



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0030626
(43) 공개일자 2010년03월18일

(51) Int. Cl.

F16B 33/00 (2006.01) *E04F 13/08* (2006.01)
E04F 13/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-7027098

(22) 출원일자 2008년05월29일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2009년12월24일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2008/056614

(87) 국제공개번호 WO 2008/145695

국제공개일자 2008년12월04일

(30) 우선권주장

07109159.9 2007년05월29일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인

에스지엘 카본 에스이

독일연방공화국 65203 비스바덴 라인가우스트라세 182

(72) 발명자

몬트미니, 존

독일 85757 칼스펠트 호른데르베크 7

히스트, 칼

독일 86156 아우그스부르크 로렌츠-슈퇴터 -베크 1

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인화우

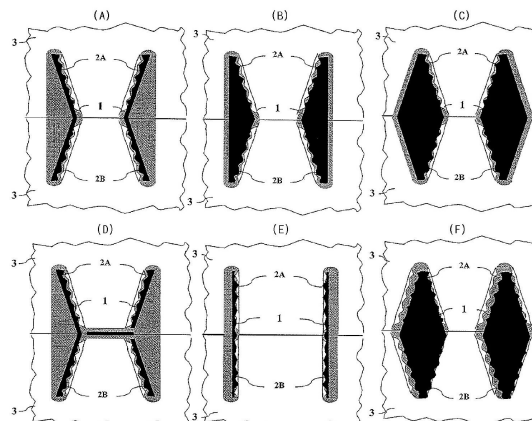
전체 청구항 수 : 총 38 항

(54) 세라믹 구성요소용 복합재 체결구

(57) 요약

무기 섬유로 강화된 무기 매트릭스를 포함하는 복합재로 만들어진 세라믹 구성요소를 연결하기 위한 두 개의 말단(2A,B)을 지닌 관형 복합재 부재(1)에 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면(4)과 외부 표면(6)이 제공된다. 또한, 안쪽 쉘 표면(10), 바깥쪽 쉘 표면(11) 및 루트(12)를 포함하며, 여기서 안쪽 쉘 표면(10)은 적어도 부분적으로 나사가공되는, 하나 이상의 고리형 홈(9)이 제공된 하나 이상의 표면을 가진 세라믹 부재(3)가 제공된다. 또한, 하나 이상의 관형 복합재 부재(1)에 의해 연결되는 두 개 이상의 세라믹 부재들(3)을 포함하며, 그런데 상기 관형 복합재 부재(1)의 말단(2A,B)은 두 개의 인접한 세라믹 부재들(3)의 대응되는 고리형 홈(9) 내부로 스크류고정되는, 세라믹 부재(3) 어셈블리가 제공된다. 이렇게 체결된/이어진 세라믹 부재들(3)은 상이한 방향에서의 동역학적인 기계적 부하 하에서는 물론 고온(1000 °C 이상), 특히 열 순환 및/또는 열 충격 조건에서 작동될 수 있다. 또한, 본원 발명에 따른 관형 복합재 부재들(1)을 제조하는 방법도 제공된다.

대표도



(72) 발명자

클라우스, 토마스

독일 86678 에히겐 가르텐슈트라세 6

클로츠, 크리스티안

독일 86866 뮌크하우젠 뉘켄슈트라세 2

특허청구의 범위

청구항 1

적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면(4) 및 외부 표면(6)을 가지며 무기 섬유로 강화된 무기 매트릭스를 포함하는 복합재로 만들어진 세라믹 구성요소(3)를 연결하기 위한 두 말단(2A, 2B)을 지닌 관형 복합재 부재(1).

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 외부 표면(6)은 적어도 부분적으로 나사가공됨을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 부재의 내부 표면(4)과 외부 표면(6) 양자는 그들의 회전축 쪽으로 축방향으로 가늘어져 역 양뿔형 관(inverted bi-conical tube)을 형성하는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 내부 표면(4)은 그의 회전축 쪽으로 축방향으로 가늘어져 상기 내부 표면(4)의 역 양뿔형 형태를 형성하는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 외부 표면(6)은 그 회전축으로부터 축방향으로 두꺼워져 상기 외부 표면(6)의 이중-원뿔대(double-frustoconical) 형태를 형성하는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 외부 표면(6)은 그 회전축으로부터 축방향으로 두꺼워져 상기 외부 표면(6)의 역 양뿔형 형태를 형성하고, 상기 내부 표면(4)은 그 회전축 쪽으로 축방향으로 가늘어져 상기 내부 표면(4)의 이중-원뿔대 형태를 형성하는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기한 양 말단의 하나(2A 또는 2B)는 그 회전축으로부터 가늘어져 상기 말단(2A 또는 B)의 역 뿔 형태(inverted conical shape)를 형성하는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 8

상기 제 1항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무기 섬유는 산화물 세라믹, 비-산화물 세라믹, 탄소, 흑연 또는 이들의 혼합물로 구성된 그룹에서 선택되는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 9

상기 제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무기 매트릭스는 산화물 세라믹, 비-산화물 세라믹, 탄소, 흑연 또는 이들의 혼합물로 구성되는 그룹에서

선택되는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 10

상기 제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무기 섬유는 상기 복합재의 부피로 30 % 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 11

상기 제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무기 섬유는 10 cm 이상의 길이를 가지는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 12

상기 제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무기 섬유는, 상기 관형 부재 형성 섬유의 10중량% 이상, 바람직하게는 20중량% 이상이 실린더 축 방향에 대하여 $\pm(10 \text{ 내지 } 20)^\circ$ 의 각을 갖는 방향으로 배열되고, 그리고 상기 관형 부재 형성 섬유의 10중량% 이상, 바람직하게는 20중량% 이상이 실린더 축 방향에 대하여 $\pm(70 \text{ 내지 } 90)^\circ$ 의 각을 이루는 방향으로 배열되는 방식으로 정렬되는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 13

상기 제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무기 섬유는 필라멘트, 번들, 얇, 직조, 편성물 또는 조물, 비-권축물, 부직포 또는 이들의 혼합물로서 형성되는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 14

상기 제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 부분적으로 나사가공된 상기 내부 표면(4)의 나사들은 $\pm 0.2 \text{ mm}$ 미만의 허용오차를 가지는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 15

상기 제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 관형 복합재 부재(1)에는 흑연, 몰리브덴, 다이설파이드, PTFE, 보론 나이트라이드, 내화 금속, 광유, 또는 이들의 혼합물의 그룹에서 선택된 윤활 첨가물이 추가적으로 제공되는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 16

상기 제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 관형 복합재 부재(1)에는 무기 단섬유, 무기 나노섬유, 또는 이들의 혼합물의 그룹에서 선택된 강도 개선 첨가물이 추가적으로 제공되는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 17

상기 제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 관형 복합재 부재(1)에는 암모늄 포스페이트, 아연 오르토포스페이트, 인산, 붕산, 산화동, 산화물 세라믹, 내화 금속 또는 이들의 혼합물의 그룹에서 선택된 산화 지연 첨가물이 추가적으로 제공되는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 18

상기 제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 관형 복합재 부재(1)에는 팽창된 흑연 포일로 만들어진 슬리브가 추가적으로 제공되는 것을 특징으로 하는 관형 복합재 부재(1).

청구항 19

안쪽 셀 표면(10), 바깥쪽 셀 표면(11) 그리고 루트(12)를 포함하며, 안쪽 셀 표면(10)은 적어도 부분적으로 나사가공된, 하나 이상의 고리형 홈(9)이 마련된 하나 이상의 표면(8)을 가지는 세라믹 부재(3).

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 바깥쪽 셀 표면(11)은 적어도 부분적으로 나사가공된 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3).

청구항 21

제 19 항 또는 제 20 항에 있어서,

상기 하나 이상의 고리형 홈(9)의 안쪽 셀 표면(10)은 세라믹 부재(3)의 하나 이상의 홈이 있는 표면(8) 쪽으로 축방향으로 가늘어져 원뿔대를 형성하는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3).

청구항 22

제 19 항 또는 제 20 항에 있어서,

상기 하나 이상의 고리형 홈(9)의 바깥쪽 셀 표면(11)은 세라믹 부재(3)의 하나 이상의 홈이 있는 표면(8) 쪽으로 축방향으로 넓어지는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3).

