

PARCERIA INDÚSTRIA UNIVERSIDADE NA REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL ATRAVES DE MELHORIAS DE PRODUTIVIDADE EM PROCESSOS METALURGICOS¹

Eduardo Nunes²

Resumo

Com a parceria entre universidade e industria é detalhado um exemplo onde obteve-se um aumento de produtividade em um forno de oxidação a vapor contínuo, minimizando o impacto ambiental contabilizado pelos insumos (água e energia elétrica) e também pela fabricação de um novo forno que seria necessário adquirir devido ao aumento da produção.

Palavras-chave: Parceria universidade-indústria; Oxidação a vapor; Fornos contínuos.

PARTNESHIP OF INDUSTRY AND UNIVERSITY TO REDUCE ENVIRONMENTAL IMPACT THROUGH PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN METALLURGICAL PROCESS

Abstract

Here is an example of the partnership of industry and university which has acquired an increasing in productivity of the continuous steam treatment furnace, bringing down the environmental impact counted by electric energy and water and the utilization of a new furnace that would be necessary to buy due to a production increasing.

Key-words: Partnership industry-university; Steam treatment; Continuous furnace.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *General Motors Brasil*

1 INTRODUÇÃO

A indústria de commodities para se manter competitiva busca constantemente a redução do custo interno que pode ser alcançado de várias maneiras, tais como processos de gerenciamento da manutenção, produção, qualidade, meio ambiente, finanças, etc.. Será evidenciado nesta apresentação um caminho que pode influenciar beneficemente todas elas de uma maneira geral. De uma maneira geral, todo trabalho que é executado com menor gasto de energia contribui para a diminuição do impacto ambiental. Aumentar a capacidade das pessoas de visualizar e resolver problemas de uma maneira simples e ao mesmo tempo científica, ou simplesmente, fazer uma mesma atividade gastando menos energia pode ser adquirido em parcerias da indústria com universidades através de cursos de pós-graduação.

Com a globalização se consolidando cada vez mais, as multinacionais vêm puxando o desenvolvimento industrial com novas tecnologias e filosofias de trabalho, como por exemplo, a mentalidade de fábrica enxuta que visa o constante aperfeiçoamento de todas as atividades com menor investimento possível, conseqüentemente, reduzindo constantemente os custos e sendo ao mesmo tempo amigável ao meio ambiente. Neste cenário os profissionais necessariamente são exigidos cada vez mais, sendo que frequentemente os funcionários não tem tempo suficiente para prover soluções que a médio longo prazo teriam um impacto mais positivo do que soluções imediatistas.

Quando todos os funcionários de uma empresa têm o seu tempo completo com as tarefas do negócio e a mesma passa por um crescimento, este geralmente ocorre com vários imprevistos, investimentos desnecessários e o gasto de energia de mão de obra muitas vezes fora do foco.

Selecionar pessoas que possam administrar o trabalho meio período, uma vez por semana, por exemplo, para se concentrarem em resolver potenciais problemas a curto, médio ou longo prazo com auxílio da universidade pode, ao contrário de que muitos líderes imediatistas pensam, levar a empresa a decisões certas colaborando para que a empresa sobreviva por mais tempo.

A seguir veremos um exemplo de uma destas parcerias:

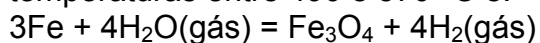
A empresa possui dois fornos com capacidade para fazer x peças / mês. A expectativa de em 3 anos estar fazendo 2x / mês. A gerência visualizou 3 alternativas:

- 1 – Adquirir um terceiro forno com capacidade maior;
- 2 – Terceirizar a produção excedente;
- 3 – Investir em um funcionário já existente através de parceria com universidade para aumentar a produtividade do forno sem afetar a qualidade.

A seguir veremos o estudo derivado da opção 3.

