PROJETO DE REGENERADOR BAROCALÓRICO

Matheus de Andrade Beni (PIBIC/CNPq/Uem), Flávio Clareth Colman, Cleber Santiago Alves (Orientador), e-mail: csalves@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Departamento de Engenharia Mecânica/Maringá, PR.

Engenharia Mecânica, Projetos de Máquinas

Palavras-chave: regenerador, efeito, barocalórico.

Resumo:

Sistemas de refrigeração de compressão mecânica de vapor apresentam baixa eficiência energética e utilizam de fluidos refrigerantes que contribuem consideravelmente para o aquecimento global. Com isso é de grande importância o desenvolvimento de máquinas refrigerantes que sejam sustentáveis. O presente projeto visou o desenvolvimento de um conceito de regenerador utilizando-se do efeito barocalórico. Foram encontrados materiais satisfatórios para os invólucros dos pinos barocalóricos e estudado um modelo de regenerador com 4 pinos.

Introdução

Na atualidade, os sistemas de refrigeração apresentam baixa eficiência energética, devido ao fato que esses operam através de compressão mecânica de vapor e assim demandam uma quantidade de energia elevada para funcionarem (ZIMM et al., 1998). Além disso, usam fluidos refrigerantes que agravam o aquecimento global. Assim, somando-se a alta demanda energética, é de grande importância o desenvolvimento de máquinas refrigerantes sustentáveis.

Dessa maneira, uma alternativa é a refrigeração calórica, que é uma técnica de refrigeração em estado sólido promissora, pois esse método tem potencial para melhorias na eficiência energética, redução do impacto ambiental, design mais compacto e menores níveis de ruído (APREA et al., 2018).

Dentre as tecnologias calóricas, a refrigeração magnetocalórica é a mais difundida e pesquisada. Porém, sistemas barocalóricos apresentam vantagens sobre os sistemas magnéticos como, por exemplo, apresentar um maior efeito calórico e ter construção relativamente simples. Contudo, esses sistemas ainda não apresentam resultados experimentais sobre seu desempenho termodinâmico, o que torna pesquisas nessa área inéditas e pioneiras.

Materiais e métodos

O projeto consiste na utilização de modelos numéricos para simular os fenômenos calóricos, de transferência de calor e escoamento, sendo fundamental para o projeto a avaliação e otimização de sistemas de refrigeração barocalóricos. Utilizou-se como referência modelos numéricos já existentes para sistemas magnetocalóricos. O software usado foi Matlab 2019. Para a projeção dos invólucros, consultamos as normas de projeto da ASME para vasos de pressão.

Resultados e Discussão

Para o cálculo do invólucro, utilizou-se a divisão 3 da seção 8 da ASME, pois é a sugerida para trabalhar com pressões acima de 68,95 MPa. Nesse caso, a pressão de trabalho da prensa sobre os pinos barocalóricos selecionada foi de 174 MPa. Para a escolha do material, utilizou-se da Seção II da ASME parte D, verificando entre aços inoxidáveis e ligas de cobre os maiores valores de limite de escoamento e resistência máxima a tração até 100 ºC.
O diâmetro interno dos invólucros foi definido como ½ in por ser uma medida comum comercialmente falando e praticável para os pinos barocalóricos. Assim, na tabela 1 estão apresentados os materiais selecionados e os diâmetros externos calculados.

Tabela 1 – Materiais selecionados e Diâmetro Externo (De) Calculado

	Material	Su (MPa)	Sy (MPa)	De (mm)
Cobre	SB467 C70600	372	310	28,575
Inox Duplex	SA789 S32304	689	448	22,479
Aço Níquel 9%	SA334 8 K81340	634	441	20,447

Fonte: O Autor

Todos os materiais selecionados apresentaram diâmetros externos satisfatórios, pois são viáveis de serem fabricados e possibilitam a confecção de uma matriz regeneradora com vários pinos que não possuam tamanho e peso exagerado. Com isso, analisou-se a influência de cada invólucro na frequência do ciclo, como mostrado na figura 1. Verificou-se que para um Reynolds baixo (Re = 50) o cobre é o material mais eficiente, entretanto para Reynolds maiores (a partir de 200) observou-se que essa diferença vai reduzindo e os três materiais comportam-se de maneira muito próxima. Sendo assim, a escolha torna-se econômica, optando-se pelo material mais barato.

