

CENTRO UNIVERSITARIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
FELIPE AUGUSTO DIAS

PROPRIEDADES MECÂNICAS DA LIGA DE AÇO DAMASCO
SAE 1075 + UHB 15N20

Varginha

2018

FELIPE AUGUSTO DIAS

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DA LIGA DE AÇO DAMASCO
SAE 1075 + UHB 15N20**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do sul de minas UNIS como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do professor Fabiano Farias de Oliveira.

**Varginha
2018**

FELIPE AUGUSTO DIAS

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DA LIGA DE AÇO DAMASCO
SAE 1075 + UHB 15N20**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

OBS:

Dedico esse trabalho a todos aqueles que
contribuíram para sua realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus colegas, professores e a minha família por terem ajudado na construção deste trabalho.

“Uma vida sem desafios não vale a pena ser vivida.”

Sócrates

RESUMO

Este trabalho aborda o processo no qual é feito o aço damasco, um processo milenar que consiste na união de dois metais, que através da forja se torna um, esteticamente fantástico e com uma boa característica mecânica. Neste projeto foi utilizado um aço carbono 1075, que é um aço cuja sua composição é de 0,75% de carbono, e o aço 15n20, aço com composição de 2% de níquel. Onde esses dois materiais em forma de chapas serão unidos por meio de uma solda, elevando sua temperatura e assim fazendo o caldeamento deste aço damasco. O trabalho foi realizado a partir de publicações científicas. Tal pesquisa teve como objeto a utilização de critérios e métodos no qual revelou um quadro de diversidades para a realização do processo de caldeamento. Como resposta a essa situação, foi proposto um modelo a ser utilizado na confecção de uma chapa de aço damasco. Tal modelo é genérico e adaptável a diferentes tipos metais.

Palavra-chave: Damasco. Caldeamento. Aço.

ABSTRACT

This work deals with the process in which damask steel is made, a millenarian process that consists of the union of two metals, which through the forge becomes one, aesthetically fantastic and with a good mechanical characteristic. In this project a 1075 carbon steel was used, which is a steel whose composition is 0.75% of carbon, and the steel 15n20, steel with composition of 2% of nickel. Where these two materials in the form of plates will be united by means of a weld, raising its temperature and thus making the firing of this damask steel. The work was carried out from scientific publications. This research had as objective the use of criteria and methods in which it revealed a framework of diversities for the realization of the heating process. In response to this situation, a model was proposed to be used in the manufacture of an apricot steel plate. Such a model is generic and adaptable to different metal types.

Keyword: Damascus. Heating. Steel.

LISTRA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01- Sírios confeccionando o armamento das antigas guerras.....	13
Figura 02- Forjamento em uma matriz aberta.....	16
Figura 03- Forjamento em uma matriz fechada.....	17
Figura 04- Avental de raspa.....	21
Figura 05- Luvas de couro.....	21
Figura 06- Óculos de proteção.....	21
Figura 07- Ácido bórico.....	22
Figura 08- Martelo picador de solda.....	22
Figura 09- Escova de aço.....	22
Figura 10- Chapa a ser cortada na medida.....	23
Figura 11- Chapas já cortadas e iniciando montagem.....	23
Figura 12- Billet montado com o “cabo” soldado.....	23
Figura 13- Tabela de cores.....	24
Figura 14- Barra a ser forjada na forja.....	24
Figura 15- Aquecimento da barra a ser forjada.....	24
Figura 16- Prensa utilizada no processo.....	25
Figura 17- Processo de prensagem da peça já aquecida.....	25
Figura 18- Retirando as incrustações.....	26
Figura 19- Banho de ácido bórico.....	26
Figura 20- Ataque químico.....	27
Figura 21- Após ataque.....	27
Figura 22- Peça aquecendo para têmpera.....	28
Figura 23- Forno utilizado para têmpera.....	28
Figura 24- Forno para realizar revenimento.....	28
Figura 25- Temperatura de revenimento.....	28
Figura 26- Corte da amostra.....	29
Figura 27- Amostra já cortada.....	29
Figura 28- Conectando a energia.....	30
Figura 29- Conectando a uma rede hidráulica.....	30
Figura 30- Passando vaselina na parede lateral.....	30
Figura 31- Amostra já na base para ser embutida.....	30
Figura 32- Fechamento do sistema na parte inferior.....	31

Figura 33- Inserindo baquelite no cilindro de fusão.....	31
Figura 34- Fechamento da parte superior.....	31
Figura 35- Posicionando guia.....	31
Figura 36- Tempo de operação.....	32
Figura 37- Carga de trabalho.....	32
Figura 38- Aliviando Carga.....	32
Figura 39- Descendo base inferior.....	32
Figura 40- Elevando para retirada da amostra.....	33
Figura 41- Peça saindo do cilindro.....	33
Figura 42- Peça fora do cilindro.....	33
Figura 43- Rebarba na extremidade.....	33
Figura 44- Retirada das rebarbas.....	33
Figura 45- Limpeza das bases.....	33
Figura 46- Peça já embutida.....	34
Figura 47- Peça já embutida.....	34
Figura 48- Lixamento da amostra.....	34
Figura 49- Microscópio usado na metalografia.....	35
Figura 50- Microestrutura do 1075.....	35
Figura 51- Microestrutura do 15n20.....	35
Figura 52- Microestrutura do aço damasco.....	36
Figura 53- Durômetro utilizado.....	36
Figura 54- Penetrador utilizado.....	36
Figura 55- Tabela de comparação de dureza.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO TEÓRICA.....	12
2.1 História do Damasco.....	12
2.2 Aço Carbono 1075.....	13
2.3 Aço 15n20.....	15
2.4 Forjamento.....	15
2.5 Normalização.....	17
2.6 Têmpera.....	17
2.7 Revenimento.....	18
2.8 Teste de Dureza.....	18
2.9 Metalografia.....	19
3 PROJETO.....	20
3.1 Caldeamento.....	20
3.2 Tratamentos Térmicos.....	26
3.2.1 Normalização.....	26
3.2.2 Têmpera.....	27
3.2.3 Revenimento.....	27
3.3 Metalografia.....	28
3.3.1 Corte das Peças.....	28
3.3.2 Embutimento.....	29
3.3.3 Lixamento e Polimento.....	33
3.3.4 Ataque Químico e Revelação.....	34
3.4 Teste de Dureza.....	35
4 RESULTADOS.....	38
5 DISCUSSÕES.....	38
6 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho traz um estudo desde a história do aço damasco até os processos de caldeamento que está inserido. Desde tempos antigos quando inventaram a forja até os tempos atuais, a técnica de fundição teve um grande avanço e novos processos e novos materiais se tornaram indispensáveis para se construir peças maiores e mais complexas. Onde neste artigo foi descrito um pouco sobre a história e o princípio do processo de caldeamento do aço damasco, que será feito ensaios, como de dureza e metalografia, e também fazendo alguns tratamentos térmicos como normalização, têmpera e revenimento. Focando esse processo na área da cutelaria.

Com a necessidade de materiais cada vez mais complexos, com características cada vez mais exigentes. É possível fazer a união de dois materiais de composição distinta, como o aço 1075(aço carbono) e o aço 15N20 (aço com a presença de níquel), através do forjamento e mantendo uma característica mecânicas adequadas.

