

MELHORAR A PERFORMANCE DE FERRAMENTA DE EXTRUSÃO DE ALUMÍNIO ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO ¹

Vendramim, J. C.²
Madariaga, C.³

Resumo

A eficiência econômica de qualquer planta de extrusão de alumínio é assegurada pela maximização da produtividade e minimização dos custos. Um dos mais importantes fatores que asseguram esses objetivos é um moderno e adequado sistema de gerenciamento de ferramentas. Isso se traduz em controle da qualidade do aço da ferramenta, melhor tratamento térmico, correta nitretação e renitretação durante serviço da ferramenta, correto preaquecimento antes da operação em prensa, cuidadoso acabamento superficial manual e adequada separação do alumínio das ferramentas. Os benefícios econômicos resultantes, e demonstráveis, poderiam ser acrescidos outros, menos tangíveis do gerenciamento integrado e moderno da ferramenta, tais como: qualidade do produto extrudado melhorado, maior satisfação de cliente, menor risco de prazo de entrega não cumprido, imagem da empresa melhorada e satisfação dos funcionários.

Este trabalho discute os fatores técnicos envolvidos no trabalho da ferramenta como a "vida em serviço", especialmente os relativos a nitretação, o preaquecimento livre de oxidação e, conseqüentemente, o desempenho.

Palavras-chave: nitretação; extrusão; ferramenta

- 1 - 1º Encontro de Integrantes da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes
- 2 - Engo. Metalurgista - Engenharia e Marketing Divisão Tratamentos Térmicos Combustol – Pós Graduação FEM - UNICAMP
- 3 - Engo. Metalurgista - Engenharia de Processos Divisão Tratamentos Térmicos Combustol

1- Introdução

Numa fábrica de extrusão de alumínio a máxima utilização do tempo de prensa é de extrema importância. Todo tempo de prensa tem uma inesperada ou não programada parada e o resultado disso não somente é a perda de produção, mas também um rompimento do ciclo logístico, interrupção do plano de execução de ordens e aumento dos custos de manufatura. A razão disso, freqüentemente, é atribuída à baixa performance das ferramentas de extrusão, causada pelo excessivo e acelerado desgaste, deformação ou ruptura. De forma geral, a performance da ferramenta afetará:

- Produtividade – medida em volume de tarugos extrudados ou da boa qualidade de perfis extrudados por unidade de tempo
- Custo operacional – custos de manufatura por unidade de quantidade de produto. Isto está relacionado com a produtividade, incluindo custos específicos de compra e substituição, manipulação e estocagem.

É do interesse da administração da fábrica melhorar a vida útil e a confiança nas ferramentas de forma a evitar ocorrências como trincas, paradas de prensa e substituição de ferramenta, visando a redução dos custos ao mínimo. Para o melhor resultado, com relação à produtividade e redução de custos, torna-se importante adotar um adequado sistema de *gerenciamento* das ferramentas. A proposta deste texto é apresentar e discutir algumas soluções técnicas provenientes da prática industrial mundial da extrusão de alumínio.

2 - Aspectos técnicos do gerenciamento de ferramentas

2.1 - Processo de fabricação de ferramenta

Existem três importantes fatores relativos ao processo de fabricação:

- Qualidade do bloco de aço forjado
- Microestrutura obtida no tratamento térmico – tempera/revenimento
- Remoção de vestígios de microestrutura do EDM (eletroerosão)

A performance da ferramenta depende, em larga escala, da qualidade metalúrgica do material (homogeneidade microestrutural) e do tratamento térmico preliminar (recozimento). A falta de homogeneidade, quando ocorre, manifesta-se nas bandas de carbonetos visíveis ao microscópio sob baixo aumento (50x). Nessa condição, é possível demonstrar que trincas podem se desenvolver durante o tratamento térmico ao longo dos agrupamentos de carbonetos. Existem critérios aceitáveis dos fornecedores do aço para trabalho a quente contidos, por exemplo, na norma NADCA – “North América Die Casting Aluminium”, e outras normas – “Chrysler reference charts and German evaluation charts” – que indicam quais tipos de defeitos são aceitáveis, ou microestruturas, podendo, ou não, ser eliminadas por tratamento térmico.

