

## NOVOS AÇOS PARA TRABALHO A QUENTE

Rafael Agnelli Mesquita <sup>(1)</sup>  
Celso Antonio Barbosa <sup>(2)</sup>

O aumento da vida útil de ferramentas e matrizes utilizadas em trabalho a quente tem como motivação a redução dos custos de ferramental e redução dos tempos de *set up*. O presente trabalho apresenta, portanto, dois novos aços, VHSUPER e TENAX 300, desenvolvidos para aumentar a vida útil de moldes e matrizes. Um enfoque especial sobre a produção dos aços ferramenta é também apresentado, visto que pode influenciar significativamente em suas propriedades. A influência do processamento nas propriedades dos aços ferramenta para trabalho a quente foi avaliada no aço H13. Dois processos especiais, denominados ISO e ISOMAX (IM), foram aplicados e comparados ao H13 convencional, em relação a microestrutura e propriedades. Dadas as vantagens dos processos ISO e ISOMAX, os novos aços desenvolvidos também foram produzidos segundo seus padrões. Tais materiais possuem melhorias de tenacidade e resistência a quente, avaliadas por ensaios de impacto e perda em dureza em alta temperatura (resistência ao revenimento), respectivamente. Os processos ISO e ISOMAX aplicados ao aço H13 trazem melhorias substanciais em relação ao H13 convencional, gerando microestruturas mais homogêneas e expressivo aumento da tenacidade em impacto. Quanto aos novos aços desenvolvidos, o aço TENAX 300 mostra tenacidade transversal superior a 300 J, ou seja, em torno de 50 % superior ao aço VH13. Para o aço VHSUPER, a principal melhoria foi o aumento na resistência a quente. Desta forma, os novos materiais mostram-se como importantes alternativas para ferramentas utilizadas em conformação a quente de metais.

Palavras-chave: Aço Ferramenta para Trabalho a Quente, Qualidades ISO e ISOMAX, VHSUPER, TENAX 300.

Contribuição técnica a ser apresentada no 1º Encontro da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes, São Paulo, Outubro de 2003.

<sup>1)</sup> Engenheiro de Materiais, Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais, Membro da ABM, Pesquisador da Villares Metals S. A., Sumaré, SP, Brasil, e-mail: agnelli@villares.com.br.

<sup>2)</sup> Engenheiro Metalurgista, Membro da ABM, Gerente de Tecnologia da Villares Metals S. A., Sumaré - SP, Brasil, e-mail: celsoa@villares.com.br.

## 1. Introdução

Aços ferramenta para trabalho a quente formam um grupo especial de aços de alta liga, destinados a ferramentas industriais para conformação de metais em alta temperatura, tipicamente acima de 500 °C. Exemplos de tais aplicações são matrizes de fundição sob pressão e extrusão de ligas não ferrosas, como ligas de Al, e ferramentas para forjamento a quente <sup>(1)</sup>.

Em todas essas aplicações, as ferramentas são submetidas a solicitações mecânicas e térmicas, em um complexo arranjo de forças <sup>(2)</sup>. Especificamente em forjamento a quente, a matriz é solicitada pelo metal a ser forjado (*blank*), envolvendo pressão, desgaste e impacto, em elevada temperatura <sup>(2-3)</sup>. Durante o processo, a ferramenta fica em contato com o *blank* aquecido, que no caso de forjamento de aço está em temperaturas acima de 1000 °C. Consequentemente, a superfície da ferramenta pode atingir temperaturas iguais ou até mesmo maiores que a temperatura utilizada no seu revenimento. Assim, é fundamental que a matriz apresente resistência mecânica a quente e, também, resistência à perda em dureza em alta temperatura (resistência ao revenimento).

