­ **ESTUDO DO COMPORTAMENTO ELETROQUÍMICO DO AÇO PHS 1500 SEM REVESTIMENTO**

**Ygor Tadeu Bispo dos Santos1**; Tiago Nunes Lima, André Souza Oliveira, Bruno Caetano dos Santos Silva2 Rodrigo Santiago Coelho.

1 Vínculo institucional: Bolsista, projeto Ford, e-mail: ygor.santos@fbter.org.br

2 Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; e-mail: bruno.silva@fieb.org.br

**RESUMO**

Neste trabalho, foi investigado o comportamento eletroquímico do aço avançado de alta resistência (*Advanced high-strength steels* - AHSS) tipo PHS1500 (*Press Hardening Steel*)sem revestimento. Medidas eletroquímicas de potencial de circuito aberto (OCP) e as curva de polarização de Tafel foram realizadas para investigar o comportamento corrosivo do aço em estudo. Os resultados encontrados mostraram que os potenciais e as taxas de corrosão estão de acordo ao encontrado na literatura e podem servir de base para os estudos subsequentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Aços de ultra alta resistência; Aço PHS 1500; Corrosão.*

**1. INTRODUÇÃO**

A corrosão do aço é um grande problema na indústria de petróleo, química, automotiva e construção. O mecanismo corrosivo depende de vários fatores, tais como meio ambiente, composição do material e microestrutura. Portanto, esses fatores são cruciais para definir a vida útil dos componentes.1-2

Os aços avançados de alta resistência (AHSS) são materiais estratégicos para as montadoras de veículos. A utilização desses materiais permite que a indústria automotiva atenda às demandas geradas por estruturas mais leves que geram à redução do consumo de combustível, aliadas à excelente resistência mecânica. Devido à essas características, os AHSS em comparação com os aços convencionais utilizados, se tornaram a tendência atual para os novos veículos.3-5

Geralmente, quando é conseguido um aumento da resistência mecânica, a estampabilidade dos metais diminui por conta do efeito *springback* (retorno elástico), devido a tensões residuais geradas. A fim de melhorar a capacidade de estampar esses aços de alta resistência, o processo de conformação a quente tem sido utilizado5. A estampagem a quente por sua vez, é um processo termomecânico em que uma peça de aço é aquecida por alguns minutos até atingir a temperatura de austenitização, em seguida, transferido do forno para a matriz de estampagem, onde ocorre o processo de estampagem. A matriz consiste em um sistema de canais de refrigeração permitindo que o *blank* (peça / chapa) de aço seja conformado e temperado ao mesmo tempo. Como processo industrial, temperatura, tempo, transferência do forno para a ferramenta, além da taxa de resfriamento podem variar e por consequência pode gerar diferentes tipos de microestruturas e propriedades.

O aço boro-manganês (22MnB5) para estampagem a quente é conhecido como aço endurecido por pressão (PHS), esse aço é amplamente utilizado em componentes estruturais para indústrias automotivas. Antes do processo de conformação a quente, o aço consiste de uma microestrutura ferrita-perlita com uma resistência à tração de cerca de 600 MPa. No fim do processo de estampagem, a microestrutura do aço pode se tornar totalmente martensítica com a resistência à tração de aproximadamente 1500 MPa. Dependendo do tipo de aço, a resistência a tração pode chegar a 2000 MPa.2

Este trabalho tem por objetivo, estudo do comportamento eletroquímico do aço PHS 1500 sem revestimento, utilizado no processo de estampagem a quente e assim compreender todos os mecanismos envolvidos no processo de corrosão do aço em estudo. Existe a necessidade de se conhecer a performance deste material quando isento da proteção do revestimento.

**2. METODOLOGIA**

Três amostras de aço PHS 1500 foram retiradas da coluna B de um veículo automotivo utilizando um disco de corte com liquido refrigerante apropriado vendido comercialmente, para que o calor gerado pelo corte não alterasse as propriedades desse material. Os corpos de provas para análises possuem uma superfície de exposição com 0,01 cm2 de área da seção transversal da peça. Uma vez que os testes eletroquímicos precisam de contato elétrico entre o potenciostato e a amostra, as mesmas precisam estar em contato com um fio condutor e embutidas na resina epóxi. Para fazer o contato elétrico, utilizou-se fios de cobre rígido de 2 mm de diâmetro.

