

GANHOS DE PRODUTIVIDADE COM O REVESTIMENTO DE MOLDES POR PVD (1)

Eros de Araújo Neto (2)
Hervé Delorme (3)

Resumo

O objetivo é ilustrar, através de casos, a melhora da produtividade conseguida pelo revestimento dos moldes metálicos para plásticos e borracha através de PVD (Physical Vapor Deposition). Os aumentos de produtividade deram-se pela diminuição do ciclo de processo, da ocorrência de defeitos nas peças e nos moldes e aumento da vida útil das ferramentas. São discriminadas as principais influências na vida e no desempenho dos moldes e como agem os diversos parâmetros práticos.

Palavra Chave: Moldes; PVD; PACVD; Revestimentos

(1) Contribuição apresentada durante o 2º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, promovido pela ABM, entre 21 e 23 de Setembro de 2004, em São Paulo / SP.

(2) Engenheiro metalurgista, Gerente Comercial da HEF do Brasil Industrial Ltda. – eros@hef.com.br
– (11) 4056-4433

(3) Tecnólogo mecânico, Gerente de Marketing da Divisão PVD Coatings do Groupe HEF – hdelorme@hef.fr – (33 4) 7777-5222

1 – Introdução:

A indústria de materiais poliméricos, assim como todas as demais, necessita, continuamente, melhorar a produtividade de suas operações para manter-se competitiva. As tradicionais maneiras, entre outras, de aumentar-se a produtividade são:

- Diminuição dos tempos de ciclo de processo
- Aumento da vida útil das ferramentas
- Ausência de paradas de produção para correção de defeitos, limpeza e substituições de componentes.
- Não utilização de desmoldantes ou lubrificantes ou refrigerantes.
- Facilidades de troca, ajustes e manutenção.

Dentro deste contexto, para as indústrias de plástico e borracha, o molde é de fundamental importância, pois é de responsabilidade dele a grande parte do ganho a ser conseguido. Em geral, um molde pode ser considerado uma montagem complexa, composta de diferentes partes, nos quais podemos encontrar dois grupos principais (1):

- O grupo das peças estruturais que devem suportar os esforços provenientes das pressões de fechamento do equipamento e da pressão de injeção / conformação.
- O grupo das peças conformadoras que deverão suportar as pressões de moldagem e diferentes tipos de agressões, que determinarão também o seu desempenho.

Nos casos de moldes de construção mais simples, muitas peças situam-se nos dois grupos.

2 – Análise do funcionamento dos moldes:

Durante o trabalho dos moldes para plástico e borracha, podemos citar como principais agressões sofridas por ele:

- Desgaste abrasivo, notadamente nos casos de materiais com maior carga de materiais altamente abrasivos, como fibras de vidro, minérios, etc.
- Corrosão pelos produtos da decomposição de certos polímeros clorados, como por exemplo, PVC.
- Agressão pelas partes móveis do molde, implicando em contato metal/metal ou plástico/metal ou metal/plástico
- “Efeito Diesel” resultante da detonação brusca de gases comprimidos, podendo conduzir a efeitos de queima da superfície do molde, como mostrado abaixo, na figura 1.

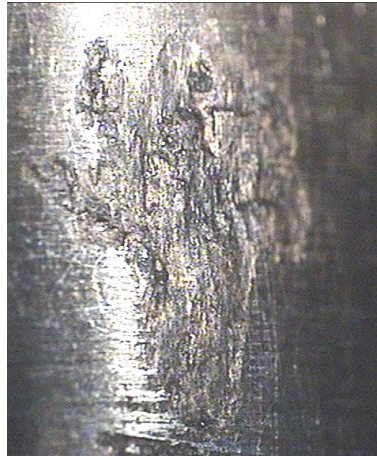


Figura 1 – “Efeito Diesel” na superfície de um molde

As peças submetidas aos diferentes mecanismos de desgaste são, essencialmente, representadas por:

- Ejetores
- Injetores móveis
- Gavetas
- Buchas guia
- Montagens molde/porta-molde
- Peças móveis, etc..

