



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년08월22일  
 (11) 등록번호 10-1298802  
 (24) 등록일자 2013년08월14일

- |  |   |
|--|---|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br>C03C 13/00 (2006.01)<br>(21) 출원번호 10-2008-7010727<br>(22) 출원일자(국제) 2006년10월31일<br>심사청구일자 2011년09월28일<br>(85) 번역문제출일자 2008년05월02일<br>(65) 공개번호 10-2008-0064144<br>(43) 공개일자 2008년07월08일<br>(86) 국제출원번호 PCT/US2006/042437<br>(87) 국제공개번호 WO 2007/055968<br>국제공개일자 2007년05월18일<br>(30) 우선권주장<br>11/267,739 2005년11월04일 미국(US)<br>(56) 선행기술조사문헌<br>US04582748 A*<br>US04976587 A*<br>*는 심사관에 의하여 인용된 문헌 | (73) 특허권자<br>오씨브이 인텔렉추얼 캐피탈 엘엘씨<br>미국 43659 오하이오주 톨레도 원 오웬스 코닝 파 크웨이<br>(72) 발명자<br>호프만 더글라스 에이<br>미국 43025 오하이오주 헤브론 비버 런 로드 4260<br>맥기니스 피터 비<br>미국 43230 오하이오주 가한나 리바 럽지 블러바 드 979<br>(74) 대리인<br>특허법인코리아나 |
|--|---|

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 정현진

(54) 발명의 명칭 **고성능 유리 섬유용 조성물, 고성능 유리 섬유 및 그 제품**

**(57) 요약**

직물 및 강화제품으로서 사용하기에 적합한 섬유뿐만 아니라 높은 모듈러스 및 고강도의 유리 섬유를 형성하기 위한 유리 배치 조성물이 개시된다. 조성물로 형성된 섬유가 복합재에서 강도 및 강성이 요구되는 고강도 및 모듈러스 분야 및 풍차 날개 등의 고강도, 경량 분야에 사용하기에 적합하다. 유리 조성물은 최대 약 70.0 중량%의 SiO<sub>2</sub>, 약 24.5 중량%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 약 22 중량%의 알카리성 토류 산화물이고 소량의 알칼리 금속 산화물 및 ZrO<sub>2</sub>를 포함할 수도 있다. 풍차 날개 등의 유리 섬유 강화 복합재 제품도 개시된다.

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

배치 조성물로부터 형성되는 유리 섬유로서,

상기 배치 조성물은,

60.5 ~ 70.5 중량% 의  $\text{SiO}_2$ ,

10 ~ 24.5 중량% 의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,

11.96 ~ 20.0 중량% 의 알칼리성 토류 산화물로서, 상기 알칼리성 토류 산화물은 상기 배치 조성물 내의  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SrO}$  및  $\text{BaO}$  의 합이며, 상기 알칼리성 토류 산화물 내의  $\text{MgO}$  의 양은 상기 배치 조성물의 적어도 5 중량% 를 포함하며, 상기 알칼리성 토류 산화물 내의  $\text{CaO}$  의 양은 상기 배치 조성물의 적어도 6.96 중량% 를 포함하는 것인 알칼리성 토류 산화물; 및

0 ~ 3 중량% 의 알칼리 금속 산화물을 포함하며,

상기 유리 섬유는 적어도 135 °F 의  $\Delta T$  를 갖는 것인 유리 섬유.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SO}_3$ , 불소,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  및  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  로 이루어진 군으로부터 선택된 4 중량% 미만의 화합물을 더 포함하는 유리 섬유.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 2650 °F 미만의 섬유화 온도를 갖는 유리 섬유.

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

제 3 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 적어도 150 °F 의  $\Delta T$  를 갖는 유리 섬유.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 1765 °F 의 연화점을 갖는 유리 섬유.

