover a película de material antiaderente.</p>  <p>Página: 12</p>	<p>Fig.10 Falha prematura provocada por detonação ou pré-ignição.</p>  <p>Página: 21</p>
<p>Fig.05 Oxidação.</p>  <p>Página: 13</p>	<p>Fig.11 Falha prematura provocada por combustão irregular em motor diesel.</p>  <p>Página: 23</p>
<p>Fig.06 Superaquecimento de junta de material composto.</p>  <p>Página: 15</p>	



Fig.01 – Aplicação de massa vedante na junta:

Uma junta de cabeçote por ser um elemento de vedação de alta responsabilidade e, por ser um dos componentes de maior importância no que se refere à performance do motor, é uma peça que é altamente exigida durante sua vida útil, portanto, é desenvolvida para que tais exigências sejam atendidas com excelência sem que seja necessária aplicação de massas vedantes, tintas, vernizes ou quaisquer outros elementos para que suas funções sejam cumpridas.

Ocorre que, as condições de temperatura e pressões às quais a junta de cabeçote é imposta, só podem ser atendidas por ela e, caso seja feito uso de massas vedantes para sua aplicação, este elemento químico não suportará tais solicitações dinâmicas e térmicas, haja visto que este não foi produzido para atendimento às condições severas que uma junta de cabeçote suporta.

Além disso, qualquer irregularidade mesmo que na escala de centésimos de milímetros, é suficiente para que ocorra um mau assentamento da junta sobre as superfícies às quais devem ser vedadas, portanto, o uso de massas vedantes com o intuito de melhorar as condições de vedação acaba por prejudicar o potencial de vedação da junta, já que ocorrerá uma distribuição não homogênea (i.e., que não ocorrerá por igual) da massa (tinta, verniz, etc.) sobre a superfície, provocando acúmulos deste elemento em algumas áreas, que serão calçadas, provocando variação da pressão de contato da superfície da junta sobre a superfície do bloco e/ou cabeçote, gerando como resultado a falha na vedação.

Outro problema sério que é resultado da tentativa de usar elementos de vedação líquidos sobre a junta é a formação de obstruções sobre os furos destinados a passagem dos fluidos de refrigeração e de lubrificação, vide a última figura à direita.

As juntas de cabeçote TAKAO são desenvolvidas conforme o modelo original do motor e já são produzidas com suas características finais de aplicação, não sendo correto aplicar quaisquer elementos vedantes como tentativa de melhorar sua capacidade de vedação. As superfícies onde a junta será aplicada devem estar perfeitamente planas, com rugosidade adequada e totalmente livres de impurezas (limpas) para que seu assentamento seja uniforme em toda sua extensão.

Fenômeno: Corpos estranhos aderidos à junta (massa vedante).

Causas

1. ERROS DE MONTAGEM

- Aplicação de massas vedantes, tintas, vernizes ou quaisquer outros elementos como tentativa de melhorar a capacidade de vedação da junta.
- Utilização de outro tipo de vedação sobre a peça para tentar reaproveitar uma junta de cabeçote usada.
- Tentativa de corrigir um erro que esteja causando vazamento (p.ex., como aplicação de parafusos que deveriam ser substituídos) com a aplicação de massa vedante, o que piora o quadro de falha.



Fig.02 – Junta sem marcas de aperto:

Quando a junta de cabeçote se apresenta com todas as saliências sem marcas de contato e sem nenhum esmagamento, o vazamento ocorrido foi inevitável, pois, a junta sequer sofreu a deformação necessária para que sua pressão de contato exercesse o esforço necessário para vedar os contornos dos orifícios de passagem de fluidos e promover a estanqueidade total das câmaras de combustão.

A vedação promovida pela junta só ocorrerá da forma adequada quando estiver submetida a uma pré-carga de compressão, isto é, quando estiver sendo suficientemente comprimida entre o cabeçote e o bloco do motor. O esforço que garante a pré-carga na junta é resultante do somatório de forças de aperto de cada parafuso do cabeçote, o que produz uma pressão de contato da junta com as superfícies do bloco e do cabeçote superior às pressões de combustão que chegam a valores de até 140 kgf/cm² (em motores modernos) nos contornos dos cilindros, além de garantir pressões de contato acima das pressões da linha de lubrificação que podem variar entre 2 e 6 kgf/cm² nos contornos dos furos de passagem de óleo e superiores às pressões da linha de arrefecimento que variam entre 1 e

2,5 kgf/cm² nos contornos dos furos de passagem de fluido de arrefecimento.

Tendo como base a explicação acima, fica claro que a junta não conseguirá exercer sua função caso ocorram problemas provocados pelo não atendimento às recomendações de montagem, como: aplicação de torque insuficiente nos parafusos, por desrespeito à sequência de aperto recomendada e, pela reutilização de parafusos que deveriam ser descartados por possuírem qualquer uma irregularidade como: alongamento, estricção (diâmetro reduzido em uma parte do corpo), passos de rosca deformados ou esticados, roscas espanadas, roscas oxidadas ou sujas, aplicação dos parafusos sem a lubrificação correta.