Além dessas propriedades, a tenacidade constitui propriedade fundamental para o bom desempenho das ferramentas. Em locais de concentração de tensão, a falta de tenacidade pode gerar trincas grosseiras, que dependendo do tamanho implicam na suspensão da utilização da matriz. Durante a conformação, a alternância da temperatura superficial das matrizes, ou seja, a fadiga térmica pode gerar fino arranjo de trincas, que também impossibilita a utilização das matrizes em alguns casos. Este mecanismo de falha é mais comum em matrizes de fundição sob pressão, mas pode ocorrer em outras situações de conformação a quente <sup>(3)</sup>. A utilização de aços com maior tenacidade é fundamental nos casos de fadiga térmica, inibindo a propagação das trincas e reduzindo o dano causado.

A complexidade de formas dos moldes e matrizes requer que o aço ferramenta possua as propriedades uniformes em todas direções, o que é definido como isotropia. A variação das propriedades com a direção ocorre, principalmente, devido a variações microestruturais ligadas a microsegregação <sup>(4)</sup>. Essas variações prejudicam as propriedades mecânicas, especialmente a tenacidade na direção transversal do material.

A redução dos efeitos da microsegregação e o conseqüente aumento da isotropia podem ser obtidos pela realização de tratamentos de homogeneização em alta temperatura. Processos de refusão, como o ESR (*electroslag remelting*), geram estruturas brutas de solidificação mais refinadas que, após processamento a quente, também promovem maior tenacidade e alta isotropia <sup>(1, 5)</sup>.

Portanto, o presente trabalho discute variáveis como refino por ESR e homogeneização nas propriedades do aço VH13 (AISI H13). São mostrados os ganhos em qualidade conseguidos com homogeneização e com o recozimento especial, presentes no processo ISO® <sup>(6)</sup>. Para aplicações mais críticas, a máxima qualidade pode ser obtida com refino por ESR – qualidade ISOMAX® <sup>(6-7)</sup>.

---

\* As solicitações de impacto são extremas no forjamento em martelo e mais amenas no forjamento em prensa.

Os processos ISO® e ISOMAX® também são aplicados a dois novos materiais, denominados VHSUPER e TENAX 300. O desenvolvimento desses materiais visou a otimização na tenacidade, no caso do TENAX 300, e a melhoria da resistência a quente, para o aço VHSUPER. Os resultados de tenacidade ao impacto desses materiais e um comparativo da resistência a quente (resistência ao revenimento) são também apresentados.

## 2. Processamento Metalúrgico

A importância da homogeneidade química em aços para trabalho a quente é fato conhecido na literatura <sup>(4, 8)</sup>. Na solidificação do aço H13 existe a tendência, devido à microsegregação, da formação de carbonetos primários ricos em vanádio nos espaçamentos interdendríticos. Esses carbonetos idiomórficos, assim com inclusões de S, são alinhados pelo processo de conformação a quente, diminuindo a tenacidade principalmente na direção transversal <sup>(4, 8-10)</sup>.

Uma sensível melhoria na qualidade dos aços para trabalho a quente foi conseguida através de processos de refino secundário, com o processo de desgaseificação a vácuo com a adição de cálcio-silício, processo VAC <sup>(11)</sup>. Através desse processo ocorre a redução e modificação de inclusões. A utilização de processos de refino secundário conjuntamente com tratamento de homogeneização dos lingotes, em temperaturas próximas a *solidus* por longos períodos, causa sensível redução da microsegregação <sup>(4)</sup>.

O processo ESR promove um refino na estrutura de solidificação e praticamente elimina a macrosegregação, além de reduzir significativamente o nível de inclusões não metálicas, principalmente sulfetos <sup>(1, 5)</sup>, indesejáveis devido à redução nas propriedades mecânicas <sup>(12)</sup>. Adicionalmente, o tratamento de homogeneização também contribui para minimizar a microsegregação <sup>(4)</sup>. A combinação do processo ESR com o tratamento de homogeneização leva a um produto com praticamente as mesmas propriedades em todo o comprimento da barra e com alta isotropia. Finalmente, o recozimento condiciona a microestrutura que vai ser submetida ao tratamento térmico final.

