

## CFD でクリーンなシールを実現

A. W. Chesterton 社

回転機械の内部で流体を処理する場合、漏れを防ぐためにメカニカルシールが一般的に使用されます。メカニカルシールの寿命と効率、シール部分に固体や気泡が入り込むことで影響を受けることが知られています。

従来、こうした粒子による悪影響には、シール室の設計と洗浄システムで対処してきました。しかし、洗浄液を大量に使う必要がある場合、コストが問題になってきます。そこで、CFDを使った研究開発により、シール部分の固体をコントロールする新しい方法の研究と、その有効性が検証されました。最近の大きな成果としては、設計変更により高価な洗浄システムを使わずにシール部分の汚れを減らせることがわかりました。

図1は、処理対象の流体が2つの接触式シールリングでシールされている状態を示しています。オレンジ色のリングは回転軸とともに回転し、緑色のリングは非回転部分に固定されています。シールの上には、洗浄用

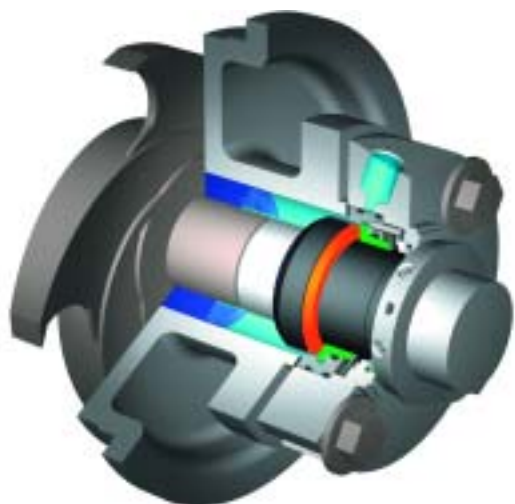


図1：遠心ポンプに取り付けたメカニカルシールの Unigraphics による 3次元モデル。メカニカルシールは、ポンプ回転軸とシール室内部の駆動側端に取り付けられている。

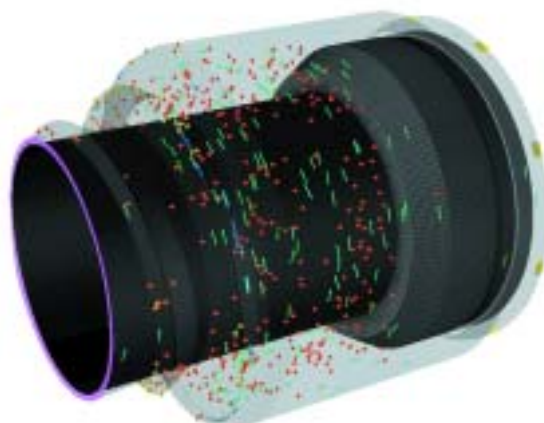


図2：流体シール部の液体の流れと固体粒子の挙動を調べるための形状モデル。スパイラル溝つきブッシュ(左)とメカニカルシール(右)の間のリング状の部分がシール室

ポートの断面が示されています。シール室のインペラー側の端には、スパイラル状の溝を持つ EnviroSeal 社の Spiral/Trac ブッシュ(濃い青の部分)と、Chesterton 社製シールの回転スリーブ(濃い灰色)が取り付けられ、シール室内部への固体粒子の侵入を防いでいます。

FLUENT のモデルでは、シール室、スパイラル溝つきブッシュ、メカニカルシールを含む 120 万セルのハイブリッドメッシュが生成されました(図2)。最初に、標準 k- $\epsilon$  乱流モデルにより、流れ場が解析されました。この解析には、SGI 社の Octane ワークステーションで 20 時間かかりました。次に、分散相モデル(DPM) を使用して、粒子の動きを計算しました。回転速度、シール室のサイズ、洗浄液の注入量をそれぞれ変えながら、粒子のサイズ、形状、材質、比重がどのような影響を与えるかを検証しました。分散相モデルによる解析結果は、Data Explorer を使ってアニメーションに変換され、固体粒子と流体の挙動を観察できるようになりました。

