

# **UMA CONTRIBUIÇÃO AO TRATAMENTO TÉRMICO DA LIGA AISI 420 QUANDO USINADA PARA UTILIZAÇÃO EM MOLDES**

**Fernando Antônio Soares**

Engenheiro de Produto Sênior da Behr Brasil Ltda. e Mestrando junto ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté - UNITAU – Taubaté/SP

[fernando.soares@br.behrgroup.com](mailto:fernando.soares@br.behrgroup.com) fone (11) 4652.0538

**Marcos Valério Ribeiro**

Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica da UNITAU – Taubaté/SP

[mvalerio@feg.unesp.br](mailto:mvalerio@feg.unesp.br) fone (12) 3123.2852

**Resumo.** Este trabalho visa demonstrar a aplicação de um roteiro alternativo para o tratamento térmico de aços inoxidáveis martensíticos, comparando os resultados obtidos aplicando-se o tratamento térmico da maneira sugerida e ao mesmo tempo com algumas variações em relação à temperatura utilizada. Para execução do experimento foram construídos quatro corpos de prova utilizando-se um aço inoxidável martensítico (AISI 420). A geometria dos corpos de prova foi definida, de maneira a simular a cavidade de um molde de injeção plástica. Dos quatro corpos de prova, um foi usinado até a dimensão final e submetido diretamente ao tratamento térmico de têmpera e os outros três foram usinados deixando-se um sobremetal e submetidos em seguida a um tratamento intermediário de alívio de tensões e então foram usinados até suas dimensões finais e em seguida submetidos ao tratamento de têmpera. Comparando-se os resultados obtidos, foi possível observar que o corpo de prova que foi tratado segundo o roteiro sugerido foi o que apresentou menor deformação pós-têmpera, o corpo de prova no qual não foi realizado o tratamento intermediário, foi o que apresentou maior deformação e os demais sofreram deformações intermediárias.

*Palavras-chave:* aço inoxidável, tratamento térmico, usinagem.

## **1. INTRODUÇÃO**

Cada vez mais se torna necessário produzir bens e serviços com menor custo, alta qualidade e especificamente quando se trata da indústria automobilística componentes também com baixo peso. Sempre que usamos materiais metálicos existe dependendo do caso uma dificuldade muito grande em se construir um componente dado a complexidade de sua geometria, numero de operações de conformação, usinagens, tratamentos térmicos, pintura, espessura e tipo de material, etc. Certos componentes, além disso, precisam estar expostos a temperaturas extremas, alguns ainda precisam ser construídos com ressaltos ou rebaixos que necessitariam de diversas operações de conformação e ou repuxo para que o perfil necessário seja conseguido.

Além disso, alguns produtos precisam ter roscas, nervuras, espessuras diferentes num mesmo produto, cantos raios, chanfros, etc. Todas estas necessidades fazem que o produto fique com o seu custo de produção muito alto. A solução encontrada pelos engenheiros e técnicos de produto foi passar a fazer alguns destes componentes de material termoplástico, pois a sua transformação é relativamente mais simples, seu custo e peso menores. Certos termoplásticos se prestam

exatamente para esse fim substituindo com vantagens os materiais metálicos.

Estes materiais possuem um ótimo desempenho e resistência mecânica e térmica iguais aos materiais metálicos. Ainda mais, estes materiais suportam condições extremas de trabalho e possuem baixo peso específico, e seu custo de processamento é bem mais barato que do seu concorrente metálico. Porém, para que estes materiais apresentem estas qualidades neles são adicionadas as chamadas cargas (aditivos), que podem ser de origem mineral ou vegetal.

Estas cargas são necessárias para que o material venha a atender alguns requisitos do produto tais como estabilidade dimensional, alta resistência, flexibilidade e resistência ao cisalhamento, e a outras solicitações mecânicas.

Entretanto, materiais com carga (tais como fibra de vidro, micro esfera de vidro, talco, serragem, etc), tornam-se abrasivos quando são processados, atacando as paredes das cavidades dos moldes que tem o formato do produto a ser fabricado. Normalmente estes materiais são introduzidos dentro das cavidades do molde a altas temperaturas cerca de 280 °C e pressão de injeção 1000 a 1500 BARs, desta combinação resulta um alto grau de atrito entre o material e as superfícies de macho e matriz do molde, pois devido a carga estes materiais apresentam um índice de fluidez muito baixo, também neste momento são expelidos gases altamente abrasivos, junta-se a isso o fato que no interior das cavidades existem os dutos de refrigeração para que o material congele rapidamente e o ciclo do processo seja o menor possível, ou seja, o aço da cavidade é aquecido e resfriado simultaneamente durante toda a sua vida útil.

