

TRATAMENTO TÉRMICO EM AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO AISI 420

Warley Rodrigues de Paiva¹

Warley Augusto Pereira²

RESUMO

O aço inoxidável martensítico AISI 420 é uma liga ferrosa de boa resistência mecânica e, por isso, substituem os aços comuns em muitas das aplicações industriais. São aços magnéticos endurecíveis por tratamento térmico. Apresentam boa resistência à corrosão atmosférica e se destacam pelos diversos graus de dureza e resistência mecânica que podem ser obtidos. Outro aspecto importante é quanto à questão ambiental, pois a energia necessária para produção de uma peça ou componente em aço inox é praticamente a mesma de uma peça em aço comum, mas com a vantagem de ter uma vida útil muito maior. Nesse trabalho iremos verificar se o material em questão pode ter sua microestrutura modificada e sua dureza aumentada após tratamento térmico em têmpera com temperatura acima de 1000 °C. O material foi dividido em 4 partes sendo realizado têmpera em 3 partes, posteriormente as partes foram esfriadas em óleo, ar e água, retirando suas durezas após o tratamento térmico, foi feito também análise metalográfica com auxílio de uma câmera própria para microscópio, concluindo que apesar de sua estrutura ter modificado a sua dureza não aumentou, uma vez que o material já possuía martensita e era temperado.

Palavras-chave: Aço inoxidável martensítico. Tratamento térmico. Dureza.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Rio Verde - UniRV.

² Professor do Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Rio Verde – UniRV - Orientador.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre aços inoxidáveis são pouco difundidos no país, seja pelo baixo consumo desse material, ou pela escassa literatura em língua portuguesa disponível. Ao longo desse trabalho, estudou-se o conceito do aço inox, sua classificação, resistência à corrosão e as prováveis mudanças estruturais e mecânicas. Os aços inoxidáveis são materiais considerados novos para o ser humano, pois os primeiros registros a seu respeito têm pouco mais de 100 anos, enquanto o ferro, por exemplo, já está presente na sociedade há mais de 5000 anos. De qualquer forma já existe grande quantidade de tipos de aços inoxidáveis e um amplo conhecimento a seu respeito.

Segundo Mesquita (1997), suas principais aplicações são em peças e componentes submetidos a meios corrosivos e que necessitam de resistência a corrosão, mas outras propriedades como a resistência mecânica e a dureza (objeto deste estudo), a excelente capacidade de conformação dos tipos austenítico e ferrítico e a elevada dureza dos martensíticos promovem sua utilização em varias aplicações.

O inox sempre foi tratado como um produto ‘nobre’ devido ao seu custo mais elevado do que os aços carbono. De acordo com Oliveira (1998), isso ocorre pela presença de elementos muitos caros em sua composição química, tais como Cromo e o Níquel, mas, com certeza, se a avaliação do custo do equipamento considerar as despesas com prevenção e correção de danos causados pela corrosão, os aços inoxidáveis se tornam competitivos e economicamente viáveis. Outro aspecto importante é quanto à questão ambiental, pois a energia necessária para produção de uma peça ou componente em aço inox é praticamente a mesma de uma peça em aço comum, mas com a vantagem de ter uma vida útil muito maior. Ou seja, a energia é gasta uma única vez e tem uma vida mais prolongada.

Por todos esses motivos, o aço inox está presente em nosso dia-a-dia, mesmo que não se perceba, por exemplo, quando se senta à mesa, os talheres (garfos, colheres e facas), são produtos feitos em aço inox. Nos hospitais, consultórios médicos e dentários, o inox também está presente em tesouras, pinças, agulhas hipodérmicas, bisturis e outros componentes devido à excelente resistência mecânica e facilidade de higienização e esterilização. O inox também é muito utilizado nas indústrias: alimentícia, farmacêutica, química e várias outras.

No caso deste estudo, o aço utilizado é o aço inoxidável martensítico AISI 420, utilizado em lâminas e facas de corte em uma indústria alimentícia de Rio Verde. A faca em

questão é utilizada para cubar e fatiar presunto, bacon, linguiça calabresa e ovos cozidos. Esses produtos são cubados com temperatura em torno de 20° C e fatiados em torno de 8° C.

Desta forma, quando se observa com atenção, percebe-se que o inox participa efetivamente na vida humana e é importante conhecer um pouco sobre ele para o utilizar de forma correta garantindo seu bom desempenho. Tendo em vista que o aço inoxidável foi descoberto acidentalmente em 1912 pelo inglês Harry Brearly, não há muita bibliografia que trate deste material quando comparado aos aços comuns. Assim, este estudo consiste em buscar novos dados sobre os comportamentos mecânicos do aço inoxidável martensítico AISI 420.

