

Influence of Austenitizing Temperature On the Microstructure and Mechanical Properties of AISI H13 Tool Steel.

Lauralice de C. F. Canale¹

George Edward Totten²

João Carmo Vendramim³

Leandro Correa dos Santos¹

Cristian Madariaga³

1. Universidade de São Paulo, São Carlos, Brazil.

ifcanale@sc.usp.br

2. Portland State University, Portland, OR, USA

GETotten@aol.com

3. Combustol Ind Com Ltda, SP, Brazil

cristian@combustol.com.br

ABSTRACT

H13 is a well-known tool steel which is used for hot working. As a high-alloy steel, mechanical properties are very sensitive to heat treatment parameters. In this work, the influence of austenitizing temperature is examined through impact Charpy tests, tensile tests, hardness measurements and microscopic analysis. Samples of H13 steels are hardened from an austenitizing temperatures of 960°C, 1030°C and 1100°C and then double tempered. Carbides volume and grain sizes were obtained after heat treatment and correlations between microstructure and mechanical properties are reported.

Introdução

O tratamento térmico dos aços-ferramenta é uma importante etapa do processo de construção de uma ferramenta, pois o bom desempenho desta pode não ser alcançado se este não for corretamente executado.

Na maioria das aplicações industriais do aço-ferramenta H13, a busca de maior desempenho, ou vida útil de uma ferramenta, exige uma boa combinação entre a resistência mecânica e tenacidade, caso, por exemplo, das matrizes de forjamento a quente, moldes de injeção e matrizes de extrusão de alumínio. Essa melhor combinação de microestrutura – microconstituente martensita, fina e revenida - e tenacidade é proporcionada pelo tratamento térmico que deve utilizar parâmetros de processo corretos, tais como, por exemplo, o tempo e temperatura de austenitização. As condições de resfriamento também têm um papel importante no tratamento térmico e devem ser objeto de acurada atenção. A seleção do equipamento de tratamento térmico – forno a vácuo, forno de atmosfera, ou banho de sal – deve levar em consideração aspectos como uniformidade de temperatura, riscos de desenvolvimento de trincas durante aquecimento e resfriamento, montagem e tamanho da peça.

A temperatura de austenitização é um dos mais importantes aspectos do processo, pois se não corretamente selecionada resultará em uma microestrutura não uniforme e propriedades mecânicas reduzidas. Os fabricantes de aços, geralmente, informam uma faixa de temperatura de austenitização recomendável trabalhar no tratamento térmico.

Este trabalho apresenta os resultados de estudos efetuados para o tratamento térmico do aço H13 a partir de diferentes temperaturas de austenitização e a influência destas na microestrutura e propriedades mecânicas. As amostras previamente preparadas para os ensaios mecânicos foram termicamente tratadas em dois tipos de equipamentos: forno tipo “banho de sal” e forno a vácuo. O trabalho foi conduzido para não sofrer influencia do tipo de aquecimento utilizado no tratamento térmico.

Metodologia

Amostras do aço-ferramenta AISI H13 foram obtidas com o fabricante de aço “Aços Boehler do Brasil” e correspondente ao aço da marca W302, DIN 1.2344, fornecido no estado recozido com dureza 229 HB e de composição química descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química do aço H13 utilizado, em % em peso.

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,32	0,92	0,50	5,18	1.40	0.86

Os corpos de prova para ensaio de impacto e de tração foram extraídos de um bloco de aço H13 na posição considerada paralela à direção de forjamento, tendo sido confeccionados pelo processo de usinagem. A seguir, os corpos de prova foram submetidos ao tratamento térmico.

O tratamento térmico das amostras foi executado em dois tipos de equipamentos. Um equipamento é o cadinho de banho de sal fundido com resfriamento também em banho de sal. A partir da temperatura de austenitização e mergulho das amostras no banho de sal a 540°C, o resfriamento foi completado ao ar. Essa técnica de tratamento térmico em banho de sal ainda é muito utilizada pela indústria devido à facilidade na operação, entretanto em crescente desuso devidos aspectos relativos ao não controle para alguns parâmetros de processo e agressividade ao meio-ambiente.

O segundo equipamento utilizado neste trabalho opera com a tecnologia de resfriamento em gás nitrogênio sob pressão, comumente denominado “forno a vácuo”, sendo de crescente utilização devido aspectos relativo ao controle de todos os parâmetros de tratamento térmico e aspectos de não agressão ambiental. A pressão do gás nitrogênio utilizado nesse tratamento térmico foi de 2 Bar.

