

Title	針状らせんフィン付き垂直流下液膜式呼吸器の熱物質移動特性に関する研究
Author(s)	中尾, 一成
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/46734
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	なか おかず しげ 成 中 尾 一 成
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 20396 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	針状らせんフィン付き垂直流下液膜式吸収器の熱物質移動特性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 平田 雄志 (副査) 教授 上山 惟一 教授 井上 義朗

論 文 内 容 の 要 旨

エネルギー・環境問題解決のため、能動的に排熱を回収し、付加価値の高い高品位のエネルギーとして再利用できる省エネルギー機器の開発が必須である。この要求を満足する機器として、世界初の高昇温度幅 60 K、高熱出力温度 150°C の第 2 種 2 段吸収式ヒートポンプを開発した。本論文は、その主要な構成要素として新たに開発した針状らせんフィン付き吸収伝熱管（以下、Fir-finned 管）を対象としたものであり、その熱物質移動特性を評価できる解析モデルの提案が急務であった。提案モデルは、臭化リチウム水溶液が周囲の水蒸気を吸収しながら管外を液膜流として流下し、発生熱の一部が流下液膜に、残りが流下液膜側境膜、管、循環水境膜を通して冷却循環水に移動する系を扱う。流下液膜界面の液相側境膜における熱と物質の同時移動現象に相似則を仮定し、流下方向に分割した個々の流下液膜小領域に熱・物質収支を考慮した 1 次元差分解析モデルを提案した。本モデルを用いて吸収管全長にわたって積分して吸収実験結果に合う吸収伝熱管の物質移動係数 $(1-w_{\text{sat}})k_m$ と液膜と伝熱管の間の熱伝達係数 h_0 を求めることができる。Fir-finned 管の他にコルゲート管および平滑管を用いた吸収実験から各吸収管の熱物質移動特性を相互比較し、膜レイノルズ数が 1×10^3 の実操作条件において、濡れ性が良く周期的な波状流動を伴う液膜流れが生じる Fir-finned 管の物質移動係数は、コルゲート管の 2.2 倍、平滑管の 4.6 倍と優れた結果を示した、また、フィン形状が熱物質移動特性に及ぼす影響を検討した。さらに、実操作の管外径 12 mm、長さ 4000 mm の吸収伝熱管の構成、動作条件における温度、濃度および水蒸気吸収速度の局所分布や熱出力、昇温幅の全体性能の解析を行ない、吸収器の設計に寄与しうることを明らかにした。また、針状フィンの巻き方や形状寸法が $(1-w_{\text{sat}})k_m$ と液膜と伝熱管の間の h_0 に及ぼす影響を実験的に明らかにした。吸収を伴う熱物質移動特性と併せて、Fir-finned 管の波状液膜流の流動観察、周波数特性、液ホールドアップ特性や吸収を伴わない単純伝熱における h_0 を把握し、Fir-finned 管の優位性を総合的に考察した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者は、中温排熱を付加価値の高い高温エネルギーに変換する第二種吸収式ヒートポンプ用に開発した針状らせ

んフィン付き垂直流下液膜式吸収器について、流動・伝熱・物質移動実験とシミュレーション解析を行い、得られた成果を申請論文にまとめている。

まず、排熱回収ヒートポンプの種類と現状ならびに第二種ヒートポンプとその吸収器開発の背景を述べた後、第二種吸収式ヒートポンプのサイクル性能に及ぼす各種熱交換器の熱コンダクタンスの影響を調べ、吸収器の熱コンダクタンスの改善が全体性能に大きく寄与することを示して高性能吸収器開発の必要性を明らかにした。

開発したらせん状フィン付き垂直管外で流下液膜流動実験を行い、波状流動特性、液ホールドアップ特性を測定し、液膜レイノルズ数に対する変化を調べた。次に、この吸収管の伝熱特性を実験的に調べ、フィンの伝熱面積拡大への寄与が約2倍となり、特に低膜レイノルズ数で顕著な伝熱促進効果が得られることを明らかにした。また、吸収伝熱管の流下液膜表面から管内循環水に至る伝熱特性と液膜表面における吸収特性を同時に解析できる一次元シミュレーションモデルを開発した。本解析法は、液膜流下方向の蒸気吸収量や伝熱量について、従来法では出来なかった局所特性を評価することができる。臭化リチウム・水系の吸収実験結果に対して本解析法を適用して熱物質移動特性を明らかにし、開発した吸収管の流下液膜物質移動特性が平滑管、コルゲート管に比べて格段に優れていることを示した。さらに、吸収管の長さ和本数の関係が吸収伝熱特性に与える影響、また吸収管の高性能化に及ぼすらせん状フィンの形状因子の影響も明らかにしている。

以上のように、本研究では、針状らせんフィン付き垂直流下液膜式吸収器を開発して吸収伝熱管の高性能化に成功しただけでなく、吸収式ヒートポンプの性能評価、最適操作条件の探索などに適用できる汎用性の高い局所熱物質移動特性のシミュレーション解析法も開発しており、申請論文の内容は工学的な価値があるものと認める。