

Moldes ABM 2011

**Recomendações técnicas para o
Projetista de moldes e matrizes em aço
com vistas a uma boa Têmpera a Vácuo**

João Carmo **Vendramim** - Isoflama

www.isoflama.com.br

isoflama@isoflama.com.br

Moldes ABM 2011

Definição ABNT 8635 para Tratamento Térmico

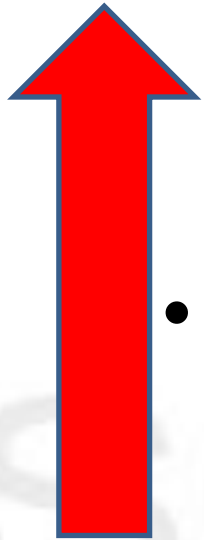
“Processo térmico de aquecimento, manutenção e resfriamento de metais”

Moldes ABM 2011

Têmpera = Resfriamento

Modalidades de Resfriamento:

- Ar
- **Gás Nitrogênio** sob pressão
- Mistura de gases ($N_2 - H_2 - \text{Argônio}$)
- Óleo; Polímero; Sal fundido
- Água



Decresce Riscos

Moldes ABM 2011

“**Têmpera a Vácuo**” (= resfriamento com gás nitrogênio sob pressão: de 2 a 20 bar)

- Resfriamento (a partir da temperatura de Austenitização) = **Riscos !!!**
- Riscos: Trincas; e Deformação / Distorção
- Isoflama = $2 < \text{Pressão [bar]} < 12$

Moldes ABM 2011

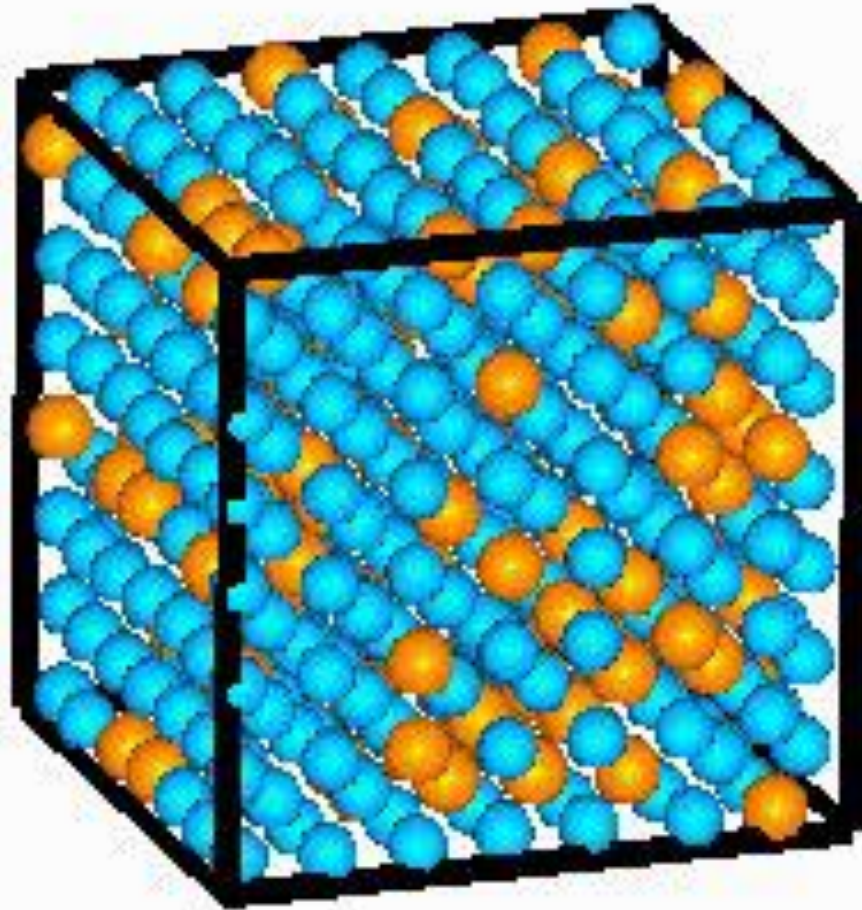
Risco 1

Deformação está associado a “**empenamento**” e Distorção a **alteração dimensional**. Ambas podem ser compreendidas com vistas a prevenção. Para tanto, considerar “estado da matéria prima”; “propriedades físicas da liga ferrosa”; “rota e condições de usinagem”; “projeto”; “alívio de tensão no desbaste”; “parâmetros de processo térmico”; e “tecnologia empregada no processo térmico”

Fenômeno “**Alotropia**” para alguns metais: alteração da estrutura cristalina no estado sólido. No caso do Ferro: CCC para CFC no aquecimento implica em expansão. Redução de volume ocorre no resfriamento e, se rápido, acresce nova expansão.

