

Tecnologia em metais para moldes de transformação de plástico por injeção e sopro

Scott Monteith¹
José Maurício Violante²

Resumo

A combinação dos metais berílio, níquel, estanho, entre outros, com o cobre, proporciona a formação de ligas metálicas com propriedades especiais, principalmente de resistência e condutibilidade térmica. MoldMAX e PROtherm são ligas de cobre fabricadas com base nesta tecnologia de engenharia, destinadas a aplicação em moldes de transformação de plástico por injeção e sopro que agrega benefícios vantajosos à cadeia produtiva, a ferramentarias e a transformadores. Esta tecnologia em metais apresenta combinação de propriedades de resistência e condutibilidade térmica com tendência ao que se considera combinação ideal para aplicação em moldes de transformação de plástico por injeção e sopro.

A utilização das ligas de cobre como tecnologia em metais para a formação de machos e cavidades de moldes de injeção e sopro agrega benefícios no resultado da aplicação. A grandeza dos benefícios supera a barreira psicológica do investimento inicial com o amplo entendimento da aplicação.

As propriedades de engenharia para a aplicação destes metais nos moldes de transformação de plástico por injeção e sopro estão apresentadas ao longo do trabalho e, exemplos são relatados com casos reais de seu emprego mostrando resultados positivos e elucidativos dos benefícios colhidos.

Alguns relatos sobre segurança e saúde no manuseio das ligas de cobre que contém berílio na sua composição química, tem sido observados como desculpa pela não aplicação, uma vez observada a falta de informação sobre o tema e a insegurança quanto ao seu emprego. No item que trata do detalhamento desta questão observa-se que na forma de metal pode ser manuseado com segurança e sem risco à saúde. Um pouco de conhecimento sobre o assunto afasta qualquer receio de sua aplicação, permitindo usufruir das vantagens oferecidas.

Palavras-chave: ligas de cobre para moldes, alta condutibilidade térmica, alta dureza, redução de tempo de ciclo

Material a ser apresentado 2º Encontro da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes, São Paulo, Setembro de 2004.

¹ Global Product Manager – Brush Wellman Inc.

² Engenheiro com especialização em Comércio Internacional (FGV - MBA Universidade de OHIO) e Engenharia de Segurança (Unicamp)

Introdução

Os processos de transformação de peças plásticas representam alto volume de capital investido devendo receber especial atenção quanto ao seu aproveitamento eficiente. Neste sentido, tornar efetiva a sua capacidade de produção é o objetivo da utilização de ferramentas com maior tecnologia agregada.

Caminhando nesta direção, a tecnologia em metais de engenharia, representada pela utilização das ligas de cobre (berílio, níquel, estanho, etc), encontra a melhor relação custo x benefício para o setor de transformação de peças plásticas.

A sua utilização favorece o processo produtivo em vários aspectos. Do ponto de vista do molde, proporciona a redução do custo de produção, favorece o projeto e agiliza a sua construção, facilita a disposição de canais de refrigeração, o material vem na condição de aplicação dispensando tratamento adicional e elimina a manutenção dos canais de refrigeração mantendo sempre a mesma eficiência na troca térmica.

Do ponto de vista do processo de produção proporciona a redução do tempo de preparação da máquina e do ciclo de produção, com conseqüente redução do custo, melhor aproveitamento do equipamento e da mão-de-obra e redução do consumo de energia.

Do ponto de vista da peça plástica proporciona melhor qualidade dimensional e redução de refugos no processo produtivo.

Quanto à aplicação, são introduzidas na composição dos machos e cavidades dos moldes, nos pontos onde ocorrem as maiores concentrações de temperatura e devem, obrigatoriamente, ter contato com a água para a remoção do calor do sistema. A propriedade de alta condutibilidade térmica dos metais tem a capacidade de homogeneizar a temperatura da peça produzida eliminando tensões internas e conseqüentemente deformações.

