(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0032470
(43) 공개일자 2025년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 9/18 (2006.01) *B23B 5/28* (2006.01)
B23K 9/04 (2006.01) *B60B 17/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 9/18 (2013.01)
B23B 5/28 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0115327
(22) 출원일자 2023년08월31일
심사청구일자 2023년08월31일

(71) 출원인
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
강용준
서울특별시 송파구 올림픽로 135, 232동 2605호 (잠실동, 리센츠)
송상우
경상남도 창원시 성산구 원이대로 449, 123동 708호 (반림동, 노블파크아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인지평

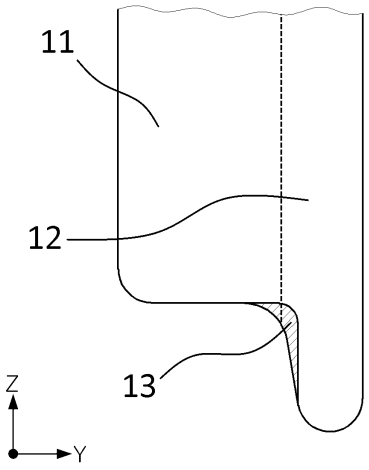
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **철도 차륜의 재생 방법 및 재생 철도 차륜**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시형태에 따르면, 본 발명은 답면부 및 마모된 플랜지부를 포함하는 철도 차륜의 상기 플랜지부 상에 금속 보강 영역을 형성하는 단계; 및 상기 금속 보강 영역의 적어도 일부를 제거하는 단계;를 포함하고, 상기 금속 보강 영역의 실리콘(Si)의 함량(Sis)은 0.5 중량%이하의 범위 내인 철도 차륜의 재생 방법을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
B23K 9/04 (2013.01)
B60B 17/0068 (2013.01)
(72) 발명자
김정민
경상남도 김해시 진영읍 진영로 273 (마루애아파트)
오동진
경상남도 창원시 성산구 원이대로878번길 9, 106동 1903호 (가음동, 창원 가음 한화 꿈에그린)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415180465
과제번호	20217710100010
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	첨단제품전후방산업의순환자원이용기술개발사업
연구과제명	노후 철도차륜 재제조용 스마트 용접 시스템 기술개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)아세아테크
연구기간	2022.02.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

답면부 및 마모된 플랜지부를 포함하는 철도 차륜의 상기 플랜지부 상에 금속 보강 영역을 형성하는 단계;

및 상기 금속 보강 영역의 적어도 일부를 제거하는 단계;를 포함하고,

상기 금속 보강 영역의 실리콘(Si)의 함량(Si_s)은 0.5 중량%이하의 범위 내인 철도 차륜의 재생 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 금속 보강 영역을 형성하는 단계는 금속 부재를 용접하는 단계인 철도 차륜의 재생 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 용접은 직류 정극성 (DCEN)의 서브머지드 아크 용접(submerged arc welding)에 의해 수행되는 것인 철도 차륜의 재생 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 용접의 입열량은 13 kJ/cm 내지 19 kJ/cm의 범위 내인 철도 차륜의 재생 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 금속 보강 영역은 단층 용접(single layer welding)으로 형성되는 것인 철도 차륜의 재생 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 금속 보강 영역의 적어도 일부를 제거하는 단계는 차륜의 규격에 맞추어 상기 차륜의 플랜지부 상의 금속 보강 영역을 절삭가공하는 단계인 철도 차륜의 재생 방법.

청구항 7

답면부, 플랜지부 및 금속 보강 영역을 포함하고,

상기 금속 보강 영역은 상기 플랜지부의 적어도 일부를 덮도록 배치되며,

상기 금속 보강 영역의 실리콘(Si)의 함량(Si_s)은 0.5 중량%이하의 범위 내인 재생 철도 차륜.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 금속 보강 영역의 니켈(Ni)의 함량(Ni_s)(중량%)은 차륜 모재의 니켈(Ni)의 함량(Ni_o)(중량%)에 대하여 $Ni_s \geq 10 \times Ni_o$을 만족하는 재생 철도 차륜.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 금속 보강 영역의 서브사이즈 시편(2.5㎜ X 10㎜ X 55㎜)에 대하여 ASTM A370에 준거하여 -20 ℃에서 측정한 충격 에너지가 10 J 내지 25 J의 범위 르내인 재생 철도 차륜.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 금속 보강 영역의 서브사이즈 판상시편(게이지부 폭 6㎜, 두께 1.5㎜)에 대하여 ASTM E8에 준거하여 상온에서 측정한 항복 강도가 700 MPa 내지 800MPa의 범위 내이고, 인장 강도가 800 MPa 내지 950 MPa의 범위 내인 재생 철도 차륜.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 금속 보강 영역의 일 단부는 상기 답면부와 접하도록 배치되고, 상기 금속 보강 영역의 타 단부는 상기 플랜지부와 접하도록 배치된 재생 철도 차륜.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 금속 보강 영역과 플랜지부를 모두 포함하는 영역을 차축 방향에 수직인 방향으로 절단하였을 때, 상기 절단된 면에서 상기 금속 보강 영역과 상기 플랜지부가 접하는 계면이 관찰되는 재생 철도 차륜.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 철도 차륜의 재생 방법 및 재생 철도 차륜 에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 철도 차량은 차륜과 레일의 구름 접촉에 의해서 주행한다. 이 때, 차륜의 답면부는 수직 방향으로의 차량의 하중을 지탱하는 역할을 하며, 차륜의 플랜지부는 레일로부터 차륜의 이탈방지 기능을 수행한다.

[0005] 일반적으로 레일이 차륜보다 경도가 높으며, 운행 중 레일과의 마찰에 의해 차륜이 마모된다. 레일이 직선인 구

간에서는 차륜의 답면부와 레일 두부의 접촉에 의해 마모가 발생하고, 레일이 곡선인 구간에서는 차륜의 플랜지 부분과 레일의 게이지 코너에서 접촉에 의해 마모가 발생한다.

[0007] 이러한 플랜지부의 마모는 차량의 하중이 증가하거나 레일의 곡선 구간이 증가할수록 발생 빈도가 높아지게 되며, 차륜의 마모는 차량의 승차감을 저하시키는 것뿐만 아니라 철도 운행의 안전에도 부정적인 영향을 미친다.

