(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0128007
(43) 공개일자 2024년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/38 (2006.01) *C21D 3/02* (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01) *C21D 9/22* (2006.01)
C22C 33/02 (2006.01) *C22C 38/00* (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01) *C22C 38/44* (2006.01)
C22C 38/48 (2006.01) *C22C 38/58* (2006.01)
C23C 8/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/38 (2013.01)
C21D 3/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7023833
(22) 출원일자(국제) 2022년12월16일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년07월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/053218
(87) 국제공개번호 WO 2023/114498
국제공개일자 2023년06월22일
(30) 우선권주장
63/291,187 2021년12월17일 미국(US)

(71) 출원인
카펜터테크날러지코오퍼레이션
미국 펜실베니아 19103 필라델피아 15층 마켓 스트리트 1735
(72) 발명자
포식 스테판 알렉시스 자크
미국 19607 펜실베니아주 레딩 컨그레셔널 서클 14이
에플러 마리오
미국 17517 펜실베니아주 덴버 그라우스 드라이브 69
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김태홍, 김진희

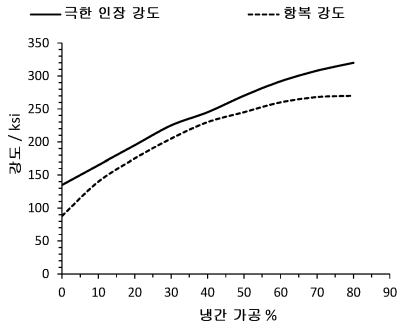
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 **냉간 가공 및 케이스 경화되고 기본적으로 Co 무함유인 스테인리스강 합금으로 제조된 물품 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

물품 제조 방법은, 기본적으로 망간 2.00 wt.% 내지 24.00 wt.%, 크롬 19.00 wt.% 내지 30 wt.%, 몰리브덴 0.50 wt.% 내지 4.0 wt.%, 질소 0.25 wt.% 내지 1.10 wt.%, 탄소 ≤ 1 wt.%, 인 ≤ 0.03 wt.%, 황 ≤ 1 wt.%, 니켈 < 22 wt.%, 코발트 < 0.10 wt.%, 실리콘 ≤ 1 wt.%, 니오븀 ≤ 0.80 wt.%, 산소 ≤ 1 wt.%, 구리 ≤ 0.25 wt.%, 잔부가 철인 스테인리스강 조성물로 구성되는 빌렛을 형성하는 단계를 포함한다. 빌렛은 물품을 형성하기 위해 어닐링되고 냉간 가공된다. 물품의 어닐링 없이, 물품은 후속하여, 그 정상면에 표면층을 형성하도록 단일 케이스 경화 온도에서 케이스 경화된다. 케이스 경화된 표면층을 갖고, 제시된 스테인리스강 조성물로 형성된 물품도 또한 제공된다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
C21D 6/004 (2013.01)
C21D 6/005 (2013.01)
C21D 9/22 (2013.01)
C22C 33/0278 (2013.01)
C22C 38/001 (2013.01)
C22C 38/22 (2013.01)
C22C 38/44 (2013.01)
C22C 38/48 (2013.01)
C22C 38/58 (2013.01)
(72) 발명자
카지닉 알로즈
미국 19610 펜실베니아주 레딩 도핀 애비뉴 1409
랄와니 가우라브
미국 19131 펜실베니아주 필라델피아 브린 모어 애비뉴 2237
스미스 로건
미국 19609 펜실베니아주 웨스트 론 웨스트 위오미싱 블러바드 1350

명 세 서

청구범위

청구항 1

물품 제조 방법으로서,

빌렛을 형성하는 단계로서, 상기 빌렛은 기본적으로

망간 2.00 wt.% 내지 24.00 wt.%

크롬 19.00 wt.% 내지 30 wt.%

몰리브덴 0.50 wt.% 내지 4.0 wt.%

질소 0.25 wt.% 내지 1.10 wt.%

탄소 ≤ 1 wt.%

인 ≤ 0.03 wt.%

황 ≤ 1 wt.%

니켈 < 22 wt.%

코발트 < 0.10 wt.%

실리콘 ≤ 1 wt.%

니오븀 ≤ 0.80 wt.%

산소 ≤ 1 wt.%

구리 ≤ 0.25 wt.%

잔부 철로 이루어진 스테인리스강 조성물로 구성되는 것인 빌렛을 형성하는 단계;

빌렛을 어닐링하는 단계;

빌렛을 냉간 가공하여 물품을 형성하는 단계; 및

물품의 어닐링 없이, 후속하여 물품을 단일 케이스 경화 온도에서 케이스 경화하여 물품의 정상면에 표면층을 형성하는 단계

를 포함하는 물품 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서 스테인리스강 조성물은,

망간 21.00 wt.% 내지 24.00 wt.%

크롬 19.00 wt.% 내지 23.00 wt.%

몰리브덴 0.50 wt.% 내지 1.50 wt.%

질소 0.85 wt.% 내지 1.10 wt.%

탄소 ≤ 0.08 wt.%

인 ≤ 0.03 wt.%

황 ≤ 0.01 wt.%

니켈 ≤ 0.05 wt.%

코발트 < 0.1 wt.%

실리콘 ≤ 0.75 wt.%

니오븀 0 wt.%

비의도적으로 첨가되는 산소

구리 ≤ 0.25 wt.%

잔부 철

을 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 스테인리스강 조성물은,

망간 2.00 wt.% 내지 4.25 wt.%

크롬 19.5 wt.% 내지 22.0 wt.%

몰리브덴 2.0 wt.% 내지 3.0 wt.%

질소 0.25 wt.% 내지 0.50 wt.%

탄소 ≤ 0.08 wt.%

인 ≤ 0.025 wt.%

황 ≤ 0.01 wt.%

니켈 9.0 wt.% 내지 11.0 wt.%

코발트 < 0.10 wt.%

실리콘 ≤ 0.75 wt.%

니오븀 0.25 wt.% 내지 0.80 wt.%

비의도적으로 첨가되는 산소

구리 ≤ 0.25 wt.%

잔부 철

을 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서 스테인리스강 조성물은,

망간 5.85 wt.% 내지 15 wt.%

크롬 27 wt.% 내지 30 wt.%

몰리브덴 1.5 wt.% 내지 4.0 wt.%

질소 0.8 wt.% 내지 0.97 wt.%

인 < 0.02 wt.%

니켈 8 wt.% 내지 22 wt.%

코발트 < 0.01 wt.%

(실리콘 + 산소 + 탄소 + 황) ≤ 1 wt.%가 되도록 하는 실리콘, 산소, 탄소 및 황

니오븀 0 wt.%

구리 ≤ 0.01 wt.%

잔부 철

을 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 빌렛을 형성하는 단계는

스테인리스강 조성물을 포함하는 분말을 형성하는 단계; 및

분말을 프레싱하여 빌렛을 형성하는 단계

를 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 빌렛을 냉간 가공하는 단계는 냉간 성형, 냉간 압연, 냉간 인발, 숏피닝(shot peening) 또는 필거링(pilgering) 중 적어도 하나를 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 케이스 경화 온도는 400 ℃ 내지 1000 ℃ 범위에서 선택되는 것인 물품 제조 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 케이스 경화는 1 시간 내지 16 시간 범위에서 선택된 지속기간 동안 수행되는 것인 물품 제조 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 케이스 경화는 침붕, 침탄, 질화처리, 침탄질화 또는 이들의 조합 중 적어도 하나를 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 표면층은 적어도 350 HV의 표면 경도를 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 표면층은 빌렛 스테인리스강 조성물을 포함하고, 탄소, 질소, 붕소 또는 이들의 조합 중 적어도 1종을 내부에 확산된 형태로 더 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 물품은 관절형 정형외과용 디바이스 요소를 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 물품은 시계 구성요소를 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 물품은 전기 구성요소를 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 물품은 드릴링 구성요소를 포함하는 것인 물품 제조 방법.

청구항 16

관절형 정형외과용 디바이스로서,

제1 관절형 표면을 포함하는 제1 요소; 및

제1 관절형 표면과 함께 관절 운동하도록 구성된 제2 관절형 표면을 포함하는 제2 요소

를 포함하고, 제1 요소 및 제2 요소 각각은 기본적으로

망간 2.00 wt.% 내지 24.00 wt.%

크롬 19.00 wt.% 내지 30 wt.%

몰리브덴 0.50 wt.% 내지 4.0 wt.%

질소 0.25 wt.% 내지 1.10 wt.%

탄소 ≤ 1 wt.%

인 ≤ 0.03 wt.%

황 ≤ 1 wt.%

니켈 < 22 wt.%

코발트 < 0.10 wt.%

실리콘 ≤ 1 wt.%

니오븀 ≤ 0.80 wt.%

산소 ≤ 1 wt.%

구리 ≤ 0.25 wt.%

잔부 철로 이루어진 스테인리스강 조성물으로 구성되며,

제1 관절형 표면과 제2 관절형 표면 각각은, 스테인리스강 조성물을 포함하고, 탄소, 질소 또는 붕소 중 적어도 1종을 내부에 확산된 형태로 더 포함하는 표면층을 포함하는 것인 관절형 정형외과용 디바이스.

청구항 17

제16항에 있어서, 표면층은 적어도 350 HV의 표면 경도를 포함하는 것인 관절형 정형외과용 디바이스.

청구항 18

제16항에 있어서, 제1 요소와 제2 요소 사이에 배치되는 비구형(acetabular) 컵을 더 포함하는 관절형 정형외과용 디바이스.

청구항 19

제18항에 있어서, 비구형 컵은 금속, 세라믹 또는 폴리머 중 적어도 1종을 포함하는 것인 관절형 정형외과용 디바이스.

청구항 20

스테인리스강 물품으로서,

적어도 300 HV의 경도와 적어도 145 ksi의 항복 강도 중 하나 이상을 갖고, 스테인리스강 조성물로 기본적으로 구성되는 벌크 재료로서, 상기 스테인리스강 조성물은

망간 2.00 wt.% 내지 24.00 wt.%

크롬 19.00 wt.% 내지 30 wt.%

몰리브덴 0.50 wt.% 내지 4.0 wt.%

질소 0.25 wt.% 내지 1.10 wt.%

탄소 ≤ 1 wt.%

인 ≤ 0.03 wt.%

황 ≤ 1 wt.%

니켈 < 22 wt.%

코발트 < 0.10 wt.%

실리콘 ≤ 1 wt.%

니오븀 ≤ 0.80 wt.%

산소 ≤ 1 wt.%

구리 ≤ 0.25 wt.%

잔부 철로 이루어지는 것인 벌크 재료; 및

벌크 재료 상에 배치되는 표면층

을 포함하고, 표면층은 상기 스테인리스강 조성물을 포함하고, 탄소, 질소, 붕소 또는 이들의 조합 중 적어도 1종을 내부에 확산된 형태로 더 포함하는 것인 스테인리스강 물품.

청구항 21

제20항에 있어서, 표면층은 10 마이크로미터 내지 1000 마이크로미터 범위 또는 30 마이크로미터 내지 40 마이크로미터 범위에서 선택된 두께를 갖는 것인 스테인리스강 물품.

청구항 22

제20항에 있어서, 탄소 농도는 표면층의 정상면에서의 0.10 wt.% 이상 내지 벌크 재료에서의 < 0.08 wt.%의 범위인 것인 스테인리스강 물품.

청구항 23

제20항에 있어서, (1) 질소 농도는 표면층의 정상면에서의 적어도 1.10 wt.% 내지 벌크 재료에서의 0.85 wt.% 내지 1.10 wt.%의 범위이며, (2) 표면층에서의 질소 농도는 벌크 재료에서보다 높은 것인 스테인리스강 물품.

