

Caracterização de Defeito no Revestimento de Níquel e Cromo Duro Funcional em um Aço SAE 1045

THIAGO MONTEIRO MAQUINÉ

*Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais*

SUELEM DE JESUS PESSOA

*Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.
Escola Superior de Tecnologia – Laboratório de Engenharia dos Materiais*

PERLA ALVES DE OLIVEIRA

*Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.
Escola Superior de Tecnologia – Laboratório de Engenharia dos Materiais*

MARCIA CRISTINA GOMES DE ARAÚJO LIMA

*Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.
Escola Superior de Tecnologia – Laboratório de Engenharia dos Materiais*

EFRAIM RIBAS LINHARES BRUNO

*Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.
Escola Superior de Tecnologia – Laboratório de Engenharia dos Materiais*

Resumo

As aplicações de níquel e cromo duro são utilizadas para diversos fins, tais como pistões hidráulicos, engrenagens e também em setores aeroespaciais, automotivos, engenharia em geral e até no ramo da petroquímica. Um dos principais meios de proteção corrosiva nos metais é a utilização de revestimentos protetores. A eletrodeposição é um processo usado à finalidade de proteger a peça metálica contra a corrosão por revesti-la com outro metal. Esse metal impede a interação do metal da peça com o ar e com a umidade, evitando, assim, a corrosão. A fim de estudar o defeito no revestimento Ni/Cr duro no aço SAE 1045 que é muito utilizado em componentes funcionais de motocicletas, foi realizada uma investigação no principal defeito registrado em uma fábrica de componentes para motocicletas, localizada no polo industrial de Manaus, foram observadas incrustações na camada eletro depositada o que ocasionava problemas de qualidade em outros componentes da motocicleta. Neste contexto, o presente estudo tem o objetivo de caracterizar o defeito na camada eletro depositado que representa maior índice de rejeição no processo de galvanoplastia em uma fábrica no polo industrial de Manaus. O material para análise foi retirado do cilindro interno, componente da suspensão dianteira de motocicletas, onde o mesmo apresentou problema de qualidade na camada eletro depositada. A peça cilíndrica de diâmetro de 31 mm e comprimento de 684,5 mm é submetida ao processo de eletrodeposição de Ni e Cr duro. Foi realizado o corte transversal no cilindro para obtenção do corpo de prova, próximo ao defeito identificado através de microscópio digital, fabricante: Keyence, modelo: VHX100. Uma máquina de teste de micro dureza

Mitutoyo, modelo HM-100, foi usada para obtenção das imagens do defeito na camada eletro depositada e também para análise de micro dureza no revestimento de Cr duro, Ni brilhante e Ni semi-brilhante. As medidas de dureza foram realizadas sob uma força de 0,1 kgf de acordo com a norma ISO 6507-1. Após análise de microscopia óptica no defeito, houve necessidade de utilizar o MEV para conseguir uma maior ampliação e resolução durante a caracterização do defeito da camada revestida. As análises foram realizadas no equipamento microscópio eletrônicas de varredura de modelo: JEOL JSM IT300LV. Espectroscopia de Energia Dispersiva em conjunto com as medidas de (MEV) realizaram-se ainda as análises por espectroscopia de energia dispersiva da superfície para determinar a composição elementar da incrustação localizada no revestimento. Foi utilizado Detector Oxford EDS de grande área (80 mm). Através das análises dos defeitos nos revestimentos, inicialmente vistos por microscópio digital e após identificação de anomalias, foi analisado em microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV), foi possível caracterizar o defeito na camada eletro depositada de Ni e Cr duro. Foi possível identificar que o defeito da superfície do cilindro, é ocasionado por incrustação de micropartículas na camada do Ni semi-brilhante. Através da análise de espectroscopia de energia dispersiva (EDS), determinou que os resultados sejam compostos majoritariamente de elementos a base de ferro (Fe). A análise de micro dureza revelou que as amostras possuem dureza dentro do limite especificado pela norma ASTM E384.

Palavras chave: Níquel Semi-Brilhante, Níquel Brilhante, Anodo, Catodo.