### 청구항 7

배치 조성물로부터 형성되는 유리 섬유로서,

상기 배치 조성물은,

60.5 ~ 70.5 중량% 의  $\text{SiO}_2$ ,

10 ~ 24.5 중량% 의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,

6 ~ 20 중량% 의 알칼리성 토류 산화물로서, 상기 알칼리성 토류 산화물은  $\text{CaO}$  를 포함하며, 상기 알칼리성 토류 산화물 내의  $\text{MgO}$  의 양은 상기 배치 조성물의 적어도 5 중량% 를 포함하는 것인 알칼리성 토류 산화물,

$\text{ZnO}$ ,  $\text{SO}_3$ , 불소,  $\text{B}_2\text{O}_3$  및  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  로 이루어진 군으로부터 선택된 4 중량% 미만의 화합물; 및

0 ~ 3 중량% 의 알칼리 금속 산화물을 포함하며,

상기 유리 섬유는 적어도 135 °F 의  $\Delta T$  를 갖는 것인 유리 섬유.

### 청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 2650 °F 미만의 섬유화 온도를 갖는 유리 섬유.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

제 8 항에 있어서, 상기 유리 섬유용  $\Delta T$  는 적어도 150 °F 인 유리 섬유.

**청구항 11**

제 7 항에 있어서, 상기 유리 섬유는  $2.28 \times 10^{-6}$  in/in/°F ~  $2.77 \times 10^{-6}$  in/in/°F 사이의 열팽창 계수 (CTE) 를 갖는 유리 섬유.

**청구항 12**

제 7 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 600 KPSI 를 초과하는 강도를 갖는 유리 섬유.

**청구항 13**

제 7 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 630 KPSI 를 초과하는 강도를 갖는 유리 섬유.

**청구항 14**

제 7 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 695 KPSI 를 초과하는 강도를 갖는 유리 섬유.

**청구항 15**

제 7 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 12.0 MPa 를 초과하는 모듈러스를 갖는 유리 섬유.

**청구항 16**

제 7 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 12.2 MPa 를 초과하는 모듈러스를 갖는 유리 섬유.

**청구항 17**

제 7 항에 있어서, 상기 유리 섬유는 12.6 MPa 를 초과하는 모듈러스를 갖는 유리 섬유.

**청구항 18**

유리 배치 조성물로부터 형성되는 유리 섬유 및 경화성 매트릭스 재료를 포함하는 유리 섬유 강화 제품으로서, 상기 유리 배치 조성물은,

60.5 ~ 70.5 중량% 의  $\text{SiO}_2$ ,

10 ~ 24.5 중량% 의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,

11.96 ~ 20.0 중량% 의 알칼리성 토류 산화물로서, 상기 알칼리성 토류 산화물은 MgO, CaO, SrO 및 BaO 의 합이며, 상기 알칼리성 토류 산화물 내의 MgO 의 양은 상기 배치 조성물의 적어도 5 중량% 를 포함하며, 상기 알칼리성 토류 산화물 내의 CaO 의 양은 상기 배치 조성물의 적어도 6.96 중량% 를 포함하는 것인 알칼리성 토류 산화물; 및

0 ~ 3 중량% 의 알칼리 금속 산화물을 포함하며,

상기 유리 섬유는 적어도 135 °F 의  $\Delta T$  를 갖는 것인 유리 섬유 강화 제품.

**청구항 19**

제 18 항에 있어서, 상기 강화 제품은 풍력 터빈용 날개인 유리 섬유 강화 제품.

**청구항 20**

제 18 항에 있어서, 상기 경화성 매트릭스 재료는 비닐 에스테르, 폴리에스테르, 수지 에폭시 및 이들의 조합체 또는 공중합체로부터 선택되는 유리 섬유 강화 제품.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 고강도 분야에 사용하기 위한 연속 유리 섬유용 조성물, 고강도 유리 섬유 및 제품에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 연속 유리 섬유 스트랜드를 제조하기 위한 가장 흔한 유리 조성은 "E-유리" 이다. E-유리의 액상선 온도는 대략 2100°F (1149°C) 이하이다. E-유리의 하나의 이점은, E-유리의 액상선 온도를 유리 섬유 제조를 위한 작업 온도가 대략 1900°F ~ 2400°F (1038°C ~ 1316°C) 가 되도록 한다는 것이다. 인쇄 회로 기판 및 항공 우주 분야에 사용되는 E-유리 섬유 양용 ASTM 분류는 52 ~ 56 중량%의 SiO<sub>2</sub>, 16 ~ 25 중량%의 CaO, 12 ~ 16 중량%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5 ~ 10 중량%의 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0 ~ 5 중량%의 MgO, 0 ~ 2 중량%의 Na<sub>2</sub>O 및 K<sub>2</sub>O, 0 ~ 0.8 중량%의 TiO<sub>2</sub>, 0.05 ~ 0.4 중량%의 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 0 ~ 1.0 중량%의 불소로 된 조성을 정의한다.