O objetivo desse trabalho é:

- Verificar se o aço inoxidável martensítico da linha AISI 420 pode ter sua estrutura modificada ao ser submetido à temperatura acima de 1000 °C e temperado em seguida;
- Verificar se o corpo de prova teve sua estrutura modificada após a realização da têmpera;
- Realizar testes de dureza no corpo de prova antes e após a o tratamento térmico, para verificar as alterações em suas propriedades mecânicas; e
- Fazer análise metalográfica para verificar se houve mudança estrutural do material.

1.2 REVISÃO DA LITERATURA

1.2.1 Aços Inoxidáveis

Quando se refere ao aço inoxidável, pensa-se em um material que não sofre oxidação. Porém, este termo não é totalmente verdadeiro, pois na versão original em inglês, Stainless Steel significa “aço que mancha pouco”, então é possível dizer que o inox de fato pode ser oxidado. Com isso, percebe-se que o termo inoxidável é muito exagerado, seria mais sensato falar que o aço Stainless Steel é mais resistente à corrosão e não imune a ela.

De acordo com Farenza (2008), em alguns meios, em que o inox é exposto, pode haver a corrosão. Hoje existem aços inoxidáveis capazes de resistir à maioria das situações das indústrias. Diz a história que os aços inoxidáveis foram descobertos por acaso em 1912 pelo inglês Harry Brearly que estudava uma liga Fe-Cr (13%). Quando ele tentava fazer algumas observações metalográficas, verificou que a liga fabricada resistia à maior parte dos reagentes que se utilizavam na época em metalografia. Foi Brearly mesmo que deu o nome à liga, chamando-a de Stainless Steel, que traduzindo quer dizer “aço que não mancha”. Em 1913 na Alemanha, Eduard Maurer, que estudava uma liga Fe-Cr que continha além dos elementos da liga de Brearly cerca de 8% de Ni, observou que a liga resistiu vários meses a vapores agressivos do laboratório no qual trabalhava.

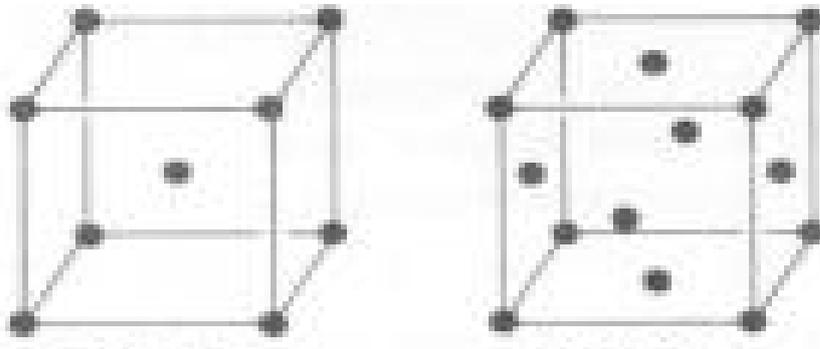
Hoje se sabe que os aços descobertos por eles eram os conhecidos AISI 420 (martensítico) e o AISI 302 (austenítico) respectivamente. Segundo Padilha (1994), era um pouco difícil de compreender na época que, aquecendo-se duas ligas a altas temperaturas (1000° C) e resfriando-as rapidamente, obtinham-se duas ligas completamente diferente, uma com alta dureza (AISI 420) e outra com ótima ductilidade (AISI 302). De 1913 para cá, os aços inoxidáveis muito evoluíram, principalmente em função da indústria petrolífera, da aeronáutica, até mesmo devido à segunda guerra mundial.

De acordo com Gomes (2000), a resistência à corrosão está ligada diretamente à adição de cromo como composição da liga da linha AISI 400 (martensítico), adicionando-se cromo mais níquel tem-se uma liga da linha AISI 300 (austenítico).

Segundo Porto (2000), as famílias das adições de elementos de liga, especialmente o Cromo e Níquel, promovem alterações no arranjo cristalino do ferro, criando aços com diferentes estruturas cristalinas, na condição de uso, de acordo com a quantidade adicionada

de cada um desses elementos. Os aços de baixo teor de carbono, por exemplo, se solidificam com uma estrutura cúbica de corpo centrada (CCC), chamada de ferrita δ . Durante o seu resfriamento, entre 1500°C e 1390°C , dependendo do percentual de carbono, a estrutura cúbica de corpo centrada se transforma em cúbica de face centrada (CFC), chamada austenita, que permanece estável até cerca de 911°C , quando então volta a ser cúbica de corpo centrada (CCC), chamada ferrita α , permanecendo estável até a temperatura ambiente. A FIGURA 1 mostra o esquema da estrutura (CCC) e (CFC) respectivamente.

FIGURA 1 – Representação esquemática de uma estrutura CCC e CFC



Fonte: Prates (2009).

