

MELHORIA DA PRODUTIVIDADE EM MATRIZES DE FUNDIÇÃO SOB PRESSÃO ⁽¹⁾

*Autor:
Horst Lindow⁽²⁾*

Objetivo:

Mostrar a contribuição dada para a melhoria de produtividade em matrizes para fundição sob pressão, através das melhorias das propriedades físicas dos aços para matrizes – DIEVAR.

Metodologia:

Através do estudo e análise dos fenômenos físicos que ocorrem durante a fundição e a vida útil da ferramenta, melhorando as propriedades necessárias para resistir ao surgimento das trincas térmicas com a mudança e ajustes da composição química do aço.

Auxiliado por testes e pesquisas realizadas em ferramentas e corpos de provas removidas das ferramentas e acompanhamento de desempenho das matrizes em uso.

Resultados alcançados:

O dobro da vida útil da matriz em comparação com o Orvar Supreme (AISI H13 Premium), no primeiro ano de operação comercial (1999-2000).

Atualmente após globalização da utilização em ferramentas teste, comprovou-se a sua superioridade, tanto na resistência ao surgimento das trincas, aspecto visual da peça, baixo percentual de refugo e vida útil total da ferramenta.

(2) Horst Lindow – Engenheiro Metalúrgico / Uddeholm Suécia – Div. Trabalho a Quente

Aspectos da fabricação da matriz

As variáveis que compõe a fabricação da matriz podem ser citadas como:

1. Projeto;
2. Qualidade do aço – Objetivo deste trabalho;
3. Tratamento Térmico;
4. Processo de fabricação da matriz;
5. Processo de utilização da matriz;
6. Manutenção.

Além da qualidade do aço outras variáveis também são importantes para a melhoria da produtividade da matriz.

1. PROJETO

Aspectos do Projeto da Matriz

O projeto da matriz é determinado pela figura do componente com acabamento final. Mas existem inúmeros aspectos envolvidos no projeto e dimensões da matriz que podem ter influência e suporte importante na vida útil da matriz.

Cavidade

Aços de alta resistência são extremamente sensíveis ao efeito entalhe, por isto é importante que a cavidade seja projetada com uma transição suave entre as mudanças de seções e cantos com o máximo raio possível. Para reduzir o risco de erosão e trincas térmicas na matriz perto da entrada, as paredes da cavidade ou machos e insertos precisam ser colocados o mais afastado possível da entrada.

Canais de refrigeração

A localização dos canais de refrigeração precisa ser tal que toda a superfície da cavidade tenha uma temperatura a mais uniforme possível. O acabamento da superfície também é importante, ambos do ponto de vista da refrigeração e do ponto de vista da tensão.

Canal de entrada, de alimentação e bolsa de ar

Para se otimizar o sistema de fundição todo o sistema deve estar balanceado termicamente entre as partes quentes. O projeto destes componentes é de grande importância.

- Canal de Entrada – é importante que todos os canais de entrada em matrizes de cavidades iguais e múltiplas tenham o mesmo comprimento e áreas.
- Canal de Alimentação – a posição, a espessura e a largura do seu espaço é crítico para a velocidade de injeção do metal.
- Bolsa de Ar – deve se localizar em partes onde existam dificuldades de preencher. Durante a injeção se o metal fundido for pulverizado em vez de fluido, causará uma má fundição. Turbulência excessiva pode causar erosão da matriz.

Guia para dimensionamentos

1. Distância da cavidade e a superfície externa >50 mm
2. Relação entre a profundidade da cavidade e a espessura total < 1 :3
3. Distância da cavidade ao canal de refrigeração >25mm

- Distância do canto da cavidade e o canal de refrigeração >50mm
4. Raios Zinco Alumínio Cobre
 >0,5 mm >1,0 mm >1,5 mm
5. Distância do canal de alimentação e a parede da cavidade >50mm

2. Qualidade do aço

A análise dos fenômenos físicos que ocorrem durante a fundição determinam quais propriedades são significativas para a melhoria da vida útil da matriz de fundição sob pressão.

