

OTIMIZAÇÃO DE UM SEPARADOR SÓLIDO-LÍQUIDO PARA REMOÇÃO DE PARTICULADOS APLICADO A INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

CAIQUE B. G. DE LIMA

Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista ITI-A CNPq, UFSCar, Campus São Carlos, caiquebgl@gmail.com.

Apresentado no
8º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
06 a 09 de novembro de 2017 - Cubatão-SP, Brasil

RESUMO: Hidrociclones Filtrantes são equipamentos destinados à separação sólido-líquido por centrifugação, dotados de entrada e saídas, e uma região cônica. O presente trabalho tem como foco melhor compreender a relação entre eficiência de separação e queda de pressão na separação sólido-líquido em um hidrociclone sem partes móveis com o intuito de aumentar a sua eficiência e assim reduzir o consumo de recursos hídricos utilizados na etapa de moagem de cana de açúcar no setor sucroalcooleiro, e para isso foram propostos seu estudo e otimização geométrica por meio da implementação do algoritmo genético multiobjetivo NSGA-II. Para tanto, uma análise foi realizada levando em consideração as principais dimensões de um separador, tais como o diâmetro de alimentação, o diâmetro de overflow, diâmetro de underflow o comprimento total do cone, etc. Além disso, técnicas CFD foram subsidiariamente aplicadas anteriormente e, após a aplicação de otimização, serão conjugadas às informações experimentais para melhor entendimento da performance do hidrociclone.

PALAVRAS-CHAVE: Separação sólido-líquido; Otimização por Algoritmo genético; Hidrociclone sem partes móveis.

OPTIMIZATION OF A SOLID-LIQUID SEPARATOR FOR REMOVAL OF PARTICULATES APPLIED TO SUGAR CANE ALCOHOL INDUSTRY

ABSTRACT: Hydrocyclones Filters are equipments intended to solid-liquid separation by centrifugation, with inlets and outlets, and a conical region. The present academic research focuses on better understanding the relationship between separation efficiency and pressure drop in the solid-liquid separation in a hydrocyclone without moving parts, in order to increase its efficiency and reduce the consumption of water resources used in the sugarcane milling stage in the sugar-ethanol industry, and for this have been proposed their study and geometric optimization through the implementation of the multiobjective genetic algorithm NSGA-II. Therefore, an analysis was made taking into consideration the main dimensions of a separator, such as the feeding diameter, the overflow diameter, underflow diameter, total cone length, etc. Furthermore, computational CFD techniques were previously applied and, after applying optimization, will be combined with the experimental information to better understand the performance of the cyclone.

KEYWORDS: Solid-liquid separation; Optimization by genetic algorithm; Hydrocyclone without moving parts.

INTRODUÇÃO

Nos sistemas gerais de irrigação, é de extrema importância a filtragem de particulados na água por causarem a diminuição na eficiência e vida útil do sistema todo. Além disso, no setor sucroalcooleiro, tem-se o problema da reutilização ou descarte da água de lavagem de cana antes do processo de moagem.

Os hidrociclones estão dentre os equipamentos capazes de realizar a separação de particulados sólidos, cuja versatilidade explica-se pela construção simples, dimensões geométricas relativamente pequenas em escala industrial, baixo custo de confecção e manutenção, e satisfatória eficiência de separação encontrada (SILVA, 2014).

Nesse contexto, o presente trabalho visa obter a melhor eficiência de separação com a menor queda de pressão possível, de um protótipo hidrociclone sem partes móveis, que será aplicado na filtragem da água utilizada durante o processo de lavagem da cana de açúcar, por meio da otimização de sua geometria através da implementação de um algoritmo genético multiobjetivo. O algoritmo utilizado é o NSGA-II proposto por Deb et al. (2000 e 2002) e foi desenvolvido no MATLAB®, fazendo a integração com os resultados obtidos e analisados pela simulação computacional fluidodinâmica (CFD) realizada pela equipe de projeto.

O projeto é realizado em parceria com o IFSP - Campus Sertãozinho, responsável pelos testes práticos, com demanda da empresa Inselli Engenharia & Ciência Aplicada e colaboração da Cobra Equipamentos e Acessórios Industriais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi considerado o estudo realizado anteriormente de projeto com hidrociclone com o auxílio de simulação computacional fluidodinâmica (CFD), encontrado em Tonin (2012) e mais especificamente em Sudaia (2017) que apresenta o mesmo problema base estudado nesse trabalho. Sendo que a proposta do presente trabalho é, a partir dos resultados obtidos desses estudos, desenvolver um algoritmo que busque otimizar essa eficiência, variando parâmetros geométricos de forma iterativa.

