

# PROPRIEDADES DO AÇO FERRAMENTA VP100, APLICADO EM MOLDES PARA PLÁSTICOS<sup>1</sup>

Rafael Agnelli Mesquita<sup>2</sup>  
Giovani Verdi Cappuccio<sup>3</sup>  
Celso Antonio Barbosa<sup>4</sup>

## Resumo

A crescente utilização de produtos plásticos torna a busca por maior competitividade na cadeia de moldes cada vez mais importante. Neste sentido, o aço VP100 foi desenvolvido, de modo a oferecer propriedades diferenciadas em relação aos aços convencionais. O presente trabalho discute tais propriedades, focando nas aplicações de moldes, porta-moldes e outros dispositivos, que necessitem de alta resistência (32 HRC de dureza) e adequadas propriedades de superfície. Nesta faixa de resistência mecânica, o principal aço empregado é o DIN 1.2738 e suas modificações (P20). Portanto, as propriedades do aço VP100 são comparadas a este material, principalmente em termos de: uniformidade de dureza após tratamento térmico, usinabilidade, soldabilidade, condutividade térmica e tensões residuais. O perfil de dureza no aço VP100 foi mostrado como absolutamente homogêneo em diversas seções de blocos produzidos, com dimensões até 400 x 1200 mm<sup>2</sup>. A polibilidade e a usinabilidade podem ser comparáveis ao aço P20, desde que empregados os parâmetros adequados; o processo de produção gera menor níveis de tensão, contribuindo para estas propriedades. Em termos de soldabilidade e condutividade, o aço VP100 pode ser considerado superior ao aço P20. Assim, o material pode ser considerado adequado para aplicações de injeção de plásticos, em aplicações diversas que exijam dureza de 32 HRC.

**Palavras-chave:** Aços para moldes para plástico; Inovação; P20; VP100.

## PROPERTIES OF VP100 TOOL STEEL, APPLIED IN PLASTIC MOULDS

### Abstract

The growing demands for plastic products have continuously increased the need for better competitiveness in plastic mould production chain. In this context, VP100 mould steel was developed, in order to offer distinct properties when compared to traditional grades. The present paper describes such properties, aiming at applications in moulds, mould bases and other devices which require high strength (32 HRC hardness) and proper surface properties. In this application field, the main grades employed are the modified P20 materials, such as DIN 1.2738. Therefore, the properties of VP100 are compared to it, in terms of: hardness homogeneity after heat treating, machinability, polishability and photo-etching response, weldability and residual stresses. The hardness depth profile for VP100 was shown to be absolutely homogeneous, regarding section sizes up to 400 x 1200 mm<sup>2</sup>. Polishability and photo etching characteristics were comparable to P20, since proper process machining parameters are applied. In terms of weldability and thermal conductivity, VP100 is considered superior to P20. Therefore, the new material may be taken as an interesting option of plastic injection molding, in 32 HRC hardness applications.

**Key words:** Plastic mould steels; Innovation; P20; VP100.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 7º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 15 e 16 de julho de 2009, São Paulo, SP.

<sup>2</sup> Engenheiro de Materiais, Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, Pesquisador da Villares Metals S. A., Sumaré, SP, Brasil, e-mail: mesquita.rafael@villaresmetals.com.br

<sup>3</sup> Engenheiro Metalurgista, Assessor Técnico da Villares Metals S. A., Sumaré, SP, Brasil, e-mail: giovani.cappuccio@villaresmetals.com.br.

