

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
CURSO TÉCNICO EM METALURGIA**

**CAIO FELIPPO SANTOS ARCANJO
FELIPE VIEIRA ALMEIDA
SABRINA POLTRONIERI LOPES DA SILVA
WESLEY RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**PESQUISA PARA DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS UTILIZANDO
ATÉ 100% DO RETORNO DO AÇO INOX 17-4PH.**

LIMEIRA - SP

2022

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
CURSO TÉCNICO EM METALURGIA**

**CAIO FELIPPO SANTOS ARCANJO
FELIPE VIEIRA ALMEIDA
SABRINA POLTRONIERI LOPES DA SILVA
WESLEY RODRIGUES DE OLIVEIRA**

**PESQUISA PARA DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS UTILIZANDO
ATÉ 100% DO RETORNO DO AÇO INOX 17-4PH.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Metalurgia na Etec Trajano Camargo, orientado pelo Prof. José Edenil Gomes Dos Santos e João Augusto Montesano, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Metalurgia.

LIMEIRA – SP

2022

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradecemos:

A empresa Fundimazza - Fundação de Precisão, pela parceria e apoio, quanto ao fornecimento de dados, amostras e permissões, que sem dúvidas, foram de suma importância para o desenvolvimento da pesquisa e estudo realizado.

A Etec Trajano Camargo pela disponibilização do laboratório e a todos os docentes envolvidos, em especial aos orientadores desta pesquisa e a todos os professores do curso de Metalurgia, que através de seus ensinamentos possibilitaram a conclusão deste trabalho, além de estarem conosco durante as dificuldades, onde nos proporcionaram todo o suporte necessário para desenvolver e concluir as análises requeridas.

Aos nossos amigos e familiares por nos apoiarem e incentivarem a conclusão do curso, mesmo em momentos difíceis como a pandemia.

RESUMO

Este estudo visa a análise e o desenvolvimento de materiais utilizando como matéria prima, especificamente o retorno do aço inox 17-4PH, que é originado no processo de fundição e vazamento de moldes, a pesquisa busca uma viabilidade econômica aumentando a taxa de retorno utilizada, pois a princípio a empresa Fundimazza utilizava apenas de 50% de retorno para fazer novas peças, não sendo possível utilizar maior taxa, pois havia interferência direta na estrutura do material devido à alta taxa de oxidação encontrada no retorno. O retorno é criado nos canais de entrada, saída e massalotes de moldes, esses moldes são responsáveis diretamente por dar formato nas peças desejadas e por este motivo é gerado com abundância. Para o desenvolvimento deste trabalho, considerou-se um problema recorrente na empresa Fundimazza - Fundição de Precisão, onde ocorria-se grande produção de retorno e conseqüentemente, acúmulo do mesmo em estoque, gerando um aumento do custo de estocagem e de certa forma, aumentando o valor do produto final. Portanto a reutilização, também se tornou uma situação importante quando pensada em questões como armazenamento interno e perda de matéria prima. No estudo desenvolvido abaixo, será realizado testes para a avaliação do material com o intuito de utilizar o máximo de retorno possível para a produção de novas peças, reduzindo a taxa de estoque.

Palavras- chave: Siderúrgicas; Canais de retorno; Fundição; Vazamento; Refugo; logística reversa; Reutilização.

ABSTRACT

This study aims at the analysis and development of materials using as raw material, specifically the return of 17-4PH stainless steel, which is originated in the process of casting and casting molds, the research seeks an economic viability increasing the rate of return used, because at first the Fundimazza company used only 50% return to make new parts, and it was not possible to use a higher rate, as there was direct interference in the structure of the material due to the high rate of oxidation found in the return. The return is created in the inlet and outlet channels and mold risers, these molds are directly responsible for shaping the desired parts and for this reason it is generated in abundance. For the development of this work, it was considered a recurring problem in the company Fundimazza - Fundação de Preciso, where there was a great production of return and, consequently, accumulation of the same in stock, generating an increase in the cost of storage and, in a certain way, increasing the value of the final product. Therefore, reuse also becomes an important situation when thinking about issues such as internal storage and loss of raw material. In the study developed below, tests will be carried out to evaluate the material in order to use the maximum possible return for the production of new parts, reducing the stock rate.

Palavras chaves: Steel Mills; Return Channels; Smelting; Casting; Scrap; Reverse Logistics; Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - RESISTÊNCIA A TRAÇÃO.....	15
Figura 2 - TRAÇÃO AMOSTRAS.....	15
Figura 3 - MICROESTRUTURA 70% - ESCALA UTILIZADA = 100x.....	18
Figura 4 - MICROESTRUTURA 100% - ESCALA UTILIZADA = 200X.....	18
Figura 5 - CORTE	20
Figura 6 - AMOSTRA	21
Figura 7 - EMBUTIMENTO 1.....	22
Figura 8 - EMBUTIMENTO 2.....	23
Figura 9 - LIXAMENTO	24
Figura 10 - ATAQUE QUÍMICO.....	25
Figura 11 - AMOSTRAS PÓS ATAQUE.....	26
Figura 12 - ÁGUA REGIA.....	27
Figura 13 - TESTE DE DUREZA.....	30
Figura 14 - TESTE DE DUREZA - AMOSTRA.....	31
Figura 15 - AMOSTRAS DUREZA	31
Figura 16 - PROCESSO DE SOLUBILIZAÇÃO DE AÇO.....	34
Figura 17 - CANAIS.....	36
Figura 18 - CACHOS DE PEÇAS E RETORNOS.....	37
Figura 19 - PROCESSO DE CALCIFICAÇÃO DO MOLDE.	40
Figura 20 - PROCESSO DE DERRETIMENTO DO RETORNO	40
Figura 21 - PROCESSO DE VAZAMENTO DO MATERIAL NO MOLDE	41
Figura 22 - RETIRADA DO MATERIAL DO FORNO E COLOCAR NA PANELA.....	41
Figura 23 - ALICATE 1	44
Figura 24 - ALICATE 2	44

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS.....	12
Tabela 2 - DADOS FUNDIMAZZA 1	16
Tabela 3 - DADOS FUNDIMAZZA 3	17
Tabela 4 - COMPOSIÇÃO RETORNO 100%.....	32
Tabela 5 - COMPOSIÇÃO RETORNO 70%.....	33
Tabela 6 - DADOS FUNDIÇÃO 70%.....	38
Tabela 7 - DADOS FUNDIÇÃO 100%.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - DADOS FUNDIMAZZA 2.....	16
Gráfico 2 - DADOS FUNDIMAZZA 4.....	17
Gráfico 3 - EXEMPLO DE RAMPA DE SOLUBILIZAÇÃO	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivo.....	9
1.2 Objetivo Geral.....	9
1.3 Objetivo Específicos	9
1.4 Justificativas	10
2 O QUE É AÇO	11
2.1 Como é feito	11
2.2 Como se classifica.....	11
2.2.1 Aço inox.....	12
2.2.2 Aço Inox 17- 4 PH.....	13
3 ENSAIO MÊCANICO	14
4 PROPRIEDADE DO MATERIAL	14
4.1 Resistência a tração:	15
4.2 Limite de escoamento:	16
4.3 Dados obtidos no ensaio interno Fundimazza:.....	16
5 MICROESTRUTURA	18
6 ENSAIO METALOGRAFICO	19
6.1 Macrográfico:	19
6.2 Micrográfico:	19
6.3 Etapas Realizadas em Laboratório:.....	19
6.3.1 Corte:	19
6.3.2 Embutimento:.....	22
6.3.3 Lixamento:.....	24
6.3.4 Polimento:	25
6.3.5 Ataque Químico:	25
6.3.6 Ensaio De Dureza:	28
7 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	32
7.1 O que são elementos de liga?.....	32
7.2 Exemplos de elementos e sua influência:	32
8 FUNDIÇÃO	33
9 TRATAMENTO TÉRMICO	33

