



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0066580
(43) 공개일자 2017년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B32B 17/06 (2006.01) *C03B 17/02* (2006.01)
C03B 17/06 (2006.01) *C03C 17/02* (2006.01)
C03C 21/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
B32B 17/06 (2013.01)
C03B 17/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7012337

(22) 출원일자(국제) 2015년10월07일
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2017년05월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/054348
(87) 국제공개번호 WO 2016/057590
국제공개일자 2016년04월14일

(30) 우선권주장
62/060,941 2014년10월07일 미국(US)

(71) 출원인
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트
플라자

(72) 발명자
골리아틴, 블라디슬라브 유리에비치
프랑스, 에프-77210 아본, 륬 래미 두몬셀 85
해리스, 제이슨 토마스
미국, 뉴욕 14845, 호스헤드스, 첼시아 코트 305
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
청운특허법인

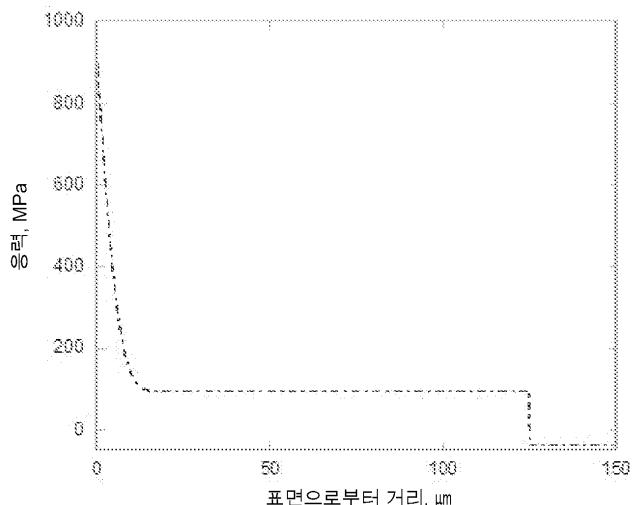
전체 청구항 수 : 총 35 항

(54) 발명의 명칭 결정된 응력 프로파일을 갖는 유리 제품 및 이의 제조 방법

(57) 요 약

적층 유리 제품은 코어 층 및 상기 코어 층에 바로 인접한 클래드 층을 포함한다. 상기 코어 층은 코어 유리 조성물로부터 형성된다. 상기 클래드 층은 클래드 유리 조성물로부터 형성된다. 평균 클래드 열팽창계수 (CTE)는, 클래드 층이 압축하에 있고 코어 층이 인장하에 있도록 평균 코어 CTE보다 작다. 상기 클래드 층의 압축 응력은, 상기 클래드 층의 외부 부분 내에서 클래드 층의 외부 표면으로부터 거리가 멀어질수록 감소하고, 및 외부 부분과 코어 층 사이에 배치된 클래드 층의 중간 부분 내에서 클래드 층의 외부 표면으로부터 거리가 증가함에 따라 실질적으로 일정하게 유지된다. 상기 클래드 층의 중간 부분의 두께는, 클래드 층의 두께의 적어도 약 82%이다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류

C03B 17/064 (2013.01)

C03C 17/02 (2013.01)

C03C 21/002 (2013.01)

(72) 발명자

후, 구양리

미국, 뉴저지 07922, 베클리 하이츠, 리버 벤드 로
드 267

메다, 가우탕

미국, 뉴욕 14830, 코닝, 이스트 포쓰 스트리트 59

바디, 버치 레디

미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 우즈뷰 웨이
101

벤카타라만, 네이트산

미국, 뉴욕 14870, 페인티드 포스트, 타라 플레이
스 3

명세서

청구범위

청구항 1

적층 유리 제품으로,

코어 유리 조성물을 포함하는 코어 층; 및

상기 코어 층에 바로 인접하고, 클래드 유리 조성물을 포함하는 클래드 층을 포함하며, 상기 클래드 층이 압축 하에 있고 상기 코어 층이 인장하에 있도록, 상기 클래드 유리 조성물의 평균 클래드 열팽창계수 (CTE)는 상기 코어 유리 조성물의 평균 코어 CTE 미만이며;

여기서, 상기 클래드 층의 압축 응력은 상기 클래드 층의 외부 부분 내에서 상기 클래드 층의 외부 표면으로부터 거리가 멀어질수록 감소하고; 및

여기서, 상기 클래드 층의 압축 응력은 상기 클래드 층의 외부 부분과 상기 코어 층 사이에 배치된 상기 클래드 층의 중간 부분 내에서 상기 클래드 층의 외부 표면으로부터의 거리가 멀어질수록 실질적으로 일정하게 유지되고, 상기 클래드 층의 중간 부분의 두께는 상기 클래드 층의 두께의 적어도 약 82%인, 적층 유리 제품.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 클래드 층의 외부 부분은 상기 클래드 층의 표면 이온교환 영역을 포함하는, 적층 유리 제품.

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 클래드 층의 외부 부분 내에 클래드 층의 응력 프로파일은 오차 함수를 포함하는, 적층 유리 제품.

청구항 4

청구항 1 내지 3중 어느 한 항에 있어서,

상기 클래드 층의 중간 부분의 두께는 상기 클래드 층의 두께의 최대 약 99.9%인, 적층 유리 제품.

청구항 5

청구항 1 내지 4중 어느 한 항에 있어서,

상기 클래드 층의 외부 표면에서 클래드 층의 압축 응력은 약 400MPa 내지 약 1000MPa인, 적층 유리 제품.

청구항 6

청구항 1 내지 5중 어느 한 항에 있어서,

상기 클래드 층의 중간 부분 내에 클래드 층의 압축 응력은 약 50MPa 내지 약 450MPa인, 적층 유리 제품.

청구항 7

청구항 1 내지 6중 어느 한 항에 있어서,

상기 클래드 층의 외부 부분의 두께는 약 $10\mu\text{m}$ 내지 약 $50\mu\text{m}$ 인, 적층 유리 제품.

청구항 8

청구항 1 내지 7중 어느 한 항에 있어서,

상기 클래드 층의 중간 부분의 두께는 약 $1\mu\text{m}$ 내지 약 $240\mu\text{m}$ 인, 적층 유리 제품.

청구항 9

청구항 1 내지 8중 어느 한 항에 있어서,

상기 클래드 층의 압축 응력은, 클래드 층의 중간 부분과 코어 층 사이에 배치된 클래드 층의 내부 부분 내에서 클래드 층의 외부 표면으로부터 거리가 멀어질수록 증가하는, 적층 유리 제품.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 클래드 층의 내부 부분은 클래드 층의 계면 이온교환 영역을 포함하는, 적층 유리 제품.

청구항 11

청구항 9 또는 10에 있어서,

상기 클래드 층의 내부 부분 내에 클래드 층의 응력 프로파일은 오차 함수를 포함하는, 적층 유리 제품.

청구항 12

청구항 1 내지 11중 어느 한 항에 있어서,

상기 평균 코어 CTE는 평균 클래드 CTE보다 적어도 약 $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 더 높은, 적층 유리 제품.

청구항 13

청구항 1 내지 12중 어느 한 항에 있어서,

상기 클래드 층은 제1 클래드 층과 제2 클래드 층을 포함하고, 상기 코어 층은 상기 제1 클래드 층과 상기 제2 클래드 층 사이에 배치되는, 적층 유리 제품.

청구항 14

유리 제품으로서,

인장 영역; 및

상기 인장 영역에 바로 인접한 내부 표면 및 상기 내부 표면에 대립하는 외부 표면을 포함하는 압축 영역, 압축 영역의 외부 표면으로부터 내측으로 인장 영역을 향하여 외부 층의 깊이 (DOL)까지 연장되는 압축 영역의 외부 부분, 외부 DOL로부터 내측으로 인장 영역을 향하여 중간 DOL까지 연장되는 압축 영역의 중간 부분을 포함하며;

여기서, 상기 압축 영역의 압축 응력 프로파일은 제1 압축 응력 CS₁ 및 CS₁보다 작은 제2 압축 응력 CS₂를 포함하며, 상기 외부 부분의 압축 응력은 외부 표면에서 CS₁이고, 상기 외부 DOL에서 CS₂이며, 상기 중간 부분의 압축 응력은 CS₂에서 실질적으로 일정하고; 및

여기서, 상기 외부 DOL은 상기 압축 영역의 두께의 최대 약 18%인, 유리 제품.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 압축 영역의 외부 부분은 표면 이온교환 영역을 포함하는, 유리 제품.

청구항 16

청구항 14 또는 15에 있어서,

상기 압축 영역의 외부 부분 내에 압축 영역의 압축 응력 프로파일은 오차 함수를 포함하는, 유리 제품.

청구항 17

청구항 14 내지 16중 어느 한 항에 있어서,

상기 외부 DOL과 중간 DOL 사이의 거리는 압축 영역의 두께의 적어도 약 82%인, 유리 제품.

청구항 18

청구항 14 내지 17중 어느 한 항에 있어서,

상기 외부 부분의 압축 응력은, 외부 표면의 CS₁으로부터 외부 DOL의 CS₂까지 연속적으로 감소하는, 유리 제품.

청구항 19

청구항 14 내지 18중 어느 한 항에 있어서,

CS₁은 약 400MPa 내지 약 1000MPa인, 유리 제품.

청구항 20

청구항 14 내지 19중 어느 한 항에 있어서,

CS₂는 약 50MPa 내지 약 450MPa인, 유리 제품.

청구항 21

청구항 14 내지 20중 어느 한 항에 있어서,

상기 외부 DOL은 약 10μm 내지 약 50μm인, 유리 제품.

청구항 22

청구항 14 내지 21중 어느 한 항에 있어서,

상기 중간 DOL은 약 30μm 내지 약 250μm인, 유리 제품.

청구항 23

청구항 14 내지 22중 어느 한 항에 있어서,

상기 중간 DOL로부터 내측으로 인장 영역을 향하여 내부 DOL까지 연장되는 압축 영역의 내부 부분을 더욱 포함하며;

여기서, 상기 압축 영역의 압축 응력 프로파일은, CS₂와 CS₁ 사이의 제3 압축 응력 CS₃를 포함하고, 상기 내부 부분의 압축 응력은 상기 중간 DOL에서 CS₂이고 상기 내부 DOL에서 CS₃인, 유리 제품.

청구항 24

청구항 23에 있어서,

상기 압축 영역의 내부 부분은 계면 이온교환 영역을 포함하는, 유리 제품.

청구항 25

청구항 23 또는 24에 있어서,

상기 압축 영역의 내부 부분 내에 압축 영역의 압축 응력 프로파일은 오차 함수를 포함하는, 유리 제품.

청구항 26

청구항 14 내지 25중 어느 한 항에 있어서,

상기 인장 영역은 코어 유리 조성물을 포함하는 코어 층을 포함하고, 및 상기 압축 영역은 코어 유리 조성물과 다른 클래드 유리 조성물을 포함하는 클래드 층을 포함하는, 유리 제품.

청구항 27

청구항 26에 있어서,

상기 코어 유리 조성물의 코어 열팽창계수 (CTE)는 클래드 유리 조성물의 클래드 CTE보다 적어도 약 $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 더 높은, 유리 제품.

청구항 28

청구항 26 또는 27에 있어서,

상기 압축 영역은 제1 압축 영역과 제2 압축 영역을 포함하고, 상기 인장 영역은 상기 제1 압축 영역과 상기 제2 압축 영역 사이에 배치되는, 유리 제품.

청구항 29

용융된 코어 유리와 용융된 클래드 유리를 접촉시켜 코어 층 및 상기 코어 층에 바로 인접한 클래드 층을 형성시키며, 코어 유리의 코어 열팽창계수 (CTE)가 클래드 유리의 클래드 CTE보다 적어도 약 $10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 높은, 접촉 단계;

적층 유리 제품을 냉각시켜 코어 층에 인장 응력을 및 코어 CTE와 클래드 CTE 사이의 차이로부터 결과하는 클래드 층의 압축 응력을 형성하는, 냉각 단계;

상기 적층 유리 제품을 화학적으로 강화시켜, 상기 외부 DOL로부터 내측으로 상기 코어 층을 향하여 중간 DOL까지 연장되는 상기 클래드 층의 중간 부분에서 압축 응력을 증가시키지 않고, 상기 클래드 층의 외부 표면으로부터 상기 코어 층을 향하여 외부 층의 깊이 (DOL)까지 내측으로 연장되는 클래드 층의 외부 부분에서 압축 응력을 증가시키며, 상기 클래드 층의 중간 부분의 두께가 상기 클래드 층의 두께의 약 82% 내지 약 99.9%인, 화학적 강화 단계를 포함하는, 방법.