청구항 23

제 19 항 또는 제 20 항에 있어서,

상기 하나 이상의 고리형 홈(9)의 안쪽 셀 표면(10)은 세라믹 부재(3)의 하나 이상의 홈이 있는 표면(8) 쪽으로 축방향으로 가늘어져 원뿔대를 형성하고, 상기 고리형 홈(9)의 바깥쪽 셀 표면(11)은 세라믹 부재(3)의 하나 이상의 홈이 있는 표면(8) 쪽으로 축방향으로 넓어지는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3).

청구항 24

제 19 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 세라믹 부재(3)는 산화물 세라믹, 비-산화물 세라믹, 탄소, 흑연, 또는 이들의 혼합물로 구성되는 그룹에서 선택되는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3).

청구항 25

제 19 항 내지 제 24 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 표면(8)에는 상기 세라믹 부재를 인접한 세라믹 부재에 대하여 정확하게 위치지정 및/또는 잡그는 수단이 추가적으로 제공되고, 상기 수단은 열장장부측(dove tails), 핀(pins), 랜드(lands), 웨지(wedges) 및 이와 유사한 것으로 구성된 그룹 및/또는 홈(grooves), 오목홈(recesses), 돌기(projections) 및 이와 유사한 것과 같은 대응 결합 형태들로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3).

청구항 26

제 19 항 내지 제 25 항 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 부분적으로 나사가공된 표면들(10,11)의 나사들이 흑연, 몰리브데넘 다이설파이드, PTFE, 보론 나이트라이드, 내화 금속, 광유, 또는 이들의 혼합물의 그룹에서 선택된 윤활 첨가물로 코팅되는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3).

청구항 27

제 19 항 내지 제 26 항 중 어느 한 항에 있어서,

안쪽 셀의 적어도 부분적으로 나사가공된 표면(10)의 나사들은 ± 0.2 mm 미만의 허용오차를 가지는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3).

청구항 28

제 1 항 또는 제 2 항에 따른 하나 이상의 관형 복합재 부재(1)에 의해 연결되는 제 19 항 또는 제 20 항에 따른 두 개 이상의 세라믹 부재(3)들을 포함하며, 상기 관형 복합재 부재(1)의 말단(2A,2B)은 두 개의 인접한 세라믹 부재(3)들의 대응하는 고리형 홈(9) 어느 한쪽으로 스크류고정되는 세라믹 부재(3) 어셈블리.

청구항 29

제 3 항 또는 제 4 항에 따른 하나 이상의 관형 복합재 부재(1)에 의해 연결되는 제 21 항에 따른 두 개 이상의 세라믹 부재(3)들을 포함하며, 상기 관형 복합재 부재(1)의 말단(2A,2B)은 두 개의 인접한 세라믹 부재(3)들의 대응하는 고리형 홈(9) 어느 한쪽으로 스크류고정되는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3) 어셈블리.

청구항 30

제 5 항에 따른 하나 이상의 관형 복합재 부재(1)에 의해 연결되는 제 22 항에 따른 두 개 이상의 세라믹 부재(3)들을 포함하며, 상기 관형 복합재 부재(1)의 말단(2A,2B)은 두 개의 인접한 세라믹 부재(3)들의 대응하는 고리형 홈(9) 어느 한쪽으로 스크류고정되는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3) 어셈블리.

청구항 31

제 6 항에 따른 하나 이상의 관형 복합재 부재(1)에 의해 연결되는 제 23 항에 따른 두 개 이상의 세라믹 부재(3)들을 포함하며, 상기 관형 복합재 부재(1)의 말단(2A,2B)은 두 개의 인접한 세라믹 부재(3)들의 대응하는 고리형 홈(9) 어느 한쪽으로 스크류고정되는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3) 어셈블리.

청구항 32

제 28 항 또는 제 31 항에 있어서,

상기한 인접한 세라믹 부재(3)들의 고리형 홈(9)들은 어느 한쪽이 상이한 깊이를 가지는 것을 특징으로 하는 세라믹 부재(3) 어셈블리.

청구항 33

다음의 단계를 포함하는, 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면을 가진 세라믹 구성요소를 연결하기 위한 관형 복합재 부재(1)의 제조 방법:

- (a) 무기 섬유를 매트릭스 재료에 함침하는 단계,
- (b) ± 0.2 mm미만의 허용오차를 갖는 적어도 부분적으로 나사가공된 홈을 가지는 맨드렐을 제공하는 단계,
- (c) 상기 함침된 섬유를 관형 부재를 형성하기 위해 장력 하에 상기 맨드렐 상에서 한 방향 이상으로 와인딩하는 단계,
- (d) 500 °C까지의 상승된 온도에서 맨드렐 상에서 상기 관형 부재를 경화하는 단계,
- (e) 상기 관형 부재를 바람직하게는 불활성 분위기에서 3200 °C까지의 고온에서 열 처리에 도입하는 단계.

청구항 34

다음의 단계를 포함하는, 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면 및 적어도 부분적으로 나사가공된 외부 표면을 가지는 세라믹 구성요소를 연결하기 위한 관형 복합재 부재(1)의 제조 방법:

- (a) 무기 섬유들을 매트릭스 재료로 함침하는 단계,
- (b) ± 0.2 mm미만의 오차를 갖는 적어도 부분적으로 나사가공된 홈들을 가지는 맨드렐을 제공하는 단계,
- (c) 상기 함침된 섬유들을 관형 부재를 형성하기 위해 장력하에 상기 맨드렐 상에서 한 방향 이상으로 와인딩하

는 단계,

(d) 나사가공된 외부 표면이 제공되어야 하는 관형 부재의 적어도 일부를 둘러싸기(surround) 위하여 복수의 틀 부품을 갖는 일반적으로 실린더형의 틀(die)을 제공하는 단계,

(e) 압축 단계에서, 나사가공된 외부 표면을 형성하기 위해 가열된 틀 부품을 관형 부재 상에 씌우(closing)는 단계,

(f) 틀 부품을 분리하는 단계,

(g) 상기 관형 부재를 500 °C까지의 상승된 온도에서 맨드릴 상에서 경화하는 단계,

(h) 상기 관형 부재를 바람직하게는 불활성 분위기에서 3200 °C까지의 고온에서 열 처리에 도입하는 단계.

청구항 35

제 33 항 또는 제 34 항에 있어서,

상기 관형 부재는 경화 후 맨드릴에서 떼어냄을 특징으로 하는 방법.

청구항 36

제 33 항 내지 제 35 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열분해된 관형 부재는 함침에 의해, 그 후에 열분해 또는 화학 기상 침투에 의해 더욱더 고밀화에 도입됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 37

제 33 항 내지 제 36 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무기 섬유는 산화물 세라믹, 비-산화물 세라믹, 탄소, 흑연 또는 이들의 혼합물로 구성된 그룹에서 선택됨을 특징으로 하는 방법.

청구항 38

제 33 항 내지 제 37 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 매트릭스 재료는 전-세라믹 전구체, 고 탄소-산출 탄소질 재료(high carbon-yielding carbonaceous materials) 또는 이들의 혼합물로 이루어진 그룹에서 선택됨을 특징으로 하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 테크니칼 세라믹(technical ceramic) 구성요소용 체결(fastening) 또는 연결(connecting) 요소에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 테크니칼 세라믹 및 특히 섬유-강화 세라믹은 낮은 비중량(specific weight) 및 다른 더 많은 독특한 특성과 조합된 그들의 높은 내열성(temperature resistance) 덕분에 다양하게 산업뿐만 아니라 우주 응용분야 용도를 위하여 점차 더 중요한 재료의 그룹에 속한다.

[0003] 본 발명에 따르는 테크니칼 세라믹(첨단 세라믹, 공학용 세라믹, 뉴 세라믹 또는 파인 세라믹이라고도 불림)은 산화물, 이를테면 알루미늄이나 또는 지르코니아 또는 물라이트 같은 혼합물로, 비-산화물, 이를테면 탄소/흑연, 카바이드, 나이트라이드, 보라이드, 실리사이드로 구성된 단층 재료이거나, 또는 무기 섬유(예컨대, 탄소/흑연, SiC, 알루미늄)로 강화된 상기 나열된 재료를 포함하는 세라믹 매트릭스로 구성된 복합재료이다. 후자 복합재 재료는 탄소/흑연 섬유로 된 탄소/흑연 매트릭스로 구성되는 탄소 섬유 강화 복합재(CRFC) 및 세라믹 매트릭스 복합재(CMC) 이를테면, C/SiC, SiC/SiC 및 Al_2O_3/Al_2O_3 (첫 번째 용어는 섬유 조성을 설명하고, 두 번째 용어는 매트릭스 재료를 의미함)로 나누어질 수 있다. 문헌상 오직 탄소에 기반한 재료는 때때로 테크니칼 세라믹과는 별개의 재료 부류로 취급되지만, 그들의 특성이 테크니칼 세라믹의 재료의 그것과 유사하기 때문에, 그들은 명

시적으로 본 발명의 범위에 포함된다.

