

論文内容の要旨

博士論文題目 Layer-by-Layer Coatings for Phase Change Materials: Efficient Thermal Energy Storage Using Well-tailored Core-Shell Structures (相転移材料の交互積層被膜：制御されたコアシェル構造による効果的な蓄熱材料)

氏名 Steffen Seitz

(論文内容の要旨)

General Introduction では、背景について述べている。高分子薄膜化技術を応用して微粒子を被覆する技術は、エネルギー関連材料や環境材料としての利用を可能とするために重要である。Steffen Seitz 氏は、互いに相互作用する二種類の高分子を利用して、マイクロメートルからナノメートルの粒子表面を、数十から数百ナノメートルの膜厚で被覆する、交互積層薄膜の技術を応用した研究を提出した。本論文では、蓄熱材へ交互積層法を利用した材料の結果が、まとめられている。本論文で述べられているのは以下の通りである。

第1章では、エネルギー分野の研究において、現在求められる研究内容を整理し、熱エネルギーの有効活用の必要性について説明している。現在用いられている熱エネルギーに関する材料研究をまとめ、蓄熱材について着目した経緯を述べている。また、独自の手法として、交互積層薄膜を組み合わせる説明と、交互積層法を用いた研究の背景を概説している。

第2章では、立体規則性高分子であるアイソタクチックポリメタクリル酸メチルと、シンジオタクチックポリメタクリル酸メチルが高分子間相互作用によりステレオコンプレックスを形成することを利用して、蓄熱材微粒子上に交互積層薄膜を構築した。蓄熱材として、ペンタエリスリトールを選択し、その融点 195°C 付近で熱エネルギーの蓄積と放出を確認するとともに、高分子薄膜は安定であることを確認した。この成果は、蓄熱材が融解しても凝固しても、粒子形態を守り、懸濁状態で輸送を可能とすることから、新たな蓄熱材の利用として期待されるものである。

第3章では、上述のペンタエリスリトールが水溶性であるのに対して、蓄熱材として 37°C 付近で融解するアイコサンはパラフィン系であるため、高分子交互積層薄膜として水溶性の静電的相互作用を利用した被覆を行った。特にポリアリルアミンとポリメタクリル酸を用いて被覆した後に、膜をアミド形成させることで安定性の高い被膜を達成した。これは、100 回融解と凝固を繰り返しても粒子形態を保つことが示され、より実用的な蓄熱材の輸送を期待できるものである。

第4章では、本研究のまとめを行い、他の研究結果と比較して、本研究の成果がどの程度であるかの位置づけを行った。今後蓄熱材粒子の展開について展望を記載している。最後の Concluding Remark では、本論文における高分子交互積層薄膜の技術と蓄熱材料の展開した成果をまとめている。

(論文審査結果の要旨)

高分子薄膜化技術を応用して微粒子を被覆する技術は、エネルギー関連材料や環境材料としての利用を可能とするために重要である。Steffen Seitz氏は、互いに相互作用する二種類の高分子を利用して、マイクロメートルからナノメートルの粒子表面を、数十から数百ナノメートルの膜厚で被覆する、交互積層薄膜の技術を応用した研究を提出した。本論文では、蓄熱材の粒子へ展開した結果が、まとめられている。本論文で得られた主要な成果は以下の通りである。

1. 立体規則性高分子であるアイソタクチックポリメタクリル酸メチルと、シンジオタクチックポリメタクリル酸メチルが高分子間相互作用によりステレオコンプレックスを形成することを利用して、蓄熱材微粒子上に交互積層薄膜を構築した。蓄熱材として、ペンタエリスリトールを選択し、その融点 195°C 付近で熱エネルギーの蓄積と放出を確認するとともに、高分子薄膜は安定であることを確認した。この成果は、蓄熱材が融解しても凝固しても、粒子形態を守り、懸濁状態で輸送を可能とすることから、新たな蓄熱材の利用として期待されるものである。なお、ペンタエリスリトールが固相において相変化するのに対して、液相-固相変化するマンニトールについても、粒子のコアとして利用した。調製した粒子は、凝集する課題が残ったものの、懸濁状態で被覆化させることができ、本手法の汎用性を示した。

2. 上述のペンタエリスリトールおよびマンニトールが水溶性であるのに対して、蓄熱材として 37°C 付近で融解するアイコサンはパラフィン系であるため、高分子交互積層薄膜として水溶性の静電的相互作用を利用した被覆を行った。特にポリアリルアミンとポリメタクリル酸を用いて被覆した後に、膜をアミド形成させることで安定性の高い被膜を達成した。これは、100 回融解と凝固を繰り返しても粒子形態を保つことが示され、より実用的な蓄熱材の輸送を期待できるものである。

以上、本論文では高分子交互積層薄膜の技術を応用し、蓄熱材料へ展開した成果をまとめている。学術的にも大きな意義があり、審査委員一同は本論文が博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認めた。