청구항 24

제20항에 있어서, 붕소 농도는 표면층의 정상면에서의 0.10 wt.% 이상 내지 벌크 재료에서의 0 wt.%의 범위인 것인 스테인리스강 물품.

청구항 25

제20항에 있어서, 물품은 관절형 정형외과용 디바이스 요소를 포함하는 것인 스테인리스강 물품.

청구항 26

제20항에 있어서, 물품은 시계 구성요소를 포함하는 것인 스테인리스강 물품.

청구항 27

제20항에 있어서, 물품은 전기 구성요소를 포함하는 것인 스테인리스강 물품.

청구항 28

제20항에 있어서, 물품은 드릴링 구성요소를 포함하는 것인 스테인리스강 물품.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원에 대한 교차참조

[0002] 본 출원은 2021년 12월 17일자로 출원된 미국 가출원 제63/291,187호에 대한 우선권을 주장하며, 상기 출원은 모든 목적으로 전체가 참조에 의해 본 명세서에 포함된다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 발명의 실시예는 기본적으로 코발트 무함유 단조 스테인리스강의 처리 방법 및 그로부터 제조된 제조 물품에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명의 특정 실시예는 강도를 증가시키고, 마모, 부식 및 피로에 대한 개선된 내성을 제공하는 경화 표면을 형성하도록 스테인리스강을 처리하는 것에 관한 것이다. 본 발명의 다양한 실시예에 따라 처리된 특정 물품은 관절형 정형외과용 임플란트와 같은 의료용 하중 지탱 어플리케이션에 적합하다.

배 경 기 술

[0005] 스테인리스강 및 코발트-크롬-몰리브덴 합금(CoCrMo 또는 CCM)은 마모, 피로 및 부식에 대한 강도와 생체적합성으로 인해 정형외과 어플리케이션에서 통상적으로 사용되는 금속 재료이다. 27 내지 30 wt.%의 크롬 및 5 내지 7 wt.%의 몰리브덴을 함유하는 CoCrMo 합금은 주조(ASTM F75) 또는 단조 조건(ASTM F1237)에서 사용된다. 상이한 코발트/크롬/몰리브덴 비를 지닌 다른 CoCrMo 합금이 단조 조건에서 사용된다(예컨대, 사양 ASTM F90, F562, F799, F1537 참조). 스테인리스강은 철 베이스와 크롬, 니켈 및 몰리브덴 첨가물(ASTM F138) 또는 크롬, 니켈, 망간, 몰리브덴 및 질소 첨가물(ASTM F1586)을 갖고, 단조 조건에서 사용된다. 이들 ASTM 표준 각각은 참조에 의해 그 전체 내용이 여기에 포함된다.

[0006] 기본적으로 Ni 및 Co 무함유 스테인리스강 조성물이, 단조, 질소 강화 23 망간-21 크롬-1 몰리브덴 저니켈 스테인리스강 합금 바 및 수술용 임플란트를 위한 와이어에 대한 ASTM 표준 F2229-21 표준 사양에 상술되어 있고, ASTM 표준 F2229-21 표준 사양은 모든 목적으로 참조에 의해 전체 내용이 여기에 포함된다. 이러한 합금은 또한, 예컨대 미국 특허 공보 US20100116377A1, 미국 특허 제9387022B2호 및 미국 특허 제10214805B2호에 설명되어 있다.

[0007] 이러한 표준에 부합하는 재료의 예로는 Carpenter Technology Corporation(미국)으로부터 입수 가능한 BioDur® 108 스테인리스강 및 L. Klein SA(스위스)로부터 입수 가능한 CHRONIFER® 108 니켈 무함유 스테인리스강이 있다.

[0008] 유사한 Co 무함유 스테인리스강 조성물이 수술용 임플란트를 위한 단조, 질소 강화 21 크롬- 10 니켈-3 망간-2.5 몰리브덴 스테인리스강 바에 대한 ASTM 표준 F1586-21 표준 사양에 상술되어 있고, ASTM 표준 F1586-21 표준 사양은 모든 목적으로 참조에 의해 전체 내용이 여기에 포함된다. 이 합금은 US9695505B2 및 US9387022B2에 설명되어 있다. 상기 표준에 부합하는 재료의 예로는 Carpenter Technology Corporation(미국)으로부터 입수 가능한 BioDur® 734 스테인리스강이 있다.

[0009] 다른 유사한 Co 무함유 스테인리스강 조성물은, 예컨대 미국 특허 제6,168,755호에 설명되어 있는 고질소 스테인리스강으로, 여기에서는 “고질소, 고크롬 스테인리스강”(“HNHC 스테인리스강”)이라고 칭한다. 이 조성물을 포함하는 재료의 예로는, ASM SS-1231에 부합하는, Carpenter Technology Corporation(미국)으로부터 입수 가능한 Micro-Melt® NCORR™ 스테인리스강과 같은 재료이다.

[0010] 이들 재료를 사용할 수 있는 어플리케이션의 유형을 넓히기 위해, 강도 및 마모, 부식 및 피로에 대한 내성을 증가시키도록 ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강, 및 HNHC 스테인리스강을 처리해야 할 필요성이 존재한다.

발명의 내용

[0011] 본 발명의 실시예는 관절형 정형외과용 임플란트의 제조를 위한 것과 같은 다양한 어플리케이션에서 사용될 있다. 관절형 정형외과용 임플란트를 위해서는, 관절형 표면을 위해 요구되는 특성이, 대부분의 재료를 위해 요구되는 특성과 상이한데, 그 이유는 관절형 표면이 바람직하게는 내마모성인 동시에, 우수한 피로, 부식 및 마찰부식 특성을 갖기 때문이다. 다른 한편으로, 대부분의 합금은 탄성의 영률, 피로 및 인성 등의 관점에서 그 자체의 요건을 갖는다. 이들 이유로, 관절형 정형외과 어플리케이션을 위한 합금은 바람직하게는 재료 표면이 대부분의 재료보다 훨신 더 강해지도록 특별히 처리된다.

[0012] 여기에서 설명하는 프로세스는 또한 시계 구성요소, 전기 구성요소 및 드릴링 구성요소와 같은 다른 어플리케이션, 즉 미국 특허 제6,168,755호에 설명된 재료와 같은 ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강 또

는 고질소, 고크롬 스테인리스강(“HNHC 스테인리스강”)에 의해 제공되는 벌크 특성과 조합된 경질의 내마모성 표면을 요구하는 임의의 어플리케이션을 위한 물품을 제공하는 데 이용될 수 있다.

[0013] 일양태에서, 본 발명의 실시예는 물품 제조 방법에 관한 것이다. 상기 물품 제조 방법은, 기본적으로 망간 2.00 wt.% 내지 24.00 wt.%, 크롬 19.00 wt.% 내지 30 wt.%, 몰리브덴 0.50 wt.% 내지 4.0 wt.%, 질소 0.25 wt.% 내지 1.10 wt.%, 탄소 ≤ 1 wt.%, 인 ≤ 0.03 wt.%, 황 ≤ 1 wt.%, 니켈 < 22 wt.%, 코발트 < 0.10 wt.%, 실리콘 ≤ 1 wt.%, 니오븀 ≤ 0.80 wt.%, 산소 ≤ 1 wt.%, 구리 ≤ 0.25 wt.%, 잔부가 철로 이루어진 스테인리스강 조성물을 포함하거나, 기본적으로 이 조성물로 이루어진 빌렛을 형성하는 단계; 빌렛을 어닐링하는 단계; 빌렛을 냉간 가공하여 물품을 형성하는 단계; 및 물품의 어닐링 없이, 후속하여 물품을 단일 케이스 경화 온도에서 케이스 경화하여 물품의 정상면에 표면층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0014] 아래의 피쳐들 중 하나 이상이 포함될 수 있다. 스테인리스강 조성물은 망간 21.00 wt.% 내지 24.00 wt.%, 크롬 19.00 wt.% 내지 23.00 wt.%, 몰리브덴 0.50 wt.% 내지 1.50 wt.%, 질소 0.85 wt.% 내지 1.10 wt.%, 탄소 ≤ 0.08 wt.%, 인 ≤ 0.03 wt.%, 황 ≤ 0.01 wt.%, 니켈 ≤ 0.05 wt.%, 코발트 < 0.1 wt.%, 실리콘 ≤ 0.75 wt.%, 니오븀 0 wt.%, 구리 ≤ 0.25 wt.%, 잔부인 철을 포함할 수 있다.

[0015] 스테인리스강 조성물은 망간 2.00 wt.% 내지 4.25 wt.%, 크롬 19.5 wt.% 내지 22.0 wt.%, 몰리브덴 2.0 wt.% 내지 3.0 wt.%, 질소 0.25 wt.% 내지 0.50 wt.%, 탄소 ≤ 0.08 wt.%, 인 ≤ 0.025 wt.%, 황 ≤ 0.01 wt.%, 니켈 9.0 wt.% 내지 11.0 wt.%, 코발트 < 0.10 wt.%, 실리콘 ≤ 0.75 wt.%, 니오븀 0.25 wt.% 내지 0.80 wt.%, 구리 ≤ 0.25 wt.%, 잔부인 철을 포함할 수 있다.

[0016] 스테인리스강 조성물은 망간 5.85 wt.% 내지 15 wt.%, 크롬 27 wt.% 내지 30 wt.%, 몰리브덴 1.5 wt.% 내지 4.0 wt.%, 질소 0.8 wt.% 내지 0.97 wt.%, 인 < 0.02 wt.%, 니켈 8 wt.% 내지 22 wt.%, 코발트 < 0.01 wt.%, 그리고 (실리콘+산소+탄소+황) ≤ 1 wt.%인 실리콘, 산소, 탄소 및 황, 니오븀 0 wt.%, 구리 ≤ 0.01 wt.%, 잔부인 철을 포함할 수 있다.

[0017] 빌렛을 형성하는 단계는 공기, 진공 또는 슬래그 하에서 잉곳을 용융 및 재용융하고 잉곳을 단조하여 빌렛을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 빌렛을 형성하는 단계는 스테인리스강 조성물을 포함하는 분말을 성형하는 단계; 및 이 분말을 프레싱하여 빌렛을 성형하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 빌렛을 냉간 가공하는 단계는 냉간 성형, 냉간 압연, 냉간 인발, 숏피닝(shot peening) 또는 필거링(pilgering) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0020] 케이스 경화는 400 ℃ 내지 1000 ℃(752 ° F 내지 1832 ° F) 범위로부터 선택된 단일 온도에서 수행될 수 있다. 케이스 경화는 1 시간 내지 16 시간 범위에서 선택된 기간 동안 수행될 수 있다.

[0021] 케이스 경화는 침붕, 침탄, 질화처리, 침탄질화 및/또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0022] 표면층은 적어도 350 HV의 표면 경도를 포함할 수 있다. 표면층은 빌렛 스테인리스강 조성물을 포함할 수 있고, 탄소, 질소, 붕소 또는 이들의 조합 중 적어도 하나를 내부에 확산 형태로 더 포함할 수 있다.

[0023] 물품은 관절형 정형외과용 디바이스 요소, 시계 구성요소, 전기 구성요소 또는 드릴링 구성요소를 포함할 수 있다.

