



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0097151  
(43) 공개일자 2017년08월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F16B 33/00 (2006.01) B29C 35/08 (2006.01)  
B29C 45/00 (2006.01) B29C 73/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
F16B 33/004 (2013.01)  
B29C 35/0888 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-7019982  
(22) 출원일자(국제) 2015년12월22일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2017년07월18일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/067471  
(87) 국제공개번호 WO 2016/106364  
국제공개일자 2016년06월30일  
(30) 우선권주장  
62/096,590 2014년12월24일 미국(US)

(71) 출원인  
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터  
(72) 발명자  
스완 마이클 디  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
허버트 래리 에스  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
일리탈로 데이비드 에이  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
(74) 대리인  
양영준, 조윤성, 김영

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 충전된 시일 캡 내의 공극을 충전하는 방법

**(57) 요약**

시일 캡을 사용 및 보수하는 방법, 및 일부 실시예에서 항공기 내의 연료 저장 셀 내로 돌출하는 밀봉 체결구에 유용할 수 있는 시일 캡을 포함하여, 시일 캡을 포함하는 구조물이 개시된다. 일부 실시예에서, 방법은 광학적으로 반투명한 시일 캡의 사용, 및 제1 양의 밀봉제의 경화 후에 시일 캡의 내부 내에서 관찰되는 공극을 충전하기 위한 제2 양의 밀봉제의 적용을 포함한다.

(52) CPC특허분류

**B29C 73/025** (2013.01)

**F16B 33/008** (2013.01)

**B29C 2035/0833** (2013.01)

**B29C 2045/0079** (2013.01)

**B29C 2791/001** (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

체결구(fastener)를 밀봉하는 방법으로서,

- a) 제1 양의 미경화 밀봉제(uncured sealant)를 체결구에 적용하는 단계;
- b) 내부(interior)를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡(seal cap)을 밀봉제 및 체결구 위에 적용하는 단계;
- c) 제1 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제1 양의 미경화 밀봉제를 경화시키는 단계;
- d) 시일 캡의 내부 내의 공극(void)을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계; 및
- e) 제2 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 2

체결구를 밀봉하는 방법으로서,

- f) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡을 제공하는 단계;
- g) 제1 양의 미경화 밀봉제를 시일 캡의 내부에 적용하는 단계;
- h) 시일 캡 및 제1 양의 밀봉제를 체결구 위에 적용하는 단계;
- j) 제1 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제1 양의 밀봉제를 경화시키는 단계;
- k) 시일 캡의 내부 내의 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계; 및
- l) 제2 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 제1 양의 밀봉제를 경화시키는 단계는 시일 캡을 통한 밀봉제에의 화학 방사선(actinic radiation)의 인가에 의해 달성되는, 방법.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계는 시일 캡을 통한 밀봉제에의 화학 방사선의 인가에 의해 달성되는, 방법.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 시일 캡의 내부 내의 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계는 제2 양의 미경화 밀봉제를 주사기(syringe)로부터 공극 내로 주입함으로써 달성되는, 방법.

#### 청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 양의 경화성 밀봉제(curable sealant)는 광학적으로 반투명한, 방법.

#### 청구항 7

체결구 시일을 보수(repairing)하는 방법으로서,

- m) 보호된 체결구 구조물(protected fastener construction)을 제공하는 단계 - 보호된 체결구 구조물은,

- i) 체결구;
  - ii) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡; 및
  - iii) 제1 양의 경화된 밀봉제
- 를 포함하고,
- 시일 캡은 체결구의 적어도 일부분이 시일 캡의 내부에 있도록 체결구 위에 위치되고,
- 시일 캡의 내부는 또한 시일 캡을 체결구에 결속시키는(bind) 제1 양의 경화된 밀봉제를 함유하고,
- 공극이 시일 캡의 내부의 위치에 존재함 -;
- n) 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계; 및
  - o) 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계
- 를 포함하는, 방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서, 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계는 시일 캡을 통한 밀봉제에의 화학 방사선의 인가에 의해 달성되는, 방법.

#### 청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서, 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계는 제2 양의 미경화 밀봉제를 주사기로부터 공극 내로 주입함으로써 달성되는, 방법.

#### 청구항 10

제7항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 반투명한, 방법.

#### 청구항 11

보호된 체결구 구조물로서,

- q) 체결구;
- r) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡;
- s) 제1 양의 경화된 밀봉제; 및
- t) 제2 양의 경화된 밀봉제

를 포함하고,

시일 캡은 체결구의 적어도 일부분이 시일 캡의 내부에 있도록 체결구 위에 위치되고,

시일 캡의 내부는 또한 시일 캡을 체결구에 결속시키는 제1 양의 경화된 밀봉제를 함유하고,

제2 양의 경화된 밀봉제는 시일 캡의 내부에 위치되는 공극을 적어도 부분적으로 충전하는, 보호된 체결구 구조물.

#### 청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제1 표면이 항공기의 연료 용기의 내부 표면인, 보호된 체결구 구조물.

#### 청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 반투명한, 보호된 체결구 구조물.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 개시 내용은 시일 캡(seal cap)을 사용하는 방법, 및 일부 실시예에서 항공기 내의 연료 저장 셀(fuel storage cell) 내로 돌출하는 밀봉 체결구(sealing fastener)에 유용할 수 있는 것을 포함하여, 시일 캡을 포함하는 구조물에 관한 것이다.

