



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월15일  
(11) 등록번호 10-2339072  
(24) 등록일자 2021년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B64F 5/40 (2017.01) B64D 7/00 (2006.01)  
F41H 3/00 (2006.01) H01Q 17/00 (2018.01)  
(52) CPC특허분류  
B64F 5/40 (2017.01)  
B64D 7/00 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0059374  
(22) 출원일자 2020년05월18일  
심사청구일자 2020년05월18일  
(65) 공개번호 10-2021-0142482  
(43) 공개일자 2021년11월25일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2014100847 A\*  
KR101901094 B1\*  
KR1020150104583 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
경상국립대학교 산학협력단  
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
남영우  
경상남도 진주시 사들로 157 (충무공동, 혁신도시 엘에이치아파트1단지) 108-601  
정기원  
경상남도 진주시 창렬로 129 주공1차아파트 12동 110호  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인 피씨알

전체 청구항 수 : 총 8 항

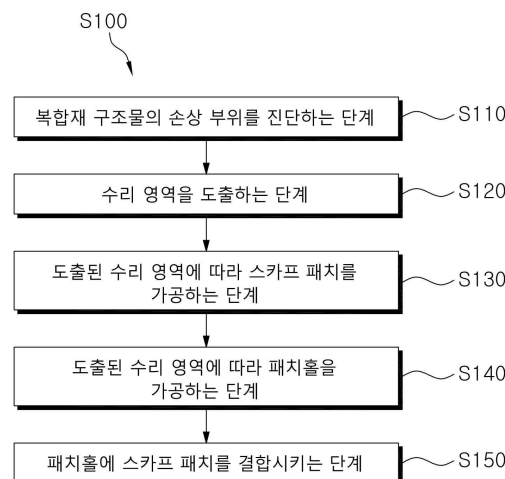
심사관 : 탁현석

(54) 발명의 명칭 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법

(57) 요약

본 발명은 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 관한 것으로, 스텔스 기능을 갖는 복합재 구조물의 손상 부위를 스카프 패치를 통해 수리하는 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 있어서, 상기 손상 부위를 진단하는 단계; 상기 진단된 손상 부위를 포함하는 수리 영역을 도출하는 단계; 상기 도출된 수리 영역에 따라 상기 스카프 패치를 가공하는 단계; 상기 손상 부위를 제거하도록 상기 도출된 수리 영역에 따라 패치홀을 가공하는 단계; 및 상기 패치홀의 내벽과 상기 스카프 패치의 측면이 마주하도록 상기 패치홀에 상기 스카프 패치를 결합시키는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**F41H 3/00** (2013.01)

**H01Q 17/008** (2013.01)

(72) 발명자

**권진희**

경상남도 진주시 내동면 순환로 425-61 남강휴먼빌  
아파트 110동 1802호

**최진호**

경상남도 진주시 진주대로 1317 이현하이클래스웰  
가아파트 106동 2301호

**신준형**

부산광역시 부산진구 백양관문로 10 주공아파트3단  
지 316동 304호

**권보성**

경상남도 진주시 금산면 금산순환로80번길 16 (장  
사리, 금산e-편한세상) 104-406

**육종관**

서울특별시 강남구 도곡로28길 8 (도곡동, 도곡1차  
아이파크아파트) 104동 2703호

**노영훈**

경상남도 창원시 마산회원구 용마로 142 삼성버킹  
궁아파트 101동 905호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711115328
과제번호	2017R1A5A1015311
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	산업수요기반 고효율·안전 항공핵심기술 연구센터
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경상대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

스텔스 기능을 갖는 복합재 구조물의 손상 부위를 스카프 패치를 통해 수리하는 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 있어서,

상기 손상 부위를 진단하는 단계;

상기 진단된 손상 부위를 포함하는 수리 영역을 도출하는 단계;

상기 도출된 수리 영역에 따라 제1 면, 상기 제1 면이 바라보는 방향과 반대 방향을 향하는 제2 면 및 상기 제1 면과 상기 제2 면 사이에 스텔스 복합재 구조물의 적층 구조와 동일한 구조를 갖는 바디를 포함하고,

상기 제1 면은 상기 도출된 수리 영역에 대응되고, 상기 제2 면은 상기 제1 면의 가장자리 둘레에서 상기 도출된 수리 영역의 깊이의 20 배 길이로 연장된 구조를 갖도록 상기 스카프 패치를 가공하는 단계;

상기 손상 부위를 제거하도록 상기 도출된 수리 영역에 따라 패치홀을 가공하는 단계; 및

상기 패치홀의 내벽과 상기 스카프 패치의 측면이 마주하도록 상기 패치홀에 상기 스카프 패치를 결합시키는 단계;를 포함하고,

상기 스텔스 복합재 구조물은 니켈이 코팅된 유리섬유가 에폭시 수지에 함침되어 형성되는 제1시트가 적층된 전자기파 흡수층과,

유리섬유가 에폭시 수지에 함침되어 형성되는 제2 시트가 적층된 유전체층으로 구성된 것을 특징으로 하는, 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 진단된 손상 부위에 따라 수리 영역을 도출하는 단계는,

상기 진단된 손상 부위의 최대 길이에 소정의 마진을 추가한 너비를 갖고 상기 진단된 손상 부위를 전부 포함하는 상기 수리 영역의 너비 및 깊이를 도출하는 단계를 포함하는, 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 스카프 패치는,

상기 제1 면에서 제2 면까지의 상기 스카프 패치의 두께는 상기 도출된 수리 영역의 깊이에 대응되도록 가공되는, 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법.

#### 청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 도출된 수리 영역에 따라 패치홀을 가공하는 단계에서,

상기 패치홀은 상기 스카프 패치의 형상에 대응되도록 가공되는, 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법.

