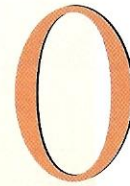


Brunimento

Novos métodos de inspeção da qualidade em cilindros de motores

□ A. R. de Sousa, A. A. Gonçalves Jr., C. Kanda e F. Hrebabetzky □

Parâmetros de desempenho dos motores, como rendimento, vida útil, consumo e nível de emissão, dependem da qualidade das superfícies brunidas. Funcionalmente, essas superfícies precisam apresentar riscos com um ângulo bem definido, um aspecto regular e contínuo, sem a presença de empastamentos, irregularidades ou descontinuidades. Esse artigo apresenta um sistema óptico panorâmico inédito, desenvolvido no Brasil, para a inspeção e medição dos ângulos de brunimento em cilindros. Utilizando uma óptica panorâmica que pode ser combinada com uma lente objetiva de alta ampliação, o sistema permite um ensaio detalhado e automatizado das superfícies brunidas, o que possibilita uma medição automática dos ângulos ao longo de 360° das camisas e ainda uma inspeção visual com alta definição. Em relação ao método tradicional do fax-filme empregado pelos fabricantes de motores, o sistema permite vantagens técnicas, operacionais e econômicas, e abre um grande campo de possibilidades de melhorias.



brunimento é um processo de usinagem que corrige erros de forma em uma superfície e produz ranhuras nas paredes do cilindro. Esse tipo de textura, chamada de textura de estrias cruzadas, é importante para reter os fluidos que mantêm a lubrificação e refrigeração do sistema, além de diminuir o atrito entre dois objetos^[1]. Em função dessa característica, o processo de brunimento é largamente empregado no acabamento de mancais, camisas de compressores e de cilindros de motores de combustão.

Especificamente no caso dos motores, a qualidade do brunimento tem impacto direto no rendimento, vida útil, consumo, nível de emissão de poluentes e outros parâmetros de desempenho do produto. Funcionalmente, as superfícies brunidas precisam apresentar um ângulo de brunimento definido. O ideal é que os riscos fiquem paralelos uns aos outros e inclinados de um ângulo controlado em relação aos riscos reversos.

Além disso, os riscos devem ter um aspecto regular e contínuo, sem a presença de empastamentos, irregularidades ou descontinuidades. Ranhuras irregulares, ▶

□ André Roberto de Sousa é do Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina (Cefet/SC) e Armando Albertazzi é da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). César Kanda e Frank Hrebabetzky são da empresa Photonita Metrologia Óptica, de Florianópolis (SC). Reprodução autorizada.

ausentes e com ângulos errados, bem como a presença de empastamentos, são indícios de falhas no processo de brunimento causadas por ajuste inadequado dos parâmetros do processo, desgaste de ferramentas e outros fatores^[2].

As não-conformidades precisam ser detectadas de forma rápida e confiável, para que os níveis de qualidade nos produtos sejam mantidos. A figura 1 mostra o aspecto das ranhuras de brunimento em um cilindro de motor. Observam-se alguns exemplos de possíveis falhas de processo. Nesse caso específico, o motor diesel testado apresenta consumo de combustível e de lubrificante 12% superior ao de um similar fabricado na matriz da empresa na Europa.

Devido à importância crítica do processo de brunimento para a qualidade dos motores, compressores, freios etc., os procedimentos de bru-