O presente trabalho objetivou estudar a cinética de oxidação do ferro sinterizado com vapor de água na faixa de temperatura de 490 a 570°C em um forno contínuo industrial. O processo de oxidação do ferro com vapor de água também é conhecido como ferroxidação a vapor.

No caso da oxidação do ferro com vapor de água a reação de oxidação para temperaturas entre 490 e 570 °C é:



As variáveis que podem ser controladas no processo de ferroxidação a vapor no forno contínuo industrial utilizado são: vazão de vapor, velocidade das peças, perfil de temperatura e carregamento do forno, sendo as duas últimas discutidas neste trabalho. Outra variável discutida neste trabalho é a densidade inicial das peças.

As características analisadas após ferroxidação a vapor foram ganho em massa, espessura da camada de óxido e porosidade aberta.

1.1 Ferroxidação a Vapor

A ferroxidação a vapor em peças sinterizadas vêm sendo objeto de estudo há mais de 40 anos. A seguir são listados alguns autores que estudaram o efeito da temperatura e tempo de processo de ferroxidação a vapor e a influência da geometria, distribuição da porosidade e densidade inicial das peças.

Razavizadeh e Davies⁽¹⁾ examinaram a influência de dois tipos de pós, atomizado e reduzido, para faixas de densidades de $6,0 \text{ g/cm}^3$, $6,4 \text{ g/cm}^3$ e $6,8 \text{ g/cm}^3$ ferroxidadas a vapor nas faixas de temperatura de 450, 525 e 600°C . O progresso do processo de oxidação foi estudado através de medidas de dureza e ganho em peso.

De Mello et al.⁽²⁾ analisaram a influência da pressão de compactação e tamanho de partícula sobre o tamanho médio dos poros e geometria dos poros após sinterização.

Beiss⁽³⁾ estudou o efeito da densidade sobre o ganho de massa e a profundidade de penetração do óxido.

Em todos os casos, os resultados, como eram de se esperar, foram quanto maior o diâmetro médio dos poros, porosidade aberta e superfície específica dos poros maior o ganho em massa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram compactadas 80 amostras com densidade a verde variando de $6,50 \text{ g/cm}^3$ a $6,52 \text{ g/cm}^3$ (amostras tipo 1) e 16 amostras com densidade a verde variando de $6,75 \text{ g/cm}^3$ a $6,77 \text{ g/cm}^3$ (amostras tipo 2). As amostras possuem geometria cilíndrica com diâmetro de 23,8 mm e altura de 8 mm. As amostras foram sinterizadas a 1120°C , 20 min.

2.1 Técnica Experimental

O presente trabalho procurou estudar a evolução da oxidação nas peças a partir do momento em que elas entrassem no forno até o término do processo. Foram passados arames através do forno carregado de peças, de maneira que quando a primeira peça começasse a sair do forno, o arame seria retirado rapidamente do forno. Ao final, o arame teria peças oxidadas representando cada etapa de oxidação desde o início até o final do processo, conforme esquema da Figura 2. Este arame carregado de peças é chamado de varal de amostras.

O varal de amostras foi feito usando um rolo de arame. O arame foi esticado ao lado do forno de oxidação a vapor. A primeira amostra foi presa ao arame na posição correspondente a entrada da câmara de tratamento a vapor (posição 0). Depois foram presas mais 9 amostras espaçadas igualmente entre si, de modo que, a última amostra

ficou presa na posição correspondente a quase no meio da zona 5 (posição 9). O esquema é representado na Figura 1.