Fenômeno: Ausência de pré-carga estática (falta de esmagamento da junta).

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Aplicação de torque insuficiente, provocando pouca pressão de contato que prejudica a vedação;
- Montagem dos parafusos sem seguir as recomendações de limpeza e lubrificação podendo acarretar torque enganoso;
- Reutilização de parafusos TTY (i.e., “parafusos elásticos”) ou de parafusos danificados com estricção (diâmetro reduzido por esticamento do parafuso), alongamento ou roscas danificadas, o mesmo para furos roscados do bloco;
- Utilização de ferramenta dinamométrica (torquímetro) descalibrado ou danificado;
- Utilização de ferramental de qualidade duvidosa.



Fig.03 – Distribuição irregular da força de união do cabeçote com o bloco:

O esforço que garante a pré-carga de vedação na junta é resultante do somatório de forças de aperto de cada parafuso do cabeçote, o que produz uma pressão de contato da junta com as superfícies do bloco e do cabeçote superior às pressões de combustão que chegam a valores de até 140 kgf/cm²

(em motores modernos) nos contornos dos cilindros, além de garantir pressões de contato acima das pressões da linha de lubrificação que podem variar entre 2 e 6 kgf/cm² nos contornos dos furos de passagem de óleo e superiores às pressões da linha de arrefecimento que variam entre 1 e 2,5 kgf/cm² nos contornos dos furos de passagem de fluido de arrefecimento.

Tão importante quanto o somatório das forças de cada parafuso é para garantir a pressão de contato que gere a vedação da junta, a distribuição do aperto é essencial para que a vedação seja adequada em todos os pontos da junta e para que o cabeçote não sofra distorções durante o processo de aperto dos parafusos, portanto, caso ocorra uma má distribuição do torque aplicado por problemas provocados por erros no procedimento de aperto, ou, por utilização de parafusos ou ferramenta com condições inadequadas para o uso, o resultado será um esmagamento irregular, ou seja, a junta vai ter maior pressão de contato em determinadas regiões onde o torque foi adequado, mas terá pouca vedação onde o aperto foi defasado. O resultado da má distribuição da pressão de contato da junta pode ser verificada onde houver regiões com diferenças de esmagamento, como áreas com espessuras diferentes e áreas com marcações falhadas em contornos de furos.

Fenômeno: Ausência de pré-carga estática (falta de esmagamento da junta).

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Aplicação de torque com valor incorreto ou na sequência incorreta, provocando distorções no cabeçote ou pouca pressão de contato que prejudica a vedação;
- Montagem dos parafusos sem seguir as recomendações de limpeza e lubrificação podendo acarretar torque enganoso;
- Reutilização de parafusos TTY (i.e., “parafusos elásticos”) ou de parafusos danificados com estrição (diâmetro reduzido por esticamento do parafuso), alongamento ou roscas danificadas, o mesmo para furos roscados do bloco;
- Utilização de ferramenta dinamométrica (torquímetro) descalibrado ou danificado;
- Utilização de ferramental de qualidade duvidosa.



Fig.04 – Lixar, riscar ou remover a película de material antiaderente:

O material antiaderente da junta serve para evitar que ocorra adesão entre as chapas da junta e entre a junta e as superfícies do bloco e cabeçote do motor, pois, com o funcionamento do motor tanto o cabeçote como o bloco sofrem dilatações resultantes do calor recebido e distorções provocadas pelas cargas dinâmicas geradas na combustão, sendo que essas movimentações devem ser permitidas e caso ocorra adesão entre a superfície da junta com o bloco ou com o cabeçote, ocorrerá sua falha prematura por conta dos esforços cisalhantes que surgirão.

As movimentações de contração e expansão térmica aliadas às deformações elásticas provocadas pelas cargas dinâmicas são mais intensas em motores bimetálicos (i.e., com cabeçote de liga de alumínio e bloco de liga de ferro fundido), pois, a dilatação da liga de alumínio do cabeçote (taxa de dilatação linear α) costuma ser de 1,7 a 2,1 superior à taxa de dilatação do bloco de ferro fundido, portanto, o cabeçote se movimenta muito em relação ao bloco e a junta precisa acompanhar as duas superfícies, garantindo a vedação total de gases e de líquidos. Nas juntas de MLS (multicamadas de metal) a película de material antiaderente tem a função principal de evitar a união entre as chapas e entre cabeçote e bloco, além de auxiliar nas microvedações.

