

자동차용 안전유리 및 그 개발 동향

Automotive Windows Glass and Their Development Trend

유 병 석
B. S. Yu



유 병 석
• 1958년 6월생
• 한국유리공업(주) 기술연구소 책임연구원
• 박막가공 및 2차제품관련 연구팀장

1. 서 론

자동차용 유리는 건물 등의 창유리와 같이 판유리를 소재로 한 것이지만 일반 창유리의 기능 이외에 다음과 같은 기능이 요구된다.

- 1) 운전에 필요한 시야를 확보하는 것
- 2) 파손된 경우에도 최소한의 시야를 확보할 것
- 3) 충돌시 유리에 신체가 부딪쳐도 큰 부상을 주지 않을 것
- 4) 외부로부터 날아오는 물체에 대하여 유효한 장벽이 될 것

등이다.

자동차의 창유리로 강화되지 않은 단판 유리를 사용할 경우 위의 3)항 및 4)항의 기능을 충분히 만족할 수 없기 때문에 구미에서는 1920년대부터 강화 유리 및 접합 유리(양

쪽 모두를 합쳐서 안전 유리라 부른다)가 사용되게 되었다. 현재는 각국에서도 자동차의 창에는 극히 일부를 제외하고는 안전 유리 즉 강화 유리와 접합 유리가 사용되고 있으며 앞창 유리에는 접합 유리를, 옆창유리 및 뒷창유리에는 강화 유리를 사용하도록 법적으로 규제되어 있다. 본 글에서는 자동차용 안전 유리의 특징 및 제법 그리고 개발 예상되는 첨단 기능의 제품에 대해 서술했다.

2. 안전 유리의 소재 및 명칭¹⁾

2.1 소 재

자동차용 창유리의 소재로서의 판유리는 건축용의 투명 판유리와 동일하지만 열선투과율 조절 유리와 같은 일부유리는 자동차용 유리로 개발된 것이다. 현재 국내를 비롯하여 대부분의 나라에선 플로트(float)공법의 유리가 사용되고 있다. 자동차용으로 사용되는 유리의 색상으로는 무색 투명(clear), 옅은 청색(light blue), 옅은 녹색(light green) 그리고 옅은 회갈색(bronze) 등이 사용되고 있다.

2.2 자동차 안전 유리의 부위별 명칭

자동차 유리의 명칭은 차종에 따라 다르며 또한 같은 승용차라 하여도 형태에 따라 명칭을 달리하나 대표적인 승용차의 부위별 명칭은 다음과 같다.

2.2.1 앞창유리(Front windshield glass)

그림 1-a 부위의 유리로 2mm 또는 3mm의 일반 판유리 2 매사이에 고충격저항성을 갖는 필름을 삽입하고 압착 가공한 접합 유리(laminated glass)가 사용되며 일반 유리가 갖고 있는 취약점을 역학적 측면에서 보완한 유리로서 다음과 같은 장점이 있다.

- 1) 차량충돌시, 충격 흡수성이 있어 탑승자의 안전을 지켜 주며
- 2) 파손시, 유리 파편이 비산되지않아 탑승자의 피해를 극소화시켜 주며, 운전자의 전방 시야를 확보해 주고
- 3) 주행시 날아드는 물체의 관통을 최대한 방지하여 탑승자를 보호해 준다.

2.2.2 열선뒷유리(Heated back window glass)

그림 1-b의 유리로 일반 판유리 표면에 은

을 주원료로 한 은분(silver paste)을 인쇄하여 열처리 용착시킨 강화 유리로 양쪽 단자에 전기를 통하면 열선에서 발열되는 열로 유리 표면의 서리나 결빙 현상을 제거하여 운전자의 시야를 안전하게 확보해 준다.

2.2.3 옆창유리(Side door glass)

그림 1-c의 유리로 3mm~5mm의 일반 판유리를 열처리, 성형 가공한 제품으로 일반 판유리보다 3~5배의 강도를 지니고 있기 때문에 다음과 같은 장점이 있다.

- 1) 충격에 강함
- 2) 한계 이상의 충격으로 파손되더라도 파편이 작고 날카롭지않아 탑승자의 피해를 극 소화시켜 주며
- 3) 급변하는 온도에도 잘견뎌낸다.

2.2.4 썬루프 유리(Sun roof glass)

그림 1-d에 나타나 있는 자동차의 천정부위에 설치된 유리로서 일반 판유리 표면에 열 차폐용의 세라믹재료(ceramic paste)를 인쇄하여 강화시키거나 또는 강화 가공된 유리를 고진공상태에서 열선 반사 기능의 금속으로 코팅 처리한 제품을 채용한다. 차내의 채광성을 높여 차내 분위기를 밝고 화려하게

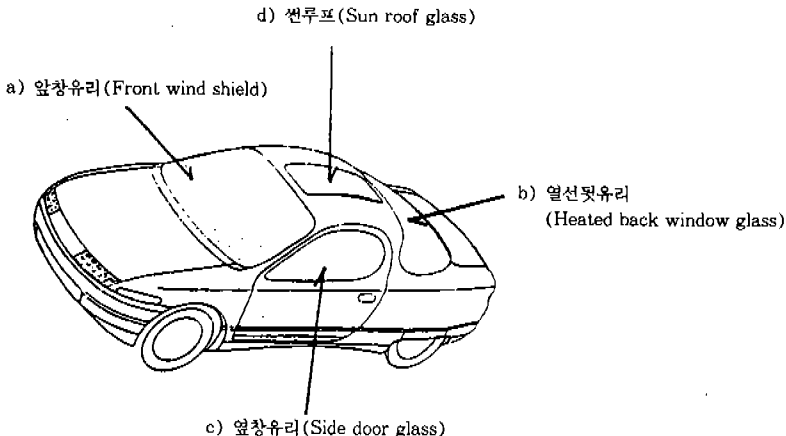


그림 1 승용차를 기준으로한 부위별 안전 유리의 명칭

해주고, 주행시 자연의 바람을 만끽할 수 있으며 실내 환기 기능이 우수한 장점이 있다.