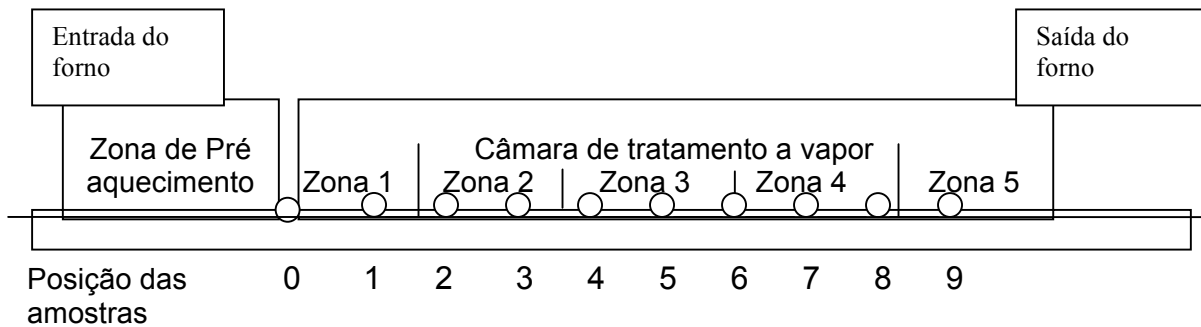


Figura 1 - Posicionamento das amostras presas no varal de amostras em relação ao forno de oxidação a vapor.

Foram feitos dois tipos de varal de amostras:

Varal A: Amostras com densidade média após sinterização de $6,52 \text{ g/cm}^3$

Varal B: Amostras com densidade média após sinterização de $6,77 \text{ g/cm}^3$

As experiências foram feitas com o forno em condições de carregamento normal de produção. A extremidade do varal (próximo a amostra da posição 9) foi amarrada no meio da esteira na entrada do forno. O varal se deslocou com a mesma velocidade das peças de produção. Quando a amostra 9 apontar na saída do forno, neste instante o varal de amostras é retirado rapidamente do forno. A retirada do varal do forno leva em média 25 segundos.

O tempo de oxidação de cada amostra do varal é o tempo em que cada amostra permaneceu dentro da câmara de vapor e pode ser calculada através da distância percorrida de cada amostra dentro da câmara de tratamento a vapor vezes a velocidade da esteira. A amostra zero, no fim do processo, estava fora da câmara de tratamento a vapor, portanto, o tempo de oxidação dela é zero.

2.2 Testes

Foram feitos cinco testes variando o varal de amostras, o perfil de temperatura e o carregamento do forno de oxidação a vapor. A Tabela 1 mostra as condições dos testes.

Tabela 1 – Testes

Número do teste	Varal de amostras tipo*	Número de amostras por posição**	Perfil de temperatura (°C) Zonas 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente	Carregamento (kgs / h)
1	A	1	525 (em todas as zonas)	40
2	A	1	525 (em todas as zonas)	60
3	A	4	570 (em todas as zonas)	60
4	B	1	570 (em todas as zonas)	60
5	A	1	490 530 570 570 570	60

*Varal A: Amostras com densidade média após sinterização de 6,52 g/cm³; *Varal B: Amostras com densidade média após sinterização de 6,77 g/cm³; ** O número de amostras por posição é a quantidade de amostras presa no varal em cada uma das 10 posições do varal de amostras.

Em cada amostra dos varais de amostras foram medidos e analisados: ganho em massa, espessura da camada de óxido da superfície e porosidade aberta

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 ilustra a curva de ganho em peso em função do tempo de oxidação na câmara de tratamento a vapor. Teste 1 – densidade inicial 6,52 g/cm³, temperatura nas zonas 1, 2, 3, 4 e 5 igual a 525°C e carregamento 40 kgs/h.

A Figura 3 mostra as curvas de oxidação da variação da massa final menos inicial ds testes 1, 2, 3, 4 e 5. Elas apresentaram duas retas por teste, ou seja, duas cinéticas de oxidação parabólica. As duas retas de cada teste serão chamadas de primeira e segunda etapa de oxidação. A Figura 3 mostra que a mudança de cinética de oxidação (MCO) aconteceu em tempos de processo de 150 min, 150 min, 80 min, 60 min e 220 min, respectivamente.