Para discutir o efeito dos processos de fabricação na qualidade de um aço H13, foram estudadas três diferentes rotas de fabricação. Nos três casos, o aço foi fundido em forno elétrico a arco e sofreu desgaseificação a vácuo. No processo convencional, o lingote assim obtido foi forjado e sofreu um recozimento pleno convencional. No processo ISO®, um tratamento de homogeneização em alta temperatura precede o forjamento do lingote. A microestrutura final é obtida através de um recozimento especial, que envolve resfriamento rápido a partir do campo austenítico, visando evitar a precipitação de carbonetos secundários em contornos de grão <sup>(13)</sup>. No processo ISOMAX®, ocorre o refino pela refusão por escória eletrocondutora (ESR) dos lingotes. Do mesmo modo, após a refusão e antes do forjamento, é aplicada a homogeneização em alta temperatura. Após o forjamento, o recozimento especial também é aplicado.

### 3. Microestruturas

A Figura 1 apresenta microestruturas típicas do núcleo de barras produzidas com o processo convencional e com o processo ISO<sup>®</sup>, após têmpera e revenimento. A microestrutura do material convencional (Fig. 1a) é heterogênea, com presença de carbonetos primários, ricos em vanádio, agrupados e com marcação em contornos de grão. O VH13 ISO<sup>®</sup> é mais uniforme, sem agrupamentos de carbonetos primários e marcações em contornos, como mostrado na Figura 1b.

Os carbonetos primários grosseiros e agrupados causam forte efeito negativo na tenacidade, uma vez que atuam como concentradores de tensão, iniciando a ruptura<sup>(9-10)</sup>. A redução do volume de carbonetos primários e o fato destes não mais se apresentarem agrupados constituem, portanto, importantes ganhos obtidos com a homogeneização, presente no processo ISO<sup>®</sup>.

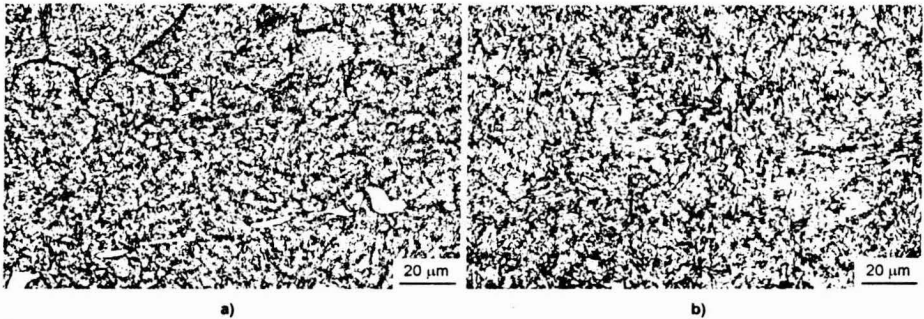


Figura 1: Microestruturas típicas do aço H13: a) processado sem homogeneização (convencional) e b) processado com homogeneização (ISO<sup>®</sup>). Aumento 500x.

### 4. Homogeneização

A avaliação do efeito do processamento sobre a segregação de elementos de liga foi realizada a partir da técnica de microanálise por WDS<sup>(14)</sup>. A Figura 2 apresenta perfis de microsegregação para o elemento vanádio, no H13 convencional, no VH13 ISO<sup>®</sup> e no VH13 ISOMAX<sup>®</sup>. Para cada condição foram feitas 50 contagens cujos resultados foram normalizados pela média e plotados em ordem crescente. Nota-se que os valores máximos de  $I/I_{\text{médio}}$  são reduzidos sensivelmente com a aplicação dos processos ISO<sup>®</sup> e ISOMAX<sup>®</sup>. A relação  $I/I_{\text{médio}}$  indica quanto superior a concentração local está em relação à concentração média.