[0003] 불소가 없는 섬유가 ADVANTEX (Owens Corning, Toledo, Ohio, USA) 이란 상표명으로 판매되고 있다. 그 전체가 참조용으로서만 쓰인 미국 특허 5,789,329 에 기재되어 있는 것과 같이 불소가 없는 섬유는 불소를 함유한 E-유리에 대한 작업 온도를 상당히 개선시킬 수 있다. 불소가 없는 유리 섬유는 일반적인 사용 분야에 사용되는 E-유리 섬유용 ASTM 정의에 해당한다.

[0004] S-유리는 E-유리 섬유보다 높은 기계적 강도를 갖는 유리 섬유를 제조하는 화학 조성을 갖는 마그네슘, 알루미늄 및 실리콘의 산화물로 주로 구성된 일족의 유리이다. S-유리를 형성하기 위한 조성은 대략 65 중량%의 SiO<sub>2</sub>, 25 중량%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 및 10 중량%의 MgO 를 포함한다. S-유리는, 본래 탄환 장갑 (ballistic armor) 등의 고강도 분야에 사용되도록 설계된 조성을 갖는다.

[0005] R-유리는 E-유리보다 높은 기계적 강도를 갖는 유리 섬유를 제조하는 화학 조성을 갖는 실리콘, 알루미늄, 마그네슘, 및 칼슘의 산화물로 주로 구성된 일족의 유리이다. R-유리는 대략 58 ~ 60 중량%의 SiO<sub>2</sub>, 23.5 ~ 25.5 중량%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 14 ~ 17 중량%의 CaO+MgO, 0 %의 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0 %의 F<sub>2</sub> 및 2 중량% 미만의 각종 성분을 함유하는 조성을 갖는다. R-유리는 E-유리보다 알루미늄 및 실리카를 더 함유하고 섬유를 형성하는 동안에 높은 용융 및 처리 온도를 필요로 한다. 전형적으로, R-유리용 용융 및 처리 온도는 E-유리용 용융 및 처리 온도보다 적어도 160 °C 더 높다. 이 처리 온도의 증가는 고가의 백금이 라이닝처리된 용융기의 사용을 필요로 한다. 또한, R-유리의 형성 온도에 대한 액상선 온도의 접근은, 통상적으로 1000 푸아즈 근처에서 섬유화되는 E-유리보다 낮은 점도에서 유리가 섬유화될 것을 요구한다. R-유리를 통상 1000 푸아즈 점도에서 섬유화하는 것은 유리의 실투를 야기할 수 있고, 이는 처리 중단 및 생산성의 하락을 유발한다.

[0006] 표 IA-IE 는 종래의 다수의 고강도 유리 조성물의 조성을 보여준다.

[0007] 표 I-A

성분	중국산 고강도 유리	러시아산 연속 조방 마그네슘 알루미늄실리케이트	NITTOBO "T" 유리 섬유 "B"	NITTOBO "T" 유리 섬유 (양) "C"
SiO <sub>2</sub>	55.08	55.81	64.58	64.64
CaO	0.33	0.38	0.44	0.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.22	23.78	24.44	24.57
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.85		0.03	0.03
MgO	15.96	15.08	9.95	9.92
Na <sub>2</sub> O	0.12	0.063	0.08	0.09
불소	0.03		0.034	0.037
TiO <sub>2</sub>	0.023	2.33	0.019	0.018
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.1	0.388	0.187	0.180
K <sub>2</sub> O	0.039	0.56	0.007	0.010
ZrO <sub>2</sub>	0.007	0.15		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.011	0.003	0.003
Li <sub>2</sub> O		1.63		
CeO <sub>2</sub>				

[0008]