O revenimento foi realizado em duas etapas e nas mesmas condições de tempo e temperatura para todos os corpos de prova. A Tabela 2 descreve os principais

parâmetros de processo utilizados no tratamento térmico das amostras deste trabalho.

Tabela 2 – Descrição dos parâmetros de tratamento térmico utilizados

Descrição	Parâmetros de tratamento térmico		
Equipamento	Banho de Sal	Banho de Sal	Vácuo
Austenitização	960° C	1030° C	1100° C
Tempo	10´	10´	45´
Resfriamento	Sal – 540° C – Ar	Sal – 540° C – Ar	N2 – 2 Bar
Revenimento 1	540°C – 2h	540°C – 2h	540°C – 2h
Revenimento 2	600°C – 2h	600°C – 2h	600°C – 2h

Para o exame da microestrutura por microscopia óptica as superfícies das amostras foram preparadas segundo técnicas convencionais de preparação metalográfica. Utilizou-se o reagente químico Nital 2% para observação da martensita revenida e ataque eletrolítico com ácido oxálico para determinação do tamanho de grão.

Os corpos de prova do ensaio de impacto Charpy foram previamente preparados por usinagem para o tratamento térmico. O corpo de prova do ensaio Charpy é padronizado conforme norma **ABNT**.... A inspeção de dureza, escala HRC, foi realizada conforme norma NBR 146.1.

Resultados e Discussão

O exame metalográfico por microscopia óptica mostrou microestruturas constituídas de martensita revenida de grãos levemente marcados à temperatura de 960°C, banho de sal, conforme Figura 1. Para a condição de aquecimento à temperatura de 1030°C obteve-se martensita revenida fina de grãos levemente marcados, conforme Figura 2. Para a condição de aquecimento à temperatura de 1100°C, forno a vácuo, a microscopia óptica identificou martensita fina com maior tamanho de grão austenítico, como mostra a Figura 3.

O tratamento térmico executado na temperatura de austenitização mais baixa, 960°C, não promoveu a dissolução completa dos carbonetos e à temperatura de austenitização mais alta, 1100°C, ocorreu a máxima dissolução dos carbonetos, porém com efeito deletério no crescimento de grão, conforme mostra a Figura 3.

