

Perdas de Calor em um Gerador de Vapor

Rendimento térmico de um gerador de vapor

Consumo de combustível

Definição

Perdas de calor em um gerador de vapor são as parcelas de calor do combustível alimentado na fornalha não aproveitadas na produção de vapor

- Perdas ocasionais
 - Perdas normais
-
- Tipos de perdas
 - Perdas na fornalha
 - Perdas nas outras partes do gerador de vapor

Perdas de calor em um gerador de vapor

- Nas cinzas
 - Com o calor do próprio combustível caído no cinzeiro. (P1)
 - Com o calor sensível da própria cinza. (P2)
- Na combustão incompleta
 - Representada pela fuligem arrastada através de toda a caldeira até a chaminé. (P3)
 - Representada pelos gases CO e H₂ que se desprendem na chaminé. (P4)

Perdas de calor em um gerador de vapor

- Perdas por irradiação através das paredes dos geradores de vapor. (P5)
- Perdas de calor sensível dos gases da combustão ao saírem para a atmosfera. (P6)
- Perdas por parada – partida e variação de carga do gerador de vapor. (P7)

Determinação das perdas

P1 – Calor do combustível caído no cinzeiro

Perda ocasional, se determina estabelecendo o peso do combustível arrastado com as cinzas

P2 – Calor sensível nas cinzas

$$P2 = \frac{Z.Cp.\Delta T}{Pci} \times 100$$

Z = porcentagem de cinzas no combustível

Cp = calor específico das cinzas $\Rightarrow Cp = 0,3 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C}$

ΔT = diferença de temperatura entre o combustível na entrada da fornalha e as cinzas no cinzeiro

Determinação das perdas



P3 – Perdas de fuligem

- Perda ocasional, e própria de fornalhas mal dimensionadas
- Quando a natureza do combustível facilita a formação de fuligem, deve-se prever um sistema de captação que permita retorná-la à fornalha
- Quando o tamanho da unidade não justificar a inserção destes equipamentos, deve-se limitar estas perdas ao máximo de 2-3%

Determinação das perdas

P4 – Perdas de combustão incompleta

- As perdas de CO e H₂ devem se anular
- Sendo estabelecido o teor destes gases na chaminé, as perdas correspondentes são determinadas pelas expressões:

$$P4(CO) = \frac{(CO)V_{g\ seco} \times 2866}{P_{ci}} \times 100$$

$$P4(H_2) = \frac{(H_2)V_{g\ seco} \times 2448}{P_{ci}} \times 100$$

Determinação das perdas

P5 – Perdas por irradiação

- Corresponde ao calor do combustível dissipado pelas paredes do gerador de vapor
- Variam de acordo com o tipo de revestimento do gerador de vapor
- Caldeiras integralmente irradiadas podem apresentar perdas inferiores a 1%
- Caldeiras fechadas com tijolo refratário e alvenaria comum sem parede d'água podem perder até 5%

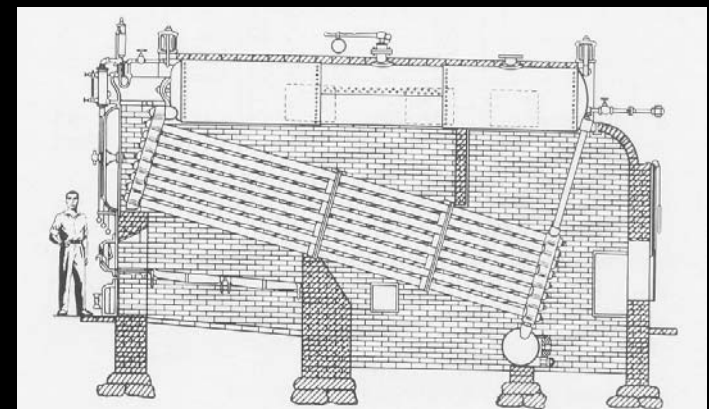
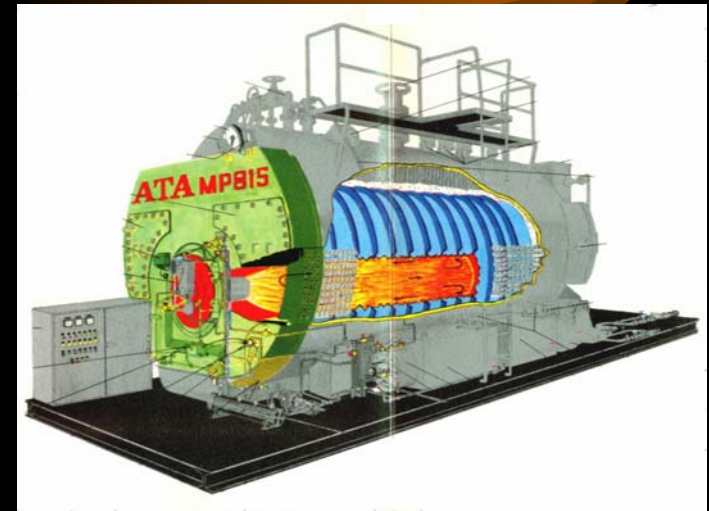
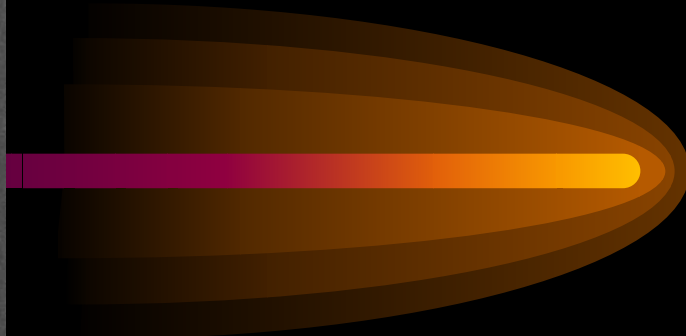


Fig. 12 Babcock & Wilcox boiler developed in 1877.



