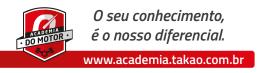
MANUAL

Análise de Falhas Prematuras em Pistões













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 pistões 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 dos pistões no motor e que em caso de problemas com pistões 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)3 -	04
3.	Introdução		05
4.	Análise de Falhas Prematuras em Pistões	16 -	21

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 dos pistões 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 um pistão, 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 pistões 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 atuaram em conjunto com o pistão avariado, 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 pistões 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 PISTÕES





Fig.01

Engripamento na zona de fogo no lado do alojamento do pino.

Página: 8



Fig.06

Montagem do pistão com seta para o lado incorreto.

Página: 15



Fig.02

Ruptura entre canaletas.

Página: 09



Fig.07

Formação de depósitos de carvão por excesso de óleo na combustão.

Página: 16



Fig.03

Engripamento do pino.

Página: 11



Fig.08

Desgaste abrasivo na região da zona de fogo e da saia.

Página: 17



Fig.04

Engripamento da saia na região do cubo do pino apenas em um dos lados.

Página: 12



Fig.09

Engripamento da saia e da zona de fogo em pistão de motor à diesel.

Página: 19



Fig.05

Pino atuando fora de posição e obliquamente.

Página: 14



Fig.10

Erosão do topo em pistão de motor à diesel.

Página: 20





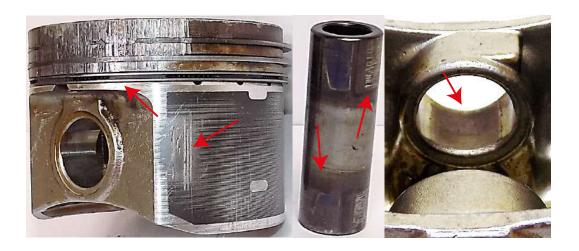


Fig.01 - Engripamento na zona de fogo no lado do alojamento do pino:

Tal avaria ocorre somente em decorrência de problemas de superaquecimento na região do cubo do pino, quando os pistões se aquecem muito mais rapidamente que as camisas, de modo que a folga de óleo é estrangulada, gerando contato metal-metal.

Fenômeno: Engripamento/Scuffing.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Montagem do pino sem lubrificá-lo;
- Falta de folga entre pino e furo da biela, por não conferência dimensional;

Obs.: para pino flutuante.

- Excesso de interferência entre pino e biela, por não conferência dimensional;
- Obs.: para pino fixo na biela, de forma que o pino fica submetido a tensões que podem acarretar deformação do pino durante o funcionamento.
- Aquecimento excessivo da biela, superior a 315°C, desencadeando empeno do pino, ou dilatação excessiva;

Obs.: para pino fixo na biela.

• Movimentação do pistão logo após a montagem com o pino ainda quente, gerando fricção de metal-metal do pino com o alojamento no pistão.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

· Montagem do pino sem lubrificá-lo;





- Lubrificação deficiente do pino do pistão ou ausência de lubrificação;
- Motor em plena carga (acelerador totalmente acionado sem ocorrer elevação da rotação) quando a temperatura de arrefecimento está muito baixa, de forma que os cilindros não se expandem e somente os pistões, por estarem muito mais quentes, dilatam, acarretando rompimento do filme de óleo entre as superfícies;

Obs.: a região que mais dilata é onde existe mais massa, portanto, na área do cubo do pino;

• Aplicar plena carga e altas rotações no motor logo após a partida, sem dar o tempo suficiente para o óleo atingir a temperatura adequada de funcionamento e de lubrificar o pino e o cilindro, gerando dilatação excessiva dos pinos e pistões.



Ex. 01: Trapézio com base embaixo.

Ex. 02: Trapézio co base em cima.

Fig.02 - Ruptura entre canaletas:

Quando o resultado da quebra gera uma figura trapezoidal com base embaixo [Ex.01], ocorre em decorrência de vibração excessiva dos anéis, principalmente de primeira canaleta, que gera uma fadiga na nervura (parede) entre cada canaleta, esta provoca o surgimento de trincas que se propagam pelo material, e quando a(s) trinca(s) atravessa(m) o corpo por inteiro, ocorre a ruptura, separando as partes na região onde a(s) trinca(s) surgira(m). Também pode ocorrer por calço hidráulico, mas isso se encontra com menor frequência.