[0009] 이를 해결하기위해, 내부크랙이 존재하지 않는 재생 가능한 차륜은 재생하여 다시 사용하고 있다. 일반적인 차륜의 재생 방법으로 절삭 가공을 사용하는데, 상기 방법은 차륜의 답면부를 절삭 가공하면서 플랜지부가 비절삭되도록 조절하여 플랜지부의 두께를 필요한 만큼 확보할 수 있다.

[0011] 하지만 상기와 같은 재생 방법은 절삭 가공에 의해 다량의 차륜을 제거하여야 하며, 이로 인해 차륜의 직경이 감소하는 문제가 있다. 또한 철도에 사용하기 위한 차륜의 직경을 만족하기 위해서는 2~3회 재생 후에는 차륜을 폐기하여야 하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명의 여러 목적 중 하나는 반복하여 재생이 가능한 철도 차륜의 재생 방법 및 재생 철도 차륜을 제공하는 것이다.

[0015] 본 발명의 여러 목적 중 하나는 우수한 기계적 특성을 가지는 철도 차륜의 재생 방법 및 재생 철도 차륜을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 본 발명은 답면부 및 마모된 플랜지부를 포함하는 철도 차륜의 상기 플랜지부 상에 금속 보강 영역을 형성하는 단계; 및 상기 금속 보강 영역의 적어도 일부를 제거하는 단계;를 포함하고, 상기 금속 보강 영역의 실리콘(Si)의 함량(Sis)은 0.5 중량%이하의 범위 내인 철도 차륜의 재생 방법을 제공할 수 있다.

[0019] 이 때, 상기 금속 보강 영역을 형성하는 단계는 금속 부재를 용접하는 단계일 수 있다.

[0021] 또한, 상기 용접은 직류 정극성 (DCEN)의 서브머지드 아크 용접(submerged arc welding)에 의해 수행되는 것일 수 있다.

[0023] 또한, 상기 용접의 입열량은 13 kJ/cm 내지 19 kJ/cm의 범위 내일 수 있다.

[0025] 한편, 상기 금속 보강 영역은 단층 용접(single layer welding)으로 형성되는 것일 수 있다.

[0027] 하나의 예시에서, 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법의 금속 보강 영역의 적어도 일부를 제거하는 단계는 차륜의 규격에 맞추어 상기 차륜의 플랜지부 상의 금속 보강 영역을 절삭가공하는 단계일 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 실시형태에서, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜은 답면부, 플랜지부 및 금속 보강 영역을 포함하고, 상기 금속 보강 영역은 상기 플랜지부의 적어도 일부를 덮도록 배치되며, 상기 금속 보강 영역의 실리콘(Si)의 함량(Sis)은 0.5 중량%이하의 범위 내일 수 있다. 만족할 수 있다.

[0031] 이 때, 상기 금속 보강 영역의 니켈(Ni)의 함량(Ni_s)(중량%)은 차륜 모재의 니켈(Ni)의 함량(Ni_o)(중량%)에 대하여 $Ni_s \geq 10 \times Ni_o$을 만족할 수 있다.

[0033] 한편, 상기 금속 보강 영역의 서브사이즈 시편(2.5㎜ X 10㎜ X 55㎜)에 대하여 ASTM A370에 준거하여 -20 ℃에서 측정한 충격 에너지가 10 J 내지 25 J의 범위 내일 수 있다.

[0035] 또한, 상기 금속 보강 영역의 서브사이즈 판상시편(게이지부 폭 6㎜, 두께 1.5㎜)에 대하여 ASTM E8에 준거하여 상온에서 측정한 항복 강도가 700 MPa 내지 800MPa의 범위 내이고, 인장 강도가 800 MPa 내지 950 MPa의 범위 내일 수 있다.

[0037] 한편, 상기 금속 보강 영역의 일 단부는 상기 답면부와 접하도록 배치되고, 상기 금속 보강 영역의 타 단부는 상기 플랜지부와 접하도록 배치될 수 있다.

[0039] 하나의 예시에서, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜은 상기 금속 보강 영역과 플랜지부를 모두 포함하는 영역을 차축 방향에 수직인 방향으로 절단하였을 때, 상기 절단면에서 상기 금속 보강 영역과 상기 플랜지부가 접하는 계면이 관찰될 수 있다.

발명의 효과

[0041] 본 발명의 여러 효과 중 하나는 반복하여 재생이 가능한 철도 차륜의 재생 방법 및 재생 철도 차륜을 제공할 수 있는 것이다.

[0043] 본 발명의 여러 효과 중 하나는 모재 보다 우수한 충격 인성을 가지는 금속 보강 영역을 포함하는 철도 차륜의 재생 방법 및 재생 철도 차륜을 제공할 수 있는 것이다.

[0045] 본 발명의 여러 효과 중 하나는 모재와 유사한 수준의 인장 강도를 가지는 금속 보강 영역을 포함하는 철도 차륜의 재생 방법 및 재생 철도 차륜을 제공할 수 있는 것이다.

[0047] 다만, 본 발명의 다양하면서도 유익한 장점과 효과는 상술한 내용에 한정되지 않으며, 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하는 과정에서 보다 쉽게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0049] 도 1은 철도 차륜의 외부를 개략적으로 나타내는 사시도이다.

도 2는 도 1의 철도 차륜을 개략적으로 나타내는 대한 단면도이다.

도 3은 종래 기술에 의한 철도 차륜의 재생 방법을 모식적으로 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 철도 차륜의 재생 방법을 모식적으로 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 재생 철도 차륜을 개략적으로 나타내는 단면도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 철도 차륜의 재생 방법에서 금속 보강 영역을 형성한 단계의 단면을 촬영한 이미지이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 재생 철도 차륜의 단면을 촬영한 이미지이다.

도 8은 본 발명의 실시예에서 측정한 충격 에너지 및 경도를 나타내는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 대한 인장 시험의 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0050] 이하, 구체적인 실시형태 및 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태를 설명한다. 이는 본 명세서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 실시예의 다양한 변경 (modifications), 균등물 (equivalents), 및/또는 대체물 (alternatives)을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조부호가 사용될 수 있다.

[0052] 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하고, 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었으며, 동일한 사상의 범위 내의 기능이 동일한 구성요소는 동일한 참조부호를 사용하여 설명할 수 있다.