3. 종류 및 제법

자동차 안전유리의 종류는 강화 유리 및 점합 유리로 대별되는데 다음에 그 제법을 설명하였다.

3.1 강화유리(완전강화유리)

유리는 압축에 대하여는 강하지만 인장에 대하여는 약한 재료이다. 또 유리의 표층에는 Griffith flaw라 불리는 표면 결함이 있기 때문에 유리가 파손하는 때에는 표층이 파손의 시발점이 되는 경우가 많다. 그래서 유리의 표면에 압축응력을 형성시킴에 의해 강도를 높인 것이 강화유리로서 파손될 때에 미세한 파편으로 되게 한 것이다. 앞창유리(Front windshield glass)이외의 창유리에 사용된다.

강화 유리의 제조 방법에는 물리(열)강화, 화학강화 그리고 적층강화의 3가지 방법이 있으나 자동차용 유리의 경우는 대부분 물리적(열)강화 방법에 의해 제조된다. 물리적 강화유리는 유리를 연화점부근까지 가열하고 그후 표층부터 급냉하여 제조한다. 냉각매체가 공기인 경우는 풍냉강화유리, 그리고 액체인 경우는 액냉강화유리라 불리고 있으나 자동차용의 경우는 풍냉강화법이 주로 사용되고 있다.

물리 강화 유리의 큰 특징으로서 소지 유리의 3~5배정도 즉, 일반유리 경우 압축응력이 300~500kg/cm² 정도이나 강화유리의 경우는 1,000~1,500kg/cm²으로 압축응력이 증가되어 강도가 증가된다. 그리고 파손시에도 그림 2와 같이 미세한 조각이 되는 것이다. 이같은 파쇄밀도(5cm×5cm내의 파

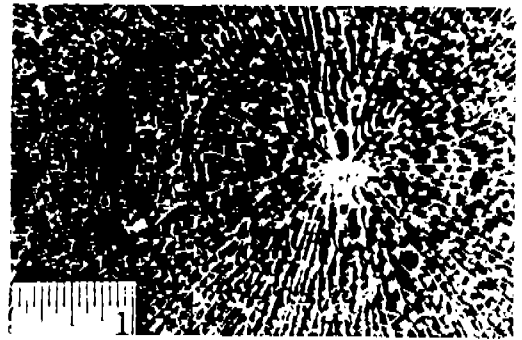


그림 2 강화 유리의 파쇄 형상

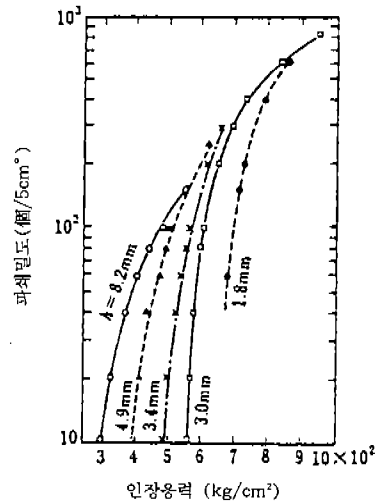


그림 3 강화 유리의 파쇄밀도와 인장응력의 관계

쇄수)는 물리적 강화 유리에서는 매우 중요한 인자이다²⁾. 그림 3에 나타낸 것과 같이 파쇄밀도는 인장응력과 판두께에 의존한다³⁾.

이와 같은 강화 유리의 제조 공정¹⁾을 그림 4에 나타내었다. 그 공정은 크게 두 공정 즉 전처리 공정과 성형처리 공정으로 나눌수 있다. 전처리 공정은 우선 소요 형태에 맞게 절단하고 연마, 세척 후에 유리 모서리 부분을 마감하는 세라믹 재료 또는 열선 형성을 위한 은분을 인쇄(silver paste printing)하는

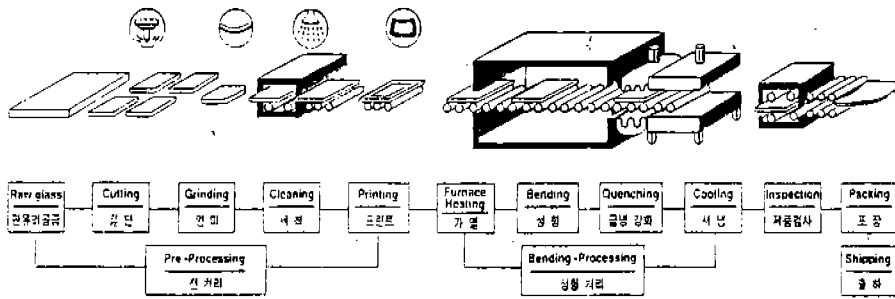


그림 4 자동차용 강화 유리(Tempered Glass)제품의 제조 공정도

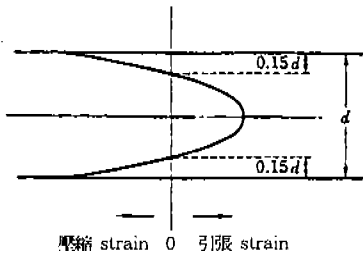


그림 5 강화 유리 단면의 응력분포

준비단계이다. 성형 처리공정은 유리의 연화점부근까지의 가열, 그리고 자중식(Seg bending) 또는 가압(press)방법에 의한 성형, 풍냉법을 이용한 급냉강화 및 서냉과정을 거치는 후처리 공정이다.