Fenômeno: Falha por fadiga ou flexão excessiva.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Montagem de anéis de segmento com altura axial incorreta;
- Não conferência da folga axial entre anel e canaleta;
- Montagem de anéis novos em pistões com canaletas desgastadas;





- Montagem de anéis desgastados em pistões novos;
- Quebra do anel ou da nervura entre canaletas durante a montagem do pistão no cilindro, quando o anel entra forçado obliquamente por não ser devidamente envolvido pela cinta de montagem de anéis.

Obs.: Neste último caso, a quebra ocorre no sentido inverso do ocorrido com o pistão da foto, isto é, a nervura quebra de baixo para cima, e o trapézio que se forma tem sua base em cima [Ex.02] e não embaixo [Ex.01].

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- 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 vibração dos pistões e dos anéis, além de 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;
- Calço hidráulico por excesso de combustível injetado, ou, por haver um bico injetor gotejando ou travado aberto;
- Calço hidráulico provocado por presença de água dentro do cilindro.

Obs.: As duas últimas ocorrem normalmente na partida do motor, ou quando ocorre admissão de água em quantidade suficiente para calçar o motor, e nestes casos o fenômeno é de fratura por flexão excessiva da nervura.





Fig.03 - Engripamento do pino:

No caso da imagem acima o problema ocorreu por aquecimento excessivo do pé da biela no momento do embielamento, que resulta sempre no travamento do pino em um dos lados (o lado que atravessou o furo da biela antes de entrar no cubo do pistão), após o pino sofrer dilatação e empeno com o calor recebido de maneira abrupta. Quando é possível avaliar as bielas que foram utilizadas na montagem, sempre são encontrados indícios, como alterações de coloração do seu material no entorno do alojamento do pino na biela. Em alguns casos o cubo do pistão acaba rompendo, em outros mais críticos o pistão pode partir-se ao meio.

Este fenômeno também pode surgir de maneira diferente, quando o pino engripa em ambos os lados do pistão, o problema ocorre por falta de lubrificação, ou, quando o pino sofre deformações em toda sua extensão.

Fenômeno: Engripamento/Scuffing.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Aquecimento excessivo da biela, superior a 315°C, desencadeando empeno do pino, ou, dilatação excessiva;
- Movimentação do pistão logo após a montagem com o pino ainda quente, gerando fricção de metal-metal do pino com o alojamento no pistão;

Obs.: para pino fixo na biela.

- · Montagem do pino sem lubrificá-lo;
- Falta de folga entre pino e furo da biela, por não conferência dimensional;
 Obs.: para pino flutuante e quando ocorre dos dois lados do pino.
- Excesso de interferência entre pino e biela, por não conferência dimensional;





Obs.: para pino fixo na biela, de forma que o pino fica submetido a tensões que podem acarretar deformação do pino durante o funcionamento e quando ocorre nas duas extremidades do pino.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Quando o engripamento ocorre dos dois lados
- Lubrificação deficiente do pino do pistão ou ausência de lubrificação;
- Motor em plena carga (acelerador totalmente acionado sem ocorrer elevação da rotação) quando a temperatura de arrefecimento está muito baixa, de forma que os cilindros não se expandem e somente os pistões, por estarem muito mais quentes, dilatam, acarretando rompimento do filme de óleo entre as superfícies;

Obs.: a região que mais dilata é onde existe mais massa, portanto, na área do cubo do pino;

• Aplicar plena carga e altas rotações no motor logo após a partida, sem dar o tempo suficiente para o óleo atingir a temperatura adequada de funcionamento e de lubrificar o pino e o cilindro, gerando dilatação excessiva dos pinos e pistões.



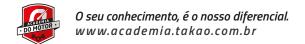
Fig.04 – Engripamento da saia na região do cubo do pino apenas em um dos lados:

Surge em decorrência de dilatação excessiva do pistão que acarreta rompimento do filme de óleo que separa o pistão do cilindro. Quando o engripamento inicia na linha do cubo e se expande para o centro da saia e para a zona de fogo, indica que o problema surgiu por aquecimento e não por falta de lubrificação. O lado que apoia no cilindro durante a compressão sofre a falha prematura, porém, o lado oposto fica intacto.

Fenômeno: Engripamento/Scuffing.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM



· Não lubrificar os pistões e cilindros durante a montagem.

Obs.: para casos em que o pistão possui alto carregamento no lado de maior pressão, de forma que apenas o lado mais carregado sofre o fenômeno que acarreta falha prematura.

• Para casos em que o pino engripou ou mudou de coloração, todas as causas indicadas sobre motivos de engripamento do pino são aplicáveis.