O tratamento térmico em ambiente sem atmosfera protetora pode produzir forte descarbonetação com tensão residual na zona da superfície. E se não completamente removida pela usinagem, a camada descarbonetada com a subsequente nitretação torna propensa a formação de trinca junto a qualquer imperfeição superficial. A figura 1 mostra a seção transversal de uma parte da superfície da ferramenta com uma descarbonetação

visível na camada nitretada.

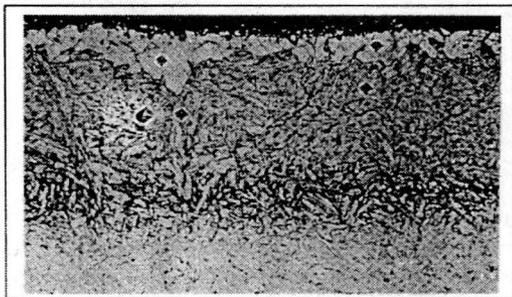


Figura 1 - Microestrutura da superfície da ferramenta com área branca de descarbonetação. Abaixo dela, a camada de difusão de nitretação. At.Nital 3%. A. 400x

2.2 – Operação de Eletroerosão

A qualidade da operação "EDM" (eletroerosão), quando não adequadamente conduzida, pode trazer fortes prejuízos à vida da ferramenta se não for removida. O material resolidificado após EDM representa uma elevada distorção na microestrutura com significativas tensões[1]. Numerosas análises de ferramentas com falhas demonstraram que a camada da superfície resultante de EDM removida incompletamente pode conter microtrincas, ou desenvolvê-las em serviço, especialmente naquelas superfícies de ferramentas submetidas a tensões, e servir de cunha metálgica para nuclear e propagar trincas.

Uma trinca de canto originada na camada EDM é mostrada na figura 2. A heterogeneidade estrutural visível na seção transversal é mostrada na figura 3. A figura 4 mostra a superfície da ferramenta vista pelo lado de saída ("recess side") com alto nível de rugosidade após operação EDM.

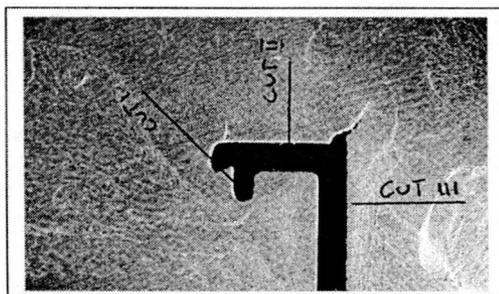


Figura 2. Parte frontal com trincas desenvolvidas em serviço. Aumento 2x

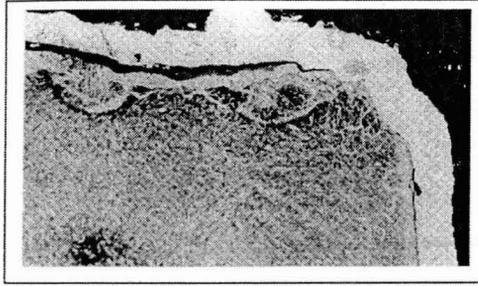


Figura 3. Seção transversal da ferramenta, fig.2, após nitretação, mostrando o dano superficial EDM. Ataque 3% Nital. Aumento 400x

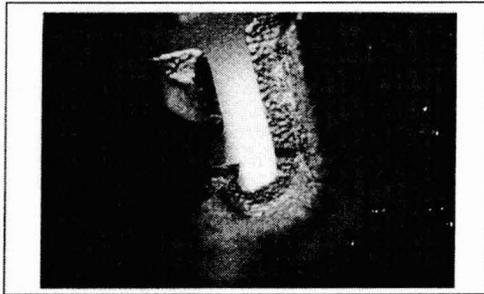


Figura 4 - Vista da superfície de saída (figura 2). Rugosidade da superfície visível.

3 - Manutenção da Ferramenta

Uma seqüência típica do processo de manipulação da ferramenta de extrusão pode ser:

- a) Recuperação para estoque
- b) Preaquecimento
- c) Montagem na prensa
- d) Desmontagem no final da corrida de extrusão
- e) Remoção do alumínio aderido
- f) Limpeza (química e mecânica)
- g) Polimento e possibilidade de correção
- h) Renitretacao
- i) Transporte para estocagem

O preaquecimento e itens "e", "f" e "g" pertencem à etapa de manutenção da ferramenta. Essas são etapas importantes do gerenciamento de ferramentas que podem afetar economicamente a fábrica se não adequadamente executados.

