

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2021년 11월 25일 (25.11.2021) WIPO | PCT



(10) 국제공개번호

WO 2021/235622 A1

(51) 국제특허분류:

B64F 5/40 (2017.01)

F41H 3/00 (2006.01)

B64D 7/00 (2006.01)

H01Q 17/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2020/015158

(22) 국제출원일:

2020년 11월 2일 (02.11.2020)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2020-0059374 2020년 5월 18일 (18.05.2020) KR

(71) 출원인:

경상국립대학교산학협력단

(IN-

INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION GYEONGSANG NATIONAL UNIVERSITY) [KR/KR]; 52828 경상남도 진주시 진주대로 501, Gyeongsangnam-do (KR). 연세대학교 산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) [KR/KR]; 03722 서울시 서대문구 연세로 50, Seoul (KR).

(72) 발명자:

남영우 (NAM, Young Woo); 52831 경상남도 진주시 사들로 157, 108동 601호, Gyeongsangnam-do (KR). 정기원 (JEONG, Gi Won); 52658 경상남도 진주시 창렬로 129 12동 110호, Gyeongsangnam-do (KR). 권진희

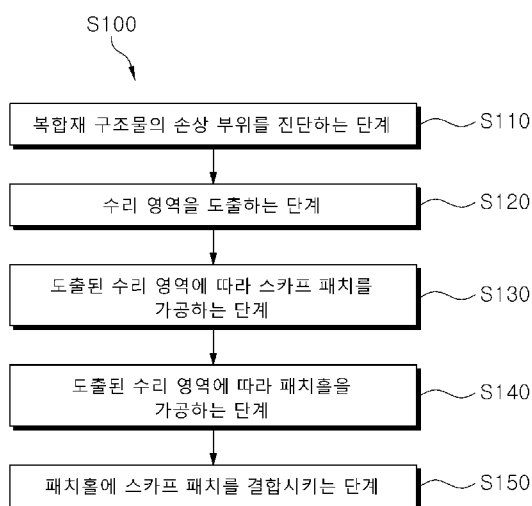
(KWEON, Jin Hwe); 52849 경상남도 진주시 내동면 순환로 425-61 110동 1802호, Gyeongsangnam-do (KR). 최진호 (CHOI, Jin ho); 52667 경상남도 진주시 진주대로 1317 106동 2301호, Gyeongsangnam-do (KR). 신준형 (SHIN, Joon hyung); 47179 부산시 부산진구 백양관문로 10, 316동 304호, Busan (KR). 권보성 (KWON, Bo Seong); 52625 경상남도 진주시 금산면 금산순환로 80번길 16, 104-406, Gyeongsangnam-do (KR). 육종관 (YOOK, Jong Gwan); 06272 서울시 강남구 도곡로 28길 8, 104동 2703호, Seoul (KR). 노영훈 (NOH, Yeong Hoon); 51320 경상남도 창원시 마산회원구 용마로 142, 101동 905호, Gyeongsangnam-do (KR).

(74) 대리인: 특허법인 피씨알 (PCR INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 06194 서울시 강남구 선릉로 90길 70 인텔빌딩 6층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) Title: SCARF PATCH REPAIR METHOD FOR STEALTH COMPOSITE STRUCTURE

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



S110 ... Step of diagnosing damaged part of composite structure

S120 ... Step of specifying repair area

S130 ... Step of processing scarf patch according to specified repair area

S140 ... Step of processing patch hole according to specified repair area

S150 ... Step of coupling scarf patch to patch hole

(57) Abstract: The present invention relates to a scarf patch repair method for a stealth composite structure and, specifically, to a scarf patch repair method for a stealth composite structure, in which a damaged part of a composite structure having a stealth function is repaired through a scarf patch, the method comprising the steps of: diagnosing the damaged part; specifying a repair area including the diagnosed damaged part; processing the scarf patch according to the specified repair area; processing a patch hole according to the specified repair area, so as to remove the damaged part; and coupling the scarf patch to the patch hole such that an inner wall of the patch hole and a side surface of the scarf patch face each other.

(57) 요약서: 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.



SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역
내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE,
LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유
럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법 기술분야

- [1] 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.

[2]

배경기술

- [3] 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, 전자기와 흡수재료, 전자기와 흡수구조의 적용이 대표적이다.
- [4] 형상 설계의 경우에는 항공기에 인위적으로 각도를 만들어 전자기파가 다른 방향으로 반사 되도록 설계하는 방법이다. 하지만 형상 설계는 항공기의 공력 특성이 떨어져 항공기 성능이 저하된다. 전자기와 흡수 재료의 경우 자성체 도료를 항공기 표면에 도포함으로써 전자기와 흡수 성능을 구현하는 방법이다. 하지만 전자기와 흡수 재료는 낮은 기계적 물성, 높은 유지보수 비용, 환경에 취약하다는 단점이 있다.
- [5] 최근에 전자기와 흡수 재료의 단점을 보완하기 위해 전자기와 흡수구조에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전자기와 흡수구조는 전자기와 흡수와 동시에 구조적 역할을 수행한다.
- [6] 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.
- [7] 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.

