

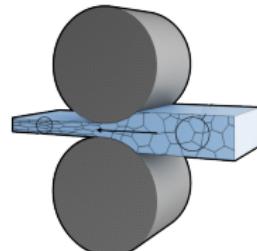
Procédés de fabrication I - IGI - HEIG-VD

Fromage des Matériaux

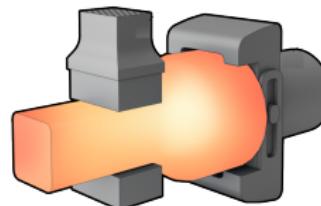
Résumé

16 janvier 2026

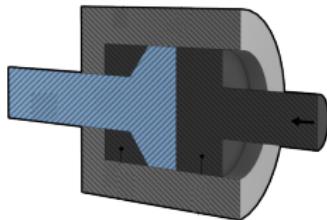
Techniques de formage - pièces massives



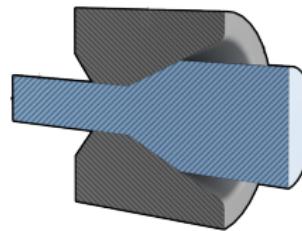
laminage



forgeage (matriçage)



extrusion



tréfilage

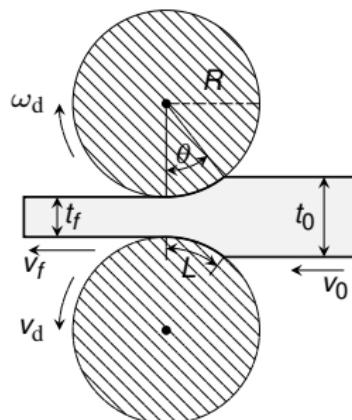
source : Manufacturing guide

Laminage

Schéma et nomenclature

Nom	Unité
t_f, w_f : épaisseur/larg. de sortie	mm
t_0, w_0 : épaisseur/larg. d'entrée	mm
v_f, v_0 : vitesse sortie/entrée	mm/s
R : rayon du rouleau	mm

Nom	Unité
ω_r : vitesse ang. du rouleau	rad/s
v_r : vitesse du rouleau	mm/s
θ : angle de contact	rad
L : longueur de contact	mm



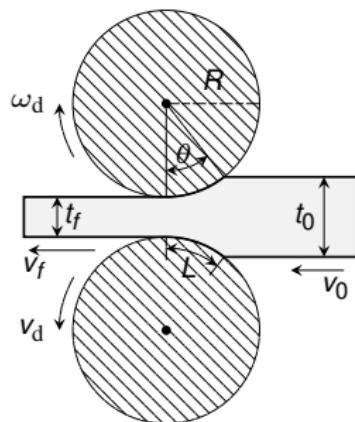
- **Relations géométriques**
 - $v_r = \omega_r R, L = \theta R$
 - $\frac{1}{2}(t_0 - t_f) = R(1 - \cos \theta)$
 - $\theta \simeq \sqrt{\frac{t_0 - t_f}{R}}$ et $L \simeq \sqrt{R(t_0 - t_f)}$
- **Relations physiques**
 - $v_f t_f w_f = v_0 t_0 w_0$ (incompr.)
 - En gén., θ est petit ($\theta < 20^\circ$)
- **Rétrec., facteur de laminage**
 - $\delta = t_0 - t_f$
 - $r = \frac{\delta}{t_0} = 1 - \frac{t_f}{t_0}$

Laminage

Schéma et nomenclature

Nom	Unité
t_f, w_f : épaisseur/larg. de sortie	mm
t_0, w_0 : épaisseur/larg. d'entrée	mm
v_f, v_0 : vitesse sortie/entrée	mm/s
R : rayon du rouleau	mm

Nom	Unité
ω_r : vitesse ang. du rouleau	rad/s
v_r : vitesse du rouleau	mm/s
θ : angle de contact	rad
L : longueur de contact	mm

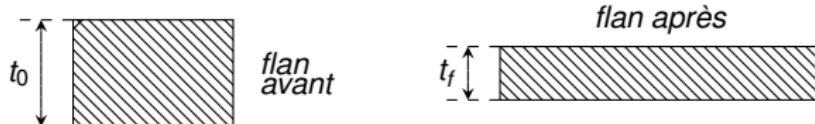


- **Relations géométriques**
 - $v_r = \omega_d R, L = \theta R$
 - $\frac{1}{2}(t_0 - t_f) = R(1 - \cos \theta)$
 - $\theta \simeq \sqrt{\frac{t_0 - t_f}{R}}$ et $L \simeq \sqrt{R(t_0 - t_f)}$
- **Relations physiques**
 - $v_f t_f w_f = v_0 t_0 w_0$ (incompr.)
 - En gén., θ est petit ($\theta < 20^\circ$)
- **Rétrec., facteur de laminage**
 - $\delta = t_0 - t_f$
 - $r = \frac{\delta}{t_0} = 1 - \frac{t_f}{t_0}$

Laminage

Travail spécifique de laminage

- L'opération de laminage est (essentiellement) considérée comme une compression.