3.1 - Preaquecimento

Antes da instalação da ferramenta na prensa, a mesma é preaquecida até 480°C. Não pode ocorrer oxidação da superfície para não deteriorar as propriedades mecânicas superficiais da ferramenta (e sem sobre-aquecimento). O tempo de manutenção no preaquecimento recomendável: de 3 a 6 horas. Contudo, a experiência tem mostrado que as ferramentas permanecem nessa temperatura por tempos demasiados longos, algumas vezes excedendo 30 horas. O preaquecimento sob atmosfera não protetora (ar) pode causar severa deterioração da superfície nitretada. O principal fator é a oxidação, a qual remove sucessivas camadas nitretadas, convertendo-as em óxido de ferro. O incremento na fragilidade da camada superficial causa queda na dureza e, conseqüentemente, reduz a vida útil da ferramenta. A figura 5 mostra a superfície esfoliada de uma ferramenta nitretada. Isso se deve, parcialmente, a descarbonetação durante o tratamento térmico preliminar e, parcialmente, pela oxidação durante o preaquecimento, sendo ambos capazes de introduzir tensões prejudiciais de tração na zona superficial.

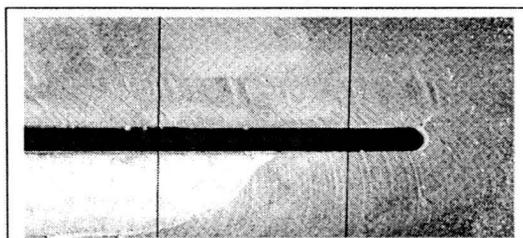


Figura 5.
na cavidade da ferramenta. Aumento 2x.

Superfície esfoliada

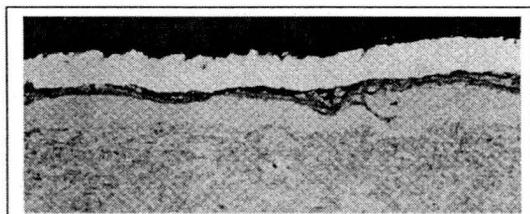


Figura 6 –
da superfície da ferramenta mostrando uma camada oxidada com intrusões alcançando a camada branca. Ataque 3% Nital. 1000x

Seção transversal

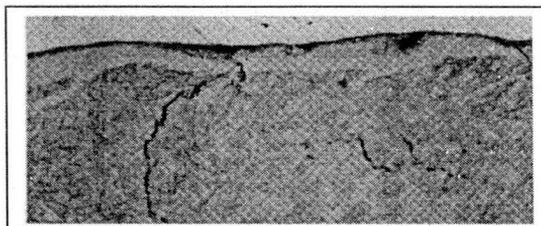


Figura 7.

Seção transversal

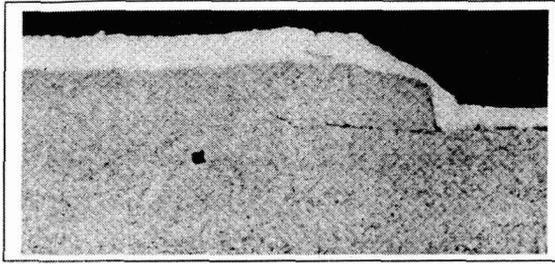


Figura 8. Área da ferramenta da figura 6 com canto lascado mostrando trinca paralela à superfície. Ataque 3% Nital. Aumento 1000x

Estudos recentes[2] empreendidos para otimizar as condições do preaquecimento, analisaram os efeitos na manutenção do aço H13 ao ar e nitrogênio na faixa de 450 a 600°C por períodos de 1 a 25 horas. Verificou-se que a deterioração da superfície pode ser significativamente reduzida pelo preaquecimento das ferramentas em atmosfera protegida pelo nitrogênio. Numa aplicação convencional, uma extrusora pode utilizar 10 a 15 ferramentas em 8 horas. Assim, nesses casos, recomenda-se a utilização de fornos específicos, ou seja, fornos elétricos ou fornos de queimadores a gás com atmosfera convencional para acomodar muitas ferramentas. A desvantagem desses fornos deve-se ao fato de, a cada abertura, causar queda da temperatura e entrada de ar, mas, por outro lado, esses tipos de fornos custam menos. As fabricas novas de extrusão de alumínio utilizam sistemas de preaquecimento com atmosfera protetora, situação ideal.