[8]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명은 전자기와 흡수층을 가짐으로써 스텔스 기능을 갖는 복합재 구조물의

손상 부위를 스카프 패치를 이용하여 수리하고 상기 복합재 구조물의 기계적 성능 및 전자기파 흡수 성능을 동시에 회복시킬 수 있는 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법을 제공하려는 것이다.

[10]

기술적 해결방법

[11] 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.

[12] 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.

[13] 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 전자기파 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.

[14] 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.

[15] 또한, 상기 도출된 수리 영역에 따라 패치홀을 가공하는 단계에서, 상기 패치홀은 상기 스카프 패치의 형상에 대응되도록 가공된다.

[16] 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.

[17] 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.

[18] 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.

- [19] 또한, 상기 패치홀에 상기 스카프 패치를 결합시키는 단계는, 상기 스카프 패치가 접착된 스텔스 복합재 구조물을 열경화하는 단계를 더 포함한다.

[20]

발명의 효과

- [21] 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.
- [22] 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.

[23]

도면의 간단한 설명

- [24] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법의 순서도이다.
- [25] 도 2a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물의 손상 부위를 도시한 상면도이다.
- [26] 도 2b는 도 2a의 II'절단선에 따른 종단면도이다.
- [27] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법의 일 단계를 설명하는 도면이다.
- [28] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 의해 수리된 복합재 구조물의 단면도이다.
- [29] 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.
- [30] 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.

[31]

발명의 실시를 위한 형태

- [32] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법을 설명한다.
- [33] 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. 아이템에 대응하는 명사의 단수 형은 관련된 문맥상 명백하게 다르게 지시하지 않는 한, 상기 아이템 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.

- [34] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법의 순서도이다.
- [35] 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 낙뢰 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.
- [36] 도 2a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물의 손상 부위를 도시한 상면도이고, 도 2b는 도 2a의 II'절단선에 따른 종단면도이다.
- [37] 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 적용되어 X-밴드(8.2 내지 12.4 GHz)의 전자기파를 이용한 탐지를 회피하는 전자기파 흡수 구조(Radar Absorbing Structure, RAS)에 해당한다.
- [38] 본 실시 예에서, 스텔스 복합재 구조물(10)은 무전해 도금 기법을 통해 니켈이 코팅된 유리섬유가 에폭시 수지에 함침되어 형성되는 제1 시트가 적층된 전자기파 흡수층(11)과 유리섬유가 에폭시 수지에 함침되어 형성되는 제2 시트가 적층된 유전체층(12)로 이루어진다. 이 때, 전자기파 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.
- [39] 도시된 실시 예의 경우, 스텔스 복합재 구조물(10)은 유전체층(12) 상에 전자기파 흡수층(11)이 적층된 구조로 이루어지고, 전자기파 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 전자기파 흡수 성능을 가짐을 확인하였다.

- [40] 전자기파 흡수 구조(RAS), 즉, 스텔스 복합재 구조물은 이를 적용한 이동 수단의 운행 중에, 낙뢰 등에 의해 손상을 입는다. 이러한 손상에는, 예를 들어 복합재를 이루는 섬유와 파손 및 레진의 열분해 손상이 있다. 손상을 입은 스텔스 복합재 구조물은 인장력 등의 기계적 물성이 열화될 뿐만 아니라 전자기파 흡수 성능 또한 발휘하지 못하므로 성능의 회복을 위한 수리가 요구된다.
- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] 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.
- [44] 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.
- [45] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법의 일 단계를 설명하는 도면이다.
- [46] 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.
- [47] 단계 S130에서, 단계 S120에서 도출된 수리 영역(R)을 기반하여 손상 부위(D) 및 주변을 대체할 스카프 패치(100)가 설계 및 가공된다.
- [48] 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 전자기파 흡수층을 갖는다.
- [49] 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 아랫변, 윗변으로 하는 대칭 사다리꼴의 모양이 된다.

[50] 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.

[51] 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 전자기와 흡수층(110)이 적층된 구조로 이루어진다. 예를 들어, 전자기와 흡수층(11)의 두께는 상기 제1 시트가 3겹이 적층되어 0.351 mm이고, 유전체층은 상기 제2 시트가 21겹이 적층되어 2.730 mm 이다.

[52] 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.

[53] 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.

[54] 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.

[55] 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.

[56] 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.

- [57] 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.
- [58] 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.
- [59] 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.
- [60] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 의해 수리된 복합재 구조물의 단면도이다.
- [61] 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.
- [62] 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.
- [63] 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.
- [64] 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.