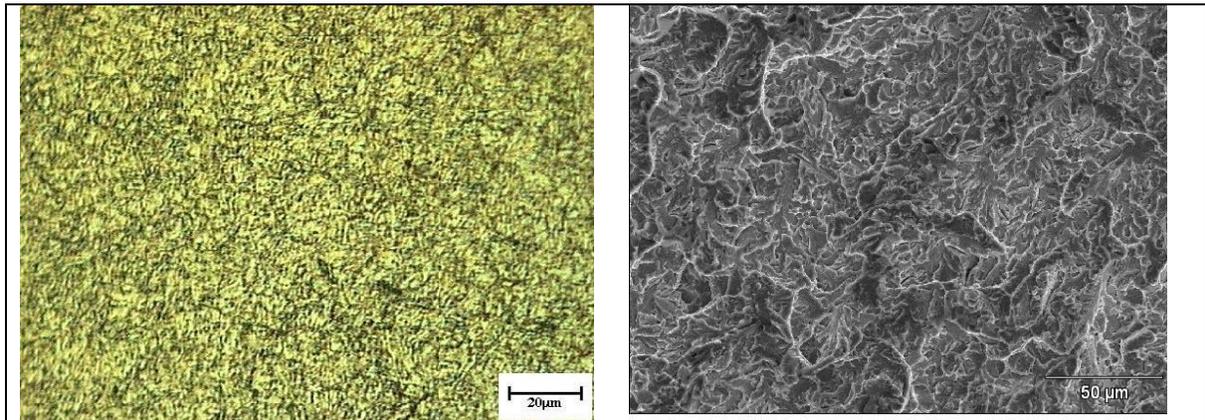


Figura 1 – Microestrutura de 960°C banho de sal. Aumento 500x; Nital 2%

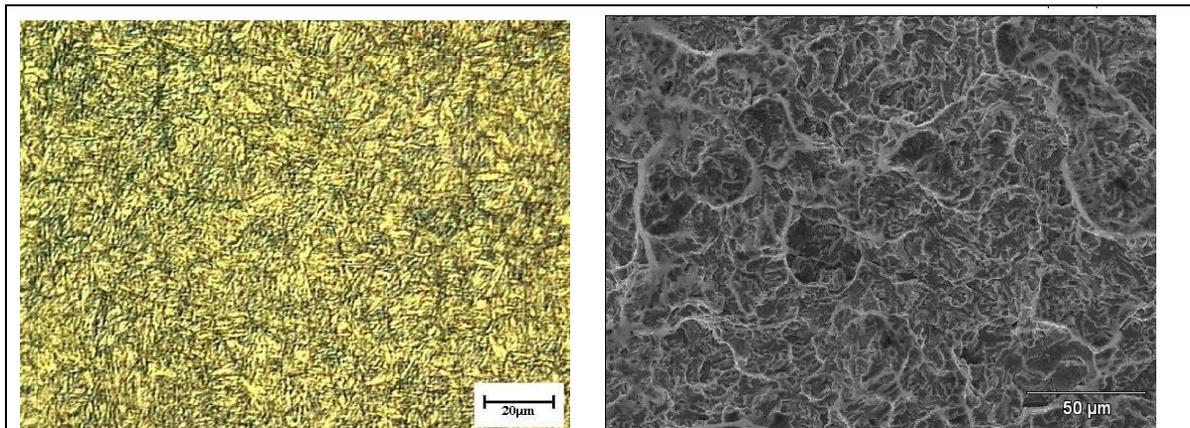


Figura 2 - Microestrutura de 1030°C banho de sal. Aumento 500x; Nital 2%

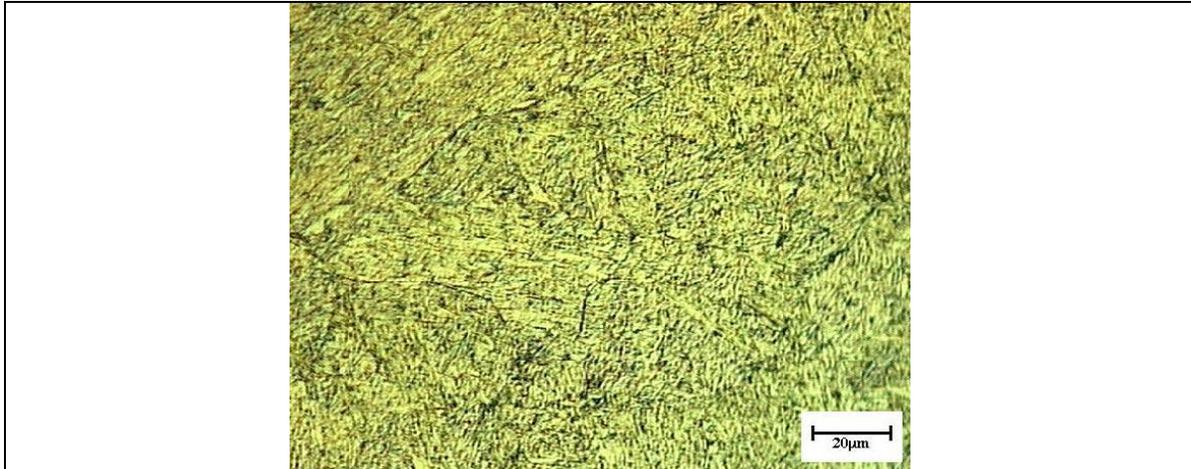


Figura 3 - Microestrutura de 1100°C Vácuo. Aumento 500x; Nital 2%

A Figura 4 mostra a microestrutura para 960°C, banho de sal, obtida com ataque de reagente químico oxálico, sinalizando os microconstituintes martensita e bainita. Nessa temperatura menos carbonetos são dissolvidos na matriz.