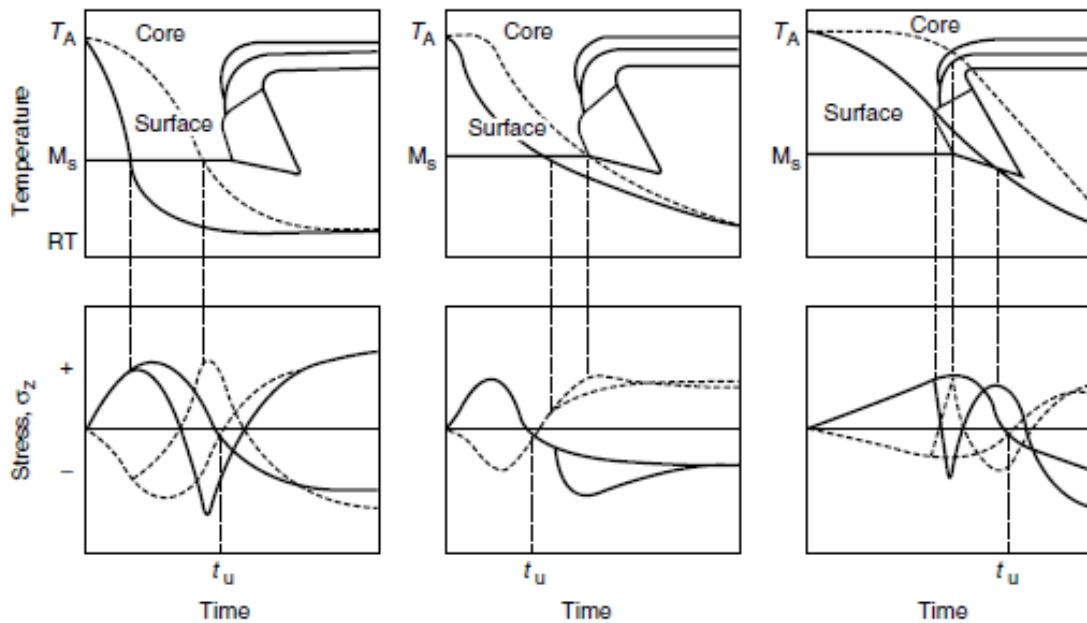
Moldes ABM 2011

Transformação “**CFC**” (Austenita) em “**TTC**” (Martensita)



Moldes ABM 2011

Estado de tensões no resfriamento com transformação de fase



(a)

	Surface	Core
Thermal stress	————	-----
Total stress	————	-----

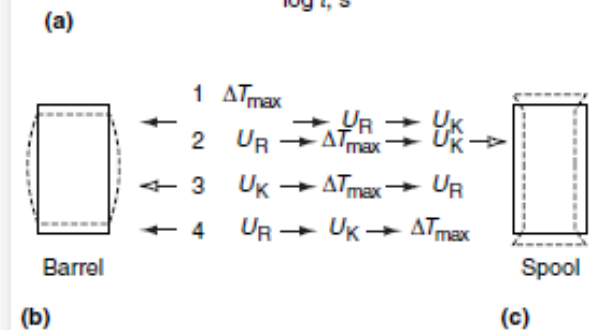
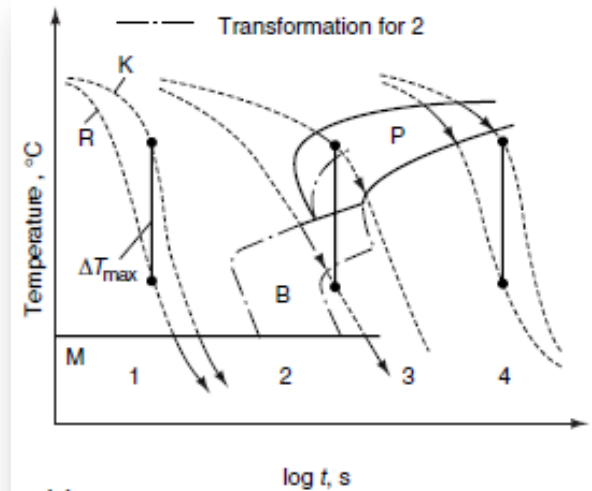


Fig. 11 Comparison of thermal and transformational stresses for three different quenching conditions. See text for details. t_u , time instant of stress reversal