*Paredes
d'água*

Determinação das perdas

P6 – Perdas de calor sensível

- É a mais significativa e dado obrigatório do projeto

$$P6 = \frac{m_g^r \cdot C_{p_m} \cdot \Delta T}{P_{ci}} \times 100$$

m_g^r = massa real dos gases por unidade de massa do combustível

C_{p_m} = calor específico médio dos gases

ΔT = diferença de temperatura entre os gases na saída da chaminé e o ar (T ambiente)

- Temperaturas de 400 °C correspondem a perdas de 25 a 30%
- A temperatura pode descer até 150 °C, mas não convém baixar demasiado a temperatura, principalmente quando existir enxofre no combustível

Perda total

- Se obtém pela soma de todas as perdas
- Variam de acordo com a concepção e construção dos geradores de vapor, situando-se entre 35% e 10%
- 35% nas caldeiras emparedadas tipo tubos de fogo
- 10% nos modernos geradores destinados a centrais termo-elétricas
- Caldeiras industriais modernas, compactas, variam as perdas entre 20% e 13%
- Para óleo combustível as perdas se resumem apenas em perdas por irradiação e perdas por calor sensível dos gases

Calor total fornecido

- Corresponde ao calor capaz de ser gerado pelo combustível ao queimar na fornalha, acrescido do calor do ar de combustão e do calor do combustível
- Calor gerado pelo combustível ao queimar na fornalha

$$\dot{Q}_t = B.Pci$$

B = consumo de combustível

Calor total fornecido

- Calor gerado pelo combustível ao queimar na fornalha, acrescido do calor do ar de combustão

$$\dot{Q}_t = B.Pci + B.m_{ar}^r.Cp_{ar}.(T_{ar} - T_{amb})$$

B = consumo de combustível

m_{ar}^r = massa de ar real

Cp_{ar} = calor específico do ar

T_{ar} = temperatura do ar ao entrar na fornalha

T_{amb} = temperatura do ar ambiente

Calor do ar

Calor total fornecido

- Calor gerado pelo combustível ao queimar na fornalha, acrescido do calor do combustível

$$\dot{Q}_t = B.Pci + B.Cp_{comb} \cdot (T_{comb} - T_{amb})$$

B = consumo de combustível

Cp_{comb} = calor específico do combustível

T_{comb} = temperatura do combustível ao entrar na fornalha

T_{amb} = temperatura do ar ambiente

*Calor do
combustível*

Calor total fornecido

- Calor gerado pelo combustível ao queimar na fornalha, acrescido do calor do ar de combustão e do calor do combustível

$$\dot{Q}_t = B.Pci + B.m_{ar}^r.Cp_{ar}.(T_{ar} - T_{amb}) + B.Cp_{comb}.(T_{comb} - T_{amb})$$

B = consumo de combustível

m_{ar}^r = massa de ar real

Cp_{ar} = calor específico do ar

T_{ar} = temperatura do ar ao entrar na fornalha

T_{amb} = temperatura do ar ambiente

Cp_{comb} = calor específico do combustível

T_{comb} = temperatura do ar ao entrar na fornalha

Calor total perdido

- Corresponde à quantidade de calor do combustível que se dissipou em qualquer das formas anteriormente enumeradas

$$\dot{Q}_p = P_t \cdot \dot{Q}_t$$

\dot{Q}_p = calor total perdido

P_t = perda total

\dot{Q}_t = calor total fornecido

Calor útil

- Calor realmente aproveitado na geração de vapor

$$\dot{Q}_u = \dot{Q}_t - \dot{Q}_p$$

- Também pode ser obtido por

$$\dot{Q}_u = D(h_v - h_a)$$

h_v = entalpia do vapor

h_a = entalpia da água

D = produção de vapor

Rendimento térmico de um gerador de vapor

- Fração do calor liberado pelo combustível na fornalha que é absorvido pela água através dos elementos do gerador de vapor

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_t}$$

$$\eta = 1 - P_t$$

Consumo de combustível

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_t}$$

$$\dot{Q}_u = D(h_v - h_a)$$

$$\dot{Q}_t = B.Pci + B.m_{ar}^r.Cp_{ar}.(T_{ar} - T_{amb}) + B.Cp_{comb}.(T_{comb} - T_{amb})$$

$$B = \frac{\dot{Q}_u}{\eta.[Pci + m_{ar}^r.Cp_{ar}.(T_{ar} - T_{amb}) + Cp_{comb}.(T_{comb} - T_{amb})]}$$

Consumo de combustível

- Sem aquecimento de ar
- Sem aquecimento de combustível

$$B = \frac{\dot{Q}_u}{\eta \cdot P_{ci}}$$