## 발명의 내용

[0002] 간략하게, 본 개시 내용은 체결구를 밀봉하는 방법으로서, a) 제1 양의 미경화 밀봉제(uncured sealant)를 체결구에 적용하는 단계; b) 내부(interior)를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡을 밀봉제 및 체결구 위에 적용하는 단계; c) 제1 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제1 양의 미경화 밀봉제를 경화시키는 단계; d) 시일 캡의 내부 내의 공극(void)을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계; 및 e) 제2 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계를 포함하는, 방법을 제공한다. 대안적인 실시예에서, 방법은 f) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡을 제공하는 단계; g) 제1 양의 미경화 밀봉제를 시일 캡의 내부에 적용하는 단계; h) 시일 캡 및 제1 양의 밀봉제를 체결구 위에 적용하는 단계; j) 제1 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제1 양의 밀봉제를 경화시키는 단계; k) 시일 캡의 내부 내의 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계; 및 l) 제2 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계를 포함한다. 일부 실시예에서, 제1 양의 밀봉제를 경화시키는 단계는 시일 캡을 통한 밀봉제에의 화학 방사선(actinic radiation)의 인가에 의해 달성된다. 일부 실시예에서, 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계는 시일 캡을 통한 밀봉제에의 화학 방사선의 인가에 의해 달성된다. 일부 실시예에서, 시일 캡의 내부 내의 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계는 제2 양의 미경화 밀봉제를 주사기(syringe)로부터 공극 내로 주입함으로써 달성된다. 일부 실시예에서, 제1 양의 경화성 밀봉제(curable sealant)는 광학적으로 반투명하다. 본 개시 내용의 체결구를 밀봉하는 방법의 추가 실시예는 아래의 "선택 실시예"에서 후술된다.

[0003] 다른 태양에서, 본 개시 내용은 체결구 시일을 보수(repairing)하는 방법으로서, m) 보호된 체결구 구조물(protected fastener construction)을 제공하는 단계 - 보호된 체결구 구조물은 i) 체결구; ii) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡; 및 iii) 제1 양의 경화된 밀봉제를 포함하고, 시일 캡은 체결구의 적어도 일부분이 시일 캡의 내부에 있도록 체결구 위에 위치되고, 시일 캡의 내부는 또한 시일 캡을 체결구에 결속시키는(bind) 제1 양의 경화된 밀봉제를 함유하고, 공극이 시일 캡의 내부의 위치에 존재함 -; n) 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계; 및 o) 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계를 포함하는, 방법을 제공한다. 일부 실시예에서, 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계는 시일 캡을 통한 밀봉제에의 화학 방사선의 인가에 의해 달성된다. 일부 실시예에서, 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계는 제2 양의 미경화 밀봉제를 주사기로부터 공극 내로 주입함으로써 달성된다. 일부 실시예에서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 반투명하다. 본 개시 내용의 체결구 시일을 보수하는 방법의 추가 실시예는 아래의 "선택 실시예"에서 후술된다.

[0004] 다른 태양에서, 본 개시 내용은 보호된 체결구 구조물로서, q) 체결구; r) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡; s) 제1 양의 경화된 밀봉제; 및 t) 제2 양의 경화된 밀봉제를 포함하고, 시일 캡은 체결구의 적어도 일부분이 시일 캡의 내부에 있도록 체결구 위에 위치되고, 시일 캡의 내부는 또한 시일 캡을 체결구에 결속시키는 제1 양의 경화된 밀봉제를 함유하고, 제2 양의 경화된 밀봉제는 시일 캡의 내부에 위치되는 공극을 적어도 부분적으로 충전하는, 보호된 체결구 구조물을 제공한다. 일부 실시예에서, 제1 표면이 항공기의 연료 용기의 내부 표면이다. 일부 실시예에서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 반투명하다. 본 개시 내용의 보호된 체결구 구조물의 추가 실시예는 아래의 "선택 실시예"에서 후술된다.

[0005] 본 명세서에 사용되는 모든 과학 및 기술 용어는, 달리 명시되지 않는 한, 당업계에서 통상적으로 사용되는 의미를 갖는다.

[0006] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 바와 같이, 단수 형태("a", "an" 및 "the")는, 그 내용이 명백하게 달리 지시하지 않는 한, 복수의 지시 대상을 갖는 실시예를 포함한다.

[0007] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에 사용되는 바와 같이, 용어 "또는"은 일반적으로, 그 내용이 명백하게 달리 지시하지 않는 한, 그의 의미에 "및/또는"을 포함하는 것으로 채용된다.