Nos tempos antigos, devido à escassez de materiais a disposição dos ferreiros começou a se forjar pequenas peças de metais como ferraduras, tramelas, pregos entre outras, e com isso chegavam a uma única peça. Esse processo chamado de caldeamento e seu produto final chamado de aço damasco, é o processo que visa a união de dois metais distintos que através da forja, e com a micro fusão dos metais, gerando um aço onde possui ótimas propriedades mecânicas e de estética fantástica.

Os objetivos propostos foram: demonstrar todo o processo de caldeamento, desde a prefixação das chapas de SAE 1075 com UHB 15n20 até o produto final; medir e comparar as propriedades mecânicas antes e após o caldeamento dos metais através de ensaios; realizar tratamentos térmicos específicos para melhorar suas propriedades; demonstrar o quão fantástico é a estética deste aço. A expectativa deste trabalho é conseguir um aço damasco com propriedades mecânicas diferenciadas por se tratar da união de um aço níquel com um aço carbono, E conseguir demonstrar uma estética exemplar de um aço damasco.

A metodologia será primeira pesquisa bibliográfica e depois de campo com a confecção de um protótipo.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 História do damasco

Segundo Pazini (2011) O processo de soldagem padrão ou Damascening foi visto pela primeira vez na Pérsia, por volta de 500 a.C, na cidade antiga de Damasco. Esse processo originou-se da diferenciação dos procedimentos convencionais utilizados pelos ferreiros da época para confecção de espadas e artigos cortantes. De acordo com o autor supracitado o termo em si “aço damasco”, vem das cruzadas, onde os europeus entraram em contato com essas armas superiores comercializadas na cidade de Damasco, onde que na cidade de damasco era um grande centro comercial da antiguidade em que vendiam muitas peças feitas por esse processo, por isso o nome de damasco, pôr o contato com essas armas foram nos comércios de damasco .

Quando essa tecnologia se espalhou por toda a Ásia e Índia foi chamada de Wootz. A composição de um laminado de aço damasco é atingida quando a camada alternada de ferro maleável, considerado macio, e camadas de aços temperava com alto teor de carbono são caldeadas. O objetivo dos ferreiros persas era fazer com que a parte do aço rico em carbono fosse capaz de dar dureza suficiente para manter um excelente gume, enquanto o ferro seria responsável por fornecer tenacidade suficiente para a espada não quebrar. Existem também histórias de que os ingleses descobriram billets, nome dado a barra inicial do caldeamento, de um aço estranho com padrões diferentes para a época. Os billets desse aço eram produzidos maciçamente na cidade de Damasco, onde eram usados desde o tempo que inventaram a posição de rezar pra fazer espadas, conhecidas por sua resistência e flexibilidade. Os ingleses, no tempo da colonização, passaram a utilizá-lo para fabricar canos de mosquetes, depois de observar que esse aço damasco, ao contrário dos outros, não produzia estilhaços dos canos de armas, mas sofria deformação quando ocorria algum incidente de tiro, pois tal era a sua flexibilidade. O aço damasco era de difícil obtenção, pois antes da revolução industrial, não havia metalúrgicas que refinasse os aços e disponibilizando “aços virgens” no mercado, por isso houve a necessidade de se obter aços para a confecção de facas e espadas para as batalhas, assim surgiu o processo de caldeamento do aço damasco.

O aço damasco teve sua técnica perdida por aproximadamente três séculos por conta do avanço das metalúrgicas e das siderúrgicas, mas tinha-se o contato com essas “reliquias” através de museus que tinha algumas peças e espadas belíssimas, onde dava-se para notar que havia dois ou mais tipos de aços em sua composição. O

problema do processo de aço damasco era que todo material ferroso quando é submetido a temperatura e alcançando a aproximadamente 700°C ele produz o óxido de ferro, ou “carepa” o nome utilizado no meio siderúrgico, que é uma oxidação que impede a fusão das superfícies dos aços, e essa técnica de conseguir passar dos 700°C sem que haja a formação de óxido de ferro se perdeu quando se houve o avanço das metalúrgicas e siderúrgicas porque se havia muitos “aços virgens” no mercado e as pessoas não precisava mais fundir material para se obter um peças maiores, e com isso as pessoas que tinha com elas a técnica faleceram e com elas se foi o conhecimento sobre a confecção do aço damasco, durante 3 séculos estudiosos e profissionais da área tentaram a confecção deste aço, sem nenhum sucesso, quando em 1973 um americano chamado William “Bill” Moran que nasceu dia 1 maio de 1925, que durante mais de uma década ele ficou estudando e tentando caldear as chapas de aço e conseguir temperaturas acima de 700°C sem que haja a produção de óxido de ferro e assim conseguindo a micro fusão das superfícies, onde que em 1973 em um evento de cutelaria ele chocou o mundo dos admiradores e profissionais que cobiçavam o aço damasco com suas primeiras facas em aço damasco, e assim redescobrimo o processo de caldeamento do aço damasco que ficou cerca de três séculos perdidos. BERARDO, 2018.

Figura 01- Sírios confeccionando o armamento das antigas guerras



Fonte: Paleonerd, 2018.

2.2 Aço Carbono 1075

O nome aço carbono 1075 é proveniente de sua composição química, onde se possui 0,75% de carbono, sua nomenclatura vem da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que se baseou nas normas americanas, onde segundo CHIAVERINI,2013, p.115. “os

vários tipos de aço até 1% de carbono, com os elementos comuns manganês, silício, fósforo e enxofre ou com a presença de elementos de liga em baixos teores, são indicados por quatro algarismos: os dois últimos correspondem ao teor de carbono médio e os dois primeiros à presença ou não de elementos de liga”. Dessa forma, quando existir nos dois primeiros algarismos de sua nomenclatura o número 1 e 0, significa que é um aço carbono; alterando esses algarismos por outros valores indica que são outros tipos de aços.

Tabela 01: Nomenclatura dos aços carbonos

NOMENCLATURA DOS AÇOS CARBONO	
10 x x	Aço carbono simples (outros elementos com quantidade desprezíveis)
1075	Aço carbono com 0,75% de carbono
11 x x	Aço carbono com uma determinada quantidade de enxofre
12 x x	Aço carbono com uma determinada quantidade de enxofre e fósforo
13 x x	Aço com 1,6% a 1,9% de Manganês
14 x x	Aço carbono com 0,10% de Nióbio
15 x x	Aço carbono com 1,0% a 1,65% de Manganês

Fonte: Adaptado pelo autor

Tabela 02: Composição do aço carbono 1075

Composição do aço carbono 1075	
Elemento	Concentração (%)
Carbono (C)	0,70% a 0,80%
Enxofre (S)	0,05% (máximo)
Fósforo (P)	0,04% (máximo)
Manganês (Mn)	0,40% a 0,70%
Ferro (Fe)	Parte maior concentração - Solvente

Fonte: Adaptado pelo autor

Os aços carbono são os produzidos mundialmente, compondo cerca de 90% de toda produção mundial e podendo ser dividido de acordo com a porcentagem de carbono existente em sua composição:

- Alto teor de carbono: acima de 0,5%
- Médio teor de carbono: entre 0,20% e 0,49%
- Baixo teor de carbono: abaixo de 0,20%

Carbono é o responsável direto pela dureza do material no estado recozido e normalizado e pela sua temperabilidade. Sem o carbono, o ferro não pode ser endurecido pela têmpera, pois não haverá formação de martensita. Assim, é o carbono que determina a estrutura e, em consequência, as propriedades mecânicas do aço no estado recozido e normalizado, ao mesmo tempo que sua presença, em maior ou menor quantidade, torna o aço mais ou menos temperável ou endurecível. CHIAVERINI,2013, p.116

O aço carbono 1075 é muito utilizado na fabricação de facas e também para a confecção do aço damasco.

