

Análise da rugosidade na perda de massa em ensaios de cavitação e jato de lama

Analysis of roughness in mass loss in cavitation and slurry jet tests

RESUMO

Solmar lurk das Chagas

solmariurk@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Anderson Geraldo Marena

Pukasiewicz

anderson.pukasiewicz@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Atualmente nas hidrelétricas ocorre o desgaste repentino de suas turbinas, para melhoramento de sua eficácia estudamos o revestimento de Cr_3C_2 25NiCr e WC10Co4Cr, neste caso mais especificamente, o que a rugosidade no revestimento altera na eficácia das turbinas. O revestimento dos materiais foi realizado em aço SAE 1020, pelo método de aspersão por chama de alta velocidade, então algumas amostras foram ensaiadas diretamente da aspersão e outras foram preparadas. Os ensaios foram divididos em cavitação e jato de lama, ou Slurry, juntamente com ensaio de perfilometro para a análise da rugosidade das amostras antes e depois dos ensaios. Com os resultados dos gráficos de perda de massa por tempo de ensaio já se consegue uma previsão do que ocorre, que no caso quanto maior a rugosidade mais perda de massa ocorre, porém, a rugosidade tende a ficar igual em ambas as amostras, deixando a taxa de perda de massa igual mais para o fim dos ensaios independente do começo, e se confirmando isso com os ensaios do perfilometro.

PALAVRAS-CHAVE: Revestimentos. Ensaios. Erosão.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

ABSTRACT

Currently in hydroelectric plants there is a sudden wear on their turbines, to improve their efficiency we studied the coatings of Cr_3C_2 25NiCr and WC10Co4Cr, in this case more specifically, how the roughness in the coating alters the efficiency of the turbines. The materials were coated in SAE 1020 steel, using the high-speed flame jet method, so some samples were tested directly from the spray and others were prepared. The tests were divided into cavitation and mud jet, or Slurry, together with a profilometer test to analyze the roughness of the samples before and after the tests. With the results of the mass loss graphs by time, a prediction of what happens is already achieved, that in the case the greater the roughness the greater the loss of mass occurs, however the roughness tends to remain the same in both samples in the final, leaving the mass loss rate equal to the end of the tests regardless of the beginning, and confirming this with the profilometer tests.

KEYWORDS: Coating. Test. Erosion.



INTRODUÇÃO

Neste trabalho veremos mais sobre os desgastes que ocorrem nas turbinas hidrelétricas na geração de energia, como Matikainen (2018) fala que ocorre o colapso de microbolhas e o desgaste físico a partir de partículas que se chocam com a turbina, neste caso a cavitação e o Slurry (jato de lama).

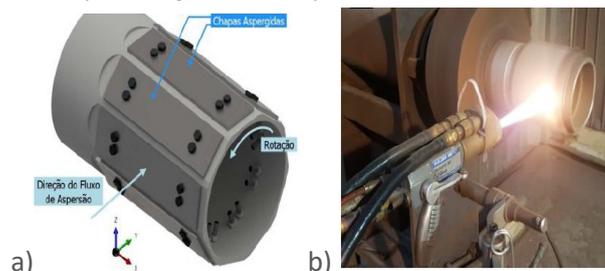
Como citado por Bertuol (2020), umas das soluções possíveis para o melhoramento da vida útil da turbina é a aplicação de revestimento de materiais com alta resistência a esses tipos de desgastes que acontecem, sendo os materiais escolhidos para este estudo o Cr_3C_2 25NiCr, alta resistência ao desgaste e erosão, e WC10Co4Cr de alta dureza e boa tenacidade.