<sup>4</sup> Engenheiro Metalurgista, Membro da ABM, Gerente de Tecnologia da Villares Metals S. A., Sumaré, SP, Brasil, e-mail: celso.barbosa@villaresmetals.com.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Os moldes utilizados na conformação de plásticos são essenciais nesta área industrial, sendo normalmente de alta complexidade, para proporcionar adequadas características do produto e elevada velocidade de produção. Os aços geralmente utilizados em moldes para plásticos, apesar de muitas vezes pouco ligados, possuem propriedades de limpeza microestrutural e de processamento que os diferenciam dos outros aços convencionais e ao carbono.<sup>(1)</sup>

A definição do aço a ser escolhido depende de muitas características. As solicitações e os aspectos de fabricação podem ser tanto mais variados quanto os processos ou o tipo de peça e de polímero empregado, gerando assim muitos pontos a serem analisados. Abaixo as principais aplicações são resumidas.

### 1.1 Aços para Moldes com 32 HRC

Estes compreendem os moldes mais comuns, destinados a peças de baixa complexidade técnica e a processos que não afetam a vida do molde. Tipicamente, nestas aplicações são utilizados aços do tipo P20 (similares ao DIN 1.2738), com dureza de 32 HRC. Nestes, a fabricação do molde corresponde ao aspecto mais importante em termos de custo e tempo e pelo fato de possuírem vida útil muito elevada (em alguns casos superior a 10 anos). Os pontos principais correspondem ao binômio usinabilidade e polibilidade/resposta à texturização.<sup>(2)</sup>

### 1.2 Aços com Dureza em Torno de 40 HRC

Apesar da maioria dos moldes serem ainda feitos em aços com 32 HRC, existe uma tendência crescente da utilização de moldes com 40 HRC.<sup>(3)</sup> Como vantagens, podem-se citar a melhor polibilidade e maior resistência ao desgaste. Para moldes com secções muito finas, esta melhoria de dureza (e conseqüentemente de resistência mecânica) inibe a deformação plástica localizada no molde, quando aplicadas as altas pressões de fechamento – evitando assim desvios dimensionais ou rebarbas nas peças obtidas. Aços de 40 HRC podem ser interessantes, também, para superior brilho e resistência ao desgaste. A usinagem nesta dureza é mais difícil, porém tornou-se plenamente viável para pelos processos de usinagem mais avançados.<sup>(3)</sup>

### 1.3 Aços Inoxidáveis e de Alto Requisito de Polimento

Para aplicações especiais, como produtos de alto requisito de polimento, aços produzidos com processos especiais de refino são utilizados – destacando o refino por ESR (electroslag remelting). Estes materiais possuem uma microestrutura mais refinada, garantido superior polimento pela menor quantidade de inclusões não metálicas.<sup>(4)</sup> Em outras situações, existem ambientes críticos em termos de corrosão, destacando-se a injeção de PVC. Nestes casos, são necessários aços inoxidáveis sendo, neste caso, a propriedade de resistência à corrosão normalmente torna-se o ponto limitante na vida do molde.<sup>(5)</sup> A combinação de uma composição química com inoxidabilidade e a produção via processo ESR pode ser importante em muitos casos. Para eles, é comum a utilização de aços inoxidáveis martensíticos produzidos pelo processo ESR ou VAR, na linha do DIN 1.2083. A dureza final

desses materiais é alta, em torno de 50 HRC, contribuindo para a polibilidade do material.

Dentre essas três classes, os aços para moldes com 32 HRC constituem o maior volume de aplicação. Os aços “tipo P20” modificados constituem, ainda, o principal volume empregado no Brasil e no mercado externo. Isto torna este ramo industrial muito padronizado. Contudo, a crescente necessidade de competitividade da indústria motivou o desenvolvimento de um novo material, denominado VP100. As propriedades deste material relacionam-se às suas características de tratamento térmico e, principalmente, a melhorias promovidas ao fabricante ou usuário do molde.

O objetivo do presente trabalho foi, portanto, descrever as propriedades do aço VP100, comparando com o aço P20 (DIN 1.2738). As características de fabricação do molde, em termos de polibilidade e usinabilidade são mostradas, assim como propriedades essenciais para o molde.