10 O QUE É REFUGO	35
11 O QUE SÃO CANAIS DE RETORNO.....	35
11.1 Porcentagem De Retorno Na Produção Da Peça	37
11.1.1 Elementos 70 % de retorno	38
11.1.2 Elementos 100% de retorno.....	38
11.1.3 PROCESSO UTILIZADO PARA CHEGAR A 100% DE RETORNO.....	39
12 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO ALICATE (PRODUTO FINAL).....	42
12.1 Injeção.....	42
12.2 Rebarba.....	42
12.3 Montagem Em Cachos.....	42
12.4 Revestimento Cerâmico	42
12.5 Deceragem.....	42
12.6 Calcinação	42
12.7 Fusão	42
12.8 Acabamento.....	43
12.9 Laboratório	43
12.10 Expedição	43
13 CONCLUSÃO	43
14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A fundição possui um processo de fabricação onde é usado metal ou liga metálica, em estado líquido, que é vazado em moldes que possuem formatos e medidas equivalentes a peça a ser produzida. No processo de vazamento, o líquido preenche também os canais de entrada, saída e massalotes, gerando assim o retorno. Podemos caracterizar o retorno pelas sobras de metal do molde a ser fundido que não fazem parte da peça.

As siderúrgicas geram diversas “sobras”, que necessitam de armazenamento e descarte correto. Em nichos específicos da fundição, o retorno está entre os principais refugos e muitas vezes após o seu processo final, acaba não tendo mais utilidade, ocupando espaço hábil de armazenamento.

O desenvolvimento dessa pesquisa é baseado em um problema recorrente na empresa Fundimazza, onde, o acúmulo de retorno é alto, ocasionando um gargalo no estoque. O propósito final é alcançar a utilização de até 100% de retorno do aço Inox 17-4PH.

1.1 Objetivo

A proposta que norteia este trabalho de pesquisa encontra-se subdividido em dois objetivos, geral e específico.

1.2 Objetivo Geral

Realizar um estudo aprofundado na classificação dos retornos do aço 17 4PH, para que dessa forma, possamos encontrar alternativas cabíveis e economicamente viáveis para aplicar a logística reversa e mostrar para as siderúrgicas as vantagens de realizar a reutilização desses materiais como matéria prima, otimizando dessa forma, seu processo interno.

1.3 Objetivo Específicos

Para atingir o objetivo geral da proposta são estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Coletar e classificar as amostras de retorno;
- Realizar ensaio de tração;
- Realizar processo de corte e embutimento;

- Realizar processo de lixamento e polimento;
- Desenvolver rotas químicas para ataque e análise das microestruturas;
- Realizar análise metalográfica para coleta de comparativo de processos;
- Classificar os materiais utilizado;
- Realizar ensaios mecânicos com a matéria prima derivada do retorno em laboratório para ver o comportamento físico e químico e dessa forma demonstrar a potência e habilidade de utilização.
- Mostrar como o retorno pode ser reutilizado em usinas siderúrgicas;
- Mostrar como é cabível evitar a pilha de retorno que de certa forma se torna o gargalho das empresas.

1.4 Justificativas

Hoje, mesmo com o alto avanço da indústria metalúrgica, ainda há pessoas que desconhecem o que é o retorno de uma peça fundida e qual finalidade pode ser atribuída a ela. Visando essa informação, será estudado os processos que a envolvem e analisado as microestruturas, tendo assim a possibilidade de apresentar ao público o desenvolvimento de novas formas de reutilização do retorno, como por exemplo a retomada ao forno para que volte ao seu estado líquido e assim possa ser empregada como matéria-prima em diversos setores, utilizando o método de logística reversa. Será buscado a obtenção de amostras de retorno do aço Inox para análise, onde em laboratório, será estudado suas combinações e as possíveis adequações as porcentagens desejadas, visando a diminuição de possíveis custos de estocagem. A análise metalográfica será feita para observação da microestrutura de cada amostra e suas possíveis reações químicas. Todo o processo será explicado, assim como as porcentagens atingidas e o objetivo final. Todo o estudo baseou-se em um gargalo de estocagem da empresa Fundimazza.

2 O QUE É AÇO

É definido como uma liga metálica formada principalmente de ferro e carbono. Possui alta aplicação no mercado, superando até mesmo o ferro, pode também ser usado para produção de outras ligas.

2.1 Como é feito

O aço é produzido, a partir do minério de ferro, carvão e cal. Onde as etapas para a sua produção são divididas em quatro partes, preparação da carga, redução, refino e laminação. Podendo também ser originado através da sucata de ferro ou reciclagem do próprio aço, onde o material é encaminhado para os fornos, para ficarem em estado líquido, retirar suas impurezas e adicionar os componentes necessários para a sua adequação ao aço ou liga desejada.

2.2 Como se classifica

O aço é classificado de acordo com as normas regulamentadoras SAE/AISI (norma americana) e ABNT (normas brasileiras), esses sistemas em geral utilizam quatro algarismos na forma ABXX onde A e B são números que identificam os principais elementos de liga presentes no aço e seus teores, dados em porcentagem em peso. Assim como mostrado na tabela 01.

Tabela 1
CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS

CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS			
TIPO	CLASSE	DESIGNAÇÃO	TEOR APROXIMADO DOS ELEMENTOS QUE IDENTIFICAM AS CLASSES
Aços-carbono	10XX	Carbono	Mn – máximo 1,00%
	11XX	Ressulfurado	--
	12XX	Ressulfurado e refosfatado	--
	14XX	Aços com adição de nióbio	Nb 0,10%
	15XX	Carbono	Mn entre 1,00 e 1,65%
Aços-liga	13XX	Manganês	Mn – 1,75%
	23XX	Níquel	Ni – 3,5%
	31XX	Níquel-cromo	Ni – 1,25% e Cr – 0,65%
	41XX	Cromo-molibdênio	Cr – 0,50, 0,80 e 0,95%
	43XX	Cromo-níquel-molibdênio	Ni – 1,8%, Cr – 0,50% a 0,80 e Mo – 0,25%
	50XX	Cromo	Cr – 0,27%, 0,40%, 0,50% e 0,65%
	61XX	Cromo-vanádio	Cr – 0,60%, 0,80%, 0,95% e 1,05% V – 0,10% ou 0,15% min
	86XX	Cromo-níquel molibdênio	Cr – 0,50%, Ni – 0,55% e Mo – 0,20%
Aços com adições especiais	92XX	Silício	Si – 2,00% e Mn – 0,85%
	XXBXX	Aço com adição de boro	--
	XXLXX	Aço com adição de chumbo	--

Fonte: Materiais Gelsonluz¹

2.2.1 Aço inox

O aço Inox é um tipo de aço que contém em média 10,5% de cromo, possui uma composição química balanceada que dificulta a corrosão e amplifica sua resistência. As principais famílias desse aço podem ser classificadas como:

- Austeníticos;
- Ferríticos;
- Martensíticos.

