

氏名	ごとうくにあき 後藤邦彰
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3025号
学位授与の日付	平成7年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	高速気流噴射による表面付着微粒子の除去

論文調査委員 (主査) 教授 増田弘昭 教授 岡崎守男 教授 東谷 公

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、固体表面上に付着した粒子状物質の除去に関して、高速気流を用いることの可能性を検討し、操作条件の除去効率に対する影響、および、その影響を予測するためのモデル化を行った研究をまとめたもので、8章から成っている。

第1章は序論であり、本研究の背景と研究の目的および本論文の構成について述べている。

第2章では、高速気流の噴射条件が除去効率に及ぼす影響を示している。気流の噴射角度に着目した実験により、気流衝突点近傍の高効率除去領域の角度依存性を明らかにすると共に、気流を自由噴流と仮定し、表面での仮想衝突幅を計算することにより、高効率除去領域が推定でき、角度依存性も説明できることを示している。さらに、気流噴射時間の影響も検討し、除去効率は噴射時間の増加とともに最高値に漸近することを明らかにし、粒子の飛散フラックスが除去可能な粒子数に比例すると仮定したモデルを提出している。

第3章では、操作環境条件である相対湿度に着目し、平滑表面上に付着した粒子の除去効率が最高となる最適な相対湿度が存在することを示している。また、吸着等温線を基に van der Waals 力の湿度による変化を表す付着力モデルを提出し、さらに、液架橋力の湿度依存性に対して架橋液の表面張力変化を考慮したモデルを提案して、除去効率の湿度依存性を説明している。

第4章では、高分子、金属、ガラスの各種材料の表面に粒子を付着させ湿度を変えて実験を行い、どの材質においても除去率が最高となる最適湿度が存在することを示している。また、第3章で提案したモデルを適用し、除去率の変化傾向を説明するとともに、Kelvin式を用いた最適湿度の予測方法も示している。すなわち、モデルにより最適湿度は液架橋が形成し始める湿度であることが示されており、実験により求めた最適湿度は表面粗さと相関することから、Kelvin式に表面粗さによる液架橋形状の変化を導入することにより最適湿度が予測できることを明らかにしている。

第5章では、平滑表面上での除去効率に及ぼす粒子径の影響を検討し、付着粒子を50%除去するのに必要な気流の動圧は粒子径のほぼ二乗に比例することを明らかにしている。さらに、凹凸のある各種表面に

についても実験を行い、材質による50%除去圧力の変化は、van der Waals力の比を基にして、Hamaker定数および弾性特性定数の比と、粒径と表面曲率半径の比で定義される相対粗さの関数として近似的に推算できることを示している。

第6章では、気流流速と気流噴射角度および粒子径を系統的に変えた実験を行い、除去力と粒子径の関係を求めている。その結果と、気流抵抗力により粒子に掛かる曲げモーメントを除去力としたモデルとを比較することにより、除去機構を推定している。粒子近傍での気流速度分布を時間平均的な速度分布と仮定すると実験結果を説明できないことを示し、さらに、気流変動と直接関連する除去効率の時間変化の時定数を実験的に求めた結果、除去効率の時間変化の時定数は除去力が大きいときには小さくなることを示している。実験結果および理論的検討から、粒子除去では時間平均的な速度分布だけでなく、気流変動も支配要因となっていることを明らかにしている。

第7章では、以上で得られた知見を基に、二つの新しい除去法を提案している。一つは、粒子径が小さくなると気流による分離力が減少し除去効率が低下することから、針状電極による単極荷電を前処理として施し、静電気力を利用して除去効率を向上させる方法である。もう一つは、特定周波数の強い変動を持つ気流による除去法である。これら新しい除去法の効果を実証し、さらに両除去法を併用することで、より高い効率が得られることを示している。

第8章は結論であり、本研究で得られた知見を各章ごとにまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、固体表面上に付着した微粒子の高速気流による除去法について、操作条件の除去効率への影響と、その影響を予測するためのモデル化に関する研究をまとめたもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 各種材質の表面に対して除去効率が最高となる最適湿度が存在することを明らかにした。さらに、吸着水分子層厚さによるファン・デル・ワールス力の変化と液膜厚さによる表面張力変化を考慮した付着力モデルを提出した。また、最適湿度は表面粗さを考慮したケルビン式により液架橋が形成され始めるときの湿度として推定できることを示した。

2. 付着した粒子を除去するのに必要な気流動圧と粒子径の関係を明らかにした。また、各種表面で必要な気流動圧の変化は、ファン・デル・ワールス力の比を基にして、物性定数の比と、粒径と表面曲率半径の比で定義される相対粗さの関数として近似的に推算できることを明らかにした。

3. 実験により求めた除去力と粒径の関係と気流抵抗力により粒子に掛かる曲げモーメントから生じる力を除去力としたモデルとの比較、および除去率の経時変化から、高速気流による粒子除去は時間平均的な気流速度分布だけではなく、気流変動にも依存することを示した。

4. 高速気流による除去の前処理として針状電極により単極荷電を行う除去法および特定周波数をもつ振動気流による除去法を提案し、除去効率が大幅に向上することを示した。

以上要するに、本論文は、固体表面上に付着した微粒子の高速気流による除去操作に関して粒子付着力および気流操作条件の特徴を詳細に検討したものであり、得られた成果は、学術上、實際上寄与するこ

ろが少なくない。よって、本論文は京都大学博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。

また、平成7年7月11日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。