## **2 CONCEITO DA LIGA VP100**

Os aços tradicionais para moldes com 32 HRC (~ 1.030 MPa de resistência) empregam elevados teores de elementos de liga, tipicamente Cr, Ni e Mn. Tais elementos conferem ao aço a propriedade de “temperabilidade”, ou seja, sua capacidade de endurecimento em grandes seções, por meio do tratamento de têmpera. Isto é essencial em moldes, visto que possuem cavidades profundas usinadas a partir de blocos de dimensões de, frequentemente, mais de 500 mm. Apesar de eficaz, a adição de tais elementos, principalmente o Ni, encarece o produto final. E, além disso, o processo de têmpera confere um resfriamento rápido e não uniforme ao material – visto que, sempre, a superfície resfria mais rapidamente que o núcleo. Isto faz com que o material apresente tensões residuais, gerando comportamento não uniforme no processo de usinagem.

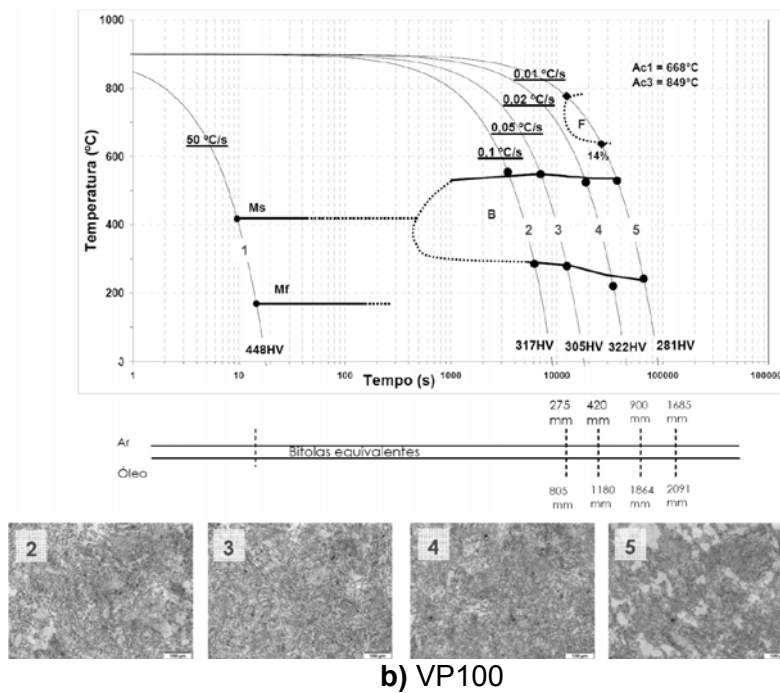
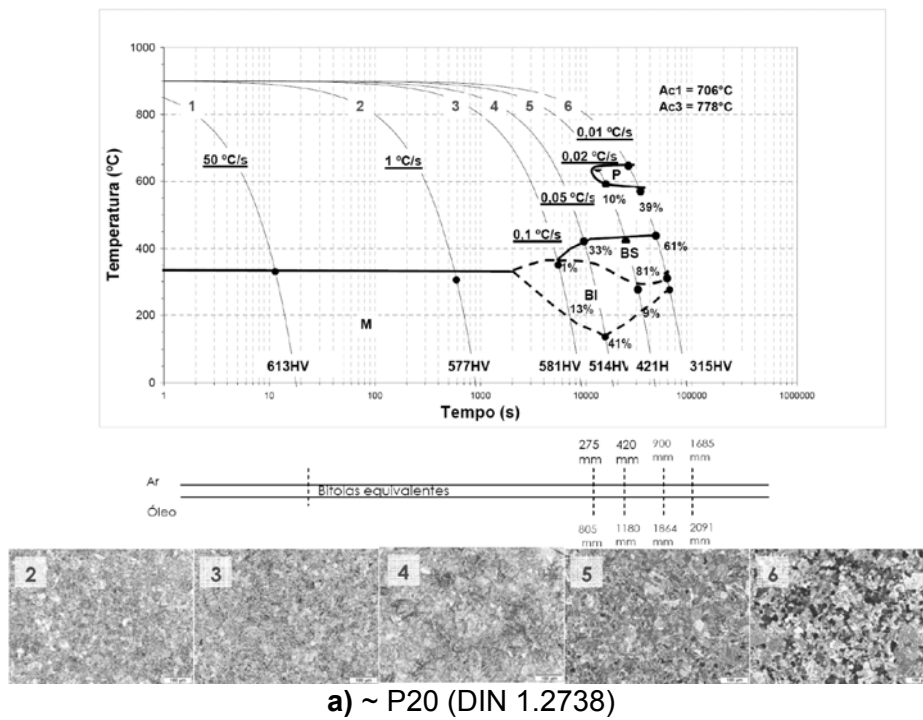
O aço VP100 foi desenvolvido para ser endurecido via resfriamento mais lento que o processo de têmpera tradicional. Isto ocorre graças ao efeito de elementos microligantes, como Ti e V, que promovem a formação de uma microestrutura de bainita inferior – de dureza homogênea, para resfriamentos lentos ou rápidos. Além disso, o menor uso de elementos de liga, principalmente o baixo teor de cromo, auxilia no aumento da condutividade térmica. Resultados preliminares apontam que esta propriedade é cerca de 10% superior que a do aço P20.