유리라는 물질은 스트레인점(strain point) 이상의 온도에서는 점성유동(viscous flow)을 일으킨다. 유리의 열강화는 앞에서 언급한 바와 같이 유리의 내부와 표면에 심한 온도구배를 주어 제조하는 방법으로 열강화 유리란 이와 같은 유리의 점성 유동을 이용하여 강도를 향상시킨 것이다⁴⁾. 즉 점성 유동을 일으키는 온도(통상 서냉점과 연화점사이로 약 650~700℃ 정도의 온도)에서 유지시킨 유리를 급격히 냉각시킴으로써 유리의 외부에 강한 압축응력층을 형성하여 강화 유리를 제조하게 된다⁵⁾.

강화 유리에 안정한 강도를 부여하려면 그

림 5와 같이 표면으로부터 두께의 약 1/6의 깊이까지 압축응력이 형성되어야 한다⁶⁾.

그림 6은 유리를 열강화시킬 때 유리 두께 방향으로 형성된 온도구배와 응력분포를 도식화한 것이다. 그림 6-a는 상온에 있던 유리를 열처리로에 투입하였을 때 발생하는 온도구배와 응력분포를 나타낸 것이다. 이때 유리는 외부로부터 열을 받고 또한 열전도도가 작기 때문에 유리의 외부는 높은 온도 분포를 가지나 내부 온도는 낮게 된다. 그러나 이때의 유리 내부와 외부 온도는 모두 점성 유동을 일으킬 수 없는 온도이므로 유리의 열팽창에 의한 응력이 형성된다. 즉 온도가 높은 외부는 압축응력, 온도가 낮은 내부는 인장응력이 발생된다. 이와 같이 열팽창에 의해 응력이 발생하는 응력은 온도구배가 제거되면 사라지기 때문에 이러한 경우를 일시 스트레인이라 한다.

그림 6-b는 유리가 열처리로에 투입된 후 일정 시간이 경과하여 유리가 점성 유동을 일으키기 시작하는 온도까지 유리의 온도가 상승한 경우이다. 이때 유리의 표면과 내부에는 온도구배가 형성되나 유리의 점성 유동으로 인하여 유리의 표면에는 응력이 발생하지 않는다. 그러나 유리의 내부는 점성 유동이 미약하기 때문에 온도구배에 의한 응력이 점성 유동에 의해 완전히 소멸되지 못하고

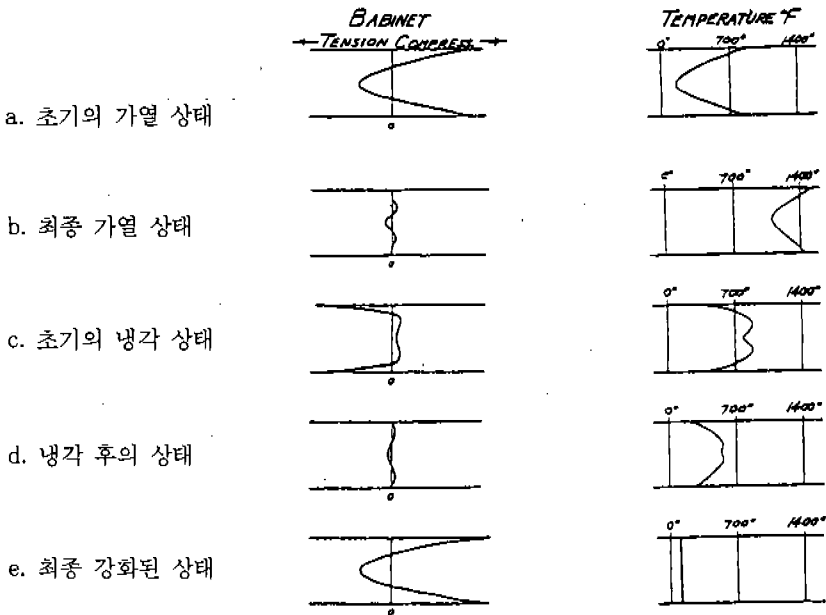


그림 6 유리의 열강화시 유리 두께 방향으로 형성된 온도구배와 응력분포의 모식도

미약하게 잔존한다.

그림 6-c는 그림 6-b 상태에 있던 유리를 급격히 냉각시킬 때의 온도구배 및 응력분포이다. 이 경우 그림 6-b와 같은 형태의 온도구배를 갖는 유리가 유리의 표면과 내부의 냉각 속도 차이에 의해 W자 형태의 온도구배를 갖게 된다. 응력분포는 유리 표면의 경우 온도가 낮아서 점성 유동을 하지 못하기 때문에 열팽창 차이에 의한 응력, 즉 유리 표면에 인장응력이 발생한다. 뿐만 아니라 유리의 표면이 급격히 냉각되었기 때문에 유리 표면 층에 있는 원자들은 평형 상태에서 많이 이탈한 상태가 된다. 그러나 유리의 내부는 아직 온도가 높기 때문에 점성 유동이 일어나게 되어 온도구배에 의한 응력은 거의 무시된다.

그림 6-d는 유리의 냉각이 계속되어 유리의 내부에서도 점성 유동이 일어나지 못하는 온도에 도달한 경우이다. 이때 유리의 내부

는 긴 시간 동안 서서히 냉각되어 왔기 때문에 원자간 거리가 거의 평형 상태에 근접하였다고 생각할 수 있다.

따라서 이러한 경우에는 유리의 표면과 내부의 온도구배에 의하여 발생한 응력(일시적 응력)과 표면에 있는 원자들이 원자간 거리의 평형 상태에 도달하지 못하여 발생하는 응력(영구 응력)과 서로 작용하여 응력이 상쇄된다.

