

12– AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E LOCALIZAÇÃO DE PERDAS

EFICIÊNCIA (η) pode ser usada para converter o TRABALHO IDEAL, ou uma variação de energia ideal, para TRABALHO REAL, ou variação de energia real.

Na maioria dos processos industriais, particularidades não ideais, sejam elas de naturezas mecânicas, químicas ou térmicas, sempre envolvem uma degradação de energia, conseqüentemente são considerados processos irreversíveis.

EFICIÊNCIA (η)

$$\eta = (\text{saída de energia útil})/(\text{entrada de energia})$$

Vejamos o caso de uma usina termelétrica com condensação total. Suponhamos que haja uma entrada de energia de 100 milhões de kJ e que as caldeiras produzam vapor com 88 milhões de kJ. Se da energia contida no vapor só 43% se converta em energia mecânica e dessa energia mecânica 97% se converta em energia elétrica. Qual a eficiência global?

$$\eta = 0,88 \times 0,43 \times 0,97 = 0,367 \text{ ou } 36,7\%$$

Significa que quase 2/3 da entrada de energia foi degradada como calor no meio ambiente.

Em equipamentos como TORRES DE DESTILAÇÃO, REATORES, a TRANSFERÊNCIA DE CALOR e as VARIAÇÕES DE ENTALPIA são os componentes mais importantes do BALANÇO DE ENERGIA.

O TRABALHO, a ENERGIA POTENCIAL e a ENERGIA CINÉTICA são ZERO ou muito pequenas.

Já em outros casos como COMPRESSÃO DE GASES, BOMBEAMENTO DE LÍQUIDOS, as formas mecânicas de energia e trabalho são os termos mais importantes.

Na eficiência de um processo a energia pode ser tratada como ENERGIA REQUERIDA e ENERGIA “PERDIDA” (na realidade energia degradada).

A EFICIÊNCIA (η) de um processo em termos de energia é:

$$\eta = (\text{energia requerida})/(\text{input de energia})$$

12.1 CÁLCULOS PARA OBTENÇÃO DA EFICIÊNCIA E A CONFIABILIDADE DE FORNOS DE PROCESSO:

Estas etapas foram apresentadas por P. G. Talavera na revista Hydrocarbon Processing de julho de 2000, na página 69.

- a) Determinação da quantidade de ar requerida e de gases de combustão gerados.
- b) Análise de eficiência térmica, por meio do consumo de combustível, análise de sensibilidade, busca dos eventuais desperdícios.
- c) Cálculo da altura (ou comprimento) de chama, para determinar o potencial das chamas tocarem nos tubos.
- d) Cálculos termo-hidráulico da chaminé para determinar limites de altura e diâmetro, (PERDA DE CARGA NA CHAMINÉ USUALMENTE É MENOR QUE 0,02 in de água).

- e) Cálculo da transferência de calor do lado processo, para determinar a taxa de formação de “fouling”.
- f) Análise de ruptura e flexibilidade dos tubos, para determinar a vida útil dos mesmos (cálculos em parte de Engenharia Mecânica).

12.2 ALTURA DE CHAMA

A altura (ou comprimento) de chama de um forno é a zona que consiste a parte de chama visível e invisível, acima dos queimadores.

Os fatores que afetam o comprimento de chama são:

- = diferentes arranjos queimador/fornalha
- = excesso de ar
- = pré-aquecedor de ar
- = tiragem natural ou forçada
- = tipo de combustível queimado

Em geral, melhorando a mistura ar-combustível ou os queimadores pré-mix produzem chamas menores.

Os projetistas de queimadores normalmente usam equações empíricas para formato de chama.

12.3 ESTIMATIVA DE ALTURA DE CHAMA

1 ft por cada 1 milhão de Btu/h para queimador pré-mix

1,5 a 2,0 ft por cada 1 milhão de Btu/h para queimadores “staged”.

Os fornos devem ter espaço livre para chama de pelo menos 10 a 20 ft além da chama visível, para que a chama não toque nos tubos.

Tipicamente o ponto mais quente da chama está a 2/3 da altura da chama. Frequentemente pontos quentes nos fornos estão localizados nessas vizinhanças.

Quando a velocidade da chama cresce, o seu comprimento diminui e quando a TEMPERATURA DA CHAMA CRESCE, o seu COMPRIMENTO CRESCE.

A velocidade típica dos gases de combustão é de 10 a 30 ft/s.

A VELOCIDADE TÍPICA COM TIRAGEM FORÇADA E INDUZIDA É DE 30 A 40 ft/s.

12.4 ANÁLISE DE “FOULING”:

Se a temperatura teórica da parede é muito menor que a temperatura da parede do tubo medida por pirômetro ou termografia, então:

SUSPEITA-SE DE SUJEIRA NOS TUBOS

Se a temperatura da parede do tubo medida atingir a temperatura de projeto do tubo, então:

PARAR O FORNO PARA LIMPEZA DOS TUBOS

Para que se tenha uma noção prática, podemos ver o caso de um forno da Unidade de Destilação Atmosférica numa Refinaria de Petróleo:

O fluido sai a 355°C e a temperatura teórica de parede é de aproximadamente 426°C.

Em suma a eficiência de um forno, caldeira ou outro equipamento de processo com combustão, é refletida pelo teor de Oxigênio nos gases de combustão, medido na entrada da zona de convecção e a temperatura de saída dos gases de chaminé