

東京化成工業 金型パーティングラインの隙間測定用ダイヤルゲージ

射出成形の型締め力を最適化 金型をわずかに開いて無理のない成形を可能に

金型の開きを 0.01 mm オーダーで測定

1992年1月、AV（音響・映像）機器や電子機器のプラスチック外装部品を成形している東京化成工業（神奈川県伊勢原市）に、ある計測器の試作品が持ち込まれた。

“パーティングラインゲージ”と説明されたその計測器は、金型のパーティングライン面の“開き具合”を0.01 mm のオーダーで測定できるダイヤルゲージ（図1）で、開発した新興セルビック（東京）によるとプラスチック部品を射出成形する際、成形機の型締め力や射出圧力を最適化するのに有効だという。新興セルビックは金型メーカーである新興金型製作所（東京）の新製品開発部門で、古くから金型を通して取り引き関係があった東京化成に、

製品化にあたっての評価を依頼したのである。

「適正な型締め力の設定は難しい問題。そこでさっそく試したところ、これは便利だなと思った」（東京化成技術部長の中野忠夫氏）。「成形コストを低減できるなどのメリットが期待できそうだ」（同社事業開発部課長の毛利曉氏）という。同社はこのパーティングラインゲージをこれから積極的に利用していくつもりだ。パーティングラインゲージは、こうした評価に意を強くした新興セルビックがこの4月、1個6万2000円で発売した新製品である。

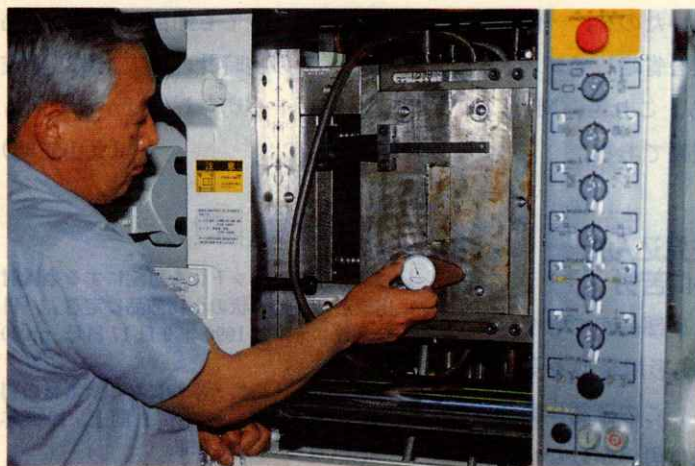
パーティングラインゲージの仕組みは簡単なものだ。長さや厚さといった測定量を指針の回転に変えて読み取るダイヤルゲージを利用する。通常はス

ピンドル（移動端子）の先端を被測定物に接触させ、その変位から微小な長さや厚さを測定するものだが、パーティングラインゲージはスピンドルが金型の微妙な開きに追従するように工夫した。ダイヤル表示部とスピンドル部の裏側にそれぞれ強力な磁石（ネオジウム磁石）がついている（図2）。パーティングラインをまたぐように金型の可動型側にダイヤル表示部を、固定型側にスピンドルを平行に固定し、基準位置で目盛りをゼロにセットすれば金型の開きを目盛りで読み取ることができる。

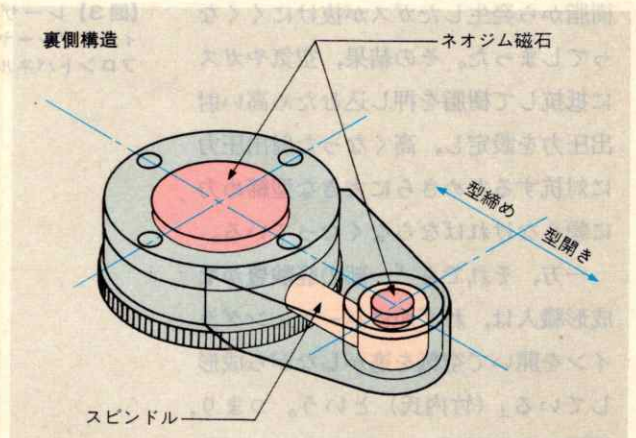
金型の精度をチェック

東京化成は次の2点でパーティングラインゲージを評価している。一つは金型の精度を定量的に検査できること。もう一つが、型締め力と射出圧力の適正值を比較的容易に定められることである。

