

ANÁLISE DE FALHA EM CILINDRO DE RODA¹

Marcelo Sartori²
Diógenes Savi Mondo³
Rafael Walter Müller⁴
André R. Froehlich⁵
Telmo Roberto Strohaecker⁶

Resumo

O objetivo do presente trabalho é estudar as causas que levaram um cilindro de roda, componente de sistemas automotivos de freio, a falhar, e dessa forma obter o conhecimento necessário para evitar possíveis falhas futuras. Para tal, utilizou-se a metodologia padrão para análise de falha. O componente apresentou microestrutura de ferro fundido cinzento com matriz formada por perlita e ferrita e veios de grafita ASTM tipo B e E com tamanho 5. A microestrutura observada não é adequada ao material podendo estar relacionada com a falha do componente considerando que grafitas do tipo E são fragilizantes. Estas características microestruturais estão diretamente associadas ao processo de fabricação do material, e a grafita do tipo E (interdendrítica orientada) com predominância de grafita tipo B e presença de ferrita prejudicam as propriedades mecânicas do material.

Palavras-chave: Análise de falha; Cilindro de roda; Ferro fundido cinzento.

FAILURE ANALYSIS OF A WHEEL CYLINDER

Abstract

This present work aims to study the causes of wheel cylinder failed, and then learn the necessary knowledge to prevent futures failure cases. The standard failure analysis methodology has been carried on. The specimen has presented a gray cast iron microstructure with a pearlite and ferrite matrix and B and E graphite grades with size 5. This found microstructure is not adjusted to this material and may be correlated with the component failure, because graphite E grade is embrittling. These microstructural characteristics are directly connected with the manufacturing process of the material and harm their mechanical properties.

Key words: Failure analysis; Wheel cylinder; Gray cast iron.

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Estudante de Engenharia Metalúrgica – LAMEF / UFRGS*

³ *Engenheiro Mecânico – LAMEF / UFRGS*

⁴ *Estudante de Engenharia Mecânica – LAMEF / UFRGS*

⁵ *Doutor – LAMEF / UFRGS*

⁶ *Professor Doutor – LAMEF / UFRGS*

1 INTRODUÇÃO

A metodologia de análise de falhas em componentes mecânicos e estruturais é um recurso amplamente utilizado em otimização de projetos, pois permite, através de conhecimentos básicos, a identificação dos motivos pelo qual a falha ocorreu e, uma vez conhecido o motivo, chegar-se ao objetivo principal que é adquirir conhecimento para evitar falhas futuras.^[1]

Cilindros de roda são componentes automotivos constituintes de sistemas de freios, localizados em cada uma das rodas, na qual sua função é transformar a pressão vinda do cilindro mestre através do fluido de freio em força mecânica aplicada sobre as sapatas de freio (em caso de freio a tambor) ou sobre as pastilhas (freio a disco), conforme mostrado no esquema da Figura 1.^[2]

O objetivo deste trabalho é identificar os motivos que levaram um cilindro de roda a romper em serviço.

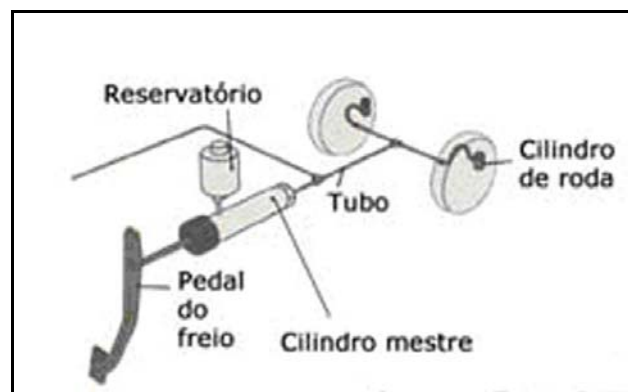


Figura 1: Esquema mostrando um sistema de freio traseiro.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 2 mostra o componente conforme recebido para análise. Trata-se de um cilindro de roda cuja matéria-prima é de ferro fundido cinzento com especificação de material conforme mostrado na Tabela 1. A dureza especificada está entre 180 – 220 HB.



Figura 2: Cilindro de roda conforme recebido para análise.

Tabela 1: Composição química especificada do ferro fundido cinzento.

Elemento	C	Si	Mn	Cu	S	P
% peso	3,2 a 3,4%	1,9 a 2,10%	0,65 a 0,90%	0,50 a 0,80%	0 a ,005%	0 a 0,05%

A metodologia empregada na realização do trabalho consistiu na metodologia padrão de análise de falha. O estudo consistiu em análise da fratura, análise metalográfica e ensaio de dureza.

Para a análise da fratura, um corte paralelo à trinca foi realizado para a exposição da superfície pelo qual a trinca se propagou. Esta então foi analisada em lupa de baixo aumento e após, levada ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) para identificação de possíveis micromecanismos de fratura.

