画像処理によるオンライン計測

塩 入 隆 仁^{*1}・宮 島 正 彦^{*2}

1. はじめに

近年、地球温暖化、ごみ問題などを起点として大型家電リサイクルや建築廃材リサイクルの法制化や ISO 14000 シリーズの運用など企業活動に対して地球環境への配慮が求められている。このため、物づくりの現場においては生産システムに対して従来からの「高品質」、「短納期」、「低コスト」、「省人化」に地球環境項目である「省エネルギー」、「省資源」、「リサイクル」が加わり、より無駄がなく、フレキシブルでエネルギーバランスの良いことが重要になっている。

また、この1~2年は中国を代表とするアジア地域の生産環境の充実およびバブル経済からの潮流である生産拠点の国際化（国内産業の空洞化）と国内のデフレ現象の進行により、日本の物づくりはコストパフォーマンスの悪さから非常に厳しい環境にある。このため物づくりの現場では「コア技術」の見直しなど、原点確認を図る一方で、今まで以上に「低コスト」、「省人化」への取り組みが急務となっている。

原材料から最終製品までを1工程で生産する非常に効率のよい射出成形加工においても、今まで以上に「低コスト」、「省人化」への対応は急務である。「高品質」、「短納期」、「低コスト」を実現しながら「省人化」を図るためには、加工工程における品質評価または品質保証の自動化技術が必要であり、センサーを含む計測技術やハード性能を含むデータ処理技術の進展と関連しながら、多くの取り組みがされている。ここでは品質評価を自動化するための主要技術である射出成形加工におけるオンライン計測技術について、整理をするとともに、その一例として最新画像処理を用いた良否判別システムについて説明をする。

2. 射出成形加工における自動化とオンライン計測技術

2.1 射出成形加工の自動化

射出成形加工は一般に樹脂材料を射出成形機に搬送するまでの前工程と、射出成形機が行う可塑化・計量→金型充填→冷却→（良否判別）→製品取り出しまでの加工工程と、取り出された製品を搬送→二次加工（アニーリング、仕上

げ塗装、バリ取り、他）→（検査）→箱詰めなどをする後工程がある。そしてこの各工程においては「省人化」のために多くの自動化機器が設置され、成形加工システムとして射出成形機とリンクして稼動する。そしてシステムは完全自動化が理想であり、そのためには以下の2点が重要と考えられる。

①各工程における全ての動作が確実に安定して再現するシステムであり、万が一の動作の遅延や不具合をチェックする機能を備えている。前工程、成形加工工程、後工程に多くの自動化機器を使用してシステム化した場合、それぞれに制御装置があり、必要な情報を得るためのオンライン計測が重要となっている。

②成形品に対する品質保証の方策が必要であり、以下の3タイプがある。

- ・成形加工工程中の射出成形機または金型の各モニターデータから成形品の良否を判別し、取り出し時点で分別する。
- ・射出成形機から取り出された製品を全数または抜き取りにより直接オンライン計測し、分別する。
- ・後工程として自動検査装置を用いてバッチ処理による全数または抜き取り検査を行う。

なお、一般的に良否判別で大切なことは、良否を厳密に判定することではなく、不良品群に若干の良品が混入しても、良品群に不良品が絶対に混入しないことである。

2.2 オンライン計測技術の種類

射出成形機を中心として射出成形加工に関するオンライン計測について簡単に整理する。

①射出成形機コントローラが管理し、制御およびモニターデータとして標準的に利用するオンライン計測

- ・時 間：射出成形機コントローラが計測・管理し、代表的なものとして射出充填時間、1サイクル時間、可塑化・計量時間などがある。
- ・位 置：エンコーダなどの各種位置センサーや各種リミットスイッチにより検出され、代表的なものとして射出開始位置、射出最前進位置、速度・圧力切り替え位置などがある。なお、「速度」は位置データを時間微分した値を使用するのが一般的である。
- ・圧 力：各種ロードセルや油圧センサーなどにより検出され、代表的なものとして、射出充填圧力、射出保持圧力、金型内樹脂圧力などがある。
- ・温 度：各種熱電対より検出され制御や監視に利用される。代表的なものとして、射出装置におけ

