形品の構成によっては、比較的容易に実現可能であり、当然のことながら既に実用事例も存在する。

何れにしろ、金型の企画設計によっては、大きなコスト効果が得られる可能性を秘めているということを理解する

ことが重要であり、そのためには金型を「ツール」として捉えるのではなく、生産システムの一部として捉えることが肝要である。

亀 田 隆 夫*

1.5 企画段階における流動解析の利用

1.5.1 はじめに

プラスチック部品を作る手法の一つに射出成形がある。射出成形は、金型を用いて複雑な形状の部品を容易に得ることができるため、意匠性と機能性を併せ持つ様な工業部品の製法として広く利用されている。工業用製品を設計する段階で、意匠や機能を満足することが可能かを事前に検討する必要がある。初期の製品設計段階では、均質な物性を持つ材料として製品設計が行われる。この段階で、およそその形状が決まり、部品に必要な強度や外観等の要求特性も決定され基本的な製品設計が固まる。その後、設計された成形品が金型を用いて製作できるかの検討に入っていく。この段階で樹脂の特性あるいは樹脂流動の影響などによって、基本設計された部品の特性を損なわないように生産を行うための準備が行われる。この準備の検証において、解析を利用することで、金型製作前に想定される不具合の発見や対策を進めることができる。

本節では金型を製作する際の冷却回路やゲート位置の選定などの基本的な設計に関する検証と不良対策について射出成形解析ソフトウェアを用いた取り組みについて解説する。今回は、前者の基本的な金型設計の際に行われる設計検証の事例について解説する。この様な金型企画段階という早い時期から解析を行う取り組みの概要を述べさせていただく。

1.5.2 開発段階での活用

本講座は、射出成形金型製作の技術である。したがって、製品設計が終わっている段階での流動解析の活用について主に述べることになるが、もう少し前の段階でこれらを使う事を考えてみる。製品設計段階で最低限確認が必要なことは、どの程度の型締力の成形機が必要かということである。必要な型締力の見積もりは、金型製作前に決めないと製作された金型を使って成形する成形機の選定ができない。したがって、金型設計を進めていく中でも早い段階で検討を行わないと大きな問題となる場合がある。この必要な型締力の予測は、なかなか手計算で精度良く行うことができない。昔からよく使われる手法として、成形品に使われる

樹脂ごとの平均金型内圧力（型内圧）の表を参照して、成形品の金型開閉方向の投影面積との関係から必要な型締力を求めて成形機を選定するというやり方がある¹⁾。現在では、この投影面積の算出は、製品設計が3次元CADで行われるため精度良く求めることができるが、樹脂ごとに示される型内圧はある程度幅を持った数値となっていること、あるいは数値の設定されている条件が現状の製品設計に適合していないなどの問題があることがある。この数値の妥当性の評価を行っていく必要があるが、これらを整備することは難しい。

大きな問題となる例として、金型を作っても想定した成形機の型締力を上回るような場合に、実際に量産する成形機が存在しないことが起こる可能性がある。特に、自動車部品などは、部品の軽量化は大きな命題であり、その手法として製品の薄肉化という手法がとられることがあるが、これにより従来の樹脂ごとの型内圧の値を見直す作業が必要である。このように近年の成形品の設計として製品板厚を薄くしていく場面は多いが、この時の金型内樹脂圧力や型締め方向の投影面に対する積分値である型締力の算出には樹脂流動解析を使って求めていくことが行われている。

解析などを使って想定される型締力から成形機を決めることで、それに合わせた金型の設計が進められるようになることから、これらは最初にやるべきことである²⁾。一方、成形機の最大射出圧力に関しての検討は、それほど重要視されない。これは、ゲート点数の変更や成形品内の部分的な肉厚変更などで対応が可能であるため、製品設計段階での重要度は意外に低いといえる。

