

ドライアイスブラスト洗浄装置用 高効率ノズルの開発

研究・開発機関 : 株式会社クールテクノス、徳島県立工業技術センター
 利用施設 : 徳島県立工業技術センター内設備
 計算規模 : 約1000万要素、非定常、Intel Core i7 (4.8GHz) 2コアで約72時間
 利用ソフトウェア : ANSYS CFD-flu

Before

- ドライアイスブラスト洗浄装置では、圧縮空気と液化二酸化炭素とが噴射ノズル内で合流し、噴射されますが、従来は、流れの状態を確認できず、最適なノズル形状の決定は困難でした。
- このため噴射ノズルの形状決定には、洗浄試験を繰り返し、開発のために多くの時間を費やしていました。

After

- 熱流体解析を用いたことで、噴射ノズル内の流れが可視化され、より効率的な流れとなる構造を決定することができました。
- 試作前に、ノズルからの噴射状態の確認と改善検討ができるようになり、開発期間の短縮と開発コストの低減を実現できました。

■背景と目的

ドライアイスブラスト洗浄(図1、2)は、粉状のドライアイスと圧縮空気と共にノズルから噴射し、洗浄面に衝突させることで、汚れを除去するものです。水を使用しないため、電気関係設備の洗浄などに使用されるほか、排水が発生しないといったメリットがあります。

その洗浄性能は、ノズルの先端や内部の形状に大きく左右されますが、開発プロセスは、試作と実験の繰り返しでした。またノズル内部の流れの観察や測定が難しいため、最適な噴射状態となる形状設計の方向性も不明確でした。このほか、噴射状態に不具合がある場合でも明確な対策方針が無く、原因の特定が困難であるなど、さまざまな課題がありました。

本事例では、熱流体解析を用いて、均一な洗浄能力が得られ、かつ定常的に安定した噴射が可能なノズル形状の探索を目的としました。ドライアイス粒子の流れを直接解析することが難しいため、圧縮空気と低温の二酸化炭素の二相流の解析によって近似的に可視化することとしました。

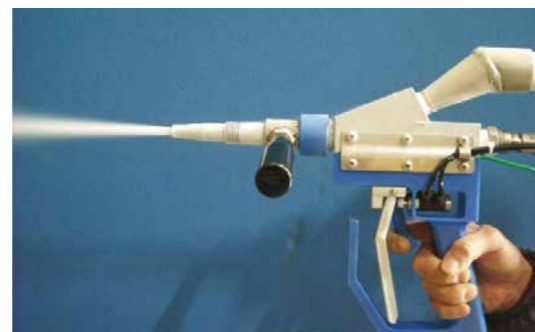


図1 ドライアイスブラスト洗浄装置



図2 洗浄試験

■利用成果

従来のノズルから圧縮空気を噴射した様子を流体解析した結果が図3です。外部の流れも巻き込みながら噴射しており、ノズル外形の影響も受けていることがわかりました。図4は、各種形状のノズル出口のアスペクト(縦横)比と洗浄能力の指標となる壁面が受ける最大圧力の関係を求めたものです。このような、さまざまなケーススタディーを実施して得られた知見をもとに、ノズルの内部形状と併せて改良した結果、図5の様に洗浄壁面に対して均一な噴射ができる最適なノズル形状を見出し、効率的な開発に繋がる設計指針の一つが得られました。

