

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

MODELAGEM DE UMA CAVIDADE ASSIMÉTRICA PARA TRATAMENTO TÉRMICO DA ARGILA VERMICULITA

AUTORES:

¹João Rubens Alves Zacarias, ²Glaucio Fontgalland, ³Maurício Beltrão

INSTITUIÇÃO:

Bolsista PRH-42 ANP, joao.zacarias@ee.ufcg.edu.br, ¹Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, ²Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, ³Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 8º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 20 a 22 de outubro de 2015, em Curitiba/PR. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 8º PDPETRO.

MODELAGEM DE UM CAVIDADE ASSIMÉTRICA PARA TRATAMENTO TÉRMICO DA ARGILA VERMICULITA

Abstract

Actually, water pollution (seas and rivers) is a problem that requires special attention and quick solution. The decontamination technique to be used is based on the use of minerals. The use of minerals that have the ability to absorb non-polar compounds (oils and retaining its derivatives) presents a particularly attractive. Among the mineral potential highlight the clay mineral vermiculite. By means of a treatment process the microwave energy is possible to obtain a material having adsorption characteristics, very effective separation and cleaning water contaminated with oil and reuse after a desorption process. Another important feature is due to the fact that vermiculite be a natural material, which makes the ecologically correct treatment process and without risk to the environment. The objective is to model and simulate a cavity for heat treatment of vermiculite clay, using an oven to domestic microwave. To solve the problem, it is required practical test on a home cavity to determine the power absorbed by a volume of water, and the distribution of power within the cavity. Then simulations were performed cavity using COMSOL Multiphysics the simulator in order to better understand the distribution of the electromagnetic field inside the cavity.

Introdução

A vermiculita, $(\text{Mg,Ca})_{0.4}(\text{Mg, Fe})_3(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro com uma estrutura micáceo-lamelar e clivagem basal. Suas propriedades de superfície, somadas aos elevados valores de área superficial específica, porosidade e carga superficial (negativa) fazem da vermiculita um material adequado para o uso como adsorvente ou como carreador [1] A vermiculita possui uma faixa de composições, que depende da composição da mica que a originou, da variação química durante o intemperismo e da troca iônica durante o processo de formação [2]

Sua baixa elasticidade, baixa densidade e elevadas capacidades de adsorção e absorção permitem que a vermiculita seja também usada na composição de materiais para embalagens de uma variedade de produtos industrializados. Essas moléculas de água, quando aquecidas, de forma rápida, a temperaturas elevadas, transformam-se em correntes de ar quente e causam aumento no volume do mineral[3]. Esse processo, chamado de expansão térmica, confere ao produto final múltiplas aplicações industriais. Na forma expandida a vermiculita é quimicamente ativa, biologicamente inerte, além de possuir baixa densidade.

A utilização da vermiculita como material adsorvente tem-se mostrado promissora, sendo utilizada na remoção de compostos orgânicos poluentes derramados em superfícies de águas doce ou salgada [4].

A energia de micro-ondas aquece seletivamente os materiais devido às diferenças na composição dos mesmos, diferentes propriedades dielétricas [3]. Essa é uma das vantagens que o aquecimento dielétrico apresenta com relação ao aquecimento convencional [5]. A energia de micro-ondas permite atingir temperaturas extremamente altas é um curto intervalo de tempo [6]. Os benefícios do uso dessa energia visa, além de aperfeiçoar o processo industrial, reaproveitar material não processado e reduzir a poluição do meio ambiente [7].

O tratamento térmico de dielétricos é realizado em cavidades fechadas semi-abertas. Cavidades multimodais são ideais como fornos. Um sistema assistido, é ideal para controlar o tempo de permanência do material na zona de aquecimento mais adequada.

Diante dos argumentos expostos, este trabalho tem como objetivo avaliar a modelagem de cavidade doméstica à micro-ondas, para otimizar a expansão de vermiculita.

Metodologia

Métodos

Distribuição de potência no interior da cavidade doméstica

Foi utilizado um forno Panasonic com 800 watts de potência, 28 litros (30,6x51x39,9cm), e o primeiro passo para modelagem foi verificar a potência e distribuição da potência dentro da cavidade.

Para tal procedimento foi utilizado o método calorimétrico, que consiste na inserção de uma certa quantidade de água dentro da cavidade e deixá-la aquecer durante um determinado tempo, em seguida mede-se a temperatura inicial e a temperatura após o aquecimento, e assim, pode-se determinar a energia absorvida pela massa de água, e consequentemente uma aproximação da potência fornecida pelo forno.

Simulação Eletromagnética e Aquecimento

A simulação foi feita a partir das dimensões reais da cavidade doméstica, ou seja, representando o volume da cavidade. Foi simulado uma amostra dentro da cavidade com o formato esférico. O simulador usado para o modelo do forno à micro-ondas foi o COMSOL Multiphysics, e foi modificado um modelo existente do mesmo.