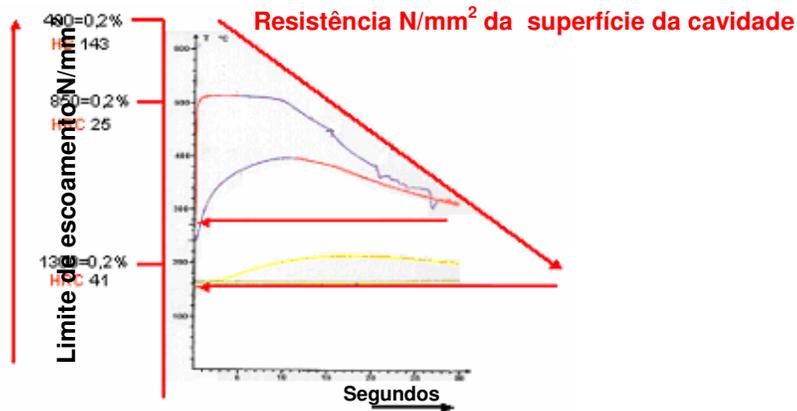


Gráfico: 01 - (base Orvar Supreme com ~45HRC)

O gráfico acima mostra um ciclo da fundição sob pressão indicando as mudanças das temperaturas que a superfície da cavidade sofre durante o processo e as mudanças das respectivas resistências da superfície da cavidade a cada instante, de acordo com a temperatura que esta operando.

Na temperatura de pré-aquecido o limite de escoamento está ~1300N/mm²
 No instante da injeção, numa microfração de segundos a temperatura da superfície pode atingir de 500 a 600°C ou mais. A 500°C o limite de escoamento está ~850N/mm² e a 600°C o limite de escoamento está ~480N/mm², ou seja com a resistência muito baixa. Instantes depois, a temperatura diminui em alguns segundos após a aplicação do desmoldante à superfície volta a temperatura original de pré-aquecido.

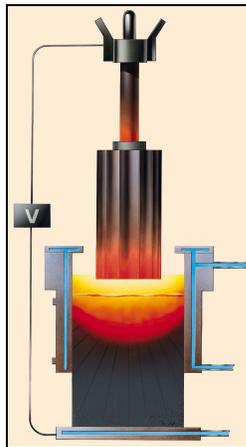
Tensões criadas durante o processo, no pico da máxima temperatura, a tensão criada pela diferença de temperatura entre a temperatura inicial e final, determinam quanto o material vai deformar ou acumular tensões. Quando a somatória destas tensões ultrapassar o limite de escoamento do aço da matriz e a capacidade de acumular as tensões, ela inicia a trinca.

A capacidade de acumular estas tensões (fluência) e que determina a capacidade do aço da matriz resistir ao aparecimento das trincas. Esta propriedade de absorver esta fluência é a DUCTILIDADE. (na parte final do trabalho apresentamos o procedimento para a determinação destas trincas).

Melhoria adicional da DUCTILIDADE

-Modificação na composição química e

Processo ESR Antigo



Novo ESR

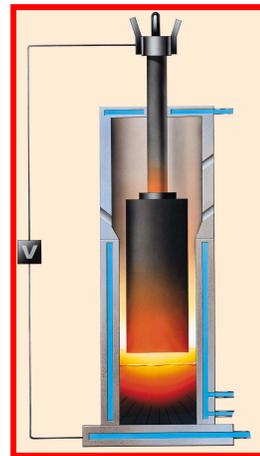


Figura: 01 - nova unidade de ESR

- Materiais com melhores propriedades de pureza – utilização da unidade de refusão com controle de atmosfera com base estática, resultando:

- Material mais limpo;
- Melhoria da solidificação;
- Material com melhoria na Isotropia;
- Menos carbonetos primários.

- Melhor homogeneização e processo específico de forjamento com a eliminação de estruturas dendríticas melhora a densidade e redução do tamanho dos grãos.

- Homogeneização estrutura quase isotrópica.