No P20, por outro lado, a bainita formada não possui dureza uniforme em função da taxa de resfriamento (isto é comparado na Figura 1). E se o resfriamento não for acelerado, ocorre a formação de perlita, reduzindo drasticamente a dureza. Um comparativo dessas fases formadas é mostrado na Figura 1.

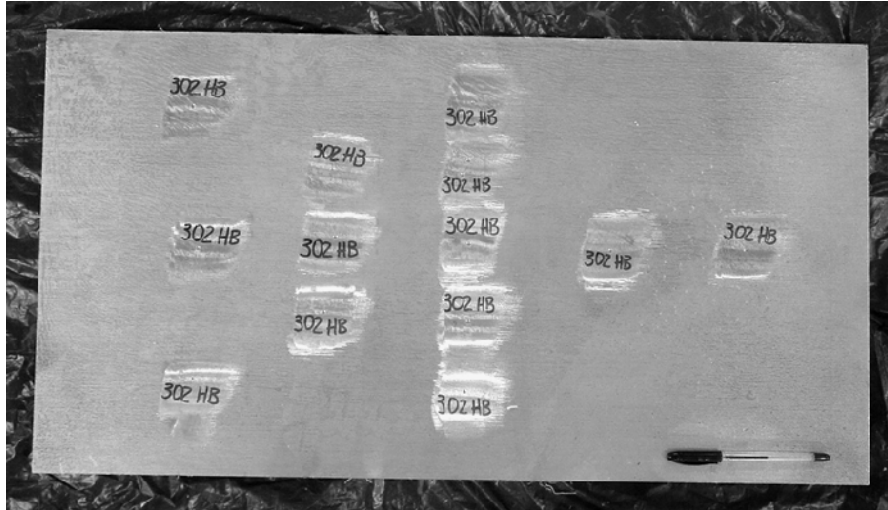
O comportamento distinto do aço VP100 confere a possibilidade de após resfriamento, possuir uma dureza homogênea da superfície para o núcleo do bloco (Figura 2), muito superior neste sentido que do aço P20. Resultados igualmente homogêneos no aço VP100 foram obtidos em blocos de até 400 x 1.200 mm<sup>2</sup> de seção. E, o fato de não empregar taxas de resfriamento violentas confere a redução das tensões residuais.