Abstract

Nickel and hard chrome applications are used for various purposes, such as hydraulic pistons, gears and also in aerospace, automotive, engineering in general and even in the petrochemical industry. One of the main means of corrosive protection in metals is the use of protective coatings. Electro deposition is a process used for the purpose of protecting the metallic part against corrosion by coating it with another metal. This metal prevents the part metal from interacting with air and moisture, thus preventing corrosion. In order to study the defect in the hard Ni/Cr coating on SAE 1045 steel, which is widely used in functional components of motorcycles, an investigation was carried out on the main defect recorded in a motorcycle components factory, located in the industrial center of Manaus, incrustations were observed in the electro deposited layer which caused quality problems in other motorcycle components. In this context, the present study aims to characterize the defect in the electro-deposited layer that represents the highest rejection rate in the electroplating process in a factory in the industrial center of Manaus. The material for analysis was removed from the inner cylinder, a component of the front suspension of motorcycles, where it presented a quality problem in the electro deposited layer. The cylindrical piece with a diameter of 31 mm and a length of 684.5 mm is subjected to the hard Ni and Cr electro deposition process. A cross-section was performed in the cylinder to obtain the specimen, close to the defect identified through a digital microscope, manufacturer: Keyence, model: VHX100. A Mitutoyo micro hardness testing machine, model HM-100 was used to obtain images of the defect in the electro deposited layer and also to analyze the micro hardness of the hard Cr, bright Ni and semi-glossy Ni coatings. Hardness measurements were performed under a force of 0.1 kgf

according to ISO 6507-1. After optical microscopy analysis of the defect, it was necessary to use SEM to achieve greater magnification and resolution during the characterization of the coated layer defect. The analyzes were performed on the scanning electron microscope equipment model: JEOL JSM IT300LV. Energy Dispersive Spectroscopy together with the measurements of (MEV) analyzes were also carried out by energy dispersive spectroscopy of the surface to determine the elemental composition of the fouling located in the coating. Large area Oxford EDS Detector (80 mm) was used. Through the analysis of the defects in the coatings, initially seen by digital microscope and after identification of anomalies, analyzed in optical microscopy and scanning electron microscopy (SEM), it was possible to characterize the defect in the electro-deposited layer of hard Ni and Cr. It was possible to identify that the cylinder surface defect is caused by micro particles incrustation in the semi-glossy Ni layer. Through energy dispersive spectroscopy (EDS) analysis, it was determined that the results are composed mostly of iron (Fe) based elements. Micro hardness analysis revealed that the samples have hardness within the limit specified by ASTM E384.

Keywords: Semi-Glossy Nickel, Bright Nickel, Anode, Cathode.

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais meios de proteção corrosiva nos metais é a utilização de revestimentos protetores. Estes se constituem em películas interpostas entre o metal e o meio corrosivo, ampliando a resistência à corrosão do material metálico. Dentre estes revestimentos, os metálicos são de uma grande importância industrial (PIMENTA, 2017). As aplicações de níquel e cromo duro são largamente utilizadas e aplicadas para diversos fins, tais como pistões hidráulicos, engrenagens e também em setores aeroespaciais, automotivos, engenharia em geral, no ramo da petroquímica e até em coletores termos solares (CASTRO et al. 2016). A eletrodeposição do cromo duro é realizada a partir da migração do metal na forma iônica, do eletrodo positivo para o negativo, através de uma solução salina de ácido crômico, podendo ser catalisado ou não, em condições especiais de temperatura, densidade de correntes e componentes de banho. O cromo é um dos poucos metais que podem ser depositados eletroliticamente, garantindo alta dureza. Obtém-se alta resistência à corrosão e ao desgaste, o que aumenta consideravelmente a vida útil da peça diminuindo o coeficiente de fricção (PADILHA, 2004).

O processo de eletrodeposição de Ni e Cr duro ocorrem através das seguintes etapas (SENAI, 2002):

1- Pré-tratamento – etapa onde ocorre a preparação da superfície das peças, por processos mecânicos e/ou químicos, visando garantir ao revestimento metálico boa aderência, uniformidade e aparência.

