Materiaux superplastiques.

Ils ont idealement $n = 1$, ie $\sigma_v \big|_{\dot{\varepsilon}_v, T} = \eta \, \dot{\varepsilon}_v$ qui n'est autre que la loi d'ecoulement newtonien pour un fluide visqueux.

Dans un materiau superplastique, la striction ne peut pas se developper. Notons que les metaux superP ont une taille de grain typiquement egale à $1 \mu m$. Le comportement supP est obtenu pour $T \nearrow$ ou $\dot{\varepsilon}$ faible.

Considerons la partie utile de l'eprouvette :

$$\sigma_v = \frac{F}{S} = C \left(\dot{\varepsilon}_v\right)^n \quad \text{ie} \quad \dot{\varepsilon}_v = \left(\frac{F}{C}\right)^{1/n} \left(\frac{1}{S}\right)^{1/n}$$

si ~~supP~~ def plast, la deformation verifie $SL = \text{cste}$, donc :

$$\dot{\varepsilon}_v = \frac{1}{L} \frac{dL}{dt} = -\frac{1}{S} \frac{dS}{dt} \Rightarrow -\frac{dS}{dt} = \left(\frac{F}{C}\right)^{1/n} S^{\frac{n-1}{n}}$$

ou $\boxed{-\dfrac{dS}{dt} = \left(\dfrac{F}{C}\right)^{1/n} \dfrac{1}{S^{1-n/n}}}$ metaux $\Rightarrow n \leqslant 1$ donc $\dfrac{1-n}{n} \geqslant 0$

on note que plus S est petite, plus rapide est la diminution de section cf fig I17.

si $n \nearrow$, la reduction de section varie - vite ; si $n = 1$ (limite), la section est constante, ie opposition au developpement de la striction.

Physiquement, on a vu que tant que la consolidation $\frac{\partial \sigma_v}{\partial \varepsilon_v} > \sigma_v$, la striction ne se développait pas.

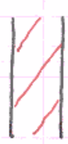
Peut-on appliquer ce critère pour expliquer la non-apparition de striction dans un supP ?

La supP se pdt à hte T ou pour des $\dot{\varepsilon}$ faibles, ce qui signifie qu'on a affaire à 1 processus thr activé. Les obstacles ne jouent plus leurs rôle car la diffusion permet le contournement des obstacles. Donc la consolidati[on] est faible à hte T° ⇒ critère pas valable.

En tenant compte des autres paramètres : $\sigma_v(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, T, ct..)$

$$\frac{d\sigma_v}{d\varepsilon} = \underbrace{\cancel{\frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon}}}_{\text{négligeable dans les supP}} + \underbrace{\frac{\partial \sigma}{\partial \dot{\varepsilon}} \frac{\partial \dot{\varepsilon}}{\partial \varepsilon}}_{\to \text{ c'est là qu'est la solution (!!)}} + \underbrace{\frac{\partial \sigma}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial \varepsilon} + \frac{\partial \sigma}{\partial ct}\frac{\partial ct}{\partial \varepsilon}}_{\text{varie pas dans exp}}$$

on a vu $\frac{\partial \sigma}{\partial \dot{\varepsilon}} > 0$



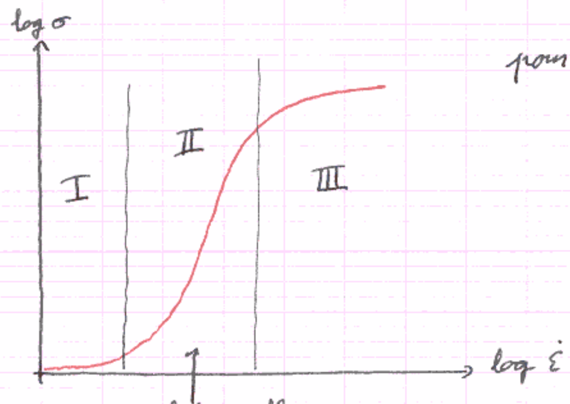
$\dot{\varepsilon}_{v1}$ déf homogène : $\dot{\varepsilon}_v = \frac{v}{L}$ → tte l'éprouvette ⇒ faible

$\dot{\varepsilon}_{v2}$ striction : $\dot{\varepsilon}_v = \frac{v}{L}$ → de la striction ⇒ grand

donc $\frac{d\dot{\varepsilon}_v}{d\varepsilon}$ grand si on amorce une striction.