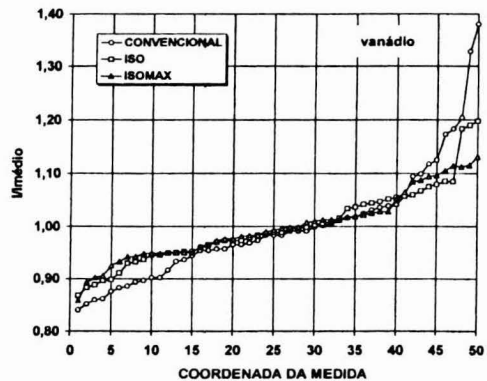


Figura 2: Perfis do vanádio entre as regiões microsegregadas, para o VH13 convencional e para as versões ISO<sup>®</sup> e ISOMAX<sup>®</sup>.  $I$  é proporcional a concentração local, enquanto que  $I_{\text{médio}}$  corresponde a concentração média do elemento. Foram medidos 50 pontos, os quais foram normalizados pela média e colocados em ordem.

Permite, assim, quantificar a microsegregação.

Regiões com teores locais de vanádio superiores a média são mais propensas à existência de carbonetos de vanádio grosseiros, oriundos da solidificação. Somente com a redução dos teores locais, por tratamentos de homogeneização, é possível a eliminação dos carbonetos primários e, assim, a melhoria da qualidade do aço ferramenta.

## 5. Tenacidade ao Impacto

A medida da tenacidade em corpos de prova sem entalhe tem-se mostrado efetiva para a avaliação da qualidade metalúrgica do material. Como os corpos de prova não possuem entalhe, a fratura irá ocorrer em defeitos microestruturais do aço ferramenta, como inclusões ou carbonetos primários. Assim, este ensaio possui capacidade de avaliação do processamento do material. O grau de microsegregação afeta diretamente a resistência ao impacto do material. Em materiais forjados, devido ao estiramento, há tendência de que as linhas de microsegregação alinhem-se paralelamente ao eixo das barras (formação de bandamentos), reduzindo assim principalmente os valores da tenacidade transversal.

A Figura 3 apresenta os resultados típicos de energia ao impacto para o aço H13. O limite de aceitação da norma NADCA<sup>(15)</sup>, que garante qualidade *Premium*, é apresentado para comparação. Os valores referem-se a amostras retiradas do núcleo de barras e na direção transversal, sendo portanto relativos à pior condição do material. Comparando o material convencional e o produzido pelo processo ISO<sup>®</sup>, verifica-se a forte influência da homogeneização sobre a tenacidade. A redução da microsegregação de elementos de liga (Fig. 2), reduz a presença de carbonetos primários de V (Fig. 1), promovendo o aumento observado na tenacidade. Assim, o processo ISO<sup>®</sup> mostra-se capaz de fornecer aços com elevada qualidade, o que reflete no desempenho das matrizes. O material produzido pelo processo ISOMAX<sup>®</sup> possui tenacidade ainda maior, sendo superior a 250 J. Esta resulta de uma estrutura de solidificação mais refinada, intrínseca ao processo de ESR, e da homogeneização, também aplicada.

Em resumo, a Figura 3 evidencia a importância do processamento a quente nas propriedades do aço H13. Apesar de mesma composição química, aços produzidos com processos especiais mostram ganhos significativos.