[0008] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, "갖다", "갖는", "구비하다", "구비하는", "포함하다", "포함하는" 등은 그들의 개방형 의미로 사용되며, 일반적으로 "포함하지만 이에 제한되지 않는"을 의미한다. 용어 "~로 구성되는" 및 "본질적으로 ~로 구성되는"은 용어 "포함하는" 등에 포함된다는 것이 이해될 것이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 본 개시 내용은 시일 캡을 사용하는 방법 및 시일 캡을 포함하는 구조물을 제공한다.
- [0010] 리벳(rivet), 볼트(bolt) 및 다른 유형의 체결구를 사용하는 기계 구조물에서, 밀봉제 및 시일 캡을 체결구의 노출된 부분에 적용하여 체결구를 부식으로부터 보호하고 전기 절연을 제공하는 것이 유리할 수 있다. 밀봉제/캡은 또한, 특히 체결구가 유체 격납 탱크(fluid containment tank) 내로 돌출하는 경우, 특정하게는 그러한 유체가 연료인 경우에, 그리고 가장 특정하게는 그러한 탱크가 항공기 내에 탑재된 경우에, 유체의 통로에 대한 장벽으로서 기능할 수 있다. 그러한 경우에, 체결구는 또한 예컨대 낙뢰로부터 연료 탱크의 내부로의 전기 방전의 통로를 방지 또는 감소시키는 기능을 할 수 있다. 본 개시 내용에 따른 방법은 다수의 그러한 응용에서 체결구를 밀봉하는 데 유용할 수 있다.
- [0011] 전통적으로, 항공기 구조물은 낙뢰의 전기 에너지를 소산시킬 수 있는 낮은 전기 저항의 금속으로 제조되었다. 보다 최근에는, 섬유 보강 수지 매트릭스 재료(fiber reinforced resin matrix material)가 항공기, 풍력 발전기, 자동차, 및 다른 응용을 위한 다수의 부품을 제작하기 위해 사용되었다. 섬유는 전형적으로 탄소, 유리, 세라믹 또는 아라미드(aramid)로 제조되고, 수지 매트릭스는 전형적으로 유기 열경화성 또는 열가소성 재료이다. 이들 비교적 높은 저항의 재료로부터 제조되는 구조물은 낙뢰의 영향으로부터의 보호가 부족하다. 일부 응용에서, 금속 체결구가 복합 날개 외피(composite wing skin)를 횡단한다. 체결구의 일 단부가 항공기의 외부 상의 높은 에너지의 낙뢰 환경에 노출될 수 있고, 다른 단부가 날개 연료 탱크의 가연성 환경에 노출될 수 있다. 밀봉제 및 시일 캡은 그러한 체결구가 낙뢰 이벤트 동안 스파크(spark)를 발생시키고 날개 탱크 내의 연료를 점화시킬 가능성을 최소화하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.
- [0012] 본 개시 내용에 따른 방법에 사용되는 시일 캡은 반투명하거나 투명하다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "반투명"은 가시 광의 일부 부분, 전형적으로 360 내지 750 nm 파장 범위 내의 광의 20% 초과, 일부 실시예에서 30% 초과, 일부 실시예에서 40% 초과, 그리고 일부 실시예에서 50% 초과를 투과시킬 수 있음을 의미한다. 일부 실시예에서, 본 발명에 따른 시일 캡은 광학적으로 투명한데, 이는 물품이 관찰자가 이미지를 해상(resolving)하는 것, 예컨대 텍스트를 읽는 것을 방해하지 않는 정도로 투명함을 의미한다. 일부 실시예에서, 본 발명에 따른 시일 캡은 구조물 또는 설치 또는 둘 모두에서의 결합에 대한 시각적 검사를 허용한다. 반투명한 및 투명한 시일 캡은, 그 내용이 본 명세서에 참고로 포함되는, PCT 특허 출원 제US2014/034070호에 개시되어 있다.
- [0013] 일부 실시예에서, 본 개시 내용에 따른 방법에 사용되는 시일 캡은 1.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 5.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 10.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 15.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 30.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 40.0 kV/mm 초과, 그리고 일부 실시예에서 50.0 kV/mm 초과의 유전 파괴 강도(dielectric breakdown strength)를 갖는 재료로 제조된다. 일부 실시예에서, 보다 높은 유전 파괴 강도를 갖는 재료의 사용이 보다 가벼운 시일 캡의 제조를 허용한다.
- [0014] 일부 실시예에서, 본 개시 내용에 따른 방법에 사용되는 시일 캡은 1.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 5.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 10.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 15.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 30.0 kV/mm 초과, 일부 실시예에서 40.0 kV/mm 초과, 그리고 일부 실시예에서 50.0 kV/mm 초과의 유전 파괴 강도를 갖는 재료로 제조된다. 일부 실시예에서, 보다 높은 유전 파괴 강도를 갖는 재료의 사용이 보다 가벼운 시일 캡의 제조를 허용한다.
- [0015] 일부 실시예에서, 본 개시 내용에 따른 방법에 사용되는 시일 캡은 박벽형(thin-walled)이다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 1.5 mm 미만, 일부 실시예에서 1.2 mm 미만, 일부 실시예에서 1.0 mm 미만, 일부 실시예에서 0.5 mm 미만, 일부 실시예에서 0.2 mm 미만, 일부 실시예에서 0.1 mm 미만, 그리고 일부 실시예에서 0.08 mm 미만의 평균 벽 두께를 갖는다.
- [0016] 시일 캡은 임의의 적합한 재료로 제조될 수 있다. 일부 실시예에서, 재료는 제트 연료 저항성(jet fuel resistant)이다. 일부 실시예에서, 재료는 -20℃ 미만의 TB(brittle temperature)(취화 온도)를 갖는다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 폴리우레탄 중합체를 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 폴리티오에테르 중합체를 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 폴리설파이드 중합체를 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 플루오르화 열가소성 중합체를 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 THV 중합체를 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 플루오르화 열경화성 중합체를 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 엔지니어링 열가소성재(engineering thermoplastic)를 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 PEEK 중합체를 포함한다. 일부

실시예에서, 시일 캡은 중합체 및 나노미립자 충전제(nanoparticulate filler)의 혼합물을 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 중합체 및 나노미립자 경화제(nanoparticulate curative)의 혼합물을 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 충전제 또는 10 nm 초과, 일부 실시예에서 5 nm 이하, 그리고 일부 실시예에서 1 nm 이하의 평균 입자 크기를 갖는 다른 미립자를 포함하지 않는다.