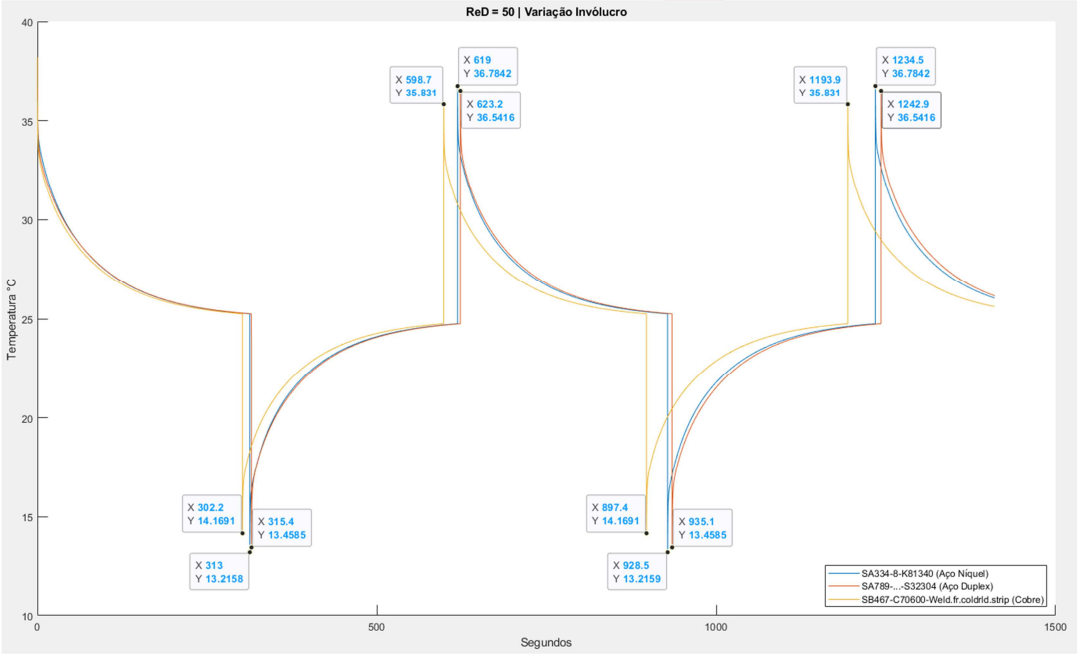

Figura 1 – Influência do Material do Invólucro
Fonte: O Autor

A aplicação dos modelos numéricos para um regenerador com 4 pinos barocalóricos e invólucro de Aço Níquel para um Reynolds 400 gerou o seguinte campo de escoamento em t = 7 segundos:

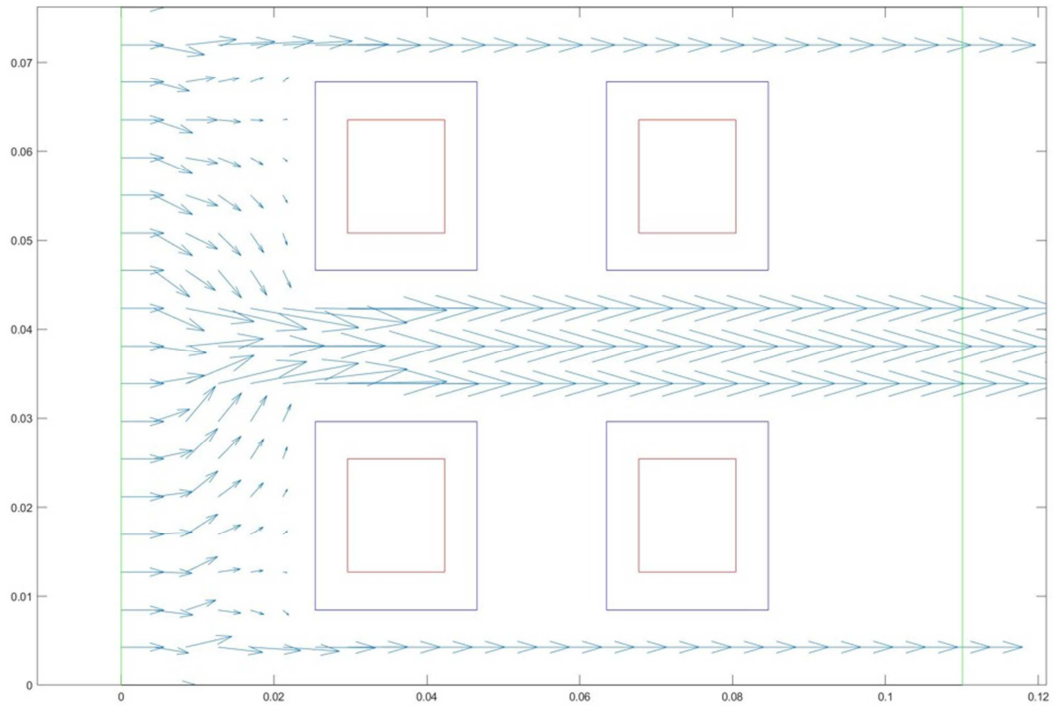

Figura 2 – Campo de escoamento para um regenerador com 4 pinos com invólucro de Aço níquel. (Escala em metros)
Fonte: O Autor

Conclusões

Dos resultados apresentados, conclui-se que o projeto dos invólucros foi satisfatório, uma vez que os requisitos físicos - para o tamanho do regenerador-, e térmicos foram conseguidos, propiciando-se um regenerador que aproveita a variação adiabática de temperatura do pino (constituído de material barocalórico), bem como o desenvolvimento de uma boa frequência do ciclo operacional. Além disso, a aplicação do modelo numérico para um regenerador de 4 pinos foi também positiva. Assim, é possível construir um protótipo a partir do modelo simulado e progredir com o desenvolvimento da tecnologia.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo financiamento da bolsa, a UEM e a todos meus professores que colaboraram com o projeto.

Referências

ZIMM, C.; JASTRAB, A.; STERNBERG, A.; PECHARSKY, V.; GSCHNEIDNER JR., K. A.; 'OSBORNE, M.; ANDERSON, I. **Description and performance of a near room temperature magnetic refrigerator**. Adva. Cryog. Eng. 43, 1759-1766 (1998).

APREA, CIRO & GRECO, A. & MAIORINO, ANGELO & MASSELLI, CLAUDIA. (2018). **Solid-state refrigeration: A comparison of the energy performances of caloric materials operating in an active caloric regenerator**. Energy. 165. 10.1016/j.energy.2018.09.114.

American Society of Mechanical Engineers. **ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII Division 3**. 2019.

American Society of Mechanical Engineers. **ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section II Part D**. 2015.