## 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 패치홀의 횡단면의 너비의 최소값은 상기 도출된 수리 영역의 너비이고, 상기 패치홀의 횡단면의 너비의 최대값은 상기 도출된 수리 영역의 너비에 상기 도출된 상기 수리 영역의 깊이의 40 배를 합한 길이가 되도록 상기 패치홀이 가공되는, 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법.

## 청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 패치홀의 높이는 상기 도출된 수리 영역의 깊이에 대응되고,

상기 패치홀은 상기 최소값의 직경을 갖는 일단에서 상기 최대값의 직경을 갖는 타단으로 직선 연장되는 원추형인, 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법.

## 청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 패치홀에 상기 스카프 패치를 결합시키는 단계는,

상기 패치홀의 내벽과 상기 스카프 패치의 측면이 마주하도록 상기 패치홀의 내벽 또는 상기 스카프 패치의 측면에 접착층을 형성하는 단계를 포함하는, 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법.

## 청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 패치홀에 상기 스카프 패치를 결합시키는 단계는,

상기 스카프 패치가 접착된 스텔스 복합재 구조물을 열경화하는 단계를 더 포함하는, 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 스텔스 복합재 구조물의 손상 부위를 스카프 패치를 이용하여 수리하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 스텔스 기술은 상대방의 레이더, 적외선 추적기, 음파 탐지기 등에 쉽게 잡히지 않도록 아군 무기체계의 각종 신호들을 축소 혹은 통제하는 기술을 의미한다. 이러한 스텔스 기술로는 주로 형상 설계, 전자기파 흡수재료, 전자기파 흡수구조의 적용이 대표적이다.

[0003] 형상 설계의 경우에는 항공기에 인위적으로 각도를 만들어 전자기파가 다른 방향으로 반사 되도록 설계하는 방법이다. 하지만 형상 설계는 항공기의 공력 특성이 떨어져 항공기 성능이 저하된다. 전자기파 흡수 재료의 경우 자성체 도료를 항공기 표면에 도포함으로써 전자기파 흡수 성능을 구현하는 방법이다. 하지만 전자기파 흡수 재

료는 낮은 기계적 물성, 높은 유지보수 비용, 환경에 취약하다는 단점이 있다.

- [0004] 최근에 전자기와 흡수 재료의 단점을 보완하기 위해 전자기와 흡수구조에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전자기와 흡수구조는 전자기와 흡수와 동시에 구조적 역할을 수행한다.
- [0005] 이러한 전자기와 흡수구조는 주로 복합재료를 이용하여 구현된다. 하지만 일반적으로 얇은 프리프레그를 적층하여 제작되는 복합재료 구조물의 특성상 두께방향으로 층과 층을 연결하는 보강섬유가 없고, 각 층들은 고분자 기지(Matrix)의 접착력으로만 지지되어 있기 때문에 공구 드랍(Tool drop), 스텝카(Step car)와의 충돌, 낙뢰, 우박 등 충격 하중에 의해 층간 분리(Delamination)와 같은 현상에 취약하다. 따라서 복합재 구조물의 층간 분리 현상을 방지하고 이를 수리하기 위한 기술은 많은 연구자들의 관심사항이 되어 왔다.
- [0006] 기존의 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법은 상기 구조물의 기계적 물성을 회복시키는데 초점을 두고 있어서, 수리 후 복합재 구조물의 스텔스 성능을 회복시키지 못하는 문제점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 전자기와 흡수층을 가짐으로써 스텔스 기능을 갖는 복합재 구조물의 손상 부위를 스카프 패치를 이용하여 수리하고 상기 복합재 구조물의 기계적 성능 및 전자기와 흡수 성능을 동시에 회복시킬 수 있는 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법을 제공하려는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법은, 스텔스 기능을 갖는 복합재 구조물의 손상 부위를 스카프 패치를 통해 수리하는 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 있어서, 상기 손상 부위를 진단하는 단계; 상기 진단된 손상 부위를 포함하는 수리 영역을 도출하는 단계; 상기 도출된 수리 영역에 따라 상기 스카프 패치를 가공하는 단계; 상기 손상 부위를 제거하도록 상기 도출된 수리 영역에 따라 패치홀을 가공하는 단계; 및 상기 패치홀의 내벽과 상기 스카프 패치의 측면이 마주하도록 상기 패치홀에 상기 스카프 패치를 결합시키는 단계;를 포함한다.
- [0009] 또한, 상기 진단된 손상 부위에 따라 수리 영역을 도출하는 단계는, 상기 진단된 손상 부위의 최대 길이에 소정의 마진을 추가한 너비를 갖고 상기 진단된 손상 부위를 전부 포함하는 상기 수리 영역의 너비 및 깊이를 도출하는 단계를 포함한다.
- [0010] 또한, 상기 도출된 수리 영역에 따라 상기 스카프 패치를 가공하는 단계에서, 상기 스카프 패치는, 제1 면, 상기 제1 면이 바라보는 방향과 반대 방향을 향하는 제2 면 및 상기 제1 면과 상기 제2 면 사이에 적층되는 적어도 하나의 전자기와 흡수층을 갖는 바디를 포함하고, 상기 제1 면은 상기 도출된 수리 영역에 대응되고, 상기 제2 면은 상기 제1 면의 가장자리 둘레에서 상기 도출된 수리 영역의 깊이의 20 배 길이로 연장된 구조를 갖도록 가공된다.
- [0011] 또한, 상기 스카프 패치는, 상기 제1 면에서 제2 면까지의 상기 스카프 패치의 두께는 상기 도출된 수리 영역의 깊이에 대응되고, 상기 바디는 상기 복합재 구조물의 적층 구조와 동일하도록 가공된다.
- [0012] 또한, 상기 도출된 수리 영역에 따라 패치홀을 가공하는 단계에서, 상기 패치홀은 상기 스카프 패치의 형상에 대응되도록 가공된다.
- [0013] 또한, 상기 패치홀의 횡단면의 너비의 최소값은 상기 도출된 수리 영역의 너비이고, 상기 패치홀의 횡단면의 너비의 최대값은 상기 도출된 수리 영역의 너비에 상기 도출된 상기 수리 영역의 깊이의 40 배를 합한 길이가 되도록 상기 패치홀이 가공된다.
- [0014] 또한, 상기 패치홀의 높이는 상기 도출된 수리 영역의 깊이에 대응되고, 상기 패치홀은 상기 최소값의 직경을 갖는 일단에서 상기 최대값의 직경을 갖는 타단으로 직선 연장되는 원추형이다.
- [0015] 또한, 상기 패치홀에 상기 스카프 패치를 결합시키는 단계는, 상기 패치홀의 내벽과 상기 스카프 패치의 측면이 마주하도록 상기 패치홀의 내벽 또는 상기 스카프 패치의 측면에 접착층을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0016] 또한, 상기 패치홀에 상기 스카프 패치를 결합시키는 단계는, 상기 스카프 패치가 접착된 스텔스 복합재 구조물을 열경화하는 단계를 더 포함한다.