Para análise metalográfica, foi retirada uma amostra transversal à superfície de fratura. Esta foi preparada segundo procedimentos padrões de metalografia, que incluem embutimento, lixamento e polimento. Para a revelação da microestrutura, utilizou-se reagente químico Nital 2%.

A medição de dureza da amostra foi realizada em um durômetro Wolpert em escala Brinell (HB) com carga de 187,5 kgf e esfera de 2,5 mm de diâmetro, respeitando a relação $F/D^2 = 30$. Foram adquiridas cinco medições aleatórias da amostra.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise da Fratura

O esquema da Figura 3 mostra a superfície de fratura, onde se mostrou extremamente oxidada. A análise em MEV mostrou micromecanismos de fratura mista, isto é, regiões com fratura dúctil e frágil, conforme imagens da Figura 4.

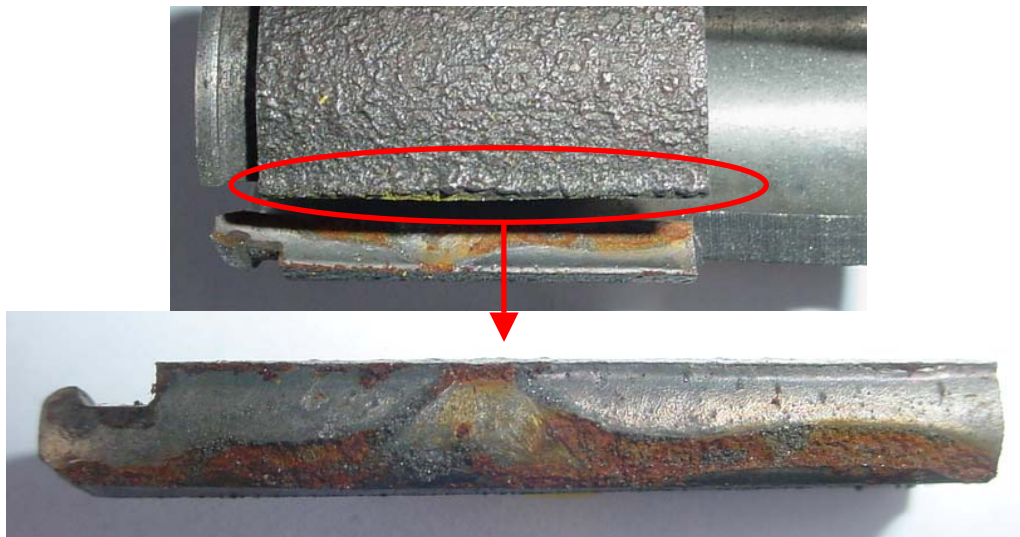


Figura 3: Imagem mostrando a superfície de fratura oxidada.

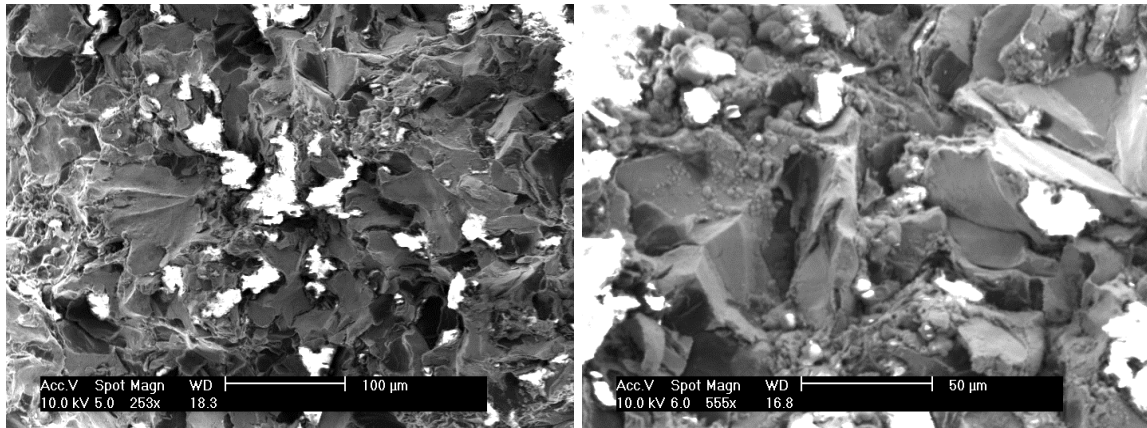


Figura 4: Macrografias mostrando micromecanismos de fratura mista. As regiões em branco correspondem a oxidações na superfície.