Obs.: para casos em que o pistão possui alto carregamento no lado de maior pressão, de forma que apenas o lado mais carregado sofre o fenômeno que acarreta falha prematura.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

• Rompimento do filme de óleo ou lubrificação insuficiente;

Obs.: neste caso o engripamento começa na região central da saia.

• Diluição do filme de óleo lubrificante por excesso de combustível;

Obs.: neste caso o engripamento começa na região central da saia e se expande e só ocorrerá em apenas um lado quando o filme de óleo for diluído por excesso de combustível em motores em que o bico injetor fica direcionado propositalmente para um lado específico da câmara, podendo ser o lado de pressão (apoio durante a compressão) ou de contrapressão do pistão.

• Motor em plena carga (acelerador totalmente acionado sem ocorrer elevação da rotação) por tempo suficiente para o pistão sobreaquecer, ocorrendo engripamento apenas no lado que apoia durante a compressão no caso de pistões com alto carregamento no lado de pressão;

Obs.: a região que mais dilata é onde existe mais massa, portanto, na área do cubo do pino;

- Aplicar plena carga e altas rotações no motor logo após a partida, sem dar o tempo suficiente para
 o óleo atingir a temperatura adequada de funcionamento e de lubrificar o pino e o cilindro, gerando
 dilatação excessiva dos pinos e pistões, e no caso de motores com alto carregamento no lado de
 maior pressão, que é o lado que o pistão se apoia durante a compressão da mistura, ocorre a falha
 apenas neste lado mais carregado;
- Deficiência na dissipação do calor entre pistão e camisa justamente no lado de maior pressão, ocorrendo dilatação excessiva que resulta no engripamento.



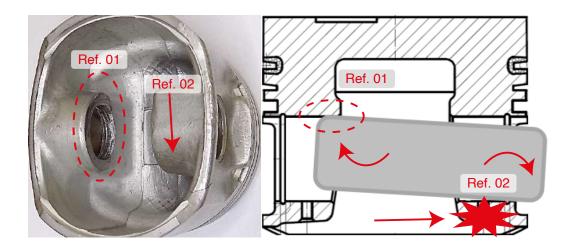


Fig.05 – Pino atuando fora de posição e obliquamente:

O pino corre para fora de seu alojamento, de maneira que se apoia na camisa de cilindro, o que faz atuar de maneira obliqua (não paralela nem perpendicular) gerando deformação do alojamento no canto superior do lado interno do furo oposto ao lado em que o pino está para fora (ref. 01), sendo que no alojamento em que o pino está apoiando do lado externo, ocorre ruptura, ou, surgimento de trincas por esforço de flexão (ref. 02).

Fenômeno: Deformação e ruptura por tensão excessiva.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

• Erro de montagem da trava do pino;

Obs.: para pino flutuante na biela.

· Não aplicação da trava do pino;

Obs.: para pino flutuante na biela.

• Não conferência do alojamento da biela, quando ocorre de estar fora das tolerâncias dimensionais e/ou geométricas;

Obs.: para pino fixo na biela;

Montagem do pino descentralizado;

Obs.: para pino fixo na biela;

- Não conferência da perpendicularidade entre biela e pino do pistão, bem como do paralelismo entre biela e cilindro do motor, acarretando esforços que levam o pino a sair de seu posicionamento correto;
- Montagem de biela torta, empenada ou deformada, que tenha levado ao deslocamento do pino.



2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Pino atuando de maneira forçada contra a trava por qualquer um dos erros de montagem já mencionados;
- Pino atuando livre sem uma das travas, de maneira que é lançado para fora do seu alojamento;
- Pino atuando obliquamente em seu alojamento por qualquer irregularidade na biela que leve a tal irregularidade;
- Pino atuando com biela descentralizada, forçando-o para um dos lados do cubo.

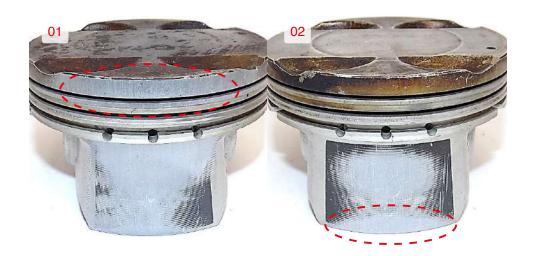


Fig.06 – Montagem do pistão com seta para o lado incorreto:

