

PROCESSO DUPLEX OXY PARA MOLDES E MATRIZES PARA TRABALHO A QUENTE ¹

Shun Yoshida²

Resumo

Aços ferramentas para moldes e matrizes, principalmente para aplicações como forjamento a quente, upset e matrizes para injeção de ligas não ferrosas, devem apresentar elevada resistência à fadiga térmica, alta tenacidade, alta resistência à revenimento durante o processo, e alta resistência à desgaste. Para a prevenção de desgaste e fadiga térmica, muitas empresas tem recorrido às diversas variantes da nitretação, que, a despeito da excelente resistência à desgaste, não apresenta uma boa resposta à prevenção de fadiga térmica, não sendo, nesse sentido, uma opção de tratamento de superfície adequada. A causa principal está relacionada com a precipitação de nitretos em contornos de grão, os quais, devido à elevada fragilidade, passam a funcionar como pontos para nucleação de micro trincas. Por outro lado, em muitos casos, ocorre a adesão de partículas da liga metálica que está sendo injetada/fundida na superfície da ferramenta, causando uma rápida erosão e conseqüente degradação da superfície da ferramenta. DUPLEX OXY é a solução para ambos problemas, a adesão e a presença de microconstituintes frágeis. O processo é uma combinação de um ciclo especial de nitrocarbonetação, que não contém as fases frágeis nem tampouco camada branca, com um processo de oxidação controlada da superfície da ferramenta. Este trabalho apresenta o processo, suas características, limitações e alguns resultados práticos em aplicações industriais.

Palavras-chave: Fadiga térmica; Erosão em matrizes; Ferramentas para trabalho a quente.

DUPLEX OXY PROCESS FOR HOT WORKING TOOLS AND DIES

Abstract

Hot working tools and dies, mainly for applications like hot forging dies, hot upset dies, and non ferrous alloys injection dies, must have a strong resistance to heat checking, high toughness, high resistance to tempering in process, and high resistance to wear. About wear and heat checking resistance, many companies looking for a good surface treatment, commonly using some kind of nitriding processes. Despite the good wear resistance of nitriding, for heat checking this is not the best option, mainly due the presence of brittle microconstituents like nitrides precipitated in grain boundaries at the surface and the white layer. In other hand, in many cases, the adhesion of the workpiece in the tool surface is a big problem, causing fast erosion and degradation of the surface of the tool. Duplex Oxy is a good solution for both problems, adhesion and presence of brittle microconstituents. The process is a combination of special cycle of nitrocarburizing, without white layer or nitrides, with controlled surface oxidation. This paper presents the process, its characteristics, limitations and some practical results in industrial applications.

Key words: Thermal fatigue; Erosion; Hot working tools and dies.

¹ *Technical contribution to 62nd ABM - International Annual Congress, July 23rd to 27th, 2007, Vitória - ES – Brazil*

² Engenheiro Metalúrgico, Coordenador da Bodycote Brasimet

INTRODUÇÃO

Processo de conformação de metais a quente como, por exemplo, forjamento, ou injeção de alumínio tem como principal causa de desgaste do ferramental a fadiga térmica e a erosão.

Fadiga térmica é um processo bem conhecido, tendo como consequência o surgimento de trincas (chamadas “trincas térmicas”), danificando a superfície das ferramentas conforme a Figura 1.

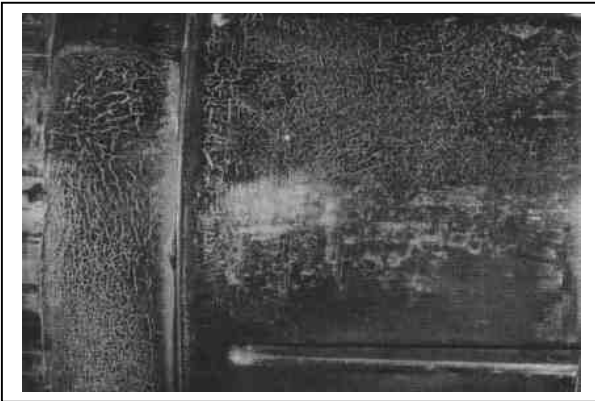


Figura 1: superfície de ferramenta para fundição sob pressão de Al, mostrando o aspecto característico de trincas térmicas.⁽¹⁾

As trincas surgem devido às tensões trativas originadas dos ciclos de aquecimento/resfriamento a que a superfície da ferramenta é submetida durante o trabalho. À medida que passa o tempo, o nível de tensões vai gradualmente subindo até atingir o limite de resistência do aço. O rompimento vai ocorrer, preferencialmente em contornos de grãos e/ou discontinuidades microestruturais presentes na superfície, como, por exemplo, precipitações de nitretos.