O ajuste dos elementos químicos, para a definição da melhor composição química, foi realizado via avaliação dos seus efeitos na nucleação e crescimento das fases de difusão. Ou seja, reduzindo o potencial para nucleação dessas fases e, também, reduzindo sua tendência de crescimento, pode-se definir a faixa de composição que atende as características de dureza. A Figura 3 apresenta esta

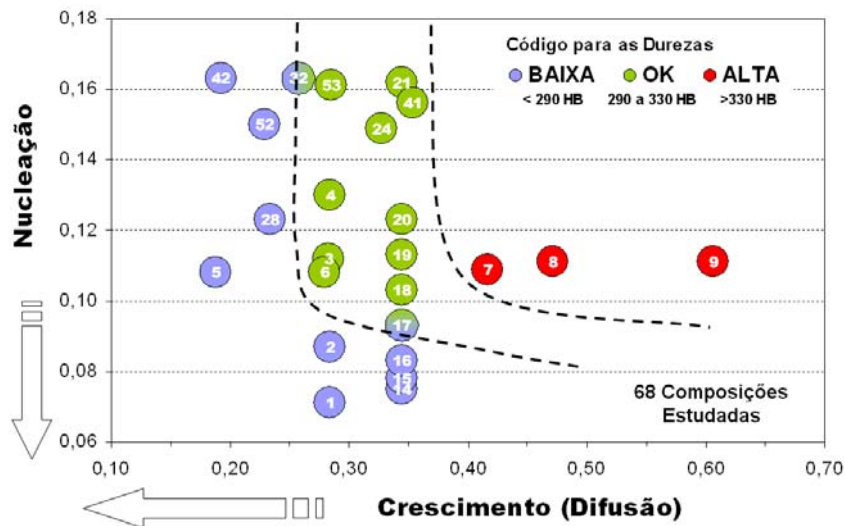
análise de forma gráfica, a qual foi empregada como a base da patente do material.



**Figura 1:** Curvas de resfriamento contínuo dos aços **a) P20 (DIN 1.2738)** e **b) VP100**. Ver dureza uniforme obtida no aço VP100, ao contrário da variação observada no aço P20.



**Figura 2:** Seção do Aço VP100, com dimensões de 450 x 700, mostrando as medições de dureza, todas com os mesmos valores.



**Figura 3:** Gráfico avaliando diversas composições com diferentes potenciais de nucleação e crescimento. A nucleação é baseada nos teores dos elementos Ti, P, B e V e o crescimento baseado nos teores de Cr, Ni e Mo. A dureza foi medida após simulação de tratamento térmico, equivalente ao resfriamento do núcleo de uma bitola de 400 x 750 mm<sup>2</sup>.

Além de todas essas características, o aço VP100 possui teor de carbono menor que os aços tradicionais, como o P20 (DIN 1.2738) ou o DIN 1.2711. Isto faz com que, após aplicação de solda, o VP100 apresente o ajuste por usinagem facilitado, devido a menor dureza gerada, como mostra a Tabela 1.

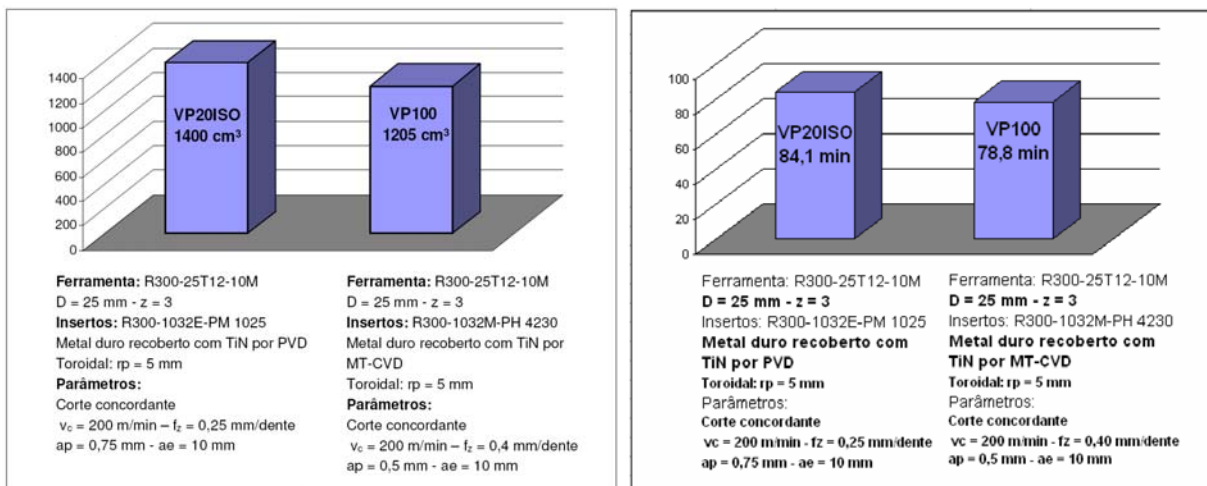
**Tabela 1:** Teor de carbono e dureza da região soldada nos aços VP100, P20 (DIN 1.2738) e DIN 1.2711.