2.3 Aço 15n20

O 15n20 é uma liga com alto teor de níquel, cerca de 2,0%, é uma liga muito utilizada por cuteleiros para a fabricação de lâminas e para a união com algum aço com alto teor de carbono e confeccionar o aço damasco. É uma liga com boas propriedades mecânicas, uma dureza média; boa tenacidade; resistente a fadiga.

Segundo Pazzini, 2011. “O aço UHB 15N20 possui uma quantidade considerável de níquel agente responsável por melhorar a resistência do aço e sua capacidade de resistir aos ataques químicos.”

Tabela 03: Composição da liga 15n20

Composição da liga 15n20	
Carbono (C)	0,75%
Manganês (Mn)	0,4%
Silício (Si)	0,3%
Níquel (Ni)	2%

Fonte: Autor

Como demonstrado na tabela acima, o 15n20 possui em sua composição uma porcentagem bem elevada de níquel, onde esse elemento possui uma boa resistência a corrosão.

2.4 Forjamento

Forjamento foi o primeiro método utilizado para se obter objetos metálicos uteis, como as espadas utilizadas nas guerras e batalhas. Esses objetos eram feitos de forma totalmente artesanal e braçal pelos ferreiros na antiguidade, porem depois da revolução industrial tudo mudou, atualmente existe diversas máquinas que substitui o trabalho braçal dos ferreiros, podendo produzir peças pequenas como uma agulha até peças enormes como rotores de turbinas de avião.

Segundo a ABAL, 2018. “O forjamento é o processo de conformação pelo qual se obtém a forma desejada de uma peça por martelamento ou aplicação gradativa de uma pressão. A maioria das operações de forjamento é feitas a quente. A indústria utiliza três métodos de forjamento: matriz aberta; matriz fechada com rebarba; matriz fechada sem rebarba.”

O forjamento a frio possui esse nome por utilizar uma temperatura de trabalho abaixo da temperatura de recristalização do material a ser forjado, esse processo se utiliza de uma carga de trabalho muito elevada, sendo ela milhares de toneladas em prensas, por se utilizar de cargas altíssimas de trabalho, se há um desgaste muito elevado das ferramentas de trabalho e para aumentar a durabilidade das ferramentas de trabalho e para facilitar a realização deste processo, se realiza o processo de esferoidização ou globulização que é um processo térmico que visa transformar os grãos em forma de esferas e assim diminuindo drasticamente a dureza do material. O aço resultante deste processo possui resistência mecânica muito elevada e um acabamento superficial tão bom que grande parte das peças forjadas a frio é retirada da matriz pronta para uso.

O forjamento a quente diferente do forjamento a frio, se utiliza uma temperatura de trabalho acima da de recristalização do material que será forjado e se utiliza de cargas muito inferior, com isso melhora o escoamento do material e eliminado a presença de tensões internas durante o processo e com isso possuindo uma boa ductilidade. Esse processo existe um grande problema que é a formação de óxidos de ferro (oxidação), que faz com que o material não faça troca e com isso não elevando a sua temperatura para a ideal de trabalho.

Forjamento também pode ser classificado de acordo com o método trabalhado, podendo ser forjamento em matriz aberta ou forjamento livre; Forjamento em matriz fechada. Segundo CHIAVERINI, 1986, p.83. “Forjamento livre é uma operação preliminar em que, a partir de blocos, tarugos etc., procura-se esboçar formas que, em deformações posteriores por forjamento em matriz ou outro processo, são transformadas em objetos de formas mais complexas”. O forjamento em matriz aberta ou forjamento livre se utiliza de matriz plana ou de um formato simples, onde elas geralmente não se tocam, é utilizado para a confecção de peças mais simples e de grande porte como eixos, ancoras, ganchos, correntes ou peças que posteriormente passarão por um forjamento mais complexo.

Figura 02: Forjamento em uma matriz aberta



Fonte: HYDRAUK, 2018

Já o forjamento em matriz fechada se utiliza duas matrizes, a inferior e a superior, onde se tem em sua superfície a peça a ser confeccionada em baixo relevo, onde o material é confinado em seu interior e através de prensa ou martelo é obtido a peça, com dimensões mais complexas e podendo ser de diversos tamanhos, esse processo é realizado para produção onde a demanda é maior e se precisa de uma produtividade mais elevada, pois esse processo é mais rápido que o forjamento livre.

Figura 03: Forjamento em matriz fechada



Fonte: Depositphotos, 2018

2.5 Normalização

O tratamento térmico de normalização tem o intuito de melhorar na usinagem do material, onde através da temperatura se normaliza a estrutura cristalina do aço e assim reduzindo os grãos e deixando-os mais uniformes e com grãos mais homogêneos, obtendo um aço mais tenaz e com um melhoramento da sua resistência mecânica. Segundo CHIAVERINI, 1986, p.99. “Normalização é ainda utilizada como tratamento preliminar à têmpera e revenido”. O processo de normalização acontece elevando a sua temperatura até a temperatura de austenitização e após a homogeneização da temperatura no material se deixa resfriar ao ar ambiente.

2.6 Têmpera

O tratamento térmico de têmpera consiste em aumentar drasticamente a sua dureza, onde esse processo será feito elevando a sua temperatura acima da zona crítica (entre 850-900°C), deixando-o homogeneizar a sua temperatura e depois fazer um resfriamento brusco, que pode ser feito por óleo, água ou salmoura. Esse processo faz a dureza do material se elevar, mas

também deixará as tensões internas do material mais elevadas e assim sendo necessário um tratamento térmico para alívio de tensão. Segundo FERMAC, 2018, “Na têmpera o aquecimento é superior à temperatura crítica, que é de 727°C. O objetivo é conduzir o aço a uma fase, na qual se obtém o melhor arranjo possível dos cristais do aço, para obter a futura dureza”.

2.7 Revenimento

O tratamento térmico de revenimento geralmente feito após a têmpera, realiza-se com o intuito de se reduzir as tensões internas presentes após a têmpera e aumentar a tenacidade do material sem que o mesmo perca a dureza necessária. O processo de revenimento é bem simples; utiliza de temperaturas bem menores, mas o tempo para realização desse processo é mais elevado, onde seu processo consiste em elevar a sua temperatura entre 150 °C e 730°C, onde essa temperatura vai variar de acordo com a necessidade do resultado final, mantendo essa temperatura por um determinado tempo e após esse tempo de exposição ele é exposto ao ar livre e iniciando o seu resfriamento, sendo lentamente em ar livre.

Na faixa de 140°C e 200°C não há alterações expressivas num aço, a dureza cai para 58 a 60 HRC dependendo da composição do aço. O revenimento, nesta faixa de temperatura mudou pouco o aço.

Na faixa de 210°C e 260°C as tensões são alteradas, e começa a baixar a dureza, e não teve nenhuma modificação na estrutura considerável. O revenimento inicia a alteração da estrutura.