Se os mecanismos de fadiga, desgaste e corrosão condicionam grandemente o comportamento dos moldes e, notadamente, a duração da vida útil, os outros parâmetros têm, igualmente, uma parcela muito importante no desempenho dos moldes em serviço.

- Assim por exemplo, a velocidade e taxa de escoamento de um material num molde são, geralmente, inversamente proporcionais ao valor do coeficiente de fricção observado entre o material do molde e a superfície da peça moldada. Uma das conseqüências deste parâmetro é evidente, pois condiciona diretamente a duração da fase de escoamento na moldagem, influenciando desta forma, no tempo da moldagem e agindo diretamente nos custos da operação de transformação.
- Também uma regra igualmente importante, é as interações físico-químicas eventuais entre a superfície da parte moldante e os materiais moldados. Estas interações podem ser responsáveis pelos fenômenos ditos de “incrustação” e podem ser observadas dentre a grande parte dos materiais: plásticos, elastômeros, metais, ... Nós estamos falando de colamento e adesão.

Sobre estes casos, a ocorrência de tais fenômenos de incrustação conduzem, não somente ao aumento dos esforços de desmoldagem, mas também a uma degradação na qualidade dos produtos moldados. Como também é sabida, esta incrustação necessita de limpezas periódicas das superfícies dos moldes, geralmente através da diluição química em um banho alcalino ou por meio mecânico como, por exemplo, micro-jateamento, impondo que:

- O material de construção do molde ou o revestimento sejam inertes quimicamente perante os materiais de limpeza utilizados, protegendo o molde.
- A superfície do molde seja suficientemente resistente (dura) para não se degradar com os meios abrasivos utilizados.

Tanto num caso como no outro, essas operações de manutenção necessitam de uma parada momentânea da produção, com repercussões diretas sobre os custos.

3 – Utilização de tratamentos de superfícies:

Frente ao relatado, as empresas buscaram nas tecnologias de revestimento uma resposta essencial para resolver os problemas de desgaste e corrosão, para melhorar o escoamento do material no molde ou para facilitar a desmoldagem dos produtos transformados e, como consequência, para melhorar a qualidade dos produtos, diminuir os tempos de operação e de manutenção, e finalmente para otimizar os custos de transformação dos materiais moldados.

Se os tratamentos de nitretação e os revestimentos de cromo eletrolítico ou de níquel químico foram, e são hoje largamente utilizados, nós assistimos agora a um emprego cada vez maior e mais generalizado de camadas duras, através da deposição pelos processos PVD (Physical Vapor Deposition – Deposição Física em Fase Vapor) e PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition – Deposição Química em Fase Vapor Assistido por Plasma).

Eles tem, notadamente, a vantagem de conseguir microdurezas bastante altas, acima de 2.000 HV, de serem extremamente inertes quimicamente e de não modificarem o estado inicial da superfície do molde.

A tabela abaixo mostra as características dos principais revestimentos desenvolvidos para aplicação por PVD e PACVD, através de tecnologia PEMS (Plasma Enhanced Magnetron Sputering).

Camada	Temperatura de Processo	Temperatura de Uso	Dureza (HV)	Fricção
CrxNy	200/250	< 500	2.500	0,55
CrN	200/250	< 600	2.000	0,80
TiBN	250/300	< 700	4.000	0,35
TiN	350/450	< 400	2.600	
TiAlN	350/450	< 800	3.200	
TiCN	350/450	< 500	3.300	
DLC	150/200	< 300	3.000	0,15

Tabela 1 – Características dos revestimentos PVD / PACVD (1)(2)

DLC: Revestimento de carbono amorfo, aplicado por PACVD, a partir da dissociação de um gás contendo carbono.

