

樹脂成形金型における離型性評価試験法の開発

Development of test of Mold Releasing Property for Polymer Molding

國次真輔

Shinsuke KUNITSUGU

キーワード 樹脂成形 / 金型コーティング / PVD / 離型性
KEYWORDS Polymer molding / Hard coating / PVD / Mold releasing property

1 はじめに

金型とは、材料の塑性または流動性の性質を利用して、材料（金属、ゴム、プラスチック、粉末、など）を成形加工して製品を得るための金属製の型である。金型の性能としては、成形物の寸法に係わる金型の加工精度、多量の成形加工に耐えうる金型の耐久性はもちろんのこと、成型物を金型からスムーズに取り出すための「離型性」も重要である。金型の離型性が悪いと、成形不良、成形の中断など、生産に大きな影響を及ぼす。一般的に、金型の離型性を確保するために、液状（例えば油）の「離型剤」を型に噴霧する。しかし、離型剤を用いると、成形後の洗浄が必要になったり、離型剤噴霧による環境悪化が問題になる。また、薬の錠剤など、離型剤が使用できない場合も多い。

金型の耐久性向上には、金型用金属材料の改良に加え、PVD（Physical Vapor Deposition：物理蒸着法）によるセラミック（TiN、CrN など窒化物）コーティングが効果的であり、種々の金型等で応用が進んでいる。このセラミックコーティングは高分子成形物の「離型性」向上にも繋がる場合があり、ゴム成形金型やプラスチック成形金型、溶融紡糸ノズルの一部でその有効性が報告されている。金型コーティングは成形する材料が異なると離型性に差がでることから、コーティング材料の選定が特に重要であるが、現在は試行錯誤によって決定されているため、最適な選定を行うことが非常に困難になっている。そこで我々は、効率の良い材料選定を行うために、成形材を溶融樹脂に限定した上で、安価で迅速かつ簡便な離型性評価法について検討を行った。

射出成形や溶融紡糸などの溶融樹脂の成形では、樹脂は溶融温度以上に加熱された状態で金型表面と接触することになるので、簡易の評価法といえども、その状態を再現しなくてはならない。そこで我々は、樹脂を溶解させる熱源としてレーザー光を用いることを考えた。レーザーは高エネルギーを瞬時かつ局所的に照射できるので、①試料を小さくできる、②試料作製時間を大幅に短縮できる、③サンプル

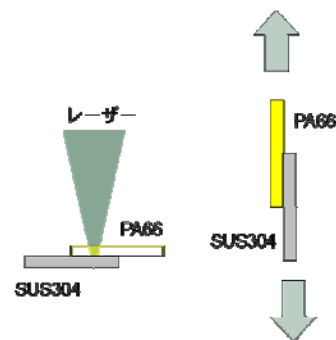
(n) 数を増やすことによる試験結果の精度向上できる、などが期待できる。

樹脂成形における離型不良性とは、成形時間とともに成形品を金型から引き抜く際に必要な力が増加したり、成形品に不具合を生じたりする現象を指すが、これを評価する指標の一つとして、成形品を金型から引き抜く力すなわち離型力を用いることとした。試験は、樹脂と金型基材にレーザー光を照射して付着させ、引張試験機によりその付着力を計測して行った。

2 離型性評価

2.1 剪断によるレーザー付着強度試験

供試材として PA66 板と SUS304 板を取り上げ、レーザー光を用いてこれらを付着させた試料の剪断による付着強度試験を行った。レーザー照射および引張試験の模式図を図 1 に示す。PA66 板と SUS304 板を $3\text{kg}/\text{cm}^2$ の圧力で重ね合わせ、PA66 板側からレーザー光照射した。半導体レーザー（Laser line 社製 LDF600-1000）を用い、デフォーカスによりスポット径を調節し、レーザー出力 250W で 5 秒照射した。その結果、PA66 板に約 9mm 径の溶融スポットが形成され、PA66 板と SUS304 板が付着した試料を作製できた。引張試験機により剪断付着強度の評価を行った結果、引張試験機に試料を設置する際に付着した試料が剥がれるなど不具合が生じたり、また、測定された引張強度のばらつきを示す変動係数は



(a) レーザ照射図 (b) 剪断強度試験図

図 1 剪断によるレーザー付着強度試験の模式図

42%と非常に大きくなったことから、再現性の良い正確な評価が困難であることがわかった。

2.2 引張によるレーザ付着強度試験

見かけ上樹脂と金属基材が垂直方向の付着力が検出可能で、かつ、試料設置の際、剥離が起こらないように考慮した新ジグを設計・作製し、引張によるレーザ付着強度試験を行った。その模式図を図2に示す。

