

超音波マイクロスペクトロスコピー技術による強化ガラスの表面 応力層の評価方法の検討

A study for evaluation method of compressive stress layer of tempered glasses by the
ultrasonic microspectroscopy technology

東北大院医工¹, 東北大院工², 東北大金研³

○荒川 元孝¹, 櫛引 淳一², 大橋 雄二³, 川口邦子², 竹田 宣生²

Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku Univ.¹, Graduate School of Engineering,
Tohoku Univ.², Institute of Materials Research, Tohoku Univ.³

○Mototaka Arakawa¹, Jun-ichi Kushibiki², Yuji Ohashi³, Kuniko Kawaguchi², and Nobuo Takeda²

E-mail: arakawa@ecei.tohoku.ac.jp

1. はじめに 強化ガラスは、スマートフォンなど携帯デバイスのカバーガラスに採用され、その薄型化・軽量化が要求されている。我々は、直線集束ビーム超音波材料解析(LFB-UMC)システムを強化ガラスの評価に適用し、表面応力や応力層深さの変化を漏洩弾性表面波(LSAW)速度の変化として捉え、評価技術としての有用性を示している[1, 2]。LFB 超音波デバイスを平面超音波デバイスに交換することにより、試料中を伝搬するバルク波の伝搬特性を測定することが可能となる。本報では、バルク波音速と密度を測定し、化学強化処理に伴う表面応力層の弾性特性変化を検討した。

2. 試料 試料として、化学強化ガラスであるアルミノ珪酸ガラス(ゴリラガラス, コーニング社製)の未強化基板(試料 N)と強化基板(試料 H)を用意した。蛍光 X 線分析法により化学組成比の分析した結果、化学強化処理により、 Na_2O 濃度は 13.1 wt%から 3.1 wt%に減少し、 K_2O 濃度は 0 wt%から 10.9 wt%に増加したことがわかった。表面応力計(FSM-6000LE, 折原製作所)により、試料 H に対する圧縮応力は 762 MPa、応力層深さは 49 μm と求められた。

3. 実験および検討 試料 N、試料 H に対して縦波音速 V_l と横波音速 V_s の測定を行った。測定方法は文献[3]に詳しい。密度 ρ はアルキメデスの原理に基づき測定を行った。弾性定数 c_{11} , c_{44} は、 $c_{11} = \rho V_l^2$, $c_{44} = \rho V_s^2$ より求められる。測定結果を Table 1 に示す。いずれの音響特性も強化後の試料のほうが強化前のそれらよりも大きくなった。

Fig. 1 に示すモデルにおいて、圧縮応力層の厚さ x を表面応力計で求めた値、強化試料の未強化層は未処理基板と同一の特性と仮定し、表面応力層の特性を求めた結果を Table 1 に併せて示す。かつこ内の数値は、未処理基板に対する特性の変化を示す。強化処理に伴う弾性定数 c_{11} , c_{44} の変化は、密度の変化に比べて、それぞれ 7.8 倍、5.0 倍大きく、強化ガラスの音速変化は主に弾性定数の変化によるものである。 Na^+ イオンと K^+ イオンの交換により密度が増加するとともに圧縮応力が大きくなるため、弾性定数が増加したと考えられる。

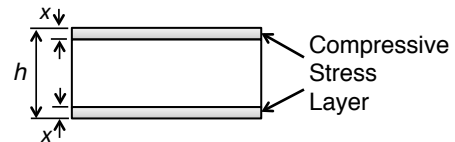


Fig. 1. Cross-section view of tempered glass.

Table 1. Velocities, densities, and elastic constants measured for tempered glasses.

	V_l [m/s]	V_s [m/s]	ρ [kg/m ³]	c_{11} [$\times 10^{10}$ N/m ²]	c_{44} [$\times 10^{10}$ N/m ²]
Specimen N	5734.2	3467.9	2429.1	7.9870	2.9243
Specimen H	5765.8	3485.5	2433.0	8.0885	2.9524
Compressive Stress Layer	5960 (+3.9%)	3570 (+2.8%)	2460 (+1.2%)	8.71 (+9.1%)	3.12 (+6.9%)

4. まとめ 本報では、バルク音響特性による化学強化ガラスの表面応力評価法について検討を行い、音速変化の要因が主に弾性定数の変化によるものであることを明らかにした。LFB-UMC システムによる LSAW 速度や漏洩擬似縦波速度の測定とバルク音響特性の測定を併用することは、強化ガラスの圧縮応力層の評価に極めて有用である。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費の助成による。

参考文献 [1] 櫛引他, USE2013 講演論文集, pp. 171-172 (2013.11). [2] 荒川他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, p. 177 (2014.3). [3] J. Kushibiki and M. Arakawa, J. Acoust. Soc. Am., **108**, pp. 564-573 (2000).