[0004] 현재, 고온(1000 ℃ 이상) 적용, 이를테면, 제련, 열 보호, 로켓 추진 시스템 등을 위한 다수의 구조적 구성요소는 이러한 재료들로 제작된다. 더 많은 구성요소가 기술적 단순성과 경제적 고려를 이유로 분리 및 조합의 원리에 의해 개별적인 부품으로 제작된다. 그러한 구성요소들을 연결하기 위하여, 체결 요소가 필요하다. 그들의 일반적인 중요성은, 그들의 적용 용도에 따라, 그들이 종종 전반적으로 가장 중요하고 가장 유비쿼터스적인 구조적 요소라는 점을 고려할 때, 명백하다. 나사가공된 연결부(threaded connections)는 전통적으로 기계 건설, 항공우주 건설, 및 많은 다른 기술적인 영역에서 아주 중요하다.

[0005] 이들 부품들을 연결하는 방법은 단순하고 경제적이야 하나, 또한 연결될 부품들과 구조적으로 호환되는(compatible) 요소가 제공되어서 그들의 적용 용도와 관련된, 예를 들면 온도 범위에 대한, 부하 용량(load capacity) 및 한계는 저해되지 않아야 한다. 그러나, 고온에서 사용되는 세라믹 부품들의 경우, 종래의 재료, 예컨대, 금속성 재료로 된 체결 요소로는 이것이 불가능하다. 비록 금속성 체결 요소가 일반적으로 유리한 장점을 가지고 있다 하여도, 그들은 세라믹 구성요소를 연결하는데 본질적으로 적합하지 않다. 그들의 실질적으로 보다 큰 열팽창 계수(CTE), 그들의 유동성, 그리고 세라믹 재료의 온도 범위에 비해 여전히 상대적으로 아주 낮은 온도에서의 상대적으로 낮은 부하 용량은 물론 그들의 산화 민감성은, 금속성 체결 요소가 고온에서 오직 적은 범위에서만 사용될 수 있다는 사실로 귀결된다. 이미, 섬유-강화 세라믹에게는 전형적인 온도인, 1000 ℃ 이상의 작동 온도에서, 금속 스크류(screw)는 더 이상 사용될 수 없다.

[0006] 선행 기술에서, 복합 재료로 스크류와 볼트를 제조하기 위해 다양한 시도들이 기술되어왔다. US 4,717,302호에서는, 우선 멀티-디멘전의 직조 섬유(woven fiber)로 등방성 블록을 형성한 후, 그러한 블록을 소망하는 너트나 볼트 모양으로 가공함에 의해 제조되는 복합재 체결구(300 ℃이하의 온도에서만 적합한)가 기술되어 있다. 이 접근법의 주요 단점은 나사 구역 내에서의 강화 섬유의 절단(cut-off)이며, 이는 나사(thread)가 인장 응력 하에서 끊어지는 정도까지 나사를 실질적으로 약화시킨다. US 5,127,783호는 섬유가공방법을 통하여 얻어지는, 코어, 코어 외관에 결합된 나사-정의(thread-defining) 요소 그리고 나사-정의 요소를 코어에 고정(securing)하는 강화 직물 층을 포함하는 CFRC 또는 CMC 나사가공된 부재를 기술한다. 그렇게 얻어진 나사가공된 부재는 그러나 치수 정밀도가 모자라고, 나아가, 나사, 즉 부착된 나사-정의 요소가 인장 응력 하에서 전단(sheared off)된다.

[0007] 위의 예 이외에도, 복합재 너트와 볼트에 대한 다양한 다른 발명적 접근이 기술되어왔다. 그러나, 체결 시스템 "너트 및 볼트"는 목재 또는 금속 부품들을 유사한 재료로 만들어진 너트 및 볼트로 연결하는 목적으로 오래전에 개발되어 왔다. 단순히 이 개념을 체결 세라믹 부재로 옮기는 것은 바람직한 해법을 제공하지 못하는데, 이는 세라믹이 목재나 금속에 비교하면 꽤 깨지기 쉽기 때문이다. 이 문제점은 세라믹이 고온(1000 ℃ 이상)에서 특히 열 순환(thermal cycling) 및/또는 열 충격(thermal shoke) 조건 하에서 사용될 때 더욱 부각된다. 그러한 조건 하에서, 체결 부재(볼트)를 결속시키기 위한 구멍을 지닌 세라믹 구성요소는 구멍 부위에서 균열하기 쉬워 결국은 세라믹 구성요소의 돌발 고장(catastrophic failure)으로 이어진다. 이 상황은 만약 상이한 재료로 만들어진 구성요소들이 연결되거나 또는 체결 부재로 사용된다면 그들의 CTE가 다르기 때문에 더 악화된다. 만약 연결된 세라믹 구성요소들을 위한 작동 조건이 상이한 방향에서의 동력학적 기계적 부하를 포함한다면 더욱 열악한 상황이 발생된다.

[0008] 세라믹 구성요소는 예컨대 금속과는 완전히 다른 작동 조건에 놓여진다(yield). 그러므로, 발명자는 적절한 체결 요소를 고안할 때 이 모든 차이점들을 고려해야만 한다.

[0009] 그러므로 본 발명의 목적은 1000 ℃ 이상 온도에 노출되는 세라믹 구성요소 용 체결 요소를 제공하는 것이다.

발명의 상세한 설명

[0010] [발명의 요약]

[0011] 상술한 그리고 기타 목적으로, 본 발명에 따라, 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면을 가진 그리고 무기 섬유로 강화된 무기 매트릭스를 포함하는 복합재로 만들어진 세라믹 구성요소를 연결하기 위한 두 개의 말단을 지닌 관형 복합재 부재가 제공된다.

[0012] 만약 금속이나 목재로 만들어진다면 스크류가 완벽한 연결 도구일 수 있겠지만, 무기 섬유로 만들어지는 경우에는, 후자가 다소 깨지기 쉽다고 알려져 있지만 만약 장력 하에서 예외적인 힘이 아니라면 전형적으로 장점을 보여주기 때문에, 항상 절충안일 것이다. 종래의 스크류 디자인의 상기 결점 이외에도, 만약 기계적 부하 및/또는 온도변화를 겪게 되는 세라믹 부재를 연결하는 데 사용된다면, 상대적으로 깨지기 쉬운 세라믹 부재는 매우 재

빨리 균열하기 시작하고 곧바로 돌발 고장 모드를 경험하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 인장 강도를 강화(build on)하면서 무기 섬유와 복합성을 고려하여 관형 연결 부재 디자인이 발명되었다.

