

高強度化学強化ガラスの開発と新評価装置の提案

日本電気硝子(株) 材料技術部

村田 隆

Development of high strength chemically strengthened glass and new evaluation method

Takashi Murata

Material designing department

1. はじめに

化学強化はガラスの強度を向上させる1つの方法として古くからよく知られている技術であるが、スマートフォンの普及に伴い再び脚光を浴びるようになってきた。スマートフォンやタブレットPC等の用途で使用される化学強化ガラスの最大の課題はガラスの破壊である。これまでに様々な化学強化ガラスが提案されているが、いまだにガラスの破壊の問題は解決に至っていない。

ガラスの破壊の多くはスマートフォンの落下時に発生している。様々な破壊のケースが見られるが、スマートフォンの角や側面からの破壊が多くを占める。すなわちガラスの端面部分に衝撃が加わった際に破壊を生じやすいことがわかる。ガラスの強度をテストする方法として3点曲げ強度試験やリングオンリング強度試験、鋼球落下試験等が行われてきたが、ガラスの端面に衝撃を加えるような試験はあまり実施されていなかった。

日本電気硝子ではこのような端面衝撃を評価する装置を考案するとともに端面衝撃に対する

強度を向上させるガラスの開発を行っている。本稿ではこれらの試験方法と次世代ガラス開発の方向性について考察する。

2. 端面衝撃試験装置

図1に端面衝撃試験装置の概略図を示す。この装置においてガラス基板は端面部分を露出させた状態で治具に固定される。 $\phi 5$ mmのSUS円柱が取り付けられた振り子状のアーム先端を所定の高さまで持ち上げ、その後アームを開放するとSUS円柱がガラスの端面に衝突するしくみとなっている。ガラスが破壊しなかった場合、アームの位置を段階的に高くし、ガラスが破壊するまで試験を継続する。破壊した時点でその高さを記録し、その高さをワイブルプロットすることで破壊確率が63%となる破壊高さ(B63)を求め、これを端面強度とする。この試験によって破壊したガラスの破壊モードと、

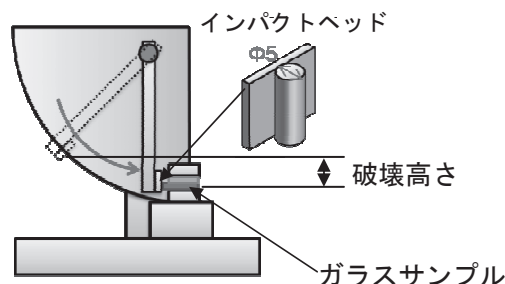


図1 端面衝撃評価装置の概略図

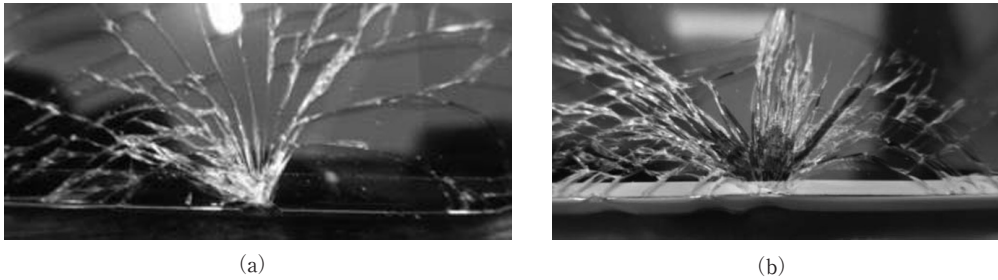


図2 端面の破壊モード (a) 実際のスマートフォン, (b) 端面衝撃評価装置による破壊

表1 強化ガラス T2X-1 の特性

ガラスコード	T2X-1
密度[g/cm ³]	2.45
熱膨張係数 [×10 ⁻⁷ /°C] (30-380°C)	91
ヤング率[GPa]	71
圧縮応力値 (CS) [MPa] (430°C -4h)	930
圧縮応力層深さ (DOL) [μm] (430°C -4h)	46

