INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

# ESTUDO DAS PROPRIEDADES DO AÇO INOXIDÁVEL SAE 420 NOS PROCESSOS DE ASPERSÃO TÉRMICA CHAMA ARAME, CHAMA PÓ E HVOF

## *STUDY OF THE PROPERTIES OF SAE 420 STAINLESS STEEL IN THERMAL SPRAYING PROCESSES WIRE FLAME, POWDER FLAME AND HVOF*

Alessandro Fraga Farah[I]
Eliezer Nascimento dos Santos[II]
Marcelo Silvio Bassi[III]
Solange Pereira dos Santos Farah[IV]
Marcia Aparecida Gomes[V]

## RESUMO

A indústria vem evoluindo seus produtos constantemente, procurando atender as necessidades do mercado, em melhorar o desempenho de seus produtos. O processo de aspersão térmica tem como objetivo criar uma camada de metal com características diferentes do metal base, visando melhorar o desempenho do equipamento ou peça, mudando algumas propriedades mecânicas, químicas e físicas que não estão presentes no componente em questão. Com o objetivo de contribuir para esse avanço o trabalho em questão consistiu em analisar os dados obtidos após o processo de aspersão térmica, de um revestimento de aço inoxidável SAE 420, depositado sobre uma superfície previamente preparada, de aço SAE 1020, comumente utilizado nas indústrias. A técnica de aplicação de aspersão térmica foi realizada por diferentes processos e parâmetros. Foi utilizado o processo de Chama Spray com arame tubular (Chama Arame) e com pó metálico (Chama Pó), e o processo HVOF. Após a aplicação dos processos, as amostras foram devidamente preparadas para as próximas etapas de estudos. Foram feitos os ensaios de dureza, desgaste e metalografia. Os resultados obtidos foram analisados, com a finalidade de comparar as características microestruturais obtidas dos diferentes processos, com suas propriedades mecânicas. Foi observado que variações nos processos de Chama Arame davam diferentes resultados e o processo HVOF teve a melhor desempenho.

**Palavras-chave:** aço inoxidável SAE 420; aspersão térmica; chama spray; HVOF.

[I] Prof. Dr. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. alessandro.farah@fatec.sp.gov.br
[II] Tecnólogo em Mecânica: Processos de Soldagem da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. eiier@hotmail.com
[III] Tecnólogo em Mecânica: Processos de Soldagem da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. marcelosbassi@yahoo.com.br
[IV] Prof. Me. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. solange.farah@fatec.sp.gov.br
[V] Auxiliar Docente Ms. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: marcia.gomes@fatec.sp.gov.br

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

**ABSTRACT**

The industry has been constantly evolving its products, seeking to meet market needs and improve the performance of its products. The thermal spraying process aims to create a layer of metal with different characteristics from the base metal, aiming to improve the performance of the equipment or part, changing some mechanical, chemical, and physical properties that are not present in the component in question. With the aim of contributing to this advancement, the work in question consisted of analyzing the data obtained after the thermal spraying process, of a SAE 420 stainless steel coating, deposited on a previously prepared surface, of SAE 1020 steel, commonly used in industries. The thermal spray application technique was carried out using different processes and parameters. The Flame Spray process was used with tubular wire (Wire Flame Spray) and metal powder (Powder Flame Spray), and the HVOF process. After applying the processes, the samples were properly prepared for the next stages of studies. Hardness, wear, and metallography tests were carried out. The results obtained were analyzed, with the purpose of comparing the microstructural characteristics obtained from the different processes, with their mechanical properties. It was observed that variations in the Wire Flame processes gave different results and the HVOF process had the best performance.

**Keywords:** SAE 420 stainless steel; thermal spray; flame spray; HVOF.

Data de submissão do artigo: 15/07/2025.
Data de aprovação do artigo: 11/09/2025
DOI: https://doi.org/10.33635/injimi.v1i01.345