Na faixa de 270°C e 360°C começa a precipitação de carbonetos finos. O revenimento já faz mudanças maiores na estrutura.

Na faixa de 370°C e 730°C a transformação na estrutura é maior. Conforme a temperatura de revenimento é maior, a Cementita precipitada fica mais grossa e se tornam visíveis numa matriz férrica. A 730°C o revenimento pode levar a uma queda da dureza significativa.

Aços altamente ligados apresentam um comportamento diferente no revenimento, pois na faixa de 500°C e 600°C apresentam precipitação de carboneto de liga (endurecimento secundário). FERMAC, 2018.

2.8 Teste de Dureza

Dureza é uma propriedade de um material sólido onde basicamente é a resistência de um material em se deformar plasticamente, geralmente testados através de uma penetração, mas também pode ser classificada pela resistência a flexão; risco; abrasão ou corte. A dureza de um material pode ser testada de diversas formas, como: Brinell, Rockwell e Vickers.

- Brinell, simbolizado por HB, é o ensaio que consiste em comprimir lentamente uma esfera de aço sobre a superfície plana, polida e limpa de um metal através de uma carga, durante um tempo. A dureza brinell é definida, em N/mm^2 ou kgf/mm^2 .

- Rockwell, simbolizada por HR, elimina o tempo necessário para a medição de qualquer dimensão da impressão causada, pois o resultado é lido direta e automaticamente na máquina de ensaio, sendo, portanto, um ensaio mais rápido e livre de erros pessoais.

- Vickers, simbolizada por HV, o penetrador é uma pirâmide de diamante de base quadrada, com um ângulo de 136° entre as faces opostas. Esse ângulo produz valores de impressão semelhantes a dureza brinell. SOUZA, 1982, p.105.

2.9 Metalografia

O processo de metalografia tem como objetivo conseguir visualizar a estrutura cristalina do corpo de prova e com essa imagem identificar as características estruturais do aço. Para poder visualizar a estrutura e a disposição dos grãos do aço é realizado um processo onde consiste de: corte; embutimento metalográfico; lixamento e polimento, para assim fazer um ataque químico e através de um microscópio específico, chamado de microscópio metalográfico ou microscópio metalúrgico.

- Corte: A fase do corte é quando a peça a ser analisada será cortada, sendo esse corte a frio para não haver uma possível alteração com o calor. Esse corte pode ser tanto manual ou com o auxílio de máquinas, mas no caso de utilizar máquinas para corte, deixar uma farta refrigeração para que não haja alteração no calor da peça. A peça a ser cortada terá uma dimensão de acordo com a dimensão suportada pela embutidora.
- Embutimento metalográfico: esse processo pode ser realizado por dois métodos, a quente e a frio, onde no processo a quente se utilizará a baquelite e junto com uma embutidora se realiza o processo. Já no processo a frio se utiliza de uma resina e um catalizador para a realização do processo. Ambos os métodos de embutimento visam obter as peças cortadas embutidas para que facilite no processo de lixamento e outros futuros processos.
- Lixamento e polimento é o processo onde se utilizará de lixas d'água para retirar todo risco presente na amostra, onde esses riscos existe devido ao processo de corte, onde que as lixas que será utilizada será de granulometria cada vez menores, e assim que trocado a lixa, deve se virar a amostra em 90° e fazer o lixamento até os riscos da lixa anterior sumirem por completo. Geralmente, as lixas utilizadas nesse processo são as de

granulometria 220; 320;400 e 600, podendo se utilizar até granulometria 1200 dependendo do caso, o processo se inicia com a lixa 220 passando pela 320, 400 e por fim 600. Após chegar na 600 ou no caso de se usar 1200, avança-se para o processo de polimento da amostra, onde se utiliza de uma politriz metalográfica com panos especiais, politriz metalográfica é uma politriz com pratos giratórios onde que nesses pratos são colocados panos especiais para polir, e sobre o pano é depositado alumina ou oxido de alumínio, onde a alumina é um abrasivo que facilita no processo de polimento. A peça é submetida ao polimento até chegar ao ponto onde não é possível identificar visualmente riscos que poderiam atrapalhar na visualização no microscópio.

Após todo esse processo metalográfico, a amostra é submetida ao um ataque químico e após esse ataque químico a peça é levada até um microscópio metalográfico, onde que através dele se consegue ver toda a disposição dos grãos presente do aço, e assim identifica as característica e propriedades estrutural do aço.

3 PROJETO

Para o desenvolvimento desse projeto, foi confeccionado um protótipo no qual foi alvo de comparações; testes e tratamentos térmicos para se obter resultados sobre do novo aço resultante, chamado de aço damasco. Primeiramente foi obtido as barras de aço carbono 1075 e a chapa de 15n20, após a obtenção das chapas dos respectivos aços, foi feito o processo de corte, tanto para testes metalográfico quanto para formar a barra o qual foi realizado o caldeamento (forjamento).

3.1 Caldeamento

Para esse processo foi utilizado alguns EPI's para a proteção individual do operador, e alguns itens para a confecção do aço damasco, esses itens utilizados é para facilitar na confecção e para poder tornar possível uma confecção uniforme e sem problemas. Os EPI's e itens utilizados nesse projeto foram:

- Avental de raspa

Figura 04: Avental de raspa



Fonte: Autor

- Luvas de couro

Figura 05: Luva de couro



Fonte: Autor

- Óculos de proteção

Figura 06: Óculos de proteção



Fonte: Autor

- Ácido bórico

Figura 07: Ácido bórico



Fonte: Autor

- Martelo picador de solda

Figura 08: Martelo picador de solda



Fonte: Autor

- Escova de aço

Figura 09: Escova de aço



Fonte: Autor

Esse é o processo onde foi realizado por meio do forjamento do billet (barra inicial), iniciando com o corte das chapas, onde a dimensão das chapas foi definida aleatoriamente e usada com dimensão de 100mm x 40mm, o tamanho das chapas a ser usadas no processo de confecção do aço damasco é determinado pelo operador, podendo utilizar qualquer medida aleatória que no final se terá resultado.

Após efetuado os cortes o billet é montado e na sua formação foi utilizado duas chapas de 15n20 para uma de 1075, pois a chapa de 15n20 era de espessura muito inferior, cerca de 1,5mm. Assim que organizado a barra inicial e ficando com 9 camadas de aço, considerando a dupla de 15n20 como uma, foi realizado uma soldagem para uma pré fixação das chapas e assim formando o billet e para se facilitar o manuseio no forjamento, foi fixado um vergalhão para se fazer um “cabo” para conseguir manusear o billet da forja para a prensa sem ter grandes riscos para o operador, assim que soldar as chapas e o vergalhão se faz a retirada da carepa sobre a solda.

Figura 10: Chapa a ser cortada na medida



Fonte: Autor

Figura 11: Chapas já cortadas e iniciando montagem



Fonte: Autor

Figura 12: Billet montado com o “cabo” soldado



Fonte: Autor

Tendo o billet já montado, se inicia o processo de caldeamento do aço damasco, onde ele é submetido a uma temperatura aproximada de 1100°C de uma forja que foi feita artesanalmente pelo próprio confeccionador do aço, a temperatura é aproximada pois a

realização é feita de maneira artesanal e não se tem um controle perfeito da temperatura. A temperatura de trabalho pré-determinada por 1100°C foi identificada durante o processo de acordo com a tabela de “COR X TEMPERATURA”, onde essa tabela mostra a relação entre a cor presente no aço com a sua temperatura aproximada.