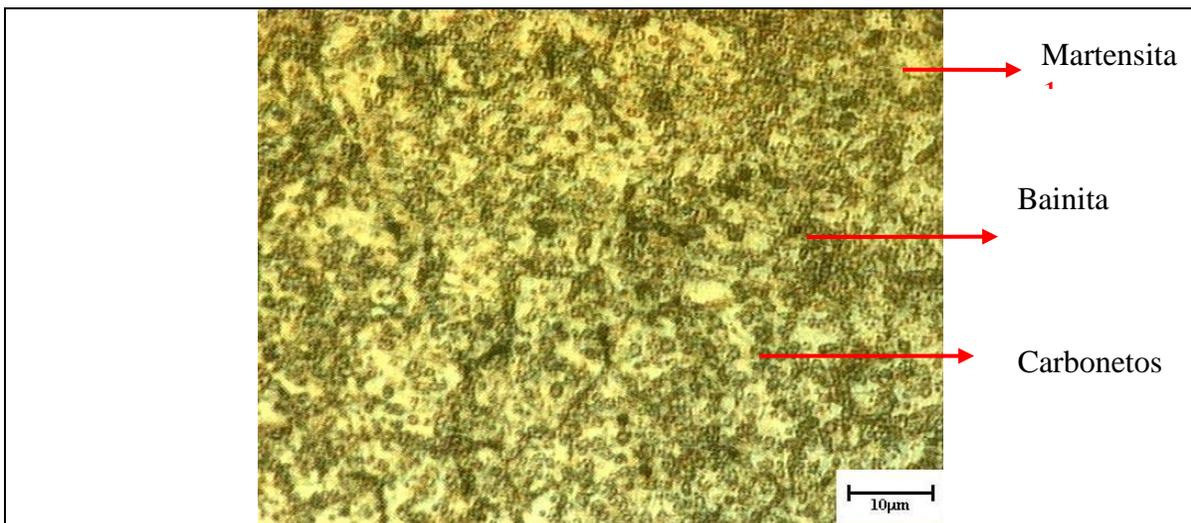


Figura 4 – Microestrutura 960°C. Aumento 500x; Oxálico

A Figura 5 mostra a microestrutura para 1030°C, banho de sal, obtida com ataque de reagente químico oxálico. Nessa temperatura, recomendada pelo fabricante de aço, dissolve-se o máximo de carbonetos sem comprometer o tamanho de grão.

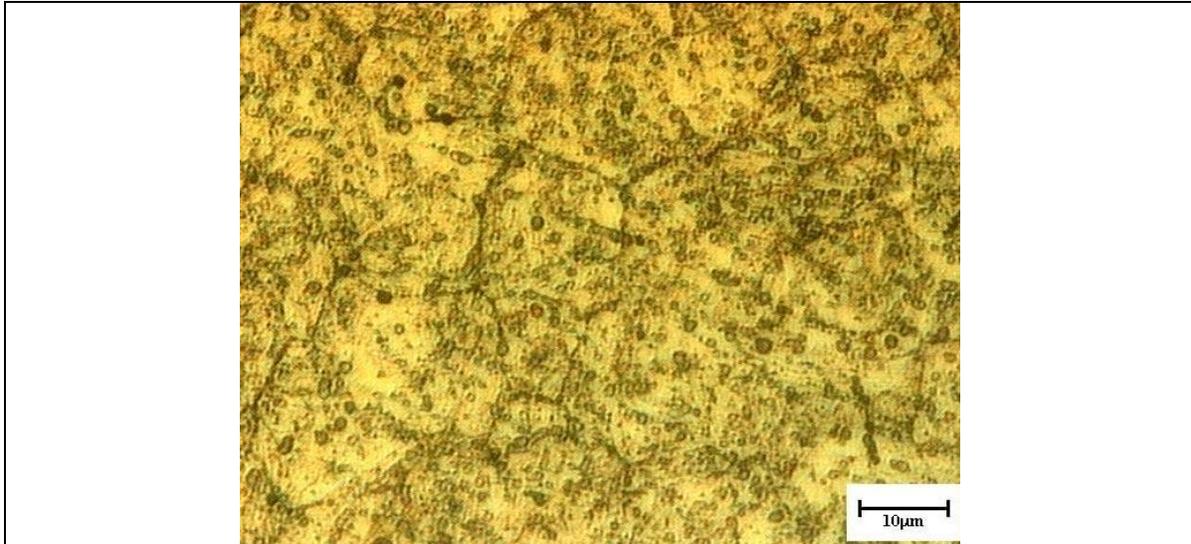


Figura 5 - Microestrutura para 1030°C. Aumento 500x; Oxálico

A Figura 6 mostra a microestrutura para 1100°C, forno a vácuo, obtida também com o ataque de reagente oxálico. Nesse caso, dissolve-se o máximo em carbonetos na matriz, porém com crescimento no tamanho de grão, conforme melhor evidenciado na Figura 3.

