金型内圧計測の応用

鹿 沼 陽 次*・石 綿 靖 雄*・鈴 木 忠 雄*

1. はじめに

最近の IT 関連機器をはじめとした小型高機能機器の普及の速さには目を見張るものがある。同時にプラスチック成形品に対する要求も、低コスト、短納期、高精度、高機能、リサイクル化と厳しくなっている。成形現場ではこのような状況に対応し、成形機、金型、材料、周辺機器などの各方面からさまざまな取り組みがなされている。

本報告では、金型内樹脂圧力計測を応用した成形の不良品検出および品質管理への取り組み事例を紹介する。

2. 圧力計測方法

金型内圧の計測には、エジェクタピン形状の圧力センサー（双葉電子工業製 EPS シリーズ、以後 EP センサーと呼称する）を使用している。エジェクタピンに圧力センサーを内蔵しているため、金型に特別な加工をすることなく既存のエジェクタピンを差し替えるだけで型内圧測定ができる。センサー素子はつば内に装着されているため、ピン軸部を任意の長さに切断しても全く問題無い。さらにセンサーの大きさは図 1 に示すように市販のエジェクタピンと同等であるため、従来困難とされた金型細部の圧力測定も可能となっている。図 2 は、EP センサーの金型への装置例を示している。データの収集には EPS 専用の 8 ch ア

図 1 EP センサーと市販エジェクタピンの比較

* Kanuma, Youji/Ishiwata, Yasuo/Suzuki, Tadao
双葉電子工業株式会社
千葉県長生郡長生村藪塚 1080
2001.1.15 受理

ンプ（同 EPA-001）と専用ソフトウェア（同 EPJ-001）を用いた。この組み合わせにより、金型内圧波形をパソコン画面内で簡単に計測・監視することができる。図 3 は計測システム一式の外観を示している。

3. 応用事例

3.1 不良品検出への取り組み

金型内圧を計測監視することにより、成形担当者の頭を悩ませている不良の一つであるショートショットを検出した事例を以下に紹介する。

a. 成形品および成形条件

本事例の成形品は図 4 に示す車載用リレーブロックで、量産での散発的なショートショットの発生が問題となって

図 2 EP センサー装着例

図 3 モールドマーチャリングシステム

いた。発生状況はリレーブロックに接続するコネクタのはずれ止めになっている、ランスという尖った爪形状の先端が欠けるものである。図4は成形品の概略図を示している。EPセンサーの装着場所は、ランナー内1箇所、左右それぞれのゲート直下2箇所、左右ランス近傍2箇所、最終重点部付近1箇所の計6箇所である。

本事例では、ショートショットの原因がサブマリンゲートへのゲート滓（かす）詰まりと推定されたため、成形機と成形条件は変えずに、2点のゲートが開放状態になっている場合（以後、基本条件と呼称する）、左右2つあるゲートのうち1つをそれぞれ閉鎖した場合の合計3通りの成形を行った。

b. 型内圧波形の比較

図5～図10は、基本条件、左側ゲート閉鎖、右側ゲ

図4 成形品外略図

図5 重ね描き波形（～Ch 1 ランナー部）

図6 重ね描き波形（～Ch 2 右ゲート近傍）

ト閉鎖時の圧力波形を、センサーの装着場所別にそれぞれ一枚のグラフに重ね合わせたものである。波形は連続10ショット分のデータが重ね描きされている。

ランナー部（図5）を除くどのセンサー位置でも「右側ゲート閉鎖」の波形は、他の2つの波形と明らかに異なっ

図7 重ね描き波形（～Ch 3 左ゲート近傍）

図8 重ね描き波形（～Ch 4 ランス①部）

図9 重ね描き波形（～Ch 5 最終充填部）

図10 重ね描き波形（～Ch 6 ランス③部）

ているのが確認できる。この波形の差を監視することにより、ショートショットの検出が可能となる。具体的な監視方法は、専用ソフトウェア EPJ-001 の波形監視機能を使い、量産基準波形に対し図 6～図 10 に示したようなエラー検知枠を設定するだけで良い。指定時間うちに設定した上下限圧力値から外れた(ショートショットの場合は下回る)場合にショートショット発生とみなせば良い。今回の例では時間設定を 2～2.5 秒、圧力値を 30～42.5 MPa としているが、設定の仕方によっては、良品も不良品と判断してしまうので注意が必要である。

