

4.0 CÁLCULOS TÉRMICOS

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explicarán algunos de los cálculos que se deben desarrollar para el diseño de la máquina. Éstos cálculos consisten en saber el tiempo que tardará la cinta en secarse a cierta temperatura, y la superficie que se necesita para que esto ocurra.

Se calculará la cantidad de agua que hay que evaporar y la cantidad de calor que se desperdicia tanto por un proceso de convección, como por la temperatura final de la cinta.

4.2 PROCESOS HIDRÁULICOS

El hecho de hablar de procesos hidráulicos se debe al uso de aceite térmico dentro del tambor de secado.

Este aceite es el que conservará la energía calorífica para ser aportada de manera uniforme en el momento que se requiera.

El aceite que se utilizará es el Mobiltherm 603, que tiene una excelente conductividad térmica y capacidad calorífica, necesarias para este diseño. [17]

Este aceite es el que calentará la superficie del tambor de secado, y este aceite se calentará por medio de unas resistencias eléctricas que irán dentro del tambor.

El tambor girará junto con las resistencias, logrando una transferencia de calor por conducción, esto sirve para que la temperatura del aceite sea uniforme mientras el tambor está en movimiento. Como la superficie del cilindro será enfriada por la cinta con agua y por el aire que lo rodea, se necesita que se transfiera rápidamente calor a esta zona para que

la temperatura en la superficie no baje y así se evite que la cinta requiera estar más tiempo en contacto con la superficie para secarse, y consecuentemente baje la producción de la máquina o bien se requiera de una máquina más grande para lograr la producción necesaria.

Esta idea sin duda hace que la máquina que se diseñará sea más compacta que las que cuyos tambores son calentados por gas.

Si funcionara con gas, cuya flama esté en contacto directo con el cilindro, éste no podría tener uniforme su temperatura, y si se detiene la máquina la parte del cilindro que está en contacto con la flama tiene una temperatura muy alta, puede alcanzar más de 300°C con lo que puede quemar la cinta.

4.3 CÁLCULOS TÉRMICOS

Básicamente la temperatura del tambor de secado debe llegar a por lo menos 100°C para poder evaporar el agua que queda en la cinta después de exprimida. Como ya se mencionó unas resistencias eléctricas calentarán el aceite. Como la transferencia de calor entre las resistencias, el aceite y el cilindro es muy buena, se calculará la transferencia de calor que habrá entre la superficie del cilindro y la cinta, así como las pérdidas por convección del mismo cilindro y de la cinta con el medio ambiente.

La temperatura del aceite se controlará con un pirómetro, para asegurarse que la temperatura siempre sea la misma. Un pirómetro es un aparato que controla electrónicamente la temperatura ya que lee la resistencia que opone ante la circulación de corriente eléctrica un termoelectrico y lo interpreta como una temperatura. Este termoelectrico cambia su resistencia dependiendo de la temperatura a la que se encuentre.

El termoelectrico irá dentro del cilindro ya que medirá la temperatura del aceite dentro de éste.

Con este control y la excelente transferencia de calor dentro del cilindro, se puede considerar que el tambor de secado es una fuente continua y no variable de energía calorífica, siempre y cuando dentro de éste, se genere mayor o al menos igual cantidad de energía que la que se le quita.

Una vez considerando que el tambor siempre tendrá la misma temperatura se debe calcular la potencia que necesitan tener las resistencias eléctricas.

Para esto se debe tomar en cuenta la energía requerida para evaporar el agua que queda en la cinta, la energía para calentar el poliéster del cual está fabricada la cinta y por último las pérdidas por convección que se tendrán durante el proceso.

Para calcular la energía que se requiere para evaporar el agua, se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q = m \left[(C_p)_{\text{agua}} (T_{\text{sat}} - T_1) + h_{fg} \right] \quad (3.1)$$

Para calcular la energía que se requiere para elevar la temperatura de la cinta, se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q = m (C_p)_{\text{cinta}} (T_{\text{sat}} - T_1) \quad (3.2)$$

Para calcular la cantidad de energía que se necesita para evaporar el agua, se necesita saber cuanta agua queda en la cinta después de exprimirla.

Mediante un exprimido manual realizado en la empresa, se peso y se comprobó que la cinta que se pretende acabar retiene 5 gramos de agua después de exprimirla, por cada metro de cinta y que cada metro de esta cinta pesa 10 gramos cuando está seca.

Por lo que los datos a calcularse considerando una presión atmosférica de 100 kPa equivalentes a una atmósfera de presión, los datos para calcular son:

$$\mathbf{m_{agua} = 0.005 \text{ kg/m}}$$

$$\mathbf{m_{cinta} = 0.010 \text{ kg/m}}$$

$$\mathbf{T_{sat} = 99.63 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$\mathbf{T_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}}$$

La temperatura inicial T_1 se considera para el peor caso, suponiendo que fuera en invierno y que la temperatura dentro de la fábrica fuera tan baja.

Para el agua se considerará lo siguiente[4]:

$$\mathbf{m_{agua} = 0.005 \text{ kg/m}}$$

$$\mathbf{C_p = 4.184 \text{ kJ/kg K}}$$

$$\mathbf{T_{sat} = 99.63 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$\mathbf{T_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$\mathbf{h_{fg} = 2258.04 \text{ kJ/kg}}$$

Por lo que sustituyendo los valores en la ecuación 3.1 tenemos que:

$$\mathcal{Q}_{agua} = 0.005 \frac{kg}{m} \left[4.184 \frac{kJ}{kgK} (99.63^{\circ}C - 10^{\circ}C) + 2258.04 \frac{kJ}{kg} \right]$$

$$\underline{\mathcal{Q}_{agua} = 13,165.26 \text{ J/m}}$$

Para la cinta se considerará lo siguiente:

$$\mathbf{M}_{cinta} = 0.010 \text{ kg/m}$$

$$\mathbf{C_p} = 1.830 \text{ kJ/kg K}$$

$$\mathbf{T_{sat}} = 99.63 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\mathbf{T_1} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Por lo que sustituyendo los valores en la ecuación 3.2 tenemos que:

$$\mathcal{Q}_{cinta} = 0.010 \frac{kg}{m} 1830 \frac{kJ}{kgK} (99.63^{\circ}C - 10^{\circ}C)$$

$$\underline{\mathcal{Q}_{cinta} = 1,640.23 \text{ J/m}}$$

Por lo tanto la cantidad de energía que se necesita para calentar la cinta y para evaporar el agua es:

$$\mathbf{\mathcal{Q}_{Total} = \mathcal{Q}_{agua} + \mathcal{Q}_{cinta}}$$

$$\mathcal{Q}_{Total} = 13,165.26 \text{ J/m} + 1640.23 \text{ J/m}$$

$$Q_{\text{Total}} = 14,805.49 \text{ J/m}$$

Como lo que se requiere es que mínimo se produzcan 20 m/min entonces tenemos que:

$$P = 14,805.49 \text{ J/m (20 m/min)}$$

$$P = 296,109.80 \text{ J/min}$$

Para calcular la potencia de las resistencias tenemos que:

$$P = 296,109.80 \text{ J/min (1 min / 60 seg)}$$

$$\mathbf{P = 4,935.16 \text{ Watts}}$$

Por lo tanto si se utilizan nueve resistencias de 1000 W cada una, se tendrán 9000 W que serán más que suficientes para secar la cinta. Si está sobrada la capacidad para generar calor, lo que pasará es que no estarán trabajando las resistencias todo el tiempo. Esto lo controlará el pirómetro.