Unisanta Science and Technology, **2014, 16, December**
Published Online 2014 Vol.3 N°2 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Análise de ganho de Energia em Tanques de Processo usando Isolamento Térmico da Superfície do Liquido com Esferas Plásticas

Antonio Pousa Neto, Marcilio Dias Lopes, Paulo Rogério Meneses de Sousa, Vitor da Silva Rosa, Eliane da Silva Gois, Thiago Cilli e Deovaldo de Moraes Jr

Unisanta – *Universidade Santa Cecília – Departamento de Pós-Graduação*
Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica
Rua Oswaldo Cruz- Santos-SP, Brasil
E-mail: *deovaldo@unisanta.br*
Received march, 2014, *revised may,* 2014

Resumo: Tanques de processo que possuem superfície aberta são largamente utilizados na indústria química e petroquímica. Quando estes tanques estão preenchidos com líquidos quentes, existe um desperdício de energia, devido à perda de calor para o ambiente através de convecção, radiação e evaporação. Este trabalho avalia a eficiência do isolamento térmico da superfície do liquido através da instalação de esferas plásticas. A unidade experimental consistiu de um tanque de 50L, trocadores de calor e esferas Douglas de 25mm. Utilizou-se água como fluido quente, com vazão na faixa de 1,0 a 1,55L/min e temperatura na faixa de 55 a 66°C. Os resultados encontrados permitem afirmar que é possível recuperar até 85% do calor transferido.

Palavras chave: Esferas; evaporação; tanques, energia.

Analysis of gain of Energy in Process tanks using thermal insulation of Liquid surface with Plastic Balls

Abstract: Process tanks which have an open surface are widely used in the chemical and petrochemical industry. When these tanks are filled with hot liquids, there is a loss of energy due to heat loss to the environment by convection, radiation and evaporation. This study evaluates the effectiveness of the thermal insulation of the surface of liquid through the installation of plastic balls. The experimental unit consisted of a 50 L tank, heat exchangers, Douglas balls of 25 mm. Water was used as a hot fluid, with flow in the range of 1.0 to 1.55 L/min and temperature range 55-66°C. The results allow affirming that it is possible to recover 85% of the heat transferred.

Keywords: Balls; evaporation; tanks, energy.

1. Introdução

De acordo com Byrne (1983), o problema das perdas de calor em tanques abertos, cheios de líquido quente é tão antiga quanto a própria indústria. Segundo Carpenter e Kissock (2007), os tanques de processo com superfície aberta são uma fonte de perda de energia, devido à perda de calor para o ambiente através de convecção, radiação e evaporação. A evaporação e as perdas de calor podem ser reduzidas de várias maneiras tais como: reduzir a temperatura e a área exposta do líquido, minimizar o fluxo de ar

Copyright © 2014 ISESC.

ao redor do tanque ou instalar uma cobertura isolante na parte superior (US DOE 2002).

A adição de pequenas esferas flutuantes na superfície do líquido é uma técnica prática e eficiente de isolamento para mitigar esta perda de energia. Com o diâmetro do tanque 3 vezes maior que o diâmetro das esferas ocorre a formação de um hexágono (Figura 1). Nesta condição, longe da parede do tanque, corresponde a 90% da área de superfície do líquido. O atrito entre as esferas mantém o arranjo hexagonal mesmo com a turbulência do ar ou do líquido e as variações de níveis do tanque. (HAGEN, 1967).

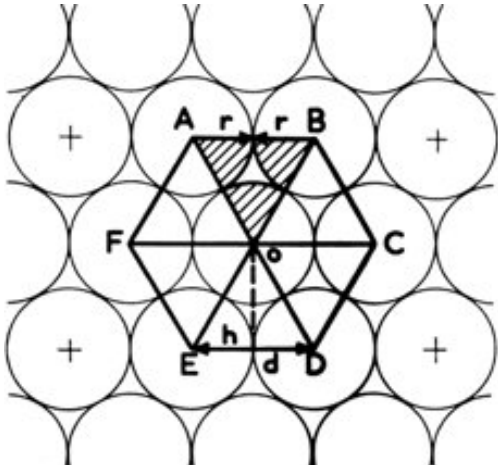


Figura 1 Área coberta pelas esferas (ALLPLAS, 2013).