Tendo em vista tais contribuições da película de material antiaderente para que a junta tenha sua vedação plena e possua uma durabilidade longa, fica explícito que esta película não deve ser removida nem agredida em hipótese alguma, e caso ocorra algum dano em sua integridade, a peça deverá ser substituída. Além disso, a superfície da junta é produzida com rugosidade e planicidade controladas, não podendo ser aplicada no motor caso tenha sofrido riscos, lixamentos ou deformações, o que acarreta em surgimento de micro e/ou macro fissuras (canais) que permitirão vazamento de fluidos.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Deixar ferramentas, peças ou qualquer tipo de corpo sólido sobre a superfície da junta, o que provoca danos em suas superfícies como surgimento de riscos;

- Instalar o cabeçote de maneira descuidada, fazendo uma borda ou quina do cabeçote cisalhar (raspar) a superfície da junta durante a montagem, gerando riscos e remoção da película de material antiaderente;
- Lixar e/ou desbastar a superfície da junta, gerando microcanaís e riscos em sua superfície, além de provocar remoção da película antiaderente.
- Utilizar produtos inadequados sobre a junta, provocando reação química que deteriora o material antiaderente da junta;

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Aquecimento excessivo do motor, gerando a queima da junta;
Obs.: neste caso a região afetada apresentará indícios de superaquecimento.
- Reação química do fluido de arrefecimento com o material da junta, quando é utilizado um fluido com composição ou proporção inadequada para o motor;
- Vazamento de gases de combustão.
Obs.: neste caso as áreas afetadas serão próximas aos anéis de fogo.



Fig.05 – Oxidação:

A oxidação pode ser percebida sempre que a superfície da junta apresentar colorações alaranjadas nos contornos dos furos de passagem de fluido de arrefecimento, onde normalmente também será observado a presença de corrosão, e nas juntas metálicas ocorrerá perda da película antiaderente nas áreas afetadas.

Este tipo de desgaste é decorrente de má qualidade do fluido de arrefecimento, pois, um bom fluido de arrefecimento que se apresenta com proporções e composição adequada terá aditivos específicos contra corrosão e oxidação, além de proporcionar uma faixa de operação do fluido de arrefecimento

em temperaturas mais baixas do que a água suportaria sem mudar seu estado físico através de um anticongelante e, garantir um limite de atuação em temperaturas superiores ao ponto de ebulição da água com um elevador de ponto de ebulição que permite operações em temperaturas normais do motor entre 90 e 110°C e suporta condições severas impedindo a vaporização da água até próximo dos 130°C.

Fenômeno: Oxidação e corrosão.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Aplicação de fluido de arrefecimento fora das especificações recomendadas, seja por utilização de aditivos inadequados ou de má qualidade, ou, por aplicar uma mistura de aditivo com água em proporções incorretas;
- Aplicação de água comum no lugar de água desmineralizada na mistura do fluido de arrefecimento;
- Aplicação de aditivo para fluido de arrefecimento fora da proporção de 30 a 50% da mistura;
- Não trocar o fluido de arrefecimento quando necessário;
- Misturar aditivos de diferentes composições e/ou marcas no líquido de arrefecimento;
- Utilizar agentes químicos na mistura do fluido de arrefecimento que provoquem reações químicas e corrosão do material da junta do cabeçote.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Funcionamento do motor com fluido de arrefecimento deteriorado;
- Funcionamento do motor com fluido de arrefecimento fora das especificações de proporção e/ou de composição.

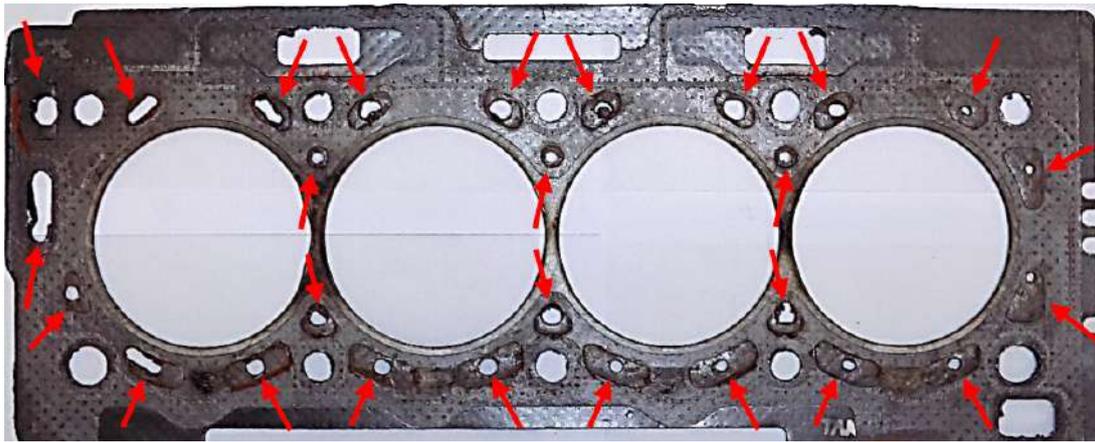


Fig.06 – Superaquecimento de junta de material composto:

Juntas feitas de materiais compostos, isto é, as juntas de fibra ou de grafite, são produzidas para suportar todas as condições de funcionamento normais do motor, porém, quando o motor superaquece por problemas relacionados a uma deficiência em seu arrefecimento, o material composto da junta nos contornos dos furos de passagem de fluidos sofre inchamentos, pois, como os líquidos estão em temperaturas muito elevadas, esses fluidos penetram na matriz do material. Como a temperatura é suficiente para provocar sua evaporação, o líquido se transforma em vapor e estufa a área onde ocorreu a penetração.