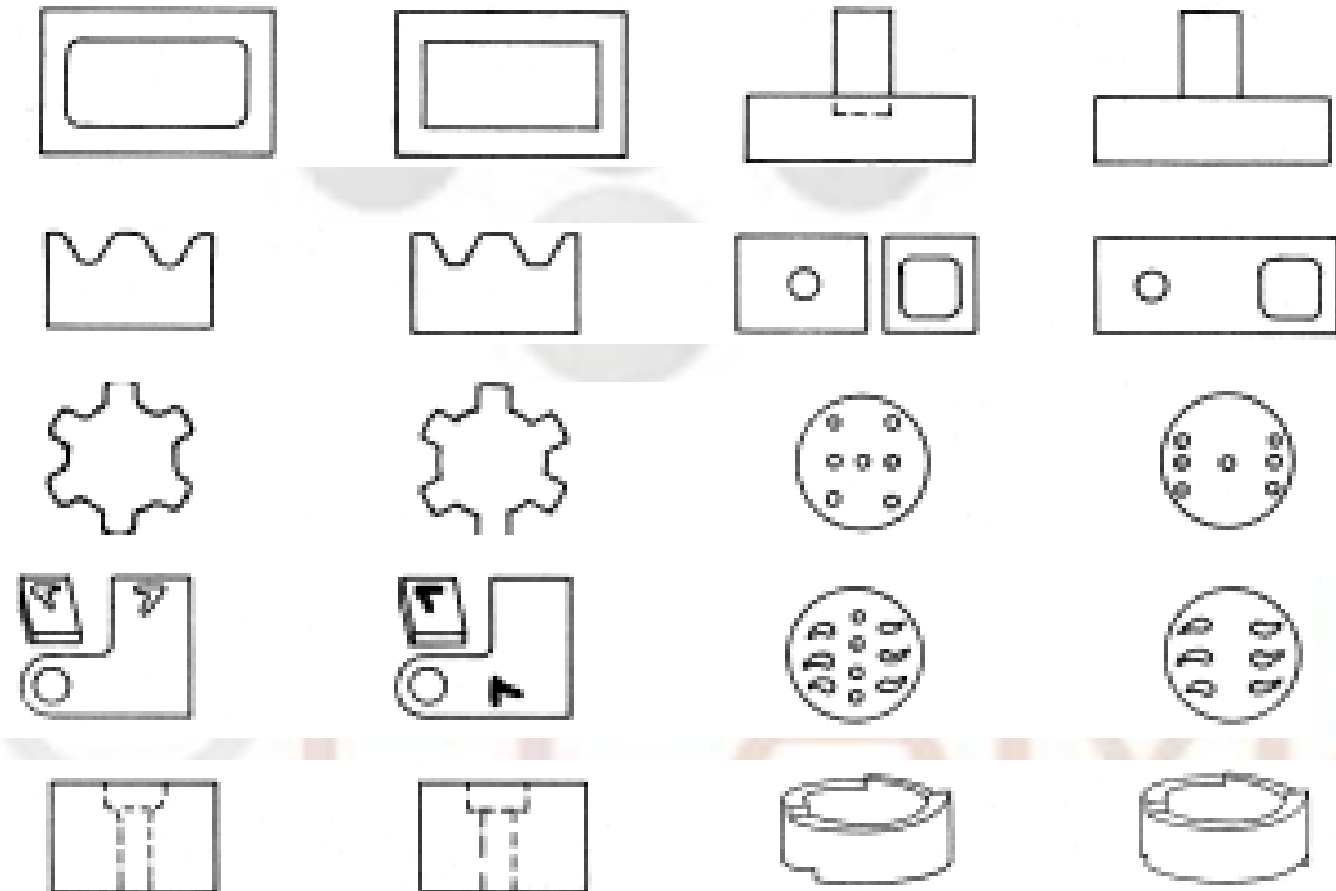
Fig. 12 Size change due to thermal changes and phase transformation. K, core; R, surface

Fonte: **Failures Related to Heat Treating Operations**

G.E. Totten, G.E. Totten & Associates, Inc.; M. Narazaki, Utsunomia University (Japan) R.R. Blackwood, Tenaxol Inc.

Moldes ABM 2011

Projeto: “Pode” / “Não pode” para mínima tensão residual



Fonte: Failures Related to Heat Treating Operations

João G.E. Totten, G.E. Totten & Associates, Inc.; M. Narazaki, Utsunomia University (Japan); R.R. Blackwood, Tenaxol Inc.

Moldes ABM 2011

Risco 1 – Deformação / Distorção

Variações dimensionais resultantes de tratamentos térmicos

- Maior quanto mais alta a temperatura têmpera;
- Maior quanto maior a taxa de resfriamento;
- Maior quanto maior a condutibilidade térmica;
- Maior quanto maior o coeficiente de dilatação;
- Maior quanto maiores as dimensões da peça;
- Recomendável dimensional com sobremetal no Comprimento, Largura, e Espessura = **0,2%** [Fonte: Uddelhom]

Moldes ABM 2011

Risco 1 – Deformação / Distorção

Dimensional changes
during hardening

Sample plate, 100 x 100 x 25 mm, 4" x 4" x 1".

		Width %	Length %	Thickness %
Oil hardened from 1020°C (1870°F)	Min.	-0.08	-0.06	±0
	Max.	-0.15	-0.16	+0.30
Air hardened from 1020°C (1870°F)	Min.	-0.02	-0.05	±0
	Max.	+0.03	+0.02	+0.05
Vac hardened from 1020°C (1870°F)	Min.	+0.01	-0.02	+0.08
	Max.	+0.02	-0.04	+0.12

[Fonte: Uddeholm; Orvar Superior]

Moldes ABM 2011

Risco 2: Trincas na Têmpera

Microtrincas podem estar presentes na etapa de usinagem – *cisalhamento e arrancamento de material (cavaco)* – e dependendo do nível de tensões presentes (aquecimento, resfriamento, transformação microestrutural, local de concentração de tensões, variação de forma, o processo térmico aplicado pode potencializar estas.