O trabalho teve por objetivo quantificar a recuperação do calor transferido pela adição de esferas flutuantes na superfície da água em um tanque em escala de bancada.

2. Materiais e Métodos

Fundamentação teórica

O fluxo total de calor foi calculado a partir da Equação 1.

$$q = m.cp.\Delta T \quad (1)$$

Sendo q a taxa de transferência de calor em kcal/h, m a vazão mássica de água admitida no tanque em kg/h, cp o calor específico da água em kcal/(kg ºC) e ΔT a diferença de temperatura entre a entrada e a saída de água no tanque em ºC.

Foi realizada uma comparação entre o calor fornecido à água, com e sem o uso das esferas, mantendo constante a temperatura do fluido na saída do tanque.

Material

A unidade experimental foi composta por um tanque cilíndrico de acrílico com volume útil de 50 L e diâmetro de 400 mm; dois trocadores de calor de 2000W cada; esferas de polipropileno, para suportar as temperaturas utilizadas no estudo, de 25 mm de diâmetro; tubulações de polimetil-metacrilato (acrílico); válvulas de bloqueio; termômetros de vidro e um rotâmetro. A Figura 2 apresenta o esboço da unidade experimental e a Figura 3 as esferas utilizadas.

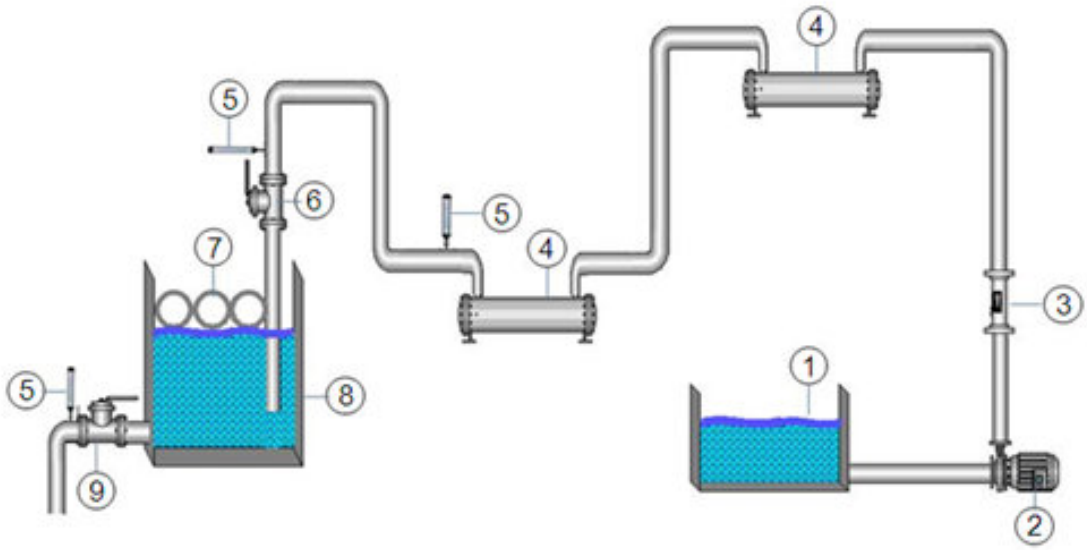


Figura 2 - Unidade experimental. 1) tanque pulmão; 2) bomba centrífuga; 3) rotâmetro; 4) trocador de calor; 5) termômetro; 6) válvula de bloqueio; 7) esferas; 8) tanque do processo (cilíndrico); 9) válvula de saída do tanque;

Copyright © 2014 ISESC.