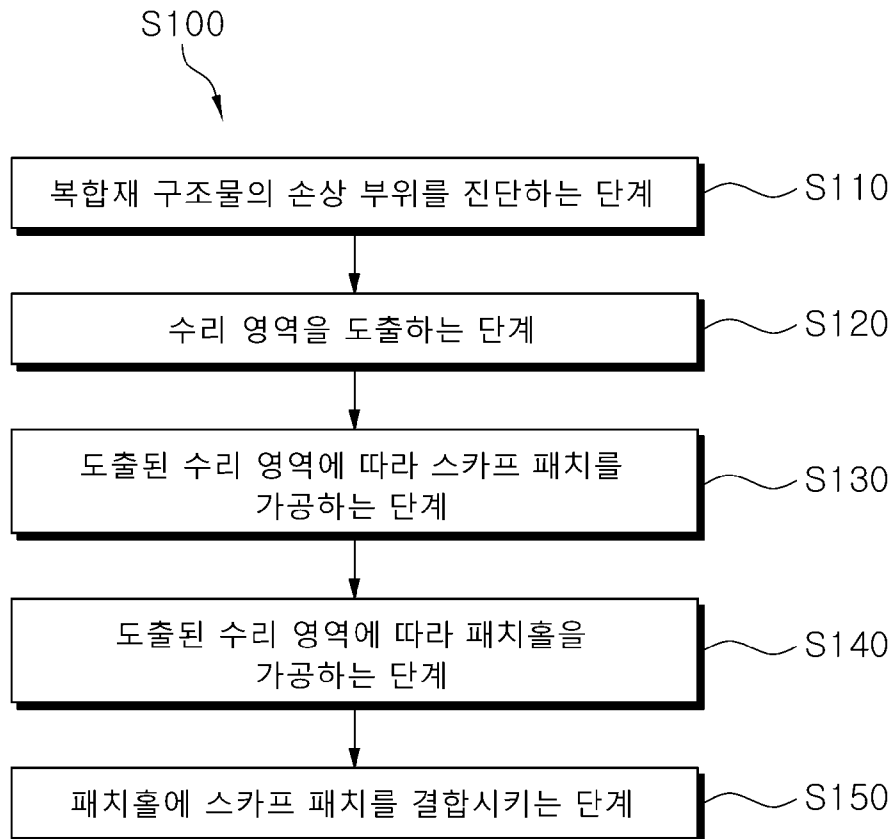
- [65] 도 7의 그래프와 같이 손상에 의해 X-밴드 전자기파에 대한 RCS 수치가 악화된 스텔스 복합재 구조물을 상기 스카프 패치 수리 방법(S100)으로 수리한 스텔스 복합재 구조물(repaired RAS)은 RCS 수치가 손상 전과 동일한 수준으로 회복됨을 확인할 수 있다.
- [66] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 의해 수리된 복합재 구조물의 기계적 물성을 나타내는 도면이다.
- [67] 도 8a 및 도 8b는 손상이 없는 스텔스 복합재 구조물의 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.
- [68] 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.

청구범위

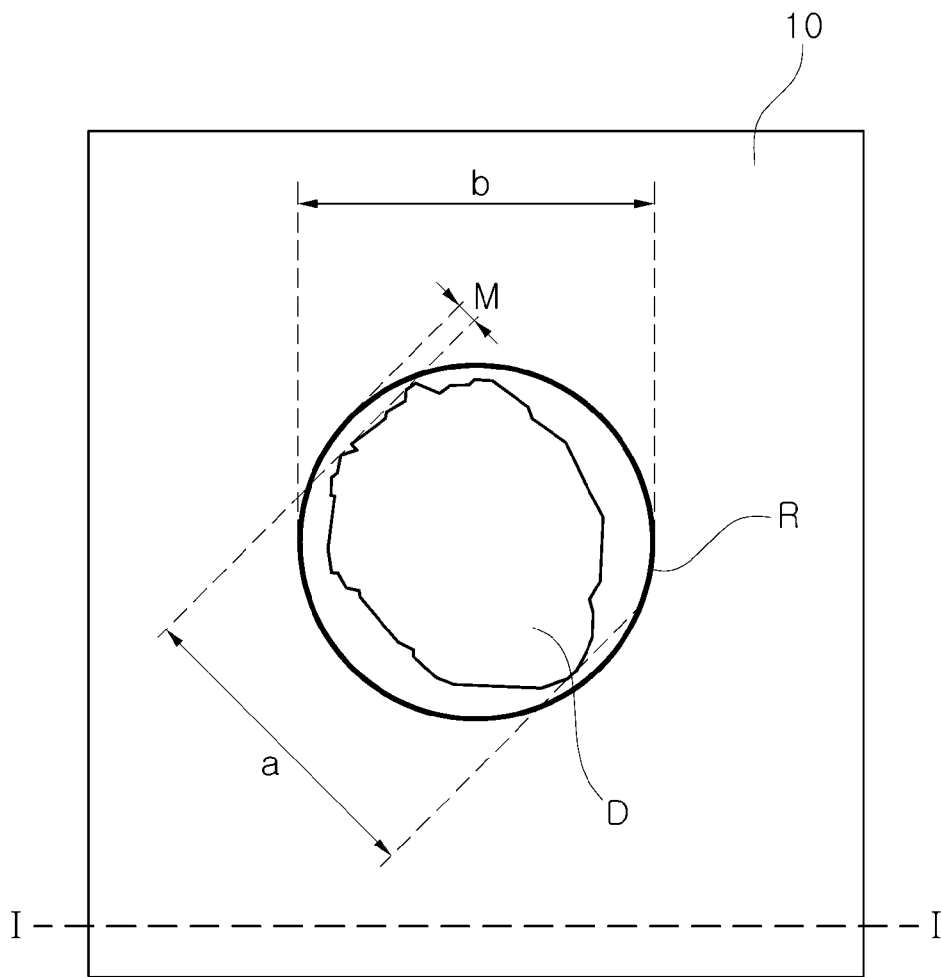
- [청구항 1] 스텔스 기능을 갖는 복합재 구조물의 손상 부위를 스카프 패치를 통해 수리하는 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법에 있어서, 상기 손상 부위를 진단하는 단계;
상기 진단된 손상 부위를 포함하는 수리 영역을 도출하는 단계;
상기 도출된 수리 영역에 따라 상기 스카프 패치를 가공하는 단계;
상기 손상 부위를 제거하도록 상기 도출된 수리 영역에 따라 패치홀을 가공하는 단계; 및
상기 패치홀의 내벽과 상기 스카프 패치의 측면이 마주하도록 상기 패치홀에 상기 스카프 패치를 결합시키는 단계;를 포함하는, 스텔스 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] 청구항 2에 있어서,
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 전자기파 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 가공되는, 스텔스 복합재 구조물에 대한 스카프 패치 수리 방법.
- [청구항 4] 청구항 3에 있어서,
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 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.

