

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

**FABRICIO APARECIDO BARBOSA DA SILVA
INGRIDY LETICIA SURNOGHIO
MANOEL DOS SANTOS JUNIOR**

INFLUÊNCIA DA PEDRA DEGASCOB SOBRE A LIGA ZAMAC

Limeira – SP

2022

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

**FABRICIO APARECIDO BARBOSA DA SILVA
INGRIDY LETICIA SURNOGHIO
MANOEL DOS SANTOS JUNIOR**

INFLUÊNCIA DA PEDRA DEGASCOB SOBRE A LIGA ZAMAC

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Técnico em Metalurgia, da Escola Técnica Trajano Camargo de Limeira, sob a orientação dos Prof. João Augusto Montesano

Limeira - SP

2022

AGRADECIMENTOS

- À Família

Agradecemos à nossa família pelo apoio e paciência durante a realização deste trabalho para nossa formação como profissional técnico.

- Aos Professores (as), Coordenadores (as)

Agradecemos à Coordenação do Curso e a todos os Professores que acompanharam e incentivaram a conclusão desta jornada, pois foram essenciais à nossa formação como profissional e evolução pessoal.

- Aos Colegas de Turma

Agradecemos a todos os alunos da nossa sala que estiveram conosco durante esta árdua tarefa e que são, com certeza, parte dessa vitória.

- As empresas JBF, Alcântara Distribuidora, Moligraco, Labteste - Laboratório Metalúrgico (Profº Edenil).

Agradecemos as empresas pelo fornecimento dos materiais necessários à confecção do nosso projeto, por facilitar aquisição do material utilizado no trabalho.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso da escola Etec. Trajano Camargo, aborda o estudo da liga Zamac e seus desgaseificantes para a purificação da liga, suas alterações e melhoria. O objetivo é a liberação de gases e eliminação das porosidades e suas propriedades mecânicas. Os tratamentos empregados sobre a liga vêm da aplicação do desgaseificante Degascob e o escorificante LA 1002, e analisado suas microestruturas e componentes tem se a nitidez de suas alterações. O estudo experimental foi feito através de metalografia e análise de porosidade nas amostras, com o objetivo de quantificar e comparar os resultados. Ao realizar os testes com as amostras é possível observar a mudanças de percentual de porosidade sobre a aplicação da pedra Degascob, apontando uma quantidade de porosidade elevada, em grandes níveis, visando um diferencial de dureza 43 Rockwell B (HRB). Já o escorificante LA1002 ressaltou um reaproveitamento da escória sobre a liga, revelando um baixo ponto de poros, destacando uma dureza de 48 Rockwell B removendo as impurezas ideais sobre a reutilização de refugos, retrabalhos, aumentando assim sua economia no custo.

Palavras-chave: Zamac, Degascob, Desgaseificante, Escorificante.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 1.1 Objetivo geral..... | 8 |
| 1.2 Objetivo específicos | 8 |
| 1.3 Justificativa..... | 8 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 9 |
| 2.1 O Que é Degascob..... | 9 |
| 2.1.1 Onde e como a pedra Degascob é usada..... | 9 |
| 2.1.2 Desgaseificação | 11 |
| 2.2 O que é Liga Zamac | 12 |
| 2.2.1 Onde surgiu a liga Zamac | 13 |
| 2.2.2 Tipos de peças usando liga zamac | 13 |
| 2.2.3 Propriedades Mecânicas da liga Zamac | 14 |
| 2.2.4 Zamac 2 | 15 |
| 2.2.5 Zamac3 | 15 |
| 2.2.6 Zamac 5 | 15 |
| 2.2.7 Zamac 6 | 15 |
| 2.2.8 Zamac 7 | 15 |
| 2.2.9 Zamac 8 | 15 |
| 2.3 Elementos da Liga Zamac..... | 16 |
| 2.3.1 Zinco | 16 |
| 2.3.2 Alumínio | 16 |
| 2.3.3 Cobre | 17 |
| 2.3.4 Magnésio..... | 17 |
| 2.4 Tipos De Fornos Usados Na Liga Zamac..... | 18 |
| 2.5 Processo De Fusão Da Liga Zamac | 20 |
| 2.5.1 Fundição por centrifugação | 20 |
| 2.5.2 Fundição por gravidade | 20 |
| 2.5.3 Fundição de Injeção sob pressão | 20 |
| 2.6 Estudos Sobre A Microfusão | 21 |
| 2.7 Vantagens Da Liga Zamac..... | 21 |
| 2.8 Principais Defeitos na Liga Zamac..... | 22 |
| 2.8.1 Porosidade e micro porosidade | 22 |
| 2.8.2 Rechupes e micro rechupes | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 2.8.3 Juntas frias ou mal ligado..... | 23 |
| 2.8.4 Mal Cheios..... | 23 |
| 2.8.5 Inclusões..... | 23 |
| 2.8.6 Marcas de fluxo..... | 23 |
| 2.8.7 Fissuras..... | 24 |
| 2.9 Escorificante Para Liga Zamac Fluxo ZA 1002 | 24 |
| 3 METODOLOGIA..... | 25 |
| 3.1 Materiais Utilizados Para A Realização Dos Ensaios | 25 |
| 3.2 ANALISE DE DADOS | 32 |
| 3 CONCLUSÃO..... | 40 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |

1 INTRODUÇÃO

O objetivo do TCC é destacar os processos de desgaseificação na liga zamac visando meios de limpezas e escorificantes ideais para a melhor qualidade na liga e em sua produção, trazendo uma boa resistência à corrosão etração. Sendo uma liga com bom reaproveitamento de refugo, passando por processos de desgaseificação, que é o processo físico da liberação de gases.

1.1 Objetivo geral

A aplicação do Degascob é feita na liga zamac em estado líquido (fundido), contendo reações químicas formada no metal liquido, levando os gases para a superfície, utilizado para limpeza de possíveis contaminantes, em reaproveitamento de peças fora do especificado e canais de injeção, deixando a liga com menos gases, diminuindo os defeitos da porosidade nas peças.

Já o Escorificante LA1002 é utilizado para o reaproveitamento da escoria (borra), sendo aplicado escorificante (LA1002) diretamente na escoria liquida, eliminando toda a impureza e separando assim a liga da escoria com maior reaproveitamento visando à redução de custo.

1.2 Objetivo específicos

O propósito para esse TCC é devido ao reprocesso da reutilização dos refugos utilizados em grandes quantidades na liga no dia a dia, formando aspectos de porosidade e escoria sobre a liga, deixando-a mais frágil, com poros, sobre os materiais fundidos. Com tudo, visando um tratamento de desgaseificação e purificação, aumentando assim a qualidade e a reutilização da liga mais viável.

1.3 Justificativa

Ao analisarmos os testes, concluímos as diferenças nas alterações de cada aplicação, no Lingote, Refugo (Dia a dia) e Borra, mostrando que apenas 1 escorificante foi mais viável para a purificação da liga Zamac. Cronograma realização da preparação da areia verde, moldando na caixa de molde com os modelos de madeira, aplicando uma temperatura de fusão de 440°C na liga Zamac z8, realizando o vazamento e a preparação das amostras, analisando sua microestrutura e comparando suas alterações.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Que é Degascob

Degascob é uma pedra purificadora com uma formacilíndrica, parecida com areia de formigueiro. A função deste material degascob (pedra purificadora) é de desgaseificar (retirar os gases do metal). Existe uma reação química formada no metal líquido, levando os gases para a superfície. Ela deixa a liga com menos gases, diminuindo os defeitos dos poros nas peças, com isso o degascob borbulha quando entra em contato com a liga.

A imagem abaixo, mostra como é uma pedra Degascob.

Figura 1–DEGASCOB



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.1.1 Onde e como a pedra Degascob é usada

O Degascob é usado na liga Zamac z8 e z5 (até agora única liga que utilizamos). Para a aplicação da pedra na liga, utilizamos uma barra de ferro, com uma superfície fina (uma ponta) ao qual encaixamos a pedra e colocamos dentro do forno (na liga), mantendo-a dentro do cadinho, para que não suba até terminar a desgaseificação.

A foto abaixo mostrara passo a passo da desgaseificação da pedra degascob em contato com a liga.