[0017] 일부 실시예에서, 시일 캡 및 밀봉제는 상이한 재료를 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡 및 밀봉제는 상이한 재료를 포함하지 않는다.

[0018] 일부 실시예에서, 시일 캡은 체결구에의 적용 전에 밀봉제로 적어도 부분적으로 충전된다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 체결구에의 밀봉제의 적용 후에 체결구에 적용된다. 일부 실시예에서, 체결구는 기재 물품(substrate article)을 관통한다. 일부 실시예에서, 체결구는 기재 물품의 표면으로부터 돌출한다. 일부 실시예에서, 기재 물품은 복합 재료이다. 일부 실시예에서, 기재 물품은 에폭시 매트릭스 및 유리 또는 탄소 섬유 복합 재료이다. 일부 실시예에서, 기재 물품으로부터 돌출하는 체결구의 모든 부분은 경화된 밀봉제 또는 시일 캡 또는 둘 모두에 의해 덮인다. 일부 실시예에서, 기재 물품으로부터 돌출하는 체결구의 모든 부분은 경화된 밀봉제에 의해 덮인다.

[0019] 밀봉제는 임의의 적합한 재료일 수 있다. 일부 실시예에서, 재료는 반투명하거나 투명하다. 일부 실시예에서, 재료는 제트 연료 저항성이다. 일부 실시예에서, 재료는 -20℃ 미만의 TB(취화 온도)를 갖는다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 폴리우레탄 중합체를 포함한다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 폴리티오에테르 중합체를 포함한다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 폴리설파이드 중합체를 포함한다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 중합체 및 나노미립자 충전제의 혼합물을 포함한다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 중합체 및 나노미립자 경화제의 혼합물을 포함한다. 일부 실시예에서, 시일 캡은 충전제 또는 10 nm 초과, 일부 실시예에서 5 nm 이하, 그리고 일부 실시예에서 1 nm 이하의 평균 입자 크기를 갖는 다른 미립자를 포함하지 않는다.

[0020] 시일 캡 재료 및 밀봉제 재료는 강한 접합이 밀봉제와 시일 캡 사이에 형성되도록 선택될 수 있다. 밀봉제 재료는 강한 접합이 밀봉제와 기재 사이에 형성되도록 선택될 수 있다. 선택적으로, 밀봉제 재료는 강한 접합이 밀봉제와 체결구 사이에 형성되도록 선택될 수 있다.

[0021] 체결구에의 시일 캡 및 밀봉제의 적용 후에, 밀봉제는 전형적으로 경화된다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 방사선 경화 밀봉제이다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 밀봉제의 화학 방사선의 인가에 의해 경화된다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 밀봉제의 녹색 광의 인가에 의해 경화된다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 밀봉제의 청색 광의 인가에 의해 경화된다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 밀봉제의 보라색 광의 인가에 의해 경화된다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 밀봉제의 UV 광의 인가에 의해 경화된다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 반투명한 시일 캡을 통한 밀봉제의 방사선의 인가에 의해 경화된다. 일부 실시예에서, 밀봉제는 60초 미만, 일부 실시예에서 30초 미만, 그리고 일부 실시예에서 10초 미만에 실질적으로 완전히 경화된다. 일부 실시예에서, 경화는 사용 직전의 경화제의 첨가에 의해 달성된다. 일부 실시예에서, 경화는 대기 조건에서의 열 경화에 의해 달성된다. 일부 실시예에서, 경화는 열 공급원으로부터의 열의 인가에 의한 열 경화에 의해 달성된다.

[0022] 일부 실시예에서, 시일 및 시일 캡 조합이 시일 캡 주형(mold)을 사용하여 체결구 위의 제위치에서 성형된다. 일부 실시예에서, 시일 캡 주형은 반투명하거나 투명하여, 형성된 위치에서의 시일 및 시일 캡의 검사 및 방사선 경화를 가능하게 한다.

[0023] 밀봉제 또는 시일 캡 내에 포집되는 공기로 인해, 설치 동안 공극이 밀봉제 내에 발생할 수 있다. 결함 있는 캡 및 밀봉제의 제거 및 교체에 의한 그러한 공극의 보수는 시간 소모적이고 비용이 많이 들며 생산 지연을 초래할 수 있다.

[0024] 본 개시 내용에 따른 방법은 공극을 포함하는 시일 캡의 검출 및 보수를 가능하게 한다.

[0025] 선택 실시예

[0026] 하기 번호가 부여된 실시예는 본 개시 내용을 추가로 예시하도록 의도되지만, 본 개시 내용을 부당하게 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0027] 1. 체결구를 밀봉하는 방법으로서,

[0028] a) 제1 양의 미경화 밀봉제를 체결구에 적용하는 단계;

[0029] b) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡을 밀봉제 및 체결구 위에 적용하는 단계;



