

ガラスの歪み（ひずみ）と強化

1195・10・3 岸井

ガラス内に機械的応力が働いている状態を「歪み」があるという。「ストレン」など事業所により習慣が違う。

応力・・・弾性論では「（弾性論で言う）歪みに応じて材料内に発生する力」
ガラスでは多くの場合「（弾性論で言う）歪み」は見えない。「元応力」であるから。
元応力の例：プレストレストコンクリート・自緊砲・焼きばめ・熱応力

ガラス器中の応力の発生過程

1. 外力に応じて発生・・・弾性応力
 2. 温度分布の不均一に伴う・・・熱応力・「一時歪み」
 3. 成形後に温度分布不均一の状況で冷却・固化した場合。「永久歪み」
 4. 異種材料との融着で発生する・・・
2. - 4. のひずみは張力と圧力が均衡している・・・張力の部分と圧力とがある・・・
・張力が表面に露出していると破壊の恐れがある。加傷の場合・自然破壊の場合。
表面がすべて圧力であればガラス器が強化される（強化ガラス）。

応力分布の一般則

1. 三つの直交する主応力軸方向の圧力／張力の組み合わせに還元できる。
2. 表面（端面を含む）に垂直な表面応力は零、主応力軸の一つは面に垂直。
3. 薄板状ならば板面に垂直な応力は小さい、主応力軸の二つは面に平行。
4. 端面では応力は縁方向にだけ存在しうる。

歪みの検出・観察・測定・・・光弾性の原理を使う。

光弾性：応力により材料が複屈折性になる。・・・屈折率が二つある状態。
光がガラス中で（振動方向により）二つに別れて別々の速さで進む。／二つの屈折率ができる。／一方が他方より進む または 遅れる。

光路差／レターデイション・・・（単位 nm）

一軸性結晶の場合 二軸性結晶の場合・・・以下一軸性の場合として説明。

光弾性的応力測定法を適用できる材料

ガラス・配向性複屈折のないプラスチック・立方晶系の透明結晶（ダイヤモンド・
Si・Ge・III-IV化合物・ガーネット etc.）

模型による測定は多くの場合（永久歪みの場合など）意味がない。

屈折率 $n =$ 真空中の光の速度 / ガラス中の光の速度

複屈折 $\Delta n =$ ガラスの光弾性常数 $C *$ 応力 F

光路差 $= \Delta n *$ 光の通過した距離 $L = C * F * L$

複合応力の場合、光弾性での見掛けの応力

1. X-方向の圧力を正、張力を負とする。

Y-方向の圧力を負、張力を正とする。

両方向の応力の和が光弾性で検出される。

2. 光の進行方向の応力は検出されない。

応力の性質（圧力/張力）の判断・・・鋭敏色を使う。

X-軸・Y-軸と45度の方向に振動し、Z-軸方向に進む光

$\sqrt{2} A \sin(gz + ft)$ t : 時間

X-, Y-軸方向の成分はともに

$A \sin(gz + ft)$

光路差 D が発生すると

X-軸方向 $A \sin(gz + ft)$

Y-軸方向 $A \sin(gz + ft + D)$

光路差の検出・測定には偏光顕微鏡（鉱物顕微鏡）と同じ偏光光学系を使う。

強化ガラス

表面に圧力を作り込んだガラス。

熱（風冷/物理）強化ガラス・化学（イオン交換）強化ガラス・

着せガラス強化法。

圧力は面に平行、面に直角な方向の応力は零。

$\Delta n = C * F$

強化ガラスの表面応力測定法

1. 屈折計の原理で Δn を測る。

2. 表面伝播光で d （光路差）/ dL を測る。

強化ガラス表面の高屈折率層の存在

化学強化ガラス：イオン交換のため。

フロート法板ガラス：錫イオンの進入のため。

光ウェーブガイド効果：光通信ファイバーの場合と同じ理由。

測定精度があがる。高屈折率層の厚さを計算できる。