Proceso: Organización tabla con fórmulas matemáticas utilizadas para los cálculos de ingeniería del equipo de procesamiento de cacao proyecto Sennova SGPS-12885.

Lugar: oficina Sennova Centro de comercio y turismo.
Hora de inicio: 2:00 pm
Hora de finalización: 5:00 pm
Fecha: 12-13-14-15/11/2024

Ancho del canal	$b = (p - t).\cos\phi$ ... (1)
Longitud de la hélice	$dz = \frac{p.\pi}{\cos\phi}$ ... (2)
Velocidad longitudinal	$W = \pi.D.N.\cos\phi$ ... (3)
Flujo de arrastre	$Q_d = \frac{W}{2}.b.h$ ... (4)
Razón de la cortante del Flujo de arrastre	$\gamma_D = \frac{W}{h}$ ... (5)
Ancho normal del filete	$t_N = t.\cos\phi$ ... (6)
Ancho tangencial del filete	$t_T = \frac{t}{\tan\phi}$ ... (7)
Velocidad tangencial	$v_T = \pi . D . N$ ... (8)
Razón de la cortante del filete	$\gamma_{fl} = \frac{v_T}{\delta}$ ... (9)
Potencia del canal	$E_{canal} = \frac{\eta.W^2.b.dz}{h}.\left[4.(1+\tan^2\phi) - \frac{6.Q_D}{W.b.h}\right]$ ... (10)
Potencia del filete	$E_{filete} = \frac{\eta.W^2.t.dz}{\delta.\cos\phi}$ ... (11)

Se organizan las fórmulas matemáticas utilizadas en los cálculos de ingeniería para la máquina de procesamiento de cacao del proyecto Sennova SGPS-12885, debido a que, se va a redactar un artículo científico, en el cual, no se puede extender mucho explicando estas fórmulas. Por lo anterior, se consolidan en una tabla en donde se explica para que parte de los cálculos se utiliza (tornillos sinfín, cilindro fermentador, tolva de alimentación, motor, pérdidas de calor, etc.), nombre de la formula, y la ecuación matemática utilizada.

La explicación detallada de estas ecuaciones matemáticas se encuentra en el libro de diseño del prototipo, en el que se va a explicar todas las actividades realizadas con paso a paso, para llegar a los planos de diseño 2D y 3D de la maquina de procesamiento de cacao del proyecto Sennova SGPS-12885.

Fórmulas matemáticas utilizadas en los cálculos de ingeniería del proyecto SGPS-12885.

Nombre ecuación	Ecuación
1. Cilindro fermentador	
Densidad	$\rho = \frac{m}{V}$
Volumen del cilindro	$V_{cil} = \pi . r^2 . h$
Peso paleta o alabe de remoción	$Pp = \frac{m}{Número\ paletas}$
Fuerza ejercida en un punto	$F = m.a$
Momento torsor	$M_t = F.d$
Esfuerzo normal por flexión	$\sigma_{max} = \frac{M_{TMAX}\ x\ C}{I}$
Momento de inercia sección rectangular	$I = \frac{b.h^3}{12}$
Factor de seguridad	$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$
2. Cálculos eje principal	
Momento de inercia sección circular	$I = \frac{\pi\ x\ D_{eje}^4}{64}$
Momento de inercia polar	$J = \frac{\pi\ x\ D_{eje}^4}{32}$
Ecuación de Von Mises para ejes circulares, rotativos y sólidos.	$\sigma' = \sqrt{\sigma_X{}^2 + 3T_{XY}{}^2}$
Potencia del motor	$P = T.\omega$
3. Tolva de alimentación	
Ecuación de Beverloo para flujo másico	$\dot{m} = 0.58\rho_{cacao} g^{0.5} (D - \kappa . dp)^{2.5}$
Volumen de la tolva de alimentación	$V_{tolva} = \frac{m}{\rho_{cacaoseco}}$
Altura de la tolva con figura tronco de pirámide	$h = \frac{3\ V_{tolva}}{A_1^2 + A_2^2 + \sqrt{A_1\ A_2}}$
Presión en el fondo de la tolva de alimentación	$P_v = \frac{\rho_{cacaoseco}\ g\ b}{4\mu k g_c} [1 - \exp(-\frac{4h\mu k}{b})]$
Presión en la pared de la tolva	$P_W = K P_v$
Espesor de la plancha	$t = \frac{P_W\ r}{\sigma_f}$
Energía calorífica para mantener el cacao en estado liquido	$Q_{liquido} = C_p m\ (T_{final} - T_{inicial})$
Potencia necesaria para el calentamiento	$P_{cal} = \frac{Q_{liquido}}{t}$
4. Tornillo sinfín descascarillador	
Radio medio del tornillo sinfín	$r_m = \frac{D_t - H_t}{2}$
Ángulo de filete del tornillo	$\theta_t = \tan^{-1}(\frac{P_t}{2\pi r_m})$
Ancho del canal del tornillo	$W_t = (\pi . D_t . \tan(\theta_t) - A_t) . \cos(\theta_t)$
Ancho del filete del tornillo	$A_t = 10\%\ D_t$

