

## 자동차용 강화유리와 그 시험방법에 대한 연구

안호순\* · 권해봉\* · 이광범\* · 전상우\* · 손영삼\*\*

### A Study on Toughened Glass Used for Vehicles and Its Testing Methods

Ho-soon Ahn\*, Hea-boung Kwon\*, Kwang-bum Lee\*, Sang-woo Jeon\*,  
Young-san Son\*\*

*Key Words: Toughened glass(강화유리), Ball drop test(강구낙하시험), Ceramic-printed toughened glass(세라믹 코팅 강화유리)*

#### ABSTRACT

Toughened glass is known to have about four times larger external impact resistance than that of original glass. This study is aimed to verify that ceramic-printed toughened glass does not meet of GTR(Global Technical Regulations) No. 6 and its strength is lower than that of original glass through tests. The tests were conducted on the test pieces of original glass, toughened glass, and ceramic-printed toughened glass from five glass manufacturers. In Test 1, a 227g steel ball was dropped from a height of 2 meters, and damage was checked according to the test method of GTR No. 6. In Test 2, a steel ball was freely dropped from different heights and limited damage height was determined. In the result of Test 1 according to the test method of GTR No. 6, while all five test pieces of toughened glasses were not damaged, all the ceramic-printed toughened glass from the five manufacturers were damaged. In the result of Test 2, none of the five test pieces of toughened glass were damaged by a 10m ball drop, meanwhile, the original glasses were damaged by an average of 3m ball drop. And the results of the tests show that the ceramic-printed toughened glass does not have the features of toughened glass due to its very low strength. Therefore, this study contributes to the safety of consumers by considering the GTR No. 6, and by revising the toughened glass test method.

#### 1. 서론

자동차 제작사는 자동차의 외형적인 디자인과 유리의 차체 부착성을 향상시키기 위하여 자동차에 사용되는 강화유리에 세라믹 인쇄영역을 점차 넓혀왔다.

특히, 자동차의 파노라마선루프는 대부분 강화유리

로 만들어지는데, 세라믹 인쇄 영역이 30~70%를 차지하고 있다.

국토교통부에서 운영하는 자동차 제작결함신고 센터의 신고내역에 따르면 최근 몇 년 동안 파노라마선루프 파손 관련 결함신고가 증가하고 있다. 이와 같은 이유로 세라믹 인쇄 영역이 넓어지면서 외부 충격에 취약한 강화유리의 파손이 증가하고 고객 불만이 증가한 것으로 판단하고 있다.

따라서 본 논문에서는 강화유리의 세라믹인쇄 영역

\* 교통안전공단 자동차안전연구원

\*\* 국토교통부 자동차운영과

E-mail: katri119@naver.com

에 대한 취약성을 실험을 통해 평가하고 세계기술기준인 GTR No.6의 기준의 시험방법의 적합성에 대하여 고찰하고자 한다.

## 2. 자동차용 유리의 종류 및 정의<sup>(3)</sup>

- 1) 접합유리: 자동차의 전면창유리에 주로 사용되는 유리로써 1개 이상의 플라스틱 재료(인테리어)에 의해 2개 이상의 유리를 접합시켜 구성한 창유리를 말한다.
- 2) 강화유리: 자동차의 전면창유리를 제외한 창유리에 사용되며 유리의 기계적 강도를 증가시키고 파쇄조건을 만족시키기 위해 특별한 처리를 한 단일 층(layer)의 창유리를 말한다.
- 3) 복층유리: 간격에 의해 분리되어 영구적으로 조립된 2장의 유리 조립품을 말한다.
- 4) 유리 플라스틱 조합유리: 유리와 플라스틱의 조합으로 이루어진 창유리로써 플라스틱 표면이 안쪽 면으로 구성된 창유리를 말한다.
- 5) 원판유리: 자동차용 안전유리를 만들기 위한 가공 전 유리판을 말한다.
- 6) 세라믹인쇄 강화유리: 세라믹을 인쇄한 후 강화된 강화유리를 말한다.