- [0030] c) 제1 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제1 양의 미경화 밀봉제를 경화시키는 단계;
- [0031] d) 시일 캡의 내부 내의 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계; 및
- [0032] e) 제2 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계를 포함하는, 방법.
- [0033] 2. 체결구를 밀봉하는 방법으로서,
- [0034] f) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡을 제공하는 단계;
- [0035] g) 제1 양의 미경화 밀봉제를 시일 캡의 내부에 적용하는 단계;
- [0036] h) 시일 캡 및 제1 양의 밀봉제를 체결구 위에 적용하는 단계;
- [0037] j) 제1 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제1 양의 밀봉제를 경화시키는 단계;
- [0038] k) 시일 캡의 내부 내의 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계; 및
- [0039] l) 제2 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계를 포함하는, 방법.
- [0040] 3. 실시예 1 또는 실시예 2에 따른 방법으로서, 체결구는 기재 물품의 제1 표면으로부터 돌출하고, 제2 양의 밀봉제의 경화 후에, 기재 물품의 제1 표면으로부터 돌출하는 체결구의 모든 부분은 경화된 밀봉제 또는 시일 캡 또는 둘 모두에 의해 덮이는, 방법.
- [0041] 4. 실시예 1 내지 실시예 3 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 밀봉제를 경화시키는 단계는 시일 캡을 통한 밀봉제에의 화학 방사선의 인가에 의해 달성되는, 방법.
- [0042] 5. 실시예 1 내지 실시예 4 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계는 시일 캡을 통한 밀봉제에의 화학 방사선의 인가에 의해 달성되는, 방법.
- [0043] 6. 실시예 1 내지 실시예 5 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 시일 캡은 광학적으로 투명한, 방법.
- [0044] 7. 실시예 1 내지 실시예 6 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 시일 캡의 내부 내의 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계는 제2 양의 미경화 밀봉제를 주사기로부터 공극 내로 주입함으로써 달성되는, 방법.
- [0045] 8. 실시예 1 내지 실시예 7 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 미경화 밀봉제 및 제2 양의 미경화 밀봉제는 상이한 재료를 포함하는, 방법.
- [0046] 9. 실시예 1 내지 실시예 7 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 미경화 밀봉제 및 제2 양의 미경화 밀봉제는 상이한 재료를 포함하지 않는, 방법.
- [0047] 10. 실시예 1 내지 실시예 7 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 미경화 밀봉제 및 제2 양의 미경화 밀봉제는 상이한 경화성 성분 재료를 포함하지 않는, 방법.
- [0048] 11. 실시예 1 내지 실시예 10 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 미경화 밀봉제는 제1 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 경화되고, 시일 캡 및 제1 양의 경화된 밀봉제는 상이한 재료를 포함하는, 방법.
- [0049] 12. 실시예 1 내지 실시예 10 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 미경화 밀봉제는 제1 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 경화되고, 시일 캡 및 제1 양의 경화된 밀봉제는 상이한 재료를 포함하지 않는, 방법.
- [0050] 13. 실시예 1 내지 실시예 10 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 시일 캡은 제3 경화성 밀봉제 재료의 경화에 의해 획득되는 제3 경화된 밀봉제 재료로 제조되고, 제1 양의 경화성 밀봉제 및 제3 경화성 밀봉제 재료는 상이한 경화성 성분 재료를 포함하지 않는, 방법.
- [0051] 14. 실시예 1 내지 실시예 13 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화성 밀봉제는 광학적으로 반투명한, 방법.
- [0052] 15. 실시예 1 내지 실시예 14 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화성 밀봉제는 광학적으로 투명한, 방법.
- [0053] 16. 실시예 1 내지 실시예 15 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 경화성 밀봉제는 광학적으로 반투명한, 방법.
- [0054] 17. 실시예 1 내지 실시예 16 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 경화성 밀봉제는 광학적으로 투



명한, 방법.

- [0055] 18. 실시예 1 내지 실시예 15 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 경화성 밀봉제는 광학적으로 불투명한, 방법.
- [0056] 19. 체결구 시일을 보수하는 방법으로서,
- [0057] m) 보호된 체결구 구조물을 제공하는 단계 - 보호된 체결구 구조물은,
- [0058] i) 체결구;
- [0059] ii) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡; 및
- [0060] iii) 제1 양의 경화된 밀봉제를 포함하고,
- [0061] 시일 캡은 체결구의 적어도 일부분이 시일 캡의 내부에 있도록 체결구 위에 위치되고,
- [0062] 시일 캡의 내부는 또한 시일 캡을 체결구에 결속시키는 제1 양의 경화된 밀봉제를 함유하고,
- [0063] 공극이 시일 캡의 내부의 위치에 존재함 -;
- [0064] n) 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계; 및
- [0065] o) 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계를 포함하는, 방법.
- [0066] 20. 실시예 19에 따른 방법으로서, 체결구는 기재 물품의 제1 표면으로부터 돌출하고, 제2 양의 밀봉제의 경화 후에, 기재 물품의 제1 표면으로부터 돌출하는 체결구의 모든 부분은 경화된 밀봉제 또는 시일 캡 또는 둘 모두에 의해 덮이는, 방법.
- [0067] 21. 실시예 19 또는 실시예 20에 따른 방법으로서, 제2 양의 밀봉제를 경화시키는 단계는 시일 캡을 통한 밀봉제에의 화학 방사선의 인가에 의해 달성되는, 방법.
- [0068] 22. 실시예 19 내지 실시예 21 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 시일 캡은 광학적으로 투명한, 방법.
- [0069] 23. 실시예 19 내지 실시예 22 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 공극을 제2 양의 미경화 밀봉제로 충전하는 단계는 제2 양의 미경화 밀봉제를 주사기로부터 공극 내로 주입함으로써 달성되는, 방법.
- [0070] 24. 실시예 19 내지 실시예 23 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화된 밀봉제 및 시일 캡은 상이한 재료를 포함하는, 방법.
- [0071] 25. 실시예 19 내지 실시예 23 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화된 밀봉제 및 시일 캡은 상이한 재료를 포함하지 않는, 방법.
- [0072] 26. 실시예 19 내지 실시예 23 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 제1 양의 미경화 밀봉제로부터 유래되고, 시일 캡은 제3 경화성 밀봉제 재료의 경화에 의해 제조되고, 제1 양의 경화성 밀봉제 및 제3 경화성 밀봉제 재료는 상이한 경화성 성분 재료를 포함하지 않는, 방법.
- [0073] 27. 실시예 19 내지 실시예 26 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 미경화 밀봉제는 제2 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 경화되고, 제1 양의 경화된 밀봉제 및 제2 양의 경화된 밀봉제는 상이한 재료를 포함하는, 방법.
- [0074] 28. 실시예 19 내지 실시예 26 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 미경화 밀봉제는 제2 양의 경화된 밀봉제를 형성하도록 경화되고, 제1 양의 경화된 밀봉제 및 제2 양의 경화된 밀봉제는 상이한 재료를 포함하지 않는, 방법.
- [0075] 29. 실시예 19 내지 실시예 23 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 제1 양의 미경화 밀봉제로부터 유래되고, 제1 양의 경화성 밀봉제 및 제2 양의 미경화 밀봉제는 상이한 경화성 성분 재료를 포함하지 않는, 방법.
- [0076] 30. 실시예 19 내지 실시예 29 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 반투명한, 방법.
- [0077] 31. 실시예 19 내지 실시예 29 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 투명한, 방법.

