

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO DA SOLUÇÃO ÁCIDA NA DISSOLUÇÃO DE ÓXIDOS FORMADOS A ALTAS TEMPERATURAS EM AÇOS ELÉTRICOS¹

William Francisco Leite ²
Dagoberto Brandão Santos ³

Resumo

Avaliou-se a influência dos parâmetros de temperatura e concentração de HCl no processo de decapagem para otimizar a decapagem de aços elétricos contendo 0,8% de Si e 0,4% de Al. Em laboratório, amostras deste aço foram imersas em recipientes com HCl com diferentes concentrações e temperaturas. Foram obtidas curvas de decapagem para cada uma das situações. Os menores tempos de decapagem foram obtidos na temperatura entre 70°C e 80°C e concentração de 10% a 12%.

Palavras-chave: Decapagem; Ácido clorídrico; Carepa; Dissolução.

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND ACID CONCENTRATION IN OXIDE DISSOLUTION FORMED IN HIGH TEMPERATURES AT ELETRICAL STEEL

Abstract

Evaluation of temperature and HCl concentration to optimise the pickling bath for 0,8% Si and 0,4% Al electrical steel. In laboratory, samples of this steel were immersed in recipient with HCl in different concentrations and temperature and generated pickling curves for each situation. The results showed that the best temperature for pickling between 70 and 80°C and HCl free concentration between 10 and 12%.

Key words: Pickling; Hydrochloric acid; Scale; Dissolution.

¹ Contribuição técnica ao 45º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 21 a 24 de outubro de 2008, Ipojuca - Porto de Gainhas - PE

² Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista, M.Sc., MBA; Superintendência de Laminação a Frio da Usiminas; Ipatinga, MG.

³ Membro da ABM; Professor Associado, Prof., Dr.; Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG; Belo Horizonte, MG.

1 INTRODUÇÃO

Durante a laminação a quente a formação da carepa é inevitável. O fenômeno de formação de óxidos de ferro na superfície dos aços possui importância relevante para os processos industriais de produção de bobinas de aços laminados a quente (BQ) e bobinas laminadas a quente e decapadas (BQD). Os óxidos são formados durante o aquecimento dos aços nos fornos e nas etapas de conformação e resfriamento. Esses óxidos devem ser completamente removidos antes do processo de laminação a frio de maneira a garantir a qualidade superficial do produto final.

Segundo Chang,⁽¹⁾ tanto o aumento da concentração quanto da temperatura diminui o tempo de decapagem. De acordo com Gines et al.,⁽²⁾ a temperatura é a variável mais importante, seguido pela concentração de ácido.

Neste trabalho estudou-se o efeito da temperatura e da concentração do banho ácido de decapagem através dos testes de imersão de corpos-de-prova (CPs) de aços para fins elétricos. Em uma primeira etapa, fixando a concentração, variou-se a temperatura. Com os resultados obtidos definiu-se a faixa ótima de processo. Na segunda etapa fixou-se a temperatura e variou-se a concentração da solução ácida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Seis amostras provenientes da linha de tiras a quente foram cortadas em 33 CPs, preparados, identificados, acondicionados em recipientes plásticos e protegidos contra oxidação em um dessecador. Os testes de imersão foram realizados em laboratório, sendo os CPs dispostos em hastes de vidro e imersos em béqueres de 3,5 L contendo ácido clorídrico. Foi adicionado à solução ácida um inibidor de corrosão tendo o objetivo de proteger a superfície metálica contra o ataque do ácido. Na primeira etapa fixou-se a concentração de HCl livre na solução de decapagem em aproximadamente 8 g/100 mL, conforme Hudson⁽³⁾ faixa de concentração de 8 a 10 g/100mL. Para as temperaturas de 60°C, 70°C, 80°C, 85°C e 90°C determinou-se a perda de massa dos CPs (em triplicata) após imersão na solução de decapagem durante 10 s, 20 s, 30 s, 40 s, 50 s, 60 s, 80 s, 100 s, 120 s, 140 s, 160 s, 180 s e 200 segundos. Para cada temperatura utilizou-se uma alíquota de 3,33 L de solução de decapagem e três CPs. Definiu-se a temperatura ótima da solução de decapagem a ser utilizada na segunda etapa de ensaios pelo critério do menor tempo de decapagem.

