

# AÇO INOXIDÁVEL PARA MOLDES DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO COM GRANDES DIMENSÕES<sup>1</sup>

*Alceu Pires dos Santos Junior<sup>2</sup>*

## **Resumo**

Com a necessidade, nos últimos anos, de construirmos moldes para a injeção de peças em plásticos cada vez maiores, com grande exigência de polimento, tolerâncias dimensionais e de forma, peças com paredes finas que necessitam de altas pressões de injeção para o preenchimento de toda a cavidade, o único e usual aço inox 1.2083 (AISI 420) mostrou-se inadequado devido a sua baixa tenacidade, causando perda de machos e matrizes de valor considerável por trincas catastróficas, ocorrendo por vezes no tratamento térmico e quando não em operação. A opção foi utilizar aços para trabalho a quente WNr. 1.2343 e 1.2344 (AISI H11/H13), evitou-se assim as trincas, entretanto o custo para tal foi um polimento aquém da necessidade atual, em especial para peças com exigências ópticas, o constante repolimento devido a oxidação e a necessidade da execução de revestimentos superficiais onerosos e nem sempre possíveis devido as grandes dimensões dos insertos. O texto descreve o processo de fabricação, as características e propriedades de um novo aço inoxidável desenvolvido para moldes de grandes proporções com tenacidade similar ao AISI H13 ESR em certas condições, para ocupar esta lacuna existente.

**Palavra-chave:** Aço inoxidável.

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no 4º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 2 a 5 de maio de 2006, Joinville, SC.

<sup>2</sup> Eng. Assessor Técnico da Divisão Uddeholm, Aços Bohler-Uddeholm do Brasil Ltda.

Cada vez mais somos colocados diante de novas exigências, que se por um lado nos obriga a estudar, aprender e solucionar os problemas gerados, também cobra, e caro, as falhas cometidas neste processo. Quando por volta da década de 80 iniciou-se a construção de insertos em aços inoxidáveis AISI 420 / W.Nr. 1.2083, pensou-se que todos os problemas referentes à resistência ao desgaste, resistência à oxidação, polimento e manutenção destes, estavam resolvidos para todo o sempre. Contudo, com as inovações nos desenhos dos automóveis (Figuras 1 e 2) e eletrodomésticos, o mercado foi obrigado a desenvolver novos produtos que fossem mais resistentes e transparentes, com isso veio à necessidade de peças cada vez maiores e conseqüentemente a fabricação dos moldes, machos e matrizes cada vez maiores também, tomando dimensões até então inimagináveis, com isso começaram a surgir problemas como trincas nos insertos de maior porte, ora durante o tratamento térmico, ou ainda durante a usinagem de acabamento e produção. Um bom exemplo são os faróis dianteiros e as lanternas traseiras dos automóveis.



Figura 1. Modelo 1975

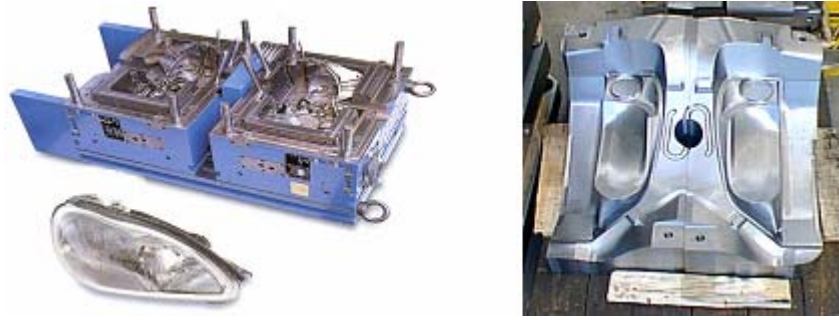


Figura 2. Modelo 2005

Como podemos observar, as lanternas traseiras do modelo 1975 eram pequenas, simples com aproximadamente 100mm x 80mm e uma só cor. Já o modelo 2005 é complexa, assimétrica, com aprox. 400mm comprimento x 120mm de largura e ainda conta com varias cores na mesma peça.