[0024] 다른 양태에서, 본 발명의 실시예는 관절형 정형외과용 디바이스에 관한 것이다. 관절형 정형외과용 디바이스는 제1 관절형 표면을 포함하는 제1 요소; 및 제1 관절형 표면과 함께 관절 운동하도록 구성된 제2 관절형 표면을 포함하는 제2 요소를 포함하고, 제1 요소 및 제2 요소 각각은 기본적으로 망간 2.00 wt.% 내지 24.00 wt.%, 크롬 19.00 wt.% 내지 30 wt.%, 몰리브덴 0.50 wt.% 내지 4.00 wt.%, 질소 0.25 wt.% 내지 1.10 wt.%, 탄소 ≤ 1 wt.%, 인 ≤ 0.03 wt.%, 황 ≤ 1 wt.%, 니켈 < 22.00 wt.%, 코발트 < 0. 10 wt.%, 실리콘 ≤ 1 wt.%, 니오븀 ≤ 0.80 wt.%, 산소 ≤ 1 wt.%, 구리 ≤ 0.25 wt.%, 잔부가 철인 스테인리스강 조성물로 구성된다. 제1 관절형 표면과 제2 관절형 표면 각각은, 스테인리스강 조성물을 포함하거나 기본적으로 이 조성물로 구성되고, 탄소, 질소 또는 붕소 중 적어도 1종을 내부에 확산된 형태로 더 포함하는 표면층을 포함한다.

[0025] 아래의 피쳐들 중 하나 이상이 포함될 수 있다. 표면층은 적어도 350 HV의 표면 경도를 가질 수 있다. 관절형 정형외과용 디바이스는 제1 요소와 제2 요소 사이에 배치되는 비구형(acetabular) 컵을 더 포함할 수 있다. 비구형 컵은 금속, 세라믹 및/또는 폴리머를 포함할 수 있다.

[0026] 또 다른 양태에서, 본 발명의 실시예는 스테인리스강 물품에 관한 것이다. 스테인리스강 물품은, 적어도 300 HV의 경도와 적어도 145 ksi의 항복 강도 중 하나 이상을 갖고, 기본적으로 망간 2.00 wt.% 내지 24.00 wt.%, 크롬 19.00 wt.% 내지 30 wt.%, 몰리브덴 0.50 wt.% 내지 4.00 wt.%, 질소 0.25 wt.% 내지 1.10 wt.%, 탄소 ≤ 1 wt.%, 인 ≤ 0.03 wt.%, 황 ≤ 1 wt.%, 니켈 < 22.00 wt.%, 코발트 < 0.10 wt.%, 실리콘 ≤ 1 wt.%, 니오븀 ≤ 0.80 wt.%, 산소 ≤ 1 wt.%, 구리 ≤ 0.25 wt.%, 잔부가 철인 스테인리스강 조성물로 구성된 벌크 재료; 및 벌크 재료 상에 배치되는 표면층을 포함한다. 표면층은 스테인리스강 조성물을 포함하거나 이 조성물로 기본적으로 구성되고, 탄소, 질소, 붕소 또는 이들의 조합 중 적어도 하나를 내부에 확산 형태로 더 포함할 수 있다.

[0027] 아래의 피처들 중 하나 이상이 포함될 수 있다. 표면층은 10 마이크로미터 내지 1000 마이크로미터 범위 또는 30 마이크로미터 내지 40 마이크로미터 범위에서 선택된 두께를 가질 수 있다. 탄소 농도는 표면층의 정상면에서의 0.10 wt.% 이상 내지 벌크 재료에서의 0.08 wt.% 미만의 범위일 수 있다.

[0028] 질소 농도는 표면층의 정상면에서의 1.10 wt.% 이상 내지 벌크 재료에서의 0.85 wt.% 내지 1.10 wt.%의 범위에 이르는 범위일 수 있고, 표면층에서의 질소 농도는 벌크 재료보다 높을 수 있다. 붕소 농도는 표면층의 정상면에서의 0.10 wt.% 이상 내지 벌크 재료에서의 0 wt.%의 범위일 수 있다.

[0029] 스테인리스강 물품은 관절형 정형외과용 디바이스 요소, 시계 구성요소, 전기 구성요소 또는 드릴링 구성요소일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 냉간 가공 퍼센트에 따른, BioDur® 108 스테인리스강과 같은 ASTM F2229 스테인리스강의 항복 강도(YS) 및 극한 인장 강도(UTS)의 차트이다.

도 2는 냉간 가공 퍼센트에 따른, BioDur® 734 스테인리스강과 같은 ASTM F1586 스테인리스강의 YS 및 UTS의 차트이다.

도 3은 냉간 가공 퍼센트에 따른, ASM SS-1231 스테인리스강과 같은 고질소, 고크롬 스테인리스강(“HNHC 스테인리스강”)의 YS 및 UTS의 차트이다.

도 4는 케이스 경화 프로세스의 개략도이다.

도 5는 인공 고관절의 개략도이다.

도 6a는 본 발명의 실시예에 따라 처리된 BioDur® 108 스테인리스강 샘플의 경도 대 표면으로부터의 거리를 예시하는 그래프이다.

도 6b는 본 발명의 실시예에 따라 처리된 BioDur® 108 스테인리스강 샘플의 탄소 농도(wt.% 단위) 대 표면으로부터의 거리를 예시하는 그래프이다.

도 6c는 도 6a 및 도 6b의 샘플의 일련의 현미경 사진이다.

도 7a는 본 발명의 실시예에 따라 처리된 BioDur® 734 스테인리스강 샘플의 경도 대 표면으로부터의 거리를 예시하는 그래프이다.

도 7b는 본 발명의 실시예에 따라 처리된 BioDur® 734 스테인리스강 샘플의 탄소 농도(wt.% 단위) 대 표면으로부터의 거리를 예시하는 그래프이다.

도 7c는 도 7a 및 도 7b의 샘플의 일련의 현미경 사진이다.

도 8a는 본 발명의 실시예에 따라 처리된 NCORR™ 스테인리스강 샘플의 경도 대 표면으로부터의 거리를 예시하는 그래프이다.

도 8b는 본 발명의 실시예에 따라 처리된 NCORR™ 스테인리스강 샘플의 탄소 농도(wt.% 단위) 대 표면으로부터의 거리를 예시하는 그래프이다.

도 8c는 도 8a 및 도 8b의 샘플의 일련의 현미경 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] **합금**

[0032] 본 발명의 실시예에 따른 프로세스는 (i) ASTM F2229 스테인리스강 조성물, 예컨대 상업적으로 입수 가능한 BioDur® 108 스테인리스강, (ii) ASTM F1586 스테인리스강 조성물, 예컨대 상업적으로 입수 가능한 BioDur® 734 스테인리스강, 또는 (iii) 예컨대, 미국 특허 제6,168,755호에 설명되고, 또한 ASM International(American Society for Metals and Alloys)에 의해 공표된 "Alloy Digest - Data on World Wide Metals and Alloys"의 파일링 코드 ASM SS-1231에 설명된 바와 같은 고질소, 고크롬 스테인리스강(“HNHC 스테인리스강”)에 부합하는 스테인리스강 합금을 개질한다. 상업적으로 입수 가능한 이들 3개의 합금 모두는 Carpenter Technology Corporation에 의해 제조된다.

[0033] 특히, ASTM F2229 스테인링스강은 기본적으로, 생체적합성이 우수하고 미국의 식품의약청에 의해 의료 용도로 인가받은 니켈 및 코발트 무함유 질소 강화 스테인리스강이다. 이는 미세 구조적 무결성 및 청결성을 보장하기 위해 전기 슬래그 리멜팅(Electro-Slag Remelting; ESR) 프로세스에 의해 생성되며, 이식형 정형외과용 디바이스, 고강도 수술 기구, 및 교정 디바이스와 같은 어플리케이션에 사용된다. 코발트의 의도적인 추가가 없으므로, 이는 잠재적인 발암성, 돌연변이성, 재생성 독소 물질인 코발트의 존재를 표시하기 위해 0.10 wt.% 초과의 코발트 함량을 함유하는 디바이스를 필요로 하는 유럽 연합 의료 디바이스 규정(European Union Medical Device Regulation) 2017/745를 준수한다. ASTM F2229 스테인리스강도 또한, 의도적으로 첨가된 니켈, 즉 의학 어플리케이션에서 피부 염증을 유발하고 알러지기 반응, 기형성 및 발암성을 야기하는 것으로 알려진 금속을 포함하지 않는다(의료 어플리케이션을 위한 니켈 무함유 오스테나이트계 스테인리스강, Yang 등 저, *Sci. Technol. Adv. Mater.* 11 (2010) 014105) 참고). 알려져 있는 그 장점에도 불구하고, ASTM F2229 스테인리스강의 사용은 종래의 방법으로 제조될 때에, 예컨대 통상 약 300 Hv의 상대적인 부드러움을 고려하여 제한된다. Carpenter Technology에 의해 제조된 BioDur® 108 스테인리스강과 L. Klein SA(스위스)에 의해 유통된 CHRONIFER® 108 니켈 무함유 스테인리스강은 ASTM F2229 스테인리스강 표준과 호환 가능한 합금의 예이다.

[0034] ASTM F1586 스테인링스강은 기본적으로, 미국의 식품의약청에 의해 의료 용도로 인가받은 코발트 무함유 질소 강화 스테인리스강이다. 이는 또한, 유럽 연합 의료 디바이스 규정 2017/745와 호환 가능하며, 골 플레이트, 골 나사, 및 둔부 및 무릎 컴포넌트와 같은 이식형 정형외과 부품에 사용된다. ASTM F1586 스테인리스강 표준은 9.00 내지 11.00 wt.% Ni를 요구한다. Carpenter Technology에 의해 제조된 BioDur® 734는 ASTM F1586 스테인리스강 표준과 호환 가능한 합금의 예이다.

[0035] HNHC 스테인리스강은 빌렛을 형형하기 위해 분말을 무화하고 굳어지게 하는 것으로 구성된 분말 야금 프로세스를 이용하여 제조된, 기본적으로 코발트 무함유 질소 강화 스테인리스강이다. 이것은 또한 유럽 연합 의료 디바이스 규정 2017/745와 호환 가능하며, 최대 8.00 wt.% Ni를 함유한다. 그 조성은 냉간 가공을 통해 높은 레벨의 강도를 생성할 수 있게 한다.

[0036] 본 발명의 실시예에 따라 처리될 수 있는 스테인리스강은 아래의 표 1의 제5 열에 표시된 범위로부터 선택된 조성을 갖는다. 이 범위는 표 1에도 주어진 ASTM F2229 스테인리스강 조성물, ASTM F1586 스테인리스강 조성물, 및 HNHC 스테인리스강 조성물에 대한 범위를 포함한다. 각각의 원소에 대한 바람직한 한계가 아래에서 설명된다. 3개의 합금 모두의 잔부는 철과, 정상 제조에 기인하는 불순물이다.

