

## 6

### Comentários finais e sugestões

#### 6.1

##### Comentários finais

Neste trabalho, o entendimento dos mecanismos físicos envolvidos no processo de revestimento de cilindros fotorreceptores foi estudado e também foi desenvolvido um modelo matemático com uma subsequente simulação numérica.

A análise teórica consistiu na solução das equações obtidas pela teoria de lubrificação, que descreve o escoamento de filmes finos em superfícies livres. O desenvolvimento deste complexo modelo teórico foi feito por etapas.

Na primeira etapa, tratou-se do estudo relacionado ao escoamento de um filme fino alimentado por duas portas de injeção num plano inclinado. O objetivo foi entender como duas tiras de líquido interagem e escoam no plano. Nesta etapa, foi também desenvolvida uma abordagem experimental para, mediante comparação, validar o modelo numérico. A segunda etapa consistiu de uma análise da camada de filme fino sobre superfícies cilíndricas em rotação, onde o objetivo foi estudar como as forças de arraste viscoso do cilindro em rotação, as forças de tensão superficial e gravitacional afetam o perfil da espessura do filme ao longo da direção azimutal e axial. A representação da porta de injeção utilizada na primeira etapa foi estendida na terceira etapa para realizar uma completa análise de um filme fino sobre uma superfície cilíndrica em rotação com uma porta de injeção de líquido em movimento. O objetivo aqui consistiu em ajustar os diferentes parâmetros que governam o processo de revestimento a fim de reduzir os efeitos de interferência por nivelamento. Na quarta e última etapa, o efeito de solidificação do líquido do revestimento foi analisado utilizando um modelo simples para a viscosidade em função do tempo, tendo como objetivo analisar a competição dos efeitos de nivelamento e solidificação, controlando o tempo suficiente para o nivelamento acontecer e evitar o escoamento do líquido na direção da base do cilindro por efeito gravitacional.

A implementação e a solução numérica das equações diferenciais de

natureza parabólica, obtidas em cada etapa, junto com as condições de contorno representaram um grande desafio. O Método de Diferenças Finitas (MDF) foi utilizado para discretizar as equações governantes. A discretização do termo difusivo que preserva positividade proposta por Bertozzi ([26] e [27]) foi utilizada. A abordagem da linha de contato dinâmica foi feita pela aplicação do modelo de filme precursor. A discretização do tempo foi feita pelo método implícito de Crank-Nicholson. O sistema de equações algébricas não lineares, obtido pela discretização a cada passo do tempo, foi resolvido pelo Método de Newton.

Os resultados obtidos na primeira etapa, mostram que o modelo apresentado no capítulo 2, baseado na teoria de lubrificação, e o código implementado neste modelo foram capazes de reproduzir casos específicos que existem na literatura. São também adequados para determinar a propagação de uma gota e a coalescência de gotas escoando sobre uma superfície inclinada. A coalescência de gotas ou de faixas de líquido é uma parte importante do processo de revestimento de cilindros. Assim, este modelo foi ampliado na etapa seguinte, que consistiu no estudo do processo de revestimento de cilindros fotorreceptores.

Na segunda etapa, o modelo e o código implementado também foram capazes de reproduzir casos específicos apresentados na literatura, relacionados ao efeito da rotação do cilindro (teoria de Moffat) e da instabilidade Rayleigh-Taylor, e também conseguem reproduzir o processo de revestimento de um cilindro por injeção contínua de líquido. Neste último, os resultados mostram que uma escolha apropriada dos diferentes parâmetros que governam o processo de revestimento consegue reduzir os efeitos de interferência por nivelamento.

Na última etapa é apresentada uma nova formulação do modelo teórico da equação de filme fino, considerando o efeito de solidificação, que não está disponível na literatura. Os resultados apresentados com este modelo mostram que o nivelamento é controlado pela solidificação.

## 6.2

### Sugestões para trabalhos futuros

Pontos que faltaram explorar e que certamente ajudariam a controlar os efeitos de interferência entre as tiras de líquido do processo de revestimento de cilindros fotorreceptores são:

- Realizar testes com um número maior de grupo de parâmetros que simulem o processo de revestimento dos cilindros fotorreceptores, para assim obter uma janela de operação de processos.
- Os resultados obtidos poderiam ser utilizados na otimização do processo seguindo o critério mais apropriado.

- Obter uma solução que utiliza a equação de transferência de massa para descrever o processo de secagem.