Aço	% C	Dureza após Solda
VP100	0,22	45 HRC
P20	0,36	58 HRC
DIN 1.2711	0,57	64 HRC

### 3 USINABILIDADE, POLIBILIDADE E RESPOSTA À TEXTURIZAÇÃO

#### 3.1 Usinabilidade

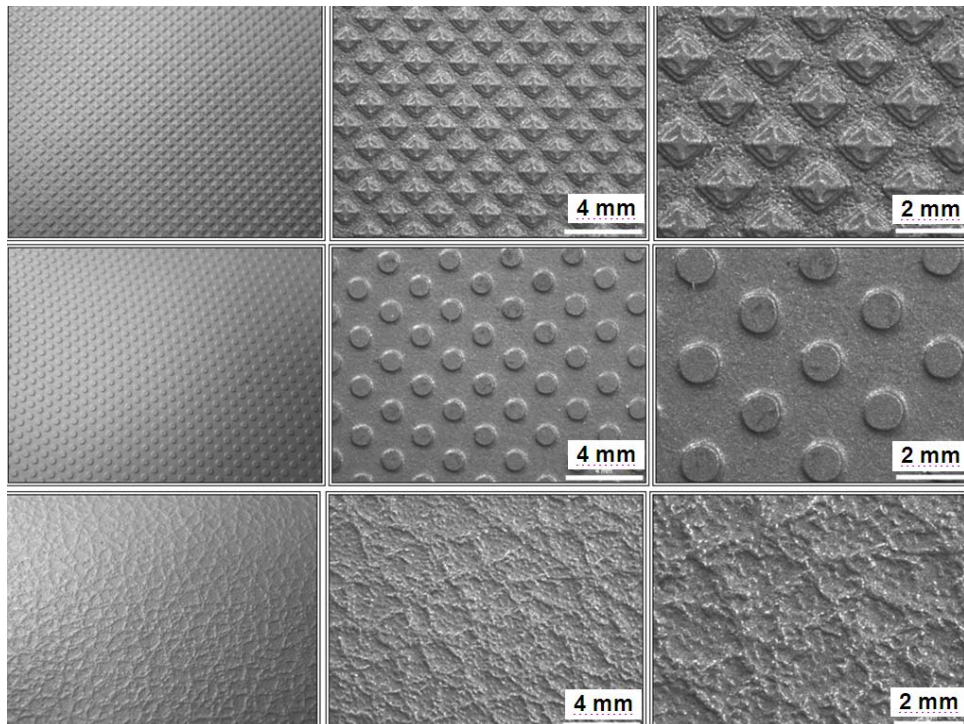
A ausência de tensões e a dureza homogênea do VP100 geram um comportamento muito mais uniforme na usinagem. Isto é sentido, principalmente, na usinagem de acabamento do material e na sua furação. Portanto, confere superior segurança nas etapas de manufatura do bloco. Em termos do processo de usinagem, é observado um melhor rendimento das ferramentas quando empregadas condições de avanço e velocidade diferenciadas do P20. Para o aço VP100 são mais indicadas **velocidades menores e maiores avanços** (Figura 4).



