

(259) 連鑄鑄型内における鑄片自由収縮時の応力・歪の数学モデル解析
— 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：連鑄スラブ表面縦割れに関し、C量・鑄型人工疵・二次冷却依存性につき、操業 実験事実^{1,2)}を説明しうる解析モデルを検討した。モデルは近似が多く厳密さを欠く傾向にあるが、出来る限り直感的に概ね定量できることを主眼とした。本報では鑄型内凝固殻の自由収縮時の応力・歪分布の計算について述べる。

方法：歪のうち塑性歪と温度変化に伴う歪を考慮すると $\dot{\epsilon} = \alpha_e \cdot dT/dt + \dot{\epsilon}_p \dots (1)$ ($\dot{\epsilon}$: 総歪速度, $\dot{\epsilon}_p$: 塑性歪速度, α_e : 有効熱膨張率, T : 温度, t : 時間) が成立する。凝固殻内温度分布を直線近似した。凝固先端では液相線温度とし、表面温度はS添加により求めた凝固殻成長速度²⁾を用い凝固潜熱放出速度と殻内熱流の収支から求めた。 α_e は変態に伴う体積変化と熱膨張とを併せた膨張率である。あるC量の鋼のある温度での体積はFe-C平衡状態図より読み取った δ - r の割合を用い、同温度での純鉄の δ , r 単相での体積を比例平均して算出した。応力 σ は T と $\dot{\epsilon}_p$ にのみ依存すると近似し、高温引張試験データ³⁾よりその関係を見積った： $\sigma = f(T, \dot{\epsilon}_p) \dots (2)$ 。(3)式を満す場合を自由収縮と定義し、その場合の σ , $\dot{\epsilon}_p$ の殻内分布を求めた。 $\int_0^\delta \sigma dx = 0 \dots (3)$ (δ : 凝固厚)。固相線 T_s または、固相率が0.85となる温度 T_a 以下になった時の歪の蓄積を $\dot{\epsilon}_p$ を積分し求めた。

結果：図1に応力・歪の分布の一例を示す。図には一次脆化域 ($T_s > T > T_s - 50$ ℃とする)⁴⁾を併せ示した。中炭鋼ではこの域で引張応力・歪を生じていることが判る。図2には割れに関する歪量の深さ方向の分布

結果：図1に応力・歪の分布の一例を示す。図には一次脆化域 ($T_s > T > T_s - 50$ ℃とする)⁴⁾を併せ示した。中炭鋼ではこの域で引張応力・歪を生じていることが判る。図2には割れに関する歪を①全一次脆化域で蓄積される歪、② $T_a > T > T_a - 30$ ℃で蓄積される歪と二通りに考え、その分布を示した。中炭鋼で大きな歪を生じているが、これは δ - r 変態に伴う収縮が拘束され、引張歪となって表われた結果である。 $T_a > T > T_a - 30$ ℃での δ - r 変態量を図3に示す。凝固完結前の δ - r 変態(斜線部)により、 A_{r4} 変態のみを考えた場合に較べ変態量のピークが高炭側へずれることが判る。また、自由収縮している限りにおいては、凝固遅れの生じている部分においても正常部に較べ特に大きな応力・歪が生じていることはなかった。

結果：図1に応力・歪の分布の一例を示す。図には一次脆化域 ($T_s > T > T_s - 50$ ℃とする)⁴⁾を併せ示した。中炭鋼ではこの域で引張応力・歪を生じていることが判る。図2には割れに関する歪を①全一次脆化域で蓄積される歪、② $T_a > T > T_a - 30$ ℃で蓄積される歪と二通りに考え、その分布を示した。中炭鋼で大きな歪を生じているが、これは δ - r 変態に伴う収縮が拘束され、引張歪となって表われた結果である。 $T_a > T > T_a - 30$ ℃での δ - r 変態量を図3に示す。凝固完結前の δ - r 変態(斜線部)により、 A_{r4} 変態のみを考えた場合に較べ変態量のピークが高炭側へずれることが判る。また、自由収縮している限りにおいては、凝固遅れの生じている部分においても正常部に較べ特に大きな応力・歪が生じていることはなかった。

文献：1)常岡ら：鉄と鋼，66(80)，S808。 2)三隅ら：同，S809。
3)今村ら：同，S804。 4)鈴木ら：同，S805。

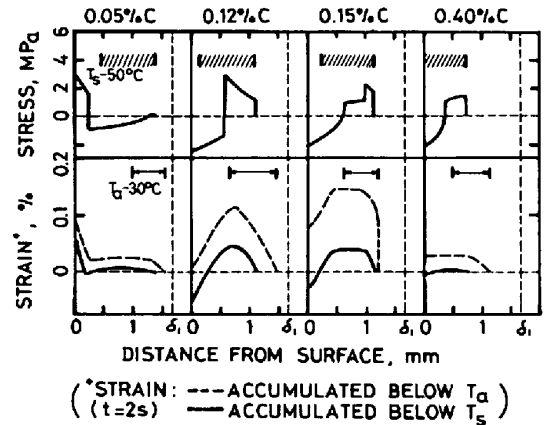


図1 凝固殻内応力・歪分布

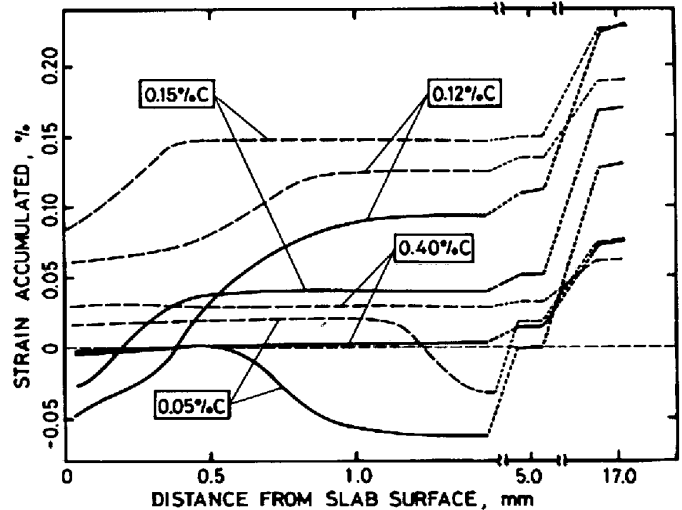


図2 縦割れに関する歪量の深さ方向の分布

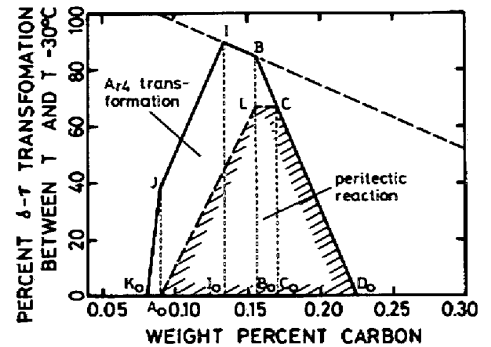


図3 縦割れに関する δ - r 変態量