



Fórmulas
Exemplos
com unidades

Lista de 18
Importante Processo de laminação Fórmulas

1) Análise na região de entrada Fórmulas ↻

1.1) Espessura do estoque em determinado ponto no lado de entrada Fórmula ↻

Fórmula

$$h_e = \frac{P_{en} \cdot h_{in}}{S_e \cdot \exp(\mu_{rp} \cdot (H_{in} - H_x))}$$

Exemplo com Unidades

$$0.011 \text{ mm} = \frac{0.000099 \text{ N/mm}^2 \cdot 3.5 \text{ mm}}{4359.69 \text{ Pa} \cdot \exp(0.5 \cdot (3.35 - 4))}$$

Avaliar Fórmula ↻

1.2) Pressão Atuando nos Rolos do Lado de Entrada Fórmula ↻

Fórmula

$$P_{en} = S_e \cdot \frac{h_e}{h_{in}} \cdot \exp\left(\mu_{rp} \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{R_{roller}}{h_f}} \cdot \operatorname{atan}\left(\theta_r \cdot \sqrt{\frac{R_{roller}}{h_f}}\right) - 2 \cdot \sqrt{\frac{R_{roller}}{h_f}} \cdot \operatorname{atan}\left(\alpha_{bite} \cdot \sqrt{\frac{R_{roller}}{h_f}}\right)\right)\right)$$

Avaliar Fórmula ↻

Exemplo com Unidades

$$3.5\text{E-}6 \text{ N/mm}^2 = 4359.69 \text{ Pa} \cdot \frac{0.011 \text{ mm}}{3.5 \text{ mm}} \cdot \exp\left(0.5 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{104 \text{ mm}}{7.5 \text{ mm}}} \cdot \operatorname{atan}\left(18.5^\circ \cdot \sqrt{\frac{104 \text{ mm}}{7.5 \text{ mm}}}\right) - 2 \cdot \sqrt{\frac{104 \text{ mm}}{7.5 \text{ mm}}} \cdot \operatorname{atan}\left(45.00^\circ \cdot \sqrt{\frac{104 \text{ mm}}{7.5 \text{ mm}}}\right)\right)\right)$$

1.3) Pressão nos Rolos dado H (Lado de Entrada) Fórmula ↻

Fórmula

$$P_{en} = S_e \cdot \frac{h_e}{h_{in}} \cdot \exp(\mu_{rp} \cdot (H_{in} - H_x))$$

Exemplo com Unidades

$$9.9\text{E-}6 \text{ N/mm}^2 = 4359.69 \text{ Pa} \cdot \frac{0.011 \text{ mm}}{3.5 \text{ mm}} \cdot \exp(0.5 \cdot (3.35 - 4))$$

Avaliar Fórmula ↻

1.4) Tensão média de cisalhamento dada a pressão no lado de entrada Fórmula ↻

Fórmula

$$S_e = \frac{P_{en} \cdot \frac{h_{in}}{h_e}}{\exp(\mu_{rp} \cdot (H_{in} - H_x))}$$

Exemplo com Unidades

$$4359.6965 \text{ Pa} = \frac{0.000099 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{3.5 \text{ mm}}{0.011 \text{ mm}}}{\exp(0.5 \cdot (3.35 - 4))}$$

Avaliar Fórmula ↻

2) Análise na região de saída Fórmulas ↻

2.1) Espessura do estoque em determinado ponto no lado de saída Fórmula ↻

Fórmula

$$h_x = \frac{P_{rolls} \cdot h_{ft}}{S_y \cdot \exp(\mu_r \cdot H)}$$

Exemplo com Unidades

$$0.0031 \text{ mm} = \frac{0.000190 \text{ N/mm}^2 \cdot 7.3 \text{ mm}}{22027.01 \text{ Pa} \cdot \exp(0.6 \cdot 5)}$$

Avaliar Fórmula ↻



2.2) Pressão Atuando nos Rolos na Região de Saída Fórmula ↗

[Avaliar Fórmula ↗](#)

$$P_{ex} = S_y \cdot \frac{h_x}{h_{ft}} \cdot \exp \left(\mu_r \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{R_{roll}}{h_{ft}}} \cdot \operatorname{atan} \left(\theta_r \cdot \sqrt{\frac{R_{roll}}{h_{ft}}} \right) \right)$$