[0054] 본 명세서에서, "가진다", "가질 수 있다", "포함한다", 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 해당 특징 (예: 수치, 기능, 동작, 또는 부품 등의 구성요소)의 존재를 가리키며, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.

[0056] 본 명세서에서, "A 또는 B", "A 또는/및 B 중 적어도 하나", 또는 "A 또는/및 B 중 하나 또는 그 이상" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", 또는 "A 또는 B 중 적어도 하나"는, (1) 적어도 하나의 A를 포함, (2) 적어도 하나의 B를 포함, 또는 (3) 적어도 하나의 A 및 적어도 하나의 B 모두를 포함하는 경우를 모두 지칭할 수 있다.

[0058] 도면에서, X 방향은 제1 방향, L 방향, 길이 방향 또는 앞뒤 방향, Y 방향은 제2 방향, W 방향, 폭 방향 또는 좌우 방향, Z 방향은 제3 방향, T 방향, 높이 방향 또는 위아래 방향으로 정의될 수 있다.

[0060] 본 발명은 철도 차륜의 재생 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법은 답면부 및 마모된 플랜지부를 포함하는 철도 차륜의 상기 플랜지부 상에 금속 보강 영역을 형성하는 단계; 및 상기 금속 보강 영역의 적어도 일부를 제거하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0062] 이 때, 상기 금속 보강 영역의 실리콘(Si)의 함량(Sis)은 0.5 중량%이하의 범위 내일 수 있다.

[0064] 도 1은 일반적인 형태의 철도의 차륜 및 차축을 개략적으로 도시한 모식도이고, 도 2는 상기 차륜에 대한 단면도이다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 차축(20)의 양 끝단에 각각 차륜(10)이 연결되고, 상기 차륜(10)은 답면부(11)와 플랜지부(12)를 포함할 수 있다. 상기 답면부(11)는 높이 방향에서 인가되는 차량의 하중을 지지하는 것과 함께 레일과 구름 접촉을 하는 부위에 해당할 수 있다. 또한 상기 플랜지부(12)는 차량이 곡선으로 주행하는 경우 폭 방향으로 인가되는 차량의 하중을 지탱하여, 레일 밖으로 차량이 탈선되지 않도록 하는 기능을 수행할 수 있다.

[0066] 상기 차륜의 구조에서, 답면부 및 플랜지부는 레일과의 마찰에 의해 마모가 진행되는 부위에 해당한다. 상기 답면부는 구름 운동을 하면서 레일과 접촉하기 때문에, 별도의 크랙이 발생하지 않는다면 비교적 긴 시간 사용이 가능하나, 플랜지부는 레일과 폭 방향으로 접촉하기 때문에, 주행거리나 차량의 하중 등에 따라 빠른 속도로 마모될 수 있다. 플랜지부는 폭 방향으로 가해지는 하중을 지탱하기 위해 소정 수준 이상의 두께를 가져야 하기 때문에, 마모된 차륜을 재생하기 위해서는 마모된 플랜지부의 두께를 증가시켜야 한다. 종래에는 상기 플랜지부의 두께를 증가시키위해, 플랜지부에 해당하는 영역을 제외하고 차륜의 답면부를 절삭하는 방법을 사용하였다.

[0068] 도 3은 상기 방법에 의해 철도 차륜을 재생하는 과정을 모식적으로 나타낸 것이다. 도 3을 참조하면, 최초 두께가 t_0이었던 플랜지부(12, 도 3(a))는 사용에 의해 일부 영역이 마모되며, 마모로 인해 플랜지부의 두께(t_1)가 줄어들게 된다. (도 3(b)) 플랜지부(12)의 두께가 t_0가 되도록 상기 마모된 차륜을 재생하기 위해서는 답면부(11)를 절삭하여야 한다. (도 3(c))

[0070] 이 때, 답면부(11)를 절삭하고, 절삭되지 않은 영역을 플랜지부(12)로 사용하기 위해서는 답면부를 다량으로 절삭하여야 하는 문제가 있다. 그리고 답면부(11)가 다량 절삭된 차륜은 회전 방향에 대한 크기가 줄어들 수 밖에 없어(도 3(d)), 차륜의 재생 횟수가 2~3회 정도로 제한되는 한계가 있었다.

[0072] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위해 고안된 것으로 철도 차륜의 재생 횟수를 크게 늘릴 수 있다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 철도 차륜의 재생 방법을 모식적으로 도시한 것이다. 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법은 플랜지부(12) 상에 소정 함량의 실리콘을 포함하는 금속 보강 영역(용접 영역, 도 4(b))을 형성한 후 이의 일부를 제거(제거 영역, 도 4(c))할 수 있다. 이를 통해 마모된 플랜지부 상에 적절한 크기의 금속 보강 영역(13, 도 4(d)을 형성할 수 있다. 또한 답면부의 과도한 절삭 없이도 플랜지부의 두께를 충분히 확보함으로써 철도 차륜을 반복하여 재생할 수 있다.

[0074] 본 발명의 일 예시에서, 금속 보강 영역을 형성하는 단계는 금속 부재를 용접하는 단계일 수 있다. 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법은 마모된 차륜을 절삭하는 종래의 재생 방법과 달리 금속 부재를 차륜에 용접하여 금속 보강 영역을 형성함으로써 우수한 기계적 강도를 가질 수 있다.

[0076] 한편, 금속 보강 영역을 형성하기 위한 용접은 직류 정극성(DCEN)의 서브머지드 아크 용접(submerged arc welding)에 의해 수행되는 것일 수 있다. 소정의 모재를 아크 용접으로 재생하는 경우, 모재에 미치는 영향을 최소화하고 열영향부(HAZ)를 좁게 형성하기 위해 직류 부극성(DCEP)으로 용접하는 방법을 많이 사용하였다. 특히 복수의 용접 부재를 사용하여 중층적으로 모재를 재생하는 경우, 박판 형태의 용접을 위해서는 직류 부극성(DCEP) 용접이 필수적인 경우가 많았다. 반면 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법은 금속 보강 영역을 형성함에 있어 후술하는 바와 같이 하나의 용접 부재를 사용할 할 수 있으며, 직류 정극성(DCEN) 용접을 통해 하나의 용접 부재로 우수한 기계적 물성을 가지는 금속 보강 영역을 형성할 수 있다.

