

搾乳システムのコントロールバルブ設計を改善

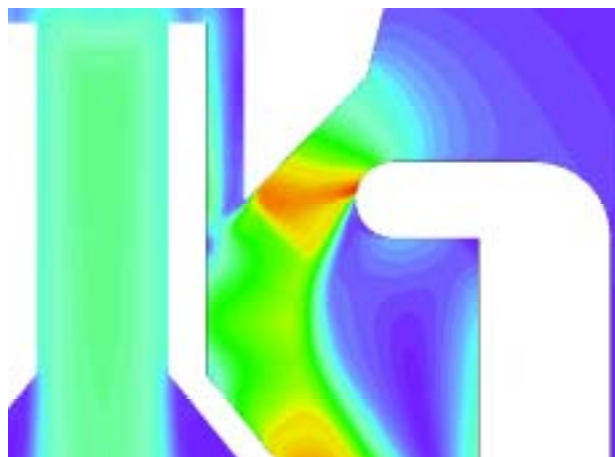
提供: スウェーデン, ÅF-Kontroll 社

ミルクの品質と乳牛の健康を保証するためには、搾乳システムの真空レベルを一定に保つことが重要だ。システムバルブは、真空レベルを制御するものである。ÅF-Kontroll社のエンジニアはこのほど、FLUENTを使用してDeLaval搾乳システムのコントロールバルブを解析した。CFDによるこの研究の目的は、バルブを通過する流れの特徴をよく理解し、バルブ構成部品をいくつか作り直すことで、動作特性を改善することにあった。

このコントロールバルブは、基本的にニードルバルブに似たものである。大気圧によってパイプを通り真空システムに入る流れは、ロッドの円錐部分によって制限されている。円錐部分の位置は、力の釣り合いによってコントロールされている。スロートの低圧によって引き下げられると同時に、上方の真空チャンバーによって引き上げられる。ミルクを抽出する先端付近には、真空チャンバー内の圧力を調節するため、センサーが取り付けられている。



従来の設計によるコントロールバルブ



コントロールバルブのスロートにおけるマッハ数分布

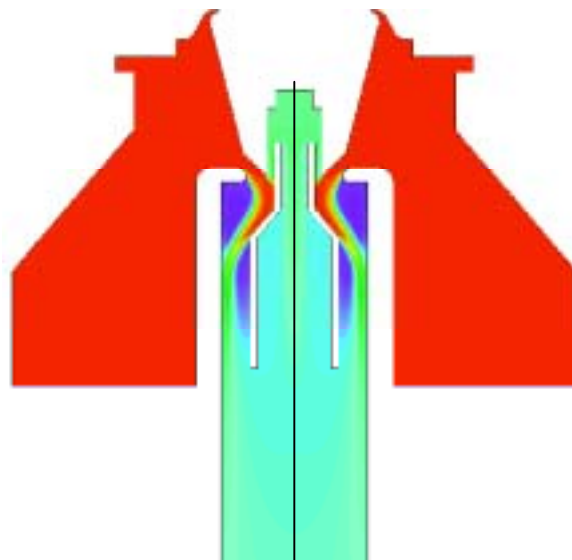
FLUENTを用いて複数の動作点を対象に解析を実施し、その結果、測定値と比較して空気力の予測が一致するかどうかを調べた。結果がみごとに一致したため、内部形状を変更したバルブ類を解析することとなった。

設計予備段階は、数多くの試作品を評価することから始まった。CFD解析と実験による測定値から、各試作品の長所が評価された。異なる動作点における流れの定性的物理特性の洞察、スロートにおける圧縮、膨張パターンの可視化、バルブを通過する流れによって円錐部分に作用する力の見積り - これらの情報が計算により提供された。実験による測定値は、圧力損失データの入手、計算結果の検証、および流れの不安定性の検出のために準備された。

ÅF-Kontroll社では、分析作業の際必ずパラメトリックモデルを作成するという伝統がある。今回の設計ではGAMBITの特長であるジャーナルファイルが用いられた。このモデルは円錐の多数の異なる位置で分析されるので、円錐と固定部との間にある垂直方向の隙間

に対するパラメーターが作成された。各動作点についての、4角形要素と3角形要素による2次元ハイブリッドメッシュが数秒で自動生成された。設計作業の進行に伴い、バルブの内部形状をコントロールするためにさらに多くのパラメーターが生成された。

乱流のシミュレーションには、軸対称分離型ソルバーを使用した。入力ファイルを作成することで、設計工程の解析部分で大幅な自動化が実現した。この入力ファイルには、FLUENTですべての動作点における流れを順番に解析するための命令が記述されている。スロート付近の流れは円錐部分に作用する圧力に直接関係するため、特に注目された。この領域では4角形要素を使用し、すべての動作点における衝撃波と剥離領域をとらえるために、パラメーターに基づく分解能には慎重な調整が加えられた。乱流強度に対する感度を確認するために、複数の乱流モデルがテストされた。



動作範囲の中間にあるコントロールバルブを通過する流れの全圧

この調査結果を通じて、エンジニアはコントロールバルブを通過する流れを深く理解することができ、より高度なコントロールバルブの開発が実現した。