Figura 13: Tabela de cores

TABELA DE CORES
(TRATAMENTOS TÉRMICOS)

AQUECIMENTO	REVENIMENTO
1300 °C	360 °C
1200 °C	340 °C
1100 °C	320 °C
1000 °C	300 °C
950 °C	290 °C
900 °C	280 °C
850 °C	270 °C
810 °C	260 °C
780 °C	250 °C
740 °C	240 °C
680 °C	230 °C
630 °C	220 °C
550 °C	Até 200 °C

As cores de revenimento acima, são válidas por determinado intervalo de tempo. Temperaturas mais altas em curto tempo ou mais baixas por longo tempo produzirão o mesmo efeito.

Fonte: Tecnohard, 2018

Figura 14: Barra a ser forjada na forja



Fonte: Autor

Figura 15: Aquecimento da barra a ser forjada



Fonte: Autor

Realizando o aquecimento da barra para o forjamento, antes que chegue a temperatura de formação de óxido de ferro (cerca de 700°C), se retira a barra da forja e sobre a superfície da barra é jogado ácido bórico, onde que quando submetido a elevadas temperaturas ele se

liquefaz e assim faz uma proteção da barra e não deixando a formação de óxido de ferro na mesma, pois se tem a presença de óxido de ferro não é possível a realização do forjamento da barra, após inserir ácido bórico em sua superfície a barra é voltada para a forja e aquecida até chegar a temperatura de forjamento (cerca de 1100°C), quando o ácido bórico adicionada na superfície da barra começar uma formação de bolhas é o momento que a barra está na temperatura ideal de trabalho e é assim para uma identificação visual da temperatura de trabalho, chegando na temperatura de trabalho a barra é levada para uma prensa onde é realizado o processo de prensagem da barra, nesse processo foi utilizado uma prensa de 50 toneladas. A prensagem da barra deve ser devagar e sem forçar muito pois se forçar a prensa na barra ocorrerá o esmagamento da mesma e assim não havendo uma união perfeita das superfícies.

Figura 16: prensa utilizada no processo



Fonte: Autor

Figura 17: Processo de prensagem da peça já aquecida



Fonte: Autor

A prensagem é feita de maneira segura até quando a barra começar a ter uma cor de vermelho mais escuro, pois de acordo com a redução da temperatura a barra se torna menos maleável e menos propícia para a união das superfícies. Realizando a prensagem até uma temperatura adequada de forjamento, se interrompe a prensagem e com uma escova de aço se retira as carepas formadas nas superfícies e em seguida se faz um banho de ácido bórico para a proteção da barra e novamente volta para forja para o reaquecimento.

Figura 18: Retirando as incrustações



Fonte: Autor

Figura 19: Banho de ácido bórico



Fonte: Autor

Após realizar o reaquecimento da barra, faz novamente a prensagem e assim se faz um ciclo desse processo, onde se faz o aquecimento e após o aquecimento se faz a prensagem da barra e prensando até uma temperatura ideal de trabalho em seguida se retira da prensa e faz a retirada das carepas com a escova de aço e assim banhando a barra com ácido bórico e voltando para a forja. Esse ciclo é feito até a barra chegar a uma espessura pré-determinada.

Para uma peça com características mecânicas melhores e com um aço damasco mais homogêneo, se realiza o processo de corte da barra finalizada, em tamanhos iguais, lixando para retirada das carepas e incrustações da superfície da peça, soldando novamente e assim formando uma nova barra, e assim repetindo todo o ciclo de caldeamento do material. Quanto mais se realiza esse ciclo, melhores as características do aço, pois cada vez mais os grãos da estrutura do aço irão diminuir e assim refinando as propriedades do aço.

Terminado o processo de caldeamento e a retirada das carepas e incrustações, inicia-se o processo onde se utiliza a temperatura para realizar tratamentos no aço para melhorar suas características mecânicas, e após os tratamentos térmicos o material é submetido a um ataque químico no percloroeto férrico onde ele irá revelar os traços do damasco, pois o percloroeto férrico irá atacar apenas onde há a presença do aço carbono e onde tem a presença do 15n20, não se há o ataque devido à resistência que o níquel tem para corrosão.

Figura 20: Ataque químico



Fonte: Autor

Figura 21: Após ataque



Fonte Autor

3.2 Tratamentos Térmicos

3.2.1 Normalização

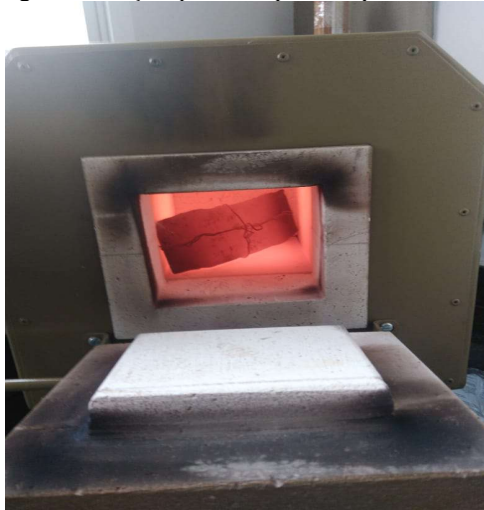
Após o processo de forjamento do aço damasco, é recomendado que se realize um processo de tratamento térmico chamado normalização, onde esse tratamento térmico consiste em refinar os grãos e melhorar a usinabilidade do aço. Neste projeto foi realizado o processo de normalização onde a peça foi aquecida a uma temperatura de 845°C deixando-a homogeneizar a temperatura durante um espaço de tempo, onde essa temperatura foi definida através de pesquisas realizadas anteriormente, após esse aquecimento a peça foi retirada do forno e deixando-a resfriar ao ar livre.

3.2.2 Têmpera

O processo de têmpera é realizado com o intuito de se elevar a dureza do material, que consiste em elevar sua temperatura e realizando um resfriamento brusco, seja ele na água; óleo; salmoura etc. onde neste projeto foi realizado uma tempera após a normalização, que neste caso elevou a uma temperatura de 810°C e deixando um espaço de tempo para a homogeneização da temperatura na peça, onde essa temperatura utilizada foi definida a partir de pesquisas realizadas anteriormente, após isso foi retirada do forno e mergulhado no óleo específico para têmpera, com movimentos circulares para não haver falha na têmpera. Esse processo eleva as

tensões internas da peça e com isso deixando a peça mais frágil, fazendo necessário um revenimento posterior.

Figura 22: Peça aquecendo para têmpera



Fonte: Autor

Figura 23: Forno utilizado para têmpera



Fonte: Autor

3.2.3 Revenimento

O processo de revenimento é geralmente realizado após o processo de têmpera, onde ele tem como objetivo reduzir as tensões internas e deixar a peça com a propriedade adequada de trabalho. Para esse processo foi realizado um revenimento onde a temperatura de tratamento é em torno de 170 a 185°C e mantendo essa temperatura por cerca de 1 hora, e em seguida deixando ser resfriado em temperatura ambiente.