Na segunda etapa de ensaios fixou-se a temperatura da solução de decapagem e variou-se a concentração de HCl livre visando 4 g/100 mL, 6 g/100 mL, 8 g/100 mL, 10 g/100 mL, 12 g/100 mL e 14 g/100 mL. Para cada concentração determinou-se a perda de massa dos CPs (em triplicata) após imersão na solução de decapagem durante 10 s, 20 s, 30 s, 40 s, 50 s, 60 s, 80 s, 100 s, 120 s, 140 s, 160 s, 180 s e 200 segundos, na temperatura ótima de decapagem. Com os resultados obtidos, determinou-se a concentração ótima de HCl livre para a decapagem do aço, também pelo critério de menor tempo de decapagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são mostrados os valores de perda de massa média dos CPs obtidos nos ensaios de decapagem com concentração de HCl livre fixada em 8,32 g/100 mL e variando-se a temperatura, para cada tempo de imersão.

Tabela 1. Perda de massa média por unidade de área.

Tempo de Imersão (s)	Perda de massa média (g/m^2)				
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)				
	60	70	80	85	90
10	11,0325	10,8336	12,7136	13,6887	13,6966
20	13,5119	11,9776	13,8818	14,9488	14,8590
30	14,0590	12,3567	14,5035	15,7866	15,8858
40	14,3153	12,5841	14,9338	16,3336	16,7511
50	14,5161	12,7770	15,2413	16,8114	17,5002
60	14,6962	12,9907	15,5419	17,1714	18,1072
80	14,8832	13,1905	15,9244	17,7600	19,5150
100	15,0840	13,3973	16,4641	18,3000	20,8259
120	15,2710	13,6178	16,8945	18,7293	22,9310
140	15,4026	13,8108	17,3112	19,3663	24,3517
160	15,5480	14,0175	17,6323	20,2318	25,6368
180	15,7281	14,1416	18,0081	20,9312	27,0316
200	15,8458	14,3208	18,3223	21,4781	28,6525

A Figura 1 mostra os valores de perda de massa média acumulada em função do tempo de imersão na solução de decapagem para todas as temperaturas avaliadas.