Materiais para matrizes com DUCTILIDADE melhorada

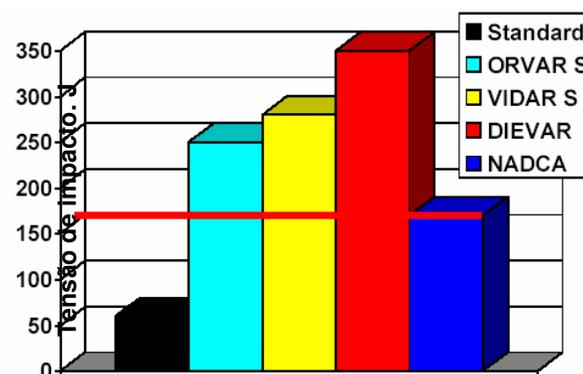


Gráfico: 02 - comparando as Ductilidades de H13 comum x Orvar S x Vidar S x Dievar x NADCA.

Comparação da Nomenclatura da resistência ao Impacto. Sendo frequentemente mencionado em J/cm² que mostra uma leitura com valores maiores.

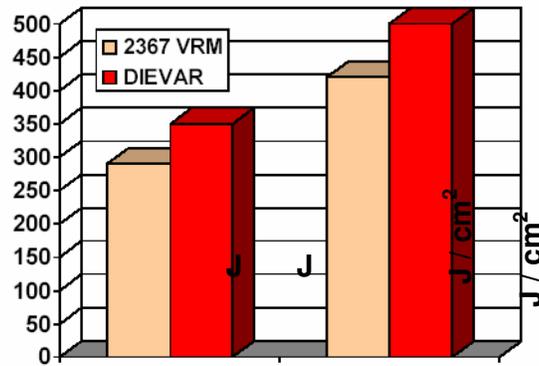
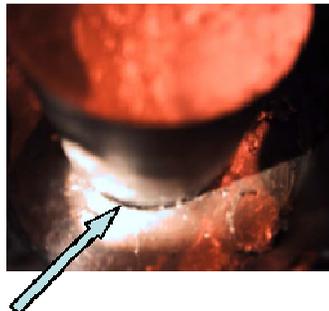
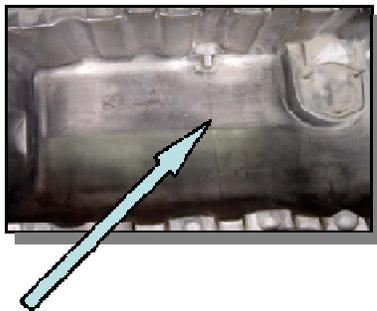


Gráfico: 03 - comparativo de DIEVAR com o 1.2367 Refundido a Vácuo

Após abertura da trinca, a propriedade que vai definir a velocidade ou quão rápido a trinca vai crescer é a TENACIDADE.

TENACIDADE

Propriedade do material contra a trinca grosseira, abertura da trinca em cantos de transição que são vivos e propagação de trincas das trincas térmicas.



Tampa do Carter
uma trinca

Transição de paredes

Ponta de
(Com

Aumento)
Figura: 02

Melhoria da Tenacidade

Composição química do material otimizado

- menos carbonetos primários
- melhor temperabilidade
- menos precipitação de carbonetos em contorno de grãos.

Otimização do tratamento térmico

- escolha da velocidade de resfriamento correta a partir da temperatura de Austenitização.
- a velocidade de resfriamento e menor com:
 - meio de resfriamento menos agressivo (lento)
 - menor com o aumento da espessura da parede.

Comportamento do material quanto à precipitação de carbonetos secundários em contorno de grão

