平滑撥水膜による長期的熱伝達性能向上

Smooth hydrophobic surface for long term durability of high heat transfer performance

慶大理工 [1],慶大院理工 [2],エコール・サントラル・リヨン [3] ○(M) 中村拓登 [2]，高村健太 [1] フレドリック・ジロー[3],
白鳥世明 [1,2]

Keio Univ.[1], Grad. Sch. Sci. Tech., Keio Univ[2],Ecole centrale de Lyon[3], ○Takuto Nakamura [2],Kenta Takamura [1]、
Frederic Gillot[3], Seimei Shiratori[1,2]

E-mail: shiratori@appi.keio.ac.jp

世界的な人口増加と地球温暖化の進行により、空調に消費されるエネルギーは増加の一途をたどっており、これらの省エネ化が望まれている。凝縮熱の効率的な利用は空調の省エネ化に必要不可欠である。凝縮熱伝達とは蒸気が冷却され液滴が凝縮する際に生じる潜熱を利用した熱伝達方法である。凝縮器の表面濡れ性と凝縮形態には大きな相関関係があると報告されている。親水性表面で水蒸気が凝縮すると水滴は濡れ広がり、薄い液膜を形成する。これは膜状凝縮と呼ばれており、表面に残留した液膜が熱抵抗となり熱伝達を阻害するだけでなく、新たな凝縮が起こる表面積も減少するため潜熱の利用も阻害されている。反対に撥水表面上では水は水滴状に凝縮する滴状凝縮という形態をとり、これは凝縮した水滴が速やかに表面から取り除かれるため膜状凝縮よりもはるかにすぐれた熱伝達性能を示す[1]。

これまで撥水膜を凝縮器表面に応用する研究が数多くなされており、実際に熱伝達率の向上が報告されてきた。しかしながらその多くは熱伝達率向上性能に長時間耐久性が欠けているものであった。この原因は明白であり、表面の微細な凹凸構造にある。一般的な撥水膜は蓮の葉のように表面に微細な凹凸構造をもち、かつ表面エネルギーの低い物質を表面に付与することでつくられている。しかしながらこの表面が凝縮環境下に置かれると、凹凸構造内部で凝縮核生成が起こり凹凸構造内部に保持されてきた空気層が液滴によって置換されてしまう。これによって撥水性が失われてしまうという問題が報告されている[2]。

そこで本研究は平滑な撥水膜を用いることで前述の課題を克服し、長時間高い熱伝達性能を維持することを目指した。Figure 1.に本研究で用いた平滑撥水膜が付与された銅基板とその比較対象である凹凸構造による撥水膜が付与された銅基板と銅基板の熱伝達係数の時間推移を示した。これより本研究で報告した平滑撥水膜は長時間高い熱伝達性能を維持していることがわかる。特に凹凸構造を持った撥水膜はすぐに性能を劣化させている。この現象は表面からどれだけ液滴が単位時間当たりに転落するかを示す転落頻度と強い相関をもつことがわかった。

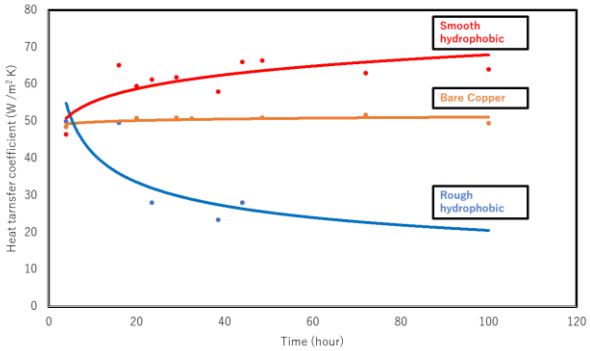

Fig.1 Change in condensation heat transfer coefficient through out time.

References

[1] Rose, J. W.. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, *216*(2), 115-128. (2002)

[2]S. Anand, *et al*., *ACS nano*, *6*(11) 10122-10129.(2012)