표 1

[0037]

원소	ASTM F2229	ASTM F1586	HNHC	범위
Fe	잔부	잔부	잔부	잔부
Co	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Mn	21.00 – 24.00	2.00 – 4.25	5.85 – 15	2.00 - 24.00
Cr	19.00 – 23.00	19.5 – 22.0	27 – 30	19.00 – 30
Mo	0.50 – 1.50	2.0 – 3.0	1.5 – 4.0	0.50-4.0
N	0.85 – 1.10	0.25 – 0.50	0.8 – 0.97	0.25 – 1.10
Ni	≤0.05	9.0 – 11.0	8 – 22	≤ 22
Nb	0	0.25 – 0.80	0	≤ 0.80
C	≤0.08	≤ 0.08	불순물만*	≤1
P	≤0.03	≤0.025	≤0.02	≤0.03
S	≤0.01	≤0.01	불순물만*	≤1
Si	≤0.75	≤0.75	불순물만*	≤1
O	비의도적으로 첨가됨	비의도적으로 첨가됨	불순물만*	≤1
Cu	≤0.25	≤0.25	≤0.01	≤0.25

[0038] wt.% 단위의 스테인리스강의 조성

[0039] *실리콘, 산소, 탄소 및 황은 (실리콘 + 산소 + 탄소 + 황) ≤ 1 wt.%임

표 2

원소	미국 특허 제6,168,755호의 개시에 기초	바람직한 #1	바람직한 #2 (ASM SS-1231)
Fe	잔부	잔부	잔부
Co	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Mn	6 - 15	5.85 – 6.15	6.00
Cr	27 – 30	29.30 – 29.70	29.50
Mo	1.5 – 4.0	1.85 – 2.15	2.00
N	0.8 – 0.97	0.80 – 0.90	0.85
Ni	8 – 22	14.80 – 15.20	15.00
Nb	0	0	0
C	불순물만*	≤0.030	≤0.030
P	불순물만	≤0.020	≤0.020
S	불순물만*	≤0.004	0.004
Si	불순물만*	0.45 – 0.55	≤0.50
O	불순물만*	비의도적으로 첨가됨	비의도적으로 첨가됨
Cu	불순물만	≤0.01	≤0.01

[0040]

[0041] HNHC 스테인리스강의 예시적인 조성

[0042] *실리콘, 산소, 탄소 및 황은 (실리콘 + 산소 + 탄소 + 황) ≤ 1 wt.%임

[0043] 코발트는 표 1 및 표 2의 임의의 합금에 비의도적으로 첨가되는 원소이다. 정상 제조로 인한 잔류 코발트는 유럽 연합 의료 디바이스 규정(European Union Medical Device Regulation) 2017/745 및 바람직하게는 0.010 wt.% 미만으로 유지된다.

[0044] 대상 합금에서의 망간의 주요 기능은 질소에 대한 용해도를 증가시키는 것이며; (표 1 및 표 2에 열거된 범위 내의) 특정 레벨의 망간이 원하는 질소 레벨을 제공하기 위해 선택된다. 용액에서 최대 1.10 wt.%의 N을 허용하기 위해 ASTM F2229 스테인리스강에는 21.00 wt.% 내지 24.00 wt.%의 Ni가 필요하다. 원하는 N 레벨이 0.25 wt.% 내지 0.50 wt.%이고 여분의 Ni가 N 용해도에 기여하기 때문에 ASTM F1586 스테인리스강에서는 단지 2.00 wt.% 내지 4.25 wt.%의 Ni만이 필요하다. HNHC 스테인리스강은 용액에서 0.80 wt.% 내지 0.97 wt.%의 N을 허용하기 위해 최대 15 wt.%의 Mn을 요구한다.

[0045] 크롬은 내식성과 질소 용해도 모두를 증가시킨다. 그러나, 크롬을 증가시키는 것은 또한 오스테나이트 안정성을 감소시킨다. 필요한 내식성을 제공하기 위해 (표 1 및 표 2에 열거된 범위 내) 크롬 레벨이 선택되고, 이어서 오스테나이트 안정성을 유지하기 위해 필요에 따라 다른 원소의 레벨이 조정된다. ASTM F2229 및 ASTM F1586 스테인리스강은 원하는 내식성에 도달하기 위해 유사한 레벨의 Cr(19.00 wt.% 내지 23.00 wt.%)을 필요로 한다. HNHC 스테인리스강은 추가의 내식성 및 더 가혹한 환경에서의 용도를 위해 27 wt.% 내지 30 wt.% Cr을 필요로 한다.

[0046] 몰리브덴은 부식에 대한 내성, 특히 임플란트 어플리케이션에서 우려되는 국부적 부식의 유형에 대한 내성을 상당히 개선한다. 그러나, 몰리브덴은 또한 오스테나이트 안정성을 상당히 감소시킨다. 크롬과 같이, 필요한 내식성을 제공하기 위해 (표 1 및 표 2에 열거된 범위 내) 몰리브덴 레벨이 선택되고, 다른 원소들과 평형을 이루며; 오스테나이트 안정성을 유지하기 위해 필요에 따라 다른 원소들의 레벨이 조정된다.

[0047] 질소는 표 1 및 표 2에 열거된 합금에서 오스테나이트 안정성을 유지하는 데 중요한 역할을 할 뿐만 아니라, 내식성 및 강도 레벨을 결정하는 데 상당한 기여를 한다. 높은 레벨의 질소는 냉간 가공 중에 스테인리스강의 스

트레인 경화 속도를 증가시키며, 즉 주어진 레벨의 냉간 가공에 의한 냉간 가공 변형 단계 동안에 얻어진 강도는 질소 레벨에 따라 증가한다. 과도한 질소 레벨은 용융, 무화, 응고, 단조 및 기타 프로세스 단계에서의 어려움을 초래할 수 있다. (표 1 및 표 2에 열거된 범위 내의) 질소 레벨은 질소 용해도에 영향을 미치는 다른 원소의 레벨을 제어함으로써 제어된다.

[0048] 실리콘 첨가물은 용융 및 정제 프로세스 중에 탈산화를 제공하며; 사용되는 특정 레벨은 채용되는 용융 프로세스에 따라 달라진다. 실리콘을 증가시키는 것은 오스테나이트 안정성과 질소 용해도 모두를 감소시키기 때문에, 실리콘 레벨은 ASTM F2229 및 ASTM F1586 스테인리스강에서는 0.75 wt.%로 제한되고, 예컨대 미국 특허 제6,168,755호에 설명된 HNHC 스테인리스강에서는 1 wt.% 이하(실리콘, 산소, 탄소 및 황의 총합)로 제한된다.

[0049] 인은 의도적으로 첨가되는 것이 아니라, 표 1 및 표 2에서의 합금과 같은 합금을 용융시키기 위해 일반적으로 사용되는 원료에 불순물로서 존재한다. 과도한 레벨의 인은 연성과 같은 특정 특성을 감소시킬 수 있기 때문에, 인 레벨이 최대 0.025 wt.%의 0.020 wt.% 미만이 되도록 용융 및 정제 절차가 사용된다.

[0050] 인과 마찬가지로, 황은 의도적으로 첨가되는 것이 아니라, 표 1 및 표 2에서의 합금과 같은 합금을 용융시키기 위해 일반적으로 사용되는 원료에 불순물로서 존재한다. 과도한 황의 레벨도 또한 연성과 같은 특정 특성을 감소시킬 수 있기 때문에, 황 레벨이 ASTM F2229 및 ASTM F1586 스테인리스강에서는 0.010 wt.% 미만이고, 예컨대 미국 특허 제6,168,755호에 설명된 HNHC 스테인리스강에서는 1 wt.% 이하(실리콘, 산소, 탄소 및 황의 총합)가 되도록 용융 및 정제 절차가 이용된다.

[0051] 구리는 특정 부식 타입에 대한 내성을 향상시키기 위해 스테인리스 합금에 종종 첨가되지만, 구리는 전형적으로 임플란트 어플리케이션을 위해 의도된 표 1 및 표 2의 합금에는 비의도적으로 첨가된다. (원료에서 불순물로서 존재할 수 있는) 구리 레벨은 ASTM F2229 및 ASTM F1586 스테인리스강에서는 0.25 wt.% 미만으로 제한되고, 예컨대 미국 특허 제6,168,755호에 설명된 HNHC 스테인리스강에서 0.01 wt.% 미만으로 제한된다.

[0052] 고용체 내의 탄소는 오스테나이트상을 안정화시킨다. 탄소는 또한 탄화물상을 형성하도록 다양한 원소와 조합될 수 있다. 결정립계에서의 크롬 카바이드 형성이 감소된 내식성을 초래할 수 있기 때문에, 높은 내식성을 위해 구성된 오스테나이트 합금은 통상 낮은 탄소 레벨을 갖는다. ASTM F2229 및 ASTM F1586 스테인리스강 합금 내의 탄소는 예컨대 미국 특허 제6,168,755호에 기재된 HNHC 스테인리스강에서 0.08 wt.% 미만 및 1 wt.% 미만(실리콘, 산소, 탄소 및 황을 포함한 총)의 레벨로 제한된다.

[0053] 여기에서 설명되는 프로세스는 전술한 합금을 제조하기 위해 당업자에게 알려진 방법을 채용하며, 표면층을 포함하는 물품을 형성하도록 다수의 추가의 단계를 포함한다. 프로세스는 원료를 용융시키는 단계, 용금을 무화 또는 주조하는 단계, 단조 중에 잉곳을 빌렛으로 변환하는 단계, 및 빌렛의 최종 어닐링 열처리를 포함한다. 냉간 가공 단계, 즉 물품을 성형하기 위해 저온에서 수행되는 변형 단계가 이에 후속하고, 이것은 벌크 항복 강도 및 극한 인장 강도를 증가시킨다. 냉간 가공 직후, 물품의 케이스 경화 단계가 물품의 표면 특성을 향상시키기 위해 저온에서 수행된다. 종래 방법과 달리, 케이스 경화 단계에 어닐링 단계가 선행하지 않는다. 냉간 가공은 재료를 긴장시키고 재료를 보다 강하게 하며; 이와 대조적으로 어닐링은 재료를 이완시키고 더 부드럽게 한다.

[0054] 따라서, 냉간 가공 후에 물품을 어닐링하는 것은 냉간 가공의 목적을 무산시켜, 합금이 냉간 가공 중에 얻은 강도를 잃게 된다.

[0055] **빌렛 형성 및 어닐링**

[0056] 전술한 ASTM F2229 스테인리스강으로 형성된 잉곳은 전자 슬래그 재용융(Electro-Slag Remelting)이 후속하는 아크 용융 또는 진공 유도 용융(Vacuum Induction Melting; VIM)에 의해 제조될 수 있다. 응고 후, ASTM F2229 스테인리스강의 잉곳은, 균질한 미세 구조를 보장하기 위해, 노에서 균질화되고, Carpenter Technology BioDur® 108 기술 데이터시트에 따라 프레스 또는 방사상 단조 기계에서의 고온 가공을 통해 빌렛으로 변환되며, 이 데이터시트는 모든 목적을 위해 참조에 의해 전체 내용이 여기에 포함된다(Carpenter Technology Corporation, CarTech® BioDur® 108 Alloy). 단조 후, ASTM F2229 스테인리스강의 빌렛은 1 시간의 지속기간 동안 1900 °F(1038 ℃) 내지 2100 °F(1149 ℃) 범위의 온도로 어닐링된 후, 1500 °F(816 ℃) 내지 1800 °F(982 ℃)에서의 크롬 질화물의 형성을 방지하기 위해 실온으로 급속히 냉각될 수 있다. 본 개시의 내용에서, 이 어닐링 단계는 회복 또는 재결정화를 통해 내부 응력을 완화하거나 재료를 연화시키기 위해 공기, 보호 분위기 또는 진공에서 수행되는 열적 프로세스로서 정의된다.

[0057] 전술한 ASTM F1586 스테인리스강으로 형성된 잉곳은 전자 슬래그 재용융(ESR)이 후속하는 아크 용융 또는 진공 유도 용융(VIM)에 의해 제조될 수 있다. 균질화 및 단조 후에, ASTM F1586 스테인리스강의 빌렛은 1922 °

F(1050 ℃) 내지 2102 ° F(1150 ℃) 범위의 온도로 어닐링되고, Carpenter Technology BioDur® 734 기술 데이터시트에 따라 크롬 질화물의 형성을 방지하기 위해 급속하게 켄칭될 수 있으며, 상기 데이터시트는 모든 목적을 위해 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다(Carpenter Technology Corporation, CarTech® BioDur® 734 Alloy).

