射出成形機と関連機器

可視化技術を用いた射出成形品のウェルドライン生成メカニズムの解明

金沢工業大学ものづくり研究所
講師　瀬戸　雅宏

射出成形法は複雑な形状の成形品を短時間で大量に成形できるメリットを持っており、代表的なプラスチック成形法の一つである。しかし、さまざまな成形不良が発生する問題もあり、中でもウェルドライン（合流線）は外観品質を低下させる重要な問題である。ここでは射出成形中の金型内可視化観察技術を用いて樹脂流動挙動を観察し、ウェルド部のV溝深さに与える樹脂流動の影響を考察するとともに、V溝深さの予測技術について紹介する。

板厚方向の樹脂流動を観察

射出成形法はスクリューで溶融・混練された樹脂を高速で金型内に注入し、冷却・固化させて製品を成形する方法である。そのため複雑な形状の成形品でも短時間で大量に成形できるメリットを持っており、自動車のバンパーなどの大型部品から精密な電子部品まで広く用いられている成形法の一つである。近年では特に自動車分野において、環境問題から金属部品の樹脂化が進められており、射出成形品においてますます高精度化・高機能化が求められている。

しかし、射出成形法はそり変形やウェルドラインなどさまざまな成形不良が発生しやすく、成形品の寸法精度、外観品質の低下につながる大きな問題となっている。これらの成形不良現象を事前に予測し対策を講ずるためには、その発生メカニズムの解明が必要不可欠であり、特に金型内における樹脂流動挙動の把握が重要であると考えられる。

筆者らはこれまで射出成形品の板厚方向の樹脂流動挙動に着目し、可視化金型を用いて金型内の樹脂流動挙動を詳細に観察して、そり変形の一要因である成形品板厚方向の物性値分布やウェルドラインの発生メカニズムについて考察してきた。ここでは射出成形品のウェルドライン生成メカニズムに焦点を絞って解説したい。

射出成形品に生じるウェルドラインは樹脂のフローフロントが合流した際に生じる表面上のV溝であり、外観品質を大きく低下させる。ウェルドラインに対しては、樹脂温度や金型温度を上げるといった対策が経験的に講じられているが、これらの対策がV溝の幅や深さに与える影響について樹脂流動の観点で検討された報告は少ない。

筆者らは樹脂が対向して合流するキャビティー（空間）を設計し、金型の一部にガラスブロックを組み込んだ可視化金型を用いて、ウェルド部における板厚方向の樹脂流動挙動を観察した（**図1**）。この金型は側面からシート状の光を照射して、金型内に設置されたプリズムを介して方向を変化させ、キャビティーに垂直に照射する。もう一方の金型側面に高速度カメラを設置して、キャビティーに照射された光の位置に焦点を合わせることにより、成形品板厚方向の樹脂流動挙動を観察できる構造となっている。

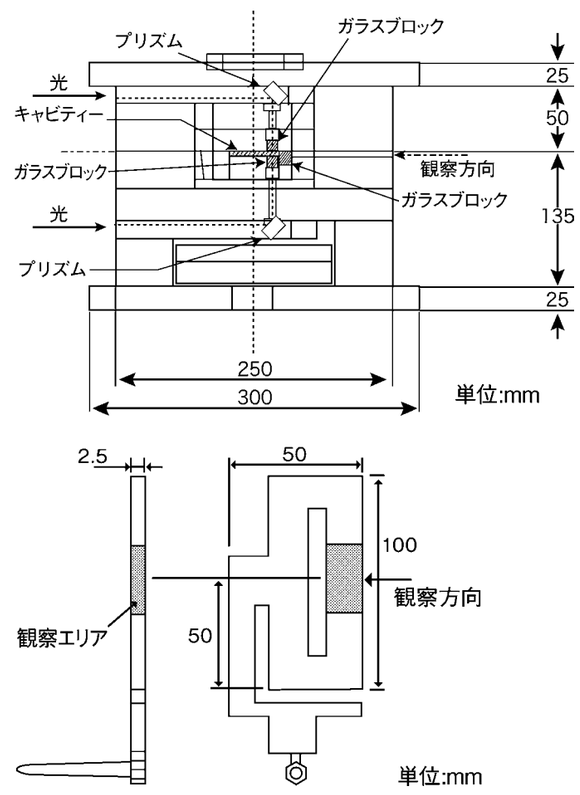


図1　可視化金型の構造と成形品形状

V溝深さ予測CAEで可能に

図2はポリスチレン（PS）を供試材料として射出成形した時の会合直前のフローフロントを板厚方向から高速度ビデオカメラで撮影した画像（片側のみ）である。成形は射出速度を6条件変化させて行い、それぞれ高速度ビデオカメラで観察した。フローフロント先端から樹脂が金型に接触している点までの流動方向の距離をフローフロント長さと定義して、各条件におけるフローフロント長さを計測した。