3.2 Análise Metalográfica

O componente apresentou microestrutura de ferro fundido cinzento com matriz formada por perlita e ferrita e veios de grafita ASTM tipo B e E com tamanho 5, conforme imagens da Figura 5. Foram observadas, nas regiões de grafita ASTM tipo B (grafita em forma de rosetas), a presença de ferrita, conforme Figuras 6 e 7, o que não é recomendado em ferros fundidos cinzentos devido à baixa dureza e limite de resistência que a ferrita propicia.

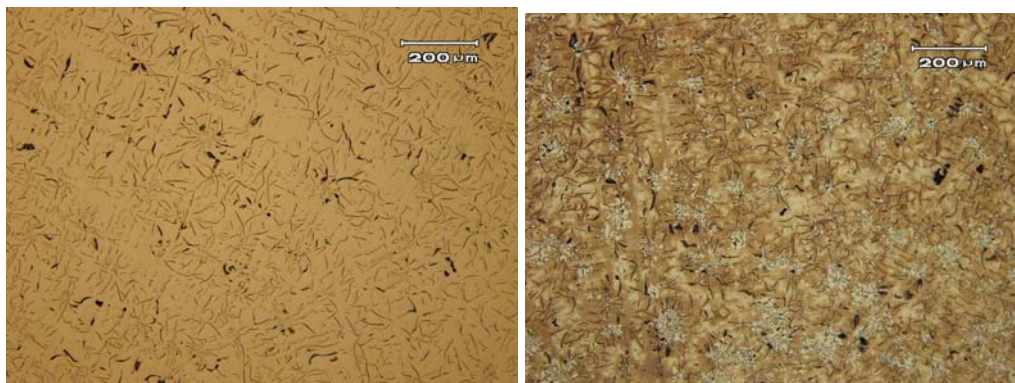


Figura 5: Micrografia sem ataque químico mostrando os veios de grafita com regiões tipo B e E de tamanho 5, à esquerda, e com ataque químico, à direita, mostrando microestrutura composta por perlita e ferrita. Aumento: 100x.



Figura 6: Imagem mostrando ferrita nas regiões de veios de grafita tipo ASTM B. Aumento: 200x.



Figura 7: Imagem mostrando, em maior aumento, as regiões de ferrita. Aumento: 500x.

3.3 Ensaio de Dureza

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 2: Resultados de dureza na escala Brinell.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Média (HB)
Amostra	187	195	195	202	202	196 ± 6

4 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

O material trata-se de um ferro fundido cinzento com grafita tipo B e E com tamanho 5. Em geral, os ferros fundidos cinzentos de qualidade e alta classe, devem ter grafita predominante tipo A com alguma grafita dispersa tipo B e matriz 100% perlítica. A microestrutura observada não é adequada ao material podendo estar relacionada com a falha do componente considerando ainda que grafitas do tipo E são fragilizantes (regiões de fratura frágil). Estas características microestruturais estão diretamente associadas ao processo de fabricação do material, pois a grafita do tipo E (interdendrítica orientada) com predominância de grafita tipo B e presença de ferrita prejudicam as propriedades mecânicas do material.

Foram observadas, nas regiões de grafita ASTM tipo B, a presença de ferrita (regiões de fratura dúctil). Esta fase é de baixa dureza, tornando-se assim indesejável para ferros fundidos que não apresentam ductilidade devido à presença de grafita lamelar não fazendo sentido a presença de ferrita. Neste caso, a presença de ferrita somente atua no sentido de reduzir o limite de resistência do material, reduzindo conseqüentemente a classe do mesmo.

A dureza encontrada está dentro do especificado, no entanto, nos ferros fundidos cinzentos, diferentemente dos aços, o limite de resistência não é uma função somente da dureza do material, uma vez que a influência dos fatores microestruturais relacionados com a forma, geometria, distribuição e tamanho das grafitas são determinantes na resistência destes materiais.

5 CONCLUSÃO

O cilindro de roda apresentou microestrutura não adequada no que se refere principalmente a grafita, indicando fragilidade do material e podendo isto ser determinado na origem da falha, visto que, veios de grafita ASTM E são fragilizantes diminuindo assim as propriedades mecânicas do material.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF / UFRGS), pela oportunidade e infra-estrutura para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 REGULY, I. LIMBERGER, S. GRIZA, M. KRAMER E T. STROHAECKER – Fadiga e Análise de Falha – Escola de Engenharia – UFRGS – sem 2004/02.
- 2 Oficina e Cia – O Mundo Virtual de Oficinas - <http://www.oficinaecia.com.br>.
- 3 V. CHIAVERINI – Aços e Ferros Fundidos – Associação Brasileira de Metais – 4° edição – SP 1977 – Pág 413 a 456.
- 4 Metals Handbook – Fractography and Atlas of Fractographs – ASM American Society for Metals - volume 9 - 8° edição 1974