## 1 INTRODUÇÃO[1]

A busca pelo aperfeiçoamento de produtos e processos tem o intuito de destacar-se perante os demais concorrentes, a fim de alavancar suas posições no mercado. Consequentemente ao buscar mais qualidade cria-se e refina novos processos e equipamentos, a fim de levá-los ao seu máximo rendimento. Essa busca para novos processos e melhoria dos já existentes tem grande impacto nas empresas e na vida acadêmica, pois se torna sempre necessário a realização de novas pesquisas e estudos. Os processos de revestimento de peças, mais especificamente o de Aspersão Térmica, estão se tornando cada vez mais relevante no mercado, pois com o avanço de novas tecnologias, esses processos têm se tornado mais em conta para o fabricante, assim sendo, seu produto pode manter a qualidade sem que haja perda em seu desempenho. A necessidade de realizar manutenção nos equipamentos de trabalhos, seja qual for o setor em questão, é sempre necessário, pois programa-se paradas para averiguar se as máquinas e outros equipamentos estão desempenhando conforme planejado, e quando se constata que a uma falha, é preciso encontrar formas de recuperá-lo, pois a aquisição de um novo gera um aumento de custo para a empresa. Assim sendo, processos como a Aspersão Térmica na manutenção ou na fabricação, são de grande importância para o

[1] Esse artigo foi aprovado no Sitefa da Fatec Sertãozinho, no ano 2024, e publicado nos anais do respectivo evento.

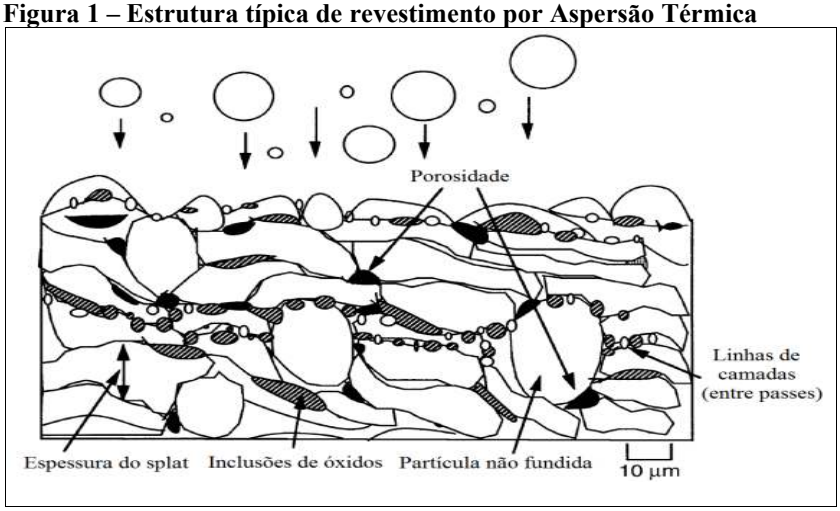
INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

uso cotidiano das empresas. Esse trabalho focou em examinar os processos de aspersão térmica com três características distintas, sendo o processo via arame tubular, o processo chama em pó e por fim o processo HVOF. Foram analisadas as durezas dos revestimentos obtidos em todos os processos, além dos ensaios de desgaste abrasivo por roda de borracha, a fim de determinar a sua resistência à abrasão, e por fim foram feitas as análises metalográficas das amostras, com o intuito de relacionar as propriedades com as microestruturas obtidas nos processos. Através desses processos foi possível determinar as características predominantes em cada processo de aspersão, e seu melhor desempenho.

## 2 O PROCESSO DE ASPERSÃO TÉRMICA

Há mais de um tipo de processo de Aspersão Térmica, entretanto é possível concordar que independentemente do tipo de processo, o conceito aplicado em cada um é o mesmo, ou seja, um metal aquecido que é levado ao estado de fusão ou semifusão, e depois aspergido em um outro material base, previamente preparado, e como consequência cria uma superfície com características diferentes das do material de base (Canarim, 2013). A Figura 1 ilustra o resultado da deposição feita por aspersão.

