

6

Comentários Finais e Sugestões.

6.1

Comentários Finais.

Uma molécula polimérica real pode ser representada como um sistema micromecânico muito complexo com infinitos graus de liberdade.

Os métodos atuais para introduzir a microestrutura na descrição do comportamento mecânico do material (sólido e líquido) podem ser agrupados em duas grandes categorias: a teoria mesoscópica e a teoria microscópica. As duas abordagens diferem principalmente no nível de detalhe usado para descrever a microestrutura do material.

No presente trabalho usou-se a teoria mesoscópica, como foi explicado no segundo capítulo, já que a mesma descreve o fenômeno físico com menor fidelidade que a teoria microscópica, porém a um menor custo computacional.

Os líquidos microestruturados a serem modelados precisam ser descritos por variáveis que levem em conta a evolução da microestrutura do material e que proporcionem uma estimativa dos valores locais do comportamento das moléculas poliméricas.

A variável microestrutural escolhida foi o tensor conformação, que representa o valor local do estiramento e orientação das moléculas poliméricas.

Dois equações constitutivas diferenciais baseadas no tensor conformação foram escolhidas para modelar o escoamento de líquidos poliméricos em processo de revestimento por rotação direta: O modelo Oldroyd-B e o modelo FENE-P.

A presença da superfície livre e o comportamento viscoelástico do líquido torna a solução do sistema de equações que descreve esta situação extremamente complexa.

O escoamento bidimensional, viscoelástico, em regime permanente, com superfície livre é analisado através da solução das equações de conservação de massa e quantidade de movimento linear acopladas com os dois modelos constitutivos diferenciais.

A presença da instabilidade que torna o escoamento periódico na direção transversal pode ser estimada através de um critério simples de balanço de forças na superfície livre.

O critério proposto aqui é uma modificação na análise apresentada por Graham (2003) [57] e determina os mecanismos pelos quais a elasticidade do líquido desestabiliza o escoamento.

A análise de Graham (2003) [57] despreza o termo relacionado com a variação da curvatura na direção azimutal da superfície livre com a posição da interface, isto é o termo $\frac{1}{Ca r^2} \frac{dr}{dx}$.

No nosso estudo é mostrado que mesmo que este termo seja desprezível em escoamentos com superfícies livres entre placas paralelas, como um escoamento planar de Hele-Shaw, ele é fundamental em escoamentos entre superfícies divergentes, com é o caso do escoamento estudado neste trabalho.

Foi feita uma análise dos mecanismos pelos quais a elasticidade do líquido pode tornar o escoamento instável em relação a perturbações infinitesimais na direção transversal a números de capilaridades muito menores quando comparado ao escoamento de líquidos Newtonianos.

Foram escolhidos três números de capilaridade $Ca = 0, 2, 0, 6$ e 2 baseados na análise de estabilidade linear para escoamentos Newtonianos do processo de revestimento por rotação direta que mostra que o número de Capilaridade crítico, para a razão geométrica $H_o/R = 0,01$, é de aproximadamente $Ca \approx 0,7$ (Coyle, 1990 [29]).

A influência do número de Weissenberg nos campos de tensão normal, nos campos de tensão elástica normal, pressão e na taxa de extensão e cisalhamento baseados no tensor conformação, foi cuidadosamente analisado, levando à conclusão que o mecanismo de desestabilização está diretamente relacionado com a combinação de altas tensões tangenciais e curvatura ao longo da superfície livre côncava.

O presente trabalho também apresentou uma formulação geral de análise de estabilidade linear tridimensional de escoamentos de fluidos viscoelásticos com superfícies livres.

Esta análise é aplicada a três escoamentos simples. Na primeira etapa visando validar os resultados obtidos no presente trabalho com os da literatura escolheu-se, a análise de estabilidade linear numa cavidade quadrada e numa camada de líquido numa piscina, os resultados obtidos foram satisfatórios mostrando boa concordância com os dados achados na literatura.

Na segunda etapa, escolhe-se aplicar esta análise a um escoamento viscoelástico entre placas planas paralelas tipo Couette.

Os resultados como esperado apesar de similares não são iguais aos resul-

tados achados na literatura, mas isso pode ser devido ao fato de que na literatura não considerara a perturbação na direção transversal ao escoamento.

Mesmo assim o fato da formulação tridimensional ter conseguido captar o espectro contínuo localizado em $\sigma_r = -1/We$ é uma indicação que a formulação e sua implementação estão corretas.

6.2

Sugestões para trabalhos futuros.

As propostas futuras em função aos resultados obtidos no presente trabalho nos permitem sugerir a ampliação da pesquisa nos seguintes tópicos:

- Aplicar a análise linear tridimensional de estabilidade de escoamentos viscoelásticos (baseados no tensor conformação) ao processo de revestimento por rotação direta;
- Reproduzir os resultados achados na literatura para o caso de estabilidade de escoamentos viscoelásticos com perturbações unidimensionais (na direção do escoamento);
- E seria muito interessante a visualização ou análise experimental do processo de revestimento por rotação direta com soluções poliméricas para diferentes números de Capilaridade e números de Weissenberg para validar os dados teóricos apresentados no presente trabalho;