Proceso: Digitalización cálculos de ingeniería en el artículo final del proyecto SGPS-12885.

Lugar: Oficina Sennova centro de comercio y turismo regional Quindío.
Hora de inicio: 9:00 am
Hora de finalización: 12:00 pm
Fecha: 01/11/2024 – 10/11/2024

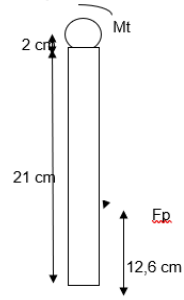


Se digitalizan los cálculos de ingeniería realizados en el documento (artículo) final, en el que se incluye una explicación de las ecuaciones realizadas para obtener los datos de los tornillos sinfín o de extrusión, tolva de alimentación, cilindro fermentador, paletas o álabes de remoción, eje principal, gráficos y tablas utilizadas para obtener los datos, diagramas de fuerza, y formulas utilizadas para los datos obtenidos. Así mismo, se integran los cálculos con los demás ítems del documento como: introducción, resumen, palabras clave, metodología, resultados (visitas de campo, proceso de producción del cacao), documento lluvia de ideas, elementos que componen la máquina de procesamiento de cacao, conclusiones, complementos de la máquina (herramienta web y ambiente arquitectónico amigable con el medio ambiente), bocetos iniciales de la máquina, planos en 2D y 3D.

Con estos cálculos digitalizados, se avanza en la construcción del documento final del proyecto SGPS-12885, en el cual se va a explicar todas las actividades realizadas para obtener los planos 2D y 3D de la máquina de procesamiento de cacao. Este documento se elabora para que cualquier persona ajena al proyecto, pueda entender lo que se realizó durante la vigencia 2024.

Diagrama de fuerza paletas de remoción para conocer la fuerza que ejercerá cada uno en el procesamiento de cacao.

Diagrama de fuerza de la paleta



$\sum Mz = 0$

$M_T = F_p \; x \; d$

Mt = momento torsor (N.m)

Fp = Fuerza paleta (N)

d = Distancia desde el punto donde impacta la fuerza hacia el centro (m)

Un momento torsor Mt es un giro o vuelta que tiende a producir rotación, se calcula para conocer la fuerza necesaria para girar, apretar o aflojar elementos.

$$M_T = F_p \; x \; d = 196{,}2 \; N \; x \; \frac{(21 - 12{,}6)cm \; + 2 \; cm}{100 \; cm}$$

$$M_T = 196{,}2 \; N \; x \; 0{,}104 = 20{,}4048 \; Nm$$

- **Cálculo HP del Motor Eléctrico**

$$P = T \omega$$

En donde:
P = Potencia (W)
T = Torque máximo 204,048 Nm
ω = velocidad angular (rad/s)

La velocidad angular en alabes o paletas de remoción en máquinas fermentadores y tostadoras es baja, menor a 20 RPM.

Se hace la conversión de RPM a rad/s, por medio de la siguiente formula.

$$20 \text{ RPM} = \frac{20 \; x \; 2\pi \; rad}{60 \; Seg} = 2{,}09 \text{ rad/s}$$

Reemplazando en la ecuación de potencia, se obtiene:

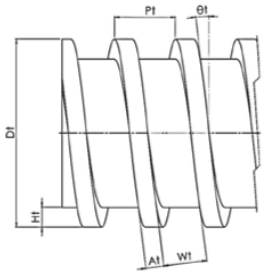
P = 204,048 Nm x 2,09 rad/s = 427,36 W

P = 0,427 KW

La conversión para pasar KW a HP (Caballos de fuerza)

1 HP = 0,746 KW
1 KW = 1,341022 HP

Partes a calcular en el tornillo sinfín (diámetro exterior D_t, ángulo de filete del tornillo θ_t, ancho del canal del tornillo W_t, ancho del filete A_t).



Parámetros tornillos sinfín/extrusión

Se calcula el radio medio (r_m) del tornillo por medio de la siguiente expresión:

$$r_m = \frac{D_t - H_t}{2} = \frac{70\ mm - 17\ mm}{2}$$

$$r_m = 26.5\ mm$$

Se calcula el ángulo de filete del tornillo (θ_t) utilizando la siguiente ecuación según Norton

$$\theta_t = \tan^{-1}\left(\frac{P_t}{2\pi r_m}\right)$$

La presión máxima que se ejerce en el tornillo sinfín, teniendo en cuenta la viscosidad aparente del material, las dimensiones del tornillo, gradientes de presión, entre otros datos.