As outras áreas da junta sempre vão apresentar deterioração como resultado do excesso de calor recebido em funcionamento e por conta dos gases e líquidos que vazam após o motor superaquecer, pois, a junta perde sua eficácia após sofrer sua falha prematura. Este tipo de avaria indica que o motor foi submetido a um superaquecimento severo, portanto, todas as possíveis causas devem ser consideradas e verificadas e o problema deverá ser resolvido antes da aplicação de uma nova junta de cabeçote.

Fenômeno: Sobrecarga térmica.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Montagem incorreta da junta de cabeçote, englobando qualquer erro que possa ter causado deficiência na vedação entre cabeçote e bloco do motor, como problemas com torque incorreto, parafusos reutilizados, etc.;
- Montagem de junta de cabeçote nova em um motor em que o bloco e/ou o cabeçote estejam fora das tolerâncias de rugosidade, planicidade e retilineidade, provocando vazamentos e o posterior superaquecimento do motor;

- Não realizar uma revisão completa do motor para eliminar vazamentos ou problemas que estejam causando superaquecimento;
- Não realizar um procedimento de sangria do sistema de arrefecimento, de forma que o sistema atue com ar, o que causa retardamento na abertura da válvula termostática;
- Não vedar o reservatório de expansão corretamente com sua tampa, ou, utilizar uma tampa defeituosa ou com grau de pressão incorreto para o motor;
- Aplicar termostato com grau térmico incorreto para o motor.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Vazamentos de fluido de arrefecimento e/ou de gases de combustão;
- Problemas provocados por falta de fluxo do fluido de arrefecimento, como falha do termostato, falha da bomba d'água, ar no sistema, obstruções nas galerias de arrefecimento e falta de fluido, ou problemas com o ventilador que auxilia no resfriamento do líquido;
- Aquecimento excessivo do motor provocado por combustão irregular, que pode surgir em decorrência de falhas de ignição, injeção, falha em um sensor eletrônico, ou, por má qualidade do combustível utilizado;
- Superaquecimento do motor provocado por aquecimento excessivo do sistema de exaustão provocado por obstruções ou catalizador entupido;
- Sobrecarga durante o funcionamento (dar plena carga em rotação incorreta);
- Em motores diesel com sistema EGR o gás a ser recirculado é resfriado pelo sistema de arrefecimento do motor e caso ocorra passagem de gases aquecidos em excesso o motor sofrerá superaquecimento.

**Fig.07 – Vazamento de gases de combustão:**

As áreas entre cilindros e as regiões próximas aos anéis corta fogo sofrem perda da película de antiaderente, além de apresentarem pontos escurecidos que indicam que ocorreu vazamento de gases de combustão pelos anéis corta fogo.

Este tipo de falha de vedação é provocado por falta de pressão de contato, portanto, a pressão vedante nos contornos foi insuficiente para promover a estanqueidade necessária.

Neste caso em que não há ruptura entre os anéis corta fogo, nem indícios de superaquecimento, a falha está atrelada exclusivamente a uma falta de pressão de vedação, podendo ser resultante de superfícies não planas no cabeçote e/ou bloco do motor, como por falta de força de união que está diretamente atrelada aos parafusos e à forma como foram torquoados.

Fenômeno: Pressão de contato (vedação) insuficiente e/ou mal distribuída.

Causas:**1. ERROS DE MONTAGEM**

- Aplicação de torque com valor incorreto ou na sequência incorreta, provocando distorções no cabeçote ou pouca pressão de contato que prejudica a vedação;
- Montagem dos parafusos sem seguir as recomendações de limpeza e lubrificação podendo acarretar torque enganoso;
- Reutilização de parafusos TTY (torque até o rendimento, i.e., “parafusos elásticos”) ou de parafusos danificados com estrição (diâmetro reduzido por esticamento do parafuso), alongamento ou roscas danificadas, o mesmo para furos roscados do bloco ou para parafusos prisioneiros e suas porcas;
- Utilização de ferramenta dinamométrica (torquímetro) descalibrado ou danificado;
- Utilização de ferramental de qualidade duvidosa.