Figura 24: Forno para realizar revenimento



Fonte: Autor

Figura 25: Temperatura de revenimento



Fonte: Autor

3.3 Metalografia

3.3.1 Corte das Peças

Os cortes que foi realizado para o processo de metalografia da peça anteriormente ao caldeamento, teve dimensão de 15mm x 15mm onde a dimensão máxima para embutimento das mesmas era de 30mm x 30mm. Para o corte dessas chapas, foi utilizado uma morsa para prender a chapa e um arco de serra para realizar o corte, não foi utilizado uma máquina pois não se tinha um meio para uma refrigeração eficaz, por isso o uso do arco serra para o corte.

Figura 26: Corte da amostra



Fonte: Autor

Figura 27: Amostra já cortada



Fonte: Autor

3.3.2 Embutimento

O embutimento realizado neste projeto foi um método classificado como embutimento a quente, onde se utilizou a baquelite e uma embutidora, o processo de embutimento consiste em:

- Ligar o equipamento na energia elétrica e em uma rede hidráulica(água);

Figura 28: Conectando a energia



Fonte: Autor

Figura 29: Conectando a uma rede hidráulica



Fonte: Autor

- Limpar as bases inferior e superior e passar vaselina nas paredes laterais, para não haver nenhum problema com a movimentação das mesmas;

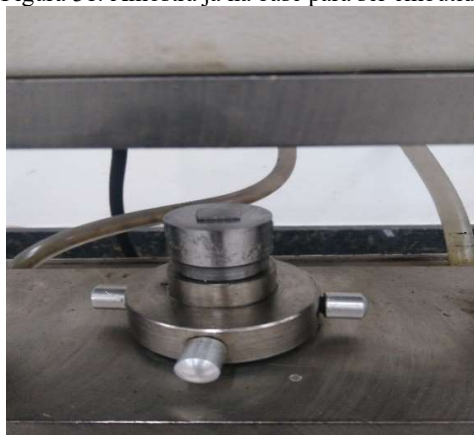
Figura 30: Passando vaselina na parede lateral



Fonte: Autor

- Voltar a base inferior ao seu suporte e sobre ela a amostra a ser embutida;

Figura 31: Amostra já na base para ser embutida



Fonte: Autor

- Suspender a base inferior até encostar na parte de cima;

Figura 32: Fechamento do sistema na parte inferior



Fonte: Autor

- Inserir a baquelite na parte superior, onde a quantidade é de acordo com que o operador achar melhor para o manuseio das amostras, onde nesse projeto foi usado 30gramas;

Figura 33: Inserindo baquelite no cilindro de fusão



Fonte: Autor

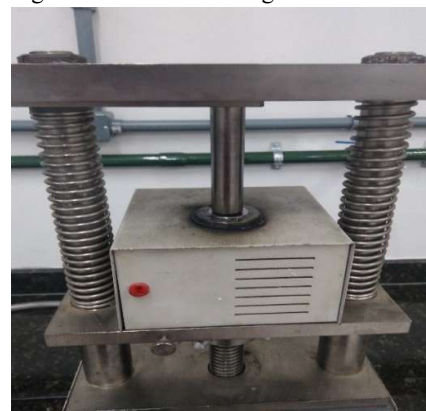
- Inserir a base superior e posicione o eixo no qual guiará a base;

Figura 34: Fechamento da parte superior



Fonte: Autor

Figura 35: Posicionando guia



Fonte: Autor

- Acionar o tempo de embutimento e iniciar a pressão no sistema, onde usou-se 9 minutos e mantendo uma carga no sistema de 10 KN (kilo newton).

Figura 36: Tempo de operação



Fonte: Autor

Figura 37: Carga de trabalho



Fonte: Autor

Após se passar os 9 minutos, a água é acionada para o resfriamento da peça e mantendo a carga em 10KN, após a água ser desligada, se inicia o processo de retirada da peça de dentro do cilindro de fundição, onde o processo é:

- Aliviar a carga presente no sistema e descer um pouco a base inferior;

Figura 38: Aliviando Carga



Fonte: Autor

Figura 39: Descendo base inferior



Fonte: Autor

- Acionando a alavanca de carga para fazer com que a amostra e a base superior desçam e saia de dentro do cilindro;

Figura 40: Elevando para retirada da amostra



Fonte: Autor

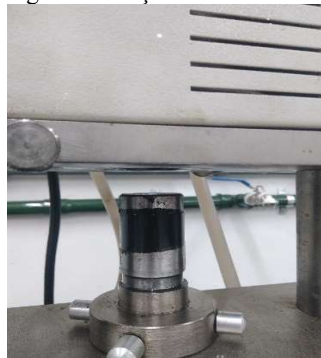
Figura 41: Peça saindo do cilindro



Fonte: Autor

- Após as peças caírem do cilindro, retire a mesma para se fazer uma retirada das rebarbas que ficaram nas extremidades;

Figura 42: Peça fora do cilindro



Fonte: Autor

Figura 43: Rebarba na extremidade



Fonte: Autor

- Retirando as rebarba e limpando o equipamento para uma futura utilização;

Figura 44: Retirada das rebarbas



Fonte: Autor

Figura 45: Limpeza das bases



Fonte: Autor

- Terminado todo esse processo se obtém a amostra embutida pronta para lixamento;

Figura 46: Peça já embutida



Fonte: Autor

Figura 47: Peça já embutida

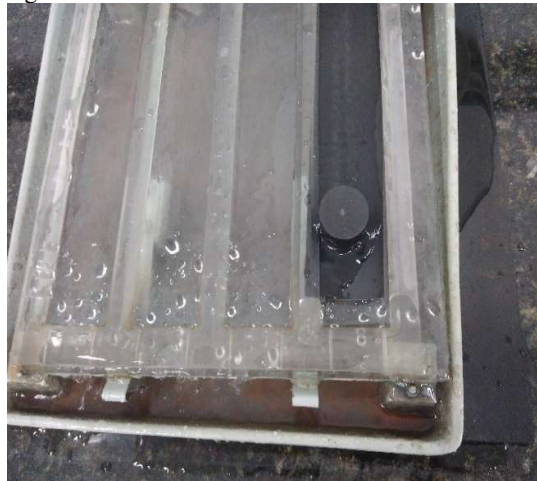


Fonte: Autor

3.3.3 Lixamento e Polimento

Esse processo é realizado para retirar toda e qualquer risco existente na superfície da amostra, onde neste projeto foi realizado o lixamento após o embutimento da amostra que se iniciou com uma lixa de granulometria 220, passando para a 320, 400 e finalizando na lixa de granulometria 600, onde que a cada troca de lixa a peça a ser lixada era girada em 90° e só troca de lixa quando os riscos da lixa anterior se extinguísse por completo. O lixamento foi realizado em um suporte de lixa que se tem um guia para melhor lixamento e com mais uniformidade. Após finalizar todo o processo de lixamento, passou para o processo de polimento, onde se utilizou de uma politriz e de um abrasivo chamado de “alumina”, para facilitar no polimento e obter um resultado de qualidade.

