

SELEÇÃO DE AÇOS, TRATAMENTOS TÉRMICOS E TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE PARA MOLDES DE INJEÇÃO DE PLÁSTICOS (1)

SHUN YOSHIDA (2)

RESUMO

A Seleção mais adequada do conjunto AÇO/TRATAMENTO TÉRMICO/TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE é de fundamental importância para o rendimento de uma ferramenta.

Dentre os muitos critérios para orientar a escolha do conjunto, aquele que contempla a PRODUÇÃO DESEJADA, a ABRASIVIDADE DO POLÍMERO e alguns REQUISITOS ESPECIAIS, é a mais indicada, pelo aspecto prático, e por considerar a variável custos no seu escopo.

O presente artigo, procura discutir este critério de seleção, e orientar a escolha do conjunto mais adequado, dentro das opções existentes no mercado nacional, descrevendo características próprias dentro de cada opção.

-
- (1) Trabalho a ser apresentado no PRIMEIRO ENCONTRO DE INTEGRANTES DA CADEIA PRODUTIVA DE MOLDES E FERRAMENTAS, Associação Brasileira de Metais, ABM, 28-30/10/2003
 - (2) Engenheiro Metalurgista, EPUSP, Coordenador da Célula de TT de Ferramentas da Brasimet Com. Ind. S/A

INTRODUÇÃO

Diferentemente, por exemplo, do processo de injeção de alumínio, na qual, uma vez fixadas e controladas as variáveis de processo de injeção, restam poucas opções para tipos de aço, tratamento térmico e tratamento de superfície, no processo de injeção de plásticos, dada a variedade de produtos, polímeros e combinações e produção desejada, não é possível fixar um padrão de poucas combinações de aço e tratamentos.

Exemplificando, a produção de lentes de faróis em policarbonatos exige muito mais do molde do que manteigueiras produzidas em PS cristal, não somente pelo fato de que policarbonatos são muito mais abrasivos do que o PS cristal, mas, também, porque as quantidades de lentes produzidas são muito maiores do que as da outra peça. Assim, o ferramental utilizado para fabricar as lentes será muito mais sofisticado em termos de aços e tratamentos térmicos do que no caso das manteigueiras.

Outro fator a ser considerado, para seleção do aço e dos tratamentos térmicos, são o que se pode chamar de "Requisitos Especiais", em particular a resistência à corrosão e a polibilidade, esta última muito importante neste segmento em função das necessidades do produto. Estas propriedades estão intimamente relacionadas com a qualidade do aço utilizado, bem como do tratamento térmico aplicado.

De um modo geral e a título orientativo, pela combinação das variáveis "PRODUÇÃO", "ABRASIVIDADE DO POLÍMERO" e "REQUISITOS ESPECIAIS", montamos a seguir uma tabela (TAB.1) combinando aços e tratamentos térmicos:

TAB.1:TABELA ORIENTATIVA PARA SELEÇÃO DE AÇOS TRATAMENTOS TÉRMICOS E TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE PARA MOLDES DE INJEÇÃO DE PLÁSTICOS

SELEÇÃO PADRÃO (1)	PRODUÇÃO DESEJADA (2)			
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
ABRASIVIDADE DO POLÍMERO (3)	BAIXA	AÇO: Carbono (1020/45) T.T.: Nenhum T.Sup.: Nenhum (4)	AÇO: Carbono (1020/45) T.T.: Nenhum T.Sup.: DEGANIT (op) (5)	AÇO: AISI 4340 ou P20 T.T.: Nenhum T.Sup.: DEGANIT
	MÉDIA	AÇO: Carbono (1020/45) T.T.: Nenhum T.Sup.: DEGANIT	AÇO: AISI 4340 ou P20 T.T.: Nenhum T.Sup.: DEGANIT	AÇO: Classe PH T.T.: Envelhecimento T.Sup.: DEGANIT/IONIT (6)
	ALTA	AÇO: Classe PH T.T.: Envelhecimento T.Sup.: DEGANIT/IONIT	AÇO: AISI H13 T.T.: Tempera a Vácuo (7) T.Sup.: DEGANIT	AÇO: AISI H13 T.T.: Tempera a vácuo T.Sup.: DEGANIT/DUROTIN (8)
REQUISITOS ESPECIAIS	POLIBILIDADE	AÇO: P20 ou AISI 420 (ESR) T.T.: Tempera a vácuo (420) e nenhum (P20) T.Sup.: DUROTIN (10)		
	CORROSÃO	AÇO: Inoxidáveis Martensíticos (AISI 420) T.T.: Tempera a Vácuo T.Sup.: DUROTIN (9)		
	BAIXA DEFORMAÇÃO	AÇO: AISI 4340 ou P20 T.T.: Nenhum T.Sup.: DEGANIT/IONIT (11)		