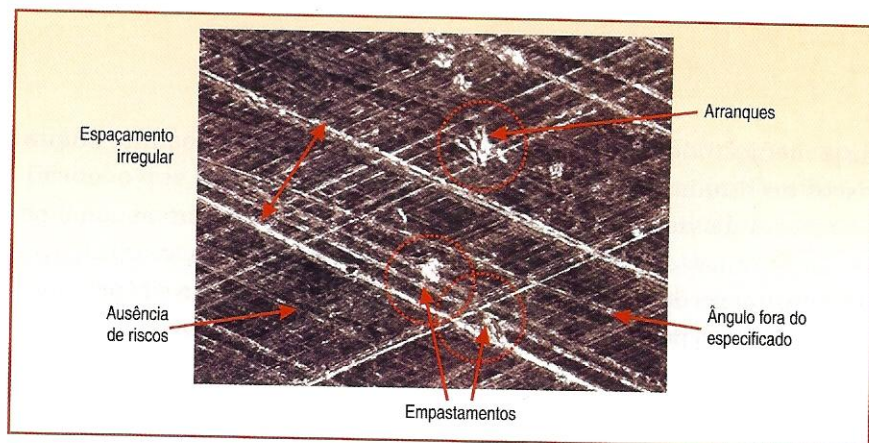


Figura 1 – Aspecto visual de uma superfície brunida com exemplos de falhas de processo

nimento das camisas dos blocos de motor são mantidos em segredo pelos fabricantes. Também por causa dessa importância estratégica, os fabricantes procuram cada vez mais otimizar os processos de usinagem e os métodos de controle de qualidade das superfícies usinadas.

Métodos tradicionais

Para a verificação da qualidade de brunimento, os métodos mais empregados são o destrutivo e o fax-filme.

Método destrutivo

Pelo método destrutivo, o cilindro é serrado ao meio e as partes são levadas a um laboratório, onde é possível observar a superfície brunida frontalmente por um microscópio óptico com objetiva de alta ampliação (normalmente 100 vezes).

Nessa verificação, são inspecionados vários locais do cilindro e é realizada uma avaliação qualitativa (aspecto dos riscos de brunimento). Caso o microscópio possua recursos, ainda é realiza-

AÇOS

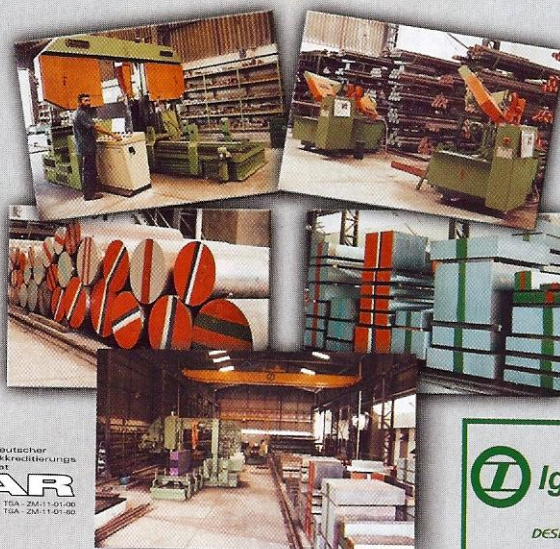
ALTA QUALIDADE EM
PRODUTOS E SERVIÇOS

AÇO A.D.C 3

AUBERT&DUVAL

aço de alta performance para moldes de fundição sob pressão de alumínio, magnésio e zamak.

* Aço produzido por Aubert & Duval - França. Distribuído no Brasil pela Iguaferr Aços.



PRODUTOS:

Toda a linha de aços especiais para ferramentas. Trabalho a frio. Trabalho a quente. Para moldes plásticos. Para construção mecânica.

SERVIÇOS:

Peças cortadas em várias dimensões, forjadas, torneadas e fresadas, cortes especiais em serras de fita, até 3.000mm. Todos os produtos com garantia e qualidade.

Iguaferr
aços
DESDE 1979

R. Cabo Romeu Casagrande, 600
Pq. Novo Mundo - São Paulo
CEP: 02180-060
e-mail: vendas@iguaferr.com.br
www.iguaferr.com.br
Tel: (11) 6954-0377
Fax: (11) 6954-6543

IONet
THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK

N
INMETRO

DQS

Deutscher
Akkreditierungs
Rat
DAR
TGA - 2011-01-00
TGA - 2011-01-00

CERTIFICADA ISO 9001: 2000 PELA DQS DO BRASIL.

Brunimento

da a medição dos ângulos entre riscos de brunimento.

Apesar da visualização direta do cilindro e do alto poder de ampliação da imagem, esse procedimento possui as seguintes limitações:

- Perda do produto pelo ensaio destrutivo.
- Limitado ao ensaio de poucas peças.
- Processo totalmente manual, sem nenhuma automação.
- Alto tempo de preparação da amostra.
- Longo tempo total de ensaio.
- Requer ambiente controlado para a conservação do microscópio.

