Unisanta Science and Technology, **2015, 6, July**
Published Online 2015 Vol.4 N°1 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Verificação da Possível Utilização do Fosfogesso como Isolante Térmico para Diversos Fins

Thyrson Niênio Rodrigues Sousa, Aldo Joao Alberto, Hermes Cancio dos Santos, Aldo Ramos Santos, Karina Tamião Campos Roseno, Deovaldo de Moraes Jr

Unisanta – Universidade Santa Cecília –Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica -PPGEMec
Rua Oswaldo Cruz, 266- Santos-SP, Brasil
E-mail*:* thyrson@uol.com.br
Received may, 2015

Resumo: Este artigo tem como objetivo demonstrar os resultados da análise experimental, no Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Santa Cecília, quanto ao uso do resíduo industrial fosfogesso, como aplicação em isolamento térmico.

Palavras chave: Fosfogesso, Reaproveitamento de Resíduo Industrial, Isolante Térmico

Verification of possible use of Phosphogypsum as thermal insulator for various purposes

Abstract: This article aims to demonstrate the results of the experimental analysis, the Unit Operations Laboratory of Santa Cecilia University, regarding the use of industrial waste phosphogypsum as application in thermal insulation.

Keywords: Phosphogypsum, Reuse of Industrial Waste, Thermal Insulation

1. Introducão

O Fosfogesso é uma denominação dada ao gesso de origem química. Ele é gerado no processo de fabricação de fertilizantes, quando a rocha fosfática é atacada por ácido sulfúrico (por um processo de via úmida), o resultado é o fosfogesso e o ácido fosfórico, que serve de base para os fertilizantes fosfatados (Santos 2001).

O fosfogesso é um material de cor amarelada, de aspecto sólido particulado (pó), umidade de 0,94% e pH (solução a 50%) de 6,88.

Processo ilustrado na Figura 1 e na Equação 1 é demonstrado à reação química da qual resulta o fosfogesso.



Figura1: Demonstração ilustrada da obtenção do ácido fosfórico e fosfogesso.

Copyright © 2015 ISESC.

$$[Ca_3(PO_4)_2]_3.CaF_2 + 10H_2SO_4 + 20H_2O \rightarrow 10CaSO_4.2H_2O_{(s)} + 6H_3PO_4 + 2HF \quad (1)$$

Sendo:

$[Ca_3(PO_4)_2]_3.CaF_2$ = Rocha Fosfática
$10CaSO_4.2H_2O_{(s)}$ = fosfogesso

Como o fosfogesso é um subproduto, que é considerado resíduo inerte e não representa grandes riscos ao meio ambiente, mas ele deve ser descartado em aterros apropriados de acordo com as resoluções 307/2002, 313/2002 e452/2012do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e também NBR10004/2004. Resoluções essas que determinam que o gerador deva garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, também determinam o projeto de impermeabilização e também um projeto estrutural das montanhas de fosfogesso. Deve ser assegurado em todos os casos em que sejam possíveis, as condições de reutilização e reciclagem deste material.

O Brasil possui um estoque de fosfogesso de cerca de 150 milhões de toneladas, tendo uma produção anual de cerca de 5 milhões de toneladas (KANNO, 2008). A tendência é de aumento da produção, pois a indústria de fertilizantes tem uma tendência de crescimento.

Atualmente diversas pesquisas têm sido desenvolvidas usando o fosfogesso como material base para diversas aplicações. Este artigo demonstra os resultados obtidos ao se determinar a constante de condutividade térmica do fosfogesso, com o intuito de utilizá-lo como isolante térmico na construção civil e industrial.

2. Material e Métodos

Para a determinação da condutividade térmica do fosfogesso, foi realizado um experimento voltado para a condução de calor através de uma parede cilíndrica. O resultado esperado é obter o coeficiente de condutividade térmica do fosfogesso e compará-lo com outros materiais isolantes térmicos, dados estes obtidos através de pesquisa bibliográfica. O dispositivo foi projetado, confeccionado e montado no Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Santa Cecilia (UNISANTA).

O dispositivo é constituído pelos componentes demonstrados no desenho esquemático da figura 2.

Foi realizado um experimento com os seguintes materiais do dispositivo:

– Um Amperímetro/voltímetro, uma tampa de fixação para os termopares e uma resistência para o aquecimento do fosfogesso (furo central), um cilindro metálico onde fica armazenado o fosfogesso, três termopares para a medição das temperaturas com as seguintes distâncias entre raios: r1 = 14 mm; r2 = 23 mm e r3 = 33 mm, um cronometro digital, para medir o tempo de cada 10 minutos e medir a temperatura de amostragem no indicador digital de temperatura.

Não foram utilizados o banho termostatizado e a jaqueta térmica que servem para manter uma temperatura controlada durante o teste, ou seja, esse experimento sofreu efeitos externos de temperatura – condições ambientais.