## 발명의 효과

- [0017] 본 발명에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법은, 상기 구조물에서 손상 부위를 제거하고 제거된 영역에 결합되는 스카프 패치의 구조 설계를 통해 수리 후 구조물의 기계적 성능뿐만 아니라 전자기파 흡수 성능을 회복시킬 수 있다.
- [0018] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

## 도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법의 순서도이다.
- 도 2a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물의 손상 부위를 도시한 상면도이다.
- 도 2b는 도 2a의 II'절단선에 따른 종단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법의 일 단계를 설명하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 의해 수리된 복합재 구조물의 단면도이다.
- 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 의해 수리된 복합재 구조물의 전자기파 흡수 성능을 나타내는 도면이다.
- 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 의해 수리된 복합재 구조물의 기계적 물성을 나타내는 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법을 설명한다.
- [0021] 본 문서의 다양한 실시 예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술적 특징들을 특정한 실시 예들로 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 또는 관련된 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 아 이템에 대응하는 명사의 단수 형은 관련된 문맥상 명백하게 다르게 지시하지 않는 한, 상기 아 이템 한 개 또는 복수 개를 포함할 수 있다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", "A 또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C", "A, B 및 C 중 적어도 하나", "및 A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1", "제 2", 또는 "첫째" 또는 "둘째"와 같은 용어들은 단순히 해당 구성요소를 다른 해당 구성요소와 구분하기 위해 사용될 수 있으며, 해당 구성요소들을 다른 측면(예: 중요성 또는 순서)에서 한정하지 않는다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법의 순서도이다.
- [0023] 도 1을 참조하며, 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법(S100)은, 전자기파 흡수층이 포함되어 스텔스 기능을 갖는 복합재 구조물이 파괴 등에 의해 국부적으로 손상된 경우 손상 부위를 제거하고 스카프 패치를 통해 손상 부위를 수리하는 방법으로서, 손상 부위를 진단하는 단계(S110), 진단된 손상 부위를 포함하는 수리 영역을 도출하는 단계(S120), 수리 영역에 따라 스카프 패치를 가공하는 단계(S130), 손상 부위를 제거하도록 수리 영역에 따라 패치홀을 가공하는 단계(S140), 패치홀에 스카프 패치를 결합시키는 단계(S150)를 포함한다.
- [0024] 도 2a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물의 손상 부위를 도시한 상면도이고, 도 2b는 도 2a의 II'절단선에 따른 종단면도이다.
- [0025] 도 2a 내지 도 2b를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 스카프 패치 수리 방법(S100)이 적용되는 스텔스 복합재 구조물(10)은 전자기파 흡수층(11)과 유전체층(12)을 포함하며, 항공기 등의 이동 수단의 외곽에 적용되

어 X-밴드(8.2 내지 12.4 GHz)의 전자기파를 이용한 탐지를 회피하는 전자기와 흡수 구조(Radar Absorbing Structure, RAS)에 해당한다.