洗浄液を使用する場合、洗浄液は円周上の9ヶ所に設けられた入口(黄色の部分)から内部の流れ場に入り、環状の出口(紫色の部分)から排出されます。ただし、図2のケースでは、洗浄液の代わりに粒子を混入した水をシール室内部に供給し、ブッシュの上の紫色で示した環状の出口から液体を排出しています。このとき、固体粒子も、この出口を通過してインペラーの裏側に排出されます。

図2では、軸の回転速度が2700 rpm( $Re = 140,000$ )の場合における、比重1.15の球形固体粒子を速度の大きさによって色分けしています。矢印によるベクトルは、浮力ゼロの流体要素を分散相モデルで近似したものの動きを示し、同様に速度の大きさによって色分けしています。図からわかるように、固体粒子はブッシュのスパイラル溝に沿って移動しながら、出口に向かいます。

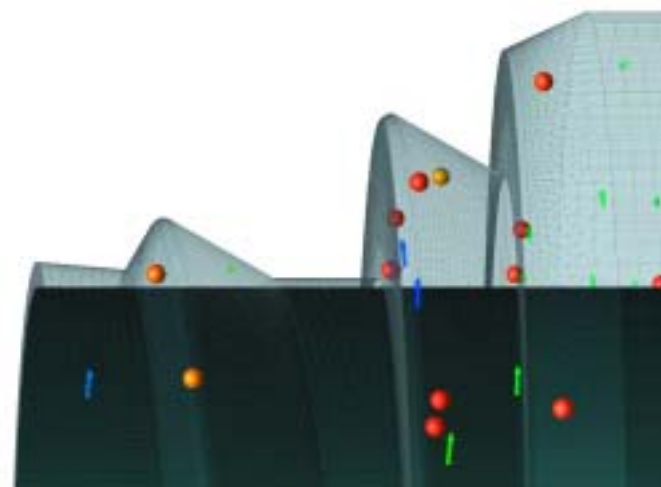


図3：スパイラル溝付近の粒子と流体(色は速度)

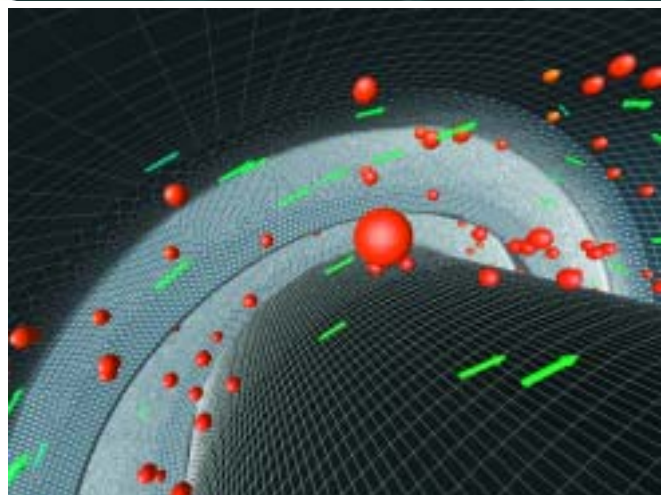


図4：シール室側から回転軸(下)に沿ってスパイラル溝付きブッシュの入口を見たところ

図3は、6.2秒経過後にブッシュの溝を通過している粒子の状態です。この時点では、シール室内部の粒子の大半は排出され、最初の状態を100%とすると内部に残留するのは11%だけです。この場合、流体より15%重く設定されている粒子は、遠心力によって回転軸から見て外側に移動して溝に入り、誘発された流れに乗って出口へと導かれています。

図4は、流体と粒子の動きを示しています。シール室の内部からスパイラル溝付きブッシュの入口の部分を見た図です。シール室内で、粒子と流体が複雑なパターンの旋回流を形成しているのがわかります。奥の方では、スパイラル溝の入口から出口に向かう流路に、固体粒子が入ろうとしているのがわかります。

こうした解析からヒントを得て、シール技術者や設計者は製品の寿命を延長し、運転効率を改善しています。この結果は、スラリーを取り扱う機械に対するシール機能の安価なソリューションとして顧客やエンドユーザーに提供されています。