TERMOS USADOS NA TABELA

OBSERVAÇÕES

A tabela indica, em alguns quadros, números que têm a explicação como segue:

- (1) Trata-se do padrão convencional, em que a seleção de aço, tratamento térmico e de superfície seguem o senso comum, sem considerações quanto a requisitos especiais;
- (2) Por "produção desejada", entenda-se a produção necessária e suficiente para cumprir o contrato com o cliente final, nem mais, nem menos. Como regra geral, define-se "baixa produção" como algo menor do que 100.000 peças, "média produção" entre 100.000 e 1.000.000 de peças e "alta produção", acima de 1.000.000 de peças;
- (3) A noção de abrasividade alta ou baixa de um polímero é conhecimento comum para o profissional que atua com polímeros. De um modo geral, quanto maior a quantidade de "carga" no polímero, maior a abrasividade;
- (4) A tabela foi construída para indicar o AÇO a ser utilizado, o tratamento térmico recomendado (T.T.), e o tratamento de superfície mais indicado para a situação em questão (T.Sup.). Indicações de dureza e maiores esclarecimentos quanto a aços podem ser encontrados na TAB.2;
- (5) A indicação (op) indica "opcional", ficando a critério do usuário decidir pela aplicação, em função das condições de produção;
- (6) A sigla "PH" refere-se a "precipitation Hardening", classe de aços que sofrem endurecimento por processo de precipitação. Bastante vantajoso em relação à têmpera, por reduzir, muito, as deformações;
- (7) Dados mais detalhado quanto à têmpera em vácuo podem ser encontrado mais adiante no texto;
- (8) Quando o tratamento de superfície indica duas opções, significa que ambos podem ser utilizados, ficando a cargo do projetista a escolha em função das características do projeto em questão;
- (9) Para que o aço inoxidável martensítico AISI 420 seja resistente à corrosão, o tratamento de têmpera é MANDATÓRIO;

- (10) A sigla ESR refere-se à "Eletró Slag Remelting", processo de fabricação de aço que confere grande sanidade interna, favorecendo a polibibilidade;
- (11) Este aços são fornecidos no estado pré beneficiado (vide TAB.2).

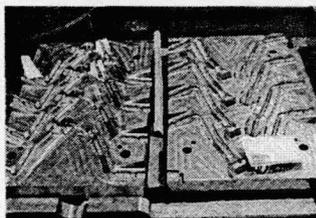
AÇOS INDICADOS

Os aços indicados na tabela são os de uso corrente no mercado nacional, disponíveis nos maiores fabricantes tanto nacionais, como importados.

A TAB.2 mostra as principais características dos aços indicados e a dureza com que é utilizada após tratamento térmico.

É importante notar que os aços indicados são para a seleção padrão para moldes de injeção de plástico.

Em função de requisitos especiais, o mercado de aços oferece outras opções. Por exemplo, nas famílias dos inoxidáveis martensíticos, há diversas opções à disposição do mercado que apresentam polibibilidade superior ao 420 convencional. Em função da necessidade de polimento, pode-se alterar a seleção do aço inox 420 para outro da mesma família, mas com polibibilidade superior.



Ferramentas para injeção de borrachas epiclóridrônicas, que geram produtos corrosivos. Aço 420 para têmpera em vácuo (BRASIMET)

TRATAMENTOS TÉRMICOS INDICADOS

O tratamento térmico tem como principal função conferir propriedades mecânicas elevadas ao aço. Entretanto, por atuar diretamente na microestrutura do aço, o tratamento térmico tem, sempre, como efeito colateral indesejável, a deformação.

Esta deformação é inevitável, e, na maior parte dos casos, imprevisível, razão pela qual, é absolutamente imprescindível que seja deixado sobremetal.

Entretanto, há muitas situações em que NÃO há necessidade de executarmos têmpera nas ferramentas, em função da baixa solicitação mecânica do processo de injeção. Nestas situações, o que ocorre, em geral,

é uma elevada solicitação ao desgaste, que pode, facilmente, ser resolvido com tratamentos de superfície.

