

PROJETO DE FILTRO PRENSA INDUSTRIAL POR MEIO DA FILTRAÇÃO DE ÓXIDO DE CÁLCIO EM ESCALA PILOTO

Michel Brasil da Silva*

Alessandra Sovrani **

Flávia Perosa***

Gustavo Pereti****

Samara Friebel*****

Resumo

O filtro prensa de placas e quadros é um dos mais consagrados sistemas de filtração utilizados na indústria. Fundamentado nesta contextualização e objetivando dimensionar um filtro prensa de placas e quadros de grandeza industrial para filtrar uma solução efluente rica em óxido de cálcio, foram desenvolvidos ensaios em condições laboratoriais, a fim de obter os parâmetros do meio filtrante necessários para desenvolver a concepção do filtro a partir da Lei de Darcy, a qual é uma equação fenomenológica, largamente conceituada, que descreve o fluxo de fluídos em meio porosos. A partir dos experimentos realizados, foram determinados os parâmetros da Equação da Lei de Darcy, o qual possibilitou delinear um filtro prensa de porte industrial com 141m² de área filtrante, para processar um volume de 100 m³ em 28.800 s, de solução de óxido de cálcio na mesma concentração dos ensaios. As dimensões proporcionadas por este método foram compatíveis com filtros industriais, o que corroborou o método sugerido para dimensionar um filtro prensa em magnitude fabril, alicerçado pela Lei de Darcy.

Palavras-Chave: Lei de Darcy. Óxido de Cálcio.

1 INTRODUÇÃO

Filtração é um processo que tem como princípio a separação de um sólido de um líquido ou de um gás, no qual se encontra suspenso, onde o líquido passa através de um meio poroso que retêm o sólido formando o que é denominado de torta (BLACKADDER; 2004).

Dentre as diversas vantagens de se utilizar filtro prensa, podemos citar o baixo custo de manutenção, menor consumo de energia, baixo custo no descarte dos sólidos, além do reaproveitamento da água, gerando benefícios. Pode-se citar, também, que o equipamento é capaz de produzir torta seca, proporcionando fácil manuseio e transporte, vida útil longa e redução na geração de resíduo (RUBIM, 2012).

O funcionamento do filtro prensa placas e quadros baseia-se na alimentação a partir de uma bomba, da suspensão a ser filtrada, sendo que cada placa possui uma lona que delimita a formação da torta, que se formará conforme o composto flui contra placas filtrantes separando o sólido do líquido. Conforme a suspensão vai passando pelas placas, a concentração de sólidos aumenta e a pressão de alimentação se eleva proporcionalmente, fazendo com que os sólidos se aproximem mais, formando uma torta compacta com baixa concentração de líquidos. A saída do filtrado acontece através de torneiras que existem do lado de cada placa (GAUTO; ROSA, 2011).

As tortas de filtração podem dividir-se em duas classes, tortas compressíveis e incompressíveis. No caso de uma torta incompressível, a resistência ao fluxo de um dado volume não é apreciavelmente afetada, quer pela diferença de pressão da torta, quer pela velocidade de deposição do material. Com uma torta compressível o aumento da diferença de pressão causa a formação de uma torta mais densa com maior resistência (FOUST, 1982).

A cal hidratada é o produto resultante da combinação do óxido de cálcio ou cal virgem com a água. É um produto muito usado no controle de pH durante a flotação, coagulação, neutralização de soluções ácidas,

controle de pH, reduzir o odor e eliminar agentes patogênicos, dentre outras aplicações (SILVA, 2007). Objetivo desse trabalho foi desenvolver um projeto de filtro placas de quadros e placas, de escala industrial para separação do óxido de cálcio a partir de análises realizadas em laboratório.

2 DESENVOLVIMENTO

O filtro prensa utilizado (Figura 1) consiste em um conjunto de condicionamento de ar comprimido tendo lubrefil, válvulas direcionadas e um conjunto de três placas de filtro com um sistema hidráulico para abertura e encerramento das placas. Cada placa tem uma área de superfície de filtração 400 x 400mm, que é coberto com um pano de poliuretano rígido de alta densidade e PRFV, estrutura de construção rígida com tirantes laterais de sustentação protegidos. O sistema de alimentação é construído de acordo com o tipo de mistura a ser filtrada. O filtrado a partir das placas é descarregado para um tanque de recolha de filtrado.