また、それぞれの条件で得られた成形品のウェルド部におけるV溝深さを3次元デジタルマイクロスコープで計測した。**図3**はフローフロント長さとウェルド部のV溝深さの関係である。高い射出速度で成形すると、フローフロント長さが短くなることが確認できる。低速で成形した場合、金型近傍の樹脂は冷却されながら流動するため、板厚方向で温度分布が生じやすく、その結果樹脂の流速差が大きくなったためにフローフロント長さが短くなったと推察される。

また、フローフロント長さとV溝の関係を比較すると、フローフロント長さが長くなるにしたがってV溝深さが深くなっていることが確認できる。これはフローフロント長さが長くなることで樹脂が会合した瞬間のキャビティー面から樹脂会合部の深さが深くなったためであり、この結果はフローフロント形状によってウェルド部のV溝深さを予測できる可能性があることを示唆している。図には示していないが、金型温度を変化させて成形した際にも金型温度を高温にするにしたがってフローフロント長が短くなり、成形品のV溝も浅くなることを確認している。

前述した通り、これまでウェルドの対策として金型温度を高温に設定することが経験的に行われてきたが、樹脂表面の固化を遅らせるために加えて、フローフロントの長さをコントロールしてウェルド部におけるV溝を浅くしていたことを示唆している。

現在、射出成形コンピューター援用エンジニアリング（CAE）では高精度化が進み、複雑な形状でもウェルドの発生位置に関してはほぼ正確に予測できるが、ウェルド部のV溝深さに関しては十分予測できていないのが実情である。しかし3次元解析が主流となってきた現在において、樹脂会合時のフローフロント長さをCAEで予測することにより、V溝の深さも予測できる可能性があると考えられる。

今回はウェルドラインに焦点を絞って、可視化技術を用いた樹脂流動挙動の観察結果とウェルド部のV溝深さの関係について述べたが、これ以外にもさまざまな成形不良現象の解明に精力的に取り組んでいる。これらの現象解明が進み、射出成形技術の高度化、高付加価値化に寄与できることを望んでいる。

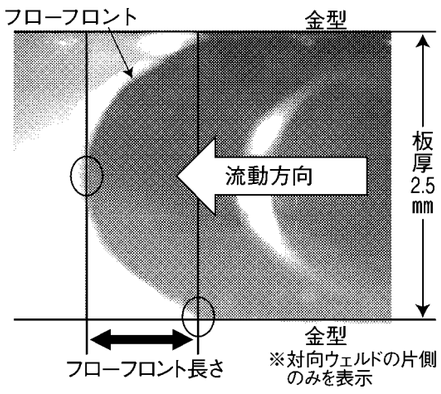


図2　フローフロント長さの定義

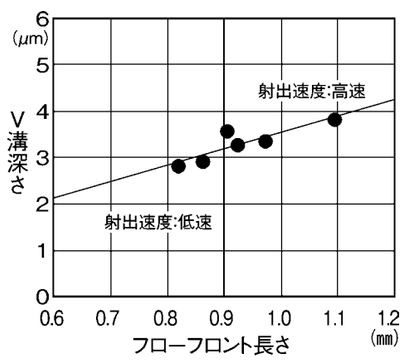
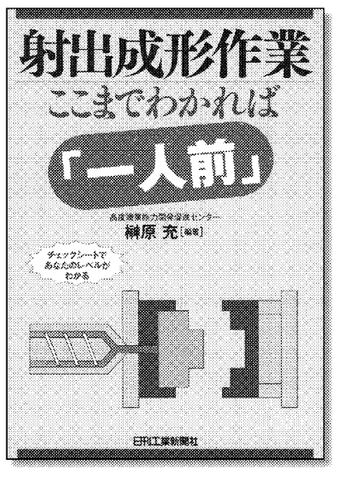