4.1 Velocidad del tornillo	
Velocidad tornillo	$N_t = \frac{Q_m}{\frac{60.\pi}{1000^3}(Dt2 - Dtp2).} Pt.\ F_l.\ \rho_{granocacao}$
Diámetro primitivo del tornillo	$D_{tp} = D_t - 2H_t$
Razón de corte	$Y_{corte} = \frac{\pi.N_{tr}.D_t}{H_t}$
Viscosidad aparente del material	$\mu_{ap} = mf.Y_{corte}^{nf-1}$
Coeficiente de gradiente de presión	$A_p = \frac{\pi^2.D_t^2.N_{tr}}{2}$; $\Psi = \frac{\pi.D_t}{12}$
Conversión flujo másico a flujo volumétrico requerido	$Q_v = \frac{Q_m.1000^3}{\rho_{cacao}.3600}$
Gradiente de presión	$\Delta P = \int_0^{LT} \frac{(A_p.H_t.sen\ (\theta_t).\cos(\theta_t) - Q_v).\mu_{ap}}{\Psi.H_t^3.sen\ (\theta_t)}\ d_{LT}$
Presión máxima en el tornillo	$P_{max} = \frac{6\pi.D_t.N_{tr}.L_T.\mu_{ap}.Cot\ (\theta_t)}{H_t^2}$
Capacidad real del tornillo	$Q_{VC} = \frac{\pi.D_t.N_{tr}.H_t.\cos(\theta_t).W_t}{2}.F_d - \frac{W_t.H_t^3.Sen\ (\theta_t).P_{max}}{12.\mu_{ap}.L_T}.\ F_P$
Conversión capacidad real tornillo a flujo másico corregido	$Q_{mc} = Q_{VC}.\rho_{cacaograno}\ \frac{3600}{1000^3}$
4.2 Hilos del tornillo sinfín	
Esfuerzo flexión en la base de la rosca	$S_b = \frac{3.W_t.H_t}{2\pi.n_r.r_m.A_t^2}$
Esfuerzo cortante transversal medio	$S_s = \frac{W_t}{2\pi.n_r.r_m.A_t}$
Presión interna del tornillo	$\Delta P = \frac{W_t}{2\pi.n_r.r_m.H_t}$
Carga axial en el tornillo	$W_t = \Delta P.2\pi.n_r.r_m.H_t.\frac{1}{1000^2}$
4.3 Potencia del motor necesaria para mover el tornillo	
Potencia para el desplazamiento horizontal del material	$P_H = cO\ \frac{Q.L}{367}$
Potencia para accionar el tornillo en el vacío	$P_N = \frac{D_t.L}{20}$
4.4 Cálculos de la flecha del tornillo (Diseño estático)	
Esfuerzo flector máximo en la sección más crítica del tornillo	$\theta_f = \frac{64.M_{Tormax}.C_n}{\pi.D_c^4}$
Esfuerzo de compresión	$\theta_{ct} = -\Delta P$
Esfuerzo normal máximo y mínimo	$\theta_{max} = -\theta_f + \theta_{ct}$; $\theta_{min} = \theta_f + \theta_{ct}$
Esfuerzo cortante máximo en le flecha del tornillo	$\zeta_{max} = \frac{16.\zeta_{Tor}}{\pi.D_c^3}$
Torque en el tornillo	$\zeta_{Tor} = \frac{9.55\ P_{mr}}{N_T}$
4.5 Diseño dinámico de la flecha del tornillo	
Límite de resistencia a la fatiga	$Se' = 0.5\ S_{ut}$
Límite de resistencia a la fatiga corregida	$Se = K_{carga}.K_{tamaño}.K_{superficie}.K_{temperatura}.K_{confiabilidad}.Se'$