2.1 Preparação da solução

Pesou-se 1000 gramas de óxido de cálcio Cibracal (massa unitária 0,68 g/cm²) com uma balança semi-analítica Toledo (máximo 3 kg - mínimo 20 g), e foram misturadas com 32 litros de água em um recipiente de aproximadamente 35 litros, sendo que a solução foi mantida sob agitação constante.

2.2 Filtração

A solução foi agitada continuamente para evitar a rápida e possível decantação do óxido de cálcio. Então a solução foi bombeada pelo filtro prensa, a torta de filtro começou a construir-se, ficando retida nas placas e o filtrado escorreu pelas torneiras do filtro direto para o tanque de recolha de filtrado.

Com o cronômetro digital foi marcado o tempo que levou para esvaziar o recipiente com a solução. A pressão que a bomba estava operando também foi anotada. Esta era monitorada pela regulagem do

controlador digital do filtro prensa. Após cada filtração a torta foi descartada e as placas foram lavadas. Esse procedimento foi repetido por três vezes.

2.3 Cálculo do projeto

A metodologia utilizada para os cálculos das constantes características (K_1 e K_2)

2) do desenvolvimento de uma filtração, foi determinada através do método Solver, sendo que o resultado é obtido por intermédio de tentativas.

O Solver faz parte de um conjunto de programas, algumas vezes chamado de ferramentas de análise hipotética. A partir do Solver, pode ser localizado um valor ideal para uma fórmula em uma célula – chamada de célula de destino – em uma planilha. Este trabalha com um grupo de células relacionadas direta ou indiretamente com a fórmula na célula de destino, também ajusta os valores nas células variáveis que forem especificadas – chamadas de células ajustáveis – para produzir o resultado especificado na fórmula da célula de destino. Há possibilidade de aplicar restrições para restringir os valores que o Solver poderá usar no modelo e as restrições podem se referir a outras células que afetem a fórmula da célula de destino.

Para resolução foi necessário desenvolvimento de algumas Equações. Foi considerado a pressão do sistema constante e a torta incompressível. Obteve-se a constante K_1 a partir da Equação 1, demonstrada a seguir.

$$K_1 = (\alpha \mu S \rho(l)) / ((1 - mS) A^2) \quad \text{EQUAÇÃO 1}$$

Onde, K_1 é a constante que depende da torta ($\text{g}/\text{min} \cdot \text{cm}^7$), α é a resistência específica da torta (cm/g), μ é a viscosidade do fluido ($\text{g}/\text{cm} \cdot \text{s}$), A é a área de filtração (cm^2), $\rho(l)$ é a densidade do líquido (g/cm^3), o S é a fração mássica do sólido que está representada na Equação 2 e o m é a relação entre a massa úmida e a massa seca (adimensional).

$$S = (m(s)) / (m(s) + m(l)) \quad \text{EQUAÇÃO 2}$$

Em que a $m(s)$ é a massa do sólido (g) e $m(l)$ é a massa do líquido (g). Como $\alpha, \mu, S, \rho(l)$ e m são considerados constantes é possível substituí-las por k' , e a nova equação do $K1$ está expressa na Equação 3. O cálculo da equação do $K2$ está expressa na Equação 4.

$$K1 = k' / A^2 \quad \text{EQUAÇÃO 3}$$

$$K2 = ((R_m) \mu) / A \quad (\text{g} / (\text{min.} \cdot [\text{cm}]^4)) \quad \text{EQUAÇÃO 4}$$

Onde R_m é a resistência específica do meio filtrante (cm^{-1}).

Sendo R_m e μ são constantes para as condições analisadas, estas podem ser substituídas por k_2' e a nova equação do $K2$ está representada pela Equação 5.

$$K2 = k_2' / A \quad \text{EQUAÇÃO 5}$$

A Equação 6 é uma forma simplificada derivada da teoria de filtração convencional com base na lei de Darcy (DING et al, 2014).

$$t/V = K1/2P \cdot V + K2/P \quad \text{EQUAÇÃO 6}$$

Onde t é o tempo de filtração, V é o volume final de filtrado, o P é a pressão e os $K1$ e $K2$ são as constantes que dependem da torta formada.