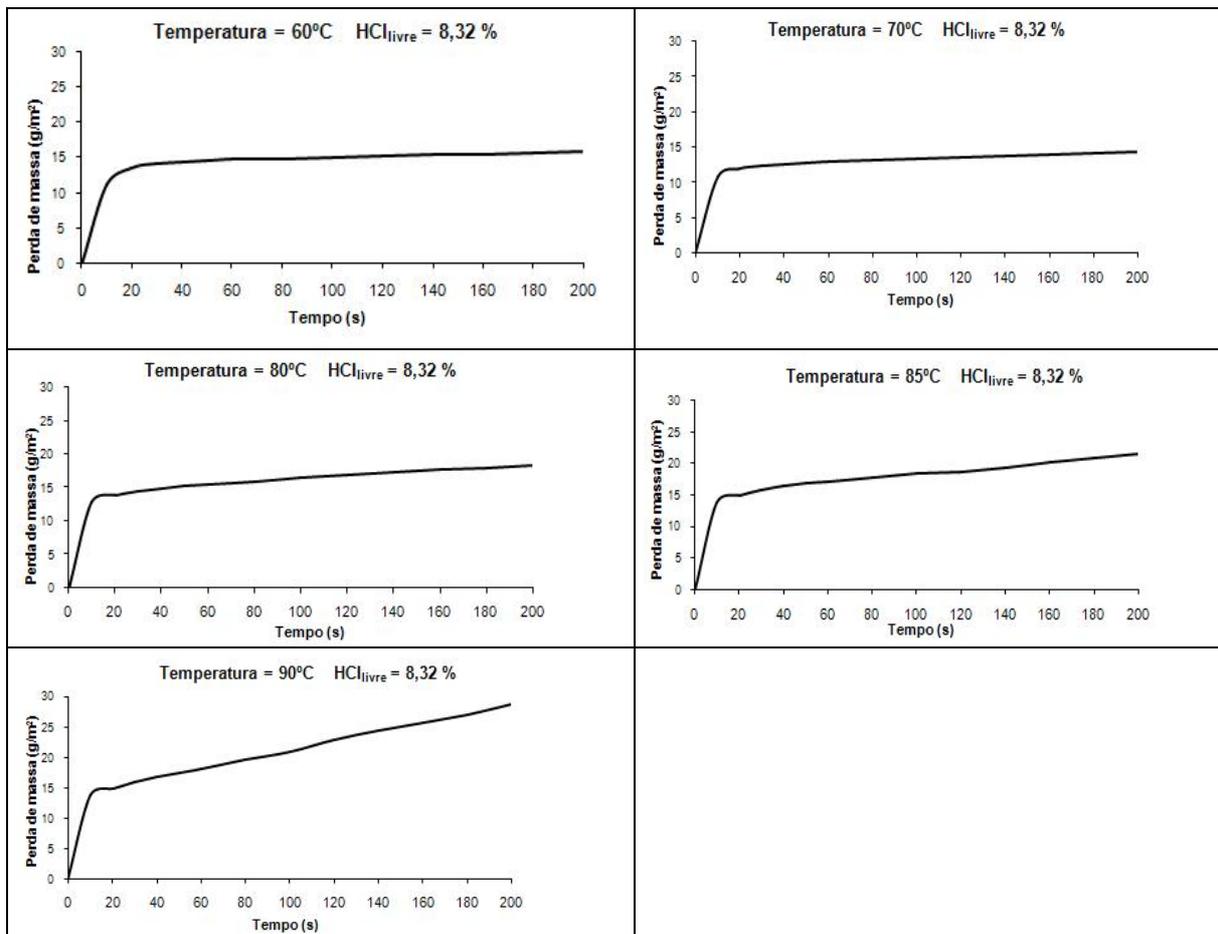


Figura 1. Variação da perda de massa média acumulada em função do tempo de imersão na solução de decapagem.

Para cada uma das temperaturas avaliadas, determinou-se o ponto de inflexão da curva. Utilizou-se o MATLAB[®] para análise dos dados para determinar o tempo de imersão dos CPs na solução de decapagem, Este é o momento em que toda a carepa superficial foi removida. A partir deste tempo de imersão a solução ácida passa a remover o substrato metálico, o que não é desejável. Os resultados obtidos estão mostrados na Figura 2.

