

(260) 連鑄鑄片内凝固遅れ部の成長と応力・歪集中の数学モデル解析 — 連鑄鑄片表面割れ疵の改善 —

新日本製鐵(株) 基礎研究所 ○松宮 徹 生産技術研究所 田中 純
生産技術研究所 有吉敏彦 名古屋製鐵所 佐伯 毅

緒言：鑄型内で何らかの拘束が生じ、凝固殻の自由収縮が妨げられ、また溶鋼圧により、凝固殻に張力を生じた場合、局部的に殻厚の薄い所があれば、その部はより高い応力を受ける。また局部的に高温部があれば、鑄型直下で二次冷却を受ける時、その部はより急激な冷却を受けるため大きな熱応力を受けると考えられる。本報では、これらをモデル化し、凝固遅れ部で割れが発生する理由、また、凝固遅れが発生する機構についても検討した。

方法：鑄型内の殻内応力・歪の計算には前報(松宮ら：鉄と鋼, 67-4(81))と同じ方法を用いた。ただし、(3)式は以下の様に置きかえた。①凝固殻が凝固遅れ部幅 l_2 、正常部幅 l_1 を含む2点で鑄型に拘束された場合： $\int_0^{l_1} \sigma_1 dx = \int_0^{l_2} \sigma_2 dx \dots \dots (4)$, $l_1 \dot{\epsilon}_1 + l_2 \dot{\epsilon}_2 = 0 \dots \dots (5)$ ($\delta_{1,2}$ ：正常部、凝固遅れ部の殻厚, $\sigma_{1,2}$ ：同. 応力, $\dot{\epsilon}_{1,2}$ ：同. 総歪速度)。②長片全幅が短片テーパに沿って変形する場合：(4)式と, $l_1 \dot{\epsilon}_1 + l_2 \dot{\epsilon}_2 = (l_1 + l_2) \dot{\epsilon}_M \dots \dots (6)$ ($\dot{\epsilon}_M$ ：引抜方向テーパ率×引抜速度)。③短片の静圧を長片が支える場合： $\int_0^{l_1} \sigma_1 dx = \int_0^{l_2} \sigma_2 dx = F \dots \dots (7)$ (F ：短片単位長さ当りの静圧合力/2)。④正常部が自由収縮し凝固遅れ部はその収縮に拘束される場合：正常部に対し(3)式を用いて $\dot{\epsilon}_1$ を求める。 $\dot{\epsilon}_2 = \dot{\epsilon}_1 \dots \dots (8)$ 。鑄型直下の二次冷却について、表面温度が正常部で2秒間に100℃低下する場合(強冷)と、100℃復熱する場合(緩冷)の応力・歪を計算した。凝固遅れ部表面温度は2秒間で正常部と同じになるとした。凝固殻厚の変化を無視し、殻内の温度変化は表面から凝固先端まで直線分布とした。拘束条件は④と同じとした。

次に、凝固遅れ部近傍での凝固殻の変形を弾性梁と見なして計算した： $D \cdot d^2 y / dz^2 = M^* + M \dots \dots (9)$ (D ：梁剛性, M^* ：熱応力による内部モーメント, M ：静圧によるモーメント, y ：鑄型からの浮上り, z ：幅方向座標)。浮上り量を伝達係数に反映させ、スラブ横断面の二次元伝達解析を行った。

結果：鑄型内での計算の結果、凝固遅れ部への応力・歪の集中は①の場合に最も著しかった。その場合の凝固遅れ部の一次脆化域での歪量と、一次脆化域滞在時間を図1に示す。表面ほど、凝固遅れが大きいほど歪量が多い。二次冷却時には凝固遅れ部表面で大きい引張歪が生ずることが判った(図3)。また緩冷の方が、凝固遅れが小さい方がこの歪が小さかった。凝固殻の浮上りの計算の結果、0.12% Cでは初期に凝固遅れが出来るとこの部が鑄型より浮上り、さらに凝固遅れが助長されること、また、0.05% Cでは凝固遅れ部が鑄型に押し付けられ、凝固遅れが消滅することが判った。前者の場合、浮上りは凝固遅れ部幅が大きいほど激しい(図2)。

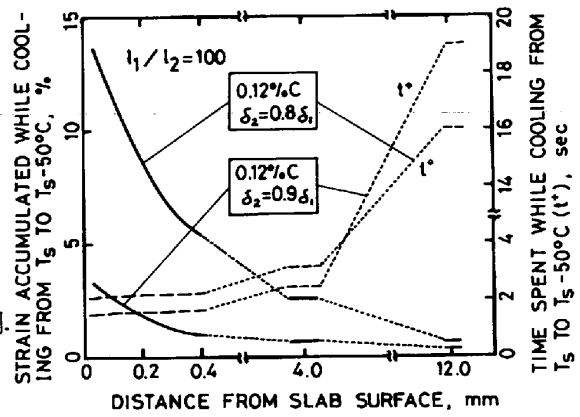


図1 凝固遅れ部での歪集中

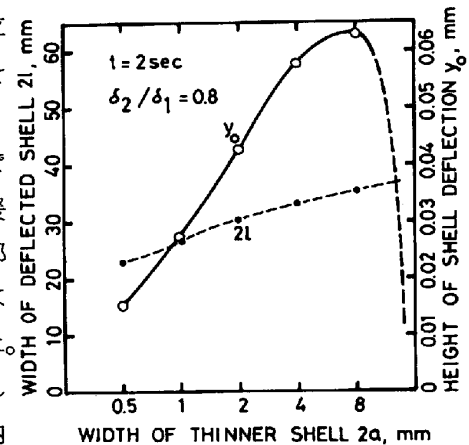


図2 鑄型疵幅と凝固殻浮上り量

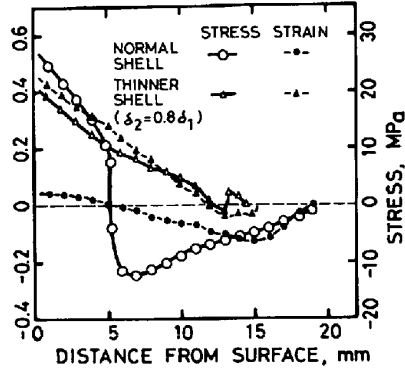


図3 二次冷却時の応力・歪