

★★★やさしい技術解説★★★

★★各種クラックの破面観察法★★青葉堯（技術士・化学）

1 破面の観察方法

① 光学顕微鏡

工場現場では10倍の双眼顕微鏡が実用的である。

簡易な装置では写真が撮れないので、大勢での討議ができない。また、客観的な技術資料を作成することが困難である。

トラブルは再発することが多く、記録と照合することが確実な対策になる。正確な記録を作ることが、トラブル再発防止策のポイントである。この意味で、写真は不可欠である。

スクリーンとデジタルカメラが一体になった簡易で安価な光学顕微鏡がある。

10倍から800倍程度まで観察できる。ただし、光学顕微鏡の特性で、焦点深度が浅い。

破断面は、凹凸であるが、倍率を高くすると、表面しか見えない。倍率を低くして観察するのが実用的である。

破断面を磨いて平らにして観察する方法があるが、一部の破断面にしか使えない。

② 電子顕微鏡

金属製品の破面観察では普及していると言えるが、プラスチック成形品ではそうは言えない。

小規模の成形工場では、電子顕微鏡は高価で、設置しているところは殆どない。

必要の都度、公的機関に観察を依頼するのが現実的である。

2 プラスチック成形品の破面の状況

① 断面の状況

プラスチック成形品の断面を模型的に説明すると、表面にごく薄いワックス層、次に薄いプラスチック層、その下の大部分が、充填物やバブル気泡を含むプラスチック本体の層というものである。

成形品の中心近くに、ボイドがあるものもある。

ガラス繊維等が含まれるものでは、その分布は不均一で、しかも、繊維の方向が場所によって異なる。

② 破断の状況

破断の状況を模型的に説明すると、表面層の下に充填物やバブルを含むプラスチック本体の層で破断するというマクロな理解である。

超高倍率電子顕微鏡によるミクロな観察を追求すれば、これと異なるミクロな理解ができるであろう。しかし、プラスチック成形品は、結晶性プラスチックでも多くの不定形構造が含まれ、金属やセラミックのような明確な結晶構造ではない。さらに充填物や各種助剤が配合された複雑な複合材料である。

簡易なマクロなとらえ方が実用的である。

実際に使用する成形材料ごとに、あらかじめテストピースを成形し、引張試験と衝撃試験を行い、破断面写真（仮称・標準破断面）を撮っておくことが、マクロな判断の根拠になる。