- Le taux de compression réel vaut $\varepsilon = \ln \frac{t_0}{t_f} = \ln \frac{1}{1-r} = -\ln(1-r)$.
- Le travail spécifique de **déformation** en laminage est l'aire sous la courbe de compression réelle.

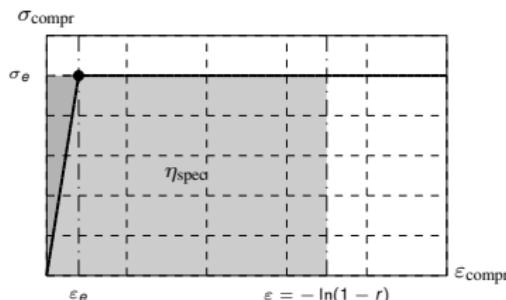


Fig. Graph de compression réel pour un corps plastiquement idéal

• Pour un matériau **plastiquement idéal** :

$$\eta_{\text{spec}} = \sigma_e \varepsilon - \frac{1}{2} \sigma_e \varepsilon e$$

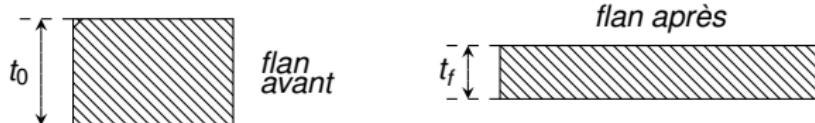
• Si ε_e est **très petit** alors $\sigma_e \simeq R_e$ et :

$$\eta_{\text{spec}} \simeq R_e \varepsilon = -R_e \ln(1-r) \quad (1)$$

Laminage

Travail spécifique de laminage

- L'opération de laminage est (essentiellement) considérée comme une compression.



- Le taux de compression réel vaut $\varepsilon = \ln \frac{t_0}{t_f} = \ln \frac{1}{1-r} = -\ln(1-r)$.
- Le travail spécifique de **déformation** en laminage est l'aire sous la courbe de compression réelle.

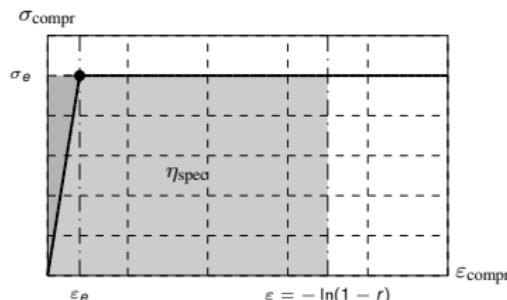


Fig. Graph de compression réel pour un corps plastiquement idéal

• Pour un matériau **plastiquement idéal** :

$$\eta_{\text{spec}} = \sigma_e \varepsilon - \frac{1}{2} \sigma_e \varepsilon e$$

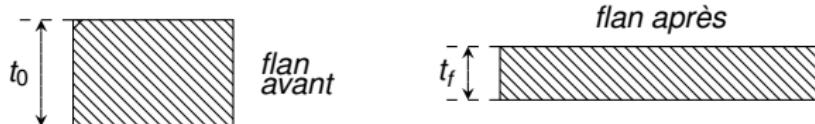
• Si ε_e est très petit alors $\sigma_e \simeq R_e$ et :

$$\eta_{\text{spec}} \simeq R_e \varepsilon = -R_e \ln(1-r) \quad (1)$$

Laminage

Travail spécifique de laminage

- L'opération de laminage est (essentiellement) considérée comme une compression.



- Le taux de compression réel vaut $\varepsilon = \ln \frac{t_0}{t_f} = \ln \frac{1}{1-r} = -\ln(1-r)$.
- Le travail spécifique de **déformation** en laminage est l'aire sous la courbe de compression réelle.

