

光ウェーブガイド効果を用いた化学強化 ガラスびんの表面応力測定

岸 井 貫

(東京芝浦電気(株) 総合研究所)

(1981年10月5日受付)

Non-destructive Surface Stress Measurement of Chemically Tempered Glass Bottles by Using Optical Waveguide Effect

Toru KISHII

(R and D Center, Toshiba Corp.)
(Saiwai-ku, Kawasaki-shi 210)

[Received October 5, 1981]

Key-words: Glass bottle, Tempering, Chemical tempering, Surface stress, Non-destructive test, Photoelasticity

1. ま え が き

ガラスの表面をカリ塩で処理してガラス中の Na^+ イオン \leftrightarrow 塩中の K^+ イオンという交換を起こさせると、ガラスの表面に圧縮応力層ができ、ガラスの機械的強度が数倍ないし十倍くらい高くなる。この操作は化学強化と呼ばれる。強化工程と強化ガラス製品の品質とを管理するために、表面の圧縮応力と応力層の厚さを測る必要がある。

表面層の光ウェーブガイド効果を使うと、これらの量を非破壊的に測定できる¹⁾。この方法は、平面ガラス²⁾だけでなく球面ガラス³⁾にも適用できた。

我国では化学強化ガラスびんが生産されている。これらの品質管理は大切である。しかしこれらの表面は、光学研磨された平面または球面ではない。このような作り放しの不規則なガラスびん表面で直接に測定できると、大変好都合であり工業的に役に立つ。

次に記すように、作り放しのガラスびん表面で表面応力と応力層厚さを測ることは、多くの場合に可能である。

2. 実験方法と結果

商用のガラスびんを収集して試料にした(表1)。また、これら型肌を持つびんと違って吹き放しのなめらかな面を持つ製品の例として、パイレックス®(米国 Corning Glass Works 社の商品名で、低アルカリのソーダホウケイ酸ガラス材質である。)ガラス管も試料にした。

試料の表面の形を定性的に示すために、表面での鏡面反射を観察した例を図1に掲げる。

Table 1. Samples and measuring results.
Condition of tempering: 550°C for 3 h.

Sample	Color	Outside diameter (mm)	σ_0 (kg·mm ⁻²)	d (μm)
Pyrex®	colorless	35	9	28
K-1	colorless	85	26	16
K-2	pale blue	85	53	10
K-3	brown	85	53	7
K-4	colorless	85	53	7
K-5	brown	85		
K-6	colorless	85	44	8
K-11	colorless	85	40	14
K-12	colorless	85	22	18
K-13	brown	85	8	20

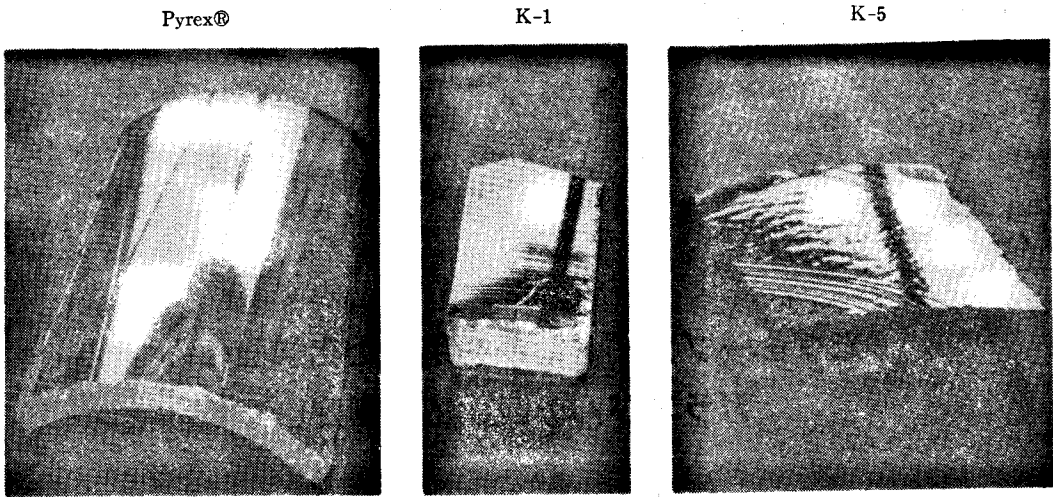


Fig. 1. Comparison of surface roughness represented by reflected images.