Uma análise estatística da tenacidade ao impacto de vários lotes de VH13 ISO<sup>®</sup> produzidos industrialmente é apresentada na Figura 4. São avaliadas duas temperaturas de homogeneização. O valor da tenacidade média (ponto quadrado) é superior e o desvio padrão (barra horizontal) é menor quando utilizada a temperatura

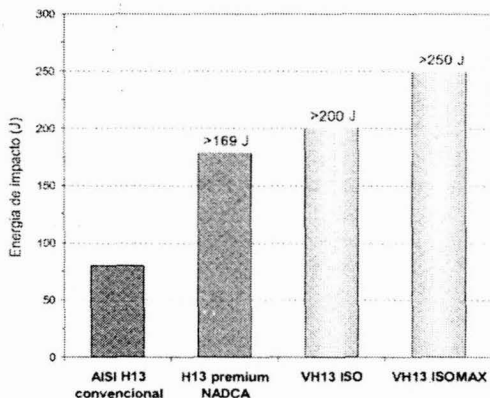


Figura 3: Tenacidade ao impacto em corpos de prova sem entalhe do aço H13 convencional, limite de aceitação da norma NADCA para qualidade *Premium* e valores típicos dos aços VH13 ISO<sup>®</sup> e VH13 ISOMAX<sup>®</sup>. Corpos de prova de 5 x 7 mm<sup>2</sup> de secção, usinados na transversal e tratados para 45 ± 1 HRC, conforme NADCA.

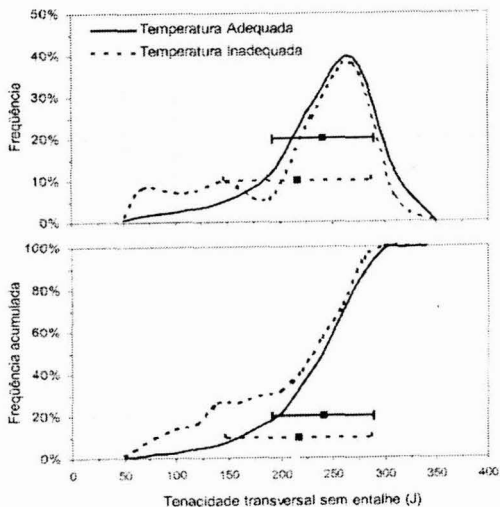
adequada. Além disso, os dados relativos à temperatura não adequada mostram maior frequência de resultados baixos. Aproximadamente 28% dos resultados encontra-se abaixo de 169 J enquanto que, para a temperatura adequada, apenas 12% dos resultados estão abaixo de 169 J.

Portanto, apenas o emprego da homogeneização não constitui condição suficiente para obtenção de elevada tenacidade e reprodutibilidade dos resultados. Temperaturas adequadas são, também, essenciais para otimização da tenacidade, tanto nos processos ISO<sup>®</sup> como ISOMAX<sup>®</sup>.

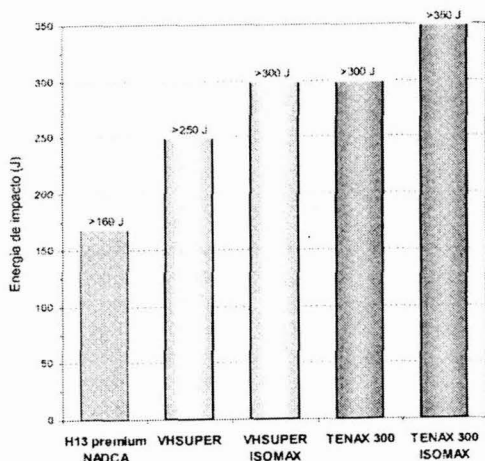
## 6. Novos Desenvolvimentos

Os processos ISO<sup>®</sup> e ISOMAX<sup>®</sup> foram também importantes para o desenvolvimento de dois novos aços para trabalho a quente, denominados TENAX 300<sup>®</sup> e VHSUPER<sup>®</sup>. O primeiro possui projeto de liga voltado à otimização da tenacidade, tendo como composição base o aço AISI H11<sup>(16)</sup>. O segundo também possui modificações de composição para o aumento da tenacidade, mas apresenta teor de Mo sensivelmente mais elevado que os aços VH13 e TENAX 300<sup>®</sup>, visando aumento da resistência a quente.