[0009] 표 I-B

성분	Nitto Boseki A&P 양	Nitto Boseki NT6030 양	Nitto Boseki TE 유리 RST- 220PA-535CS	Vetrotex Saint Gobain SR 유리 Stratifils SR CG 250 P109	Polotsk STEKLOVOLOKNO 고강도 유리
SiO <sub>2</sub>	65.51	64.60	64.20	63.90	58.64
CaO	0.44	0.58	0.63	0.26	0.61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.06	24.60	25.10	24.40	25.41
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					0.04
MgO	9.73	9.90	9.90	10.00	14.18
Na <sub>2</sub> O	0.04	0.06	0.020	0.039	0.05
불소	0.07				0.02
TiO <sub>2</sub>	0.016	0.000	0.000	0.210	0.624
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.067	0.079	0.083	0.520	0.253
K <sub>2</sub> O	0.020	0.020	0.020	0.540	0.35
ZrO <sub>2</sub>	0.079				
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0010			0.001	0.023
Li <sub>2</sub> O					
CeO <sub>2</sub>					

[0010]

[0011] 표 I-C

성분	중국산 고광도 안 (8 micron)	중국산 고광도 유리 조방	Zentron S-2 유리 조방	SOLAIS 유리 샘플	개선된 유리 안 R 유리
SiO <sub>2</sub>	55.22	55.49	64.74	64.81	58.46
CaO	0.73	0.29	0.14	0.55	9.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.42	24.88	24.70	24.51	24.55
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.46	3.52		0.02	0.04
MgO	12.46	12.28	10.24	9.35	5.91
Na <sub>2</sub> O	0.104	0.06	0.17	0.16	0.079
불소	0.07			0.02	0.054
TiO <sub>2</sub>	0.32	0.36	0.015	0.04	0.196
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.980	0.930	0.045	0.238	0.400
K <sub>2</sub> O	0.240	0.150	0.005	0.03	0.67
ZrO <sub>2</sub>					
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0050			0.007	0.005
Li <sub>2</sub> O	0.59	0.63			
CeO <sub>2</sub>	1.23	1.25			

[0012]

[0013] 표 I-D

성분	개선된 유리 안 S 유리	Culimeta 조방	IVG Vertex B96 675 안	IVG Vertex 유리 조방	IVG Vertex 외부 #1 유리 조방
SiO <sub>2</sub>	64.61	59.37	58.34	58.58	58.12
CaO	0.17	0.27	0.31	0.30	0.31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.84	25.49	23.81	24.26	24.09
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04	0.05			
MgO	10.11	13.47	14.99	15.02	15.36
Na <sub>2</sub> O	0.118	0.024	0.05	0.02	0.03
불소	0.03		0.04	0.04	0.04
TiO <sub>2</sub>	0.011	0.530	1.380	0.67	0.91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.042	0.374	0.333	0.336	0.303
K <sub>2</sub> O		0.48	0.42	0.28	0.29
ZrO <sub>2</sub>		0.152	0.129	0.165	0.157
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0050	0.0120	0.0100	0.0120	0.0120
Li <sub>2</sub> O					
CeO <sub>2</sub>					

[0014]

[0015] 표 I-E

성분	IVG Vertex 외부 #2 유리 조방	RH CG250 P109 유리 섬유 스트랜드
SiO <sub>2</sub>	58.69	58.54
CaO	0.29	9.35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.3	25.39
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
MgO	15.06	6.15
Na <sub>2</sub> O	0.03	0.10
불소	0.04	0.16
TiO <sub>2</sub>	0.64	0.008
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.331	0.069
K <sub>2</sub> O	0.36	0.14
ZrO <sub>2</sub>	0.187	0.006
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0130	
Li <sub>2</sub> O		
CeO <sub>2</sub>		

[0016]

[0017] R-유리 및 S-유리는 백금이 라이닝처리된 용융 컨테이너에서 조성물의 성분을 용융함으로써 제조된다. R-유리 및 S-유리의 형성 비용은, 용융기 등에서 섬유를 제조하는 비용으로 인해 E-유리 섬유보다 급격하게 높다. 따라서, 내화물이 라이닝처리된 노에서 직접 용융 공정으로부터 고성능 유리 섬유를 형성할 때 유용한 유리 조성물의 형성 방법 및 이 방법에 의해 형성되는 섬유에 대한 기술의 필요성이 있다.