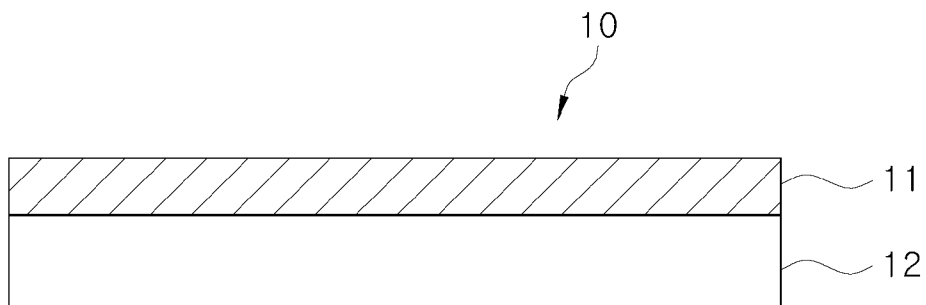
[도1]



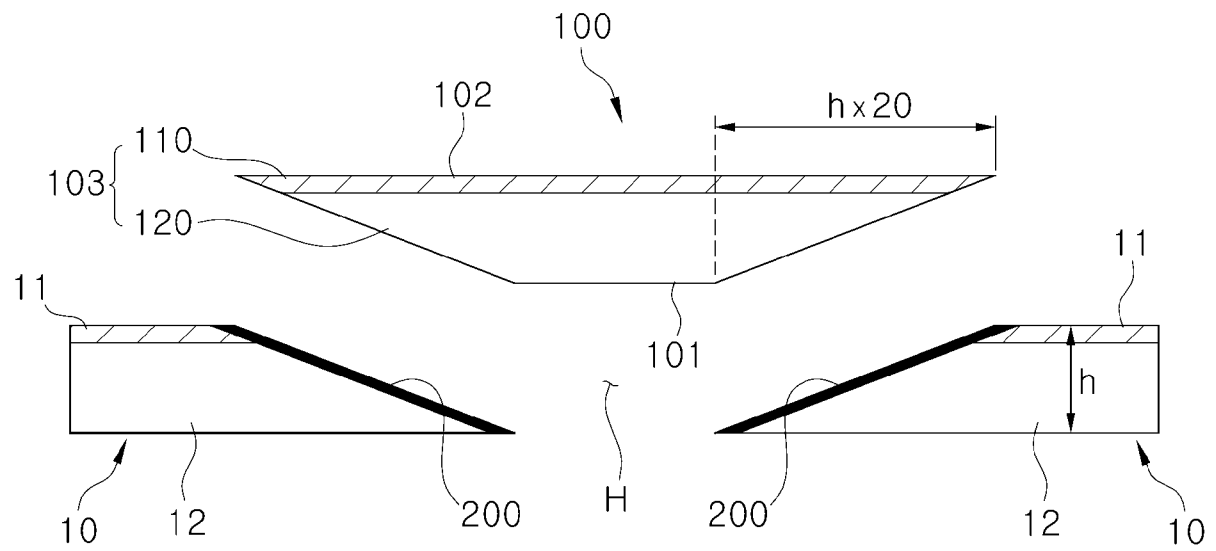
[도2a]