¹ Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/12/classificacao-sae-dosacos.html>

2.2.1.1 Principais Atributos do Aço Inox

- Alta resistência à corrosão
- Resistência mecânica adequada
- Facilidade de limpeza/Baixa rugosidade superficial
- Aparência higiênica
- Material inerte
- Facilidade de conformação
- Facilidade de união
- Resistência a altas temperaturas
- Resistência a temperaturas criogênicas (abaixo de 0 °C)
- Resistência às variações bruscas de temperatura
- Acabamentos superficiais e formas variadas
- Forte apelo visual (modernidade, leveza e prestígio)
- Relação custo/Benefício favorável
- Baixo custo de manutenção
- Material reciclável

2.2.2 Aço Inox 17- 4 PH

O Aço inoxidável martensítico é feito por meio do endurecimento por precipitação. Possui excelente combinação de resistência mecânica e resistência à corrosão

A liga 17-4 PH é um aço inoxidável da família classificada como “endurecíveis por precipitação”. Aços inoxidáveis PH são basicamente ligas Fe-C-Cr-Ni que podem ser endurecidas por tratamento térmico de envelhecimento, resultando numa estrutura composta por precipitados coerentes, dispersos em matriz martensítica. No caso da liga 17-4 PH, a adição de 3% de cobre (Cu) garante a formação destes precipitados durante o tratamento térmico de envelhecimento.

2.2.2.1 Características do 17- 4 PH

Resiste a ataques corrosivos melhor do que qualquer outro na linha dos aços inoxidáveis por precipitação. É resistente à corrosão em ambientes químicos, petróleo e indústrias de papel.

2.2.2.2 Aplicação para o 17- 4 PH

- Offshore
- Petróleo (válvulas e equipamento de processos químicos)
- Indústria de alimentos
- Indústria de papel e celulose
- Indústria aeroespacial
- Componentes mecânicos
- Cisternas de transporte de resíduos nucleares

3 ENSAIO MÉCANICO

É um método usado para entender as propriedades mecânicas do material estudado, um exemplo disso é mostrar qual a força utilizada e necessária para romper um corpo de prova. Proporcionando dados que mostram a capacidade do material e se está de acordo com as especificações exigidas para fabricação da peça final ou para atender as necessidades do cliente. Os principais ensaios mecânicos são o de tração, impacto, dureza e dobramento. Para o desenvolvimento do nosso estudo, utilizamos o ensaio de tração.

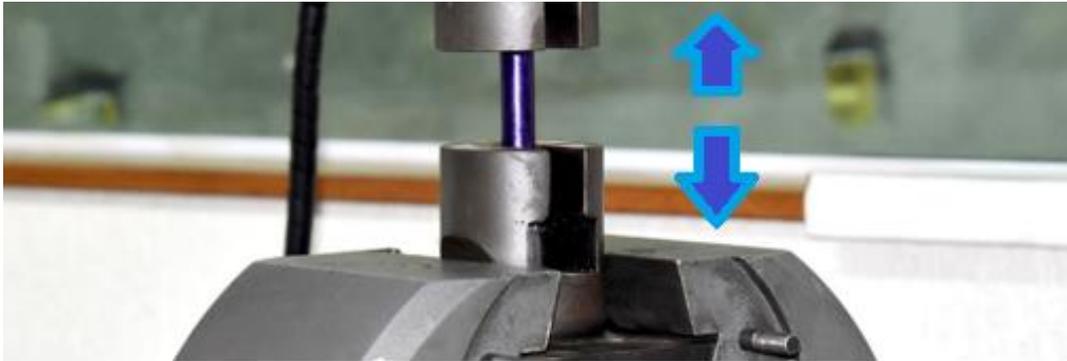
4 PROPRIEDADE DO MATERIAL

Primeiramente para falar sobre as propriedades próprias do material devemos ficar cientes de alguns termos como:

4.1 Resistência a tração:

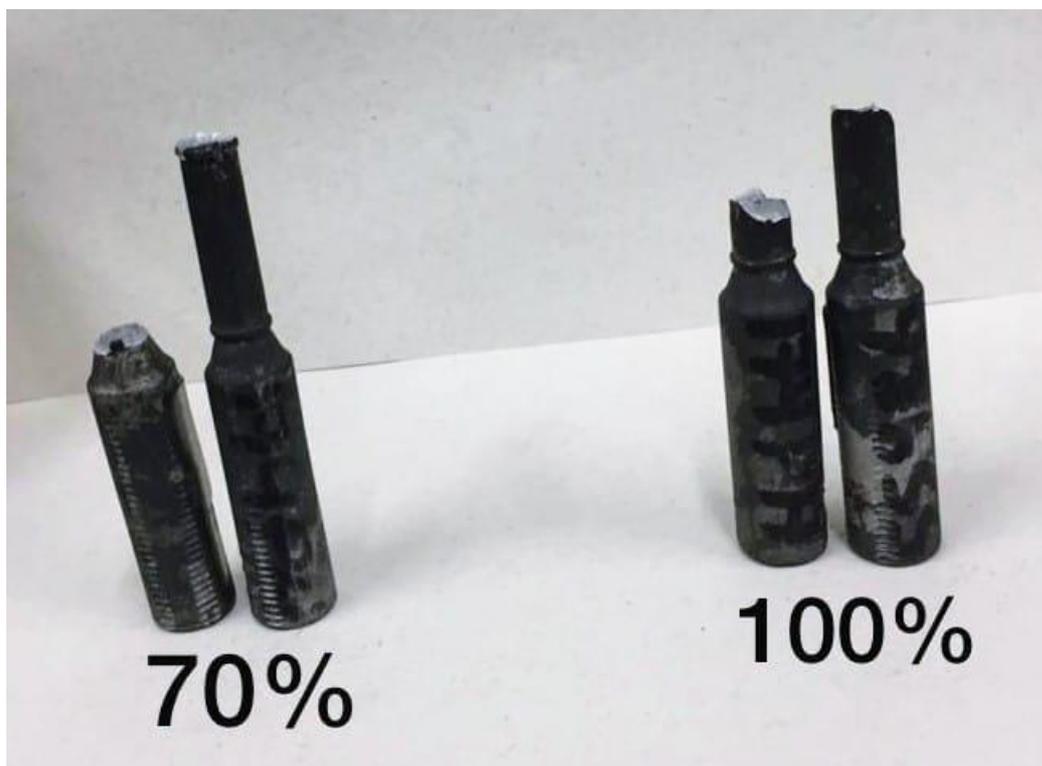
É a resistência que o material possui quando submetido a forças de direções opostas.

Figura 1 - RESISTÊNCIA A TRAÇÃO



Fonte: Tecnomeca ²

Figura 2 – TRAÇÃO AMOSTRAS



Fonte: Autoria Própria

² Disponível em: tecnomeca.com.br

4.2 Limite de escoamento:

O limite de escoamento é onde ocorre a troca da fase elástica do material para a fase plástica, ou seja, o material perde a capacidade de voltar a sua forma inicial e se deforma permanentemente.