[0058] HNHC 스테인리스강은 열간 등압 성형(HIP)을 통해 완전히 치밀한 잉곳으로 응고되는 분말을 형성하기 위해 분말야금(㎛) 기술을 이용하여 제조될 수 있다. 단조 후, 빌렛은 "Alloy Digest - Data on World Wide Metals and Alloys"에서 파일링 코드 ASM SS-1231 하에 설명된 권고에 따라 1 시간 동안 2000 ° F(1093 ℃)에서 어닐링되고, 크롬 질화물의 형성을 방지하기 위해 급속하게 켄칭될 수 있다.

[0059] **냉간 가공**

[0060] 냉간 가공은 제한하는 것은 아니지만 고상선 온도의 2/3 이하에서 수행되는 냉간 압연, 냉간 인발, 숏피닝 또는 필거링의 조합으로 구성되는 성형 단계로서 정의된다. 대부분의 스테인리스강의 경우, 고상선 온도(합금이 완전히 고체인 가장 높은 온도 미만으로 정의됨)는 적어도 2400 ° F(1316 ℃)이고, 이 온도의 2/3은 약 1600 ° F(871 ℃)이다. 본 개시의 나머지 부분에서, 저온 성형 단계는 실온과 1600 ° F (871 ℃) 사이에서 수행되는 성형 단계로서 이해된다. 1000 ° F (538 ℃) 내지 1600 ° F (871 ℃) 온도 범위에서 수행되는 냉간 가공은 이따금 “가온 가공”으로 칭할 수 있다. 따라서, 여기에서 사용되는 “냉간 가공”은 저온 및 가온 가공, 즉 실온 내지 1600 ° F (871 ℃)에서 수행되는 성형 단계를 포함한다.

[0061] 1000 ° F(538 ℃) 내지 1600 ° F(871 ℃) 온도 범위에서 수행되는 가온 가공(저온 가공)은, 온도 범위에서 수행되는 변형이 보다 용이하기 때문에, 즉 원하는 변형 레벨에 도달하기 위해 물품에 보다 적은 외부 강도가 적용될 것이 요구되기 때문에 바람직한 프로세싱 단계일 수 있다. 1000 ° F (538 ℃) 내지 1600 ° F (871 ℃) 온도 범위에서 수행되는 변형은 물품에 보다 적은 결함(예컨대, 전위, 점결함)을 도입하고, 물품에 저장되는 보다 적은 에너지를 형성한다. 회수 또는 재결정화를 위해 이용 가능한, 저장된 에너지가 적은 물품은 케이스 경화 단계와 같은 추가 프로세스 동안에 요구되는 벌크 강도를 유지할 가능성이 더 높다.

[0062] 그 특정 화학적 성질로 인해 그리고 대부분의 다른 강 합금과는 달리, ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강, 또는 HNHC 스테인리스강을 고온에서 경화시키기 위해 사용될 수 있는 경화 메커니즘이 없고, 냉간 가공은 이들을 경화시키고 하중 지지 어플리케이션과 호환 가능하게 할 수 있는 유일한 프로세싱 단계이다. 따라서, 합금은 바람직하게는 냉간 가공(즉, 1600 ° F/871 ℃ 미만의 저온에서 변형됨)되어 더 강해진다.

[0063] ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강, 및 HNHC 스테인리스강은 상이한 조성 및 상이한 작업 경도를 가지며, 즉 동일한 냉간 성형 단계를 거칠 때에 상이하게 경화되고 동일한 레벨의 기계적 특성에 도달하기 위해 상이한 레벨의 냉간 가공을 필요로 한다.

[0064] 예를 들어, 도 1은 의료 임플란트용 MJ Walter 스테인리스강으로부터 조정된다: BioDur® 108 스테인리스강에서의 높은 레벨의 질소는 의료 임플란트를 위한 향상된 의료 및 물리적 특성(*Adv. Mater. Process.* 164 (2006) 84-86)을 제공하며, Carpenter Technology BIODUR® 108 STAINLESS 데이터 시트로부터 조정되며, 상기 데이터시트는 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다. 도 1을 참고하면, 어닐링된 조건(냉간 가공 = 0%)에서의 ASTM F2229 스테인리스강은 실온에서 88 ksi 항복 강도(YS)/135 ksi 극한 인장 강도(UTS)를 제공하고, 80%의 냉간 가공 후에 270 ksi YS/320 ksi UTS를 제공한다. 해당 합금으로 제조된 부품이 ASTM 799 표준 기계적 특성(실온에서 120 ksi YS / 170 ksi UTS)에 도달하기 위해 15 %의 적합한 냉간 가공 프로세스가 바람직하며, ASTM 799 표준 기계적 특성은 모든 목적으로 그 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다. 다른 어플리케이션에 있어서, 특정 조합의 YS 및 UTS를 타겟팅하기 위해 상이한 레벨의 냉간 가공이 요망될 수 있다.

[0065] 다른 예시에서, 도 2는 Carpenter Technology BIODUR® 734 STAINUESS 데이터시트로부터 조정되었으며, 상기 데이터시트는 모든 목적으로 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다. 도 2를 참고하면, 어닐링된 조건에서의 ASTM F1586 스테인리스강은 실온에서 65 ksi YS/122 ksi UTS 제공하고, 35%의 냉간 가공 후에 128 ksi YS/170 ksi UTS를 제공한다. 해당 합금으로 제조된 부품이 ASTM 799 표준 기계적 특성(실온에서 120 ksi YS/170 ksi UTS)에 도달하기 위해 적어도 40%의 적절한 냉간 가공 프로세스가 바람직하다. 마찬가지로, 다른 어플리케이션에 있어서, 특정 조합의 YS 및 UTS를 타겟팅하기 위해 상이한 레벨의 냉간 가공이 요망될 수 있다.

[0066] 마지막 예시에서, 도 3은 Carpenter Technology CarTech® Micro-Melt® NCORR™ 데이터시트로부터 조정되며, 상기 데이터시트는 모든 목적으로 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다. 어닐링된 조건에서의 HNHC 스테인리스강은 실온에서 100 ksi YS/153 ksi UTS 제공하고, 70%의 냉간 가공 후에 264 ksi YS/328 ksi UTS를 제공한

다. 해당 합금으로 제조된 부품이 ASTM 799 표준 기계적 특성(실온에서 120 ksi YS/170 ksi UTS)에 도달하기 위해 적어도 15%의 적절한 냉간 가공 프로세스가 바람직하다. 마찬가지로, 다른 어플리케이션에 있어서, 특정 조합의 YS 및 UTS를 타겟팅하기 위해 상이한 레벨의 냉간 가공이 요망될 수 있다.

[0067] **케이스 경화**

[0068] 케이스 경화는 스테인리스강의 표면층을 경화하는 데 사용되는 표면 개질 프로세스이다. 따라서, 예컨대 가스, 이온 또는 플라즈마 매체에서 또는 진공에서 탄소, 질소, 붕소, 또는 이들의 조합과 같은 원소의 격자간 원소의 확산을 통해 ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강, 또는 ASM SS-1231 스테인리스강과 같은 HNHC 스테인리스의 표면 경도를 증가시키기 위해, 케이스 경화 단계가 이용될 수 있다. 팩(pack) 침탄, 팩 질화처리 또는 팩 침붕의 경우, 케이스 경화 단계는 탄소, 질소 또는 붕소가 농후한 재료에서 행해질 수 있다. 이 단계는 유해한 제2 상의 형성을 방지하기 위해 1000 ℃ 미만의 케이스 경화 온도에서의 침탄, 질화처리, 침붕, 침탄질화, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 이 프로세스는 재료의 벌크보다 훨씬 더 단단하고 또한 마모, 부식, 및 피로 손상에 대한 향상된 내성을 갖는 표면층의 형성을 초래한다.

[0069] 케이스 경화는 ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강 또는 HNHC 스테인리스강의 표면 특성을 개선하고, 이들 합금의 부식, 피로 및 마모 내성을 개선하여, 관절형 정형외과 어플리케이션과 같은 다양한 어플리케이션에서 보다 양호한 성능을 초래하기 위해 사용될 수 있다.

[0070] 특히, 케이스 경화는 C-농후, N-농후, B-농후, 또는 이들의 조합 또는 확산 프로세스를 통해 합금의 근접 표면 화학적 성질을 변경하기 위해 사용되는 다른 적합한 환경에서의 열처리 프로세스이다. 이는 격자간 원소가 재료의 표면층 내로 확산될 수 있게 한다. 케이스 경화 프로세스는 침붕(붕소의 확산), 침탄(탄소의 확산), 질화처리(질소의 확산), 침탄질화(탄소 및 질소 동시 확산) 또는 이들의 조합일 수 있다. 케이스 경화 프로세스는 가스, 이온 또는 플라즈마 매체를 사용하여 또는 진공에서 수행될 수 있다. 케이스 경화 프로세스 중에, 격자간 원소는 표면층으로 확산되어, 재료의 표면에 과포화 고용체를 형성한다. 상기 프로세스는 붕화물, 탄화물, 질화물 또는 탄질화물과 같은 석출물 및 유해한 제2 상의 형성을 방지할 정도로 충분히 낮은 온도에서 수행된다. XY Li, N Habibi, T Bell, H Dong, "플라즈마 탄소화된 저탄소 Co-Cr 합금의 미세 구조적 특성화", *Surf. Eng.* 23 (2007) 45-51를 참조한다. 케이스 경화 온도는 350 ℃ 내지 1000 ℃, 예컨대 400 ℃ 내지 1000 ℃ 범위이고, 지속기간은 최장 60 시간, 최단 1 시간일 수 있다. 예컨대 SR Collins, PC Williams, SV Marx, A Heuer, F Ernst, H Kahn, "Low-Temperature Carburization of Austenitic Stainless Steels," in: *Heat Treat. Irons Steels*, ASM International, 2014: pp. 451-460 참조.

[0071] 여기에서 설명하는 일부 실시예에서, 케이스 경화 온도는 500 ℃, 550 ℃, 750 ℃, 또는 960 ℃와 같이 400 ℃ 내지 1000 ℃ 범위이다. 일부 실시예에서, 케이스 경화 기간은 1 시간 내지 16 시간, 예컨대 1 시간, 4 시간, 5 시간, 또는 16 시간 범위이다. 합금이 케이스 경화되는 온도는 탄소, 질소 및 붕소의 확산도를 증가시키며, 즉 케이스 경화 온도가 높을수록, 케이스층에 더 많은 양의 격자간 원소를 도입하는 것이 더 쉬워지고 케이스층이 더 두꺼워진다. 더 높은 온도에서 표면 케이스 경화 단계는 보다 효율적이고, 즉 보다 낮은 온도에서 수행되는 동일한 케이스 경화 단계보다 빠르지만, Cr 및 N이 농후한 스테인리스강에 합금의 내식성에 해로운 탄화물 또는 질화물의 형성을 초래할 수 있다. 케이스 경화 온도 및 시간은 원하는 케이스층 두께를 형성하고 해로운 탄화물 및 질화물 형성을 피하도록 밸런싱되고 합금 조성에 맞춰져야 한다.

[0072] 부품들이 기계 가공될 수 있도록 하기 위해 10 ㎛의 최소 케이스 표면층 두께가 요구되고, 100 ㎛가 더 바람직한 두께이고, 1,000 ㎛가 훨씬 더 바람직한 두께이다. 내마모성을 요구하는 어플리케이션에 있어서 적어도 400 HV, 바람직하게는 800 HV, 보다 바람직하게는 900 HV, 훨씬 더 바람직하게는 1200 HV의 표면 경도가 요망된다. 표면 경도와 케이스 층 두께의 조합은 최종 어플리케이션에 의해 결정되며, 그 이유는 일부 어플리케이션은 더 얕지만 더 단단한 표면층을 필요로 하고, 다른 어플리케이션은 더 두껍지만 더 부드러운 케이스 표면층을 필요로 하기 때문이다.