^{*1} Shioiri, Takayoshi
日精樹脂工業(株) 技術研究所
長野県坂城町南条 2110 (〒389-0693)

^{*2} Miyajima, Masahiko
日精樹脂工業(株) 営業本部
本社テクニカルセンター 成形技術課
2002.5.2 受理

るノズルおよび加熱筒温度や金型温度、油温などがある。

②その他のオンライン計測

- ・画 像：CCD カメラを利用した画像処理で、専用装置となる。代表的なものとして金型の製品残りの監視やショートショットやバリなど製品の外観欠陥を判定する。
- ・樹脂温度：赤外線型温度センサーなど高応答温度センサーにより検出され、可塑化状態や金型充填状態などの観察に利用される。
- ・重 量：電子天秤などを利用した専用装置となる。多数個取り成形などの監視および良否判別に利用される。
- ・寸 法：レーザ測長器などを利用した専用装置となり、成形品特定部の寸法を検出する。良否判別に利用される。
- ・水 分：前工程の周辺機器装置で利用される。樹脂材料ペレットの水分を計測し、乾燥状態の監視および制御に利用する。

2.3 成形品に対する品質保証について

成形品の品質保証は 2.1 の②で記したごとく、成形加工中の各種モニターデータによる間接検査と画像や重量など直接検査が利用されるが、射出成形加工の特徴から以下の点を考慮する必要がある。

- ①射出成形加工は、ゲートを介して熔融樹脂をキャビティ内に流動させて賦形するため、ショートショットおよびバリ、焼けなど多くの不良は金型の特性を含め、その流動パターンに沿ったものとなる。また流動パターンに無関係な不良としては、異物や黒点（焼け）の混入がある。流動パターンに関係する不良は発生箇所が比較的特定されやすいため、自動検査が可能となる場合が多い。
- ②成形品形状と不良内容により、自動検査が可能と判断されると、それに必要な機器を配置した自動検査システムが決まる。そして自動検査システムをオンライン処理とするか後工程のバッチ処理とするかは、自動検査システムの規模や成形サイクルと検査サイクルの差などにより決まる。
- ③射出成形加工では量産条件を設定する場合、成形条件と不良と良品の関係を見極め、可能な限り不良が出難い（外乱に強い）条件を選択する。このため、射出成形機のモニター値と良否の関係が明確にできることが多い。ただし、モニター値には自ずと仕様精度（分解能）があるため、良否の判別にも限界がある。

3. 画像処理を利用したオンライン計測

射出成形機では、時間および位置、圧力などを計測・制御しながら成形加工が行われるため、各モニター値の仕様精度内であれば、異常を感知し判別することが可能であるが、現在、最も要望の多い多数個取りの微少なショートショットやバリの感知は仕様精度外となることがある。

一方、微少なショートショットやバリなど成形品外観不良の評価方法としては、画像処理技術の利用が有効とされ古くから取り組まれているが、性能とコスト両面の壁が高く、なかなか進まない。

しかし、現在の「省人化」が急務な経済環境と IT ブームにより CCD カメラによる画像処理技術のコストと性能両面が改善されたことから、成形品外観評価用オンライン計測技術として一段と取り組みを強化し、より実用的な計測システムの開発が必要と考えられる。ここでは、当社が開発した画像処理技術を用いたオンライン計測システムの実用例について説明する。

なお、画像処理装置および処理ソフトについては、それぞれに専門メーカーがあり、CCD カメラ性能および画像処理アルゴリズム、価格など多くの情報が専門誌などを介して提供されている。そのためここでは省略する。

3.1 コネクタ成形（生産）システム例

現在、標準的な射出成形機モニター値でのショートショット・バリの判定が最も困難で、有益な検査システムを要望されている分野にコネクタ成形がある。ここでは、不良混在を防止するために開発した、画像処理にて全数検査をオンラインで行うシステムについて説明する。