**발명의 상세한 설명**

[0018]

본 발명은, 부분적으로, 고강도 분야에 사용하기에 적합한 연속 유리 섬유의 형성을 위한 유리 조성물이다. 본 발명에 사용되는 조성물은 유리 섬유의 비교적 낮은 섬유화 온도로 인해 내화물이 라이닝처리된 노에서 비용이 적게 드는 직접 용융을 이용하여 비용을 많이 들이지 않고 유리 섬유로 형성될 수도 있다. 일단 섬유로 형성되면, 유리 조성물은 S-유리 등의 고가의 유리 섬유의 강도 특성을 제공한다. 본 발명의 조성물은 약 60.5 ~ 약 70.5 중량%의 SiO<sub>2</sub>, 약 10.0 ~ 약 24.5 중량%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 약 6.0 ~ 약 20.0 중량%의 RO, 및 약 0 ~ 약 3.0 중량%의 알칼리 금속 산화물을 포함하며, RO는 MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합과 동일하다. 바람직한 실시형태에서, 유리 조성물은 약 61 ~ 약 68 중량%의 SiO<sub>2</sub>, 약 15 ~ 약 19 중량%의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 약 15 ~ 약 20 중량%의 RO, 및 약 0 ~ 약 3 중량%의 알칼리 금속 산화물을 포함하며, RO는 MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합과 동일하다. 조성물은 바람직하게는 ZnO, SO<sub>3</sub>, 불소, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> 및 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 이루어진 군에서 선택된 산화물 또는 할로겐의 약 4 중량% 보다 크게는 함유하지 않는다. 본 발명에 의해 제조된 고성능 복합재 섬유의 원하는 특성은 약 2650 °F 미만의 섬유화 온도 및 바람직하게는 적어도 약 80°F, 보다 바람직하게는 적어도 약 120 °F, 가장 바람직하게는 적어도 약 150 °F 까지 섬유화 온도보다 낮은 액상선 온도를 포함한다.

[0019]

본 발명의 유리 조성물의 섬유화 특성은 섬유화 온도, 액상선, 및 델타-T를 포함한다. 섬유화 온도는 약 1000 푸아즈의 점도에 상응하는 온도로서 정의된다. 이하에서 보다 상세하게 논의될 바와 같이, 낮아진 섬유화 온도는 섬유의 제조 비용을 감소시키고, 부식 수명을 연장시키고, 작업 처리량을 증가시키고, 내화물이 라이닝처리된 용융기에서 유리가 용융되도록 하며, 에너지 사용을 감소시킨다. 예를 들어, 낮은 섬유화 온도에서, 부식은 저온에서 작동하고 빨리 치지 않는다. 치짐 (sag)은 장기간동안 상승된 온도에서 유지되는 부식에서 발생하는 현상이다. 섬유화 온도를 낮춤으로써, 부식의 치짐율이 감소될 수 있어서 부식의 수명이 연장될 수 있다. 또한, 소정 에너지 입력에서 소정 기간 동안 더 많은 유리가 용융될 수 있기 때문에 낮은 섬유화 온도는 더 높은 처리량이 가능하다. 그 결과, 제조 비용이 감소된다. 또한, 유리의 용융 및 섬유화 온도 모두가 상업적으로 이용가능한 다수의 내화물의 최대 사용 온도보다 낮기 때문에 낮은 섬유화 온도는

본 발명의 조성으로 형성된 유리가 내화물이 라이닝처리된 용융기에서 용융될 수 있도록 한다.

[0020] 액상선은 액상 유리와 1 차 결정화상 사이에 평형상태가 존재하는 최고 온도로서 정의된다. 액상선보다 높은 모든 온도에서, 유리는 유리의 1 차상을 갖지 않는다. 액상선보다 낮은 온도에서, 결정이 형성될 수도 있다.