[0073] 케이스 경화는 단일 케이스 경화 온도에서 수행되어 프로세스를 단순화하고 가열 및 냉각 램프 동안 유해한 상을 형성할 위험을 최소화한다. 샘플은 케이스 경화 프로세스 중에 다른 온도, 예컨대 사이클의 가열부 중에, 실온에서 케이스 경화 온도까지, 예컨대 침탄 온도까지, 그리고 사이클의 냉각부 중에 케이스 경화 온도로부터 실온까지 겪을 수 있다. 케이스 경화 사이클은 케이스 경화 온도로 재료를 유지하면서, 재료의 표면층 내로 격자간 원소가 확산될 수 있도록(즉, 붕소, 탄소, 및/또는 질소의 도입이 일시적으로 중단됨) 중단될 수 있다. 케이스 경화 사이클은 또한, 케이스 경화 온도 및 확산 기간에서 연속적인 짧은 케이스 경화 펄스를 포함할 수 있으며, 이는 격자간 원소가 재료의 표면층 내로 확산될 수 있게 한다.

[0074] 케이스 경화 프로세스는 재료의 벌크보다 훨씬 더 단단하고(도 4의 개략적인 예시 참조), 또한 마모, 부식, 및 피로 손상에 대한 향상된 내성을 갖는 표면층의 형성을 초래한다. 본 발명의 실시예에 따르면, ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강 또는 HNHC 스테인리스강의 냉간 가공(가온 가공 포함) 물품은 케이스 경화 열처리를 받는다.

[0075] 다양한 상용 벤더에 의해 다양한 케이스 경화 열처리 사이클이 제공된다: Kolsterising®(Bodycote 소유), ExpaniteHigh-T, ExpaniteLow-T 및 SuperExpanite(Expanite A/S 소유) 또는 Infracarb®(ECM-USA 소유). 마찬가지로, 상용 질화처리, 침탄질화 또는 침붕 케이스 경화 열처리 사이클이 동일한 벤더로부터 이용 가능하다.

[0076] 여기에서 설명되는 스테인리스강에 대해 케이스 경화 단계(팩 침탄이라고 불리는 침탄 단계)를 수행하기 위한 예시적인 시스템은 고온 노로, 예컨대, Lucifer Furnaces Inc.에 의해 제조된 RD7-KHE24 박스 노이다. 펠릿화 탄소와 탄산나트륨 무수물의 혼합물이 금속제 컨테이너 내에 배치될 수 있다. 적합한 조성은 98 %(중량)의 펠릿화 탄소와 2 %(중량)의 무수탄산나트륨일 수 있다. 금속성 컨테이너는 스테인리스강 덮개로 덮이고, 고온 내화성 시멘트로 밀봉된 스테인리스강 직사각형 박스일 수 있다. 이어서, 혼합물을 지닌 금속제 컨테이너는 케이스 경화 대상 물품과 함께 노 내에 배치될 수 있다. 혼합물 및 물품은 원하는 농도의 격자간 원소로 물품의 최상면상에 표면 층을 획득하기에 충분한 시간 기간 동안 원하는 케이스 경화 온도로 가열되고, 이어서, 물, 오일, 공기, 또는 임의의 다른 유체로 담금질하는 것을 통해 실온으로 빠르게 냉각된다.

[0077] 케이스 경화 후에, 용액 내의 격자간 원소는 압축 응력을 생성하여, 표면층을 재료의 벌크보다 훨씬 더 단단하고 피로 및 마모에 더 강하게 만든다. 표면층 내의 격자간 원소의 더 높은 농도는 부식 손상에 대한 내성을 더 크게 한다.

[0078] 본 발명의 실시예에 따른 확산된 격자간 원소의 적합한 레벨은 다음과 같다:

[0079] ● ASTM F2229 스테인리스강

[0080] o 침탄: ASTM F2229 스테인리스강은 최대 0.08 wt.%의 탄소를 함유한다. 침탄 후, 표면층 내의 탄소의 농도는 적어도 0.10 wt.%, 바람직하게는 최대 5.00 wt.%이다.

[0081] o 질화처리: ASTM F2229 스테인리스강에서의 전형적인 질소 레벨은 0.85 wt.% 내지 1.10 wt.% 범위이다. 질화처리 후, 표면층 내의 질소 농도는 그 정상면에서의 적어도 1.10 wt.% 내지 벌크 재료에서의 0.85 wt.% 내지 1.10 wt.% N의 범위이며, 표면층 내의 질소 농도는 벌크 재료에서보다 높다.

[0082] o 침붕: ASTM F2229 스테인리스강의 공칭 조성은 붕소를 포함하지 않는다. 침붕 케이스 경화 열처리는 적어도 0.05 wt.% B를 함유하는 표면층을 초래한다.

[0083] o 이들의 조합

[0084] ● ASTM F1586 스테인리스강

[0085] o 침탄: ASTM F1586 스테인리스강은 최대 0.08 wt.%의 탄소를 함유한다. 침탄 후, 표면층 내의 탄소의 농도는 적어도 0.10 wt.%, 바람직하게는 최대 5.00 wt.%이다.

[0086] o 질화처리: ASTM F1586 스테인리스강에서의 전형적인 질소 레벨은 0.25 wt.% 내지 0.50 wt.% 범위이다. 질화처리 후, 표면층 내의 질소 농도는 그 정상면에서의 적어도 0.50 wt.% 내지 벌크 재료에서의 0.25 wt.% 내지 0.50 wt.% N의 범위이며, 표면층 내의 질소 농도는 벌크 재료에서보다 높다.

[0087] o 침붕: ASTM F1586 스테인리스강의 공칭 조성은 붕소를 포함하지 않는다. 침붕 케이스 경화 열처리는 적어도 0.05 wt.% B를 함유하는 표면층을 초래한다.

[0088] o 이들의 조합

[0089] ● HNHC 스테인리스강

[0090] o 침탄: HNHC 스테인리스강은 최대 0.03 wt.%의 탄소를 함유한다. 침탄 후, 표면층 내의 탄소의 농도는 적어도 0.10 wt.%, 바람직하게는 최대 5.00 wt.%이다.

[0091] o 질화처리: HNHC 스테인리스강에서의 전형적인 질소 레벨은 0.80 wt.% 내지 0.90 wt.%. 질화처리 후, 표면층 내의 질소 농도는 그 정상면에서의 적어도 0.90 wt.% 내지 벌크 재료에서의 0.80 wt.% 내지 0.80 wt.% N의 범위이며, 표면층 내의 질소 농도는 벌크 재료에서보다 높다.

[0092] o 침붕: HNHC 스테인리스강의 공칭 조성은 붕소를 포함하지 않는다. 침붕 케이스 경화 열처리는 적어도 0.05 wt.% B를 함유하는 표면층을 초래한다.

[0093] o 이들의 조합

[0094] **어플리케이션**

[0095] 여기에서 설명되고 본 발명의 실시예에 따라 프로세싱될 수 있는 합금으로 제조될 수 있는 물품의 예는 다음과 같다.

[0096] 본 발명의 실시예는 고관절 보철물, 무릎, 또는 어깨 관절 보철물과 같은 관절형 정형외과 주입물을 포함한다. 도 5를 참조하면, 고관절 보철물(500)은 비구형 소켓(510), 인서트(520), 대퇴골 헤드(530), 대퇴골 트러니언(540), 및 대퇴골 스템(550)을 포함할 수 있다. 인서트(520)(예컨대, 초고분자량 폴리에틸렌 또는 UHMWPE로 제조된 폴리에틸렌 인서트)는 비구형 소켓과 대퇴골 헤드(530) 사이에서 비구형 소켓(510)과 접촉하도록 배치될 수 있다. 대퇴골 트러니언(540), 즉 고관절 보철물(500)의 테이퍼진 부분은 대퇴골 헤드(530)와 대퇴골 스템(550) 사이에 배치된다. 예시한 바와 같이, 대퇴골 스템(550)은 환자의 대퇴부(560)에 이식될 수 있다. 따라서, 고관절 보철물은 일반적으로 적어도 3개의 요소를 갖는다: 금속으로 제조된 스템 부분 및 네크[트러니언(540)]를 포함하는 대퇴부 스템(550), 금속 또는 세라믹으로 제조된 대퇴부 헤드(530), 및 금속, 세라믹 또는 폴리머(예컨대, 폴리에틸렌)로 제조될 수 있는 비구형 소켓(510); 이들 3개의 요소는 본 발명의 실시예에 따른 스테인리스강으로 제조될 수 있다.

[0097] 여기에서 설명하는 금속 프로세싱 방법은 관절형 정형외과용 임플란트를 제조하는 데 사용될 수 있으며, 관절형 정형외과용 임플란트는 1) 금속간 접촉부(Metal on Metal contact; MoM), 2) 금속 대 폴리에틸렌 접촉부(Metal on Polyethylene contact; MoP), 3) 금속 대 세라믹 접촉부(Metal on Ceramic contact; MoC) 및 4) 세라믹 대 금속 접촉부(Ceramic on Metal contact; CoM)와 같은 금속을 포함한다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따라 제조될 수 있는 고관절 보철물 요소는 대퇴부 스템, 대퇴부 헤드, 및 비구형 소켓을 포함한다.

[0098] 여기에서 설명되는 프로세스에 의해 형성되는 요소는 관절 교체의 관절형 부분에 이용되는 요구되는 기계적 특성을 갖는다. 요구적인 기계적 특성의 예로는, 물품을 ASTM 799 요건에 부합하게 하는, 실온에서 120 ksi YS 및 170 ksi UTS의 벌크 강도와, 적어도 350 HV의 경도를 포함한다.

[0099] 특히, 관절형 정형외과용 디바이스는 기본적으로 냉간 가공 ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강 또는 HNHC 스테인리스강으로 구성되고 제1 관절형 표면을 갖는 제1 요소; 및 기본적으로 냉간 가공 ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강, 또는 HNHC 스테인리스강으로 구성되고 제1 관절형 표관과 함께 관절 운동하도록 구성된 제2 관절형 표면을 갖는다. 제1 관절형 표면과 제2 관절형 표면 각각은, 내부에 탄소, 질소 또는 붕소 중 적어도 1종이 확산된 경화 ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강 또는 HNHC 스테인리스강으로 구성된 표면층을 포함한다. 몇몇 실시예에서, 제1 원소는 비구형 소켓일 수 있고, 제2 요소는 대퇴골 헤드일 수 있다. 다른 실시예에서, 제1 원소는 대퇴골 헤드일 수 있고, 제2 요소는 대퇴골 스템일 수 있다.

[0100] 더욱이, ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강 또는 HNHC 스테인리스강으로 형성된 플랫 디스크는 비구형 쉘 블랭크를 생성하도록 냉간 성형되고 본 발명의 실시예에 따라 더욱 처리될 수 있다. 척추 로드는 또한 여기에서 설명하는 프로세스를 이용하여 ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강 또는 HNHC 스테인리스강으로 형성될 수 있다.