1.5.3 金型企画時の解析の関わり方

先の議論は、製品設計段階で最初に検討しないといけない型締力について述べた。金型は、プラスチック製品を得るための道具であることから、生産性を考慮する必要がある。製品設計が終わる頃には、製品の冷却、樹脂流動によるウェルドや変形といったことを検討して設計に盛り込むことになる。今回は、これらを事前に解析を使って検討する必要性について述べる。

(1) 製品冷却の検討

製品の冷却は、その金型を使って成形される部品の生産性を決める。製品形状によっては、冷却水管の設計に大きな制約が出る場合がある。図6に基本的な水管の配置を示す。金型の部品は基本的には直方体の金属材料から削り出していく。このとき、冷却水管は、ドリル加工することになり基本的に直線の加工となる。したがって、直方体の金属を直線的に貫くような加工もしくは、タンク形状に代表されるような途中まで直線加工して、そこを仕切った流路内を冷媒が流動できるように設計される。成形品形状に

Design and Making Technology of Injection Molds (2)

Chapter 1 Planning and Design of Injection Mold

1.5 Utilization of Flow Analysis in Planning Stage for Mold Design

* Kameda, Takao

三光合成(株) 次世代技術部

南砺市是安 4185 (〒939-1852)

t.kameda@sankogosei.co.jp

2018.7.9 受理

図6 切削加工を想定した冷却水管設計の例

図7 金属3Dプリンターを想定した冷却水管設計の例

沿って冷却水管を設計することは、複雑な形状の成形品の場合は制約が多い。特に、冷却性能を高めるために製品近くに冷却水管を設置することは難しい場合が多い。

生産性を考えて設計を行っていくが、成形品が冷えにくい場所を探すのは、成形品が均一肉厚であればある程度冷却水管の位置と製品面の距離が離れているところが冷えにくいという判断ができる。しかし、成形品の肉厚分布の存在や、キャビティ形状によっては部分的に金型内に熱がこもるような場合もある。更に、熱源である溶融樹脂がキャビティ内の各部分に到達する時間も異なり、熱を奪える時間も分布していることになる。このような中で、金型内の成形品の冷却状態を予測することは難しい。

従来からある部品やあまり製品肉厚の分布が少ない成形品の金型の冷却解析を行うことは少ないと思われるが、新規の開発製品の場合は必要に応じて冷却解析を実施する。この解析は、金型の中でどのように溶融樹脂が冷えて固化するかを見極め、冷却配管設計を検討することを目的とする。解析によって部分的に冷却が必要な箇所を見だし、その部分の冷却に関する設計を進めることで冷却性能が上がり、生産性の良い金型設計ができるようになる。

近年、金属光造形複合加工機を用いた金型製作が行われるようになってきた。このような加工機で製作される金型入れ子に対して、3次元モデルを用いて冷却解析の金型モデルを製作し、冷却解析が行われるようになってきている。図7に示すような複雑な冷却水管あるいは流路断面が矩形のウォータージャケット形状の冷却水管の設計に対してもその3次元モデルデータを用いて冷却状態を解析することが可能になってきている。金型の3次元CADの普及が進んでおり、設計と冷却解析を同時並行で進める取り組みが進められている。

冷却解析は、成形品の流動解析に加え冷却配管の設計及び解析用のモデリングを行うことになる。この際、ゲートやランナーがどこにあるか、成形品の突き出し機構や入れ子の設計などを意識しながら解析を進めないといけない。金型設計の際、金型冷却解析を用いてその妥当性を検証する場面も増えている。