- Dificil aplicação junto ao processo.
- A avaliação ocorre em uma pequena área da camisa, que muitas vezes não é representativa de toda a peça. Dessa forma, falhas no processo podem não ser detectadas.

Devido principalmente à perda do produto a cada ensaio, o método destrutivo não é o mais empregado pelos fabricantes de motores. Normalmente, ele é utilizado quando se requer uma análise mais detalhada do produto (*try-out* de processo ou aprovação de fornecedor de ferramental, por

exemplo) ou quando o cliente final exige esse tipo de inspeção.

Método do fax-filme

Ao contrário do anterior, o método do fax-filme é não-destrutivo e de implementação mais barata. Por isso, é o mais empregado pelos fabricantes de motores. Por esse método, um filme plástico é pressionado manualmente contra a parede da camisa brunida, o que gera uma "impressão digital" em sua superfície. Em seguida, o filme é levado até um microscópio de medição, onde o ângulo de brunimento é avaliado e se observa a ▶

ENERPAC

NOVA! BOMBA ENERPAC - Série ZW

A inovação em bombas para 700 bar/10 000 psi

- Acionamento elétrico. Funcionam com temperaturas mais baixas - utilizando menos eletricidade.



Back - light LCD

Informações essenciais e exatas

- LCD iluminado
- Contagem de horas e ciclos
- Avisos sobre baixa voltagem
- Informações em 6 idiomas
- Leitura de pressão



AS BOMBAS TRABALHAM MAIS ENQUANTO VOCÊ ECONOMIZA



VPS COMMERCIAL VPS

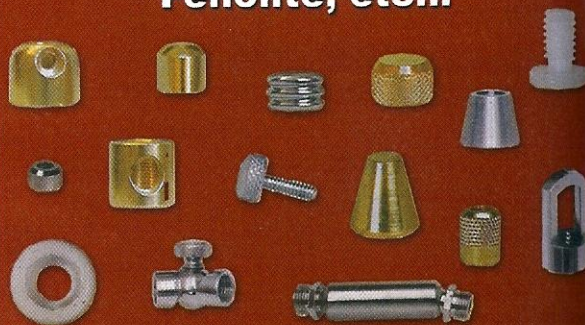
Commercial VPS Ltda.
Soluções em automação industrial e elementos para fixação em dispositivos. Distribuidor ENERPAC.

Consulte nosso site: www.commercialvps.com.br.
Ou nos faça uma visita: Rua Bernardo Lobo, 88
V. Nogueira - Diadema - SP - Pabx: (11) 4071 51 99

Stand 117
LANÇAMENTO
Usinagem

SERVIÇOS DE USINAGEM LEVE DE PEÇAS TÉCNICAS

Latão, Alumínio, Polietec,
Fenolite, etc...



Atuando no mercado há mais de 15 anos.

A Metal-por dispõe de máquinas e artefatos para média e alta produção oferecendo garantia e qualidade nos produtos sob encomendas.

Atendemos todo território Nacional e Mercosul

METAL-POR



Rua General Dias, 263 - Penha
São Paulo - SP - CEP 03638-010
www.metalpor.com.br - correio@metalpor.com.br
Fone: (011) 6641-3942 - 6642-3919
6642-3920 - 6642-3921

integridade da superfície em relação à qualidade dos riscos e à presença de falhas.

Apesar de bastante difundido, esse método também apresenta limitações operacionais e de confiabilidade:

- A avaliação não é feita diretamente sobre a camisa, mas indiretamente sobre um filme plástico.
- A impressão é influenciável pelo operador no momento da coleta.
- O processo é totalmente manual.
- É demorado e de difícil implementação para controle de processo.
- Poucos blocos são inspecionados, com riscos de amostras insuficientes para caracterização de processos.
- Utiliza o filme plástico como material consumível.
- A superfície brunida é curva, mas, ao ser visto pelo micros-

cópio, o filme plástico é planificado, o que pode distorcer os ângulos de brunimento e o aspecto dos riscos.