[0078] 이 때, 상기 용접의 입열량은 13 kJ/cm 내지 19 kJ/cm의 범위 내일 수 있다. 상기 입열량(H)은 하기 식을 통해 산출된 것일 수 있다.

[0080] $H = 60 \times E \times I / v$ (J/cm)

[0082] 상기 식에서 E는 아크전압(V), I는 아크전류(A), v는 용접속도(cm/min)를 각각 나타낸다.

[0084] 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법이 상기 범위를 만족하는 입열량으로 용접을 수행하는 경우 형성된 금속

보강 영역이 차륜 모재와 동등하거나 그 이상의 기계적 물성을 가질 수 있다. 반면, 상기 용접시 입열량이 13 kJ/cm 미만인 경우 금속 보강 영역의 강도가 저하될 수 있으며, 19 kJ/cm를 초과하는 경우 용접부에서 균열이 발생할 수 있다.

[0086] 하나의 예시에서, 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법의 금속 보강 영역은 단층 용접(single layer welding)으로 형성되는 것일 수 있다. 상기 금속 보강 영역이 단층 용접(single layer welding)으로 형성된다는 것은, 하나의 조성을 가지는 용접 부재를 사용하여 상기 금속 보강 영역을 형성한다는 것을 의미할 수 있으며, 복수개의 용접 부재를 복수회 용접하여 형성한 것이 아니라는 것을 의미할 수 있다. 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법은 단층 용접(single layer welding)으로 금속 보강 영역을 형성하면서도 모재와 동등한 수준 이상의 기계적 물성을 가지는 금속 보상 영역을 형성할 수 있어 기계적 강도를 향상시키면서도 공정의 효율성을 높일 수 있다.

[0088] 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법의 금속 보강 영역의 적어도 일부를 제거하는 단계는 차륜의 규격에 맞추어 상기 차륜의 플랜지부 상의 금속 보강 영역을 절삭 가공하는 단계일 수 있다. 상기 절삭 가공은 공구 등을 이용하여 대상물의 일부를 제거하는 가공 방법을 의미할 수 있으며, 전삭 및 선삭을 모두 포함하는 가공 방법을 의미할 수 있다.

[0090] 전술한 바와 같이, 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법은 단일 용접 부재를 사용하여 금속 보강 영역을 형성하며, 직류 정극성(DCEN) 용접으로 상기 금속 보강 영역을 형성하므로 하나의 용접 부재를 통해 넓은 영역에 금속 보강 영역을 형성할 수 있다. 충분한 양의 금속 보강 영역이 형성되면, 차륜의 규격에 따라 잉여 금속 보강 영역을 제거함으로써 적절한 두께의 플랜지부를 가지는 차륜을 제조할 수 있다. 상기 절삭 가공 후 잔류하는 금속 보강 영역은 플랜지부 및/또는 답면부 상에 위치할 수 있으며, 상기 절삭 가공 후 잔류하는 금속 보강 영역을 포함하는 전체 차륜의 외형이 재생 대상이 되는 차륜의 표준 규격을 만족할 수 있다.

[0092] 본 발명은 또한 재생 철도 차륜에 관한 것이다, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜은 답면부, 플랜지부 및 금속 보강 영역을 포함하고, 상기 금속 보강 영역은 상기 플랜지부의 적어도 일부를 덮도록 배치되며, 상기 금속 보강 영역의 실리콘(Si)의 함량(Si_s)은 0.5 중량%이하의 범위 내일 수 있다. 상기 금속 보강 영역의 실리콘(Si)의 함량(Si_s)의 하한은 특별히 제한되는 것은 아니나, 예를 들어 0 중량%이상, 0.1 중량%이상, 0.2 중량%이상, 0.3 중량% 이상 또는 0.4 중량% 이상의 범위 내일 수 있다.

[0094] 상기 금속 보강 영역의 조성은, 용접이 완료된 후의 조성을 의미할 수 있으며, 금속 보강 영역의 기계적 강도를 높이기 위해 탄소, 망간, 크롬, 니켈 등의 함량이 차륜 모재와 상이할 수 있다.

[0096] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 금속 보강 영역의 탄소의 함량은 0.13 중량% 내지 0.19 중량%의 범위 내일 수 있다. 금속 보강 영역의 탄소의 함량이 상기 범위를 만족하는 경우 우수한 기계적 강도를 가질 수 있으며, 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법으로 재생된 재생 철도 차륜이 모재 수준 이상의 기계적 물성을 가질 수 있다. 금속 보강 영역의 탄소의 함량이 0.13 중량% 미만인 경우 기계적 강도가 저하될 수 있으며, 0.19 중량%를 초과하는 경우 용접부에서 균열이 쉽게 발생할 수 있다.

[0098] 하나의 예시에서, 상기 금속 보강 영역의 니켈(Ni)의 함량(Ni_s)(중량%)은 차륜 모재의 니켈(Ni)의 함량(Ni_o)(중량%)에 대하여 $Ni_s \geq 10 \times Ni_o$을 만족할 수 있다. 상기 금속 보강 영역의 니켈(Ni)의 함량(Ni_s)(중량%)은 차륜 모재의 니켈(Ni)의 함량(Ni_o)(중량%)에 대하여 $Ni_s \geq 10 \times Ni_o$을 만족한다는 것은 상기 금속 보강 영역의 니켈(Ni)의 함량(Ni_s)(중량%)이 차륜 모재의 니켈(Ni)의 함량(Ni_o)(중량%)의 10배 이상인 것을 의미할 수 있다.