Exemplo com Unidades

$$0.0005 \text{ N/mm}^2 = 22027.01 \text{ Pa} \cdot \frac{0.003135 \text{ mm}}{7.3 \text{ mm}} \cdot \exp \left(0.6 \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{100 \text{ mm}}{7.3 \text{ mm}}} \cdot \operatorname{atan} \left(18.5^\circ \cdot \sqrt{\frac{100 \text{ mm}}{7.3 \text{ mm}}} \right) \right)$$

2.3) Pressão nos rolos dado H (lado de saída) Fórmula ↗

Fórmula

$$P_{rolls} = S_y \cdot \frac{h_x}{h_{ft}} \cdot \exp(\mu_r \cdot H)$$

Exemplo com Unidades

$$0.0002 \text{ N/mm}^2 = 22027.01 \text{ Pa} \cdot \frac{0.003135 \text{ mm}}{7.3 \text{ mm}} \cdot \exp(0.6 \cdot 5)$$

[Avaliar Fórmula ↗](#)

2.4) Tensão de cisalhamento média de cisalhamento usando pressão no lado de saída Fórmula ↗

Fórmula

$$S_y = \frac{P_{rolls} \cdot h_{ft}}{h_x \cdot \exp(\mu_r \cdot H)}$$

Exemplo com Unidades

$$22027.006 \text{ Pa} = \frac{0.000190 \text{ N/mm}^2 \cdot 7.3 \text{ mm}}{0.003135 \text{ mm} \cdot \exp(0.6 \cdot 5)}$$

[Avaliar Fórmula ↗](#)

3) Análise Rolante Fórmulas ↗

3.1) Alongamento total de estoque Fórmula ↗

Fórmula

$$E = \frac{A_i}{A_f}$$

Exemplo com Unidades

$$6.6667 = \frac{60 \text{ cm}^2}{9 \text{ cm}^2}$$

[Avaliar Fórmula ↗](#)

3.2) Ângulo de mordida Fórmula ↗

Fórmula

$$\alpha_b = \operatorname{acos} \left(1 - \frac{h}{2 \cdot R} \right)$$

Exemplo com Unidades

$$30.0388^\circ = \operatorname{acos} \left(1 - \frac{27.4 \text{ mm}}{2 \cdot 102 \text{ mm}} \right)$$

[Avaliar Fórmula ↗](#)

3.3) Ângulo Subentendido pelo Ponto Neutro Fórmula ↗

Fórmula

$$\varphi_n = \sqrt{\frac{h_{fn}}{R}} \cdot \tan \left(\frac{H_n}{2} \cdot \sqrt{\frac{h_{fn}}{R}} \right)$$

Exemplo com Unidades

$$5.5182^\circ = \sqrt{\frac{7.2 \text{ mm}}{102 \text{ mm}}} \cdot \tan \left(\frac{2.617882}{2} \cdot \sqrt{\frac{7.2 \text{ mm}}{102 \text{ mm}}} \right)$$

[Avaliar Fórmula ↗](#)

3.4) Área Projetada Fórmula ↗

Fórmula

$$A = w \cdot (R \cdot \Delta t)^{0.5}$$

Exemplo com Unidades

$$1.224 \text{ cm}^2 = 3 \text{ mm} \cdot (102 \text{ mm} \cdot 16.32 \text{ mm})^{0.5}$$

[Avaliar Fórmula ↗](#)

3.5) Comprimento Projetado Fórmula ↗

Fórmula

$$L = (R \cdot \Delta t)^{0.5}$$

Exemplo com Unidades

$$40.8 \text{ mm} = (102 \text{ mm} \cdot 16.32 \text{ mm})^{0.5}$$

[Avaliar Fórmula ↗](#)