Então, torna-se necessário desenvolver aços especiais que suportem todas estas condições e que garantam grande produtividade, hoje em dia é comum encomendar-se moldes para a ferramentaria que garantam a produção de 100.000 peças. Estes moldes fabricarão peças técnicas de alta precisão, então o aço a ser usado para esta finalidade tem que ser do tipo especial, ser inoxidável e, além disso, temperável. Durante a construção de cavidades para moldes de injeção plástica, é muito comum se encontrar problemas dimensionais logo após o tratamento térmico de têmpera, essas deformações muitas vezes são irreversíveis, causando perdas de cavidades e, por consequência acarretando graves prejuízos devido ao atraso na entrega e perda do trabalho de usinagem (Soares, 2003).

O intuito deste trabalho é demonstrar que esses problemas podem ser minimizados utilizando-se um tratamento intermediário de alívio de tensões provenientes da usinagem evitando-se assim os prejuízos decorrentes das deformações provocadas por essas tensões.

A parte experimental consistiu em submeter 4 corpos de prova constituídos do mesmo material, o aço inoxidável martensítico AISI 420, e com dimensões idênticas, a variações de processo de execução do tratamento térmico na tentativa de demonstrar os diferentes resultados finais obtidos em cada situação. Em todos os corpos de prova foi produzida uma cavidade, através da remoção de cerca de 16% do volume inicial da peça.

O aço inoxidável VP420-IM da Villares Metals foi escolhido para esse trabalho por se tratar de um aço desenvolvido pela indústria metalúrgica especialmente para a fabricação de moldes para injeção de polímeros de engenharia como, por exemplo, a poliamida, devido às suas características de permitir a execução de uma superfície muito bem polida no estado temperado e revenido, excelente resistência à corrosão, além de atingir uma boa dureza (na ordem de 48-54 HRc).

## 2. O AÇO INOXIDÁVEL: TRATAMENTO TÉRMICO E USINAGEM

O aço inoxidável martensítico tipo AISI 420 é amplamente utilizado em aplicações de cutelaria, componentes mecânicos que combinem elevada resistência mecânica e resistência à corrosão e em particular, foi desenvolvido especificamente para o setor de moldes para injeção de polímeros. É fornecido no estado recozido, com dureza máxima de 200 HBN, a partir do qual, são confeccionados os mais diferentes tipos de componentes (Villares, 1998). Após a usinagem inicial (desbaste) dos componentes, devem ser realizados os tratamentos térmicos de têmpera e revenimento para se alcançar uma dureza conveniente e um valor específico de resistência mecânica para cada aplicação seguidos da usinagem final. No estado recozido, este aço normalmente

apresenta estrutura com carbetos esferoidizados, conforme a Fig. (1). As principais características do Aço VP-420 ISOMAX são: excelente resistência à corrosão, excelente acabamento, boa resistência ao desgaste, boa estabilidade dimensional no tratamento térmico de beneficiamento, boa usinabilidade e boa reprodutibilidade.

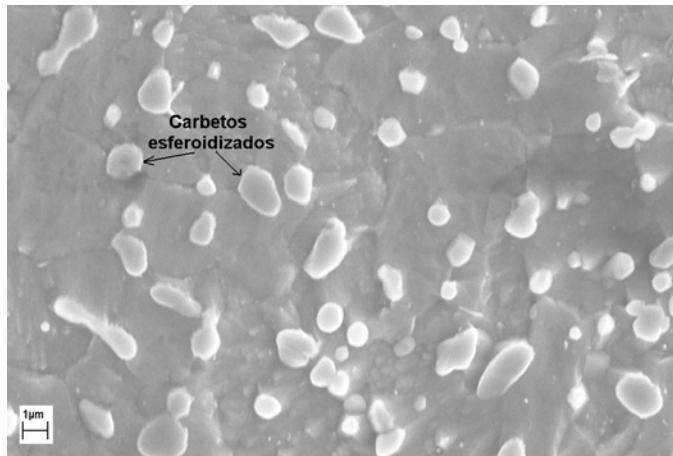


Figura 1 - Micrografia de uma amostra do aço VP 420 IM (Soares, 2003)

O tratamento térmico aplicado tem como principal função conferir propriedades mecânicas elevadas ao aço. Entretanto, por atuar diretamente na microestrutura do aço, o tratamento térmico tem, sempre, como efeito colateral indesejável, a deformação. Yoshida (1998) afirmou que esta deformação é inevitável, e, na maior parte dos casos, imprevisível, razão pela qual, é absolutamente imprescindível que seja deixado sobremetal. Porém, muitos fabricantes deixam de citar que outra causa das deformações que ocorrem num material durante a têmpera, está relacionada com as tensões internas provenientes da usinagem. A ausência de um tratamento térmico intermediário de alívio de tensões logo após a usinagem de desbaste pode provocar danos irreparáveis num produto que tenha sido produzido, utilizando-se esse material.