Os materiais de estudo são revestidos pelo método de aspersão por chama de alta velocidade (HVOF), as amostras para os ensaios são preparadas e então ensaiadas, no caso ensaios de cavitação e Slurry. Após isso temos mais um ensaio no perfilômetro, para análise da rugosidade, no qual será a análise do estudo, mostrando a diferença de resultados das peças aspergidas diretamente do método HVOF e as peças preparadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Em chapas de aço carbono foi feito o revestimento pelo método HVOF, mostrada na Figura 1, sendo que este método faz revestimento em materiais metálicos e não metálicos com uma pistola de aspersão do material a ser revestido, neste caso Cr_3C_2 25NiCr e WC10Co4Cr, no qual foi depositado em forma de pó, entrando em um estado de fundição de forma a combustão por gases, sendo jateada para a chapa para o revestir, com a velocidade do jateamento das partículas chegando até 2000 m/s com um fluxo de partículas entre 400 e 800 m/s, com temperaturas entre 1600 a 2200°C. Como Bertuol (2020) e Bolelli (2014) citam, este método possui vantagens como baixa porosidade no revestimento, elevada dureza superficial, alta força de ligação entre lamelas, e uma descarbonetação baixa comparado com outros métodos. As chapas contem tamanho de 40 mm x 200 mm x 4,75 mm aproximadamente, sendo carbono SAE 1020, sendo aspergidas com pressão entre 551,6 e 620,53 kPa com distância entre o sistema de aspersão e as chapas entre 120 e 150 mm, sendo aspergido pelo sistema Diamond Jet DJ 2700, localizado em Pinhais, Paraná, Brasil.

Figura 1 – a) Imagem ilustrativa e b) real do processo de deposito do revestimento nas chapas de aço SAE 1020 pelo método HVOF.

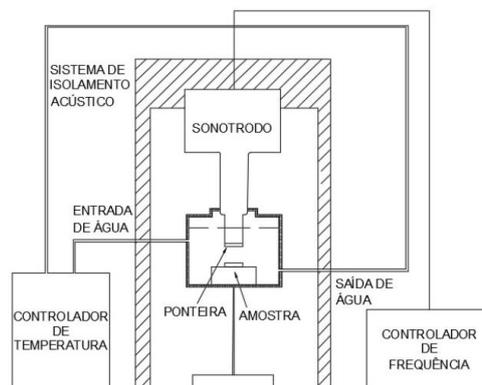


Fonte: Bertuol (2020)

Após a aspersão foi feita a preparação das amostras, sendo 8 amostras no total, sendo 4 de Cr₃C₂ 25NiCr, duas aspergidas e duas preparadas, e 4 de WC10Co4Cr, também duas aspergidas e duas preparadas, totalizando uma amostra aspergida e uma preparada para cavitação e uma aspergida e uma preparada para cavitação de cada material. As amostras foram cortadas usando o sistema MAXICUT METALOTEST com tamanho de 40 mm x 25 mm x 5 mm e as amostras preparadas foram utilizadas lixas de diamantes de granulação 220,600 e 1200 e um polimento de 3 µm e 0,25 µm.

Depois fizemos os ensaios de cavitação e slurry, o ensaio de cavitação, de acordo com Bertuol (2020) e Wang (2014), é um desgaste superficial, usando o equipamento ultrassônico Qsonico Q700 para ocasionar uma diferença de pressão na superfície do material, no qual ocorre uma geração de microbolhas que acabam entrando em colapso fazendo com que ocorra a perda de material superficial, pode ser observado melhor na Figura 2, onde se encontra uma imagem esquemática do processo, sendo que foi utilizado uma frequência de 20 kHz e uma amplitude de 50 µm sem contato físico com o material, com água destilada em todos os ensaios, que ocorreram começando em 1 minuto, dobrando o tempo até 32 minutos, e após isto, acrescentando 30 minutos no tempo até atingir 122 minutos acumulados de ensaio.

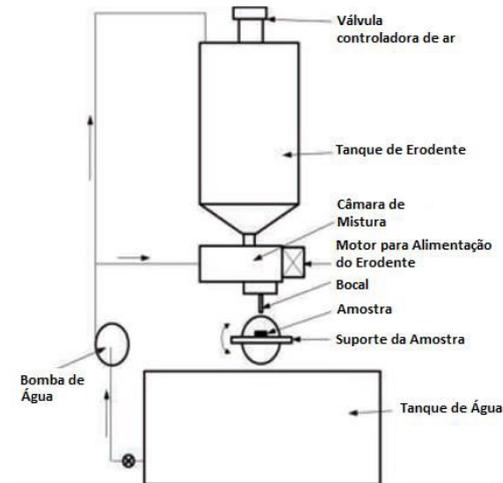
Figura 2 – Imagem esquemática do funcionamento do processo de ensaio de cavitação.



