

Avaliação e otimização de um sistema de refrigeração industrial

Laura da Silva Dembogurski^{1,2}, Pedro Juarez Melo¹

¹ Departamento de Engenharia Química/UFRGS, ² Engenharia Química IC

Introdução

As indústrias de processos químicos fazem uso dos sistemas de refrigeração para realizar uma série de operações, tais como: conservação de alimentos, separação de gases, condensação de vapores, remoção do calor de reações exotérmicas e produção de água gelada. Os sistemas de refrigeração mais usados nas indústrias são baseados em ciclo de compressão de vapor, onde são usados diversos fluidos refrigerantes para obtenção das temperaturas necessárias ao processo. O uso de água gelada como fluido de resfriamento na remoção de calor de reação é uma prática corrente nas indústrias de processamento.

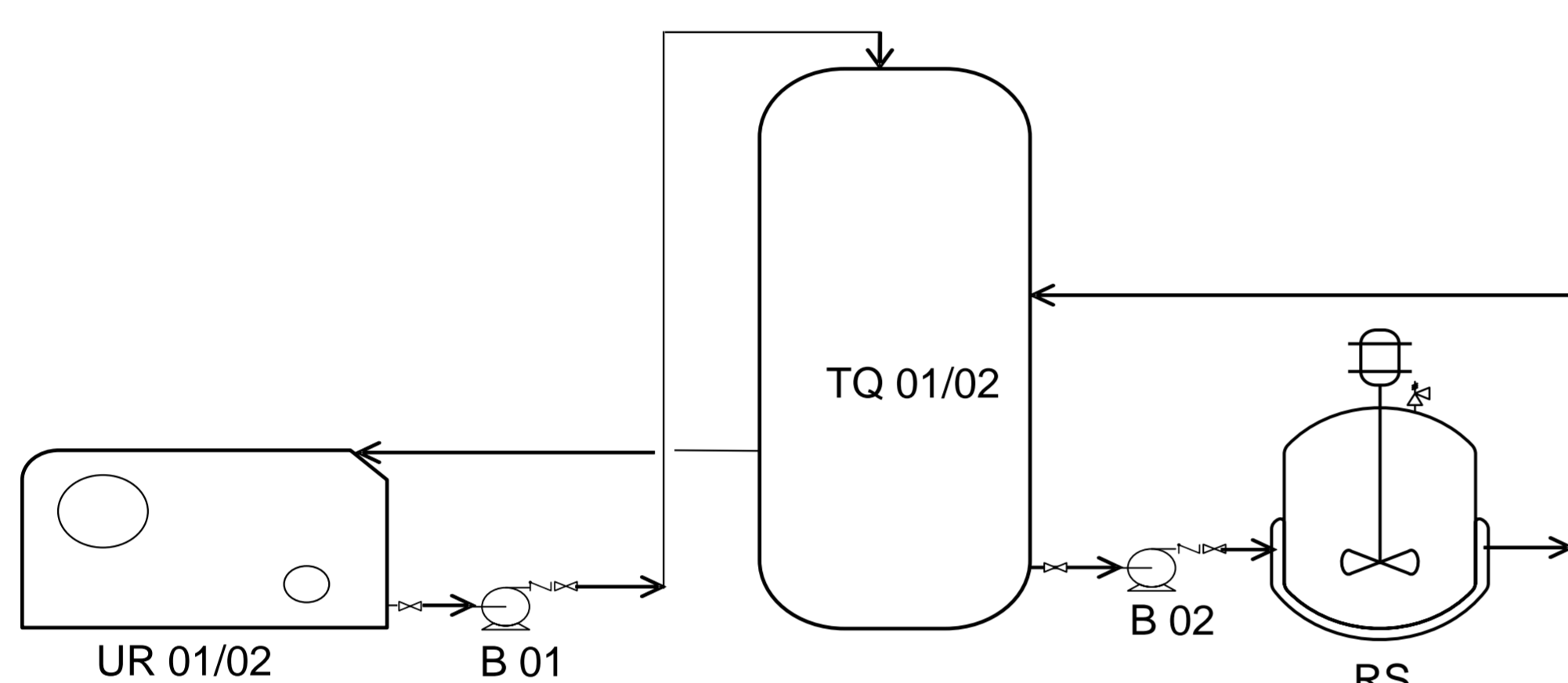


Figura 1 – Fluxograma simplificado da Unidades de refrigeração (UR); Tanques de água gelada (TQ); Reator de síntese (RS) e Bombas centrífugas (B).

