

**ANÁLISE DE DISSIPAÇÃO TÉRMICA NO EIXO DE UM VENTILADOR
RADIAL**

Aluno: Joares da Silva

Orientadora: Juliana de Oliveira

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a melhoria no projeto de um ventilador radial que realiza a exaustão dos gases quentes em um forno de queima cerâmica, visando a redução da temperatura nos mancais e rolamentos transmitida através do eixo de acionamento, proveniente do processo produtivo onde este equipamento está inserido. O intuito da melhoria é reduzir o custo com troca de rolamentos e redução do tempo de paradas na linha de produção para troca destes itens. Para o desenvolvimento do projeto serão elaborados cálculos de dissipação térmica, onde será dimensionada uma hélice a ser instalada no eixo de acionamento e esta será responsável pela dissipação do calor transmitido pelo eixo até os rolamentos.

Palavras-chave: Dissipação térmica, temperatura, exaustão.

INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento do projeto serão elaborados cálculos de dissipação térmica onde será dimensionada uma hélice de resfriamento fabricada em alumínio a ser acoplada ao eixo de acionamento, entre a carcaça do ventilador e o primeiro mancal. A hélice será responsável pela dissipação do calor transmitido através do eixo de acionamento que possui uma de suas extremidades em contato direto com o gás quente, evitando-se assim que o calor chegue até o mancal.

O fluxo de calor por condução ocorre devido a colisões entre átomos e moléculas de uma substância e a subsequente transferência de energia cinética. Os átomos "quentes" colidem com os átomos "frios". Em tais colisões os átomos rápidos perdem alguma velocidade e os mais lentos ganham velocidade. Logo, os mais rápidos transferem alguma de sua energia para os mais lentos. Esta transferência de energia do lado quente para o lado frio é chamada de fluxo de calor por condução.

Este trabalho tem como objetivo a melhoria no projeto de um ventilador radial que realiza a exaustão de gases quentes em um forno para secagem de peças cerâmica, visando-se a redução de temperatura nos mancais e rolamentos proveniente do processo produtivo onde este equipamento está inserido. O intuito da melhoria é reduzir o custo com troca de rolamentos que atualmente duram em torno de 45 dias e também a redução no tempo de paradas na linha de produção para troca dos itens citados, que atualmente leva em torno de duas horas para ser executada.

LEI DE FOURIER

A lei de Fourier afirma que o fluxo de calor em um corpo varia de forma proporcional à variação de temperatura. Ela é calculada pelo produto entre a condutividade térmica, a área da secção transversal e a variação de temperatura, todas divididas pela espessura da parede (Coelho, 2016).

A equação que traduz a lei de Fourier é:

$$Q = \frac{k \cdot A \cdot (TD - TE)}{L}$$

Onde:

- Q é a diferença de calor de D para E.
- A é a área da secção reta da barra.
- L é o comprimento da barra.
- TD é a temperatura da extremidade com maior temperatura.
- TE é a temperatura da extremidade com menor temperatura.
- k a condutibilidade térmica do material de que é feita a barra.

Em nosso caso a condutibilidade de calor será através de uma barra de aço com secção circular, que se trata do eixo de acionamento do ventilador.

MATERIAIS E MÉTODOS

Dados iniciais e local da instalação dos equipamentos:

Cidade de instalação do equipamento: Criciúma SC

MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS REALIZADAS NOS EQUIPAMENTOS

Temp. int galpão	Temp. int. forno	Temp. gases ventilador	Temp. Rolamento
35°C	800°C	400°C	130°C

As medições das temperaturas foram realizadas com termômetro digital infravermelho com mira a laser.