2- Tratamento – processo de deposição metálica por meio de banhos eletrolíticos ou de imersão simples (químico). Esta etapa pode se desenvolver numa sequência de banhos, que variam de acordo com o processo utilizado.

3- Pós-tratamento – etapa de finalização do processo, onde as peças podem passar por lavagem com água fria ou quente; secagem em centrífuga, estufa ou jatos de ar; banho de óleo para embalagem e proteção; e pintura ou envernizamento.

4- Desidrogenação – tratamento térmico de alívio de tensão aplicado após operações de recobrimento galvânico visando a remoção de hidrogênio. A maioria dos processos eletroquímicos apresentam quantidades significativas de hidrogênio no estado iônico que se difunde para o interior do metal pela diferença de concentração de H.

Neste contexto, o presente estudo tem o objetivo de caracterizar o defeito na camada eletro depositado que representa maior índice de rejeição no processo de galvanoplastia em uma fábrica no polo industrial de Manaus.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Procedimento na Eletrodeposição de Ni e Cr duro

A peça cilíndrica de diâmetro 31 mm, comprimento de 684,5 mm é submetida ao processo de eletrodeposição de Ni e Cr duro, conforme fluxograma (figura 1).

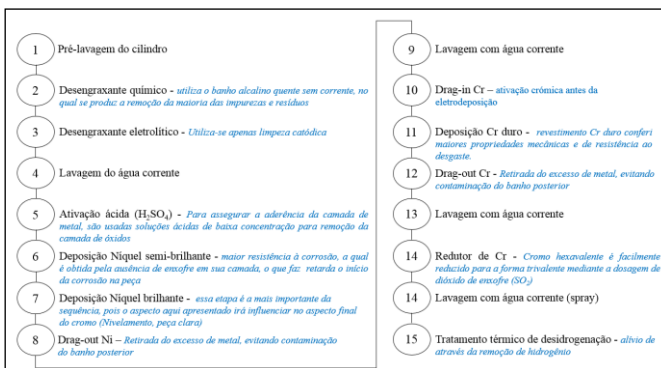


Figura 1. Fluxo do processo de eletrodeposição e descrição dos principais processos (Autores,2022).

2.2 Material Analisado

O material para análise foi retirado do cilindro interno, componente da suspensão dianteira de motocicletas, onde o mesmo apresentou problema de qualidade na camada eletrodepositada. Foi realizado o corte transversal no cilindro para obtenção do corpo de prova, próximo ao defeito identificado

através de microscópio digital, fabricante: Keyence, modelo: VHX100 (figura 2 a-c). Após identificação do defeito e retirada da amostra, onde se realizou: embutimento, lixamento, polimento e ataque químico com ácido nítrico 25%.

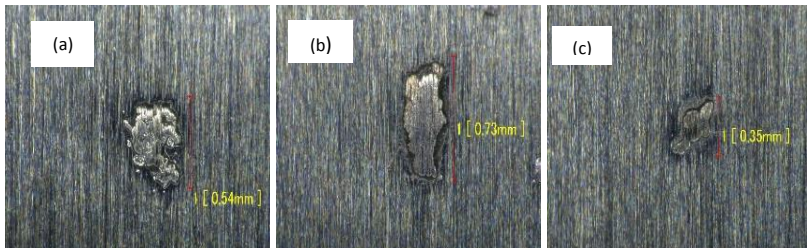


Figura 2. (a-c). Imagem do defeito na superfície eletrodepositada, ampliação 175 X (Autores,2022).

2.3 Caracterização do defeito através de microscopia óptica/micro dureza do revestimento

Uma máquina de teste de micro dureza Mitutoyo, modelo HM-100, com lente objetiva de 500X, foi usada para obtenção das imagens do defeito na camada eletrodepositada e também para análise de micro dureza no revestimento de Cr duro, Ni brilhante e Ni semi-brilhante. As medidas de dureza foram realizadas sob uma força de 0,1 kgf de acordo com a norma ISO 6507-1.

2.4 Caracterização através de microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Após análise de microscopia óptica no defeito, houve necessidade de uma análise de MEV para melhor caracterização do defeito na camada revestida. As análises foram realizadas utilizando o equipamento: microscópio eletrônico de varredura, modelo: JEOL JSM IT300LV.