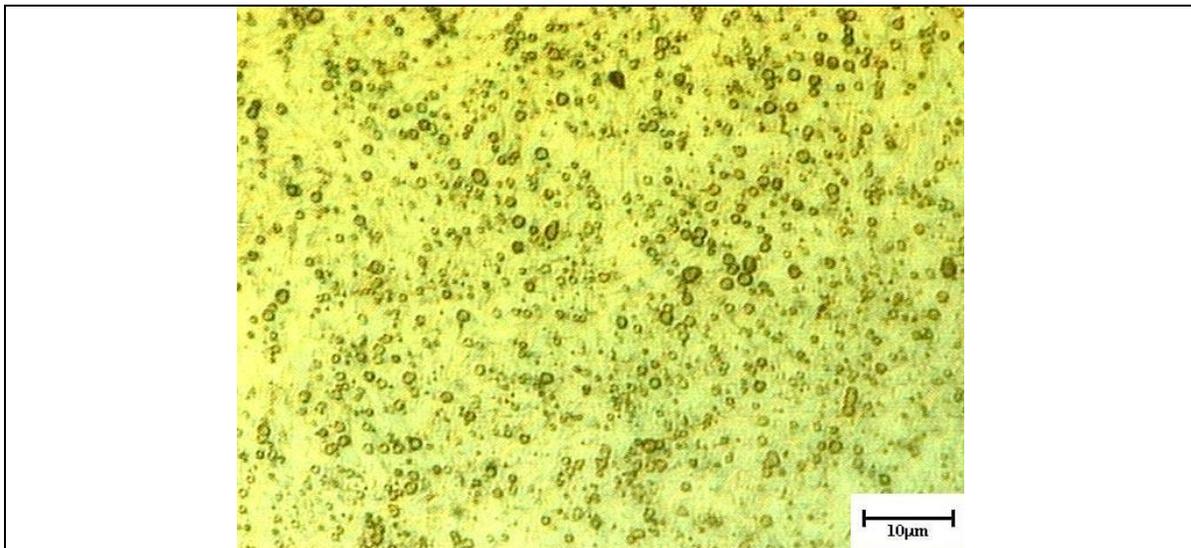


Figura 6 – Microestrutura para 1100°C. Aumento 500x; Oxálico.

A Tabela 3 apresenta os resultados de dureza final e ensaio Charpy depois dos dois revenimentos à mesma temperatura e tempo, conforme descrito na Tabela 2. O segundo revenimento foi realizado à mesma temperatura nas três amostras, o que resultou em diferentes durezas para cada caso em função da utilização de diferentes temperaturas de austenitização.

Os diferentes e esperados resultados encontrados para o comportamento do aço H13 no desenvolvimento de fratura frágil no ensaio Charpy se devem à menor, ou maior, quantidade de carbonetos dissolvidos na matriz, à presença de carbonetos em contornos, tamanho de grão e dureza.

A amostra temperada de 960°C, apesar da dureza menor, 47 HRC, apresenta menos carbonetos dissolvidos na matriz e carbonetos em contornos de grão mais evidentes, contribuindo para a fratura frágil com a nucleação de micromecanismos de fratura do tipo quasi-clivagem. A amostra temperada de 1030°C com dureza de 49HRC apresenta grãos ligeiramente maiores, em contrapartida menos carbonetos ancorados nos contornos e mais carbonetos dissolvidos na matriz cujos efeitos somados resultaram em maior tenacidade. A dureza mais elevada – 49HRC – neste caso, não teve efeito significativo para reduzir a tenacidade medida pelo ensaio Charpy. Em função dos resultados obtidos para este trabalho, a temperatura de austenitização de 1030°C seria a mais indicada para o tratamento térmico, em conformidade com a recomendação do fabricante do aço.

A amostra temperada de 1100°C e com dureza de 53 HRC tem mais carbonetos dissolvidos na matriz e não mostrou carbonetos em contornos de grão, porém, neste caso, com maior dureza na temperatura de revenimento utilizada e maior tamanho de grão. A dureza e o tamanho de grão elevados contribuíram de forma mais deletéria no comportamento à fratura frágil, reduzindo a tenacidade, conforme resultados obtidos no ensaio de impacto mostrados na Tabela 3. A temperatura de austenitização mais alta, em função da maior dissolução de carbonetos e disponibilidade destes para ao “endurecimento secundário”, eleva a temperatura na etapa de revenimento para se atingir um mesmo nível de dureza, ou seja, aumenta a resistência ao revenido da liga metálica.

Conclusão

O tratamento térmico do aço-ferramenta H13 para diferentes temperaturas de austenitização confirmou a importância que se deve dar na fase de seleção desse parâmetro.

A temperatura mais elevada de austenitização mostrou redução da tenacidade no ensaio de impacto devido ao maior tamanho de grão.

A temperatura de austenitização recomendada pelo fabricante de aço mostrou o melhor resultado de tenacidade no ensaio de impacto.

A realização do revenimento à mesma temperatura e tempo para as três condições de temperatura de austenitização resultou em durezas diferentes.