청구항 30

청구항 29에 있어서,

상기 클래드 층의 압축 응력 프로파일은 제1 압축 응력 CS₁과 CS₁보다 작은 제2 압축 응력 CS₂를 포함하고, 상기 외부 부분의 압축 응력은, 외부 표면에서 CS₁이고, 외부 DOL에서 CS₂이며, 및 중간 부분의 압축 응력은 CS₂에서 실질적으로 일정한, 방법.

청구항 31

청구항 29 또는 30에 있어서,

상기 코어 층과 상기 클래드 층 사이에 이온 교환을 발생시켜, 상기 중간 DOL로부터 내측으로 상기 인장 영역을 향하여 내부 DOL까지 연장되는 상기 클래드 층의 내부 부분에서 압축 응력을 증가시키는 단계를 더욱 포함하는, 방법.

청구항 32

청구항 31에 있어서,

상기 클래드 층의 압축 응력 프로파일은, 제1 압축 응력 CS₁, 제2 압축 응력 CS₂, 및 CS₂와 CS₁ 사이의 제3 압축 응력 CS₃를 포함하며; 및

상기 외부 부분의 압축 응력은 외부 표면에서 CS₁이고, 외부 DOL에서 CS₂이며, 상기 중간 부분의 압축 응력은 CS₂에서 실질적으로 일정하고, 상기 내부 부분의 압축 응력은 중간 DOL에서 CS₂이고, 내부 DOL에서 CS₃인, 방법.

청구항 33

청구항 1 내지 28중 어느 한 항의 유리 제품을 포함하는 커버, 컬러 필터, 박막 트랜지스터 (TFT), 또는 터치 센서 중 적어도 하나를 포함하는 소비자용 전자 장치.

청구항 34

청구항 1 내지 28중 어느 한 항의 유리 제품을 포함하는 건축용 패널.

청구항 35

청구항 1 내지 28중 어느 한 항의 유리 제품을 포함하는 자동차용 창.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 출원은 2014년 10월 7일자에 출원된 미국 가 특허출원 제62/060,941호의 우선권을 주장하고, 이의 전체적인 내용은 참조로 여기에 혼입된다.
- [0002] 본 개시는 일반적으로 유리 제품에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는 결정된 응력 프로파일을 갖는 강화된 유리 제품에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 유리 제품은, 예를 들어, 커버 유리 (예를 들어, 스마트폰, 태블릿, 랩탑 컴퓨터 및 모니터와 같은 터치-스크린 장치용), 자동차-글레이징, 건축용 패널 및 가전기기를 포함하는, 다양한 제품에 사용될 수 있다. 비교적 큰 흠들 (flaws)은 사용 동안 유리 제품의 표면에 도입될 수 있다. 예를 들어, 스마트폰을 떨어뜨린 결과로서 스마트폰의 커버 유리에 $300\mu\text{m}$ 정도의 흠이 생기는 것으로 관찰되었다. 따라서, 유리 제품은 유리 제품의 기계적 신뢰성을 개선시키기 위해 깊은 흠에 대해 고강도 성능을 갖는 것이 바람직할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 결정된 응력 프로파일을 갖는 유리 제품 및 이러한 유리 제품을 제조하는 방법은 여기에 개시된다.

과제의 해결 수단

- [0005] 코어 층 및 상기 코어 층에 바로 인접한 클래드 층을 포함하는 적층 유리 제품은 여기에 개시된다. 상기 코어 층은 코어 유리 조성물을 포함한다. 상기 클래드 층은 클래드 유리 조성물을 포함한다. 상기 클래드 유리 조성물의 평균 클래드 열팽창계수 (CTE)는, 클래드 층이 압축하에 있고, 코어 층이 장력하에 있도록 코어 유리 조성물의 평균 코어 CTE 미만이다. 상기 클래드 층의 압축 응력은, 상기 클래드 층의 외부 부분 내에서 상기 클래드 층의 외부 표면으로부터 거리가 멀어질수록 감소한다. 상기 클래드 층의 압축 응력은, 상기 클래드 층의 외부 부분과 코어 층 사이에 배치된 클래드 층의 중간 부분 내에서 상기 클래드 층의 외부 표면으로부터 거리가 멀어질수록 실질적으로 일정하게 유지된다. 상기 클래드 층의 중간 부분의 두께는 클래드 층의 두께의 적어도 약 82%이다.
- [0006] 또한, 인장 영역 (tensile region) 및 상기 인장 영역에 바로 인접한 내부 표면 및 상기 내부 표면에 대립하는 외부 표면을 포함하는 압축 영역을 포함하는 유리 제품은 개시된다. 상기 압축 영역의 외부 부분은 압축 영역의 외부 표면으로부터 내측으로 인장 영역을 향해 외부 층의 깊이 (DOL)까지 연장된다. 상기 압축 영역의 중간 부분은 외부 DOL로부터 내측으로 인장 영역을 향해 중간 DOL까지 연장된다. 상기 압축 영역의 압축 응력 프로파일은, 제1 압축 응력 CS₁ 및 제2 압축 응력 CS₂를 포함한다. 상기 외부 부분의 압축 응력은 외부 표면에서 CS₁이고, 외부 DOL에서 CS₂이다. 상기 중간 부분의 압축 응력은 CS₂에서 실질적으로 일정하다.
- [0007] 부가적인 특색들 및 장점들은 이하의 상세한 설명에서 서술될 것이며, 부분적으로는 그 설명으로부터 당업자에게 용이하게 명백할 것이고, 이하 상세한 설명, 청구 범위, 및 첨부된 도면을 포함하는, 여기에 기재된 구체 예를 실시하여 용이하게 인지될 것이다.
- [0008] 전술한 발명의 내용 및 하기 상세한 설명 모두는 단지 대표적인 것이며, 청구 범위의 본질 및 특징을 이해하기 위한 개요 또는 틀거리를 제공하도록 의도된 것으로 이해될 것이다. 첨부된 도면은 또 다른 이해를 제공하기 위해 포함되며, 본 명세서에 혼입되어 본 명세서의 일부를 구성한다. 도면은 하나 이상의 구체 예(들)를 예시하고, 하기 상세한 설명과 함께 다양한 구체 예의 원리 및 작동을 설명하기 위해 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0009]

도 1은 유리 제품의 적층 구조의 대표적인 구체 예의 부분 단면도이다.

도 2는 유리 제품을 형성하는데 사용될 수 있는 형성 장비의 하나의 대표적인 구체 예의 단면도이다.

도 3은 CTE 불일치 단독으로 발생된 대표적인 기계적 응력 프로파일 및 화학적 강화 단독으로 발생된 대표적인 화학적 응력 프로파일을 비교하는 그래프적 예시이다.

도 4는 기계적 강화 및 화학적 강화의 조합에 의해 형성된 대표적인 조합된 응력 프로파일의 그래프적 예시이다.

도 5는 화학적 강화 단독 및 기계적 강화 및 화학적 강화의 조합에 의해 발생된 응력 프로파일에 상응하는 대표적인 보유 강도 프로파일을 비교하는 그래프적 예시이다.

도 6은 기계적 강화, 화학적 강화, 및 압축 영역과 인장 영역 사이에 이온 교환의 조합에 의해 형성된 대표적인 응력 프로파일의 그래프적 예시이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010]

이하 언급은 첨부된 도면에 예시된 대표적인 구체 예들에 대해 상세하게 만들어질 것이다. 가능한 한, 동일한 참조 번호는 동일하거나 유사한 부분을 나타내기 위해 도면 전체에 걸쳐 사용될 것이다. 도면에서 구성요소는 반드시 축척이 아니며, 대신에 대표적인 구체 예의 원리를 예시할 때 강조된다.

[0011]

여기에 사용된 바와 같은, 용어 "평균 열팽창계수", 또는 "평균 CTE"는 0°C 내지 300°C에서 제공된 물질 또는 층의 평균 선형 열팽창계수를 의미한다. 여기에 사용된 바와 같은, 용어 "열팽창계수" 또는 "CTE"는, 특별한 언급이 없는 한, 평균 열팽창계수를 의미한다.

[0012]

화학적으로 강화된 유리는 다양한 소비자용 전자 제품 (예를 들어, 스마트폰, 태블릿 컴퓨터, 개인용 컴퓨터, 올트라북 (ultrabooks), TV 및 카메라)의 커버 유리로 사용된다. 이러한 커버 유리의 파괴는 가전제품을 떨어뜨리는 경우 발생할 수 있다. 이론에 제한되는 것을 원하지는 않지만, 전자 제품을 떨어뜨려 생기는 커버 유리의 두 가지 주된 파손 모드는 휨 파손 (flexure failure) 및 날카로운 접촉 파손인 것으로 믿어진다. 휨 파손은 전자 제품이 떨어지는 지면 또는 다른 표면과 접촉할 때 전자 제품이 받게 되는 동적 하중 (dynamic load)의 결과로서 커버 유리 구부러짐에 의해 유발된다. 날카로운 접촉 파손은, 유리가 거친 표면 (예를 들어, 아스팔트, 화강암, 자갈, 등)에 떨어지는 경우, 커버 유리에 손상을 입히는, 커버 유리 표면에 날카로운 압입 (indentation)에 의해 유발된다. 화학적 강화는, 커버 유리의 표면에 압축 응력을 생성함으로써 휨 파손에 대한 커버 유리의 내성을 현저하게 개선할 수 있다. 그러나, 화학적으로 강화된 커버 유리는 압축 층의 깊이 (예를 들어, 약 80 μm 까지)에 비교된 이러한 접촉에 의해 발생될 수 있는 흠의 깊이 (예를 들어, 약 300 μm 까지) 및 접촉점에서 국부적 압입에 의해 유발된 높은 응력 집중 (stress concentration) 때문에 동적 날카로운 접촉 파손에 취약할 수 있다. 만약 흠이 압축 응력 영역을 통해 침투하도록 충분히 깊다면, 커버 유리는 파손될 수 있다. 커버 유리의 표면 압축 응력의 증가 및/또는 압축 층의 깊이의 증가가 깊은 흠에 의해 유발된 파손에 대한 커버 유리의 내성을 증가시킬 수 있지만, 이를 기술 모두는 또한 커버 유리의 중심 장력을 증가시킨다. 만약 중심 장력이 취약성 한도 (frangibility limit) 이상으로 증가하면, 커버 유리는 취약 거동 (frangible), 또는 극도의 단편화 거동 (fragmentation behavior)을 나타낼 수 있다.