Figura 2 - APLICAÇÃO DO DEGASCOB NA LIGA ZAMAC Z8.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 3 - LIBERAÇÃO DOS GASES.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 4 - RETIRADA DA PEDRA E DA BORRA.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 5 - FINALIZAÇÃO DA PURIFICAÇÃO, LIGA LIMPA.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.1.2 Desgaseificação

Desgaseificação é o processo físico da lenta liberação de gases quando presos, de materiais congelados, absorventes ou adsorventes. Este processo pode incluir a sublimação e a evaporação que são transições de fases de uma substância para a fase gasosa, assim como a dessorção que infiltra por fendas ou volumes internos e produtos gasosos de lentas reações químicas. A ebulição é geralmente descrita como

um fenômeno em separado uma vez que ocorre muito mais rapidamente. (DESGASEIFICA, 2019)

2.2 O que é Liga Zamac

O Zamac, também conhecido como Zamak, é uma liga composta de zinco com alumínio, magnésio e cobre. Tem dureza, alta resistência à tração e por isso é uma liga metálica bastante utilizada na produção de peças para indústrias dos mais variados segmentos. (ZAMAC)

Cada elemento tem sua função na liga Zamac, o Alumínio aumenta sua fluidez, refina o grão, evita formação de composto intermetálico de ferro e zinco, aumenta a resistência mecânica e dureza do zinco; cobre aumenta a resistência mecânica, à corrosão, à fluência e a dureza da liga, diminuindo sua ductilidade; Magnésio diminui a susceptibilidade à corrosão intergranular causado pelas impurezas. (ENGENHEIRO DE MATERIAIS, 2018)

Entre todas as ligas metálicas não ferrosas, os componentes zamac possuem extensa aplicação, por causa de suas propriedades físicas e mecânicas. Além disso, o zamac possui fácil capacidade de revestimento por eletrodeposição, ou seja, banho de níquel, cobre, cromo, passivação e pinturas à pó e líquida entre outros. Como conta com um baixo ponto de fusão, a aproximadamente 400° C, proporcionando assim economia de energia, permitindo uma durabilidade maior da ferramenta. Desse modo, é possível produzir altos volumes de peças fundidas. (MICROPARTS)

As ligas Zamac possuem também uma faixa estreita de solidificação, permitindo moldagens com tempos de ciclo muito rápidos, apresentam ótima fluidez e são facilmente revestidas por pintura ou eletrodeposição. Tudo isso possibilita a obtenção de peças de formato complexo, com ótimo acabamento superficial, sem defeitos, com bom desempenho, elevada produtividade e sem desgastar muito o ferramental em contato com o material. (ENGENHEIRO DE MATERIAIS, 2018)

A figura abaixo mostra seu ponto de fundição da barra Zamac.

Figura 6 - LIGA ZAMAC.



Fonte: ZAMAC - METAL MARKET, 2021.

2.2.1 Onde surgiu a liga Zamac

Descoberta no final dos anos 1930, a liga metálica Zamac é muito utilizada em todo o mundo e sua obtenção somente é possível através da união de quatro elementos principais: Zinco, Alumínio, Magnésio e Cobre. Aliás, como podemos perceber com facilidade, o nome “Zamac” é resultado das letras iniciais destas quatro ligas metálicas. (ZAMAC)

2.2.2 Tipos de peças usando liga zamac

O Zamac é utilizado para a produção de peças de metal para a indústria da moda tais como argolas, enfeites, fivelas, enfeites, passadores, mosquetão e pingentes. Indústria de móveis tais como puxadores, suportes, pés, cabineiros, fixadores e acabamentos para móveis. Indústria do segmento automotivo tais como peças para automóveis, moldes e componentes. Indústria metalúrgica tais como parafusos, rebites, fixadores e peças especiais. Indústria de ferragens tais como fechaduras, dobradiças, cadeados, mancal, molas. Indústria linha branca tais como tampas de motor, cantoneiras e dobradiças para refrigeradores. Indústria de torneiras e metais sanitários tais como torneiras, chuveiros, registros e duchas. Indústria de artigos religiosos tais como medalhões, crucifixo, pingentes e medalhas. Indústria de brindes, chaveiros e troféus. Indústria de aviamento tais como botões de calça, alça de sutiã e

rebites. Indústria de lacre tais como lacres para envelopes, lavres para sacos plásticos, lacres personalizados, fita lacre de segurança e lacres com dispositivo de trava. Indústria náutica tais como cata-ventos, bases e suportes. Indústria de telecomunicações tais como buchas, cantoneiras, caixas elétricas, componentes e alto falantes. (ZAMAC.COM. BR).

2.2.3 Propriedades Mecânicas da liga Zamac

O Zamac é uma Liga de Zinco composto por 4 (quatro) componentes básicos para sua formação: Alumínio (Al), Cobre (Cu), Magnésio (mg) e Zinco (Zn), e com base nessa composição, formam variadas Ligas a serem utilizadas nos mais diversos ramos de atividade. (SHANGRI METAIS).

Estas ligas são caracterizadas por suas propriedades mecânicas, aliadas a baixos custos de fabricação, boa resistência à corrosão, tração, choques e desgastes. Fácil injeção proporciona obtenção de superfícies lisas e complexas. (MARTINELLI. 2019).

Possui boa resistência à corrosão, tração, choques e desgastes, e tem uma tonalidade cinza. Dentre todas as ligas de metais não ferrosos, o zamac é uma das que possuem maior utilização, devido às suas propriedades físicas, mecânicas e à fácil capacidade de revestimento por eletrodeposição (banho de cromo, níquel, cobre e ouro). O seu baixo ponto de fusão (aproximadamente 400°C) permite uma maior durabilidade do molde, permitindo uma maior produção de peças em série fundidas. Seu preço elevado nos últimos tempos tem feito com que o zamac fosse substituído em larga escala pelo alumínio, que, além de ter menor densidade (peças mais leves, menor uso de material), tem atualmente preço bem inferior. (TRATHO METAL).

O principal motivo para a fundição do material ser tão favorecida, já mencionado, é seu baixo ponto de fusão, que faz com que sua fundição demande pouca energia e possa ser realizada em moldes metálicos permanentes por técnicas de maior qualidade do que a fundição convencional em areia, tais como injeção e centrifugação. As ligas Zamac possuem também uma faixa estreita de solidificação, permitindo moldagens com tempos de ciclo muito rápidos, apresentam ótima fluidez e são facilmente revestidas por pintura ou eletrodeposição. Tudo isso possibilita a obtenção de peças de formato complexo, com ótimo acabamento superficial, sem defeitos, com bom desempenho, elevada produtividade e sem desgastar muito o ferramental em contato com o material. (BRAGA, 2015).

2.2.4 Zamac 2

Possui a maior dureza e resistência à tração, ocasionado pelo elevado teor de cobre. Pela mesma razão, é frágil e possui baixa resistência ao impacto, o que limita seu uso. (BRAGA, 2015).

2.2.5 Zamac3

Ótima combinação entre resistência, fundibilidade e facilidade de pintura. Possui maior estabilidade dimensional que o Zamac5. (BRAGA,2015).

Resistência a tração, porém com grande resistência a choque e grande ductilidade. Conserva dimensões e todas suas propriedades mecânicas, ao envelhecimento, quanto à resistência à corrosão geral. (TRATHO METAL).

2.2.6 Zamac 5

Diferencia-se do Zamac 3 pela adição de Cu, que aumenta a resistência mecânica e dureza em detrimento do alongamento. Possui a maior resistência à fluência da família. Junto com o Zamac 3, é uma das ligas mais usadas para fundição sob pressão. (BRAGA,2015).

2.2.7 Zamac 6

Mais fácil de moldar, recomendada quando a conservação das propriedades não é importante. (TRATHO METAL).

2.2.8 Zamac 7

Muito usado mundialmente, já que é requerido quando se necessita de tratamento de superfície. Possui elevada fluidez e pode ser trabalhado em baixa temperatura, culminando em peças com excelente acabamento superficial. (BRAGA,2015).

2.2.9 Zamac 8

Utilizado para fundição em centrífuga. (TRATHO METAL).

Tabela 1
PROPRIEDADES MECÂNICAS

| Ligas de Zamac | ZAMAC 03 | ZAMAC 05 |
|--|----------|-----------|
| Limite de escoamento (kgf/mm ²) | 25-29 | 29-33 |
| Módulo de elasticidade (kgf/mm ²) | 8.500 | 9.600 |
| Alongamento (%) | 3-8 | 3-6 |
| Resistência ao choque – charpy (kgf/cm ²) | 10-12 | 10.5-12.5 |

Fonte: SHANGRI METAIS

2.3 Elementos da Liga Zamac

Zamac ou Zamak é a denominação genérica de diversas ligas metálicas, contendo basicamente zinco (Zn), Alumínio (Al), Magnésio (Mg) e Cobre (Cu). O nome Zamak vem de Zink-Aluminium-Magnesium-Kupfer (zinco, alumínio, magnésio e cobre, em alemão, respectivamente). Mas, no Brasil é mais utilizada a nomenclatura com o final C (Zamac). (MARTINELLI, 2019).

2.3.1 Zinco

O zinco é um metal relativamente denso, que apresenta excelente durabilidade. As ligas de zinco para fundição também são mais resistentes mecanicamente do que a maioria dos outros materiais. As peças fundidas em ligas de zinco, além de excelente resistência a várias condições agressivas, possuem ótima qualidade e baixo custo de produção. Elas apresentam resistência considerável à corrosão e ao desgaste. (MARKE, 2021).