Segundo Mei e Silva (1988) a introdução de elementos de liga ao sistema binário Fe-C causa modificações nas características de transformações de fase como, por exemplo: expansão/contração do campo de estabilidade da austenita e da ferrita, aumento/diminuição da temperatura  $M_S/M_F$ , deslocamento das curvas de transformação sob resfriamento contínuo, formação de novas fases/intermetálicos, etc. Quando se adiciona cromo ao sistema Fe-C ocorre a diminuição da extensão do campo monofásico de estabilidade da austenita e a formação de carbetos complexos de elementos de liga. Mei e Silva (1988) ainda apresentam uma seqüência típica de processamento para aços inoxidáveis martensíticos, conforme o fluxograma da Fig. (2). O tratamento térmico é a mais crítica operação na manufatura de componentes de aço para moldes. Podem ocorrer deformações entre a usinagem inicial e o tratamento térmico de têmpera.

De acordo com Chandrasekaran e Johansson (1994), a aplicação potencial dos aços inoxidáveis tem crescido de forma acentuada nos últimos anos, principalmente em função da grande demanda por materiais que dispensam manutenção e que favorecem o meio ambiente. Dentro deste contexto de crescimento de mercado está o fato de que mais de 50% dos produtos fabricados em aço inoxidável são submetidos a algum tipo de operação importante de usinagem antes de atingir a forma final (Capuccio et al., 1996). Em alguns casos, como no de peças forjadas, esta usinagem não é tão significativa. Mas quando se trata de peças obtidas por multiusinagem, este fator passa a ter extrema importância no custo final.

Apesar da grande diversidade das ligas, segundo Trent (1989), pode-se afirmar que os aços inoxidáveis apresentam baixa usinabilidade, com forte tendência à aderência nas superfícies da ferramenta durante o corte. Em alguns casos, podem provocar danos na ferramenta, com a quebra do cavaco aderido. Esta característica de baixa usinabilidade é ocasionada pela composição necessária para que apresentem propriedades de elevada resistência mecânica e à corrosão, especialmente para os austeníticos.

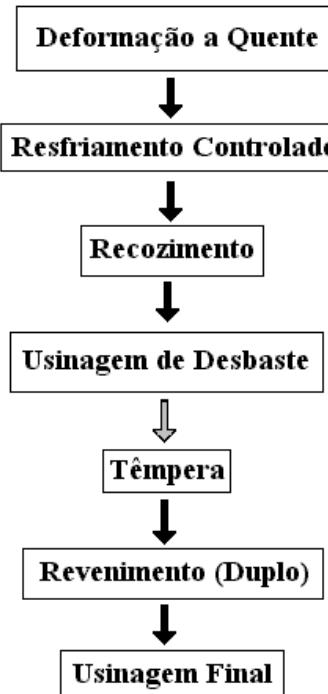


Figura 2 – Fluxograma típico de processamento para aços inoxidáveis martensíticos

A presença de elementos como cromo, níquel e molibdênio causa altas deformações plásticas, promovendo elevadas forças de corte e de avanço (Belejchak, 1997). Grandes zonas de cisalhamento e elevadas temperaturas são também resultantes de altas taxas de encruamento, que podem causar o endurecimento superficial da peça e um acabamento pobre (Carpenter, 1987). Estes fatores, por sua vez, acabam por acelerar os processos de desgaste da ferramenta, favorecidos pelas altas forças e temperaturas geradas, além da alta potência requerida no corte de tais materiais - o que acarreta elevados custos de usinagem.

Östlund (1994), ressalta que a despeito de os aços inoxidáveis serem geralmente considerados materiais de difícil usinagem, existe uma variação muito grande de teor e elementos de liga, assim como microestruturas e propriedades mecânicas bastante diversificadas. Isto significa dizer que os graus de usinabilidade entre os diversos tipos de aços inoxidáveis abrangem uma larga faixa, o que sugere a necessidade de testes de materiais específicos com o intuito de se estabelecer as possibilidades de cada um referentes a usinagem.

Alguns autores relacionam os diversos aspectos negativos dos aços inoxidáveis quanto à sua usinabilidade. Kou-Liang (1984) refere-se à alta deformabilidade, elevado módulo de ruptura, baixa condutividade térmica e forte tendência ao encruamento como sendo os principais fatores determinantes da sua baixa usinabilidade. Bhattacharya et al. (1988) destacam a perda de tenacidade e a inadequação de certas ferramentas para a usinagem destes materiais, especialmente em operações de corte interrompido – como no caso do fresamento, onde são observados choques térmicos e mecânicos. Tratamentos térmicos empregados em grande parte dos aços inoxidáveis, como a têmpera em água, geram tensões superficiais que contribuem ainda mais para a pobre usinabilidade (Tiberg, 1992). A baixa condutibilidade térmica dos aços inoxidáveis é outro fator prejudicial à usinagem. Nestas condições, o calor gerado durante os processos de deformação concentra-se nas regiões de cisalhamento, elevando muito as temperaturas de corte. Normalmente os aços inoxidáveis austeníticos apresentam um coeficiente de dilatação térmica que é um terço do coeficiente do aço carbono e é a metade do aço inoxidável ferrítico (Martin et al., 2003).