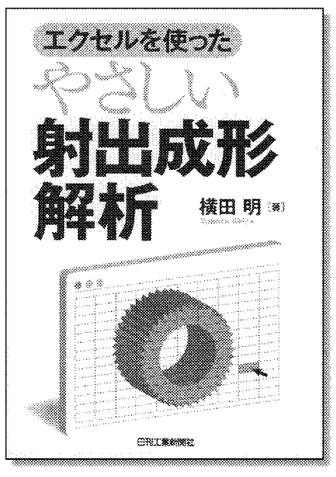
図3　フローフロント長さとV溝深さの関係

高性能洗浄剤
トミクリン®
成形機・押出機用洗浄剤（パージ剤）
作業コストを大幅ダウン!!
お客様のご用途に応じてトミクリンをご提案致します。お気軽にご相談下さい。
TCK TOYAMA　富山カラーリング株式会社
〒939-2632 富山市婦中町外輪野1452番地
TEL（076）469-4201（代表）　FAX（076）469-5571
E-mail toy-tck@knei.jp　URL http://www.toyama-tck.com

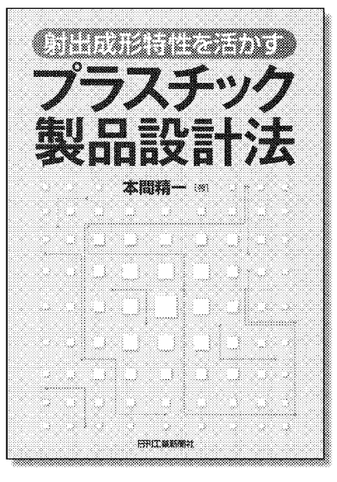
好評！日刊工業新聞社の本



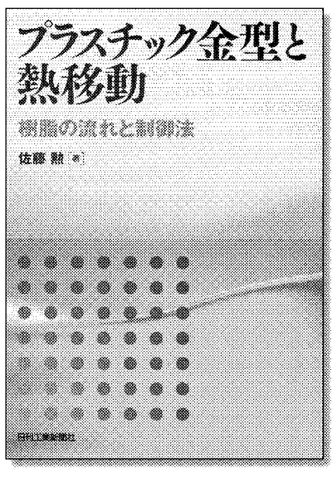
射出成形作業 ここまでわかれば「一人前」
榊原　充 編著　●A5判　●定価2520円（税込）
射出成形の作業現場において初級者が「一人前」と言えるようになるために知っておくべき種々の技術、技能、知識の要点を、自分がどのレベルに達しているか、足りないのはどこかを評価する指標となるチェックシートに基づいて解説する。



エクセルを使ったやさしい射出成形解析
横田　明 著　●A5判　●定価2730円（税込）
射出成形加工現場では、問題やトラブルなどが発生した場合、統計解析を用いて対処するようにしている。ただ統計解析は理論自体が難解で計算も難しい。本書は理論を十分理解しなくてもエクセルに必要なデータを入力することでやさしく解析できるようにした成形加工現場必読の書。



射出成形特性を活かすプラスチック製品設計法
本間精一 著　●A5判　●定価2310円（税込）
射出成形によって生産されるプラスチック製品の不良は加工現場の問題として片付けられがちだが、実際には設計段階の検討不備に原因のあることが多い。設計段階においてプラスチックの材料特性や射出成形の特性を理解した上で製品の最適設計を進める指針を総合的に解説する。



プラスチック金型と熱移動 樹脂の流れと制御法
佐藤　勲 著　●A5判　●定価2940円（税込）
射出成形プロセスにおける金型と樹脂の間の熱移動を伝熱工学の基礎を使って解説。金型設計者をはじめ、金型材料、樹脂などに関わる技術者が知っておくべき知識を系統立てて示す。熱移動による樹脂の振る舞いとその制御法を紹介する。金型と熱、樹脂と熱の関係を理解するうえでベースとなる本。

あなたの仕事に役立つ
理工学書・ビジネス書・技術雑誌
専門オンラインショップ Nikkan Book Store
http://pub.nikkan.co.jp/
◎ご注文は書店または添付FAX申込書で弊社出版局販売・管理部までお申し込み下さい。
日刊工業新聞社
●本社出版局 〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1
販売・管理部 ☎03(5644)7410　FAX03(5644)7400

FAX申込書
お申し込みの際、複写（コピー）されたものをFAXされますようお願い致します。
※弊社にお申し込みの方は送料を無料とさせていただきます。

〒
ご住所:
TEL:
FAX:
会社名:
部署:　注文者名:

日刊工業新聞社 発行	冊数	金　額
射出成形作業 ここまでわかれば「一人前」		
射出成形特性を活かすプラスチック製品設計法		
エクセルを使ったやさしい射出成形解析		
プラスチック金型と熱移動		
合　計		