

ANÁLISE DO DESGASTE DE MOTORES CICLO DIESEL SUBMETIDOS A DIFERENTES REGIMES ATRAVÉS DA ANÁLISE DO LUBRIFICANTE

Junior Garlet Osmari

Cesar Gabriel dos Santos

Daniela Herzog

Universidade Federal de Santa Maria

juniorosmarin@gmail.com

cesar.g.santos@ufsm.br

dani_herzog@hotmail.com

Resumo. Este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão sobre desgaste de motores ciclo diesel por meio da análise das partículas presentes no óleo lubrificante. Para esta pesquisa, pesquisou-se por “desgaste de motores” e “análise de lubrificante” no portal Google Scholar. Encontrou-se três artigos que apresentaram presença de cobre no óleo lubrificante, que indica que houve desgaste dos componentes do motor.

Palavras-chave: Análise de lubrificante. Desgaste de motores diesel. Espectrometria.

1. INTRODUÇÃO

Os motores diesel são amplamente utilizados em diversos setores, pois equipam diversos equipamentos pesados, como máquinas agrícolas, máquinas de construção, caminhões, além de grupos geradores de energia elétrica. Isso se deve a dois principais fatores: maior eficiência do motor diesel e segurança no armazenamento do combustível, já que ele possui menor volatilidade.

O correto funcionamento de um motor a combustão, tanto diesel quanto Otto, depende de várias condições. Porém o conjunto “pistão, anel e cilindro” é considerado o mais importante sistema tribológico em um motor de combustão interna, pois o acabamento da superfície do cilindro é o principal fator que afeta o atrito, desgaste e lubrificação das superfícies deslizantes contidas no cilindro (PAWEL, 1997).

Dentro da câmara de combustão, onde ocorre a queima, desliza um “êmbolo” chamado pistão, com anéis fazendo a vedação enquanto pressionam a parede do cilindro. Essa movimentação demanda lubrificação, e através da fina película de óleo entre as superfícies há troca de substâncias, que podem contaminá-lo, afetando assim a capacidade de minimizar o atrito. Ademais, há o desgaste desses componentes, e além do conjunto “pistão, anel e cilindro”, também há desgastes em outros mecanismos, como nos mancais do virabrequim. Tudo isso pode intensificar-se sob alguns aspectos.

O tipo e qualidade do combustível são os primeiros aspectos a se observar para evitar-se problemas, pois combustíveis de má procedência e/ou mal acondicionados trazem impurezas para a câmara de combustão, e prejudicam a queima. Além disso, quando um motor passa

a operar com um combustível para o qual não foi projetado, como a troca do diesel por gasolina ou gás (ottolização), alteram-se parâmetros como pressão e temperatura, além de expor as superfícies internas a uma substância que possa agredi-las quimicamente.

A presença de sistemas de recirculação de gases de exaustão, também influenciam na qualidade do funcionamento, pois reinserem impurezas na câmara de combustão, impurezas essas que podem prejudicar a capacidade de lubrificação do óleo e aumentar o desgaste.

Ainda, observa-se um desgaste maior na fase de amaciamento do motor, na qual ocorre o assentamento natural entre anéis de pistão e a superfície do cilindro nas primeiras horas de funcionamento de um motor.

Para monitorar esses desgastes, um dos métodos utilizados é a coleta e análise do óleo lubrificante através da espectrometria. Essa técnica de monitoramento pode ser amplamente utilizada para planejamento de manutenções preditivas e auxiliar o desenvolvimento de produto. A espectrometria detecta metais como ferro e cobre presentes no óleo lubrificante, e níveis quantitativamente acima dos valores preconizados pela bibliografia indicam desgaste de componentes internos do motor.

O presente trabalho tem por objetivo reunir resultados de estudos feitos em motores submetido a diferentes regimes de operação, e analisar os possíveis desgastes – intencionais ou não – causados pelas condições de operação, e observar principalmente os níveis de Fe e Cu. Os estudos foram feitos em um motor ciclo diesel ottolizado para operar com biogás, um motor de bancada submetido a diferentes níveis de recirculação de gases de exaustão, e motores de máquinas de mineração ao longo do tempo de operação incluindo o período de amaciamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O óleo lubrificante é responsável pela redução do atrito e consequentemente desgaste do motor, bem como pela limpeza dos resíduos da combustão e dos resíduos provocados pelo desgaste de componentes. Através da análise periódica do lubrificante, é possível acompanhar a sua deterioração normal e aquelas causadas por contaminações diversas, servindo como indicativo de manutenções preventivas (CORRÊA et al., 2011).

