

4 ストレスクラックを防ぐ対策

破壊した製品は商品としての価値はほとんどない。したがって、製品検査の中において破壊の有無は最優先されるべき検査項目である。亀裂がはいたりやすい隅、薄肉部、ゲート付近、ウエルドラインは、欠かせない検査箇所といえる。この種の検査事項以前に大事なことは、破壊しにくい商品を一世に送り出すことである。ここでは破壊原因のなかで重要なストレスクラックを防止する方策に付いて触れていく。

4-1 成形時の残留応力

加工ひずみがないプラスチックを製造することは避けられない。いかに加工ひずみを小さくし、残留応力の少ない商品を作るかが問われている。また、いかにすれば残留ひずみを取り除けるかが、解決を迫られている課題といえる。残留ひずみとその回復の問題は樹脂の分子構造と本質的に関わり、他の素材にみられない特有の問題である。

4-1-1 充填ひずみ →

キャビティへ過充填すると、ゲート付近に最も圧力がかかり、ひずみが多く残存する。過充填を避けるには、圧力を低めに成形するとよい。また保圧は低い方がよく、充填後に保圧を少なくする行程のバランスも大事である。そのほか、ゲートの種類を代えることによっても過充填を減少できる。ダイレクトゲートは射出時の圧力損失が最も小さく、保持圧力も十分に金型キャビティに伝達される。多点ピンポイントゲート、サイドゲート、タブゲート等は、比較的過充填になりにくい形状といえる。また、ゲート断面積を小さくすることも余分な樹脂の注入を避ける一つの手段となる。さらにゲート位置の工夫によっても充填ひずみの低減化が図れることがある。

樹脂の流動性が悪く均一な充填ができないときは、樹脂温度をあげ射出速度早くし、樹脂の流動性をたかめる。

4-1-2 配向ひずみ

肉厚が不均一な場合は配向ひずみが生じやすいので、なるべく厚さを一定にするとよい。配向ひずみを抑える成形条件は樹脂温度の影響が最も大きく、次に保圧が関係する。つまり、樹脂温度は高く保圧は低い方がよい。ここで樹脂温度は樹脂の流れ易さである溶融粘度に関係する。この点から勘案できるように、同じ条件で成形した場合、低分子のプラスチックは、高分子量のそれより配向ひずみは低い。配向ひずみは 2-1-2 で触れたとおり分子内変形ひずみと分子間流れひずみの二種類がある。前者は流動方向に分子鎖が引き伸ばされて

凍結されることによりできたので、温度上昇により内部ひずみを取り除ける。したがって、以下4.1.9に記すアニーリング処理は効果がある。後者は永久的ひずみなのでアニーリング効果はない。

4-1-3 冷却ひずみ

低い金型温度に射出された樹脂は急冷され、残留応力を発生させる。金型温度はこの意味からは、できるだけ高いほうが良い。ポリカーボネート(PC)を用いて、冷却ひずみの検討を行った試験結果をご覧いただく。

日立製作所生産技術研究所の吉井、藤井、東洋機械金属の管らは、ポリカーボネートの射出成形薄肉円板平面内および板厚断面内の複屈折におよぼす冷却条件の関係を明らかにして、複屈折の発生要因の解明と低減法について報告している。^{#1} 図2のように、金型温度を高めると複屈折は減少する。成形時の充填樹脂の温度は、金型温度が高くすればするほど低下しにくい。このため、熱応力は少なくなるとともに、成形円板が徐々に冷却される効果により、分子配向の度合いが減るためであると述べている。

ついでに冷却時間の影響についても調べているので記す。図1から冷却時間を短縮すればするほど、複屈折($n_{11}-n_{22}$)は減少している。この理由として、次のように指摘する。型内で冷却が完了しないうちに、成形円板を取り出す。このため型内での冷却よりも徐冷状態である成形円板は、充填時に生じた分子の配向度合いが少しづつ減じる方向に向かうためであろう。

その他、金型設計や金型加熱装置の不良が原因となり、金型表面温度が不均一になり、残存ひずみ発生要因となる。

Lee W J ^{#2} らは、kevlarで強化したポリアミドは繊維とマトリックスの熱膨張の差によりクラックが生じると主張する。一方、溶融状態から固化までの冷却過程をゆっくりと行うことにより、クラックは減らせるといふ。つまり徐冷することによりマトリックスの柔軟な期間を長くし、内部応力が緩和するからだと言及する。

冷却温度が早くいわゆる急冷の場合でも、高い成形温度から低い冷却温度までの温度範囲で材料が熱粘弾性挙動を起こさないと仮定すれば、残留応力は生じない。もっと簡単に言うと、プラスチックの熱変形温度あるいはガラス転移温度が成形温度より高ければ、残留応力は極端に少ない。

^{#2} Polymer preprints, Japan, 33, 4(1990) p.1353

^{#1} Lee W J ら Soc Plast Eng Annu Tech Conf 45 942-945 1987