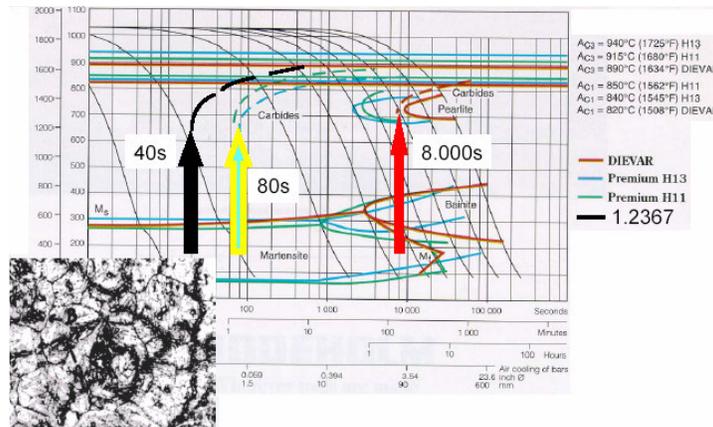


Gráfico: 04 - comparativo

Comportamento do material quanto a temperabilidade

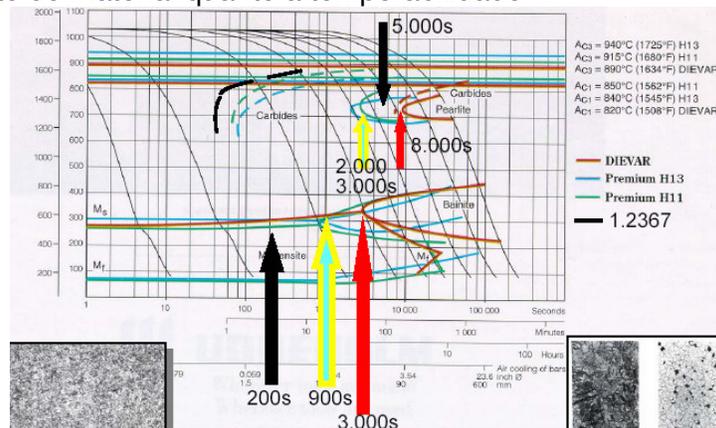


Gráfico: 05 - comparativo

Comparação de TENACIDADE de blocos perante varias velocidades de resfriamentos tamanho dos blocos 300 x 500 x 700mm. Os materiais comparados estão com 45HRC as qualidades comparadas são o Orvar Supreme e Dievar.

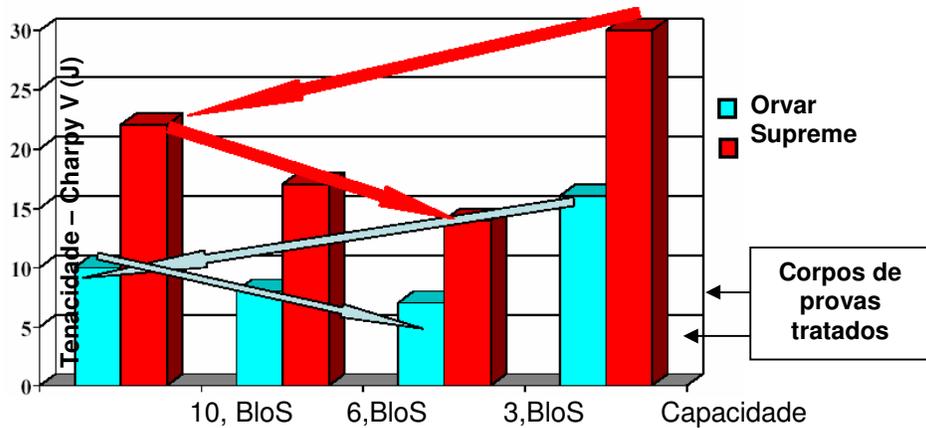


Gráfico: 06 - comparativo de tenacidade x pressão – velocidade de resfriamento

Comparativo de tenacidade da direção transversal menor, corpo de prova com 45HRC, temperado e revenido.

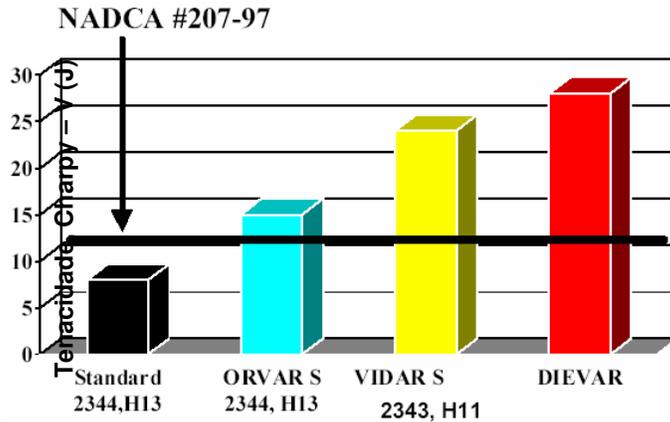


Gráfico: 07 - comparativo da tenacidade das qualidades: Orvar S; Vidar S; Dievar e H13 comum.

