

Simulações Integradas do Processo

Raissa A. Aguiar¹

As etapas de transformação da matéria prima até o produto formam uma longa e, na maioria dos casos, complexa cadeia produtiva. Os diversos procedimentos pelos quais o material é submetido até que o mesmo chegue ao seu cliente final demandam um controle rigoroso de qualidade e processo, já que eventuais erros comprometem a cadeia inteira e o prejuízo pode ser considerável.

Nesse contexto, o uso de ferramentas computacionais tem ganhado espaço dentro do processo produtivo. Etapas até então consideradas críticas e com influência nos processos subsequentes puderam, através da associação de simulações, ter o seu comportamento previsto e o seu impacto nas etapas posteriores mensurada e, não raramente, atenuada.

A exemplo dessa associação de simulações, pode-se citar a aplicação da ferramenta computacional no processo de forjamento seguido de têmpera. No que diz respeito ao forjamento, através da simulação, é possível traçar a distribuição de temperatura ao longo da peça durante a conformação, além de ser possível prever defeitos que são comuns ao processo, como por exemplo o dobramento ou a falta de preenchimento, gerados durante o escoamento plástico do material. No caso do tratamento térmico, etapa posterior ao forjamento, é possível obter resultados de caráter metalúrgico e mecânico, como microestruturas, tensões e distorções, permitindo avaliar de maneira simples opções de otimização do processo.

Apresenta-se nas Figs. 1, 2 e 3 alguns resultados das simulações de forjamento e de têmpera em uma flange de aço AISI 1045 (obtido via JMatPro). A Fig. 1 apresenta o resultado da distribuição de temperatura na peça logo após a conformação a 1100 °C. É possível observar que ao final do processo a região que esteve em contato com a matriz inferior teve uma menor temperatura, proveniente da transferência de calor da peça com a ferramenta. Também é possível observar que nas regiões onde ocorreram maior deformação houve um aumento de temperatura, sendo claro o gradiente térmico existente na peça após a conformação. Através do resultado descrito, pode-se dizer que a peça sai do forjamento a uma alta temperatura sendo possível estudar um posterior e imediato tratamento térmico. Essa sequência de processos seria uma alternativa

¹ Colaboradora da SIXPRO Virtual&Practical Process, empresa especializada em simulação computacional e graduanda em Engenharia Mecânica pela UFMG.
contato@sixpro.pro

durante a fabricação quando a geometria forjada é muito próxima da geometria final ou mesmo quando não há uma usinagem de acabamento pós-conformação.

Antes de ser submetida à têmpera, logo após ser forjada e rebarbada, considerou-se que a flange foi resfriada ao ar até a temperatura ambiente. Na Fig. 2. é apresentado um resultado de microestrutura (fração volumétrica de

martensita) presente na flange após a simulação do tratamento térmico de têmpera em água. Observa-se que as regiões externas, aquelas que tiveram contato direto com o meio, resfriaram mais rapidamente formando martensita, enquanto o núcleo teve menor quantidade do constituinte.

Por último, apresenta-se na Fig.3 a distribuição da dureza na flange após a têmpera. É possível observar, em conjunto com o resultado de microestrutura, que a região de maior dureza foi aquela com maior percentual de martensita, enquanto as regiões no interior da flange tiveram o seu valor de dureza decrescido de forma gradual em acordo com a quantidade volumétrica de martensita presente naquela região. Logo, foi possível avaliar se o tratamento térmico proposto alcançou o seu objetivo e se há possibilidades de otimização do processo através da variação de parâmetros, sem prejudicar as propriedades finais da peça.

Diante de tudo isso, o uso de simulações se mostra uma boa prática na otimização e na previsão das possíveis não-conformidades que possam ocorrer durante toda a fabricação. Tendo em vista a capacidade de se prever o comportamento da peça em cada etapa, é possível variar computacionalmente os parâmetros de processo de maneira a auxiliar no encontro de uma configuração que elimine os problemas e defeitos. Dessa forma, há um ganho em cada etapa do processo produtivo, contribuindo em toda a cadeia produtiva.

