



## Taxa de Deformação, uma Questão de Precisão

A utilização da simulação computacional pode ser um recurso de grande auxílio no desenvolvimento e aprimoramento de um processo de fabricação. Como frisado anteriormente nesta coluna, a possibilidade de se simular alterações de projeto garante uma redução na quantidade de “tryouts” necessários e, dessa forma, a etapa de otimização da produção pode ser realizada de forma mais rápida e menos custosa.

No processo de forjamento, alguns parâmetros podem ter grande influência no custo final de fabricação. Um exemplo é a quantidade de golpes do martelo para formar o produto desejado. A variação desse parâmetro implica diretamente na quantidade de energia gasta pelo martelo para a conformação do produto. Quanto maior o número de golpes, mais energia e tempo de processo serão necessários e, consequentemente, maior o custo dessa etapa de produção. Encontrar um número ótimo de golpes, juntamente com a energia de cada golpe, é essencial na busca da redução de gastos no processo. Diversos fatores influenciam na resistência do material a ser conformado. Um exemplo é a temperatura de conformação, assunto o qual foi tratado na última edição desta coluna. Foi mostrado que para maiores temperaturas os valores de tensão do material na curva de escoamento diminuem, isso implica na necessidade de uma menor força para se conformar mecanicamente o material.

Além da temperatura, pode-se citar a influência da taxa de deformação no comportamento do material. Com o auxílio do software JMatPro, pode-se verificar na Fig. 1 a curva de escoamento de um determinado material para duas diferentes taxas de deformação sob duas temperaturas diferentes,

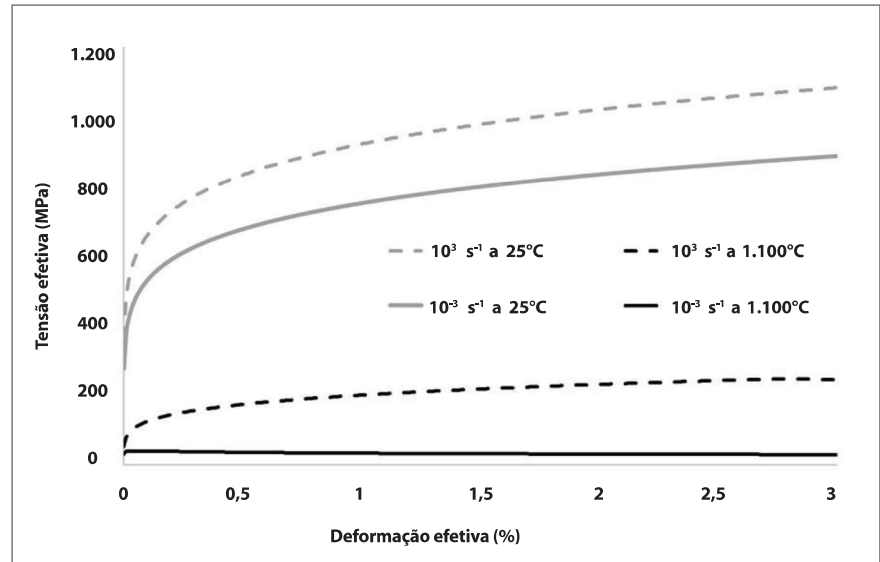


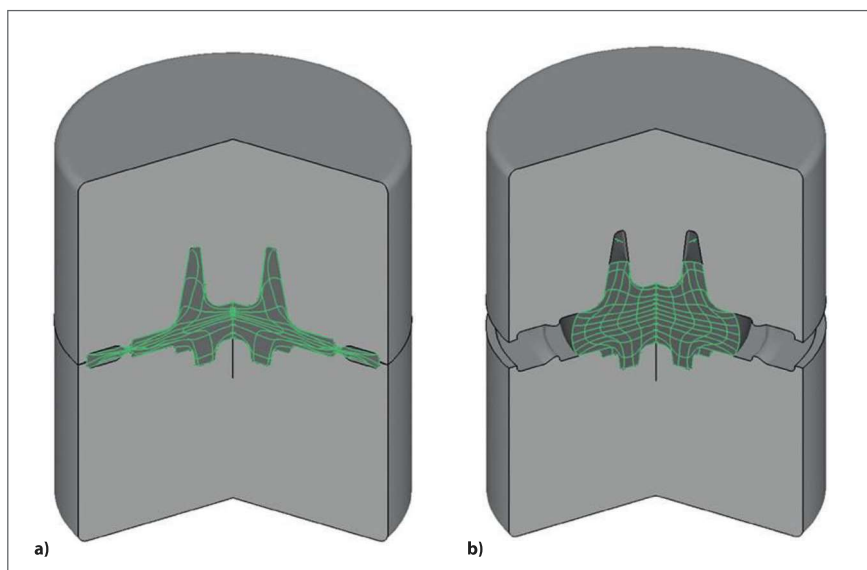
Fig. 1. Curva de escoamento em diferentes taxas de deformação a diferentes temperaturas para o aço SAE 3310, calculado via JMatPro®