- Executar um processo de fresamento incorreto da superfície do bloco e/ou cabeçote, gerando uma superfície não plana e/ou com rugosidade incorreta;
- Não verificar a planicidade das superfícies do bloco e/ou cabeçote antes de substituir a junta.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Superfícies do cabeçote e/ou bloco do motor não atendendo às tolerâncias de planicidade e/ou retilidade (tolerâncias geométricas);
- Superfícies do cabeçote e/ou bloco do motor não atendendo às tolerâncias de rugosidade superficial (qualidade da superfície);
- Falta de pressão de contato (pressão de vedação) provocada por problemas nos parafusos;
- Falta de pressão de contato (pressão de vedação) provocada por insuficiência de aperto dos parafusos ou por aplicação de torque fora da sequência recomendada;
- Cabeçote empenado ou com distorções;



Fig.08 – Junta queimada entre cilindros:

Observa-se que a junta apresenta indícios de superaquecimento e ocorreu vazamento de gases de combustão entre cilindros. A área mais afetada é onde a junta apresenta maior fragilidade (pouca área para dissipação de calor) e onde há maior presença de aquecimento durante o funcionamento do motor.

Este tipo de falha pode ser resultante do avanço do quadro anterior mostrado na Fig.07, quando o motor continua funcionando por um longo período sofrendo vazamento dos gases de combustão, resultando em queima da junta nas áreas que ficaram em contato direto com os gases que vazaram e por conta do superaquecimento do motor já que a junta acaba perdendo sua eficácia e ocorre vazamento de líquido e/ou entrada de gases para o sistema de arrefecimento.

Quando não ocorre como avanço do quadro do exemplo anterior, este tipo de problema pode ser resultante de superaquecimento do motor que gera a queima da junta, ou, por irregularidades na combustão que provocam aumento excessivo da pressão de combustão, para valores além do que a junta pode suportar.

Fenômeno: Sobrecarga térmica.

Causas

1. ERROS DE MONTAGEM

- Qualquer um dos erros já citados no exemplo anterior, resultando em vazamentos e posterior queima da junta;
- Qualquer um dos erros citados no exemplo da Fig.06 que provoquem superaquecimento do motor, resultando na queima da junta;
- Provocar alterações na potência e/ou pressão de combustão do motor, gerando sobrecargas mecânicas e térmicas na junta;
- Alterar a taxa de compressão do motor o suficiente para provocar sobrecargas mecânicas e térmicas na junta;
- Utilizar combustível incorreto ou fora da qualidade necessária para o perfeito funcionamento do motor, o que provoca falhas de combustão, podendo resultar em aumento da pressão de combustão e elevação excessiva da temperatura de combustão;
- Aplicar vela de ignição com grau térmico incorreto ou utilizar vela não especificada para o motor.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Junta funcionando por longo período em quadro de vazamento de gases de combustão, provocando sua queima e superaquecimento do motor;
- Superaquecimento do motor provocado por problemas no sistema de arrefecimento;
Obs.: a junta apresentará indícios de que o fluido de arrefecimento superaqueceu.
- Queima da junta provocada por sobrecarga mecânica e/ou térmica resultante de alterações no motor para ganho de potência e/ou demais fins específicos;
- Queima da junta provocada por falhas de combustão relacionadas ao combustível;
- Queima da junta provocada por falhas de combustão relacionadas a avarias no sistema de injeção e/ou ignição do motor, englobando todos os seus componentes (sensores e atuadores).



Fig.09 – Rompimento entre anéis corta fogo:

Quando uma junta de MLS (multicamadas de metal) rompe entre cilindros a causa pode ser relacionada a problemas de combustão e a problemas de superaquecimento.

Existem áreas do cabeçote que são denominadas pontos quentes que compreendem as regiões onde há maior incidência de calor, isto é, as regiões entre os cilindros e as áreas mais próximas das válvulas de exaustão. Estas áreas denominadas de pontos quentes não só provocam maiores carregamentos térmicos na junta como produzem maiores esforços de compressão, pois, o cabeçote acaba dilatando e sofrendo maiores esforços nestas áreas e, a junta recebe todas estas cargas mecânicas e térmicas. Enquanto o motor está atuando em condições normais de funcionamento, não há nenhum problema para a junta MLS suportar as cargas térmicas e mecânicas, porém, quando o motor superaquece por alguma irregularidade em seu funcionamento, a junta começa a receber uma sobrecarga mecânica e térmica, e quando esta condição de funcionamento dura além do que a junta suporta, surge a ruptura entre anéis corta fogo pelo excesso de compressão do cabeçote que dilatou excessivamente e pelo excesso de calor gerado que provoca fadiga térmica do material, tornando-o frágil e levando-o à ruptura.

Quando a causa não é o superaquecimento do motor, a ruptura entre anéis corta fogo está diretamente relacionada a problemas de combustão do motor, sendo a evolução do quadro mostrado no exemplo anterior quando o motor continua funcionando com alguma(s) daquelas falhas.

Fenômeno: Ruptura por fadiga térmica/Ruptura por fadiga mecânica.

Causas

1. ERROS DE MONTAGEM

- Idem exemplo anterior (Fig.08).