3. Resultados

Na transmissão de calor para determinar à condutividade térmica do fosfogesso em um cilindro adotando-se regime permanente, (Equação2) com fluxo de calor unidimensional e perpendicular a parede utiliza-se da primeira Lei de Fourier dada por (KREITH, 1977):

$$q^o = -kA\frac{dt}{dx} \quad (2)$$

Sendo:

q^o– fluxo de calor ou taxa de transferência de calor na direção x (kcal/h);

k – coeficiente de condutividade térmica, sendo uma propriedade importante de qualquer material seja sólido, líquido e gasoso (kcal/h.m.K);

A – a área de secção transversal ao fluxo térmico (m^2);

$\frac{dT}{dx}$– gradiente de temperatura negativo, pois T2 < T1 - (K/m).

Utilizando a Equação 2 para a determinação da condutividade térmica em regime permanente e utilizando os últimos dados da planilha de coleta de dados das temperaturas nos pontos de tomada dos termopares como também considerando os pontos onde as temperaturas analisadas permaneceram estabilizadas obtemos os seguintes resultados de k na Tabela 1.

Copyright © 2015 ISESC

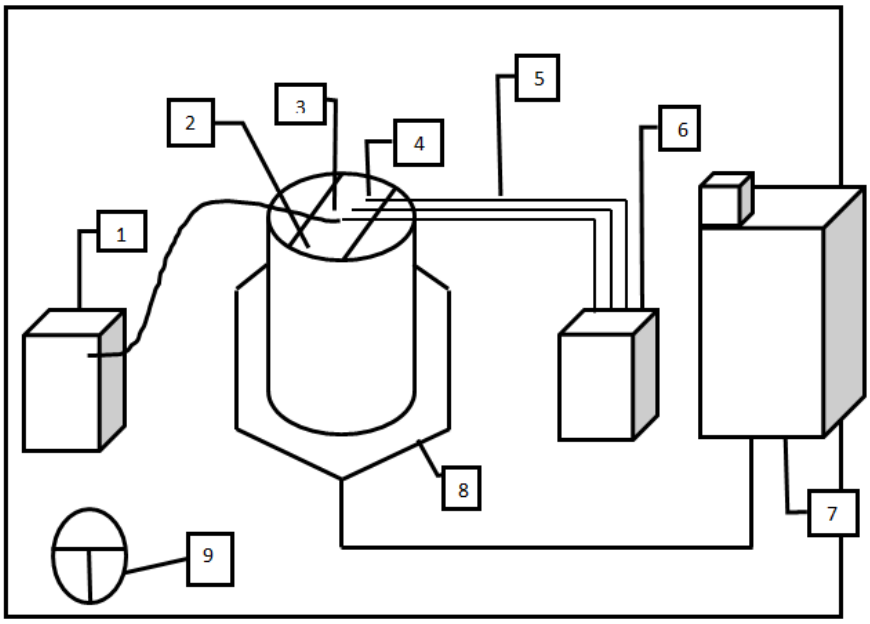

Figura 2 – Fluxograma do processo: 1 - Amperímetro/Voltímetro; 2 – tampa do cilindro com orifícios para a fixação dos termopares e da resistência (furo central); 3 – orifício central onde vai a resistência; 4 – cilindro metálico; 5 – três termopares para a medição de temperatura; 6 – indicador digital de temperatura; 7 – banho termostatizado; 8 – jaqueta térmica; 9 – cronômetro digital.

Tabela 1: Dados obtidos no experimento.

t(min)	V(volts)	I(A)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	K (com T1-T3) W/m.°C	K (com T2-T3) W/m.°C	K (com T1-T2) W/m.°C
0	9	2,14	26,8	25	20,8	2,086	1,255	4,026
10	9,1	2,13	40,7	37,3	26,7	0,900	0,500	2,145
20	9,1	2,12	50,6	46,9	34,7	0,788	0,433	1,962
30	9,1	2,11	57,7	52,9	40,2	0,713	0,414	1,505
40	9,1	2,11	63,9	58,4	44	0,627	0,365	1,313
50	9,1	2,11	68,2	62,3	46,2	0,567	0,326	1,224
60	9,1	2,10	72,3	66	48,3	0,517	0,295	1,141
70	9,1	2,10	75,7	69,2	50,4	0,491	0,278	1,106
80	9,1	2,10	78,8	72	52,3	0,469	0,265	1,057
90	9,1	2,10	81,8	74,6	54,1	0,448	0,255	0,999
100	9,1	2,10	84,6	77,2	56	0,434	0,247	0,972
110	9,1	2,09	86,7	79,2	57,4	0,422	0,239	0,954
120	9,1	2,09	88,6	81	58,8	0,415	0,234	0,942
130	9,1	2,09	90,4	82,6	60,1	0,408	0,231	0,917

Copyright © 2015 ISESC

Substituindo os valores da tabela 1 na equação de Fourier (2) obteve-se o valor da condutividade térmica média do fosfogesso detectada em cada sensor do dispositivo.

