

## Metalografia não Destrutiva pelo Método de Réplicas.

### 1 – Conceito:

As propriedades das ligas metálicas e suas transformações estão intimamente ligadas ao seu “estado” metalúrgico ou microestrutural. O exame metalográfico, ferramenta consagrada na metalurgia há mais de dois séculos, permite estimar com alto grau de confiabilidade o comportamento dos metais. O estudo da microestrutura fornece informações quanto a:

- Qualidade de fabricação;
- Predição do comportamento físico;
- Susceptibilidade a corrosão;
- Transformações provocadas por aquecimento;
- Avaliação de deformações permanentes;
- Características de descontinuidades e suas causas;
- Danos provocados por solicitações prolongadas e/ ou cíclicas;
- Natureza de causa de falhas.

Convencionalmente a metalografia é uma técnica destrutiva, face à necessidade da observação microscópica de uma amostra do material examinado. Isto por muito tempo tornou o exame metalográfico uma técnica limitada a materiais e amostras dos mesmos que persistissem sua análise em laboratório.

### 2 - Técnica não Destrutiva:

Esta limitação atingia fundamentalmente equipamentos e instalações industriais, que para serem examinados sofriam extrações de corpos de prova, com as seguintes dificuldades, como escolha adequada do local, procedimento de extração e reparo, etc. Resultando na maioria das vezes num exame de difícil justificativa, a que não raramente provoca a desistência.

Os estudos de causa de falhas de grandes equipamentos detectaram a partir da década de 40, que a maioria das avarias respondia a processos prolongados com conseqüências perfeitamente evitáveis se examinados periodicamente.

Esta constatação provocou esforços com diversas orientações no campo não destrutivo “NDT”, permitindo a consolidação das técnicas conhecidas hoje como radiografia, ultrassom, partículas magnéticas, etc.

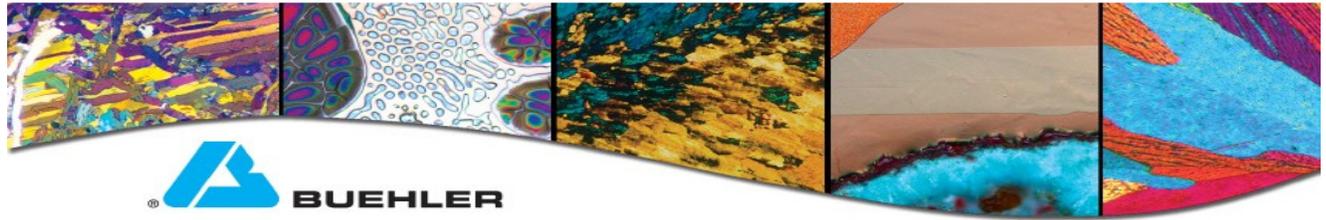
Quase todos destinados à descoberta de descontinuidades, mas não as suas causas ou a identificação dos mecanismos que as provocaram. Felizmente uma das correntes no desenvolvimento das técnicas não destrutivas preservou todas as vantagens do exame metalográfico criando o método de réplicas, que associado ao ensaio de micro dureza Vickers podemos ter a **resistência à tração**.

### 3 – Procedimento:

O procedimento de metalografia por réplicas consiste inicialmente na escolha dos locais a serem examinados no equipamento, e a definição do objetivo principal quanto ao tipo de avaliação (qualificações do equipamento novo, exame preditivo, diagnosticam de falha, etc.).

A seguir os locais escolhidos sofrem uma preparação metalográfica superficial com lixamento, polimento, seguido de ataque com reagente adequado para revelar a microestrutura do material. A microestrutura assim revelada é copiada mediante uma réplica de acetato. A réplica de acetato uma vez extraída estará pronta para ser examinada em microscopia óptica, mediante simples preparação prévia, ou se preferir para melhorar o contraste, pode-se metalizar a réplica com alumínio.