射出成形は、固定型と可動型から成る金型を合わせて閉じ、熔融樹脂を型内の空間（キャビティー）全体に行き渡るよう圧力をかけて流し込み、成形する手法。型が開かないように締める力を型締め力、樹脂を流し込む圧力を射出圧力、そして金型の合わせ目をパーティングラインという。射出圧力が小さいとキャビティー全体に樹脂が回



【図1】金型にパーティングラインゲージをセットしている



【図2】パーティングラインゲージの外観と仕組み。表示部とスピンドルの裏にネオジウム磁石が仕込んである

りきらず、“ショート”という成形不良を起こす。一方、型締め力が小さいと樹脂の圧力に負けて金型が開き、その隙間（すきま）に溶融樹脂があふれ、固化後、成形品の周りに“バリ”という不要物が発生する原因になる。工業製品向け部品にはショートはもちろんバリもあってはならない。例えば「AV機器のフロントパネルのボタン穴にバリがあると、ボタン動作に支障をきたす」（毛利氏）。コストがかさむ成形後のバリ取り作業は極力行わないことが原則だ。したがって量産に入る前に行う試作段階で、もしバリが発生すれば、その原因を追求し改善する必要がある。バリが発生する主な原因は二つ。型締め力が弱いか、金型の加工精度が悪いせいで不必要な隙間が生じているかである。

ベテランの成形技師である中野氏はバリが発生したとき、樹脂を射出した直後にパーティングラインに紙が挟み込めるかどうかを試みる。「挟み込めれば型締め力不足、挟み込めなければ金型の精度が悪い」（中野氏）。外から紙が挟み込めないのにバリが発生する

のは、金型内の押し切り（キャビティの仕切り）がきっちり合っていないなど金型に欠陥があると考えられる。

「しかし、金型メーカーに不備を訴えても“紙”では説得力が弱く、あまり真剣に取り合ってくれないことがある」（中野氏）。一般的には一方の金型のパーティング面に朱色のインキを塗り、重ね合わせたときにもう一方のパーティング面にインキが移ったか否かで合わせ面の精度を確かめる。が、「それだけでは射出圧による金型の反りの影響を見落としてしまう」（中野氏）。わずかな金型の反りによる隙間の有無も考慮しなければならない。「もし、射出時の金型の開きをダイヤルゲージで定量的に把握できれば、金型の不良を的確に指摘できる。早期に金型を改修できればそれだけ、試作期間を短縮できコストの低減にもつながる」（中野氏）という。

バリを出さずにガスを抜く

新興セルビックは、この装置を必要最小限の型締め力および射出圧力を設定するための道具として開発した。現

在、「必要以上に大きな型締め力と射出圧力を設定する傾向が強くなっている」（新興セルビック代表取締役の竹内宏氏）。しかし、もし必要な最低の条件を見つけ出せれば無理の少ない成形が行える。その結果、ストレスや反りの少ない成形品を成形でき、射出や型締めに必要なエネルギーを節約し成形コストを低減できるという。

型締め力と射出圧力を高めに設定するのは成形不良を起こさないよう“安全”を見込むためだが、その傾向が顕著になっている主な理由として竹内氏は、金型の加工技術が進歩し成形時に金型内のガスが抜けにくい構造になった点を挙げている。

例えば放電加工機が登場する以前は細く深い穴を直接切削することができなかったため、溝を掘った二つのブロックを合わせて穴が開いた面を作っていた。しかし、こうした合わせ目が少なくなり、あるいはNC（数値制御）加工によりクリアランス（ピンとピン穴の隙間）が小さくなったなどの理由により、溶融樹脂を流し込んだとき、キャビティー内を満たしていた空気が、

樹脂から発生したガスが抜けにくくなってしまった。その結果、空気やガスに抵抗して樹脂を押し込むため高い射出圧力を設定し、高くなった射出圧力に対抗するためさらに大きな型締め力に頼らなければならなくなっている。