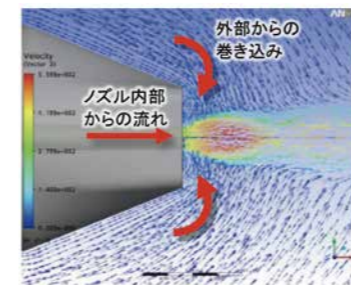


図3 ノズル外形の影響

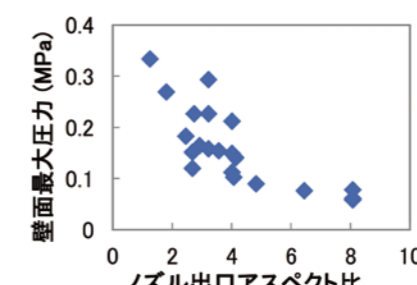


図4 ノズル出口のアスペクト比の影響

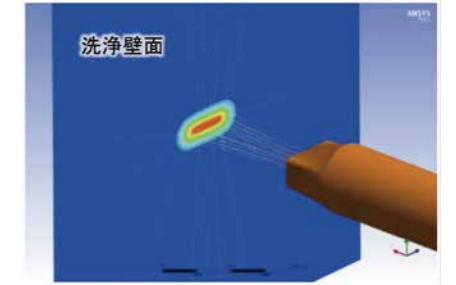


図5 洗浄壁面圧力分布の均一化

ノズル内での圧縮空気と低温の二酸化炭素の流れを可視化した例が図6と図7です。黒色の流線は二酸化炭素の流れを示しており、ノズル内に通された管によって供給され、別経路から供給された旋回する圧縮空気と合流し、噴射されます。解析結果からノズル出口より噴射された二酸化炭素の流れは、壁面に衝突後は均等に分散せず、一方方向に偏って流れ出て、時系列に見ると、この流れの方向が、短時間で変化することで均等に噴射されているように見えているということがわかりました。

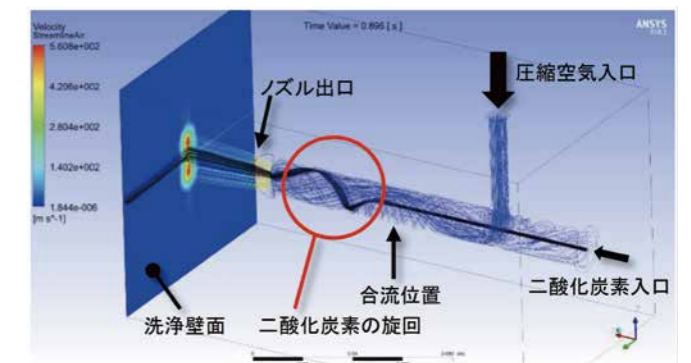


図6 二酸化炭素の流れ(合流位置改善前)

さらに、噴射状態に不具合がある場合は、ノズル内での二酸化炭素の旋回が多いことがわかりました。この不具合は、二酸化炭素と圧縮空気の合流位置に関係があることが経験的にわかっていましたが、設計段階で合流位置を決定できず、製造時に調整していたため、多大な作業工数を必要としていました。

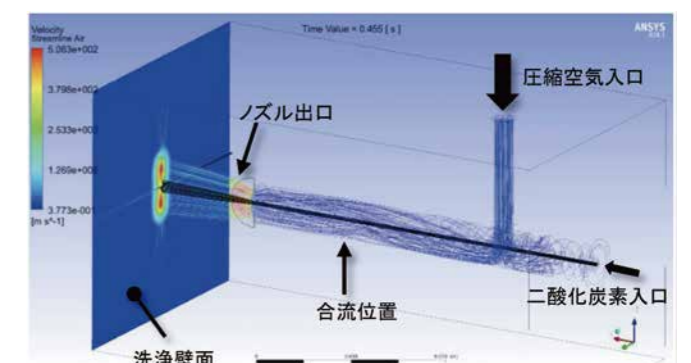


図7 二酸化炭素の流れ(合流位置改善後)

そこで、この二酸化炭素と圧縮空気の合流位置が噴射状態に与える影響を、熱流体解析によって調査しました。その結果、噴射の不具合が発生せず、目的とする洗浄効果が得られる最適な合流位置があることがわかりました。このように熱流体解析によって、設計段階から適した構造を決定することができるようになり、効率的な製品開発に繋がりました。

文責 徳島県立工業技術センター 日開野 輔