Materiais

O material utilizado para as medições foram um termômetro de mercúrio, um béquer e o forno doméstico. Segue na figura 1 o material utilizado.



(a)



(b)

Figura 1 - (a) Imagem termômetro utilizado, (b) imagem do forno doméstico.

Resultados e Discussão

Experimentação com a cavidade doméstica

Para determinar a potência fornecida pelo forno, foi utilizado o método calorimétrico, que consiste em aquecer uma certa quantidade de água dentro da cavidade por um certo intervalo de tempo Δt , e observando o valor da temperatura inicial (θ_i) e final (θ_f) após o aquecimento pode-se determinar uma aproximação da potência fornecida pelo forno à micro-ondas. Para o realizar tal procedimento é necessário determinar os seguintes dados: a quantidade de energia recebida (E), massa da água inserida na cavidade (m) e a diferença entre a temperatura final e inicial ($\theta_f - \theta_i$).

Por fim, para determinar a potência absorvida pela água, segue a equação abaixo:

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad (1)$$

O bquer contendo 500 ml de água foi inserido dentro da cavidade durante 40s. Os resultados foram repetidos três vezes para melhor precisão do experimento. Os resultados estão representados na tabela 1:

Tabela 1 - Resultados da medição da potência forno domestico.

θ_i (°C)	θ_f (°C)	$\theta_f - \theta_i$ (°C)	E (J)	Δt (s)	Potência (W)
15.0	22.0	7.0	14.630	40	418.75
15.0	22.5	7.5	15.675	40	391.88
14.0	21.5	7,5	15.675	40	391.88
Média					400.84

Analisando o resultado, houve eficiência de 50%, devido a distribuição não uniforme do campo elétrico, o volume de água não consegue absorver totalmente o a potencia fornecida pelo forno. Afim de buscar os pontos onde o campo elétrico é mais intenso, foram feitas novas medições dentro da cavidade mudando o local do volume de água.

A distribuição foi feita posicionando o bquer da seguinte forma: passo de 12.75 cm de largura e um passo de 10cm de profundidade. A distribuição e os valores da potencia absorvida está representada na figura 2:

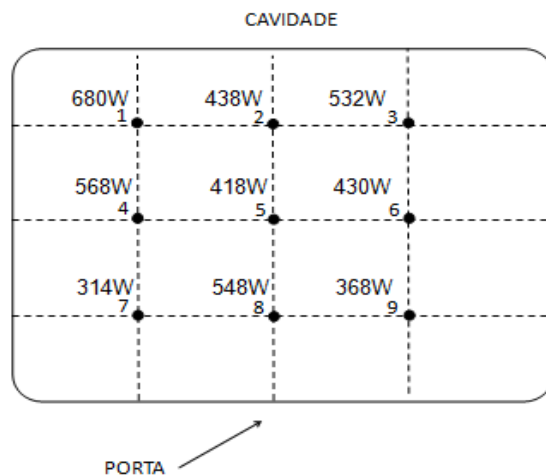


Figura 2 - Distribuição da potencia absorvida pelo volume de água dentro da cavidade.

Os pontos foram é numerados de 1 a 9, e é fácil observar que existe um intensidade campo maior entorno em torno do ponto 1, 2, 4 e 5 (*hotspot*), ou seja, uma melhor região para aquecimento de materiais.

Simulação da Cavidade Doméstica

O modelo COMSOL Multiphysics a ser discutido neste artigo é para o aquecimento à micro-ondas a 2,45 GHz, e a temperatura inicial da cavidade à 25 °C. Foi modificado um exemplo da biblioteca de modelos do COMSOL para realização desta simulação. A amostra aquecida foi mantida na forma de uma esfera a ser aquecida, e as propriedades do material são de uma argila. Ver tabela 2.

Tabela 2 - Propriedades da Amostra.

Condutividade Térmica	k	0.55 S/m
Calor Específico	Cp	3.64e3 J/(kg*K)
Massa Específica	ρ	1050 Kg/m³
Condutividade Elétrica	σ	0 S/m
Permissividade	ε' - ε''*j	30 - 8*j
Permeabilidade	μ' - μ''*j	1 - 0.001*j

Na ausência de valores de permeabilidade na temperatura ambiente, foi utilizado os valores da Tabela 2. A condutividade elétrica é efetivamente zero. Os valores da condutividade térmica e calor específico foram mantidos os mesmo valores do modelo do COMSOL. A valor da condição inicial inserido no modelo foi de 25 °C.