**Figura 1 – Estrutura típica de revestimento por Aspersão Térmica**




**Fonte: Canarim (2013)**

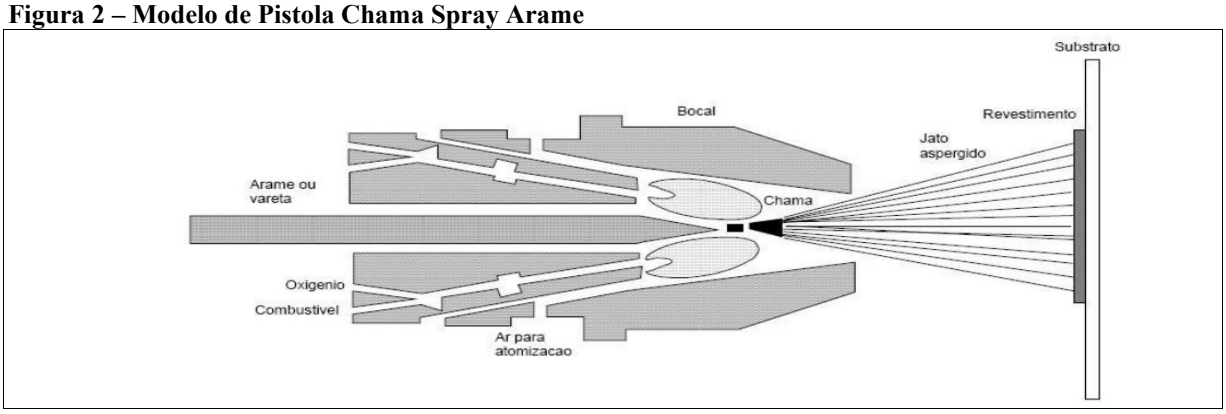
O processo de fusão do material de adição ocorre através de uma fonte de calor, geralmente utilizasse gás de combustão e logo após a fusão do metal de adição, ele é aspergido através de gases comprimidos no metal de base, esse processo é formado por um fluxo constante dessas características, assim é comum termos um spray com as partículas da aspersão (Paredes, 2012). Paredes (2012), constatou que a deposição no metal base ocorre com o material de adição em forma de gotículas, essas gotículas quando entram em contato com o material base em alta velocidade acabam se deformando e por seguinte se aderem ao metal de base. Também é importante ressaltar que o processo de aspersão pode ser realizado de mais de uma forma, em que os componentes do processo podem ser alterados de acordo com a necessidade encontrada.

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

## 2.1 Processo de aspersão chama spray arame

O processo de Aspersão Chama Spray por arame (Wire Flame Spray) é amplamente utilizado para fins de combate ao desgaste, sendo de fácil aplicação e de baixo custo. O processo consiste em utilizar o material de adição em forma de arame, que é alimentado constantemente para o bico da pistola de aspersão, essa alimentação do arame é necessária, pois o arame está sendo fundido ininterruptamente através do gás de fusão. Ao ser fundido, ele é aspergido por um gás em alta pressão, tipicamente utilizasse o gás oxigênio e acetileno, que quando comprimidos pelo bico da pistola de aspersão, projetam o metal de deposição no metal de base. A Figura 2 ilustra modelo de pistola de aspersão por chama arame.

**Figura 2 – Modelo de Pistola Chama Spray Arame**




**Fonte: Paredes (2012)**

O processo de Chama Spray via arame é caracterizado pela alimentação do arame para o bocal, em que essa alimentação é realizada por roletes alimentadores, apesar de haver mecanismos diferentes na atual indústria, é comum encontrar essa configuração de alimentação (Paredes, 2012). De acordo com Freitas (2015), a alimentação constante por parte dos roletes é possível criar uma fusão praticamente constante, isso torna o processo prático e versátil, pois os componentes que compõem a pistola são simples e de baixo custo.

Segundo Pawlowski (2008), os parâmetros do processo impactam diretamente no resultado obtido, pois a fusão obtida no processo está atrelada a fatores como velocidade de alimentação do arame, composição do arame, gás utilizado para a combustão, e formato da pistola de aplicação, assim sendo é comum encontramos parâmetros diferentes para uma aspersão em metais e uma aspersão em cerâmicas. Em seguinte nota-se que questões como diâmetro do arame também devem ser consideradas durante a elaboração do projeto, pois tendo um diâmetro maior o arame necessitara de roletes e gases de combustão/projeção capazes de lidar com sua dimensão maior.