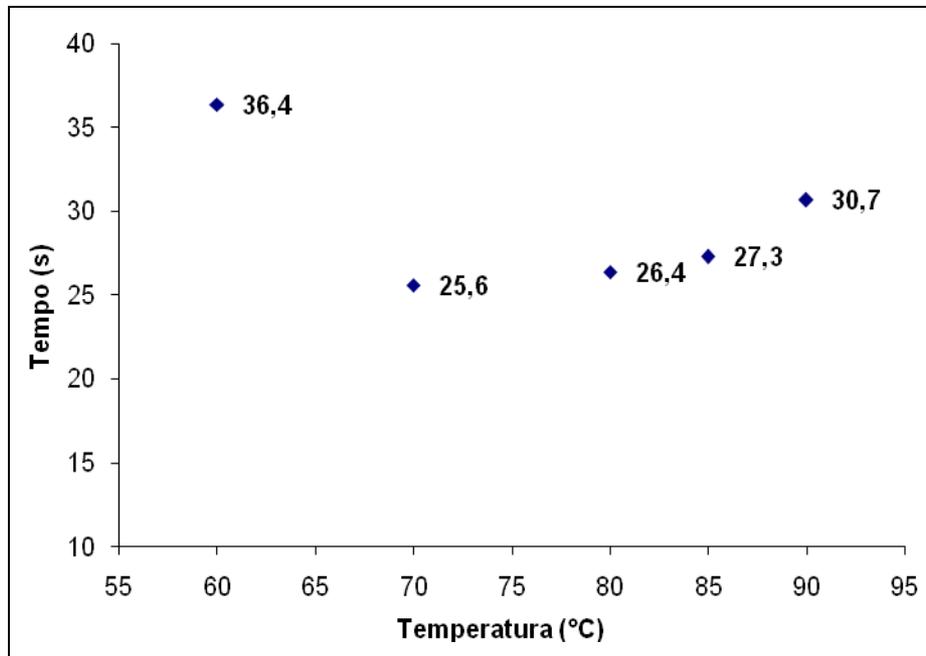


Figura 2. Tempo de imersão dos corpos-de-prova do aço na solução de decapagem para cada temperatura do banho avaliada.

A partir dos resultados mostrados na Figura 2, a faixa de temperatura na qual obteve os menores tempos de decapagem está entre 70°C e 80°C, utilizou a temperatura de 75°C para a segunda etapa dos experimentos.

Conforme a Figura 2, com o aumento da temperatura, até 70°C, diminui o tempo de decapagem. Ressalta-se que, principalmente nas temperaturas acima de 70°C, o tempo de decapagem não apresentou um decréscimo, ou seja, o substrato metálico continuou a ser consumido. Este fato pode ser justificado pela baixa eficiência de apresentada pelo inibidor de decapagem utilizado nos ensaios. Sendo estes resultados também evidenciados por Chang.⁽¹⁾

Na Tabela 2 são mostrados os valores de perda de massa média dos CPs obtidos nos ensaios de decapagem na temperatura de 75°C e diferentes concentrações de HCl livre, para cada tempo de imersão.

Tabela 2. Perda de massa média por unidade de área na temperatura de 75°C.

Tempo de Imersão (s)	Perda de massa média (g/m ²)					
	Concentração de HCl livre					
	3,96%	5,84%	8,10%	10,30%	12,40%	14,20%
10	10,2937	10,9556	11,7418	13,4014	13,5655	13,0931
20	12,6882	13,0931	13,7530	14,2005	14,4109	14,2770
30	13,4039	13,8637	14,5236	14,7422	14,9591	15,0336
40	13,8138	14,2792	14,9550	15,1350	15,3686	15,6290
50	14,2173	14,5874	15,3135	15,4262	15,7582	16,1544
60	14,4645	14,8219	15,5060	15,7174	16,0158	16,6868
80	14,9395	15,1368	15,8113	16,2320	16,5442	18,0949
100	15,2974	15,4585	16,1830	16,7332	16,9536	19,5941
120	15,5446	15,7667	16,3888	17,1869	17,8188	21,0091
140	15,8830	16,0414	16,6476	17,6338	18,4528	22,3402
160	16,1498	16,2559	16,8932	18,0401	19,0406	23,7553
180	16,3515	16,5373	17,0724	18,4600	19,6549	25,2684
200	16,5337	16,7450	17,3313	18,9205	20,3615	26,5714

A Figura 3 mostra os valores de perda de massa média acumulada em função do tempo de imersão na solução de decapagem para todas as concentrações de HCl livre avaliadas. Pode-se perceber os diferentes comportamentos da perda de massa em função do tempo para diferentes concentrações. Para concentrações mais baixas, entre 3,96 g/100 mL e 8,10 g/100 mL de HCl livre, as curvas mostram, aproximadamente, o mesmo comportamento. Após a remoção do óxido, o ácido ataca em proporções menores ao metal base, devido ao bom desempenho do inibidor, para a temperatura testada. Para concentrações acima de 10,3 g/100 mL de HCl livre esse ataque torna-se mais acentuado, resultando em maior perda metálica. Além disso, pode gerar perda do mesmo por evaporação, danos ambientais, corrosão dos equipamentos e das instalações utilizadas no processo de decapagem.

