Procédés de fabrication I - IGI - HEIG-VD
Propriétés Mécanique des Matériaux
Résumé

6 octobre 2023

Généralités

Observation

Dans la plupart des procédés, la mise en forme de la matière première est basée sur les déformations plastiques. Exemple :

- *formage des métaux : laminage, forgeage, extrusion, étirage,*
- *formage des feuilles : pliage, emboutissage, découpage,*
- *procédés de coupe (fraisage, perçage, décolletage).*

Conséquence

La planification puis l'optimisation des procédés de production cités plus haut est essentiellement conditionnée par les ***propriétés mécaniques*** *du matériau à usiner.*

Objectifs du chapitre

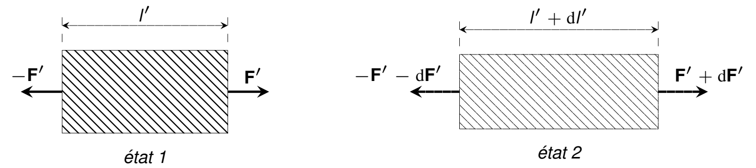
Principales propriétés mécaniques :

Nom	***Symbole***	***Unité***
Le module d'élasticité	E	$[GPa]$
Le coefficient de Poisson	ν	$[-]$
Le coefficient d'écrouissage	n	$[-]$
Le module d'écrouissage	K	$[MPa]$
La limite élastique	R_e	$[MPa]$
La résistance à la traction	R_m	$[MPa]$
Le taux de déformation réel à la rupture	$\varepsilon_{\mathrm{ult}}$	$[-]$
La dureté	HB, HV, HK	$[kg/mm^2]$
...	...	...

(cf. Annexe **??**)

Taux de déformation réel

Episode de traction



- *La quantité de déformation infinitésimale (notée $\mathrm{d}\varepsilon$) entre les états voisins 1 et 2 est mesurée en rapportant l'allongement $\mathrm{d}l'$ à la longueur déformée l' :*

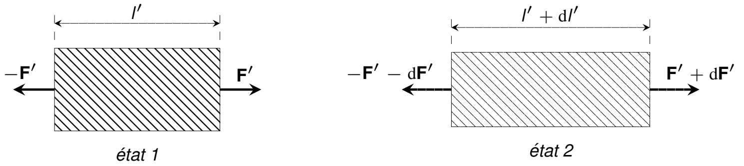
$$\mathrm{d}\varepsilon = \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *La mesure de la déformation sur toute l'expérience de traction s'obtient comme la somme (l'intégrale) des incréments infinitésimaux $\mathrm{d}\varepsilon$:*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \mathrm{d}\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$$

Taux de déformation réel (suite)

Episode de traction



- *Cette mesure porte le nom de **taux de déformation réel**. Comme l'intégrale peut se résoudre (*$\ln x$ *est la primitive de* $\frac{1}{x}$*, on obtient que*

$$\varepsilon = \ln l - \ln l_0 = \ln \frac{l}{l_0}.$$

*Cela signifie que le taux de déformation réel ne dépend que des états finaux et initiaux et **pas de l'historique** du traitement subi par l'échantillon. Cela n'est pas valable pour un mode de déformation général, mais vrai pour la traction simple (uniaxiale).*

- *Comme* $l > l_0$ *(traction) le taux de déformation réel est une quantité* > 0.

(cf. Annexe 1)

Force et contrainte réelle

Théorie de l'expérience de traction (Hooke, Young, Ludwik)

- *On appelle **contrainte réelle** et note* σ *le rapport entre force et section courantes :*

$$F = S\sigma.$$

- *Pour un matériau donné,* σ *ne dépend que du taux de déf. réel* ε *:* $\sigma = \sigma(\varepsilon)$.
- *La dépendance entre* σ *et* ε *est **forcément** linéaire tant que la barre demeure dans le domaine élastique, soit tant que* ε *est assez petit :*

$$\varepsilon \leq \varepsilon_e$$

où ε_e *est une caractéristique du matériau. Elle correspond au taux de déformation à partir duquel il **plastifie**. On a donc la **loi de Hooke** :*

$$\sigma = E\varepsilon \text{ si } \varepsilon \leq \varepsilon_e \quad \text{où } E : \text{ est le module d'Young du matériau}$$

- *On a vu aux exos (exo 2, série 1), qu'une loi non linéaire impliquait qu'une précontrainte modifiait la déformabilité du matériau, ce qui est **contraire** à la réversibilité des déformations élastiques.*

(cf. Annexe 2)

ANNEXES, TABLES ET BIBLIOGRAPHIE

A 1: Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

On peut résoudre l'intégrale définissant e :

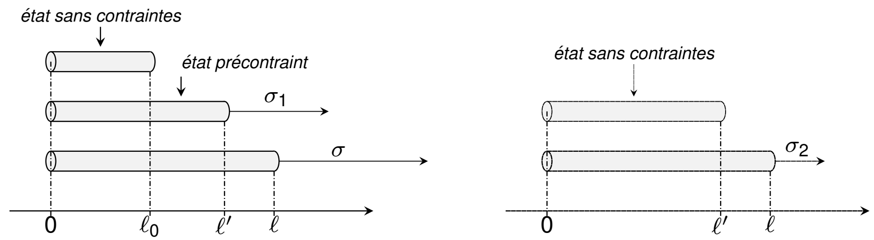
$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal et est souvent utilisé pour des raisons de simplicité (pas de logarithme) mais il pose aussi des pb. (loi de Hooke !). Il est lié au taux réel* $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ *par l'équation*

$$e = \mathbf{e}^{\varepsilon} - 1.$$

A 2: Linearité de la fonction $\sigma(\varepsilon)$ en élasticité

Une barre précontrainte l'autre non



- *Si toutes les déformations sont élastiques les deux barres ont la même déformabilité. Cela veut dire qu'il faut que*

$$\sigma - \sigma_1 = \sigma_2$$

Résultats		
Si on dit que $\sigma \propto \varepsilon$ *(*$\sigma = E\varepsilon$*) :*	*OK :*	$\sigma - \sigma_1 = \sigma_2$
Si on dit que $\sigma \propto e$ *: (*$\sigma = Ee$*) :*	*pas OK :*	$\sigma - \sigma_1 \gg \sigma_2$