



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ROTA ALTERNATIVA DE ESFEROIDIZAÇÃO NO AÇO SAE 52100

### **Guilherme V Herter Carlan**

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
guilherme.carlan@hotmail.com

### **Guilherme Silva Kieckow**

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
gkiko6@gmail.com

### **Flávio Kieckow**

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
fkieckow@san.uri.br

**Resumo.** O aço 52100 utilizado nas indústrias de fabricação de rolamentos foi submetido a um tratamento de tempera em óleo onde se obteve uma estrutura martensítica, posteriormente foi submetido a um tratamento térmico de esferoidização, para que o aço apresentasse facilidade de usinagem e trabalho a frio. Foi determinado um ciclo, e após sua realização, preparou-se uma amostra do material para verificar a microdureza e a microestrutura do mesmo, que foram comparadas com dados do material beneficiado comercialmente. Os resultados obtidos da microdureza e da estrutura esferoidizada foram excelentes, além do tempo para todo o processo realizado ter sido baixo comparado aos processos convencionais de esferoidização.

**Palavras-chave:** Microestrutura. Tempera. Esferoidização.

## 1. INTRODUÇÃO

Na constante procura por uma atuação competitiva, as indústrias buscam processos produtivos, eficazes e com os menores custos operacionais, para isto busca-se por processos com certa otimização, que

umentem a produção tendo um custo menor e com uma qualidade igual ou superior à aquela antes obtida.

Os tratamentos térmicos trabalham com a transformação de fase da estrutura cristalina controlando a microestrutura do aço, a forma e o tamanho do grão e, conseqüentemente, as propriedades desejadas.

A estrutura de equilíbrio para os aços ao carbono contém duas fases básicas de ferrita e carbonetos, uma delas ferrita-perlita e outra ferrita-esferoidita com cada uma dessas formas apresentando propriedades que as diferem e com qualidades distintas.

Para os aços com médio e alto teor de carbono com elevados teores de elemento de liga o problema aparece quando deseja-se fazer um processo de usinagem ou conformação de uma peça. Uma estrutura formada por perlita e cementita destes tipos de aço apresentará uma dureza muito alta, e uma das alternativas para diminuir esta dureza é o processo de recozimento de esferoidização. Esta estrutura ferrítica com partículas de carbonetos em forma de esferas irá conferir aos aços boa ductilidade e usinabilidade.

Este estudo irá fazer um levantamento bibliográfico e a avaliação de alguns parâmetros operacionais do recozimento de esferoidização, em busca de novas alternativas para diminuir o tempo de tratamento térmico, obtendo uma microestrutura ideal para processos de usinagem. O aço SAE 52100, ligado ao cromo com alto teor de carbono, também conhecido por 100Cr6 é o objeto deste estudo.

## 2. METODOLOGIA

Realizou-se o tratamento em duas etapas. Na primeira, foi realizada uma têmpera e na segunda foi feito o recozimento de esferoidização em um corpo de prova representado pela Fig. 1 com 10mm de diâmetro na parte útil, seguindo a norma NBR – 13284 da ABNT [1]. O aço SAE 52100 apresenta a composição química mostrada na Tabela 1.

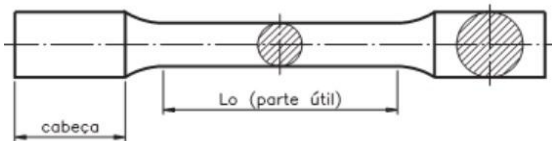


Figura 1. Corpo de prova real

Tabela 1. Composição química do aço SAE52100 (Fonte: GGD metals [2])

C	Mn	Si	Cr
1%	0,3%	0,2%	1,4%

A tempera foi realizada em um corpo de prova (CP1), aquecido em mufla na temperatura de austenitização de 850°C, de acordo com a curva TTT do aço 52100, como pode ser visto na Fig. 2. O CP1 permaneceu na mufla por 45 minutos para uma completa austenitização, após este tempo retirou-se o corpo de prova do forno e submeteu-se o mesmo a um resfriamento rápido em óleo SAE 15W40 com agitação moderada.