Obs.: Para análises criteriosas em microscópio eletrônico de varredura “MEV”, “deve-se metalizar as réplicas em ouro, cobre, ou carbono.



### 3.1 - Procedimento de preparação para extração de Réplicas Instrumental/ Buehler.

O procedimento de réplicas é dividido em 5 etapas, sendo:

- 3.1.1 – Preparação da superfície;
- 3.1.2 – Polimento;
- 3.1.3 – Extração da réplica;
- 3.1.4 – Materiais de consumo;
- 3.1.5 – Novos Materiais;

#### 3.1.1 – Preparação da superfície:

- Remover por esmerilhamento com disco de desbaste, sobre-metal de solda, oxidação, carepa, óleos, etc;
- Lixar a superfície com as seguintes granulometrias de lixas em carbureto de silício 120, 180, 240, 320, 400, 600, girar o sentido de lixamento da anterior a 90º para remover todos os riscos da etapa anterior.

#### 3.1.2 – Polimento:

O polimento na região a ser analisada pode ser eletrolítico ou mecânico;

- **Polimento eletrolítico**, é utilizado uma fonte de corrente contínua, onde se regula a voltagem, a amperagem e o tempo de polimento para se obter uma superfície bem polida isenta de riscos e sem degradação “Buracos na Superfície”. Observação: O eletrólito a ser utilizado varia de acordo com o material em análise, por exemplo, ligas de aço inox, ligas de inonel, etc.

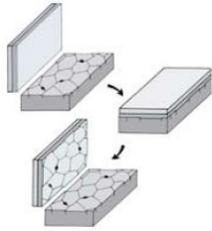
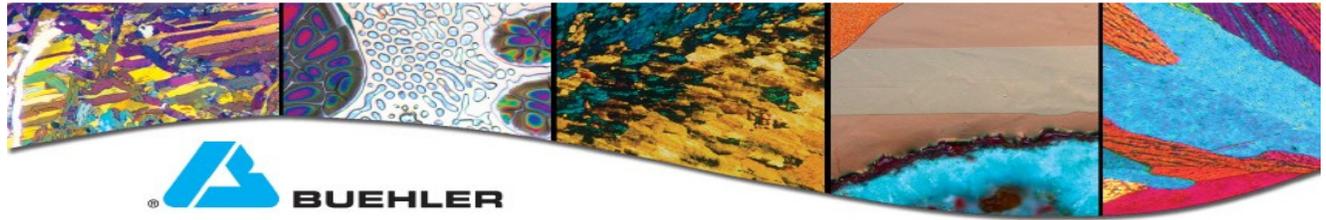
- **Polimento mecânico** varia de acordo com o que vai ser avaliado na microestrutura do material, sendo dividido em 3 etapas;

- Polimento inicial com uso de um tecido de polimento especial com pasta de diamante 6µm + fluido lubrificante;
- Polimento intermediário com uso de um tecido de polimento especial com pasta de diamante 1µm + fluido lubrificante;
- Polimento final com uso de um tecido de polimento especial com pasta de diamante 0,25µm, ou alumina 0,05µm + fluido lubrificante;

Observação: Para avaliação de integridade de materiais é recomendado o polimento mecânico, pois no polimento eletrolítico determinados defeitos podem ser alterados “mascarados”, por exemplo, coalescimento da perlita, aumento do tamanho de uma micro trina, etc.