- [0078] 32. 실시예 19 내지 실시예 31 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 미경화 밀봉제는 광학적으로 반투명한, 방법.
- [0079] 33. 실시예 19 내지 실시예 31 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 미경화 밀봉제는 광학적으로 투명한, 방법.
- [0080] 34. 실시예 19 내지 실시예 31 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 미경화 밀봉제는 광학적으로 불투명한, 방법.
- [0081] 35. 보호된 체결구 구조물로서,
- [0082] q) 체결구;
- [0083] r) 내부를 한정하는 광학적으로 반투명한 시일 캡;
- [0084] s) 제1 양의 경화된 밀봉제; 및
- [0085] t) 제2 양의 경화된 밀봉제를 포함하고,
- [0086] 시일 캡은 체결구의 적어도 일부분이 시일 캡의 내부에 있도록 체결구 위에 위치되고,
- [0087] 시일 캡의 내부는 또한 시일 캡을 체결구에 결속시키는 제1 양의 경화된 밀봉제를 함유하고,
- [0088] 제2 양의 경화된 밀봉제는 시일 캡의 내부에 위치되는 공극을 적어도 부분적으로 충전하는, 보호된 체결구 구조물.
- [0089] 36. 실시예 35에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 체결구는 기재 물품의 제1 표면으로부터 돌출하고, 기재 물품의 제1 표면으로부터 돌출하는 체결구의 모든 부분은 경화된 밀봉제 또는 시일 캡 또는 둘 모두에 의해 덮이는, 보호된 체결구 구조물.
- [0090] 37. 실시예 35 또는 실시예 36에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 상기 제1 표면이 항공기의 연료 용기의 내부 표면인, 보호된 체결구 구조물.
- [0091] 38. 실시예 35 내지 실시예 37 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 시일 캡은 광학적으로 투명한, 보호된 체결구 구조물.
- [0092] 39. 실시예 35 내지 실시예 38 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 반투명한, 보호된 체결구 구조물.
- [0093] 40. 실시예 35 내지 실시예 38 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 투명한, 보호된 체결구 구조물.
- [0094] 41. 실시예 35 내지 실시예 40 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 제2 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 반투명한, 보호된 체결구 구조물.
- [0095] 42. 실시예 35 내지 실시예 40 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 제2 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 투명한, 보호된 체결구 구조물.
- [0096] 43. 실시예 35 내지 실시예 40 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 제2 양의 경화된 밀봉제는 광학적으로 불투명한, 보호된 체결구 구조물.
- [0097] 44. 실시예 35 내지 실시예 43 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 시일 캡은 폴리우레탄 중합체를 포함하는, 보호된 체결구 구조물.
- [0098] 45. 실시예 35 내지 실시예 44 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 시일 캡은 폴리티오에테르 중합체를 포함하는, 보호된 체결구 구조물.
- [0099] 46. 실시예 35 내지 실시예 45 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 폴리우레탄 중합체를 포함하는, 보호된 체결구 구조물.
- [0100] 47. 실시예 35 내지 실시예 46 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 폴리티오에테르 중합체를 포함하는, 보호된 체결구 구조물.
- [0101] 48. 실시예 35 내지 실시예 47 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 제2 양의 경화된 밀봉제는

폴리우레탄 중합체를 포함하는, 보호된 체결구 구조물.