Marca: Minipa

Modelo: MT-350A

Faixa de medição: -50°C a 800°C

Figura 1 – Termômetro digital infravermelho com mira a laser



Fonte: Minipa (2023)

Figura 2 – Forno para queima cerâmica



Fonte: SACMI (2023)

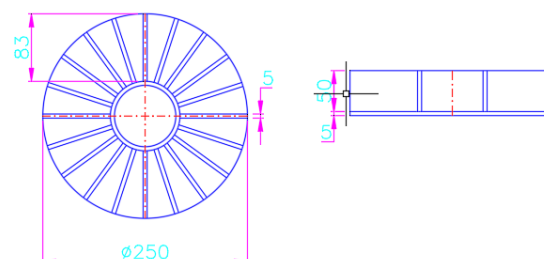
Figura 3 – Ventilador antigo com problemas



Fonte: ENGEVEP (2021)

DESENHO DA HÉLICE DE RESFRIAMENTO A SER INSTALADA

Figura 4 – Rotor para dissipação de calor a ser instalado no eixo



Fonte: Engevep (2021)

DADOS DO EIXO DE ACIONAMENTO DO VENTILADOR:

Diâmetro do eixo: $\varnothing 75\text{mm}$

Material do eixo: Aço carbono SAE 1045

Distância entre extremidade quente do eixo e rolamento: 300mm (L)

Temperatura extremidade quente eixo: 400°C (TD)

Temperatura medida no rolamento: 130°C (TE)

k aço: $0,11 \text{ cal/s.cm.}^{\circ}\text{C}$

A (área) eixo: $44,18\text{cm}^2$

EQUAÇÃO DE FLUXO DE CALOR ATRAVÉS DO EIXO:

$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L}$$

$$\phi = \frac{0,11 \cdot 44,18\text{cm}^2 \cdot 270^{\circ}\text{C}}{30\text{cm}} = 43,74 \text{ cal/s}$$

Cálculo para determinação da temperatura no ponto onde deve ser instalada a hélice de dissipação de calor.

Diâmetro do eixo: $\varnothing 75\text{mm}$.

Distância entre extremidade quente do eixo a hélice de resfriamento: 150mm.

ϕ : 43,74 cal/s

L: 15cm

TD: 400°C

A: $44,18\text{cm}^2$

$$43,74 = \frac{0,11 \cdot 44,18 \cdot (400 - T_x)}{15}$$

$$43,74 = \frac{1943,92 - 4,8598 \cdot T_x}{15}$$

$T_x = 264,99^{\circ}\text{C} = \text{Temperatura no local de instalação da hélice de resfriamento}$
--

CÁLCULO DO COEFICIENTE DAS ALETAS

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot 29}{203 \cdot 0,005}} = 7,55 m^{-1}$$

CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DAS ALETAS

$$m \cdot L = 7,55 \cdot 0,05 = 0,3775$$

$$\tanh(m \cdot L) = \frac{e^{m \cdot L} - e^{-m \cdot L}}{e^{m \cdot L} + e^{-m \cdot L}}$$

$$\tanh(0,3775) = 0,3605$$

$$\eta = \frac{\tanh(m \cdot L)}{m \cdot L}$$

$$\eta = \frac{0,3605}{0,3775} = 0,9549 = 95,49\%$$

CÁLCULO DO FLUXO DE CALOR PELAS ALETAS

$$q = h (A \text{ sem aletas} + \eta \cdot A \text{ com aletas}) \cdot (T_s - T_\infty)$$

$$\text{Área sem aletas} = 0,01255 - 20 \cdot (0,05 \cdot 0,005) = 0,0075 \text{ m}^2$$

$$\text{Área com aletas} = 2 \cdot 20 \cdot (0,05 \cdot 0,0825) = 0,165 \text{ m}^2$$

$$q = 29 \cdot (0,00755 + 0,9594 \cdot 0,165) \cdot (270 - 35)$$

$$q = 159,33 \text{ W}$$

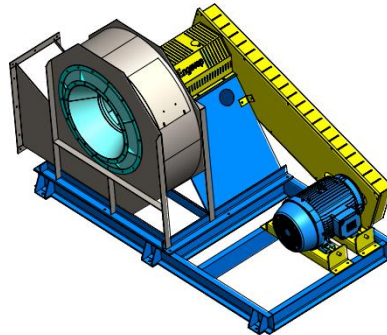
TEMPERATURA FINAL NO ROLAMENTO

A temperatura final no rolamento foi de 80°C, o que está dentro do limite admitido pelo fabricante para regime de trabalho.

