

ESTUDO E CONCEPÇÃO DE ROTORES ALTERNATIVOS PARA BOMBEAMENTO DE FLUIDOS ABRASIVOS

Edson Alves Figueira Júnior, edson@mec.ufu.br

Valério Luiz Borges, vlborges@mecanica.ufu.br

Solidônio Rodrigues de Carvalho, srcarvalho@mecanica.ufu.br

Resumo. O desgaste no processo de mineração bem com outros que necessitam de transportar material abrasivo em meio aquoso, acarreta diversos danos em bombas centrífugas, principalmente nos rotores. Este problema esta presente nas indústrias de extração e processamento de minerais. No Brasil devido a sua grande extensão territorial possui uma diversidade muito grande em recursos minerais, segundo DNPM 2012, em 2011 a produção mineral contempla mais de 70 substâncias, com destaque para produção de nióbio e tântalo que representam 97 e 18,4% da produção mundial, a extração de Magnesita, crisotila, bauxita, minério de ferro e grafita estão entre os três maiores do mundo. Atualmente o custo de manutenção das empresas devido ao alto índice de desgaste é considerado alto. Neste projeto serão estudadas configurações geométricas alternativas de rotores objetivando a redução do desgaste. Tais rotores serão compatíveis a bombas comerciais visando facilitar a substituição. Resultados preliminares demonstram que os rotores desenvolvidos até o momento possuem uma durabilidade 5 vezes superior a rotores convencionais, entretanto parâmetros importantes como pressão e vazão não foram quantificados, acredita-se que ao final deste projeto seja possível, com ganho significativo na durabilidade, substituir rotores convencionais mantendo as características próximas às originais do sistema de bombeamento.

Palavras chave: Bombeamento de polpa, desgaste, rotor experimental.

1. INTRODUÇÃO

Bombas centrífugas são comumente usadas por empresas de beneficiamento mineral para conduzir a polpa de minério desde a britagem até a obtenção do produto final. No entanto, tais empresas relatam um alto índice de desgaste nos rotores e nas carcaças das bombas, segundo Pereira (2012) a manutenção de bombas representa 8,6% do custo global em manutenção a cada ano.

As bombas centrífugas, geralmente conhecidas nas empresas de mineração por bombas de polpa, fazem o bombeamento de polpa de minério (solução de minério e água). A polpa deve ser transportada com velocidade suficiente para evitar a sedimentação do minério, fato esse que aumenta o desgaste em rotores e carcaças. Visando reduzir o desgaste nos rotores utiliza-se pás mais robustas e em menor quantidade tornando a curva característica menos acentuada que das bombas centrífugas convencionais, utilizam revestimentos com materiais resistentes ao desgaste nas partes em contato com a polpa e por fim as relações entre o diâmetro do rotor e a largura da carcaça das bombas de polpa são limitadas (CHAVES, 2002).

As bombas de discos possuem uma montagem similar às bombas centrífugas, exceto pela ausência de pás no rotor, ou seja, o mesmo se trata de um disco liso, esta opera segundo os princípios da camada limite, da resistência à viscosidade e do fluxo laminar, sendo assim quanto maior a viscosidade do fluido maior será a movimentação do fluido. (SALVO & SALVO, 2009). Este modelo de bomba gera um fluxo laminar. Esta teve origem na turbina de Tesla Patentada em 1913, tal patente mostra uma turbina cujo rotor não possui pás.