#### 3.1.3– Extração da Réplica utilizando “Fita de Acetato”:

- Limpar bem a superfície com álcool e algodão para remover toda poeira, resíduos de polimento, etc. Secar a superfície com soprador de ar;
- Atacar a superfície com reagente de acordo com a norma ASTM E 407, ou tirá-la sem ataque no caso da avaliação da amostra seja só para avaliação da superfície polida.
- Cortar o ataque com álcool e secar a superfície com soprador de ar;
- O tamanho do acetato a ser utilizado varia de acordo com área de interesse na análise;
- Umedecer a superfície do acetato ou da amostra “Superfície a ser Copiada” com acetona pura PA;
- Aplicar na superfície da amostra a ser copiada o acetato “Pedaço de Fita” previamente cortado;
- O tempo de cura “Evaporação da acetona” em temperatura ambiente varia de 10 a 15 minutos;
  
- Sobre a fita de acetato ainda colado sobre a superfície do metal a ser copiada, pode-se aplicar um pedaço de fita dupla face para facilitar a visualização em microscópio óptico;
  
- Após a extração da réplica da superfície do metal, esta pode ser colada em uma lâmina de vidro para observação no microscópio.



**Método Tradicional**



**Amostra**



**Réplica**

### 3.1.4 – Materiais consumo convencional – Fita de Acetato:

- 01 Rolo de fita de acetato, com 25,4mm x 130 micra x 7,6 metros de comprimento (cód. 57-5000);
- 30 bases adesivas para colagem das réplicas de 25,4mm x 73,0mm (cód. 57-5001);
- Kit com dez (10) bases adesivas, e dez (10) pedaços da fita de acetato de 73mm x 73mm, com espessura de 130 micra (cód. 57-5002);



### 3.1.5 – Novos Materiais – Kit de Resina de silicone “Réplica Media”.

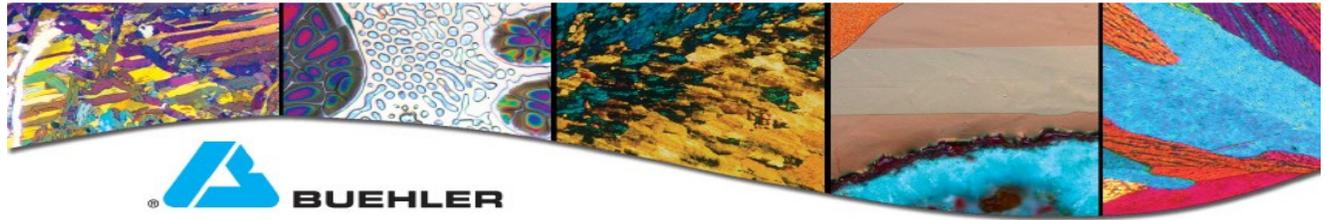
Sistema de Metalografia de Campo por meio do **Kit Réplica Media**, onde é utilizado uma resina especial em base de silicone de excelente qualidade, com resolução de 1 µm produzindo uma cópia idêntica para exame e comparação, de uso simples, rápido, de simples remoção, para aplicação na posição vertical, horizontal, sobre cabeça, ideal para aplicação de inspeções de equipamentos em campo, não contém solventes, não inflamável.

As grandes vantagens do uso da resina de silicone, em comparação a fita de acetato, esta na praticidade da aplicação e também em sua excelente qualidade da superfície copiada não apresentando manchas, ou marcas brancas que ocorrem normalmente com as fitas de acetato.

Existem dois tipos de resinas de silicone para réplica, sendo a mais usual a réplica media 1/10 para uso em qualquer posição com tempo de cura de até 10 minutos, e a réplica media 7/30 de uso especial para superfícies planas com tempo de cura de até 30 minutos.

