

CHF 近傍におけるナノ粒子層性状の変化

Changes in nanoparticle layer properties near CHF

*中濃 昂輝¹, 梅原 裕太郎¹, 大川 富雄¹, 小泉 安郎¹

¹電気通信大学

ナノ流体のプール沸騰熱伝達において、伝熱面上に形成されたナノ粒子層が限界熱流束（CHF）に及ぼす影響について実験的に検討した。CHF の向上を引き起こすナノ粒子層の毛管力は、CHF 状態の近傍まで維持されるが、CHF に至ると、ナノ粒子層が剥離し、伝熱面の毛管力は大幅に低下した。

キーワード：ナノ流体、CHF、ナノ粒子層、プール沸騰

1. 緒言

ナノ流体のプール沸騰では、伝熱面上に形成されるナノ粒子層の毛管力により CHF が向上する⁽¹⁾。ただし、CHF 近傍でナノ粒子層が剥離する場合のあることも報告されており⁽²⁾、ナノ流体の CHF については不明点も多い。本報では、CHF 前後での伝熱面付着ナノ粒子層の状態変化を実験的に調べた。

2. CHF 測定と表面性状計測

実験は、大気圧下で、既報⁽¹⁾と同様のプール沸騰実験装置を用いて行った。直径 20 mm の銅製伝熱面を円筒容器の底面に配置し、試験流体には水ベースの TiO₂ ナノ流体（一次粒径 21 nm、濃度 0.1 kg/m³）を用いた。熱流束 0.6 MW/m² で核沸騰を 1 時間継続して、伝熱面上にナノ粒子層を形成した。この後、蒸留水中とナノ流体中で熱流束を徐々に増加させ、CHF の 90 % 熱流束時点と CHF 後の各々で、伝熱面の各種性状（毛管力、表面粗さ、ナノ粒子層の厚さ、接触角、ナノ粒子の堆積量）を計測した。

3. 実験結果及び考察

無次元毛管力 Wi （Wickability）とナノ粒子層の厚さ d の計測結果を、各々 Fig. 1 と Fig. 2 に示す。ナノ粒子層の形成直後と 90%CHF 時点において Wi は同程度だが、CHF の経験後、 Wi は大きく低下している。一方、 d は、蒸留水中では、90%CHF から CHF 後まで継続的に低下している。ナノ流体中では、90%CHF 時点では初期状態よりもかなり厚くなるが、CHF の後、大きく減少している。なお、CHF の後、ナノ粒子層の局所的な剥離が見られ、この部分では d がやや小さい値となった。

4. まとめ

ナノ流体のプール沸騰では、沸騰中にナノ粒子層が剥離して、熱伝達率に影響を及ぼす可能性がある。また、CHF の直前または直後に、大規模なナノ粒子層の剥離が生じて、毛管力が大きく低下する場合がある。したがって、ナノ粒子層の剥離に起因して CHF に至っている可能性がある。このため、ナノ粒子層の付着強度と熱伝達特性の関係について、より詳細な検討が必要である。

謝辞 本研究は、文部科学省原子力システム研究開発事業「ハニカム冷却技術による超臨界圧軽水炉の IVR 確立」の一部として実施した。

参考文献

- (1) S. J. Kim, et al., Surface Wettability Change During Pool Boiling of Nanofluids and Its Effect on Critical Heat Flux, Int. J. Heat Transf., 50, 4105-4116 (2007).
- (2) T. Okawa, et al., Boiling time effect on CHF enhancement in pool boiling of nanofluids, Int. J. Heat Transf. 55, 2719-2725 (2012).

*Koki Nakano¹, Yutaro Umehara¹, Tomio Okawa¹, and Yasuo Koizumi¹

¹University of Electro-Communications.

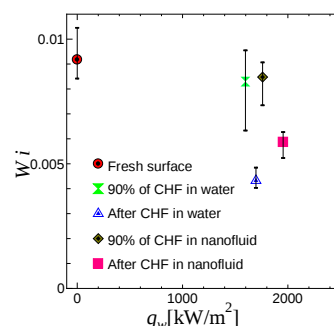


Fig.1 Wickability

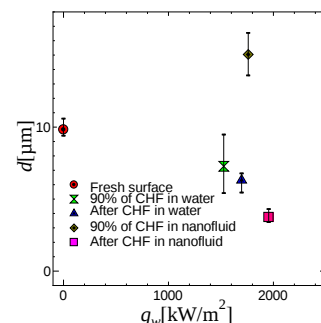


Fig.2 Nanoparticle-layer thickness