- [0013] 이 관형 부재는 바람직하게는 그것의 회전축에 대하여 대칭 형태이나, 약간 타원형으로 형성될 수 있다. 후자 형태는 스크류풀림(unscrewing)을 방지하는 수단을 제공한다.
- [0014] 또한, 이 관형 부재는 그것의 표면에서 위치 지정(positioning), 잠금(lock) 및/또는 스크류 풀림에 대한 수단을 제공하는 다양한 양각(embossments), 홈(grooves) 또는 다른 보충적 형태를 가질 수 있다. 그러나, 그러한 보충적 형태는 바람직하게는 관형 부재의 열분해(pyrolysis)에 앞서 섬유 와인딩(winding)/레이잉(laying) 기술에 의해 생성되어야 하며 이후에 그것의 표면에 기계 가공되지는 않아야 한다.
- [0015] 역 양뿔형(inverted bi-conical) 관 실시형태를 제외하고, 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면에 더하여 관형 복합재 부재의 외부 표면에는 적어도 부분적으로 나사가 제공된다.
- [0016] 하나의 실시형태에 따르면, 상기 관형 부재의 내부 표면뿐만 아니라 외부 표면 모두는 그들의 회전축 쪽으로 축 방향으로 가늘어져(axially tapered), 역 양뿔형 관을 형성한다. 내부 및 외부 표면의 테이퍼(taper) 각은 반드시 같지는 않다. 외부 표면의 테이퍼 각도는 두 역 뿔이 만나는 적도 영역(equator region)에서 기계적 강도를 증가시키기 위하여 내부 표면의 각도보다 더 작을 수 있다.
- [0017] 다른 실시형태에 따르면, 관형 복합재 부재의 내부 표면은 그것의 회전축 쪽으로 축방향으로 가늘어져서, 내부 표면의 역 양뿔형 모양을 형성한다.
- [0018] 다른 실시형태에 따르면, 외부 표면은 그것의 회전축으로부터 축방향으로 두꺼워져(thickened away), 외부 표면의 이중-원뿔대(double-frustoconical)의 모양을 형성한다.
- [0019] 다른 실시형태에 따르면, 외부 표면은 그것의 회전축으로부터 축방향으로 두꺼워지고, 내부 표면은 그것의 회전축 쪽으로 축방향으로 가늘어진다.
- [0020] 관형 부재는 그것의 회전축에 대하여 수직인 면에 대하여 대칭적일 필요는 없다. 관형 부재의 양 말단은 다른 길이 및/또는 또한 다른 모양을 가질 수 있다.
- [0021] 다른 실시형태에 따르면, 관형 부재의 양 말단 중 하나는 상기 말단의 역 뿔 형태를 형성하기 위해 그것의 회전축으로부터 가늘어진다.
- [0022] 관형 복합재 부재는 산화물 세라믹, 비-산화물 세라믹, 탄소, 흑연 또는 이들의 혼합물로 구성된 그룹으로부터 선택된 무기 섬유로 강화된다. 복합재 매트릭스는 동일한 재료의 그룹으로부터 제공된다. 전형적인 산화물 세라믹은 알루미나 또는 지르코니아 또는 몰라이트 같은 산화물의 혼합물이다. 전형적 비-산화물 세라믹은 다양한 요소의 카바이드, 나이트라이드, 보라이드, 실리사이드이고, 실리콘 카바이드, 실리콘 나이트라이드 및 보론 나이트라이드가 그 범주에 가장 일반적인 부재이다. 탄소는 다양한 탄소질(carbonaceous) 재료, 이를테면 수지(resin) 또는 피치(pitch)로부터, 또는 고분자, 이를테면 폴리아크릴로니트릴(PAN) 또는 폴리이미드로부터 유래될 수 있다. 만약 탄소가 2000 °C 이상의 온도에서 더욱더 열분해되면(흑연화됨이라고도 부름) 점차 흑연으로 전환된다.
- [0023] 본 발명에 대한 관형 복합재 부재는 1000 °C 또는 그 이상의 고온을 견딜 수 있어야 한다. 작업 조건, 이를테면 열적 부하 및 기계적 부하, 및 그들의 지속시간뿐만 아니라 연결되는 세라믹 부재의 성질(특히 CTE의 조화 또는 부조화)에 따라, 다양한 타입의 섬유 및 매트릭스 재료 또는 이들의 혼합물이 선택될 수 있다. 만약, 예컨대, 온도가 2000 °C 이상이고 작동 분위기가 무-산소라면, 섬유 및 매트릭스는 탄소 혹은 흑연에서 선택되기 쉬울 것이다. 적합한 섬유 및 매트릭스 재료의 선택 기준은 기술분야의 당업자에게 알려져 있다(또한 참조된 문헌을 참고).
- [0024] 이 관형 복합재 부재는 탄소/흑연 섬유와 탄소/흑연 매트릭스로 구성된 탄소 섬유 강화 복합재(CRFC)로 구성된다. 탄소 섬유는 PAN 또는 피치에서 유래될 수 있고, 고-강성(modulus) 또는 저-강성과 같은 다양한 변형에서 고-토크(high-tow, 25k 필라멘트 이상) 또는 저 토크(low tow, 25k 필라멘트 미만)로된 다양한 원료로부터 상업적으로 이용가능하다. 그러한 탄소 섬유는 특별히 제한되진 않지만 특별히 바람직하게는 PAN-계 탄소 섬유이다. 더욱이, 이런 탄소 섬유들은 일반적으로 15 μm 이하, 바람직하게 7-13 μm 의 섬유 직경을 갖는다.
- [0025] 탄소 매트릭스는 에폭시 수지, 페놀 수지, 우레탄 수지, 불포화 폴리에스테르 수지, 폴리시아네이트 수지, 멜라민 수지 등으로부터 선택된, 그러나 바람직하게는 페놀 수지 또는 퓨란 수지에서 선택된 열경화성

(thermosetting) 수지로부터 유래될 수 있으며, 또는 피치-계일 수 있고 또는 탄소-풍부 가스 상으로부터 탄소의 기상 증착(CVD) 또는 기상 침투(CVI)에 의해 생성될 수 있다. 매트릭스는 전형적으로 매트릭스 침투/함침 및 1000 °C 부근에서 불활성 가스 분위기에서 열분해가 뒤따르는 경화(curing)의 수차례의 연속 순환과정으로 고밀화된다. CFRC는 2000 °C 내지 2500 °C의 마지막 단계에서 흑연화될 수 있다. CRFC를 제조하는 다양한 방법이 이 기술분야의 당업자에게 알려져 있고 문헌에 잘 기록되어 있다("Carbon Reinforcements and Carbon/ Carbon Composites", E. Fitzer, L.M.Manocha, Springer-Verlag, 1998 의 예를 참조).

[0026] 관형 복합재 부재는 또한 세라믹 매트릭스 복합재(CMC), 이를테면 C/SiC, SiC/SiC 및 Al_2O_3/Al_2O_3 로 구성될 수 있는데, 여기서 첫 번째 용어는 섬유 조성을 기술하고, 두 번째 용어는 매트릭스 재료를 의미한다. CMC를 제조하는 다양한 방법이 기술분야의 당업자에게 알려져 있고, 문헌에 잘 기록되어 있다. "Handbook of Ceramic Composites", N. Basnal, Kluwer Academic Publishers, 2005 는 강화 섬유를 포함하는 CMC를 얻는 많은 다양한 방법을 요약하고 있으며, 따라서 참조문헌으로 포함된다. 본 발명의 관형 복합재 부재를 얻는 선호되는 경로는 CFRC 부재의 액체 실리콘 함침으로 C/SiC 부재를 제조하는 것이다. 선호되는 다른 경로는 대기 온도 또는 상승된 온도(elevated temperatures)에서 연속적 고체상으로 형성될 수 있는 전-세라믹(pre-ceramic) 매트릭스 재료의 이용을 포함한다. 전-세라믹 전구체의 선택은 선택되는 섬유 기판(substrate) 재료 및 관련 비용과 함께 그것의 가공 능력에 의해 결정된다. 실리콘의 다른 산화물과 혼성화된 실리카로의 전환은 최근에 선호되는 세라믹 형태이다. 다른 전-세라믹 전구체 또한 유용성 및 비용에 따라 비슷한 포물레이션 시나리오(formulation scenario)로 관형 부재를 성공적으로 제조하기 위하여 채택될 수 있다. 예로는, 폴리카르보실란 전구체를 실리콘 카바이드로, 실리콘 옥시카바이드 전구체를 실리콘-옥시카바이드로, 폴리실리잔 전구체를 실리콘 나이트라이드로 형성하는 것이고, 이들은 각각 Si--C, SiO--C, 및 Si--N, 백본(backbone)을 형성한다.

[0027] 본 발명의 관형 복합재 부재에 요구되는 강도를 제공하기 위하여, 무기 섬유는 상기 복합재의 30 부피% 이상을 포함해야 한다.

[0028] 무기 섬유는 필라멘트, 번들(bundles), 얀(yarns), 직조(woven), 편성물(knitted) 또는 조물(braided), 비-권축물(non-crimped fabrics), 부직포(non-wovens) 또는 이들의 조합으로 형성될 수 있다. 가장 바람직하게는 섬유는 연속 섬유 또는 필라멘트로 제공된다.

[0029] 또한, 상기 무기 섬유는 바람직하게 100 mm이상의 최소 길이를 가져야 한다. 만약 섬유가 너무 짧으면, 관형 부재는 균열을 겪게 되고 결국엔 연결된 세라믹 부재가 받는 기계적 힘에 의해 부서진다.