2.3.2 Alumínio

Alumínio é o segundo elemento com maior proporção nas Ligas Zamac. Aumenta sua fluidez, refina o grão, evita formação de composto intermetálico de ferro e zinco, o qual aumenta o desgaste das ferramentas e máquinas que processam o Zamac. Além disso, aumenta a resistência mecânica e dureza do zinco. (BRAGA, 2015).

2.3.3 Cobre

Cobre aumenta a resistência mecânica, à corrosão, à fluência e a dureza da liga. Por outro lado, diminui sua ductilidade.(BRAGA, 2015).

2.3.4 Magnésio

Magnésio diminui a susceptibilidade à corrosão intergranular causado pelas impurezas. Não deve exceder muito 0,06% porque pode comprometer o alongamento da peça, ocasionar fragilização a quente e diminuir a fluidez.(BRAGA, 2015).

Tabela 2

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

| | Zamac 3 | Zamac 5 | Zamac 8 |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Zinco (mín) | 95,4965% | 94,4965% | 92,1660% |
| Chumbo (máx) | 0,0040% | 0,0040% | 0,0050% |
| Ferro (máx) | 0,0350% | 0,0350% | 0,0035% |
| Estanho (máx) | 0,0015% | 0,0015% | 0,0020% |
| Cadmio (máx) | 0,0030% | 0,0030% | 0,0050% |
| Cobre | 0,10 % (máx) | 0,7 à 1,1 % | 0,9 à 1,3% |
| Alumínio | 3,9 à 4,3 % | 3,9 à 4,3% | 8,2 à 8,8% |
| Magnésio | 0,03 à 0,06% | 0,03 à 0,06% | 0,02 á 0,03% |

Fonte: TRATHO METAL QUÍMICA

As ligas de zamac são usadas para fundição em moldes de areia, em coquilhas e sobretudo para fundição sob pressão. O zamac deve ser produzido com zinco puro 99,9%, alumínio 99,5% e cobre 99,9%. A presença de alumínio serve para inibir o ataque dos metais ferrosos (o zinco possui forte tendência para atacar o aço), para afinar a granulação e tornar a liga mais resistente, e também para melhorar sua fluidez enquanto fundida. As ligas de zamac são semelhantes nas características gerais, mas cada uma delas é preparada para favorecer uma determinada propriedade. O zamac 3 tem elevada plasticidade, flexibilidade e resistência ao impacto, especialmente próprio para peças complicadas, mantém suas dimensões com o envelhecimento, indicado para peças de precisão. O zamac 5 tem uma resistência à tração mais elevada; é menos propenso ao desgaste, porém é menor sua resistência de flexão ao impacto e constância dimensional. (TRATHO METAL).

2.4 Tipos De Fornos Usados Na Liga Zamac

Tipos de forno para fundição de zamac, dentre eles, fornos a cadinho fixos ou basculantes (manual ou hidráulico); o forno para fundição zamac utilizando sempre materiais e componentes de altíssima qualidade, como chapas e perfis de aço carbono reforçados, o forno para fundição possui revestimento desenvolvido para proporcionar um excelente isolamento térmico aliado a uma alta resistência mecânica e um eficiente sistema de aquecimento e controle de temperatura, os fornos são pensados e produzidos para proporcionar economia, robustez e eficiência no processo produtivo. Vantagens tais como, baixo consumo de combustível, baixa perda térmica, velocidade de fusão do material, economia de metal, controle de emissão de gases, controle de temperatura do banho metal e segurança na operação do equipamento. O forno de fusão para zamac também pode ser a gás, a óleo ou elétrico, como a temperatura de fusão é na ordem de 400°C normalmente usamos cadinhos metálicos para os pequenos volumes e concreto refratário para os grandes volumes. (MAX FORNOS).

A figura abaixo mostra tipos de fornos utilizados na fundição em geral

Figura 7 : TIPOS DE FORNOS.



Fonte: MAX FORNOS.

2.5 Processo De Fusão Da Liga Zamac

Zamac 2: Fundição sobre pressão e coquilhas

Zamac 3: Fundição sobre pressão e coquilhas. Ideal para peças de menor porte e precisão em medidas

Zamac 5: Fundição sobre pressão e coquilhas. Ideal para peças de maior porte

Zamac 6: Fundição em coquilha e na areia. Ideal para peças grandes

Zamac 8: Fundição em centrifuga. (SHANGRI METAIS).

2.5.1 Fundição por centrifugação

A fundição de Zamac por centrifugação ocorre em moldes produzidos em silicone, um silicone especial industrial. Produção pode ser realizada em menor escala, dependendo da necessidade do cliente. Quanto ao custo apresenta ótimo custo-benefício, inclusive com custo reduzido se comparar com moldes de aço que utilizam o processo de injeção sob pressão. A sua presença é forte nos setores de bijuterias, brindes, calçados, vestuário e acessórios e geral. (INFINITIMETAIS).

2.5.2 Fundição por gravidade

A fundição por gravidade, ou em molde permanente, é amplamente utilizada para a fabricação de metais com baixo ponto de fusão (zinco, alumínio, chumbo, magnésio) e possui este nome, pois o fluido vazado no molde sofre apenas ação da pressão hidrostática. Quanto aos moldes, eles são metálicos e comumente feitos de aço ou ferro fundido ligado de granulação fina, uma vez que possuem elevado ponto de fusão (DOYLE, 1978). Beeley (2001) acrescenta que esta técnica é utilizada para fabricação em grande escala de alumínio e outros metais com baixo ponto de fusão. Industrialmente, os moldes são em sua maioria compostos de duas partes, a de cima e a de baixo. Entretanto, a componente superior nem sempre é necessária. Este tipo de molde, por ser totalmente aberto, permite que o operador da fundição direcione o fluxo de material por toda a cavidade, minimizando a possibilidade de falta de preenchimento. Outra vantagem é que eles representam uma excelente alternativa econômica para a produção de placas de alumínio e bronze, principalmente (CAMPBELL, 2011).

2.5.3 Fundição de Injeção sob pressão

No processo de fundição e injeção sob Pressão, coloca-se o Zamac no forno a uma temperatura de 430°, onde ocorre a fundição desta matéria. Em seguida, um cilindro aciona o pistão de injeção, transportando o material já líquido até a matriz de aço,

dando a forma desejada à peça de Zamac. Máquinas Injetoras de Zamac sob Pressão, tem capacidade de fechamento e de injeção diferenciadas entre si, onde uma delas certamente irá atender a sua necessidade de produção, otimizando e dando melhor qualidade ao seu produto. No processo de fundição e injeção sob Pressão as grandes vantagens estão na larga durabilidade da matriz, que é feita de aço, e na qualidade final do produto. (LALOS)

A imagem a baixo dá exemplo de uma Injetora sob Pressão LM 200

Figura 8: INJETORA LM 200.



| Característica | Descrição |
|----------------------------|------------------------------------|
| Fechamento | 12 Toneladas |
| Capacidade de Injeção | 200 gr |
| Pressão sistema hidráulico | 80,0 bar |
| Consumo de energia | Forno 20,0 Kw trif. - Máquina 8 Kw |
| Altura do molde | Mínimo 100 mm - Máximo 190 mm |

Fonte: Lalos.com

2.6 Estudos Sobre A Microfusão

A microfusão é um processo de fundição de metais amplamente utilizado na indústria de adornos, jóias e de pequeno componente metalmeccânicos que apresentam geometrias com detalhes minuciosos onde a fabricação através de conformação ou usinagem não compensa devido à complexidade e ao alto custo de produção. (UFRGS. BR).

Por fim, cada etapa da microfusão e fundição exigem atenção e deve ser realizada seguindo as diretrizes internas. Afinal, é preciso seguir o controle de qualidade da empresa e diminuindo ao máximo a chance de existir alguns erros.

2.7 Vantagens Da Liga Zamac

1. Menor consumo de energia
2. Peças de alta precisão
3. Reprodução em escala

4. Ciclos de injeção mais rápidos
5. Melhores acabamentos
6. Tratamento de superfície. (ZAMAC, 2021)

2.8 Principais Defeitos na Liga Zamac

2.8.1 Porosidade e micro porosidade

A porosidade nas peças de zamac pode ter várias origens. Entre elas podem estar: ar devido à turbulência no enchimento da cavidade, má expulsão do ar da cavidade moldante ou devido aos lubrificantes e desmoldantes usados. É de salientar que os poros resultantes destas causas se apresentam sob a forma de cavidades com paredes lisas, sensivelmente esferoidais, sem comunicação para o exterior, como se pode observar na Figura 16 (WANG, TURNLEY, E SAVAGE 2011).