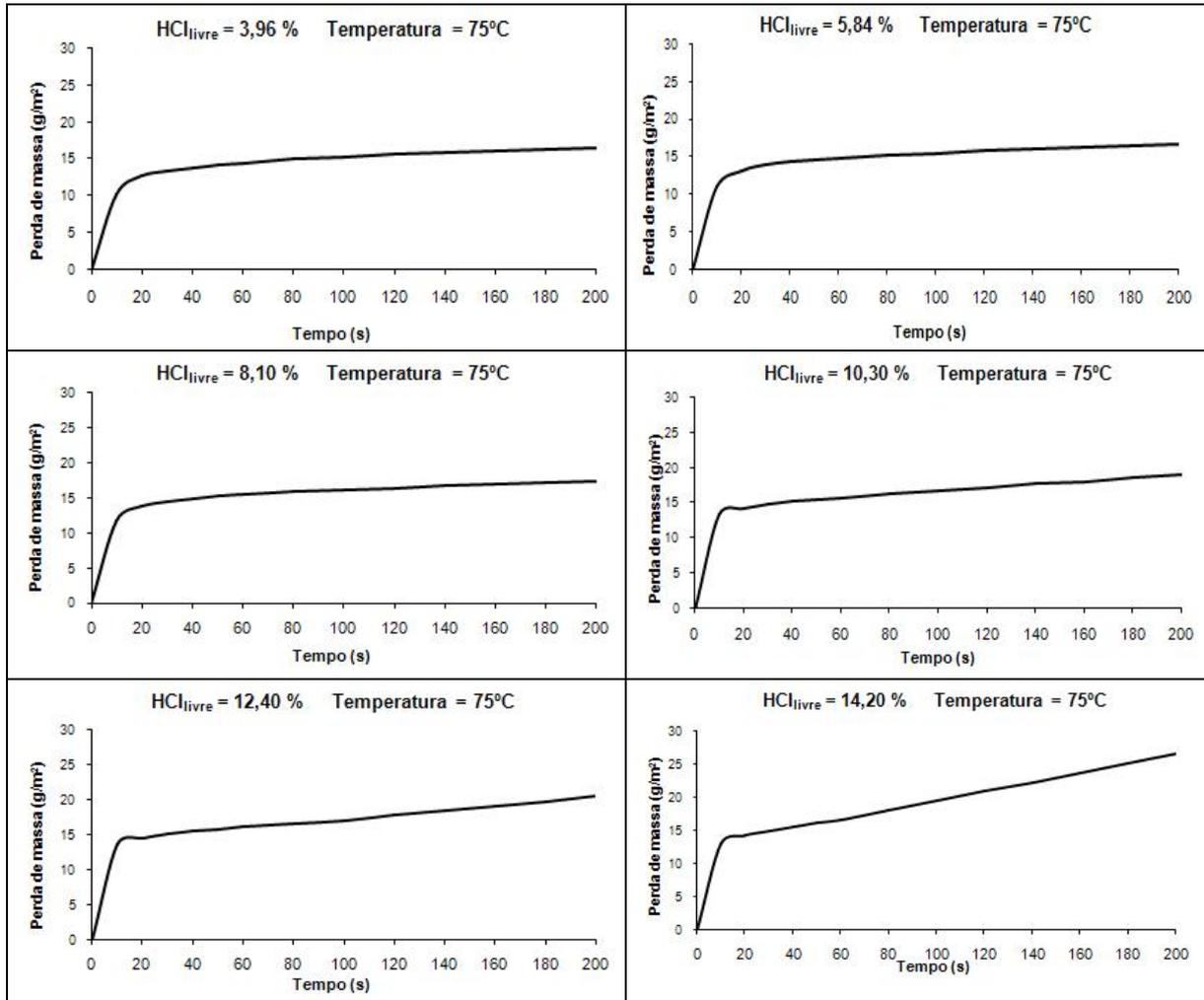


Figura 3. Variação da perda de massa média acumulada em função do tempo de imersão na solução de decapagem (Temperatura = 75°C) para as concentrações de HCl livre avaliadas.

Utilizando o mesmo critério de avaliação da etapa anterior, determinou-se os tempos para cada concentração, e os resultados obtidos são mostrados na Figura 4.