### 3. OS TESTES

Este estudo compreendeu a realização de tratamento térmico em quatro corpos de prova nos quais foi simulada a presença de uma cavidade, com remoção de material nos níveis de um molde

tradicional. Foram realizadas variações na execução do tratamento térmico de alívio de tensões para três corpos de prova, um deles não sofreu alívio de tensões.

Após o tratamento de alívio de tensões, foi feita a finalização da usinagem da cavidade e em seguida, todas as peças foram submetidas ao tratamento de têmpera, sob os mesmos parâmetros, também conforme recomendação do fabricante. Como foi possível observar, a diferença está somente no tratamento de alívio de tensões, que seria um tratamento térmico intermediário.

O fabricante do material utilizado no estudo recomenda realizar um tratamento térmico de alívio de tensões para reduzir as tensões internas do material provenientes da usinagem, porém não especifica se existe a necessidade de se deixar sobremetal para acabamento.

Para a confecção dos corpos de prova foi utilizado aço inoxidável VP420-IM da Villares Metals. Trata-se de uma versão do aço inoxidável martensítico AISI 420, modificado. Este aço foi escolhido para este experimento devido à sua larga utilização na confecção de cavidades para moldes de injeção para termoplásticos.

As dimensões finais dos corpos de prova estão especificadas na Fig. (3). O corpo de prova 1 foi usinado nas dimensões finais já os corpos de prova 2, 3 e 4 foram usinados deixando-se 2 mm de sobremetal para um posterior acabamento. Após o tratamento de alívio de tensões e as devidas verificações, os corpos de prova 2, 3 e 4 foram enviados novamente para usinagem, porém agora nas dimensões finais, conforme a Fig. (3).

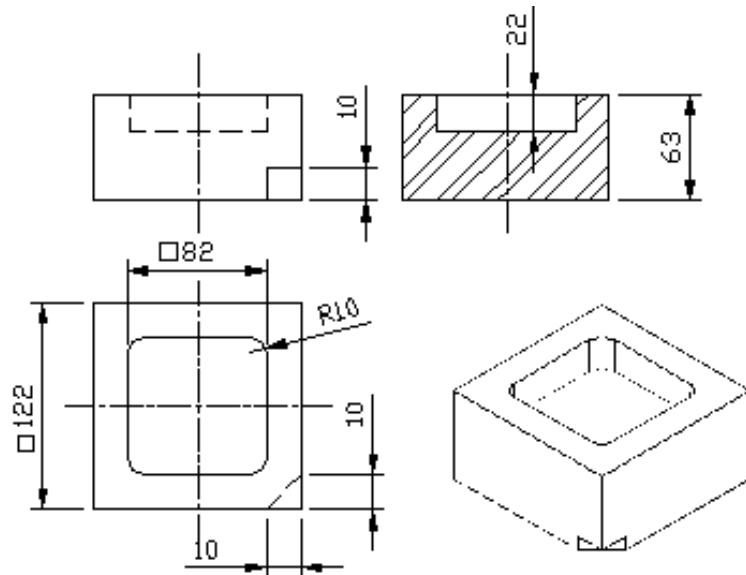


Figura 3 – Dimensões dos corpos de prova

O fabricante do Aço VP420-IM recomenda ao se submeter esse material a um processo de usinagem com grande remoção de material, que seja feito um tratamento de alívio de tensões para aliviar as tensões provenientes da usinagem e, em seguida, que seja feito o tratamento final de têmpera e depois o revenimento. O tratamento de alívio de tensões, segundo recomendações do fabricante, deve ser feito aquecendo-se lenta e uniformemente ( $100\text{ }^{\circ}\text{C/hora}$ ) até  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ , manter 0,5 hora para cada 25mm da maior seção da peça e, no mínimo, 2 horas. Resfriar no forno até  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $30\text{ }^{\circ}\text{C/hora}$ ), após resfriar ao ar calmo.

Após a realização da usinagem em desbaste dos corpos de prova, na qual um pequeno sobremetal foi deixado para a operação de acabamento em três deles, os quais foram submetidos ao tratamento de alívio de tensões, e posterior têmpera, conforme o fluxograma abaixo, Fig. (4).

Assim sendo, em três corpos de prova foi utilizado um tratamento térmico de alívio de tensões utilizando temperaturas diferentes, após a usinagem de desbaste, para somente depois sofrerem usinagem final e tratamento térmico final de endurecimento (têmpera). No primeiro corpo de prova será efetuada a usinagem final sem a utilização de tratamento térmico de alívio de tensões e finalmente também será aplicado o tratamento térmico de endurecimento (têmpera).