[0013]

다양한 구체 예에서, 유리 제품은 인장 영역 및 상기 인장 영역에 바로 인접한 압축 영역을 포함한다. 예를 들어, 상기 인장 영역은 유리 제품의 코어 층을 포함하고, 상기 압축 영역은 유리 제품의 클래딩 층을 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 상기 압축 영역은 제1 압축 영역 및 제2 압축 영역을 포함하고, 상기 인장 영역은 제1 압축 영역과 제2 압축 영역 사이에 배치된다. 예를 들어, 상기 클래딩 층은 제1 클래딩 층 및 제2 클래딩 층을 포함하고, 상기 코어 층은 상기 제1 클래딩 층과 상기 제2 클래딩 층 사이에 배치된다. 상기 유리 제품은 제1 압축 영역 및 제2 압축 영역 (및 각각의 응력 프로파일)이 서로 거울상이라는 것을 의미하는, 대칭일 수 있다. 선택적으로, 상기 유리 제품은 제1 압축 영역 및 제2 압축 영역이 서로 거울상이 아닌 것을 의미하는, 비대칭일 수 있다. 상기 압축 영역은 인장 영역에 바로 인접한 내부 표면 및 상기 내부 표면에 대립하는 외부 표면을 포함한다. 상기 압축 영역의 외부 부분은 압축 영역의 외부 표면으로부터 내측으로 인장 영역을 향해 외부 층의 깊이 (DOL)까지 연장된다. 상기 압축 영역의 중간 부분은 외부 DOL로부터 내측으로 인장 영역을 향해 중간 DOL까지 연장된다. 상기 압축 응력 영역은 제1 압축 응력 CS₁ 및 CS₁ 미만인 제2 압축 응력 CS₂를 포함하는 결정된 압축

응력 프로파일을 포함한다. 몇몇 구체 예에서, CS₁은 압축 영역의 최대 압축 응력을 포함하고, 및/또는 CS₂는 압축 영역의 최소 압축 응력을 포함한다. 부가적으로 또는 선택적으로, 압축 영역의 외부 부분의 압축 응력을 외부 표면에서 CS₁이고, 및 외부 DOL에서 CS₂이며, 및 중간 부분의 압축 응력은 CS₂에서 실질적으로 일정하다. 예를 들어, 중간 부분의 압축 응력은 중간 부분의 두께 전체에 걸쳐 CS₂의 약 10% 내, 약 5% 내, 약 2% 내 또는 약 1% 내이다. 부가적으로 또는 선택적으로, 압축 영역의 중간 부분 전체에 걸친 응력 프로파일의 기울기 (예를 들어, 단순 선형 회귀를 사용하여 결정된 유리 제품 내의 깊이의 함수에 따른 압축 응력의 선형 추세선 (trend line)의 기울기)가 실질적으로 0이다 (예를 들어, 약 -7MPa/ μm 내지 약 7MPa/ μm , 약 -5MPa/ μm 내지 약 5MPa/ μm , 약 -3MPa/ μm 내지 약 3MPa/ μm , 또는 약 -1MPa/ μm 내지 약 1MPa/ μm). 몇몇 구체 예에서, 압축 응력 영역은 중간 DOL로부터 내측으로 인장 영역을 향해 내부 DOL까지 연장되는 내부 부분을 더욱 포함한다. 결정된 압축 응력 프로파일은 CS₁과 CS₂ 사이인 제3 압축 응력 CS₃을 더욱 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 내부 부분의 압축 응력은 CS₂이거나 또는 중간 DOL에서 CS₂ 또는 내부 DOL에서 CS₃과 실질적으로 동일하다.

[0014]

도 1은 유리 제품 (100)의 하나의 대표적인 구체 예의 단면도이다. 몇몇 구체 예에서, 유리 제품 (100)은 복수의 유리 층을 포함하는 적층 시트를 포함한다. 적층 시트는, 도 1에 나타낸 바와 같은, 실질적으로 평면 (즉, 평탄면) 또는 비-평면 (즉, 곡면)일 수 있다. 다른 구체 예에서, 유리 제품은 형상화된 유리 제품을 포함한다. 예를 들어, 적층 시트는 형상화된 유리 제품을 형성하기 위해 주형 (mold)의 형성 표면과 접촉된다. 유리 제품 (100)은 제1 클래딩 층 (104)과 제2 클래딩 층 (106) 사이에 배치된 코어 층 (102)을 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 제1 클래딩 층 (104) 및 제2 클래딩 층 (106)은 도 1에 나타낸 바와 같이 외부 층이다. 다른 구체 예에서, 제1 클래딩 층 및/또는 제2 클래딩 층은 코어 층과 외부 층 사이에 배치된 중간층이다.

[0015]

코어 층 (102)은 제1 주표면 및 상기 제1 주표면에 대립하는 제2 주표면을 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 제1 클래딩 층 (104)은 코어 층 (102)의 제1 주표면에 융합된다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 제2 클래딩 층 (106)은 코어 층 (102)의 제2 주표면에 융합된다. 이러한 구체 예에서, 제1 클래딩 층 (104)과 코어 층 (102) 사이 및/또는 제2 클래딩 층 (106)과 코어 층 (102) 사이의 계면은, 예를 들어, 코어 층에 각각의 클래딩 층이 부착되도록 첨가되거나 또는 구성된 고분자 내부층, 접착제, 코팅층, 또는 임의의 비-유리 물질과 같은, 임의의 결합 물질이 없다. 따라서, 제1 클래딩 층 (104) 및/또는 제2 클래딩 층 (106)은, 코어 층 (102)에 직접 융합되거나 또는 코어 층 (102)에 바로 인접한다. 몇몇 구체 예에서, 유리 제품은 코어 층과 제1 클래딩 층 사이 및/또는 코어 층과 제2 클래딩 층 사이에 배치된 하나 이상의 중간층을 포함한다. 예를 들어, 중간층은 코어 층과 클래딩 층의 계면에 형성된 중간 유리 층 및/또는 확산 층을 포함한다. 상기 확산 층은 확산 층에 인접한 각 층의 성분을 포함하는 블랜드된 영역 (blended region)을 포함할 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 유리 시트 (100)는 바로 인접한 유리 층들 사이의 계면이 유리-유리 계면인 유리-유리 적층 (예를 들어, 인시튜 융합된 다층 유리-유리 적층)을 포함한다.

[0016]

몇몇 구체 예에서, 코어 층 (102)은 코어 유리 조성물을 포함하고, 제1 및/또는 제2 클래딩 층 (104 및 106)은 코어 유리 조성물과 다른 클래드 유리 조성물을 포함한다. 상기 코어 유리 조성물 및 클래드 유리 조성물은, 여기에 기재된 바와 같이 유리 제품을 화학적으로 강화하기 전에 서로 다르다. 예를 들어, 도 1에 나타낸 구체 예에서, 코어 층 (102)는 코어 유리 조성물을 포함하고, 각각의 제1 클래딩 층 (104) 및 제2 클래딩 층 (106)은 클래드 유리 조성물을 포함한다. 다른 구체 예에서, 제1 클래딩 층은 제1 클래드 유리 조성물을 포함하고, 제2 클래딩 층은 코어 유리 조성물 및/또는 제1 클래드 유리 조성물과 다른 제2 클래드 유리 조성물을 포함한다.

[0017]

유리 제품은, 예를 들어, 퓨전 인발, 다운 인발, 슬롯 인발, 업 인발, 또는 플로우트 공정과 같은, 적절한 공정을 사용하여 형성될 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 유리 제품은 퓨전 인발 공정을 사용하여 형성된다. 도 2는, 예를 들어, 유리 제품 (100)과 같은, 유리 제품을 형성하는데 사용될 수 있는 오버플로우 분배장치 (200)의 하나의 대표적인 구체 예의 단면도이다. 오버플로우 분배장치 (200)는 미국 특허 제4,214,886호에 기재된 바와 같은 형상일 수 있고, 이의 전체적인 내용은 참조로 여기에 혼입된다. 예를 들어, 오버플로우 분배장치 (200)는 하부 오버플로우 분배장치 (220) 및 상기 하부 오보플로우 분배장치 위에 위치된 상부 오버플로우 분배장치 (240)를 포함한다. 하부 오버플로우 분배장치 (220)는 홈통 (222)을 포함한다. 코어 유리 조성물 (224)은 용융되고, 및 점성 상태로 홈통 (222)으로 공급된다. 코어 유리 조성물 (224)은 하기에 더욱 기재된 바와 같이 유리 제품 (100)의 코어 층 (102)을 형성한다. 상부 오버플로우 분배장치 (240)는 홈통 (242)을 포함한다. 클래드 유리 조성물 (244)은 용융되고, 및 점성 상태로 홈통 (242)로 공급된다. 클래드 유리 조성물 (244)는 하기에 더욱 기재된 바와 같이 유리 제품 (100)의 제1 및 제2 클래딩 층 (104 및 106)을 형성한다.

- [0018] 코어 유리 조성물 (224)은 홈통 (222)을 넘치고, 하부 오버플로우 분배장치 (220)의 대립하는 외부 형성 표면 (226 및 228) 아래로 흐른다. 외부 형성 표면 (226 및 228)은 인발 라인 (draw line: 230)에서 수렴한다. 하부 오버플로우 분배장치 (220)의 각각의 외부 형성 표면 (226 및 228) 아래로 흐르는 코어 유리 조성물 (224)의 개별 스트림은, 인발 라인 (230)에서 수렴하고, 여기서 이들은 서로 융합되어 유리 제품 (100)의 코어 층 (102)을 형성한다.
- [0019] 클래드 유리 조성물 (244)은 홈통 (242)을 넘치고, 및 상부 오버플로우 분배장치 (240)의 대립하는 외부 형성 표면 (246 및 248) 아래로 흐른다. 클래드 유리 조성물 (244)은, 클래드 유리 조성물이 하부 오버플로우 분배장치 (220) 주위로 흐르고 및 하부 오버플로우 분배장치의 외부 형성 표면 (226 및 228) 위로 흘러 코어 유리 조성물 (224)과 접촉하도록, 상부 오버플로우 분배장치 (240)에 의해 외측으로 편향된다. 클래드 유리 조성물 (244)의 개별 스트림은, 하부 오버플로우 분배장치 (220)의 각각의 외부 형성 표면 (226 및 228) 아래로 흐르는 코어 유리 조성물 (224)의 각각의 개별 스트림에 융합된다. 인발 라인 (230)에서 코어 유리 조성물 (224)의 스트림이 수렴될 때, 클래드 유리 조성물 (244)은 유리 제품 (100)의 제1 및 제2 클래딩 층 (104 및 106)을 형성한다.
- [0020] 몇몇 구체 예에서, 접성 상태의 코어 층 (102)의 코어 유리 조성물 (224)은 접성 상태의 제1 및 제2 클래드 층 (104, 106)의 클래드 유리 조성물 (244)과 접촉하여 적층 시트를 형성한다. 몇몇 이러한 구체 예에서, 적층 시트는, 도 2에 나타낸 바와 같은 하부 오버플로우 분배장치 (220)의 인발 라인 (230)에서 떠나 이동하는 유리 리본의 일부이다. 유리 리본은, 예를 들어, 중력 및/또는 풀링 롤러들 (pulling rollers)을 포함하는, 적절한 수단에 의해 하부 오버플로우 분배장치 (220)에서 떠나 인발될 수 있다. 유리 리본은 하부 오버플로우 분배장치 (220)에서 떠나 이동하면서 냉각된다. 유리 리본은 잘라내어 이로부터 적층 시트를 분리시킨다. 따라서, 적층 시트는 유리 리본으로부터 절단된다. 유리 리본은, 예를 들어, 스코링 (scoring), 벤딩, 열 충격, 및/또는 레이저 절단과 같은, 적절한 기술을 사용하여 잘라낼 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 유리 제품 (100)은 도 1에 나타낸 바와 같은 적층 시트를 포함한다. 다른 구체 예에서, 적층 시트는 유리 제품 (100)을 형성하기 위해 더욱 가공 (예를 들어, 절단 또는 몰딩)될 수 있다.
- [0021] 비록 도 1에 나타낸 유리 제품 (100)이 3층을 나타낼지라도, 다른 구체 예들은 본 개시에 포함된다. 다른 구체 예에서, 유리 제품은, 둘, 넷 또는 그 이상의 층과 같은, 결정된 층의 수를 가질 수 있다. 예를 들어, 두 층을 포함하는 유리 제품은 두 층이 오버플로우 분배장치의 각각의 인발 라인에서 떠나 이동하면서 결합되도록 위치된 두 개의 오버플로우 분배장치를 사용하거나 또는 두 유리 조성물이 오버플로우 분배장치의 대립하는 외부 형성 표면 위로 흐르고 및 오버플로우 분배장치의 인발 라인에 수렴하도록 분리된 홈통을 갖는 단일 오버플로우 분배장치를 사용하여 형성될 수 있다. 넷 이상의 층을 포함하는 유리 제품은 부가적인 오버플로우 분배장치를 사용하여 및/또는 분리된 홈통을 갖는 오버플로우 분배장치를 사용하여 형성될 수 있다. 따라서, 결정된 수의 층들을 갖는 유리 제품은 오버플로우 분배장치를 변형시켜 형성될 수 있다.
- [0022] 몇몇 구체 예에서, 유리 제품 (100)은 적어도 약 0.05mm, 적어도 약 0.1mm, 적어도 약 0.2mm, 또는 적어도 약 0.3mm의 두께를 포함한다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 유리 제품 (100)은 많아야 약 3mm, 많아야 약 2mm, 많아야 약 1.5mm, 많아야 약 1mm, 많아야 약 0.7mm, 또는 많아야 약 0.5mm의 두께를 포함한다. 예를 들어, 유리 제품은 약 0.1mm 내지 약 3mm, 약 0.1mm 내지 약 1mm, 또는 약 0.3mm 내지 약 0.7mm의 두께를 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 코어 층 (102)의 두께 대 유리 제품 (100)의 두께의 비는 적어도 약 0.5, 적어도 약 0.7, 적어도 약 0.8, 적어도 약 0.85, 적어도 약 0.9, 또는 적어도 약 0.95이다. 몇몇 구체 예에서, 제2층 (예를 들어, 각각의 제1 클래딩 층 (104) 및 제2 클래딩 층 (106))의 두께는 약 0.01mm 내지 약 0.3mm이다.
- [0023] 몇몇 구체 예에서, 유리 제품 (100)은 기계적으로 강화된다. 예를 들어, 제1 및/또는 제2 클래딩 층 (104 및 106)의 클래드 유리 조성물은 코어 층 (102)의 코어 유리 조성물과 다른 평균 열팽창계수 (CTE)를 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 제1 및 제2 클래딩 층 (104 및 106)은 코어 층 (102)보다 더 낮은 평균 CTE를 갖는 유리 조성물로부터 형성된다. CTE 불일치 (즉, 제1 및 제2 클래딩 층 (104 및 106)의 평균 CTE와 코어 층 (102)의 평균 CTE 사이의 차이)는 유리 제품 (100)의 냉각 시 클래딩 층에서의 압축 응력 및 코어 층에서의 인장 응력의 형성을 결과한다.
- [0024] 몇몇 구체 예에서, 코어 층 (102)의 평균 CTE 및 제1 및/또는 제2 클래딩 층들 (104 및 106)의 평균 CTE는 적어도 약 $5 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 적어도 약 $15 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 적어도 약 $25 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 또는 적어도 약 $30 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 만큼 다르다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 코어 층 (102)의 평균 CTE 및 제1 및/또는 제2 클래딩 층 (104 및 106)의 평균 CTE는