No caso dos aços inoxidáveis, as estruturas ferríticas, austeníticas, martensíticas ou uma combinação de duas delas podem ocorrer na condição de uso, gerando características metalúrgicas e mecânicas bastante distintas entre os diferentes tipos de aço. Esse fato levou a classificação dos aços inoxidáveis em ‘famílias’, de acordo com microestrutura predominantemente estável na condição de uso. A classificação dos aços inoxidáveis por famílias são:

- **Martensíticos:** são utilizados após têmpera, ou seja, têm capacidade de formar austenita em temperaturas elevadas e transformá-la em martensita por resfriamento rápido (têmpera). São essencialmente ligas Fe-C-Cr com teores de Cr variando entre 12 a 18% e C entre 0,1% e 1,20%, podendo conter ainda Mo para melhorar a resistência à corrosão. Devido aos elevados teores de elementos de liga, possuem alta temperabilidade e podem apresentar uma estrutura completamente martensítica em peças espessas, mesmo com resfriamento ao ar livre. Sua resistência à corrosão tende a ser inferior à dos outros tipos, mas ainda satisfatório em meios não muito agressivos. São magnéticos. Suas principais aplicações são em peças e componentes que exigem alta dureza e resistência

mecânica e resistência à abrasão, como exemplo, tem-se lâminas de facas, discos de freio de motocicletas, tesouras e equipamentos cirúrgicos. O tipo mais representativo desta família é o 420.

- **Ferríticos:** são ligas de Fe-C-Cr que apresentam estrutura ferrítica na temperatura ambiente. Possuem Cr entre 10,5% e 30% e C inferior a 0,1%. Chiaverinni (2002) diz que não podem ser completamente austenitizado e que não são temperáveis. Apresentam boa resistência à corrosão, são magnéticos e seu comportamento mecânico é semelhante ao do aço carbono. São largamente utilizados em talheres, bandejas e linhas brancas (fogões, geladeiras, lavaroupa, etc.), são resistentes à corrosão e seu custo é baixo. O tipo 430 é o que melhor representa essa família.
- **Austeníticos:** esses aços possuem, além do Cr o Ni como elemento de liga, no qual estabiliza a austenita à temperatura ambiente. De acordo com Sanches (2009), a adição de Molibdênio a resistência à corrosão é aumentada. São bastante diferentes dos aços carbonos comuns, não são magnéticos, possuem alto valor de alongamento, sua resistência à corrosão é boa na maioria dos meios. São largamente utilizados em equipamentos para indústria alimentícia, farmacêutica, papel e celulose. O tipo mais comum é o 304.
- **Duplex:** essa família se caracteriza por apresentarem as fases austenita e ferrita estáveis. Isso se deve aos altos teores de elementos de liga utilizados, da ordem de 18% a 30% de Cr, 3,5% a 8% de Ni e 1,5% a 4,5% de Mo. Além do Cr, Ni e Mo, podem ser adicionadas N, Cu, Si e W para controlar o balanço estrutural. Possuem maiores limites de resistência a escoamento com a vantagem de ter melhor resistência à corrosão-tensão. Um exemplo de aplicação é no casco de submarinos. Os tipos mais comuns são: o 2205 e o 2304.
- **Endurecíveis por precipitação:** são basicamente ligas Fe-C-Cr, contendo elementos que provocam a formação de precipitados, tais como Ti, Al e Cu. Desenvolvem elevados níveis de resistência mecânica pela formação dos finos precipitados em uma estrutura martensítica. São usados na fabricação de cano de revólver ou espingarda de grosso calibre. Um exemplo dessa família é o 17-4PH (Precipitation Hardening).

Na sequência são mostrados alguns elementos de liga usados nos aços inoxidáveis. Fernandes (2010) explica que, as influências dos elementos de liga no aço inoxidável dependem principalmente destes materiais para se ter um inox completamente puro.

- **Cr (cromo):** a resistência à corrosão dos aços inoxidáveis depende do teor de cromo contido, quanto maior o cromo contido maior a resistência à corrosão.
- **Ni (níquel):** muda a estrutura cristalográfica da liga, torna o aço mais dúctil, pequeno efeito na resistência à corrosão, torna o aço não magnético.
- **C (carbono):** com o cromo somente, torna o aço endurecível por têmpera através de tratamento térmico.
- **Ti (titânio) e Nb (nióbio):** evita a combinação do carbono com o cromo impedindo perda de resistência à corrosão e melhora a soldabilidade.

1.2.1 Propriedades dos aços inoxidáveis martensítico

O Quadro 1 mostra a composição química nominal do aço inoxidável martensítico Tipo AISI 420.