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Junta funcionando por longo período em quadro de vazamento de gases de combustão,

provocando sua queima e superaquecimento do motor;

- Superaquecimento do motor provocado por problemas no sistema de arrefecimento;
Obs.: a junta apresentará indícios de que o fluido de arrefecimento superaqueceu.
- Queima da junta provocada por sobrecarga mecânica e/ou térmica resultante de alterações no motor para ganho de potência e/ou demais fins específicos;
- Queima da junta provocada por falhas de combustão relacionadas ao combustível;
- Queima da junta provocada por falhas de combustão relacionadas a avarias no sistema de injeção e/ou ignição do motor, englobando todos os seus componentes (sensores e atuadores).

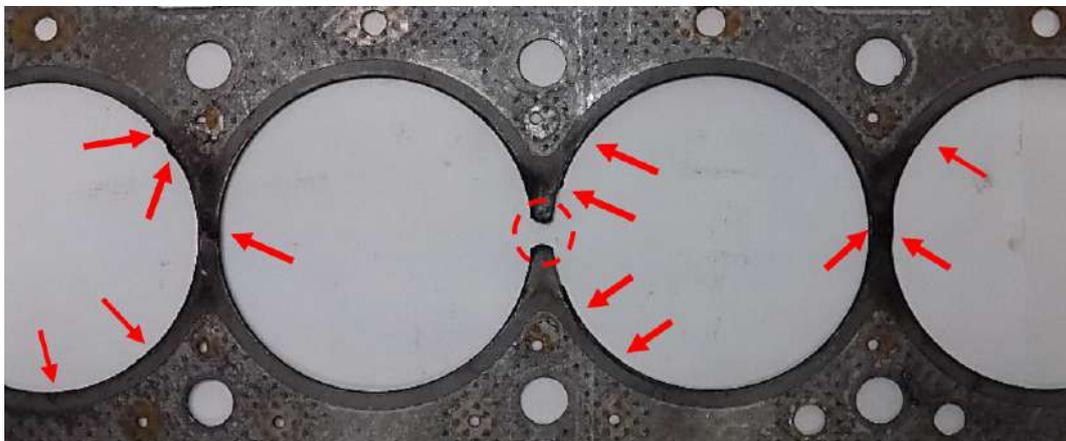


Fig.10 – Falha prematura provocada por detonação ou pré-ignição:

Quando um motor apresenta falhas de combustão que geram aumentos abruptos de pressão e temperatura durante a combustão, as duas possíveis causas são detonação e pré-ignição.

A detonação se difere da pré-ignição por ocorrer sem necessidade de uma fonte de calor externa, portanto, a detonação ocorre sempre resultante de uma auto combustão descontrolada da mistura combustível-comburente.

A pré-ignição ocorre sempre antes da ignição principal gerada pelo centelhamento da vela e se inicia sempre resultante da combustão descontrolada da mistura combustível-comburente provocada por uma fonte de calor externa como um canto vivo de um cabeçote ou pistão, uma válvula de escape muito quente, ou presença de pontos carbonizados no interior da câmara de combustão que se aquecem e provocam a inflamação da mistura antes mesmo da vela centelhar.

Ocorre que em ambos casos a junta sofrerá consequências semelhantes, pois, o problema principal que resulta desses dois fenômenos é que quando a frente de chama provocada pelo centelhamento da vela encontra a frente de chama provocada pela auto combustão, ou, pela pré-ignição da mistura, surge um impacto entre as ondas de pressão de combustão principal e secundária, gerando ruídos característicos, provocando um pico de pressão muito acima do normal e elevação da temperatura, gerando derretimento e/ou fratura do anel corta fogo da junta.

Fenômeno: Sobrecarga térmica e mecânica provocada por detonação/pré-ignição.

Causas

1. ERROS DE MONTAGEM

- Provocar alterações na potência e/ou pressão de combustão do motor que resultem em detonação ou pré-ignição (como Chip Tuning);
- Alterar a taxa de compressão do motor;
- Utilizar combustível incorreto ou fora da qualidade necessária para o perfeito funcionamento do motor, o qual sofre auto combustão descontrolada;
- Aplicar vela de ignição com grau térmico incorreto ou utilizar vela não especificada para o motor.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Queima da junta provocada por sobrecarga mecânica e/ou térmica resultante de alterações no motor para ganho de potência e/ou demais fins específicos;
- Queima da junta provocada por falhas de combustão relacionadas a avarias no sistema de injeção e/ou ignição do motor, englobando todos os seus componentes (sensores e atuadores).
- Autocombustão descontrolada do combustível;
- Detonação, ou seja, autocombustão do combustível injetado que gera impacto entre as frentes de chama da ignição com a de autocombustão, provocando elevação súbita da pressão dentro do cilindro à volume constante, isto é, pico de pressão sem que o pistão esteja comprimindo a mistura, o que acarreta aquecimento excessivo da câmara de combustão;
- Pré-ignição, que difere da detonação por ocorrer especificamente antes da ignição da vela, provocada por ignição descontrolada quando existe um ponto quente que inflama o combustível antes da vela centelhar;