그림 6-e는 그림 6-d와 같은 상태에 있던 유리를 상온에서 장시간 유지시켜 유리의 표면과 내부에 존재하였던 온도구배가 완전히 제거된 상태이다. 이 경우의 응력분포는 원자간 거리의 평형 상태로부터 많이 이탈한 표면과 원자간 거리가 평형 상태에 근접한 내부 사이에 응력이 발생하게 된다. 즉 원자간 거리가 큰 표면의 경우에는 압축응력이 발생하고 반대로 원자간 거리가 짧은 내부에는 인장응력이 발생한다.

3.2 부분 강화 유리

강화 유리의 일종으로 파손된 경우에도 중앙부의 일부가 약간은 남게 되어 최소한의 시야 확보가 되게 한 것으로서 창유리(Front windshield glass)로서 사용되고 있었다.

3.3 접합 유리

2매이상의 판유리를 PVB(Poly Vinyl Butyral) 필름(중간막)으로 접착시킨 것이다. 재료 판유리는 일반적으로 강화시킨 것은 아니며, 분리되기 어렵게 한 것으로서 파손시에도 유리 파편이 비산하지않고 충격이 가해진 부분은 미세하게 깨지나 그 외의 부분은 비교적 크게 깨진다. 주로 앞창유리(Front windshield glass)에 사용된다. 접합 유리가 운데에서도 중간 막의 두께가 0.38mm의 것을 보통접합유리(일반적으로 건축용접합유리)라 부르며 중간 막의 두께를 0.76mm로 하여서 막과 유리와의 사이에 접착력을 보통 접합 유리의 경우보다 낮게 하여 자동차에 타고 있는 사람의 두부(頭部)가 유리에 부딪쳐도 관통하기 어렵게 만든 것을 HRP(high penetration resistance)접합유리⁷⁾(자동차용 접합 유리)라 부른다. 이 같은 보통접합유리와 HPR접합유리의 파손시 형태를 비교한 결과를 그림 7에 나타내었다.

그림 7-a의 경우 중간막과 유리와의 접착력이 크며 유리의 파괴시에 박리하기 어렵기

때문에 유리가 날카로운 모서리를 가진다. 반면에 그림 7-b의 경우는 중간막과의 접착력이 다소 낮기 때문에 유리와의 사이가 엇갈리며 두껍기 때문에 찢어지기 어려워 충돌시에도 인체의 두부가 관통되기 않아 안전하다.

제조 공정은 그림 8에 나타내었는데¹⁾ 우선 전처리에서 접합할 2매의 유리를 규격에 맞게 절단, 연마 및 screen 인쇄방법으로 black ceramic band를 형성시킨다. 그 다음이 성형처리공정으로 전처리된 유리는 자중식(Seg bending) 또는 press로 1장 또는 2장을 동시에 넣어 유리의 연화점부근까지 가열하여에서 곡성형 처리한 후 냉각한다. 접합 공정에서는 성형된 2장의 유리 사이에 PVB film을 삽입한 후 일정 온도(PVB의 연화 온도인 약130℃)에서 예비 압착하여 유리 와 필름간의 공기를 제거한다. 그리고 본접합을 위하여 autoclave내 넣고 120~150℃, 10~15kgf/cm²의 압력으로 압착시킨다.

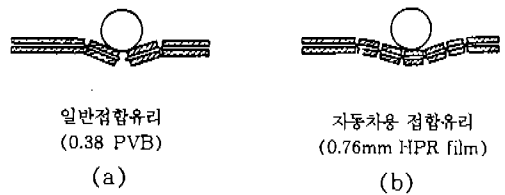


그림 7 일반접합유리와 자동차용접합유리 및 파단 형태

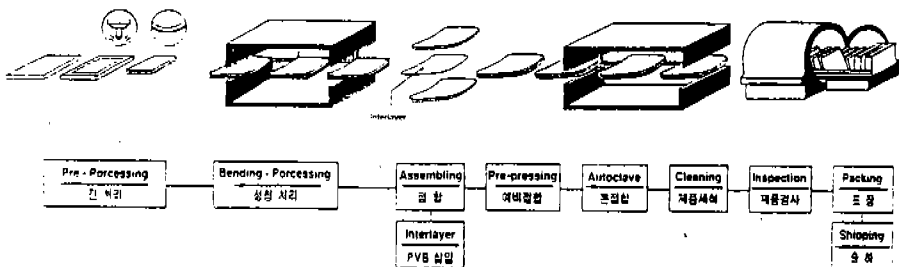


그림 8 자동차용 접합 유리(Laminated Glass)의 제조 공정도

공정중에서 중간막의 수분관리는 중요한데 수분 함유량이 많은 쪽이 중간막과 유리간의 접착력이 낮아져 내관통성이 향상되지만 막의 수분이 너무 많으면 사용중에 발포 등의 문제가 발생한다. 접합 유리의 성능에 대하여는 표 1에 나타낸 것과 같이 내광성, 내열성 및 내충격성에 대하여 일정특성이 요구되고 있다.

4. 법령에 의한 안전성 규제와 규격

4.1 안전유리의 규격

국내의 경우 건설교통부령(도로운송차량보안규칙 제29조)에 의해서 자동차 창유리에는 안전유리를 사용하는 것을 의무화하였다. 안전유리의 규격은 KSL-2007로 정하고 있다. 외국의 경우는 유사한 법규제와 규격 즉 ECE R-43(유럽21개국통용), DOT312(미국교통성 nomination number), Canada의 CSA 및 일본의 JIS R 3211과 3212 등이

있으며 수입차에 대하여서도 자국의 규격을 적용하는 나라가 많다. 각국의 자동차용 안전유리의 주요 시험 항목을 표 1에 나타내었다.