Cabe ressaltar:

- A baixa temperatura de aplicação dos revestimento DLC e de nitretos de cromo
- A alta dureza do revestimento de nitreto de titânio boro
- O baixo coeficiente de atrito do revestimento DLC

Devido a sua natureza inerte os revestimentos aplicados por PVD ou PACVD podem ser utilizados em moldes para a fabricação de embalagens ou de peças para usos alimentícios, farmacêuticos, médicos ou de cosméticos. No caso de revestimento DLC, dispensa-se também, em alguns casos, a utilização de lubrificantes ou desmoldantes.

4 – Exemplos de aplicação:

4.1 – Injeção de material polimérico

Este exemplo é de um componente montado de bucha / macho de um molde de injeção do bico com válvula de uma garrafa, resfriado a água, em aço AFNOR 35 NCD 16 (1.6747 – 30NiCrMo16-6) (3).



Figura 2 – Molde / Macho de injeção de tampa de garrafa (1)

Problema: No estado sem revestimento era necessário um repolimento após um milhão de ciclos devido ao fenômeno de degradação da superfície pelo “efeito diesel” observado, conforme Figura 1.

Para remediar este fenômeno, uma camada de 3 μm de espessura de CrxNy (nitreto de cromo) foi proposta, e o aço original foi trocado por uma liga de cobre-berílio, permitindo assim uma muito boa condutividade térmica, a ponto de suprimir o resfriamento com água.

Graças a utilização da solução proposta, a degradação pelo “efeito diesel” foi praticamente suprimida, retardando consideravelmente a deterioração e aumentando o espaçamento das operações de limpeza e repolimento de 1 milhão de ciclos para 16 milhões de ciclos.

A característica atuante do revestimento neste caso foi a minimização dos efeitos da queima superficial.

4.2 – Injeção de material polimérico

Este exemplo é sobre o emprego de um molde em aço Z38CDV5 (DIN 1.2343 - 38CrMoV5) (3) destinado a moldagem de colheres graduadas, em polietileno para aplicação farmacêutica (colher dosadora de medicamentos).



Figura 3 – Molde para colheres dosadoras

Problema: Na ausência de revestimento superficial os principais problemas encontrados eram o escoamento e o preenchimento da gravura pelo material durante a moldagem e a desmoldagem ao fim do processo devido a aderência do material no molde.

Para melhorar a velocidade de escoamento do material e o preenchimento da gravura foi proposto um revestimento DLC com camada de 2 μm , aplicado por PACVD.

O efeito do revestimento não só resolveu os problemas mencionados, devido ao baixo coeficiente de fricção, mas proporcionou uma redução de aproximadamente 30% no tempo do ciclo de injeção.

4.3 – Injeção de material elastômero:

A presente aplicação se relaciona a injeção de selos de borracha e, ainda que os moldes são revestidos com uma camada de cromo duro eletrolítico, eles necessitam de limpeza a cada 20.000 prensadas.

Tendo em vista aumentar o espaçamento entre as paradas para limpeza, sem degradar a qualidade das peças, foi proposta a substituição do revestimento por outro com 4 μm de espessura, de nitreto de cromo (Cr_xN_y) aplicado por PVD / PEMS.

Graças ao emprego deste revestimento, foi possível realizar 100.000 prensagens sem a necessidade de limpezas intermediárias, correspondendo a um aumento da duração de um fator de 5 vezes em relação a solução tradicional de cromo duro.



Figura 4 - Moldes para juntas de borracha (1)

4.4 – Outras aplicações:

Apresentamos abaixo alguns outros exemplos de componentes de moldes com a utilização de revestimentos aplicados por PVD / PACVD nos processos de injeção de plástico e borracha



Figura 5 – Componentes de moldes e equipamentos

1) Incertos / machos / tubos

Problemas: aderência do material e desgaste abrasivo (passagem de material)

Soluções utilizadas: DLC e CrxNy que aumentam a vida das ferramentas e permitem a melhora do estado da superfície das peças injetadas, com aspecto brilhante.

2) Bicos de injeção

Problema: desgaste abrasivo

Soluções: DLC e CrxNy que podem ser aplicados sobre aço e sobre as ligas de cobre, tipo cobre-berílio, assegurando uma melhor condutibilidade térmica. Eles não afetarão a condutibilidade térmica e permitirão o aumento da vida útil das peças.