Fonte: Bertuol (2020)

O ensaio de Slurry, ou Slurry Jet Erosion Tester, de acordo com Bertuol (2020) e Elkholy (2003), faz uma simulação de abrasão no qual mistura areia e água com o objetivo das partículas solidas desgastarem o material a partir do contato físico, pode ser melhor visualizada na Figura 3, onde se encontra uma imagem esquemática do processo, tendo a areia uma granulação entre 200 a 400 µm os motores da água e areia são distintos, no qual tinham 700 rpm e 30 rpm de potência respectivamente e a amostra se encontrava a um ângulo de 90°. Os ensaios começam com 30 segundos, ocorrendo a dobra do tempo até 8 minutos acumulados, após isso se acrescenta 8 minutos até atingir 20 minutos acumulados.

Figura 3 – Imagem esquemática do processo do ensaio de erosão/Slurry.



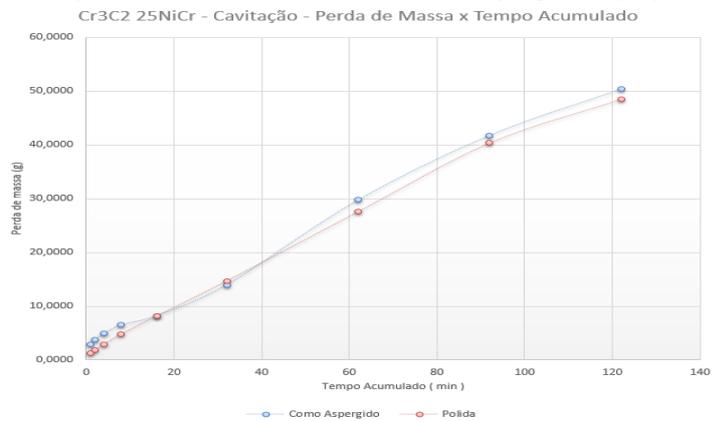
Fonte: Bertuol (2020)

Na finalização temos o ensaio de perfilmetro com o sistema Talysurf CCI MP, no qual fazemos uma análise topográfica superficial tridimensional da peça para averiguar a rugosidade superficial do material com uma lente de aumento em 10X.

RESULTADO E DISCUSSÕES

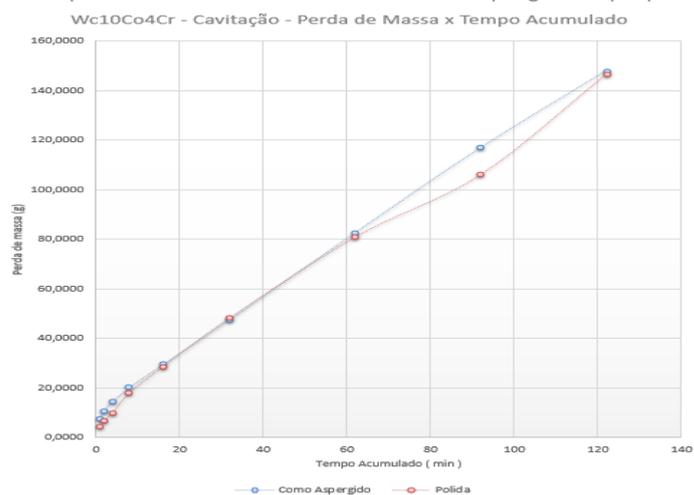
Começando pelos resultados dos ensaios da cavitação, geramos gráficos com os resultados das perdas de massa dos materiais Cr_3C_2 25NiCr e WC10Co4Cr em função do tempo de ensaio, mostrado nas Figuras 4 e 5, no qual se mostra o comportamento da perda de massa, no caso da cavitação conseguimos ver de modo de cautela, que entre os primeiros 8 minutos de ensaio acumulado, tempos um pico de desgaste por parte das amostras aspergidas comparada com as preparadas, e após este momento um paralelismo das curvas. Logo por serem do mesmo material, com a única diferença o modo de preparo da amostra, sabemos que a dureza e a tenacidade do material são os mesmos, que são os maiores influenciadores da perda de massa e resistência ao desgaste das amostras, logo isso não define a diferença na perda de massa entre as amostras, com isso temos a rugosidade superficial da peça ocasionada pelo modo de preparo das mesmas a única diferenciação para tal acontecimento. Conseguimos ver está análise nas imagens abaixo.

Figura 4 – Gráfico de perda de massa por tempo da amostra Cr₃C₂ 25NiCr usada na cavitação comparando os resultados das amostras aspergidas e preparadas.



Fonte: Autoria própria. (2020)

Figura 5 – Gráfico de perda de massa por tempo da amostra WC₁₀Co₄Cr usada na cavitação comparando os resultados das amostras aspergidas e preparadas.