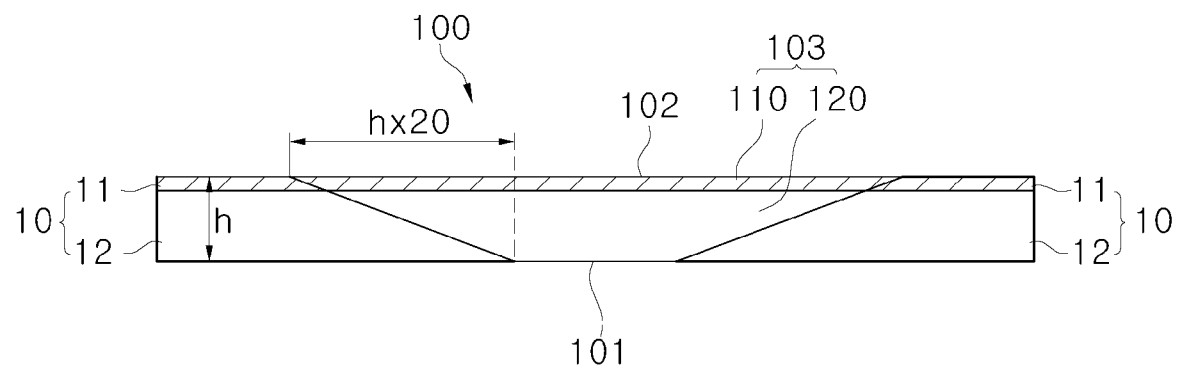
[도2b]



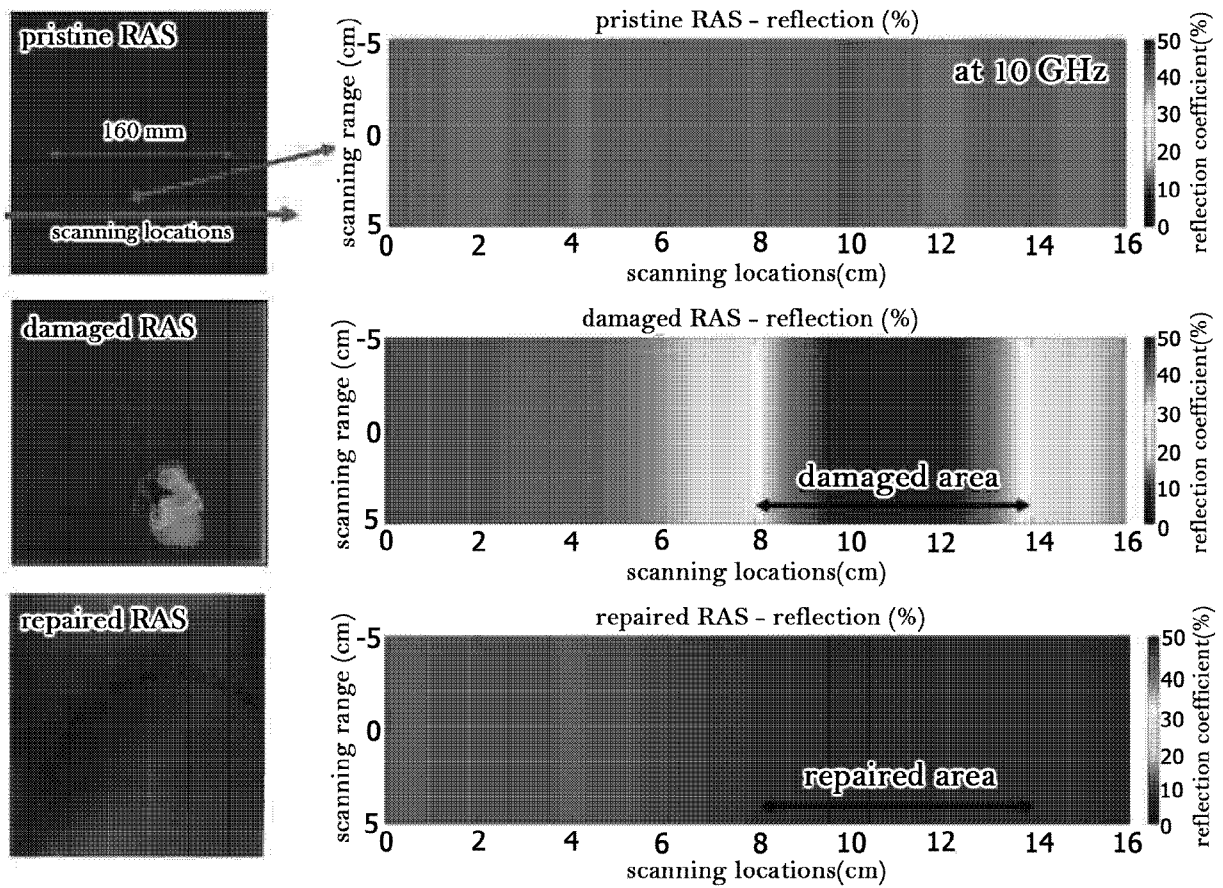
[도3]