A simulação, inicialmente utilizando um forno de 800 watts (potência de entrada), obteve um aquecimento de 400 watts, ou seja, 50% de eficiência determinada pelas medidas calorimétricas dos resultados simulados. Na figura 3 é um simulação de distribuição da temperatura através da amostra esférica. O aquecimento nesta dada região da cavidade não é muito uniforme, existindo gradientes de temperatura consideráveis. Após 5 segundos, porções na amostra atingiram 56 °C, um ganho considerável de temperatura.

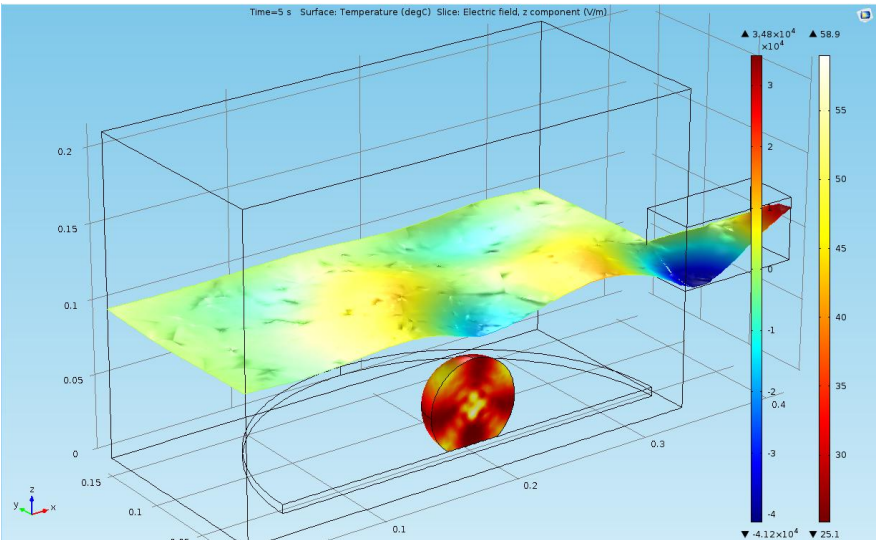


Figura 3 - Distribuição da temperatura na amostra e intensidade do campo elétrico na direção z.

O aquecimento desigual na amostra é causado por uma intensidade de campo elétrico não uniformemente distribuído dentro do forno, como é averiguado pela figura 4. Por este motivo o alimento é girado dentro de um forno doméstico, afim de que o alimento percorra as regiões onde há maior intensidade de campo elétrico. A utilização mais eficiente de cavidade para aquecimento é necessário maximizar o desenho do forno, rotacionar a amostra ou inserir um agitador de modos dentro da cavidade.

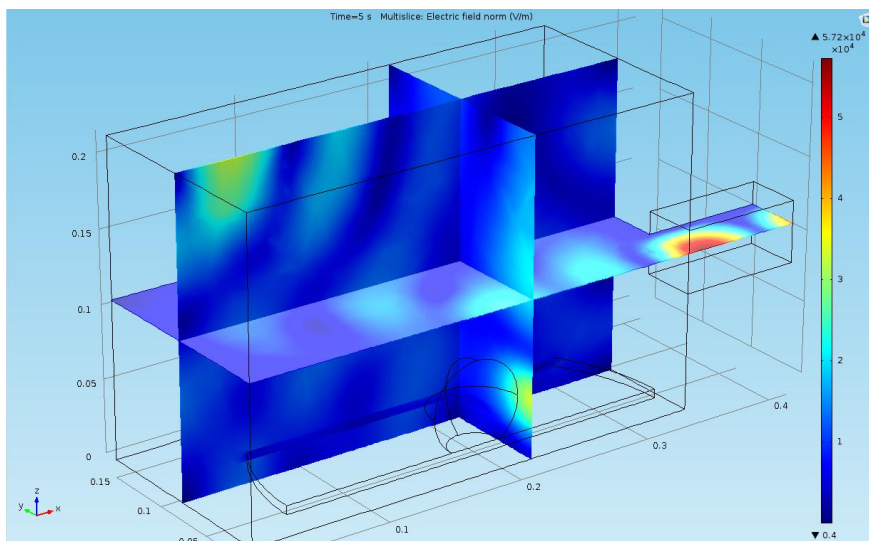


Figura 4 - Distribuição da intensidade do campo elétrico dentro da cavidade.

Como pode ser visualizado na figura 3, a intensidade do campo elétrico próximo amostra é em torno 2.5×10^4 V/m, portanto, a amostra está próxima a um *hotspot* dentro da cavidade.

Para se obter relação melhor do aumento da temperatura em relação a potencia de entrada na cavidade, foram simuladas, na figura 5, três curvas com potencias diferentes, 800, 1000 e 1500 watts, durante um intervalo de tempo de 30 segundos.

