



## UM ENSAIO DO PROCESSO DE RECOZIMENTO PLENO

**Anderson Fanchiotti da Silva, Deyvson Martins Fanti, Diego Serra,  
Everton Moreira Chaves, Fabiano Botassoli, Hedylani N. F. Corsini,  
Patrik Mantovani de Oliveira, Norberto Lima Sagratzki**

Departamento de Engenharia de Mecânica  
Faculdade de Aracruz – UNIARACRUZ  
{dycorsini@click21.com.br; norberto@fsjb.edu.br}

### RESUMO

O recozimento pleno é um tratamento térmico que tem como objetivo aliviar as tensões internas dos materiais, pela uniformidade do tamanho do grão. Esse tratamento também é aplicado para abaixar as resistências mecânicas, aumentar a ductibilidade, baixar a dureza a fim de melhorar o tratamento mecânico.

**Palavra-chave:** Tratamento térmico. Recozimento.

### ABSTRACT

The total annealing is a thermal treatment used to mitigate the internal stresses of materials through the uniformity of its grain sizes. This treatment is also used in order to diminish both the mechanical strength and the hardness, increase the ductility and to improve the mechanical treatment.

**Keywords:** Thermal treatment. Annealing.

## INTRODUÇÃO

O recozimento é um processo térmico que possui diversos objetivos. São eles: remover tensões devidas aos tratamentos mecânicos a frio ou a quente, diminuir a dureza para melhorar a usinabilidade do aço, alterar as propriedades mecânicas como resistência, ductibilidade, ajustar o tamanho de grão, regularizar a textura bruta de fusão.

O processo pode ser dividido em: pleno, isotérmico e subcrítico. Consiste no aquecimento do aço acima da zona crítica do diagrama Fe-C, durante o tempo necessário e suficiente para se ter a solução do carbono ou dos elementos de liga no ferro gama, seguido de resfriamento lento, realizado sob condições que permitam a formação dos constituintes normais de acordo com o diagrama de equilíbrio Fe-C. Esse resfriamento lento pode significar manter a peça no interior do forno e controlar a sua velocidade de resfriamento ou desligar o forno, após o ciclo de aquecimento, e deixar que as peças de aço resfriem ao mesmo tempo que ele.

O recozimento pleno está esquematizado na Figura 1. Nessas condições, obtém-se a perlita grosseira que é a microestrutura ideal para melhorar a usinabilidade dos aços de baixo e médio teor de carbono. Para aços de alto carbono, a perlita grosseira não é vantajosa sob o ponto de vista de usinabilidade.

A Figura 2 indica que os constituintes estruturais que resultam do recozimento pleno são: perlita e ferrita para os aços hipoeutetóides, perlita e cementita para os aços hipereutetóides e apenas perlita para os aços eutetóides.

O principal objetivo para o recozimento dos ferros fundidos cinzentos é melhorar sua usinabilidade. Para isso deve ser aquecido à temperatura correspondente à zona crítica para propiciar uma alteração da sua estrutura. Sua resistência mecânica e dureza diminuem, ao mesmo tempo em que as tensões internas são totalmente aliviadas.

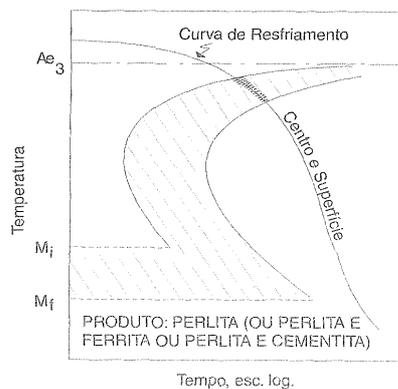
A Figura 3 mostra os ciclos de recozimento recomendados para ferro fundidos cinzentos, como também, para fins comparativos, o ciclo de aquecimento utilizado no alívio de tensões internas.

A curva de recozimento mais baixa (B) se aplica para os ferros fundidos comuns ou com baixo teor de liga, quando se deseja apenas melhorar a usinabilidade, o que se

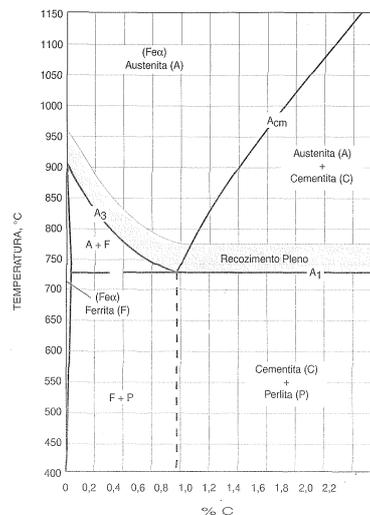
consegue pela conversão da perlita em ferrita e grafita. A faixa de temperatura recomendada situa-se entre 700°C e 760°C.

