

## POLYFLOW によるダイス設計の最適化

Forsheda 社

ゴムの押し出し成形プロセスは、自動車および建築向け最終製品の加工に広く利用されています。ゴムが成形ダイスから押し出されて自由になると、局所速度の変化が大きくなるため、形状に変形が生じます。設計者は、自らの知識に数値シミュレーションの結果を加味することで、複数の設計案を短時間のうちに評価し、仕様通りの製品をうみだすことができます。この結果、ダイスの試作回数が減り、コスト削減、開発期間短縮、廃棄物の減少などといった効果が現れました。

スウェーデンのForsheda社では、ダイスの設計コストを削減すべく、ベルギーにあるPOLYFLOWのチームと共同でゴム製品用の押し出しダイスの解析に取り組みました。この解析では、POLYFLOWの機能のうち、特に「inverse extrusion」(逆押し)機能が威力を発揮しました。この機能では、最先端の変形メッシュ技術を使ってダイスリップの形状を自動設計できます。材料の変形を考慮したうえで、仕様通りの最終製品を製造できる形状のリップが設計されます。

このプロジェクトの一環として、2種類の合成ゴム材料について、いずれもベキ乗則粘性モデルを使ったシミュレーションがなされました。ダイス全体を通しての圧力降下の制限により、設定された押し出し速度に対してダイスの長さはある一定値を超えられません。圧力降下が大きくなると、装置はコストがかかる設計となり、プロジェクト本来の目的から外れることになるからです。

ダイスは、製品の肉厚が薄い部分と厚い部分が並ぶ複雑な形状なので、速度分布には大きな不均一が生じます。最初のシミュレーションでは、リップの狭い部分での速度は、大きく開いた部分に比べて10,000倍も遅くなるという結果が出ました。このため、次のシミュレーションでは、まず、リップ全体にわたって速度を均一化し、その後、「逆」シミュレーションによって残りの変形を取り除くために必要なリップ形状を自動計算しました。

製品の改善を目指したこの最初の試みは、実験で目

ダイスの数値解析結果:ダイス(グレー)と変形した押し出し製品(赤)



的とする形状からずれる部分もみられましたが、大きな期待が持てる結果となりました。解析結果を詳細に調べたところ、局所すべりや熱的な効果(粘性加熱など)といった複雑な物理現象が重要な役割を果たしているという可能性が示されました。シミュレーションで計算された流れのパターンと実際の材料の変形を比較検討することで、効果的なダイスの形状変更方法を見つけることができました。

流れのパターンや材料の挙動についての情報が十分でなかったため、この数値解析はForsheda社のエンジニアにとって困難な仕事でした。しかし今回、すべり挙動、詳細形状、ならびに熱的な効果がプロセスの重要な鍵を握っていることが明らかになりました。シミュレーションの結果、材料のレオロジーとすべりについての理解を深めることができ、こうした基本的な知識は、類似の応用例にも活かされています。



押し出しプロセス用スチールダイス



本稿は、2001年4月にベルギーのリエージュで行われた ESAFORM カンファレンスにて発表された論文の要約です。