**Figura 4:** Resultado comparativos do volume removido (cm<sup>3</sup>) e do tempo de usinagem (CAM) até o fim de vida da ferramenta: P20: condições típicas de uso, com Vc = 200 m/min e avanço de 0,25 mm e VP100, com maior avanço, 0,25 mm, e também Vc = 200 m/min.

#### 3.2 Polibilidade e Resposta à Texturização

O comportamento do VP100 nos processos de texturização e polimento é equivalente ao dos aços P20, em termos das técnicas empregadas e dos resultados. Na Figura 5 podem ser observadas imagens típicas de produtos texturizados. Mesmo a avaliação por estereoscópio, em maior aumento, não identificou problemas de texturização.



**Figura 5:** Exemplo de Superfícies texturizadas, no aço VP100

#### 4 ESTUDO DE CASO

Vários moldes e base de moldes foram produzidos em VP100 até a data de elaboração do presente trabalho, substituindo o aço P20 ou aços similares. A Figura 6 mostra os resultados de um exemplo, empregado para produção de tampa de cestos. Este molde foi produzido com o aço VP100 substituindo o P20, sendo observado resultados equivalentes em termos de uso do molde no processo de injeção.



**Figura 6:** Algumas fotos de um molde produzido em VP100. Dimensões do molde: aproximadamente 700 mm x 700 mm x 400 mm.

## 5 CONCLUSÕES

- ♥ Várias propriedades são necessárias nos aços para molde, relativas à sua fabricação ou ao uso final do molde. Desta forma, diferentes aços devem ser empregados para cada situação.
- ♥ Em moldes de 32 HRC, tradicionalmente empregam-se aços similares ao AISI P20. Nestas aplicações, o presente trabalho descreve as propriedades de um novo material, denominado VP100.
- ♥ O aço VP100 possui, devido a modificações de composição química e processo de tratamento térmico, diversas vantagens em relação ao aço P20, principalmente em termos de homogeneidade de dureza e soldabilidade.
- ♥ Em termos de polibilidade e resposta à texturização, o comportamento do aço VP100 mostrou-se equivalente ao P20. Em usinagem, maior avanço ( $f_z$ ) é recomendado para bons resultados, alternativamente acompanhados de menores velocidades de corte.
- ♥ O estudo de caso mostrou que, no processo de injeção, o comportamento do aço VP100 foi similar ao do aço P20.

## REFERÊNCIAS

- 1 G. Roberts, G. Krauss, R. Kennedy, **Tool Steels**, 5<sup>o</sup> ed., American Society for Metals, Materials Park, OH-USA, 1998, p. 291-304.
- 2 C. E. Pinedo e C. A. Barbosa, Desenvolvimento de Aços Ferramenta Endurecíveis por Precipitação, **Anais do 50<sup>o</sup> Congresso da ABM**, São Pedro-SP, 1995.
- 3 V. Tipnis and R. Joseph, Influence of Metallurgy on Machinability - Testing for Machinability, **ASM**, p. 11, 1975.
- 4 N. Cook, Influence of Metallurgy on Machinability – What is Machinability, **ASM**, p. 1, 1975.
- 5 R. A. Mesquita, A. Sokolowski e C. A. Barbosa “Desenvolvimento de aços especiais com usinabilidade melhorada”. Artigo Publicado na **Revista Máquinas e Metais**, p. 86 a 112. Maio de 2003.
- 6 Kovach, C. and Moskowitzm A. Effects of Manganese and Sulfur on the Machinability of Martensitic Stainless Steels. **Transactions AIME**, vol. 245, Oct. P. 2157, p. 1969.