3.6) Espessura inicial do estoque dada a pressão nos rolos Fórmula

Avaliar Fórmula 

Fórmula

$$h_t = \frac{S \cdot h_s \cdot \exp(\mu_f \cdot (H_i - H_r))}{P}$$

Exemplo com Unidades

$$1.0472 \text{ mm} = \frac{58730 \text{ Pa} \cdot 0.00313577819561353 \text{ mm} \cdot \exp(0.4 \cdot (3.36 - 3.18))}{0.000189 \text{ N/mm}^2}$$

3.7) Fator H no Ponto Neutro Fórmula

Avaliar Fórmula 

Fórmula

$$H_n = \frac{H_i - \frac{\ln\left(\frac{h_i}{h_r}\right)}{\mu_f}}{2}$$

Exemplo com Unidades

$$2.6179 = \frac{3.36 - \frac{\ln\left(\frac{3.4 \text{ mm}}{7.2 \text{ mm}}\right)}{0.4}}{2}$$

3.8) Fator H usado em cálculos contínuos Fórmula

Avaliar Fórmula 

Fórmula

$$H_r = 2 \cdot \sqrt{\frac{R}{h_{fi}}} \cdot \operatorname{atan}\left(\sqrt{\frac{R}{h_{fi}}}\right) \cdot \theta_r$$

Exemplo com Unidades

$$3.1868 = 2 \cdot \sqrt{\frac{102 \text{ mm}}{7.2 \text{ mm}}} \cdot \operatorname{atan}\left(\sqrt{\frac{102 \text{ mm}}{7.2 \text{ mm}}}\right) \cdot 18.5^\circ$$

3.9) Pressão considerando a rolagem semelhante ao processo de deformação por tensão plana Fórmula

Avaliar Fórmula 

Fórmula

$$P_r = b \cdot \frac{2 \cdot \sigma}{\sqrt{3}} \cdot \left(1 + \frac{\mu_{sf} \cdot R \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \alpha_b}{2 \cdot (h_i + h_{fi})}\right) \cdot R \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \alpha_b$$

Exemplo com Unidades

$$3.3\text{E-}5 \text{ N/mm}^2 = 14.5 \text{ mm} \cdot \frac{2 \cdot 2.1 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}} \cdot \left(1 + \frac{0.41 \cdot 102 \text{ mm} \cdot \frac{3.1416}{180} \cdot 30.00^\circ}{2 \cdot (3.4 \text{ mm} + 7.2 \text{ mm})}\right) \cdot 102 \text{ mm} \cdot \frac{3.1416}{180} \cdot 30.00^\circ$$

3.10) Redução máxima na espessura possível Fórmula

Avaliar Fórmula 

Fórmula

$$\Delta t = \mu_f^2 \cdot R$$

Exemplo com Unidades

$$16.32 \text{ mm} = 0.4^2 \cdot 102 \text{ mm}$$



Variáveis usadas na lista de Processo de laminação Fórmulas acima

- **A** Área Projetada (Praça centímetro)
- **A_f** Área Seccional Transversal Final (Praça centímetro)
- **A_i** Área Seccional Inicial (Praça centímetro)
- **b** Largura da tira da mola espiral (Milímetro)
- **E** Estoque total ou alongamento da peça
- **h** Altura (Milímetro)
- **H** Fator H em determinado ponto da peça
- **h_e** Espessura na entrada (Milímetro)
- **h_f** Espessura final após laminação (Milímetro)
- **h_{fi}** Espessura após laminação (Milímetro)
- **h_{ft}** Espessura Final (Milímetro)
- **h_i** Espessura antes de rolar (Milímetro)
- **H_i** Fator H no ponto de entrada da peça
- **h_{in}** Espessura Inicial (Milímetro)
- **H_{in}** Fator H no ponto de entrada da peça
- **H_n** Fator H no Ponto Neutro
- **H_r** Fator H no cálculo contínuo
- **h_s** Espessura em determinado ponto (Milímetro)
- **h_t** Espessura inicial do estoque (Milímetro)
- **h_x** Espessura no ponto determinado (Milímetro)
- **H_x** Fator H em um ponto da peça
- **L** Comprimento projetado (Milímetro)
- **P** Pressão Atuando nos Rolos (Newton/milímetro quadrado)
- **P_{en}** Pressão atuando na entrada (Newton/milímetro quadrado)
- **P_{ex}** Pressão atuando na saída (Newton/milímetro quadrado)
- **P_r** Pressão agindo durante o rolamento (Newton/milímetro quadrado)
- **P_{rolls}** Pressão no rolo (Newton/milímetro quadrado)
- **R** Raio do Rolo (Milímetro)
- **R_{roll}** Raio de rolagem (Milímetro)
- **R_{roller}** Raio do rolo (Milímetro)
- **S** Tensão média de cisalhamento do material de trabalho (Pascal)
- **S_e** Tensão média de cisalhamento (Pascal)
- **S_y** Tensão média de cisalhamento na saída (Pascal)
- **w** Largura (Milímetro)
- **α_b** Ângulo de mordida (Grau)
- **α_{bite}** Ângulo de mordida (Grau)
- **Δt** Mudança na espessura (Milímetro)