c. 実験のまとめ

- 今回の測定事例のまとめを以下に記す。
- ①金型内圧力センサーをキャビティ内の主要箇所およびショートショットが発生しやすい箇所周辺に装着した。
 - ②基本条件、ゲート左側閉鎖、右側閉鎖の 3 条件にてそれぞれ成形を行った。
 - ③ゲート左側閉鎖の場合、ショートショットは発生しなかったのに対して、右側閉鎖では 5 割以上の確率でショートショットが発生した。ショートショットが発生した右側閉鎖の場合の型内圧波形は他条件に比べ大幅に低いことを確認した。
 - ④量産時の基準波形にエラー検知枠を設けることにより、突然発生するゲート詰りによるショートショット不良の検出が可能になった。

3.2 品質管理への取り組み

金型内のピーク圧力および圧力と時間の積(圧力波形積分値)をある範囲内に保つことで、成形された品物の寸法と重量を精度良く管理した事例を紹介する。

テストショットの結果、ピーク圧力と寸法および重量とに相関関係があり、ピーク圧力またはピーク圧力と時間の積を許容範囲に管理することにより、量産品の不良率を 0% に近づけることが可能となった。図 11 に示すように、成形品は長方形でゲートは短辺側中央にある。圧力センサーの設置箇所はランナー内(ch1)、ゲート直下(ch2)、キャビティ中央(ch3)、最終充填部(ch4)の合計 4 箇所とし、ピーク圧力値と時間および成形品の 3 箇所の寸法および重量を測定した。

図 12 はゲート部分のピーク圧力 ch1 と寸法 1 の散布図であるが、強い相関関係があることが分かる。図 13 は、寸法 1 の規格範囲と歩留の関係を示したものである。ピーク圧力 ch1 がテストトライ時の範囲内であれば歩留は

99.9% 以上であることが分かる。図 14 は、図 13 から不良率を推定したグラフで、圧力の設定範囲が 64.2～65.5 MPa であれば不良率は 0.001% 以下と推定できた。図 15, 16 は、ch4 の圧力と時間の積に対する重量の関係から重量の不良率を推定したグラフである。積 ch4 の設定範囲が 38000～39000 であれば不良率は 0.01% 以下と推定できる。

統計手法を用いることで、測定した金型内圧力データを品質管理データとして有効に扱うことができる。

4. おわりに

金型内圧力は、成形品の品質や生産性を示す最も重要な手がかりといえる。その金型内圧力を計測し適正な条件にすることで、不良品検出や品質管理等へのさまざまな応用

図 12 圧力 ch1 と寸法 1 の相関散布図

図 13 寸法 1 の歩留予測散布図

図 11 センサー装着位置

図 14 寸法 1 の不良率予測の散布図

図 15 積 ch 4 と重量の相関散布図

が可能になる。

本稿では、波形比較や寸法、重量との相関解析などの簡単な事例を紹介したが、次の機会にはさらに量産現場に踏み込んだ応用事例を紹介したい。

今後も、ユーザーが直接的なメリットを得られる様なアプリケーション開発に全力で取り組んでいく所存である。

図 16 重量の歩留予測散布図

参 考 文 献

- 1) 石綿靖雄, 鈴木忠雄, 森田光一: 型技術, 15(1), 41 (2000)
- 2) 鹿沼陽次, 石綿靖雄, 鈴木忠雄: 成形加工学会年次大会, 99 (2000)