- A avaliação ocorre em uma pequena área da camisa, que muitas vezes não é representativa de toda a peça. Dessa forma, falhas no processo podem não ser detectadas.

Devido às limitações dos métodos destrutivo e fax-filme, a avaliação do brunimento é realizada com uma frequência bem abaixo do necessário, muitas vezes sem resultados confiáveis e significativos. Por isso, a eficiência dos processos de brunimento pode ser comprometida, com reflexos diretos na qualidade dos produtos. E a melhoria contínua dos processos fica impedida em virtude das limitações dos métodos de inspeção

que forneçam informações rápidas, completas e confiáveis.

No panorama atual de competitividade e exigências de altos níveis de qualidade, esses métodos já não atendem às demandas dos clientes. Assim, novos métodos têm sido desenvolvidos para a inspeção de brunimento em cilindros, todos empregando tecnologias ópticas.

Métodos ópticos

Todas as novas tecnologias para a inspeção de superfícies brunidas de cilindros têm sido desenvolvidas com base em princípios ópticos, que garantem rapidez, medição sem contato e facilidade de automação. Em vista disso, os sistemas desenvolvidos recentemente podem ser agrupados como endoscópios ópticos e sistemas ópticos panorâmicos^[3].

COMPRAMOS REBOLOS E DISCOS ABRASIVOS USADOS

Reciclagem de
Abrasivos com
aprovação do
Órgão Ambiental.

Grãos Abrasivos para:
Jateamento, Fabr. de Discos,
Rebolos, Lapidação,
Polimento, etc

Linha completa de Grãos
Sedimentados 240 a 800
em carbeto de silício e
óxido de alumínio.



Solução Correta

Ascontec é a melhor Solução.

ASCONTEC

Estrada Municipal Vassoural, Km 7,7 s/n.
Tel.: (12) 3153-3012 / 3151-8027
CEP 12600-260 - Vassoural - Lorena - SP
E-mail: ascontec.abrasivos@terra.com.br

Brunimento

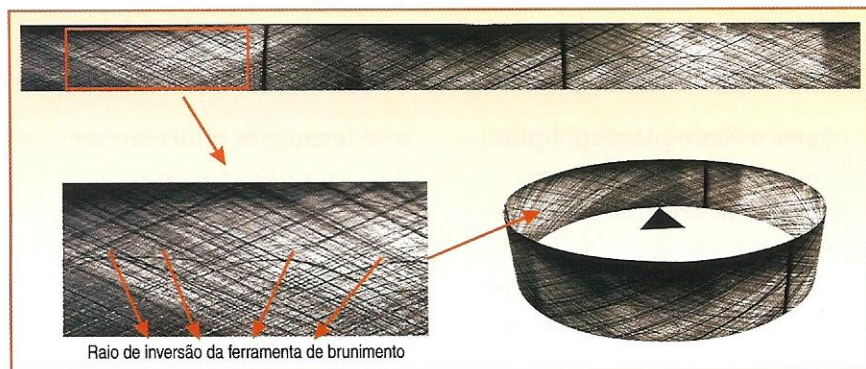


Figura 2 – Riscos causados pela inversão do sentido de usinagem da ferramenta de brunimento

Endoscópios ópticos

Os endoscópios industriais já são empregados há bastante tempo em aplicações técnicas. Eles obedecem o mesmo princípio do endoscópio para uso médico: uma sonda em formato tubular, com um espelho inclinado de 45° em uma das extremi-

dades, permite observar a superfície interna do cilindro a partir de uma câmera posicionada na outra extremidade do tubo. Os sistemas atuais de inspeção de cilindros brunidos utilizam esse princípio óptico, e ainda incorporaram toda a automação e informatização existentes.

Com isso, a movimentação vertical da sonda pode ser motorizada. O sistema de aquisição de imagens é digital e gerenciado por um software de aquisição e processamento, o que permite uma inspeção da superfície brunida de forma rápida e confiável. Toda a aquisição e processamento das imagens e emissão de relatórios são realizados por software de medição com recursos específicos para a análise de superfícies brunidas, como a medição de ângulos e distâncias.