앞창유리(Front windshield glass)는 운전시야 및 안전성이 더요구되는 것으로 법규제 및 규격상 다른 부위와는 별도로 구별하고 있으며 최근에는 앞창유리로서 HPR접합유리이외의 사용을 인정하지 않는 나라가 증가하고 있다.

앞창유리(Front windshield glass)이외의 창유리에 대하여서는 각국에 따라 전강화, 보통접합유리 및 HPR접합유리의 사용은 인정하고 있지만 대부분 부분강화유리의 사용은 인정하지 않고 있으며 일반적으로 전강화유리를 사용케 하고 있다.

4.2 안전성

자동차용 안전유리는 인명과 직결되는 제품이기에 때문에 전세계의 기준이 까다롭고, 국내 및 국외 대부분 국가의 규정에는 큰 차

표 1 자동차용 창유리의 주요 시험 항목

시험 항목	국 명		한 국			미 국		유 럽		
	규 격		KSL 2007			ANSI Z 26.1		ECE R-43		
	유리 종류		L	Z	T	L	T	L	Z	T
가시광선 투과율			○	○	○	○	○	○	○	○
이 중 상			○	○		○		○	○	
투시변형			○	○		○		○	○	
색의 식별			○	○				○	○	
내마모성			○			○	○	○		
내 열 성			○			○	○	○		
내 광 성			○			○	○	○		
내 습 성			○			○	○	○		
인두모형충격(Dummy test)			○	○				○	○	
내관통성(2,260g 강구충격)			○			○		○		
227g 강구충격			○		○	○	○	○		○
파쇄시험				○	○		○		○	○

* L은 접합유리, Z는 부분강화유리, T는 전면강화유리를 나타냄.

이가 없다. 시험규정은 극한상황에서의 내구성을 시험하고 있는데 한국 공업규격의 자동차용 안전유리의 시험규정은 13개 항목이 있으며 그 시험항목중 중요한 것을 표 2에 나타내었다.

4.2.1 충돌시의 안전성

자동차사고시에 탑승자가 유리로부터 받게 되는 부상에 대하여서는 조사하고 있으나 통계적인 data를 얻기에는 많은 노력을 필요로 하기 때문에 머리모형 충격시험 및 실차의 차체와 충돌시험용 인체모형(dummy)을 사용하여 simulation 실험을 하고 있다⁶⁾. simulation 시험에서는 유리로부터 받는 부상으로 1) 두부가 받는 충격의 크기와 2) 안면의 열상(裂傷)이 평가된다. 두부의 충격은 다음의 HIC값(head injury criterion)으로 평가

한다.

$$HIC = \text{Max} \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1)$$

a; 충돌시의 두부의 가속도

(단위 G=980cm/s²)

t₁, t₂; 충돌중의 임의의 시각(단위 sec)

HIC가 1,000을 넘으면 위험해진다. 안면의 부상은 0에서 10까지 나눈 LI(Laceration Index)⁸⁾와 부상의 길이, 깊이 및 개수로 계산하는 TLI(Triplex Laceration Index)⁹⁾로서 표시한다.

지금까지의 시험 결과^{10), 11)}를 종합하면 부분강화 및 보통접합유리의 경우 어느정도 이상의 충돌속도가 되면 두부가 유리를 관통하기 때문에 안면에 현저한 열상이 생기기 쉬

표 2 자동차용 안전유리의 중요시험 검사 표준서

검사항목	검시목적	사용설비	시험방법	합격요건
가시광선 투과율	가시광선투과율의 정도 조사	가시광선투과율 시험기	임사광/투과광의 비를 %로 표시	판정기준 70% 이상
투시변형 시험	전면창의 투시상의 변형 상태조사	Projector Slide Film	투영기-시료-screen 각 4m 간격 유지	시험부위: 8.0±2.3mm 주 위 부: 8.0±6.9mm
내마모성	안전유리가 지녀야 할 최저내마모성 조사	Abrador, Haze meter	마모 wheel CS-10F 1000회전	시험전후 흐림값 2% 이하
내열성	접합유리의 장시간 고온 노출시의 변화 발생 유무 조사	Boiling tank	65℃ 예열조에서 3분간 유지후 100℃ 고열조에서 2시간 유지	가장자리에서 15mm 초과해서 기포나 기타 결점 발생 없어야함.
내광성	장시간 태양광노출에 대한 변화발생 유무 조사	항온항습조	750±50W 수은등 100시간, 230mm간격	위와 같음
내습성	대기중 고습도에 장시간 노출에 대한 변화발생 유무 조사	분광측정기	온도 50±2℃ 습도 95±4% 수직으로 2주유지	위와 같음
내관통성 (머리모형)	머리모형 충격시 접합유리의 관통 저항성 조사	머리모형 충격기 10±0.2kg	낙하높이 4m 내측면이 충격면	머리모형이 시료를 관통해서는 안됨
내충격성	날아오는 물체의 충격에 견딜수 있는 내구접착성 또는 강도유무 조사	Ball dia.38mm 227±2g	외측면이 강구 충격면 낙하높이 40℃ 10m -20℃ 9m	충격 반대편의 분리 파편총량 15g 이하

우나 HPR의 경우는 관통이 극히 어렵기 때문에 안면의 열상은 비교적 경미하다. 사고 조사에 있어서도 HPR접합은 부분강화보다도 안면의 열상과 눈의 부상을 일으키기 어렵다.

4.2.2 날아오는 물체에 대한 안전성

자동차의 주행중에 외부로부터 돌등의 물체가 충돌하여 앞창유리가 깨지는 경우도 있는데 부분강화유리의 경우 앞창에 균열이 생겨 시야가 현저히 나빠지고 유리 조각이 비산하는 것도 있다. 접합유리의 경우는 시야는 매우 나빠지나 유리조각이 비산하는 일은 생기지 않는다. 이의 시험에는 그림 9와 같이 내충격시험을 통해 검사하고 있다.