Estes acontecimentos geraram alguns conflitos entre os fabricantes de aço, tratadores térmicos, ferramentarias, sistemistas e montadoras. Cabe mencionar ainda que este não foi um fenômeno restrito ao Brasil, varias ocorrências foram registradas em tradicionais fabricantes de moldes na Europa, EUA e Oriente.

Como tentativa de solução, inicialmente optou-se por utilizar os aços para trabalho a quente (AISI H13/H11 - WNr 1.2344/1.2343), que são bem mais tenazes que o 1.2083, apesar de não oferecer a mesma polibilidade e resistência à corrosão. No inicio não acarretou maiores problemas, mais uma vez pensamos que resolvemos todos os problemas. Ai então surgiram as lentes transparentes e os aços para trabalho a quente foram derrotados pelo polimento pífio e a falta de resistência à corrosão. Como alternativa optou-se por revestimentos superficiais tipo PVD, o que também se mostrou inadequado, pelo alto custo e também pelas dimensões dos insertos, por vezes, maior que a própria câmara dos equipamentos de revestimento disponíveis. Tentaram então os aços inoxidáveis endurecíveis por precipitação (17-4-PH), a riqueza de detalhes dos insertos, aliada ao encruamento por trabalho mecânico característico desta classe de materiais, tornou a sua usinagem extremamente complicada, inviabilizando assim sua aplicação. A solução real dependia do desenvolvimento de uma nova liga derivada do 1.2083, ou seja, um **Aço Inoxidável Martensítico com elevada tenacidade e alta temperabilidade**, que mantivesse as boas características de resistência à corrosão, com uma resposta ao polimento excepcional, com tenacidade compatível com as dimensões dos insertos e cavidades e ainda com a temperabilidade superior necessária à obtenção de dureza, e dentro do possível, uniformes em blocos de grandes dimensões.



Fonte: Sanvito & Somacchini, Itália.

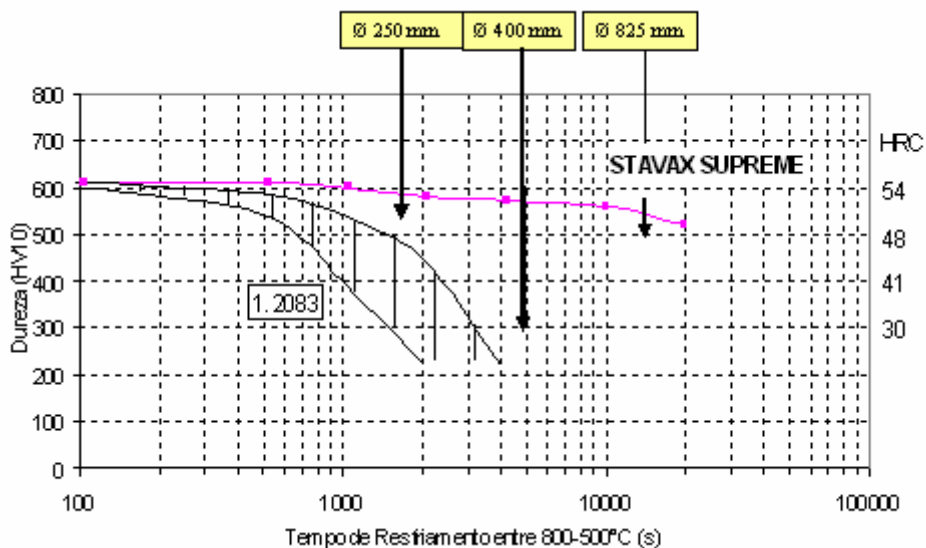
**Figura 3.** Itens em aço **Stavax Supreme** prontos para o tratamento térmico, peso 755 kg cada. Também o molde pronto, aberto e o produto final.