1.100 °C e 25 °C. É possível visualizar que a taxa de deformação tem influência direta no escoamento de um dado material, em geral, para maiores taxas de deformação o material apresenta uma maior resistência. Também é evidenciado que a taxa de deformação possui diferentes magnitudes nas propriedades do material conforme a temperatura utilizada, sendo sua influência maior em temperaturas mais elevadas.

Diante das informações apresentadas, compreende-se a importância de se levar em consideração a influência da temperatura e da taxa de deformação no comportamento dos materiais durante um processo de fabricação. Para que as informações e resultados obtidos através da simulação computacional sejam realmente válidas e confiáveis, uma etapa de suma importância no processo é a da escolha do material fornecido ao software para realização da simulação. Para um resultado final próximo da realidade, os dados de entrada do material no software necessitam estar condizentes com o seu comportamento

experimental. A utilização do JMatPro® pode ser considerada de grande auxílio no que se refere a esse problema. No que tange ao assunto desta edição da coluna, “influência da taxa de deformação”, fornecendo dados do material desejado ao JMatPro®, como a composição química e o limite de escoamento do material à temperatura ambiente, é possível se obter sua curva de escoamento para diferentes temperaturas e taxas de deformação e, assim, realizar análises mais precisas do processo ou até mesmo alimentar de maneira adequada um software de simulação com base no Método dos Elementos Finitos.

Para exemplificar a importância de se levar em conta os efeitos da taxa de deformação no comportamento de um material, foram realizadas duas simulações computacionais de um processo de forjamento considerando duas condições distintas de fornecimento das curvas de escoamento. Na primeira simulação, foi utilizada uma curva de escoamento do material submetido a uma única taxa de



**Fig. 2. Resultados das simulações realizadas após três golpes de forjamento: a) sem levar em conta o efeito da taxa de deformação e b) levando em conta a taxa de deformação**

deformação de  $0,001 \text{ s}^{-1}$ , um valor típico para ensaios de tração e de compressão. Já na segunda simulação, foram fornecidas ao software diferentes curvas de escoamento do material referentes a diferentes taxas de deformação. Nesse caso, a simulação levou em consideração que o comportamento do material varia de acordo com esse parâmetro. Assim, o software analisou cada elemento e a sua respectiva taxa de deformação atuante sobre ele durante o processo e determinando o seu comportamento referente dentre as diferentes curvas

de escoamento fornecidas.

Como mostrado na Fig. 2 a), desconsiderando-se a variação na taxa de deformação a peça já havia se formado após apenas três golpes de forjamento. Na prática, esta peça se forma com seis golpes de forjamento. Portanto, ao se comparar os resultados, constata-se que o primeiro resultado é mentiroso, pois não representa o que ocorreria no processo real. Já o segundo resultado (Fig. 2 b)) foi satisfatório, pois previu a necessidade de se utilizar mais golpes de forjamento para a fabricação do

“Diversos fatores influenciam na resistência do material a ser conformado. Um exemplo é a temperatura de conformação, e também a influência da taxa de deformação no comportamento do material.”

produto em razão das altas taxas de deformações no processo, tendo sido observadas taxas de deformação da ordem de  $1.000 \text{ s}^{-1}$ . Dando sequência na simulação demonstrada na Fig. 1 b), obteve-se a peça final após seis golpes de forjamento, concordando com o processo real.

Concluindo, é possível prever um processo de forjamento de maneira confiável ao se utilizar corretamente o comportamento do material. 🎯

Victor de Lima é colaborador da SIXPRO Virtual&Practical Process, empresa especializada em simulação computacional. Técnico em Mecânica Industrial pelo CEFET-MG e estudante de engenharia Mecânica pela UFMG. Ele pode ser contatado em: [victor.lima@sixpro.pro](mailto:victor.lima@sixpro.pro).

## VI Seminário de Tecnologia do Forjamento

03 e 04 de Dezembro  
Centro Universitário FEI  
São Bernardo do Campo (SP)  
[contato@grupoaprenda.com.br](mailto:contato@grupoaprenda.com.br)  
(19) 3288-0437



Realização:

