

COMPARAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS GERADA PELO CALDEAMENTO EM FORJA DO AÇO UDDHOLM 15N20 E O AÇO SAE 1095

Josivaldo Bezerra da Silva, josisilva_12@hotmail.com¹
Vitor Hugo da Silva, v.engsilva@yahoo.com¹
Victor Hugo dos Santos Silva, d202110739@uftm.edu.br²
Cleiton Silvano Goulart, cleiton.goulart@facthus.edu.br¹
Raphael Silva Lins, raphael.lins@facthus.edu.br¹; raphael.lins@ifg.edu.br³

¹Centro Universitário UNIFACTHUS, Av. Tonico dos Santos, 345 - Jardim Induberaba, Uberaba - MG, 38040-000.

²Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM, Av. Frei Paulino, 30 - Nossa Sra. da Abadia, Uberaba - MG, 38025-180.

³Avenida Saia Velha, Km 6, BR-040, s/n - Parque Esplanada IV, Valparaíso de Goiás - GO, 72876-601

Resumo: Este artigo teve como finalidade mostrar, de forma técnica, como se dá aumento da dureza e resistência de dois aços comuns quando unidos pelo processo de caldeamento em uma técnica denominada Damasco. Esta técnica se caracteriza pela união de aços cuidadosamente escolhidos pelas suas características individuais e quando unidas formam um novo material que tem se destacado pelo fato de aumentar a dureza e resistência à tração dos aços utilizados e é amplamente usado no ramo da cutelaria e ferraria mundial. A partir do aço produzido pelo processo damasco foi possível obter um material com uma resistência à tração 36% superior, sem alteração significativa na dureza quando comparada com os materiais de base que deram origem ao aço damasco.

Palavras chave: Aço Damasco; caldeamento de Aço; forjamento.

Abstract. This article aimed to demonstrate, in a technical manner, how the hardness and resistance of two common steels increase when combined through the process of welding in a technique called Damascus. This technique is characterized by the fusion of steels, carefully chosen for their individual characteristics, and when combined, form a new material that has stood out for its ability to enhance the hardness and tensile strength of the steels used. It is widely used in the field of cutlery and blacksmithing worldwide. Through the Damascus steel production process, it was possible to obtain a material with a 36% higher tensile strength, with no significant alteration in hardness when compared to the base materials that originated the Damascus steel.

Keywords Damascus Steel; steel boiling; forging.

1. INTRODUÇÃO

O processo de forja por caldeamento de duas ligas de aço com características distintas tem origem árabe, em uma cidade antiga conhecida como Damasco, capital da Síria. Sua primeira aparição registrada foi no ano de 1192, porém, alguns fatos históricos datam que seu surgimento se deu séculos antes (SCOTT, 1825).

As características e propriedades mecânicas do aço damasco mudam conforme a variabilidade dos aços de base empregados em seu forjamento. Sendo assim, um ponto importante na fabricação do aço damasco é misturar aços que não contenham somente diferentes teores de carbono, mas também diferentes elementos de liga, tornando o aço damasco produzido ainda mais singular e com características mecânicas excepcionais, Milanez e Peruch (2018).

O aço Damasco caracteriza-se pela presença de manchas e tiras de diferentes tonalidades em sua superfície, as quais são conferidas pela união de dois metais distintos. A combinação dos aços SAE 1095 e UHB 15N20, que é analisada neste artigo, é muito utilizada na fabricação do aço damasco, uma vez que confere ótimos resultados quanto às propriedades mecânicas e ao aspecto visual (DAVIDSON, 2016). O aço SAE 1095 é constituído de um alto teor de carbono em sua composição, caracterizando-se pela alta dureza, resistência à abrasão e comportamento frágil. Trata-se de um material muito requisitado por possuir propriedades mecânicas adequadas para o ferramental de corte, sendo o aço responsável pelo fio da lâmina (LUZ, 2019).