Trincas no processo térmico podem ser nucleadas no estágio de aquecimento, resfriamento, ou durante o revenimento. O processo térmico, se parâmetros e tecnologia de aquecimento e resfriamento adequados, é OBJETO e Não SUJEITO na nucleação de trincas.

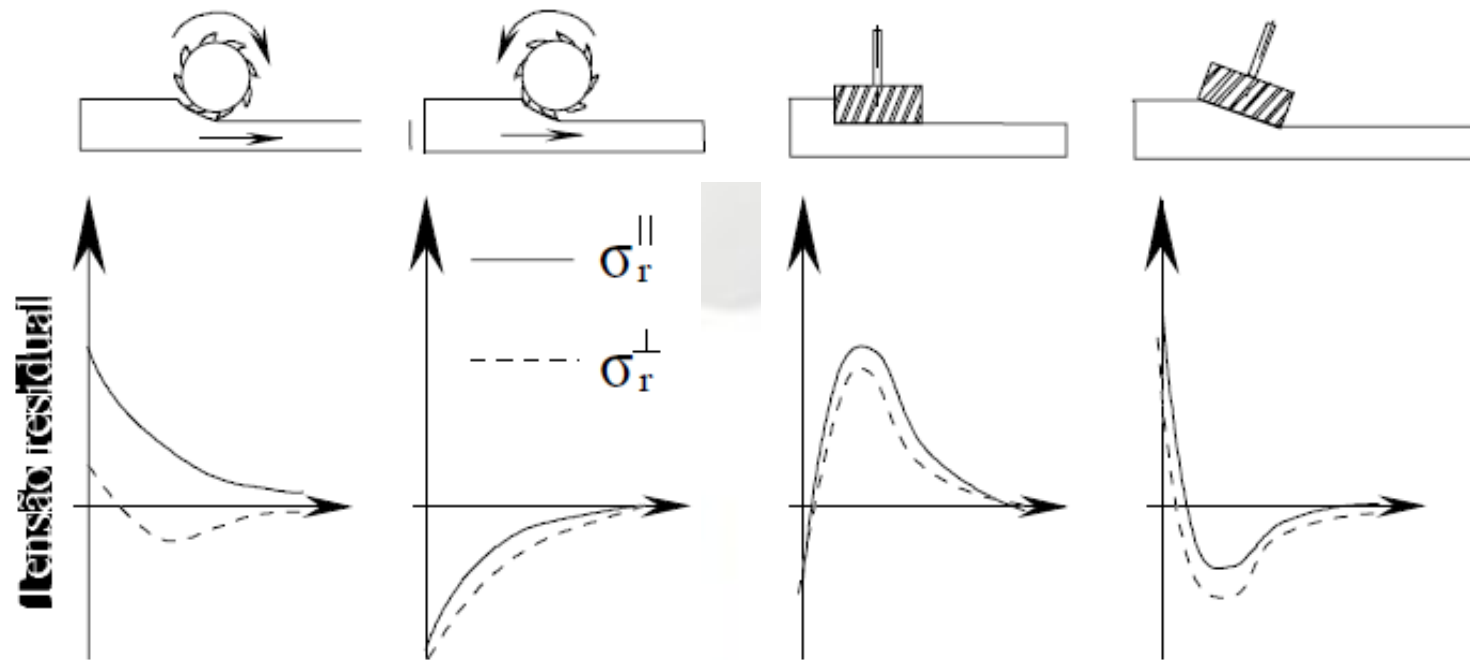
Moldes ABM 2011

Projetista de Moldes e Matrizes e a operação de têmpera?

- Melhor e correta rota de usinagem = menos tensões;
- Fartos e generosos raios de concordância;
- Evitar “cantos vivos”
- Evitar “chavetas”
- Evitar furos de paredes finas;
- Não deixar superfícies, furos, com restos de cavacos;
- Usinagem correta (parâmetros de processo adequados);
- Projeto do molde: variação de forma / geometria acentuada
- Canais de refrigeração (cuidado com paredes finas)
- Local preferencial para fixação de termopares