Figura 48: Lixamento da amostra



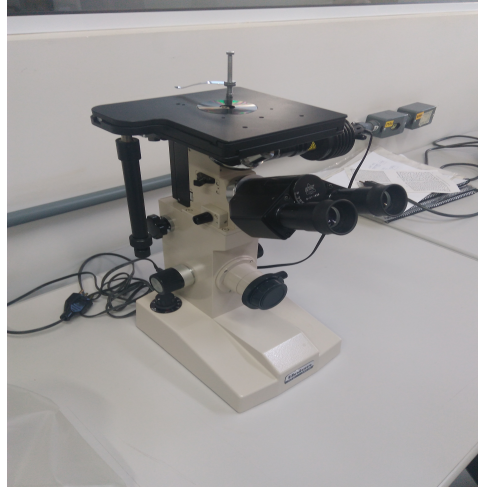
Fonte: Autor

3.3.4 Ataque Químico e Revelação

Após o processo de lixamento e polimento das amostras as mesmas são submetidas a um ataque químico onde que através dele e de um microscópio é possível visualizar a estrutura dos aços. O ácido utilizado no processo é o Nital que é um agente químico que é muito utilizado em metalografia para possibilitar a visualização da microestrutura dos aços. Após esse ataque químico a amostra é posta em um microscópio metalográfico para realizar a visualização da microestrutura.

Onde através das imagens das estruturas no material antes e depois do forjamento, pode se notar que se ouve uma mudança estrutural, sendo nítido a presença dos dois aços no resultado final.

Figura 49: Microscópio usado na metalografia



Fonte: Autor

Figura 50: Microestrutura do 1075



Fonte: Autor

Figura 51: Microestrutura do 15n20



Fonte: Autor

Figura 52: Microestrutura do aço damasco



Fonte: Autor

3.4 Teste de Dureza

O teste de dureza foi realizado no material 1075 antes de seu forjamento, o 15n20 não pode se realizar teste de dureza pois sua espessura era muito pequena, depois do forjamento e depois de realizar os tratamentos térmicos. Esse teste foi realizado em uma máquina Rockwell usando um penetrador esférico de 1/16" e com uma carga de 100 kgf, onde no teste do aço 1075 se obteve uma dureza de 104 HRB (Rockwell B, onde B é a escala que a máquina representa o resultado)

Figura 53: Durômetro utilizado



Fonte: Autor

Figura 54: Penetrador utilizado



Fonte: Autor

O teste de dureza realizado no aço damasco depois de se realizar a normalização e antes de se fazer a têmpera e revenimento e obteve uma dureza de 100 HRB, se utilizando de um penetrador esférico de 1/16” e uma carga de 100 Kgf.

E após os tratamentos térmico de têmpera e revenimento, foi realizado o teste de dureza, onde se foi utilizado um penetrador de diamante e uma carga de 150 Kgf e com isso foi obtido uma dureza de 60 HRC, HRC sendo uma escala de durezas maiores pois quando se utiliza de um penetrador de diamante é utilizado a escala externa, de vermelho (HRC), e quando se utiliza de um penetrador esférico se utiliza a escala interna, de preto (HRB), onde se existe uma tabela de comparação e conversão.

Figura 55: Tabela de comparação de dureza

TABELA DE COMPARAÇÃO DE DUREZA																	
NÚMERO DA CONVERSÃO DE DUREZA DE AÇOS																	
Dureza Brinell (HB) Escala de 10mm Pré-Carga: 3.000 kgf		Dureza Vickers	Dureza Rockwell				Dureza Shore	Resistência à Tração (Aproxim.) Mpa	Dureza Brinell (HB) Escala de 10mm Pré-Carga: 3.000 kgf		Dureza Vickers	Dureza Rockwell				Dureza Shore	Resistência à Tração (Aproxim.) Mpa
Escala Standard	Escala de Metal Duro		Pre-Carga 60kgf Postura de Diamante (HRA)	Pre-Carga 100kgf Escala 178° (HRB)	Pre-Carga 150kgf Postura de Diamante (HRC)	Pre-Carga 100kgf Postura de Diamante (HRD)			(HS)	Escala Standard		Escala de Metal Duro	Pre-Carga 60kgf Postura de Diamante (HRA)	Pre-Carga 100kgf Escala 178° (HRB)	Pre-Carga 150kgf Postura de Diamante (HRC)		
—	—	940	85.6	—	68.0	76.9	97	—	429	429	455	73.4	—	45.7	59.7	61	1510
—	—	920	85.3	—	67.5	76.5	96	—	415	415	440	72.8	—	44.5	58.8	59	1460
—	—	900	85.0	—	67.0	76.1	95	—	401	401	425	72.0	—	43.1	57.8	58	1390
—	(767)	880	84.7	—	66.4	75.7	93	—	388	388	410	71.4	—	41.8	56.8	56	1330
—	(757)	860	84.4	—	65.9	75.3	92	—	375	375	396	70.6	—	40.4	55.7	54	1270
—	(745)	840	84.1	—	65.3	74.8	91	—	363	363	383	70.0	—	39.1	54.6	52	1220
—	(733)	820	83.8	—	64.7	74.3	90	—	352	352	372	69.3	(110.0)	37.9	53.8	51	1180
—	(722)	800	83.4	—	64.0	73.8	88	—	341	341	360	68.7	(109.0)	36.6	52.8	50	1130
—	(712)	—	—	—	—	—	—	—	331	331	350	68.1	(108.5)	35.5	51.9	48	1095
—	(710)	780	83.0	—	63.3	73.3	87	—	321	321	339	67.5	(108.0)	34.3	51.0	47	1060
—	(698)	760	82.6	—	62.5	72.6	86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	(684)	740	82.2	—	61.8	72.1	—	—	311	311	328	66.9	(107.5)	33.1	50.0	46	1025
—	(682)	737	82.2	—	61.7	72.0	84	—	302	302	319	66.3	(107.0)	32.1	49.3	45	1005
—	(670)	720	81.8	—	61.0	71.5	83	—	293	293	309	65.7	(106.0)	30.9	48.3	43	970
—	(656)	700	81.3	—	60.1	70.8	—	—	285	285	301	65.3	(105.5)	29.9	47.6	—	950
—	(653)	697	81.2	—	60.0	70.7	81	—	277	277	292	64.6	(104.5)	28.8	46.7	41	925
—	(647)	690	81.1	—	59.7	70.5	—	—	269	269	284	64.1	(104.0)	27.6	45.9	40	895
—	(638)	680	80.8	—	59.2	70.1	80	—	262	262	276	63.6	(103.0)	26.6	45.0	39	875
—	630	670	80.6	—	58.8	69.8	—	—	255	255	269	63.0	(102.0)	25.4	44.2	38	850
—	627	667	80.5	—	58.7	69.7	79	—	248	248	261	62.5	(101.0)	24.2	43.2	37	825
—	—	677	80.7	—	59.1	70.0	—	—	241	241	253	61.8	100	22.8	42.0	36	800
—	601	640	79.8	—	57.3	68.7	77	—	235	235	247	61.4	99.0	21.7	41.4	35	785
—	—	640	79.8	—	57.3	68.7	77	—	229	229	241	60.8	98.2	20.5	40.5	34	765
—	—	640	79.8	—	57.3	68.7	75	—	223	223	234	—	97.3	(18.8)	—	—	—
—	578	615	79.1	—	56.0	67.7	75	—	217	217	228	—	96.4	(17.5)	—	33	725
—	—	607	78.8	—	55.6	67.4	—	—	212	212	222	—	95.5	(16.0)	—	—	705
—	555	591	78.4	—	54.7	66.7	73	2055	207	207	218	—	94.6	(15.2)	—	32	690
—	—	579	78.0	—	54.0	66.1	—	2015	201	201	212	—	93.8	(13.8)	—	31	675
—	534	569	77.8	—	53.5	65.8	71	1985	197	197	207	—	92.8	(12.7)	—	30	655
—	—	533	77.1	—	52.5	65.0	—	1915	192	192	202	—	91.9	(11.5)	—	29	640
—	514	547	76.9	—	52.1	64.7	70	1890	187	187	196	—	90.7	(10.0)	—	—	620
—	—	533	77.1	—	52.5	65.0	—	1915	183	183	192	—	90.0	(9.0)	—	28	615
(495)	—	539	76.7	—	51.8	64.3	—	1855	179	179	188	—	89.0	(8.0)	—	27	600
—	—	530	76.4	—	51.1	63.9	—	1825	174	174	182	—	87.8	(6.4)	—	—	585
—	495	528	76.3	—	51.0	63.8	68	1820	170	170	178	—	86.8	(5.4)	—	26	570
—	—	514	76.9	—	52.1	64.7	70	1890	167	167	175	—	86.0	(4.4)	—	—	560
(477)	—	516	75.9	—	50.3	63.2	—	1780	163	163	171	—	85.0	(3.3)	—	25	545
—	—	508	75.6	—	49.6	62.7	—	1740	156	156	163	—	82.9	(0.9)	—	—	525
—	477	508	75.6	—	49.6	62.7	66	1740	149	149	156	—	80.8	—	—	23	505
(461)	—	495	75.1	—	48.8	61.9	—	1680	143	143	150	—	78.7	—	—	22	490
—	—	491	74.9	—	48.5	61.7	—	1670	137	137	143	—	76.4	—	—	21	460
—	461	491	74.9	—	48.5	61.7	65	1670	131	131	137	—	74.0	—	—	—	450
—	—	474	74.3	—	47.2	61.0	—	1595	126	126	132	—	72.0	—	—	20	435
—	—	472	74.2	—	47.1	60.8	—	1585	121	121	127	—	69.8	—	—	19	415
—	—	472	74.2	—	47.1	60.8	—	1585	116	116	122	—	67.6	—	—	18	400
—	444	472	74.2	—	47.1	60.8	63	1585	111	111	117	—	65.7	—	—	15	385