- [0026] 본 실시 예에서, 스텔스 복합재 구조물(10)은 무전해 도금 기법을 통해 니켈이 코팅된 유리섬유가 에폭시 수지에 함침되어 형성되는 제1 시트가 적층된 전자기와 흡수층(11)과 유리섬유가 에폭시 수지에 함침되어 형성되는 제2 시트가 적층된 유전체층(12)로 이루어진다. 이 때, 전자기와 흡수층(11)과 유전체층(12) 각각의 두께 및 적층 순서는, 스텔스 복합재 구조물(10)이 최적의 스텔스 성능을 갖도록 각각의 층의 복소 유전율 및 전파 공식(transmission line equation)을 통해 계산된다.
- [0027] 도시된 실시 예의 경우, 스텔스 복합재 구조물(10)은 유전체층(12) 상에 전자기와 흡수층(11)이 적층된 구조로 이루어지고, 전자기와 흡수층(11)의 두께는 상기 제1 시트가 3겹이 적층되어 0.351 mm이고, 유전체층은 상기 제2 시트가 21겹이 적층되어 2.730 mm 이다. 스텔스 복합재 구조물(10)은 8.57 내지 12.4 GHz 대역에서 -10 dB 이하의 전자기와 흡수 성능을 가짐을 확인하였다.
- [0028] 전자기와 흡수 구조(RAS), 즉, 스텔스 복합재 구조물은 이를 적용한 이동 수단의 운행 중에, 낙뢰 등에 의해 손상을 입는다. 이러한 손상에는, 예를 들어 복합재를 이루는 섬유의 파손 및 레진의 열분해 손상이 있다. 손상을 입은 스텔스 복합재 구조물은 인장력 등의 기계적 물성이 열화될 뿐만 아니라 전자기와 흡수 성능 또한 발휘하지 못하므로 성능의 회복을 위한 수리가 요구된다.
- [0029] 도 1 및 도 2a를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법(S100)은, 복합재 구조물(10)에 손상 부위(D)가 존재하는 경우, 우선 손상 부위(D)를 진단하는 단계(S110)가 선행된다.
- [0030] 단계 S110에서, 손상 부위(D)의 면적 및 깊이에 대한 진단이 행해지며, 예를 들어 손상 부위(D)의 면적은 C-스캔을 통해 진단되고, 손상 부위(D)의 깊이는 3D X-ray CT를 통해 진단하는 비파괴 검사가 이루어진다. 단계 S110에서의 진단을 통해 손상 부위(D)의 위치와 최대 길이(a) 및 깊이를 확인할 수 있다.
- [0031] 단계 S120에서, 단계 S110에서 진단된 손상 부위에 대한 정보를 통해 손상 부위를 포함하는 수리 영역이 도출된다. 본 발명에 따른 스카프 패치 수리 방법(S100)은 기계적 물성 및 스텔스 성능이 저하된 복합재 구조물의 손상 부위를 제거하고 제거된 부분을 스카프 패치로 대체하는 것이므로, 복합재 구조물의 성능의 회복을 위해 수리되어야 하는 영역의 설정이 필요하다.
- [0032] 단계 S120에서, 수리 영역(R)은 진단된 손상 부위(D) 전부를 포함하도록 진단된 손상 부위(D)의 최대 길이(a)에 소정의 마진(M)을 추가한 너비를 갖는다. 수리 영역(R)의 깊이는 손상 부위의 완전한 제거를 위하여 스텔스 복합재 구조물(10)의 두께가 되도록 도출된다. 도 2a에 도시된 실시 예에서, 수리 영역(R)은 C-스캔을 통해 진단된 손상 부위(D)의 면적을 전부 포함하고 진단된 손상 부위의 최대 길이(a)에 양단으로 소정의 마진(M)을 추가한 직경(b)을 갖는 원형으로 도출된다.
- [0033] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법의 일 단계를 설명하는 도면이다.
- [0034] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 스카프 패치 수리 방법(S100)은 스텔스 복합재 구조물(10)의 손상 부위를 제거하고, 제거된 영역과 대응되는 스카프 패치를 가공 및 결합하여 일부가 손상된 스텔스 복합재 구조물(10)을 복구한다.
- [0035] 단계 S130에서, 단계 S120에서 도출된 수리 영역(R)을 기반으로 손상 부위(D) 및 주변을 대체할 스카프 패치(100)가 설계 및 가공된다.
- [0036] 단계 S130에서, 스카프 패치(100)는 제1 면(101), 제1 면(101)이 바라보는 방향과 반대 방향을 향하는 제2 면(102) 및 제1 면과 제2 면 사이에 수리 대상이 되는 스텔스 복합재 구조물(10)의 적층 구조와 동일한 적층 구조를 갖는 바디(103)를 가진다. 상기 바디(103)는 적어도 하나의 전자기와 흡수층을 갖는다.
- [0037] 스카프 패치(100)의 제1 면(101)은 단계 S120에서 도출된 수리 영역(R)에 대응되고, 제2 면(102)은 제1 면(101)의 가장자리 둘레에서 단계 S120에서 도출된 수리 영역(R)의 깊이의 20 배 길이로 연장된 구조를 가진다. 스카프 패치(100)은 1/20의 스카프 비를 가진다. 스카프 패치(100)의 단면은 제1 면(101)과 제2 면(102)을 각각 아랫면, 윗면으로 하는 대칭 사다리꼴의 모양이 된다.
- [0038] 스카프 패치(100)의 두께는 제1 면에서 제2 면까지의 거리이고, 단계 S120에서 도출된 수리 영역(R)의 깊이에



해당한다. 스카프 패치(100)의 두께는 스텔스 복합재 구조물(10)의 두께로 설계된다.

