含水多孔質体を用いた高熱負荷面の蒸発冷却

Evaporation cooling of a high heat load surface using a water-containing porous medium

正 奥山 邦人 (横国大)

Kunito Okuyama

Yokohama National University, 79-5 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501

Key Words: High heat load, Water-containing porous plate, Capillary suction, Evaporation heat sink

1. はじめに

底面を水に浸した多孔質体の上面に高熱負荷を受ける物体を接触させると、蒸発により固体面は冷却される。発生した蒸気は接触面の隙間から排出され、蒸発により増進された毛管力により加熱面への液流が誘起されることで多孔質体は高性能の *heat sink* として機能する。しかし熱流束が極めて高くなると加熱面直下に乾燥域が生じ冷却能力が失われる。多孔質層内の二相流と接触面間の蒸気流のモデル解析からドライアウト開始(除熱限界)熱流束は多孔質体の透過係数が大きいほど大きくなることが示され⁽¹⁾⁽³⁾、また実験から市販の多孔質材でドライアウト開始熱流束は理論値に近い 22 MW/m^2 が得られた⁽²⁾⁽³⁾。特に高熱流束加熱時には加熱体先端付近側面で沸騰が生じる傾向があることが観察された⁽¹⁾⁽³⁾。本報告ではこの側面沸騰の影響について検討した結果について述べる。

2. 実験方法と結果

加熱体は直径 5.5 mm の銅棒の先端 10 mm を円錐台状に加工したもので、先端(直径 1mm)を含水多孔質板 C1(JIS 断熱煉瓦, 厚さ 1 mm)に押し当て上部から加熱する。下端から 13, 18, 23 mm の棒温度をシース熱電対(直径 0.5 mm)により測定し、棒表面から放熱(空気の対流と放射熱交換)を考慮した上で外挿により先端温度 T_s 及び先端熱流束 q'' を算出する。Fig.1 に加熱体の温度分布を示す。小加熱量($q < 6.8 \text{ W}$)では、 T_s は概ね飽和温度となる。大加熱量($q > 6.8 \text{ W}$)では、先端付近は飽和温度以下に低下している(点線)が、これは側面沸騰の影響によるものである。側面沸騰の熱伝達率をプール沸騰のそれとして与え、先端温度は飽和温度に等しいとすると図中の実線の温度分布となる。沸騰区間の長さ(高さ)は観察と概ね一致する。Fig.2 は q に対する T_s 及び先端熱流束の変化を示す。 q_i'' は加熱量 q を先端面積で除したもの、 q_s'' は多孔質体に伝わった分の熱流束を表し、 $(q_i'' - q_s'')$ は主に側面沸騰分を表す。沸騰が生じるとそれによる側面冷却の分 q_s'' は低下する。 q_s'' の低下は側面沸騰により接触面の隙間からの蒸気の排出抵抗が増加し、多孔質体内の蒸気圧力が上昇して加熱面への液の供給が抑制されるためと考えられる。

Fig.1 Temperature profiles along the copper heating rod

Fig.2 Surface temperature and heat flux

参考文献

- (1) 奥山, 第 56 回伝熱シンポ, (2019), B222. (2) 今西・奥山, 熱工学コンファレンス 2019, G215.
- (3) 今西・奥山, 第 57 回伝熱シンポ, (2020), G224, G225.