QUADRO 1 - Composição química nominal aço Tipo AISI 420, % em massa

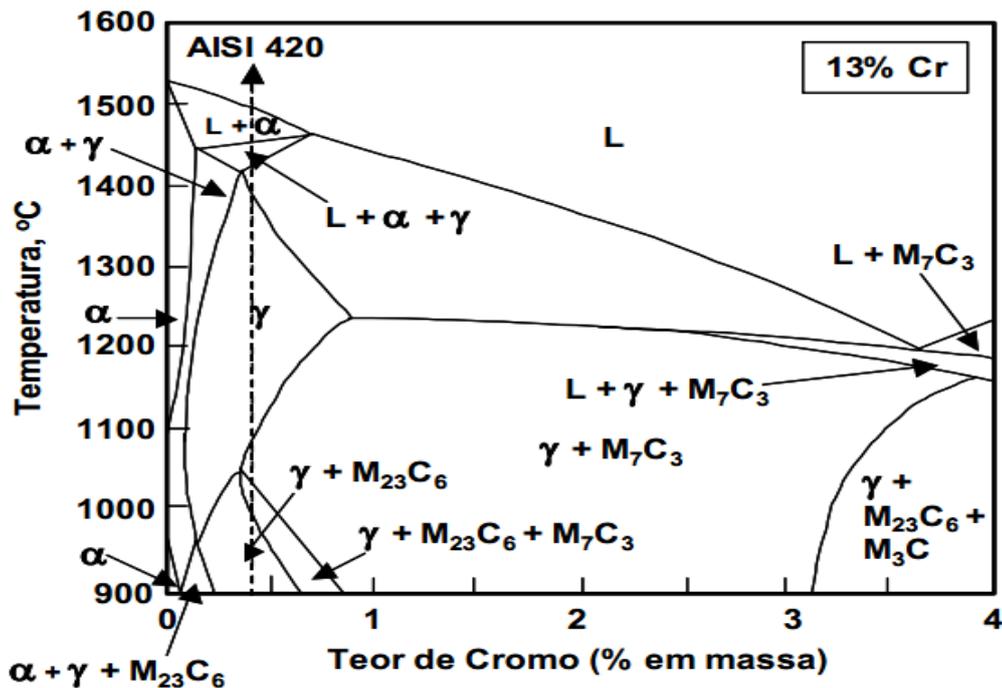
Elemento	C	Si	Cr	Mo	V
Tipo VP 420 [4]	0,40	0,80	13,5	-----	0,25
Tipo AISI 420 Regular [5]	0,15 mín.	1,00 máx.	12,0 - 14,0	0,60 máx. (opcional)	-----

Fonte: Pinedo (2005).

A FIGURA 2 apresenta o diagrama pseudobinário do sistema Fe-C-Cr para a composição fixa de 13,0% de Cromo. Conforme descrito por Pinedo (2005) as principais transformações de fase que correm na composição base Fe-0,4% C-13% Cr, podem ser observadas pela linha tracejada marcada no diagrama para o teor de 0,4% em massa de Carbono. No aço AISI 420 a solidificação se inicia pela formação de ferrita. No estado sólido, a característica mais importante é a presença do campo monofásico de estabilidade da austenita, bifásico de austenita/carboneto M₂₃C₆ e trifásico de austenita/M₂₃C₆/M₇C₃, em uma ampla faixa de temperatura, que permite a têmpera do aço. Na temperatura ambiente, a

microestrutura é composta de uma matriz ferrítica com carbonetos tipo $M_{23}C_6$. É importante salientar que apesar do diagrama pseudobinário informar os campos de estabilidade de fases e os pontos de transformações, não é possível obter a fração das fases em equilíbrio ou sua composição, sendo para isto necessária a utilização de seções isotérmicas ou isobáricas.

FIGURA 2 - Diagrama pseudobinário do sistema Fe-C-Cr

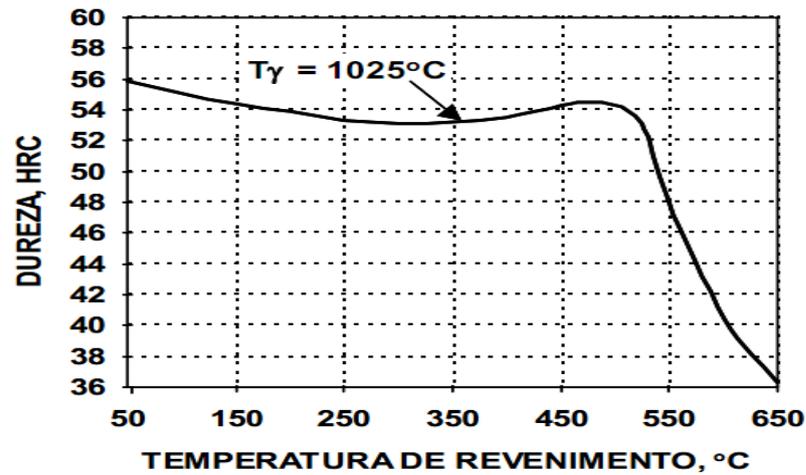


Fonte: Pinedo (2005).