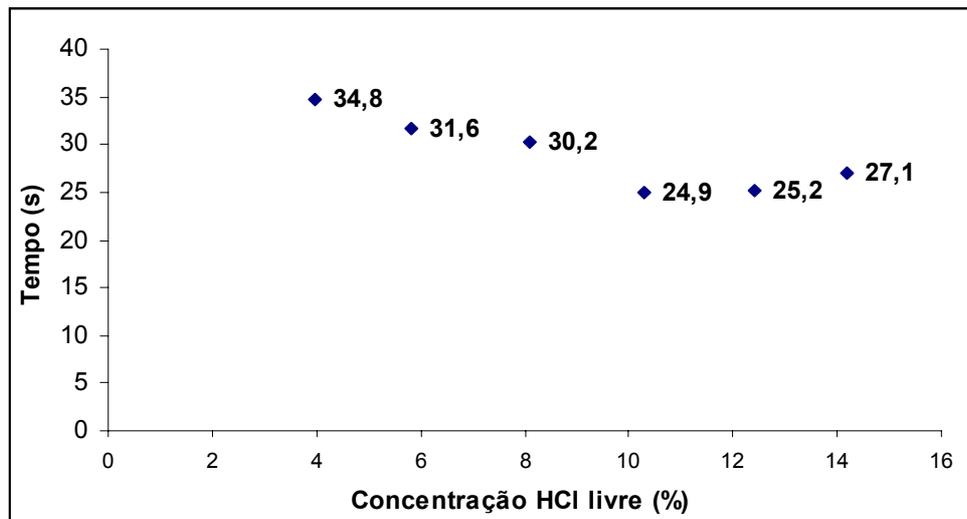


Figura 4. Tempo ótimo de imersão dos corpos-de-prova do aço na solução de decapagem para cada concentração de HCl livre no banho avaliada.

A partir dos dados da Figura 4, determinou-se a concentração HCl livre de 10,3% como ideal para decapar o aço, uma vez que esta situação apresentou o menor tempo de decapagem. No entanto, conforme mostrado na Tabela 2, percebe-se que a perda média de massa elevou-se quando a concentração de HCl livre excedeu a 12%. Provavelmente, para esses casos, ocorreu a remoção do substrato devido à ineficiência do inibidor de decapagem em impedir o ataque ao metal base pela solução ácida. Dessa forma, sugere-se utilizar a concentração de HCl livre na faixa entre 10 e 12%, evitando assim a remoção excessiva de substrato metálico, durante a decapagem do aço.

4 CONCLUSÃO

Os ensaios de decapagem clorídrica realizados mostraram que dentre as temperaturas testadas, a faixa ideal para decapar o aço é entre 70°C e 80°C, onde obteve os menores tempo de decapagem. Determinou-se também que a concentração de HCl livre ideal no banho ácido foi de 10,3%, ou seja, onde obteve-se o menor tempo de decapagem. Verificou-se ainda uma baixa eficiência do inibidor de decapagem utilizado não impediu a remoção do substrato metálico pelas soluções de decapagem com concentração de HCl livre superiores a 12%. Dessa forma, adotou-se a faixa de concentração de HCl livre entre 10 a 12% como ideal para a remoção da carepa superficial do aço.

Agradecimentos

Agradeço a todos que, direta e indiretamente, colaboraram na preparação deste trabalho e a Usiminas pela oportunidade.

REFERÊNCIAS

- 1 CHANG, Y. N. Roles of Silicon and Aluminium in Pickling Behavior of Low Alloy Hot Rolled Steel. *British Corrosion Journal*, 1994, Vol. 29, nº 2.
- 2 GINES, M.J.L., BENITEZ, G.J., PEREZ, T., MERLI, E., FIRPO, M., AND EGLI, W. Study of the picklability of 1,8 mm hot-rolled steel strip in hydrochloric acid. *Latin American Applied Research*. 32:281-288, 2002.
- 3 HUDSON, R. M.; WARNING, C. J. Factors influencing the pickling rate of hot-rolled low-carbon steel in sulfuric and hydrochloric acids. *Metal Finishing*, v. 78, n. 6, p. 21-28, June 1980.