A Figura 4 mostra que a mudança de cinética de oxidação (MOC) ocorreram para os testes 1, 2, 3 e 5 (densidade 6,52 g/cm³) quando a espessura da camada de óxido da superfície das amostras estavam com aproximadamente 4 µm, exceto o teste 4 (densidade 6,77 g/cm³), onde a espessura da camada de óxido estava com aproximadamente 3 µm.

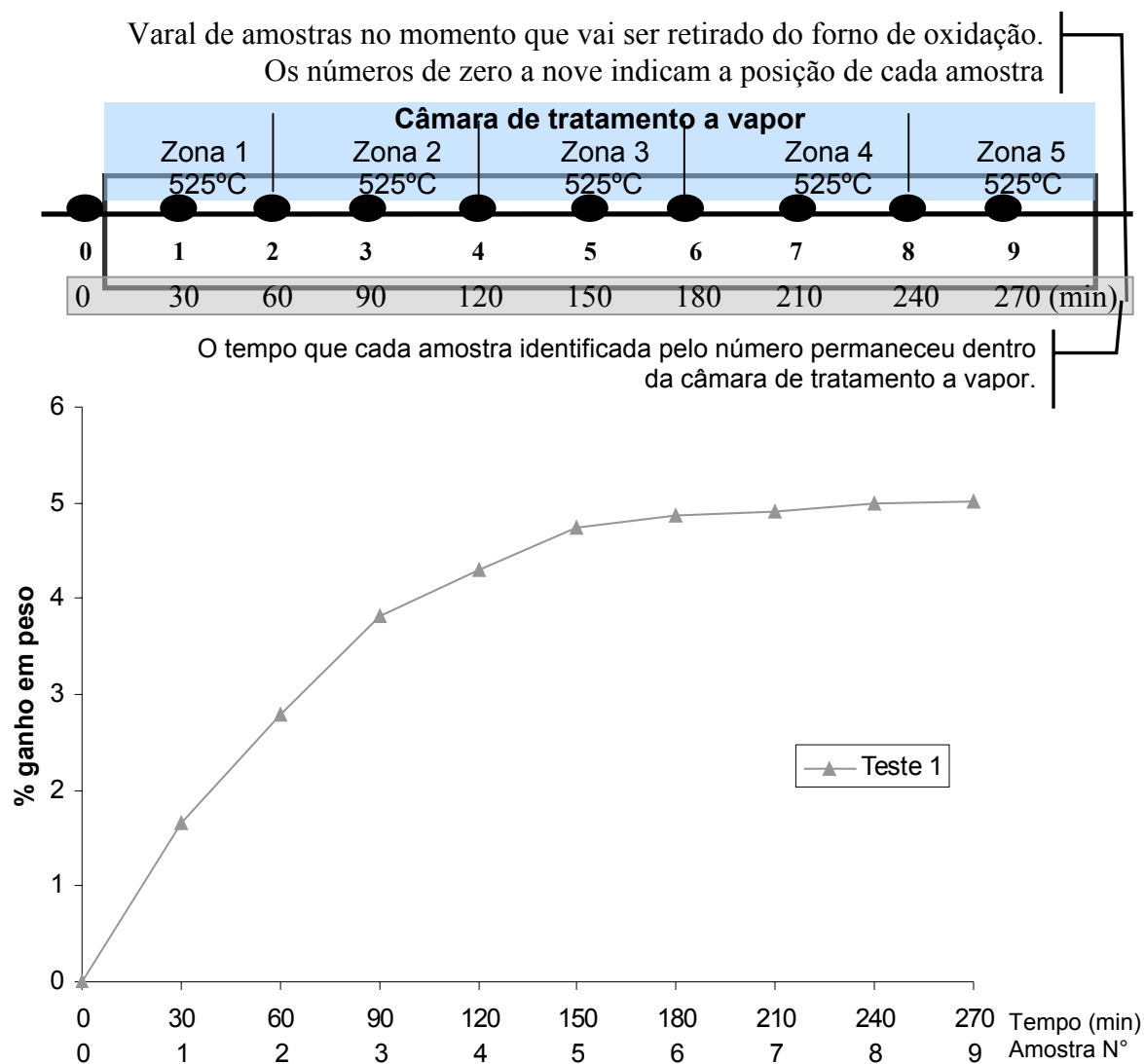


Figura 2 - Perfil do ganho em massa em função do tempo de oxidação, teste 1.