[0101] 사용 시, 고관절 교체에 있어서 손상된 뼈와 연골이 제거되고 적어도 일부 보철 구성요소로 대체될 수 있다. 예컨대, 손상된 대퇴골 헤드가 제거되고, 대퇴골 스템(550)을 대퇴부(560)에 시멘팅하거나 또는 압입함으로써 대퇴골 스템(560)의 중공 중심에 배치될 수 있는, 대퇴골 스템(550)에 부착된 대퇴골 헤드(530)로 대체될 수 있다. 다른 예시에서, 손상된 대퇴골 헤드가 제거되고, 대퇴골 스템의 상부 부분에 대퇴골 헤드(530)를 배치하는 것에 의해 교체될 수 있다. 많은 경우, 대퇴골 헤드(530)는 대퇴골 트러니언(540)을 통해 대퇴골 스테메(550)에 연결되는 구조(예컨대, 볼 구조)를 포함한다. 다른 예시에서, 다른 예에서, 소켓(비구)의 손상된 연골 표면이 제거되고 비구형 소켓(510)으로 대체될 수 있다. 몇몇 경우, 스크루 또는 시멘트가 소켓을 제위치에 유지하는 데 사용된다. 다른 예시에서, 인서트(520)(예컨대, 플라스틱, 세라믹 또는 금속 스페이서)는 원활한 글라이딩면을 허용하도록 대퇴골 헤드(530)와 비구형 소켓(510) 사이에 삽입된다.

[0102] 여기에서 설명하는 재료 및 방법은 케이스, 링, 기어, 팔찌 또는 이들의 섹션과 팔찌를 유지하는 핀과 같은 시계 구조 요소를 제조하는 데에 사용될 수 있다.

[0103] 더욱이, 여기에서 설명하는 재료와 방법은 리테이너 링과 같이 마모 및 부식에 대한 높은 내성을 요구하는 전기화 및 전자기기 마켓에서의 어플리케이션을 위한 비자성 부품들을 제조하는 데 사용될 수 있다.

[0104] 더욱이, 여기에서 설명하는 재료 및 방법은 베어링, 기어, 기어 톱니, 및 펌프 샤프트뿐만 아니라, 오일 및 가스 산업을 위한 계장/비자성 하우징을 제조하기 위해 사용될 수 있다.

[0105] 예시

[0106] 표 1의 조성 예시는 냉간 변형 및 케이스 경화 단계 후에 ASTM F2229 스테인리스강, ASTM F1586 스테인리스강 또는 HNHC 스테인리스강으로 제조된 물품을 설명한다. 또한, 가중치 퍼센트의 예시적인 조성이 아래의 표 3에 주어진다.

표 3

[0107]

원소	BioDur® 108 스테인리스강	BioDur® 734 스테인리스강	NCORR™ 스테인리스강
Fe	잔부	잔부	잔부
Co	< 0.01	<0.10	< 0.01
Mn	22.96	3.23	5.98
Cr	21.13	21.32	29.44
Mo	0.68	2.42	1.98
N	1.05	0.28	0.804
Ni	0.01	10.23	15.24
Nb	0.01	0.38	< 0.01
C	0.038	0.047	0.027
P	0.010	0.019	< 0.005
S	0.004	< 0.001	0.002
Si	0.29	0.26	0.50
O	비의도적으로 첨가됨	비의도적으로 첨가됨	비의도적으로 첨가됨
Cu	< 0.01	0.23	< 0.01

[0108] Carpenter Technology에서 용융된 실험적 스테인리스강 합금의 wt.% 단위의 조성

[0109] BioDur® 108-, BioDur® 734-, 및 NCORR™ 스테인리스강 샘플은 본 개시의 실시예를 나타내는 조건(조건 A 내지 H, 도 6a, 도 6b, 도 7a, 도 7b, 도 8a, 및 8b)에 따라 다음과 같이 처리되었다:

[0110] · 조건 A = 냉간 가공(실온에서의 변형) + 500 ℃에서 1 시간 저압 침탄

[0111] · 조건 B = 냉간 가공(실온에서의 변형) + 550 ℃에서 4 시간 저압 침탄

[0112] · 조건 C = 냉간 가공(가온)(1200 ° F에서의 변형) + 550 ℃에서 4 시간 저압 침탄

[0113] · 조건 D = 냉간 가공(실온에서의 변형) + 550 ℃에서 16 시간 저압 침탄

[0114] · 조건 E = 냉간 가공(가온)(1200 ° F에서의 변형) + 550 ℃에서 16 시간 저압 침탄

[0115] · 조건 F = 냉간 가공(실온에서의 변형) + 750 ℃에서 4 시간 저압 침탄

[0116] · 조건 G = 냉간 가공(가온)(1200 ° F에서의 변형) + 750 ℃에서 4 시간 저압 침탄

[0117] · 조건 H = 냉간 가공(실온에서의 변형) + 960 ℃에서 5 시간 저압 침탄

[0118] 도 6a는 5개의 상이한 프로세싱 조건; 조건 D, E, F, G, 및 H 후의 BioDur® 108 스테인리스강의 샘플의 표면층의 미세 경도[Vickers에 따른 경도(HV)]를 예시하는 그래프이다. 도 6a에 도시한 바와 같이, 벌크 경도는 약

400 HV이고, 표면에서의 피크 경도는 프로세싱 조건에 따라 적어도 510 HV 내지 적어도 850 HV 범위이다. 도 6b는 4개의 상이한 프로세싱 조건; 조건 A, B, G 및 H 후의 BioDur® 108 스테인리스강의 샘플의 표면층에서의 고용체 내의 탄소의 양을 보여준다. 탄소 레벨은 벌크에서 0.10 wt.%에 가깝고, 프로세싱 조건에 따라 표면층에서 0.50 wt.% 내지 3.65 wt.%의 범위이다. 도 6c는 도 6a에 도시한 바와 같은 일부 조건의 가시적 케이스 층을 도시하는 광 광학 현미경 사진을 포함한다. 도 6c에서의 광 광학 현미경 사진은 무수물 캘링(Kalling)의 에칭제(합금 미세 구조를 드러내는 데 사용되는 산의 종래의 혼합물)로 에칭한 후에 취해졌으며, 케이스 표면층(더 밝은 톤)과 벌크(더 어두운 톤)를 보여준다. 도 6c에 도시한 바와 같이, 가시적 케이스 표면층의 두께는 약 20 내지 25 ㎛(조건 A 및 조건 B), 40 내지 50 ㎛(조건 D), 70 내지 80 ㎛(조건 F) 또는 200 내지 300 ㎛(조건 H)이다.

[0119] 도 7a는 4개의 프로세싱 조건: 조건 D, E, F 및 G에 따라 처리된 BioDur® 734 스테인리스강의 샘플의 표면층의 미세 경도(HV)를 예시하는 그래프이다. 벌크 경도는 약 350 HV 내지 400 HV이다. 케이스층의 경도는 처리 조건에 따라 500 HV 내지 900 HV 범위이다. 도 7b는 2개의 프로세싱 조건: 조건 D 및 G에 따라 처리된 BioDur® 734 스테인리스강의 샘플의 표면층의 탄소 조성을 예시한 그래프이다. 표면층에서의 탄소 조성 피크는 0.90 wt.% 내지 3.20 wt.%. 범위이다. 도 7c는 도 7a 및 도 7b에 제시한 바와 같은 조건에 따라 케이스 경화 후에 형성된 가시적인 케이스 표면층을 보여주는 광 광학 현미경 사진을 포함한다. 도 7c에 제시한 바와 같이, 케이스 표면층 두께는 30 ㎛ 내지 40 ㎛(조건 D 및 조건 E) 또는 50 ㎛ 내지 60 ㎛(조건 F 및 조건 G)이다.

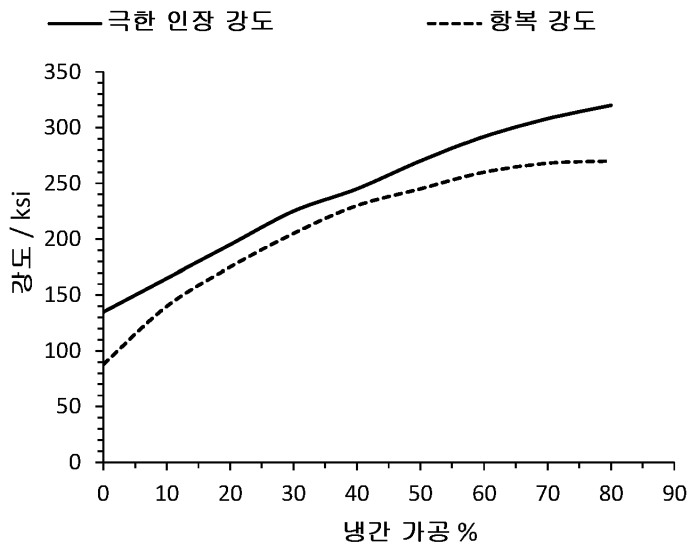
[0120] 도 8a는 2가지 조건, 즉 조건 F[냉간 가공(실온에서의 변형) + 750 ℃에서 4 시간 침탄] 및 조건 G[냉간 가공(가온 가공)(1200° F에서의 변형) + 750 ℃에서 4시간 침탄)]에 따라 처리된 NCORR™ 스테인리스강 합금의 샘플의 표면층의 미세 경도(HV)를 예시하는 그래프이다. 벌크 경도는 약 350 내지 400 HV이고, 표면에서의 피크 경도는 850 HV 내지 900 HV에 도달했다. 도 7b는 2개의 프로세싱 조건: 조건 F 및 G에 따라 처리된 NCORR™스테인리스강의 샘플의 표면층의 탄소 조성을 예시한 그래프이다. 표면층에서의 탄소 조성 피크는 4.10 wt.% 내지 4.60 wt.%. 범위이다. 도 8c는 도 8a 및 도 8b에 예시된 각각의 조건의 가시적 케이스 표면층을 도시하는 광 광학 현미경 사진을 포함한다. 도 8c에 나타낸 바와 같이, 케이스 표면층 두께는 (2개의 조건 모두에 있어서) 50 ㎛ 내지 70 ㎛이다.

[0121] 본 명세서의 본문에서 인용된 모든 인용참증, 발행된 특허 및 특허 출원은 모든 목적으로 그 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다.

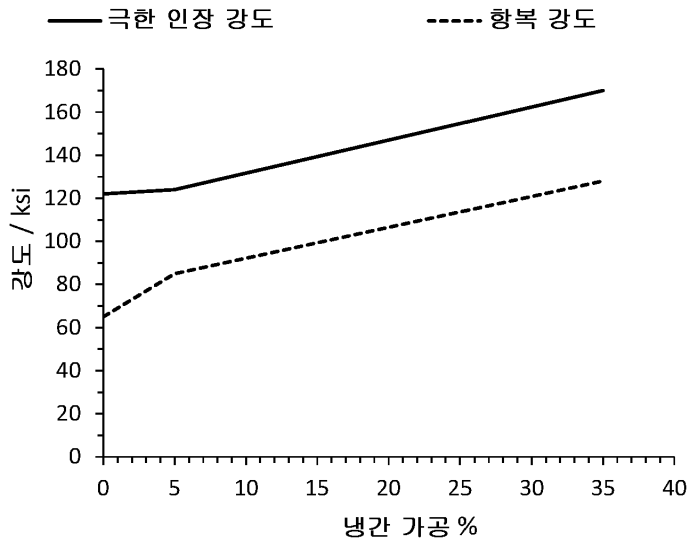
[0122] 여기에서는 하나 이상의 바람직한 실시예와 관련하여 본 발명을 설명했지만, 본 개시는 본 발명을 설명하고 예시하는 것일 뿐이며, 본 발명을 완전하고 가능하게 하는 개시를 제공하기 위한 목적으로만 이루어진다는 것을 이해해야 한다. 전술한 개시는 본 발명을 제한하거나 이와 달리 임의의 그러한 다른 실시예, 개조, 변형, 수정 또는 등가적인 구성을 배제하는 것으로 해석되지 않으며, 본 발명은 여기에 첨부된 청구범위 및 그 등가물에 의해서만 제한된다.