#### Extração da Réplica “Kit Réplica Media”:

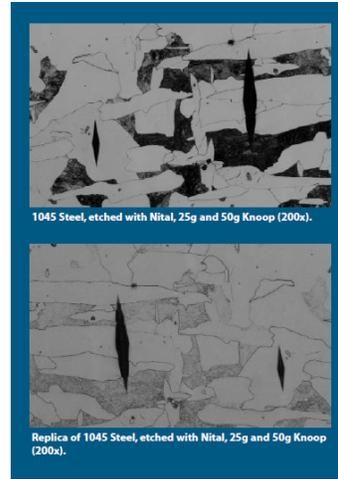
- Limpar bem a superfície com álcool e algodão para remover toda poeira, resíduos de polimento, etc. Secar a superfície com soprador de ar quente;
- Atacar a superfície com reagente de acordo com a norma ASTM E 407, ou tirá-la sem ataque no caso da avaliação da amostra só polida.
- Cortar o ataque com álcool e secar a superfície com soprador de ar;
- Montar na pistola o refil da resina com endurecedor e na extremidade do refil o bico de aplicação;
- Apertar o gatilho da pistola fazendo com que a resina saia do refil e se misture com endurecedor no bico de aplicação, deixar um pouco de a resina sair pela ponta antes do início da aplicação sobre a superfície a ser copiada;



- Aplicar na superfície da amostra a ser copiada uma quantidade suficiente de resina para cópia da área de interesse, com uma espátula ou palito de sorvete, espalhar a resina sobre a superfície para ficar uniforme com no máximo 1 minuto após a aplicação, pois logo após este tempo se inicia o processo de cura;
- O tempo de cura da resina é de até 10 minutos para a resina 1/10, após a cura é só remover a réplica e levar ao microscópio;



**Replicating Set**

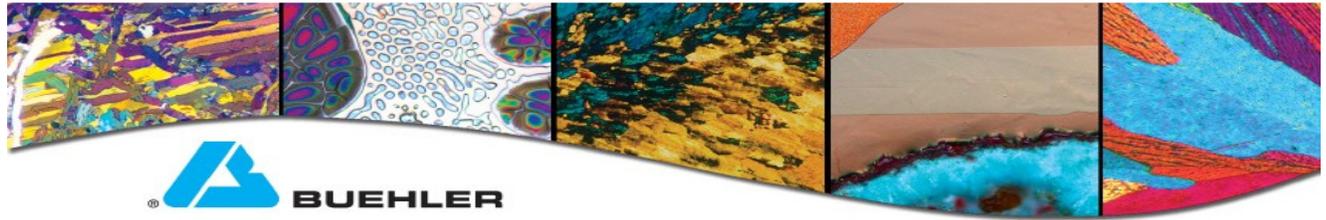


**Amostras copiadas.**

#### **4 – Aplicações:**

As aplicações mais frequentes para metalografia por réplica são:

- 4.1 – Avaliação dos danos cumulativos provocados por fluência (Creep) em caldeiras, tubulações de vapor, reatores e outros equipamentos onde elevadas temperaturas e tensões atuam concomitantemente.
- 4.2 – Determinação de modificações microestruturais indesejáveis em equipamentos de aço inoxidável austeníticos como sensitização (precipitação de carbonetos de cromo em contorno de grão) e aparecimento de fase sigma.
- 4.3 – Carbonetização em tubos e elementos metálicos submetidos a altas temperaturas sob ação de atmosferas redutoras.
- 4.4 – Natureza das causas de discontinuidades detectadas por ensaios não destrutivos.
- 4.5 – Avaliação de regiões extensas de equipamentos avariados para detectar as causas sem a destruição das evidências.
- 4.6 – Controles metalúrgicos durante a fabricação de transformações provocadas por soldagem, como determinação de quantidade de ferrita delta, transformações martensíticas, sensitização junto aos cordões de soldas, etc.
- 4.7 – Determinação das características metalúrgicas de equipamentos e peças em funcionamento que não possuam especificação ou histórico conhecido.
- 4.8 – Esta resina de silicone também pode ser aplicada para análise em tribologia.
- 4.9 – A resina de silicone também tem a função de copiar a textura da superfície da amostra para análise dimensional, ou de desgaste, medições da textura da rugosidade antes e depois do processo de desgaste.