A porosidade pode ser controlada com a modificação da temperatura de vazamento do zamac, da velocidade de injeção, da pressão utilizada pela regulação da temperatura das moldações, pela utilização de diferentes desmoldantes e em diferentes quantidades e por um bom projeto do escape de ar nas moldações. Podem ainda ser usados sistemas de vácuo ou massalotes em casos em que seja necessário ter um melhor controlo deste defeito (CASTRO 2013; NETO 2007; WANG, TURNLEY, E SAVAGE 2011).

2.8.2 Rechupes e micro rechupes

Os rechupes são outros dos defeitos possíveis de encontrar e formam-se devido a contrações de volume do metal durante a solidificação. Estes tendem a aparecer mais freqüentemente nas zonas mais espessas da peça. Na Figura 17 é possível ver um exemplo de um rechupe numa peça fundida (Braga Jr; de Lima, Freitas, e Magalhães 2003).

Os rechupes podem ser solucionados com um melhor projeto da peça fundida, do sistema de gitagem e das zonas de alimentação. Por outro lado, é de notar que, mesmo que estes rechupes macroscópicos sejam evitados, a contração origina sempre micro rechupes que afetam as propriedades mecânicas. No entanto, estes são, muitas vezes, difíceis de eliminar ou diminuir. A pressão de compactação no final do ciclo de injeção pode, no entanto, reduzir a influência da contração do metal. É comum referir-se aos micros rechupes como porosidade devido à contração (AMARO 2009; DE LIMA, FREITAS, E MAGALHÃES 2003).

2.8.3 Juntas frias ou mal ligado

É outro dos defeitos comuns em fundição e podem aparecer sobretudo devido ao mau projeto do sistema de gijagem, à baixa colabilidade da liga, a uma baixa temperatura de vazamento do metal e a uma baixa velocidade de injeção. As juntas frias aparecem quando duas frentes de metal oxidado solidificam antes de se encontrarem. Têm a aparência de uma fenda e dependem na sua forma do grau de oxidação e da temperatura da liga na junta. Podem ser denominados de pontos frios ou fluxos mal unidos (DE LIMA, FREITAS, E MAGALHÃES 2003; NETO 2007).

2.8.4 Mal Cheios

Os mal cheios pertencem à classe de defeitos de forma, sendo, como o próprio nome indica, referente a um não total enchimento da cavidade da moldação. A elevada condutividade térmica das moldações contribui para o aparecimento destes defeitos, bem como os fatores referidos para as juntas frias. Os mal cheios podem ser identificados pela existência de esquinas boleadas ou na falta de material nas secções mais finas da peça. Pode ser solucionado pelo aumento da temperatura de vazamento, recorrendo a isolamentos nas zonas mais críticas das moldações e pelo cumprimento das regras de traçado no projeto da peça (BRAGA JR; DE LIMA, FREITAS, E MAGALHÃES 2003).

2.8.5 Inclusões

São defeitos caracterizados pelo aparecimento de partículas metálicas ou não metálicas nas peças fundidas finais. Podem ser originárias das moldações ou dos materiais refratários do cadinho ou de impurezas da liga e escória. Podem afetar as propriedades mecânicas das peças e dificultar a maquinagem (DE LIMA, FREITAS, E MAGALHÃES 2003; NETO 2007).

2.8.6 Marcas de fluxo

Por vezes, são visíveis nas peças, à superfície, vórtices, salpicos ou zonas laminadas no metal, como representado na Figura 18. É um defeito característico deste processo, sendo que estas marcas são consequência do trajeto do metal no enchimento da cavidade. Este pode ser minimizado pelo controlo da temperatura da moldação, redução do tempo de enchimento e usando revestimentos na moldação para reduzir a condutividade desta (EASTERNALLOYS INC. 2012).

2.8.7 Fissuras

A fissuração das peças pode ocorrer devido à conjugação da contração das peças com tensões residuais que ultrapassam a determinada temperatura, a tensão de rotura, devido a problemas na remoção das peças das moldações ou em operações pós injeção como o corte. As fissuras podem influenciar as propriedades mecânicas das peças, acelerar a corrosão e trazer problemas de estanquicidade (EASTERNALLOYS INC. 2012).

FIGURA 9 - DEFEITOS DE FUNDIÇÃO.



Figura 16 - Peça de fundição injetada com porosidades (Eastern Alloys Inc. 2012).

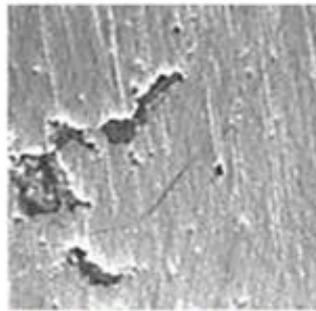


Figura 17 - Exemplo da forma de um rechupe numa peça fundida (Eastern Alloys Inc. 2012).

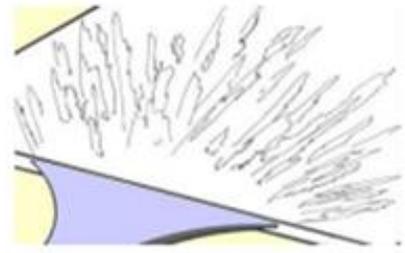


Figura 18 - Esquema de marcas de fluxo numa peça de fundição injetada. (Eastern Alloys Inc. 2012)

Fonte: JOÃO PAULO COSTA FERREIRA, JUNHO 2017

2.9 Escorificante Para Liga Zamac Fluxo ZA 1002

É principalmente aplicado como escorificante do ZAMAC quando em estado líquido (fundido). Utilizado para limpeza de possíveis contaminantes da liga, em refusão de peças fora de especificação e reaproveitamento de canais de injeção no forno. É também eficaz no reaproveitamento do sobrenadante dos fornos de fusão. Sua aplicação deve ser de cerca de 100 a 200g do produto para cada 100 Kg de ZAMAC fundido no forno. (MOLIGRACO.COM. BR).

Figura 10: FLUXO ZA 1002.



Fonte: MOLIGRACO

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais Utilizados Para A Realização Dos Ensaiois

- Barra virgem de Zamac z8
- Barra recuperada z8
- Desgaseificante Degascob
- Escorificante LA1002
- Areia Verde
- Caixa de molde
- Desmoldante
- Modelos de madeira
- Arco de Serra
- Cadinho
- Forno
- Politriz Lixadeira Metalográfica
- Embutidora Metalográfica Manual
- Microscópio - Metalográfica
- Durômetro

As figuras abaixo mostram a metodologia

Figura 11 - PREPARAÇÃO DA LIMPEZA DO CADINHO.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 12 - CORTE DAS BARRAS



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 13 - INICIO DA FUSÃO.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 14 - MISTURADOR DA AREIA VERDE.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 15 - PREPARAÇÃO DOS MODELOS.



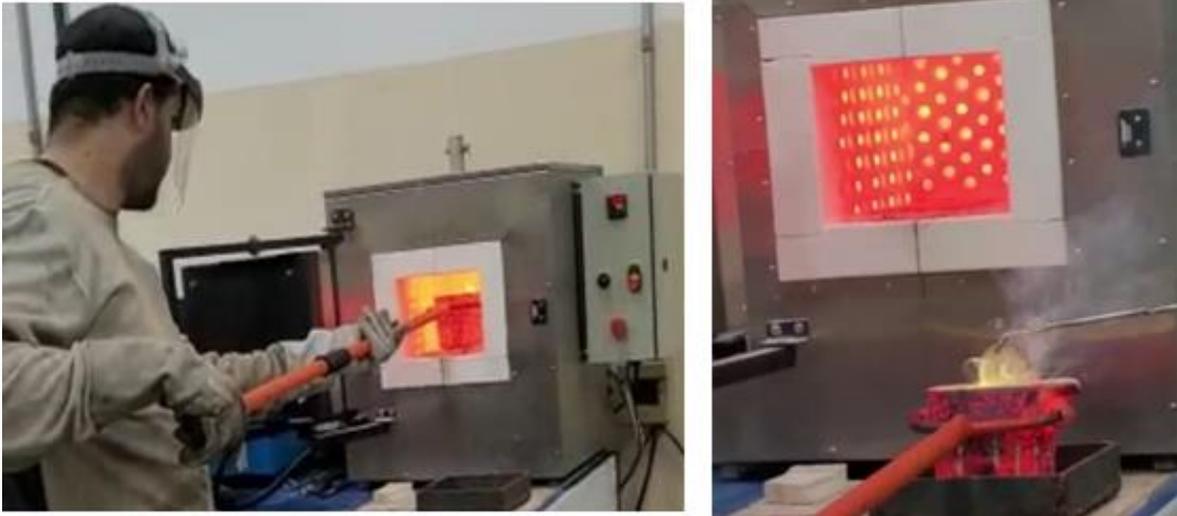
Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 16 - MOLDAGEM.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 17 - PURIFICAÇÃO DA LIGA COM O DEGASCOB.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 18 - PONTO DE FUSÃO 440°C.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 19 - REMOÇÃO DA ESCORIA.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 20 - VAZAMENTO DO MOLDE.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 21 - RESFRIAMENTO DO MOLDE.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 22 - PEÇAS DESMOLDADA.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 23 - PEÇAS COM ACABAMENTOS.