[0030] 관형 부재를 제조하는 데 쓰이는 무기 섬유는 동일하거나, 만일 필요하다면, 상이할 수 있다. 예컨대, 다양한 타입의 탄소 섬유는 결합되거나 또는 탄소 섬유는 관형부재를 감기(wind) 위해 세라믹 섬유와 결합된다.

[0031] 충분히 강한 관형 복합재 부재를 제조하기 위해서, 무기 섬유는 한 방향 이상으로 정렬되어야 한다. 보통은 몇 가지의 힘이 이음부(joint)의 기계 부하 유형(regime)을 지배하기 때문에, 따라서 장력 또는 변형은 단 하나의 방향으로 제한되지는 않는다. 섬유 복합재 기술 분야에서 잘 알려진 것처럼, 몇개의 섬유 층을 쌓고 그러한 층의 적어도 일부는 서로 15° 또는 30° 의 증분의 각도(angle of increment)로 배향(orient)되는 것이 권장된다.

[0032] 본 발명에 따른 관형 부재를 제조하기 위하여, 상기 관형 부재를 형성하는 섬유의 10 중량%이상, 바람직하게는 20 중량%이상이 실린더 축 방향에 대하여 $\pm(10 \text{ 내지 } 20)^\circ$ 의 각의 방향으로 배열되고, 상기 관형 부재를 형성하는 섬유의 10 중량%이상, 바람직하게는 20 중량%이상은 실린더 축 방향에 대하여 $\pm(70 \text{ 내지 } 90)^\circ$ 의 각을 이루는 방향으로 배열된다. 이렇게 결합된 섬유 배향은 이음부에 가해지는 다양한 기계적 부하에 대처하기 위해 필수적이다. 추가적인 섬유 방향은 기하학적 그리고 기계적 요인(geometrical and mechanical factor)에 따라 적용된다. 바람직하게는 상기 관형 부재를 형성하는 섬유는 추가적으로 실린더 축 방향에 $\pm(40 \text{ 내지 } 50)^\circ$ 의 각을 이루는 방향으로 배열된다.

[0033] 본 발명의 바람직한 실시형태에서, 추가적으로 섬유는 나사의 측면(flanks)에 평행하게 뻗는다.

[0034] 본 발명의 가장 중요한 특징 중 하나는 $\pm 0.2 \text{ mm}$ 미만의 허용오차(tolerance)를 지닌 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면의 나사이고, 여기서 이 허용오차는 몰드와 유사한 표면상에 가공된 나사 모양을 가지는 맨드렐(mandrel) 상에서 장력 하에서 섬유를 와인딩 함에 의해 독점적으로 얻어진다. 와인딩 장력은 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면의 부하 지지(load-bearing) 나사에 예비-장력(pre-tension)을 더 제공한다. 와인딩 동안에 적용되는 장력은 섬유의 인장 강도에 큰 범위로 그리고 요구되는 예비-장력에 보다 적은 범위로 의존한다.

- [0035] 선택적인 적어도 부분적으로 나사가공된 외부 표면은 섬유 또는 섬유 재료를 근단(near-end) 모양 방식으로 와인딩하고 이어서 표면상에 가공된 나사 모양을 가지는 가열된 몰드의 최종 적용에 의하여 제공된다. 따라서 근단-모양으로 감긴 나사는 섬유는 물론 연결된 세라믹 부재의 크기도 기계적 특성에 의해 그리고 연결된 부재가 사용되는 작업 조건에 의해 지배되는 다양한 기하학적 구조 geometries를 가질 수 있다.
- [0036] 이하의 단락들은 CFRC로 만들어진 관형 부재에 대한 제조 세부사항을 예로서 기술하지만, 기술한 절차 순서가 CMC 제조에 대한 것과 매우 유사하기 때문에, 본 발명의 범위를 한정하는 것은 아니다.
- [0037] CFRC로 만들어진 본원 발명의 관형 부재는 상기-언급된 탄소 섬유를 본원 발명의 목적에 맞는 비율로 상기-언급된 재료에 함침(impregnating)하고, 함침된 섬유를 맨드릴 상에서 실린더형 형상으로 성형하고, 관형 부재를 경화 및 열분해함으로써 제조될 수 있다. 이것은 또한 추가적인 내산화성(oxidation resistance) 또는 다른 작업 수명 개선 특성을 제공하기 위해 (예컨대, 실리콘으로) 코팅될 수 있으며 및/또는 더욱더 흑연화될 수 있다.
- [0038] 본원 발명의 CFRC-제조된 관형 부재는 다양한 방법들로 제조될 수 있다. 이 방법들은 구체적으로 프리프레그(prepregs)를 이용하는 방법, 필라멘트 와인딩에 의한 방법, 이들의 적절한 조합인 방법 등등이 있다.
- [0039] 프리프레그를 이용하는 방법은 일반적으로, 프리프레그를 제조하기 위하여 탄소 섬유 번들(bundle)을 열경화 수지 조성물(예컨대, 페놀 수지 조성물) 또는 피치(pitch)에 함침하고, 프리프레그를 적절한 방향으로 절단하고, 절단된 프리프레그를 복수의 층의 실린더형 몰드 주위에 와인딩하여 각 층의 탄소 섬유가 의도된 방향으로 정렬 되도록 하고, 필요에 따라 그 위에 수축 테이프(shrink tape)를 적용하고, 그리고 적용된 압력하에서 프리프레그 적층판(laminate)을 가열함으로써 수행된다.
- [0040] 필라멘트 와인딩에 의한 방법은 일반적으로, 스트랜드(strand)를 제조하기 위하여 탄소 섬유 번들을 열경화 수지 조성물(예컨대, 불포화된 폴리에스테르 수지 조성물) 또는 피치에 함침하고, 맨드릴 상에 주어진 두께의 실린더를 제조하기 위하여 스트랜드를 의도된 각도로 맨드릴 주위에 복수의 층으로 와인딩하고, 그리고 실린더를 열-경화함(heat-curing)으로써 수행된다.
- [0041] 프리프레그를 이용하는 방법은 특별한 제한이 없다. 그러나, 경화 수축 또는 가열 수축에 의하여 유발되는 왜곡(strain)을 조절하기 위해서는, 프리프레그를 적층화하여 섬유 방향 등이 적층판의 두께 방향에서 대칭으로 되는 것이 바람직하다.
- [0042] 또한 탄소 섬유 포(cloth)가 복수의 층으로 적층화되고 적층판은 수지 또는 피치에 함침되는 방법, 또는 탄소 섬유 포를 함유하는 프리프레그가 복수의 층으로 적층화되는 방법이 사용될 수 있다.
- [0043] 관형 부재를 제조하기 위해서는, 순수 필라멘트 와인딩 방법이, 요구되는 형태 및 정밀도로 요구되는 쓰레드 와인딩을 감을 수 있도록 하기 때문에 선호된다. 와인딩 공정 동안의 쓰레드의 형성은 제조된 실린더가 기계 작업 이틀테면 밀링(milling), 연마(polishing) 등등에 도입되는 것을 생략한다.
- [0044] 탄소 섬유와 열경화 수지 또는 피치의 비율(부피 비)은 75:25 내지 50:50, 바람직하게는 60:40 내지 50:50이다.
- [0045] 필라멘트는 제조되는 실린더에 요구되는 강도를 충족시키기 위해 적절한 두께로 적층화된다. 강도 요구 조건은 와인딩 동안에 형성되는 기계적 보강(stiffening)을 위하여 적도 방향으로(equatorially) 위치되는 크로스-빔(cross-beam)에 의해 추가로 만족될 수 있다.
- [0046] 따라서 와인딩된 관형 부재는, 그것을 맨드릴에서 분리하고 관형 부재를, 바람직하게는 불활성 분위기에서 3200 °C까지의 고온에서 열처리로 도입하기 이전에 500 °C까지로 상승된 온도에서 맨드릴에서 경화된다. 불활성 가스 분위기는 특히 산화물 섬유 및 산화물 매트릭스로 만들어진 CMC 경우에 필수적이진 않다.
- [0047] 추가적인 실시형태에서, 경화된 관형 부재는 맨드릴 상에 남겨지고 바람직하게는 불활성 분위기에서 3200 °C까지의 고온에서 더욱 열처리 된다. 이 실시형태의 맨드릴 재료는 적절한 고온 내열 재료 이틀테면 흑연으로 만들어져야한다.
- [0048] 관형 부재의 크기 및 모양에 따라, 맨드릴은 하나의 단일 피스(piece)로, 또는 두 개의 인접한 부품들로 제공될 수 있으며, 또는 맨드릴로 조립되는 몇몇 개의 개별적인 세그먼트들(segments)로 구성될 수 있다.
- [0049] 관형 복합재 부재에는, 흑연, 몰리브데넘 다이설파이드, PTFE, 보론 나이트라이드, 내화 금속(refractory metals), 광유(mineral oils), 또는 이들의 혼합물의 그룹에서 선택된 윤활 첨가물(lubrication additives)이 추가로 제공될 수 있다.