4.2.3 안전성을 향상시킨 앞창유리

앞창유리의 개량에 의해서 충돌시의 안전성을 향상시키기 위한 연구가 계속되고 있다. 두부충돌시 유리 파편을 될 수록 작게 하여서 열상을 경감할 목적으로 접합유리의 차안쪽의 판에 화학강화유리와 액냉강화유리¹²⁾의 사용이 시험되고 있다. 비용이 높기 때문에 많이 보급되어 있지 않다.

경량화를 위해서 접합유리의 두께를 얇게

하려는 경향이 있으며 박막화는 열상경감에도 어느 정도 효과가 있다는 보고도 있다.

5. 개발동향 및 신제품

5.1 경량화

자동차 경량화의 일환으로서 자동차의 창유리의 박막화가 진행되고 있다. 승용차용 창유리의 경우 앞창강화유리는 이전에는 5mm였으나 현재에는 3.5~4mm가 되었고 더욱이 최근에는 3.1mm로 되는 추세이다. 접합유리는 이전에는 3mm판 2매를 사용하였으나 현재는 2mm+0.76mm중간막 + 2mm가 주류를 이루고 있으며 유럽의 일부에서는 외측 2.5mm+0.76mm중간막 + 1.5mm의 것이 사용되기도 하며 미국에서는 1.8mm + 0.76mm중간막 + 1.8mm의 것이 사용되기 시작했다.

박판화하는 경우에는 강화유리의 경우는 얇은 것은 강화가 어렵기 때문에 제조상의 여러 가지 대책이 필요하다. 또 접합유리의 경우는 날아오는 물체에 대한 강도와 제조 및 사용할 때의 강도를 고려해야 한다.

● 머리모형 충격시험



● 내관통시험



그림 9. 내충격성 시험예

5.2 기능부가와 특수사용에

자동차의 창유리에 각종 기능을 부가하여 안전성 및 쾌적성을 도모한 유리의 제품이 속속 개발되고 있으며 특히 일부 기능제품 즉, 계기표시기능 앞유리와 창문의 광투과율을 인위적으로 자유롭게 조절가능한 소위 smart window 등의 개발이 급진전되고 있다.

5.2.1 발수(water repellent)코팅유리¹³⁾

유리의 표면에 표면에너지가 낮은 물질을 코팅하여 물과 코팅면이 이루는 접촉각을 크게 함으로써 발수성을 나타내어 우천시 운전자의 안전시계 확보 및 오염물질의 부착을 억제시킬수 있는 기능을 부여한 유리이다. 이 유리는 국내외적으로 새로이 개발되는 유리로서 일본의 경우 Toyota와 Nissan차량에 일본 유리업체에서 개발된 유리가 장착되기 시작했으나 국내에는 이제 초보연구 단계로서 아직은 차량의 수명에 비해 내구성이 짧기 때문에 내구성 향상연구를 진행 중이다. 그러나 내년부터 시작되는 고안전차량개발(G-7 과제)과제에 발수유리개발과제가 채택되어 연구가 활발히 진행될 것으로 기대되며 연구 종료시점인 2000년 이전에 국산차에도 장착될 것으로 기대된다. 이 유리가 개발될 경우 우천시에도 wiper가 없이도 운전이 가능하고 시계확보를 확실하게 할수 있기 때문에 안전운행에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

5.2.2 안테나유리

종래의 봉상의 안테나 대신에 앞창접합유리의 점합부에 에나멜 동선을 삽입시키거나, 뒷창유리의 열선의 상부 또는 하부에 전도성 재료를 인쇄 후 열처리(燒付)하여 안테나를 형성한 것으로 그림 10에 나타나 있다. 최근에 보급되기 시작했으며 radio, TV 및 GPS

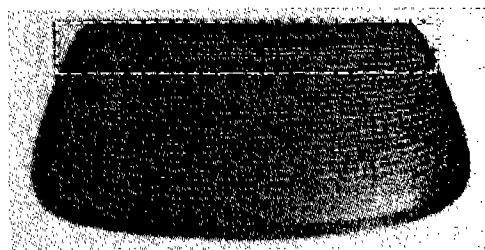


그림 10 안테나유리의 형태

용으로도 개발되고 있다. 외국의 경우 이미 장착되어 실용화되고 있으나 국내의 경우는 내년 이후에나 장착될 것으로 기대된다.

5.2.3 발열코팅유리

유리에 발생한 물방울을 제거하기 위해 유리를 가열시킬수 있게 전도성의 투명다층막을 코팅한 유리¹⁴⁾로서 열선뒷창유리와는 달리 시계를 확보하여 앞창유리로 사용토록 개발된 유리이다. 이 유리는 국내에 수입되는 차종에는 많아 장착되어 있으나 국산차량에는 아직 채용되고 있지않다. 그러나 국내에서도 제조방법의 개발에 대한 연구가 업체 및 연구기관에서 활발히 진행되고 있으며 특히 내년부터 시작되는 고안전차량개발(G-7 과제)과제의 발수유리개발과제에 발열유리도 포함되어 함께 연구가 진행될 예정으로 있다. 이 유리가 발수유리와 같이 개발될 경우 wiper가 없으면서 내부에는 이슬이 맺히질않기 때문에 운전자의 시계확보에 많은 도움을 줄 것으로 기대되어 안전운행에 크게 도움이 될 것이다. 또한 이유리는 열선반사 기능도 함께지니고 있기 때문에 탑승자의 쾌적성 뿐만아니라 airconditioner의 부하도 경감시킬수 있기 때문에 보급이 기대되고 있다.