O fluxograma simplificado, mostrado na figura 1, apresenta de forma resumida os principais equipamentos que compõem a unidade de produção de derivados de extrato vegetal e o sistema de resfriamento para controle da temperatura de reação. Os equipamentos de processo são: um reator de síntese (RS) com capacidade de 800L, dois tanques de água gelada (TQ) com capacidade de 19,5m³, duas unidades de refrigeração (UR) com capacidade de 60TR e duas bombas centrífuga (B) com capacidades individuais de 28m³/h.

Experimental

Para avaliar o sistema de refrigeração de uma empresa produtora de derivados de extratos vegetais foram realizados vários testes de desempenho da unidade de refrigeração, utilizado na produção de água gelada, entre os meses de dezembro a fevereiro que corresponde ao período mais crítico devido às altas temperaturas ambiente.

Nos resultados dos testes de monitoramento, temperaturas x tempo, mostrados na figura 2, foram considerados os valores médios devido à duplicidade dos equipamentos que são: dois tanques de água gelada, duas unidades de refrigeração e duas torres de resfriamento de água. A figura 2 mostra os valores da variação da temperatura da água dos tanques versus tempo, sem o funcionamento do reator, para avaliar o consumo de energia para o resfriamento do estoque de água.

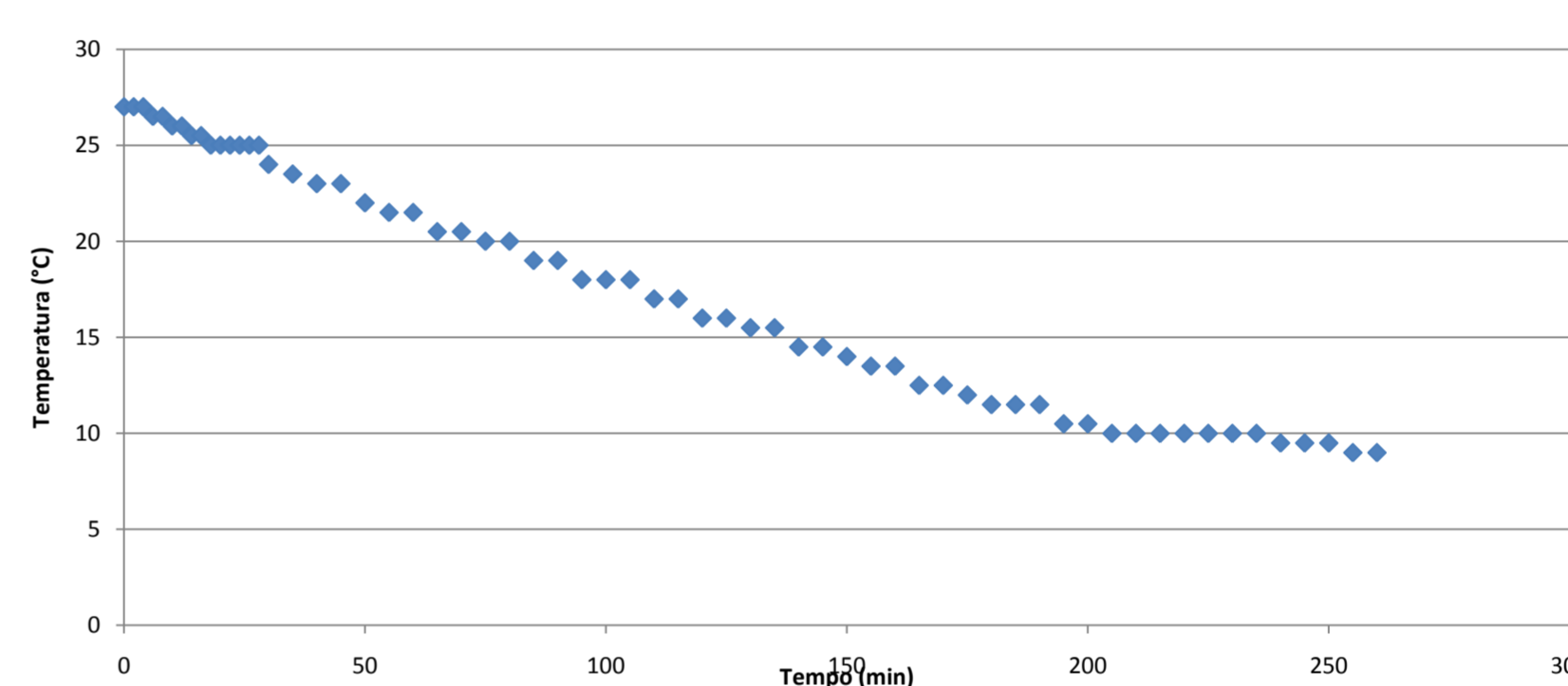


Figura 2 – Temperatura média da água gelada armazenada nos tanques X tempo de funcionamento da máquina de refrigeração

Conclusão

Para determinar a quantidade de calor liberado durante a reação no reator da unidade industrial, foi necessário estimar as entalpias das reações em laboratório, onde foram realizados vários testes em um calorímetro. Onde foi observado que a liberação de calor na reação de síntese do produto A, nas condições atuais, é aproximadamente 3,5 vezes a potência frigorífica nominal instalada (das máquinas de água gelada), o resfriamento do reator é garantido pelo estoque de água gelada que é armazenado nos tanques, antes do início da reação. Portanto a unidade