## 2.2 Processo de aspersão chama spray pó

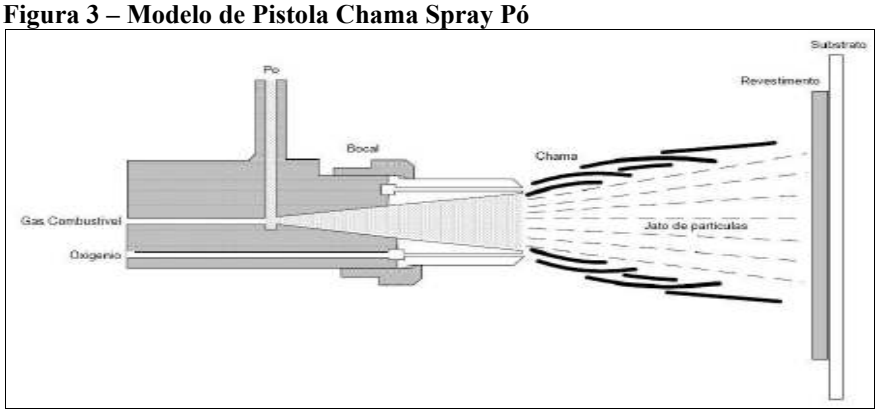
O processo de Aspersão Chama Spray com o material de revestimento em forma de pó (Powder Flame Spray) é similar ao processo de Chama Spray utilizando arame, no entanto as diferenças que o processo a pó apresenta são significativas. Inicialmente é necessário definir que a qualidade do processo utilizando o pó é diferente, pois esses revestimentos tendem a conter uma quantidade de poros maior que os outros processos, essa característica ocorre, pois

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

as velocidades das partículas fundidas são menores, essa característica é causada por dois componentes, sendo o primeiro a forma de alimentação, devido ao compartimento de o pó ficar geralmente em cima da pistola de aspersão, sua alimentação ocorre por gravidade, assim, é comum termos uma quantidade menor de partículas. A segunda razão pela qual o processo de aspersão apresenta maiores porosidades é a forma do material de adição, como este está em forma de pó, a quantidade de partículas fundidas é menor, quando comparado com o mesmo processo por arame (Paredes, 2012).

Em seguinte, nota-se que a forma de alimentação do gás de chama/projeção e do metal de adição são distintas, em que, os gases são projetados no sentido axial, já o metal de base é levado até a chama por gravidade estando esse em sentido radial, essas características acabam contribuindo para uma quantidade de partículas fundidas menores (Pawlowski, 2008).

**Figura 3 – Modelo de Pistola Chama Spray Pó**




**Fonte: Paredes (2012)**

De acordo com Freitas (2015), é preciso ser levado em consideração qual a finalidade da peça que recebera o processo, assim sendo, é comum termos aplicações de menor demanda que recebem essa forma de aspersão, tipicamente é possível encontrar processo por pó que utilizam certos parâmetros e gases que tornam o processo viável. Exemplarmente os materiais autofluxantes são os mais utilizados, devido a sua reação com o oxigênio acabam formando óxidos de baixa densidade, por conta disso possuem características que tornam seu revestimento mais duro.

## 2.3 Processo de aspersão chama spray HVOF

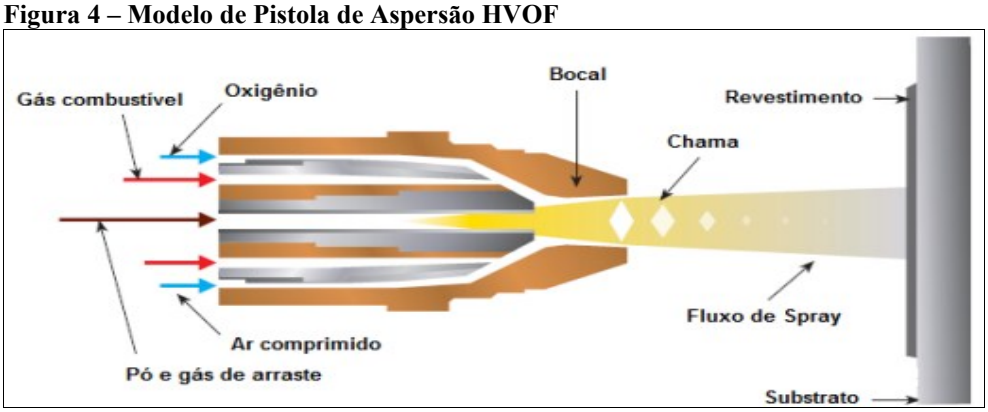
O processo High Velocity Oxy Fuel (HVOF) também é de ampla utilização na indústria metal mecânica, tendo um funcionamento similar a outros processos de aspersão térmica (Freitas, 2015). A principal característica do processo HVOF, segundo Paredes (2012), é sua chama de alta velocidade e, também, alta pressão, esse aspecto é alcançado devido a alguns fatores, sendo o primeiro a câmara de combustão, essa secção da pistola é designada para o gás da chama e, também, para o oxigênio, juntos eles sofrem uma reação de liberação de energia térmica, em que essa reação é alcançada através de um dispositivo de ignição, que gera uma fagulha que causa essa reação em cadeia.

