

ESTUDO DA DEPOSIÇÃO EM TROCADORES DE CALOR ATRAVÉS DE MÉTODOS CFD: UMA REVISÃO

Matheus Santos Figueiredo; Ewerton Emmanuel da Silva Calixto² Fernando Luiz Pellegrini Pessoa³ Ana Lúcia Barbosa de Souza⁴

¹ Vínculo institucional: Graduando em Engenharia química; Tipo de projeto: Iniciação científica – CENPES; e-mail do orientando: Matheus.figueiredo@fbter.org.br

² Engenharia química; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; e-mail do orientador: ewerton.calixto@fieb.org.br

³ Engenharia química; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; e-mail do orientador: fernando.pessoa@fieb.org.br

⁴ Biologia; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; e-mail do orientador: ana.lbs@fieb.org.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica de estudos sobre a deposição em trocadores de calor mediante fluidodinâmica computacional. Essa busca visa identificar o estado-da-arte no estudo da deposição de compostos em óleos asfálticos. Alguns autores simulam a deposição direta desses compostos e outros as reações químicas que promovem essa incrustação. A maioria dos autores utilizaram o ANSYS FLUENT para realizar suas análises de CFD. No presente trabalho se tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre artigos que tem como foco o estudo a deposição em trocadores de calor através de CFD

PALAVRAS-CHAVE: Deposição, CFD, Trocador de calor, Incrustação

1. INTRODUÇÃO

A deposição de partículas no interior de trocadores de calor é um problema frequente em diversas indústrias químicas. Esse fenômeno ocorre por conta de diversos fatores e pode ter grande impacto nos custos industriais. Diante disso, nota-se que é necessário o estudo de como esse problema ocorre, como ele pode ser controlado, solucionado ou minimizado.

Os trocadores de calor são amplamente utilizados em refinarias de petróleo, especialmente nas linhas que precedem as colunas de destilação. O óleo cru é forçado a escoar por esses equipamentos para que seja aquecido antes que passe pelo processo de separação. No decorrer da operação, há a formação de incrustação nos tubos que provocam uma diminuição da taxa de transferência de calor por conta do aumento da resistência térmica devido à deposição de compostos químicos e bioquímicos, além de aumentar a perda de carga do escoamento devido a diminuição do diâmetro interno do tubo.¹

O principal desafio no estudo da deposição é prever quando ela irá ocorrer. Diversos fatores podem influenciar na decomposição, aumentando assim a complexidade na sua análise.

Diante disso, a previsão da deposição se torna um grande desafio a ser solucionado, uma das metodologias que pode vir a ser utilizada é a Fluidodinâmica Computacional (CFD). A análise de escoamentos via CFD é uma alternativa viável, pois pode levar em consideração diversos parâmetros ou condições de processo, possibilitando uma visualização mais ampla de como o fenômeno pode acontecer na prática.

Muitos autores já escreveram sobre a utilização de métodos CFD para analisar escoamentos em trocadores de calor sobre diversos aspectos. Pode-se estudar fenômenos como os perfis de temperatura dentro de tubulações, as quedas de pressão que um fluido pode sofrer ao escoar, a influência da tensão de cisalhamento sobre a tubulação e também como a deposição pode ocorrer durante um escoamento. Diante dessa questão, o objetivo neste item é realizar uma revisão bibliográfica sobre o estudo da deposição em trocadores de calor através de CFD.

2. METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho foi feita a busca de artigos que possuíam como base temática a análise CFD da deposição em trocadores de calor de refinarias de petróleo. Cerca de 15 artigos foram encontrados durante a revisão bibliográfica, porém apenas 7 ajudariam no desenvolvimento do projeto. Como o foco do trabalho é justamente a deposição em trocadores de calor de refinarias de petróleo, foram considerados apenas os artigos que estariam vinculados a essas palavras-chave.

Foi evidenciado que alguns dos autores realizaram mais de uma publicação na mesma temática. Dessa forma, foram considerados todos os artigos publicados por um mesmo autor, por serem o mesmo objeto de estudo do artigo.