4.3 Dados obtidos no ensaio interno Fundimazza:

Tabela 2

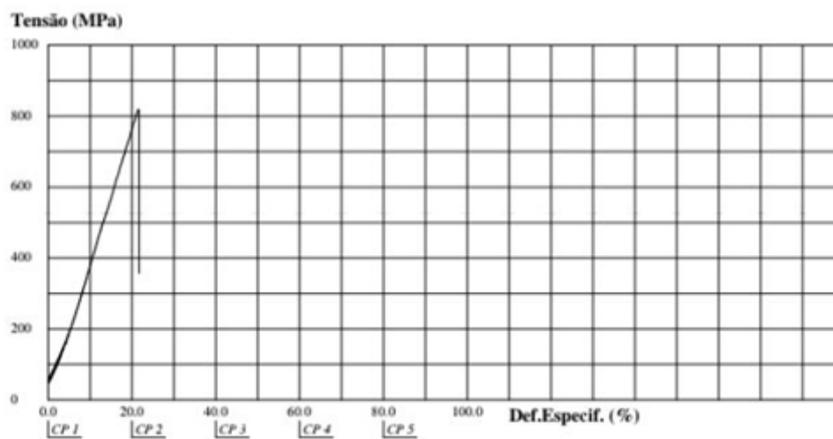
DADOS FUNDIMAZZA 1

AÇO 17 4PH 70%				
Diâmetro 9.60 mm	Comprimento 29.60 mm	Resistência a tração 819.27 Mpa	Limite de escoamento 730.20 Mpa	Alongamento 2.97%

Fonte: Laboratório Fundimazza (2022).

Gráfico 1

DADOS FUNDIMAZZA 2



Fonte: Laboratório Fundimazza (2022).

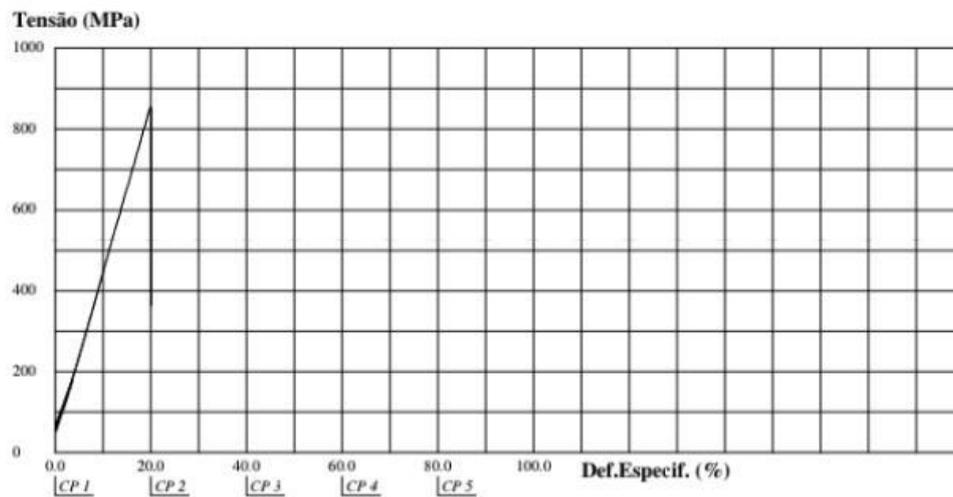
Tabela 3

DADOS FUNDIMAZZA 3

AÇO 17 4PH 100%				
Diâmetro	Comprimento	Resistência a tração	Limite de escoamento	Alongamento
9.60 mm	29.60 mm	854.85 Mpa	798.08 Mpa	2.43%

Fonte: Laboratório Fundimazza (2022).

Gráfico 2

DADOS FUNDIMAZZA 4

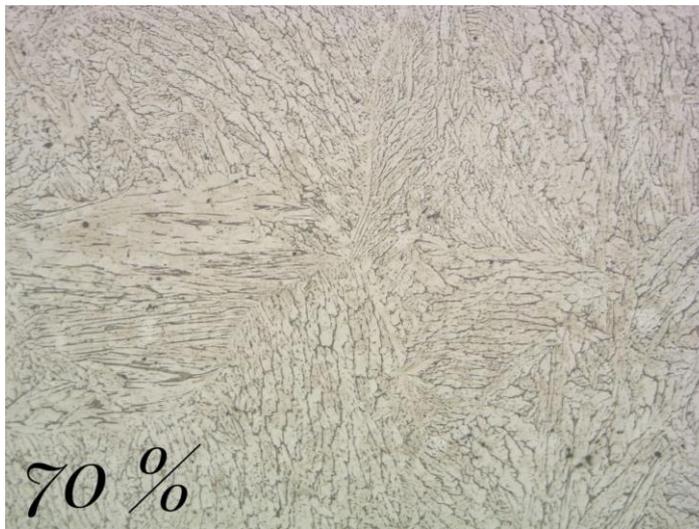
Observação: REFERENTE 100% DE RETORNO.

Fonte: Laboratório Fundimazza (2022).

5 MICROESTRUTURA

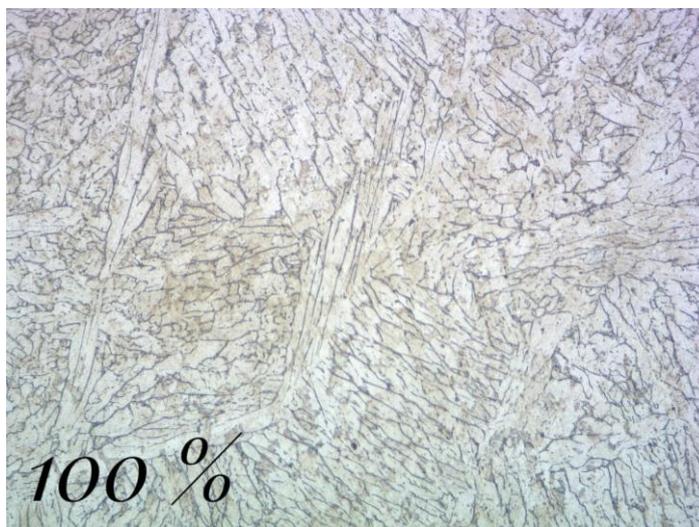
A descrição microestrutural de aços é feita constantemente por meio de técnicas que utilizam as ópticas microscópicas e eletrônicas de varredura, instrumentos essenciais para as análises, pois, são eles que permitem identificar os principais constituintes presentes no aço, ranhuras, rachaduras, e qualquer outra adversidade que seja possível encontrar.

Figura 3- MICROESTURUTRA 70% - ESCALA UTILIZADA = 100x



Fonte: Autoria Própria

Figura 4 - MICROESTRUTURA 100% - ESCALA UTILIZADA = 200X



Fonte: Autoria Própria

6 ENSAIO METALOGRÁFICO

É um processo no qual o objetivo é a definição de suas propriedades químicas, físicas e mecânicas relacionando as mesmas a estrutura do material

Pode ser dividido em dois tipos o macrográfico e micrográfico.

6.1 Macrográfico:

Neste processo podemos fazer a análise a olho nu ou com uma ampliação de até 50 vezes, observando a superfície do material após a realização do ataque químico, após realizado, pode ser analisado aspectos como a homogeneidade do material, impurezas, qualidade da solda, defeitos etc.

6.2 Micrográfico:

No caso deste processo ao contrário do processo macrográfico não podemos realizá-lo sem a utilização de um microscópio pois há necessidade de uma ampliação maior para ser visualizado sua microestrutura, podemos analisar sua forma, tamanho de grãos, distribuição dos constituintes e a qualidade do mesmo, qualidade do tratamento térmico e defeitos microscópicos.

6.3 Etapas Realizadas em Laboratório:

6.3.1 Corte:

Este é o primeiro passo do ensaio onde vai ser retirado apenas uma parte da peça para ser realizado o estudo, sendo feito um corte transversal ou longitudinal que não causem modificações na estrutura da amostra.