Figura 3 – Esferas Douglas

3. Método

O tanque de processo (8 - Figura 2) foi alimentado com água, tendo sua vazão quantificada por rotâmetro e temperatura controlada por trocador de calor, sendo posteriormente descartada do processo pela válvula de fundo do tanque. As leituras das temperaturas de entrada e saída da água foram registradas a cada 10 minutos e a duração de cada experimento foi de 70 minutos.

Os ensaios foram realizados com temperaturas de 55°C a 66°C e com vazões de 1,0 L/min a 1,55 L/min.

Em cada par de experimentos, com e sem esferas, a temperatura do fluido na saída do tanque foi mantida constante para possibilitar a comparação entre as temperaturas de entrada.

4. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos cálculos do calor transferido e a correspondente porcentagem de recuperação.

Tabela 1 - Resultados obtidos nos ensaios.

	1 LPM - 66°C				1,2 LPM - 62°C				1,55 LPM - 55°C			
Tempo [min]	Q [cal/h] c/ esfera	Q [cal/h] s/ esfera	Q [cal/h] recupera	% recupera	Q [cal/h] c/ esfera	Q [cal/h] s/ esfera	Q [cal/h] recupera	% recupera	Q [cal/h] c/ esfera	Q [cal/h] s/ esfera	Q [cal/h] recupera	% recupera
0	432	192	240	56%	238	86	151	64%	428	186	242	57%
5	444	192	252	57%	288	115	173	60%	428	167	260	61%
10	420	264	156	37%	346	130	216	62%	409	186	223	55%
15	360	240	120	33%	446	158	288	65%	409	167	242	59%
20	372	192	180	48%	389	173	216	56%	391	177	214	55%
25	372	180	192	52%	331	130	202	61%	391	167	223	57%
30	360	120	240	67%	389	173	216	56%	428	167	260	61%
35	384	120	264	69%	403	173	230	57%	409	130	279	68%
40	360	108	252	70%	418	173	245	59%	372	130	242	65%
45	336	48	288	86%	475	144	331	70%	353	112	242	68%
50	348	108	240	69%	461	144	317	69%	298	112	186	63%
55	348	96	252	72%	403	130	274	68%	353	112	242	68%
60	360	96	264	73%	446	72	374	84%	279	93	186	67%
65	324	48	276	85%	475	72	403	85%	298	93	205	69%
70	324	48	276	85%	475	72	403	85%	298	93	205	69%

Copyright © 2014 ISESC.

A partir dos dados obtidos, foi possível relacionar a porcentagem de recuperação de calor com a temperatura da água de alimentação (Figura 4) no regime permanente com 65 e 70°C.

Os resultados apontam para uma redução de até 85% para temperaturas de 62°C e 66°C na alimentação do tanque. De acordo com Sonawane (2013), a tabela 2 mostra valores de redução de energia que foram similares aos resultados encontrados neste experimento.