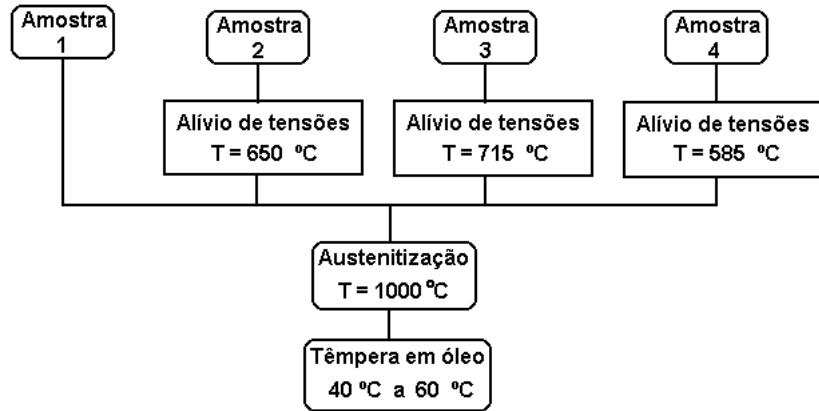


Figura 4 – Fluxograma das operações de tratamento térmico

O procedimento de aquecimento utilizado para o tratamento de alívio de tensões foi o seguinte: aquecimento lento e uniforme até a temperatura escolhida ( $100\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ), mantendo a esta temperatura por, no mínimo, 2 horas; em seguida resfriamento até  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  no forno ( $30\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ) e finalizando, resfriamento em ar calmo. Em seguida todos os corpos de prova foram submetidos ao tratamento de têmpera, obedecendo-se à recomendação do fabricante, ou seja: aquecimento lento e uniforme até a temperatura de  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $100\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ) e, em seguida, no máximo a  $300\text{ }^{\circ}\text{C/h}$  até a temperatura de têmpera ( $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e mantendo-se nesta temperatura até a completa homogeneização. Na seqüência resfriamento em óleo próprio para têmpera agitado e aquecido a  $40/60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Para a execução do tratamento térmico foi utilizado um óleo mineral parafínico, antioxidante, acelerador do tempo de resfriamento próprio para têmpera marca GW tipo TEMP 150.

Para efeito de análise das deformações ocorridas após o tratamento térmico de têmpera, foi analisado somente o perfil inferior dos corpos de prova diagonalmente, pois este é o perfil onde as deformações tendem a ser mais significativas, Fig. (5). Isso foi realizado com o auxílio do medidor de topografia, fabricado pela Hommelwerke GmbH tipo Hommel Tester 8000, e utilizado nas dependências de uma indústria de componentes automotivos. As medidas de topografia foram realizadas através da diagonal principal da superfície inferior do corpo de prova, as medidas foram feitas em relação a uma referência, adotada em uma das extremidades do corpo de prova 1, os valores indicados são então relativos à este ponto de referência.

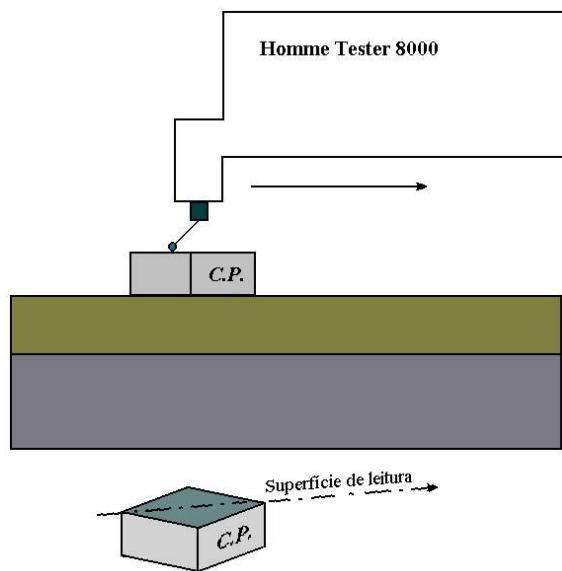


Figura 5 – Representação esquemática da medição da variação do perfil

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a utilização do medidor de topografia nos corpos de prova, foi possível através do próprio equipamento traçar gráficos a partir dos valores encontrados indicando a variação destes e que podem ser observados nas Figs. (6), (7), (8) e (9). Para facilitar a visualização na Fig. (10) as quatro curvas foram sobrepostas.