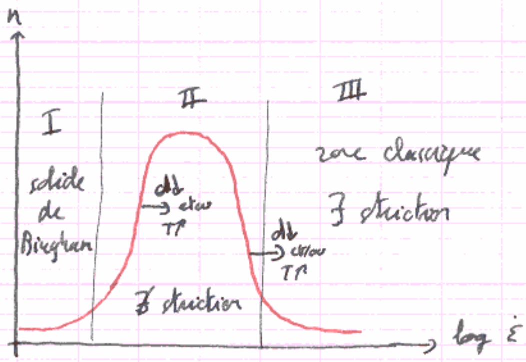
$\sigma = f(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, T, \text{taille de grains..})$ or on a écrit $\sigma = C\,\dot{\varepsilon}^n$

→ on peut écrire $n = f(T, \dot{\varepsilon}, \text{taille grains..})$, et on constate effectivement que :



pour d = 1μm, limite sup 0,1 à 2 s⁻¹

forte influence
de $\dot{\varepsilon}$ sur σ, c'est le domaine où peut exister la superplasticité



Si la taille de grain diminue, comme ce sont des chemins de déformation à hte T°, on favorise, à hte T, le glissement intergranulaire. Par ailleurs le fluage intergranulaire diff est également favorisé (% au fluage diff intra).

Diminution de la taille de grain et augmentation de la température favorisent l'apparition de la superplasticité en en déplaçant les frontières vers les $\dot{\varepsilon}$ + élevés.

Applications : mise en forme tôle superplastique (soufflé).

On a vu que :

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \frac{\partial\sigma}{\partial\varepsilon} + \underbrace{\frac{\partial\sigma}{\partial\dot{\varepsilon}}\frac{\partial\dot{\varepsilon}}{\partial\varepsilon}}_{\text{explique superplasticité}} + \frac{\partial\sigma}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial\varepsilon}$$

on peut en tirer autre chose : ∄ striction si $\frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ important, on peut jouer sur le terme $\frac{\partial \sigma}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial \varepsilon}$, abstraction faite des 2 premiers

$T \nearrow$ ⇒ diminution de la contrainte d'écoulement, ie $\frac{\partial \sigma}{\partial T} < 0$

il faudrait donc avoir $\frac{\partial T}{\partial \varepsilon} \ll 0$

cette remarque est à la base du procédé de mise en forme de filage sans filière.

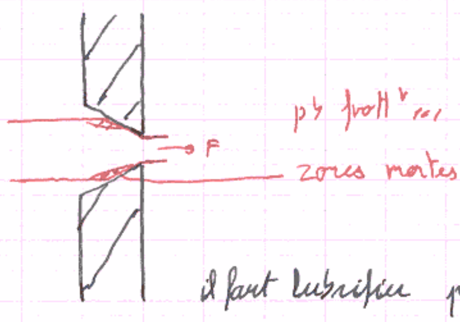
filage ⇒ hte T°

étirage, tréfilage ⇒ à froid

tréfilage :

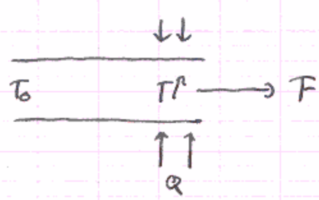
si pas bobine ⇒ étirage.

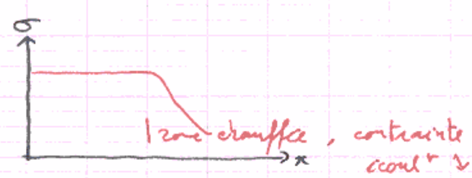
filage :



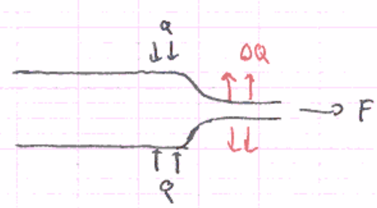
il faut lubrifier pour homogénéiser la déformation.

il existe 1 méthode + simple pour réduire le diamètre :





donc on a :



il faut extraire de la chaleur à la zone de ∅ réduit.

alors

Ce procédé n'est pas applicable à des matériaux subissant des transformati[ons]
de type martensitique.
On a bien, entre le 2 zones, $dT \ll 0$, $d\varepsilon \gg 0$, $\frac{\partial T}{\partial \varepsilon} \ll 0$