[0021] 다른 섬유화 특성은 델타-T ( $\Delta T$ ) 로서, 섬유화 온도와 액상선 사이의 차로써 정의된다. 큰  $\Delta T$  는 유리 섬유의 형성 동안에 더 큰 정도의 가요성을 제공하여서 용융 및 섬유화 동안에 유리 (즉, 용융물 내의 결정 형성) 의 실패의 방지를 돕는다. 또한  $\Delta T$  의 증가는 부싱의 수명을 연장시키고 섬유의 형성 동안 넓은 공정 창을 제공함으로써 유리 섬유의 제조 비용을 감소시킨다.

[0022] 본 발명의 유리는 유리 강화 섬유의 제조에 널리 이용되는 통상 상업적으로 이용가능한 내화물이 라이닝처리된 유리 용융기에서의 용융에 적합하다. 개시 배치 (batch) 성분은 통상적으로,  $MgCO_3$  (마그네사이트),  $CaCO_3$  (석회석),  $SrCO_3$  (스트론티아나이트),  $BaCO_3$  (위더라이트),  $ZrSiO_4$  (지르콘), 및  $NaCO_3$  (소다석 (natrite)) 등의 원료로부터의 연쇄 개질제 (chain modifier) 뿐만 아니라,  $SiO_2$  (분쇄 규사), 및  $Al_2O_3$  (하소 알루미늄) 도 포함한다.

[0023] 도 1 ~ 4 는 여기에 설명된 유리 섬유를 형성하는 방법에 유용한 유리 용융로 (10) 를 나타내며 이하의 실시예 및 청구항에 설명된다. 유리 용융로 (10) 는 유리 주전 (forehearth) (12) 에 용융 유리를 제공한다. 용융 유리는 바람직하게는, 약 60.5 ~ 약 70.5 중량% 의  $SiO_2$ , 약 10.0 ~ 약 24.5 중량% 의  $Al_2O_3$ , 약 6.0 ~ 약 20.0 중량% 의 RO, 및 약 3.0 중량% 의 알칼리 금속 산화물을 포함하며, RO 는  $MgO$ ,  $CaO$ , 및  $SrO$  의 합과 동일하다. 본 발명에 따라 형성된 섬유는 소량의  $ZnO$ ,  $SO_3$ , 불소,  $B_2O_3$ ,  $TiO_2$  및  $Fe_2O_3$  을 포함하며, 바람직하게는 통상적으로 약 4 중량% 미만의 양을 포함할 수 있다. 또한, 본 발명의 조성 및 방법에 따라 형성된 섬유는 바람직하게는, 약 2650 °F 미만의 섬유화 온도, 적어도 약 80 °F 의  $\Delta T$ , 바람직하게는 적어도 약 120 °F 의  $\Delta T$ , 및 가장 바람직하게는 적어도 약 150 °F 의  $\Delta T$ , 및 약  $2.28 \times 10^{-6}$  in/in/°F ~ 약  $2.77 \times 10^{-6}$  in/in/°F 의 열팽창 계수 (CTE) 를 가질 것이다. 또한, 본 발명의 방법에 의해 제조된 유리 섬유는 약 600 KPSI 를 초과하는 강도, 바람직하게는 약 630 KPSI 를 초과하는 강도, 및 가장 바람직하게는 약 695 KPSI 를 초과하는 강도를 갖는 것이 바람직하다. 또한, 유리 섬유는 바람직하게는 약 12.0 MPsi 보다 크고, 바람직하게는 약 12.18 MPsi 보다 크고, 가장 바람직하게는 약 12.6 MPsi 보다 큰 모듈러스를 가질 것이다. 종래의 당업자들에게 공지된 상세 사항의 관점에서는 구조의 소정 상세 사항이 제공되지 않는다.

[0024] 본 발명은 또한 상기에 설명된 바와 같이, 경화가능한 매트릭스 재료와 결합한 유리 섬유를 포함하는 복합재 재료를 포함한다. 복합재 재료는 고강도 및 강성 및 경량이 요구되는 분야에서 특히 유용하다. 이러한 분야는 경량, 강성 및 고강도가 바람직한 다른 어떤 분야뿐만 아니라 비행기, 자동차, 및 풍력 에너지 (풍차 날개) 를 포함한다. 적합한 경화가능한 매트릭스 재료는 열경화성 및 열가소성 수지를 포함한다. 실시예에 의해, 적합한 열경화성 매트릭스 재료는 비닐 에스테르, 폴리에스테르, 수지 에폭시 및 이들의 조합체 또는 공중합체를 포함한다. 통상적으로, 풍차 날개는 진공식 수지 주입 또는 미리 함침된 강화 레이-업 등의 적절한 복합재 제작 기법으로 형성된다.