3.2 - Desmontagem da Ferramenta

No final da extrusão, a parte residual do tarugo, em torno de 25mm de espessura, permanece aderida à ferramenta, sendo removida com uma faca que se move paralela à face da ferramenta. A faca pode causar arrancamento de porção frágil na superfície da ferramenta, porém quando a faca está afiada o problema desaparece. Este exemplo mostra como alguns fatores prosaicos podem afetar a qualidade e a performance.

A separação da ferramenta da "ferramenta-suporte" é efetuada a ajuda de uma prensa hidráulica que exerce uma força de 40 a 50 tons. Esta operação substitui tradicionais métodos de martelo e formão, executado imediatamente (5 a 10 minutos) após conclusão do processo de extrusão, e antes do resfriamento do alumínio. A separação da ferramenta com equipamento adequado permite a recuperação de metal de alumínio para reciclagem e evita a redução da vida útil do banho refrigerante cáustico subsequente.

Portanto, a operação de desmontagem da ferramenta sendo executada de maneira sistemática, programada, preserva a face da ferramenta e melhora desempenho do banho de soda.

3.3 - Limpeza

A remoção de alumínio remanescente é conduzida em solução de soda quente (60 a 70°C). O tanque de tratamento tem de ser corretamente dimensionado para permitir por "borbulhamento e espumação" da solução quando a ferramenta é imersa. Durante o

tempo de tratamento o alumínio não é totalmente dissolvido, mas só soltado de forma que pedaços caiam ou, pelo menos, para facilitar a remoção. Normalmente, o banho de soda caustica não afeta a superfície da ferramenta com uma camada nitretada intacta. Entretanto, quando a superfície for destruída pela oxidação (durante preaquecimento por tempo superior a 8 horas em ar) ocorre o ataque da superfície. Tempo longo de ataque causa a formação de "pits". Dessa forma, prolongado período de tempo na solução de soda caustica pode causar deterioração da superfície da ferramenta, sendo isto não possível de ser corrigido pela nitretação posterior.

O banho utilizado tem de ser trocado com frequência regular. Assumindo que 60 ferramentas são limpas por dia, das quais 80% representam perfis com furos, o banho poderia ser trocado a cada 2 dias. A solução gasta pode ser reciclada, ou neutralizada e filtrada antes da reutilização. O tratamento com soda caustica é seguido de enxaguamento intensivo. A água de enxágüe contém apreciável quantidade de soda cáustica e pode ser usada para preparação de novos banhos. Isto permite economizar de 10 a 15% do custo químico.

Após tratamento com soda caustica e enxaguamento, a superfície da ferramenta pode ainda exibir fragmentos de alumínio aderido. Antes da nitretação subsequente, as ferramentas são limpas com jatos abrasivos, usualmente grãos de "corundum" em água contendo um inibidor. Em instalações recentes, ferramentas são colocadas numa mesa rotativa e submetidas a um ciclo automático de jateamento. Em seguida, enxaguadas e secadas.

4- Nitretação e Renitretação

A etapa de Nitretação representa o mais importante fator para melhorar a vida útil da ferramenta de extrusão. Isto se refere, em particular, para a nitretação a gás com controle automático do potencial de nitrogênio que produz, e que permite reproduzir a cada nitretação, uma estrutura metalográfica com características específicas na camada endurecida[1.2.3]. Entre outras vantagens, ela permite produzir uma camada endurecida uniforme, e não frágil, mesmo para cantos vivos – figura 9.