Para Filho (2019), o aço UHB 15N20 possui alto teor de níquel em sua composição, na ordem de 2,0 %; apresenta nível de dureza média, boa resistência à fadiga e boa tenacidade. Uma das principais contribuições do aço UHB 15N20 nas propriedades do aço damasco é aumentar a resistência mecânica e a capacidade de resistir a ataques químicos. Um

dos aspectos que é comumente abordado na literatura refere-se à análise das propriedades mecânicas no caldeamento do aço damasco. Em Moreno (2019), é desenvolvido um estudo para avaliar as propriedades mecânicas obtidas no caldeamento do aço damasco por meio dos aços SAE 1095 e UHB 15N20. No estudo de Martins, Milanez e Peruch (2018), as características mecânicas do aço damasco são analisadas utilizando os aços SAE 5160 e SAE 1020 no processo de caldeamento. Esses estudos são alguns dos exemplos que evidenciam a necessidade de se investigar a influência do processo de caldeamento e a escolha dos aços bases nas propriedades mecânicas do aço damasco.

A influência dos aços base SAE 1095 e UHB 15N20 no forjamento do aço damasco, através de tratamentos térmicos de normalização, têmpera e revenimento nos corpos, os mesmos foram submetidos aos ensaios mecânicos de impacto, dureza, tração e metalográfico. Os resultados obtidos para o aço damasco foram de, aproximadamente, 57 Rockwell C no ensaio de dureza, de 16 Joules no ensaio Charpy e de 1462 MPa no ensaio de resistência à tração. Os resultados indicaram que as propriedades do aço damasco foram iguais ou superiores às propriedades dos aços de base, evidenciando que os aços SAE 1095 e UHB 15N20 não influenciam nas propriedades mecânicas do aço Damasco, mas sim o método de fabricação, Kreutz e Izquierdo (2022).

Com este tipo de aço se obtém uma vida útil superior a outras facas de aço além de permitir uma aresta de corte mais resistente ao desgaste, além do aspecto visual muito destacado devido à mistura de metais diferentes. Porém, conseguir camadas uniformes e com um padrão definido é altamente complexo, sendo obtido apenas por ferreiros experientes que dominam tal técnica. Pode-se especificar vários aços com composições complexas, a partir do simples carbono e ferro, ou mesmo ligas com vários elementos como 15n20. Este artigo propõe-se a padronizar uma forma construtiva do aço damasco a partir dos aços SAE 1095 e UHM 15n20 e realizar uma avaliação da resistência mecânica a tração e dureza na escala Rockwell, e de forma comparativa com os aços que deram origem ao damasco padronizado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O aço SAE 1095, uma liga metálica de alto teor de carbono usada comumente nas indústrias para fabricação de rolamentos, serras, ferramentas e cutelaria, com alta temperabilidade. Já a liga UHM 15n20 apresenta uma menor finalidade de uso e sua principal característica é o alto teor de níquel. Os elementos nessas duas ligas se encontra no quadro 1.

Quadro 1. Elementos químicos do 1095 e 15n20 (Adaptado de Alpha LLC, 2007).

	Uddeholm 15n20 [%]	SAE 1095 [%]
Carbono	0.75	0.95
Manganês	0.40	0.40
Molibdênio	-	-
Níquel	2.00	-
Nióbio	-	-
Fósforo	0.10	0.04
Silício	0.10	-
Enxofre	-	0.05
Tungstênio	-	-
Vanádio	-	-

A montagem do damasco proposta neste artigo consistiu de intercalar uma chapa de 1095 com duas de 15n20. As chapas possuem 25 x 75 mm sendo que o 15n20 possui espessura de 1,5mm enquanto o 1095 3mm. Foram empregadas um total de 14 peças de 15n20 e 7 peças do aço 1095. As chapas foram limpas com querosene¹ para retirar áreas de oxidação e os óleos provenientes do processo de fabricação de ambas as ligas. Após feito a montagem, as peças foram unidas por meio de solda elétrica, processo TIG, de modo a evitar o uso de elementos de adição, isto é, foi feito apenas caldeamento, para manter a pureza dos materiais selecionados. Uma barra de aço foi soldada com eletrodo em uma das extremidades do lingote para facilitar o manuseio durante a fabricação, como visto na figura 1. As soldas com materiais externos são desprezíveis após o processo de teste, haja visto que a região da solda foi removida durante o processo de dobra e corte do lingote.

Uma etapa que demanda muita atenção e cuidado é o caldeamento na qual trincas, falta de fusão e má geometria, são imperfeições que devem ser evitadas. A forja deve possuir formato interno que favorece a troca térmica para o lingote de damasco. A manutenção do calor e a boa troca térmica para a homogeneização do processo no interior do damasco.

¹ Foi usada a querosene, porém deve-se notar que qualquer outro solvente volátil pode ser usado.

² Gás liquefeito de petróleo



Figura 1. Lingote soldado e pronto para aquecer.

