

Análises Pinch e exergética combinadas em planta de evaporação de licor negro Kraft

Autores: Maria Vittoria Leite Guedes Vargas^{*}; Song Won Park

Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo

Autor Correspondente: ^{*}vargasmariav@usp.br

Resumo

A produção de celulose e papel mundialmente se dá, em sua maioria, através do processo Kraft. Nesse, a madeira é tratada com uma solução alcalina de hidróxido e sulfeto de sódio (licor branco). São vantagens a possibilidade de recuperar os reagentes inorgânicos e reutilizá-los, viabilizando econômica e ambientalmente. Uma planta de evaporação de licor negro de uma fábrica de celulose no Brasil foi avaliada sob a ótica da Engenharia de Processos. A análise Pinch é uma técnica que identifica oportunidades de economia de energia em sistemas industriais. Se destaca pela capacidade de detectar e quantificar a energia desperdiçada. Porém, apresenta como desvantagem a simplificação dos modelos termodinâmicos, que podem não representar com precisão todas as complexidades de um sistema real. Por outro lado, a análise exergética é uma metodologia que avalia um sistema com base na exergia, que é uma medida da qualidade da energia. A principal vantagem é a possibilidade de identificação das principais fontes de destruição de exergia. No entanto, essa técnica também apresenta algumas limitações. Uma delas é a complexidade dos cálculos envolvidos. A combinação de ambas pode levar a uma abordagem mais abrangente e eficaz para a otimização da eficiência energética. Existem diversos trabalhos na literatura em que essas duas técnicas foram aplicadas de maneira complementar, em diferentes setores industriais. Bandyopadhyay e colaboradores (2019) identificaram as principais fontes de perdas de energia na unidade de hidrotreatamento de diesel, por meio dessas técnicas. Foram propostas medidas de melhoria, como a otimização do uso de trocadores de calor e a reconfiguração das correntes de processo. Essas medidas visam reduzir as perdas de energia e aumentar a eficiência do sistema como um todo. Feng e Zhu (1997) aplicaram as técnicas em um processo industrial para identificar as principais fontes de perdas de energia. Com base nessa análise, foram propostas modificações no sistema. Os resultados obtidos mostraram que as modificações propostas resultaram em uma redução significativa das perdas de energia e um aumento na eficiência do processo. Ghannadzadeh e Sadeqzadeh (2017) aplicaram ambas as técnicas para melhorar a integração energética em um processo de produção de soda cáustica e cloro. Os resultados mostraram que as modificações propostas resultaram em uma redução significativa no consumo de energia e no impacto ambiental do processo. A planta de evaporação que foi objeto de estudo desse trabalho é composta de seis corpos evaporadores e foi dividida em 3 subsistemas. Subsistema 1: formado por dois superconcentradores, ambos divididos em dois evaporadores; subsistema 2: formado pelos corpos evaporadores dois e três, nessa fase ocorrem as maiores taxas de evaporação da água no licor, por isso são utilizadas correntes de vapor vivo; subsistema 3: formado pelos efeitos quatro, cinco e seis. O licor com cerca de 15% de sólidos é alimentado no efeito de número quatro, e segue para os efeitos cinco e seis. Foram feitos balanços mássicos, energéticos e calculou-se a eficiência exergética para cada um dos subsistemas, 51%, 49% e 76%, para os subsistemas 1, 2 e 3, respectivamente. Obteve-se um modelo de otimização não linear no qual a função objetivo a ser minimizada era a taxa de geração de irreversibilidade: $I_{\text{ger}} = S_{\text{in}} - S_{\text{out}}$. Como restrições do problema foram consideradas: as taxas mínimas de energia requerida para ambas correntes frias e quentes (Q_{hot} e Q_{cold}), obtidas via Pinch, além do fluxo de calor gerado pelos evaporadores ($Q_{\text{evap}} = U \times A \times \text{MLDT}$). Para a resolvê-lo, foi utilizada a técnica de heurística de busca em vizinhança variável.

Palavras-chave

Kraft; Pinch; Análise exergética; Busca local.

Referências

- Bandyopadhyay, R., Alkild, O. F., & Upadhyayula, S. (2019). Applying pinch and exergy analysis for energy efficient design of diesel hydrotreating unit. *Journal of cleaner production*, 232, 337-349.
- Feng, X., & Zhu, X. X. (1997). Combining pinch and exergy analysis for process modifications. *Applied thermal engineering*, 17(3), 249-261.
- Ghannadzadeh, A., & Sadeqzadeh, M. (2017). Exergy aided pinch analysis to enhance energy integration towards environmental sustainability in a chlorine-caustic soda production process. *Applied Thermal Engineering*, 125, 1518-1529.