Valores típicos para a tenacidade sem entalhe dos aços TENAX 300<sup>®</sup> e VHSUPER<sup>®</sup> são apresentados na Figura 5. A elevada tenacidade do aço TENAX 300<sup>®</sup> é evidente, superando 300 J na versão ISO<sup>®</sup> e 350 J na ISOMAX<sup>®</sup>. Para o aço VHSUPER<sup>®</sup> os resultados são

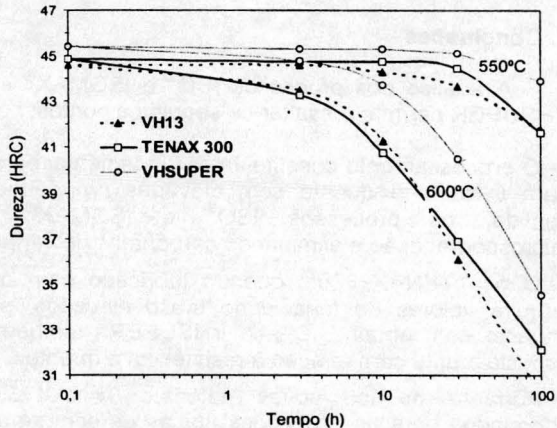


**Figura 4:** Distribuição estatística da tenacidade. Dados referentes ao aço VH13 ISO<sup>®</sup>, homogeneizado em duas temperaturas, classificadas como adequada ou inadequada. Os pontos indicam os valores médios e as barras o desvio padrão. Curvas obtidas com um número total de 329 pontos.



**Figura 5:** Tenacidade ao impacto em corpos de prova sem entalhe para os aços TENAX 300<sup>®</sup> e VHSUPER<sup>®</sup>, obtidos pelos processos ISO<sup>®</sup> (não indicado) e ISOMAX<sup>®</sup>. O limite da NADCA é apresentado para comparação. Corpos de prova de 5 x 7 mm<sup>2</sup> de secção, usinados na transversal e tratados para 45 ± 1 HRC, conforme NADCA.

também altos, muito superiores ao valor mínimo da NADCA. Os resultados da Figura 5 correspondem a barras de bitolas em torno de 400 mm. Blocos e barras nessas dimensões resultam de lingotes igualmente grandes, que apresentam intensa segregação durante sua solidificação. Caso um processamento de boa qualidade não seja aplicado, a segregação de elementos de liga causa forte deterioração nas propriedades, especialmente na tenacidade, e reduz consideravelmente a qualidade do aço ferramenta produzido. Assim, os elevados valores obtidos, além de relacionados ao potencial dos aços TENAX 300<sup>®</sup> e VHSUPER<sup>®</sup>, também resultam da elevada qualidade dos processos ISO<sup>®</sup> e ISOMAX<sup>®</sup>.



**Figura 6:** Resistência ao revenimento (perda em dureza em alta temperatura) para os aços VH13, TENAX 300<sup>®</sup> e VHSUPER<sup>®</sup>. As temperaturas de teste estão indicadas próximas às curvas e a dureza inicial foi de  $45 \pm 0,5$  HRC para todos os materiais.

Na Figura 6 podem ser avaliadas a resistência ao revenimento dos aços VH13, TENAX 300<sup>®</sup> e VHSUPER<sup>®</sup>, que determina a capacidade do material manter sua dureza após exposição a altas temperaturas. O tempo a 600 °C para diminuição da dureza de 45 HRC para 35 HRC é de 36 horas para o VH13 ISO<sup>®</sup>, 50 horas para o TENAX 300<sup>®</sup> e 90 horas para o VHSUPER<sup>®</sup>. Analisando de outro modo, após 30 h a 600 °C, o aço VH13 diminui sua dureza para 36,1 HRC, o aço TENAX 300<sup>®</sup> para 37,0 HRC e o aço VHSUPER<sup>®</sup> ainda possui 40,5 HRC. Portanto, o aço TENAX 300<sup>®</sup> mostra resistência ao revenimento ligeiramente maior que o aço VH13 ISO<sup>®</sup>. Por outro lado, o aço VHSUPER<sup>®</sup> possui ganhos muito significativos nesta propriedade.