Com as amostras embutidas, iniciou-se o processo de lixamento. O equipamento utilizado para o lixamento foi a Politriz Polipan 2 (220V) da Panambra. Todas as amostras foram submetidas às lixas d’água de granulações 100, 400, 600 e 1200, respectivamente. Após o lixamento, a superfície das amostras foi limpa com água destilada e álcool e protegida com um algodão fixado cobrindo a superfície, visando evitar a oxidação da superfície do aço antes que as amostras fossem submetidas aos testes eletroquímicos.

Para a avaliação do comportamento à corrosão, todos os testes eletroquímicos foram realizados com o auxílio de um Potenciostato/galvanostato Autolab, modelo PGSTAT128N em solução corrosiva de NaCl 3,5% em peso, livremente aerada, em temperatura ambiente simulando água do mar, meio comum de análise de corrosão. Uma configuração de célula de três eletrodos consistindo de eletrodo de trabalho (aço PHS 1500) embutido, eletrodo de referência (eletrodo de Ag/AgCl) e contra eletrodo (de platina) foi usada para todos os testes eletroquímicos.

Para captura de dados, a fim de obter as curvas de polarização foi determinado o Potencial de Circuito Aberto (OCP) para a posterior construção da curva de polarização. Em seguida, determinou-se o intervalo de potencial a ser varrido, portanto, os potenciais inicial e final, além de uma taxa de variação no tempo, mostrados na tabela 1.

*Tabela 1- Variáveis utilizados nos ensaios de Corrosão.*

|  |  |
| --- | --- |
| **Parâmetros** | **Valores** |
| Potencial inicial | *-1V* |
| Potencial Final | *-0,2V* |
| Variação do potencial | *0,005V∕s* |
| Tempo de equilíbrio | *0s* |
| Tempo de monitoramento | *3600s* |

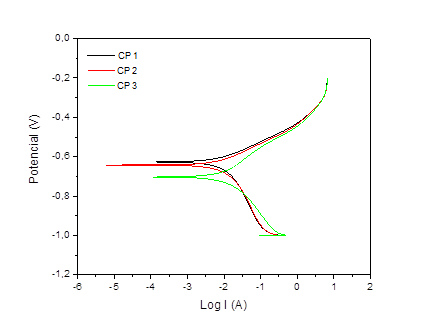
**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela 2 apresenta os valores médios de OCP para os corpos de prova (CP’S) em solução de NaCl 3,5%. Apesar da pequena variação nos valores de OCP encontrados, o CP1 apresentou maior valor de OCP, o que indica menor tendência a corrosão do material mesmo sendo da mesma região. No trabalho de Couto *et.al*,6 foi encontrado um potencial de circuito aberto de -0,569 V para um aço PHS não especificado.

*Tabela 2 -Valores obtidos da OCP.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetros** | **CP1** | **CP2** | **CP3** | **Média** | **Desvio** |
| OCP (V) | -0,582 | -0,585 | -0,591 | -0,586 | ±0,0033 |
|  |  |  |  |  | | |

Através da realização de ensaios de polarização linear do aço imerso em solução simulando água do mar, foram obtidas as curvas de polarização representadas na Figura 1. Foram realizados testes em triplicata com boa reprodutibilidade, visto que as curvas apresentaram comportamentos semelhantes pois, os corpos de prova foram obtidos da mesma seção da coluna B.



*Figura 1-Curvas de Polarização para os corpos de prova em Aço PHS 1500.*

A análise das curvas de Tafel obtidas, permitem identificar o potencial de corrosão das condições testadas. Em concordância com a tendência inferida pelo teste de OCP, o CP1 apresentou maior potencial de corrosão, aproximadamente -0,642V, em comparação ao CP2 e ao CP3, indicando maior resistência a corrosão, sendo esse um dos parâmetros utilizados para a análise. As taxas de corrosão obtidas através da extrapolação as curvas também seguiram se a tendencia já observada no estudo do potencial, sendo o CP1 com a menor taxa logo mais resistente a corrosão no meio estudado.