O lado de montagem de um pistão é indicado através de marcação em seu topo, que auxilia para que este não seja montado de forma incorreta, pois, ocorre que os pistões possuem o furo do pino descentralizado propositalmente com relação à sua linha de centro. A descentralização do pino do pistão é projetada para que ele tenha um apoio adequado durante seu curso de compressão e para auxiliar no seu apoio no momento da mudança de sentido de movimento dentro do cilindro (chega ao PMS e começa a descer), de forma a reduzir os ruídos e a vibração provocados pelos movimentos secundários do pistão (o pistão se move lateralmente durante seu funcionamento). Quando ocorre do pistão ser montado com a descentralização do pino para o lado invertido, i.e., para o lado de menor pressão, o pistão atua sem apoio lateral durante o curso de compressão, e sofre uma pancada brusca contra a parede do cilindro ao mudar a direção do seu movimento, o que gera marcas de desgaste expressivas na borda do topo em um dos seus lados (01), e na parte extrema do inferior da saia no lado oposto (02), conforme pode ser visto nas imagens acima. Normalmente este tipo de irregularidade é notada por provocar ruídos metálicos de "batidas de saia".



Fenômeno: Ruídos e vibração.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

• Montagem do pistão com descentralização do pino para o lado incorreto.



Fig.07 – Formação de depósitos de carvão por excesso de óleo na combustão:

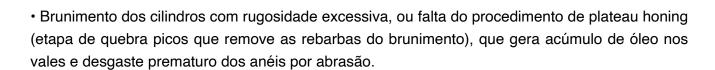
Se os pistões apresentam manchas amareladas, ou, depósitos carboníferos no entorno da zona de fogo e no topo, significa que durante o funcionamento do motor havia excesso de óleo lubrificante na composição da mistura combustível-comburente, provocando formação de depósitos no topo (cabeça) quando o óleo vem do cabeçote, como nas nervuras entre primeira e segunda canaleta e na borda do topo do pistão quando o óleo está passando pelos anéis.

Fenômeno: Carbonização decorrente de queima de óleo lubrificante.

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

- Qualquer irregularidade nos cilindros que venha afetar a vedação dos anéis, acarretando passagem de óleo, portanto, se os cilindros estiverem fora das tolerâncias dimensionais ou geométricas, ocorrerá passagem de óleo em excesso para a combustão;
- · Montagem incorreta dos anéis;
- Não conferência dimensional dos anéis e cilindros e da folga entre anéis e canaletas dos pistões;



2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- Obstrução do respiro dos gases do cárter do motor.
- Vazamento de óleo através de retentores de válvulas, guias, ou, por trincas presentes no cabeçote.
- Vazamento de óleo pelos anéis quando já estão no fim da vida útil, quando sofrem falha prematura, ou, quando possuem carga tangencial insuficiente para a vedação;
- Desgaste excessivo em qualquer parte dos anéis, pistões, e cilindros que venha a provocar passagem de óleo em excesso durante o funcionamento do motor;
- Folga excessiva entre pontas dos anéis ou entre anéis e canaletas dos pistões.



Fig.08 – Desgaste abrasivo na região da zona de fogo e da saia:

Os pistões apresentam marcas de desgaste acentuado e coloração opaca na região da saia e nas bordas da zona de fogo. É possível verificar pequenos corpos estranhos incrustados nas áreas que sofreram o desgaste abrasivo e riscos verticais são facilmente notados.

Este desgaste surge pelo mecanismo de desgaste abrasivo que é provocado por partículas que adentraram à câmara de combustão do motor. Estas partículas funcionam como pequenos corpos abrasivos, que rompem o filme de óleo e arranham a superfície, gerando remoção de pequenas porções de material da superfície de menor dureza, e estas parcelas de material removido tornam-se novos abrasivos, criando um ciclo contínuo de abrasão da superfície que foi agredida pela contaminação.

Fenômeno: Mecanismo de desgaste abrasivo

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

• Montagem do motor sem executar uma limpeza adequada, de forma que abrasivos ficam contidos dentro do motor;

Obs.: neste caso o desgaste será mais acentuado nas saias e nos anéis do pistão.

- Montar o motor em ambiente com poeiras, terra, areia, fuligem, ou qualquer outro tipo de particulado que venha a contaminar o motor ou suas peças internas quando ainda aberto para montagem;
- Não efetuar a revisão do filtro de ar, ou, não reparar passagens de ar falso na linha de admissão de ar do motor:
- Realização de brunimento excessivamente rugoso, ou, sem remover os picos com processos secundários (com flex hone tool ou processo de plateau honing).