Conforme Freitas (2015), também se nota que o método para alimentação do metal de adição pode variar de acordo com o design da pistola, onde é comum encontrarmos a configuração em que o pó é alimentado via gravidade, no sentido radial, onde o mesmo fica

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

armazenado em um compartimento. No entanto também a casos em que o pó é alimentado no sentido axial, com o auxílio de outros componentes, como bombas de propulsão e motores.

**Figura 4 – Modelo de Pistola de Aspersão HVOF**




**Fonte: Freitas (2015)**

Uma característica que torna o processo HVOF interessante para indústria é sua quantidade baixa de poros, em que esse fator está relacionado aos jatos de gases em velocidades supersônicas, assim sendo, a quantidade de adesão das partículas é maior, pois elas acabam se chocando em alta velocidade contra o material de base, assim quando se chocam nele, liberarão energia térmica fundindo-se no metal base. Essa característica de jatos em velocidade supersônicos quando realizados de maneira eficiente e controlados podem gerar revestimento de alta qualidade, que por sua vez acabam gerando peças de maior qualidade as empresas do ramo (Freitas, 2015).

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS: metal de Base (substrato)

Para a realização dos estudos utilizou-se como substrato, chapas de aço SAE 1020. A Tabela 1 mostra a composição química do aço SAE 1020.

**Tabela 1 - Composição química (%) do aço SAE 1020**

| C | Mn | P | S |
|---|---|---|---|
| 0,18 a 0,23 | 0,30 a 0,60 | 0,03 máx. | 0,03 máx. |

**Fonte: Gerdau (2017)**

### 3.1 Revestimento

O material escolhido para o revestimento foi o aço inoxidável SAE 420 que é bastante utilizado como revestimento aplicado por aspersão térmica. Para o revestimento a Chama Arame utilizou-se o material CMS-420 e no processo Spray Pó o GPS 420-21. Para o HVOF, foi utilizado o material GPS 420-4. Para a realização de alguns processos de Aspersão Térmica é necessário o processo de "almofadamento", que consiste em depositar um revestimento metálico sobre o substrato para adequação do material de revestimento. O material escolhido para tal almofadamento no processo Chama Pó foi o Solocoat, e para o processo em Arame utilizou-se o GSNi20Al. O material usado como "almofada" não influencia nas propriedades mecânicas e químicas do revestimento, apenas melhora sua

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

aderência após a aplicação. Nesse estudo a aderência não foi avaliada. A Tabela 2 mostra as composições químicas dos revestimentos e almofadas.

**Tabela 2 – Composição química nominal dos materiais**

| | ComposiçãoQuímica (%) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Material** | **C** | **Si** | **Mn** | **Cr** | **Al** | **Mo** | **S** | **P** | **Ni** | **Fe** |
| GPS420–21/4 | 0,23 | 0,70 | 0,92 | 12,83 | - | - | 0,01 | - | 0,56 | Bal. |
| CMS420 | 0,37 | 0,55 | 0,37 | 12,59 | - | - | 0,03 | 0,03 | - | Bal. |
| GSNi20Al | - | - | - | - | 20,30 | - | - | - | Bal. | - |
| Solocoat(NiAlMo) | - | - | - | - | 6,06 | 5,26 | - | - | Bal. | - |

**Fonte: Comersul – Aspersão Térmica e Soldas Especiais (2023)**

### 3.1.1 Preparo das amostras pelas empresas

A realização dos processos de aspersão foi caracterizada por equipamentos e parâmetros diferentes, sendo mantidas as características de aplicação em cada empresa. A Tabela 3 informa os materiais, processos, equipamentos e parâmetros adotados.

