

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 有馬 謙一
学位 博士 (工学)
学位記番号 新大院 (工) 第 47 号
学位授与の日付 平成 27 年 9 月 24 日
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 2 項該当
博士論文名 蒸気流動層式湿潤褐炭粒子乾燥プロセスの研究

論文審査委員 主査 教授・清水 忠明
副査 教授・山際 和明
副査 教授・木村 勇雄
副査 教授・金 熙濬
副査 教授・藤澤 延行

博士論文の要旨

本博士論文は褐炭粒子を水蒸気で流動化した流動層内で乾燥するプロセスに関するものである。本論文は 6 章より構成されている。第 1 章では、文献調査を行い、石炭資源量から褐炭利用の重要性を述べ、含水率の高い褐炭を低消費エネルギーで乾燥するプロセスの開発の必要性ならびにその開発動向がまとめられた。従来提案されていた水蒸気で流動化した単一流動層内で褐炭を乾燥させるプロセスをさらに進化させた多段式流動層乾燥プロセスの開発に必要な課題として、粒径分布が広く乾燥に伴い粒子径、粒子密度が変化するとともに付着性も変化する褐炭粒子の流動化開始速度の推算方法の確立、褐炭の水蒸気中での乾燥特性の把握、流動層内伝熱係数に及ぼす粒子性状の影響に関する研究が必要であり、これらが本研究の課題であると論じた。

第 2 章では、褐炭粒子の流動化特性を表すパラメーターとして、従来の狭い粒子径分布の粒子に対して定義される流動化開始速度とは異なり、粗粉までが流動化を始める完全流動化開始速度の重要性が論じられ、その推算方法が課題とされた。褐炭粒子の完全流動化開始速度の測定が行われるとともに、その推算方法が検討され、粒径分布の広い場合の代表径の算定方法、乾燥に伴う粒子の密度、粒径の変化の定式化、および安息角で測定される粒子付着性を推算方法に取り入れる方法が提案された。

第 3 章では、外部伝熱面からの熱供給を伴う装置内で、水蒸気雰囲気内での湿潤褐炭粒子の乾燥速度および限界含水率が測定された。定率乾燥区間では、蒸発速度が熱供給速度で支配されること、減率乾燥区間では粒子温度が上昇することが明らかになり、流動層乾燥装置の設計に対して所定の含水率を達成するのに必要な温度が求められ、乾燥過程のモデル計算法が提案された。

第4章では、流動層乾燥装置を模擬した伝熱管付流動層コールドモデルで、管表面の伝熱係数が測定された。粒子側性状として粒径などと伝熱係数の関係を求めるとともに、装置側として伝熱管密度の影響並びに伝熱管にフィンをつけることによる伝熱面積増加の効果を求めた。また、これらに対する粒子付着性の影響を調べた。流動状態と伝熱の関係を論じ、乾燥装置設計に必要な伝熱係数及び伝熱管密度の与え方を得た。

第5章では、第2～4章の成果を用いて、事業規模での褐炭粒子流動層乾燥装置の概念設計を行った。乾燥装置の具体的な大きさならびに装置に供給される所要動力・熱量を計算で求め、乾燥された燃焼炉・ガス化炉の効率も含めた総合的な効率を算出した。

第6章では、第2～5章の総括を行い、本研究成果を用いて褐炭粒子乾燥を行う装置を設計する手法を見出したとともに、その乾燥装置が褐炭利用プロセスの効率向上に及ぼす効果を予測したと論じた。

審査結果の要旨

申請論文の研究内容は、含水率が高く付着性があり、なおかつ粒径分布の広い粉碎褐炭粒子を、水蒸気雰囲気中で流動層を用いて伝熱管からの加熱で乾燥するプロセスの開発に向けた研究に関するものであり、粒子の流動化、粒子の乾燥過程、および伝熱現象に関する学術的な価値の高い内容である。加えて、この研究結果を通じてプロセス設計を行いエネルギー効率の高い乾燥装置を提案した点で工学的価値が高い。付着性があり粒径分布の広い粒子の流動化開始速度の研究はこれまでに研究結果が少なく、オリジナリティの高い研究である。過熱水蒸気中での褐炭乾燥過程の研究は、実験装置・手法に高度のオリジナリティが認められるとともに、工学的価値の極めて高いものである。加えて、流動層内伝熱管からの伝熱に及ぼす伝熱管密度、フィンの効果、粒子付着性の影響も、オリジナリティの高い研究である。さらに、最後にはこの研究成果を用いて、事業規模の乾燥装置の概念設計を行い、従来の方式に比べて優位性があることを示した。この概念設計もまた、工学的価値が高いものである。

よって、本論文は博士(工学)の博士論文として十分であると認定した。