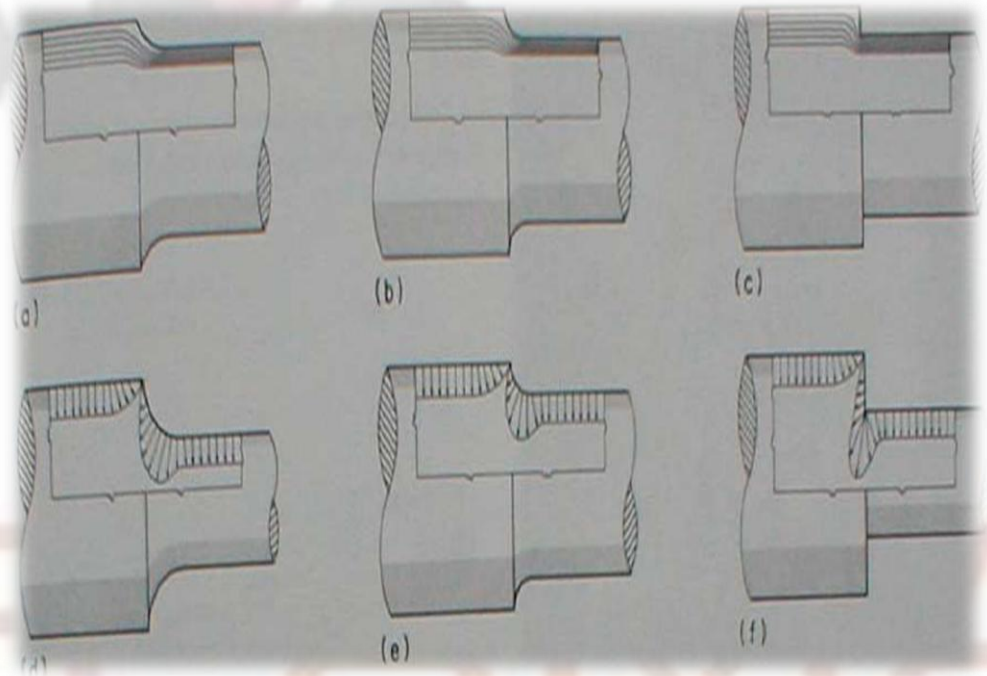
Moldes ABM 2011

1 - Tensões na rota de usinagem



Moldes ABM 2011

2 – Raios de Concordância / Tensões em Cantos “Vivos”



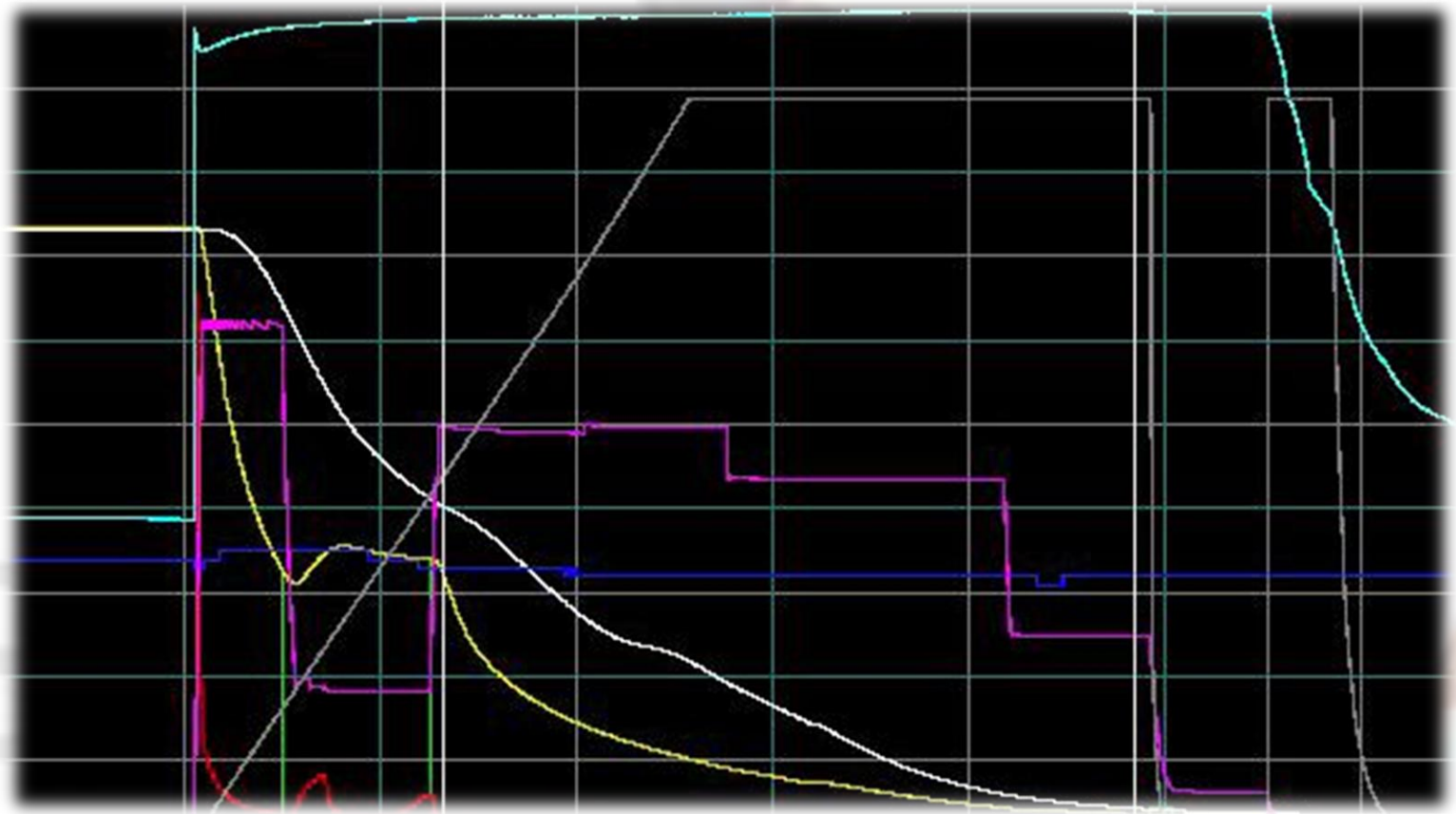
Moldes ABM 2011

3 – Tensões em Cantos “Vivos”