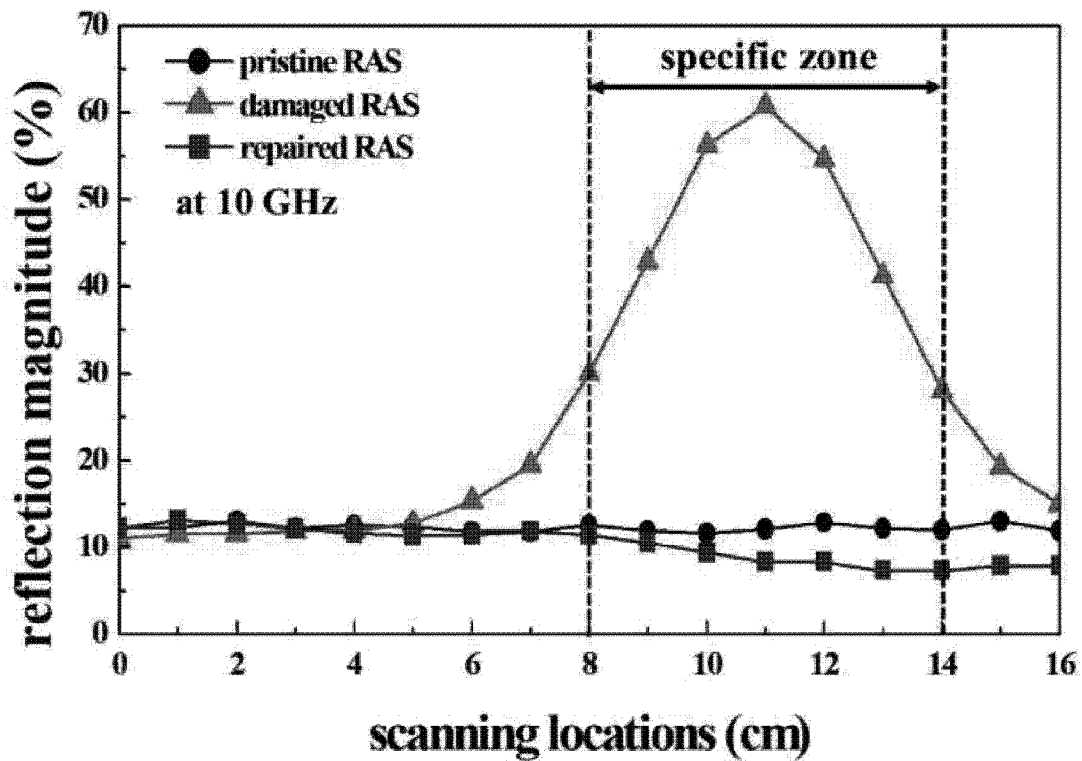
[도4]



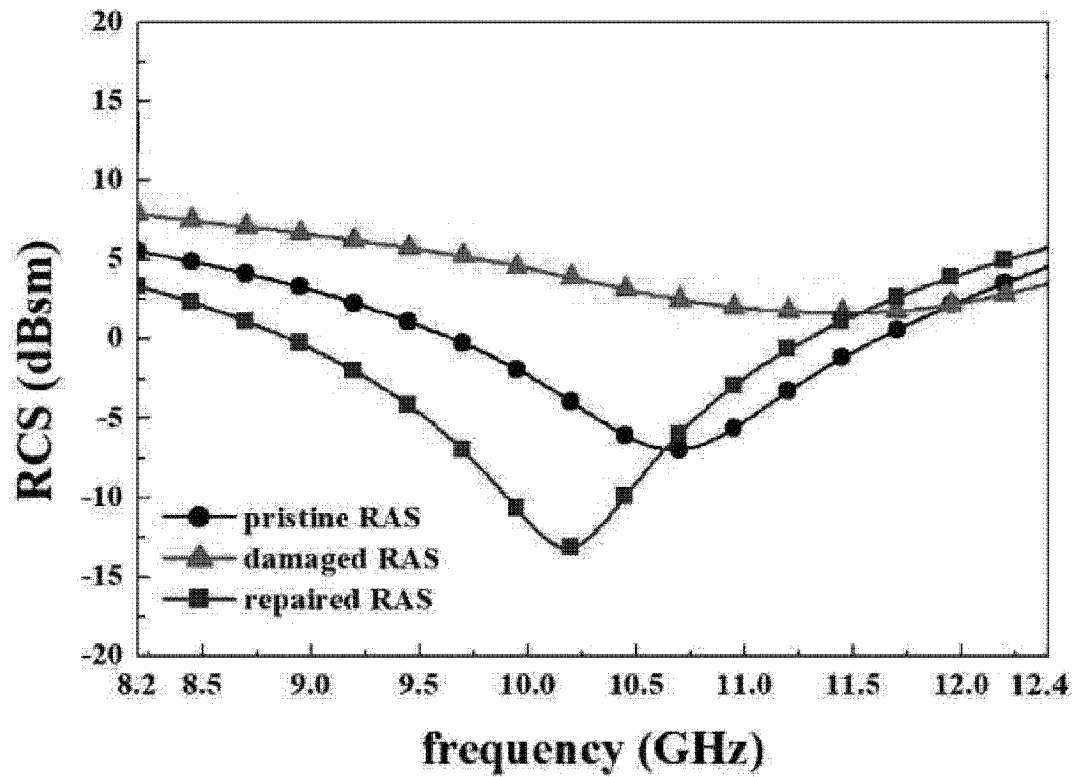
[도5]