많아야 약 $100 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $75 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $50 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $40 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $30 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $20 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 또는 많아야 약 $10 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 만큼 다르다. 몇몇 구체 예에서, 클래드 유리 조성물은 많아야 약 $66 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $55 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $50 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $40 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 또는 많아야 약 $35 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 의 평균 CTE를 포함한다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 클래드 유리 조성물은 적어도 약 $10 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 적어도 약 $15 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 적어도 약 $25 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 또는 적어도 약 $30 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 의 평균 CTE를 포함한다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 코어 유리 조성물은 적어도 약 $40 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 적어도 약 $50 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 적어도 약 $55 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 적어도 약 $65 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 적어도 약 $70 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 적어도 약 $80 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 또는 적어도 약 $90 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 의 평균 CTE를 포함한다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 코어 유리 조성물은 많아야 약 $120 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $110 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $100 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $90 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 많아야 약 $75 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, 또는 많아야 약 $70 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 의 평균 CTE를 포함한다.

[0025]

몇몇 구체 예에서, 유리 제품 (100)은 화학적으로 강화된다. 예를 들어, 유리 제품 (100)은 이온 교환 처리를 사용하여 강화되어 유리 제품의 외부 표면 (예를 들어, 여기에 기재된 바와 같은 압축 영역의 외부 부분) 근처의 유리 제품의 영역에서 압축 응력을 증가시킨다. 몇몇 구체 예에서, 이온 교환 처리는 유리 제품 (100)의 하나 이상의 표면에 이온 교환 매체를 적용시키는 단계를 포함한다. 이온 교환 매체는 유리 매트릭스 내에 더 작은 이온과 교환될 더 큰 이온을 포함하는 용액, 페이스트, 젤, 또는 또 다른 적절한 매체를 포함한다. 예를 들어, 유리 제품 (100)의 압축 충은 알칼리 알루미노실리케이트 유리를 포함한다. 따라서, 유리의 표면층의 더 작은 이온 및 이온 교환 매체의 더 큰 이온은 일가 알칼리 금속 양이온 (예를 들어, Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , 및/또는 Cs^+)이다. 선택적으로, 유리 제품 (100) 내에 일가 양이온은 알칼리 금속 양이온 (예를 들어, Ag^+ 또는 이와 유사한 것)외에 일가 양이온으로 대체될 수 있다. 몇몇 구체 예에서, 이온 교환 매체는 용융염 용액을 포함하고, 이온 교환 처리는 유리 매트릭스 내에 더 작은 이온 (예를 들어, Na^+ 및/또는 Li^+)과 교환될 더 큰 이온 (예를 들어, K^+ 및/또는 Na^+)을 포함하는 용융염 용조에 적층 유리 제품을 침지시키는 단계를 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 용융염 용조는 더 큰 알칼리 금속 이온의 염 (예를 들어, 질산염, 황산염, 및/또는 염화물)을 포함한다. 예를 들어, 용융염 용조는 용융 KNO_3 , 용융 NaNO_3 , 또는 이의 조합을 포함한다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 용융염 용조의 온도는 약 380°C 내지 약 450°C 이고, 침지 시간은 약 2 hours 내지 약 16 hours이다. 유리 제품 (100)의 표면에서 유리 매트릭스 내에 더 작은 이온을 더 큰 이온으로 대체시켜, 압축 충의 압축 응력은 유리 제품의 외부 표면 근처에서 증가된다.

[0026]

도 3은 CTE 불일치 단독으로 발생된 대표적인 기계적 응력 프로파일 (302) 및 화학적 강화 단독에 의해 발생된 대표적인 화학적 응력 프로파일 (304)를 비교하는 그래프적 예시이다. 응력 프로파일은 유리 제품 내에 깊이의 함수에 따른 응력에 의해 나타낸다. 유리 제품의 외부 표면으로부터 거리로서 제공된, 유리 제품 내에 깊이는, x-축에 플롯되고, 응력은 y-축 상에 플롯된다.

[0027]

기계적 응력 프로파일 (302)과 관련하여, 압축 영역 (예를 들어, 클래드 층)은 약 $50 \mu\text{m}$ 의 두께, 및 약 150MPa의 제1 압축 응력을 갖는다. 기계적 응력 프로파일 (302)는 계단 함수 (step function)이다. 따라서, 압축 응력은 압축 영역 전체에 걸친 표면 압축 응력에서 실질적으로 일정하며, 응력은 압축 영역 및 인장 영역 사이에 계면 (예를 들어, 클래드 층 및 코어 층 사이의 계면)에서의 계단형 변화로서 표면 압축 응력으로부터 최대 인장 응력으로 전이한다 (transitions).

[0028]

화학적 응력 프로파일 (304)과 관련하여, 압축 영역은 약 $80 \mu\text{m}$ 의 DOL까지 연장되고, 약 900MPa의 표면 압축 응력을 갖는다. 응력은 압축 영역의 외부면에서 표면 압축 응력으로부터 인장 영역 내에 최대 인장 응력까지 연속적으로 전이한다. 따라서, 기계적 응력 프로파일 (302)과 대조적으로, 화학적 응력 프로파일 (304)은 일정한 압축 응력의 영역 또는 압축 응력 영역 및 인장 영역 사이에 계단형 변화를 갖지 않는다.

[0029]

몇몇 구체 예에서, 유리 제품 (100)은 기계적 강화 및 화학적 강화의 조합에 의해 강화된다. 예를 들어, 여기에 기재된 바와 같은 CTE 불일치를 포함하는 유리 제품 (100) (예를 들어, 유리 적층)은 압축 층의 외부 표면 근처에 압축 응력을 더욱 증가시키도록 화학적으로 강화된다. 도 4는 기계적 강화 및 화학적 강화의 조합에 의해 형성된 대표적인 조합된 응력 프로파일의 그래프적 예시이다. 유리 제품의 응력 프로파일은, 예를 들어, 복굴절계 측정 기술 또는 굴절된 근-거리장 (RNF) 기술의 사용을 포함하는, 임의의 적절한 기술을 사용하여 측정될 수 있

다. 응력 측정을 위한 대표적인 표준은, 예를 들어, ASTM C1422 및 ASTM C1279를 포함한다. 응력 프로파일은 유리 제품 내에 깊이의 함수에 따른 유리 제품 (100) 내에 응력을 포함한다. 유리 제품의 외부 표면으로부터 거리로 제공된, 유리 제품 (100) 내에 깊이는 x-축 상에 플롯되고, 응력은 y-축 상에 플롯된다. 유리 제품 내에 깊이는 층의 깊이 (DOL)로 여기에 언급될 수 있다. 압축 응력은 양의 y-축 상에 나타내고, 인장 응력은 음의 y-축 상에 나타낸다. 그러나, 여기에 기재된 압축 및 인장 응력의 값은 응력의 절대값을 의미한다. 따라서, 인장 응력은 음의 값이 아니라 양의 값으로 여기에 제공된다. 도 4가 (예를 들어, 하나의 클래드 층 및 코어 층의 일부를 통한) 유리 제품의 두께의 일부를 통한 유리 제품 (100)의 응력 프로파일의 일부만을 예시하고 있다는 것을 인정될 것이다. 대칭 유리 제품의 경우, 유리 제품의 두께의 나머지 부분을 통한 응력 프로파일은 도 4에 나타낸 응력 프로파일의 예시된 부분의 거울상이다. 도 4에 나타낸 실시 예에서, 압축 영역 (예를 들어, 클래드 층)은 약 125 μm 의 두께, 약 900MPa의 제1 압축 응력 및 약 100MPa의 제2 압축 응력을 갖는다. 압축 응력 영역은 압축 영역의 외부 표면으로부터 내측으로 인장 영역을 향하여 외부 DOL까지 연장하는 외부 부분, 및 외부 DOL로부터 내측으로 인장 영역을 향하여 중간 DOL까지 연장하는 중간 부분을 포함한다. 몇몇 구체 예에서, 압축 영역의 외부 부분은 표면 이온교환된 영역을 포함하고, 여기서 유리 조성물 프로파일 및/또는 응력 프로파일은, 적어도 일부에서, 유리 매트릭스로 더 큰 이온의 확산에 의해 및 이온 교환 영역 내에서 유리 매트릭스 밖으로 더 작은 이온의 확산에 의해 (예를 들어, 여기에 기재된 바와 같이 이온 교환 처리에 적층 유리 제품을 적용시켜) 발생된다. 예를 들어, 표면 이온교환된 영역은 그것이 이온 교환 처리에 의해 적어도 부분적으로 발생되었음을 나타내는 특정 형태를 갖는 응력 프로파일을 갖는 것으로 확인될 수 있다 (예를 들어, 오차 함수 (error function)). 부가적으로, 또는 선택적으로, 표면 이온교환된 영역은 유리 제품의 표면에서 영역으로 확인될 수 있고, 여기서 압축 응력은, 압축 영역의 중간 부분 내에 실질적으로 일정한 압축 응력과 비교하여, 유리 제품 내의 깊이의 함수에 따라 감소한다. 도 4에 나타낸 실시 예에서, 외부 DOL은 약 10 μm 이고, 중간 DOL은 약 125 μm 이다. 따라서, (외부 DOL에 의해 나타낸) 압축 영역의 외부 부분의 두께는 클래드 층 또는 압축 영역의 두께의 약 8%이고, 및 압축 영역의 중간 부분의 두께는 클래드 층 또는 압축 영역의 두께의 약 92%이다. 몇몇 구체 예에서, 압축 영역의 외부 부분의 두께는, 압축 영역의 두께의 많아야 약 18%, 많아야 약 16%, 많아야 약 14%, 많아야 약 12%, 많아야 약 10%, 많아야 약 8%, 많아야 약 6%, 많아야 약 4%, 또는 많아야 약 2%이다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 압축 영역의 외부 부분의 두께는, 압축 영역의 두께의 적어도 약 0.1%, 적어도 약 0.5%, 또는 적어도 약 1%이다. 몇몇 구체 예에서, 압축 영역의 중간 부분의 두께는 압축 영역의 두께의 적어도 약 82%, 적어도 약 84%, 적어도 약 86%, 적어도 약 88%, 적어도 약 90%, 적어도 약 92%, 적어도 약 94%, 적어도 약 96%, 또는 적어도 약 98%이다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 압축 영역의 중간 부분의 두께는, 압축 영역의 두께의 많아야 약 99.9%, 많아야 약 99.5%, 또는 많아야 약 99%이다. 압축 영역의 외부 부분의 두께를 제한하거나, 또는 압축 영역의 중간 부분의 두께를 증가시키는 것은, (예를 들어, 상대적으로 높은 표면 압축 응력, 상대적으로 두꺼운 압축 응력 영역 또는 깊은 총 DOL, 및 압축 응력 프로파일 곡선 하에서의 상대적으로 낮은 구역을 제공함으로써) 여기에 기재된 바와 같은 유리 제품 내에서 개선된 보유 강도 및 상대적으로 낮은 인장 응력의 조합을 가능하게 할 수 있다.