Figura 5 - CORTE



Fonte: Autoria própria

Figura 6 - AMOSTRA



Fonte: Autoria própria

6.3.2 Embutimento:

O processo tem como objetivo melhorar o manuseio do corpo de prova, evitar que a lixa ou pano de polimento seja danificada, pode ser utilizado para o embutimento da amostra na baquelite ou em uma resina acrílica. A

Figura 7 - EMBUTIMENTO 1



Fonte: Autoria Própria

Figura 8 - EMBUTIMENTO 2



Fonte: Autoria Própria

6.3.3 Lixamento:

O processo tem como objetivo retirar os riscos gerados no processo de corte através do lixamento, com lixa d'água variando a granulação sendo elas 220,320,400, 600, 800 e 1500, utilizando a água como forma de resfriar evitando assim que a amostra seja comprometida.

Figura 9 - LIXAMENTO



Fonte: Autoria Própria

6.3.4 Polimento:

Nesta etapa do processo se tem o requisito primário da limpeza do corpo de prova utilizando líquidos com baixo ponto de ebulição, geralmente utilizado álcool etílico para remoção de alguns resíduos na superfície. Somente após esse processo de limpeza se dá o início do polimento onde será feito o acabamento superficial deixando liso e sem marcas, o polimento é realizado com panos especiais com a adição de alumina ou pasta de diamante enquanto o prato giratório está ativo.

6.3.5 Ataque Químico:

No ataque químico como no processo de polimento se deve realizar a limpeza da superfície. Após se inicia o ataque químico que vai facilitar a observação da microestrutura utilizando reagentes no qual o corpo de prova vai ser mergulhado por alguns segundos isso vai possibilitar uma melhor visualização dos grãos e sua microestrutura em geral.

Figura 10 - ATAQUE QUÍMICO



Fonte: Autoria própria

Figura 11 - AMOSTRAS PÓS ATAQUE



Fonte: Autoria própria

Alguns reagentes utilizados:

- **Nital 2%:**

2ml HNO₃ + 98ml Álcool
Etílico

- **Picral 5%**

5gr Ácido Pícrico + 100ml
Álcool Etílico

- **Ácido Oxálico**

10gr Ácido Oxálico + 10ml
H₂O

- **Nital 5%**

5ml HNO₃ + 95ml Álcool
Etílico

- **Água Régia em álcool**

100ml HCl + 3ml HNO₃ +
100ml Álcool Etílico

Figura 12- ÁGUA REGIA



Fonte: Autoria própria

- **Glicerina+ Água Régia**

15ml HCl +10ml Glicerol + 5ml HNO₃

- **Kalling**

5gr CuCl₂ + 100ml HCl + 100ml Álcool Etílico

6.3.6 Ensaio De Dureza:

O teste de dureza é um dos muitos testes e experimentos usados para determinar a resistência mecânica de um material.

Esse experimento tem como objetivo determinar a capacidade de um material resistir a cargas, para assim determinar a resistência mecânica aproximada de um material.

Os ensaios de dureza são comumente realizados com metais, porém não se limitam a este tipo de material. Cerâmicas e plásticos podem e devem ser submetidos a esses testes.

Possuímos alguns tipos de ensaios de dureza assim como descritos abaixo.

6.3.6.1 Ensaio de Dureza Brinell

A dureza Brinell é usada principalmente em materiais metálicos. O ensaio é realizado com um penetrador esférico com diâmetro de 10 mm, mas em função do material pode ser usado 1, 2,5 ou 5 mm, a esfera pode ser feita de aço temperado ou carboneto de tungstênio. A carga utilizada durante o ensaio é de 1 até 3000 kgf com tempo de até 30 segundos.

Para a execução do ensaio o operador deve deixar a superfície do corpo de prova com bom acabamento, após isso o corpo de prova é submetido a carga por um determinado tempo e observado no microscópio obtendo assim a dureza representada por HB. Sua principal desvantagem é que sua maior dureza de possível medição é até 500 HB, não se pode ensaiar materiais temperados pois danifica a esfera.

6.3.6.2 Dureza Vickers

O ensaio Vickers utiliza apenas um penetrador, a pirâmide de diamante padrão com uma base quadrada e um ângulo de 136 graus entre faces opostas. Como no método Brinell, também é determinado pela relação entre o peso aplicado e a área da superfície de impressão.

O ensaio vickers é utilizado quando se necessita fazer a medição de áreas pequenas e pode ser feito com qualquer medida de dureza. Como o corpo de prova tem dimensões reduzidas a carga do penetrador também deve ser

reduzida, variando os mesmos de 1 a 1000g. Após a realização desses processos é submetido a carga sobre o corpo de prova o resultado é apresentado em HV.

Um dos benefícios do uso desse processo é a capacidade de medir a dureza de materiais considerados mais frágeis como por exemplo a cerâmica. Isso se deve ao baixo peso da carga, o que resulta em maior precisão.

6.3.6.3 Dureza Rockwell

Dentre os ensaios apresentados o ensaio Rockwell é um dos mais utilizados para medir a dureza.

Para a realização do ensaio existe duas possibilidades de penetradores a esfera de aço endurecido e o cone de diamante possuindo diferentes leituras, outra condição para se levar em consideração é o tipo de ensaio que pode ser superficial ou comum, com um corpo de prova de no mínimo 10 kg se deve optar pelo comum, já para menores que 3 Kg superficial.

A espessura do corpo de prova deve ser de 17 vezes a profundidade da calota, a distância entre o centro da impressão e a borda do corpo de prova deve ser três vezes maior que o diâmetro da impressão. Para um processo mais ágil existem tabelas já definidas com as condições de penetradores, escalas, materiais e cargas tanto para ensaio superficial quanto para comum.

Com todas essas condições já estabelecidas primeiramente se aplica a pré-carga sobre o corpo de prova para um bom contato físico, após e feita a aplicação da carga maior e mantida por alguns segundos, se retira a carga e se observa o resultado no durômetro que se dá por HR.

Para realizar os testes necessários de dureza, a técnica aplicada foi a Rockwell C.

Os resultados obtidos foram:

Amostra de 70% = Média de 31 HRC

Amostra de 100% = Média de 33 HRC

Figura 13 - TESTE DE DUREZA



Fonte: Autoria própria

Figura 14 - TESTE DE DUREZA - AMOSTRA



Fonte: Autoria própria

Figura 15- AMOSTRAS DUREZA



Fonte: Autoria própria

7 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Os aços são separados em baixo carbono com 0,30 % de C, médio carbono com até 0,60% de C e alto carbono que são acima de 0,60% podendo possuir elementos de liga para reforçar suas propriedades.

7.1 O que são elementos de liga?

São elementos químicos que adicionamos a composição do material, assim obtemos as ligas metálicas que com essa adição possuem propriedades superiores comparadas com o material anterior ao processo.

7.2 Exemplos de elementos e sua influência:

- Aumento de resistência: C, Mn, P, S, Si e V.
- Aumento de dureza: C, Mn, P, Si.
- Aumento de resistência ao impacto: Ni.
- Redução de ductilidade: C, P, Si.
- Ação desoxidante: Mn, Si, Al.