A composição química do AISI 420 foi alterada para proporcionar as características desejadas, conforme abaixo:

**Tabela 1.** Composição química, %

Aço	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V
AISI 420	0,35	1,00	1,00	13,00	-	-	-
<b>Stavax Supreme</b>	C + N 0,36	0,30	0,50	13,60	0,35	1,40	0,35

O teor de carbono menor melhora a resistência à corrosão mas diminui a temperabilidade, que foi compensada pela inclusão de nitrogênio em um processo patenteado exclusivo, como resultado atingimos as mesmas durezas (entre 52 e 54 HRC) logo após o processo de tempera. O nitrogênio combina ainda com as adições de níquel e molibdênio, aumentando ainda mais a resistência à corrosão e a temperabilidade, como podemos observar na Figura 4.



**Figura 4.** Comparativo de temperabilidade, barras de diâmetro 250, 400 e 825mm, austenitizadas a 1020°C em forno a vácuo e resfriadas ao nitrogênio com pressão de 5 bar. Teste de dureza executado no centro das amostras.

Somente as alterações na composição química não garantiriam o resultado esperado, uma combinação de maior temperabilidade associada a um aumento da

tenacidade, para tal, abriu-se mão de um processo de fabricação longo e oneroso, consistindo em:

- 1) Seleção rigorosa da sucata.
- 2) Fusão em forno elétrico a arco.
- 3) Limpeza mecânica minuciosa da escoria e sobrenadantes.
- 4) Reaquecimento com eletrodo acompanhado de forte agitação.
- 5) Desgaseificação sob vácuo .
- 6) Fundição inversa sob atmosfera protetora com revestimento superior.
- 7) ESR em molde estático com atmosfera protetora e controle de solidificação
- 8) Forjamento com 25% mais de redução que o convencional.
- 9) Tratamentos térmicos de recozimento e homogeneização.

Os objetivos principais foram: a redução do teor de oxigênio para abaixo de 04 ppm, evitar a precipitação de carbonetos primários nos contornos de grão e manter o tamanho do grão dentro de 5 a 7 ASTM.

Como resultado prático, podemos observar no gráfico comparativo abaixo (Figura 5) entre os aços Stavax Supreme, austenitizado a 1010°C em forno a vácuo, temperado com 5 bar de pressão de resfriamento e revenido com temperaturas acima do pico da dureza secundária, e H13 ESR, austenitizado a 1030°C em forno a vácuo, temperado com 4 bar de pressão de resfriamento e revenido com temperaturas acima do pico da dureza secundária. Ambos os corpos de prova foram retirados de barras forjadas de dimensões e regiões similares. CP sem entalhe.

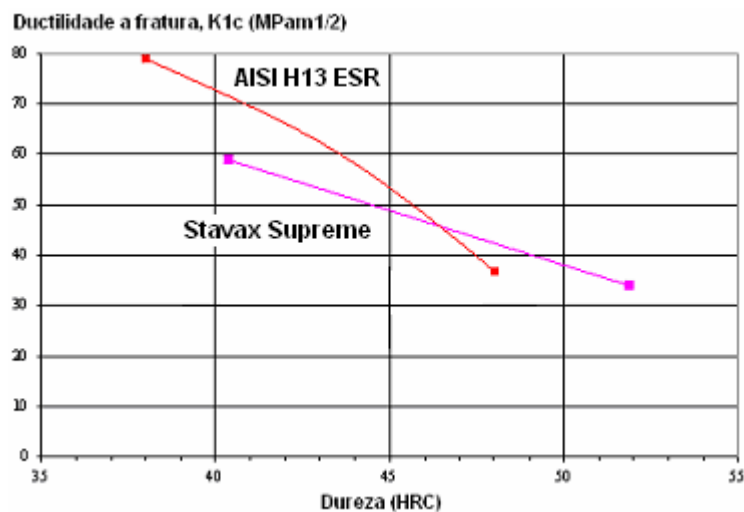
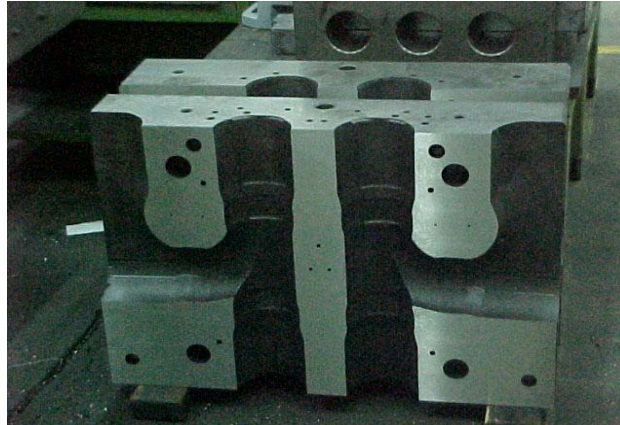