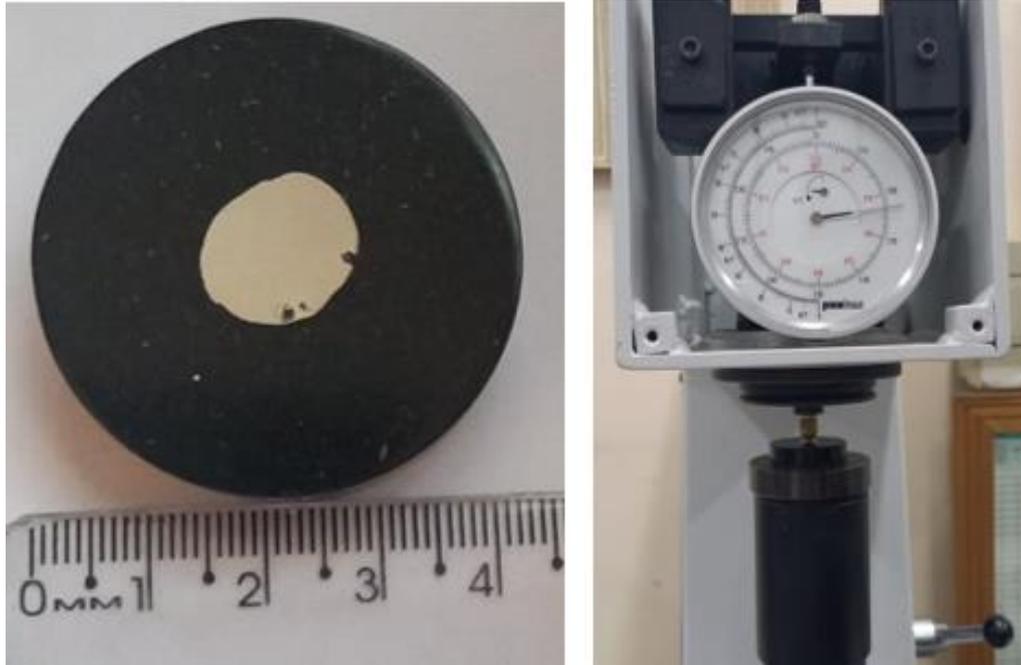


Fonte: PRÓPRIO AUTOR

3.2 ANALISE DE DADOS

Figura 24 - AMOSTRA 1 / LA1002/850°C – DUREZA 44,3 HRB

Aferição do durômetro com diferença de 8 pontos



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

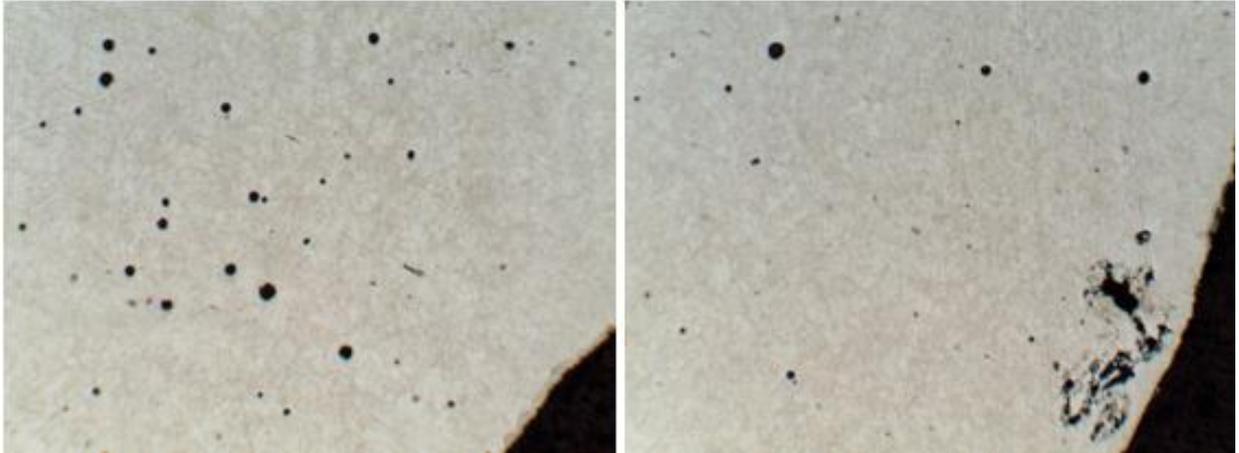
Microestrutura

Figura 25 – 50 μM E 100 μM - LA1002/850°C / NUCLEO DA PEÇA



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 26 – 50 μ M – LA1002/850°C / SUPERFICIE DA PEÇA



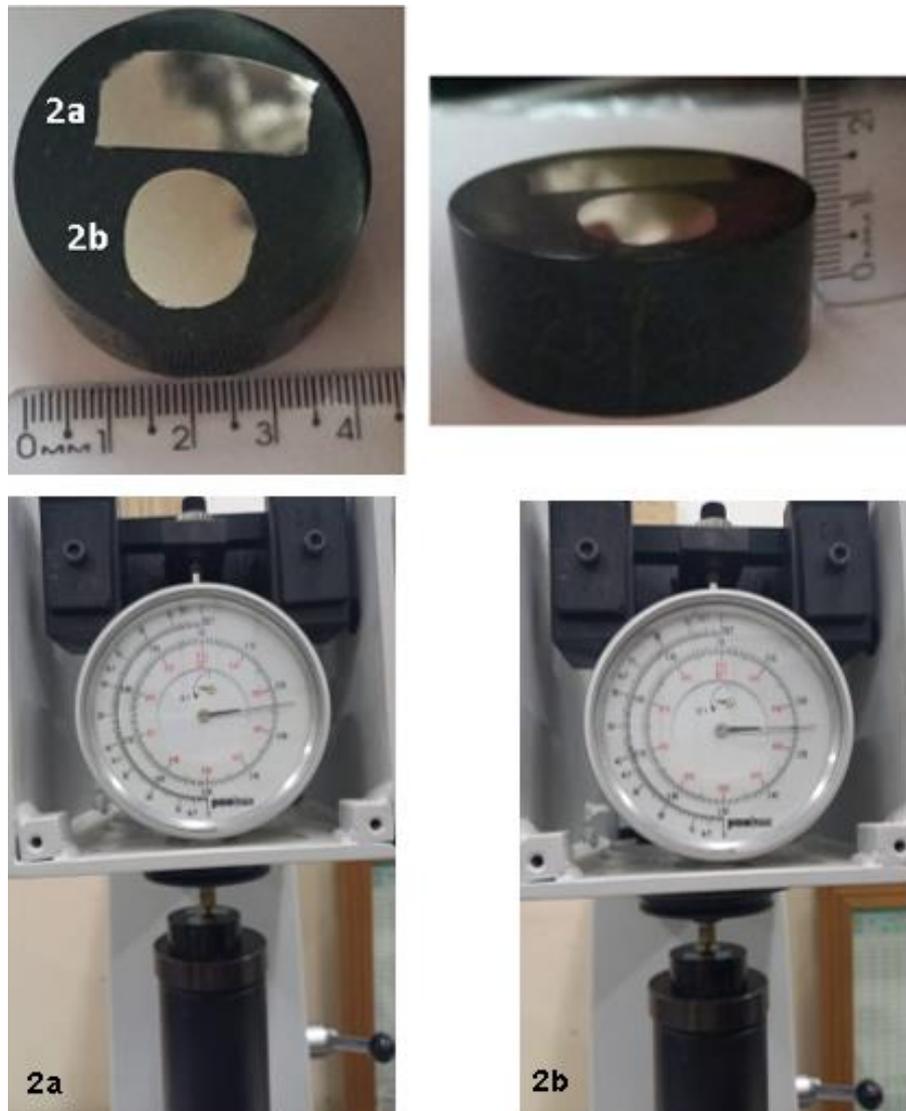
Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 27 - AMOSTRA 2