(2) ランナー及びゲート設計の検討

先に金型設計において、製品を成形する際の型締力を初期段階で見積もることの重要性を述べた。型締力を下げる

ことで、必要な成形機も小さい設備で生産できることになり製造コストも下がる。製品1個取り、1点ゲートの金型の場合は、あまり検討の余地がない。しかし、多点ゲートの金型の場合、型締力を下げるためには、各ゲートから充填された樹脂がキャビティ内に充填すると同時に全ゲートからの樹脂流動が止まるという、同時充填あるいは流動バランスのとれた状態になるように金型を設計する必要がある。流動バランスがとれていないと、過充填のところはバリなどの不良が起こり、逆に充填の少ないところはショートショットになる。これらを解消するために金型が完成してからゲートやランナーを修正することが起こると、道具としての金型の完成度にも影響する。簡単な金型修正で充填バランスが改善する程度であれば問題は少ないが、どうしようもない場合は金型作り替えになってしまうこともある。この充填バランスは、成形品の肉厚分布、樹脂の特性、あるいは成形条件などで大きく変化する。これらを考慮しながら、ランナー、ゲートの設計を行うのは難しい。そこで、樹脂流動解析を用いて製品内の充填状況を見ながら金型設計を行うことになる。

ゲートからの樹脂流量は、成形品内の圧力損失の影響も受けるが、ランナーの設計によってはその流量は大きく変化する。現在、製品設計者が設計しながら手で樹脂流動解析を行えるような簡易解析が各ソフトメーカー等から販売されている。これらのソフトは、製品設計された3次元製品CADデータ上に、ゲート位置に相当する樹脂流入点を指定することで成形品肉厚分布や溶融樹脂物性などを考慮して計算できる。しかし、金型設計段階では先に述べた冷却配管の設計も行う必要があり、金型内に製品、樹脂流路、あるいは製品突き出しやアンダーカット処理などの金型機構を組み込んでいくかの検討を行わなければならない。このことから、スプルー、ランナーの形状を無視して流動解析を行い、その結果を用いてゲート位置などを選定することは、金型設計の妥当性を検証することに対してあまり好ましくない。

解析結果を見ながら、金型キャビティ内の充填状況を確認し、先に想定した成形機で成形可能かを見極めていくことになる。型締力の最小化は、溶融樹脂の充填バランスを最適化して行くことになるが、必要な射出圧力が足りない場合は、ゲート点数の変更やランナー設計を見直ししながら

解析検討する必要がある。もちろん、ゲート点数を変更すれば、充填バランスを取り直す必要があり、圧力損失を調整するためにランナーの直径などを変更すればその部分の冷却状況が変わって生産性が変わってくる。金型設計の企画段階ではこのようにある程度総合的に検討する必要がある。金型設計、金型製造、解析担当あるいは生産工場の担当者間での意思疎通は非常に重要である。

1.5.4 まとめ

今回は、型締力、冷却回路やランナー・ゲートの設計に解析を使いながら支援していくことを述べた。金型設計の

基本的な部分で解析を使っていくことは重要である。同時にこの段階で不良対策を盛り込んでいく必要があるが、その部分は、別の機会に述べる。

参 考 文 献

- 1) 横田明：射出成形加工の不良対策第2版，18，日刊工業新聞社(2012)
- 2) 綾井英二：射出成形技術－理論と実際－，160，アルファ企画(1980)

賛助会員ならびに会員の皆様へ

「知りたい、見たい、訪ねたい—成形加工の元気な仲間—」の 訪問取材を希望される会社を募集中

「成形加工」誌には、「知りたい、見たい、訪ねたい—成形加工の元気な仲間—」を掲載しています。本企画は、プラスチック成形加工に携わり、日本のものづくり産業の基盤を支えている活気ある企業を、本誌編集委員自らが訪問取材して、会社概要および自慢の製品・技術を広く会員に紹介することを目的としたもので、詳細は以下のとおりです。

1. 主として賛助会員あるいは正会員の所属する会社を、本誌編集委員が訪問し、新製品・新技術等を、実際の製品を見て、あるいは現場見学を交えて取材し、記事としてまとめ上げる。会員による原稿執筆は一切不要。
2. 取材は、2時間程度。
3. 原稿は、図表を含めて刷り上がり2～3ページとする。
4. 掲載料は無料。

この「知りたい、見たい、訪ねたい—成形加工の元気な仲間—」の訪問取材を是非ご検討下さい。

本企画は、年間4～5件を掲載する予定です。記事のスタイル、内容等につきましてはすでに掲載されている幾つかの記事をご参照下さい。

「成形加工」編集委員長 木原伸一