[0030] 도 4에 나타낸 실시 예에서, 압축 응력은, 압축 영역의 외부 표면에서 제1 압축 응력으로부터 외부 DOL에서 제2 압축 응력까지 급하고 연속적으로 감소하고, 외부 DOL로부터 내부 DOL까지 제2 압축 응력에서 실질적으로 일정하게 유지되며, 및 그 다음 압축 영역과 인장 영역 사이에 계면에서 계단형 변화로 제2 압축 응력으로부터 최대 인장 응력까지 전이된다. 도 4에 나타낸 구체 예에서, 중간 DOL은 클래드 층의 두께와 동일하다. 다른 구체 예에서, 중간 DOL은 클래드 층의 두께 미만이다.

[0031] 몇몇 구체 예에서, 유리 제품 (100)은 클래드 층의 중간 부분에서 압축 응력을 증가시키지 않고 클래드 층의 외부 부분에 압축 응력을 증가시키도록 화학적으로 강화된다. 따라서, 화학적 강화는 압축 층의 전체 두께 미만이 화학적으로 강화되고, 압축 층이, 화학적 강화 후에, 여기에 기재된 바와 같이, 실질적으로 일정한 압축 응력을 갖는 중간 부분을 포함하는 방식으로 수행된다. 예를 들어, 화학적 강화가 수행되는 시간 및/또는 화학적 강화가 수행되는 온도는 이온 교환 영역의 깊이를 제한하기 위해 제한될 수 있다.

[0032] 유리 제품의 보유 강도는 유리 제품의 응력 프로파일에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 보유 강도는 유리 제품의 표면으로부터 특정한 깊이까지 연장된 흄을 형성하고, 그 다음 흄의 형성 후에 유리 제품의 강도를 결정하여 결정된다. 강도는, 예를 들어, (예를 들어, ASTM C1499-09에 기재된 바와 같은) 링-온-링 시험 방법, 볼-온-링 시험 방법, 3-점 굽힘 시험 방법, 4-점 굽힘 시험 방법, 또는 또 다른 적절한 방법 또는 기술을 사용하여 결정된 유리 제품의 휨 강도 (flexural strength)이다. 이러한 보유 강도 결정은 유리 제품의 응력 프로파일에 기초하여 과단 역학 시뮬레이션 (fracture mechanics simulation)을 사용하여 수행될 수 있다. 도 5는 화학적 강화 단독 및 기계적 강화 및 화학적 강화의 조합에 의해 발생된 응력 프로파일에 상응하는 대표적인 보유 강도

프로파일을 비교하는 그래프적 예시이다. 보유 강도 프로파일은 흠 크기의 함수에 따른 보유된 강도에 의해 나타낸다. 흠이 연장된 유리 제품의 외부 표면으로부터의 거리로 제공된, 흠 크기는 x-축 상에 플롯되고, 보유 강도는 y-축 상에 플롯된다. 화학적 보유 강도 프로파일 (504)은 도 3에 나타낸 화학적 응력 프로파일 (304)에 기초한 파단 역학 시뮬레이션을 사용하여 발생되고, 조합된 보유 강도 프로파일 (506)은 도 4에 나타낸 조합된 응력 프로파일에 기초한 파단 역학 시뮬레이션을 사용하여 발생된다.

[0033] 도 5에 나타낸 바와 같이, 화학적 보유 강도 프로파일 (504) 및 조합된 보유 강도 프로파일 (506) 각각은, 상대적으로 얕은 흠 (예를 들어, 약 $10\mu\text{m}$ 미만)의 결과로 유리 제품의 파괴를 피하는데 도움이 될 수 있는, 유리 제품의 외부 표면 근처에서 상대적으로 높은 보유 강도 (예를 들어, 약 200MPa)를 포함한다. 그러나, 조합된 보유 강도 프로파일 (506)은 유리 제품 내로 더 깊은 화학적 보유 강도 프로파일 (504)보다 더 높은 보유 강도를 유지한다. 예를 들어, 조합된 보유 강도 프로파일 (506)의 보유 강도는, 상대적으로 깊은 흠의 결과로서 유리 제품의 파괴를 피할 수 있는, 약 $70\mu\text{m}$ 내지 약 $300\mu\text{m}$ 의 흠 크기에 대해 화학적 보유 강도 프로파일 (504)의 보유 강도보다 더 높다. 전자 장치 (예를 들어, 스마트폰)를 떨어뜨린 결과로 커버 유리에 도입된 흠은 일반적으로 약 $70\mu\text{m}$ 내지 약 $300\mu\text{m}$ 의 흠 크기를 갖는다. 따라서, 이러한 흠 크기로부터 결과하는 파괴에 대한 개선된 내성은, 보유 강도 프로파일 (504)과 비교하여 조합된 보유 강도 프로파일 (506)과 유사한 보유 강도 프로파일을 포함하는 커버 유리에 대해 개선된 낙하 성능으로 변형된다. 게다가, 큰 흠으로부터 결과하는 파괴에 대한 개선된 내성은 보유 강도 프로파일 (504)과 비교하여 인장 영역의 최대 인장 응력을 실질적으로 증가시키지 않고 조합된 보유 강도 프로파일 (506)에 의해 달성될 수 있다. 예를 들어, 압축 응력을 압축 영역 내로 (예를 들어, 중간 부분에 걸쳐) 상대적으로 깊게 상대적으로 일정한 수준으로 유지하는 것은, 상대적으로 깊은 흠에 의해 유발된 파괴에 대해 보호를 제공하면서 상대적으로 낮은, 인장 영역에서 최대 인장 응력과 비례하는, 응력 프로파일 곡선의 압축 부분 아래의 구역을 유지하는 데 도움이 될 수 있다. 따라서, 최대 인장 응력을 취약성 한도 아래로 유지될 수 있다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 외부 DOL과 중간 DOL 사이에 거리 (즉, 압축 영역의 중간 부분의 두께)는, 수용할 수 없는 수준 (예를 들어, 취약성 한도 이상)까지 최대 인장 응력을 증가시키지 않고 (예를 들어, 큰 흠으로부터 결과하는 파괴에 대한 개선된 내성을 달성하기 위해) 유리 제품으로 깊게 상대적으로 높은 압축 응력을 유지하기에 충분히 크다.

[0034] 몇몇 구체 예에서, 유리 제품은 압축 영역과 인장 영역 사이에 이온 교환에 의해 강화되어, 압축 영역의 중간 부분에 비해 증가된 압축 응력을 갖고 및 인장 영역에 인접한 압축 영역의 내부 부분을 형성한다. 예를 들어, 유리 제품 (100)은 제1 클래드 층 (104) 및/또는 제2 클래드 층 (106)과 코어 층 (102) 사이에 이온 교환에 의해 강화된다. 몇몇 구체 예에서, 압축 영역의 내부 부분은 계면 이온교환된 영역을 포함하고, 여기서, 유리 조성물 프로파일 및/또는 응력 프로파일은, 적어도 일부에서, 유리 매트릭스로 더 큰 이온의 확산 및 계면 이온교환 영역 내에서 유리 매트릭스 밖으로 더 작은 이온의 확산에 의해 (예를 들어, 여기에 기재된 바와 같이 클래드 층과 코어 층 사이에 이들 사이의 계면에서 이온교환시켜) 발생된다. 예를 들어, 계면 이온교환 영역은 이것이 이온 교환에 의해 적어도 부분적으로 발생되었음을 나타내는 특정 형태를 갖는 응력 프로파일을 갖는 것으로 확인될 수 있다 (예를 들어, 오차 함수). 부가적으로, 또는 선택적으로, 계면 이온교환 영역은, 압축 영역의 중간 부분 내에 실질적으로 일정한 압축 응력과 비교하여, 압축 응력이 유리 제품 내의 깊이의 함수에 따라 증가하는 압축 영역과 인장 영역 사이에 계면에서 영역으로 확인될 수 있다.

[0035] 몇몇 구체 예에서, 제1 클래드 층 (104) 및/또는 제2 클래드 층 (106)은 상대적으로 낮은 CTE의, 이온-교환 가능한 유리 조성물을 포함하고, 및 코어 층 (102)은 상대적으로 높은 CTE의, 이온 교환 가능한 유리 조성물을 포함한다. 적절한 유리 조성물은 미국 특허출원 공개 제2014/0141217호에 기재된 것들을 포함할 수 있고, 이의 전체적인 내용은 참조로 여기에 혼입된다. 이러한 유리 조성물의 예로는 표 1에 나타내며, 여기서 IX410-8은 410 °C에서 8시간 동안 이온교환된 것을 나타내며, CS는 압축 응력을 나타내고, DOL은 층의 깊이를 나타낸다. 몇몇 구체 예에서, 코어 유리는 유리 제품의 기계적 강화를 위한 충분히 높은 CTE 및 계면 이온-교환을 위한 충분한 K₂O 농도를 포함한다.

표 1

대표적인 저 CTE 이온-교환 가능한 클래드 유리 조성물

(Mol%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	63.3	62.67	64.8	63.3	65.3	64.34	62.03	63.3	61.8	64.3
Al ₂ O ₃	11.4	11.29	10.94	11.4	11.4	11.59	11.17	11.4	12.15	11.58

B ₂ O ₃	9.2	9.11	8.82	9.2	7.2	7.7	9.02	9.2	9.2	9.34
P ₂ O ₅					0					
MgO	5.3	5.25	5.08	5.3	5.3	5.39	5.19	3.8	5.3	5.38
CaO	4.7	4.65	4.51	1.7	3.7	4.78	4.61	4.7	4.7	3.2
BaO	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Li ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	4.2	4.16	4.03	7.2	6.2	4.27	4.12	5.7	4.95	4.27
K ₂ O	1.8	1.78	1.73	1.8	0.8	1.83	1.76	1.8	1.8	1.83
SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ZrO ₂	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
변형점	588	591	587	558	599	598	581	574	580	587
어닐링점	639	644	639	608	649	650	624	623	631	640
연화점	879	874	882	852	890.8	888	835	860	862	888
CTE	50.7	50	49	60.5	52	50.9	57	55.2	53.7	48.7
밀도	2.395	2.422	2.387	2.379	2.403	2.405	2.447	2.395	2.404	2.377
IX410-8 CS (31.8)	315	412	306	517	446	316	316	412	364	318
IX410-8 DOL (L)	8	12	9	21	8	8	25	12	8	9

[0037] 표 1: 대표적인 저 CTE 이온-교환 가능한 클래드 유리 조성물 (계속)