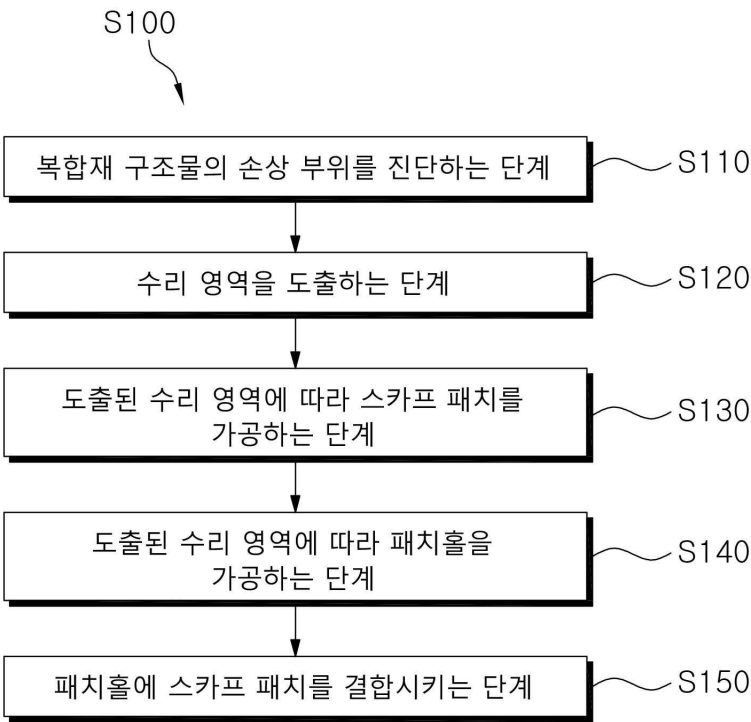
- [0039] 도 3에 도시된 실시 예에서, 스카프 패치(100)의 바디(103)는 스텔스 복합재 구조물(10)의 적층 구조와 동일하도록 가공된다. 즉, 바디(103)는 유전체층(120) 상에 전자기파 흡수층(110)이 적층된 구조로 이루어진다. 예를 들어, 전자기파 흡수층(11)의 두께는 상기 제1 시트가 3겹이 적층되어 0.351 mm이고, 유전체층은 상기 제2 시트가 21겹이 적층되어 2.730 mm 이다.
- [0040] 본 실시 예에서, 스카프 패치(100)의 제1 면(101)인 바닥면은 수리 영역(R)에 대응되는 직경(b)을 갖는 원형으로 가공된다. 스카프 패치(100)의 제2 면(102)인 최상면은 원형의 제1 면(101)의 가장자리 둘레에서 단계 S120에서 도출된 수리 영역(R)의 깊이인, 즉, 스텔스 복합재 구조물(10)의 두께(h)의 20 배 길이로 연장된 원형이다. 일 예에 따른 스카프 패치(100)는 스카프 비가 1/20인 전체적으로 원추형이며, 형상에서 다양한 변형이 가능하다.
- [0041] 단계 S140에서, 스텔스 복합재 구조물(10)에서 손상 부위(D)를 제거하도록 단계 120에서 도출된 수리 영역에 기반하여 단계 S130에서 가공된 스카프 패치(100)가 손상된 스텔스 복합재 구조물(10)에 결합될 수 있는 공간인 패치홀(H)이 설계 및 가공된다.
- [0042] 패치홀(H)은 스카프 패치(100)의 형상에 대응되도록 가공된다. 즉, 패치홀(H)의 종단면 형상은 횡단면에서 최소의 너비와 최대의 너비를 각각 아랫변, 윗변으로 하는 대칭 사다리꼴의 모양이 된다. 이 경우, 패치홀(H)의 횡단면의 너비의 최소값은 단계 120에서 도출된 수리 영역(R)의 너비이고, 패치홀(H)의 횡단면의 너비의 최대값은 수리 영역(R)의 너비에 단계 120에서 도출된 상기 수리 영역(R)의 깊이, 즉, 스텔스 복합재 구조물(10)의 두께(h)의 40 배를 합한 길이이다.
- [0043] 도 3에 도시된 실시 예에서, 패치홀(H)은, 최소 너비를 갖는 바닥면은 수리 영역(R)에 대응되는 직경(b)을 갖는 원형으로, 최대 너비를 갖는 최상면은 원형의 바닥면의 가장자리 둘레에서 단계 S120에서 도출된 수리 영역(R)의 깊이, 즉, 스텔스 복합재 구조물(10)의 두께(h)의 20 배 길이로 연장된 원형으로, 최소 너비를 갖는 바닥면에서 최대 너비를 갖는 최상면까지 사선으로 연장되는 원추형의 구멍으로 CNC(Computer Numerical Control) 장비를 이용하여 가공된다.
- [0044] 단계 S150에서, 단계 S130에서 가공된 스카프 패치(100)의 측면이 단계 S140에서 가공된 패치홀(H)의 내벽과 마주하도록 스텔스 복합재 구조물(10)에서 손상 부위(D)가 제거된 패치홀(H)에 스카프 패치(100)가 결합된다.
- [0045] 단계 S150는, 패치홀(H)의 내벽과 스카프 패치(100)의 측면이 마주하도록 패치홀(H)의 내벽 또는 스카프 패치(100)의 측면에 접착층(200)을 형성하는 단계(S151)와 열경화시키는 단계(S153)를 포함한다.
- [0046] 단계 S151에서, 스카프 패치(100)는 패치홀(H)의 내벽에 형성된 접착층(200)을 통해 스텔스 복합재 구조물(10)과 결합한다. 스카프 패치(100)가 스텔스 복합재 구조물(10)에 접착되는 면적, 즉, 접착층(200)의 넓이는 스카프 패치의 스카프 비에 의해 결정된다. 본 발명의 일 실시 예에서 스카프 패치는 1/20의 스카프 비로 형성되어 스카프 패치로 수리된 스텔스 복합재 구조물(10)의 기계적 물성의 회복률을 높일 수 있다.
- [0047] 단계 S153에서, 스카프 패치(100)가 접착된 스텔스 복합재 구조물(10)은 열경화된다. 열경화 단계를 통해, 스카프 패치(100), 접착층(200) 및 스텔스 복합재 구조물(10)의 결합력이 높아진다.
- [0048] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 의해 수리된 복합재 구조물의 단면도이다.
- [0049] 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 스카프 패치 수리 방법(S100)은 스텔스 복합재 구조물(10)의 손상 부위를 제거하는 패치홀을 가공하고, 패치홀에 대응되는 스카프 패치를 결합하여 일부가 손상된 스텔스 복합재 구조물(10)을 기계적 물성 및 전자기파 흡수 성능의 열화없이 복구한다. 본 발명에 따른 스카프 패치를 이용한 스카프 패치 수리 방법(S100)으로 수리된 스텔스 복합재 구조물(10)은, 제거된 패치홀(H)과 스카프 패치(100)가 대응되는 형상이고 스카프 패치가 상기 구조물(10)과 동일한 복합재 적층 구조를 가지므로 별도의 무게 증가가 없다. 또한, 본 발명에 따른 스카프 패치를 이용한 스카프 패치 수리 방법(S100)으로 수리된 스텔스 복합재 구조물(10)은 수리 후 외형이 수리 전과 다르지 않으므로 상기 구조물(10)이 채용된 이동 수단은 수리로 인한 공력 특성의 변화가 없다.
- [0050] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 의해 수리된 복합재 구조물의 전자기파 흡수 성능을 나타내는 도면이다.