[0025] 본 발명을 일반적으로 설명하기 위해서, 설명을 목적으로만 제공되고 모든 것을 포함하거나 특정하게 한정하기 위한 의도가 아닌 이하에 설명된 소정의 특정 실시예를 참조하여 다른 설명이 얻어진다.

**실시예**

[0026] 제조된 유리 및 섬유의 기계적 및 물리적 특성을 결정하기 위해서 표 IIA ~ IIC 에 열거된 예의 유리가 백금 도가니 또는 연속적으로 백금이 라이닝 처리된 용융기에서 용융되었다. 물리적 특성용 측정 단위는, 점도 (°F), 액상선 온도 (°F) 및  $\Delta T$  (°F) 이다. 어떤 예에서는 유리가 섬유화되었고 강도 (Kpsi), 밀도 (g/cc), 모듈러스 (MPsi), 연화점 (°F) 및 열팽창 계수 (CTE) (in/in/(°F)) 가 측정되었다.

[0027] 회전 스피들 점도계를 사용하여 섬유화 온도가 측정되었다. 섬유화 점도는 1000 푸아즈로서 정의된다. 액상선은 열구배 노 (thermal gradient furnace) 에 유리로 채워진 백금 컨테이너를 16 시간 동안 위치시킴으로써 측정되었다. 결정이 존재하는 최대 온도를 액상선 온도로 하였다. 단일 유리 섬유에서 초음파 기법을 이용하여 모듈러스가 측정되었다. 인장 강도는 본래의 단일 섬유에서 측정되었다. 25 ~ 600 °C 의 온도 범위에 걸쳐 팽창계로 CTE 가 측정되었다. ASTM C338 섬유-연신법을 이용하여 연화점 온도가 측정되었

다.

[0028] 표 II A

유리	예 1	예 2	예 3	예 4	예 5	예 6
SiO <sub>2</sub>	62.63	62.42	61.75	63.01	63.07	63.16
CaO	8.49	8.64	8.57	4.84	4.85	4.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.50	18.54	18.82	19.99	20.03	19.76
MgO	9.47	9.64	9.65	11.26	11.28	11.33
Na <sub>2</sub> O	0.70	0.69		0.70	0.70	
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	0.05	0.045	0.20	0.05	0.037
측정된 점도 (° F)	2491	없음	없음	2514	없음	없음
측정된 액상선 (° F)	2261	2247	없음	2335	없음	없음
측정된 DT (° F)	230	없음	없음	179	없음	없음
측정된 강도 (KPsi)	672	없음	없음	695	없음	없음
측정된 밀도 (g/cc)	2.556	없음	없음	2.530	없음	없음
측정된 모듈러스 (MPsi)	12.4	12.6	없음	12.6	12.7	없음
연화점 (° F)	없음	없음	없음	1765	없음	없음
CTE in/in/(° F)	없음	없음	없음	2.28x10 <sup>-6</sup>	없음	없음

[0029]

[0030] 표 II B

유리	예 7	예 8	예 9	예 10	예 11	예 12
SiO <sub>2</sub>	62.32	63.89	63.14	61.39	61.39	65.00
CaO	11.56	11.21	11.96	11.96	8.71	13.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.25	16.39	16.39	18.14	18.89	15.00
MgO	7.98	6.62	6.62	6.62	9.62	5.00
Na <sub>2</sub> O	0.70	0.75	0.75	0.75	0.25	1.00
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.75	0.75	0.75	0.75	1.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	0.39	0.39	0.39	0.39	
측정된 점도 (° F)	2458	2493	2435	2431	2434	2509
측정된 액상선 (° F)	2301	2268	2294	2353	2261	2226
측정된 DT (° F)	157	225	141	78	173	283
측정된 강도 (KPsi)	632	636	622	615	682	612
측정된 밀도 (g/cc)	2.573	2.553	2.567	2.567	2.564	없음
측정된 모듈러스 (MPsi)	12.2	12.2	12.2	12.2	12.6	없음
연화점 (° F)	1729	없음	없음	없음	없음	없음
CTE in/in/(° F)	2.77x10 <sup>-6</sup>	없음	없음	없음	없음	없음