### 5.1 - KIT DE CAMPO PARA METALOGRAFIA NÃO DESTRUTIVA – BUEHLER.

Kit Portátil de Preparação Metalográfica modelo ELECTER – Kit, para preparação metalográfica "in loco" não destrutiva:

- Lixadeira/ politriz manual angular 90º, ou opcional de 45º.
- Utiliza discos de lixas e panos de polimento com diâmetro de 30 mm.
- Utiliza um minimotor NK-260 com rotações de 1500 a 29.000 RPM, cabo redutor RG-01N (1/4) para micromotor para aumento da potência.

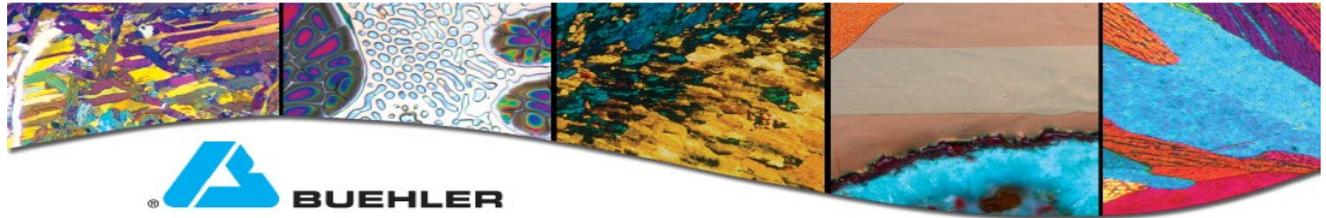


**ELECTER**

### 5.2 - KIT DE CAMPO PARA INSPEÇÃO METALGRÁFICA.

- Microscópio Portátil modelo BXJ 2000 com base magnética para Exame Metalográfico com aumentos de 100x, 200x e 400x, com opção de uso de câmera fotográfica, ou de câmeras digitais com software para captura e análise de imagens.





- Sistema de Captura de Imagem – Câmera Fotográfica Digital com lente projetiva para Adaptação em Microscópios e Estereoscópios. (Resolução 16.1 Megapixels).

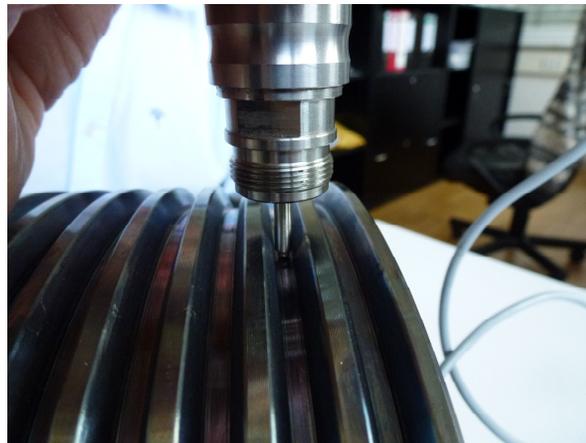


Sistema de Captura de Imagem (pode adaptado em qualquer microscópio ou estereoscópio)



Material ASTM A355J2G3 – 100x

6 – Microdurômetro portátil por ultrassom (método UCI) conforme norma ASTM A 1038, DIN 50159-1/2 e descrito nas diretrizes VDI/VDE guia 2616 part.1, que pode ser utilizado em conjunto com a metalografia para cálculo da resistência à tração.



#### **Bibliografia.**

A norma técnica para réplicas metalográficas é a ISO 3057, e a prática recomendada para metalografia de campo é ABCM/CTVP-PR:002-92 da Associação Brasileira de Ciências Mecânicas.

Representante Exclusivo no Brasil das marcas Buehler/ Wilson Hardness e NewSonic: Instrumental Instrumentos de Medição Ltda.

Av. Leonardo da Vinci, 1051-A (loja 07 – Centro Comercial Jabaquara).

Vila Guarani - Jabaquara - São Paulo, SP - CEP 04313-000

Telefone: (11) 5011- 0901

E-mail: [instmed@instmed.com.br](mailto:instmed@instmed.com.br)

[www.instmed.com.br](http://www.instmed.com.br)