LA1002/450°C 2A – DUREZA 48 HRB

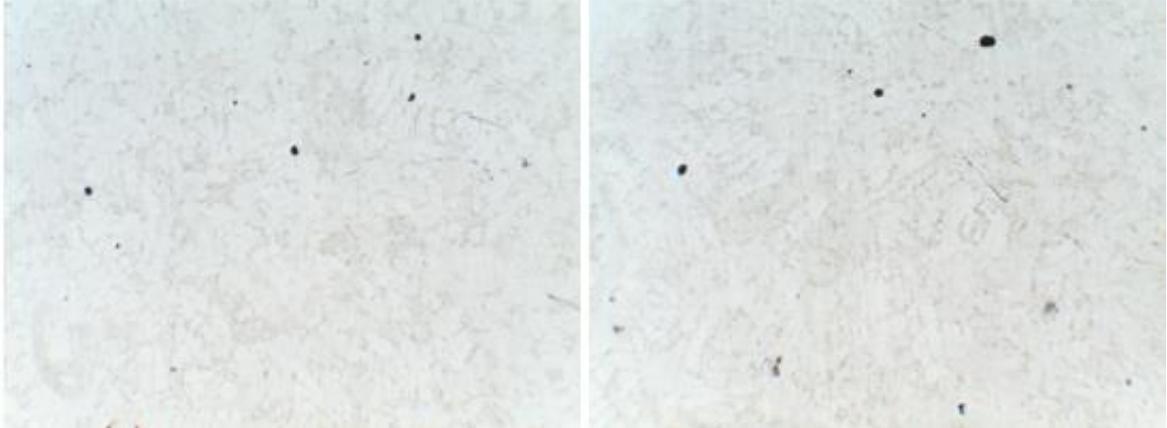
DEGASCOB/850°C 2B – DUREZA 47 HRB

Aferição do durômetro com diferença de 8 pontos

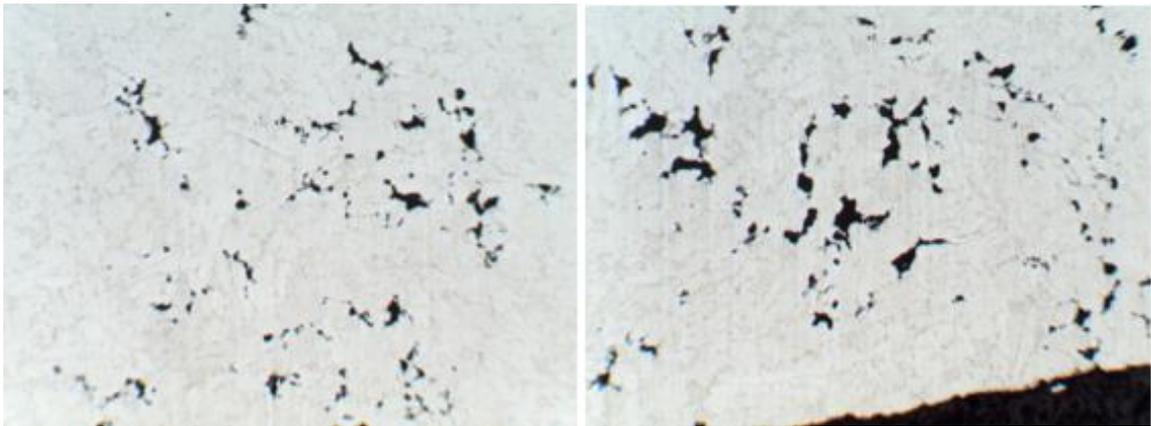


Fonte: PRÓPRIO AUTOR

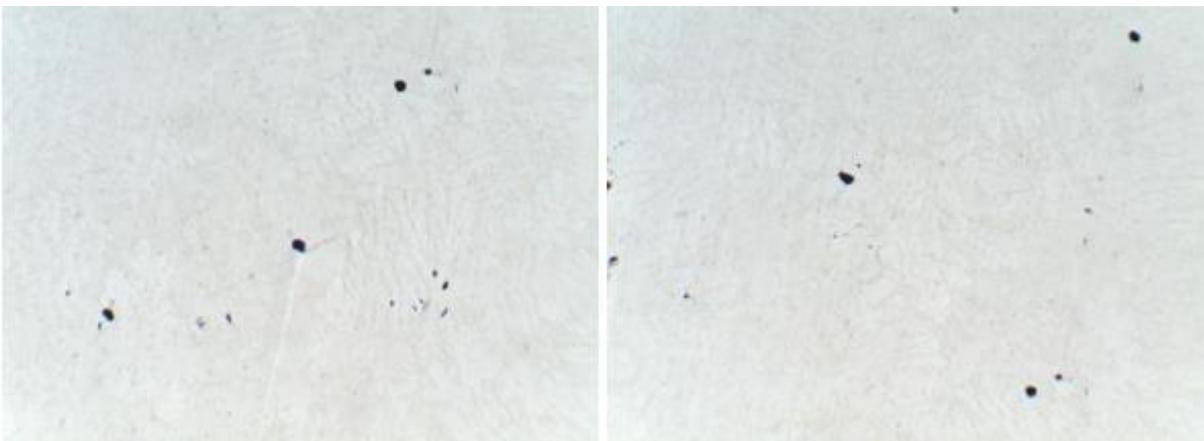
Microestrutura

Figura 28 – 50 μM – LA1002/450°C 2A – NÚCLEO DA PEÇA

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

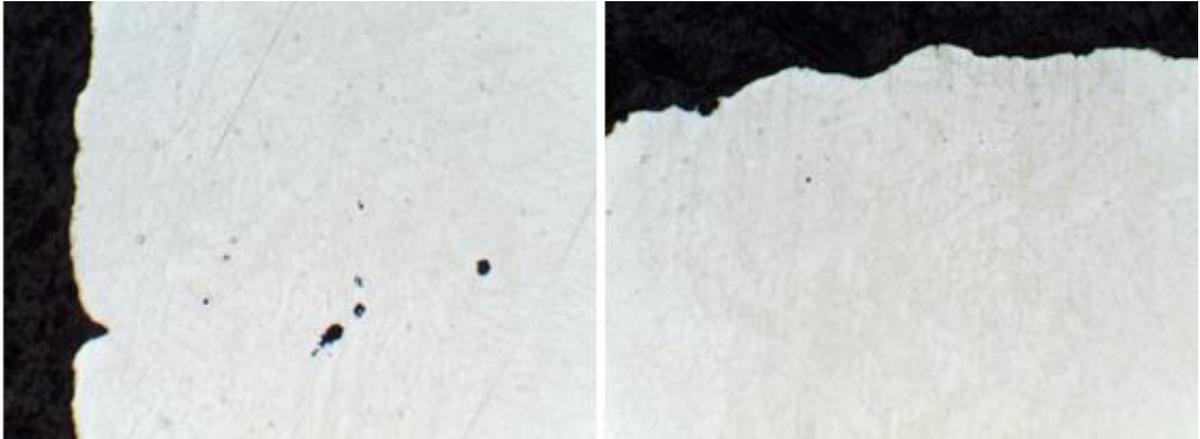
Figura 29 – 50 μM – LA1002/450°C 2A – SUPERFICIE DA PEÇA

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 30 – 50 μM DEGASCOB/850°C 2B – NÚCLEO DA PEÇA

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 31 – 50 μ M DEGASCOB/850°C 2B – SUPERFÍCIE DA PEÇA



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

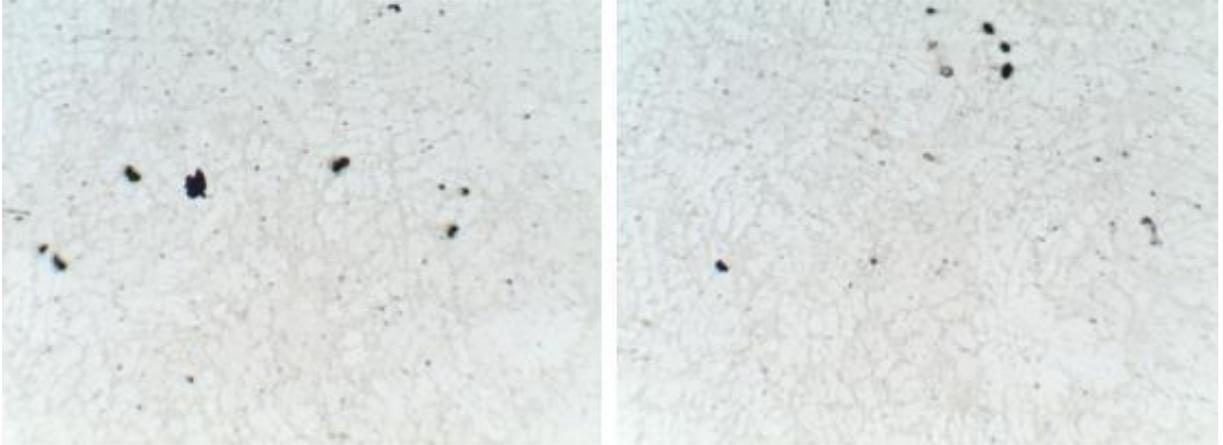
Figura 32 - AMOSTRA 3 – REFUGO (DIA A DIA)/450°C - DUREZA 43 HRB