A mudança da cinética ocorre devido ao fechamento de alguns poros superficiais e ou sub-superficiais impedindo que o vapor chegue aos poros da região do núcleo das amostras, diminuindo a superfície de reação. Então, a velocidade com que ocorre o fechamento dos poros é função da velocidade de crescimento da camada de óxido nas paredes dos poros que por sua vez é função da temperatura de processo.

Portanto, o tempo de permanência das peças dentro do forno pode ser referenciado pelo (MOC) através do ajuste de velocidade do forno, a partir daí, não ocorre mudança nas propriedades mecânicas da peça.

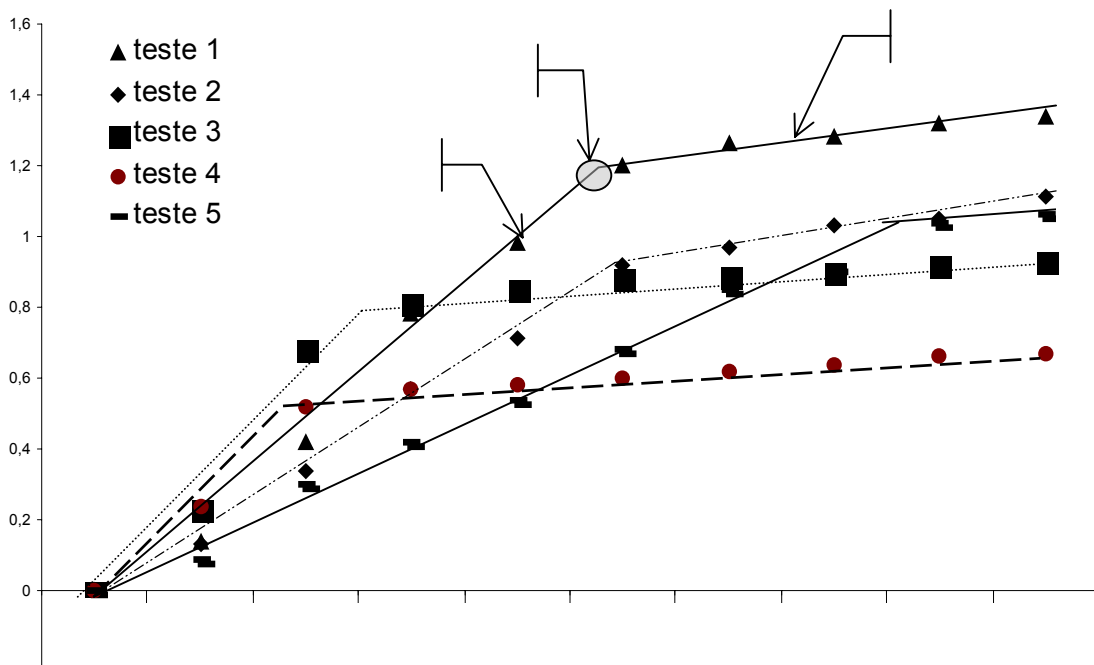


Figura 3 – Curva $(mf-mi)^2$ versus tempo de oxidação, testes 1, 2, 3, 4 e 5.