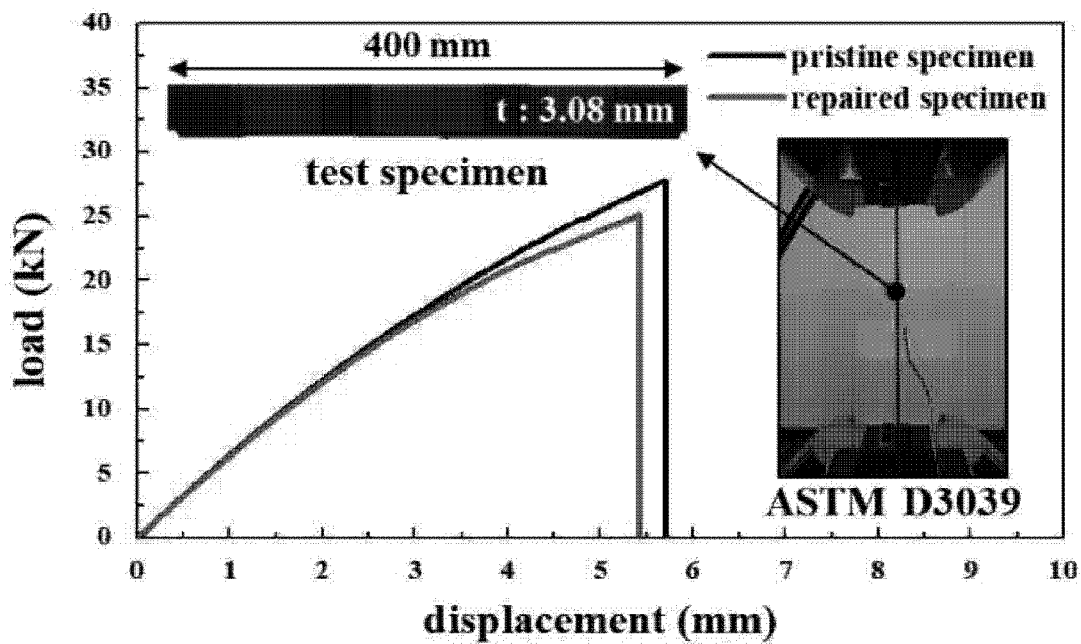
[도6]



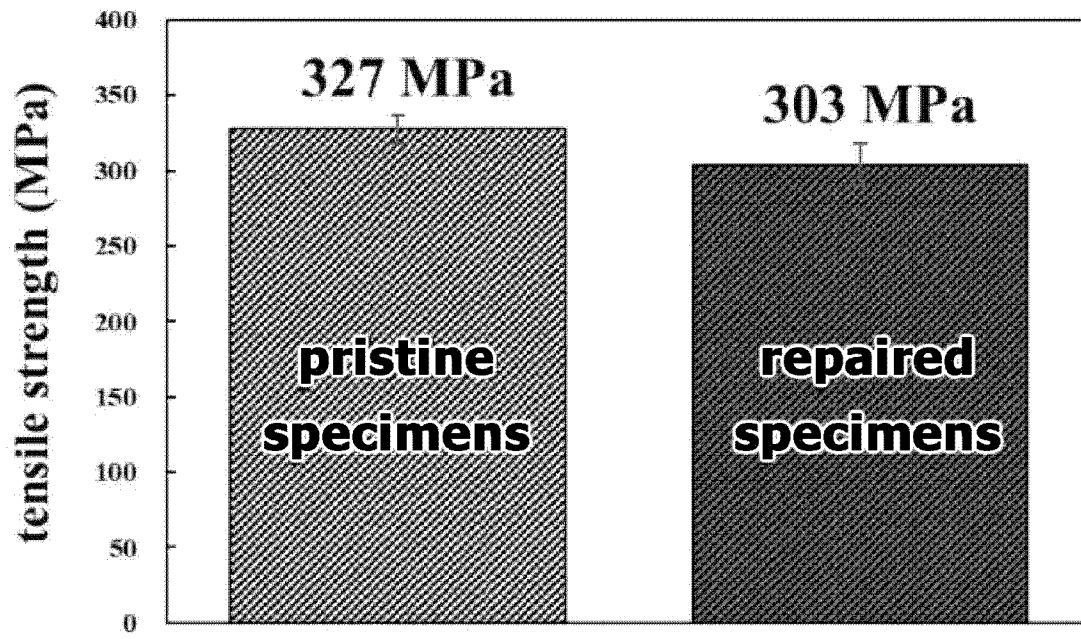
[도7]



[도8a]



[도8b]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/015158

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B64F 5/40(2017.01)i; B64D 7/00(2006.01)i; F41H 3/00(2006.01)i; H01Q 17/00(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B64F 5/40(2017.01); B29C 73/10(2006.01); B32B 27/06(2006.01); B32B 7/12(2006.01); B64F 5/00(2006.01); G01M 17/00(2006.01); H01Q 17/00(2006.01); H05K 9/00(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 복합재(composite), 스카프(scarf), 패치(patch), 수리(repair), 크랙(crack)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-100847 A (MITSUBISHI AIRCRAFT CORP.) 05 June 2014 (2014-06-05) See paragraphs [0018]-[0020] and [0024]-[0025] and figures 1-2.	1-9
Y	KR 10-1901094 B1 (AGENCY FOR DEFENSE DEVELOPMENT) 20 September 2018 (2018-09-20) See paragraphs [0032] and [0057]-[0062].	1-9
Y	KR 10-2015-0104583 A (THE BOEING COMPANY) 15 September 2015 (2015-09-15) See paragraph [0021].	2-7
A	US 2018-0311933 A1 (THE BOEING COMPANY) 01 November 2018 (2018-11-01) See paragraphs [0069]-[0070] and figure 7.	1-9
A	US 2013-0192381 A1 (BECKER et al.) 01 August 2013 (2013-08-01) See claim 1 and figures 1a-1b.	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 June 2021