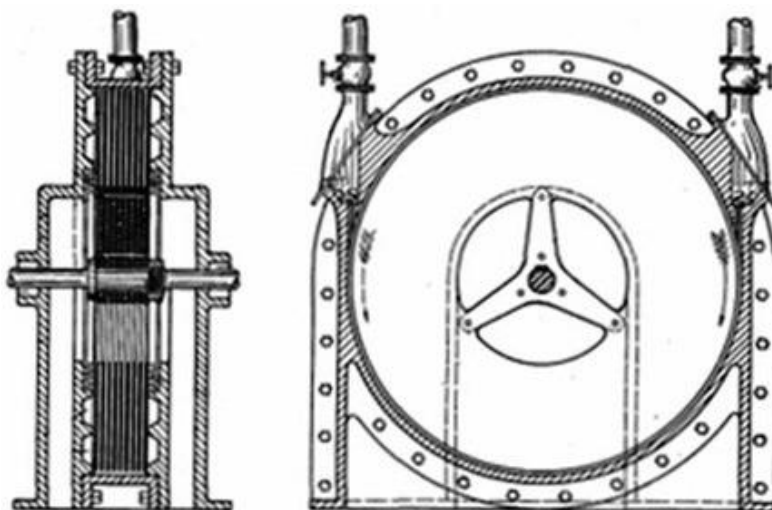


Figura 1 – Turbina de tesla, (fonte: Tesla, 1913)

Devido a ausência de pás as bombas de disco são menos eficientes quando comparadas as bombas centrífugas, entretanto estas se destacam no bombeamento de fluidos problemáticos, tais como: fluidos extremamente viscosos, misturas bifásicas, fluidos abrasivos e fluidos não newtonianos. Além das aplicações citadas as bombas de disco também podem ser utilizadas para bombeamento de frutas, verduras, peixes vivos e sangue sem danificar os mesmos. Na literatura diversos artigos citam a bomba de disco para bombeamento de sangue intracorpóreo, nesta área os estudos estão bem mais desenvolvidos, visando melhor eficiência no bombeamento e reduzindo o tamanho do conjunto e os danos causados ao sangue.

Bock 2007, que desenvolveu alguns protótipos que foram testados a priori com uma solução de Água + Glicerina (obtendo assim uma viscosidade semelhante ao do sangue). Após os testes e ajustes necessários o mesmo desenvolveu uma bancada para realização dos testes. Medvitz et al (2010), utilizaram o CFD para simular o comportamento do fluido (sangue) na bomba de disco. Este estudo possibilitou analisar diversos parâmetros que envolvem o desempenho desta bomba melhorando consideravelmente o seu rendimento. No estudo considerou-se um fluido de densidade (1060kg/m^3) e viscosidade $3,5\text{ mPa.s}$.

2. METODOLOGIA

Para realização deste trabalho foram pesquisados assuntos tais como: Bombeamento de polpa mineral e outros fluidos abrasivos; Desgaste no bombeamento de polpa mineral; Simulação numérica/computacional de fluidos com particulados; Bomba Centrífuga; Bombas e turbinas de Disco.

Existem diversos estudos científicos na área de bombeamento mineral, no entanto a grande maioria está voltada para o desenvolvimento de novas ligas metálicas e revestimentos de forma a minimizar o desgaste das partes envolvidas. Poucos estão voltados para o design dos rotores e carcaças e, praticamente, não se encontram trabalhos relacionados à análise fluidodinâmica entre a polpa mineral, rotor e carcaça.

Nesse sentido, esse trabalho apresenta um estudo numérico/experimental para analisar a interação fluido-estrutura e o desgaste em rotores e carcaças de bombas centrífugas utilizadas para bombeamento de polpa mineral. Basicamente, propõe-se conceber rotores experimentais com perfis aerodinâmicos distintos e submeter os mesmos a testes experimentais em laboratório de forma a avaliar o desgaste dos mesmos. O projeto do rotor será baseado em modelos fluidodinâmicos, de forma a minimizar o desgaste das paredes do rotor e da carcaça durante o bombeamento. A partir da concepção de um rotor serão definidas as curvas características do novo conjunto: motor-rotor de forma a caracterizar um novo tipo de bomba. Com base na revisão bibliográfica realizada até o momento foram projetados no LTCM 5 tipos diferentes de protótipos de rotores com base na bomba patenteada por Tesla em 1913 e as bombas fabricadas pela Discflo, neste trabalho serão discutidos os 2 protótipos que tiveram resultado mais significativo quando comparado ao rotor original.