A análise do lubrificante consiste em coletar amostras de óleo em um determinado período de funcionamento do motor e, posteriormente, avaliá-las para determinar tanto o estado do motor quanto do lubrificante (FYGUERO e SÍMON, 1997).

O óleo lubrificante carrega informações importantes sobre as condições do meio em que circula, e com sua análise é possível determinar o grau e natureza dos metais de desgaste, dos contaminantes e características básicas dos lubrificantes, possibilitando a correção de problemas iminentes e catastróficos. O monitoramento das condições do óleo lubrificante é uma ferramenta preventiva para diminuir o risco de falhas prematuras do funcionamento do motor (LUBES EM FOCO, 2010).

2.1. Espectrometria

A espectrometria é uma das principais técnicas para análise de partículas no óleo, pois determina qualitativa e quantitativamente os constituintes e possíveis contaminantes (partículas menores do que 5 μm). (MURARO, 2016).

Na espectrometria, o óleo é aquecido por ação de um plasma de argônio a uma temperatura muito elevada fazendo com que os elétrons sejam excitados e emitam fótons de luz com frequências características ao saltar entre os diferentes níveis quânticos. Através da interação entre os fótons de luz emitidos e a radiação ultravioleta emitida pela fonte, a concentração dos elementos presentes no óleo é determinada (DAVID, 2005).

Tabela 1. Principais elementos verificados pela análise de espectrometria.

Elemento	Provável Origem	Concentração admissível
Alumínio (Al)	Pistões, rolamentos, arruelas	< 10 ppm
Cromo (Cr)	Anéis, válvulas de exaustão, coolant, bielas	< 5 ppm
Ferro (Fe)	Cilindros, virabrequim, anéis, pistões etc.	< 100 ppm
Chumbo (Pb)	Aditivos de combustíveis	< 20 ppm
Cobre (Cu)	Mancais, buchas e peças de bronze	< 15 ppm
Sílica/Silício (Si)	Poeira	< 20 ppm

Fonte: Adaptado de MURARO (2016) e GASPARINI (1983).

2.2. Resultados e Discussões

A adoção de sistemas de recirculação de gases de exaustão (EGR) tem como função reduzir a emissão de NOx, considerado um contaminante atmosférico. Esse sistema vem sendo amplamente utilizado para cumprir as normativas de redução de emissões ao redor do mundo por fabricantes de motores. O EGR faz com que os gases da exaustão retornem para câmara de combustão para serem comporem novamente a mistura, além de reduzir a temperatura da combustão.

De acordo com Green e Lewis (2008), a contaminação do óleo lubrificante por partículas de fuligem provenientes dos gases de exaustão é um dos principais fatores no aumento do desgaste dos componentes do motor. Adicionalmente, a redução do NOx pela utilização do EGR é acompanhada pelo aumento de material particulado na câmara de combustão. Assim, o EGR pode acelerar a contaminação e degradação do óleo, aumentando a viscosidade, interferindo na ação dos aditivos e gerando problemas de bombeamento do lubrificante, o que compromete a durabilidade do motor.

Muraro (2016) analisou a influência do sistema de recirculação de gases de exaustão (EGR) na contaminação do lubrificante, variando a recirculação entre 0%, 20%, 35%, 45% através do controle da válvula EGR, utilizando um motor ciclo diesel de bancada e coletando amostras após 100 horas de experimento. Entre seus resultados, utilizando espectrometria, constatou aumento da concentração de fuligem no lubrificante, o que acarretou desgaste por deslizamento em mecanismos com superfícies de contato. A análise revelou o ferro como elemento com maior número de ppm, indicando desgaste dos anéis e camisa, sendo de 449 ppm, obtido na condição de 35% de EGR, a qual apresentou a maior concentração de fuligem (1,56%). Já o cobre, que está relacionado com o desgaste

das bronzinas, apresentou valor máximo de 100 ppm para 20% de recirculação.

Outro caso em que as condições de funcionamento padrão do motor são alteradas, são as substituições parciais ou totais dos combustíveis para qual o motor foi projetado. Bertinatto (2014), monitorou as condições do óleo lubrificante de um motor ciclo diesel, otolizado. O motor, conectado a um gerador de energia elétrica, foi adaptado para operar utilizando biogás como combustível. As análises coletadas em períodos de 75 horas foram submetidas a espectrometria de emissão ótica e comparados com os valores típicos operando nessas condições. Dentre os elementos analisados, apenas o cobre apresentou valores de aproximadamente 30% acima da bibliografia, e somente após 450 horas operando.