A curva média ( $B_1$ ) corresponde a uma faixa de temperaturas de aquecimento entre 790°C e 900°C. É empregada para conseguir resultados mais positivos sob o ponto de vista de melhora da usinabilidade, sobretudo em ferros fundidos ligados.

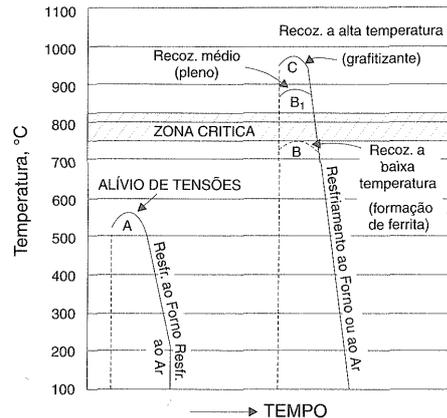
Nos latões, depois de recozidos, a presença de zinco até cerca de 30% provoca um ligeiro aumento da resistência à tração, porém a ductibilidade aumenta consideravelmente. Cobre-zinco – 80-20 – ou latão comum, devido à sua elevada conformabilidade a frio, é utilizado para pequenos cartuchos de armas; devido à sua cor dourada atraente, emprega-se na confecção de medalhas e outros objetos decorativos cunhados, como emblemas, placas, etc.



**Figura 1 – Diagrama esquemático de transformação para recozimento pleno**



**Figura 2 – Diagrama de equilíbrio de Fé-C, mostrando faixas para recozimento pleno**



**Figura 3 – Ciclos de recozimento recomendados para ferros fundidos cinzentos (curvas B, B1 e C)**

## OBJETIVO DO EXPERIMENTO

Conhecer a microestrutura dos aços e ferro fundido cinzento recozidos, bem como a microestrutura do latão amarelo ( $\alpha$ ).

## PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

Após definição dos materiais, são preparadas e separadas as amostras em dois lotes: um lote a ser tratado termicamente por meio do recozimento pleno e outro lote servirá como testemunha, ou seja, com as propriedades mecânicas descritas pelos fabricantes. O processo descrito abaixo é utilizado nas peças testemunha e a partir do item dois servirá para as amostras tratadas:

- 1º) Os materiais foram dimensionados com o auxílio da policorte. As peças que possuem quinas “vivas” e rebarbas foram desbastadas no esmeril;
- 2º) Peças com dimensões pequenas passaram por um processo de embutimento em material plástico.
- 3º) Todas as peças foram levadas para a lixadeira manual e passaram pela seguinte seqüência de lixas 180, 220, 320, 400, 600, com o objetivo de uniformizar a superfície e diminuir a profundidade dos arranhões.
- 4º) Após a utilização da lixa 600, as peças foram levadas a politriz onde foram polidas, eliminando os arranhões superficiais.

Deve-se explicar que, após a etapa de acabamento realizado na politriz, a peça é lavada em água corrente para eliminação dos resíduos produzidos pela alumina. Usa-se álcool etílico para retirada da camada de água, facilitando, assim, a secagem da peça, realizada por meio de secador elétrico, o que evita sua oxidação, que dificultaria ou mesmo impediria uma perfeita visualização de sua superfície.

5º) Ataque à superfície polida das peças usando os seguintes reagentes:

- nital 3% - ferro ao carbono em torno de 5 a 10 segundos;
- nital 3% - ferro fundido em torno de 15 segundos;
- água régia – inox em torno de 7 segundos;
- cloreto férrico + ácido clorídrico + água – latão amarelo em torno de 8 segundos.

6º) As microestruturas são visualizadas e analisadas em microscópio e, se alguma apresenta arranhões, volta para o processo de polimento; já as aprovadas são fotografadas.

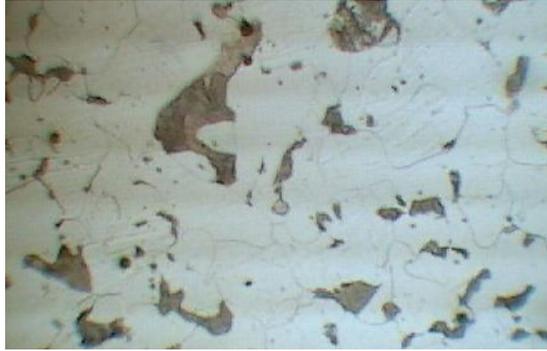
7º) A última etapa do Processo de Recozimento é realizada após a estabilização do forno a uma temperatura de 900°C. Coloca-se o lote de peças a ser tratado, mantendo-o ali por aproximadamente 45 minutos e, logo após, desliga-se o forno deixando as peças resfriarem juntamente.

## RESULTADOS

Segue abaixo comparativo das microestruturas analisadas antes e após ser realizado o recozimento a 900°C.



