

ナノ流体沸騰熱伝達に及ぼすナノ粒子層の剥離の影響

Effects of nanoparticle layer peeling on boiling heat-transfer of nanofluids

*渡辺 陽介¹, 榎木 光治¹, 大川 富雄¹

¹電気通信大学

ナノ流体の沸騰熱伝達では、伝熱面上に形成されるナノ粒子層により熱伝達率や CHF が変化する。本研究では、ナノ粒子層が剥離した場合の熱伝達性能の変化を実験的に調べた。ナノ粒子層の剥離が進むと、剥離前と比較して、熱伝達率は向上するが、CHF は低下する傾向があることを示した。

キーワード：ナノ流体、沸騰熱伝達率、CHF、ナノ粒子層、プール沸騰

1. 緒言

ナノ流体中の沸騰では、伝熱面上にナノ粒子層が形成されるため、伝熱面の表面性状が変化するとともに CHF が向上する^{[1],[2]}。このため、緊急時の原子炉冷却手法の1つとしてナノ流体を冷却液として用いる技術が注目されている。ナノ粒子層が CHF に影響を与えていると仮定するならば、ナノ粒子層が剥離した場合を想定する必要があるが、調査はほとんどされていない。本研究では、粘着テープを用いて意図的にナノ粒子層を剥離させ、剥離が沸騰熱伝達及び CHF に及ぼす影響を実験的に検討する。

2. CHF 測定方法

図1に示す実験装置の沸騰容器内に、ナノ粒子を十分によく分散したナノ流体（粒子材質：TiO₂、Al₂O₃、SiO₂、濃度：0.4kg/m³）を投入する。この後、熱流束 650kW/m² で飽和沸騰を 1hr 継続し、ナノ粒子層を伝熱面上に形成させた。なお、伝熱面の材質は銅であり、直径は 20mm とした。伝熱面にナノ粒子層を形成した後、粘着テープを用いてナノ粒子層を剥離させた。その後、沸騰容器に蒸留水を入れ、熱流束を徐々に増加させていき、沸騰曲線を得るとともに、銅ブロック内の温度が急上昇した点を CHF と判定した。

3. 実験結果及び考察

CHF 測定実験で得られた、代表的な2つのグラフを図2、図3に示す。図2は、伝熱面に形成されたナノ粒子層を剥がさずに行った沸騰実験の結果である。3種のナノ粒子材質で、CHF の向上率は約 60%と同程度であるが、壁面過熱度 ΔT_w の違いは認められた。TiO₂ は、Al₂O₃ 及び SiO₂ と比較して、伝熱面に堆積するナノ粒子の堆積量 M_0 が多く、かつ粒子クラスターのサイズも最大であった。他の2種に比べて熱を放出しにくく、図2では ΔT_w が最も高くなったものと推察される。

図3は、Al₂O₃ のナノ流体で、ナノ粒子層の剥離の程度により CHF 測定結果がどのように変化するかを調べた結果である。ここで、 M は、粘着テープを用いてナノ粒子層を剥がした後に伝熱面上に残在するナノ粒子の質量であり、 M/M_0 はナノ粒子の残存率を表す。本図より、Al₂O₃ では、ナノ粒子層の剥離が進むにつれて、CHF が劣化し、同時に壁面過熱度 ΔT_w も低下した。特に、 $M/M_0 \approx 0.1$ でナノ粒子層が激しく剥離した条件では、純水の場合よりも高い熱伝達率が計測されている。加えて、CHF は低下傾向ではあるものの、純粋の場合よりは高い値を維持している。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP26420140 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] T. Okawa, et al., Int. J. Heat Transf., **55**, 2719-2725 (2012).
- [2] S. J. Kim, et al., Int. J. Heat Transf., **50**, 4105-4116 (2007).

*Yosuke Watanabe¹, Koji Enoki¹ and Tomio Okawa¹

¹University of Electro-Communications.

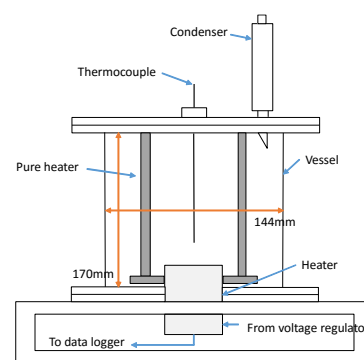


図1 実験装置の概略

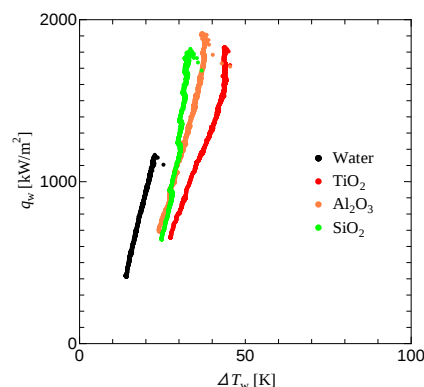


図2 純水及びナノ流体の沸騰曲線（剥離無し）

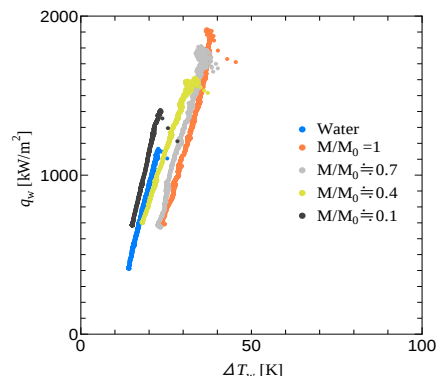


図3 ナノ粒子層が剥離した場合の沸騰曲線（Al₂O₃）