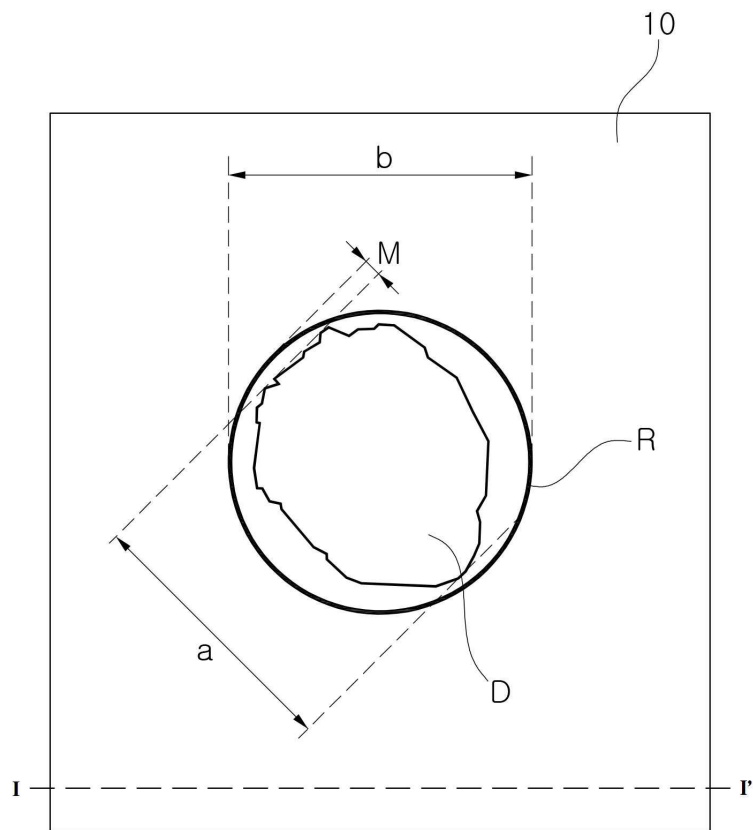
- [0051] 도 5 및 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법(S100)에 의해 수리된 복합재 구조물(10)의 전자기파 흡수 성능의 회복을 확인하기 위해, 손상되지 않은 스텔스 복합재 구조물(pristine RAS), 국부적으로 손상된 스텔스 복합재 구조물(damaged RAS) 및 상기 스카프 패치 수리 방법(S100)으로 수리된 스텔스 복합재 구조물(repaired RAS)을 대상으로 10 GHz 주파수의 전자기파에 대한 반사율을 측정하였다. 그 결과는 도 5 및 도 6과 같이 손상에 의해 전자기파 흡수 성능이 저하된 스텔스 복합재 구조물을 상기 스카프 패치 수리 방법(S100)으로 수리된 스텔스 복합재 구조물(repaired RAS)은 전자기파 흡수 성능이 손상 전과 동일한 수준으로 회복됨을 확인할 수 있다.
- [0052] 도 7은 손상되지 않은 스텔스 복합재 구조물(pristine RAS), 국부적으로 손상된 스텔스 복합재 구조물(damaged RAS) 및 상기 스카프 패치 수리 방법(S100)으로 수리된 스텔스 복합재 구조물(repaired RAS)을 대상으로 X-밴드(8.2 내지 12.4 GHz) 전자기파에 대한 레이더 반사 면적을 측정한 결과이다. 여기서 레이더 반사 면적(Radar-Cross Section, RCS)은 전자기파가 물체에 입사될 때 레이더 수신기에 대한 후방 산란의 전력 밀도의 정량적 수치를 의미한다.
- [0053] 도 7의 그래프와 같이 손상에 의해 X-밴드 전자기파에 대한 RCS 수치가 악화된 스텔스 복합재 구조물을 상기 스카프 패치 수리 방법(S100)으로 수리한 스텔스 복합재 구조물(repaired RAS)은 RCS 수치가 손상 전과 동일한 수준으로 회복됨을 확인할 수 있다.
- [0054] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 의해 수리된 복합재 구조물의 기계적 물성을 나타내는 도면이다.
- [0055] 도 8a 및 도 8b는 손상이 없는 스텔스 복합재 구조물의 시편(pristine specimen)과 상기 스카프 패치 수리 방법(S100)에 의해 수리된 복합재 구조물의 시편(repaired specimen)을 대상으로 인장 시험을 수행한 결과로서 각각 하중-변위 곡선과 인장 강도를 도시한다. 여기서 최대 하중은 시편의 파손 하중으로 정의한다.
- [0056] 도 8a 및 도 8b를 참조하면, 손상이 없는 스텔스 복합재 구조물의 시편(pristine specimen)의 파손 하중은 27.35 kN이고, 평균최대 강도는 327 MPa이다. 상기 스카프 패치 수리 방법(S100)에 의해 수리된 복합재 구조물의 시편(repaired specimen)의 파손 하중은 23.91 kN이고, 평균최대 강도는 303 MPa이다. 이로써, 본 발명의 일 실시 예에 따른 스카프 패치 수리 방법(S100)에 의해 수리된 스텔스 복합재 구조물은 기계적 물성에서 93%의 회복률을 보인다.