**Figura 4 – 1020 Testemunha (ampliação de 50X)  
Aço hipoeutetóide, que possui microestrutura composta por perlita fina  
(microestrutura escura) e ferrita (fase clara)**



**Figura 4.1 – 1020 Recozida (ampliação de 50X)**  
**Aço hipoeutetóide, que possui microestrutura composta por perlita (microestrutura escura) e ferrita (fase clara)**



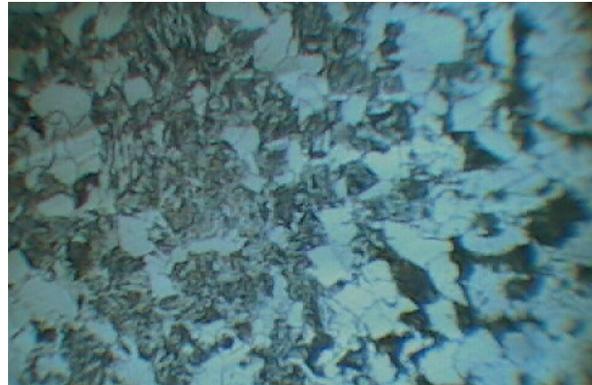
**Figura 5 – 1060 Testemunha (ampliação de 50X)**  
**Aço hipoeutetóide, que possui microestrutura composta por perlita fina (microestrutura escura) e ferrita (fase clara)**



**Figura 5.1 – 1060 Recozida (ampliação de 50X)**  
**Aço hipoeutetóide, que possui microestrutura composta por perlita (microestrutura escura) e ferrita (fase clara)**



**Figura 6 – 4340 Testemunha (ampliação de 50X)  
Ferrita + perlita fina com inclusões (óxidos provenientes da escória)**



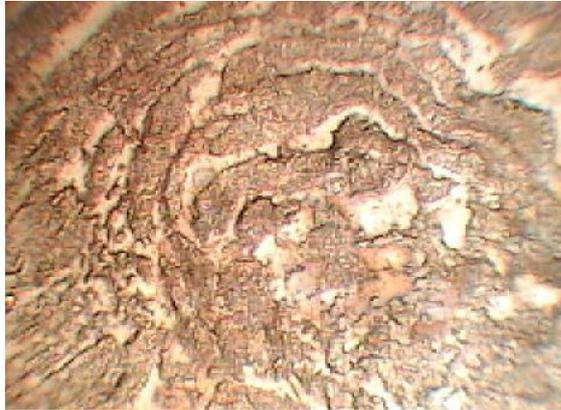
**Figura 6.1 – 4340 Recozida (ampliação de 50X)  
Ferrita + Perlita com inclusões (óxidos provenientes da escória)**



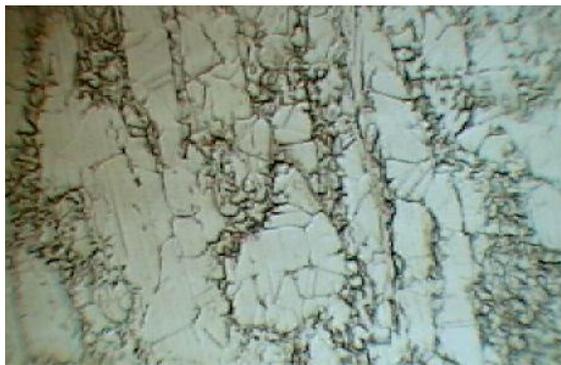
**Figura 7 – Ferro Fundido Testemunha (ampliação de 50X)  
Ferro fundido cinzento, grafita (veios escuros), matriz ferrita (matriz clara)**



**Figura 7.1 – Ferro Fundido Recozido (ampliação de 50X)**  
Ferro fundido cinzento, grafita (veios escuros alongados), matriz ferrita (matriz clara)



**Figura 8 – Aço Inox Testemunha (ampliação de 50X)**



**Figura 8.1 – Aço Inox Recozido (ampliação de 50X)**



**Figura 9 – Latão Testemunha (ampliação de 50X)**  
**Fase escura rica em cobre e fase clara rica em zinco, pois ultrapassou o limite de solubilidade do cobre no zinco**



**Figura 9.1 – Latão Recozido (ampliação de 50X)**  
**Fase escura rica em cobre e fase clara rica em zinco, pois ultrapassou o limite de solubilidade do cobre no zinco**

## CONCLUSÃO

Ao término do experimento, pôde-se concluir que, após o recozimento pleno ser aplicado no material, houve um aumento relativo no tamanho de grão, ocorrendo uma uniformidade das tensões internas e a alteração das microestruturas iniciais. Pode-se dizer que, teoricamente, o limite de fadiga aumentará e ocorrerá a diminuição da dureza.

## BIBLIOGRAFIA

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia mecânica**: materiais de construção mecânica. 2.ed. São Paulo: Makron Books. 1986.

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos**: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. 7. ed. ampl. e ver. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 1998.

CALLISTER, William D. **Ciências e engenharia de materiais**: uma introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.