As principais características desses sistemas são:

- Boa portabilidade (podem ser utilizados em processo).



38 ANOS DE QUALIDADE EM GRAVAÇÕES INDUSTRIAIS

ELETRODOS DE GRAVAÇÃO



MACHO E MATRIZ



ESCALAS/NÔNIOS



TECNOLOGIA DE PONTA:

- Sistema CAD/CAM (software de gravação)
- Fresadoras e Pantógrafos CNC
- 4º eixo para gravação de peças cilíndricas
- Usinagem própria

CARIMBOS




ROLDANAS/RECARILHAS



Mais informações: www.dager.com.br


Rua Toledo Barbosa, 507
Belenzinho - CEP 03061-000 - São Paulo - SP
Fone: (11) 6291-5122 - Fax: (11) 6692-7554
e-mail: gravuras@dager.com.br

Fixadores para pastilhas de metal duro



Kort-Fix
Parafusos Especiais

**Parafusos
Buchas
Pinos
Prisioneiros
Alavancas
Rebites
Chaves
Grampos**



• Especiais sob amostra ou desenho.

www.kortfix.com.br
e-mail: kortfix@kortfix.com.br
Fones: 14 3351-8899 / 3351-8686
Piraju-SP

SERVIÇOS DE ELETROEROSÃO A FIO

✓ Qualidade ✓ Pontualidade ✓ Economia



- Dimensão máxima da peça: 1200 x 700 mm
- Altura máxima da peça: 400 mm
- Ângulo de corte: até 30°

TAI TEC IND. IMP. E EXP. LTDA.
Serviço de Eletroerosão a Fio e Projetos de Moldes

Rua Guaimbé, 317 - Alto da Moóca
CEP 03118-030 - São Paulo - SP
Tel.: (11) 6605-2608 - Fax: (11) 6605-7155
E-mail: tai_tec@ig.com.br

- Ampliação da imagem em até 100 vezes.
- Automação e rapidez na aquisição e processamento dos resultados.
- Recursos de *software* para análises qualitativas e medição do ângulo de brunimento.
- Medição localizada em uma pequena área, normalmente de 1 mm².

Apesar de grandes avanços com relação aos sistemas tradicionais, os endoscópios ainda têm limite de área avaliada. Embora a rapidez de ensaio dos sistemas permita a medição de diversos pontos em pouco tempo, não é possível ou viável mapear todo o interior do cilindro. Essa possibilidade passou a existir com os sistemas panorâmicos.

Sistema óptico panorâmico

Os sistemas ópticos panorâmicos surgiram com os avanços na área de automação e com novos recursos de *software* para processamento de imagens. Existem sistemas que operam segundo princípios funcionais diferentes, mas todos têm em comum o recurso de mapear inteiramente a imagem do interior do cilindro testado, e não uma pequena área, como nos endoscópios. Existem sistemas com óptica rotativa e fixa.

O sistema com óptica rotativa utiliza um espelho a 45° que, à medida que gira, faz com que o *software* adquira imagens do interior do cilindro. Em seguida, as várias aquisições são

emendadas matematicamente pelo programa de processamento de imagens, o que resulta em uma imagem dos 360° de uma faixa do interior do cilindro.

O sistema com óptica fixa emprega um espelho cônico de ultraprecisão posicionado no interior do cilindro. Esse espelho reflete a superfície brunida na direção de uma câmera de vídeo posicionada na parte superior do sistema. A câmera adquire a imagem do interior do cilindro e o *software* de processamento planifica a imagem adquirida, o que resulta em uma faixa do interior do cilindro.

Os sistemas panorâmicos são muito úteis para uma avaliação qualitativa menos detalhada e para a medição do ângulo de brunimento sobre toda uma região do cilindro.

A medição do ângulo do cilindro é feita de forma totalmente automática. A partir da imagem adquirida, o *software* de medição detecta os riscos de brunimento e mede o ângulo de cada cruzamento de riscos. Com isso, o ângulo de brunimento é mapeado automaticamente em toda uma região, e não somente em um ponto localizado.