Com auxílio da Equação 6 e com a ferramenta solver foram obtidas as constantes $K1$ e $K2$, utilizando pressão e volume dos experimentos práticos. Observando o volume filtrado e o tempo de filtração, juntamente com os resultados obtidos anteriormente, pode-se então calcular a área de um Filtro Prensa de Quadros e Placas de escala industrial.

2.4 RESULTADOS

Após a realização do processo de filtração da cal foram realizados os cálculos para ampliação de escala, chegando assim na área do filtro prensa

em escala industrial. Os resultados obtidos a partir dos cálculos são demonstrados na Tabela 1.

Os cálculos realizados tiveram como objetivo a ampliação da escala do filtro prensa utilizado, levando em consideração que o volume a ser filtrado para esse aumento foi de 100000000 cm^3 (100 m³) e com tempo de processo de 480 minutos (8 horas).

Através desses dados, novos valores para as constantes foram determinados e conseqüentemente uma nova área total foi obtida, sendo esta de 1409781 cm^2 conforme reportado na Tabela 1. A empresa Grabe possui para venda diversos filtros prensas, que possuem dimensões variadas. O equipamento FLOWPRESS 1500 pode trabalhar com um volume entre 81250000 a 125000000 cm^3 (81,25 a 125 m³) e possui uma área filtrante que pode variar de 1125000 até 2250000 cm^2 . Os valores obtidos através dos cálculos se enquadram nas proporções do equipamento FLOWPRESS 1500 o valida o método utilizado para o projeto de um Filtro Prensa de Quadros e Placas.

3 CONCLUSÃO

A partir dos ensaios de filtração foram realizados cálculos para obter a área do Filtro Prensa de Quadros e Placas para escala industrial.

O resultado da ampliação da escala nos indica que o projeto está com valores equivalentes aos equipamentos existentes no mercado, o que validou o método utilizado.

O método reportado neste manuscrito é rápido e prático e, partir desta validação, é possível utilizá-lo para o dimensionamento de Filtros Prensas no âmbito industrial, nas condições semelhantes às analisadas neste estudo.

REFERÊNCIAS

BLACKADDER, D.A. Manual de operações unitárias. Londres: Hemus, 2004.

BONIFACIO, T. O. Dimensionamento de um sistema de lavagem de bagaço de cana-de-açúcar. Lorena, 2012, 48 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em engenharia química) – Universidade de São Paulo.

COGO, M. C. Estudo da caracterização e disposição dos resíduos de uma indústria têxtil do estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. 48 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em engenharia química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DING, A.; QU, F.; LIANG, H.; GUO, S.; REN, Y.; XU, G.; LI, G. Effect of adding wood chips on sewage sludge dewatering in a pilot-scale plate-and-frame filter press process. RSC Adv. n. 4, p. 24762-24768, 2014.

FOUST, A.S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSON, L. B. Princípio das Operações Unitárias. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

GAUTO, M. A.; ROSA, G. R. Processos e operações unitárias da indústria química. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

GRABE. Filtro Prensa. Disponível em: <<http://www.grabe.com.br/filtroprensa.html>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

GUIMARÃES, N. C. Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando a sua disposição em pilhas. Belo Horizonte, 2011. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais.

GUIMARÃES, N. C.; VALADÃO, G. E. S.; PERES, A. E. C. Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando à sua disposição em pilhas. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 65, n.4 p.543-548, out/dez 2012.

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria Inmetro 83/2006 – Código:3179. Procedimento de fiscalização – observância da adequação das eletroboias nos filtros prensas. Disponível em: <http://inmetro.gov.br/fiscalizacao/treinamento/Filtro_prensa.pdf>. Acessado em: 15 maio 2016.

RUBIM, C. Vantagens dos filtros prensas. TAE, Santo André, n. 8, ago./set. 2012. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/artigos.asp?id=96&fase=c>>. Acessado em: 15 de abril de 2016.

SILVA, A. C. Estudo e otimização da reação de hidratação do óxido de cálcio. Uberlândia, 2007, 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia.