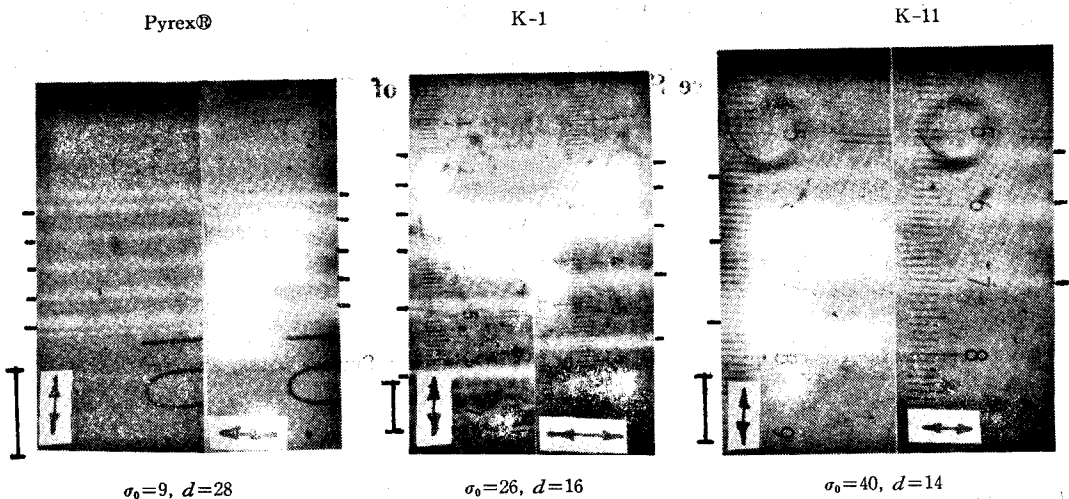


Fig. 2. Interference fringe patterns formed by optical waveguide effect of tempered glass surfaces.

Arrows: Vibration directions of linearly polarized lights used for observations

σ_0 : Surface stress in $\text{kg}\cdot\text{mm}^{-2}$

d : Compression layer thickness in μm

Bars: Distances on the focal plane which correspond to effective refractive index difference of 0.00125

表1の試料を硝酸カリ融液中に 550°C , 3 時間の条件で浸し、表面でのイオン交換を行わせた。

試料の凸表面が示す光ウェーブガイド効果のために、図2に例示する干渉縞模様が測定装置内に現れた。ただし K-5 だけは干渉縞を観察できなかった。これらから求めた表面応力と応力層厚さを表1に記した。

応力層が薄い試料では、干渉縞は図2に例示したものよりも写真に撮りにくかった。パイレックス管は表面が滑らかなために干渉縞が明りようであった。

測定精度は光学的に研磨された面に比べれば当然低くて、有効数字は1けたくらいである。しかしこの精度でも、品質管理には有用であることが表1から判断できる。

3. 討 論

3.1 測定結果から得られた経験則

- (i) 通常使用されている円筒面を持つガラスびんは、測定可能である。
- (ii) ただし、表面が特にあらいものは、材質面でも不均質だと考えられ、測定ができない。
- (iii) 褐色、淡藍色の着色は測定邪魔にならない。
- (iv) 同一条件で化学強化処理をしても、表面応力と応力層厚さとは、かなりの範囲に値が広がっていた。これはガラスの材質、組成、均質度に差があるためと推測される。
- (v) 応力層厚さが $10\ \mu\text{m}$ 以下では表面応力は $45\ \text{kg}/\text{mm}^2$ 以上であったが、それ以上の厚さの時は応力は

小さくなり $8\sim 40\text{ kg/mm}^2$ の範囲にあった。

3.2 その他の討論

工業的に実施されている化学強化の操作は、本報の実験方法とは違っていると推定される。しかし、工業的に生産された化学強化ガラスびんも測定ができた。また、びんの内表面も強化されることがあるが、その測定も可能であったし、特に内表面は滑らかで好都合であった。

びんの表面に型によって凹凸の模様が形成されていると、測定が難しい。この場合には模様のない部分を選んで測るか、ガスレーザー光を光源として小さい部分を対象として測る^{3),4)}など、現物や測定の目的に応じて工夫

する必要がある。

本報の実験はびんから採取した小片を強化する方法で行われたが、びんの外表面であれば非破壊的に測定できる。

この方法は既に、二、三の事業場でガラスびんの品質管理に利用されている。

文 献

- 1) 岸井 貫, 窯協, **87**, 199 (1979).
- 2) 岸井 貫, 窯協, **88**, 336 (1978).
- 3) T. Kishii, *Opt. Laser Technol.*, **11**, 259 (1979).
- 4) T. Kishii, *Opt. Laser Technol.*, **12**, 99 (1980).