3 各種クラックにおける破面の特徴

仮に、特徴別にA、B、C、D、E、F、G、Hグループに分類する。

① Aグループ

- ・ シャープコーナーのクラック
- ・ 単純応力クラック
- ・ 熱応力クラック

シャープコーナーのクラックが代表的である。

成形品の使用時におきるクラックで、プラスチックの劣化などがない場合である。

標準破断面（仮称）と照合し、類似であればこのクラックと判断する。

ただし、シャープコーナーは、成形品を拡大鏡で見ればすぐにわかる形状なので、破断面を観察する前に対策すべき問題である。

単純応力クラックは、使用条件の設定に問題があるとだいたいわかるので、すぐに対策する。

熱応力クラックは、単純応力クラックのバリエーションと考えると、対策できる。

長時間の荷重あるいは多数回の変動荷重により、クラックを生じる現象は、金属のように明確ではない。熱劣化を生じている場合を除き、単純応力クラック同様に対応する。

② Bグループ

- ・ 抜け不良クラック

金型内に成形品はあるが、すでに成形は終了しているから見れば、Aと同じと判断することができる。

ただし、抜け不良クラックは、成形状況を見ればすぐにわかるので、まずは成形現場に行く必要がある。他人の報告では決められない。

③ Cグループ

- ・ 熱劣化クラック
- ・ 耐候性不足によるクラック
- ・ 熱劣化クラックが代表的である。

成形品の使用時におきるクラックで、プラスチックが熱によって劣化する。

長時間熱にさらされた結果、脆くなったものである。経験上、標準破断面と違うと観察できる。

耐候性不足によるクラックは、プラスチックが紫外線などで劣化して発生するものである。放射線で劣化することに注意する。

④ Dグループ

- ・ 成形材料過熱のクラック
- ・ 再生材料使用のクラック
- ・ 成形材料過熱のクラックが代表的である。

成形機シリンダ内で、温度の高すぎあるいは滞留によって、プラスチックが熱によって劣化しものである。

使用時のクラックとはするが、劣化したプラスチックが混入した成形品は、使用時の強度が不足し、結果的に、単純応力クラックの状態になる。

ただし、成形材料過熱のクラックは、成形状況を見ればすぐにわかるので、まずは成形現場に行く必要がある。他人の報告では決められない。

再生材料使用のクラックは、一旦成形した成形品あるいはスプルー・ランナーを粉砕して成形材料に混入したことで、成形材料が劣化した状態になっておきるものである。

従って、成形材料過熱のクラックと類似になる。

対策は、混入率をゼロにするか、あるいは上限(18%など)を設ける。

なお、再生材料使用のクラックは、異物混入でも発生する。

⑤ Eグループ

- ・ 低温脆性によるクラック

プラスチックの基本的な特性なので、使用条件の設定に問題があるとすぐにわかる。

成形材料グレードの選定が不適当であることも多い。

現象は、単純応力クラックと同様である。

⑥ Fグループ

- ・ ウェルドラインのクラック
- ・ ゲートクラック
- ・ 残留応力クラック

ゲートクラックが代表的である。

ウェルドラインのクラックは、ゲートの反対側ではあるが、基本的にゲートのクラックと類似である。

成形品の残留応力は、時間とともに緩和されるので、ある程度時間が過ぎれば発生しないと言える。

しかし、その時間が問題である。

少なくとも、成形後24時間は、次工程（塗装など）を進めてはならない。

成形後、72時間は出荷しないことも成形工場の重要なノウハウである。出荷時に全数を、目視検査をすれば、不良品が混入する可能性はない、と言って良く、客先から信頼される。

クラックの状況は、単純応力クラックと類似である。

⑦ Gグループ

- ・ 環境応力亀裂

（ストレスクラック、ソルベントクラック、ケミカルクラックとも言う）

（重要な項目なので別項に記す）

プラスチックの特異な現象で、プラスチックの種類・グレードにより、状況が異なる。

破断面を見ると貝殻状で光沢がある。クラックの原因となった付着した油や薬剤は、その時にはもう見つからない。

⑧ Hグループ

- ・ バブルによるクラック
- ・ 異物によるクラック
- ・ ガラス繊維の抜けによるクラック

バブルによるクラックが代表的である。

バブル、異物、ガラス繊維の抜け、などが強度の弱点になり、荷重でクラックを生じる現象である。強度の弱点とは、空隙に応力集中してクラックの起点になることである。

物理的な空隙なので、低倍率の光学顕微鏡で観察できる。

4 とくに重要な環境応力亀裂

(ストレスクラック、ソルベントクラック、ケミカルクラックとも言う)

① 金型の油の管理をする

環境応力亀裂は、成形品にクラックが入る非常に重大な不良である。成形後1月たって成形品の10%にクラックが見つかったなどが典型的である。成形に関係する者は、全員がこの不良を知らなければならない。たった1人が知らなかったことで、企業の危機になった事例がある。

環境応力亀裂は、内部応力のある成形品に、油や薬剤が付着してクラックを生じる現象で、成形材料の種類、応力の大きさ、油や薬剤の種類によって、発生したりしなかったりするやっかいな不良である。

安全策として、クラックが発生する要因をすべてなくすことが実用的である。

応力が少なければ発生しない。しかし、だからといって成形条件で解決しようとするのは非常に危険である。

金型で使用している潤滑油、防錆油などが、成形品に付着すると、この不良が起きる。

したがって、まずは金型に油を付けないことである。やむなく使うときは、成形品に付着しない注意が重要である。

金型に塗る潤滑剤は、環境応力亀裂の試験をしたものが望ましい。できれば油系統でないもの（銅粉とか）が良い。

防錆油は、成形前に良く拭き取る。成形後にまた塗る。その手間を省くのはムダ取りではなく、重大な手抜きである。

成形品に油が付着する不良の対策は、金型のメンテナンスの問題である。なお、成形開始時には、油付着のおそれがある成形品は必ず捨てなければならない。その数は普通は30ショットが目安である。これを成形不良率にカウントしてはならない。これは非常に重要である。

② インサート金具は成形前に脱脂処理する

油を絶対に付けないと決める。

成形品を組み立てる際に使用するセルフタップねじやその他の金具も作業前に脱脂処理する。

③ 成形品に油などがつかないようにする

成形機が油漏れして、成形品シューターに付着するなどは論外である。油だけでない。とくに使用時に、洗剤などが付着することが大きな問題になる。植物性のものは大丈夫だということは決していない。

④ ソルベントクラックに弱い材料と強い材料とがある

油を付けたらクラックを起こす材料の代表例は、ポリスチレン系全部とポリカーボネート系全部である。

ポリスチレン系には、ABS、AS、ポリスチレン変性のPPOやPPEなどがある。

ポリカーボネート系には、ブレンドポリマーがある。

このトラブルは非常に多いので、用心しすぎることはない。ポリカーボネートのギアがないのはこのためである。ギアは滑って力を伝える原理なので、どうしても油を付けたくなる。成形関係者が付けなくても、どこかでだれかが付ける可能性がある。販売店で付けて大きなトラブルになった事例がある。

ポリプロピレン、ポリアセタールは油を付けてもクラックが入る可能性が少ない。ポリアセタールのギアがあるのはこのためである。

いずれにせよ、材料メーカーの情報を得ることが重要である。ただし、耐油性などの大まかな質問では

適切な情報が得られない。用途を具体的に説明して詳しく聞くことである。ウェブページで調べる程度では不十分である。