도면

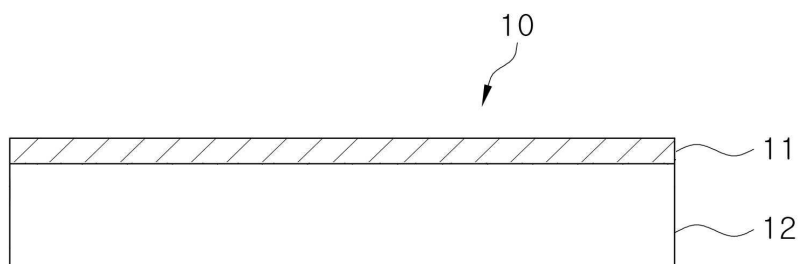
도면1



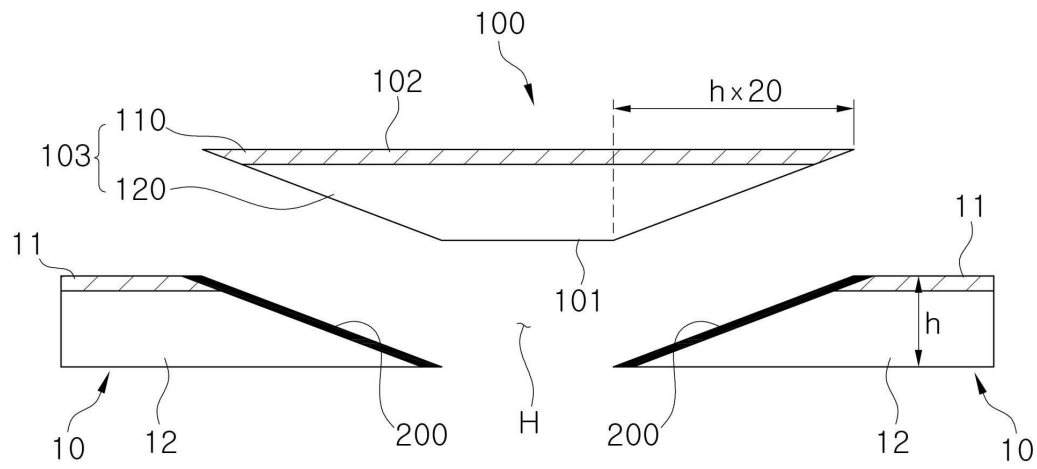
도면2a



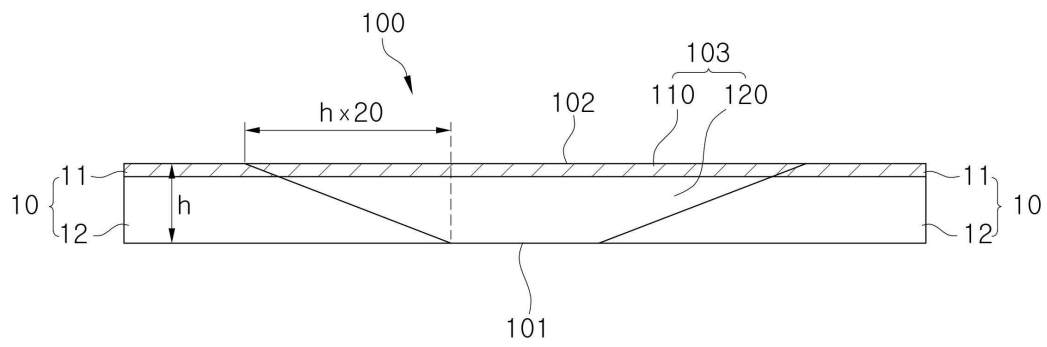
도면2b



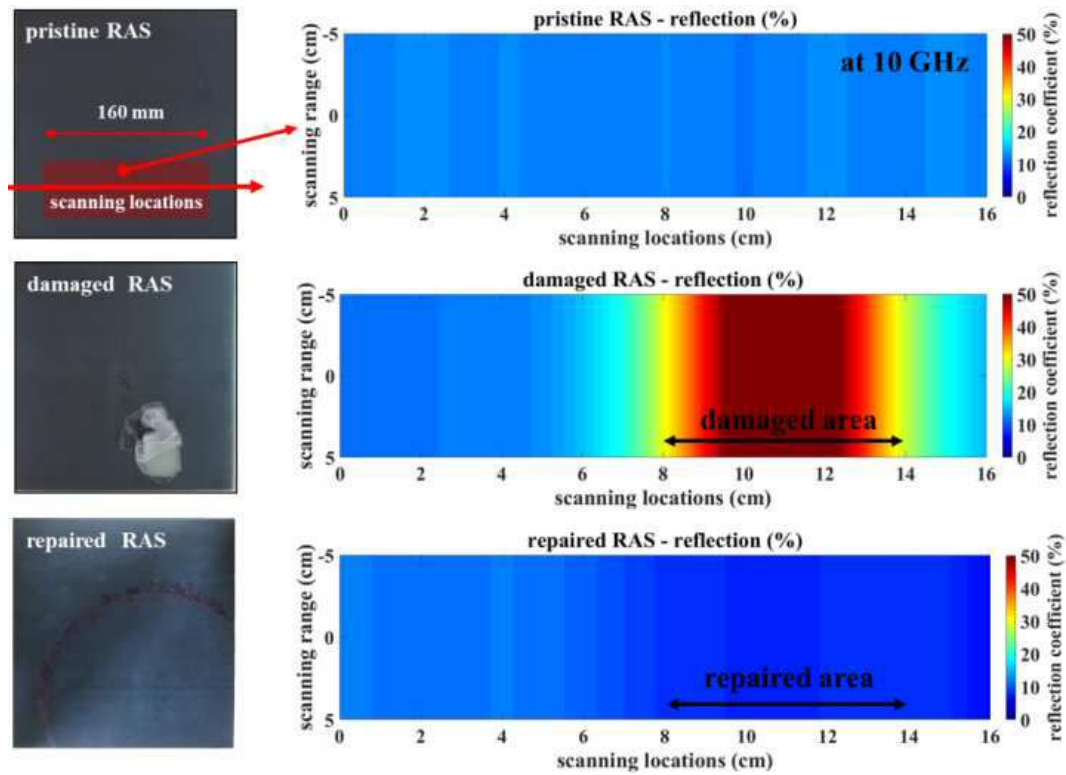
