

(94) 鋼の凝固殻の変形による内部割れの観察

日立製作所 日立研究所 ○新山英輔 堀口 穰
 ・ ・ 日立工場 木村智明 西村貞夫

1. 緒言 鋼の連铸鑄片の未凝固曲げなどの変形に伴う凝固殻内の割れの発生条件を知り、その対策に資することを目的として、静止鑄片を用いて実験と解析を行なった。

2. 実験方法 0.2% C, 0.02% Sの鋼を100 mm × 100 mm × 1000 mmの鑄片として金型に鑄造し、取出して500中のローラ上で曲げを加え、冷却後切断調査した。曲げ所要時間は5 secとした。

3. 実験結果 図1のように、曲げの内側、外側両方に脈状偏析と割れの領域があり、その中心寄りに負偏析領域がみられた。脈状偏析は柱状晶境界に相当し、引張応力に垂直の平板状であった。これは固相の裂け目を未凝固液が充填した、いわゆる filled tear と思われる。そのいくつかに割れ(充填されない空孔)が繋がっていた。割れ発生の際のひずみとひずみ速度は 2×10^{-2} と、 $4 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ で、それ以上ひずみが大きいほど割れ数が多くなり、その間隔は20~100 mm程度であった。鑄片内の温度測定の結果と対比すると、割れおよび脈状偏析の発生の最低温度は約1350°Cで、いわゆる固相線より50~100 deg 低いが、これは液膜が実質的に消滅する温度、いわば effective solidus ではないかと推察された。0.02% Sを0.05% Sに高めると、割れ発生の領域が低温側にずれた。脈状偏析の数はあまり変わらず、割れの数と幅が増加した。割れ発生の際のひずみとひずみ速度は約 $1/4$ になった。

4. 解析 次のようなモデルを設定した。凝固殻が引張応力 σ を受けると、固体部分はクリープ速度 $\dot{\epsilon} = k\sigma^n$ で伸び、同時に液の流入により液膜の厚さが拡大する。そして粘性抵抗による流れ内の圧力低下が鋼の表面張力をこえると空孔、すなわち割れが発生するが、引張速度が小さいと液膜は単に拡大し、脈状偏析の形成だけである。このように考えて、割れ発生の際のひずみ速度として

$$\dot{\epsilon}_c = 16 \left[\frac{k^2 \gamma^4}{\mu^3 l^6 L^3} \right]^{1/5}$$

を得た。凝固温度付近の鋼の固体と液体について、 $k = 10^{-27} \text{ dyne}^{-3} \text{ cm}^6 \text{ s}^{-1}$ 、表面張力 $\gamma = 1800 \text{ dyne cm}^{-1}$ 、粘性係数 $\mu = 0.06 \text{ poise}$ を仮定し、観察値として液膜長さ $l = 0.5 \text{ cm}$ 、液膜間隔 $L = 0.2 \text{ cm}$ を入れると、 $\dot{\epsilon}_c = 6 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ となり、また、0.05% Sについて $l = 1 \text{ cm}$ とおくと $\dot{\epsilon}_c$ は $1/2$ になる。これらは、実験値のオーダーとほぼ一致している。この式によれば、液膜長さ l が小さいと有利であるが、それにはSなどの不純物を少なくするか、温度勾配を大きくするのがよい。拡大する液膜の数が多いほど、したがって、 L が小さいほど有利であるが、 L が何によって決定されるかがあきらかでない。結晶をこまかくすることはおそらく有効であろう。 k , γ , μ はコントロールしにくい要因である。

5. 結言 未凝固鑄片の曲げによる割れの発生についての観察を簡単なモデルによっていちおう説明した。しかし、拡大する液膜の数を決める要因が不明であり、また、ひずみとひずみ速度を独立に変化させたときの影響については、実験解析ともに扱っておらず、今後の課題である。

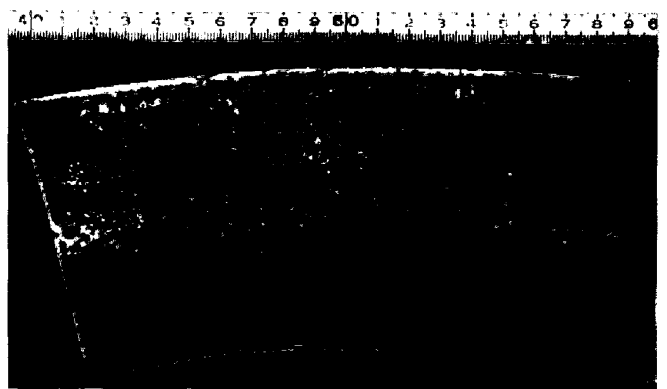


図1 曲げた鑄片の断面マクロ組織