RESUMO DE VALORES DA PRODUÇÃO E PARADAS PARA MANUTENÇÃO

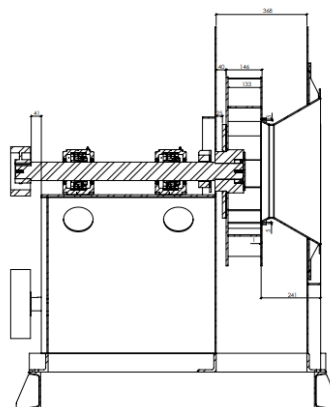
Prod / hora	Preço m²	Custo / hora	Tempo parada	Interv. paradas	Paradas ano	Prejuízo ano	Preço solução	Pay back
1000m²	R\$ 8,00	R\$ 8.000,00	2 horas	45 dias	8	R\$128.000,00	R\$32.500,00	3 meses

Figura 3 – Desenho de conjunto do novo ventilador



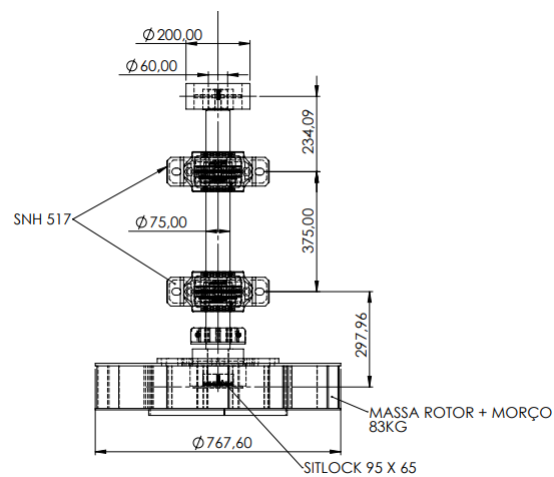
Fonte: Engevep (2021)

Figura 3 – Vista em corte do novo ventilador



Fonte: Engevep (2021)

Figura 3 – Desenho do eixo, mancais e rotor de resfriamento do novo ventilador



Fonte: Engevep (2021)

CONCLUSÃO

O problema persistia nessa empresa há mais de 3 anos e as pessoas responsáveis pela manutenção das máquinas, já haviam se acostumado às constantes paradas para trocas dos rolamentos do ventilador. Para eles já havia se tornado algo normal e que fazia parte do procedimento de manutenção preventiva da linha.

Porém tudo começou a mudar quando um novo gerente de manutenção foi contratado e como já possuía experiência em outras empresas, começou a questionar a curta vida útil dos rolamentos. Foi então que essa pessoa contatou a empresa Engevep para analisar a situação e apresentar um possível orçamento para a solução.

A solução apresentada ao cliente foi eficaz, pois aumentou o tempo de vida dos rolamentos 45 dias para 18 meses e com isso obteve-se um ganho expressivo.

Demonstrou-se que era possível solucionar um problema aplicando-se conceitos da física relacionados a transferência de calor.

A análise de problemas rotineiros como o apresentado neste trabalho é bastante importante, pois normalmente nas indústrias existem diversos problemas dessa natureza, e que poderiam ser resolvidos de forma tranquila, desde que sejam analisados de forma criteriosa.

As empresas buscam sempre aprimorar processos e reduzir custos produtivos, e muitas vezes através de ideias simples pode se conseguir bons resultados. Uma vez que se consiga demonstrar o retorno financeiro do investimento pleiteado, o poder de convencimento perante a diretoria se torna bastante fácil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLEIER, Frank P. **Fan Handbook**. Chicago: Mc Graw-Hill 1997.

COELHO, João Carlos Martins. **Energia e Fluidos – volume 3, transferência de calor**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2016.

GIACOMI, Atilio; DORADO, Manuel D. Diaz; BOTTO, Raul I.; TAPIA, Carlos F. **Balanco Térmico**. Buenos Aires: Ediciones Libreria Técnica, 1967.

MISSENARD, A. **Curso de calefação e ventilação**. Madri: Paraninfo, 1965.

RUIZ, L.A. Facorro. **Curso de termodinâmica**. Buenos Aires: Alsina, 1960.