$K_{médio}$ (T1-T3) = 0,663235 W/m.K

$K_{médio}$ (T2-T3) = 0,381243 W/m.K

$K_{médio}$ (T1-T2) = 1,44738 W/m.K

Obtendo a média dos $K_{médios}$ pode-se conseguir o resultado final do $k_{médio\ total}$ conforme a seguir:
$K_{médio\ total}$ = 0,83061 W/m.K

Nota-se que o $k_{médiototal}$ está com um valor muito acima da condutividade térmica ideal para materiais isolantes ao compararmos a condutividade térmica do fosfogesso com materiais utilizados como isolantes térmicos industriais – como, por exemplo, alguns dos mais utilizados são: a lã de rocha, lã de vidro, poliestireno expandido moldado, poliestireno extrudado e espuma rígida de poliuretano. Observando na Tabela 2 o fosfogesso está com um valor de condutividade térmica mais próxima do concreto e do vidro do que de materiais isolantes mais comumente utilizados na indústria.

Com o resultado obtido através do experimento, conclui-se que o fosfogesso não serve como substituto de baixo custo para materiais isolantes térmicos.

Tabela 2: Condutividade Térmica

Valores para diamante são de CRC HandbookofChemistryandPhysics.
* Dados são de Young, Hugh D., University Physics, 7th Ed. Table 15-5.
** Dados obtidos na NBR 15220 – Anexo B – Tabela

Material	**Condutividade Térmica (W/m K)**
Diamante	1000
Prata*	406,0
Concreto*	0,8
Vidro comum*	0,8
Fibra de vidro*	0,04
Poliestireno*	0,033
Madeira*	0,12 - 0,04
Areia seca**	0,30
Argamassa comum**	1,15
Lã de rocha**	0,045
Lã de vidro**	0,045
Poliestireno expandido moldado**	0,040
Poliestireno extrudado**	0,035
Espuma rígida de poliuretano**	0,030

Copyright © 2015 ISESC

3. Discussão

Foi detectado que o $k_{\text{médio total}}$ do experimento está muito acima dos valores de condutividade térmica dos materiais isolantes (lã de rocha, lã de vidro, poliestireno e espuma rígida de poliuretano), a condutividade térmica do fosfogesso está mais próxima do concreto e do vidro, portanto o fosfogesso não serve para ser utilizado como isolante térmico na indústria, mesmo sofrendo influências externas por causa do experimento não ter utilizado o banho termostatizado e a jaqueta térmica que mantém uma temperatura de controle constante, conforme o exigido pela NBR 15220.

4. Conclusão e Sugestões

É importante o uso da tecnologia para o emprego de pesquisa para o aproveitamento do fosfogesso, que hoje é considerado como um resíduo industrial da extração do ácido fosfórico e um problema ambiental. Infelizmente ele não serve como isolante térmico, conforme demonstrado no experimento. Somente através de pesquisas e estudos com o fosfogesso misturado ou em substituição ao cimento, concreto de alto desempenho, fabricação de blocos, ou até mesmo como gesso, conforme mencionado no artigo do site inovações tecnológicas, com isso se pode demonstrar alguma utilidade a esse resíduo. Somente através dessas novas ideias e pesquisas para criar novas soluções para o seu emprego industrial e residencial.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação, p. 01-71. 2004. Disponível em: http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf.Acesso em: 24/06/2014.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas.NBR 15220 - Anexo B e Tabela B3, Disponível em:http://www.engenharia.pro/papers/NBR_15220.pdf. Acesso em: 24/06/2013.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Ministério do Meio Ambiente. Resoluções307/2002, 313/2002 e 452/2012 e as demais orientações ambientais estão disponíveis em: http://www.mma.gov.br/port/conama. Acesso em: 26/06/2014

CRC HandbookofChemistryandPhysics, Disponível em:http://www.fptl.ru/biblioteka/spravo4niki/handbook-of-Chemistry-and-Physics.pdf. Acesso em 22/06/2014

KANNO, W. M, Agência USP - Fosfogesso pode ser solução para habitações populares. Disponível emhttp://www.crea-rj.org.br/blog/fosfogesso-pode-ser-solu%C3%A7%C3%A3o-para-habita%C3%A7%C3%B5es-populares/.Acesso em 22/06/2014

KREITH, F. Principles of Heat Transfer**.** Livro. USA: Ed 7. Brooks/cole, 2011.

SANTOS, A.R. Análise termoeconômica do processo de transformação química do fosfogesso em torta carbonatada ou torta hidróxido. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. 2001. Escola Federal de Engenharia de Itajubá / EFEI. Itajubá-MG.

YOUNG, Hugh D., University Physics, 7th ed. Table 15-5

Copyright © 2015 ISESC