

[2024105109]

中性子ラジオグラフィを用いた除霜時の融解水浸透メカニズムの解明 Evaluation of Defrosting Mechanisms by using Neutron Radiography

松本亮介^{#A)}, 木村駿斗^{B)}, 藤川直人^{A)}
Ryosuke Matsumoto^{#A)} Shunto Kimura^{B)} and Naoto Fujikawa^{A)}
^{A)} Mechanical Engineering, Kansai University
^{B)} Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

Abstract

Frost formation on the heat exchanger increases thermal resistance, thereby degrading heat transfer performance. The defrosting process is essential for recovering this performance by melting the frost. In this study, the behavior of meltwater during the defrosting process on the heat exchanger was observed using neutron radiography imaging. The newly designed fin surface achieved excellent drainage performance. In particular, the amount of residual water was reduced to one-third compared to conventional designs.

Keyword: frost, defrost, meltwater, heat exchanger, neutron radiography

1. 緒言

霜は、空気中の水蒸気が低温伝熱面で凝華して形成する微細な氷結晶の多孔質層である。空隙率は約90%であり、その等価熱伝導率は極めて低いため、空調システムの熱交換器への着霜は伝熱性能の低下を招く。そのため、熱交換器を加熱して除霜運転を行うが、省エネルギーの観点から除霜の効率化の要望が強い。これまでの研究により、除霜時に霜の融解水が霜層内に浸透するため、融解水が熱交換器に残留しやすいことが原因であることが明らかとなった。この浸透現象を逆に活用することで、速やかな除霜が実現でき、大幅な除霜の効率化が期待できる。

近年、空調機器にフラットチューブ型熱交換器の利用が進んでいる。扁平管内を冷媒が流れることで、従来の熱交換器に比べて伝熱性能が優れている熱交換器である。しかし、扁平管上に融解水が多く残留するデメリットがある。

本研究では、除霜時の融解水の速やかな排除を目指して新たに設計したフラットチューブ熱交換器の試験を行い、JRR-3 TNRF の中性子ラジオグラフィを用いて融解水挙動を観察し、除霜時の特性を評価した。

2. 実験装置と方法

熱交換器は高さ 163mm、幅 25mm のフィンと 12 段の扁平管から構成されるフラットチューブ熱交換器である。湿り空気を循環させた発泡スチロール製矩形ダクト内に設置し、 -20°C のフロリナートで冷却させることで着霜させる。32 分間の着霜後、空気流を停止し、 3°C のフロリナートに切り替えて熱交換器に循環させることで除霜を行う。

熱交換器への着霜分布、除霜時の融解水の挙動を、中性子ラジオグラフィにより観察した。熱交換器を透過した中性子は、シンチレータ（化成オプトニクス、NR コンバータ）で可視光に変換された後、ミラーを介して CCD カメラ（Andor, iKon-L 936）で記録される。露光時間は 1 秒で、連続撮影した。

3. 結果と考察

中性子ラジオグラフィにより、着霜時の霜分布と除霜時の融解水の挙動を明確に観察することができた。著作権の都合上、本報告では観察した画像の掲載を控えるが、新たに設計した熱交換器では、融解水が霜層内に浸透しつつ、速やかに熱交換器外に排出された。Fig.1 に除霜時のフィン 1 枚あたり水の量の変化を示す。中性子イメージングでは、氷と水の区別ができないため、霜の氷結晶と融解水の総量を示す。時間とともに熱交換器のフィン上の霜層が融け、外部に排出されることで、水の総量が減少する。排水速度は、従来型と新型とで大きな差はないが、除霜開始後 80 秒後の残留水量は、約 1/3 にまで減少した。

4. 結言

本研究では、中性子ラジオグラフィを用い、融解水の速やかな排除を目指して新たに設計したフラットチューブ熱交換器の除霜試験を行った。残留水は約 1/3 にまで減少することが確認された。

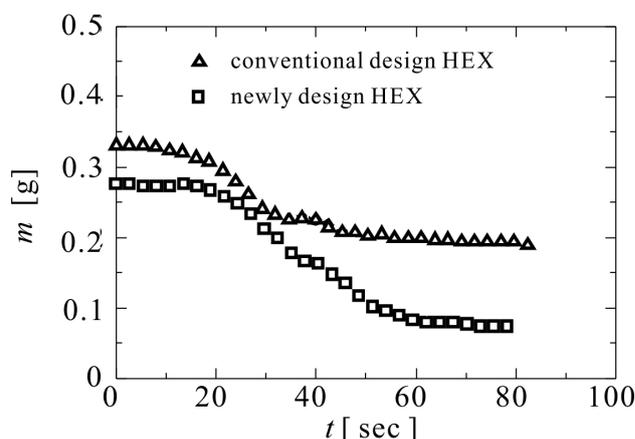


Fig. 1 Water deposition on the heat exchanger during defrosting process.