[0031]

[0032] 표 II C

유리	예 13	예 14	예 15	예 16	예 17	예 18
SiO <sub>2</sub>	63.89	65.00	64.00	63.89	65.00	65.00
CaO	6.96	14.00	4.00	8.96	14.00	12.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.64	15.00	20.00	18.89	15.00	15.00
MgO	9.62	6.00	11.00	6.62	5.00	5.00
Na <sub>2</sub> O	0.25	0.00	1.00	0.75	0.00	1.00
TiO <sub>2</sub>	0.25	0.00	0.00	0.75	1.00	1.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.39	0.00	0.00	0.14	0.00	0.50
측정된 점도 (° F)	2513	2508	2548	2565	2481	2523
측정된 액상선 (° F)	2337	2373	2401	2288	2403	2227
측정된 DT (° F)	176	135	147	277	78	296
측정된 강도 (KPsi)	695	624	없음	없음	604	없음
측정된 밀도 (g/cc)	2.480	2.554	없음	없음	2.546	없음
측정된 모듈러스 (MPsi)	12.3	12.0	없음	없음	11.9	없음
연화점 (° F)	없음	없음	없음	없음	없음	없음
CTE in/in/(° F)	없음	없음	없음	없음	없음	없음

[0033]

[0034]

종래에 알려진 바와 같이, 상기의 대표적인 본 발명의 조성물은 통계학적 관례 (예컨대, 라운딩 및 에버리징) 및 몇몇 조성물이 열거되지 않은 불순물들을 포함할 수도 있다는 사실에 의해 열거된 조성물의 총계가 항상 100% 가 되지 않는다. 물론, 조성물에서 어떠한 불순물도 포함하는 모든 성분의 실제 양은 항상 총계가 100% 가 된다. 또한, 조성물에서 성분의 소량이, 예컨대, 대략 0.05 중량% 이하의 양으로 특화되고, 이러한 성분은 계획적으로 첨가되는 것보다는, 원료에 극소량의 불순물의 형태로 존재할 수도 있다는 것을 알아야 한다.

[0035]

또한, 예를 들어, 처리를 용이하게 하기 위해서, 나중에 제거될 배치 조성물에 성분이 첨가되어서, 본질적으로 이러한 성분이 없는 유리 조성물을 형성하게 된다. 따라서, 예를 들어, 불소 및 황산염 등의 미량의 성분이, 본 발명의 상관습에서 실리카, 칼시아, 알루미늄, 및 마그네시아 성분을 제공하는 원료에 극소량의 불순물로서 존재할 수도 있고 또는 제조 동안 본질적으로 제거될 목적으로 처리될 수도 있다.

[0036]

상기의 예에서 명백한 바와 같이, 본 발명의 유리 섬유 조성물은 낮은 섬유화 온도 및 액상선 온도와 섬유화 온도 사이의 큰 차 (높은 ΔT 값) 등의 유리한 특성을 갖는다. 본 발명의 다른 이점 및 명백한 변형은 상기의 설명 및 본 발명의 실행을 통해 당업자들에게 분명해질 것이다. 본 발명의 고성능 유리는 비교적 저온에서 용융 정제되고, 비교적 저온의 넓은 범위, 및 낮은 액상선 온도 범위에 걸쳐 가공가능한 점도를 갖는다.

[0037]

본 분야의 발명은 일반적이고도 구체적인 실시형태 모두에 대하여 상기에 설명되었다. 본 발명이 바람직한 실시형태라고 여겨지는 것으로 설명되었지만, 당업자들에 공지된 다양한 대안이 일반적인 명세서 내에서 선택될 수 있다. 본 발명의 다른 이점 및 명백한 변형은 상기의 설명 및 본 발명의 실행을 통해 당업자들에게 분명해질 것이다. 본 발명은 이하에 설명될 청구 범위의 상술을 제외하고는, 다른 점에서는 한정되지 않는다.