*Tabela 3- Valores da taxa de corrosão obtidos nas curvas de Tafel.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetros** | **CP1** | **CP2** | **CP3** | **Desvio** |
| Taxa de corrosão (mm/ano) | 0,0184 | 0,0221 | 0,0236 | ±0,0019 |
| Densidade de corrente(μA/Cm2) | 1,583 | 1,992 | 2,032 | ±0,1906 | |

Em relação as densidades de corrente do processo corrosivo, quanto menor seu valor maior é a resistência a corrosão. Elementos com maior potencial de eletrodo têm maior facilidade de reduzir (ganhar elétrons); os que têm menor potencial têm maior dificuldade em reduzir e, portanto, maior facilidade em oxidar (perder elétrons).

**4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O comportamento da corrosão no aço PHS 1500 foi investigado utilizando testes eletroquímicos (potencial de circuito aberto e polarização linear) em solução com NaCl 3,5% em peso. O comportamento da corrosão se mostrou reprodutível para os três corpos de prova, como foi possível observar nos valores de potencial de circuito aberto e confirmado pela literatura. Através das curvas de Tafel foi possível obter as taxas de corrosão e com elas vimos que o CP1 apresentou o maior potencial de corrosão, e assim a menor taxa de corrosão. Mesmo sendo valores muitos próximos. Os testes eletroquímicos podem fornecer informações importantes a respeito do mecanismo de degradação de um sistema. Este estudo inicial poderá auxiliar nas pesquisas da resistência a corrosão de novas ligas. Faz parte de um contexto maior, onde serão investigadas a influência da taxa de deformação e ciclos térmicos de soldagem na microestrutura e resistência a corrosão dessa liga.

**5. REFERÊNCIAS**

[1] KATIYAR, P.K., MISRA, S. & MONDAl, K. Comparative Corrosion Behavior of Five Microstructures (Pearlite, Bainite, Spheroidized, Martensite, and Tempered Martensite) Made from a High Carbon Steel. Metall Mater Trans A 50, 1489–1501 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11661-018-5086-1>

[2] KARBASIAN, H.; TEKKAYA, A.e. A review on hot stamping. Journal of Materials Processing Technology, [S.L.], v. 210, n. 15, p. 2103-2118, nov. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2010.07.019>.

[3] WINDMANN, M.; RÖTTGER, A.; THEISEN, W. Phase formation at the interface between a boron alloyed steel substrate and an Al-rich coating. Surface and Coatings Technology, [S.L.], v. 226, p. 130-139, jul. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.03.045>.

[4] ALLÉLY, C.; DOSDAT, L.; CLAUZEAU, O.; OGLE, K.; VOLOVITCH, P. Anticorrosion mechanisms of aluminized steel for hot stamping. Surface and Coatings Technology, [S.L.], v. 238, p. 188-196, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.10.072>.

[5] VENTURATO, Giulia; NOVELLA, Michele; BRUSCHI, Stefania; GHIOTTI, Andrea; SHIVPURI, Rajiv. Effects of Phase Transformation in Hot Stamping of 22MnB5 High Strength Steel. Procedia Engineering, [S.L.], v. 183, p. 316-321, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.045>.

[6] COUTO, Camila Pucci; REVILLA, Reynier I.; COLOSIO, Marco Antonio; COSTA, Isolda; PANOSSIAN, Zehbour; GRAEVE, Iris de; TERRYN, Herman; ROSSI, Jesualdo Luiz. Electrochemical behaviour of 22MnB5 steel coated with hot-dip Al-Si before and after hot-stamping process investigated by means of scanning Kelvin probe microscopy. Corrosion Science, [S.L.], v. 174, p. 108811, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2020.108811>.