**Tabela 3 – Materiais, Processos, Equipamentos e Parâmetros utilizados**

| **Material** | **GPS420–21** | **GPS420–4** | **Arame CMS420** | **Arame CMS420** |
|---|---|---|---|---|
| Amostra | PFS-420-21 | HVOF-420-4 | WFS-420-St | WFS-420-Rd |
| Processo | Chama Pó | HVOF | Chama Arame | Chama Arame |
| Equipamento | MK74 | JP5000 | MK61 (Padrão) | MK61(Reg.Dif.) |
| Empresa | Comersul | OPT | LGR | LGR |
| Pré aquecimento (ºC) | 40 | Não | Não | Não |
| Almofadamento | Solocoat(NiAlMo) | Não | GSNi20Al | GSNi20Al |
| Pressão Ar Comprimido (Psi) | 20 | - | 60 | 80 |
| Pressão Oxigênio (Psi)/ Regulagem Flowmeter | 30/6,5 | 130 | 22/5,5 | 22/6 |
| Pressão Acetileno (Psi)/ Regulagem Flowmeter | 12/5 | - | 15 /2,5 | 15/3 |
| Pressão Querosene (Psi) | - | 113 | - | - |
| Distância Bico/Peça (mm) | 180 | 355 | 160 | 180 |
| Granulometria (μm) | -106+45 | -45+15 | - | - |
| Diâmetro (mm) | - | - | 3,2 | 3,2 |
| Jateamento | Granalha de aço | Óxido de alumínio | Granalha de aço | Granalha de aço |

**Fonte: Comersul – Aspersão Térmica e Soldas Especiais (2023)**

### 3.1.2Ensaios realizados nos corpos de prova

O primeiro ensaio realizado foi o desgaste abrasivo, utilizando um abrasômetro do tipo roda de borracha de acordo com a norma AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM G65-16, procedimento A. Após a realização do ensaio de desgaste foi feito o ensaio de dureza segundo a norma ASTM E18-15, nas regiões onde o material não sofreu desgaste, e em seguida os corpos de prova foram submetidos aos ensaios metalográficos segundo a norma ASTM E3-11.

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As subseções a seguir apresentarão os resultados e discussão da pesquisa.

### 4.1 Ensaios de dureza Rockwell C

A Tabela 4 mostra os valores médios obtidos nas medições dos corpos de prova. Cada corpo de prova foi submetido a um mínimo de cinco medições.

**Tabela 4 – Durezas Rockwell C**

| Amostra | Média | Desvio Padrão |
|---|---|---|
| **WFS-420-St** | 29,1 | 1,56 |
| **WFS-420-Rd** | 35,6 | 0,42 |
| **PFS-420-21** | 12,3 | 2,10 |
| **HVOF-420-4** | 42,8 | 0,75 |

**Fonte: autores (2024)**

Nota-se no processo chama arame que a regulagem distinta consegue resultados de dureza ligeiramente maiores, esse resultado evidencia o quão importante é a regulagem do processo. O processo chama pó possui os menores valores obtidos, resultados esses que foram confirmados pela alta quantidade de poros analisadas na metalografia do revestimento. Por fim vemos que o processo HVOF possui as maiores durezas devido as características do próprio processo, como velocidade, temperatura e pressão.

### 4.2 Ensaios de desgaste

A Tabela 5 ilustra as perdas resultantes dos ensaios de desgastes. Os ensaios foram realizados em todas as amostras de todos os processos. Os seguintes resultados são uma média de 03 ensaios para cada amostra.

**Tabela 5 – Perdas de massa dos ensaios de desgaste**

| Material | Perda de Massa (mg) | Desvio Padrão (mg) |
|---|---|---|
| PFS-420-21 | 146,2 | 11,3 |
| HVOF-420-4 | 121,8 | 2,3 |
| WFS-420-St | 151,7 | 23,9 |
| WFS-420-Rd | 128,1 | 3,6 |

**Fonte: autores (2024)**

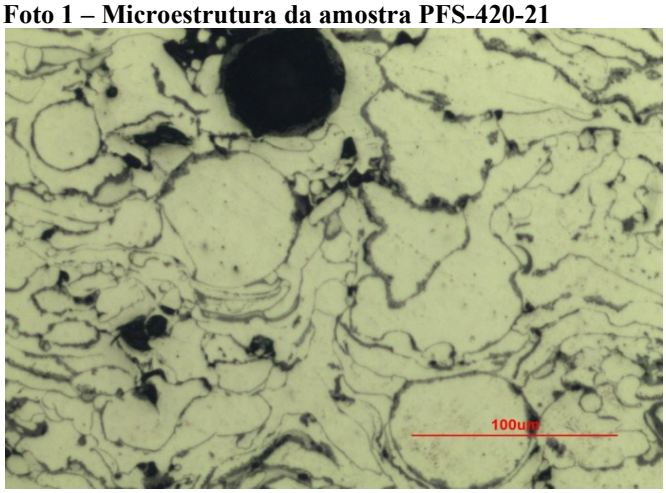
Analisando os resultados dos ensaios de desgaste é possível determinar que o processo chama pó possui a maior perda de massa, pois devido à natureza do processo temos uma quantidade alta de poros, que ocasionou uma maior perda de massa. Também se nota que o processo chama arame com regulagem diferente obteve uma menor perda de massa quando comparado com o processo de regulagem padrão, portanto alterando a regulagem do processo é possível conseguir melhores resultados. Por fim nota-se que os resultados obtidos com o método HVOF foram os melhores tanto em menor perda de massa quanto em maior dureza.