A forja utilizada possui uma entrada forçada de ar ambiente e gás GLP² com saída para bico de alta pressão. O interior da forja é coberto por uma manta e tijolos refratários para manter o calor que envolve o lingote. A intensidade deve ser proporcional a que é necessária para elevar os aços a suas temperaturas próximas de fusão. Antes mesmo de se obter a temperatura correta para o caldeamento é necessário prover uma atmosfera não oxidante, na qual foi usado o tetraborato de ferro em pó (conhecido comercialmente com o nome Borax) o qual se transforma em um esmalte fundente, uma pequena película nas laterais proporciona um ambiente favorável a solda. Para o processo de compressão e caldeamento do damasco, foi utilizado um martelo mecânico, conforme figura 5, para redução do esforço físico e para garantir uma melhor homogeneidade no damasco e conseqüentemente estrutura mais maciva entre as diferentes chapas.



Figura 2. Aquecimento de lingote dentro da Forja

O martelo usado possui uma força cinética suficiente para conformar o aço a partir de uma massa de 20 kg com uma média de 225 golpes por minuto. A parte final do caldeamento foi feito por martelo manual que possui massa de 2 kg e executando uma média de 45 golpes por minuto, obtendo uma maior precisão no formato final do lingote. As temperaturas de forjamento são importantes durante todo o processo, a qualidade do produto final depende de um processo.

O primeiro lingote possuía as dimensões de 40x150x25mm antes do forjamento, após este processo o lingote resultante foi de 17x230x25mm (figura 6), devido ao encruamento do material houve uma diminuição do volume total. Após o estiramento do primeiro lingote, chamado de “dobra 0”, foi retirado uma peça de 75mm para confecção do primeiro corpo de prova, o restante do lingote foi dividido em 3 partes e empilhados no mesmo sentido para haver a “dobra 1”, sendo triplicada a quantidades de camadas.



Figura 3. Conformação do lingote ferro Damasco

Efetuada a remoção das carepas, o *lingote* da “dobra 1” foram empilhadas e soldadas novamente, repetido-se todas as fases de caldeamento com novas adições de boráx. A etapa se repete pela última vez, onde há o terceiro estiramento do aço, sendo feito um corte no meio do lingote estirado pela segunda vez, finalizando a etapa de caldeamento conforme a Figura 4.



Figura 4. Terceiro estiramento do lingote.

Como resultado parcial, ao final de todos esses procedimentos, que foram realizados em um turno de aproximadamente 10 horas, foi obtida uma barra de damasco com 21 camadas.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se que houve uma redução de 34,8% no volume do material cru para o primeiro estiramento em função do lixamento e conformação do aço. No quadro 3 é possível observar as medidas e o volume calculado entre as outras etapas.

Quadro 2. Volume de material em cada etapa.

	altura [mm]	comprimento [mm]	espessura [mm]	volume [mm ³]
Primeiro lingote sem estirar	40	150	25	150000
Primeiro estiramento do lingote	17	230	25	97750
Segundo estiramento do lingote	10	120	30	36000
Terceiro estiramento do lingote	10	120	5	6000

O ensaio foi feito nos corpos de prova usados para o ensaio de tração, utilizando a região utilizada para pega na máquina de ensaio de tração.

O procedimento foi feito em 5 corpos de prova, cada um sendo ensaiado 5 vezes, seguindo as normas da ASTM para ensaio de tração, NBR NM-ISO 6508-1 de 12/2008. Os resultados podem ser verificados no quadro 4.

No ensaio metalográfico com o agente químico $FeCl_3$ é possível observar onde se tem maior concentração de carbono pelo escurecimento do grão, a região que se vê mais clara se concentra o ferro.

O processo de preparação para ensaio foi feito com base nas normas técnicas ASTM A370, que é a norma referente à Métodos de teste padrões e terminologia para testes mecânicos em produtos feitos de aço.



Figura 5. Corpo de prova após os ensaios de tração e dureza.

A partir dos ensaios realizados foi possível obter os dados descritos no quadro 4. Foi possível obter tensões de ruptura da ordem superiores a 1200 MPa após as 2 dobras do lingote, conforme procedimento descrito.

Quadro 3. Resultados dos ensaios de tração.