de resfriamento está operando no limite máximo da sua capacidade. Nas condições de produção do produto B, após o aumento de capacidade, o calor liberado na reação será de aproximadamente 7,5 vezes superior a capacidade de refrigeração nominal instalada atualmente. Portanto, esta ordem de grandeza deve ser acrescida ao atual sistema de produção de água gelada para garantir a remoção do calor da reação, após o aumento da capacidade.

Referências

- BRANAN, C. *Rules of Thumb for Chemical Engineers*. Houston, Texas: Ed.: Gulf Publishing Company, 1998.
- STOECKER, W. F. *Industrial Refrigeration Handbook*. New York, USA. Editora McGraw-Hill, 1998.
- HEWITT, G. F.; SHIRES, G. L.; BOTT, T. R. *Process Heat Transfer*. Boca Raton, N.Y. Editora CRC Press, 1994.
- MACINTYRE, A. J. *Equipamentos Industriais e de Processo*. Rio de Janeiro. Editora LTC, 1997.

Resultados e discussão

O calor removido de água armazenado nos tanques TQ 01/02, para reduzir da temperatura inicial até 10° C, pela unidade de resfriamento pode ser determinado pela expressão:

$$Q_r = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$Q_r = 19.500\text{kg} \times 4,18\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{C}^{-1} \times 17^\circ\text{C} = 1.385.670\text{kJ}$$

Considerando que o intervalo de tempo médio dos testes foi de 12.300s para o resfriamento da água, de 27°C a 10°C, a potência consumida nesta etapa pode ser determinada pela expressão:

$$P_r = Q_r / \Delta t$$

$$P_r = 1.385.670\text{kJ} / 12.300\text{s} = 112,66\text{kW} = 32,03\text{TR}$$

Como a potência nominal de cada uma das unidades de refrigeração instaladas na fábrica é de 30TR, a potência nominal total é de 60TR e a eficiência de operação do sistema, para estas condições, pode ser determinada por:

$$\eta = (P_r / P_n) \cdot 100$$

$$\eta = (32,03/60) \times 100 = 53,4\%$$

Portanto a eficiência, para condições de operação, das unidades de refrigeração instaladas na empresa é de aproximadamente 53%, que é um valor relativamente baixo para este tipo de equipamento.