5.2.4 유리-플라스틱 적층유리¹⁵⁾

앞창유리의 개량에 의해서 충돌시의 안전성을 향상시키기 위한 연구가 계속되고 있다. 두부충돌시 유리 파편을 될 수록 작게 하

여서 열상을 경감할 목적으로 접합유리의 차안쪽의 판에 화학강화유리와 액냉강화유리의 사용이 시험되고 있으며 또한 접합유리등과 같은 안전유리의 차안쪽 판 즉 운전자쪽면에 폴리우레탄(polyuretane)막을 접착시켜 충돌시 안면의 열상을 방지(Anti-laceration) 하기위한 것으로 그림 11과 같은 구조의 것이 개발되어 있다.

5.2.5 계기표시기능 앞유리(Head-up display windshield)

그림 12와 같이 운전상태를 나타내는 계기판의 기능을 앞유리 내면에 반사투영토록하여 운행중 계기판을 읽기위해 시선을 아래로 내릴 필요가없이 전방을 주시하면서 동시에 운전상태를 점검케하여 안전운행을 보장하여 주는 유리로서 다음과 같은 조건을 만족시킨 유리이다.

- 1) 수직임사되는 가시광선 투과율이 70% 이상일 것

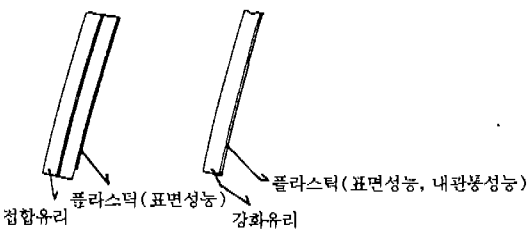


그림 11 열상(裂傷)을 방지(Anti-laceration) 앞창유리 형태도

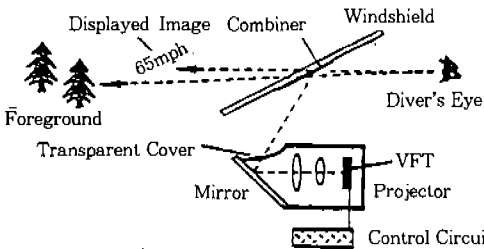


그림 12 계기표시기능 앞창유리(HUD)를 이용한 사용예(광학계)

- 2) 눈의 감도가 가장높은 530nm 파장 부근의 반사율이 25% 이상일 것
- 3) 유리와 동등하거나 그 이상의 내구성을 지닐 것
- 4) 내마모성, 내약품성과 내습성 등의 내구성을 지닐 것

미국 및 일본에서는 이미 실용화되어 있으나 국내에서는 아직 채용되지않고 있다. 그러나 국내 일부 자동차유리업체[16]에서도 개발을 완료하였으며 머지않아 국내에서도 실용화가 될 것으로 기대되고 있다.

5.2.6 태양광조절유리(Solar control glass)

태양광의 투과를 자유로이 조절할수 있어 쾌적한 실내분위기의 연출 및 airconditioner의 부하를 줄일 수 있으며 내장재의 수명도 연장시켜주는 유리로서 지금까지는 1)착색유리¹⁷⁾가 사용되었으나 앞으로는 2)저방사유리를 채용하여 냉방, 난방부하의 절감 및 탑승자의 안락함을 도모하게 될것이며 3)자외선 차단유리¹⁸⁾의 채용으로 운전자의 피부손상방지 및 실내기물의 열화를 방지하며 또한 4)인위적으로 광투과율을 조절할 수 있는 smart window¹⁹⁾의 개발에 따라 창문, sunroof 및 각종 후사경(rearview mirror)에 채용될 것으로 기대된다. 이 중 1)의 유리는 이미 국내 차량에 채용되고 있으며 2), 3)의 유리는 외국차량에는 장착이 되고 있으나 국내차량에는 아직 미장착되고 있다.

특히 4)의 경우는 국내외 모두 개발중으로서 필자의 연구팀에서는 1990년 이후 광가변폭이 5%에서 70% 까지 조절 가능한 대형의 필름형태 제품 제조 기술을 개발²⁰⁾하였으며 1995년도에는 미국 및 유럽특허를 획득했다. 현재는 세계에서 가장 우수하며 실용화에 접근한 시험제품(prototype; 열창, sunroof 및 후사경)을 제작하는 단계로서 일부

완성차 업체와 함께 상업화를 준비중에 있어 1~2년내로 장착차량이 운행될 것으로 예상된다. 이 유리의 특징은 창문을 통해 유입되는 태양 광선의 세기를 조절할 수 있는 기본 기능 이외에 최종 제품을 구성하는 component들의 조합에 의한 자외선 차단 기능이 있으며 근적외선 영역의 빛을 반사함에 의한 실내의 냉·난방 부하 절감의 효과가 있다. 또한 외부로부터의 시계를 차단시키는 privacy 보호 및 쾌적한 환경을 유지할 수 있는 첨단재료이다. 이 유리의 성능에 따른 장점 및 잇점을 정리하면 다음 표 3과 같다.

표 4는 한국유리에서 개발한 smart window 제품특성²¹⁾을 나타낸 것이며 그림 12는

가시광선 투과율 분광곡선을 나타낸 것이다. 그리고 표 5는 각국에서 개발중인 smart window의 성능을 함께 비교해 놓은 것이다.