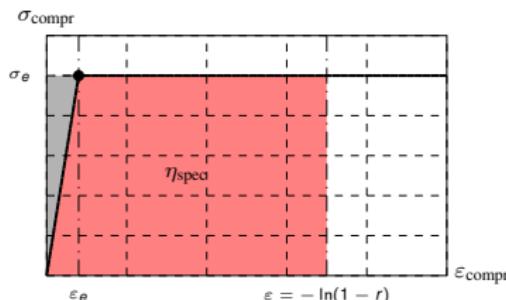


Fig. Graph de compression réel pour un corps plastiquement idéal

• Pour un matériau **plastiquement idéal** :

$$\eta_{spec} = \sigma_e \varepsilon - \frac{1}{2} \sigma_e \varepsilon e$$

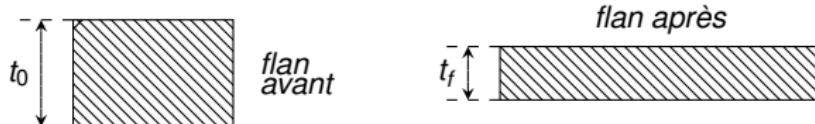
• Si ε_e est très petit alors $\sigma_e \simeq R_e$ et :

$$\eta_{spec} \simeq R_e \varepsilon = -R_e \ln(1-r) \quad (1)$$

Laminage

Travail spécifique de laminage

- L'opération de laminage est (essentiellement) considérée comme une compression.



- Le taux de compression réel vaut $\varepsilon = \ln \frac{t_0}{t_f} = \ln \frac{1}{1-r} = -\ln(1-r)$.
- Le travail spécifique de **déformation** en laminage est l'aire sous la courbe de compression réelle.

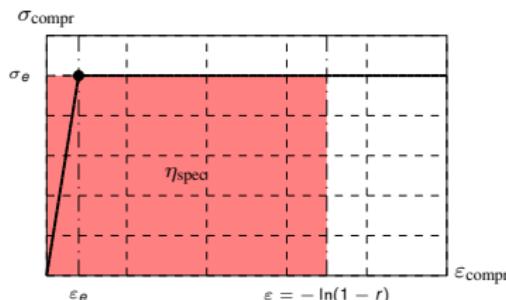


Fig. Groupe de compression réel pour un corps plastiquement idéal

• Pour un matériau **plastiquement idéal** :

$$\eta_{\text{spec}} = \sigma_e \varepsilon - \frac{1}{2} \sigma_e \varepsilon e$$

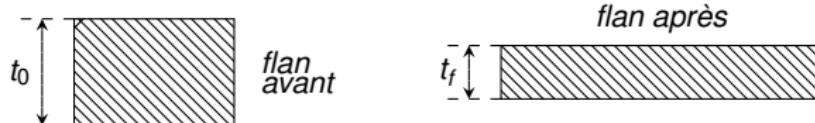
• Si ε_e est très petit alors $\sigma_e \simeq R_e$ et :

$$\eta_{\text{spec}} \simeq R_e \varepsilon = -R_e \ln(1-r) \quad (1)$$

Laminage

Travail spécifique de laminage

- L'opération de laminage est (essentiellement) considérée comme une compression.



- Le taux de compression réel vaut $\varepsilon = \ln \frac{t_0}{t_f} = \ln \frac{1}{1-r} = -\ln(1-r)$.
- Le travail spécifique de **déformation** en laminage est l'aire sous la courbe de compression réelle.

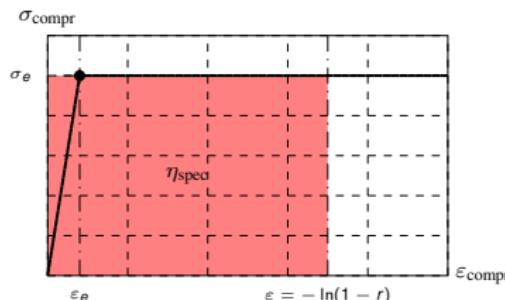


Fig. Groupe de compression réel pour un corps plastiquement idéal

• Pour un matériau **plastiquement idéal** :

$$\eta_{\text{spec}} = \sigma_e \varepsilon - \frac{1}{2} \sigma_e \varepsilon e$$

• Si ε_e est très petit alors $\sigma_e \simeq R_e$ et :

$$\eta_{\text{spec}} \simeq R_e \varepsilon = -R_e \ln(1-r) \quad (1)$$