A Figura 2 ilustra o mecanismo.⁽²⁾

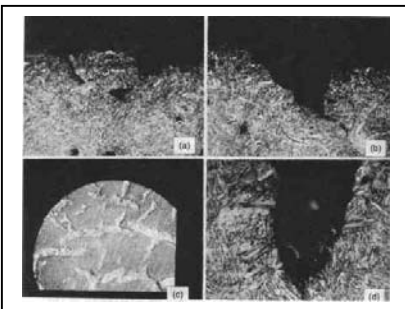


Figura 2: (a) seção transversal ilustrando o estágio inicial da trinca térmica na qual o grão está quase separado da superfície por fratura ao longo do contorno de grão. (b) “buraco” deixado pelo arrancamento do grão em estágio subsequente. (c) aparência da superfície. A coloração clara brilhante é devido à incrustação de alumínio. (d) seção longitudinal da trinca térmica.⁽²⁾

A Erosão é um mecanismo diferente, tendo natureza químico-mecânica. Trata-se de um “ataque” do alumínio líquido à superfície do aço ferramenta, havendo, localmente, uma reação química Al-Si-Fe. Resulta dessa reação um composto, rico em Al e Si, denominado fase τ .⁽³⁾

A Figura 3 ilustra a superfície de uma ferramenta que apresenta o defeito.



Figura 3: Superfície de ferramenta para fundição sob pressão de Al, apresentando severa erosão na entrada do molde (área clara indicada pela seta). Bodycote

À medida que evolui o trabalho da ferramenta, o precipitado formado vai gradualmente aumentando de volume até que é “arrancado”, levando consigo parte do substrato metálico. A Figura 4 mostra a formação da fase.⁽³⁾

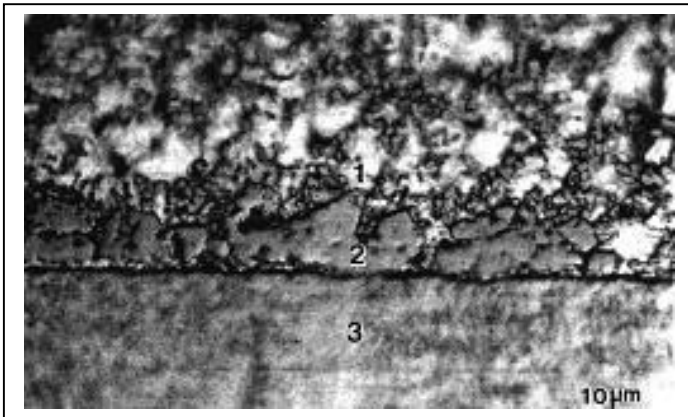


Figura 4: Precipitação de composto intermetálico na superfície do aço ferramenta: 1 – alumínio A390; 2 – intermetálico τ ; 3 – aço AISI H13.⁽³⁾

O resultado final é um aspecto “erodido” na superfície da ferramenta, o que causa dificuldades de extração da peça fundida, além de excessivo retrabalho.

TRINCAS TÉRMICAS E EROSÃO – PROCURANDO SOLUÇÕES

Uma forma de retardar o surgimento das trincas térmicas, é o aumento da dureza. Isso evitará que haja nucleação da trinca (apesar de, por outro lado, favorecer sua propagação). O aumento puro e simples da dureza do substrato não é uma solução viável, uma vez que haveria um efeito negativo na tenacidade (propiciando a formação de trincas do tipo “catastrófico”).

O processo Tenifer ou Deganit Plus são a solução mais evidente, pois elevam substancialmente a dureza superficial (no caso de um aço H13, acima de 900 HV), sem afetar a do núcleo e são ISENTAS de camada branca e precipitação de nitretos em contorno.

Entretanto, os processos Tenifer ou Deganit Plus, se são extremamente eficientes na prevenção de trincas térmicas, tem pouco efeito sobre a erosão, particularmente devido ao fato de que, mesmo na camada Tenifer ou Deganit Plus, ainda há átomos de Fe em solução, propiciando a reação que gera o intermetálico τ . A Figura 5 mostra uma micrografia da camada Tenifer Plus.