Para se realizar a têmpera utiliza-se uma temperatura de austenitização entre 900 °C e 1100 °C por um período de tempo, por exemplo, de 30 minutos (dependendo do tamanho da peça). Após esse período o material deve ser resfriado ao ar livre, óleo, cal ou qualquer outro meio indicado por literaturas.

O Tratamento de revenimento realizado após a têmpera, tem como objetivo chegar a uma tenacidade e dureza desejável. A curva de revenimento na FIGURA 3, mostra que com uma temperatura de 350° C pode-se obter uma dureza de 53 HRC, após 500° C ocorre um endurecimento secundário ocasionado uma queda brusca de dureza, pelo fato de transformar os carbonetos M_7C_3 em $M_{23}C_6$. Para se obter uma melhor combinação entre resistência e tenacidade recomenda-se realizar o revenimento com temperatura superior a do endurecimento secundário.

FIGURA 3 - Curva de revenimento do aço AISI 420



Fonte: Pinedo (2005).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais e Equipamentos

- a) **Corpo de Prova** – utilizou-se neste trabalho uma lâmina para corte industrial de aço inoxidável martensítico AISI 420, utilizada em uma empresa da cidade de Rio Verde – GO, como mostra FIGURA 4.

FIGURA 4 - Lâmina de aço inoxidável martensítico AISI 420



Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

- b) **Lixas** - Na realização do lixamento para análise metalográfica utilizou-se lixas d'água de diferentes mesh.
- c) **Lixadeira Manual** – para o lixamento dos corpos de prova utilizou-se uma lixadeira manual FIGURA 5.

FIGURA 5 - Lixadeira manual



Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

- d) Politriz** - Para o polimento das amostras utilizou-se uma politriz PLR-11, conforme FIGURA 6.

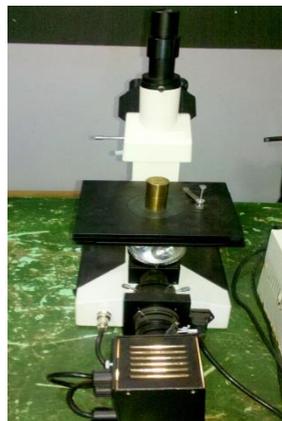
FIGURA 6 - Politriz PLR-11



Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

- e) Reagente ácido para ataque químico** – Como reagente foi utilizada uma solução de água régia, indicada para ataque em aços inoxidáveis.
- f) Microscópio Metalográfico** - foi usado um microscópio metalográfico invertido da marca Opton TNM-07T-PL, como mostra a FIGURA 7.

FIGURA 7 - microscópio metalográfico



Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

- g) **Durômetro Rockwell** – Utilizou-se um Durômetro Rockwell, modelo ROCKWELL HARDNESS TESTER MODEL 200HR-150, como mostrado na FIGURA 8.

FIGURA 8 - Durômetro Rockwell



Fonte: Warley Rodrigues de Paiva (2016).

- h) **Câmara Fotográfica** – para a obtenção das imagens das micrografias utilizou-se uma câmara fotográfica digital Digilab, modelo Câmera de Vídeo Digital Eurekam 3.0 Mega pixels, conforme FIGURA 9.

FIGURA 9 - Câmara fotográfica



Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

2.2 Metodologia

O primeiro passo para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizar o tratamento térmico de têmpera em 3 lâminas de aço inox 420 usada como corpos de prova. Para este tratamento térmico, as lâminas foram levadas a uma temperatura de 1000° C em um forno elétrico do laboratório de processos de fabricação da Faculdade de Engenharia Mecânica da

UniRV – Universidade de Rio Verde, para que houvesse a austenitização do aço e, a seguir, foi feito um resfriamento em óleo, água e ar, para temperar as amostra. Também foi cortada uma amostra que foi deixada sem tratamento térmico para servir como controle do material original.

A seguir foi feita a análise metalográfica para que fosse possível avaliar as possíveis alterações na sua microestrutura. Para essa análise, foram seguidas as seguintes etapas:

a) Lixamento, polimento e ataque químico das amostras

O corpo de prova foi submetido a uma lixadeira manual com lixas d'água de granulometrias diferentes (120, 220, 320, 400, 600 e 1200), até que desaparecessem os traços deixados pela lixa anterior.

O polimento do corpo de prova é uma operação pós lixamento que visa um acabamento superficial isento de marcas. Utiliza para este fim, um polidor líquido.