As propriedades físicas e mecânicas da tabela 1 foram projetadas para as aplicações de engenharia requeridas nos moldes empregados nos processos de transformação de plástico por injeção e sopro.

A grande questão para a utilização de tecnologia agregada ao sistema produtivo pelas empresas é a compreensão consistente da relação custo x benefício. Tanto para as empresas que constroem os moldes, quanto para as empresas que transformam o plástico, a utilização desta tecnologia em metais agrega benefícios maiores que os investimentos realizados.

Material e Método:

O material pesquisado para a produção deste trabalho inclui literaturas geradas com a participação de entidades governamentais e não-governamentais, através de pesquisas e desenvolvimentos, publicadas no mercado internacional.

Existem patentes para a produção de ligas de cobre (com berílio, níquel, estanho, etc), desde 1929. Hoje, existe o processo “Equacast”, patenteado recentemente. A estrutura homogênea de grãos finos na distribuição granular do material é garantida pelo processo “Equacast”, que garante, também, alta condutibilidade térmica, boa resistência, alta isotropia em grandes seções, alta qualidade de polimento e excelente usinabilidade (produz liga com 30 RC que é usinada tão rápida quanto o alumínio).

As ligas de cobre (com berílio, níquel, estanho, etc) na formação da cavidade e macho de moldes para transformação de plástico por injeção e sopro oferecem vantagem competitiva para a economia global. Esta tecnologia em metais está revolucionando o processamento de plásticos, na medida em que se aprofunda o seu conhecimento.

Para melhor entender o benefício agregado ao material, são utilizadas hoje, câmeras de infravermelho que através de fotos, representam a distribuição de temperatura da peça plástica produzida, permitindo a visualização da distribuição de temperatura ao longo da peça e, com isso a obtenção dos pontos críticos de concentração de calor como local recomendado para a introdução das ligas metálicas de cobre com alta condutibilidade térmica, estabelecendo o melhor aproveitamento da tecnologia dos metais e melhor rendimento no processo produtivo.

O processamento das ligas de cobre, na produção das partes do molde, é simples e recomendações para usinagem, eletroerosão, polimento, solda, tratamentos superficiais, texturização e comparativos com outros materiais, encontram-se disponíveis.

A aplicação destas ligas especiais traz os seguintes resultados nos moldes e no processo de produção:

Alta condutibilidade térmica = ciclos de produção mais rápidos;

Resfriamento uniforme = peças plásticas com maior precisão dimensional e redução na taxa de refugos;

Usinabilidade mais rápida e melhor = entrega mais rápida do molde;

Maior eficiência do molde = menor custo de produção;

Resistência à corrosão e resistência superficial = redução no custo de manutenção do molde;

Maior qualidade de acabamento superficial = aumenta a qualidade do molde.

Tabela 1 – Comparativa de propriedades dos metais para moldes

	Rockwell Hardness (HRC)	Thermal Conductivity BTU/ft hr °F	Charpy V-Notch Impact Strength Ft lb	Yield Strength (ksi)	Tensile Strength (ksi)	Thermal Expansion Coefficient 10 ⁻⁶ /in/in/°F
420 Stainless	50	10	5-10	200	250	6.1
H-13 Tool Steel	45-50	15	8-14	200	250	7.1
MoldMAX HH®	40	60	4	155	185	9.7
Alloy 22	35	23	2	55	100	9.0
MoldMAX XL®	30	35-40	15	100	110	9.3
MoldMAX LH®	30	75	12	140	170	9.7
Moldmate*	28-30	75	2-9	95-120	120-130	8.7
P-20 Tool Steel	30	17	25	120	140	7.1
PROtherm®	20	145	50	90	115	9.8
Alloy 940	16	120	35	65	96	9.7