Há também situações em que, em função da baixa produção e/ou baixa abrasividade do polímero não há necessidade de têmpera ou mesmo de tratamento de superfície, podendo a ferramenta ser usada na condição bruta de usinagem.

A TAB.1, cita dois tipos de tratamento térmico recomendados, como segue:

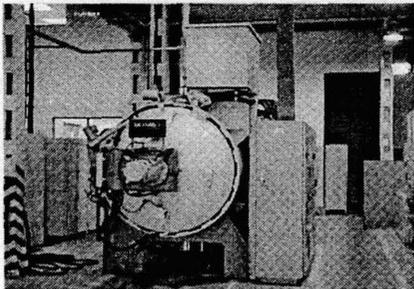
♦ ENVELHECIMENTO

- Tratamento de endurecimento, aplicado em uma classe específica de aços, que tem como característica a baixa temperatura de tratamento (em geral variando de 480°C a 570°C);
- Vantagem em relação à têmpera: como as temperaturas são abaixo da Temperatura Crítica, não ocorrem deformações devido à transformações microestruturais, ficando restritas àquelas causadas pelo efeito de temperatura apenas. Conseqüentemente, as deformações são substancialmente menores e permitem que se deixe o mínimo de sobremetal, ou mesmo nenhum, dependendo da geometria e do processo de tratamento adotado;
- Por terem temperaturas bem próximas, na maioria dos casos é interessante utilizar-se diretamente a Nitretação, conferindo assim, ao mesmo tempo que ocorre endurecimento, uma camada de alta resistência a desgaste.

♦ TÊMPERA EM VÁCUO

- A têmpera é um processo conhecido de endurecimento. No caso específico de moldes para injeção de plástico, recomenda-se o tratamento em fornos a vácuo devido à ausência de dano na superfície, diferentemente dos tratamentos em banho de sais fundidos ou mesmo em fornos sem atmosfera controlada. Pela ausência de oxigênio, não ocorre oxidação da superfície dos moldes. Ainda, no caso de banho de sais fundidos ou fornos sem atmosfera, é comum a ocorrência de "absorção" de sal ou impurezas nas porosidades naturais da superfície do aço, o que, necessariamente, prejudicará o posterior polimento.
- A têmpera em vácuo, além da melhoria na qualidade superficial, apresenta também melhor homogeneidade no que se refere a aquecimento e resfriamento, naturalmente melhorando a

homogeneidade microestrutural após a têmpera, o que tem influência direta no desempenho da ferramenta, em especial naquelas que têm elevados requisitos de solicitações mecânicas em trabalho.



Forno a vácuo para tratamento de ferramentas (Brasimet)

TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE INDICADOS

- DEGANIT E IONIT são, ambas, nitretações aplicadas em ferramentas de injeção de plástico com o objetivo de aumentar a resistência ao desgaste adesivo pela formação de uma camada superficial de natureza cerâmica, de baixo coeficiente de atrito e alta dureza.

DEGANIT é uma nitrocarbonetação conduzida num meio gasoso (mistura de NH_3 e CO_2), a temperaturas variando de 520°C a 570°C .

Por ser conduzido em meio gasoso, não há problemas de sujidades ou danos superficiais.

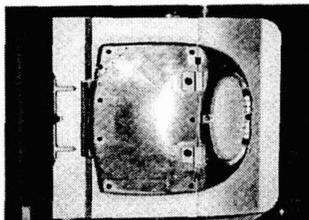
IONIT é um processo de nitretação conduzido sob plasma pulsado e forma camadas similares às formadas no DEGANIT. Por ser um processo em que as condições de controle são superiores, tem-se o domínio quase absoluto da formação da camada, permitindo variar o tipo e a morfologia da microestrutura da camada de uma forma bem mais efetiva do que no Deganit. Esta característica é interessante no caso de aço Endurecíveis por Precipitação, nos quais, por um processo especial, faz-se a nitretação iônica concomitantemente com o endurecimento do núcleo. Assim, com um mesmo tratamento, obtém-se dureza de núcleo e uma camada resistente ao desgaste.

Para os processos utilizando aços normais, recomenda-se o Deganit,

Sob nenhuma circunstância devem ser admitidos processos que envolvam banhos de sais fundidos, pois o sal impregna-se em furos e canais, causando dificuldade de remoção. Posteriormente, esse sal poderá prejudicar muito o polimento e a qualidade superficial da peça produzida.