[0100] 상기 금속 보강 영역의 니켈(Ni)의 함량(Ni_s)(중량%)은 차륜 모재의 니켈(Ni)의 함량(Ni_o)(중량%)에 대하여 $Ni_s \geq 10 \times Ni_o$을 만족하는 경우, 상기 금속 보강 영역의 강도 및 경도를 높일 수 있다. 상기 금속 보강 영역의 니켈(Ni)의 함량(Ni_s)(중량%)의 상한은 예를 들어 $Ni_s \leq 50 \times Ni_o$일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0102] 또한 상기 금속 보강 영역은 상기 성분 이외에, 망간(Mn) 1.3 중량% 내지 1.6 중량%, 인(P) 0.015 중량% 이하, 황(S) 0.010 중량% 이하, 크롬(Cr) 0.6 중량% 내지 0.8 중량%, 몰리브덴(Mo) 0.1 중량% 내지 0.2 중량%, 알루미늄(Al) 0.015 중량% 이하, 티타늄(Ti) 0.01 중량% 내지 0.02 중량%, 바나듐(V) 0.01 중량% 내지 0.02 중량%, 불가피한 불순물 및 잔부 철을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0104] 본 발명의 일 예시에서, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역에 대하여 ASTM A370에 준거하여 측정한 충격 에너지는 10 J 내지 25 J의 범위 내 일 수 있다. 상기 충격 에너지는, 예를 들어 서브사이즈 시편(2.5mm X 10mm X 55mm) 이용해서 -20℃에서 3회 측정한 값의 산술 평균으로 구한 값일 수 있다. 일반적으로 동일한 크기의 철도 차륜 모재 시편의 충격 에너지는 상기 조건으로 측정 시 평균 5.4 J로 산출된다. 즉 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역의 충격 인성은 모재 보다 우수할 수 있으며, 약 30% 이상, 크게는 수배 차이에 이를 정도로 높은 충격 에너지를 가질 수 있다.

[0106] 다른 예시에서, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역에 대하여 ASTM E8에 준거하여 측정한 항복 강도는 700 MPa 내지 800 MPa의 범위 내 일 수 있다. 또한 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역에 대하여 ASTM E8에 준거하여 측정한 인장 강도는 800 MPa 내지 950 MPa의 범위 내일 수 있다. 상기 항복 강도 및 인장 강도는 서브사이즈 판상시편(게이지부 폭 6mm, 두께 1.5mm)을 이용하여 상온(25℃)에서 측정한 값일 수 있다. 동일한 치수의 철도 차륜 모재 시편에 대하여 동일한 방법으로 측정한 결과 항복 강도는 399 MPa 내지 426 MPa로 산출되었으며, 인장 강도는 835 MPa 내지 850 MPa로 산출되었다. 즉 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 항복 강도는 모재 보다 우수할 수 있으며, 29% 이상, 크게는 수배 차이에 이를 정도로 높은 항복 강도를 가질 수 있다. 또한 본 발명에 따른 재생 철도 차륜은 모재와 유사한 수준의 인장 강도를 가질 수 있다.

[0108] 본 발명의 일 실시예에서, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역의 일 단부는 상기 차륜의 답면부와 접하도록 배치되고, 상기 금속 보강 영역의 타 단부는 상기 차륜의 플랜지부와 접하도록 배치될 수 있다. 도 5를 참조하면, 상기 금속 보강 영역(13)은 일 단부가 답면부(11)와 접하도록 배치되고, 상기 답면부(11)로부터 플랜지부(12)를 향하여 연장되어 배치될 수 있으며, 상기 금속 보강 영역(13)의 타 단부는 상기 플랜지부(12)와 접하도록 배치될 수 있다. 본 발명에 따른 재생 철도 차륜은 전술한 바와 같이 금속 보강 영역을 먼저 형성한 후 상기 금속 보강 영역의 일부를 제거하여 제조된 것으로, 상기 금속 보강 영역(13)은 상기 답면부(11)와 접하면서 동시에 상기 플랜지부(12)의 일부를 덮도록 배치될 수 있다.

[0110] 하나의 예시에서, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역과 플랜지부를 모두 포함하는 영역을 차축 방향에 수직인 방향으로 절단하였을 때, 상기 절단된 면에서 상기 금속 보강 영역과 상기 플랜지부가 접하는 계면이 관찰될 수 있다. 상기 계면이란, 서로 접하는 두 개의 층이 서로 구별 가능한 상태인 면을 의미할 수 있으며 상기 구별 가능한 상태는 물리적 차이, 화학적 차이 및/또는 광학적 차이로 인해 두 개의 층이 구별되는 것을 의미할 수 있다. 상기 계면은 주사전자현미경(SEM: Scanning Electron Microscope) 등을 통해 시각적으로 확인이 가능할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니며, 시각적으로 확인이 어려운 경우 상기 금속 보강 영역과 상기 플랜지부의 물성 분석을 통해 확인이 가능할 수 있다.

[0112] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 하기 실시예에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.

[0114] 실시예 1

[0115] 외측 지름이 800 mm 내지 820 mm이고, 플랜지(Flange)의 두께가 25 mm 내지 29 mm인 마모 차륜을 모재로 사용하였다. 모재 차륜의 조성은 탄소(C) 0.66 중량%, 실리콘(Si) 0.25 중량%, 망간(Mn) 0.72 중량%, 크롬(Cr) 0.08 중량%, 미량의 불순물 및 잔부 철을 조성으로 하는 것을 확인하였다.

[0117] 상기 마모된 철도 차륜 상에 하기 표 1의 조건과 같이 금속 보강 영역을 형성하였다.

표 1

입열량	금속보강영역의 조성(중량%)										
kJ/cm	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	V
13	0.13	0.49	1.58	0.008	0.010	0.71	0.44	0.19	0.013	0.016	0.012
15	0.15	0.49	1.52	0.008	0.007	0.69	0.41	0.17	0.013	0.015	0.020
17	0.17	0.46	1.42	0.009	0.010	0.70	0.40	0.17	0.010	0.019	0.012
19	0.19	0.42	1.38	0.008	0.010	0.72	0.42	0.17	0.009	0.017	0.11

[0119]

[0121] 상기 용접은 서브머지드 아크 용접(Submerged Arc Welding, SAW)으로 수행하였으며, 극성 DCEN, 전압 30 V, 전류 300~380 A, 속도 36~42 cpm, 예열 및 층간온도 150 ℃이상의 조건으로 용접하였으며, 후열처리는 실시하지 않았다.

[0123] 도 6은 용접을 통해 금속 보강 영역을 형성한 재생 차륜의 단면을 촬영한 이미지이다. 도 6을 참조하면, 마모된 차륜의 답면부 및 플랜지부 상에 금속 보강 영역이 충분한 두께로 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0125] 용접이 완료된 재생 차륜을 냉각한 후 CNC 선반 기계로 철도 차륜의 규격에 맞추어 가공하였다. 도 7은 상기 절삭 가공이 완료된 차륜의 단면을 촬영한 이미지이다. 도 7을 참조하면, 플랜지부와 금속 보강 영역을 모두 포함하는 단면에서 상기 금속 보강 영역과 플랜지부가 접하는 계면이 관찰되는 것을 확인할 수 있다. 상기 절삭 가공 후의 재생 차륜은 모재 차륜과 동등한 수준의 지름을 가지고 플랜지부의 두께가 33 mm 내지 34 mm 로, 철도용품 기술기준인 23 mm 이상을 충분히 만족하는 사이즈의 차륜인 것을 확인할 수 있다.