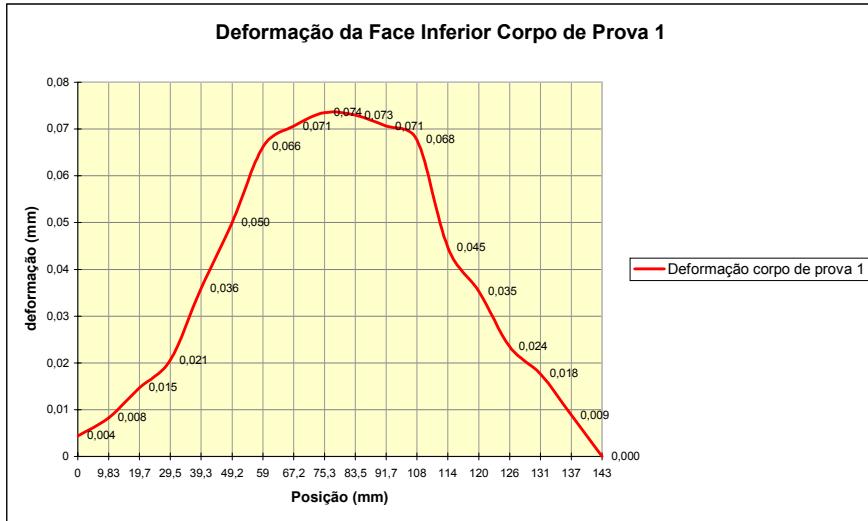


Figura 6 – Deformação da face inferior do corpo de prova 1 após o tratamento térmico de têmpera

Através dos testes foi possível observar que o corpo de prova 1, que não sofreu tratamento intermediário de alívio de tensões, foi o que apresentou o pior resultado, ou seja, a maior deformação pós-têmpera. Pois, quando este corpo de prova foi submetido às altas temperaturas de austenitização, as tensões internas resultantes tanto da usinagem quanto das mudanças microestruturais provocaram deformações que, por exemplo, na construção de uma cavidade de um molde plástico (uma das principais aplicações desse material), poderiam causar a perda da mesma.

Já o corpo de prova 2, que sofreu o tratamento de alívio de tensões segundo as especificações do fabricante do material, com o objetivo de minimizar o efeito das tensões resultantes da usinagem, foi o que apresentou o melhor resultado, ou seja, a menor deformação pós-têmpera.

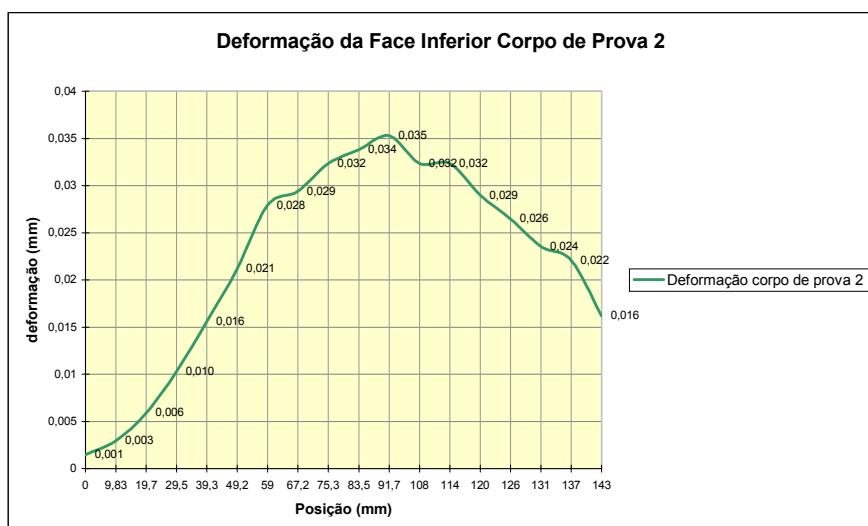


Figura 7 – Deformação da face inferior do corpo de prova 2 após o tratamento térmico de têmpera

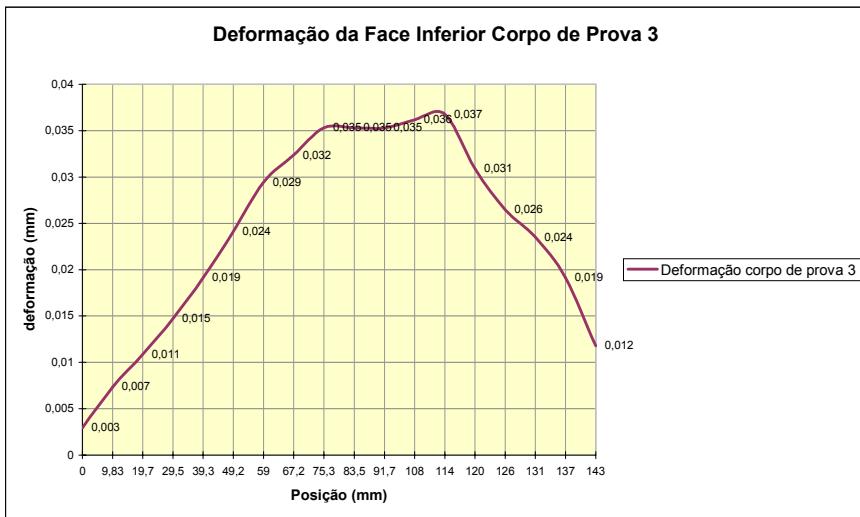


Figura 8 – Deformação da face inferior do corpo de prova 3 após o tratamento térmico de têmpera