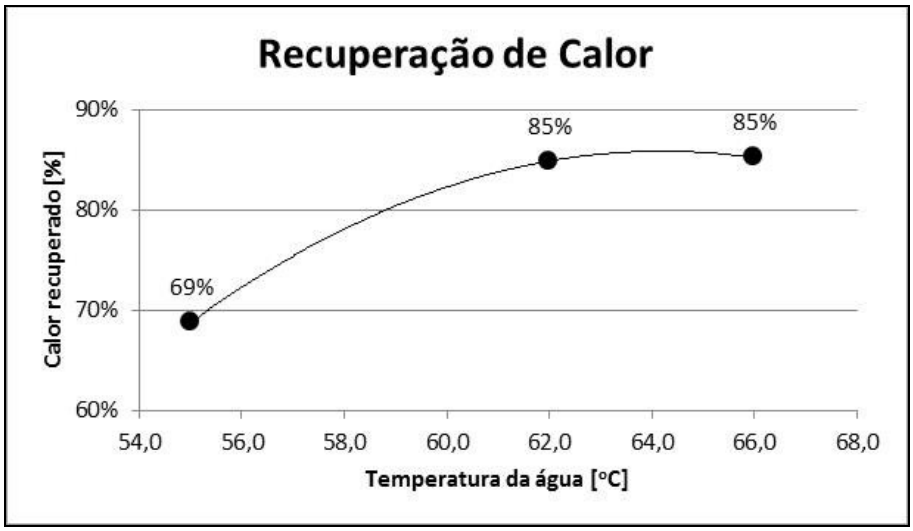


Figura 4. Recuperação de calor em função da temperatura de água.

Tabela 2 Recuperação de energia.

Recuperação de perda de líquido e calor									
Teste com tanque nas dimensões: 600 mm Largura, 1850 mm comprimento e 1000 mm altura.	Superfície Aberta			1 Camada Esferas de 38 mm			2 Camada Esferas de 38 mm		
Temperatura média de superfície [°C]	90	70	50	90	70	50	90	70	50
Consumo de energia em [Kwh/h]	10.73	4.61	1.61	2.70	1.31	0.60	2.04	0.76	0.51
Porcentagem de Energia recuperada	-	-	-	75%	71%	65%	81%	76%	70%
Evaporação [Litros/m^2/h]	13.05	4.97	1.45	1.67	0.41	0.14	1.28	0.38	0.13
Porcentagem de Evaporação recuperada		-	-	87%	91%	90%	90%	92%	91%
		-							

Copyright © 2014 ISESC.

5. Conclusões

A cobertura superficial de esferas forneceu uma barreira extremamente eficaz e reduziu significativamente a transferência de massa e calor entre o líquido e o ambiente. A baixa condutividade térmica do plástico gerou um isolamento térmico muito eficaz. As bolsas de ar entre as esferas também contribuíram para este sistema de isolamento, ajudando a reduzir as perdas de calor e a transferência de massa.

O ganho de energia na indústria pode ser bem maior que o encontrado no experimento, uma vez que as condições atmosféricas são mais desfavoráveis. O vento, como exemplo, aumenta a transferência de calor e a perda de energia quando os tanques estão sem isolamento de superfície.

Este sistema de cobertura por esferas pode, em função de ensaios a serem realizados, adicionar outros ganhos além da recuperação de energia, como por exemplo, a redução de odores e corrosão e a mitigação da emissão de gases tóxicos e inflamáveis.

6. Referências Bibliográficas

ALLPLAS **Floating Balls**; http://www.ritter-chemie.com/sites/default/files/ pdf-dokumente/ALLPLAS%20Broch.%20GB%2007.pdf. Consultado em 10/09/2014.

SONAWANE, ATUL ProcHeat_OpenTanks, Aug 07, 2013 .

BYRNE, T. J.; Proceedings from the Fifth Industrial Energy Technology Conference, New Jersey. Volume II, Houston, TX, April 17-20, 1983.

TAVARES M. M., V. R. Santos, Heat Efficiency of Static Mixer Type LPD in a Dual-Tube Heat Exchanger - *Unisanta Science and Technology*, ISSN 2317-1316 Vol.3 No1, 2014.

CARPENTER, K.; KISSOCK, K.; The use of Hollow Plastic Balls as Energy Conservation Devices in Heated Open Tanks; Energy Efficient Process Heating: Insulation and Thermal Mass; Department of Mechanical and Aerospace Engineering; University of Dayton, 2007.

US DOE; U.S. Department of Energy, Washington, DC;http://www.swagelokenergy.com/download/COV_0006.PDF, 2002. Consultado em 10/09/2014.

TAVARES V.A., K. T.C. Roseno, D. Moraes Jr, A. R. Santos Engine/fan to the experimental unit of pneumatic conveying in diluted phase: displacement of soya beans - *Unisanta Science and Technology*, ISSN 2317-1316 Vol.3 No1, 2014

Copyright © 2014 ISESC.