

(171) 引張りを受ける凝固シェル内の液膜の厚み変化・圧力変化の解析

元横浜国立大学工学部 沖 進

1. 緒言

連続鋼片の内部の横割れなど種々の凝固中割れの現象は、シェルが引張り変形を受ける際の粒界の分離現象である。この現象の過程において、着者はシェルの粒界がはじめ液体で占められているものとして、粒間の液膜内におこる溶質の流達、溶質移動、液膜厚み変化、圧力変化等を解析した。これによってシェルの変位量と変位抵抗力との関係(変位—荷重曲線)およびこの曲線上での気泡生成能の値を得た。(今回の解析は一定温度場のシェルが生成してから、その温度場を変えないままにシェルの引張りを行うという場合のみに限った。)

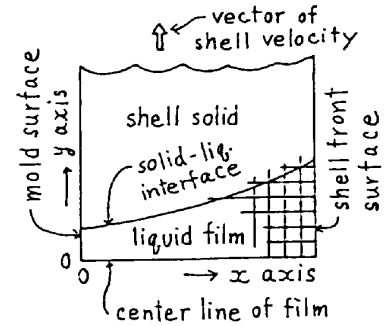


Fig. 1 Geometry of liquid film with its sectioning.

2. 解析方法

2.1 溶質拡散係数λを無限大と仮定するとき。

この場合は各部の溶質収支から次の理論式が得られた。

$$\frac{D}{D_f} = \left( \frac{x_0}{x_f + x_0 - x} \right)^{\frac{1}{1-k}} + \frac{vt}{D_f} \left( 1 - \frac{1}{1-k} \frac{x_0}{x_f + x_0 - x} \right)$$

2.2 λが有限であるとき。

この場合は Fig. 1 のように液膜全域を 200~2000 個程度の細胞に分割し、各細胞の溶質収支を差分方程式とし、その時の  $\Delta C/\Delta t$  を計算した。液膜境界条件は状態図の平衡関係で定めた。固液界面での  $\Delta C/\Delta t$  と  $\lambda$  と  $C_L - C_S$  とから  $\Delta D/\Delta t$  を求め、全体の厚み  $D$  の変化を得た。 $D$  と流速と粘性率  $\mu$  とから液膜内の圧力分布と、シェルの抵抗力  $f$  とを得た。膜内の  $\rho D/\sigma$  の最大値を気泡発生能  $G$  として求めた。 $G=1$  が気泡発生の臨界条件である。

3. 結果

結果の例を Fig. 2~4 に示す。液膜内の厚みの急減する所(ネック)の生成により、負圧、力、および  $G$  値が急上昇する様子が調べられた。(注)  $D$ : 厚み,  $D_f$ : フロントでの初  $D$ ,  $x_f$ : フロントでの  $x$ ,  $\delta$ : 変位,  $\sigma$ : 表面張力

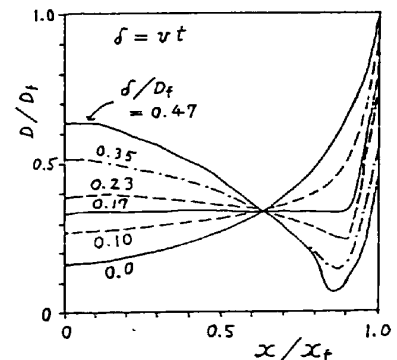


Fig. 2 An example of change of thickness profile of liquid film with shell displacement.  $D_f = 60 \mu\text{m}$ ,  $x_0 = 6 \text{ mm}$ ,  $x_f = 30 \text{ mm}$ ,  $k = 0$ ,  $\lambda = 9 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ ,  $v = 0.015 \text{ mm/s}$ .

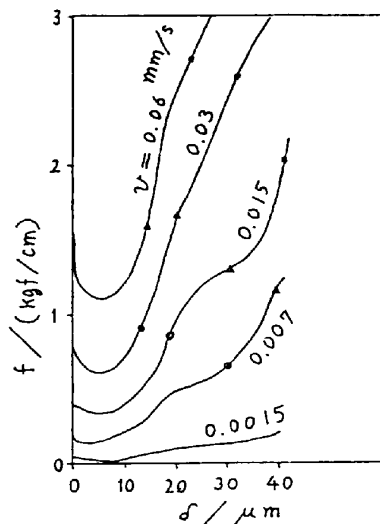


Fig. 4 Change of force required to displace the shell. The marks on the curves indicate those points where  $G$  equals 1, 2 or 4. (o: 1, Δ: 2, •: 4) Other parameters of these runs are the same as in Figs. 2-3.

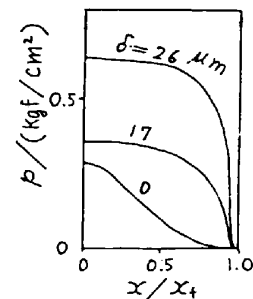


Fig. 3 An example of change of negative pressure dependent on  $x$  and on shell displacement. The run is same as shown in Fig. 2.  $\mu = 10 \text{ cP}$