Diámetro mínimo en la sección más crítica de la flecha	$D_{tmin}= [\frac{32.F_{sf}}{\pi}\sqrt{(\frac{K_f.M_{max}}{Se})^2 + \frac{3}{4}(\frac{\zeta_{max}}{S_{yt}})^2}]^{1/3}$
4.6 Sección mínima para el acoplamiento del tornillo	
Factor de forma sección cuadrada	$Zp = \frac{T_{mr}}{\zeta_{yt}}$
Lado mínimo de la sección cuadrada	$a_{min} = \sqrt[3]{\frac{Z_p}{0.208}}$
Esfuerzo cortante admisible del tornillo	$\zeta_{yt}= 0.577S_{yt}$
4.7 Cálculos del dado de extrusión	
Flujo en el dado	$Q_x= K_s$.Pe
Ecuación de la recta para las características del extrusor	$Q = Q_{max}.\frac{1}{1000^3} - \frac{Q_{max}.\frac{1}{1000^3}}{P_{max}} . P_e$
Presión en el dado	$P_e= \frac{Q_{max}.\frac{1}{1000^3}}{K_s - \frac{Q_{max}.\frac{1}{1000^3}}{P_{max}}}$
Caudal másico	$Q_{xm}= Q_x.\rho_c.$ 3600
4.8 Longitudes zonas del tornillo	
Longitud zona de alimentación	$l_1= \frac{L}{2}$
Longitud zona compresión o transición; y zona de distribución o dosificación	$l_2 = l_3 = \frac{L}{4}$
5. Coeficientes de transferencia de calor	
Temperatura media	$T_f = \frac{T_s + T_\alpha}{2}$
Coeficiente de expansión volumétrica	$\beta= \frac{1}{T_f}$
Número de Grashot	$Gr = \frac{g.\beta.(T_s - T_\alpha).L_c^3}{Y^2}$
Número de Nusselt	$Nu= [0.6 + \frac{0.387\ R_a^{1/6}}{(1+(\frac{0.559}{Pr})^{9/16})^{8/27}}]^2$
Número de Rayleigh	$Ra = P_r$.Gr
Coeficiente por convección	$h_c= \frac{N_u.K}{ØM}$
Coeficiente por conducción	$h_r= \frac{Ɛ.\sigma .(T_s^4 - T_\alpha^4)}{(T_s - T_\alpha)}$
6. Perdidas de calor en el sistema	
Perdidas de calor por convección	$Q_c = h_c$.ΔT.π. ØM. L
Perdidas de calor por radiación	Q_r= π. ØM.L.Ɛ.σ.$(T_s^4 - T_\alpha^4)$

Elaboró equipo de investigadores del proyecto SGPS-12885-2024.

Daniel Esteban Gutiérrez

Nicolas Agudelo Correa.