Teste de trincas térmicas na UDDEHOLM TOOLING

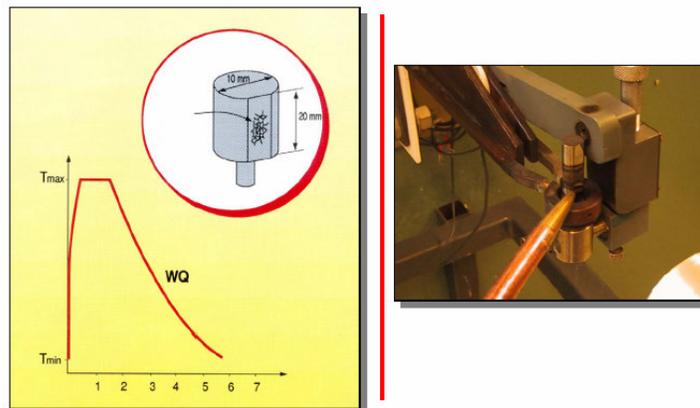


Figura: 03 - Foto do dispositivo, gráfico da temperatura em função do tempo e croquis da peça do teste de trincas térmicas

Resultado do teste de trincas térmicas realizadas entre 20°C a 700°C com resfriamento a ar em 800 ciclos.

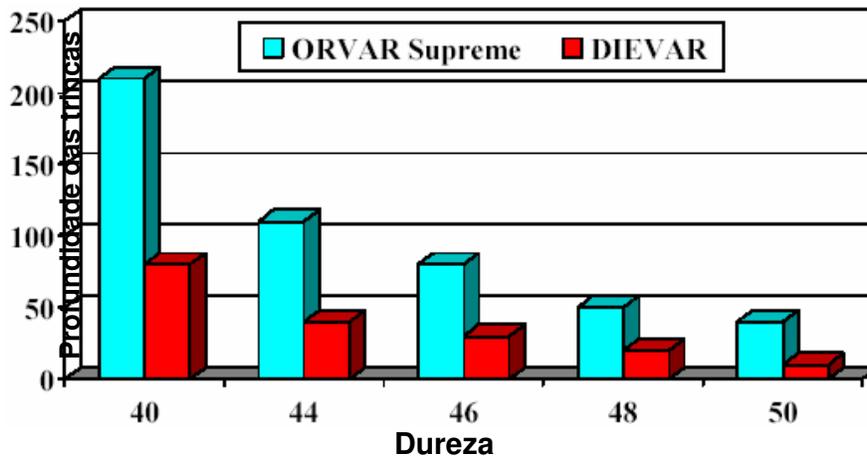


Gráfico: 08 - As medições mostram a relação entre a dureza à profundidade das trincas em microns e o comparativo entre as qualidades ORVAR Supreme e DIEVAR.

3. TRATAMENTO TÉRMICO DE TEMPERA OU ENDURECIMENTO

Como visto na apresentação das propriedades dos materiais O tratamento térmico é uma variável importante na vida útil da matriz.

A velocidade ou severidade do meio de resfriamento depende do tamanho da matriz, pois esta relacionada com a velocidade de remoção do calor da tempera a partir da temperatura de Austenitização. Ou seja quanto maior melhor. É importante que se observe o patamar (~500°C), onde se deve fazer uma breve parada para que a temperatura superficial fique próxima da do núcleo. Velocidades baixas de resfriamento podem reduzir a tenacidade à fratura.

A alta velocidade de resfriamento é preferível para otimizar a vida útil da matriz.

A matriz deve ser revenida imediatamente após resfriamento ainda quente com a temperatura entre 50-70°C, um segundo e terceiro revenimentos são fundamentais para se obter uma boa estrutura. A dureza deve ser escolhida a partir da curva de revenimento de cada qualidade e o tamanho da matriz.

Estabilidade dimensional

Distorção durante a tempera e o revenimento da matriz

Quando se endurece uma matriz por tempera e revenimento, ocorrem normalmente algumas distorções e empenamentos. Como é conhecido, é normal a prática de deixar tolerâncias para usinagem antes da tempera.

As distorções ocorrem devido às tensões do material.

- tensões de usinagem
- tensões térmicas
- tensões de transformação.

Tensões de usinagem

Pela remoção maior ou menor de materiais, ocorrem tensões de usinagem que podem ser aliviadas durante o processo de tempera, durante o processo de

aquecimento, que ao aquecer diminuiu a resistência do material fazendo manifestar a tensão com uma distorção.