A pesquisa foi realizada através de sites de busca de artigos como Science Direct, Portal Capes e Google acadêmico. Priorizou-se a utilização de palavras-chave em inglês, uma vez que há uma maior possibilidade e facilidade de se encontrar trabalhos publicados no exterior, as palavras chaves utilizadas para encontrar os artigos citados abaixo foram as seguintes:

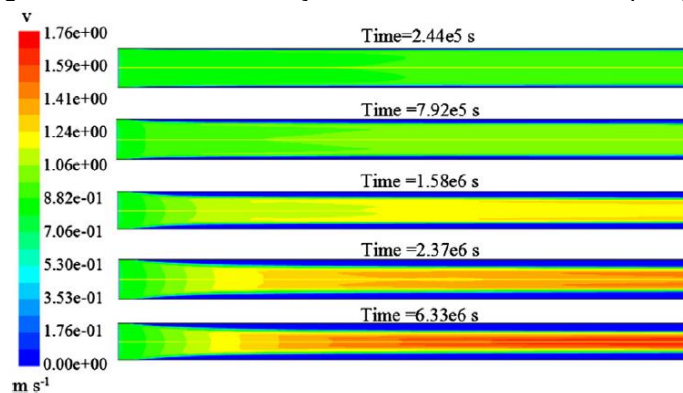
- Heat Exchanger;
- Fouling;
- CFD;
- Crude Oil;
- Simulation

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os artigos encontrados proporcionaram uma revisão de como alguns pesquisadores estudaram o fenômeno através de metodologias CFD. Em outra linha, Bayat *et al.* (2012) em seus trabalhos, estudou a deposição de asfalto e sais em trocadores de calor da refinaria de Tehran através do mecanismo de reação química. Ele percebeu que o asfalto, presente no fluxo, pode sofrer uma reação e se transformar em coque promovendo a deposição na parede do tubo. Sua análise foi realizada em uma tubulação 2D. Foi analisado os efeitos da deposição na velocidade do escoamento (Figura 1) e como a deposição influencia no aumento da resistência térmica.²

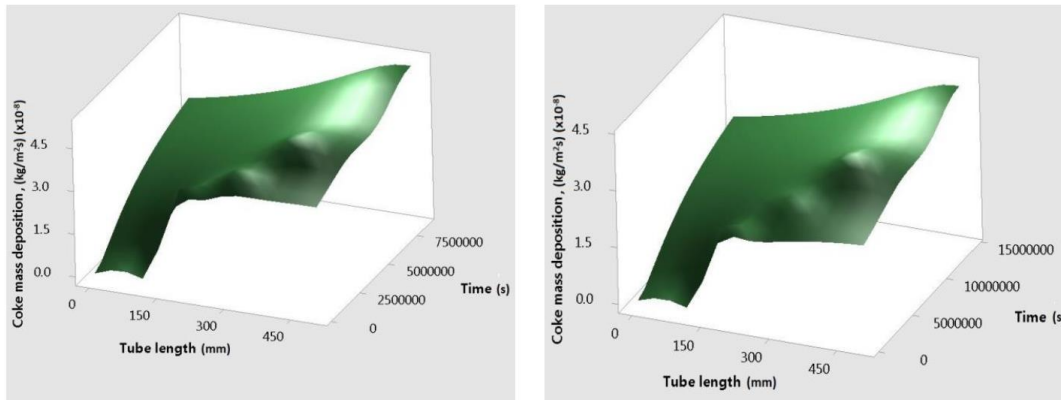
Alguns autores realizaram o estudo de diversos parâmetros que influenciam na deposição, dentre eles se destacam a velocidade, temperatura de superfície e rugosidade da tubulação. A depender das condições utilizadas em uma planta industrial, essas variáveis podem influenciar mais ou menos na deposição, por exemplo, para maiores velocidades a deposição tende a ser menos frequente quando comparado a velocidades de escoamento mais baixas.^{3,4}

Figura 1 – Análise da variação da velocidade com a deposição²



Alguns dos fatores estudados por pesquisadores foi a influência da tensão de cisalhamento no leito depositado e também as forças que possibilitam as partículas se aderirem à parede do trocador. A tensão de cisalhamento é uma força que é contra a deposição, ou seja, a medida que o leito vai se formando, essa força retira as partículas da superfície do leito promovendo uma certa concorrência entre a deposição e a remoção.¹ Quando analisado via CFD, a espessura do leito tende a ter um crescimento mais intenso quando não é considerado a tensão de cisalhamento. Diante disso, o tempo para se alcançar uma espessura de leito igual para os dois casos (quando a tensão é considerada ou quando não é) pode ser de apenas metade do tempo.⁵ Vide Figura 2.