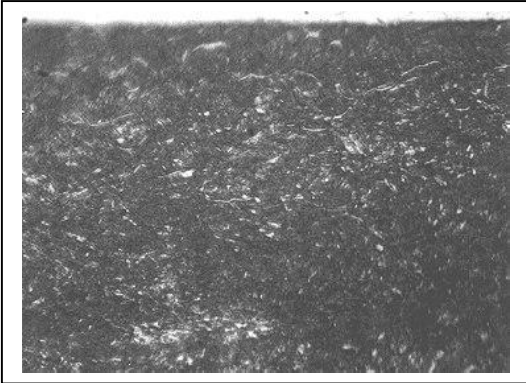


Figura 5: Micrografia mostrando a camada TENIFER PLUS isenta de camada branca e nitretos precipitados. Aço AISI H13 (BODYCOTE)

O processo OXY evita o contato alumínio líquido/Fe da camada, formando uma barreira eficiente, e retardando a precipitação do composto intermetálico.

A camada OXY é obtida através de um tratamento termo-químico que usa produtos oxidantes em combinação com ciclos térmicos, para formar, na superfície previamente nitretada pelo processo Tenifer ou Deganit Plus, uma fina camada inerte ao ataque do alumínio.

A Figura 6 mostra uma microfotografia da camada OXY.

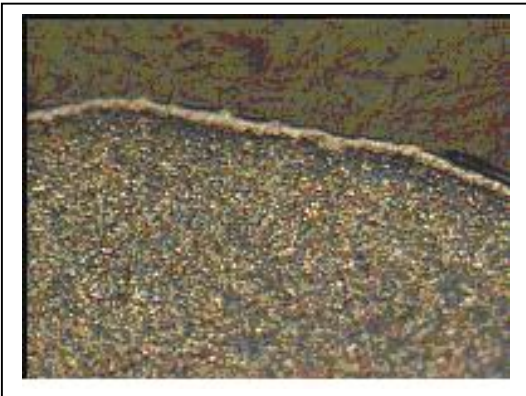


Figura 6: Camada OXY sobre substrato de AISI H13. Espessura: 5 a 8 micra (BODYCOTE)

A camada OXY é basicamente composta de Fe (40%), O₂ (58%) e S (2%), e a Figura 7 mostra o perfil RBS de amostra tratada pelo processo.