Para reduzir as distorções durante a tempera, pode-se realizar um tratamento de alívio de tensões após usinagem de desbaste. Qualquer distorção pode ser ajustada durante a usinagem de aproximação antes da tempera.

Tensões Térmicas

Estas tensões são criadas quando a matriz é aquecida para tempera. Elas aumentam se o aquecimento é realizado rapidamente ou desigualmente. O volume da matriz aumenta com o aquecimento.

Deve-se aquecer lentamente o suficiente para que a temperatura seja virtualmente igual em toda a seção da matriz.

O que foi dito para o aquecimento em termos de equalização de temperatura, pode ser dito também para o resfriamento.

Uma poderosa tensão surge durante o resfriamento. Como regra geral, a velocidade de resfriamento deve ser o mais rápido possível dentro de uma distorção aceitável. Importante citar que o resfriamento deve ser feito o mais uniformemente possível, ainda mais se forem utilizados gases protetivos (forno a vácuo) ou ar forçado. Por outro lado, diferenças de temperaturas em uma ferramenta, podem causar uma distorção significativa. Recomenda-se sempre que possível resfriar em patamares (450-550°C).

Tensões de Transformação

Estes tipos de tensões aparecem quando a microestrutura do aço se transforma. Por que as três microestruturas em questão (ferrita, austenita e martensita) têm diferentes volumes. O maior efeito é causado pela transformação da austenita em martensita que aumenta de tamanho. Um aumento de tamanho severo e desigual pode causar um aumento de volume localmente causando algumas tensões localizadas. Estas tensões podem levar a uma distorção e trincas, em alguns casos.

Tratamentos Superficiais

Tratamentos superficiais como nitretação a gás, iônica, podem ter um efeito benéfico sobre certas partes das matrizes para fundição sob pressão, como buchas de injeção, bicos, canais de entrada de distribuição, canais de alimentação, pinos extratores e pinos machos. Diferentes aços possuem diferentes propriedades de nitretabilidade, dependendo da composição química. Outros tratamentos superficiais como oxidação (diversos meios) tem trazido benefícios para aplicações em matrizes de fundição.

Coberturas a base de Titânio tem melhorado o efeito diminuição de atrito como da aderência.

04. Processo de fabricação da matriz

Durante a fabricação da matriz deve-se levar em conta o equilíbrio entre as massas e a transição entre as paredes que deve contemplar o maior raio possível antes da tempera. Ajustando-se dentro do limite após a tempera.

Eletro-erosão

Após utilização da usinagem por eletro erosão, e de vital importância a realização de um revenimento para alívio das tensões criadas durante a usinagem na formação das camadas brancas (refundida, retemperada e re-revenida). Após revenimento,

remover toda a camada branca causada pela eletro erosão utilizando-se um meio mecânico, especial atenção para que a camada branca dos cantos sejam removidas completamente.

05. Processo de utilização da matriz

Importante sempre pré-aquecer a matriz antes de iniciar a sua utilização, assim como fazer o possível para que mantenha a temperatura durante paradas. Utilizar o metal fundido na menor temperatura possível. Utilizar a menor pressão de trabalho possível.

06. Manutenção

Importante avaliar bem a situação da matriz para realizar a manutenção, pois toda divergência vista logo no início da sua ocorrência tem maior sucesso para correção

Exemplos de matrizes em uso;

Peça do suporte de motor injetado em uma prensa de 900 t - Espanha

Matriz de 4 cavidades

Comparação do Orvar Supreme e DIEVAR, com 44/46 HRc após 95.000 tiros



Figura:04

Fundição de caixa de marchas de tração 4 x 4 CND

Problema:

Retrabalhos necessários após ~ 27.000 tiros

Material utilizado:

1.2344 ESR, 43 HRc

Resultado com Dievar

47 HRc,
Sem retrabalho, mesmo com a ferramenta passando de 100.000 tiros



Figura: 05

Referência Biográfica

Traduzido do original "DIE STEELS AND IMPROVED PRODUCTIVITY IN DIE CASTING" editado pela Uddeholm Tooling – Suécia 02.00