- [0102] 49. 실시예 35 내지 실시예 48 중 어느 한 실시예에 따른 보호된 체결구 구조물로서, 제2 양의 경화된 밀봉제는 폴리티오에테르 중합체를 포함하는, 보호된 체결구 구조물.
- [0103] 50. 실시예 1 내지 실시예 34 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 시일 캡은 폴리우레탄 중합체를 포함하는, 방법.
- [0104] 51. 실시예 1 내지 실시예 34 또는 실시예 50 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 시일 캡은 폴리티오에테르 중합체를 포함하는, 방법.
- [0105] 52. 실시예 1 내지 실시예 34 또는 실시예 50 또는 실시예 51 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 폴리우레탄 중합체를 포함하는, 방법.
- [0106] 53. 실시예 1 내지 실시예 34 또는 실시예 50 내지 실시예 52 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제1 양의 경화된 밀봉제는 폴리티오에테르 중합체를 포함하는, 방법.
- [0107] 54. 실시예 1 내지 실시예 34 또는 실시예 50 내지 실시예 53 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 경화된 밀봉제는 폴리우레탄 중합체를 포함하는, 방법.
- [0108] 55. 실시예 1 내지 실시예 34 또는 실시예 50 내지 실시예 54 중 어느 한 실시예에 따른 방법으로서, 제2 양의 경화된 밀봉제는 폴리티오에테르 중합체를 포함하는, 방법.
- [0109] 본 개시 내용의 목적 및 이점은 하기 예에 의해 추가로 예시되지만, 이들 예에 인용된 특정 재료 및 그 양뿐만 아니라 다른 조건 및 상세 사항은 본 개시 내용을 부당하게 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.
- [0110] **예**
- [0111] 달리 언급되지 않는 한, 모든 시약은 미국 미주리주 세인트 루이스 소재의 시그마-알드리치 컴퍼니(Sigma-Aldrich Company)로부터 입수하였거나 입수가능하며, 또는 공지된 방법에 의해 합성할 수 있다. 달리 보고되지 않는 한, 모든 비는 중량 퍼센트 기준이다.
- [0112] 하기 약어가 예를 기술하기 위해 사용된다:
- [0113] °C: 섭씨 온도
- [0114] °F: 화씨 온도
- [0115] cm: 센티미터
- [0116] kPa: 킬로 파스칼
- [0117] mL: 밀리리터
- [0118] mm: 밀리미터
- [0119] psi: 제곱 인치당 파운드
- [0120] **재료**
- [0121] 예에 사용된 재료에 대한 약어는 하기와 같다:
- [0122] AC-240: 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)로부터 상표명 "에어로스페이스 실런트 (AEROSPACE SEALANT) AC-240 CLASS B"로 입수되는, 1.61의 경화 비중(cured specific gravity)을 갖는, 그레이(gray) 2-부분 폴리설파이드계 밀봉제.
- [0123] DABCO: 미국 펜실베이니아주 앨런타운 소재의 에어 프로덕츠 앤드 케미칼즈, 인크.(Air Products & Chemicals, Inc.)로부터 상표명 "DABCO"로 입수되는, 1,4-다이아자바이사이클로[2.2.2]옥탄.
- [0124] DMDO: 미국 펜실베이니아주 킹 오브 프리시아 소재의 아르케나, 인크.(Arkena, Inc.)로부터 입수되는, 1,8-다이메르캅토-3,6-다이옥사옥탄.
- [0125] DVE-3: 미국 텍사스주 윌밍턴 소재의 애쉬랜드 스페셜티 잉그레디언츠(Ashland Specialty Ingredients)로부터 상표명 "RAPI-CURE DVE-3"으로 입수되는, 트라이에틸렌글리콜 다이비닐에테르.