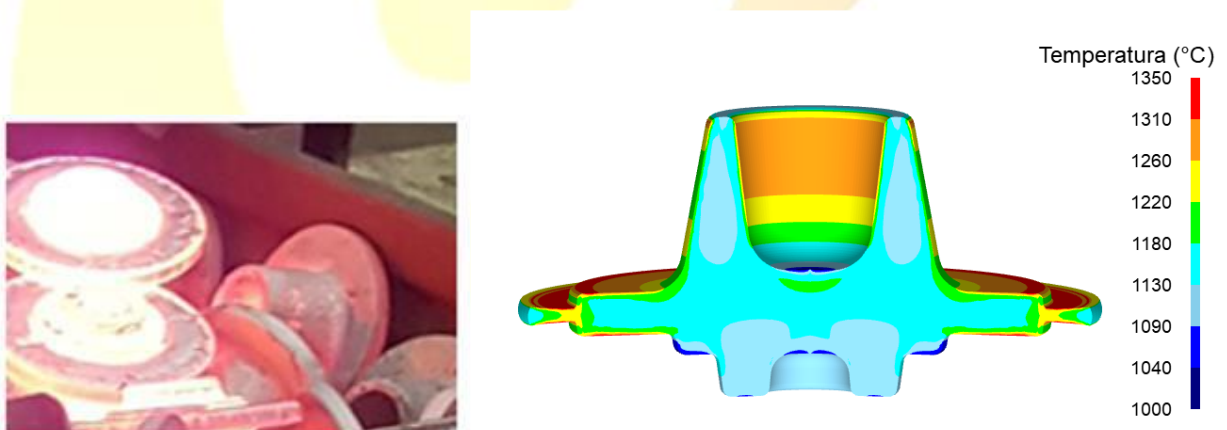


Figura 1 – Visualização da distribuição de temperatura na Flange após o Forjamento: (a) chão de fábrica e (b) simulação com rebarba.

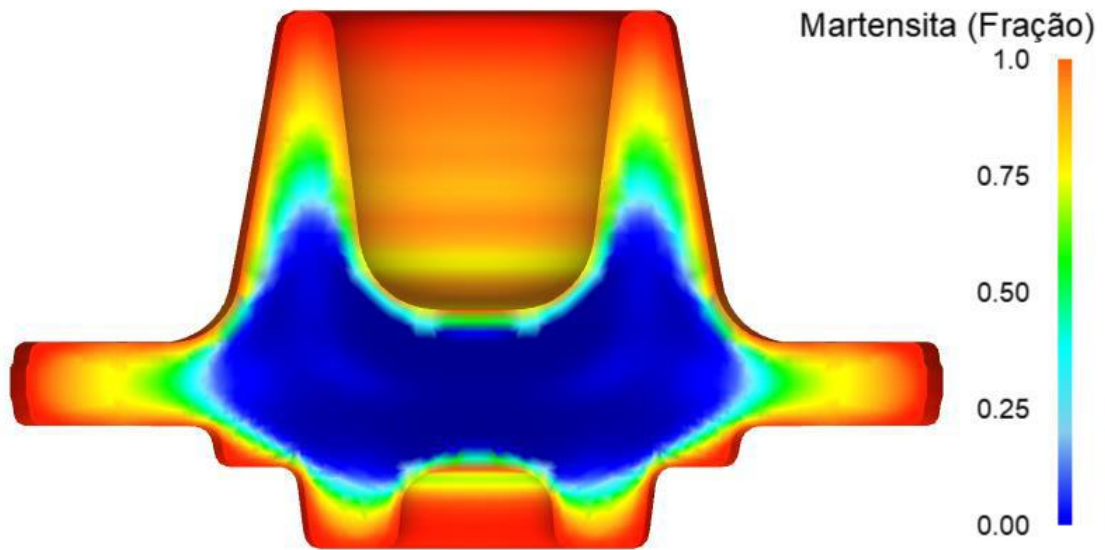


Figura 2 - Martensita formada no tratamento térmico de têmpera

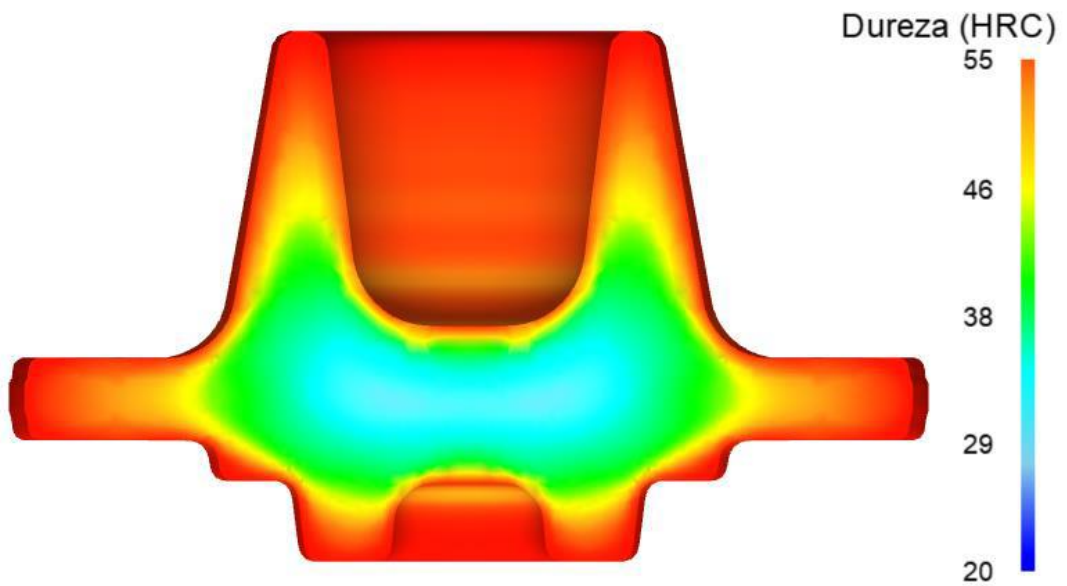


Figura 3 - Distribuição de dureza após tratamento térmico