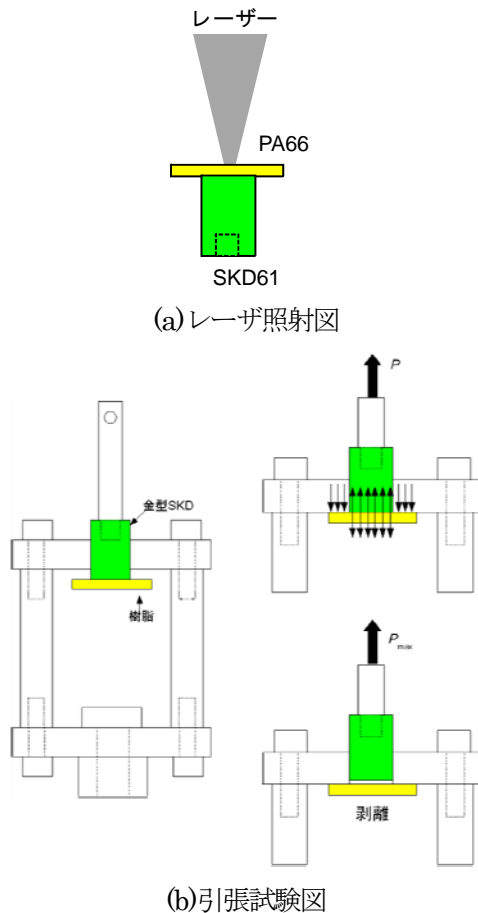


図2 引張によるレーザ付着強度試験の模式図

新ジグによる試験には基板として金型鋼であるSKD61材を用いた。新ジグによりPA66板とSKD61基材をレーザ溶着させた試料の引張試験による付着強度を図3に、その変動係数を図4に示す。SKD61基材の溶着面について研磨により表面粗さの異なる3つの試料を用意し比較を行った。この図から新ジグを用いると、板材試料の剪断による付着強度と比較して、ばらつきが大きく改善されており、表面の粗さによる付着強度の差もばらつき以上の差として示すことができ、新ジグの有効性が示された。

図5に三次元表面形状測定器（小坂研究所製ET4000AK31）により測定した基材の表面の三次元表面凹凸像を示す。研磨による状痕が観察され、表面粗さは粗い順に $R_z=3.16, 0.67, 0.45\mu\text{m}$ であった。

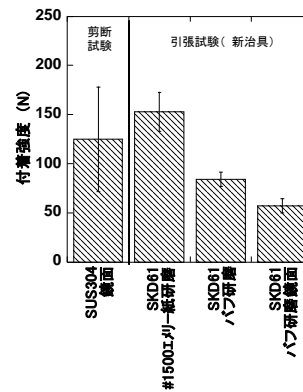


図3 レーザ付着強度

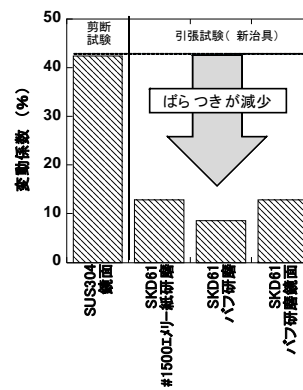


図4 レーザ付着強度試験の変動係数

図3より、付着強度は表面の粗さが低下するにしたがって低下することがわかった。これは、粗さの増加により投錨効果（アンカー効果）が向上したのか、レーザ光の吸収が向上し樹脂の熔融温度が上昇したか、あるいはそれらの相乗効果によると考えられる。

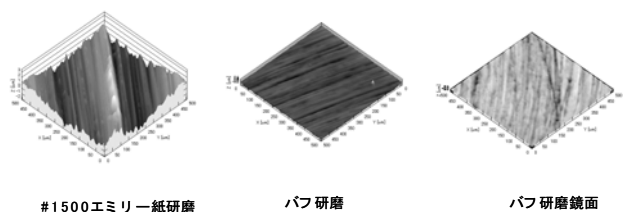


図5 表面形状測定器による三次元表面凹凸像

3 まとめ

樹脂と金型の離型性を評価するために、レーザ光を用いて樹脂と金属を付着させ、引張方向での付着力を測定できる治具により、迅速かつ再現性のよい試験法を考案した。これにより、これまで困難であった樹脂と金型基材表面との付着強度の測定が、簡便かつ迅速に精度よく評価することが可能となった。PVD-CrNやTiNなどの金型コーティング材と各種樹脂との離型性評価を行うことで、新規な離型性に優れたコーティング材の探索が可能となる。