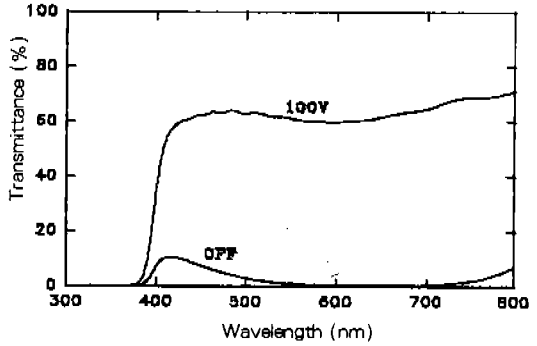


그림 13 한국유리에서 개발한 smart window의 가시광선 투과율 분광곡선

표 3 한국유리가 개발한 smart window의 특징 및 잇점

특 성	장 점	잇 점
태양광 조절	<ul style="list-style-type: none"> ○ 태양광의 효율적 사용 ○ 눈부심 방지 ○ 차양 혹은 커튼 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차광성 용이 ○ 운전 안전성 향상 ○ 비용절감, 시야확보
태양열 조절	<ul style="list-style-type: none"> ○ 열이득 조절 ○ 뜨겁거나 차가운 장소 감소 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 냉·난방 비용절감 ○ 안전성 및 쾌적성 개선
UV 차단	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유해 자외선 노출 최소화 ○ 섬유류의 색상변화 감소 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보다 건강하고 편안한 환경 ○ 씨트, 카펫 수명 연장
새로운 유리특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 디자인의 다양성 제공 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저에너지 비용의 독특한 디자인

표 4 한국유리에서 개발한 smart window의 특성

Properties		Window	Rear-view mirror
Optical Properties (%)	Transmittance or reflectance	Off < 5 ~ 75	Off 10 ~ 65
	Color	Blue Clear	Blue Clear
Response time(msec)	Rise	50 ~ 150	50 ~ 150
	Decay	< 1.0	< 0.5
Electrical	Operating voltage (V)	50 ~ 200	30 ~ 100
	Consumed power (W/m ²)	2 ~ 15	< 2
Temperature limit (°C)		-30 ~ 90	-30 ~ 90
Operating cycles		>10 ⁶	>10 ⁶
Durability (UV resistance)		Good	Good

표 5 각국에서 smart window의 종류 및 기능 비교

조광기술	Suspended Particle (SPD)	액정 (LCD)		Electro-chromic (ECD)	Photo-chromic (PCD)	Thermo-chromic (TCD)
		Capsule	G-H			
원 리	분극입자배향	분극분자배향	분극분자배향	전하이동	광여기	상전이
대표 예	Polarizing particles	Nematic 액정	Nematic + 2색성 색소	WO/EL/PB 유기물	AgCl, 유기물	Mo doped VO _x
구동전압	전압 AC 30~100V	전압 AC 30~100V	전압 AC 3V	전류 1.5V	광 (UV)	열 30~40℃
응답속도 (30×30cm)	100 msec	10 msec	10 msec	~ 1min	~ 5min	~ 3min
태양광 평균 투과율 (%)	5~70	70~80	40~70	5~80	60~80	10~30
광차단성	◎	△	●	◎	●	●
시계 차단성	○	◎	○	○	△	△
최대크기 (m×m)	1×2	1×2	0.3×0.3	0.3×0.6	0.5×1	0.3×0.3
제조비용	○	●	△	△	◎	◎
용도제한성	◎	●	○	○	△	△
개발회사	HGI, RFI, NSG, Sanyo, Glaverbel.	NSG, Asahi, Ford motor	Display panel 제작 업체	Asahi, Gentex Co	PB, Schott	Hoya
기술수준	상업화 준비	상업화	연구	개발	연구	연구

◎ : 우수, ○ : 양호, ● : 보통, △ : 미약

6. 맺음말

자동차의 창면적은 확대되는 경향이 있어 외장재료로서 유리의 중요성은 보다 커지고 있다. 이를 위해 경량화, style에 기여하는 특수 형상, 냉난방부하 경감기능부여, 기능향상과 제품의 다양화의 방향으로 진보가 예상된다. 특히 부가기능이 부여된 첨단유리 즉 발수유리, 발열유리 그리고 국내의 연구진척도가 세계적으로도 선두인 광투과율을 인위적으로 조절가능한 smart window의 개발이 계속됨에 따라 보다 안락하면서 안전한 운전이 될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 한국안전유리주식회사 안전유리 catalogue.
2. British Standards Institution BS-5282.
3. 高津學ほか 窯協誌 84, 27, 1976.
4. E. H. Lee et al., J. Am. Ceram. Soc., 49, 480, 1965.
5. O. S. Narayanaswamy, ibid., 52, 554, 1969.
6. Glass Tempering Asso., Eng. Std. Manual Spec. no. 66-9-20.
7. Federal Motor Vehicle Safety Stan-

- dard no. 205 Glazing materials, Federal resister, vol. 36, 232, 1971.
8. 自動車技術會, 昭和 55年 自動車事故防止事業報告書, 1981年 3月.
 9. J. Pickard et al., 17th conf. Am. Assoc. Automotive Med., Oklahoma city 148, 1973.
 10. 鈴木讓二ほか, 自動車技術, 29, 682, 1975.
 11. 揚 公平, 自動車技術, 30, 929, 1976.
 12. S. E. Kay et al., SAE paper 730969, 1973.
 13. 小林 浩明, 工業材料, 4(8), 38, 1996.
 14. 유병석 외, 한국진공학회지, 4(1), 32, 1995.
 15. 山根正之, ニューガラス(その機能と應用), 日本規格協會, 1989, p. 180
 16. 강보안 외, “헤드업 디스플레이용 컴바이너 개발”, 한국자동차공학회 1996년 재료, 부품부문 학술강연 초록집, p. 13, 1996년 4월.
 17. LOF catalogue.
 18. K. Makita, New ceramics, No. 8, 33, 1996.
 19. U. S. patent 5, 409, 734, 1995.
 20. B. S. Yu et al., Proceedings of 5th Int'l Symposium on New Glass, Tokyo, Japan, 1995, p. 145.
 21. 유병석 외, '94 광자기술 학술회의 초록집, p. 149, 1994.