Constantes, funções, medidas usadas na lista de Processo de laminação Fórmulas acima

- **constante(s): pi**, 3.14159265358979323846264338327950288
Constante de Arquimedes
- **Funções: acos**, acos(Number)
A função cosseno inverso é a função inversa da função cosseno. É a função que toma uma razão como entrada e retorna o ângulo cujo cosseno é igual a essa razão.
- **Funções: atan**, atan(Number)
O tan inverso é usado para calcular o ângulo aplicando a razão tangente do ângulo, que é o lado oposto dividido pelo lado adjacente do triângulo retângulo.
- **Funções: cos**, cos(Angle)
O cosseno de um ângulo é a razão entre o lado adjacente ao ângulo e a hipotenusa do triângulo.
- **Funções: exp**, exp(Number)
Em uma função exponencial, o valor da função muda por um fator constante para cada mudança unitária na variável independente.
- **Funções: ln**, ln(Number)
O logaritmo natural, também conhecido como logaritmo de base e, é a função inversa da função exponencial natural.
- **Funções: sqrt**, sqrt(Number)
Uma função de raiz quadrada é uma função que recebe um número não negativo como entrada e retorna a raiz quadrada do número de entrada fornecido.
- **Funções: tan**, tan(Angle)
A tangente de um ângulo é uma razão trigonométrica entre o comprimento do lado oposto a um ângulo e o comprimento do lado adjacente a um ângulo em um triângulo retângulo.
- **Medição: Comprimento** in Milímetro (mm)
Comprimento Conversão de unidades 
- **Medição: Área** in Praça centímetro (cm²)
Área Conversão de unidades 
- **Medição: Pressão** in Newton/milímetro quadrado (N/mm²)
Pressão Conversão de unidades 
- **Medição: Ângulo** in Grau (°)
Ângulo Conversão de unidades 
- **Medição: Estresse** in Pascal (Pa)
Estresse Conversão de unidades 



- Θ_r Ângulo feito por Point Roll Center e Normal (*Grau*)
- μ_f Coeficiente de Fricção na Análise de Rolamento
- μ_r Coeficiente de fricção
- μ_{rp} Coeficiente de fricção
- μ_{sf} Fator de cisalhamento friccional
- σ Tensão de fluxo do material de trabalho (*Newton/milímetro quadrado*)
- Φ_n Ângulo subtendido no ponto neutro (*Grau*)



Baixe outros PDFs de Importante Engenharia de Produção

- [Importante Materiais Compostos Fórmulas](#) 
- [Importante Operações de chapa metálica Fórmulas](#) 
- [Importante Processo de laminação Fórmulas](#) 

Experimente nossas calculadoras visuais exclusivas

-  [Fração mista](#) 
-  [Calculadora MDC](#) 

Por favor, **COMPARTILHE** este PDF com alguém que precise dele!

Este PDF pode ser baixado nestes idiomas

[English](#) [Spanish](#) [French](#) [German](#) [Russian](#) [Italian](#) [Portuguese](#) [Polish](#) [Dutch](#)

7/8/2024 | 7:55:45 AM UTC