O layout básico pode ser verificado abaixo:

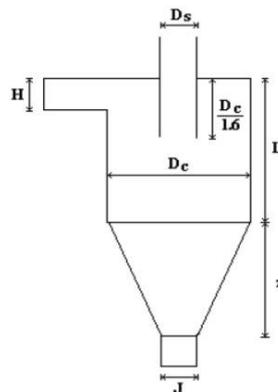


FIGURA 1. Parâmetros geométricos do hidrociclone.

Para as condições de operação foi considerado particulado com 20 μm de diâmetro, massa específica de 2650 kg m^{-3} e fração volumétrica de 2%. Com água a 1 atm e 25°C. A vazão mássica de trabalho foi definida como 0,417 [kg s^{-1}] com base na bomba presente no IFSP - Campus Sertãozinho, SP. Enquanto as pressões na saída de diluído foi definida em 200 [kPa] e na saída de particulado foi considerada como aberta à atmosfera. Segundo os estudos anteriores, os diâmetros de saída de diluído (D_s) e saída de particulado (J) tem maior influência sobre a eficiência de separação e que, juntamente com o diâmetro de alimentação (H), têm forte influência sobre a queda de pressão. Foram esses parâmetros utilizados como variáveis a serem otimizadas pelo método multiobjetivo NSGA-II.

O principal parâmetro para ser avaliados é a eficiência de separação global (ε_T), mostrado na Equação 1, abaixo:

$$\varepsilon_T = \dot{m}_{SC} / \dot{m}_{FA} \quad (1)$$

em que,

ε_T – Separação global;

\dot{m}_{SC} – Vazão mássica de sólidos na suspensão concentrada, kg s^{-1} ;

\dot{m}_{FA} – Vazão mássica de sólidos do fluido de alimentação, kg s^{-1} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela complexidade do método proposto, a queda de pressão foi fixada, perdendo assim a sua característica multiobjetivo, porém ainda foi possível validar a eficácia do algoritmo no cálculo da eficiência apesar das simplificações. Como resultado da construção e aplicação do algoritmo, foram obtidos os seguintes resultados como solução ótima, em comparação com os valores iniciais do protótipo:

TABELA 2. Resultado da otimização do hidrociclone.

Variável	Dimensão inicial	Dimensão otimizada	Melhoria
Diâmetro de alimentação (H)	16	12	-
Diâmetro de saída de diluído (D_s)	16	18	-
Diâmetro de saída de particulado (J)	14	14	-
Eficiência de separação (%)	30,64	67,03	36,39

Sendo que as outras dimensões foram mantidas as iniciais, com: $L=65\text{mm}$, $D_c=16\text{mm}$ e $z=185\text{mm}$.

CONCLUSÕES

Pode-se observar uma melhora significativa da eficiência de separação ao se variar os parâmetros geométricos mais críticos, sendo comprovados os estudos realizados anteriormente sobre o projeto de hidrociclone como separador sólido-líquido. Esperava-se, porém, uma melhoria na eficiência superior a 37%, que não foi obtida provavelmente em função de simplificações. A eficiência de separação pode ser melhorada através da inclusão de mais variáveis no algoritmo, tornando-o mais robusto para o problema em estudo.

Sabe-se que o algoritmo pode tornar a solução mais próxima do problema real, incrementado com mais variáveis para buscar uma solução ótima da maior eficiência com a mais baixa queda de pressão possível, sendo a única dificuldade a de aumento da complexidade do método à medida que se aumentam os parâmetros variados. No mais, o método multiobjetivo NSGA-II mostrou-se eficaz para a otimização, podendo ser aplicado em outros projetos da área.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que está financiando o projeto de título “Separador sólido-líquido para remoção de particulados aplicado a indústria sucroalcooleira para redução de consumo de recursos hídricos” (processo 468373/2014-4) e a bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- DEB, K.; AGRAWAL, S.; PRATAP, A.; MEYARIVAN, T. A Fast Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-objective Optimisation: NSGA-II. Proceedings of the 6th International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, p.849-858, September 18-20, 2000.
- DEB, K.; AGRAWAL, S.; PRATAP, A.; MEYARIVAN, T. A fast and elitist multi-objective genetic algorithm: NSGA-II. Evolutionary Computation, vol. 6, no. 2, pp. 182-197, April 2002.
- SILVA, N. K. G. Estudo de otimização da configuração do hidrociclone filtrante. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- SUDAIA, R. G. Análise computacional fluidodinâmica de um separador sólido-líquido para remoção de particulados aplicado à indústria sucroalcooleira. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.
- TONIN, P.C. Otimização computacional de hidrociclone na irrigação pressurizada. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.