[0127] 도 8은 ASTM A370에 준거하여 측정한 금속 보강 영역의 충격 에너지 및 경도를 나타낸 그래프이다. 상기 충격 에너지 및 경도는 2.5㎜ X 10㎜ X 55㎜ 크기의 서브사이즈 시편에 대하여 측정한 값으로, -20℃에서 3회 측정한 값의 산술 평균을 표시한 것이다.

[0129] 도 8을 참조하면, 차륜 모재의 충격 에너지가 약 5.4 J로 측정된 것에 비해, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역의 충격 에너지는 12.3 J 내지 16J로 측정된 것을 확인할 수 있다. 상기 수치는 차륜 모재에 비해 2배 이상 높은 것이며, 후열처리를 한 경우에도 모재 보다 30% 이상 높은 값을 가지는 결과가 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 경도의 경우에도 모재 수준 이상의 값을 가지는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜이 매우 우수한 충격 인성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0131] 도 9는 ASTM E8에 준거하여 측정한 인장시험 결과를 나타낸 그래프이다. 도 9에서 YS는 항복 강도를, 상기 인장시험은 게이지부 폭 6mm, 두께 1.5mm인 서브사이즈 판상시편을 이용해서 상온(25℃)에서 수행하였다.

[0133] 도 9를 참조하면, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역의 경우 항복 강도는 709 MPa 내지 760 MPa, 인장 강도는 848 MPa 내지 890 MPa을 나타내는 것을 알 수 있다. 반면, 동일한 치수의 차륜 모재 시편(BM)의 항복 강도가 399 MPa 내지 426 MPa, 인장 강도는 835 MPa 내지 850 MPa로 측정되었다.

[0135] 따라서, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역은 차륜 모재와 비교할 때 1.5배 이상, 1.7배 이상의 항복 강도를 가지며, 인장 강도 또한 차륜 모재와 동등하거나 유사한 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역이 매우 우수한 기계적 물성을 가지는 것을 알 수 있다.

[0137] 상기 결과와 같이 본 발명에 따른 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역은 금속 보강 영역은 충격 에너지, 항복 강도 등에서 차륜 모재에 비해 매우 향상된 기계적 물성을 가진다. 또한 인장 강도에 있어서도 모재와 유사한 수준을 구현할 수 있다. 이는 본 발명에 따른 철도 차륜의 재생 방법으로 재생한 재생 철도 차륜의 금속 보강 영역이 치밀한 미세 조직(침상형 페라이트 조직)을 가지기 때문인 것으로 보인다. 금속 보강 영역의 형성 과정에서 침상형 페라이트 조직이 발달하고, 상기 미세 조직의 결정립의 크기가 모재 보다 미세하여 항복 강도 및 충격 인성 등이 우수한 결과가 나온 것으로 볼 수 있다.

[0139] 또한, 본 발명에 따른 재생 철도 차륜은 차륜 모재와 금속 보강 영역이 결합한 구조를 가진다. 따라서 상기 결과를 고려하면, 본 발명의 철도 차륜의 재생 방법에 의해 재생된 재생 철도 차륜은 적어도 차륜 모재와 동등한 수준 이상의 기계적 물성을 가지며, 차륜 모재 보다 매우 높은 충격 에너지 및 항복 강도 등의 기계적 물성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0141] 이상에서 본 발명의 실시 형태에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니며, 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 한다. 따라서, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능할 것이며, 이 또한 본 발명의 범위에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0143] 10: 차륜