- [0050] 더욱이, 관형 복합재 부재에는 무기 단섬유, 무기 나노섬유, 또는 이들의 혼합물의 그룹에서 선택된 강도 증진 첨가물이 추가로 제공될 수 있다.
- [0051] 관형 복합재 부재에는 암모늄 포스페이트, 아연 오르토포스페이트, 인산, 붕산, 산화동, 산화물 세라믹, 내화 금속 또는 이들의 혼합물에서 선택된 산화 지연(retarding) 첨가물이 추가로 제공될 수 있다.
- [0052] 관형 복합재 부재에는 산화 지연제로서 역할을 할 뿐만 아니라 외부 표면에 윤활성도 제공하는 팽창 흑연 포일(expanded graphite foil)로 만들어진 슬리브가 추가로 제공될 수 있다.
- [0053] 본 발명의 연결되는 세라믹 부재는 산화물 세라믹, 비-산화물 세라믹, 탄소, 흑연 또는 이들의 혼합물로 구성된 그룹으로부터 선택된다. 그들은 이 기술분야의 당업자에게 알려진 방법으로 제조된다. 발명의 다양한 기하학적 모양이나 특징은 적절한 몰딩 기술, 그러한 모양 또는 특징의 가공 또는 양자의 조합을 통하여 제공된다.
- [0054] 본 발명의 세라믹 부재는 안쪽 쉘(shell) 표면, 바깥 쉘 표면 및 루트(root)를 포함하는 하나 이상의 고리형 홈(groove)이 제공된 하나 이상의 표면을 가지고, 여기서 안쪽 쉘 표면은 적어도 부분적으로 나사가공된다.
- [0055] 추가적인 실시형태에서, 바깥 쉘 표면은 적어도 부분적으로 나사가공된다.
- [0056] 추가적인 실시형태에서, 하나 이상의 고리형 홈의 안쪽 쉘 표면은 원뿔대를 형성하며 세라믹 부재의 하나 이상의 홈이 있는 표면 쪽으로 축방향으로 가늘어진다(tapered).
- [0057] 추가적인 실시형태에서, 하나 이상의 고리형 홈의 바깥 쉘 표면은 세라믹 부재의 하나 이상의 홈이 있는 표면 쪽으로 축방향으로 넓어진다(enlarged).
- [0058] 추가적인 실시형태에서, 하나 이상의 고리형 홈의 안쪽 쉘 표면은 원뿔대를 형성하며 세라믹 부재의 하나 이상의 홈이 있는 표면 쪽으로 축방향으로 가늘어지고 상기 고리형 홈의 바깥 쉘 표면은 세라믹 부재의 하나 이상의 홈이 있는 표면 쪽으로 축방향으로 넓어진다.
- [0059] 추가적인 실시형태에서, 세라믹 부재의 상기 하나 이상의 표면에는 추가로 상기 세라믹 부재를 인접한 세라믹 부재와 관련하여 정확하게 위치지정 및/또는 잠그는 수단이 제공되고, 상기 수단은 열장 장부축(dove tails), 핀(pins), 랜드(lands), 웨지(wedges) 및 이와 유사한 것으로 구성된 그룹 및/또는 홈(grooves), 오목홈(recesses), 돌기(projections) 및 이와 유사한 것과 같은 대응 결합 형태들로부터 선택된다.
- [0060] 추가적인 실시형태에서, 세라믹 부재의 적어도 부분적으로 나사가공된 구역의 나사는 흑연, 몰리브데넘 다이실라이드, PTFE, 보론 나이트라이드, 내화 금속, 광유, 또는 이들의 혼합물의 그룹에서 선택된 윤활 첨가물로 코팅된다.
- [0061] 추가적인 실시형태에서, 세라믹 부재의 안쪽 쉘의 적어도 부분적으로 나사가공된 구역의 나사는 관형 연결 부재의 허용 오차(tolerance)와 조화시키기 위하여 ± 0.2 mm미만의 허용오차를 가진다.
- [0062] 본 발명에 따른 세라믹 부재 어셈블리는 적절한 모양으로 본 발명에 따른 하나 이상의 관형 복합재 부재에 의하여 연결된 본 발명에 따른 두 개 이상의 세라믹 부재를 포함하고, 여기서 상기 관형 복합재 부재의 말단은 두 개의 인접한 세라믹 부재의 대응하는 고리형 홈 한쪽에 스크류고정 되기도 한다.
- [0063] 본 발명에 따른 세라믹 부재 어셈블리에서 인접한 세라믹 부재의 고리형 홈은 상이한 깊이를 가질 수 있다.

실시예

- [0088] 12000 고-강성(modulus) PAN-계 탄소 섬유(직경: $10\ \mu\text{m}$)의 5개의 번들로 구성된 로빙(roving)이 장력하에서 부피비로 50 (탄소 섬유) : 50 (페놀 수지)의 페놀 수지에 함침되어, 탄소 섬유가 동일한 방향으로 배열된 두께 $200\ \mu\text{m}$ 의 탄소 섬유-함유 수지 필름이 제조되었다.
- [0089] 알루미늄-제조된 실린더형의 맨드릴에는 나사가공된 홈들이 마련되었다. 상기한 탄소 섬유-함유 수지 필름은 다수의 층으로 이 맨드릴 주위로 와인딩 되어, 각 층 내의 탄소 섬유는 상기 섬유의 50 중량%는 실린더 축 방향에 대하여 $\pm(10\text{ 내지 }20)^\circ$ 의 각도를 갖는 방향으로 배열되며, 그리고 상기 관형 부재를 형성하는 섬유의 50 중량%는 실린더 축 방향에 대하여 실린더 축 방향에 $\pm(70\text{ 내지 }90)^\circ$ 의 각을 이루는 방향으로 배열되었다. 그 후, 수축 테이프가 그 위에 와인딩 되었다. 결과물인 적층판은 경화를 위해 가열되었다.
- [0090] 경화 후, 실린더는 맨드릴에서 분리되고 불활성 분위기에서 $1000\ ^\circ\text{C}$ 에서 탄화(carbonize)되었다.
- [0091] 이렇게 제조된 CFRC 실린더는 $180\ \text{mm}$ 의 길이 및 $316\ \text{mm}$ 의 외경(outside diameter) 및 $300\ \text{mm}$ 의 내경(inside

diameter)을 가졌다. 나사가공된 내부 표면은 10 mm의 나사 피치(pitch), 3 mm의 나사 깊이 및 3 mm의 나사 반경(radius)(R3)을 가졌다.

[0092] 각각 2000 mm의 길이, 및 750 mm의 지름을 가진 두 개의 합성 흑연 실린더형 단편들에는 100 mm의 깊이, 425 mm의 외경 및 360 mm의 내경의 고리형 홈이 각각 마련되었다. 고리형 홈의 안쪽 쉘 표면은 CFRC 실린더의 나사 디자인에 맞추기 위하여 CNC 기계적 가공 툴(tools)에 의해 완전히 나사가공되었다.

[0093] 흑연 실린더형 단편들 양자는 고리형 홈들 내부로 CFRC 링(ring)을 스크류고정에 의하여 뺄뺄하게 조립되었다.

[0094] 이렇게 완성된 어셈블리는 이음부의 손상(fail) 없이 1500 °C의 뜨거운 금속 조(metal bath) 내에서 동역학적 기계적 힘 및 금속 침지 시간(rapid immersion times)에 도입되었다.

산업상 이용 가능성

[0095] 이들 및 다른 시험이, 본원 발명이 세라믹 부재들이 특히 열 순환 및/또는 열 충격 상황 그리고 상이한 방향들에서의 동역학적 기계 부하 하에서 고온(1000 °C이상)에서 이용될 때, 세라믹 부재들의 체결/이음에 효과적인 해법을 제공한다는 것을 보여준다.