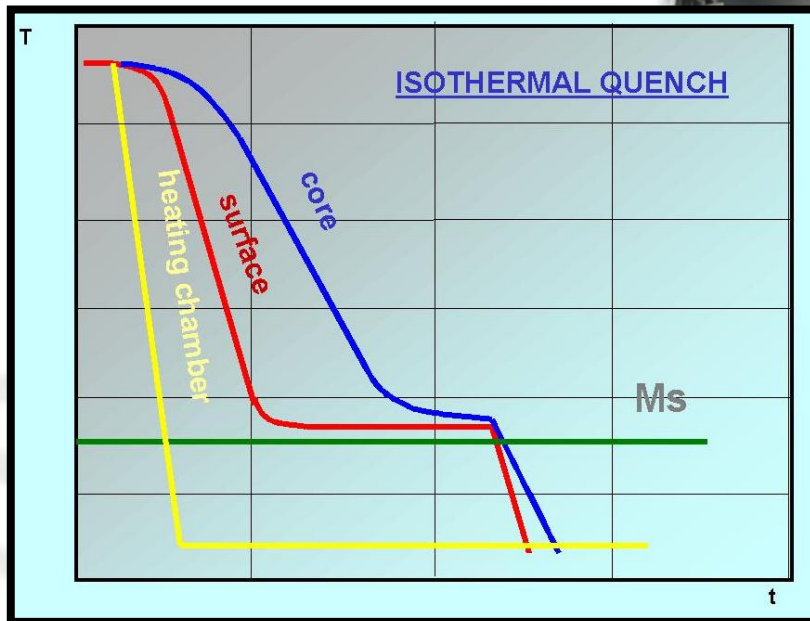
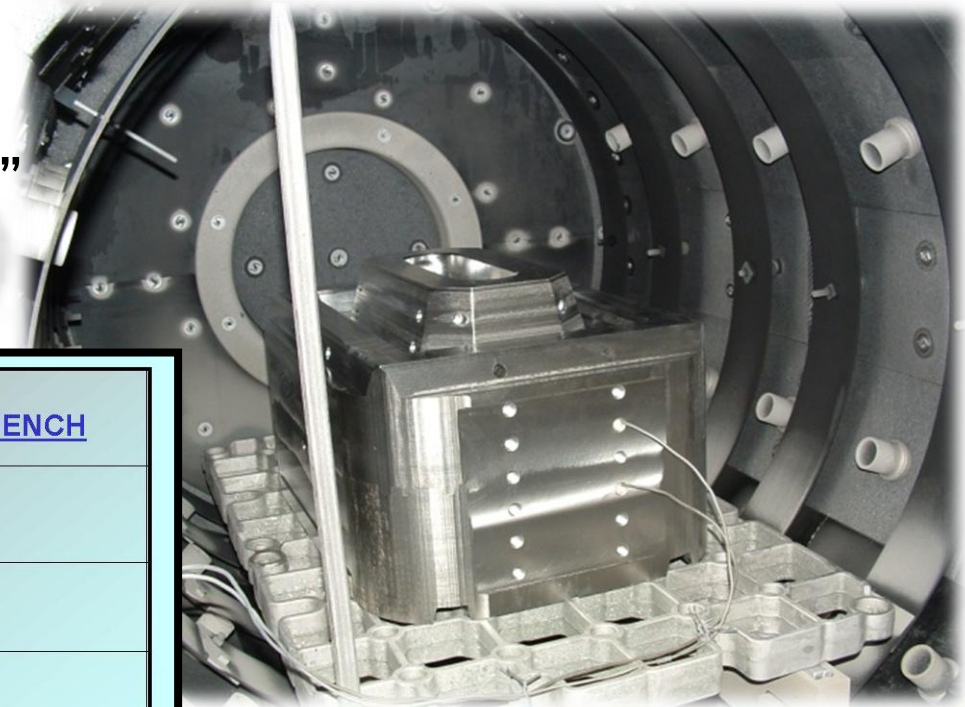
Moldes ABM 2011

Processo térmico utilizado: “Isothermal Quenching” (Martempera)



Moldes ABM 2011

2 – “Isothermal Quenching”