11: 답면부

12: 플랜지부

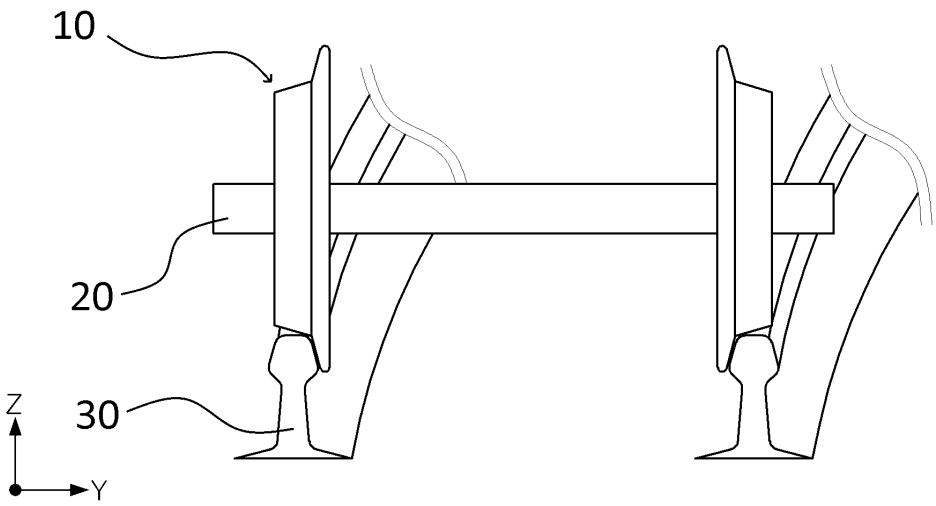
13: 금속 보강 영역

20: 차축

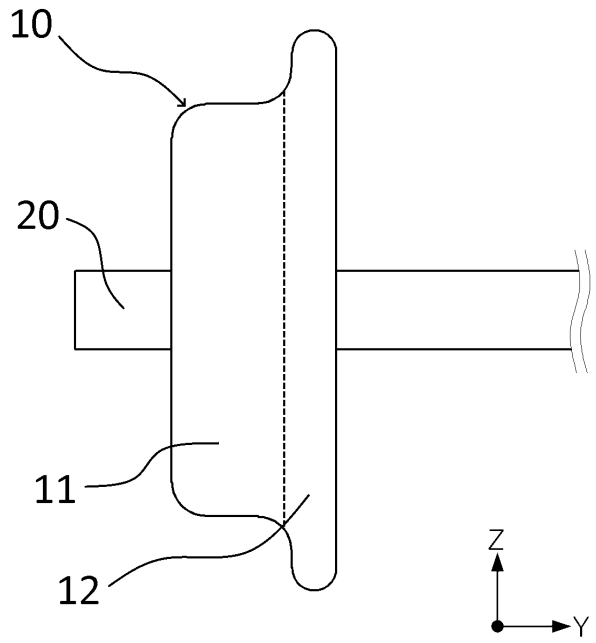
30: 레일

도면

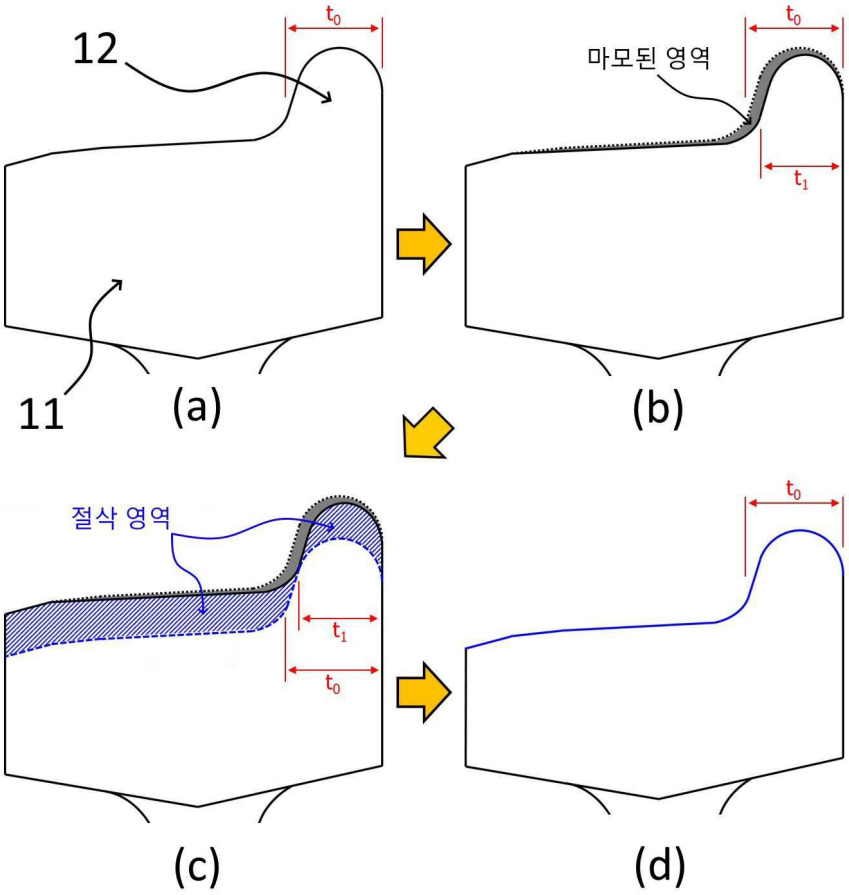
도면1



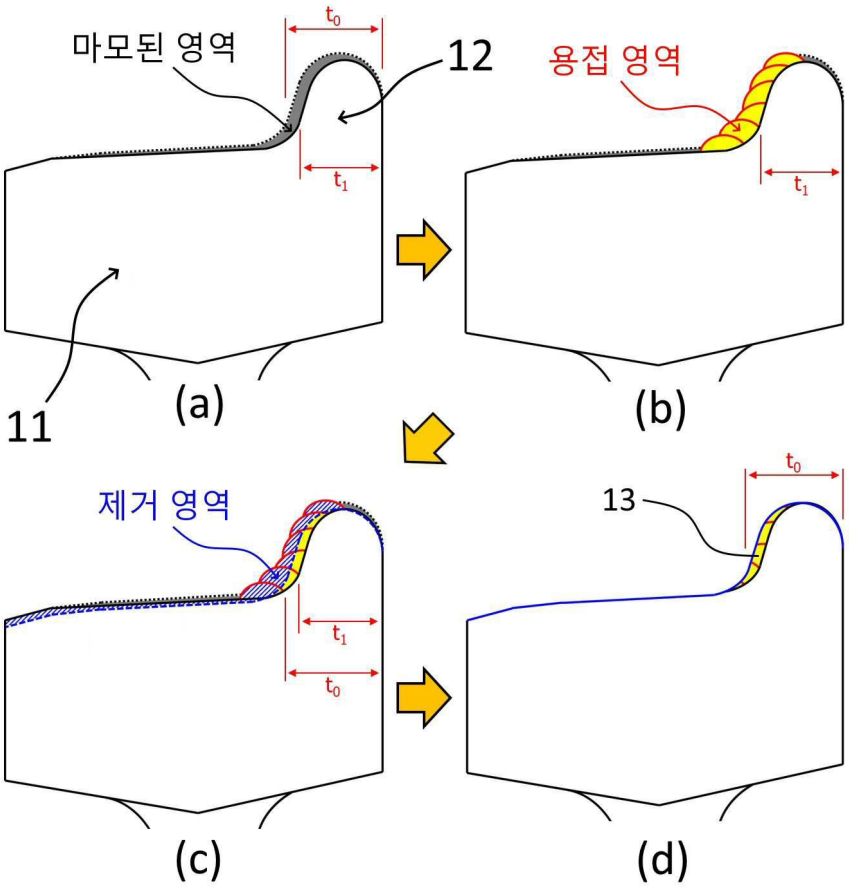
도면2



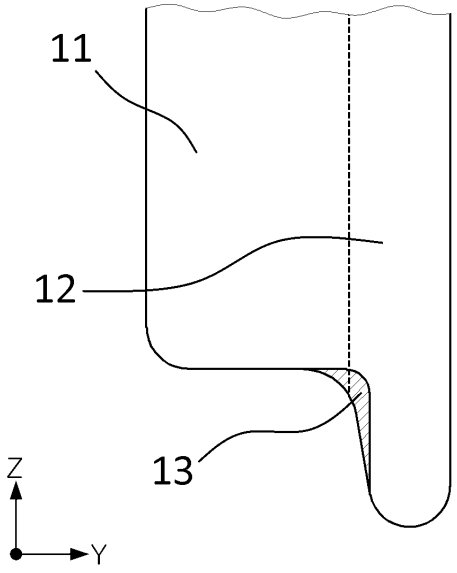
도면3