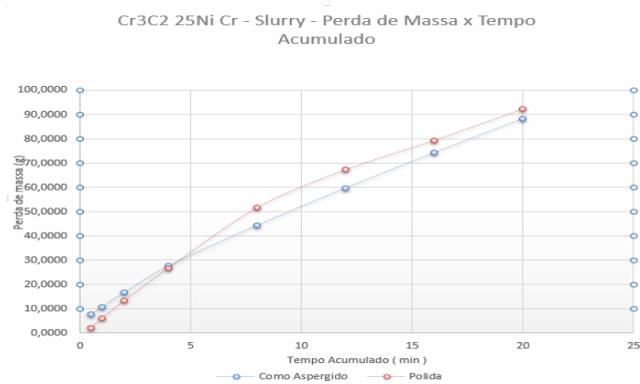


Fonte: Autoria própria. (2020)

De acordo com os gráficos da perda de massa por tempo acumulado, podemos analisar que a rugosidade inicial da amostra aspergida é maior que a da preparada, por causa que a aspergida inicialmente perde mais massa, mas ao decorrer que os ensaios são realizados, as curvas tendem a ficar paralelas, mostrando que a rugosidade de ambas as amostras tende a ficar cada vez mais parecidas por causa do desgaste superficial ocorrido pelo ensaio, com uma tendência de ficarem iguais.

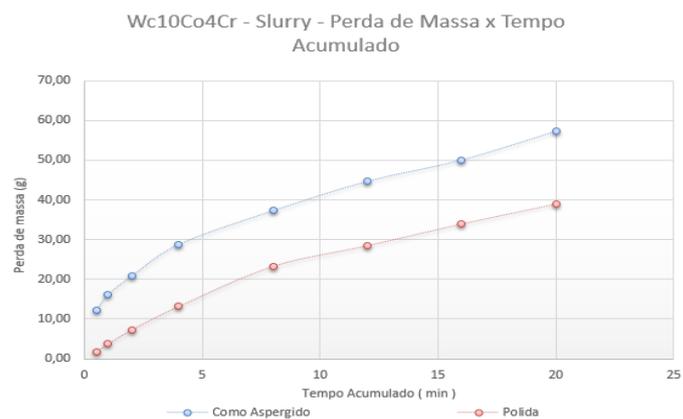
No caso dos ensaios de Slurry, temos o mesmo resultado com os gráficos de perda de massa, mostrado nas Figuras 6 e 7, com uma variação inicial até maior, mas ainda as curvas tendem a ficar paralelas depois de um tempo, no caso do slurry a partir de 5 minutos acumulados. Como mostrado abaixo.

Figura 6 – Gráfico de perda de massa por tempo da amostra Cr₃C₂ 25NiCr usada no ensaio de erosão comparando os resultados das amostras aspergidas e preparadas.



Fonte: Autoria própria. (2020)

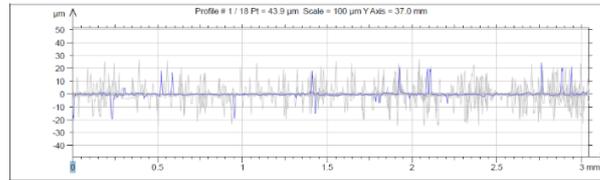
Figura 7 – Gráfico de perda de massa por tempo da amostra WC₁₀Co₄Cr usada no ensaio de erosão comparando os resultados das amostras aspergidas e preparadas.



Fonte: Autoria própria. (2020)

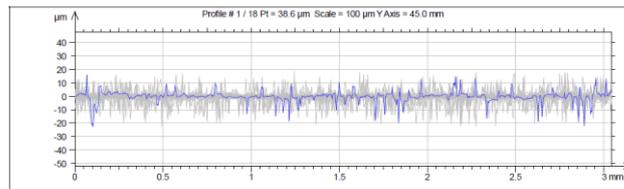
Em uma amostra ensaiada no Slurry, de Cr₃C₂ 25NiCr, conseguimos analisar a diferença entre a rugosidade inicial e final entre as amostras aspergida e preparada, mostrando que é exatamente isso que acontece, no qual a peça preparada contém uma rugosidade baixa inicial, a aspergida uma rugosidade alta inicial, o que explica a diferença de perda de massa nos primeiros minutos, e após 20 minutos acumulados, uma rugosidade média bem próxima das duas amostras. Isto pode ser melhor mostrado nas imagens abaixo, os resultados são mostrados logo a baixo nas Figuras 8,9,10 e 11.