一方、それでも「一部の経験豊かな成形職人は、わずかにパーティングラインを開いて空気を逃がしながら成形している」(竹内氏)という。つまり、型締め力を下げて、バリは出ないが空気は逃げる程度のわずかな隙間をパーティングライン面につくるのである。

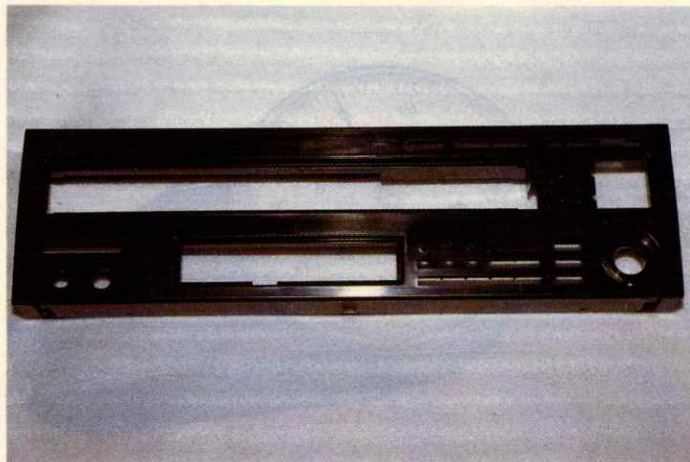
そして、このときの型締め力こそが必要にして十分の大きさである。

しかし、この職人技は微妙なものでマニュアル化しにくく、第三者には伝えにくい性質のものであるという。竹内氏の狙いはダイヤルゲージを使って金型に、バリは出ないがガスは抜ける最適な開きを設け、それに対応した型締め力と射出圧力を設定してやることにある。パーティングライン面の最適な開きは樹脂(熔融粘度)によって異なり、新興セルビックによると、ポリプロピレンが0.01 mm、ABS樹脂(アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン)が0.02 mm、ポリカーボネート(PC)が0.03 mmというのが目安だという。

フロントパネルの成形コスト削減

東京化成はあるAVメーカー向けに量産していたレーザーディスクプレーヤーのフロントパネル(図3)を使って成形条件の最適化を試みた。成形条件に効く長手方向の寸法は41.5 cm。量産時の成形条件は、型締め圧力が150 kgf/cm²、射出圧力(ゲージ圧)が

【図3】レーザーディスクプレーヤーのフロントパネル



105 kgf/cm²であった。

それに対してパーティングラインゲージを用いて成形条件を改善したところ、型締め圧力および射出圧力をそれぞれ90 kgf/cm²、78 kgf/cm²に下げても成形できることが分かった。それに伴い圧力ポンプの電力消費量が低減し、改善前はポンプ駆動だけで、1時間当たり232円の電力コストがかかっていたのに対して、改善後の圧力では216円、つまりコストを16円削減できたという。

パーティングラインゲージを使った型締め・射出圧力の調整は以下の手順で行った。まず、射出時のパーティングラインゲージの動きを見ながら型締め圧力を150 kgf/cm²から徐々に下げ、パーティングラインゲージの指針が動き始めるところ、すなわち射出時に金型がわずかに開き始めるところで型締め圧力を固定する。その値が90 kgf/cm²である。今度は相対的に高くなっている射出圧力を下げていった。射出圧力105 kgf/cm²に対して型締め圧力90 kgf/cm²で成形するとわずかにバリが発生する。成形しながらバリがなくなるまで射出圧力を下げ、到達し