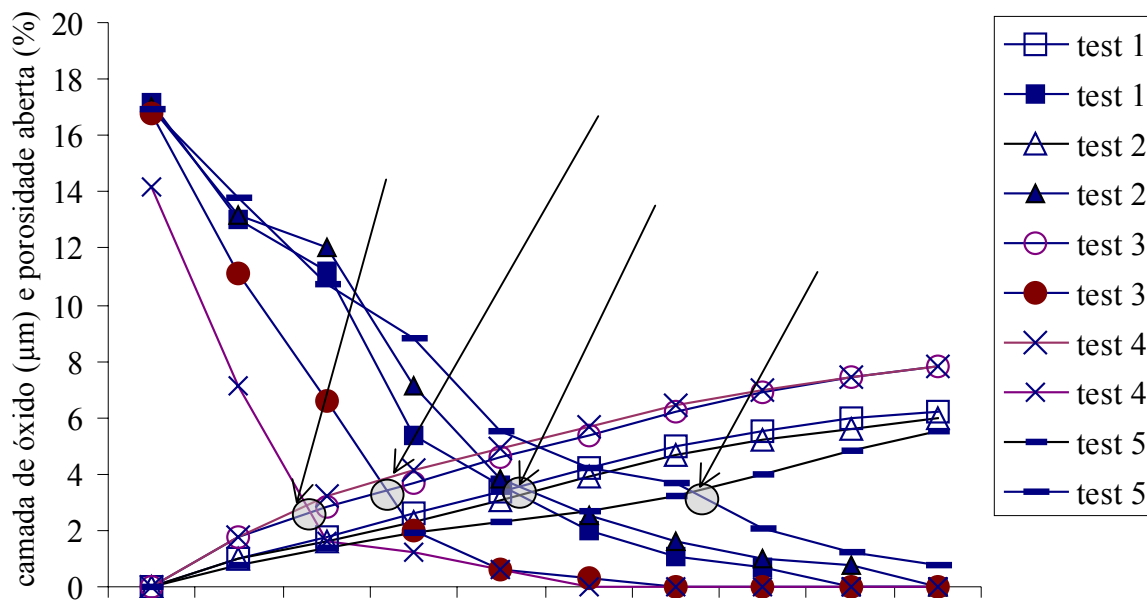


Figura 4 – Evolução da camada de óxido e porosidade aberta em função do tempo de oxidação, testes 1, 2, 3, 4 e 5.

4 CONCLUSÃO

O curso de mestrado conferiu uma capacidade de mapeamento do sistema, classificação das variáveis por nível de importância e um reajuste do sistema.

Para peças onde o objetivo é obter o selamento, o ideal é trabalhar com densidade e temperatura mais elevada possível, com tempo de permanência total dentro do forno igual ao MOC.

Para peças onde o objetivo principal é o aumento de dureza no núcleo da peça, o ideal é trabalhar com temperaturas e densidades mais baixas.

Para peças em que é necessário ambos, dureza e selamento, deve-se trabalhar com densidades diferentes na mesma peça e estabelecer gradientes de temperaturas no forno.

Após os reajustes necessários no processo não foi mais necessário adquirir outro forno e ou terciar a produção excedente, conseguindo-se ainda uma ociosidade de 20% com a mesma configuração de fornos.

Agradecimentos

Prof. Dr. Ivan Falleiros / POLI-USP, orientador do trabalho;
Jose Carlos dos Santos / General Motors do Brasil.

REFERÊNCIAS

- 1 K. Razavizadeh and B. L. Davies. Influence of powder type and density on pore closure and surface hardness changes resulting from steam treatment of sintered iron. Powder Metallurgy, N°. 4, p. 187 – 192, 1979.
- 2 J. D. B. De Mello, R. Binder, A. N. Klein e I. M. Hutchings. Effect of compaction pressure and powder grade on microstructure and hardness of steam oxidised sintered iron. Powder Metallurgy 2001, Vol. 44, N° 1, p. 53 –61.
- 3 P. Beiss. Steam treatment of sintered parts. Powder Metallurgy 1991, Vol 34, N°. 3, p. 173–177.