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

### 4.23 Ensaios metalográficos

A Foto 1 mostra a microestrutura da amostra PFS-420-21, com aumento de 200x, atacada quimicamente com reativo Behara. Nota-se a presença de poros (regiões mais escuras), regiões de óxidos (cor cinzenta localizada em torno de outras), regiões de partículas não fundidas (claras e redondas), e pôr fim as partículas fundidas (claras e achatadas).

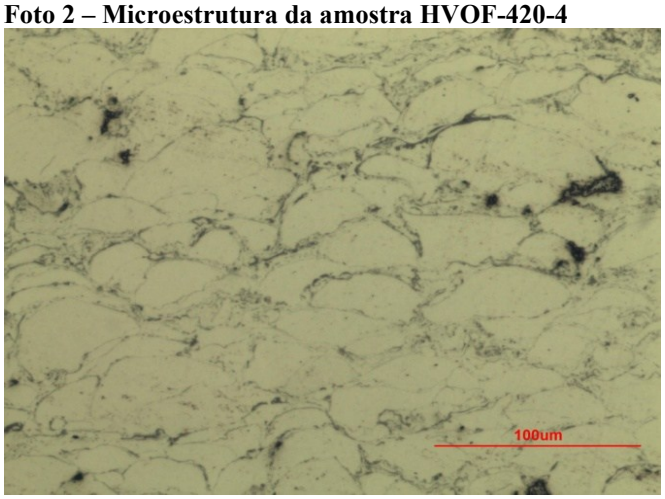
**Foto 1 – Microestrutura da amostra PFS-420-21**




**Fonte: autores (2024)**

Na Foto 2 da amostra do processo HVOF (Aumento: 200x. Ataque químico: Behara) é possível notar uma microestrutura com uma pequena quantidade de poros, caracterizados pelos pontos escuros nos contornos e, também, a existência de alguns óxidos (regiões cinzas), no contorno das estruturas. Há regiões de partículas fundidas, caracterizadas pelo achatamento de regiões mais claras, além das regiões claras mais circulares, típicas de partículas não fundidas.

**Foto 2 – Microestrutura da amostra HVOF-420-4**



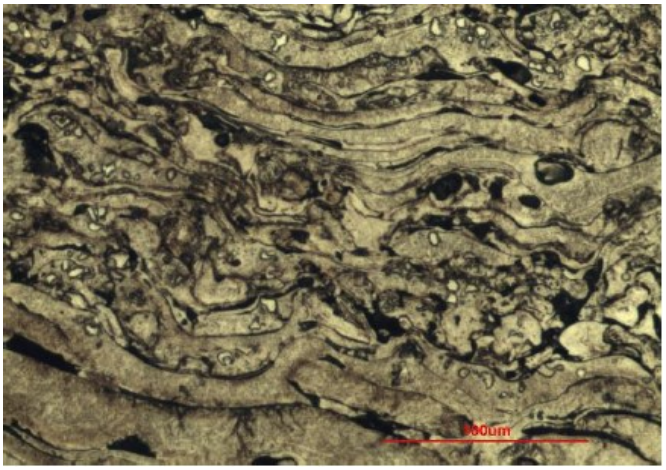

**Fonte: autores (2024)**

A Foto 3 mostra a microestrutura típica de um processo de Chama Arame (WFS-420-St), caracterizado pelas camadas de deposição e a presença de poros (partes escuras), óxidos

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

(partes cinzentas), partículas fundidas (partes mais claras e achatadas) e partículas não fundidas (regiões claras e arredondadas). O aumento é de 200x e o ataque químico é o reagente Marble. Esse ataque melhorou a definição da microestrutura.

