

日本钢管(株)技術研究所 寺本豊和 岡田計夫 山田健夫

1. 緒言

近年、鉄鋼各社において蒸発冷却方式が検討され実用化されている。我々もその流動メカニズムに対する関心から、自然循環蒸発冷却方式について、模型実験、モデル計算により若干の検討を行った。

2. 模型実験

実験装置は図1に示すように冷却管2系列が気水ドラムを共有し、降水管とともに冷却システムを構成している。冷却水の循環力となるのは管内発生蒸気であるので蒸発開始点の把握が重要である。そこで冷却管には電極式、γ線透過式ボイド計、のぞき窓、温度計を設置した。水循環をシミュレートするために冷却管に空気吹込み、蒸気吹込みを行い、冷却システムの流動限界、吹込み蒸気の有無を調査した。また下部3段の冷却管はバーナー加熱し、流動諸元を測定した。

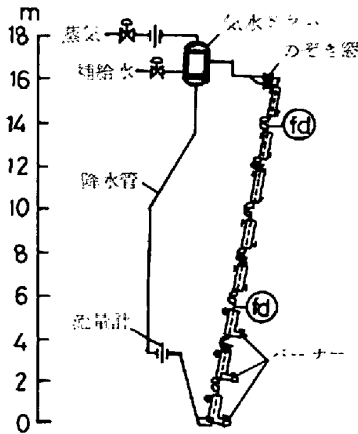


図1. 実験装置フロー

定常循環時の冷却水温度分布、ボイド率分布を図2に示す。冷却管での蒸気発生は必ずしも熱負荷を受ける部分ではなく圧力と温度の沸騰平衡関係に支配されることを確認した。この蒸発開始点は、冷却水温度分布の測定により推定できる。

3. 計算モデル

上記の実験での確認をもとに計算モデルを作った。冷却管の蒸気量の計算には ①被冷却部からの奪熱量 ②降水管出口でのサブクール温度 ③位置水頭の減少、摩擦損失等の圧損による自己蒸発を考慮し、冷却水の温度と圧力が沸騰平衡曲線上の一点に達した時に沸騰するとした。また沸騰域の流動は、平均比重、平均速度を用いて単相流と同様に扱い、沸騰の影響は一応考慮外とした。但し、蒸気と水の相対速度はパラメータとして、実験値と計算値が対応するように設定した。

この計算モデルで計算した冷却水温度分布、ボイド率分布を図2に示した。また、熱負荷と循環流量、ボイド率、循環比(循環流量/蒸気発生量)の関係を図3に示した。計算結果は実測値とかなり良く一致しており、この計算モデルは蒸発冷却システムの設計に適用可能と考える。

4. まとめ

- ① 蒸発冷却システムの循環力となる蒸気発生は圧力と温度の沸騰平衡に支配されることを確認した。
- ② したがって冷却水温度分布の測定により蒸発開始位置が推定可能である。
- ③ 計算モデルは気水ドラム圧0~2 kg/cm²Gの範囲で実測値と良く一致する。

参考文献

1)石谷清幹, 赤川浩 共著: ボイラの水循環 1953
 2) Andoniev: 冶金炉の蒸発冷却 1970

条件, 気水ドラム圧1 kg/cm² 熱負荷3.9 kcal/h

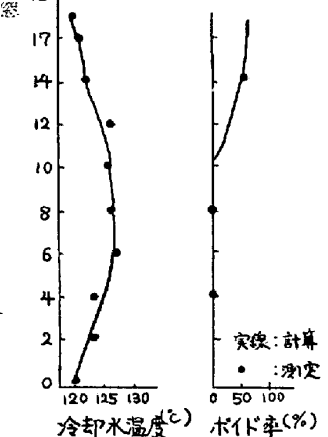


図2. 温度分布およびボイド率分布

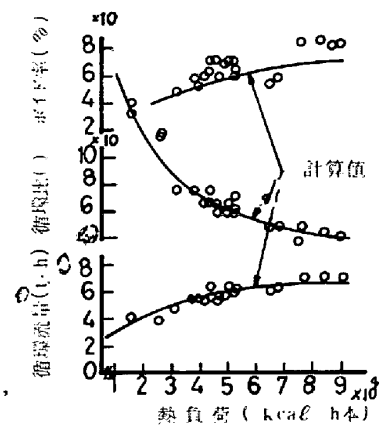


図3. 定常循環(気水ドラム圧1kg/cm²G)