Os moldes tem a função de dar forma à peça plástica e de gerenciar a energia térmica com o objetivo de gerar uma peça perfeita para o fim a que se destina. Os materiais empregados para a sua construção, focalizando os machos e cavidades, responsáveis pela formação da peça, são os de interesse para o nosso trabalho. Os metais moldMAX® e PROtherm® são analisados para a aplicação, com combinação de resistência e condutibilidade térmica, proporcionando alta capacidade de gerenciamento da energia térmica nos moldes. Apresentam as seguintes composições e propriedades:

Cu Be
98% Cu / 1,8% Be
MoldMAX® HH
MoldMAX® LH

Dureza
40 RC (372 B – 393 V)
30 RC (283 B – 301 V)

Condutibilidade térmica
60 BTU (105 WMK)
75 BTU (135 WMK)

Cu Be
99,5% Cu / 0,5% Be
PROtherm®

20 RC (230 B – 236 V)

145 BTU (250 WMK)

Cu Ni Sn
85% Cu / 9% Ni / 6% Sn
MoldMAX® XL

30 RC (283 B – 301 V)

40 BTU (70 WMK)

O projeto e especificação do molde representa uma análise ao gerenciamento da energia térmica pelo macho e cavidade. A tecnologia das ligas de cobre é favorável ao gerenciamento efetivo das propriedades térmicas dos plásticos, como a primeira opção de engenharia para esta aplicação.

As composições químicas distintas das ligas de cobre estabelecem propriedades distintas. Assim, cada liga terá a sua aplicação indicada. São citadas abaixo

algumas indicações de diferentes composições de ligas de cobre para moldes de injeção e sopro.

Indicações para aplicação nos moldes de injeção:

MATERIAL	APLICAÇÃO
Cu Be 99,5% Cu / 0,5% Be <i>PROtherm</i> [®]	Bicos para os sistemas de câmara quente; Recobrimento de macho onde há baixa exigência de resistência e dureza na aplicação.
Cu Be 98% Cu / 1,8% Be <i>modalMAX</i> [®] LH	Macho inteiro e insertos em cavidade; Qualquer aplicação onde seja exigida a propriedade de ductilidade, como nervuras; Qualquer aplicação onde o inserto estará na linha de fechamento da peça necessitando de alta resistência.
Cu Be 98% Cu / 1,8% Be <i>modalMAX</i> [®] HH	Macho inteiro e insertos em cavidade; Onde são aplicados aços ferramentas duros.
Cu Ni Sn 85% Cu / 9% Ni / 6% Sn <i>modalMAX</i> [®] XL	Macho inteiro e insertos em cavidade; Onde é aplicado o P-20; Qualquer aplicação onde restringem o Be; Ferramentas protótipos devido à velocidade de usinagem; Qualquer aplicação onde o inserto estará na linha de fechamento da peça necessitando de alta resistência.

Indicação para aplicação nos moldes de sopro:

MATERIAL	APLICAÇÃO
Cu Be 99,5% Cu / 0,5% Be <i>PROtherm</i> [®]	Insertos em cavidade.
Cu Be 98% Cu / 1,8% Be <i>modalMAX</i> [®] LH	Insertos em cavidades; Área de corte onde a resistência é necessária; Inserto de cavidade na linha de fechamento da peça necessitando de alta resistência.
Cu Be 98% Cu / 1,8% Be <i>modalMAX</i> [®] HH	Inserto de cavidade onde a resistência é importante; Área de corte onde a dureza é importante.
Cu Ni Sn 85% Cu / 9% Ni / 6% Sn <i>modalMAX</i> [®] XL	Inserto de cavidade; Qualquer aplicação onde há restrição ao Be; Áreas de corte onde a resistência é importante; Insertos de cavidade onde é importante a rapidez na construção do molde; Inserto de cavidade onde estará em contato com a linha de fechamento da peça necessitando de alta resistência.

Resultados:

A aplicação prática das ligas de cobre *oldMAX*[®] e *PROtherm*[®] é representada por alguns casos estudados apresentados a seguir:

1- Painel frontal de automóvel:

Figura 1 – Foto em infra-vermelho destacando o gradiente de temperatura na peça.