Composição IC-17 4PH - 100% RETORNO

Tabela 4

COMPOSIÇÃO RETORNO 100%

C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%
0.055	0.673	0.485	0.028	0.003	16.313	0.121	4.433	0.016
Cu%	Ti%	V%	Nb%	B%	Co%	W%	As%	Pb%
2.986	0.002	0.045	0.211	0.000	0.104	0.017	0.000	0.003
Zr%	Fe%							
0.018	74.486							

Fonte: Fundimazza (2022)

Composição IC-17 4PH – 70% RETORNO

Tabela 5

COMPOSIÇÃO RETORNO 70%

C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%
0.042	0.740	0.614	0.028	0.004	16.686	0.121	4.248	0.017
Cu%	Ti%	V%	Nb%	B%	Co%	W%	As%	Pb%
3.199	0.003	0.039	0.270	0.000	0.090	0.015	0.000	0.001
Zr%	Fe%							
0.019	73.864							

Fonte: Fundimazza (2022)

8 FUNDIÇÃO

Podemos classificar a fundição como o processo de fabricação de peças metálicas moldadas com medidas equivalentes a peças a serem produzidas, a mesmas são preenchidas com metal líquido. Alguns exemplos de peças fundidas são: Bloco de motor de automóveis, anéis de pistões, rodas etc.

9 TRATAMENTO TÉRMICO

O tratamento térmico de solubilização é realizado dentro da empresa, tem a finalidade de deixar o material em uma condição mais adequada, ou seja, mais uniforme, nesse processo é necessário aquecer o forno até 600°C e deixar o material nessa alta temperatura, após isso, fazer a rampa de 1035°C até 1050°C e manter nesse patamar por 30 minutos, de modo que nesta temperatura seja possível solubilizar os elementos de liga, dissolvendo grande parte dos precipitados formados durante o processo de solidificação na água e mantendo os elementos de liga em solução sólida na matriz.

Uma das vantagens da solubilização é descarbonizar o material, o deixando mais maleável na usinagem.

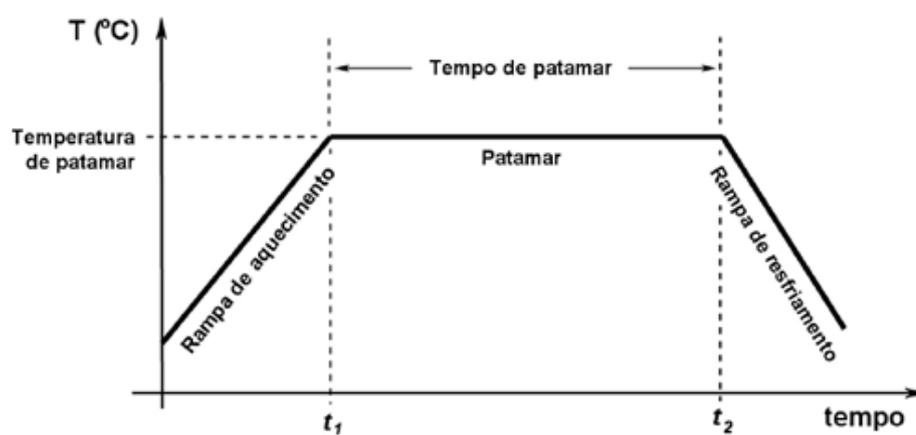
Figura 16 - PROCESSO DE SOLUBILIZAÇÃO DE AÇO.



Fonte: <https://dustre.com.br/servicos/solubilizacao/>³

Gráfico 3

EXEMPLO DE RAMPA DE SOLUBILIZAÇÃO



Fonte: <https://cutelariamariot.com/tratamentos-termicos/>⁴

³ <https://dustre.com.br/servicos/solubilizacao/>

⁴ <https://cutelariamariot.com/tratamentos-termicos/>

10 O QUE É REFUGO

O refugo é basicamente toda sucata gerada durante um processo e que não pode ser retrabalhado. Em alguns casos é possível reciclá-lo voltando para o processo inicial ou até mesmo vende-lo para outras empresas que fazem o seu aproveitamento, isso faz com que as indústrias que conseguem e adotam o modelo de logística reversa, tenham poucas perdas e lucrem com isso. Um exemplo disso pode ser observado muitas vezes nas siderúrgicas, pois o material refugado, como materiais reprovados na linha de inspeção ou em laboratório, chapas, cavacos, pontas de barras etc. Podem voltar para o processo, nesse caso para os fornos, onde o material ficará em seu estado líquido e fará todo o processo novamente.

11 O QUE SÃO CANAIS DE RETORNO

O retorno é caracterizado pelas sobras de metal que ficam nesses canais e que não fazem parte do molde da peça. Para vaziar o aço no processo de fundição, no molde é necessário que haja os canais de entrada, por onde o aço é inserido, saída, por onde geralmente é feito o controle de enchimento da peça e massalotes que são os reservatórios de metal líquido que irão compensar a contração do metal quando estiver ocorrendo a mudança do estado líquido para o sólido. Esses três canais são considerados como retorno, pois, ao final do processo de fundição da peça, eles são cortados e separados do molde final.

Figura 18- CACHOS DE PEÇAS E RETORNOS



Fonte: <https://mbgroup.com.br/pt-br/>⁶

11.1 Porcentagem De Retorno Na Produção Da Peça

Os retornos provêm dos cachos, onde são retiradas as peças, esses cachos são utilizados para retorno, assim como as peças que acabam reprovando no processo da inspeção, acabam sendo refugadas, e essas peças entram como retorno, e por isso aumentam 30 toneladas do mesmo, contando com os cachos de peças, e por fim, todas são refugadas.

Os 50% de retorno na produção são utilizados para reaproveitar o material utilizado, o problema é que os outros 50% não era utilizado, e acabava só aumentando a quantidade de retorno na produção das peças.

E com a utilização de 70% de retorno, diminuiu essa quantidade exacerbada, só ficando 30% de retorno em estoque. Com todo o desenvolvimento de reaproveitamento, o projeto para utilização do retorno como matéria prima, funcionou e está ativo na empresa Fundimazza que está passando a usar 100% de retorno na produção de peças, o que antes

⁶ <https://mbgroup.com.br/pt-br/>

era um gargalo, hoje se tornou uma solução que está trazendo economia e lucratividade para a empresa.

11.1.1 Elementos 70 % de retorno

Tabela 6 - DADOS FUNDIÇÃO 70%

CORRIDA	MATERIAL	PESO CORRIDA	CACHOS	FORNO	HORA	kWh	COMPOSIÇÃO	QUANTIDADE	UND	VALOR UN.KG	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL MATERIAL	VALOR KG
55224	17 4PH	271,96	57	A1	10:25:00	0	Fe-Si	0,36	KG	R\$ 7,50	R\$ 2,70	R\$ 2.086,78	R\$ 7,67
							Fe-Cr	7,66	KG	R\$ 14,00	R\$ 107,24		
							Cu	3,52	KG	R\$ 28,00	R\$ 98,56		
					Fe-Nb	0,42	KG	R\$ 90,00	R\$ 37,80				
					Retalho 304	50	KG	R\$ 9,50	R\$ 475,00				
					Retorno 17 4PH	180	KG	R\$ 6,67	R\$ 1.200,60				
					Retalho 430	30	KG	R\$ 4,75	R\$ 142,50				
					Fe-Si-Zr	0,57	KG	R\$ 32,00	R\$ 18,24				
					Al	0,57	KG	R\$ 6,00	R\$ 3,42				
					Al	0,12	KG	R\$ 6,00	R\$ 0,72				
					Ferrux	1,59	KG	R\$ 6,89	R\$ 10,96				
					ENERGIA	0	KWH	R\$ 0,57	R\$ 0,00				

Fonte: Empresa Fundimazza

70% de retorno utilizado, nessa tabela apresenta informações do dia e hora em que foi fundida, número da corrida, material utilizado (Aço Inox 17 4ph), peso da corrida/forno, quantos cachos foram fundidos, número do forno, composições, ligas, quantidades utilizadas, valores unitários de cada composição, valores totais, valores materiais e valores por quilo.