## 3. 강화유리의 강구낙하 충격 강도 시험

### 3.1. 시험 목적

시험 목적은 자동차에 사용되는 세라믹인쇄 강화유리가 GTR No.6의 충격 강도 시험에 적합한지 알아보고 세라믹 인쇄 강화유리와 원판유리의 충격강도를 비교하기 위함이다.

### 3.2. 227g 강구낙하 시험

#### 3.2.1. 시험장치<sup>(3)</sup>

- 1) 강구: 중량  $227 \pm 2g$ 의 경화된 강구
- 2) 지지장치: Fig. 1과 같이 지지장치는 너비 15mm의 기계적으로 가공된 강재 프레임으로 구성되며, 1개의 프레임에 두께 3mm, 너비 15mm, 경도  $50 \pm 10$  IRHD(International Rubber Hardness Degrees)인

고무 개스킷을 덧대고 그 위에 다른 강재 프레임 을 장착한다.

하부 프레임은 150mm 높이의 강재 상자 위에 올려 놓는다. 시험품은 중량이 3kg인 상부 프레임에 의해서 제 위치에 고정된다. 지지 프레임은 두께 3mm, 경도  $50 \pm 10$  IRHD인 고무판을 바닥과 사이에 두고 그 위에 놓인 두께 12mm의 강판 위에 용접한다.

Fig. 2는 시험에 사용된 강구낙하시험을 위한 전체 장치이다.

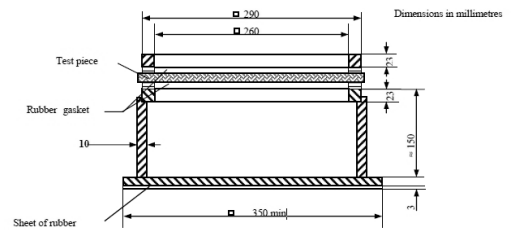


Fig. 1 Dimensions of the Supporter

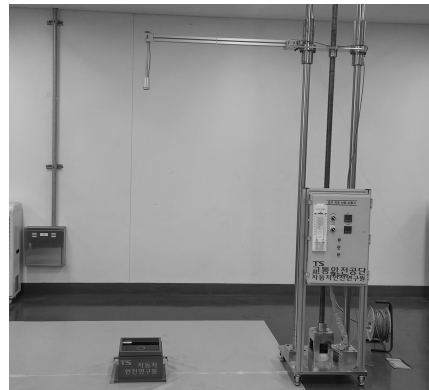


Fig. 2 The test equipment for ball drop test

#### 3.2.2. 시험품

- 1) 시험품은 300×300mm 크기로 평편하게 제작한다.
- 2) 시험품의 두께는 파노라마선루프에 사용되는  $4mm \pm 0.2mm$  이다.
- 3) 시험품의 종류는: 5개 제작사의 강화유리, 세라믹인쇄 강화유리, 원판유리 3종류를 준비하였고 각 제작사별 시험품은 A, B, C, D, E로 표기하였다.

### 3.2.3. Test 1

- 1) 시험 방법: GTR No.6 시험방법에 의한 시험<sup>(6)</sup>
- 2) 시험 기준:
  - 227g 강구 낙하시험은 2.0m<sup>+5m</sup><sub>0m</sub>의 낙하 높이에서 시험할 때, 시험품이 파손되지 않을 것.
  - 6개의 시험품에 대해 시험해야 하며, 최소 5개의 시험품이 기준에 적합할 것.
- 3) 시험 결과

Table 1 Results of Test 1 (Number of Pass/Number of Tests)

유리종류	A	B	C	D	E
원판유리	Pass (6/6)	Fail (4/6)	Pass (6/6)	Pass (6/6)	Pass (6/6)
강화유리	Pass (6/6)	Pass (6/6)	Pass (6/6)	Pass (6/6)	Pass (6/6)
인쇄 강화유리	<b>Fail</b> <b>(0/6)</b>	<b>Fail</b> <b>(0/6)</b>	<b>Fail</b> <b>(0/6)</b>	<b>Fail</b> <b>(0/6)</b>	<b>Fail</b> <b>(1/6)</b>

- Test 1 시험 결과에서 원판유리는 5개 샘플 중 4개의 샘플이 시험기준에 적합하였고, 강화유리는 5개 샘플 모두 시험기준에 적합하였다. 하지만 인쇄 강화유리는 5개 샘플 모두 시험기준에 부적합하였다.