- **DUROTIN:** ao contrário do que muitos pensam, Durotin NÃO é uma nitretação e sim, um processo de REVESTIMENTO COM CAMADAS DURAS, conduzido sob plasma em temperaturas que variam de 250° C a 500°C, aproximadamente.

O Durotin forma uma camada de alta resistência a desgaste, baixíssimo coeficiente de atrito e encontra grande aplicação em moldes de injeção de plástico que tem de apresentar alta produção, além de requisitos especiais como alto brilho e geometria com muitos cantos vivos. Normalmente, o Durotin é escolhido onde os processos de Nitretação não apresentam muita eficiência ou, pelo contrário, podem prejudicar a performance do molde.



Ferramentas para
injeção plástica
revestida com DUROTIN
(BRASIMET)

CONCLUSÃO

Como visto, o processo de seleção de aço, tratamento térmico e de superfície não é um processo estanque, em que não há relação entre um e outro. É, isto sim, um processo que tem de ser conduzido com vista no "todo" da ferramenta, incluindo-se aí a produção desejada, tipo de polímero, condições de trabalho, disponibilidade de aços no mercado nacional, tipos de tratamentos térmicos existentes e suas características e, finalmente, considerações quanto à necessidade ou não de tratamentos de superfície, os tipos disponíveis e características.

Esta visão de conjunto contribuirá, em muito, para o máximo desempenho da ferramenta, ou seja, ela durará a medida da necessidade do usuário, nem mais, nem menos.

TAB.2 - AÇOS PADRÃO PARA INJEÇÃO DE PLÁSTICO

AÇO	EQUIVALÊNCIAS	CARACTERÍSTICAS	DUREZA DE UTILIZAÇÃO
SAE 1020/1045		<ul style="list-style-type: none"> • Aço Carbono comum 	Utilizado no estado de fornecimento (recozido)
AISI 4340	VM40 (Villares) 4340 (Gerdau)	<ul style="list-style-type: none"> • Aço Carbono Baixa Liga • Fornecido no estado pré beneficiado 	Utilizado no estado de fornecimento pré beneficiado com durezas de 28/32 HRC
AISI P20	VP20IM (Villares) P20 (Gerdau) IMPAX (Uddeholm) M200 (Boehler) THYROPLAST 2311 (Thyssen)	<ul style="list-style-type: none"> • Aço ferramenta, específico para moldes plásticos • Alta polibibilidade • Fornecido no estado pré beneficiado 	Utilizado no estado de fornecimento, pré beneficiado com durezas de 28/32 HRC
CLASSE PH	VP50IM(Villares) ADINOX 41 VAR (Thyssen) M261EXTRA (Boehler) CORRAX (Uddeholm)	<ul style="list-style-type: none"> • Aços ferramenta endurecíveis por tratamento térmico de precipitação • Elevada polibibilidade • Corrax e Adinox41 são inoxidáveis • Deformação no TT menor do que nos temperáveis 	VP50IM e M261 EXTRA – 38/42 HRC ADINOX41 – 38/42 HRC CORRAX – 46/48 HRC <ul style="list-style-type: none"> • Todos após tratamento térmico de ENVELHECIMENTO
AISI H13	VH13IM (Villares) W302 (Boehler) ORVAR (Uddeholm) H13 (Gerdau) THYROTHERM 2344 (Thyssen)	<ul style="list-style-type: none"> • Aço ferramenta para trabalho a quente • Endurecível por tempera 	Utilizado no estado temperado para 50/52 HRC
AISI 420	VP420IM (Villares) M310 ISOPLAST (Boehler) STAVAX (Uddeholm) 420 (Gerdau) THYROPLAST 2083 (Thyssen)	<ul style="list-style-type: none"> • Aço inoxidável martensítico • Alta polibibilidade (varia de acôrdo com a qualidade) • Endurecível por tempera 	Utilizado no estado temperado para 50/52 HRC. A polibibilidade varia com o processo de tratamento térmico.

BIBLIOGRAFIA

1. Yoshida, S., "Seleção de aços, tratamentos térmicos e engenharia de superfícies para moldes de injeção de plástico", curso do Programa Educacional Brasimet, Set/1998.
2. Bohler Special Steel Manual, catálogo de materiais, Bohler Edelstahl GMBH.
3. Product Guide, lista de materiais da Thyssen, Thyssen France S.A.
4. Metal Handbook, vol.3, 9ª ed. , ASM
5. MACK, Michael, Surface Technology Wear Protection, Verlag Moderne Industrie AG & Co, 1990