Aferição do durômetro com diferença de 8 pontos

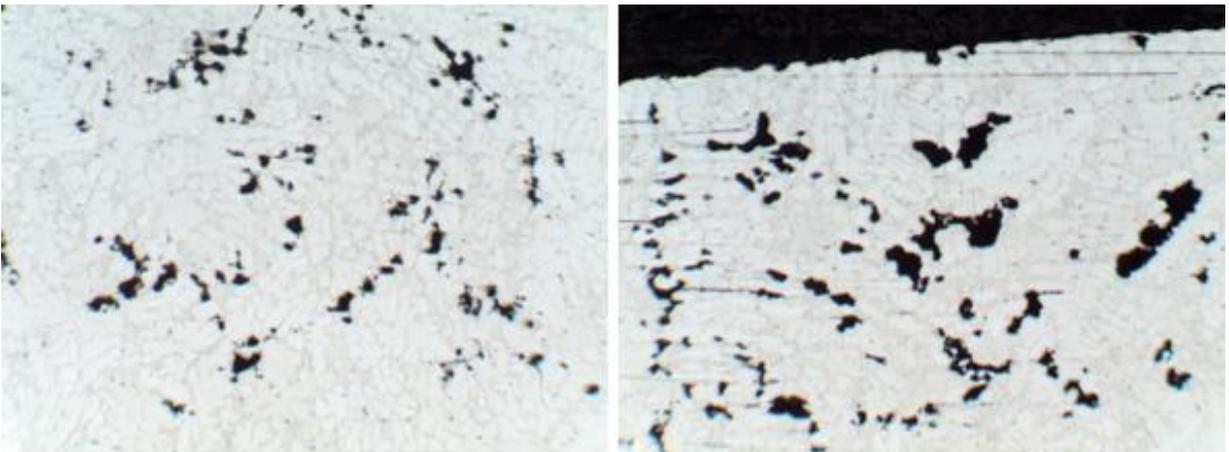


Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Microestrutura

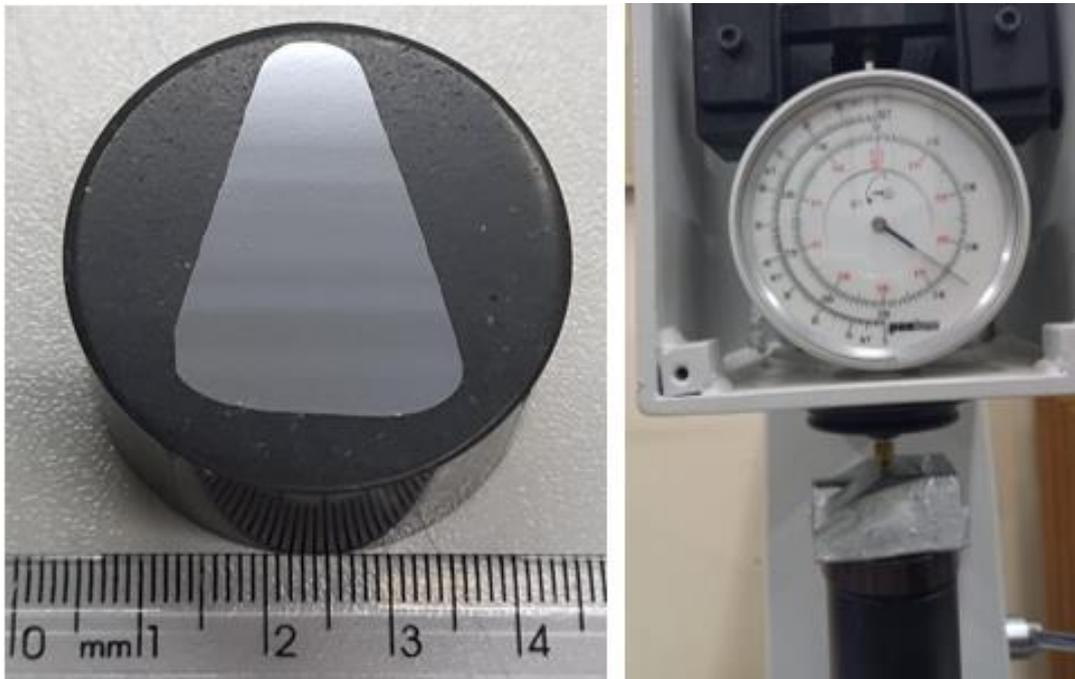
Figura 33 – 50 μM – REFUGO (DIA A DIA)/450°C – NÚCLEO DA PEÇA

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 34 – 50 μM – REFUGO (DIA A DIA)/450°C – SUPERFICIE DA PEÇA

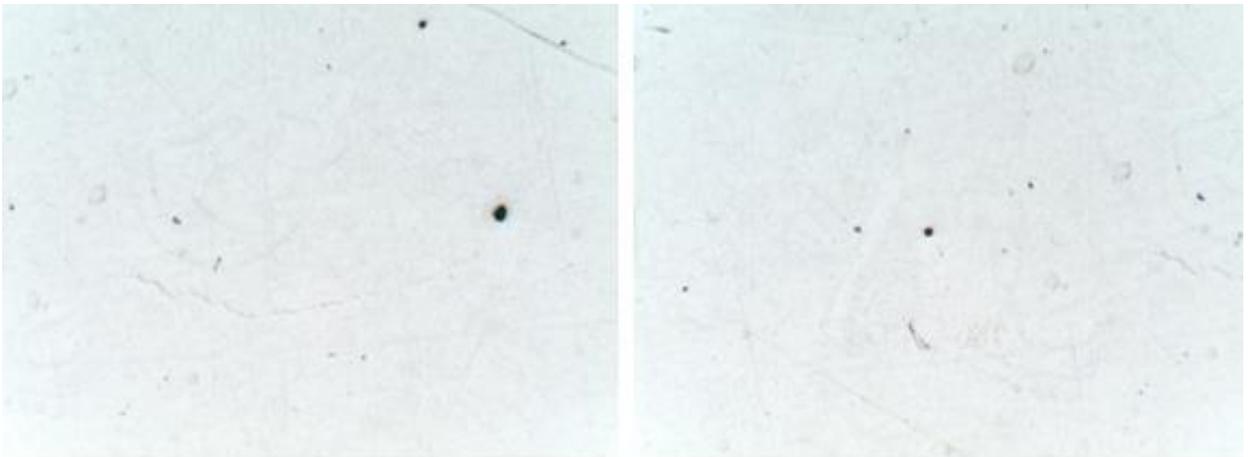
Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 35 - AMOSTRA 4 – LINGOTE - DUREZA 57 HRB
Aferição do durômetro com diferença de 8 pontos



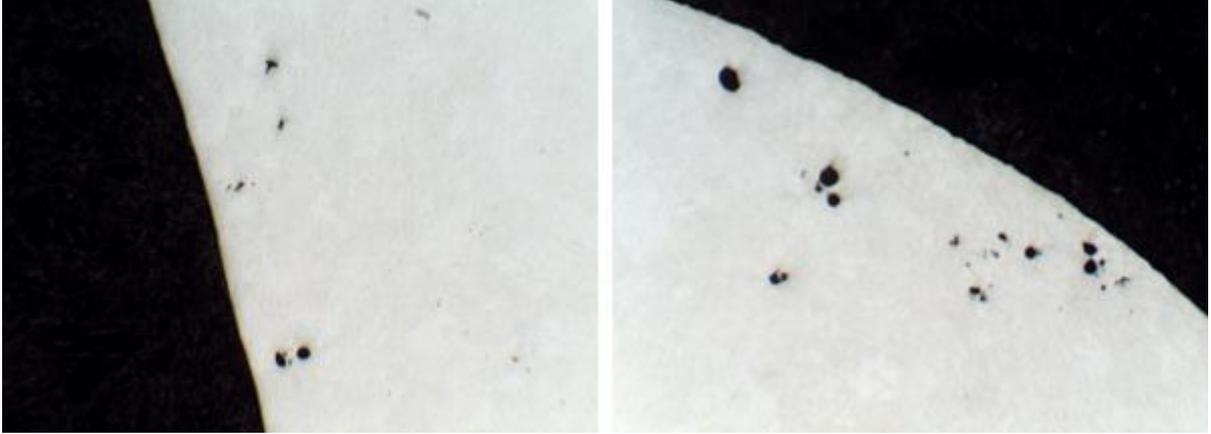
Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 36 – 50 μ M - LINGOTE / CENTRO DA PEÇA



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Figura 37 – 50 μM – LINGOTE / SUPERFICIE DA PEÇA