実際のスマートフォンの落下でよく見かける破壊のモードを図2に示す。

いずれも破壊パターンが類似しており、本試験装置で実際の落下時に発生する破壊のモードを良く再現できていると考える。

3. 日本電気硝子の化学強化ガラス

現在日本電気硝子ではスマートフォンやタブレットPC用のカバーガラスとしてT2X-1(商品名: DINOREX)の製造、販売を行っている。T2X-1は2012年に製品化された化学強化専用のガラスで、高い圧縮応力値がより早く形成されることを特徴としている。

T2X-1の特性値を表1に示す。

4. 端面衝撃テスト

ガラス表面の圧縮応力値(CS)と圧縮応力層深さ(DOL)の端面衝撃強度への影響を調査するため、T2X-1および開発中のガラスを用いてCSおよびDOLが異なるサンプルを製作し、端面衝撃テストを実施した。端面強度と

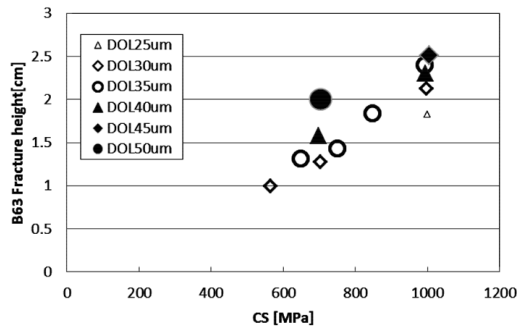


図3 端面強度と圧縮応力値 (CS) の関係

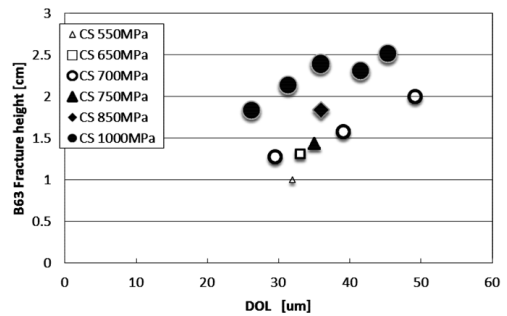


図4 端面強度と圧縮応力層深さ (DOL) の関係

CSの関係を図3に、端面強度とDOLの関係を図4に示す。

CS, DOLいずれが上昇しても端面強度が向上することが判る。しかし、CS, DOLが大きくなるにつれて以下の式で算出されるガラス内部の引っ張り応力が高くなる。

$$\text{内部引っ張り応力} = (\text{CS} \times \text{DOL}) / (\text{板の厚み} - 2 \times \text{DOL})$$

図5より内部引っ張り応力が高くなるほど端面強度が向上するが、CTが過度に高くなると、自己破壊を生じたり、面内の割れには不利

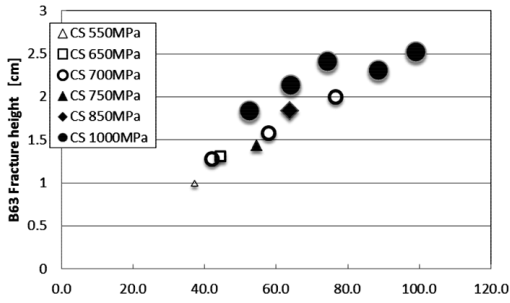


図5 端面強度と内部引っ張り応力 (CT) の関係

になったりすることが報告されている。

図5より同一のCTであればCSの高いサンプルの端面強度が高くなることが確認された。つまり、高いCSが短時間で形成できるガラスは端面強度、生産性いずれに対しても有利であることが示唆される。

ることが示唆される。

5. まとめ

スマートフォン落下時の破壊において端面への衝撃による破壊確率を低減することは重要である。これまで端面衝撃による破壊のしやすさはあまり評価されてこなかったが、新たに試験装置を作製することで定量的な評価が実施できるようになった。端面の衝撃強度はガラスの内部引っ張り応力と相関するが、CTが一定であればCSの高いガラスが高い端面強度を示す。

より高いCSが短時間で形成できるガラスを開発することでガラスの端面破壊確率を低減することにつながると考え、新組成の開発を進めている。