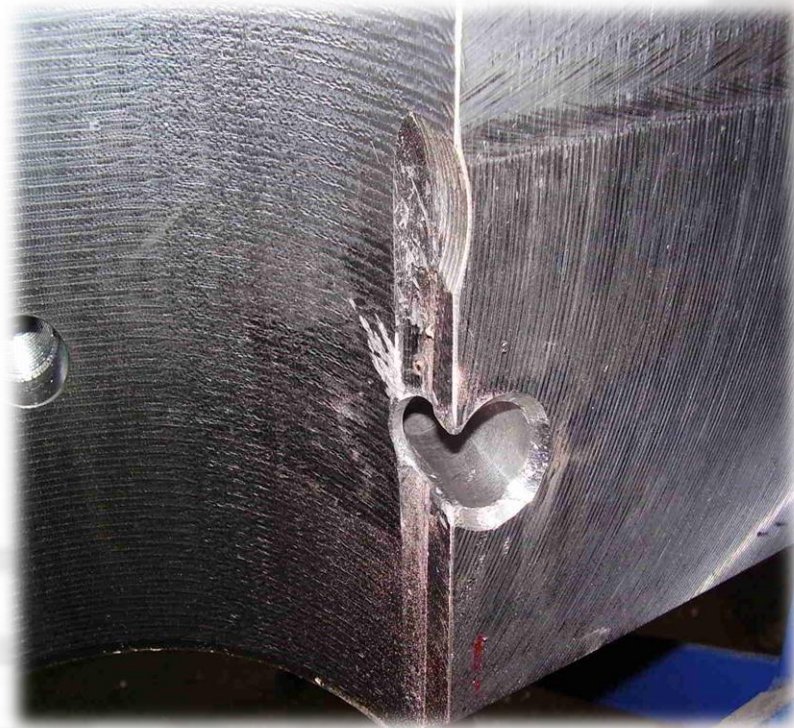
Moldes ABM 2011

6 – Furos Paredes Finas; Furos não escareados



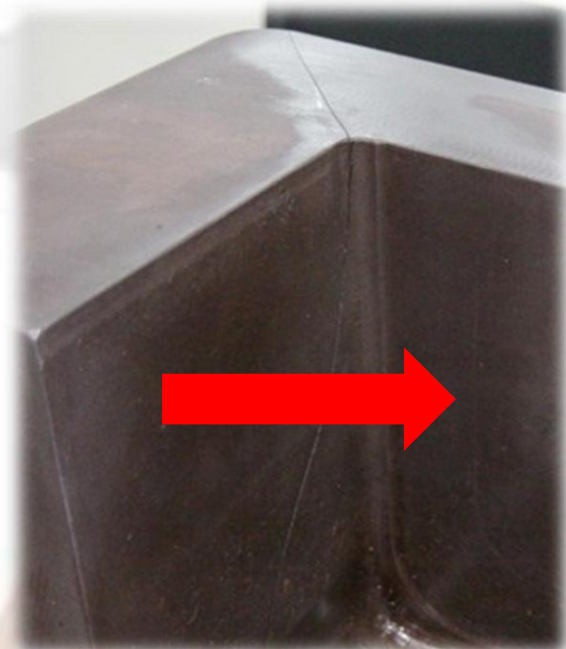
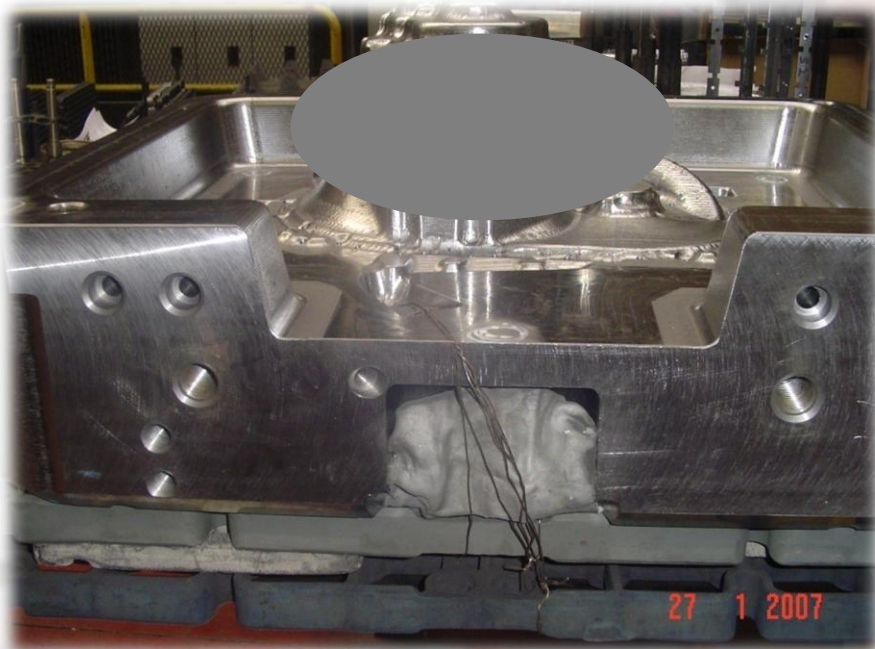
Moldes ABM 2011