Um dos períodos de maior desgaste na vida útil de um motor é o período de amaciamento. O desgaste de anéis e camisas contemplam, basicamente, duas fases. A fase de amaciamento ocorre nas superfícies ainda não deformadas e o desgaste promove um alisamento com a diminuição da rugosidade inicial e acomodação entre as superfícies. No período de amaciamento são formadas camadas encruadas, camadas protetoras de óxido ou filmes adsorvidos. Se houver uma lubrificação deficiente poderá ocorrer o contato metal-metal e o mecanismo de *scuffing*, por exemplo, poderá se manifestar em uma eventual sobrecarga. O tempo de amaciamento para motores em dinamômetro tem duração de aproximadamente 12 horas. Após o período de amaciamento, ocorre o período de desgaste progressivo com taxas menores e praticamente constantes (GARCIA, 2003).

Porém, o período de amaciamento de um motor em condições normais de trabalho exige muito mais tempo. Lima (2017), fez um estudo de caso em motores diesel de máquina de construção, coletando amostras a cada 500 horas de operação. Em uma escavadeira hidráulica na qual é considerado período de amaciamento do motor as primeiras 1.000 horas de operação, o teor de cobre inicial foi de 415,5 ppm. Para o cobre, o valor máximo recomendado por Gasparini (1983) é de 15 ppm, portanto indica um severo desgaste de componente nesse período. Após este tempo, o equipamento apresentou queda no teor de Cu presente no lubrificante decrescendo para 2,47 ppm, permanecendo com média de 1,1 ppm até 7466 horas. Lima também detectou teor de cobre acima do preconizado pela literatura nas 2.000 horas iniciais de uma carregadeira, indicando decorrência do período de amaciamento.

2.3. Considerações finais

Em todos os experimentos, o cobre foi o elemento que mais ultrapassou os limites preconizados, principalmente no período de amaciamento e na presença de EGR. Isso indica que os componentes que mais sofreram desgaste foram mancais e buchas.

Conclui-se que a análise do lubrificante pode revelar aspectos importantes sobre as condições de operação de um

motor, pois expôs presença de substâncias que indicaram desgaste.

As informações geradas podem servir para aperfeiçoamento de produtos, planejamento de planos de manutenção e, principalmente cronogramas de troca de óleo lubrificante. Com uma análise de óleo, Lima (2017) propôs um aumento do intervalo de troca do lubrificante em máquinas de grande porte, mostrando que é possível obter economia e redução no impacto ao meio ambiente em relação ao descarte de lubrificante, o que torna a espectrometria viável.

3. REFERÊNCIAS

- CARDILLE, D. M. Uma abordagem a respeito do desgaste em materiais de camisas de cilindro de motores ciclo diesel atendendo as modernas leis de emissões. Tese (Mestrado Profissional de Engenharia de Materiais) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2009.
- CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; STORINO, M. Mistura de biodiesel de sebo bovino em motor diesel durante 600 horas. *Ciência Rural*, v.41, p.1189-1194, 2011.
- DAVID, T.. Análise de Partículas de desgaste. *Qualidade e Tecnologia*, n°.52, p.7-9, 2005.
- FARIAS, Marcelo Silveira de. Fuel Economy of Agricultural Tractors Using Different Transmissions And Driving Strategy. 2016. 93 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016..
- FYGUERO, A.; SÍMON, J. Mantenimiento de Motores Diesel. Consejo de Estudios de Postgrado. Universidade de Los Andes. Mérida, 1997.
- GARCIA, M.B.. Características do desgaste de anéis de pistão com diferentes tecnologias de tratamentos superficiais. Instituto de Pesquisa Energética e Nucleares – IPEN – Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear). Instituto de Pesquisa Energética e Nucleares – IPEN – Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, 2003.
- GASPARINI, C. T. Um modelo de laboratório econômico para análises de óleos lubrificantes. *Revista da Associação dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil*, p. 38-41, 1983.
- GREEN, D. A.; LEWIS, R.. The effects of soot-contaminated engine oil on wear and friction: a review. *IMEch, J. Automobile Engineering*, vol. 222, p. 1669-1689, 2008.
- LIMA, O. O.; MIRANDA, W. M.; Aplicação e manutenção preditiva baseada na análise de lubrificantes e de parâmetros operacionais para a detecção de falhas em motores diesel de equipamentos de construção. 9ª Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação – COBEF 2017.
- LUBES EM FOCO. *Revista Lubes em Foco*, Fev/Mar 2010, no 17.
- MURARO, Marco Antonio. Efeito do uso de recirculação de gases de exaustão (EGR) na contaminação do lubrificante e no desgaste de anel e camisa de motor de combustão interna com ciclo diesel. 2016. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- PAWEL, P. Change of cylinder surface topography in initial stage of engine life. *Wear*, Vol. 209, pp. 69-83. 1997.