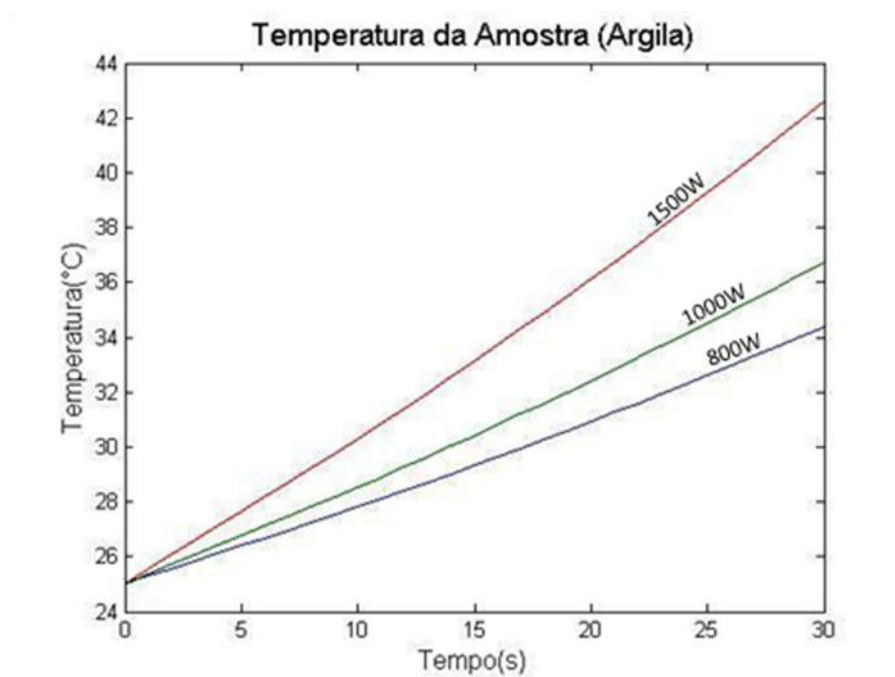


Figura 5 - Temperatura da amostra em relação a potencia de entrada na cavidade.

Observa-se que quanto maior a potencia injetada na cavidade, a taxa de aumento da temperatura da amostra aumenta com tempo. No decorrer de 30 segundos houve um acréscimo 17 °C com um potencia de entrada de 1500 watts.

Contudo, como não se conhece as propriedades dielétricas em relação a temperatura da vermiculita, os cálculos não podem ser mais precisos. Para temperaturas mais elevadas o gráfico da figura 5 não terá o comportamento linear.

Conclusões

Os resultados obtidos evidenciam que aplicação de energia de micro-ondas para tratamento térmico da argila vermiculita é complexo, mas possível com o estudo para melhorar a eficiência de aquecimento, e melhorar a intensidade do campo na amostra por meio de assimetrias na estrutura da cavidade.

É evidente a necessidade do conhecimento das propriedades dielétricas do material a ser tratado (vermiculita), afim de saber o comportamento da amostra no interior da cavidade.

Todavia, com os resultados observados, o aumento de temperatura na amostra foi considerável, uma variação de 17° C em 30 segundos. Portanto, a viabilidade da utilização da vermiculita para remediação de águas contaminadas por hidrocarbonetos torna-se viável, devido a suas características de adsorção e a melhora no tratamento térmico da mesma, tornando a utilização de energia de micro-ondas indispensável para tratamento o térmico.

Agradecimentos

À ANP, à Petrobras e ao PRH-45 pelo financeiro e ao LEMA (Laboratório de Eletromagnetismo e Micro-ondas Aplicados) pelo fornecimento dos materiais e pela licença do simulador COMSOL Multiphysics.

Referências Bibliográficas

- [1] REICHENBACH H.G., Beyer J., Dehydration and Rehydration of Vermiculites: IV-Arrangement of Interlayer Components in the 1.43 nm and 1.38 nm Hydrates of Mg-vermiculite, Clay miner. Vol.29, pp. 327–340, 1994.
- [2] UGARTE J.F., Sampaio J.A., França S.C.A., Vermiculita, Cap.32, pp.677-698, CT2005-143-00, CETEM 2005.
- [3] Ferraz, C.P., Vermiculita, Um Importante Mineral Industrial, in: I Simpósio de Mineração, n°32, EDUSP, São Paulo, 1971.
- [4] França, S.C.A., Utilização da Vermiculita como Adsorvente de Compostos Orgânicos Poluentes, Relatório Técnico, Cetem/MCT 20p, 2001.
- [5] Burmeister, L.C., Convective Heat Transfer, John Wiley, 1983.
- [6] Metaxas A.C. and Meredith R.J., Industrial microwave heating, Peter Peregrinus, London, 1983.
- [7] Dos Anjos, I.F. et al, Effects of microwave power on the exfoliation of vermiculite, trabalho aceito no PIERS Stocholm 2013.