Fonte: Mitsubishi Carbide, 2018.

4 RESULTADOS

Nesse projeto onde se realizou um protótipo para teste de um aço damasco, mesmo com muitas dificuldades para a sua confecção, se obteve um resultado satisfatório com os testes realizados como o metalografia; teste de dureza e os tratamentos térmicos. No caldeamento foi o maior desafio, pois na utilização de uma forja artesanal, ficou difícil controlar totalmente a temperatura do aço e com essa dificuldade não se conseguindo realizar a dobra do aço. Mesmo com toda dificuldade foi obtido bons resultados, onde se conseguiu medir sua dureza e após a realização de têmpera e revenimento, se conseguiu uma elevação de sua dureza e com a metalografia conseguir mostra a morfologia do aço antes e após o forjamento.

5 DISCUSSÕES

Os resultados encontrados e os problemas identificados durante todo o processo de fabricação do protótipo teve sua existência devido ao modo artesanal no qual foi e é realizado, pois com os problemas, como por exemplo o de conseguir controlar a temperatura no processo de caldeamento, mas se comparado a toda as pesquisas científicas feitas e informações referente ao assunto, mostra-se que esse processo é uma arte milenar, onde o fato de se utilizar métodos arcaicos e totalmente artesanal se torna alvo fácil desses problemas. E para que não ocorra problemas como estes, é necessário obter uma forja mais tecnológica, onde se tem controle da temperatura presente na mesma.

6 CONCLUSÃO

Com a confecção do aço damasco junto com alguns testes mecânicos e tratamentos térmicos se pode notar o quão fantástico é essa arte de forjar materiais e mesmo sendo uma arte milenar ainda se existe o interesse em se confeccionar esse aço, podendo visualizar também a dificuldade que é a confecção e a complexidade do processo. Durante o processo de fabricação desse aço se teve muitas dificuldades, pois mesmo existindo confeccionadores desse aço o quão é difícil de se obter informações teóricas. Inicialmente o projeto era realizar uma dobra de camadas, mas pela dificuldade de se obter um controle da temperatura, não foi possível, pois utilizando-se de uma forja totalmente artesanal não se tinha controle de temperatura e assim não atingindo uma temperatura ideal para a micro fusão das superfícies na dobra das camadas. Mas o projeto foi satisfatório, pois se teve muito aprendizado sobre esse processo milenar e também com bons resultados.

REFERÊNCIAS

- ABAL. **Forjamento**. 2018. Disponível em <<http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/forjamento/>>. Acesso em: 30 set. 2018.
- BERARDO. **Aço Damasco: História e métodos de produção**. 2018. Disponível em:<<http://berardofacascustom.blogspot.com/2016/01/aco-damasco-historia-e-metodos-de.html>>. Acesso em: 30 set. 2018.
- CALLISTER, Willian; RETHWISCH, David. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 9º Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- CALLISTER, Willian; RETHWISCH, David. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais: Uma abordagem integrada**. 4º Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica: Materiais de Construção Mecânica**. 2º Ed. São Paulo: Pearson, 2013
- CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica: Processos de fabricação e tratamento**. 2º Ed. São Paulo: Pearson, 2013
- COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns**. 1º Ed. São Paulo: Edgard BLUCHER, 1951.
- Depositphotos. **Forjamento quente na linha de produção**. 2014. Disponível em:<<https://br.depositphotos.com/60631633/stock-photo-hot-forging-production-line.html>>. Acesso em: 30 set. 2018.
- FERMAC. **Revenimento - Processo de Tratamento Térmico**. Disponível em:<<http://tratamentotermico.com/revenimento.html>>. Acesso em: 30 set. 2018.
- GROOVER, Mikell. **Introdução aos processos de fabricação**. 1º Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- HIDRAUK. **PRENSA ELETRO HIDRAULICA CUTELARIA VULCANO PHC35 HIDRAUK – A PRENSA PARA CALDEAR AÇO/DAMASCO**. Disponível em:<<http://prensahidraulicacutelaria.com.br/>>. Acesso em: 30 set. 2018
- MITSUBISHICAR. **Tabela de Comparação de Dureza**. Disponível em:<http://www.mitsubishicarbide.com/application/files/8114/8185/3771/tec_hardness_comparison_pt-br.pdf>. Acesso em: 30 set. 2018.
- PAZINI, Henrico. **PROPRIEDADES MECÂNICAS DA LIGA DE AÇO DAMASCO SAE 5160 + UHB 15N20**. 2011. 47f. Dissertação (Graduação) - Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Panambi, 2011.
- SILVA, André. **Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns**. 4º Ed. São Paulo: Edgard BLUCHER, 2008.
- SOUZA, Sergio. **Ensaio mecânicos de materiais metálicos: Fundamentos teóricos e práticos**. 5º Ed. São Paulo: Edgard BLUCHER, 1982
- TECNOHARD. **Tabela de cores**. Disponível em:<<http://www.tecnohard.ind.br/downloads/cores.jpg>>. Acesso em: 30 set. 2018.