



Instituto Politécnico, Nova Friburgo
August 30th - September 3rd, 2004

Paper CRE04-MC10

Análise do Processo de Extrusão de Materiais Poliméricos Segundo a Abordagem da Mecânica dos Fluidos

**Diogo José M. Sant'Anna¹, Antonio Henrique M. F. T. da Silva²,
Hélio Pedro A. Souto³ e Marisa C. G. Rocha⁴**

Instituto Politécnico, IPRJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ
CP 97282, 28601-970, Nova Friburgo, RJ, Brasil

¹diogojms@yahoo.com.br, ²ahmfts@click21.com.br, ³helio@iprj.uerj.br, ⁴mrocha@iprj.uerj.br

Os materiais poliméricos são materiais que vêm ganhando cada vez mais espaço dentro da indústria moderna, apresentando propriedades variadas e a versatilidade muitas vezes não encontrada nos materiais de engenharia tradicionais. Um dos principais métodos de produção de produtos poliméricos utilizado atualmente no mercado e em instituições de pesquisa é o processo de extrusão, que consiste na fabricação de um semi-manufaturado contínuo de plástico a partir da fusão e pressurização do polímero ao longo de uma rosca rotativa rumo a um molde com formato pré-definido. Neste contexto, surge a necessidade de compreender com mais profundidade como se dá a distribuição de tensões e velocidades no polímero fundido durante seu processamento, de forma que este último, uma vez compreendido, possa ser otimizado. Neste trabalho, a partir de hipóteses simplificadoras, modelou-se computacionalmente o fenômeno do escoamento de um polímero fundido ao longo do processo de extrusão em uma extrusora de rosca única. A partir das equações de balanço fundamentais utilizadas foi possível obter programas capazes de ilustrar com clareza como se dá a distribuição de velocidades ao longo do tempo e posição para o canal de extrusão. Os programas foram confeccionados utilizando o software Maple.

A pressurização dinâmica viscosa é o processo que torna possível a indução de um gradiente de pressão no polímero fundido, garantindo o fluxo desejado ao longo dos canais da rosca da extrusora. Este processo de pressurização consiste em uma superfície externa movendo-se paralelamente a si mesma, conduzindo a um fluxo de arraste induzido e à pressurização. A configuração geométrica mais simples possível capaz de representar de forma satisfatória as considerações teóricas envolvidas neste processo de pressurização consiste em duas placas paralelas em movimento relativo. O polímero fundido preenche o espaço (*gap*) entre as placas, que estão separadas de uma distância significativamente reduzida (altura do *gap*). Como a placa superior é mantida em movimento a uma velocidade constante, ela arrasta (*drags*) a camada de fluido adjacente à sua superfície. Esta camada, por sua vez, arrasta a próxima camada de fluido, localizada diretamente abaixo, dando continuidade ao processo de transferência de quantidade de movimento no fluido. Após um certo período de tempo, um perfil de velocidade estável é estabelecido na região entre as placas. Para que esta análise pudesse ser realizada, entretanto, algumas considerações a respeito da geometria utilizada tiveram que ser adotadas:

- As placas são tomadas como infinitas na direção perpendicular coplanar ao escoamento;
- Não são considerados escorregamentos das camadas de fluido;
- Os efeitos de borda são desprezados. Para tanto, a direção de escoamento é considerada longa o suficiente;

- d) Considera-se um escoamento laminar, isotérmico e completamente desenvolvido na direção do escoamento;
- e) O fluido (polímero fundido) em questão é considerado não-newtoniano e incompressível;
- f) São desprezados os efeitos gravitacionais. Para tanto, a distância entre as placas é considerada suficientemente pequena.

Aplicando as equações da continuidade e do balanço da quantidade de movimento ao sistema simplificado apresentado e partindo de algumas considerações, é possível modelar computacionalmente o fenômeno analisado e obter uma programa capaz de expressar a posição de interesse dentro do gap em função da velocidade do fluido em escoamento. Como dados de entrada, o programa confeccionado recebe os valores de viscosidade do fluido, velocidade da placa móvel, diferença de pressão entre as zonas de alimentação e dosagem da extrusora, a altura do canal de extrusão e seu comprimento total, que pode ser facilmente obtido a partir do comprimento e diâmetro da rosca de extrusão.

O perfil de velocidade e, portanto, o perfil de vazão encontrados consistem na superposição linear de dois termos: o primeiro termo deve-se à movimentação da placa superior, arrastando as camadas de fluido adjacente (fluxo de arraste) e o segundo termo é resultante do gradiente de pressão na direção do escoamento (fluxo de pressão). Os programas confeccionados procuram ainda relacionar o valor da razão entre os fluxos de pressão e arraste e o perfil encontrado para o perfil de velocidade na região entre as placas.

Uma animação gráfica permite verificar a variação do perfil de velocidades ao longo do comprimento das placas ou ao longo do tempo para a região entre as placas.

A partir das equações analisadas, conclui-se que pressão é gerada desde que o fluxo de arraste seja maior que a vazão final. Além disso, pode-se concluir ainda que o gradiente de pressão na direção do escoamento é proporcional à viscosidade. Desta forma, os elevados valores de viscosidade dos polímeros contribuem de forma significativa para o aumento da capacidade de pressurização do sistema. Por fim, é importante ressaltar que a modelagem computacional do fenômeno de escoamento analisado permitiu analisar com maior clareza como se dá a distribuição das propriedades do fluxo de material polimérico fundido ao longo do processo de extrusão, constituindo inclusive material base para análises futuras e material didático para ensino de assuntos abordados pela Mecânica dos Fluidos.

REFERÊNCIAS

- [1] Slattery, J. C., “Advanced Transport Phenomena”, Cambridge University Press, Estados Unidos (1999).
- [2] Tadmor, Z., Costas, G. G., “Principles of Polymer Processing”, Wiley-Interscience Publication, Canadá (1979).