Para realizar o ataque químico o corpo de prova ficou imerso em água régia, com o objetivo de evidenciar a estrutura interna através do microscópio metalográfico. Após o ataque químico, a amostra foi limpa com álcool e seca com jato de ar quente com a ajuda de um secador de cabelo.

b) Análise Micrográfica, Visual e Fotográfica

Nesse trabalho foi utilizado um microscópio e uma máquina fotográfica própria para essa finalidade.

c) Análise de Dureza

A seguir foram feitos os testes de dureza para avaliar as possíveis alterações de dureza causadas pelo tratamento térmico.

Os corpos de prova foram lixados levemente com lixa de granulação 120, para retirar a camada de óxido metálico de sua superfície e evitar que os resultados de dureza fossem mascarados por esta camada de óxido. Após o lixamento realizou-se o ensaio de dureza na escala Rockwell A. Foram realizados três ensaios para se retirar um valor médio das durezas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Os ensaios foram realizados em três pontos distintos de cada corpo de prova e foi tirada a média para cada corpo de prova, como se mostra na TABELA 1.

TABELA 1 – Dureza das amostras após tratamento térmico (HRA)

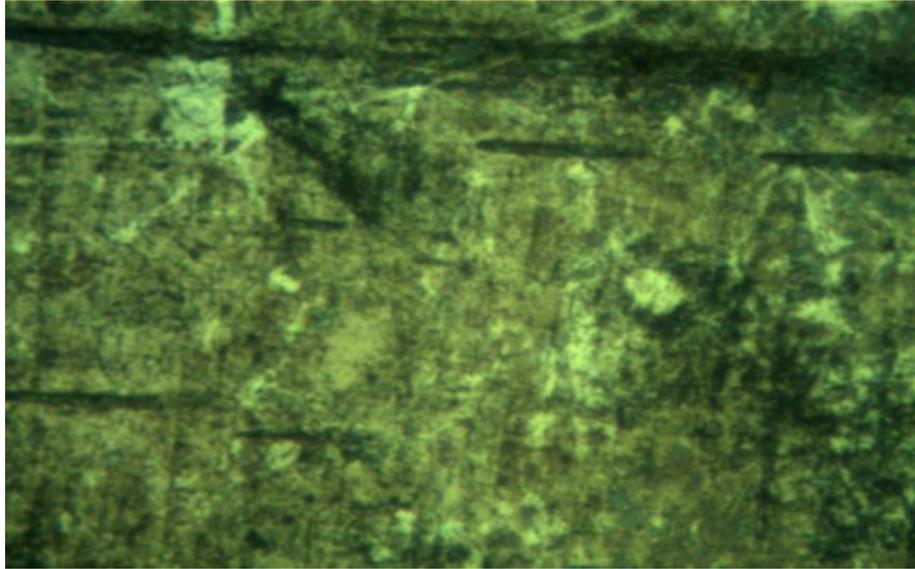
Corpo de prova	1º Ponto	2º ponto	3º Ponto	Média (HRA)
Sem tratamento térmico	65,50	64,00	65,00	64,83
Ar	60,00	59,50	62,00	60,50
Água	64,00	65,00	63,50	64,16
Óleo	63,00	65,50	66,00	64,83

Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

Esses resultados mostram que, apesar do aço inoxidável martensítico ser temperável, os tratamentos térmicos não alteraram a dureza das amostras, provavelmente isso ocorreu porque a estrutura inicial já estava temperada e, dessa forma, a única alteração percebida foi a da peça resfriada ao ar onde houve uma leve diminuição da dureza, provavelmente pela redução da quantidade de martensita que pode ter sido substituída por perlita fina.