Na segunda etapa, realizou-se o recozimento de esferoidização. O mesmo foi submetido a um processo chamado de recozimento pendular, onde este é submetido

a temperaturas acima e abaixo da linha A1, como pode ser visualizado na Fig. 3b. O CP1 permanece por 45 minutos a uma temperatura de 795°C e após foi colocado em outra mufla onde permanece por mais 45 minutos a uma temperatura de 700°C. O CP1 ficou exposto cinco vezes acima de A1 e quatro vezes abaixo de A1. Após este ciclo a mufla foi desligada e o CP1 ficou por mais uma hora até que se resfriasse de maneira lenta. O tempo total do processo foi de 8 horas e 30 minutos.

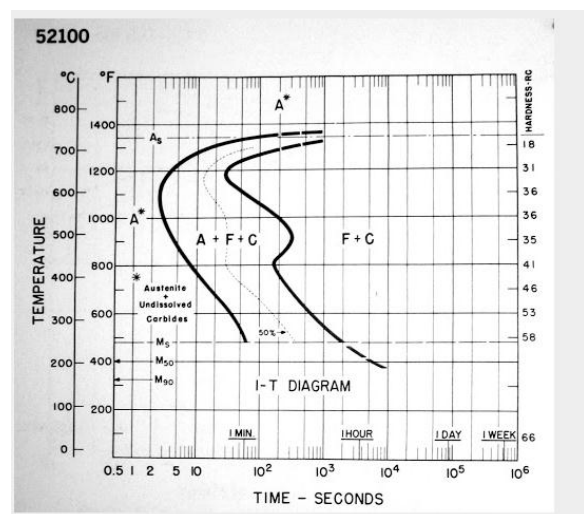


Figura 2. Curva TTT do aço SAE 52100, Ref. [2]

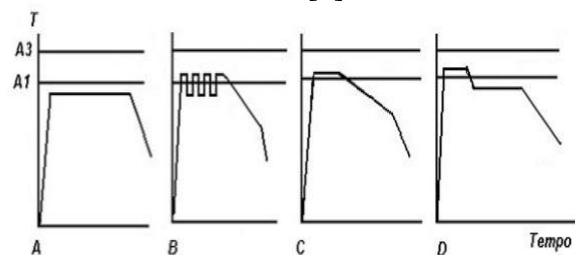


Figura 3. Ciclos térmicos para o recozimento de esferoidização, Rossi *et al.* [3]

Para analisar os resultados utilizou-se a técnica metalográfica e o ensaio de dureza. Seguiu-se a Norma Ref. [1] para a preparação metalográfica dos corpos de prova e a Norma ABNT NBR 6672 [4] para determinação de dureza, sendo o CP1 proveniente de rota alternativa e o CP2 do fornecedor. O ataque químico foi por imersão com reagente químico Nital 3%. A análise da microestrutura foi realizada em microscópio com aproximação de 1000X e a

dureza medida foi a Vickers, carga de 300g, em microdurômetro da marca Buhler. Foram 5 medidas em 5 pontos diferentes para obter um valor médio.

### 3. RESULTADOS

Obteve-se ótimo resultado quanto a formação de esferoidita como pode ser observado na Fig. 4.



Figura 4. Microestrutura do CP1 com aproximação de 1000X.

O fundo ferrítico com a cementita e os carbonetos dos elementos de liga em forma esferoidal disperso na matriz faz com que o aço apresente ótima ductilidade e alta usinabilidade. Quanto a dureza pode se verificar a diferença dos 2 corpos de prova na Tabela 2.

Tabela 2. Dureza medida nos CP1 e CP2.

Amostra	Dureza Vickers	Dureza Brinell
CP1	195 HV	187 HB
CP2	221 HV	212HB

Na Fig. 5 é apresentada a microestrutura do CP2. Pode se observar que as microestruturas são muito semelhantes pois as mesmas estão totalmente em forma de esferoides.

A rota alternativa de oito horas e trinta minutos, é bem inferior aos processos convencionais que ficam na faixa de quinze a vinte horas.



Figura 5. Microestrutura do CP2 com aproximação de 1000X.