### 3.2.4. Test 2

- 1) 시험 방법: 227g 강구를 1m 높이에서부터 시험품이 파손될 때까지 20cm 씩 증가시키면서 낙하시킨다. 시험품이 깨질 경우 동종의 시험품을 같은 높이에서 시험한다.
- 2) 시험 기준 : 2장이 연속해서 같은 높이에서 파손된 경우 깨진 높이로 한다.(비연속적으로 깨질 경우에는 6매중 2매 이상이 깨진 높이로 한다.)
- 3) 시험 결과

Fig. 3에서 나타난 바와 같이, 원판유리는 약 3m 높이에서 파손되었고, 일반 강화유리는 10m 높이에서도 파손되지 않았다. 하지만 세라믹이 인쇄된 강화유리는 약 1.4m 높이에서 파손되었다. 또 세라믹인쇄 강화 유리의 파손 높이는 원판유리의 파손 높이보다 낮아 강화한 유리가 오히려 외부 충격 강도에 취약함을 보이고 있다.

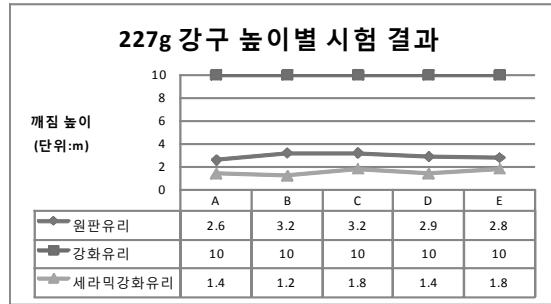


Fig. 3 Results of Test 2

세라믹을 인쇄한 강화유리는 GTR No. 6에서 정의한 강화유리의 특성을 강도측면에서 만족시키지 못한다.

## 4. 세라믹인쇄 강화유리의 취약성 분석

### 4.1. 강화유리 제조 공정

강화유리의 공정은 전처리 공정과 강화 공정으로 나눌 수 있다. 전처리 공정은 원판유리를 절단하고 가공한다. 세라믹을 인쇄할 경우 전처리 공정에서 세라믹을 스크린 인쇄하여 건조시키는 과정이 포함된다. 강화 공정은 전 처리된 유리를 가열로에 넣어서 600~700℃ 온도로 가열한 다음 곡률을 주고 냉각의 기법(급냉 등)을 통해 강화시키는 과정이다. Fig. 4는 강화 유리 제작공정을 단계별로 정리하였다.

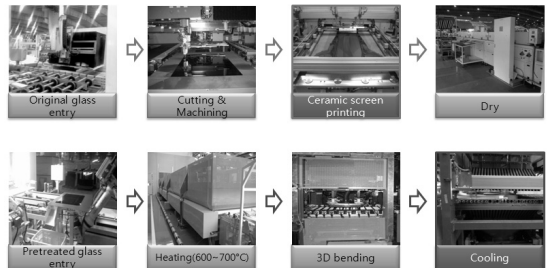


Fig. 4 Manufacturing process of toughened glass

### 4.2. 강화유리의 응력 분포

강화처리가 된 강화유리는 양쪽 표면에는 압축잔류 응력이 분포되어 외부의 인장응력에 대하여 응력이 상쇄되어 안정화가 되고, 내부는 인장잔류응력이 분포되어 외부의 인장응력에 불안정한 상태가 된다. Fig. 5는 일반 강화유리의 응력분포도를 나타낸 것이다.<sup>(4)</sup>

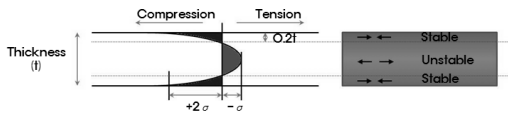
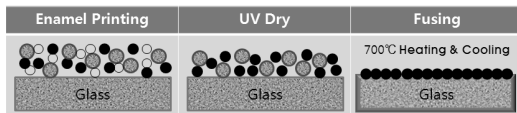