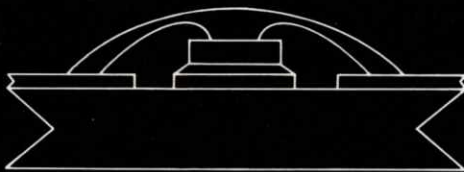
たのが78 kgf/cm²である。

このように型締め・射出圧力を改善することにより得られたメリットは圧力ポンプの省電力だけではない。上記のフロントパネルに対して設計サイドが定めた公差は±0.3 mm。圧力改善前は中心寸法に対して0.2 mm程度大きくなる傾向にあったが、改善後は中心寸法からのズレが0.1 mm以下に収まるようになった。確認は難しいが、圧力が低くなった分、樹脂の内部歪(ひずみ)が小さくなり成形精度が向上したとの推測が成り立つ。「成形のばらつきの要因となるムリ、ムダ、ムラが少なくなる分、射出成形の理想の姿に近づいた」(東京化成生産本部長の布施正司氏)。また、金型の汚れや腐食の原因になるガスが抜けるため、金型寿命の延長も期待できるという。

射出成形の適正化

成形に必要な型締め力は、主として樹脂の注入方向からみた成形品の投影面積から見積もり、それより大きめの成形機を選ぶ。東京化成は型締め力が45 tfの小型から1300 tfの大型のものまで、50台の射出成形機を備えている。

ShinEtsu



先のフロントパネルの場合、東芝機械の「1S350E」という型締め力350tfの成形機を選択した。型締め力と同機の射出シリンダー径などから決まる最大の型締め圧力が150kgf/cm²で、これを量産時に設定した。

東京化成はこれまで、たいてい無条件に成形機の型締め力（型締め圧力）をフルに使って成形を行ってきた。「型締め圧力の調整バルブをさわるのは特別な場合」（中野氏）。適切な型締め圧力を設定するのが難しい以上、バリを出さないための安全を考慮して常に最大値を利用してきたのである。

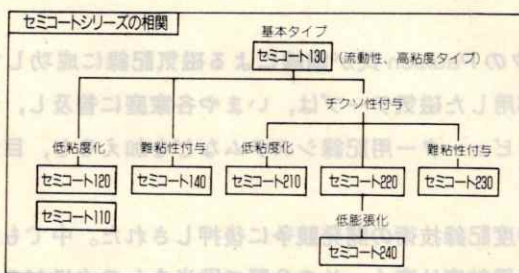
しかし「今後は成形品ごとに適切な型締め圧力を設定していきたい」（布施氏）という。パーティングラインゲージにより比較的容易に調整が可能になったためだ。今回は実際に成形機を操作しながら調整したが、使用樹脂や部品形状などからパーティングラインの開きの適正值があらかじめ分かるようになればもっと調整が楽になろう。それに必要なデータを蓄積し、開きの適正值を今後検討していく。

一般に射出成形は高圧による精密なプラスチック成形技術というイメージがある。「諸条件の中でバリ、ヒケ、ソリなどをできるだけ抑え込もうと、これまでとはかく“力”で制する方向に推移してきたように思う。射出成形機の性能を単純に型締め力だけで表現する傾向があるが、本来の射出成形における型締め力や射出圧力の意味合いを考え直してみる必要があるのではないか」（竹内氏）。パーティングラインゲージが射出成形の力信仰に一石を投じることを竹内氏は期待している。

（中西清隆）
MAT

すなわち優れた耐熱衝撃性。
低応力

信越セミコートシリーズは、半導体デバイスの電氣的・機械的保護を目的とした半導体封止用液状エポキシ樹脂です。従来品に比べ低応力であり、耐熱衝撃性に優れています。またイオン性不純物が極めて少なく、電気特性、耐湿性にも優れています。



信越化学工業株式会社 電子材料事業本部 有機材料部
 〒100 東京都千代田区大手町2-6-1(朝日東海ビル) ■大阪支店 (06)444-8237
 TEL(03)3246-5231 FAX(03)3246-5366 ■名古屋支店 (052)581-6511

〈資料請求番号 89〉

熾烈な開発競争のなかで重要となるのが、その開発スピード。石原薬品のマシナブルセラミックスなら、思案するあいだにまず発注。試作・検討を効率的に行えて、設計会議に要する時間や手間を大幅に軽減できます。用途に合わせた素材で高精度加工がOK。貴社の新製品開発を一層スピーディに支援します。



マシナブルセラミックスの
石原薬品株式会社 第六営業部
 〒114 東京都北区田端新町3-16-4 TEL03(3810)1622 FAX03(3810)1170

〈資料請求番号389〉