Figura 5. Ductilidade a fratura x Dureza

Podemos observar que entre 46 a 50 HRC, faixa de dureza esta muito utilizada em moldes plásticos, a tenacidade do **Stavax Supreme** é maior que a do AISI H13 ESR (padrão NADCA).



Fonte: Herten

Figura 6.

Insertos com 650 kg cada para injeção de conexão em PVC de 6 polegadas, construídos em **Stavax Supreme**, tratados para +/- 46/48 HRC, logo após o tratamento térmico, executado a vácuo.

Uma boa performance depende muito do tratamento térmico, da temperatura de austenitização e da velocidade de resfriamento. Devido ao menor teor de carbono e demais particularidades da composição química, o **Stavax Supreme** é mais suscetível ao crescimento de grão que o AISI 420 ou WNr 1.2083, motivo pelo qual não deve ser austenitizado em temperaturas acima de 1025°C, para itens com maior massa como o da foto acima, deve-se utilizar temperaturas próximas ao mínimo para austenitização, 1000°C.

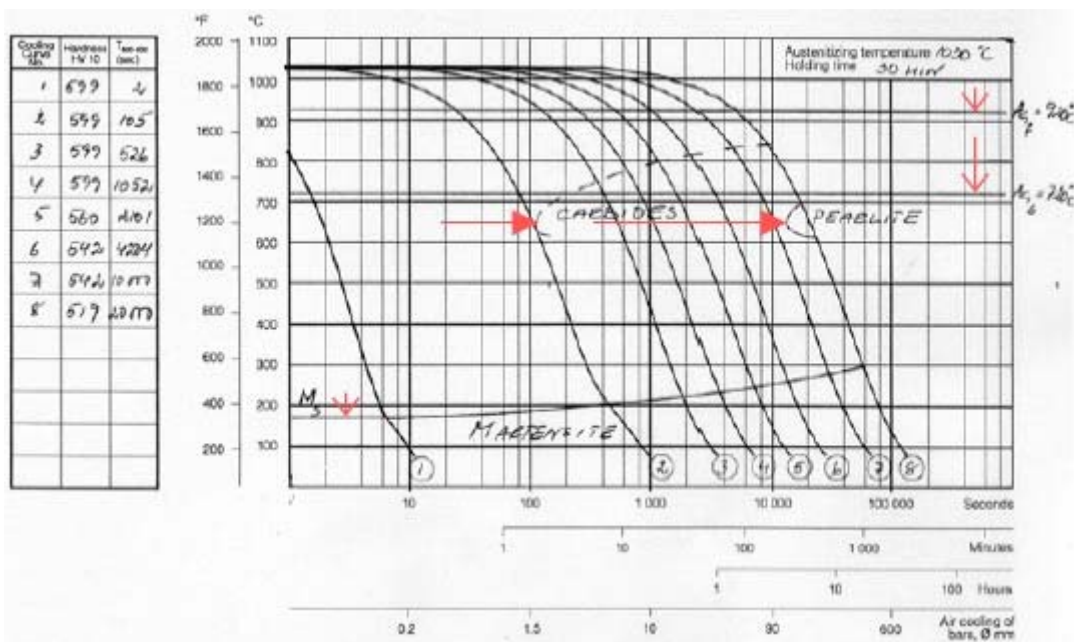
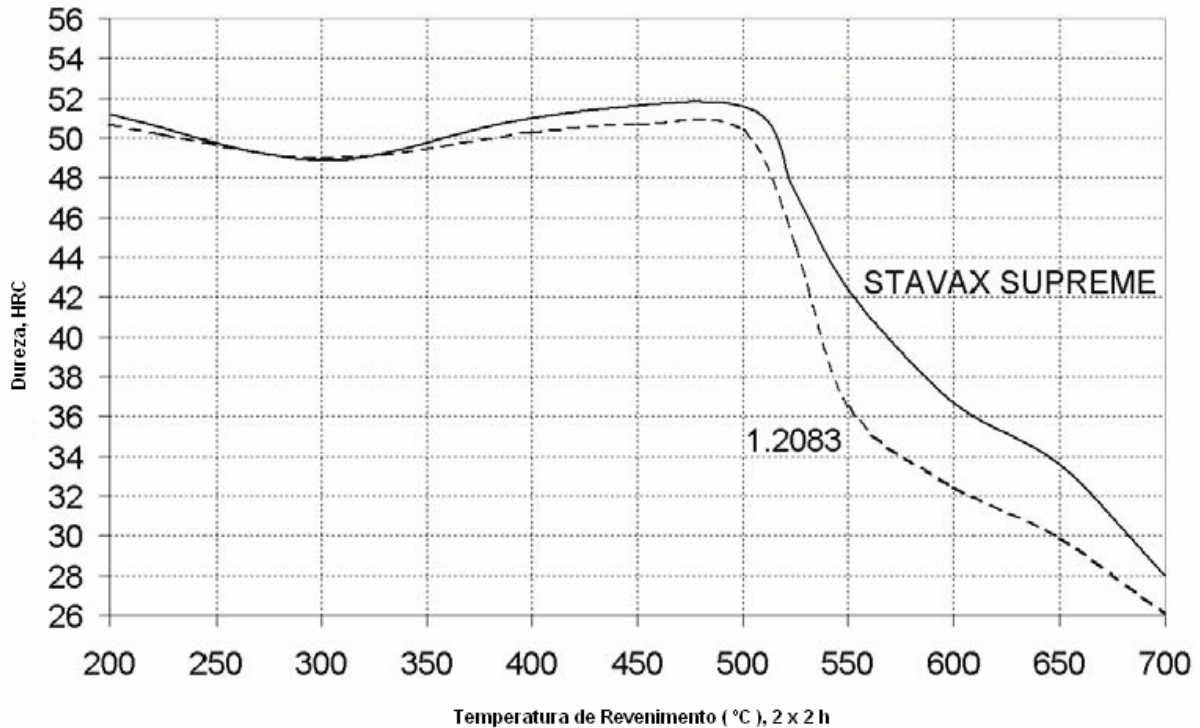