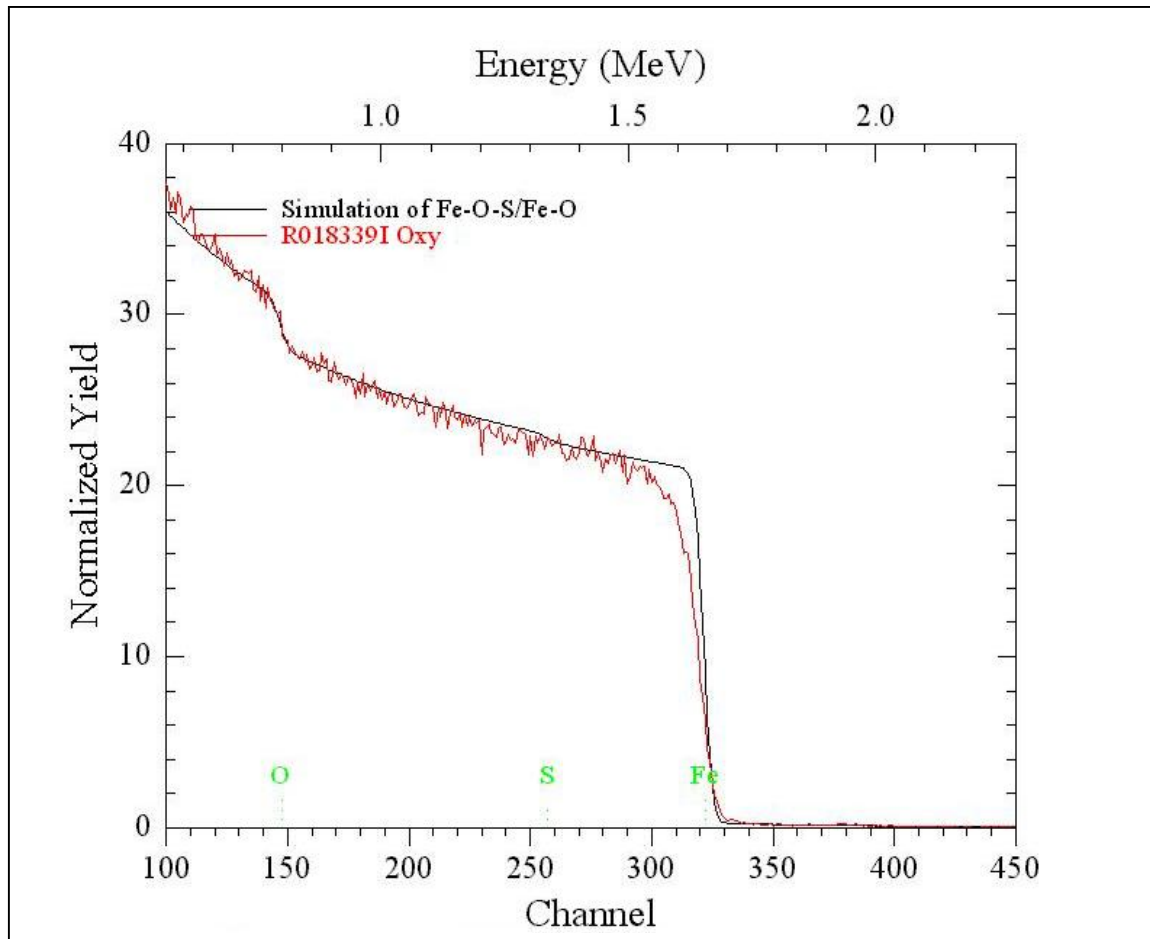


Figura 7: Perfil RBS de amostra tratada pelo processo OXY em substrato de AISI H13. A curva em preto representa a simulação para o sistema Fé-O-S e a curva vermelha a análise da amostra mostrando perfeita combinação.⁽⁴⁾

O mecanismo protetivo de filmes óxidos, particularmente na erosão causada pelo Al é largamente conhecido pelos fundidores, mas, para o caso de forjaria a quente, a principal razão é a característica lubrificante da camada OXY. Alguns práticos do ramo atribuem os bons resultados de processos de oxidação das camadas, à um aumento da dureza, mas a camada OXY não contribui neste sentido, uma vez que as evidências experimentais não mostram nenhum aumento de dureza. A Figura 8 mostra o resultado de um estudo sobre a eficiência de camada de óxidos na superfície de ferramentas de fundição de não ferrosos.

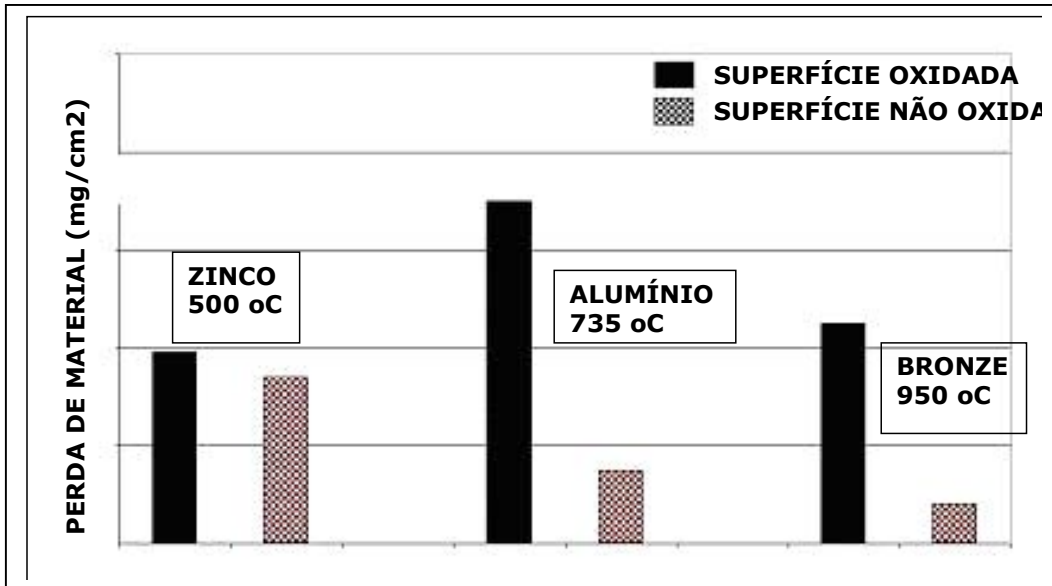


Figura 8: Efeito da oxidação superficial na perda de material da ferramenta, em distintos processos de fundição de ligas não ferrosas.⁽⁴⁾

DUPLEX OXY

É a denominação do processo que combina o processo de nitretação especial Tenifer/Deganit Plus com a oxidação controlada OXY, objetivando a formação de camada com alta resistência à formação de trincas térmicas e erosão da superfície.

