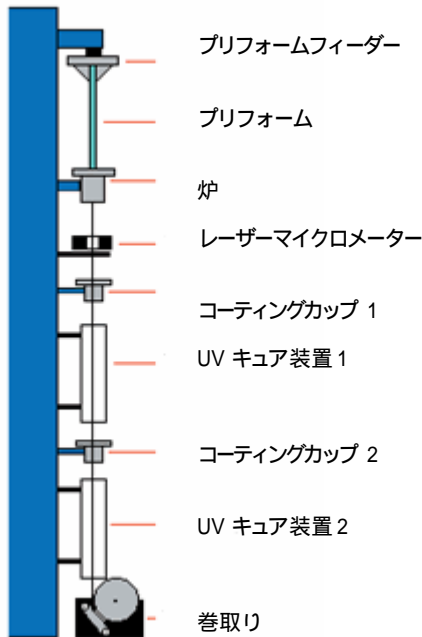


光ファイバーの線引

Denis Tschumperl (フランスコンフラン, Alcatel)



ファイバー線引のプロセス

光ファイバーの製造には一連のステップが必要です。Alcatelでは、最初のプロセスとして、ドープされたシリカのプリフォームを内部蒸着法 (MCVD) で製造します。次に、シリカのオーバークラッド層をプラズマトーチでプリフォーム上に堆積させ、プリフォーム塊を直径125 μ mのファイバーに線引します。線引をするためには、あらかじめプリフォームを線引炉でシリカの軟化点まで加熱しておきます。ファイバーが冷却したらUV炉の中を通過させ、1層または複数層のポリマーでコーティングし、強度を高めます。全プロセスを通じ、品質の要件を満たすためには温度とガス組成の制御が重要となります。

Alcatelでは、このステップのいくつかをFLUENTでシミュレーションしました。最初のシミュレーションは、ファイバーを空气中で冷却するという単純なケースでした1。

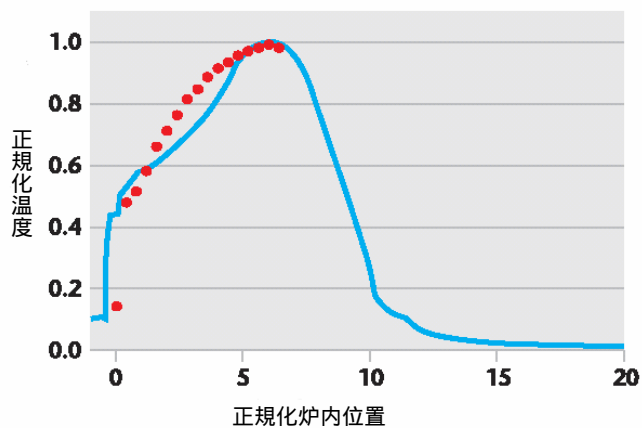
結果の検証後、エンジニアはさまざまな(空気)温度と線引速度でファイバーを空气中で移動させた場合の温度を予測できるようになりました。

次は線引炉のシミュレーションです。線引炉では、温度パターン、ガスの流れ、およびガス組成の制御が、炉の内壁やプリフォームの劣化を防ぐ上で必要です。炉の環境は過酷で実験がほとんど不可能なため、パラメーターがファイバー製品の品質に及ぼす影響を深く理解するには、シミュレーションが不可欠です。炉のモデルには流体の流れおよびふく射による熱伝達があります。そこでDOモデルを使用し、シリカのプリフォームを半透明媒質とみなして、ふく射スペクトルを複数のバンドに分割します。その結果、炉のセンターラインでモデルによって予測された温度は、熱電対による測定値より有効なことが十分に立証されました。実際、金属製の熱電対では炉のふく射効果が入ってしまうため、計算された温度の方が信頼性が高いとみなされました。こうして製造プロセスは変更箇所の評価を絶えず受けながら改良を重ねていますが、新しい試作品の評価と最適化にもFLUENTが使用されています。例えば、線引速度を上げながら線引タワー(加熱、線引、冷却、およびコーティングというプロセスがなされる場所)の高さを一定とするには、ファイバーの冷却効率を上げなければなりません。そのためには、冷却ガスのジェットをファイバーに直接当てるといった方法があります2。線引タワーでジェットの位置を変更すると、ファイバー温度が大きく変化し、ジェットの位置次第ではふく射が製造プロセスで効かない場合もあります。経験から、物性の温度依存性のために、ファイバーと冷却ガスの両方で温度の計算値が大幅に変化することがわかっているため、

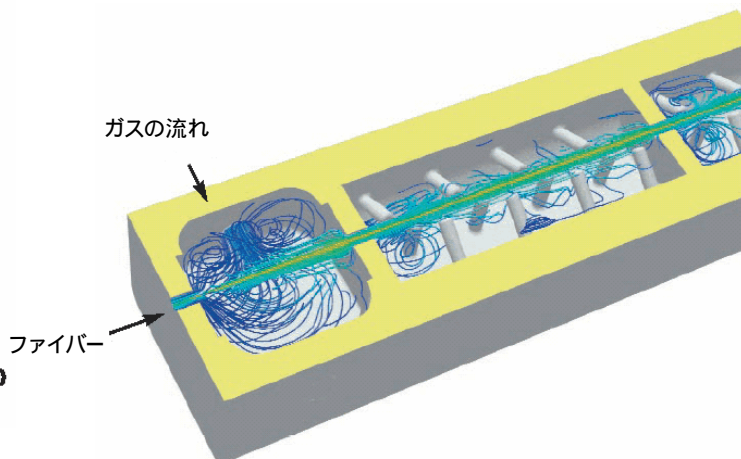
温度依存性は慎重に考慮しなければなりません。さらに、ファイバー近傍と自由流中で非常に異なる特性を持つ乱流をモデリングするには、2層ゾーンモデルにすると最良であることも判明しました。モデリングオプションが多数あるという点で、FLUENTであれば複雑な製造プロセスを改良するための最良のシナリオが突きとめられると感じています。

References

1. D. Tschumperle, M. Nicolardot, Fiber Cooling Modelization During Draw Using CFD, ASME PVP Vol. 424-1, Volume 1, 2001.
2. D. Tschumperle, J.F. Bourhis, S. Dubois, A. Leon, Study of Cooling Tubes for Fiber Draw Using CFD, Proceedings of 50th IWCS, Lake Buena Vista, Florida, November 12-15, 2001.



線引炉のセンターラインにおける計算温度 (青) と実測温度 (赤) の比較



冷却装置内部のパスライン (色は温度)