[0096] [도면 중 부호의 설명]

[0097] 1 관형 복합재 부재

[0098] 2 A/B 관형 복합재 부재의 말단

[0099] 3 세라믹 부재

[0100] 4 관형 복합재 부재의 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면

[0101] 5 관형 복합재 부재의 적어도 부분적으로 나사가공된 외부 표면

[0102] 6 관형 복합재 부재의 외부 표면

[0103] 7 기계적 보강을 위한 크로스-빔

[0104] 8 세라믹 부재의 홈이 있는 표면

[0105] 9 고리형 홈

[0106] 10 고리형 홈의 안쪽 쉘 표면

[0107] 11 고리형 홈의 바깥쪽 쉘 표면

[0108] 12 홈 루트

도면의 간단한 설명

[0064] 다음과 같이 첨부된 도면을 참조한다.

[0065] 도 1A 내지 K는 본원 발명에 따른 관형 복합재 부재의 다양한 실시형태의 단면도를 나타낸다.

[0066] 도 2A 내지 C는 본원 발명에 따른 세라믹 부재의 다양한 실시형태의 고리형 홈 구역의 단면도를 나타낸다.

[0067] 도 3A 내지 C는 본원 발명에 따른 세라믹 부재의 다양한 실시형태의 고리형 홈 구역의 평면도를 나타낸다.

[0068] 도 4A 내지 F는 본원 발명에 따른 세라믹 부재 어셈블리의 다양한 실시형태의 이음부 구역의 단면도를 나타낸다.

[0069] 도 1A에는, 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면(4)을 가지며 그리고 무기 섬유로 강화된 무기 매트릭스를 포함하는 복합재로 만들어진 세라믹 구성요소(3)를 연결하기 위한 두 개의 말단(2A 및 2B)을 지닌 관형 복합재 부재(1)의 단면도가 도시된다.

[0070] 도 1B에는, 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면(4)뿐만 아니라 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면(5)을 가지는 세라믹 구성요소(3)를 연결하기 위한 두 개의 말단(2A 및 2B)을 지닌 관형 복합재 부재(1)의 단면도가 도시된다.

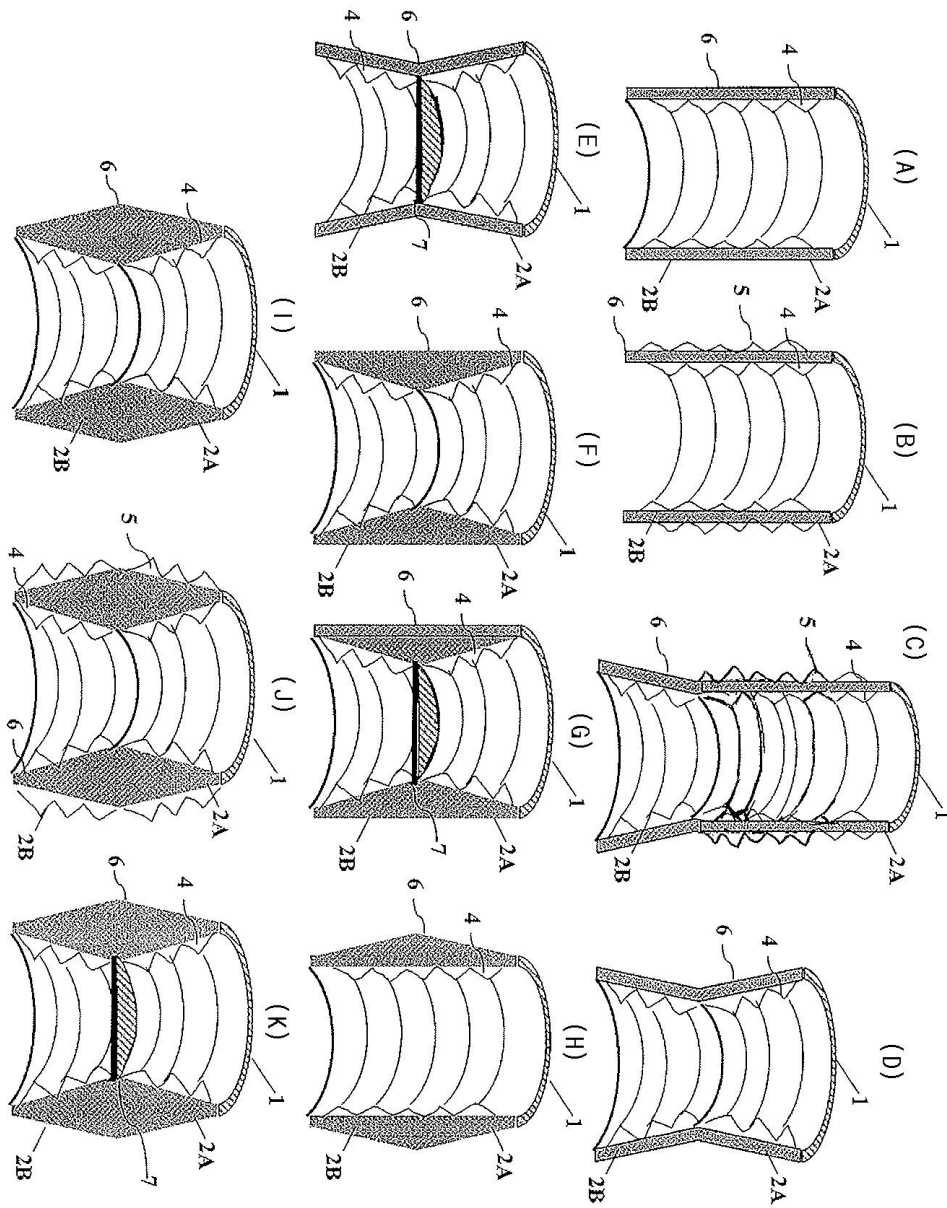
[0071] 도 1C에는, 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면(4)을 가지는 세라믹 구성요소(3)를 연결하기 위한 두 개의

말단(2A 및 2B)을 지닌 관형 복합재 부재(1)의 단면도가 도시된다. 이 실시형태에서는, 오직 말단 2A가 적어도 부분적으로 나사가공된 외부 표면(5)을 또한 가진다. 더욱이, 도시된 실시형태에서 양 말단(2A,B)의 하나(B)는 그것의 회전축으로부터 가늘어져 상기 말단(2B)의 역 뿔 모양을 형성한다.