(Mo1%)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
SiO ₂	62.03	61.8	63.3	63.3	63.3	62.25	62.31	63.3	62.0	64.3	62.6
Al ₂ O ₃	11.17	11.87	11.4	11.4	11.4	11.21	11.22	11.4	11.1	11.4	11.2
B ₂ O ₃	9.02	9.58	9.2	9.2	9.2	10.7	9.06	9.2	9.02	8.2	9.11
P ₂ O ₅			0							0	
MgO	5.19	5.52	5.3	5.3	4.24	5.21	5.22	5.3	5.19	5.3	5.25
CaO	4.61	4.89	4.7	4.7	3.76	4.62	4.63	3.7	4.61	3.7	4.65
BaO	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Li ₂ O	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	4.12	4.37	5.2	3.2	6.93	4.13	5.7	6.2	4.12	6.2	4.16
K ₂ O	1.76	1.87	0.8	1.8	1.07	1.77	1.77	0.8	1.76	0.8	1.78
SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ZrO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
변형점	580	582	584	583	566	576	570	570	598	592	581
어닐링점	628	632	635	630	613	626	618	612	650	642	624
연화점	821.8	862	867	861.7	840.5	856	843	822.4	878	877.9	841.1
CTE	54.8	51.6	49.1	48.4	57.8	51.2	56.4	59	48.8	51.4	57.7
밀도	2.503	2.404	2.397	2.4	2.397	2.385	2.413	2.404	2.45	2.399	2.41
IX410-8 CS(31.8)	645	325	361	370	561	308	418	453	323	436	304
IX410-8 DOL (L)	10	8	6	8	12	8	12	30	7	8	26

[0038]

표 1: 대표적인 저 CTE 이온-교환 가능한 클래드 유리 조성물 (계속)

(Mo1%)	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
SiO ₂	64. 38	63.3 3	63. 3	63.3 3	63.3 3	62.6 7	63. 3	62.3	63.3	63.3	63.3	66.3
Al ₂ O ₃	9.9	11.4	11. 4	11.4	11. 4	11.4	11. 9	11. 4	11.2	11.4	11.4	11.4
B ₂ O ₃	9.3 6	9.2	9.2	9.2	9.2	9.11	9.2	9.06	9.2	9.2	9.2	6.2
P ₂ O ₅					0					0	0	0
MgO	5.3 9	4.24	6.0 6	5.3	5.3	5.25	5.3	5.22	5.3	5.3	5.3	5.3
CaO	4.7 8	3.76	5.3 7	3.2	4.2	4.7	4.65	4.2	6.2	3.7	4.7	3.7
BaO	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Li ₂ O	0	0	0	0	0	4.1	0	0	0	0	2.1	0
Na ₂ O	4.2 7	6.9	3.9 6	5.7	5.2	0.1	4.16	5.2	4.13	6.2	2.1	6.2
K ₂ O	1.8 3	1.07	0.6 1	1.8	1.3	1.8	1.78	1.3	1.77	0.8	1.8	0.8
SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ZrO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
변형점	576	592	593	570	576	567	584	580	584	574	575	608
어닐링점	625	635	637	621	619	612	631	628	633	624	622	659
연화점	860	800. 6	853 .2	862	843	831. .1	850. .2	859 .5	860	849.4	848.9	906.2
CTE	52. 4	63.4	53. 6	53.4	59	45	51.8	51. 9	52.3	52	46.4	51
밀도	2.3 9	2.40 6	2.4 44	2.38 8	2.3 97	2.39 6	2.44 7	2.3 99	2.41 4	2.394	2.399	2.403
IX410-8 CS(31.8)	317	489	318	412	379	357	396	476	269	529	369	440
IX410-8 DOL (L)	13	27	16	14	30	11	8	8	7	6	8	9

[0040] 코어 유리 조성물로서 사용될 수 있는 대표적인 유리 조성물 및 유리 조성물의 다양한 특성은 표 2 내지 표 9에 나타낸다. 몇몇 구체 예에서, 코어 유리는 클래드 유리 내에 작은 반경의, 이동성 양이온 (예를 들어, Na⁺ 및/ 또는 Li⁺)과 교환될 수 있는 큰 반경의, 이동성 양이온 (예를 들어, K⁺ 및/ 또는 Cs⁺)을 포함한다. (예를 들어, 유리 제품의 형성 동안에) 유리 제품 (100)에 열이 적용되는 경우, 코어 유리 내의 더 큰 이온은 클래드 유리 내에 더 작은 이온과 교환된다. 몇몇 구체 예에서, 적층 중에 유리 제품 (100)을 가열하는 것은, 임의의 부가적인 또는 후속하는 이온 교환 열처리 없이 클래드 층 및 코어 층 사이에 이온 교환을 일으키기에 충분하다. 상기 코어 층과 클래드 층 사이의 이온 교환은 중간 DOL로부터 내측으로 인장 영역을 향해 내부 DOL까지 연장되는 압축 영역의 내측 부분에서 압축 응력을 증가시킨다.

표 2

대표적인 코어 유리 조성물

대표적인 성분 (mol%)	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	68.92	69.95	65.20	72.97	74.97	70.97	70.97	70.97
Al ₂ O ₃	2.40	2.43	10.46	2.47	2.47	4.47	2.47	2.47
B ₂ O ₃	0.234	0.156	6.19	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078
MgO	0.648	0.432	0	0.216	0.216	0.216	2.22	4.22
CaO	8.95	5.97	7.74	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98
SrO	3.35	4.65	4.09	5.95	5.95	5.95	5.95	5.95
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0
K ₂ O	14.85	15.74	6.25	14.62	12.62	14.62	14.62	12.62
Na ₂ O	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

SnO ₂	0.142	0.178	0.07	0.214	0.214	0.214	0.214	0.214
특성								
변형점 (°C)	618	605	669	604	620	625	610	629
변형점 (°C)	571	559	623	556	568	575	561	578
연화점 (°C)	802.4	794.5	893.2	799.2	821.9	828.3	807.3	833.6
CTE ($x10^{-7}$ / °C)	99.8	101.8	62.4	98.4	88.8	95	98	91.7
밀도 (g/cm ³)	2.566	2.573	2.515	2.566	2.551	2.567	2.576	2.753
24h 공기 액상선 (°C)	1030		1030	실투 없음 >730°C	실투 없음 >765°C	1000	890	1000
24h 내부 액상선 (°C)	1020	기포 1045°C	1020	실투 없음 >730°C	실투 없음 >765°C	995	890	1000
24h Pt 액상선 (°C)	1015		1010	실투 없음 >730°C	실투 없음 >765°C	990	885	960
주된 실투 상	칼리 장석		칼리 장석			류사이트	칼륨 디실리케이트	칼륨 디실리케이트
T _{200 Poise} (°C)			1601.3		1527.7			
T _{35 kPoise} (°C)			1177.7		1076.9			
액상선 점도 (Poise)	점도		893k		1.17x10 ⁹			

표 3

대표적인 코어 유리 조성물 (계속)

대표적인 성분 (mol%)	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	72.97	71.75	73.93	71.75	73.75	73.75	71.75	71.75
Al ₂ O ₃	2.47	4.18	2.09	4.18	4.18	4.18	4.18	6.18
B ₂ O ₃	0.078	5.64	5.45	5.64	3.64	3.64	5.64	3.64
MgO	2.22	0	0	2	0	2	2	0
CaO	2.98	3.10	1.55	2.11	3.10	2.11	1.13	3.10
SrO	5.95	3.21	2.92	2.19	3.21	2.19	1.18	3.21
BaO	0	1.58	2.11	1.58	1.58	1.58	3.58	1.58
K ₂ O	12.62	10.45	11.85	10.45	10.45	10.45	10.45	10.45
Na ₂ O	0.5	0	0	0	0	0	0	0
SnO ₂	0.214	0.088	0.094	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088
특성								
변형점 (°C)	622	640	662	636	645	647	635	652
변형점 (°C)	572	596	619	591	598	599	588	605
연화점 (°C)	828.4	830.9	814.7	836.7	842.6	859	838	864.2
CTE ($x10^{-7}$ / °C)	91.4	74.7	77.6	74.2	76.6	74.2	74.5	75.9
밀도 (g/cm ³)	2.564	2.551	2.565	2.515	2.542	2.508	2.562	2.538
24h 공기 액상선 (°C)	935	910	실투 없음 >875°C					980
24h 내부 액상선 (°C)	920	895	실투 없음 >875°C	실투 없음 >780°C	실투 없음 >760°C	실투 없음 >825°C	실투 없음 >870°C	965
24h Pt 액상선 (°C)	910	870	실투 없음 >875°C					960
주된 실투 상	칼륨 디실리케이트	미상						칼리 장석
T _{200 Poise} (°C)	1510.9			1547.7	1565.4	1611.3	1552.4	1622.9
T _{35 kPoise} (°C)	1088.6			1095.3	1109.6	1135.1	1096.4	1142.2

액상전 (Poise)	점도 10^6	1.74	x			2.9×10^8	7.42×10^8	1.15×10^8	9.08×10^6	1.55×10^6
----------------	--------------	------	---	--	--	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

표 4

대표적인 코어 유리 조성물 (계속)

대표 성분 (mol%)	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	72	65.2	65.2	65.2	66.09	66.28	66.18	66.26
Al ₂ O ₃	2.5	10.46	8.46	9.46	10.00	9.95	9.78	9.77
B ₂ O ₃	0	6.19	6.19	6.19	6.64	6.50	6.75	6.70
MgO	0	2	2	2	2.45	2.20	2.16	2.10
CaO	0	6.431	7.74	7.086	6.20	6.22	6.23	6.22
SrO	7.25	3.399	4.09	3.744	3.29	3.29	3.30	3.29
BaO	0	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.04
K ₂ O	18	6.25	6.25	6.25	5.11	5.33	5.38	5.44
Na ₂ O	0	0	0	0	0.09	0.09	0.09	0.09
SnO ₂	0.25	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05
특성								
변형점 (°C)	597	670	662	668	660.2	657.8	660.5	660.1
변형점 (°C)	551	622	619	623	610.2	608.9	610.2	609.8
연화점 (°C)	787	904.8	885.7	893	901.4	898.4	898.1	893.2
CTE ($\times 10^{-7}$ / °C)	109	59.9	66	62.7	56.2	57.3	58	58.3
밀도 (g/cm ³)	2.577	2.486	2.526	2.501	2.478	2.479	2.479	2.467
24h 공기 액상전 (°C)	<780							
24h 내부 액상전 (°C)	<780							
24h Pt 액상전 (°C)	<780							
주된 실험 상	없음							
T ₂₀₀ Poise (°C)		1630	1555	1596	1626.8	1640.6	1619.4	1623.2
T ₃₅ kPoise (°C)		1188	1139	1175	1188.3	1191.4	1185.3	1186.1
액상전 점도 (Poise)		356K		278k				

표 5

대표적인 코어 유리 조성물 (계속)

대표 성분 (mol%)	25	26	27	28	29	30	31	32
SiO ₂	66.28	66.33	66.64	66.56	66.47	66.72	66.69	66.34
Al ₂ O ₃	9.78	9.51	9.57	9.49	9.51	9.77	9.91	9.90
B ₂ O ₃	6.65	6.88	6.65	6.73	6.63	6.08	5.97	6.17
MgO	2.06	2.02	1.94	1.96	1.93	1.92	1.92	1.93
CaO	6.26	6.26	6.15	6.17	6.24	6.24	6.23	6.28
SrO	3.27	3.28	3.24	3.25	3.27	3.26	3.27	3.29
BaO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
K ₂ O	5.47	5.50	5.59	5.63	5.75	5.78	5.79	5.86
Na ₂ O	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09
SnO ₂	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

특성								
변형점 (°C)	660.1	658.5	658.8	660.3	657.5	658	660.6	660.4
변형점 (°C)	609.4	607.8	610.1	609.4	607.7	609.1	610.5	610
연화점 (°C)	898.4	892.5	887.3	896.4	891.8	900.4	899.3	898.5
CTE ($\times 10^{-7}$ / °C)	58.2	58.2	58.2	58.7	59.5	59.3	59	59.2
밀도 (g/cm ³)	2.467	2.466	2.464	2.465	2.466	2.466	2.469	2.469
주된 실태상								
T ₂₀₀ Poise (°C)	1632.6	1621.6	1640.7	1613.9	1637.0	1652.4	1653.2	1639.3
T ₃₅ kPoise (°C)	1191.3	1184.5	1191.3	1182.6	1190.9	1197.0	1201.0	1194.0
액상선 점도 (Poise)								