Figura 2 – Comparação da análise considerando a tensão de cisalhamento ou não⁵



Em outras linhas de pesquisa, foi notório perceber que outros fatores que podem influenciar na deposição são as forças que atuam sobre as moléculas em si, dentre elas se destacam a força gravitacional, a força de elevação, a força de arrasto e a termoforética. Dentre todas elas as que mais influenciam na deposição são as forças gravitacionais e de elevação. Quando analisado o depósito, é perceptível que o leito se forma de maneira mais intensa na região inferior do tubo.^{6,7,8}

Os modelos utilizados na metodologia CFD foram expostos por cada autor, entretanto dois autores detalharam modelos que podem vir a ser utilizados futuramente no trabalho, dentre eles se destacam o modelo de Bayat e Emami.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante ao exposto, percebe-se que os artigos citados tratam apenas da deposição de compostos asfálticos, alguns se baseiam na deposição direta, outros através da reação química para a formação de coque nas paredes da tubulação. Com a utilização da metodologia CFD é possível fazer um mapeamento do problema e saber como ele se comporta, quanto mais robusta e criteriosa for a análise, mais complexa e trabalhosa ela será, uma vez que, dependendo do algoritmo a ser utilizado, a análise pode se mostrar bastante complexa. De acordo com os artigos encontrados, foi possível perceber que diversos fatores influenciam na deposição de trocadores de calor. Os principais são as condições de processo, como: velocidade, temperatura e rugosidade da tubulação; outros fatores foram estudados e também influenciam na velocidade de deposição, dentre eles se destacam as forças que atuam sobre as partículas do fluido e também os seus diâmetros. Essas forças, diante do que foi estudado pelos autores, nota-se que as que dominam o direcionamento da partícula é a força gravitacional e as forças de elevação, uma promove a deposição, já a outra o arraste, respectivamente

5. REFERÊNCIAS

- ¹ KAKAÇ S, LIU H, **Heat Exchangers: Selection, rating and thermal design**. Boca Raton: Editora CRC Press, 2002
- ² BAYAT M, AMINIAN J, BAZMI M, SHHOSSEINI S, SHARIF K, **CFD modeling of fouling in crude oil preheaters**. Energy Conversion and Management, v. 64, p 344-350, 2012
- ³ HAGHSHENASFARD, M.; HOOMAN, K. **CFD modeling of asphaltene deposition rate from crude oil**. Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 128, p. 24–32, 2015.
- ⁴ GOUNDER, R. M.; EMANI, S. **CFD Simulations of Crude Oil Fouling on Heat Transfer Surfaces**. Computational Fluid Dynamics - Basic Instruments and Applications in Science, 2018
- ⁵ EMANI, S.; RAMASAMY, M.; SHAARI, K. Z. B. K. **Effect of Shear Stress on Crude Oil Fouling in a Heat Exchanger Tube Through CFD Simulations**. Procedia Engineering, v. 148, p. 1058–1065, 2016
- ⁶ EMANI S, RAMASAMY M, SHAARI K Z K, **CFD modelling of asphaltenes deposition from crude oil through discrete phases simulation**, Journal of Engineering and Applied Sciences, v. 12, p. 2383-2387, 2017
- ⁷ EMANI, S.; RAMASAMY, M.; SHAARI, K. Z. K. **Transportation and adhesion of asphaltenes in a heat exchanger tube through CFD simulations**. AIP Conference Proceedings, v. 1859, 2017
- ⁸ EMANI S, RAMASAMY M, SHAARI K Z K, **Discrete Phase-CFD simulations of asphaltenes particles desposition from crude oil in Shell and Tube heat exchanger**. Applied Thermal Engineering, 2018