Date of mailing of the international search report

29 June 2021

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/015158

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
JP	2014-100847	A	05 June 2014	JP	6124561 B2	10 May 2017
				US	2014-0141190 A1	22 May 2014
				US	9365282 B2	14 June 2016
KR	10-1901094	B1	20 September 2018	None		
KR	10-2015-0104583	A	15 September 2015	AU	2013-372926 A1	17 July 2014
				AU	2013-372926 B2	07 September 2017
				BR	112015016459 A2	11 July 2017
				CA	2896487 A1	17 July 2014
				CA	2896487 C	07 August 2018
				CN	104903197 A	09 September 2015
				CN	104903197 B	21 December 2016
				EP	2943405 A1	18 November 2015
				EP	2943405 B1	01 February 2017
				ES	2624402 T3	14 July 2017
				JP	2016-514067 A	19 May 2016
				JP	6272903 B2	31 January 2018
				KR	10-1940853 B1	21 January 2019
				US	10216237 B2	26 February 2019
				US	2014-0200731 A1	17 July 2014
				US	2018-0024601 A1	25 January 2018
				US	9817452 B2	14 November 2017
				WO	2014-109800 A1	17 July 2014
US	2018-0311933	A1	01 November 2018	US	10293576 B2	21 May 2019
				US	10717251 B2	21 July 2020
				US	2019-0232614 A1	01 August 2019
US	2013-0192381	A1	01 August 2013	DE	102010032093 A1	26 January 2012
				DE	102010032093 B4	27 December 2018
				EP	2595886 A1	29 May 2013
				EP	2595886 B1	29 October 2014
				US	9038458 B2	26 May 2015
				WO	2012-010496 A1	26 January 2012

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) B64F 5/40(2017.01)i; B64D 7/00(2006.01)i; F41H 3/00(2006.01)i; H01Q 17/00(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) B64F 5/40(2017.01); B29C 73/10(2006.01); B32B 27/06(2006.01); B32B 7/12(2006.01); B64F 5/00(2006.01); G01M 17/00(2006.01); H01Q 17/00(2006.01); H05K 9/00(2006.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 복합재(composite), 스카프(scarf), 패치(patch), 수리(repair), 크랙(crack)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	JP 2014-100847 A (MITSUBISHI AIRCRAFT CORP.) 2014.06.05 단락 [0018]-[0020], [0024]-[0025] 및 도면 1-2	1-9
Y	KR 10-1901094 B1 (국방과학연구소) 2018.09.20 단락 [0032], [0057]-[0062]	1-9
Y	KR 10-2015-0104583 A (더 보잉 컴파니) 2015.09.15 단락 [0021]	2-7
A	US 2018-0311933 A1 (THE BOEING COMPANY) 2018.11.01 단락 [0069]-[0070] 및 도면 7	1-9
A	US 2013-0192381 A1 (BECKER 등) 2013.08.01 청구항 1 및 도면 1a-1b	1-9
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2021년06월29일(29.06.2021)		국제조사보고서 발송일 2021년06월29일(29.06.2021)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 황찬윤 전화번호 +82-42-481-3347

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2014-100847 A	2014/06/05	JP 6124561 B2	2017/05/10
		US 2014-0141190 A1	2014/05/22
		US 9365282 B2	2016/06/14
KR 10-1901094 B1	2018/09/20	없음	
KR 10-2015-0104583 A	2015/09/15	AU 2013-372926 A1	2014/07/17
		AU 2013-372926 B2	2017/09/07
		BR 112015016459 A2	2017/07/11
		CA 2896487 A1	2014/07/17
		CA 2896487 C	2018/08/07
		CN 104903197 A	2015/09/09
		CN 104903197 B	2016/12/21
		EP 2943405 A1	2015/11/18
		EP 2943405 B1	2017/02/01
		ES 2624402 T3	2017/07/14
		JP 2016-514067 A	2016/05/19
		JP 6272903 B2	2018/01/31
		KR 10-1940853 B1	2019/01/21
		US 10216237 B2	2019/02/26
		US 2014-0200731 A1	2014/07/17
		US 2018-0024601 A1	2018/01/25
		US 9817452 B2	2017/11/14
		WO 2014-109800 A1	2014/07/17
US 2018-0311933 A1	2018/11/01	US 10293576 B2	2019/05/21
		US 10717251 B2	2020/07/21
		US 2019-0232614 A1	2019/08/01
US 2013-0192381 A1	2013/08/01	DE 102010032093 A1	2012/01/26
		DE 102010032093 B4	2018/12/27
		EP 2595886 A1	2013/05/29
		EP 2595886 B1	2014/10/29
		US 9038458 B2	2015/05/26
		WO 2012-010496 A1	2012/01/26