도면4



도면5



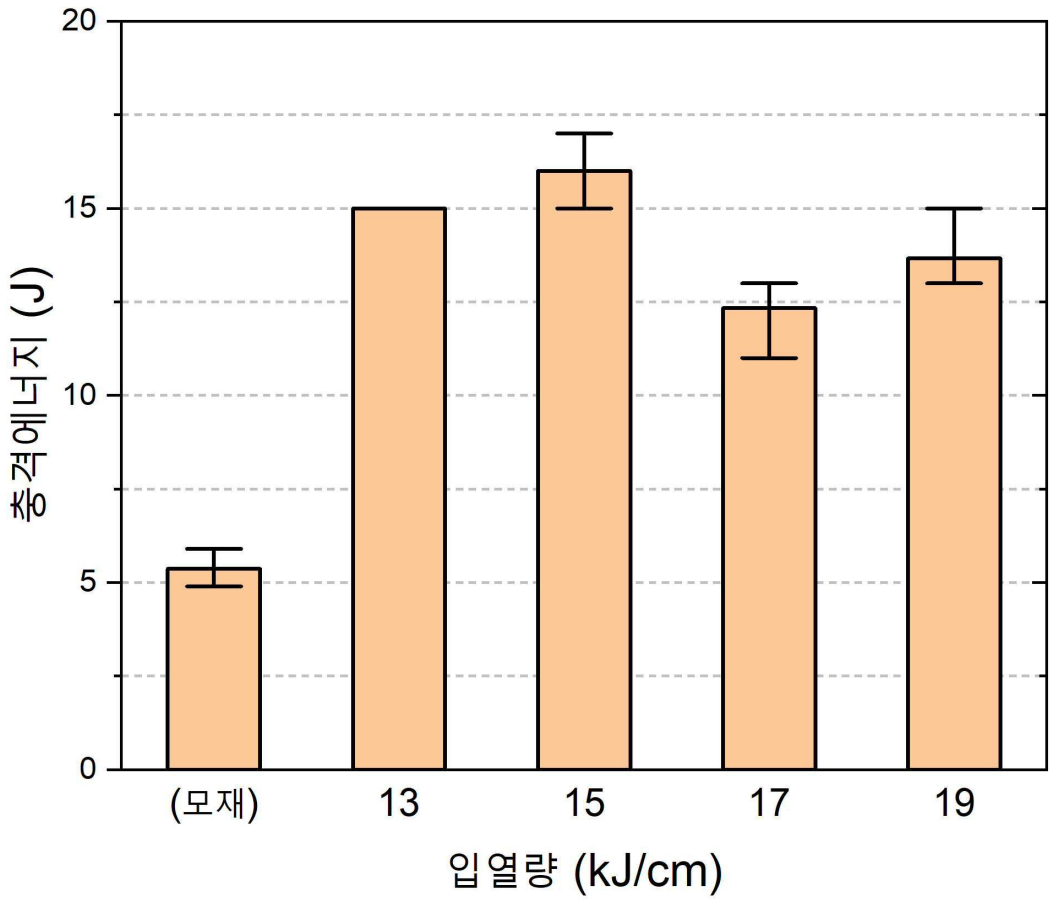
도면6



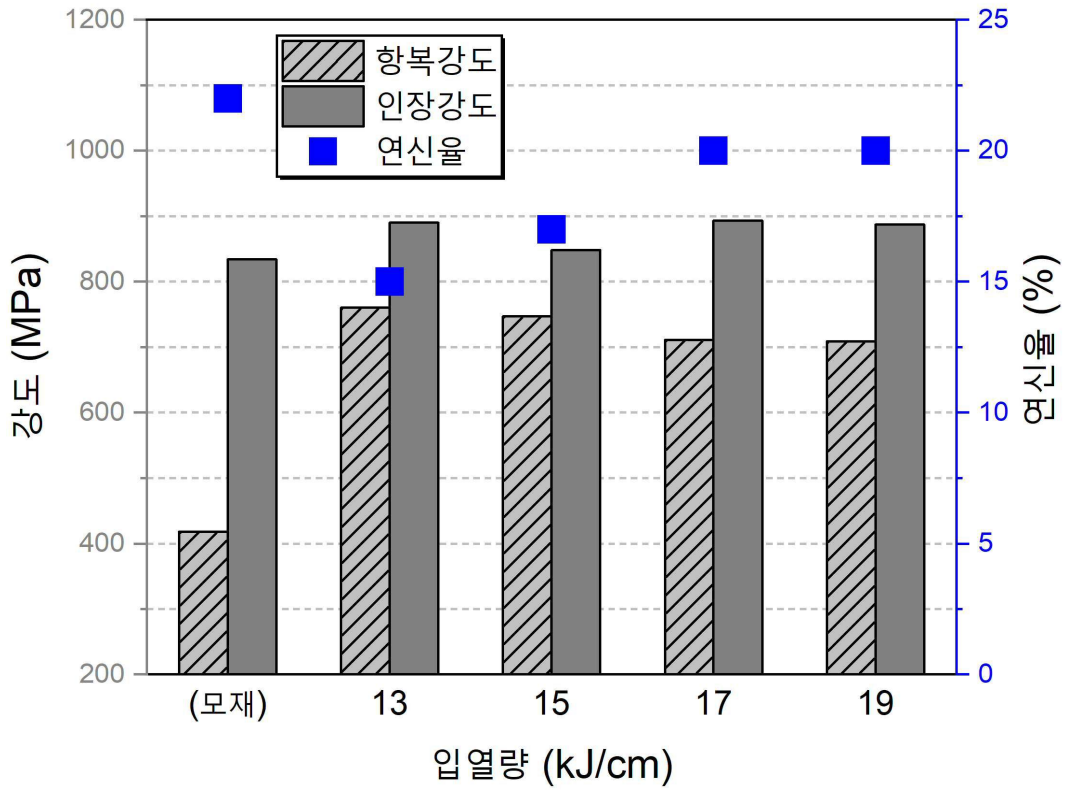
도면7



도면8


20
15
10
5
0
충격에너지 (J)
(모재)
13
15
17
19
입열량 (kJ/cm)

도면9


1200
1000
800
600
400
200
강도 (MPa)
25
20
15
10
5
0
연신율 (%)
항복강도
인장강도
연신율
(모재)
13
15
17
19
입열량 (kJ/cm)