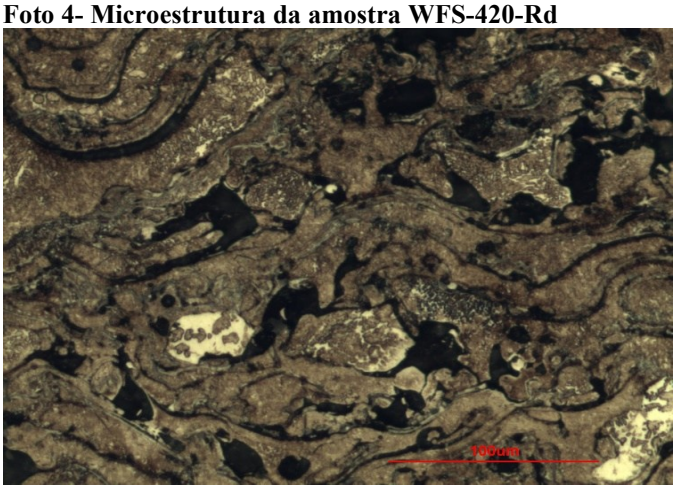
**Foto 3 – Microestrutura da amostra WFS-420-St**



**Fonte: autores (2024)**

Na Foto 4, é possível constatar uma microestrutura mais grosseira do processo de Chama Arame (WFS-420-Rd) quando comparada com o mesmo processo com a regulagem padrão (WFS-420-St). Nota-se também as mesmas características, típicas desse processo, com poros, óxidos, partículas fundidas e as não fundidas. Nessa foto, o aumento é de 200x e o ataque químico é com o reagente Behara.

**Foto 4- Microestrutura da amostra WFS-420-Rd**



**Fonte: autores(2024)**

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos é possível chegar a algumas conclusões como:

- O processo de Aspersão Térmica por HVOF (amostra HVOF-420-4) apresentou os melhores resultados quando comparado com os demais processos, pois sua perda de massa foi menor e a sua dureza maior.

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION IN MANAGEMENT AND INDUSTRY

- O processo Chama Arame com regulagem distinta (amostra WFS-420-Rd) apresentou uma perda de massa menor que o mesmo processo com regulagem padrão (amostra WFS-420-St), onde a dureza encontrada foi significativamente maior e a perda de massa menor.

- Quando o processo Chama Pó (amostra PFS-420-21) é comparado com os processos Chama Arame (amostras WFS-420-St e WFS-420-Rd) nota-se uma dureza menor e uma maior perda de massa. Sendo assim, é possível concluir que a maior quantidade de poros observada no processo Chama Pó tem grande influência nos resultados obtidos.

Em suma, pode-se concluir que o processo HVOF tem um melhor desempenho, pois apresenta uma mais alta dureza e menor perda de massa e que o processo Chama Arame pode ser melhorado conforme modificações dos parâmetros de regulagem.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM E3 – 11. **Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens**, ASTM International, West Conshohocken, EUA, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS- ASTM E18 – 15. **Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials**. 2015. ASTM International. West Conshohocken, EUA, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM G65 – 16, **Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus,** ASTM International, West Conshohocken, EUA, 2016.

CANARIM, R. C. **Influência da composição na mistura de pós de alumínio e ferro na formação de revestimentos de alumineto de ferro depositados por aspersão térmica a chama.** 2013. 164. Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da UNESP, Bauru, 2013.

COMERSUL. **Aspersão térmica e soldas especiais.** 2023. Disponível em: https://www.comersul.com.br/**.** Acesso em: 20 dez. 2023

FREITAS, B. C. **Estudo das propriedades microestruturais de ligas de Níquel-Cromo e Cobalto-Cromo obtidas pelo processo de metalização a arco elétrico**. 2015. 103. Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica e Tecnologia de Materiais) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2015.

GERDAU. **Manual de aços Gerdau**. 2017. Disponível em: https://mais.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais/ . Acesso em: 20 dez. 2023.

PAREDES, R. S. C. **Aspersão Térmica**. Disponível em: http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM734/Material%20de%20AT%20para%20divulgar/Apostila%20Aspers%E3o%20T%E9rmica%202012.pdf. Acesso em: 20 dez. 2023

PAWLOWSKI, L. **The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings**. 2. ed. Villenneuve d'Ascq, França: John Wiley& Sons, 2008.