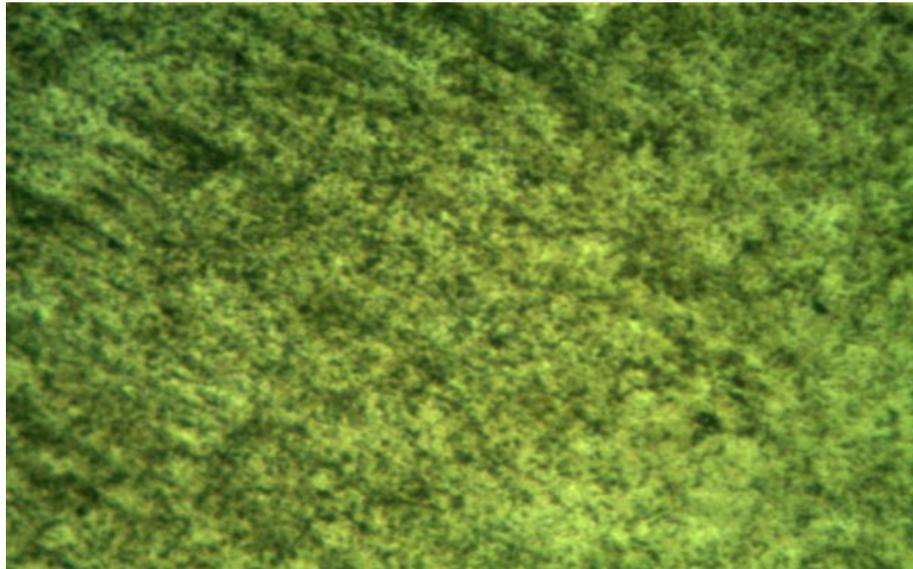
b) Ensaio metalográfico: Nesse ensaio foi mostrada a micrografia do aço inoxidável martensítico 420 com aproximação de 200X no microscópio e zoom de 0,5X, na máquina fotográfica. Este ajuste foi utilizado em todos os corpos de prova e as metalografias das amostras tratadas termicamente foram comparadas à amostra de controle (sem tratamento térmico), para verificar se os tratamentos térmicos promoveram alteração microestrutural no aço inox. As FIGURAS 10, 11, 12 e 13 mostram as estruturas metalográficas das peças.

FIGURA 10 – Amostra sem tratamento térmico



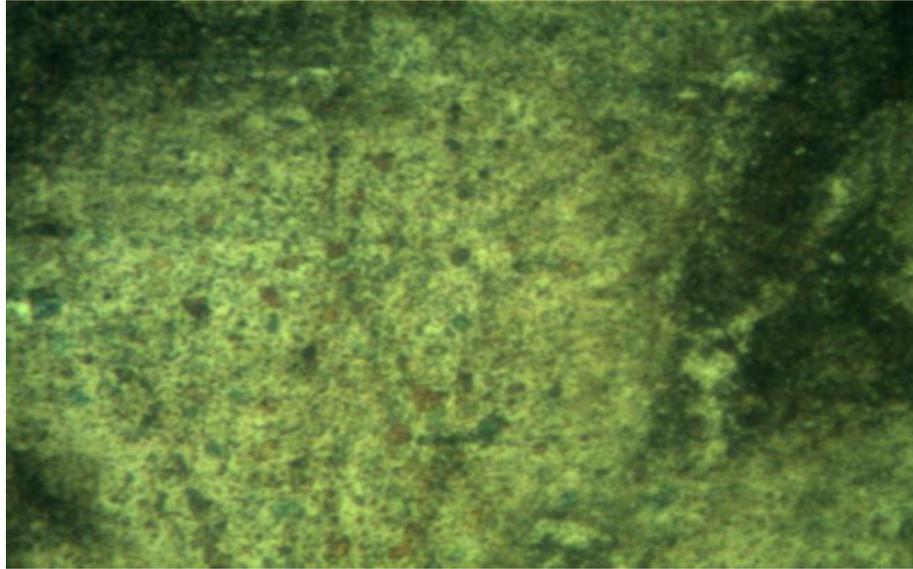
Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

FIGURA 11 – Amostra com tratamento térmico esfriado no óleo



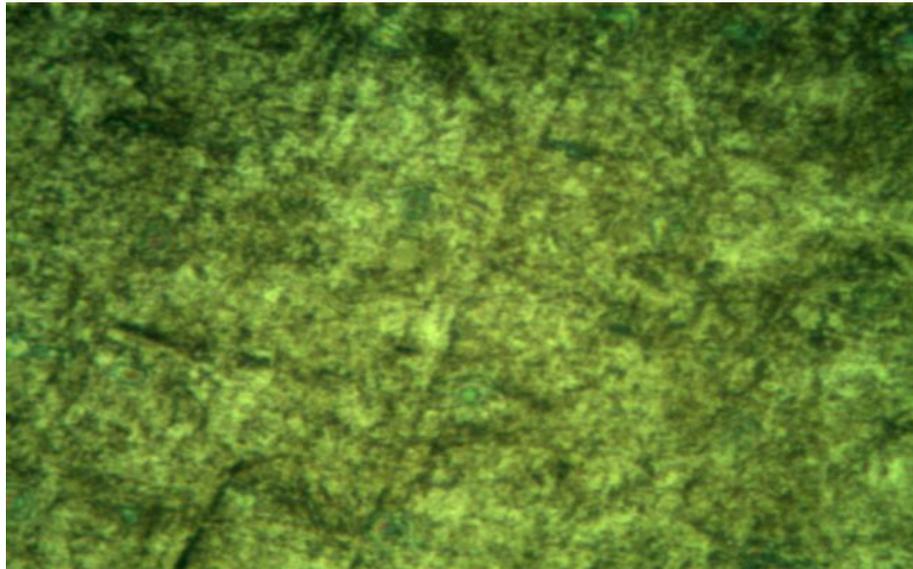
Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

FIGURA 12 – Amostra com tratamento térmico esfriado no ar



Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

FIGURA 13 – Amostra com tratamento térmico esfriado na água



Fonte: Warley Rodrigues de Paiva, 2016.