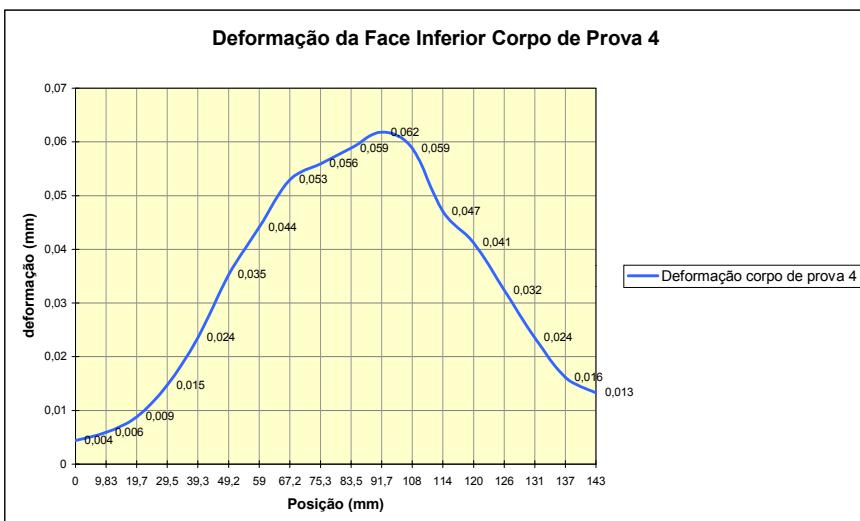


Figura 9 – Deformação da face inferior do corpo de prova 4 após o tratamento térmico de têmpera

E, finalmente, notou-se que o corpo de prova 4 apresentou uma deformação maior do que o corpo de prova 3, devido ao fato de aquele sofreu alívio de tensões utilizando-se uma temperatura abaixo da temperatura especificada pelo fabricante e, sendo assim, o seu tratamento não foi realizada por completo antes da têmpera. Já no corpo de prova 3, as deformações apresentadas foram muito próximas do corpo de prova 2, levando a crer que o aumento de temperatura no tratamento de alívio de tensões não prejudicou o comportamento do material, propiciando uma redução de tensões significativa.

Embora medidas de topografia não tenham sido realizadas após a usinagem e antes do tratamento térmico, é possível inferir que as distorções apresentadas pelos corpos de prova não devam ser resultado do processo de usinagem em si, pois as mesmas apresentaram uma nítida tendência de crescer das extremidades para o centro, fato esse de difícil repetibilidade em usinagem mais precisamente em fresamento, parece mais viável que as deformações sejam oriundas das transformações operadas pelo tratamento térmico.

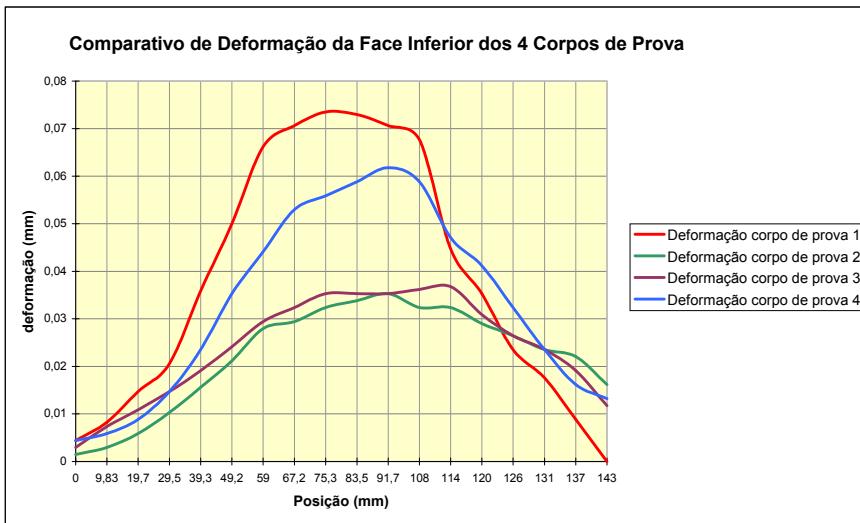


Figura 10 – Comparativo da deformação da face inferior dos 4 corpos de prova pós-têmpera.

## 5. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi demonstrar os transtornos que podem ocorrer às dimensões da cavidade de um molde produzido, utilizando-se o material Aço Inoxidável Série 420, se ele não for preparado adequadamente para o tratamento térmico final de endurecimento. Dessa maneira, pretende-se também sugerir uma nova aplicação do tratamento térmico de alívio de tensões, que geralmente é utilizado para o alívio das tensões provenientes de outros processos de conformação (laminação, fundição, forjamento, etc.), utilizando-se também este tratamento como um tratamento intermediário de alívio de tensões ocasionadas pela usinagem de desbaste, visando diminuição do tempo de usinagem, sem perda das qualidades do material.

Como foi possível observar nesse experimento, a ausência de um tratamento térmico intermediário de alívio de tensões, logo após a usinagem de desbaste, pode provocar danos irreparáveis num produto que tenha sido produzido, utilizando-se esse material, obtendo como resultado o que ocorreu com o corpo de prova 1.