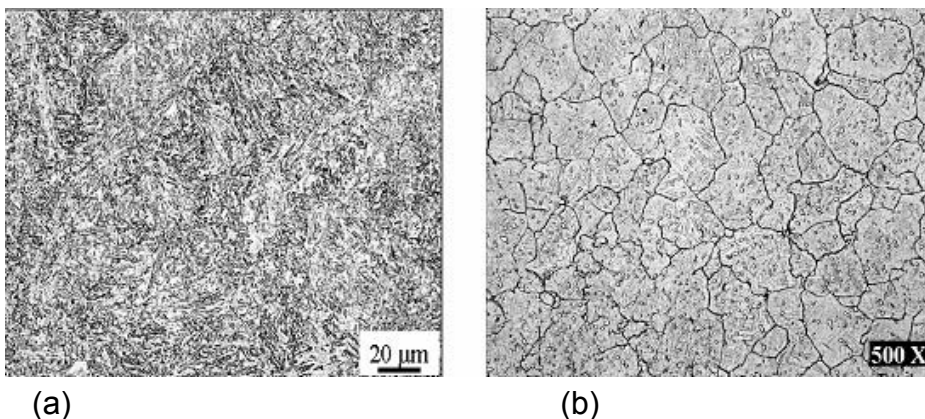
Figura 7. Curvas CCT do **Stavax Supreme**.



**Figura 8.** Gráfico de revenimento comparativo.

Corpos de prova, diâmetro 50mm, austenitizados a 1020°C em forno a vácuo e resfriados com 3,5bar.