①システム概要

検査装置：市販画像処理装置および搬送・整列・分別装置
成 形 機：ES 200 connector（図 1）

型 締 力 196 kN 射出容積 10 cm³/shot

金 型：FPCコネクタ 0.4mmピッチ30極 4ヶ取り

周辺機器：日精 3 軸サーボトラバース取出口ロボット

材 料：LCP

サイクルタイム：5.0 s/shot

②システム説明

図 2 に成形品検査システムフローを示し、図 3 にシステム外観を示す。

- ・当社製 3 軸サーボトラバース取出口ロボットにより成形品を吸着取り出し（ランナーは自動落下）後、型締装置側上部に設置した本検査システムに入れる。
- ・ショートショット・バリの発生箇所が判明しているため検査装置受渡し部にて検査箇所が画像処理可能な位置に整列させ、検査部へ移送する。
- ・画像処理判別後、分別シュータにより良否それぞれの箱に分別移送する。

図 1 ES 200 connector（日精 3 軸サーボトラバース取出口ロボットオンライン検査装置付）

3.2 超ハイサイクル成形における良否判別～画像処理検査による良否ロット判別～

射出成形機および製品形状、金型、樹脂の全てを厳選し、必要な特化をして実現した1サイクル0.63秒という超ハイサイクル成形に、画像処理による良否判別システムを付加した事例を説明する。使用した射出成形機は、電気式射出成形機 ES 200 H である。

超ハイサイクル成形においては、全数検査は不可能であり、任意設定ショット(以後、ロットと称す)間で1ショットの抜き取りを行い、画像処理にて良否判別を行う。

本成形では、金型ガスベントつまりなどによりショートショット不良が発生しやすいことが経験上確認できているため(図4,図5参照)、ショートショット不良判別を行うことができる。

図2 コネクター成形における成形品検査システムフロー

①システム概要

検査装置：市販画像処理装置および整列・3方向(検査装置・良品・不良品)排出可能な反転シュータによる構成(図6)

成形機：ES200H(図7)型締力147kN 射出容積13cm³/shot

金 型：試験コネクター 2個取り

材 料：LCP

サイクルタイム：0.63 s/shot

②システム説明

検査装置は、専用シーケンサーにて制御し、画像判定結果を成形機へ出力する。

反転シュータは、成形機にて制御する。検査カウンタを

図4 良品の検査結果画像

図5 不良品の検査結果画像

図3 コネクター成形における成形品検査システム外観

図6 超ハイサイクル成形における成形品検査システム外観

図7 ES 200 H (オンライン検査装置付)

図8 超ハイサイクル成形における成形品検査システムフロー

10 ショットに設定した場合の動作フローを図8に示す。

- ・1～9 ショットを一時保管後、10 ショット目の成形品を検査装置側へ排出し、検査を開始する。検査から判定までの11～19 ショットを同じく一時保管する。
- ・検査結果を受け、20 ショット目にOK (NG) 側を開き一時保管ショットを排出させる。
- ・以上のフローを繰り返す。

(結果的には、検査およびシュータ開は20 ショット間隔で動作し、検査装置側へ1 ショット分排出するため、ワンロットは19 ショットとなる)

◇ロット No.1 は、良品判定により OK 側へ排出

◇ロット No.3 は、不良判定されたため NG 側へ排出

◇ロット No.2 の判定結果は良品であるものの、次ロットが不良判定であることから、不良品の混在の疑いがあるため (黄色ショット部)、要全数検査ロットとする。このため最終分別は次ロットの評価が確認された後となる。

3.3 画像処理を利用したオンライン計測の問題点

ここでは、問題点について簡単に整理する。

- ①不良箇所など計測位置が特定されなければ、適応ができない。また不良個所が製品の複数箇所になる場合にも対応できない。
- ②画像処理装置/製品形状に合致した検査・整列・収納部などの機械装置部/制御装置が必要であり、ある程度のコストがかかる。
- ③測定サイクルと成形サイクルは必ずしも合致しないため、抜き取り検査方法を用いるなどの運用面でのノウハウが必要となる。

4. おわりに

本稿では、射出成形加工におけるオンライン計測について整理を行い、事例として画像処理を利用したオンライン計測について解説した。射出成形加工がこれからも日本の物造りの中で有効な手段となり続けるためには、品質評価、品質保証が人手を介さずに実行できなければならない。そのため、本オンライン計測技術が、今後益々重要になるものと考えられる。