7 - Furos em Paredes Finas



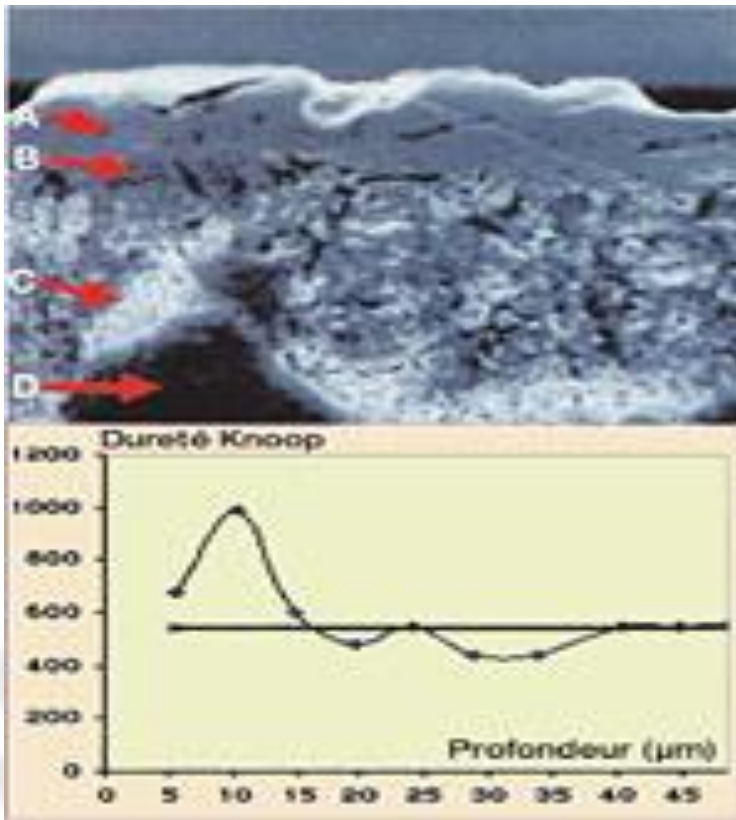
Moldes ABM 2011

8 – Variação de Geometria / Forma



Moldes ABM 2011

9 - Eletroerosão



Efeito da Temperatura na Superfície depois da Eletroerosão

Ponto A: “camada branca” (estrutura vítrea)

Ponto B: zona reendurecida

Ponto C: zona recozida, revenida

Ponto D: sem modificação

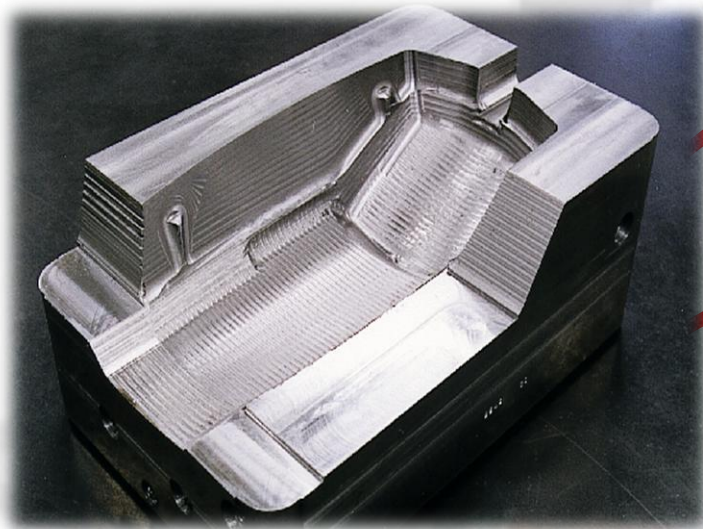
Diferentes temperaturas produzindo camadas com diferentes durezas

➡ RISCO (Frágilidade, trincas...)

Moldes ABM 2011

10 – Furos para fixação de termopares em moldes de grandes dimensões

Superfície: (vide desenho Isoflama)



Núcleo: Discutir com Isoflama

A posição dos termopares no molde serve para melhor monitorar os parâmetros de processo térmico

Moldes ABM 2011

11 – Considerações finais

- Alívio de Tensão: preferencialmente, realizar antes da usinagem “leve”; uniformizar tensões e compensar distorção;
- Geometria: simplificar ao máximo; utilizar insertos;
- Canais de Refrigeração: evitar paredes de espessuras reduzidas; manter distâncias adequadas e bom acabamento das superfícies e cantos;
- Raios de Concordância: fartos e generosos; “cantos vivos” devem ser evitados depois da têmpera+revenimento;
- Usinagem de desbaste: evitar usinagem “pesada” formando riscos grosseiros, marcas profundas, principalmente em áreas de concentração de tensão, mudança de forma, paredes finas, furos, etc...

Moldes ABM 2011

Continuação....

- **Eletroerosão:** utilizar corretos parâmetros de processo; remoção por processos mecânicos (lixamento); aliviar tensão;
- **Acabamento:** evitar polimento exagerado das cavidades (dependente de produto utilizado);
- **Projeto:** estudar o projeto de construção para realizar usinagem / construção de áreas críticas depois do processo térmico; discutir casos complexos e de alto risco com a empresa que realiza o processo térmico;
- **Local para fixação de termopares:** discutir com a empresa que realiza o processo térmico. Isso é muito importante!

ISOFLAMA

Arte; Conhecimento; e Tecnologia de
Aquecimento e Resfriamento ...

... para produzir o melhor processo térmico!

“Fazemos melhor aquilo que repetidamente insistimos em melhorar. A excelência não deve ser um objetivo, mas sim um hábito”.

Aristóteles 321.372 AC

WORKSHOP MOLDES ABM - março, 2011