

(233) 極厚 2.25 Cr-1Mo 鋼板の熱処理 (焼入れ) の研究

日立造船 技術研究所

○大沢守彦 高木十三雄

1. 緒言 高温高压容器の材料の一つとして極厚 2.25 Cr-1Mo 鋼板が用いられその焼入れに関しては機械的特性を保証するため平均冷却速度 (400℃~900℃) 15℃/min 以上を必要とするが、質量効果が大きく技術的に問題が多い。そこで極厚材の水浸焼入れ時の冷却速度に關与する諸要因の定量的評価を目的として、浸漬冷却実験ならびに、伝熱計算手法の検討を行った。

2. 実験 供試材 2.25 Cr-1Mo 鋼、板厚 3 cm × 23 cm × 23 cm の寸法で表面シェーバー仕上げの試験片で実験を行った。1/2 t、2/5 t、3/10 t、1/5 t、1/15 t に 2 mm φ、深さ 7.5 mm の寸法の孔を伝熱面と垂直に開け、1 mm φ のシー型熱電対 (CA 線) を挿入し、アスベストで孔の入口を塞いでいる。この試験片を雰囲気制御しない電気炉で 960℃ まで加熱した後、40 cm × 40 cm × 80 cm の水槽に浸漬した。

3. 実験結果 放熱度 h ($\Delta Q / (T_s - T_{sat.})$, ΔQ : 放熱量、 T_s : 鋼板表面温度、 $T_{sat.}$: 水の飽和温度) は T_s に依存している。平均水温 T_w が 30℃ の場合は 300℃ < T_s < 900℃ では比較的に変化が小さく、 $T_s = 250℃$ の近傍で極小値を示し、 $T_s < 250℃$ では高温での h の 2~3 倍にまで上昇する。

沸騰熱伝達現象で極小値を示す事は問題であるが、 h の算出を比熱一定で行っているため変態発熱の影響が表われたものである (図 1)。平均放熱度 \bar{h} (T_s 200℃~900℃ での h の平均値) は T_w に依存しており T_w 0℃~100℃ の間で 3 倍程度変化する (図 2)。

4. 冷却速度の計算 (極厚材料の冷却速度の推定) 一次元伝熱差分方程式により数値計算法で冷却速度の計算を行った。計算にあたり h は T_s の関数とした。板厚中心における平均冷却速度 \dot{T} (400~900℃) は板厚 3 cm では実測値と計算値が良く一致している。極厚板では (板厚 20 cm) 計算値は T_w にかかわらずほぼ 25℃/min となり実測値をよく近似している。この冷却速度は本材料に必要な最低冷却速度 15℃/min を十分に満足している。

5. 結論 (1) 極厚 2.25 Cr-1Mo 鋼の水浸焼入れ時の冷却速度の推定は本計算手法で可能である。(2) 2.25 Cr-1Mo 鋼で板厚 20 cm 程度のものでは焼入れ時の水温は、冷却速度に影響しない。

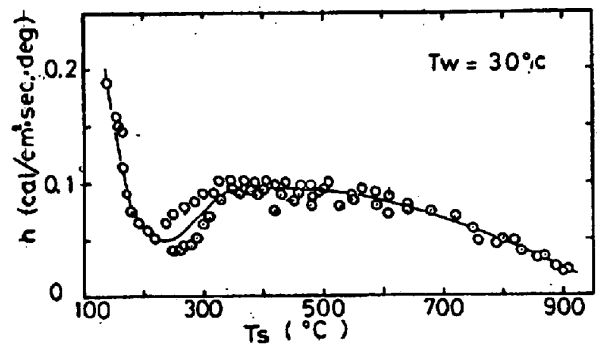


図 1. 放熱度 h と鋼板表面温度 T_s の関係

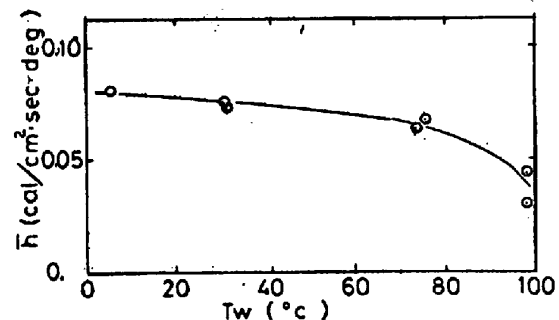


図 2. 平均放熱度 \bar{h} の平均水温 T_w による影響。

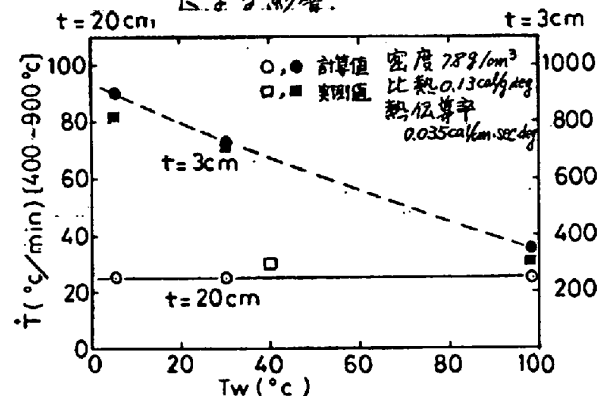


図 3. 平均冷却速度 \dot{T} と平均水温 T_w の関係 (板厚中心)