Os testes foram realizados utilizando a bancada experimental demonstrada na fig. 2.

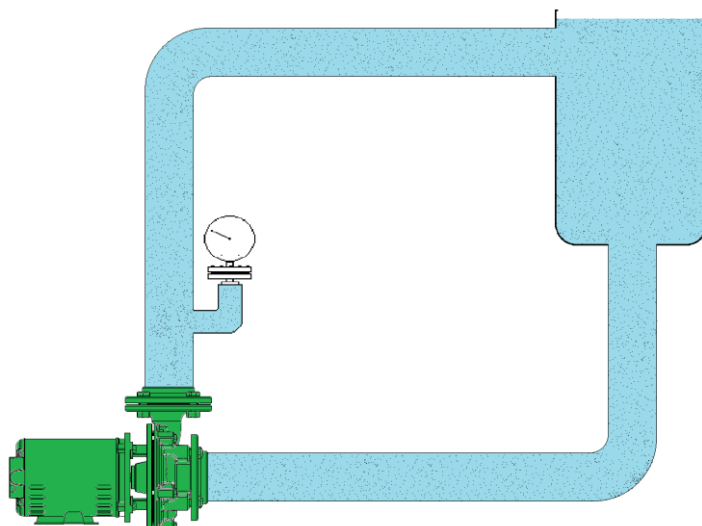


Figura 2 – Esquema da bancada para testes de desgastes em rotores durante o bombeamento de fluido abrasivo.

A bancada experimental é composta por uma bomba centrífuga com motor de $\frac{3}{4}$ CV e 3500 rpm, reservatório, tubulações em PVC, manômetros com selo diafragma e fluido abrasivo (água e carvão de silício com concentração de aproximadamente 10%), salientando que o carvão de silício é altamente abrasivo pois possui uma dureza próxima ao do diamante, essa mistura foi utilizada para acelerar o processo de desgaste.

Na sequência serão apresentadas imagens de rotores comerciais (Fig. 3) e dos rotores propostos por este projeto de pesquisa (Figs. 4 e 5) antes e depois dos testes experimentais na bancada de bombeamento.



Figura 3 – Rotor utilizado nos testes a) condição inicial; b) após 4 horas de teste e c) 12 horas de teste.

Verifica-se na Fig. 3b e 3c o desgaste nas pás do rotor ocasionado pelo fluido abrasivo e consequentemente a redução da vazão durante o experimento.

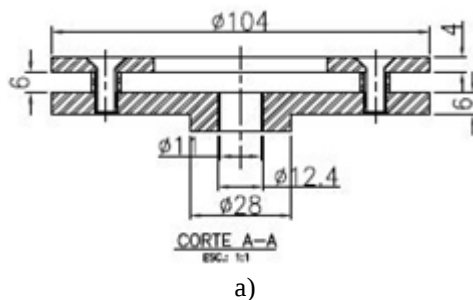


Figura 4 – a) Desenho em AutoCad do protótipo; b) e c) Comparativo do protótipo 1.1 sem uso e após 12 horas de bombeamento.

Na figura 4a tem-se a vista em corte do rotor experimental, em b) e c) mostra o rotor em dois momentos distintos, novo e após 12 horas de experimento. Na figura 4b pode-se visualizar os separadores e os parafusos utilizados na montagem do rotor. Na figura 4c observa-se os discos desgastados na região dos separadores e parte dos separadores e parafusos utilizados na união dos discos, sendo que tanto os separadores quanto os parafusos apresentaram marcas significativas de desgaste, tal fato pode ser atribuído a turbulência causada pelos separadores.



Figura 5 – a) Protótipo 1.5 sem uso e b) após 56 horas de funcionamento.

No protótipo 1.5 além de remover os separadores cilíndricos da região de alta velocidade do fluido o diâmetro da entrada de fluido foi reduzida, possibilitando posicionar a união entre os discos em uma região de baixa velocidade do fluido. Esta modificação aumentou consideravelmente a durabilidade do rotor. Na sequência é apresentado na Fig. 6 o comparativo da vida útil do rotor original e de dois protótipos.

