

氏 名	SUKMAWATY
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第4765号
学位授与の日付	平成25年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	A Study of Continuous Sorption and Desorption in Two Connected Fluidized Beds with Organic Sorbent (有機系収着剤を用いた二槽連結流動層の連続収脱着に関する研究)
論文審査委員	教授 堀部 明彦 教授 富田 栄二 教授 柳瀬眞一郎

### 学位論文内容の要旨

Desiccant air conditioning system has been continuously growing during the past several years. Desiccant can be regenerated (reactivated) by application of heat to release the moisture. Improving the performance of desiccant dehumidification system can be providing more opportunities for this technology. In order to reduce the influence of heat capacity of the vessel when the processes switch from sorption to desorption and for stable amount of dehumidification and strict humidity control, we proposed fluidized bed with two chambers. One chamber is for sorption and the other for desorption which are working continuously. Sorbent powder is transferred by spiral tubes that connected the two chambers. The present research deals with sorption polymers as an organic sorbent (HU720PR) are used as a desiccant material and circulated by the spiral tubes between the two chambers in continuous fluidized bed. In order to increase heat and mass transfer between the sorbent material and moist air, the heating pipe and the cooling pipe are immersed inside the two chambers is also investigated in this work.

Fluidized bed dehumidification is one of the most complex and least understood operations which involve simultaneous heat and mass transfer and coupled multiphase flow, and there are deficiencies and difficulties in the mathematical description of the phenomenon of simultaneous and coupled heat, mass, and momentum transfer in sorption particle. The objective of the present work is to investigate the operation of continuous sorption and desorption process in two connected fluidized beds with and without cooling pipe which is immersed in sorption chamber and heating pipe is immersed in desorption chamber. In this study heat and mass transfer were considered to evaluate the effect of spiral revolution speed, air velocity, desorption and sorption inlet air temperature, and initial bed height in the chamber to dehumidification rates.

In the first part (Chapter 2 and Chapter 3) of this thesis is literature study to review the background theory of dehumidification, sorption and desorption in fluidized bed, desiccant and sorption material. In the second part is experimental study (Chapter 4 and Chapter 5) of this thesis, the objective is to study the dynamic sorption characteristics of organic sorbent materials in sorption and desorption chambers by using continuous fluidized bed without cooling and heating pipe (Chapter 4). In this experiment, particle circulation rate can be easily set up by using spiral tubes with geared motor. The air velocity at desorption and sorption chamber is same. The sorption and desorption process were in balance condition because the amount of water vapor releases in desorption chamber is about the same with that sorbed in sorption chamber. This condition is coinciding with the aim of this experiment, finding stable amount of dehumidification, absolute humidity outlet for sorption and desorption process. The non-dimensional correlation equations were obtained under sorption and desorption process in terms of relevant non-dimensional parameters.

The dehumidification characteristics of organic powder sorption materials by using continuous fluidized bed with a heating pipe and a cooling pipe is part of this study (Chapter 5). Sorption rate of water vapor and the variation of temperature in the sorbent bed with time were measured under various conditions. The last part (Chapter 6) is mathematical modeling and numerical simulation to provide a better understanding of the sorption process in continuous fluidized bed for dehumidification process.

## 論文審査結果の要旨

現在、冷凍・空調分野において、省エネルギー化や環境負荷を伴わない環境調和型の新たなシステムの開発・研究が進められている。本研究は、フロンなどの冷媒を使用せずに連続除湿運転を可能となる有機系収着剤を用いた新しい空調システムに着目したものである。このシステムは、空気中の湿度制御に収着剤による収脱着反応を利用している。収着剤を再生（脱着）する過程において比較的低温（80℃以下）の熱源によって再生することができ、今まで未利用のまま捨てられていた工場廃熱などの低温廃熱のエネルギーを利用することができるといった利点を有している。本論文では、粉末状に加工した収着剤を流動層に用いて除湿を行う新たなシステムを提案している。流動層を用いるメリットは、細かい固体粉粒体を用いるために単位体積あたりの表面積を著しく増加させることができ、粒子と気体との間における物質伝達・熱伝達がともに上昇することなどが挙げられる。通常では収着反応および脱着反応を各々の槽の合計二槽で行い、ある時間経過後に切り替えて除湿するバッチシステムとなるが、切り替え時に熱損失が大きくなり収脱着反応の妨げになることや、除湿に変動が生じる欠点があった。そのため本研究では、二槽間に輸送部分を取り付け、収着剤を循環させる二槽循環型収着剤流動層についての検討を行った。本装置は、収着反応と脱着反応を専用の槽で行い熱損失を低減し、さらに一定の乾燥空気を連続的に取り出すことを可能にしている。

実験では、空気条件を夏季の高温多湿空気を利用することを想定し、様々なパラメータを変化させることで、収脱着反応に関する考察を行っている。その結果、脱着側入口空気と収着側空気の温湿度の影響により除湿量が増加すること、空気空塔流速や収着剤充填高さによって、収着剤粒子の流動状態が影響を受け収・脱着反応が増加することを明らかにした。さらに、除湿を行うために二槽間を循環させる収着剤の量には最適値が存在することを示した。最終的に、槽内の空気と収着剤粒子の物質伝達を表す無次元整理式を提案し、本システムの除湿挙動を一般化した。

次に、収着剤の循環によって熱容量の影響により二塔間の収着剤温度差が低下し、収脱着反応の妨げになることが判明したため、両塔の収着剤充填内部に伝熱管を挿入し、収着剤温度を制御した結果、伝熱管による温度制御により除湿量が増大することが明らかになり、伝熱管温度が収脱着反応に及ぼす影響についても検証した。

さらに、収着剤粒子と空気との熱と物質挙動を推定するために、熱・物質のバランスを考慮した数値解析を行い、モデルの妥当性について検討した。

以上のように、得られた研究成果は空調機器の新たなシステムの進展に寄与し、工学的に有益なものであるため、学位に値するものと判断する。