Tipo de aço	SAE 1095	UHM 15n20	0 dobra	1 dobra	2 dobras
Tensão de ruptura [MPa]	532,3	934,8	1028,1	1143	1274,71
Deformação máxima [mm]	3,861	4,15	3,6014	4,76	4,7044
Área da seção transversal [mm ²]	2,72	2,72	2,6	2,475	2,045
Aumento da resistência comparado ao SAE 1095 [%]	-	-	93%	115%	139%
Aumento da resistência comparado ao UHM 15N20 [%]	-	-	10%	22%	36%

Com base no quadro 4, é possível observar que foi obtido um aumento da resistência à tração de 36% quando comparado ao aço base de maior resistência à tração 15n20, e de um aumento de 139% quando comparado ao aço SAE 1095 que possui uma resistência à tração baixa em seu estado normal de fabricação.

O ensaio de dureza foi realizado empregando o equipamento de ensaio ROCKWELL HARDNER TESTER, modelo HR-150A, com pré-carga de 150 kg na escala Rockwell C.

4. CONCLUSÃO

Devido ao ganho considerável na resistência à tração do aço resultante neste artigo é possível concluir que é possível o aumento da resistência a tração e da dureza de aços comuns quando submetidos ao processo de caldeamento em forja conhecido como Damasco, amplamente utilizado nos dias de hoje por ferreiros e cuteleiros em todo o mundo.

Durante a criação deste artigo, os autores encontraram dificuldades pela escassez de informações técnicas a respeito do aço damasco e do seu processo de produção. A fabricação do aço foi feita com base em métodos e processos empírica, conduzindo a resultados que ainda carecem de maior estudo e análise.

Apesar de todo o esforço em buscar uma metodologia que possa ser padronizada, reconhece-se que ainda há muito o que ser pesquisado, estudado e testado a fim que proporcionar que o aço damasco possa ser utilizado com maior ênfase dentro da engenharia mecânica.

5. REFERÊNCIAS

- CALLISTER, William; RETHWISCH, David. **Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução**. 5 ed. São Paulo: LTC, 10cap. 2012.
- COLPAERT, H., **Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns**. 3ª. ed. p33. 2008.
- MIRANDA, J. C. et al; **Efeito da temperatura de revenido no comportamento tribológico do aço DIN 100Cr6**. Vol 18, p02, ago. 2006.
- PERTULLA, Juha. **Wootz Damascus steel of ancient orient**. Finlândia, v.33, p92-97, jun. 2003.
- DAVIDSON, M. **Damascus Steel, A Beginner's Guide**. 2016. Disponível em: . Acesso em: 03 mai. 2021.
- KREUTZ, G. A. Estudo das propriedades mecânicas obtidas no aço damasco SAE 1095 + UHB15N20 na fabricação de facas artesanais. Universidade do Vale do Taquari – Univates. Lajeado, RS, 2022. LUZ, G. Aço SAE 1095 - Propriedades Mecânicas e Composição Química. 2019. Disponível em: . Acesso em: 10 abr. 2021. MARTINS, J. H; KREUTZ, Gabriel Alan; IZQUIERDO, Rafael Crespo. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS OBTIDAS NO AÇO DAMASCO E NOS AÇOS BASES SAE 1095 + UHB 15N20. **Revista Destaques Acadêmicos**, [S. l.], v. 14, n. 4, 2022. DOI: 10.22410/issn.2176-3070.v14i4a2022.3203. Disponível em: <https://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/3203>. Acesso em: 25 abr. 2024.
- MILANEZ, A; PERUCH, F. **Avaliação das propriedades mecânicas do aço damasco SAE 5160 com SAE 1020 para fabricação de facas artesanais**. Santa Catarina, 2018. Disponível em: . Acesso em: 12 out. 2021.
- MORENO, A. M. **Estudo das propriedades mecânicas e estruturais do aço damasco resultante do caldeamento do aço SAE 1095 e UHB15N20**. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, MA: 2019.
- FILHO, A. F. Aços utilizados na cutelaria. Siderurgia: **A revista de negócios do aço**, São Paulo: Grips, ano 20, ed. 134, p. 29-35, 2019. SOUZA, S. **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos**. 5 ed. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 1982.
- SCOTT, W. **The Talisman**. Ed. Archibald Constable. Scotland. Jun, 1825. 346p.
- SRINIVASSAN, S. India's Legendary Wootz Steel. National Institute of Advanced Studies, Bangalore & Indian Institute of Science, Bangalore. Nov 2004, Cap 10, 146p.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.