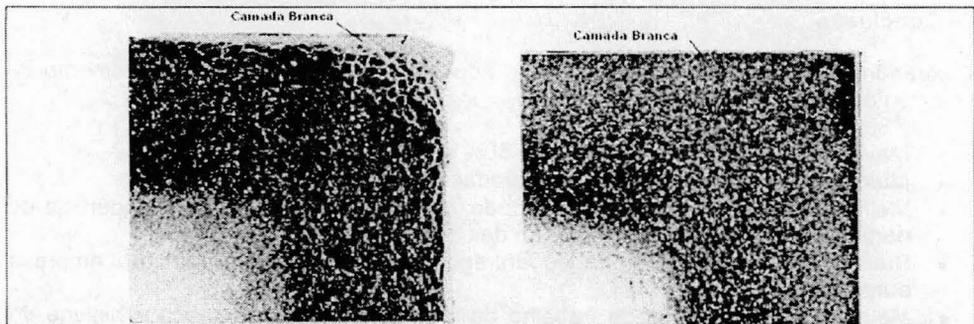


Figura 9. Seção transversal da camada nitretada mostrando o efeito "canto-vivo". Esquerda: nitretação convencional, sem controle do potencial de nitrogênio, rede de carbonitretos; Direita: nitretação processo Nitreg®. Ataque 3% Nital. Aumento 350x

No processo de extrusão, o efeito combinado da temperatura e abrasão pelo fluxo do metal alumínio, especialmente naqueles casos de elevada resistência de certas ligas de alumínio, causam desgaste gradual na camada nitretada. Isto ocorre em particular na superfície do perfil. Portanto, após um certo tempo de trabalho a superfície da ferramenta exige renitretação.

Em recente publicação[5], especial atenção foi dada ao fato de que mesmo se na superfície do perfil a camada nitretada ficar progressivamente mais fina, isto não ocorre na face adjacente da ferramenta, a qual está exposta a menor desgaste. Em conseqüência, sugere-se, ou insinua-se, que sem os adequados cuidados, esta face pode sofrer sobrenitretação e resultar em efeitos como a *esfoliação*, *lascamento* ou *escamação*. Contudo, a pratica tem mostrado que o lascamento, ou escamação está mais associado aos fatores já discutidos, tais como a *qualidade do material*, *qualidade do tratamento térmico*, *desmontagem* e cuidadoso *preaquecimento*. Além do mais, deve-se manter em mente que mesmo que a face adjacente da ferramenta sofra menor desgaste ainda estará exposto a temperaturas da ordem de 550-560°C durante o ciclo de extrusão. E é durante esse ciclo que a camada branca diminui por causa da difusão do nitrogênio para o núcleo.

A experiência tem mostrado que se a microestrutura da ferramenta é homogênea, de grãos finos e quando cuidados são adotados para evitar o sobreaquecimento e, por conseguinte, a oxidação e a decarbonetação, muitos ciclos de nitretação são permitidos sem o detrimento da face da ferramenta, e também corrobora para isto a aplicação de correto ciclo de nitretação.

5 - Estocagem e Transporte

Estocagem e sistema de manipulação de ferramenta organizados, com a entrega controlada por computador para o forno da prensa, e uma programação flexível de produção resulta num tempo mínimo de espera para a prensa. A estocagem ainda deve envolver adequadas medidas contra o risco de corrosão – proteção com vaselina, por exemplo. Essas medidas não devem contaminar a superfície da ferramenta de forma que possa interferir na operação subsequente de preaquecimento ou nitretação.

6 – Conclusão

A experiência de fabricas de extrusão que adotaram um sistema de gerenciamento de ferramentas permitiu constatar:

- Maior vida útil de ferramentas: 20 a 50% na vida útil
- Maior produtividade: redução das paradas de prensa
- Melhor qualidade do produto extrudado: dimensões e qualidade da superfície do perfil extrudado permanecem dentro das especificações de tolerâncias
- Satisfação do cliente: prazo de entrega cumprido; confiabilidade na empresa aumentada
- Melhorias nas condições de trabalho da fábrica; maior a segurança e higiene do trabalho;
- Maior satisfação do colaborador da empresa.

Referencias Bibliográficas

- [1] Nitrex Internal Report, 1999 (unpublished)
- [2] A.Czelusniak, M.J.Korwin, Y.Robert. Nitreg Process Application in Surface Hardening of Aluminum Extrusion Dies. Light Metal Age v.48(708), 1990, pp 28-35
- [3] – A.Czelusniak, M.J.Korwin. The Economics of the Nitreg Process in Nitriding of Aluminum Extrusion Dies. Proc. Of the 5th.Int.Aluminum Extrusion Technology Seminar. The Aluminum Association. 1992, pp261-264

Agradecimento:

À empresa **NITREX METAL Inc.** pela contribuição com comentários, sugestões e cessão de fotomicrografias.