2.5 Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS)

Espectroscopia de Energia Dispersiva Em conjunto com as medidas de Microscopia Eletrônica de Varredura realizaram-se ainda as análises por espectroscopia de energia dispersiva da superfície para determinar a composição elementar da incrustação localizada no revestimento. Foi utilizado Detector Oxford EDS de Grande Área (80 mm).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização morfológica através de microscopia óptica/microdureza do revestimento

Através de análise realizada na superfície eletrodepositada de Cr duro, Ni brilhante e Ni semi-brilhante no substrato metálicos de aço carbono SAE 1045 (temperado), foi possível constatar incrustação no primeiro revestimento das camadas depositadas - Ni semi-brilhante (Figura 3 a-c), o que gerou a reprodução do defeito para a superfície das peças. Com tais imagens, possibilita-se a verificação de qual estágio do processo de galvanoplastia houve a contaminação da peça por partículas. Foi também realizado mapeamento de micro dureza nas camadas depositadas, onde os resultados (figura 4) ficaram dentro dos especificados para cada revestimento.

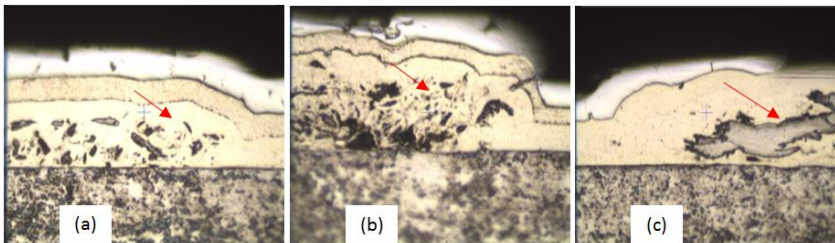


Figura 3 (a-c). Imagem das incrustações na primeira camada depositada, ampliação 500 X (Autores,2022).

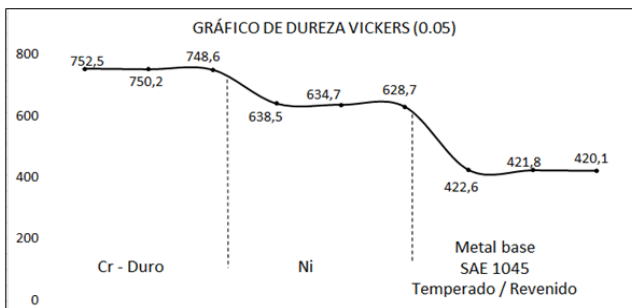


Figura 4. Resultados de microdureza nas camadas depositadas (Autores, 2022).

3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

Análise realizada por microscopia eletrônica de varredura confirmou a presença de micropartículas no revestimento eletrodepositado (Figura 5 a-c).

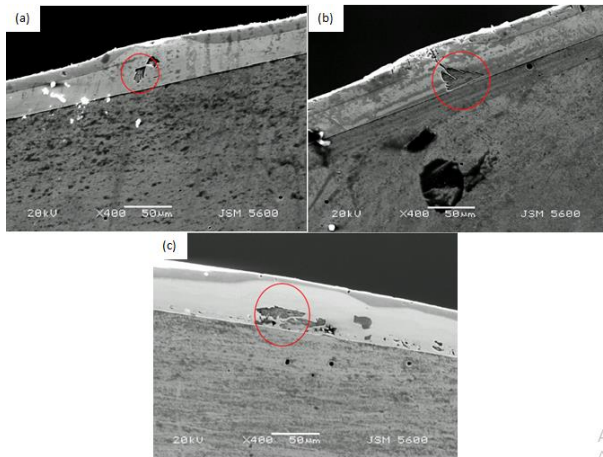


Figura 5 (a-c). Imagem das incrustações de micro-partículas, ampliação 400 X (Autores, 2022).

3.3 Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS)

As amostras foram analisadas por espectroscopia de energia dispersiva e os espectros obtidos são apresentados na Figura (6 a-c). Os espectros para a amostra de aço carbono revestido com Ni semi-brilhante, Ni brilhante e Cr duro cobre foram selecionados para análise, pois foi possível caracterizar que as micropartículas são de materiais a base de ferro (Fe).