- [0126] E-8220: 미국 오하이오주 카이어호가 폴즈 소재의 에메랄드 퍼포먼스 머티리얼즈, 엘엘씨(Emerald Performance Materials, LLC)로부터 상표명 "EPALLOY 8220"으로 입수되는, 비스페놀 F의 다이글리시딜에테르.
- [0127] GE-30: 에메랄드 퍼포먼스 머티리얼즈 컴퍼니로부터 상표명 "ERISYS GE-30"으로 입수되는, 트라이메틸올프로판 트라이글리시딜에테르.
- [0128] TAC: 미국 펜실베이니아주 엑스턴 소재의 사토머, 인크.(Sartomer, Inc.)로부터 입수되는, 트라이알릴시아누레이트.
- [0129] VAZO-67: 미국 델라웨어주 월밍턴 소재의 이.아이. 듀폰 디 네모아 앤드 컴퍼니(E.I. du Pont de Nemours and Company)로부터 상표명 "VAZO-67"로 입수되는, 2,2'-아조비스(2-메틸부티로니트릴).
- [0130] 액체 폴리티오에테르 중합체(PTE).
- [0131] 액체 폴리티오에테르 중합체를 하기과 같이 제조하였다: 공기 구동식 교반기(air driven stirrer), 온도계, 및 적하 깔때기(dropping funnel)가 장착되어 있는 1-리터 둥근 바닥 플라스크(round bottom flask)에 407.4 그램 (2.24 몰) DMDO, 12.63 그램(0.05 몰) TAC 및 0.1 그램 VAZO-67을 첨가하였다. 시스템을 질소로 플러싱하였고(flushed), 혼합물을 60℃에서 대략 45분 동안 교반하였다. 이러한 혼합물에, 적하 방식(drop wise)으로 45분에 걸쳐, 380 그램(1.88 몰) DVE-3을 첨가하였다. 추가의 0.3 그램VAZO-67을 소량의 증분으로 첨가하였고, 혼합물을 약 6시간 동안 70 내지 80℃로 유지시킨 후에, 100℃에서 10분간 진공 탈기(vacuum degassing)시켰다.
- [0132] 복합 시험 패널
- [0133] 낙뢰 시험 및 시일 캡 설치를 위한 복합 패널을 하기 재료 및 방법을 사용하여 제조하였다. 미국 워싱턴주 타코마 소재의 토레이 콤포지츠 (아메리카), 인크.(Toray Composites (America), Inc.)로부터 입수되는, 단방향성 프리-프레그(unidirectional pre-preg), 유형 "P2353W-19-30S"의 10개 층을 45, 135, 0, 90, 0, 0, 90, 0, 135 및 45도로 배향하여 균형을 이룬 구조물을 제공하였다. 미국 뉴저지주 우드랜드 파크 소재의 사이텍 인터스트리즈, 인크.(Cytac Industries, Inc.)로부터의 직조 그래파이트 천(woven graphite fabric), 유형 "CYCOM 970/PWC T300 3K NT"의 층을 프리-프레그의 10-겹 스택(stack)의 각각의 면 상에 배치하였다. 패널의 크기는 공칭적으로 12 × 12 인치(30.48 × 30.48 cm)였다. 이어서, 적층물(layer-up)을 표준 오토클레이브 배깅(autoclave bagging) 절차를 사용하여 배깅하였고(bagged), 2시간 동안 350°F(176.7℃)에서 완전 진공 하에 90 psi(620.5 kPa)의 오토클레이브 내에서 경화시켰다. 이어서, 패널을 절반으로 절단하고, 미국 뉴욕주 파밍턴 소재의 피어리스 에어로스페이스 패스너 코.(Peerless Aerospace Fastener Co.)로부터 입수되는, 하이-쉬어(Hi-Shear) 체결구 생크(fastener shank), 부품 번호 "HL10VAZ6-3"을 수용하기 위해 10개의 구멍을 정합 드릴링하였다(match drilled). 1 인치(2.54 cm)의 중첩이 존재하도록 패널들을 드릴링하였고, 이때 체결구들을 중첩 결합부의 중심을 따라 균일하게 이격시켰다. 2개의 패널 절반부를 위에 언급된 생크 및 역시 피어리스 에어로스페이스 패스너 코.로부터의 칼라 조립체(collar assembly), 부품 번호 "HL94W6"을 사용하여 함께 결합시켰다. 체결구를 조이기 전에, 결합부를 2개의 패널들 사이에 그리고 구멍 내에 배치한 AC-240으로 습윤시켰다. 최종 시험 패널은 그의 10 인치(25.4 cm) 폭에 걸쳐 균일하게 이격되어 중첩 결합부 내에 중심에 위치된 10개의 체결구를 가졌다.
- [0134] 시일 캡
- [0135] 투명한 폴리티오에테르 시일 캡을 하기과 같이 제조하였다: 100 그램 PTE-2를 6.78 그램 GE-30, 4.52 그램 E-8220 및 1.00 그램 DABCO와 균질하게 혼합하였다. 이어서, 이러한 혼합물의 일부를 8 × 8 인치(20.32 × 20.32 cm) 9-공동(cavity) 알루미늄 시일 캡 주형의 암형 공구(female tool) 내로 부었고, 공동은 15 mm의 기부 직경, 15 mm의 높이 및 2.5 mm의 벽 두께를 가진 절두-원추형(frusto-conical) 형상의 캡을 제공하도록 설계하였다. 수형 공구(male tool)로 주형을 폐쇄시켰고, 혼합물을 75°F(23.9℃)에서 3시간 동안, 이어서 130°F(54.4℃)에서 1시간 동안 경화시켰고, 그 후에 주형을 개방하기 전에 70°F(21.1℃)로 냉각시켰다. 이어서, 생성된 반투명한 시일 캡을 공구로부터 제거하였다.
- [0136] 클리어 수지(Clear Resin)
- [0137] 클리어 수지를 하기과 같이 제조하였다. 100 그램 PTE를 21℃에서 6.78 그램 GE-30, 4.52 그램 E-8220 및 1.00 그램 DABCO와 균질하게 혼합하였다.
- [0138] 예

[0139] 클리어 수지를 투명한 폴리티오에테르 시일 캡 내로 부었고, 이어서 충전된 캡을 복합 패널 상의 체결구 상에 위치시켰으며, 따라서 버블이 조립 동안 수지 내에 형성되는 것으로 관찰되었다. 이어서, 밀봉제 충전된 캡을 24시간 동안 21℃에서 경화시켰다. 이는 경화된, 하지만 결함 있는 밀봉제 충전된 반투명한 폴리티오에테르 시일 캡에 의해 보호된 체결구를 생성하였다. 이어서, 새로 제조한 클리어 수지를 일련의 18 게이지 바늘(needle)을 갖는 5 mL 유리 주사기에 의해 시일 캡의 원위 단부를 통해 주입하였다. 주입 부위를 통해 과량의 수지가 흘러 나올 때까지 충분한 수지를 전달하였고, 그럼으로써 공기 버블이 충전된 시일 캡으로부터 완전하게 배어 나온 것을 보장하였다. 이어서, 바늘을 후퇴시켰고, 과량의 수지를 캡 외부에서 즉시 닦아 내었다. 이어서, 시일 캡을 21℃에서 24시간 동안 경화시켜, 결함 없는 보수된 시일 캡(defect-free repaired seal cap)에 의해 보호된 체결구를 생성하였다.

[0140] 본 개시 내용의 다양한 변형 및 변경이 본 개시 내용의 범위 및 원리로부터 벗어남이 없이 당업자에게 명백해질 것이며, 본 개시 내용이 본 명세서에서 기술된 예시적인 실시예로 부당하게 제한되지 않는다는 것을 이해하여야 한다.