Fig. 5 Stress distribution map of cross section of toughened glass

### 4.3. 강화유리의 세라믹 인쇄

강화유리의 세라믹 영역은 전처리과정에서 Frit, Pigment, Medium 으로 구성된 에나멜 도료를 원판유리에 인쇄하여 건조시킨 후 고온의 노에서 고열로 용착하여 만들어진다. Fig. 6은 강화유리 세라믹 인쇄 및 용착 과정을 나타내고 있다.

인쇄를 하는 이유는 유리를 차체에 접착시킬 때 강한 접착력을 유지하기 위해 거친 세라믹 인쇄면이 필요하기 때문이고, 내장재의 은폐와 자외선 차단을 위해 착색을 한다.



※ 에나멜 재료 : ● Frit, ● Pigment(Ceramic), ○ Medium

Fig. 6 Ceramic melting process of toughened glass

### 4.4. 세라믹 강화유리가 취약한 이유

강화유리의 세라믹 용착은 유리 표면 압축잔류응력의 형성을 저해하면서 인장잔류응력이 분포되어 외부의 인장응력에 매우 불안정한 상태가 된다. 세라믹이 인쇄된 강화유리의 응력 분포는 Fig. 7과 같이 추정할 수 있다. 즉 세라믹 인쇄 층은 유리의 표면 강화 효과를 저해하여 원판유리보다 작은 외부 충격으로 인한 관재에 작용하는 인장응력으로 파손될 수 있는 것이다.

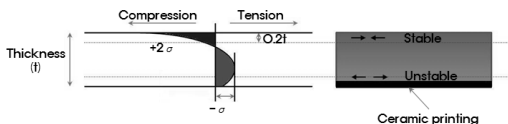


Fig. 7 Stress distribution of ceramic-printed toughened glass

### 4.5. 세라믹 강화유리 사용 사례

세라믹이 인쇄된 강화유리의 사용은 대부분의 자동

차에서 사용되고 있다. Fig 8과 같이 자동차의 선루프, 옆면 창유리, 후면 창유리 등에 사용되고 있다.



Fig. 8 Use case of ceramic-printed toughened glass

### 4.6. 세라믹인쇄 강화유리 파손 사례

Fig. 9는 세라믹 강화유리가 외부 충격에 의해 파손된 사례이다. 모두 세라믹인쇄 부분이 충격지점이다.



Fig. 9 Damage cases of ceramic-printed toughened glass

## 5. 자동차용 강화유리 안전기준에 대한 고찰

### 5.1. 자동차용 강화유리 세계기술기준(GTR No.6)<sup>(6)</sup>

#### Global technical regulation No. 6

#### <A. STATEMENT OF TECHNICAL RATIONALE AND JUSTIFICATION>

30. The purpose of the 227 g steel ball test is to assess the resistance of the glazing to impacts from stones or other flying objects that might be encountered in everyday use.

#### <B. TEXT OF REGULATION>

3.3.7. **Uniformly toughened -glass** : means glazing consisting of a single layer of glass which has been subjected to special treatment **to increase its mechanical strength** and to condition its fragmentation after shattering.

6.3.4.1. The test pieces shall be flat samples measuring 300 x 300 mm, **pecially made or cut** from the flattest part of a windscreen or pane.

6.3.4.2. Test pieces **can alternatively be finished products** that may be supported over the apparatus described in paragraph 6.3.1.

6.3.4.3. If the test pieces are curved, care should be taken to ensure adequate contact with the support.

6.3.2.3. The point of impact shall be within 25 mm of **the centre of the supported area** for a drop height less than or equal to 6 m, and within 50 mm of the centre of the supported area for a drop height greater than 6 m.