11.1.2 Elementos 100% de retorno

Tabela 7 - DADOS FUNDIÇÃO 100%

DATA	CORRIDA	MATERIAL	PESO CORRIDA	CACHOS	FORNO	HORA	kWh	COMPOSIÇÃO	QUANTIDADE	UND	VALOR UN.KG	VALOR TOTAL	VALOR TOTAL MATERIAL	VALOR KG
10/02/22	58242	17 4Ph	262,46	55	B1	07:00:00	725,98	Fe-Si	0,74	KG	R\$ 21,83	R\$ 16,15	R\$ 2.149,57	R\$ 8,19
								Mn	0,5	KG	R\$ 61,11	R\$ 30,56		
								Retorno 17 4PH	260	KG	R\$ 8,00	R\$ 2.080,00		
						Fe-Si-Zr	0,55	KG	R\$ 18,48	R\$ 10,15				
						Al	0,55	KG	R\$ 8,00	R\$ 4,40				
						Al	0,12	KG	R\$ 8,00	R\$ 0,96				
						Ferrux	1,05	KG	R\$ 6,99	R\$ 7,34				
						ENERGIA	280	KWH	R\$ 0,45	R\$ 126,00				

Fonte: Empresa Fundimazza

11.1.3 PROCESSO UTILIZADO PARA CHEGAR A 100% DE RETORNO

Para chegar a 100%, é utilizado o retorno que está parado no forno na temperatura de fusão de 1440°C até ele ficar líquido, após isso a desoxidação para retirar a porosidade de gás e carbono, no processo de desoxidação do forno é utilizado cálcio, cílio e alumínio, depois ocorre a escorificação para retirar todas as impurezas que restam no forno, logo em seguida é tirada uma amostra do material para realizar a análise química com a finalidade de observar se todos componentes estão na ordem necessária.

Se não estiverem na ordem desejada, é necessário corrigir no forno e assim, retirar outra amostra para ver se está correto. Se a amostra estiver correta, é realizada a liberação do vazamento, e após esse processo é retirado outra amostra para observar os resultados da análise química do material e assim, enviar o mesmo para o cliente.

Mas antes disso, é necessário verificar a temperatura do forno, pois para colocar o material na panela para realizar o vazamento é preciso que o forno esteja na temperatura de 1620°C, a fim de obter uma melhor resistência no material. A panela é aquecida no maçarico para colocar o material, devido que se estiver na temperatura ambiente vai ocorrer um resfriamento quando realizar o vazamento do material no molde, e por isso ela é aquecida antes de colocar o material na mesma. A panela é revestida de massa refrataria, porque ela segura o calor enquanto o material estiver nela, mantendo a temperatura ideal até ele ser vazado, por isso é extremamente importante o aquecimento da panela antes de colocar material.

Enquanto isso, para ter mais resistência mecânica ao choque térmico os moldes cerâmicos são levados a um forno para realizar a calcificação do molde na temperatura de 1050°C, depois desse processo os moldes cerâmicos são cuidadosamente retirados da forma de calcinação para serem colocados na caixa com areia, a fim de realizar o vazamento do material, pela gravidade o material preenche o molde todo formando peças brutas. Todos os moldes são feitos com cera, depois de realizar o vazamento do material no molde, é colocado uma caixa de ferro para segurar a temperatura e ter um resfriamento adequado.

Figura 19 - PROCESSO DE CALCIFICAÇÃO DO MOLDE.



Fonte: <http://www.fundimazza.com.br/site/> ⁷

Figura 20- PROCESSO DE DERRETIMENTO DO RETORNO



Fonte: <http://www.fundimazza.com.br/site/> ⁸

⁷ <http://www.fundimazza.com.br/site/>

⁸ <http://www.fundimazza.com.br/site/>

Figura 21- PROCESSO DE VAZAMENTO DO MATERIAL NO MOLDE



Fonte: <http://www.fundimazza.com.br/site/>⁹

Figura 22- RETIRADA DO MATERIAL DO FORNO E COLOCAR NA PANELA.



Fonte: <http://www.fundimazza.com.br/site/>¹⁰

⁹ <http://www.fundimazza.com.br/site/>

¹⁰ <http://www.fundimazza.com.br/site/>

12 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO ALICATE (PRODUTO FINAL)

É realizado a microfusão, que é um método econômico, com precisão e com bom acabamento na fabricação de componentes, é um processo com um excelente sistema de controle nas etapas realizadas. As etapas realizadas nesse processo de microfusão são:

12.1 Injeção

Se inicia com a injeção dos moldes em cera na ferramenta, a empresa Fundimazza possui injetoras automáticas.

12.2 Rebarba

Após esse processo, é preciso rebarbá-lo, retirando arestas não fazem parte da peça.

12.3 Montagem Em Cachos

Os moldes são unidos a um canal injetado em cera, os deixando com a aparência de um cacho, isso acontece por meio de um processo térmico.

12.4 Revestimento Cerâmico

Os moldes recebem camadas de material cerâmico refratário especial.

12.5 Deceragem

Os moldes são enviados à autoclave, extraindo a cera do interior dos cachos e deixando os espaços vazios.

12.6 Calcinação

Os moldes cerâmicos são levados ao forno a 1100°C para calcinação, e adquirem maior resistência mecânica.

12.7 Fusão

Os moldes são envasados com aço líquido para formar as peças brutas.

12.8 Acabamento

Nessa etapa, as peças recebem acabamento específico e passam por inspeção de qualidade antes de serem enviadas aos clientes.

12.9 Laboratório

As peças passam por análises químicas e para enfim, serem enviadas aos clientes.

12.10 Expedição

E na etapa final, os produtos são passados no óleo e são embalados e encaixotados para serem enviados para a transportadora que levará ao cliente.

13 CONCLUSÃO

A princípio a empresa Fundimazza fazia uso apenas de 50% de retorno do aço inox 17-4 PH, o que com o tempo tornou-se um gargalo para a empresa, pois, o acúmulo excessivo de retorno gerava gastos indesejados referente a estocagem.

Após estudos e pesquisas realizadas durante o desenvolvimento do projeto, concluiu-se que é possível utilizar até 100% de retorno quando necessário.

Realizando a desoxidação do retorno e adicionando quantidades mínimas de componentes para deixar o aço de acordo com as especificações normativas.

Com uma corrida contendo 100% de retorno a Fundimazza deu início a produção de alicates odontológicos, que atenderam todas as especificações técnicas e de qualidade desejadas pelo cliente.

Portanto, após a comprovação de viabilidade técnica e econômica da pesquisa e empresa passou a utilizar 100% de retorno na produção dos alicates, reduzindo a taxa de estoque a zero. A partir deste momento, conforme for gerado sobras de retorno, automaticamente as mesmas serão redirecionadas para o processo inicial. Desta maneira, soluciona-se o gargalo de estocagem e custeio de valores sobressalentes.