A figura 2 (pág. 148) mostra um detalhe de observação difícil com microscópios e fácil com sistemas panorâmicos: as marcas deixadas pela ferramenta de brunimento no seu ponto de retorno.

Vale ressaltar que um sistema panorâmico pode ser integrado com um endoscópio in-

GRUPO FEITAL

FEITAL • TUBRA • FITTINOX

AÇO INOXIDÁVEL

www.feital.com.br



Divisão FEITAL

Placas, bobinas, chapas e tiras;
Barras: sextavadas, redondas,
quadradas, chatas e cantoneiras.

Tel: (11) 4343-1800 ISO 9001
Fax: (11) 4343-4043 versão 2000
e-mail: feital@feital.com.br

Divisão TUBRA

Tubos com e sem costura:
redondo, quadrado e retangular

Tel: (11) 4343-1900 ISO 9001
Fax: (11) 4343-4043 versão 2000
e-mail: tubra@feital.com.br

Divisão FITTINOX

Conexão de aço: carbono,
ligados e inox - ISO 9001 versão 2000
Válvulas Velan

Tel: (11) 4343-1950
Fax: (11) 4343-4043
e-mail: fittinox@feital.com.br

MATRIZ
INOX-TECH LTDA.
Av. Moinho Fabrini, 1296
S. Bernardo do Campo - SP

FILIAIS:
Rio de Janeiro
Tel.: (21) 2270-9922
feital.rio@feital.com.br
Porto Alegre
Tel.: (51) 3347-1047
feital.poa@feital.com.br
Belo Horizonte
Tel.: (31) 3462-8166
feital.bh@feital.com.br
Recife
Tel.: (81) 3472-0000
feital.rec@feital.com.br
Salvador
Tel.: (71) 3671-3303
feital.ba@feital.com.br



60 anos

Brunimento

dustrial, de forma a reunir o poder de ampliação do endoscópio com a inspeção completa do sistema panorâmico. Após um ensaio com o sistema panorâmico, é possível identificar regiões nas quais os ângulos de brunimento apresentam-se de forma irregular, e assim realizar uma análise mais detalhada com um endoscópio.

Outra vantagem do sistema panorâmico é o recurso de identificação de áreas sem riscos de brunimento, as áreas espelhadas. Elas surgem com o desgaste do cilindro, e sua avaliação é muito importante durante o desenvolvimento e teste do motor. Os cilindros são avalia-

dos após teste em campo ou em bancada. Nesse momento, é possível identificar onde os riscos de brunimento desapareceram e também quantificar o percentual de área espelhada no cilindro. A figura 3 (pág. 151) ilustra esse recurso dos sistemas panorâmicos.


Em suma, estas são as principais características dos sistemas panorâmicos:

- Boa portabilidade, pode ser utilizado em processo.
- Ampliação da imagem em até 20 vezes.
- Automação e rapidez na aquisição e processamento dos resultados.

- Recursos de *software* para análises qualitativas e medição do ângulo de brunimento
- Medição em toda uma área, permitindo mapear os 360° do interior do cilindro


Conclusões

Nenhum processo de fabricação é mais preciso do que o método de medição utilizado para fornecer informações para o seu controle. Nos processos de brunimento, os métodos tradicionais de inspeção das superfícies brunidas possuem sérias limitações técnicas e operacionais, que dificultam o aprimoramento dos processos de ▶




USINAGEM


Indústria Metalúrgica JW Ltda
30 anos




Tornos CNC para barras até Ø 60mm






Tornos automáticos até Ø 42mm




Laminadoras de roscas



Retíficas centerless



INDEX MC20

Tel. (11) 4178-9800
Fax. (11) 4173-3366
usinagem.jw@uol.com.br

O Desafio

Escolha do melhor acionamento para as modernas máquinas-ferramenta

A Solução

Acionamento eletro-hidráulico Rexroth.



Rexroth: tecnologia a sua disposição.