O expressivo aumento na tenacidade do aço TENAX 300<sup>®</sup> bem como a maior resistência a quente do aço VHSUPER<sup>®</sup> correspondem a importantes melhorias. Para a aplicação em matrizes de fundição sob pressão, a maior tenacidade pode atuar minimizando as trincas de fadiga térmica. A melhor resistência a quente também atua nesse sentido, porque retarda a iniciação das trincas e pode promover melhoria de vida das matrizes. Assim, os dois novos materiais podem ser considerados interessantes alternativas para a utilização em matrizes de fundição sob pressão.

A melhoria de propriedades obtidas nos aços TENAX 300<sup>®</sup> e VHSUPER<sup>®</sup> também podem trazer benefícios quando esses materiais são empregados em outras aplicações de trabalho a quente. Em forjamento a quente, por exemplo, a maior tenacidade do aço TENAX 300<sup>®</sup> atua de modo a reduzir o surgimento de trincas mecânicas. O aço VHSUPER<sup>®</sup>, por outro lado, é interessante devido à sua maior resistência a quente, reduzindo o desgaste e a deformação a quente das matrizes.

## 7. Conclusões

A análise dos processos ISO® e ISOMAX® e dos novos aços TENAX 300 e VHSUPER permite ressaltar os seguintes pontos:

- 1- O processamento constitui fator fundamental para a produção de aços ferramenta para trabalho a quente com elevadas propriedades e alto desempenho. Nesse sentido, os processos ISO® e ISOMAX® são eficientes, reduzindo a microsegregação e eliminando carbonetos de vanádio grosseiros.
- 2- O aço TENAX 300®, quando fabricado com os processos ISO® e ISOMAX®, adquire valores de tenacidade muito elevados, superando 300 J de energia ao impacto sem entalhe. O aço VHSUPER® também possui elevadas propriedades, especialmente com relação à resistência a quente.
- 3- Portanto, os dois novos materiais, TENAX 300® e VHSUPER®, mostram-se adequados para as aplicações típicas de conformação a quente, como forjamento, fundição sob pressão e extrusão.

## 8. Referências

- (1) Roberts, G., Krauss, G. and Kennedy, R. Tool Steels. **ASM**, 5th edition, EUA, p. 30-32 and 220-250, 1998.
- (2) Souza, M. H. et. al. Aços para Matrizes. **Anais de Seminários – Aspectos Gerais Sobre Forjamento**, Porto Alegre-RS, p. 91-115, 1992.
- (3) Roberts, G., Krauss, G. and Kennedy, R. Tool Steels. **ASM**, 4th edition, EUA, p. 393-395 e 563-585, 1980.
- (4) Wilmes, S. and Burns, K. P. Vergleich der Zähigkeit von Warmarbeitsstahl unterschiedlicher Herstellverfahren im Hinblick auf die Verwendung für Druckgießformen, **Giesserei**, vol. 76, no. 24, p. 835-842, 1989.
- (5) Wahlster, H. M. The ESR Process – What is the Position Today. **Iron and Steel Engineer**, March, p. 29-34, 1975.
- (6) Costa Neto, A. F. e Barbosa, C. A. Efeito da Refusão ESR nas Propriedades de um Aço para Trabalho a Quente: Qualidades ISO e ISOMAX. **Anais do XVI Senafor**, p. 40-50, 1996.
- (7) Pinedo, C. E. e Barbosa, C. A. Aços Ferramenta para Trabalho a Quente com Elevada Tenacidade e Isotropia. **Anais do 49º Congresso Anual da ABM**, Volume VII, p. 517-530, 1994.
- (8) Fucks, K. D., Haberling, E and Rasche, K. Microstructure and Technological Properties of Hot Work Tool Steels for Pressure Casting Dies. **Thyssen Edelst. Techn. Ber.**, Special Issue, May, p. 16-24, 1990.
- (9) Gumpel, P. Untersuchungen über Primärcarbide in Warmarbeitsstählen, **Thyssen Edelst. Techn. Ber.**, v.9, no 2, p. 121-123, 1983.
- (10) Harberling, E. and Rasche, K. - Relation of Toughness to Microstructure in Hot Work Tool Steels, **Thyssen Edelst. Techn. Ber.**, Special Issue, p. 54-60, 1983
- (11) Cavalante, F. L. et. al. - Processo VAC: Uma Nova Tecnologia Aplicada à Fabricação de Aços para Trabalho a Quente, **Anais do XXXVII Congresso Anual da ABM**, RJ, 1982.