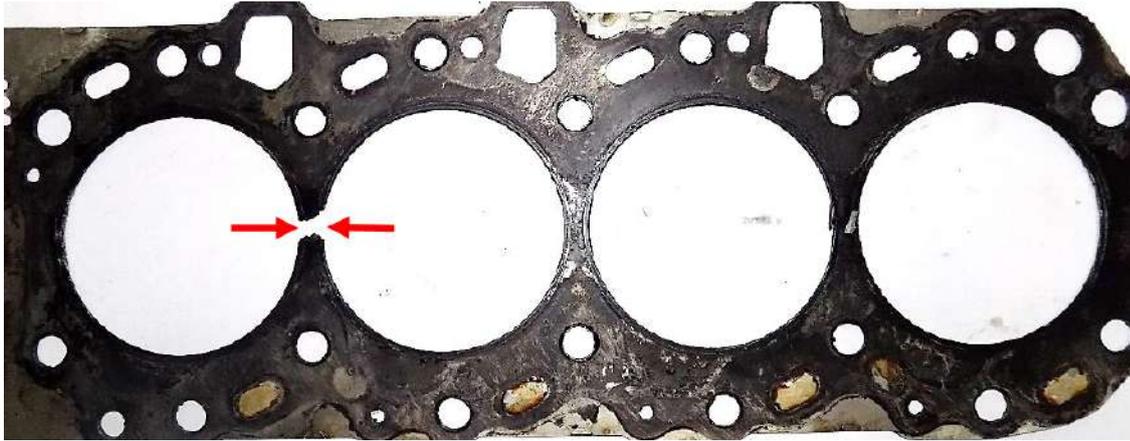


Fig.11 – Falha prematura provocada por combustão irregular em motor diesel:

Junta apresenta indícios de vazamento de combustão e excesso de fuligem nos anéis corta fogo. A região entre anéis corta fogo pode apresentar áreas com indícios de sobrecarga térmica como rompimento ou com características de que fundiram (após sofrer muito aquecimento até quase derreter).

Tais evidências indicam que a junta atuou num motor que sofreu de problemas de combustão do diesel injetado.

Fenômeno: Sobrecarga térmica e mecânica provocada por detonação/pré-ignição.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Montagem de pistão incorreto para a aplicação do motor;
Obs.: neste caso pode ter ocorrido a aplicação de um pistão com altura de compressão reduzida, ou, com dimensões de câmara de combustão diferentes da aplicação do motor, o que leva a uma pulverização insuficiente do combustível injetado.
- Aplicação de junta de cabeçote com espessura (pique) maior que o adequado, provocando redução expressiva da taxa de compressão do motor;
- Aplicação de junta de cabeçote com espessura (pique) menor que o adequado, provocando aumento expressivo da taxa de compressão do motor;
- Não conferência da projeção do pistão, que tenha acarretado montagem de pistão com projeção insuficiente para o motor, levando a uma redução expressiva da taxa de compressão;
- Posicionamento (projeção) do bico injetor incorreta, prejudicando a combustão.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Bico injetor com defeito, o que leva a uma deficiência na pulverização do combustível injetado, ao gotejamento por falha em sua estanqueidade, à injeção de combustível em excesso, ou, à uma injeção descontrolada (fora do tempo correto ou com duração prolongada).
- Pressão de injeção incorreta, levando a alterações na quantidade, duração, ou, no momento de injeção;
- Tempo ou duração da injeção de combustível incorreto;
- Utilização de combustível com qualidade ou propriedades inadequadas, levando ao atraso da queima ou ao prolongamento da combustão;
- Irregularidades na antecâmara, quando há este tipo de elemento no motor;
- Taxa de compressão reduzida de maneira expressiva, provocando queda de potência e combustão incompleta do combustível injetado;
- Taxa de compressão aumentada de maneira expressiva, provocando aumento demasiado da pressão de combustão, provocando sobrecargas nos anéis corta fogo da junta.

RECOMENDAÇÕES

Para que a revisão e o recondicionamento do motor ocorram de maneira satisfatória, é necessário que sejam respeitadas todas as orientações expostas no manual de manutenção e garantia do motor durante sua desmontagem, retificação e montagem.

Salientamos que todas as orientações contidas na norma brasileira de retífica de motores ABNT NBR 13032 – Versão Corrigida 2009 devem ser seguidas à risca, para desta forma ser obtido total êxito no recondicionamento do motor, com garantia dos serviços prestados.