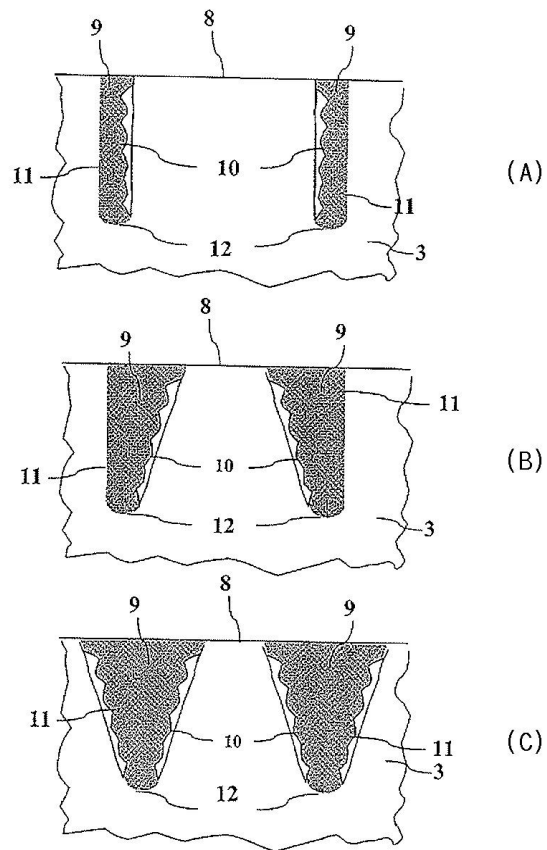
- [0072] 도 1D에는, 관형 복합재 부재(1)의 단면도가 도시되고, 여기서 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면(4) 뿐만 아니라 외부 표면(6) 양자는 그들의 회전축 쪽으로 축방향으로 가늘어져서 역 양뿔형 관을 형성한다. 도 1E에서, 이 실시형태는 크로스-빔(7)으로 더욱 기계적으로 보강된 것이다.
- [0073] 도 1F에는, 관형 복합재 부재(1)의 단면도가 도시되고, 여기서 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면(4)은 그것의 회전축 쪽으로 축방향으로 가늘어져서 상기 표면의 역 양뿔형 모양을 형성한다. 도 1G에서, 이 실시형태는 크로스-빔(7)으로 더욱 기계적으로 보강된 것이다.
- [0074] 도 1H에는, 관형 복합재 부재(1)의 단면도가 도시되고, 여기서 외부 표면(6)은 그것의 회전축으로부터 축방향으로 두꺼워져서 상기 표면(6)의 이중-원뿔대를 형성한다.
- [0075] 도 1I에는, 관형 복합재 부재(1)의 단면도가 도시되고, 여기서 적어도 부분적으로 나사가공된 내부 표면(4)은 상기 표면(4)의 역 양뿔형 모양을 형성하기 위해 그것의 회전축 쪽으로 축방향으로 가늘어지고, 외부 표면(6)은 상기 표면(6)의 이중-원뿔대 모양을 형성하기 위해 그것의 회전축으로부터 축방향으로 두꺼워진다.
- [0076] 도 1J에는, 도 1I에 도시된 실시형태에 적어도 부분적으로 나사가공된 외부 표면(5)이 추가적으로 제공된다.
- [0077] 도 1K에는, 도 1I에 도시된 실시형태가 크로스-빔(7)으로 더욱 기계적으로 보강된다.
- [0078] 도 2A에는, 본원 발명에 따른 세라믹 부재(3)의 고리형 홈 구역의 단면도가 도시된다. 세라믹 부재(3)는 안쪽 셀 표면(10), 바깥쪽 셀 표면(11) 및 루트(12)를 포함하는 하나 이상의 고리형 홈(9)이 마련된 하나 이상의 표면(8)을 가지고, 여기서 안쪽 셀 표면(10)은 적어도 부분적으로 나사가공된다.
- [0079] 도 2B에는, 하나 이상의 고리형 홈(9)의 안쪽 셀 표면(10)이 원뿔대를 형성하며 세라믹 부재(3)의 하나 이상의 홈이 있는 표면(8) 쪽으로 축방향으로 가늘어지는 세라믹 부재(3)의 고리형 홈 구역의 단면도가 도시된다.
- [0080] 여기에 도시되지는 않는 추가의 실시형태에서, 하나 이상의 고리형 홈(9)의 바깥쪽 셀 표면(11)이 세라믹 부재(3)의 하나 이상의 홈이 있는 표면(8) 쪽으로 축방향으로 넓어진다.
- [0081] 도 2C에는, 세라믹 부재(3)의 고리형 홈 구역의 단면도가 도시되는데, 하나 이상의 고리형 홈(9)의 안쪽 셀 표면(10)이 원뿔대를 형성하며 세라믹 부재(3)의 하나 이상의 홈이 있는 표면(8) 쪽으로 축방향으로 가늘어지며 그리고 상기 고리형 홈(9)의 바깥쪽 셀 표면(12)은 세라믹 부재(9)의 하나 이상의 홈이 있는 표면(8) 쪽으로 축방향으로 넓어진다. 더욱이, 도시된 실시형태에서 바깥 셀 표면(12)은 적어도 부분적으로 나사가공된다.
- [0082] 도 3A에는 본 발명의 세라믹 부재(3)의 고리형 홈 구역의 평면도가 도시된다. 세라믹 부재(3)는 안쪽 셀 표면(10), 바깥쪽 셀 표면(11) 및 루트(12)를 포함하는 하나의 고리형 홈(9)이 제공된 홈이 있는 표면(8)을 가지고, 여기에서 안쪽 셀 표면(10)은 적어도 부분적으로 나사가공된다.
- [0083] 도 3B에는 본 발명의 세라믹 부재(3)의 고리형 홈 구역의 평면도가 도시된다. 세라믹 부재(3)는 안쪽 셀 표면(10), 바깥쪽 셀 표면(11) 및 루트(12)를 포함하는 하나의 고리형 홈(9)이 마련된 홈이 있는 표면(8)을 가지고, 여기서 안쪽 셀 표면(10) 뿐만 아니라 바깥쪽 셀 표면(11)은 적어도 부분적으로 나사가공된다.
- [0084] 도 3A에는 본 발명의 세라믹 부재(3)의 고리형 홈 구역의 평면도가 도시된다. 세라믹 부재(3)는 안쪽 셀 표면(10), 바깥쪽 셀 표면(11), 및 루트(12)를 각각 포함하는 두 개의 고리형 홈이 제공된 홈이 있는 표면(8)을 가지고, 여기에서 안쪽 셀 표면(10)은 적어도 부분적으로 나사가공된다.
- [0085] 도 4A에는, 본 발명에 따른 세라믹 부재 어셈블리의 단면도가 도시되고, 이는 본 발명의 하나 이상의 관형 복합재 부재(1)에 의해 연결된 본 발명의 두 개 이상의 세라믹 부재(3)를 포함하는데, 상기 관형 복합재 부재(1)의 말단(2A,B)은 두 개의 인접한 세라믹 부재들(3)의 대응되는 고리형 홈(9) 어느 것인가에 스크류고정되기도 한다.
- [0086] 도 4B 내지 F는 각각의 형태의 관형 복합재 부재(1)에 의해 연결되어 있는 다양한 고리형 홈(9) 형태를 지닌 세라믹 부재(3)의 다양한 실시형태를 도시한다.
- [0087] 추가적인 실시형태에서, 인접한 세라믹 부재들(3)의 고리형 홈(9)은 서로 상이한 깊이를 가질 수도 있다.

도면

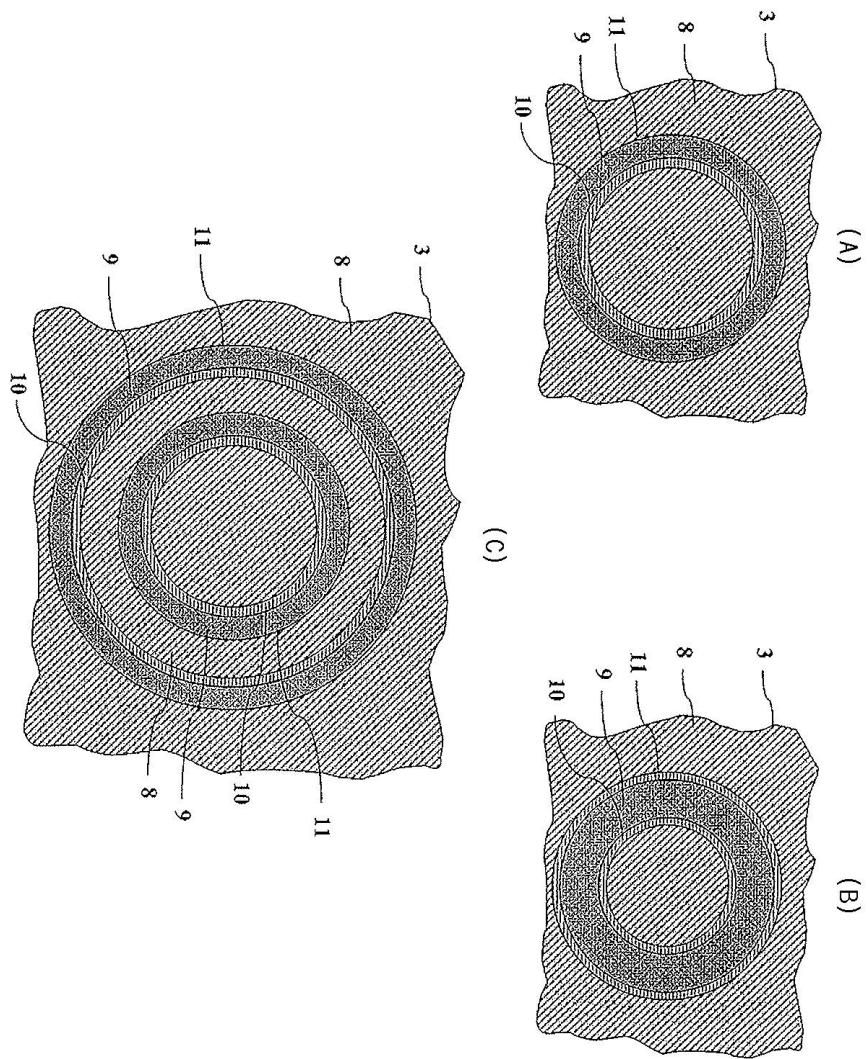
도면1



도면2



도면3



도면4