FIGURA 10 mostra a microestrutura da amostra sem tratamento térmico e, de acordo com Pinedo (2005), é constituída de uma matriz ferrítica com uma dispersão de carbonetos esferoidizados, e nas FIGURAS 11, 12 e 13, após o tratamento de têmpera mostra a microestrutura constituída de martensita e carbonetos de cromo dissolvidos, devido à temperatura de austenização de 1000 °C. A morfologia da martensita é intermediária entre martensita tipo escorregada e tipo maclada, típica de aços de médio carbono.

4 CONCLUSÃO

Antes do tratamento térmico em têmpera a microestrutura já era constituída por martensita, após o tratamento térmico em têmpera com o material sendo esfriado no óleo e na água, ocorreu uma dispersão de carbonetos responsável pela dureza do material, mais não o suficiente para a diminuição da dureza do material martensítico. Isso ocorreu por que aparentemente o material já havia martensita e era temperado. No caso do material esfriado ao ar ocorreu uma pequena diminuição na dureza, porque houve uma maior dispersão dos carbonetos e a quantidade de martensita do material foi substituída por perlita fina.

THERMAL STAINLESS STEEL TREATMENT MARTENSITIC AISI 420

ABSTRACT

The martensitic stainless steel AISI 420 is a ferrous alloy of good mechanical strength and therefore replace steel in many common industrial applications. Magnetic steels are hardenable by thermal treatment. Have good resistance to atmospheric corrosion and are distinguished by different degrees of hardness and mechanical strength can be obtained. Another important aspect is how the environmental issue, because the energy required to produce a part or component in stainless steel is practically the same as a piece of ordinary steel, but with the advantage of having a much longer life. In this work we will check whether the material in question may have modified their microstructure and their increased hardness after heat treatment with quenching above 1000 ° C. The material temperature was divided into 4 parts being performed tempering in 3 parts, then the parts were cooled in oil, air and water, removing their hardness after heat treatment, was also made analysis metallographic with the aid of a camera itself microscope, concluding that despite its structure has changed its hardness did not increase due to the material already had martensite and it was tempered.

REFERÊNCIAS

- CHIAVERINNI, V., **Aços e ferros fundidos**. 7º ed. São Paulo, ABM, 2002. 599p.
- FARENZA, B.A., GEROLDO, A.C.B., NUNURA, C.R.N., DEDAVID, B.A., **Distribuição de Carbonetos de Cromo Através de Tratamento Térmico de Têmpera no Aço AISI 420**. Faculdade de Engenharia, PUCRS, 2008.
- FERNANDES, João Carlos. **Desenvolvimento de um dispositivo tipo carga constante para avaliação da susceptibilidade de aços inoxidáveis à corrosão sob tensão**. Itajubá – MG, 2010.
- GOMES, Geraldo Francisco. **Estudo da formação de austenita expandida em função da quantidade de íons de nitrogênio implantados nas superfícies de aço inox 304**. São Pedro – SP, 2000.
- MESQUITA, Eduardo Luiz Alves e RUGANI, Léo Lucas. **Estampagem dos aços inoxidáveis**. Apostila da empresa Acesita S.A. associada ausinor, 1997.
- OLIVEIRA, A.S.D., **Aços inoxidáveis: Engenharia de superfície**. UFPR, 1998.
- PADILHA, A. F. e GUEDES, L.C., **Aços Inoxidáveis Austeníticos**. 1º ed. Hermus, 1994.
- PINEDO, C.E., **Tratamento Térmico e Superficial do Aço Inoxidável Martensítico AISI 420**. 2º Encontro da Cadeia de Ferramentas. ABM, 21 a 23 de setembro 2005, São Paulo, pp. 281 – 292.
- PORTO, João Paulo Sarmiento. **Aços Inoxidáveis Planos**. Eng. Metalúrgico, M. Sc, 2000.
- PRATES, Paula Emília de Souza. **Avaliação de resistência à corrosão de aços inoxidáveis utilizados em sistemas de exaustão de veículos**. Ouro Preto, 2009.
- ROHDE, Regis Almir. **Metalografia preparação de amostra: Uma abordagem prática versão-3.0**. Apostila LEMM Laboratório de Ensaios Mecânicos e Materiais. Campos de Santo Ângelo, 2010.
- SANCHES, Leonardo Paiva. **Estudo comparativo quanto à resistência à corrosão entre os aços inoxidáveis utilizados em trocador de calor**. Rio de Janeiro – RJ, 2009.