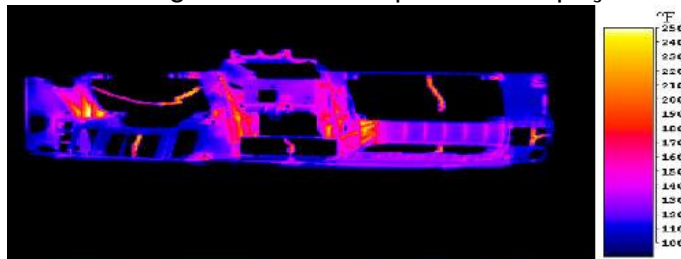


Figura 2 – Peça plástica: painel frontal.



Figura 3 – Macho do molde: Painel frontal.



- Resultados atingidos:
- 24-28% de redução de tempo de ciclo;
 - 85s para 58s a redução de ciclo;
 - Molde com 350,000 ciclos aprox.;
 - Economia aproximada de \$300,000;
 - \$20,000 de investimento em *oldMAX*[®] retornaram em 20 dias de produção;
 - Taxa de refugo reduzida de 10% para menos de 3% devido ao resfriamento uniforme.

2- Peça da Ford/Visteon:

Interior do automóvel – Lincoln

- Investimento de US\$ 10.000 em *moldMAX*[®];
- 25% de redução de tempo de ciclo;
- Economia anual de US\$ 100.000;
- Retorno do investimento em 20 dias.

Figura 4 – Molde de peça de acabamento.



3- Peça gabinete de TV:

Figura 5 – Macho com detalhe de insertos.



	ANTES	DEPOIS	%
CICLO	85 s	55 s	35 %

4- Base da garrafa:

Figura 6 – Macho com detalhes de inserto.



	ANTES	DEPOIS	%
CICLO	7,5 s	5,5 s	25%

5- Peças de acabamento de automóvel:

Resultado obtido: tempo de ciclo atingido de 29 segundos, e taxa de refugo menor que 1%.

Figura 7 – Macho em usinagem. E sua peça plástica moldada por injeção.



6- Seringa:

Figura 8 – Macho em *moldMAX*[®]



	ANTES	DEPOIS	%
CICLO	19 s	14 s	27 %

7- Polimento:

Figura 9 – Polimento em *moldMAX*[®]



Exemplo da qualidade de polimento espelhado obtido em *moldMAX*[®]

Discussão:

Os resultados apresentados atestam a eficiência do material no gerenciamento da energia térmica da peça plástica, tornando a sua temperatura mais homogênea e conseqüentemente, reduzindo as tensões internas no plástico, responsáveis pela sua deformação.

O aspecto fundamental para a decisão favorável à aplicação desta tecnologia em metais nos processos de transformação de plástico por injeção e sopro estão diretamente relacionados ao conhecimento dos materiais e dos benefícios que trazem, implodindo a barreira da comparação de preços dos metais disponíveis para a aplicação.

Conclusão:

A utilização das ligas de cobre (com berílio, níquel, estanho, etc) deve ser estudada para os projetos de construção e na manutenção dos moldes buscando o melhor aproveitamento dos benefícios que oferece, e não apenas em situação de dificuldade de refrigeração no molde, conceito erroneamente utilizado.

A expectativa deste trabalho é fornecer informações básicas para a perfeita compreensão das aplicações destas ligas metálicas como material de alta condutibilidade térmica que tem a função de eliminar concentrações de calor na peça plástica, responsáveis pelas pressões internas geradoras de deformação, bem como para o entendimento do quanto de benefício pode resultar da aplicação em termos de melhoria da capacidade produtiva, da qualidade das peças produzidas e do melhor aproveitamento dos recursos de produção empregados, gerando ao final, economia e redução de custos, que representa maior lucratividade para a empresa.