- (12) Pacyna, J. Effect of Non-metallic Inclusions on Fracture Toughness of Tool Steels, **Steel Research**, vol. 57, no 11, p. 586-592, 1986.
- (13) Nilsson, H., Sandberg, O. and Roberts, W. The Influence of Austenitization Temperature and Cooling Rate after Austenitization on the Mechanical Properties of the Hot Work Tool Steels H11 and H13, em **Tool for Die Casting, Proc. Conf.**, Sunne, Sweden, Sept. 26-28, p. 51-69, 1983.
- (14) Feest, E. A. - The Measurement of Microsegregation by Electron Probe Microanalysis, **Journal Inst. of Metals**, v.104, p. 146-149, 1973.
- (15) NADCA no 207/90 – Premium Quality H13 Steel Acceptance Criteria for Pressure Die Casting, Ed. **North American Die Casting Association**, November, 1990.
- (16) Mesquita, R. A., França, L. C., e Barbosa, C. A. Desenvolvimento de Um Novo Aço Ferramenta para Trabalho a Quente com Tenacidade Otimizada. **Anais do 57º Congresso Anual da ABM**, p. 444-453, São Paulo, 2002.

# NEW HOT WORK TOOL STEELS

Rafael Agnelli Mesquita <sup>(1)</sup>  
Celso Antonio Barbosa <sup>(2)</sup>

The increase of die lives in hot work applications has an especial motivation for reducing tool cost and set up time. The present work thus presents two new hot work tool steels, VHSUPER e TENAX 300, developed to improve die life. A special attaining is given on the production of tool steels, as the material processing can be of considerable influence on material performance. The effect of tool steel manufacturing conditions was evaluated in the H13 steel. Two special processes, named ISO and ISOMAX (IM), were applied and the results were compared to conventional H13, regarding microstructure and properties. Due to the ISO and ISOMAX advantages, the new materials were also produced according to their procedures. Such materials have improvements related to toughness and hot resistance, which were evaluated by unnotched impact tests and tempering resistance, respectively. The processes ISO and ISOMAX applied to H13 lead to substantial improvements in relation to conventional H13, resulting in more homogeneous microstructures and strong increase in impact toughness. Regarding the new tool steels, the TENAX 300 steel shows transverse toughness superior to 300 J, i.e. around 50 % higher than VH13 steel. For VHSUPER steel, the main result is the increase in tempering resistance. Therefore, the new materials are shown to be useful alternative steels to hot work tools.

**Key words:** Hot Work Tool Steels, ISO and ISOMAX quality, VHSUPER, TENAX 300.

Technical contribution to be presented in the 1º Encontro da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes, São Paulo, October, 2003.

<sup>1)</sup> Materials Engineer and Master Science in Materials Engineering, ABM member, , Researcher, Villares Metals S. A., Sumaré, SP, Brazil, e-mail: agnelli@villares.com.br.

<sup>2)</sup> Metallurgical Engineer, ABM member, Technology Manager, Villares Metals S. A., Sumaré - SP, Brazil, e-mail: celsoa@villares.com.br.