Figura 23 - ALICATE 1



Fonte: Aatoria própria

Figura 24- ALICATE 2



Fonte: Aatoria própria

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, Thiago F.A; TORRES, Edwar A.; VILELA, José M. C.; ANDRADE, Margareth S.; COTA, André B. Caracterização microestrutural de aços baixo carbono por microscopia de força atômica. Rev. LatinAm. Metal. Mater. vol.35 no.1 Caracas jun. 2015. Disponível em:

<http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0255-69522015000100015&script=sci_arttext#:~:text=A%20descri%C3%A7%C3%A3o%20microestrutural%20de%20a%C3%A7os,principais%20fases%20e%20constituintes%20presentes.>. Acesso em: 24 fev. 2022.

TRATAMENTOS TÉRMICOS. Blog MARIOT CUTELARIA ARTESANAL. Base de dados Mariot. Disponível em: <<https://cutelariamariot.com/tratamentos-termicos/>>. Acesso em: 5 mar. 2022.

SOLUBILIZAÇÃO. Blog DUSTRE. Base de dados Dustre. Disponível em: <<https://dustre.com.br/servicos/solubilizacao/>>. Acesso em: 5 mar. 2022.

IMAGEM CANAIS. Site. Base de dados Encrypted. Disponível em: <<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR4XMA50IU2Mya74ZmfH0avD7iB0BlbN0Q5qw&usqp=CAU>>. Acesso em: 6 mar. 2022.

SOARES, Glória de Almeida. Fundação: Mercado, Processos e Metalurgia. [internet], Abril/2000. [118]. Disponível em: <<https://foundrygate.com/upload/artigos/Fundi%C3%A7%C3%A3o.%20Mercado%2C%20Processos%20e%20Metalurgia.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2022.

ENSAIO DE DUREZA – ENSAIOS MECANICOS. Blog MATERIAIS JUNIOR. Base de dados Materiais Jr. Disponível em: <<https://materiaisjr.com.br/ensaio-mecanico-dureza/amp/>>. Acesso em: 19 mar. 2022.

METALOGRAFIA. O QUE É E COMO FUNCIONA? Blog MATERIAIS JUNIOR. Base de dados Materiais Jr. Disponível em: <<https://materiaisjr.com.br/metalografia/amp/>>. Acesso em: 1 abr. 2022.

MICROFUSÃO DO BRASI – FUNDIÇÃO DE PRECISÃO. Site MultDivision. Base de dados MbGroup. Disponível em: <<https://mbgroup.com.br/pt-br/>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

ENSAIO DE METALOGRAFIA – O QUE É E PARA QUE SERVE? Blog Monferrato Soluções em Ferro e Aço. Base de dados Monferrato. Disponível em: <<https://monferrato.com.br/ensaio-de-metalografia-o-que-e-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

AÇO CARBONO: O QUE É, QUAIS SEUS BENEFÍCIOS E ONDE ENCONTRÁ-LO. Blog O Sucateiro. Base de dados oSucateiro.com. 30 de Março de 2020. Disponível em: <<https://osucateiro.com/blog/aco-carbono>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

ABC DO AÇO INOX. Site Associação Brasileira do Aço Inoxidável. Base de dados ABINOX. Disponível em: <<https://www.abinox.org.br/site/aco-inox-abc-do-aco-inox.php>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

DEFINIÇÃO – O QUE É ELEMENTOS DE LIGA. Blog CIMM. Base de dados CIMM. Copyright 1997-2022. Disponível em: <<https://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/583-elementos-de-liga>>. Acesso em: 1 mai. 2022.

METALOGRAFIA TESTMAT – REAGENTE MICROSCOPIA E ANÁLISE METALOGRÁFICA. Blog TESTMAT. Base de dados Tesmat. Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/testmat.com.br/artigo_tecnico/metalografia-preparacao-reagente/amp/>. Acesso em: 6 mai. 2022.

ENSAIOS MECANICOS. Site Instituto tecnológico de ensaios LTDA. Base de dados ITEN. Disponível em: <<https://www.itensp.com.br/ensaios-mecanicos#:~:text=Os%20ensaios%20mec%C3%A2nicos%20s%C3%A3o%20m%C3%A9todos,em%20v%C3%A1rias%20condi%C3%A7%C3%B5es%20de%20uso>>. Acesso em: 7 mai. 2022.

ENSAIO METALOGRAFICO. Site PROAQT – Laboratório de Materiais. Base de dados PROAQT. Disponível em: <<https://www.proagt.com.br/ensaio-metalografico#:~:text=O%20ensaio%20metalogr%C3%A1fico%20%C3%A9%20utilizado,propriedades%20qu%C3%ADmicas%20mec%C3%A2nicas%20e%20f%C3%ADsicas>>. Acesso em: 13 mai. 2022.

RITONI, Márcio; MEI, Paulo Roberto; MARTINS, Marcelo. Efeito do tratamento térmico de solubilização na microestrutura e nas propriedades de impacto do aço inoxidável superaustenítico ASTM A 744 Gr. CN3MN. [internet] Minas Gerais. Metalurgia Física. Rem: Rev. Esc. Minas 63 (1). Mar 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rem/a/FnrFR54C789K5r9DqDMv7Bx/?lang=pt#:~:text=O%20tratamento%20t%C3%A9rmico%20de%20solubiliza%C3%A7%C3%A3o,solu%C3%A7%C3%A3o%20s%C3%B3lida%20na%20matriz%20austen%C3%ADtica.>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

TIPOS DE AÇO E SUA CLASSIFICAÇÃO – NORMAS SAE/AISI/ ABNT. Blog Gerdau o futuro se molda. 18 de Março de 2020. Base de dados Gerdau. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/blog-acos-especiais/tipos-de-aco-e-sua-classificacao#:~:text=Os%20sistemas%20de%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20de,dados%20em%20porcentagem%20em%20peso.>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

FIEMG, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais. Guia de Boas práticas do setor de Fundição. [internet]. [41 páginas]. Disponível em: <<https://www.sifumg.com.br/wp-content/uploads/2016/02/cartilha-de-fundicao.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2022.

CLASSIFICAÇÃO SAE DOS AÇOS. Blog Gelson Luz. Atualização 2022. Base de dados Gelson Luz. Disponível em: <<https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/12/classificacao-sae-dos-acos.html>>. Acesso em: 21 mai. 2022.

GONÇALVES, Eduardo. ENSAIOS DE DUREZA: QUAL O MAIS INDICADO PARA CADA MATERIAL? Blog MCCDM DEMa/ UFSCar. 20 de Maio de 2020. 2022 © CCDM. Base de dados MCCDM DEMa/USFCar. Disponível em: <<http://www.ccdm.ufscar.br/2020/05/20/ensaios-de-dureza-qual-o-mais-indicado-para-cada-material/>>. Acesso em: 21 mai. 2022.

17-4PH (UNS S17400 – DIN 1.4542). Blog Nicroalloy. Nicroalloy – 2017. São Paulo. Base de dados Nicroalloy. Disponível em: <<http://nicroalloy.com.br/17-4ph/>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

JUNIOR, Adair Borro. ENGENHARIA DE APLICAÇÃO – AÇO 17-4PH (630 COGNE) PARA EIXOS DE BOMBAS. Blog Metalinox Aços Inoxidáveis Especiais. Base de dados Metalinox. São Paulo/SP. Disponível em: <<https://www.metalinoxsp.com.br/engenharia-aplicacao-aco-17-4-ph-630-cogne-eixos-bombas>>. Acesso em: 27 mai. 2022.