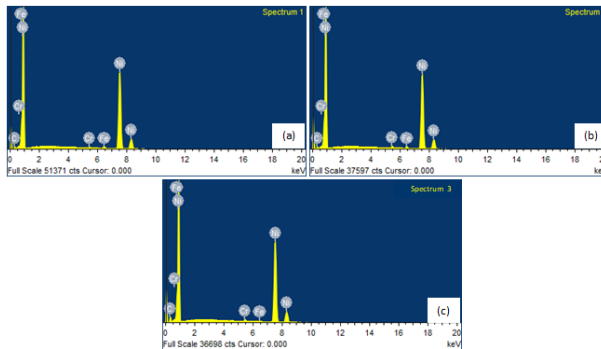


Figura 6 (a-c). Espectroscopia de energia dispersiva das amostras a-c contaminadas com micropartículas, mostrando concentrações de Fe na camada eletrodepositada de Ni semi-brilhante (Autores, 2022).

4 CONCLUSÃO

Através das análises dos defeitos nos revestimentos, inicialmente vistos por microscópio digital e após identificação de anomalias, foi analisado em microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV), foi possível

caracterizar o defeito na camada eletrodepositada de Ni e Cr duro. Foi possível identificar que o defeito da superfície do cilindro, é ocasionado por incrustação de micropartículas na camada do Ni semi-brilhante. Através da análise de espectroscopia de energia dispersiva (EDS), determinou que os resultados são compostos majoritariamente de elementos a base de ferro (Fe).

As causas são:

1. Partículas originárias do material base com grande probabilidade de geração na etapa da retífica contínua (processo de usinagem anterior ao processo de galvanoplastia);
2. As micrografias evidenciam a presença das micropartículas sempre no 1º estágio do banho (Níquel Semi-Brilhante);
3. A composição das micropartículas demonstradas através do EDS evidencia que a origem das partículas não é oriunda da composição química dos banhos de níquel, como já descrito acima, validando desta forma que se trata de um corpo estranho.

REFERENCIAS

1. American Society for Testing and Materials. **Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials**, ASTM E 384-05a, U. S. A., 2005.
2. CASTRO, R. M.; ROCHA, A. S.; CAVALER, L. C. C.; KEJELIN, N. Z.; MARQUES, F. M. **Avaliação das características de superfície e do desgaste abrasivo de revestimentos aplicados em hastes de cilindros hidráulicos pelas técnicas de aspersão (HVOF) e eletrodeposição**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
3. Norma ABNT NBR NM ISO 6507-1:2008 **Materiais Metálicos – Ensaio de Dureza Vickers – Parte 1: Método de Ensaio**. São Paulo e Rio de Janeiro/Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.
4. Norma ABNT NBR NM ISO 6507-2:2008 **Materiais Metálicos – Ensaio de Dureza Vickers – Parte 2: Verificação e Calibração de Máquinas de Ensaio**. São Paulo e Rio de Janeiro/Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.
5. Norma ABNT NBR NM ISO 6507-3:2008 **Materiais Metálicos – Ensaio de Dureza Vickers – Parte 3: Calibração de Blocos de Referência**. São Paulo e Rio de Janeiro/Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.
6. PADILHA, R. Q., **Influência na vida em fadiga da espessura das camadas de níquel e cromo duro em aço abnt 4340**. 2004. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Projetos e Materiais, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.
7. PIMENTA, S. A. **Eletrodeposição, caracterização e estudos de corrosão de camadas de Ni-Mo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Itabá Ceará Itajubá, 2017.
8. PIMENTA, S. A. **Análise da influência dos parâmetros de processo de eletrodeposição na geração de destacamento em camada de cromo duro funcional**. Dissertação (Mestrado em Química Inorgânica) – Universidade Federal do Ceará Fortaleza, 2009.
9. SENAI. Serviço Nacional de Indústria. **Manual de orientações técnicas básicas para a minimização de efluentes e resíduos na indústria galvânica**. Porto Alegre: Senai-RS, 2002.