

(335)

鋼材の熱処理時に発生する残留応力のシミュレーション

住友金属 中央技術研究所 松永省吾 ○高島啓行

1. 緒言: 大型鋼材または脆弱鋼材では、冷却時に発生する残留応力により割れる可能性がある。この場合、割れ防止のための操業標準を確立するには、各種操業条件の場合に発生する残留応力を定量的に知る必要がある。本報では、ロールの焼入れおよび厚肉パイプの水冷時に測定された温度と残留応力値の電子計算機によるシミュレーションにより、残留応力計算法を検討する。

2. 残留応力のシミュレーションの方法: ① 残留応力は、鋼材がほぼ全面弾性域に入った時の内外温度差により発生すると考えられる。② 鋼材の弾塑性の遷移は $700^{\circ}\text{C}$ から $500^{\circ}\text{C}$ 位にかけて漸次起るが、シミュレーションの対象にしている鋼材の高温強度特性から判断して、ある温度 $T_c$ 以上を完全塑性域、それ以下を完全弾性域とモデル化して考える。③ 鋼材の冷却過程の温度計算を行ない、その温度分布をもとに $T_c$ を鋼材により種々仮定して熱応力を計算し、この値を反転して残留応力とし、実測値と計算値を合わせる。

3. ロール焼入れ時に発生する残留応力のシミュレーション: 変し温度が変化した場合のロール(740 mm中実)表面の残留応力(圧縮)のX線法による測定値によれば、変し温度が約 $620^{\circ}\text{C}$ で残留応力はほぼ0になると推定される。図1は、 $900^{\circ}\text{C}$ のロールを焼入れた後、 $500^{\circ}\text{C}$ の変し過程で中心の温度が $620^{\circ}\text{C}$ になった時の半径方向の温度分布を示している。 $T_c = 620^{\circ}\text{C}$ として、図1の温度分布形態でロール内の応力を0と考え、ロールをさらに $0^{\circ}\text{C}$ まで冷却したときの応力分布を弾性計算して残留応力(図2)とみなす。図2にはSachs法による残留応力の測定結果が記入してあるが、実測値と計算値は比較的良く一致し、この計算方法はほぼ満足しうると思われる。

4. 厚肉パイプの水冷時に発生する残留応力のシミュレーション: 図3に厚肉パイプ(56φ×8φ、 $1100^{\circ}\text{C}$ )の外表面水冷時において、内表面が $600^{\circ}\text{C}$ になった時の温度分布の計算値を示す。 $T_c = 600^{\circ}\text{C}$ とし、図3の温度分布をもとにパイプの軸方向熱応力の肉厚方向の分布を計算し、内外反転させて残留応力とした結果を図4に示す。図4にはSachs法による残留応力の実測値も記入してあるが、実測値と計算値は比較的良く一致している。

5. 結言: 鋼材の冷却過程で発生する残留応力は、弾塑性遷移温度 $T_c$ を $600^{\circ}\text{C}$ 前後とし、鋼材の最高温度が $T_c$ になった時の温度分布を使って熱応力を計算し、これを反転させることによって求められるが、この計算方法の応用により、残留応力割れ防止操業標準を設定することが出来る。