Con los datos obtenidos, se puede calcular el gradiente de presión (ΔP), utilizando la ecuación de Savgorodny

$$\Delta P = \int_0^{L_T} \frac{(A_p.H_t.sen\ (\theta_t).\cos(\theta_t) - Q_p).\mu_{ap}}{\Psi.H_t^3.sen\ (\theta_t)}\ d_{LT}$$

En donde

$A_p\ y\ \Psi$ son los coeficientes gradiente de presión ($^{mm^2}/_{S}$)
μ_{ap} es la viscosidad aparente del material (Pa.S)
L_T es la longitud del tornillo extrusor (mm)

Reemplazando valores en la ecuación del gradiente de presión (ΔP)

$$\Delta P = \int_0^{600} \frac{\left(50537.31\ \frac{mm^2}{S}.17\ mm.sen\ (6.85°).\cos(6.85°) - 6312.33\ \frac{mm^2}{S}\right).94.3 Pa.S}{18.326\ mm.(17\ mm)^3.sen\ (6.85°)}\ d_{LT}$$

$$\Delta P = 532506.65\ Pa$$

Al final del tornillo sinfín se produce un flujo de contrapresión dado por la siguiente expresión

$$P_{max} = \frac{6\pi.D_t.N_{tr}.L_T.\mu_{ap}.Cot\ (\theta_t)}{H_t^2}$$

$$P_{max} = \frac{6\pi.70\ mm.2.09\ ^{Rad}/_{S}.600\ mm.94.3\ Pa.S.Cot\ (6.85°)}{(17\ mm)^2}$$

$$P_{max} = 44106483.3\ Pa\ (4.4 \times 10^6\ Pa)$$

También se obtiene el factor de seguridad, que es la cantidad de veces que va a soportar la carga que se va a ejercer en el tornillo sinfín para cumplir con el objetivo para el cual se diseña.

Con los esfuerzos cálculos se obtiene un esfuerzo equivalente utilizando la ecuación de Von Mises

$$\theta_{equ} = \sqrt{\theta_{max}{}^2 + 3.\zeta_{max}{}^2} = \sqrt{(-57.03\ MPa)^2 + 3(5.66\ MPa)^2}$$

θ_{equ}= 57.86 MPa

Investigación en ingeniería aplicada para maquinaria agrícola

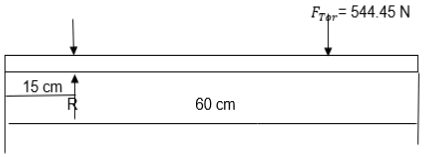
Con el esfuerzo equivalente y el esfuerzo último del acero inoxidable AISI 316 (S_{yt}), se obtiene el factor de seguridad del tornillo

$$F_{Sest} = \frac{205\ MPa}{57.86\ MPa}$$

F_{Sest} = 3.54

Con el diagrama de fuerzas de los tornillos, se calcula la fuerza y esfuerzos a los que se someten los tornillos, estos son esenciales para obtener el factor de seguridad.

Se realiza diagrama de fuerzas ejercidas en el tornillo sinfín refinador



F_{Tor}= m.a
F_{Tor}= 55.5 Kg.9.81 $^{m}/_{S^2}$
F_{Tor}= 544.45 N

El momento máximo del tornillo se da en donde están los álabes que trituran los granos de cacao.

$M_{Tor} = F_{Tor}$. d
M_{Tor}= 544.45 N. $\left(\frac{(60\ cm - 15\ cm) + 2.5\ cm}{100}\right)$
M_{Tor}= 258.61 N.m

Con el momento y la fuerza, se calcula el esfuerzo flector máximo en la sección más crítica del tornillo

$$\theta_f = \frac{64.M_{Tormax}.C_n}{\pi.D_c^4}$$

Elaboró investigadores del proyecto SGPS-12885-2024.

Daniel Esteban Gutiérrez

Nicolas Agudelo Correa.