Sobre o(s) autor(es)

*Mestre em Engenharia Química, Universidade do Oeste de Santa Catarina, micbrava@yahoo.com.br;

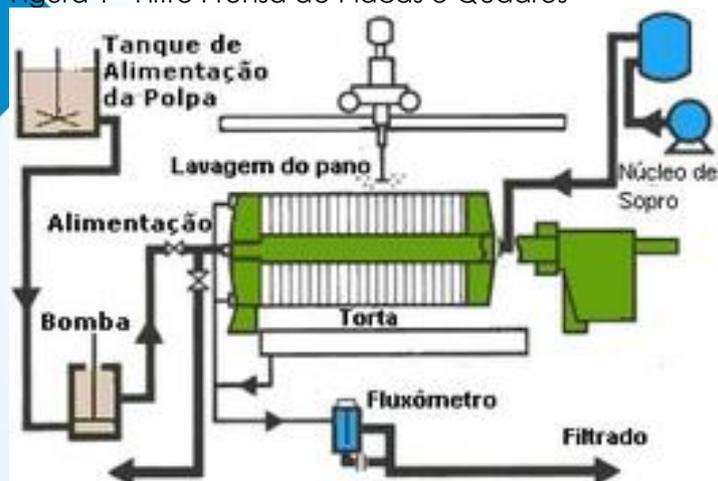
**Graduanda em Engenharia Química, Universidade do Oeste de Santa Catarina, alessandrasovrani@hotmail.com;

*** Graduanda em Engenharia Química, Universidade do Oeste de Santa Catarina, flaviaperosa@yahoo.com.br;

****Graduando em Engenharia Química, Universidade do Oeste de Santa Catarina, gustavopereti@gmail.com;

*****Graduanda em Engenharia Química, Universidade do Oeste de Santa Catarina, samifriebel@hotmail.com

Figura 1 - Filtro Prensa de Placas e Quadros



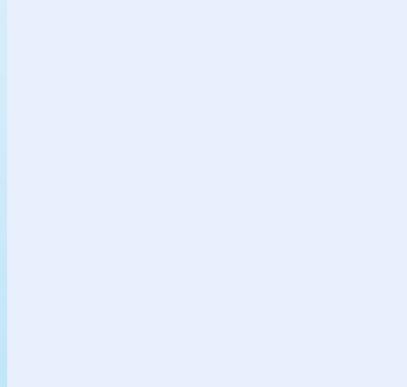
Fonte: Os Autores (2016)

Tabela 1: Dimensões da ampliação de escala.

	K1 (g/min.cm ²)	K2 (g/min.cm ⁴)	Volume (cm ³)	Área (cm ²)	Tempo (min)	Vazão (cm ³ /min)
Prática	4,05E-05	0,02	31733,3	4800	2,772	11446,89
Industrial	4,690E-10	0,02	100000000	1409781	480	208.333,33

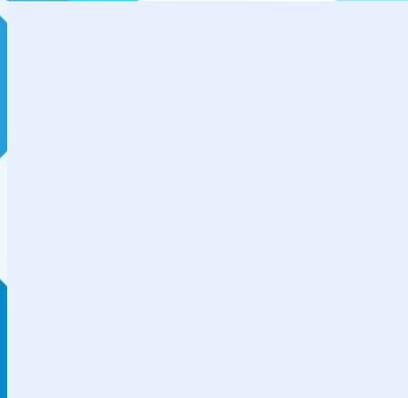
Fonte: Os Autores (2016)

Título da imagem



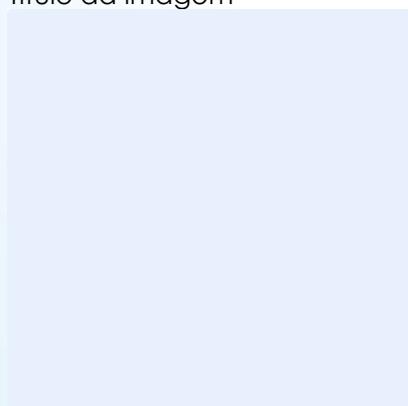
Fonte: nte da imagem

Título da imagem



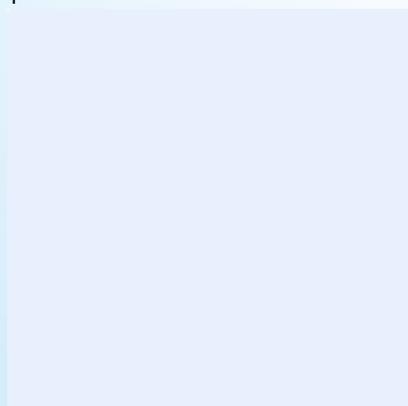
Fonte: Fonte da imagem

Título da imagem



Fonte: Fonte da imagem

T



Fonte: Fonte da imagem