3) Placas de suporte de moldes / guias / peças móveis

Problema: Fricção mecânica, neste caso metal / metal, com desgaste prematuro devido a movimentos repetitivos.

Solução: DLC que possui um coeficiente de fricção bastante baixo, assegurando um bom deslizamento e uma diminuição importante do desgaste das peças em contato. O revestimento permite, em alguns casos, a utilização sem lubrificação ou a diminuição das necessidades destas.

4) Ejetores

Problema: engripamento devido a impossibilidade de utilização de lubrificante.

Solução: DLC é um revestimento auto-lubrificante e permite multiplicar a quantidade de peças injetadas.

5 – Conclusão:

Os exemplos mostram uma pequena parte das possibilidades nas quais os revestimento aplicados por PVD ou PACVD podem ser utilizados na proteção das ferramentas de transformação dos materiais. A utilização não se limita somente a proteção para as ferramentas, mas também igualmente, a outras peças componentes dos moldes e dos equipamentos usados durante o processo de transformação, proporcionando ganhos de produtividade.

Também há de se ressaltar que os ganhos proporcionados pela utilização de revestimento por PVD / PACVD estarão em breve sendo sentidos nas reduções de custos de usinagem de moldes em ligas de alumínio de alta resistência mecânica (4). Atualmente, as tecnologias estão bem adiantadas na adaptação do DLC para baixas temperaturas, podendo ser aplicado neste tipo de molde sem a perda de propriedades mecânicas (1).

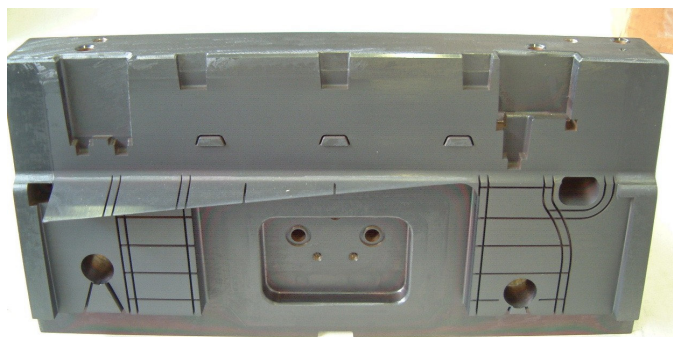


Figura 6 – Molde em liga de alumínio revestido com DLC (1)

Bibliografia

- (1) Utilisation des couches PVD/PACVD dans la industries de transformation – A. Gaucher – Groupe HEF
- (2) Catálogo Certess – HEF do Brasil Industrial Ltda - 2003
- (3) Stahlschlüssel 2001 – Verlag Stahlschlüssel Wegst GMBH
- (4) Ligas trabalhadas de Al-Zn-Mg-Cu endurecíveis por precipitação : Propriedades e comparação com aços AISI P20 para moldes de injeção de plástico – Arieta, F.G.; Paula e Silva, D. de; Mahe, C.; Catteau, F. - 1º Encontro de Integrantes da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes – São Paulo / SP – Outubro de 2004.

PRODUCTIVITY IMPROVEMENT WITH PVD COATING IN MOLDS (1)

Eros de Araújo Neto (2)
Hervé Delorme (3)

Abstract

The subject is show, using cases, the productivity improvement achieved by coating metallic molds for plastic and rubber by PVD (Physical Vapor Deposition). The productivity improvements have been archived by the reduction of process cycles, defects on parts and molds and by the increasing of molds lifetime. The main influences in molds lifetime and performance are related and how act the different Works parameters.

Key words: Molds; PVD; PACVD; Coatings

(1) Technical contribution presented in the 2^o Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, by ABM, São Paulo / Brazil September 2004.

(2) Metallurgical Engineer, Commercial Manager, HEF do Brasil Industrial Ltda.

(3) Mechanical Technician, Marketing Manager, PVD Coatings Division, Groupe HEF.