Figura 8 – Resultado do ensaio no perfilmetro para a amostra Cr_3C_2 25NiCr preparada em 0 minutos de ensaio acumulado. (2020)



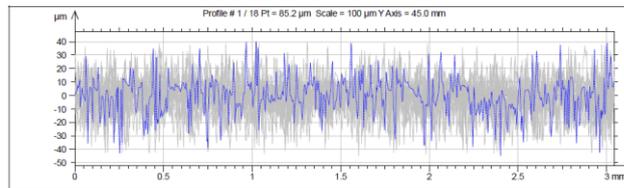
Fonte: Autoria própria. (2020)

Figura 9 – Resultado do ensaio no perfilmetro para a amostra Cr_3C_2 25NiCr preparada em 20 minutos de ensaio acumulado.



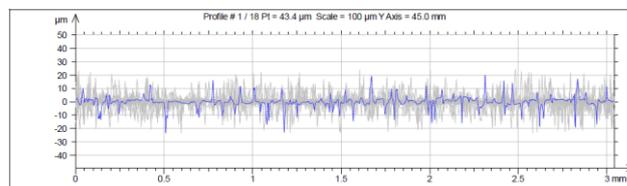
Fonte: Autoria própria. (2020)

Figura 10 – Resultado do ensaio no perfilmetro para a amostra Cr_3C_2 25NiCr aspergida em 0 minutos de ensaio acumulado.



Fonte: Autoria própria. (2020)

Figura 11 – Resultado do ensaio no perfilmetro para a amostra Cr_3C_2 25NiCr aspergida em 20 minutos de ensaio acumulado.



Fonte: Autoria própria. (2020)

Com isso se observa que as rugosidades em 0 minutos são muito distintas e a rugosidade em 20 minutos estão bem próximas, como explicado anteriormente.

CONCLUSÕES

Neste trabalho vemos que para o mesmo material, a diferença da rugosidade inicial superficial da peça pode diferenciar na perda de massa do material, de tal maneira que independente do estado inicial da peça ela tem uma tendência de rugosidade da peça no seu estado final, gerando a partir de um determinado tempo curvas de perda de massa paralelas.

AGRADECIMENTO

Os agradecimentos vão para a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por ajuda desta instituição com as pesquisas, como laboratório e equipamentos, além do incentivo com os mesmos, para o professor Anderson, responsável pelo desenvolvimento da pesquisa e incentivo ao mesmo.

REFERÊNCIAS

BERTUOL, K. **Estudo do efeito sinérgico cavitação/erosão em revestimentos de carboneto de cromo e tungstênio depositados por aspersão térmica de alta velocidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020.

BOLELLI, G.; BERGER, L. M.; BORNER, T.; KOIVULUOTO, H.; LUSVARGHI, L.; LYPHOUT, C.; MARKOCSAN, N.; MATIKAINEN, V.; NYLÉN, P.; SASSATELLI, P.; TRACHE, R.; VUORISTO, P.; **Tribology of HVOF- and HVOF-sprayed WC-10Co4Cr hardmetal coatings: A comparative assessment**. 2014, Modena, Itália; Dresden Alemanha; Tampere, Finlândia; Trollhattan, Suécia. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0257897215000821>. Acesso em: 01 jul. 2020.

ELKHOLY, A. **Prediction of abrasion ear for slurry pump material**. 2003, Mississauga, Canadá. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0043164883901175>. Acesso em: 01 jul. 2020

MATIKAINEN, V.; RUBIO PEREGRINA, S.; OJALA, N.; KOIVULUOTO, H.; SCHUBERT, J.; HOUDKOVÁ, S.; VUORISTO, P.; **Erosion wear performance of WC-10Co4Cr and Cr3C2-25NiCr coatings sprayed with high-velocity thermal spray processes**. 2018, Tampere, Finlândia; Pilsen, República Checa. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S025789721930444X>. Acesso em: 4 jun. 2019.

WANG, Q.; TANG, Z.; CHA, L.; **Cavitation and Sand Slurry Erosion Resistances of WC-10Co-4Cr Coatings**. 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11665-015-1496-z>. Acesso em: 4 dez. 2019.