표 6

대표적인 코어 유리 조성물 (계속)

대표 성분 (mol%)	33	34	35	36	37	38	39	40
SiO ₂	66.54	66.47	65.37	64.30	63.91	63.55	63.53	63.49
Al ₂ O ₃	10.03	10.00	9.84	9.67	9.57	9.55	9.59	9.55
B ₂ O ₃	6.00	6.10	6.47	6.86	6.94	7.22	7.15	7.13
MgO	1.90	1.89	2.12	2.32	2.40	2.44	2.46	2.46
CaO	6.23	6.21	6.64	7.05	7.26	7.32	7.31	7.39
SrO	3.28	3.26	3.51	3.76	3.86	3.89	3.92	3.95
BaO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
K ₂ O	5.79	5.83	5.83	5.81	5.82	5.80	5.81	5.77
Na ₂ O	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10
SnO ₂	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
특성								
변형점 (°C)	661.2	663.2	658.7	658.6	657.7	655.8	658.4	654.2
변형점 (°C)	611.3	612.4	610.6	608.4	608.4	607.2	608.6	605.9
연화점 (°C)	904	904.3	896.1	877.6	875.3	875.1	873.8	870.4
CTE ($\times 10^{-7}$ / °C)	58.7		60.2	61.2	62.5	62.4	62.7	62.2
밀도 (g/cm ³)	2.47	2.469	2.482	2.496	2.501	2.503	2.504	2.505
주된 실태상	칼리 장석							
T ₂₀₀ Poise (°C)	1650.7	1638.3	1605.3	1562.1	1553.7	1545.7	1537.3	1528.9
T ₃₅ kPoise (°C)	1198.5	1195.7	1174.7	1156.0	1150.7	1144.2	1143.8	1136.6
액상선 점도 (Poise)	1251							

표 7

대표적인 코어 유리 조성물 (계속)

대표 성분 (mol%)	41	42	43	44	45	46	47	48
SiO ₂	63.54	63.46	64.07	66.23	66.52	68.18	69.50	70.83
Al ₂ O ₃	9.55	9.56	9.31	9.07	8.23	7.57	6.98	6.36
B ₂ O ₃	7.08	7.09	6.89	6.87	6.40	6.01	5.87	5.73
MgO	2.47	2.49	2.37	0.23	1.89	1.58	1.29	1.06
CaO	7.39	7.41	7.15	6.83	5.88	5.08	4.34	3.64
SrO	3.93	3.95	3.96	4.08	4.02	4.02	4.00	4.02
BaO	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04

K ₂ O	5.80	5.79	5.96	6.43	6.81	7.30	7.76	8.11
Na ₂ O	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
SnO ₂	0.07	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
특성								
변형점 (°C)	655.2	657.2	653.6	661.6	667.3	662.7	656.6	646.4
변형점 (°C)	607.5	608.5	606.5	608.2	610.5	607.4	602.6	596.8
연화점 (°C)	864.1	870.5	873	874.2	886	888.2	870.8	862
CTE ($\times 10^{-7}$ / °C)	62.2	62.4	62.3	64.8	66.2	67.8	69.2	68.5
밀도 (g/cm ³)	2.505	2.507	2.505		2.489	2.48	2.477	2.476
주된 실투 상		칼리 장석						
T ₂₀₀ Poise (°C)	1540.9	1523.4	1574.7	1551.5	1546.4	1569.4	1570.8	1575.7
T ₃₅ kPoise (°C)	1140.6	1136.1	1155.8	1153.6	1156.0	1162.4	1160.0	1154.4
액상선 점도 (Poise)		256						

표 8

대표적인 코어 유리 조성물 (계속)

대표 성분 (mol%)	49	50	51	52	53	54	55	56
SiO ₂	71.28	71.44	71.42	71.47	71.31	71.34	71.35	71.47
Al ₂ O ₃	6.21	6.16	6.12	6.11	6.09	6.05	6.05	6.03
B ₂ O ₃	5.56	5.38	5.46	5.46	5.69	5.73	5.56	5.41
MgO	0.99	0.97	0.96	0.94	0.96	0.94	0.91	0.78
CaO	3.47	3.43	3.41	3.39	3.37	3.32	3.21	2.79
SrO	4.01	4.04	4.03	4.03	4.03	4.02	4.12	4.26
BaO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
K ₂ O	8.23	8.32	8.34	8.34	8.31	8.33	8.54	8.98
Na ₂ O	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10
SnO ₂	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	0.10
특성								
변형점 (°C)	638.4	640.2	638.9	637.8	639.3	638	636.8	635.6
변형점 (°C)	592	592.3	590.6	591.4	592	589.5	589.7	587.8
연화점 (°C)	860.5	857.4	854.9	857.9	853.6	858.8	856.4	854.8
CTE ($\times 10^{-7}$ / °C)	69.4	69.8	69.7	69.7	70	70.4	70.7	71.4
밀도 (g/cm ³)	2.475	2.477	2.477	2.477	2.478	2.478	2.482	2.485
주된 실투 상								
T ₂₀₀ Poise (°C)	1594.1	1581.1	1580.9	1590.9	1579.2	1586.6	1586.9	1573.7
T ₃₅ kPoise (°C)	1156.2	1153.1	1151.8	1154.0	1151.3	1154.3	1151.8	1147.1
액상선 점도 (Poise)		256						

표 9

대표적인 코어 유리 조성물 (계속)

대표 성분 (mol%)	57	58	59	60	61	62	63	64
SiO ₂	71.53	71.90	71.95	72.33	71.98	72.10	72.09	72.42
Al ₂ O ₃	6.03	6.02	6.00	6.01	6.00	5.99	5.99	6.01

B ₂ O ₃	5.23	4.82	4.77	4.13	4.57	4.49	4.46	4.05
MgO	0.66	0.38	0.20	0.07	0.08	0.02	0.02	0.00
CaO	2.36	1.48	0.85	0.39	0.42	0.21	0.20	0.16
SrO	4.43	4.70	4.87	5.08	5.06	5.11	5.13	5.16
BaO	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
K ₂ O	9.47	10.42	11.07	11.66	11.57	11.77	11.80	11.87
Na ₂ O	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12
특성								
변형점 (°C)	633.9	628.5	627.7	625.7	623.6	624.4	623.5	621.6
변형점 (°C)	586.4	582.3	580.7	579	577.4	577.1	576.3	575.1
연화점 (°C)	847.6	844	836.1	834.7	840	830.6	831.2	833.9
CTE ($\times 10^{-7}$ / °C)	73.3	76.5	78.1	80.2	78.8	80.2	80.5	80.2
밀도 (g/cm ³)	2.492	2.5	2.504	2.51	2.511	2.511	2.512	2.513
주된 실투상								미상의 장석
T _{200 Poise} (°C)	1573.5	1546.1	1544.9	1545.3	1550.1	1530.4	1544.4	1537.1
T _{35 kPoise} (°C)	1145.2	1127.4	1128.0	1126.6	1126.5	1119.1	1124.8	1118.9
액상선 점도 (Poise)								544

[0050] 몇몇 구체 예에서, 클래드 유리는 유리 제품의 기계적 강도를 위한 충분히 낮은 CTE를 갖는 이온-교환 가능한 유리를 포함한다. 예를 들어, 하나의 대표적인 구체 예에서, 클래드 유리는 약 65 mol.% 내지 약 70 mol.% SiO₂; 약 9 mol.% 내지 약 14 mol.% Al₂O₃; 및 유리 네트워크 형성제로서 약 0mol.% 내지 약 11 mol.% B₂O₃; 약 5 mol.% 내지 약 10 mol.% 알칼리 산화물 R₂O, 여기서 R은 Li, Na, 및 K 중 적어도 하나; 및 약 3 mol.% 내지 약 11 mol.%의 이가 산화물 MO를 포함하고, 여기서 M은 Mg, Ca, Ba, 및 Zn 중 적어도 하나이다. 이러한 유리 조성물은 일반적으로 55×10^{-7} / °C 이하인 평균 CTE를 갖고, 및 이온-교환에 의해 강화가 가능하다.

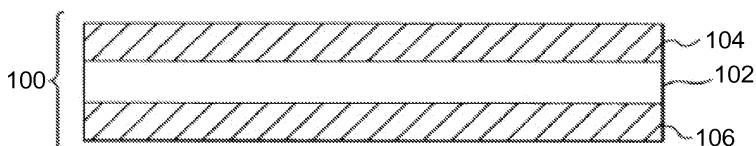
[0051] 또 다른 대표적인 구체 예에서, 클래드 유리는 약 65 mol.% 내지 약 68 mol.% SiO₂; 약 10 mol.% 내지 약 13 mol.% Al₂O₃; 및 유리 네트워크 형성제로서 약 6 mol.% 내지 약 9 mol.% B₂O₃; 약 6 mol.% 내지 약 9 mol.% 알칼리 산화물 R₂O, 여기서 R은 Li, Na, 및 K 중 적어도 하나; 및 약 7 mol.% 내지 약 10 mol.%의 이가 산화물 MO를 포함하고, 여기서 M은 Mg, Ca, Ba, 및 Zn 중 적어도 하나이다. 이러한 유리 조성물은 일반적으로 55×10^{-7} / °C 이하인 평균 CTE를 갖고, 및 이온-교환에 의해 강화가 가능하다.

[0052] 도 6은 압축 영역과 인장 영역 사이에 기계적 강화, 화학적 강화 및 이온 교환의 조합에 의해 형성된 대표적인 응력 프로파일의 그래프적 예시이다. 도 6에 나타낸 실시 예에서, 압축 영역은 약 125μm의 두께, 약 600MPa의 제1 압축 응력, 약 100MPa의 제2 압축 응력, 및 약 300MPa의 제3 압축 응력을 갖는다. 압축 응력 영역은 압축 영역의 외부 표면으로부터 내측으로 인장 영역을 향해 외부 DOL까지 연장되는 외부 부분(예를 들어, 표면 이온 교환 영역), 외부 DOL로부터 내측으로 인장 영역을 향해 중간 DOL까지 연장되는 중간 부분, 및 중간 DOL로부터 내측으로 인장 영역을 향해 내부 DOL까지 연장되는 내부 부분(예를 들면, 계면 이온교환 영역)를 포함한다. 도 6에 나타낸 실시 예에서, 외부 DOL은 약 10μm이고, 중간 DOL은 약 115μm이며, 및 내부 DOL은 약 125μm이다. 따라서, 압축 응력은 압축 영역의 외부 표면에서 제1 압축 응력으로부터 외부 DOL에서 제2 압축 응력까지 급속하고 연속적으로 감소하고, 외부 DOL로부터 중간 DOL까지의 제2 압축 응력에서 실질적으로 일정하게 유지되며, 중간 DOL에서의 제2 압축 응력으로부터 내부 DOL에서의 제3 압축 응력까지 급속하고 연속적으로 증가하고, 및 그 다음 압축 영역과 인장 영역 사이에 계면에서 계단형 변화로서 제3 압축 응력으로부터 최대 인장 응력으로 전이 한다. 상기 압축 영역의 내부 부분의 증가된 압축 응력은, 유리 제품이 취약 거동을 나타내게 하는, 인장 영역의 최대 장력을 충분히 증가시키지 않으면서 깊은 흠에 의해 유발된 파괴에 대한 유리 제품의 내성을 더욱 증가시킨다.