Porém, é interessante notar que, apesar dos bons resultados obtidos no corpo de prova 2 em relação aos demais corpos de prova, devido à aplicação correta do tratamento intermediário de alívio de tensões, o mesmo não consta como recomendação do fabricante. O fabricante especifica apenas a maneira correta de se executar a alívio de tensões, porém não especificar com detalhes quando o mesmo deve ser aplicado.

Outro fator importante que não é recomendado de forma explícita por parte dos fabricantes em geral é a necessidade de se deixar uma quantidade de sobremetal adequada para ser removida após o alívio de tensões, para se submeter então a peça ao tratamento de têmpera. Existe ainda um outro grupo de fabricantes que afirma ser impossível de se evitar essa deformação. Porém pelos resultados obtidos neste trabalho, foi possível demonstrar que, pelo menos é possível minimizar estas deformações, que passam a apresentar um valor compatível à aplicação de quaisquer outros processos tais como o polimento ou eletroerosão.

## 6 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as empresas: Villares Metals, GW lubrificantes e Metalúrgica SAP S.A.

## 7 - REFERÊNCIAS

Belejchak, P. Machining stainless steel. *Advanced Materials & Processes*, n. 12, p. 23-25, 1997.

- Bhattacharya, S.K.; Machado, A.R.; Ezugwu, E.O.; Pashby, I.R. *Milling Low alloy and martensitic stainless steels with cemented carbide insert face mills*, 8º CBECIMAT, dez. 12/15, Campinas (SP), 1988.
- Capuccio, G.; Ferrante, A.; Bas, J. *Aços inoxidáveis austeníticos com óxidos controlados - uma tecnologia Corfac*. 5º Seminário Brasileiro do Aço Inoxidável - INOX 96, p 223-238, nov., São Paulo, 1996.
- Carpenter Technology Corporation. *Machining and abrasive wheel grinding of Carpenter Stainless Steels*. Carpenter Stainless Steels, Selection, Alloy, Data, Fabrication, p. 240-241, 1987.
- Chandrasekaran, H.; Johansson, J.O. *Chip flow and notch wear mechanisms during the machining of high austenitic stainless steels*. Annals of the CIRP, vol. 43, p. 101-105, 1994.
- Kuo-Liang, W. *Investigations on the machinability of sulphur free-cutting stainless steels*. 5<sup>th</sup> International Conference on Production Engineering, Tokyo, p. 131-136, 1984.
- Martin, G.; Qcquidand, G. Valima. *Stainless steel hollow bars with improved machinability*. Applications of Stainless Steel'92 jun. 9/11, Stockholm, vol. 1, p 176-186, 1992.
- Mei, P. R., Silva, A.L.C. *Aços e ligas especiais*, Eletrometal, 2<sup>a</sup> edição, Sumaré/SP. 1988.
- Östlund, S. *Stainless steel turning*. Stainless Steel Europe, mar., p.46-51, 1994.
- Soares, Fernando Antônio. *Estudo do efeito do tratamento térmico para o alívio de tensões provenientes da usinagem*. Taubaté: Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté – UNITAU, 2003, 61p. Dissertação (mestrado).
- Tiberg, J. *Residual stresses and machinability in stainless*. Applications of Stainless Steel'92 jun. 9/11, Stockholm, vol. 1, p 166-175, 1992.
- Trent, E.M. Metal Cutting, 3th ed., Butterworths, London, 1989.
- Villares metals S.A. *Catálogo do aço inoxidável para moldes VP 420-IM*. 2<sup>a</sup> edição, mar/1998.
- Yoshida, S., *Seleção de aços, tratamento Térmicos e engenharia de superfícies para moldes de injeção de plástico*, curso do Programa Educacional Brasimet, Set/1998.

## **A CONTRIBUITION FOR HEAT TREATMENT OF AISI 420 WHEN MACHINED FOR MOLD UTILIZATION**

**Abstract.** This work consists in a case study to show the corrects procedures for thermal treatments for general steels, comparing the results using a correct procedure to stress relieve and an incorrect procedures. For this experiment were made four samples using the comercial martensitic stainless steel, that is normally used to construct cavities for plastic injection molds. The geometry used for samples is defined trying to simulate a cavity of a plastic injection mold. Between the four samples, one was produced with final dimensions and submitted to the quench treatment. Other three samples were produced with an intermediates dimensions and submitted to a stress relieve treatment and only after this treatment, the samples were finished and submitted to a quench treatment. Comparing the results is possible to analyze that the sample submitted to the corrects procedures to execute the stress relieve thermal treatments presented the small deformation after the quench treatment and in the sample that weren't realized the normalization intermediate treatment presented the biggest deformation and the other two samples presented intermediate deformations. The conclusion is that necessary to use the intermediate normalization treatment for stress relieve from works with tool machine to avoid damages in the cavities of plastic injection molds.

Keywords: stainless steel, heat treatment, machining.