Obs.: neste caso o desgaste será mais acentuado nas saias e nos anéis do pistão.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

- · Admissão de partículas estranhas através do duto de admissão de ar do motor;
- Funcionamento do motor com limalhas ou sujeiras alojadas em seu interior;
- Funcionamento do motor sem filtragem do ar admitido, por haver filtro de ar danificado ou ausente:
- Funcionamento do motor com passagens de ar sem filtragem;
- Funcionamento do motor em ambiente propício a degradação acentuada do filtro de ar, como ambientes com atmosfera corrosiva ou abrasiva.
- Óleo do motor contaminado de abrasivos;

Obs.: neste caso o desgaste será mais acentuado nas saias e nos anéis do pistão.





Fig.09 – Engripamento da saia e da zona de fogo em pistão de motor à diesel:

Pode ocorrer iniciando nos anéis quando ocorre problemas de diluição do filme de óleo, ou, ocorre pela dilatação excessiva da zona de fogo e da saia do pistão quando há irregularidades em seu funcionamento.

Fenômeno: Engripamento/Scuffing

Causas:

1. ERROS DE MONTAGEM

Montagem incorreta, danificação ou remoção dos jet-coolers;

Obs.: para pistões como os acima, que utilizam essa tecnologia.

Montagem dos pistões com falta de folga, prejudicando a formação do filme de óleo;

Obs.: neste caso o engripamento se inicia no centro da saia.

• Montagem dos pistões sem lubrificá-los, bem como lubrificar os cilindros, gerando escoriações logo nos primeiros giros do motor, que evoluem ao longo do funcionamento;

Obs.: neste caso o engripamento se inicia no centro da saia.

• Aplicação incorreta do pistão, i.e., quando o motor necessita da versão mais moderna do pistão com placas de dissipação de calor, ou, utilizar pistão sem furo de jet-cooler em motor que necessita obrigatoriamente desta tecnologia.

2. CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO INAPROPRIADAS

• Falha no resfriamento com jet-cooler;



• Diluição do filme de óleo por excesso de combustível injetado, ou, por gotejamento quando ocorre falha de vedação do bico injetor;

Obs.: neste caso o engripamento se inicia no centro da saia.

- Injeção fora de ponto, provocando queima prolongada do óleo diesel, ou, sua diluição com o óleo do motor;
- Falha na pulverização do óleo diesel, prejudicando a combustão;
- Combustão irregular provocando excesso de caloria e dilatação excessiva dos pistões;
- Motor em plena carga (acelerador totalmente acionado sem ocorrer elevação da rotação) por tempo suficiente para o pistão sobreaquecer;

Obs.: a região que mais dilata é onde existe mais massa, portanto, na área do cubo do pino;

- Aplicar plena carga e altas rotações no motor logo após a partida, sem dar o tempo suficiente para o óleo atingir a temperatura adequada de funcionamento e de lubrificar o pino e o cilindro, gerando dilatação excessiva dos pinos e pistões;
- Deficiência na dissipação do calor entre pistão e camisa por problemas no sistema de arrefecimento ou por formação de depósitos de oxidação no exterior das camisas;
- Utilização incorreta do freio motor;

Obs.: para motores que possuem este mecanismo.



Fig.10 – Erosão do topo em pistão de motor à diesel:

Este tipo de falha prematura ocorre quando o combustível injetado não é totalmente queimado, de forma que a parcela não queimada que se apresenta no estado líquido da matéria, encharca o topo e escorre pela zona de fogo do pistão, e como isso está ocorrendo durante a fase de combustão, a temperatura e pressão se elevam por conta da queima da parcela de combustível que foi pulverizada adequadamente, portanto, essa condição de alta quantidade de calor e elevada pressão, mas insuficiente quantidade de oxigênio, ou, de tempo, para ser possível vaporizar a parcela de combustível ainda em fase líquida, gera um aumento muito grande de temperatura onde o



combustível ainda líquido se acumula, de forma que os gases já queimados reagem com essa parcela não queimada juntamente com o metal onde essa parcela de combustível se acumulou, o que gera o derretimento do metal por excesso de caloria e o arrancamento de parcelas do material por corrosão química. Trata-se, então, da propiciação de erosão acarretados pela corrosão e carbonização do topo do pistão, e dependendo de qual problema tenha acarretado tal avaria e por quanto tempo o pistão tenha funcionado nesta condição, poderá, ou não, vir acompanhado de engripamento do pistão.

Fenômeno: Corrosão e carbonização

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 altura maior que o adequado, provocando redução

expressiva 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 gatajamento por falha em sua estangueidade, à injeção do combustível em excesso, ou à uma

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.