도면3



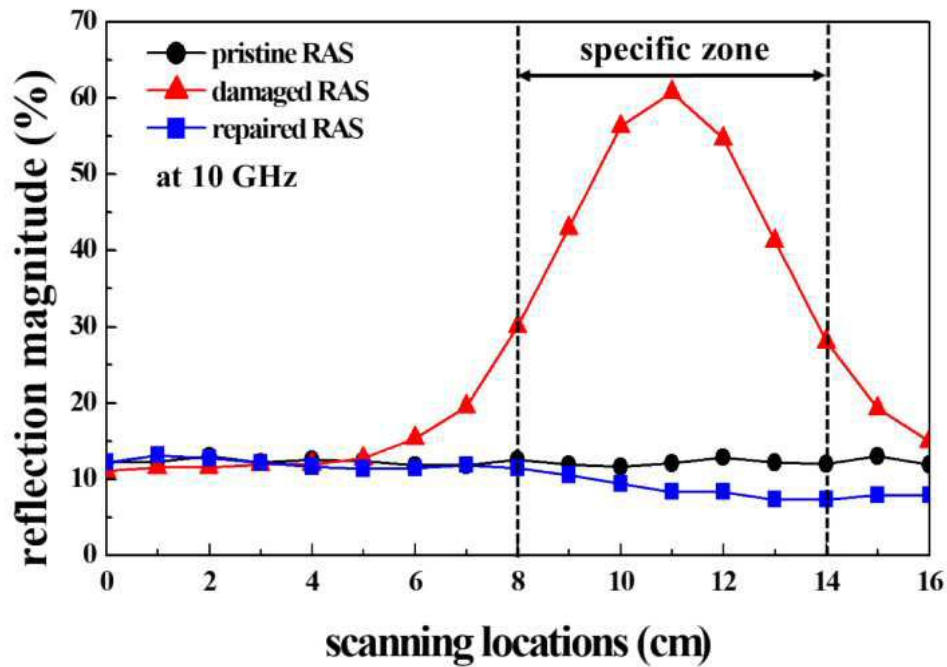
도면4



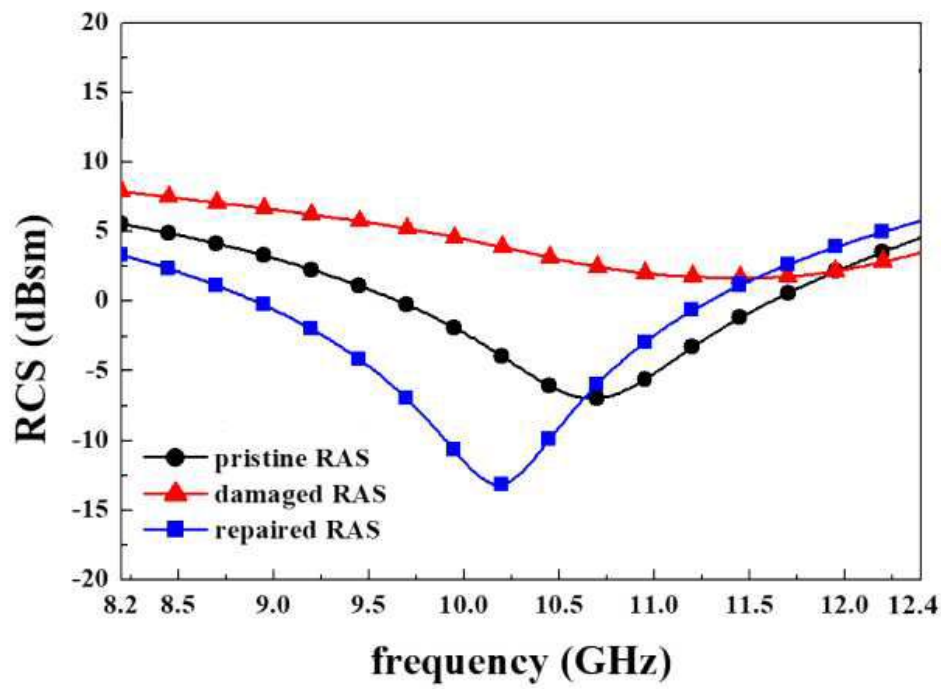
도면5



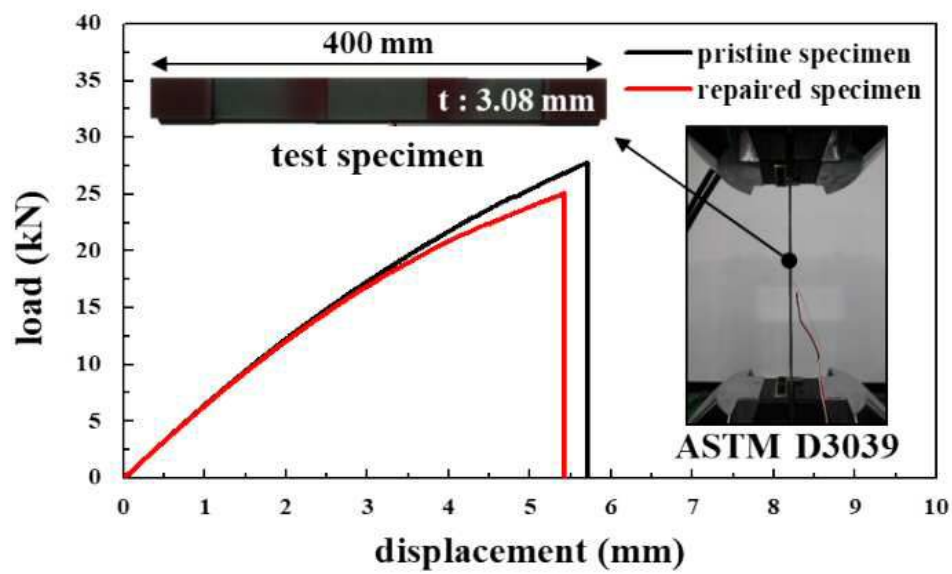
도면6



도면7



도면8a





도면8b