A Rexroth apresenta o eixo hidráulico CNC com vantagens visíveis como a construção compacta, que resulta em alta densidade de potência, altas acelerações, precisão e fácil manutenção. Ideal para fabricantes de máquinas-ferramenta, pois seleciona acionamentos adequados ao processo de fabricação e é de fácil operação. Fale conosco. Bosch Rexroth. **The Drive & Control Company.**

Bosch Rexroth Ltda. - Tel.: 11 4414.5831 - Fax: 11 4414.5791
industrialhydraulics@boschrexroth.com.br

www.boschrexroth.com.br



Electric Drives and Controls
Hydraulics
Linear Motion and Assembly Technologies
Pneumatics
Service



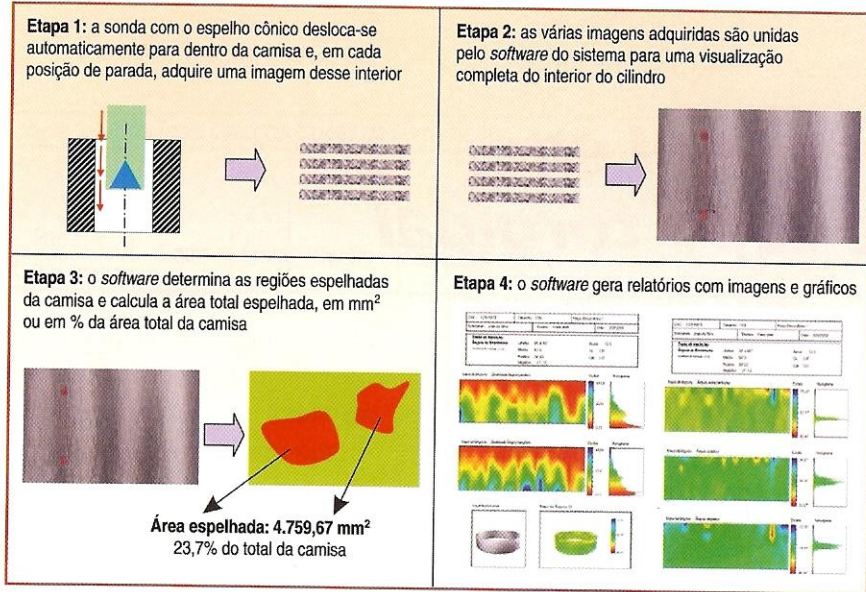


Figura 3 – Quantificação da área espelhada em um cilindro submetido a ensaio de desgaste

fabricação e a garantia da qualidade dos produtos.

Isso é particularmente crítico na fabricação de motores de combustão, em que a qualidade das superfícies dos cilindros é determinante para desempenho, durabilidade, consumo e nível de emissões. Métodos de inspeção limitados acabam por reduzir as possibilidades

de otimização dos processos de brunimento e, em última instância, a qualidade dos motores.

Este artigo apresentou algumas das novas tecnologias em desenvolvimento para superar essa dificuldade. Modernos sistemas ópticos estão tornando possíveis ensaios cada vez mais rápidos e confiáveis, com resultados

cada vez mais completos. O emprego dessas tecnologias abre um grande campo de melhorias para os processos de brunimento, uma vez que será possível a identificação rápida e confiável de problemas nunca antes percebidos e as respectivas ações corretivas muito mais rápidas e acertadas. ■

Bibliografia

- 1] Ferraresi, D.: *Fundamentos da usinagem dos metais*. Ed. Edgar Blucher, 1977.
- 2] Stemmer, G.: *Ferramentas de corte I e II*. Editora da UFSC.
- 3] Sousa, A.; Albertazzi, A.; Hrebabetzky, F.; Kanda, C.: *Sistema óptico panorâmico para avaliação automatizada da qualidade de Brunimento em 360° dos cilindros*. Congresso SAE de Tecnologia da Mobilidade. São Paulo, 2005.

Brocas CANHÃO

Quando o assunto é Furação Profunda, confie na qualidade, durabilidade e precisão

www.gammafer.com.br
gammafer@gammafer.com.br

GAMMAfer
Máquinas & Ferramentas

Rua Jupiter, 111, Distrito Industrial. Indaiatuba / SP CEP 13.347-392 Fone: (55+19) 3936-5524 / 3936-5594