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

3 CONCLUSÃO

Através de pesquisas e análises concluímos que a liga Zamac (lingote) possui uma dureza de 57 HRB, com a análise metalográfica do lingote, apontou leve vestígios de porosidade, fornecendo assim uma liga já contaminado. Com início da aplicação da pedra Degascob, trazendo um resultado de dureza 43 HRB e com a porosidade elevada em consideração ao lingote, mostra assim não eficaz ao tratamento da liga e redução a suas propriedades mecânicas. Sendo assim buscamos uma alternativa no mercado, onde encontramos o escorificante LA1002, apesar de não ser o objetivo de análise deste trabalho, os resultados demonstraram que o escorificante LA1002 é mais eficaz em comparação ao Degascob, trazendo um baixo ponto de porosidade e com uma propriedade mecânica com a dureza de 48 HRB, ou seja além do reaproveitamento da escoria ele trouxe uma desgaseificação mais viável sobre a liga Zamac. Concluindo que o LA1002 é a melhor opção para a desgaseificação e limpeza, contendo baixo custo benefício.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, C. S. P. M. "**Melhoria de Produtividade na Operação e Manutenção de Máquinas de Fundição Injectada**".2009. Dissertação de Mestrado, FEUP. 2009.
- BRAGA, E. M. G. F. **Otimização do Processo de Injeção de Zamak**. 2015. 262 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/47142406.pdf> Acesso em 28 de nov. de 2021
- BRAGA Jr, A. F. **Defeitos em Peças Fabricadas pelo Processo de Fundição**.
- Lima, A. R. M. C. S., W. A. Freitas e P. J. M. Magalhães. **Processos de vazamento em moldações permanentes**. 2003.
- Neto, R. J. L. **Defeitos Apontamentos**. 2007. Apontamentos de Processos de Fabrico II
- BLAYSON, 1961 <https://kemparts.com.br/blog/produtos-e-aplicacoes/como-funciona-o-processo-de-microfusao/>Acesso em 18 de nov de 2021.
- CASTRO, P. N. D. "**Analisar e Estabilizar o Processo de Fundição Injetada de Alumínio para Minimizar a Rejeição no Produto na STA – Sociedade Transformadora de Alumínios**".2013 Dissertação de Mestrado, FEUP.
- CONTANET. "**Forno de Fusão**" Disponível em: <http://industrial.cotanet.com.br/fornos-de-fusao/forno-de-fusao-para-zamac> Acesso em 5 de dez de 2021.
- DJ FORNOS. "**DJ Fornos**" Disponível em: <https://www.djfornos.com.br/forno-fundicao-zamak> .Acesso em 6 de dez de 2021.
- "**Técnica de microfusão**" Disponível em: <https://videos.ufrgs.br/lume/arquivos/utilizacao-da-tecnica-de-microfusao-de-metais-no-design-de-pecas-com-geometrias-complexas/view>.Acesso em 2 de dez. de 2021.
- DJFORNOS. "**Fornos**" Disponível em: <https://www.djfornos.com.br/forno-fundicao-zamak>.Acesso em 7 de dez de 2021.
- DESGASEIFICA. "**Retirada de gases da liga**". Disponível em: <https://www.buschvacuum.com/br/pt/applications/degassing/>//Acesso em 29 de nov. de 2019.
- DOYLE, Lawrence. **Processos de fabricação e materiais para engenheiros**. São Paulo, SP: Edgard Blücher, c1978. 639 p.
- CAMPBELL, John. Complete Casting Handbook: Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design. Oxford: Butterworth-heinemann, 2011. 1130 p.
- BEELEY, Peter. Foundry Technology. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. 719 p.

EASTERN ALLOYS INC. "**Classification of Zinc Die Casting Defects**". Acedido a 24/04/2017. Disponível em: <https://www.eazall.com/classification-of-zinc-die-casting-defects>. 2012

ENGENHEIRO DE MATERIAIS. "**Componentes do Zamac**" Disponível em: <https://engenheirodemateriais.com.br/2018/05/02/ligas-de-zinco-zamac/> Acesso em 4 de dez. de 2021

FUNDIÇÃO MARTINELLI. "**Principais característica do Zamac**" Disponível em: <https://fundicaomartinelli.com.br/blog/zamac-ou-zamak-principais-caracteristicas-desta-liga-metalica/> Acesso em 22 de nov. de 2021.

FUNDIMAZZA. "**Processo da Microfusão**".2016. Disponível em: <http://www.fundimazza.com.br/site/processo-microfusao/#1463749858271-d88c79aa-036e> Acesso em 20 de novembro de 2021.

FLUXOS. "**Escorificante**" disponível em: <http://www.comilcoversand.com.br/fluxos.php> Acesso em 7 de dez de 2021.

INFINITI METAIS. "**Fundição por centrifugação**". Disponível em: <http://www.infinitimetais.com.br/blog/saiba-mais-sobre-o-processo-de-fundicao-de-zamac-por-centrifugacao/> Acesso em 11 de mar em 2020

JOÃO P C FERREIRA. "**TCC**", (Páginas 24,25 e 26). Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/105870/2/202429.pdf> Acesso em 2 de dez de 2021.

LALOS. "**Fundição por Injeção**". Desenvolvido por Marke | Marketing Digital Porto Alegre. Disponível em: <https://lalos.com.br/o-que-e-zamac/> Acesso em 25 de nov. de 2021

LALOS. "**Injeção sobre pressão**". Disponível em: <https://lalos.com.br/portfolio-item/maquina-de-fundicao-e-injecao-de-zamac-sob-pressao-lm-200/>: Acesso em 18 de maio em 2022

MAX FORNOS. "**Tipos de Fornos**". Disponível em: <http://industrial.cotonet.com.br/fornos-de-fusao/forno-de-fusao-para-zamac> Acesso em 28 de nov. de 2021.

MECÂNICA INDUSTRIAL - Copyright © 2021 "**Fundição por Centrifuga**" Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/270-fundicao-centrifuga/> Acesso em 10 de dez. de 2021.

MICRORIO. "**Microfusão**". Disponível em: <https://www.microrio.com.br/como-funciona-microfusao.html> Acesso em 27 de nov. de 2020.

MICROPARTS. "**Componentes do Zamac**". Disponível em: <https://www.mpartsbr.com.br/componentes-zamac> Acesso em 3 de dez. de 2021.

MOLIGRACO. "**Produto Fluxor**" Disponível em: <https://moligraco.com.br/produtos/fluxor> Acesso em 26 de nov. de 2021.

SHANGRI METAIS. "**Ligas Zamac**". Disponível em: <http://www.shangrimetais.com.br/ligas-de-zamac> Acesso em 28 de nov. de 2021.

TRATHO METAL QUÍMICA LTDA: Estrada Municipal Eng. Abílio Gondin Pereira, 72
– Galpão 02B - Bairro Taboão – Mogi das Cruzes/SP – CEP 08771-111 / Fone:
2500-3190

TRATHO “**Estrutura das Ligas**” Disponível em:

<https://www.tratho.com.br/pdf/Zamac.pdf> Acesso em 18 de nov. de 2021.

Wang, Laihua, Peter Turnley e Gary Savage. 2011. "**Gas content in high pressure die castings**". Journal of Materials Processing Technology no. 211 (9):1510-1515.

Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013611001014>.

ZAMAC. “**Definição de Zamac**” Disponível em: <https://zamac.com.br/sobre> Acesso em 27 de nov. de 2021

FICHA DE AVALIAÇÃO DO TCC

| | | |
|---|---------|--------|
| AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC- ANO 2022 | | |
| ETEC: TRAJANO CAMARGO – 104 –LIMEIRA | | |
| Aluno(a): | Modulo: | Turma: |
| Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em: Metalurgia | | |
| Professor Responsável: João Augusto Montezano | | |
| Tema do Trabalho: INFLUÊNCIA DA PEDRA DEGASCOB SOBRE A LIGA ZAMAC | | |

| |
|---------------------------------------|
| Trabalho Escrito (obrigatório) |
|---------------------------------------|

| Item | M B R I | Observações |
|--|---------|-------------|
| Pertinência do tema do trabalho à habilitação Profissional | 1 1 1 1 | |
| Coerência e consistência teóricas – metodológico (justificativa), objetivos, referencial teórico, metodologia, análises e resultados | | |
| Atendimento da forma (padrão definido) | | |
| Nível de abrangência (profundidade, originalidade e aplicabilidade | | |
| Utilização de termos técnicos e da modalidade padrão da língua portuguesa | | |
| Outros (especificar): _____ | | |
| | | |

| |
|---|
| Análise (considerando os critérios adotados): Os critérios estabelecidos para aprovação do trabalho de conclusão de curso foram atendidos plenamente. |
|---|

| |
|---|
| Os trabalhos de conclusão de curso- TCC, submetido à avaliação docente, atendeu as exigências estabelecidas no Plano de Curso da Habilitação Profissional, correspondendo à carga horária suplementar de 120 horas a serem certificadas no histórico Escolar. |
| Assinatura do Professor Responsável _____ |
| Data: _____ |

De acordo,

Diógenes Nielsen Junior
Diretor de Escola

Limeira,

de 2022