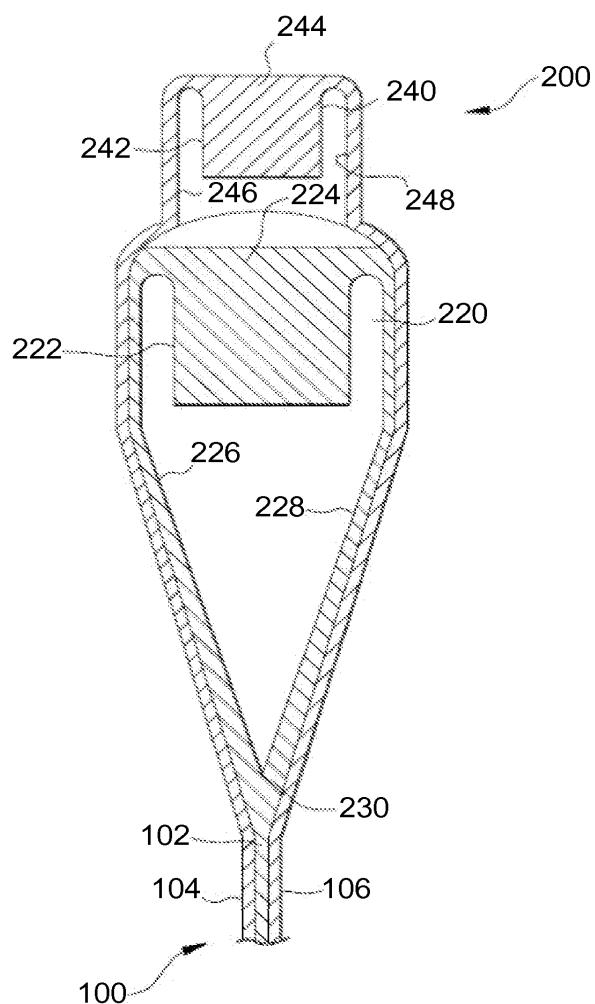
- [0053] 몇몇 구체 예에서, CS₁는 적어도 약 400MPa, 적어도 약 500MPa, 적어도 약 600MPa, 적어도 약 700MPa, 적어도 약 800MPa, 또는 적어도 약 900MPa이다. 부가적으로, 또는 선택적으로, CS₁는 많아야 약 1000MPa 또는 많아야 약 900MPa이다. 예를 들어, CS₁은 약 400 MPa 내지 약 1000 MPa이다.
- [0054] 몇몇 구체 예에서, CS₂는 적어도 약 50MPa, 적어도 약 100MPa, 적어도 약 200MPa, 또는 적어도 약 300MPa이다. 부가적으로, 또는 선택적으로, CS₂는 많아야 약 450MPa, 많아야 약 400MPa, 많아야 약 300MPa, 또는 많아야 약 200MPa이다. 예를 들어, CS₂는 약 50 MPa 내지 약 450 MPa이다.
- [0055] 몇몇 구체 예에서, CS₃는 적어도 약 100MPa, 적어도 약 200MPa, 적어도 약 300MPa, 또는 적어도 약 400MPa이다. 부가적으로, 또는 선택적으로, CS₃는 많아야 약 800MPa, 많아야 약 700MPa, 또는 많아야 약 600MPa이다. 예를 들어, CS₃는 약 100MPa 내지 약 800MPa이다.
- [0056] 몇몇 구체 예에서, 외부 DOL은 적어도 약 10 μm , 적어도 약 20 μm , 적어도 약 30 μm , 또는 적어도 약 40 μm 이다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 외부 DOL은 많아야 약 50 μm , 많아야 약 40 μm , 또는 많아야 약 30 μm 이다. 예를 들어, 외부 DOL은 약 10 μm 내지 약 50 μm 이다.
- [0057] 몇몇 구체 예에서, 중간 DOL은 적어도 약 30 μm , 적어도 약 50 μm , 적어도 약 70 μm , 또는 적어도 약 90 μm 이다. 부가적으로, 또는 선택적으로, 중간 DOL은 많아야 약 250 μm , 많아야 약 200 μm , 많아야 약 170 μm , 많아야 약 150 μm , 많아야 약 130 μm , 많아야 약 120 μm , 많아야 약 100 μm , 많아야 약 80 μm , 또는 많아야 약 60 μm 이다. 예를 들어, 중간 DOL은 약 30 μm 내지 약 250 μm 이다.
- [0058] 몇몇 구체 예에서, 내부 DOL은 압축 영역과 인장 영역 사이에 계면에 상응한다. 예를 들어, 내부 DOL은 유리 제품의 각각의 클래드 층의 두께와 동일하거나 또는 실질적으로 동일하다.
- [0059] 몇몇 구체 예에서, 유리 제품은 제1 유리 층 및 제2 유리 층을 포함하는 적층 유리 복합체를 포함한다. 제1 유리 층은 제1 유리 조성물을 포함하고, 제2 유리 층은 제1 유리 조성물과 다른 제2 유리 조성물을 포함한다. 제1 유리 층은 외부 표면 및 내부 표면을 포함한다. 제2 유리 층은 제1 유리 층의 내부 표면과 직접 접촉한다. 제1 유리 층은 압축하에 있고, 제2 유리 층은 장력하에 있다. 제1 유리 층의 가변성 압축 응력 프로파일은 제1 영역 및 제2 영역을 포함한다. 제1 영역에서, 압축 응력을 내부 표면을 향하여 외부 표면으로부터 내측 방향으로 감소한다. 제2 영역에서, 압축 응력은 실질적으로 일정하게 유지된다 (예를 들어, 제2 영역의 평균 압축 응력의 약 20% 내, 약 10% 내, 약 5% 내, 또는 약 2% 내).
- [0060] 여기에 기재된 유리 제품은, 예를 들어, LCD 및 LED 디스플레이, 컴퓨터 모니터 및 현금 자동 인출기 (ATMs)를 포함하는 소비자 또는 상업용 전자 장치의 커버 유리 또는 유리 백플레이트 적용; 예를 들어, 이동 전화, 개인용 미디어 플레이어 및 태블릿 컴퓨터를 포함하는 휴대용 전자 장치용 터치 스크린 또는 터치 센서 적용; 예를 들어, 반도체 웨이퍼를 포함하는 접적 회로 적용; 광전지 적용; 또는 건축용 유리 적용; 자동차 또는 차량 유리 적용; 또는 상업용 또는 가정용 기구 적용을 포함하는 다양한 적용을 위해 사용될 수 있다.
- [0061] 기술분야의 당업자에게 본 발명의 사상 및 범주를 벗어나지 않고 다양한 변경 및 변화가 이루어질 수 있다는 것은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구 범위 및 이들의 균등물의 관점을 제외하고는 제한되지 않는다.

도면

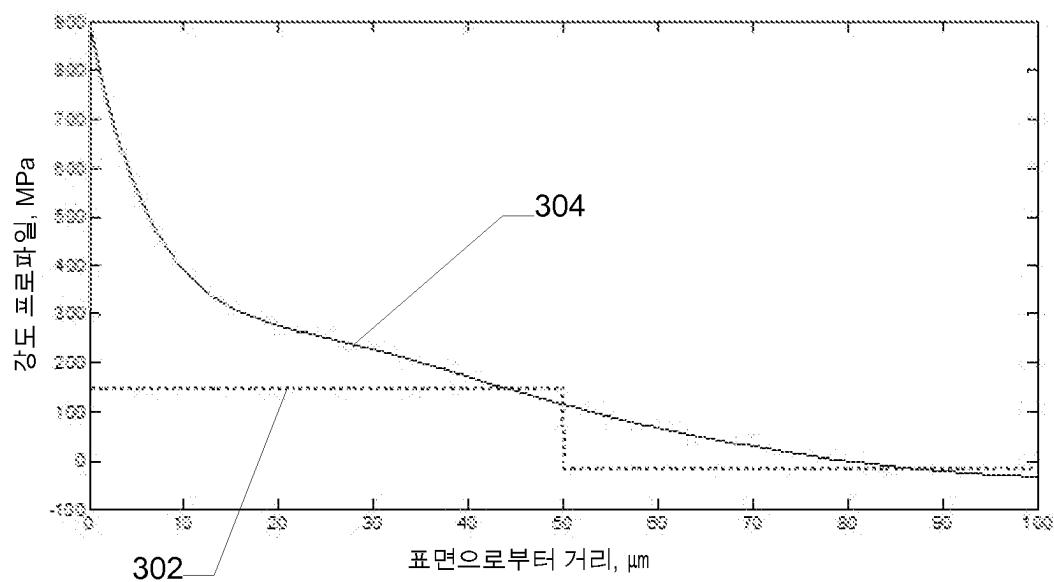
도면1



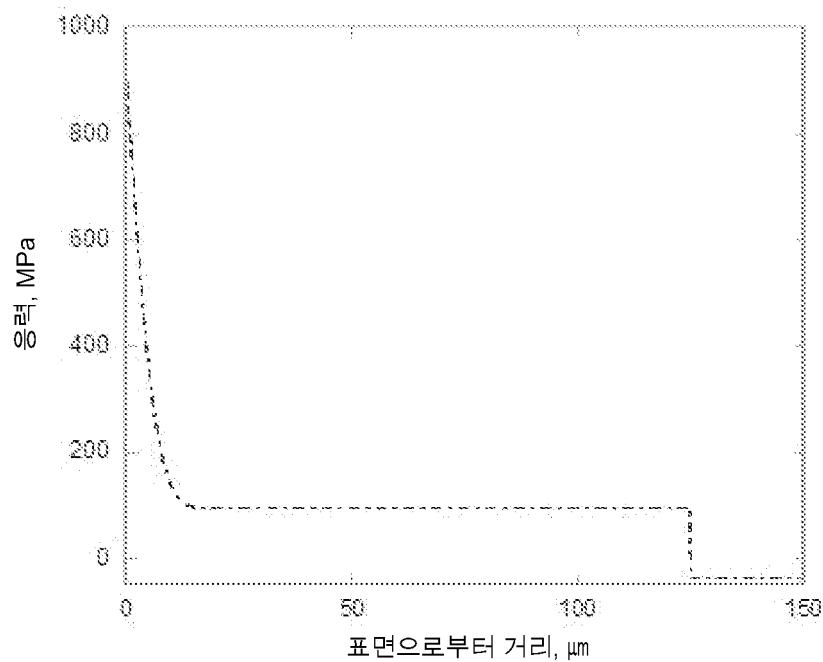
도면2



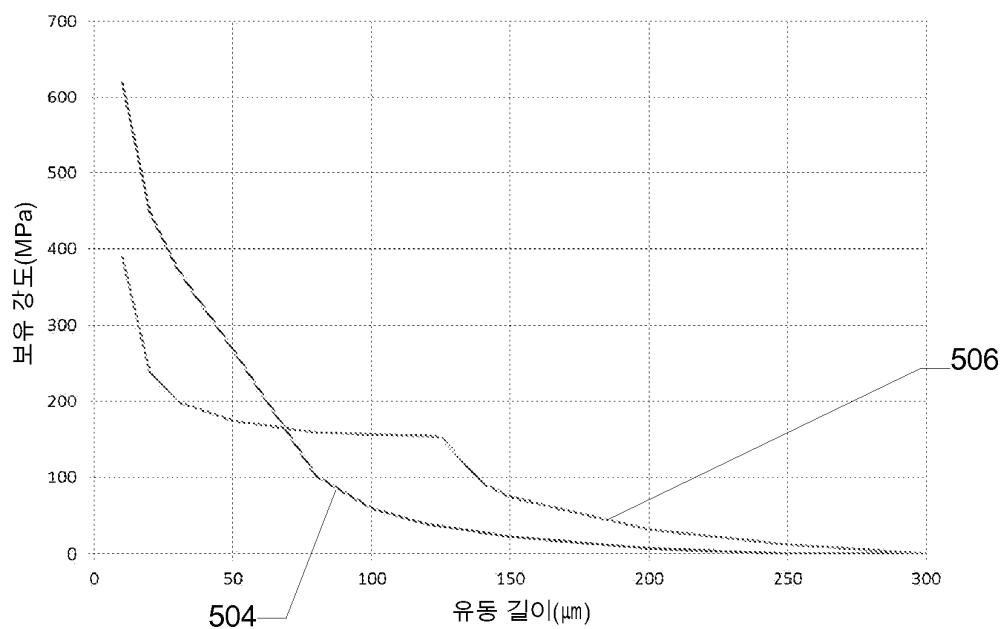
도면3



도면4



도면5



도면6