A Figura 9 ilustra uma ferramenta, que após trabalhar pequeno número de ciclos com maus resultados, foi recuperada pelo processo Duplex Oxy.

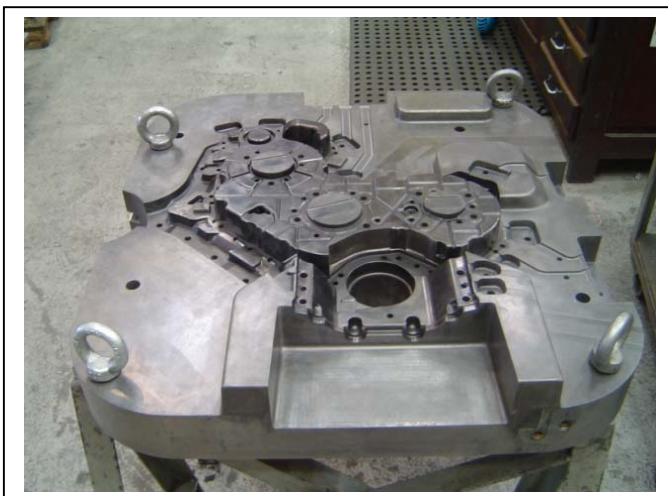


Figura 9: ferramenta típica para fundição sob pressão de Al, tratada pelo processo DUPLEX OXY. (BODYCOTE)

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO E RESULTADOS



Figura 10: Conjunto de macho e cursor para injeção de Al em aço H13. Tempera a vácuo: 45 HRC. Rendimento acima de 66500 tiros superior ao processo de nitretação convencional (TENIFER) (BRASIMET)

Figura 11: Macho em H13 para fundição sob pressão de Al. Tempera a vácuo: 46 HRC. Acima de 67000 tiros após o processo DUPLEX OXY

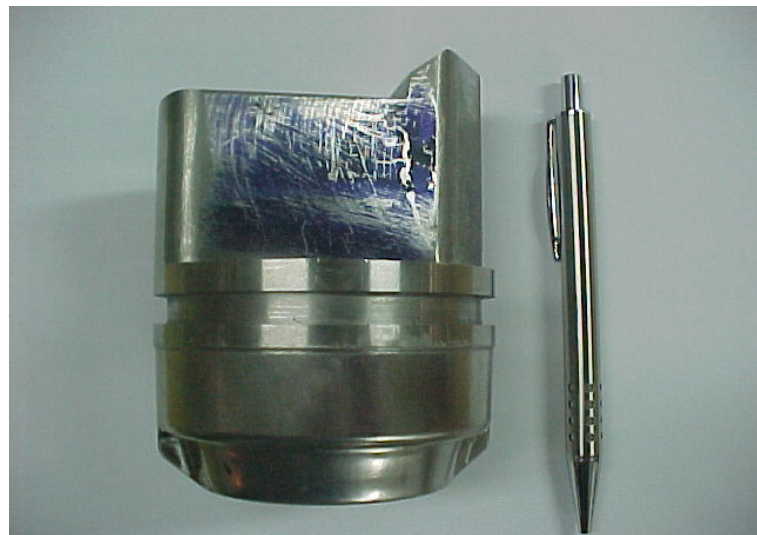


Figura 12: pino para injeção de ZAMAK em AISI H13. Tempera a vácuo para 45 HRC. 60 dias de uso contra 20 dias pelo processo normal.

O processo DUPLEX OXY mostra grande eficiência sempre que surgirem durante o trabalho da ferramenta situações de EROSÃO, causada pelo ataque químico e FADIGA TÉRMICA.

REFERÊNCIAS

- 1 YOSHIDA, S., Nitrocarbonetação sem camada branca para matrizes de injeção de Al., Seminário Internacional de Tratamentos Térmicos, ABM, SP, Brasil, 21/09/1998
- 2 ROBERTS, G.A. e CARY, R.A., TOOL STEELS, 4^a. ed., ASM, 1980.
- 3 SHIVPURI, R., VENKATESAN, K., YU, M., CHU, Y.-L., “*A study of erosion in die casting dies by a multiple pin accelerated erosion test*”, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 4(2) April 1995 – pg.145-153, ASM International.
- 4 SARTORI, C.H., MILEK DE ANDRADE, C., PROCESSO OXY, Um novo tratamento superficial para ferramentas de fundição sob pressão de Al., 59^o. Congresso Anual ABM, 19 a 22 de Julho de 2004, S.Paulo, SP, Brasil.