

Laudo técnico de experimento

Bagé-RS

2022

Laudo técnico de experimento

Experimento: Escoamento em meios porosos.

Equipe responsável: Liga da justiça.

Integrantes da equipe:

- Bibiana Rocha
- Gabriel Epifânio
- Hingrid Gomes
- Jader Nascimento
- Tales Capra

Área: Engenharia Química

Objetivo:

O presente laudo técnico de experimento tem por objetivo relatar de forma geral, a prática de escoamento em meios porosos/permeabilidade, realizada pela equipe liga da justiça.

Essa prática foi realizada com o intuito de obter a permeabilidade dos leitos de partículas de pedregulho grosso e leito de esfera de vidro (serão dois leitos de esfera de vidro com comprimentos diferentes) através de medidas da queda de pressão ocasionada por uma variação na vazão do fluido que percola o meio poroso. Nesse experimento, o fluido utilizado foi a água nos três tipos de leito poroso.

1. Introdução

Dispor de modelos adequados que permitam prever o comportamento dos meios porosos e dos fenômenos de transporte em que eles ocorrem pode ser fundamental em muitas áreas científicas e tecnológicas.

Meios porosos são materiais que possuem um conjunto de poros, espaços vazios entre as partículas sólidas de sua composição, por onde pode passar um volume expressivo de fluido.

Os meios porosos podem ser de materiais sintéticos ou naturais e um dos parâmetros mais importantes de caracterização de um meio poroso, ao nível macroscópico, é a porosidade porque ela vai indicar o grau de compactação do leito.

Outra característica muito importante é a permeabilidade do leito, que indica a maior ou menor facilidade de escoamento de fluidos através do meio. Outros parâmetros que podem interferir é a rugosidade da superfície e o diâmetro das partículas.

2. Materiais e métodos

Materiais utilizados:

- Meios porosos: pedregulho grosso e de esferas de vidro;
- Medidor de vazão;
- Manômetro, cujo fluido manométrico é o clorofórmio.

Equações utilizadas:

- Baixas vazões:

Equação de Darcy:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu}{k} \cdot q$$

Onde, ΔP é a queda de pressão através do leito (Pa), L é o comprimento do leito (m), μ é a viscosidade do fluido (Pa.s), K é o coeficiente de permeabilidade do leito (m²) e q é a velocidade média do fluido no leito poroso (m/s).

Modelo de Carman-Kozeny:

$$K = \frac{\varepsilon^3 (\phi dp)^2}{180 (1 - \varepsilon)^2}$$

Onde, ε é a porosidade do leito de partículas, dp é o diâmetro médio dessas partículas (m) e ϕ é a esfericidade delas. Lembrando que, ϕ e ε são adimensionais.

Equação da Velocidade:

$$q = \frac{Q}{A}$$

Onde, q é a velocidade superficial do fluido (m/s), Q é a vazão (m³/s) e A é área (m²).

- Altas vazões:

Correlação de Ergun:

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{150 (1 - \varepsilon)^2 \cdot \mu}{\varepsilon^3 dp^2} \cdot q + 1,75 \left[\frac{(1 - \varepsilon) \rho}{\varepsilon^3 dp} \right] \cdot q^2$$

Onde, o ρ é a massa específica das partículas do leito (Kg/m³).

Equação da permeabilidade do leito:

$$k = \frac{\varepsilon^3 (\phi dp)^2}{150 (1 - \varepsilon)^2}$$

Equação da queda de pressão do leito:

$$\Delta P = (\rho_{\text{água}} - \rho_{\text{cloroformio}}) g \cdot h$$

Onde, o $\rho_{\text{água}}$ e o $\rho_{\text{cloroformio}}$ são as respectivas massas específicas da água e do cloroformio (Kg/m^3), g é a aceleração da gravidade (m/s^2) e o h é a diferença de altura do manômetro (m).

3. Análise e discussão dos resultados

O experimento foi realizado à temperatura ambiente, a área do tubo foi calculada com base no diâmetro interno do tubo que foi medido no dia do experimento e os valores para a viscosidade da água e massa específica da água e do cloroformio puderam ser encontrados na literatura.

Os experimentos realizados consistiram em ir aumentando a vazão de fluido em cada leito (um leito de pedregulho grosso e dois de esferas de vidro que diferem apenas no comprimento dos leitos) e observar a diferença de altura no manômetro para cada uma dessas vazões. Foi observado que quanto maior for a vazão maior será a queda de pressão no sistema.

Através dos dados experimentais que foram obtidos e a utilização de algumas equações pudemos construir um gráfico $\Delta P/L \times q$, que descreve a curva de permeabilidade para cada leito. Posteriormente, linearizamos a equação do gráfico e obtemos os dados de coeficiente linear e angular.

Com esses dados foi possível calcular as constantes de permeabilidade (K) através de dois métodos: o modelo de Carman-Kozeny e a correlação de Ergun. Esses dois métodos foram aplicados para encontrarmos os valores de K para: o pedregulho grosso, a esfera de vidro 1 ($L=0,076\text{m}$) e a esfera de vidro 2 ($L=0,022\text{m}$). Observe na tabela a seguir os resultados obtidos:

Pedregulho grosso:

Baixas vazões		
Coef angular	K experimental	Kcarman-Kozeny
6925	1,44E-07	1,87E-02

Altas vazões		
Coef linear	K experimental	KErgun
966313	1,37E-06	2,24E-08

Esferas de vidro 1:

Baixas vazões		
Coef angular	K experimental	Kcarman-Kozeny
7189	1,39E-07	1,51E-08

Altas vazões		
Coef linear	K experimental	KErgun
900103	5,52E-06	1,81E-08

Esferas de vidro 2:

Baixas vazões		
Coef angular	K experimental	Kcarman-Kozeny
534,81	1,87E-06	1,51E-08

Altas vazões		
Coef linear	K experimental	KErgun
53914	4,19E-05	1,81E-08

Os valores de permeabilidade encontrados mostram que apresentou bons resultados, já que seus R^2 estão próximos de 1,0. Segundo a literatura é comum os valores de permeabilidade apresentarem valores bastante baixos.

Pelo R encontrado pelas retas dos meios porosos percebe-se que os dados experimentais se ajustaram bem a uma reta, conforme prevê a equação de Ergun.

4. Conclusão

A partir dos resultados obtidos pudemos visualizar que a permeabilidade é vantajosa pelo fato de proporcionar um elevado grau de mistura sólido x fluido, gerando grandes taxas de transferência de quantidade de movimento, massa e calor. Além de manter a distribuição de temperatura e concentração invariáveis, permitindo que o escoamento em meios porosos seja muito utilizado em: reações catalíticas, secagem de partículas, entre outros processos.