Atenção especial deve ser dada a velocidade de resfriamento, que não deve ser menor que 0,5°C/s evitando-se assim a precipitação excessiva de carbonetos nos contornos de grão e ainda o surgimento de traços de perlita. O **Stavax Supreme** é menos sensível que o AISI 420 ou WNr 1.2083 a este fenômeno, como pode ser observado nas micrografias a seguir:



**Figura 9.** (a) Stavax Supreme, temperado de 1010°C, resfriado no limite crítico de 0,5°C/s; (b) W.Nr. 1.2083, temperado de 1030°C, resfriado no limite crítico de 0,5°C/s.

Amostras de 50x60x100mm, retiradas de blocos com dimensões similares e mesma região, nota-se, apesar das mesmas condições de tratamento térmico, a forte marcação no contorno de grão no WNr 1.2083, o que reduz drasticamente a tenacidade e a resistência a corrosão, e quanto ao quesito resistência a corrosão, temos as fotos abaixo, de corpos de prova de 100X50mm polidos, retirados das mesmas amostras, submetidos ao teste salt-spray com 5% de NaCl, pH=3,0 e 20°C.

Após 5h não se observa alterações em nem uma das amostras, após 80h temos o seguinte resultado:

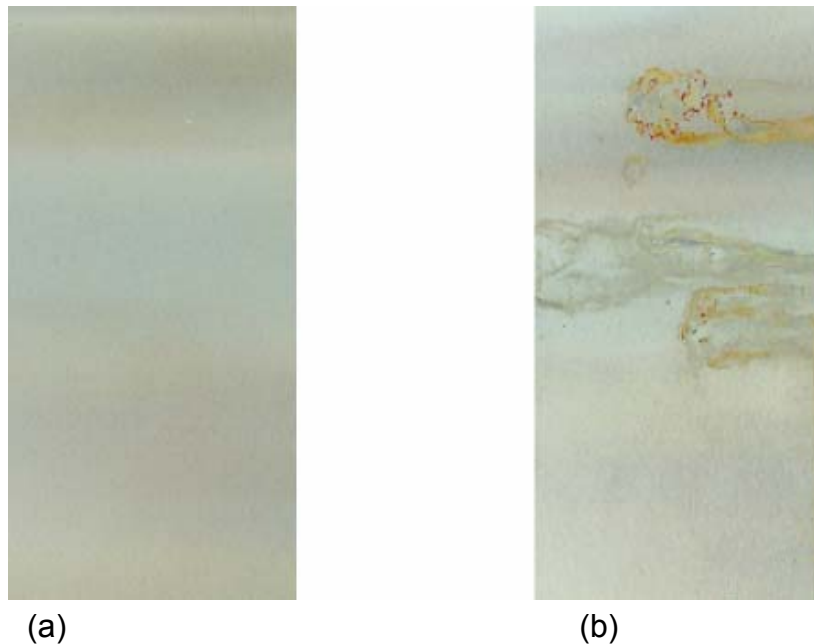


Figura 10. (a) Stavax Supreme, **sem corrosão** (b) W.Nr. 1.2083, **com corrosão**.

## CONCLUSÃO

O aço apresentado neste trabalho consegue aglutinar características até então difíceis de se imaginar quando se fala de aços fabricados pelo processo de metalurgia convencional mais refusão, todas as boas características foram enfatizadas, melhorou-se a temperabilidade para possibilitar um tratamento térmico mais homogêneo e uniforme em blocos grandes, alcançamos a tenacidade do AISI H13 ESR em certas condições e ainda houve um acréscimo na resistência a corrosão, tudo sem sacrificar a usinabilidade, polibilidade e eletro-erosão. Contudo, um tratamento térmico mal aplicado pode prejudicar estas características desejadas.

Por enquanto temos uma solução para moldes de grandes dimensões que exijam excepcional polimento, tenacidade e resistência à corrosão. Aguardamos o próximo desafio.

## BIBLIOGRAFIA

- RAHLÉN, L. B. **Stainless concept**. [S.n.t.] p. 8-19.  
ASM INTERNATIONAL. **Powder metallurgy**. Metals Park, [s.d.] p. 143-146.  
(Metals Handbook; v.7)  
JERVIS, R. **Toughness of tool steel**. [S.n.t.]. p. 199-206.