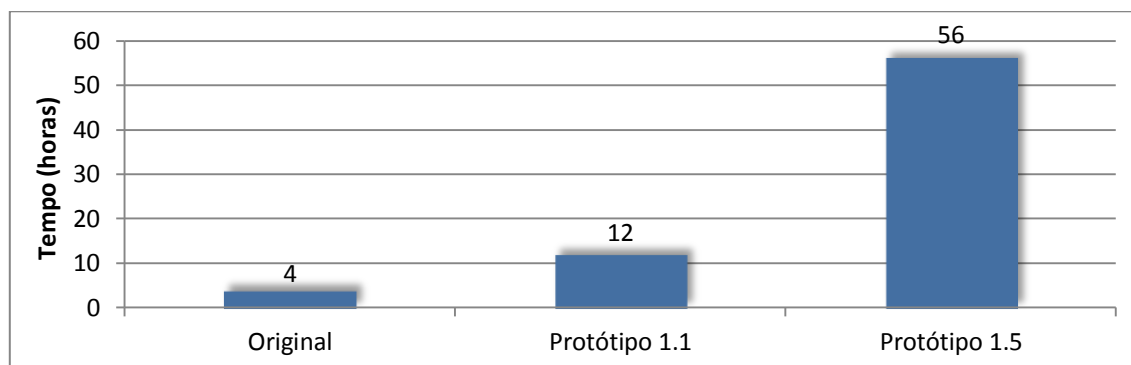


Figura 6 – Comparativo da vida útil em horas dos rotores estudados.

Os resultados demonstrados comprovam que rotores alternativos podem ser empregados no processo de bombeamento de polpa mineral e reduzir os custos de manutenção. No entanto, para comprovar tais informações, uma nova bancada experimental será desenvolvida, a qual será instrumentada com medidores de vazão e pressão para fluido abrasivo. Ressalta-se que até o momento tais dados experimentais não foram quantificados devido ao alto custo dos equipamentos de medição em fluidos com partículas abrasivas. O fluido que será utilizado nos experimentos será água + carbeto de silício. Com a bancada instrumentada será possível definir as curva de desempenho da bomba, com os rotores experimentais, de forma que a mesma possa ser comparada a curva padrão da bomba.

Em paralelo com os experimentos será desenvolvido um modelo matemático e computacional visando obter parâmetros e ajustes capazes de aumentar o desempenho dos rotores de disco.

3. CONCLUSÃO

Segundo os dados coletados e as informações adquiridas com os testes preliminares podemos afirmar que a utilização de rotores de discos reduzirá significativamente o desgaste quando comparado aos rotores atualmente utilizados.

3. REFERÊNCIAS

- BOCK, Eduardo Guy Perpétuo, Projeto, Construção e Testes de Desempenho “In Vitro” de uma Bomba de Sangue Centrífuga Implantável, 2007. 180p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.
- CHAVES, A.P. et al; Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. Volume 1. 2 ed. São Paulo, Brasil: Signus Editora, 2002. 269p.
- Discflo, Discflo – A Revolution in Pump Technology. Disponível em: <http://www.discflo.com>. Acesso em: Fev. 2013.
- DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral / Coordenadores Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves Brasília: DNPM, 2012. 136p. ISSN 0101 2053
- Pereira, R. L. Efeitos da Adição de Nióbio no Desempenho de Ferros Fundidos Brancos de Alto Cromo Utilizados no Bombeamento de Polpa na Mineração, 2012, 80f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2012.
- Salvo, S. Salvo, M. Sinfonia energética II. 1 ed. São Paulo, Brasil: Biblioteca24x7, 2009. 430p.
- Tesla, N. Turbine. Patente US1061206, 1 Out. 1909, 6 Mai. 1913.

4. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.