### 4. DISCUSSÕES

A esferoidização é um processo aplicado em aços de médio e alto teor de carbono, e/ou ligados quando o recozimento poderá não baixar a dureza o suficiente para que o processo de usinagem ou de conformação de uma peça possa ser executado, levando de 15 a 20 horas. A microestrutura se apresenta com a cementita e os carbonetos dos elementos de liga em forma esferoidal dispersos na matriz ferrítica, Kieckow et al. [5], como pode ser visualizado na Fig. 4.

Cada vez que se sobe a temperatura acima de A1 os carbonetos mais finos dissolvem-se, e quando se baixa a temperatura ocorre a precipitação na cementita que não se dissolveu, favorecendo assim na formação da esferoidita com um tempo menor.

A influência da composição química fica mais evidenciada quando se tem um comparativo da fração esferoidizada para um aço microligado ao cromo (52100) e um aço carbono (10100). Coutinho *et al.* [6], mostra que para o aço ligado ao cromo se tem uma fração maior de esferoidita mesmo em tempos menores. Para temperaturas mais elevadas ( $T > A1$ ), há uma diminuição da solubilidade do cromo na cementita fazendo com que sua solubilização seja maior na ferrita, promovendo uma maior concentração de cromo ao redor da partícula de cementita, e assim, deslocando a linha A3 para temperaturas mais altas, Cree *et al.* [7]. Deste modo a cementita é estabilizada nestas temperaturas, de acordo com Schastlivtsev *et al.* [8] e Coutinho *et al.* [9].

O aumento da velocidade no processo de esferoidização devido a estruturas prévias metaestáveis deve-se a uma fina dispersão de carbonetos nestas estruturas, servindo de sítios para o coalescimento dos carbonetos. Coutinho *et al.* [6], realizaram experiências em um aço ABNT 52100, utilizando amostras previamente temperadas e normalizadas e após submetidas aos ciclos subcrítico e pendular para a esferoidização do aço em estudo. Os resultados mostraram que a microestrutura prévia martensítica favorece, acelerando o processo.

## 5. CONCLUSÃO

A dureza e a microestrutura superaram a expectativa e a rota alternativa estudada mostrou ser eficiente para a obtenção da microestrutura esferoidal dos carbonetos em um tempo mais curto comparado aos processos convencionais para o processo de esferoidização. A microestrutura prévia martensítica e as oscilações pendulares em torno de A1 foram determinantes para os resultados obtidos.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] ABNT NBR-13284, “Preparação de corpos de prova para análise metalográfica”, em associação brasileira de normas técnicas.
- [2] GGD Metals, “Aços para construção mecânica Gerdau”, Rio Grande do Sul, disponível em <http://www.ggdmetals.com.br/produto/sae-52100/>.
- [3] H. E. Rossi e C. A. B. Coutinho, “Influência das variáveis de processamento na esferoidização do aço SAE 52100,” em Metalurgia-ABM, vol. 39, n. 310, em setembro de 1983.
- [4] ABNT NBR-6672, “Determinação da dureza vickers, para materiais metálicos”, em Associação brasileira de normas técnicas.
- [5] T. Strohaecker; F. Kieckow; et al. “Princípios de tratamentos térmicos em aços e ferros fundidos”.

[6] C. A. B. Coutinho e R. Barbosa, “Cinética de esferoidização do aço SAE 52100 com estrutura prévia de normalização” no seminário de metalurgia e tratamento térmico em Angra dos Reis em junho de 1988.

[7] A. M. Cree; R. G. Fulkner e T. A. Lyne, “Cementite coarsening during spheroidisation of bearing steel SAE 52100” em Materials Science and Technology, pp. 566-567 em 1995.

[8] V. M. Schastlivtsev e I. L. Yakovleva, “Structural transformation in perlite upon heating: III. Spheroidization of carbides; Gibbs-Thomson equation and the problem of carbide coagulation; The physics of metals and metallography”: vol. 78, n. 3, 1994, p. 317-324.

[9] C. A. B. Coutinho; P. A. C. Polanczyk e C. M. P. Oliveira, “Efeitos do recozimento de recristalização sobre a morfologia da cementita em aços carbono” no XLV congresso ABM de setembro de 1990 no Rio de Janeiro.