**5.2. GTR No. 6 강화유리 특성 분석**

자동차에 사용되는 강화유리의 특성은 2가지로 분류할 수 있다. 첫째는 외부 충격강도가 원판유리 보다 3~4배 정도 강하고<sup>(1)(2)</sup>, 둘째는 파손 되어질 때 뽀족하지 않게 잘게 부서지는 특성을 갖고 있다.

GTR No. 6에서는 강화유리 특성인 외부 충격강도를 평가하기 위하여 227g 강구낙하시험을 규정하였고, 파손 시 날카롭지 않고 잘게 부서지는 특성을 평가하기 위해 파쇄시험을 규정하였다.

GTR No. 6에서 강화유리의 강구낙하시험 높이는 2m이다. 이것은 이번 시험결과와 비교할 때 원판유리의 파손 높이보다 낮게 규정하고 있다. 따라서 강화유리의 기계적 강도를 평가하기 위해 227g 강구 낙하높이 3m 이상으로 하는 것도 고려되어야 한다.

또 강화유리에 세라믹 인쇄 영역이 있다면 균일하게 강화된 유리로 볼 수 없다. 따라서 세라믹 인쇄 영역에 대한 시험방법을 별도로 규정할 필요가 있다.

참고로 UN Regulation No. 43<sup>(5)</sup>에서는 창유리에 설치되는 열선의 경우 시험에서 제외하는 항목이 있다. 이것은 유리의 강도보다 시계확보를 위하여 필요한 장치는 강도에 상관없이 허용한다는 의미로 생각되어진다.

Regulation No. 43

<ANNEX 5>

3.1. 227g ball test

3.1.1. Indices of difficulty of the secondary characteristics.

Material	Index of difficulty	Colouring	Index of difficulty
Polished glass	2		
Float glass	1	colourless	1
Sheet glass	1	tinted	2

The other secondary characteristic (**namely, incorporation or otherwise of conductors**) is not involved.

**5. 결론**

강화유리의 표면처리 기술인 세라믹 인쇄 기술은 개발 당시 매우 획기적인 기술로 평가되었다. 이 기술의 개발로 창유리를 차체에 부착시키는 생산 공정이 줄었고, 내구성이 향상되었다고 한다. 또한 차체의 디자인을 자유스럽게 고급화 하였고, 자외선의 차단 등 많은 장점을 갖게 되었다.

이런 많은 장점 때문에 자동차의 강화유리에는 세라믹 인쇄영역이 넓어지고 있다. 특히 최근 몇 년동안 파노라마선루프 장착 자동차가 많이 판매되면서 더 많은 세라믹 영역을 설계하고 많게는 70%가 넘는 세라믹 인쇄 강화유리가 자동차에 장착되게 되었다.

하지만 자동차용 안전유리의 강도는 Table 1과 Fig. 3의 시험 결과처럼 원판유리는 약 3m에서 깨짐을 보였고, 세라믹 강화유리는 약 1.4m에서 깨짐을 보였다. 이런 간단한 시험 결과만으로도 강화유리가 세라믹이 인쇄되면 원판유리보다 강도가 취약하다는 단점도 확인할 수 있었다.

본 논문에서 확인된 강화유리의 세라믹 인쇄영역의 강도 취약성 확인은 관련 제작사에 보다 안전한 강화유리 개발에 자극제가 될 수 있을 것이며, 세계기술기준 및 자동차안전기준의 부족한 점을 개선할 수 있는 계기가 되길 바란다.

**참고문헌**

- (1) HANGLASHHomepage ‘<http://www.hanglas.co.kr>’
- (2) KAC Homepage ‘<http://kac.kccworld.co.kr>’
- (3) Motor Vehicle Safety Standard of Korea, Article 34 “Window Glass”, Article 105 “Stability of Window Glass”
- (4) NSG Group Homepage ‘<http://www.nsg.com>’
- (5) UN ECE Regulation No. 43 “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF SAFETY GLAZING MATERIALS” Revision 1, Revision2 and Revision 3.
- (6) UN Global Technical Regulation No. 6 “SAFETY GLAZING MATERIALS FOR MOTOR VEHICLE AND MOTOR VEHICLE EQUIPMENT” 12 March 2008.