Além disso, é essencial que todas as tolerâncias de qualidade da superfície, bem como as tolerâncias geométricas definidas para as superfícies a serem vedadas pela junta sejam respeitadas, portanto, é necessário que estes parâmetros sejam avaliados e os valores encontrados devem ser comparados às tolerâncias que estão indicadas nas tabelas a seguir. Desta forma o serviço prestado estará sendo executado de maneira plenamente satisfatória e o retrabalho será extinto.

TOLERÂNCIAS DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL (CABEÇOTE E BLOCO)							
Material		Especificação (Ra)		Especificação (Rz)		Especificação (Rmáx)	
Cabeçote/Bloco	Junta	μin	μm	μin	μm	μin	μm
FoFo/FoFo	Composto	60 – 100	1,52 – 2,54	≤ 15	-	≤ 20	-
FoFo/FoFo	MLS	20 – 30	0,51 – 0,76	≤ 15	-	≤ 20	-
Al/ FoFo	Composto	50 – 60	1,27 – 1,52	≤ 15	-	≤ 20	-
Al/ FoFo	MLS	10 – 20	0,25 – 0,51	15 – 20	0,38 – 0,51	20 – 25	0,51 – 0,63
Glossário	FoFo: Ferro Fundido Al: Liga de Alumínio Ra: Rugosidade aritmética (média de todos os picos e vales) Rz: Rugosidade média das alturas máximas de perfil (ISO4287 - 1984) Rmax: Rugosidade máxima (distância do pico mais alto ao vale mais profundo) μin : Valor lido em micropolegada μm : Valor lido em micrometro Norma de referência: NBR ISO 4287						

FRESAMENTO DO CABEÇOTE	
Glossário	Recomendação
Lubrificação	Fresar a seco
Maquinário	Moderno, com alta robustez e grandes capacidades de velocidades

Ferramenta de corte para usinagem	
Material do cabeçote	Inserto/bit/fresa
Liga de alumínio	Diamante Policristalino (PCD)
Ferro Fundido	Nitreto de boro cúbico (CBN)



INSTRUÇÕES DE APERTO DO CABEÇOTE

I. Siga as orientações de valor de aperto em torque e/ou ângulos fornecidas pelo fabricante do motor e/ou da junta de cabeçote;

II. Siga as orientações de sequência de desaperto, aperto e reaperto dos parafusos fornecida pelo fabricante do motor e/ou da junta do cabeçote;

III. Utilize ferramental em boas condições e devidamente calibrado;

IV. Divida o valor total do torque entre 3 a 5 etapas para melhor distribuição das cargas, evitando distorções no cabeçote e irregularidades no assentamento da junta;

V. Se o motor utiliza parafusos TTY (torque com rendimento, ou, “parafusos elásticos”) sempre aplique parafusos novos, e nunca os reaproveite;

Obs.: todo motor em que é solicitado aperto em ângulo utiliza parafuso do tipo TTY “elástico”.

VI. Se o motor utiliza parafusos ou prisioneiros convencionais, verifique-os quanto a possíveis alongamentos de seu comprimento, deformações em suas roscas, empenamentos, roscas espanadas, estricções (diminuição do diâmetro). Caso encontre qualquer uma destas irregularidades, substitua TODOS OS PARAFUSOS por novos

VII. Utilize arruelas de aço temperado nos parafusos caso estes não possuam arruelas; Obs.: o lado mais liso da arruela deve ficar para o parafuso enquanto o mais áspero para o lado do cabeçote;

VIII. Lubrifique o corpo do parafuso (roscas) e a base inferior da cabeça do parafuso adequadamente, sem excessos para não escorrer ou calçar o furo roscado do bloco;

Obs.: jamais aplique lubrificante entre a arruela e o cabeçote;

IX. Utilize o óleo lubrificante do motor para lubrificar os parafusos;

Obs.: dê preferência para lubrificantes com especificação 30W ou 10W30;

X. Repasse o torque final quando for realizado apenas aperto com ferramenta dinamométrica (torquímetro), para verificar se não ocorreu sedimentação;

XI. Juntas de material composto (fibra ou grafite) podem requerer reaperto, se atente nisso caso seja orientado no manual de montagem do motor ou caso o fabricante da junta forneça uma tabela com orientação de reaperto;

Obs.: Para casos de reaperto, atente-se para a seguinte orientação:

REAPERTO DE CABEÇOTE COM JUNTA DE MATERIAL COMPOSTO	
Material do cabeçote	Recomendação
Liga de alumínio	Após finalizar o a montagem, funcione o veículo por 15 minutos até o aquecimento, então, desligue e reaperte apenas após o motor esfriar completamente.
Ferro Fundido	Após finalizar o a montagem, funcione o veículo por 15 minutos até o aquecimento, então, desligue e reaperte imediatamente com o motor ainda quente.



TAKAO

PENSOU MOTOR, PENSOU TAKAO



*O seu conhecimento,
é o nosso diferencial.*

www.academia.takao.com.br



WWW.TAKAO.COM.BR



ACADEMIA DO MOTOR



@TAKAODOBRASIL