도면

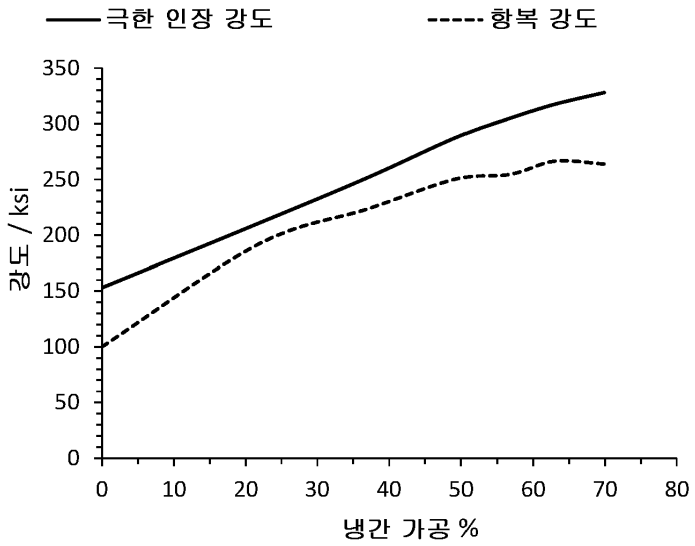
도면1


극한 인장 강도
항복 강도
강도 / ksi
350
300
250
200
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
냉간 가공 %

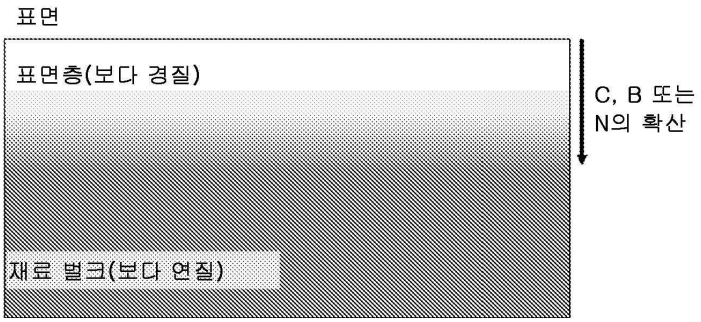
도면2


극한 인장 강도
항복 강도
강도 / ksi
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
냉간 가공 %

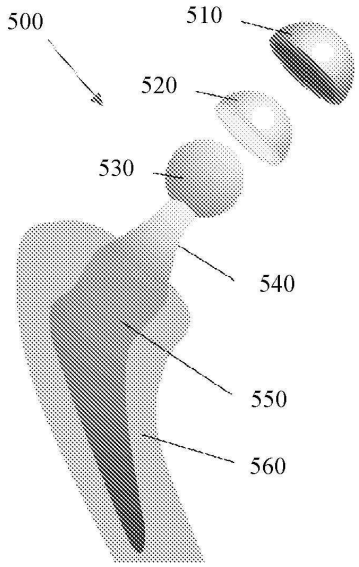
도면3


극한 인장 강도
항복 강도
강도 / ksi
350
300
250
200
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
냉간 가공 %

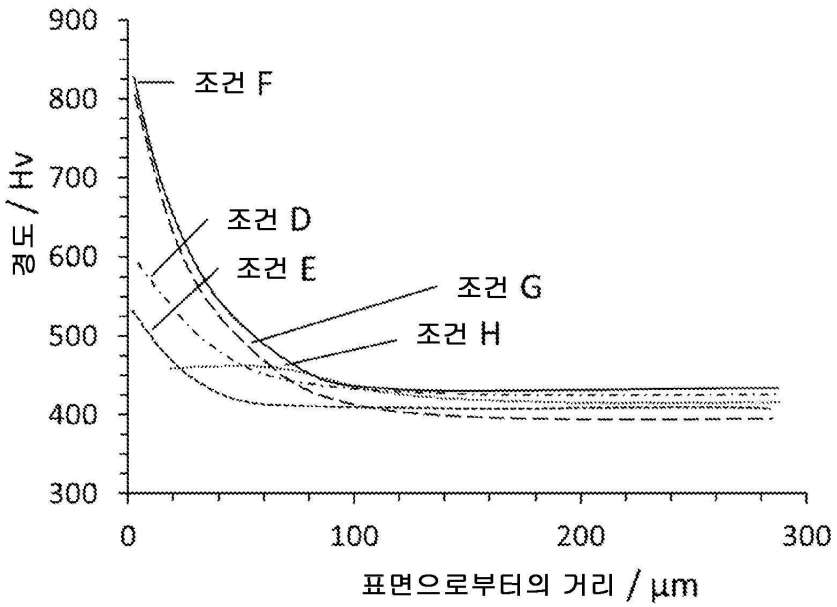
도면4


표면
표면층(보다 경질)
재료 벌크(보다 연질)
C, B 또는
N의 확산

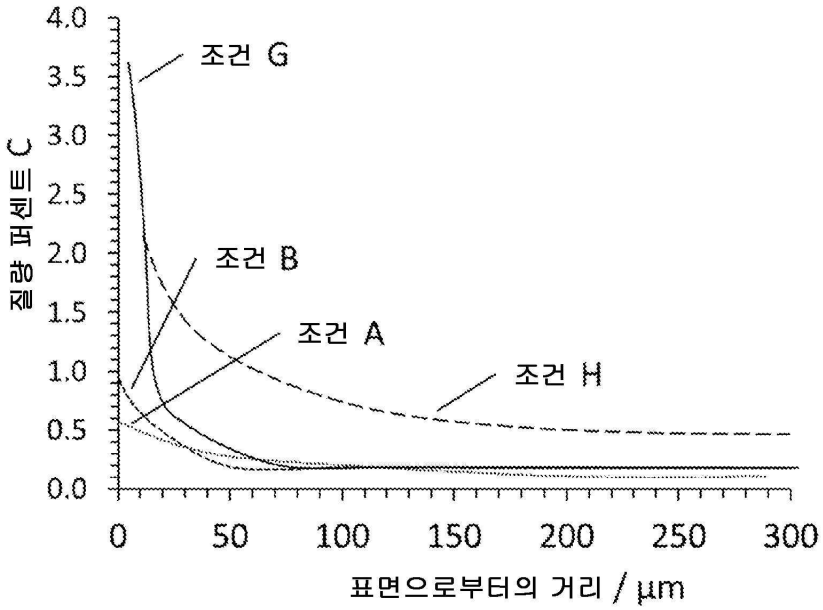
도면5


500
510
520
530
540
550
560

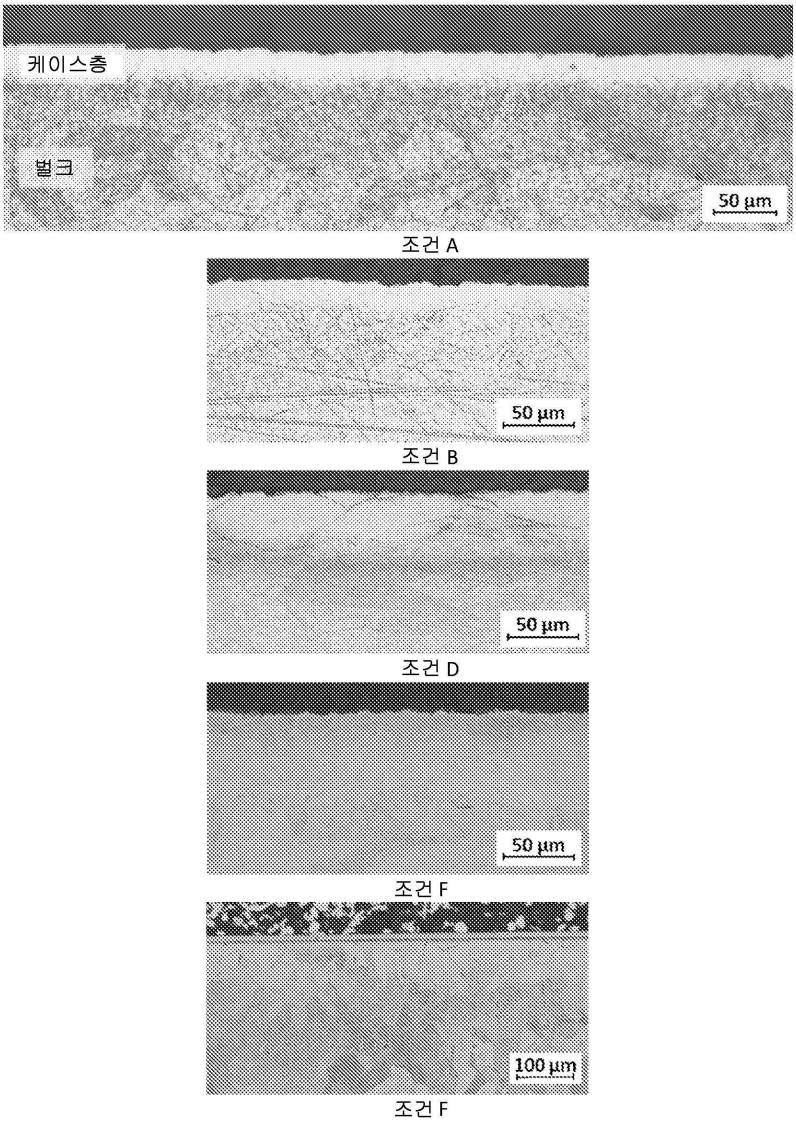
도면6a


900
800
700
600
500
400
300
경도 / Hv
조건 F
조건 D
조건 E
조건 G
조건 H
0
100
200
300
표면으로부터의 거리 / μm

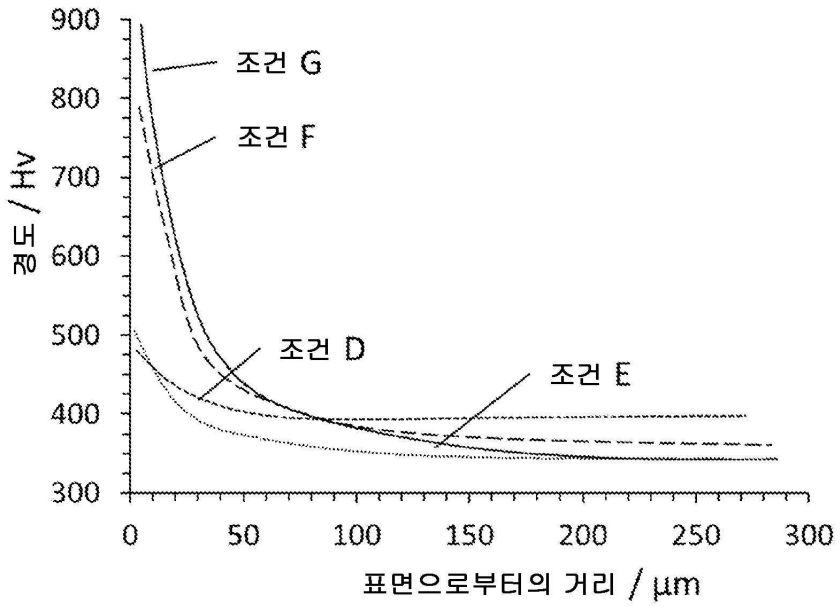
도면6b


4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
질량 퍼센트 C
조건 G
조건 B
조건 A
조건 H
0
50
100
150
200
250
300
표면으로부터의 거리 / μm

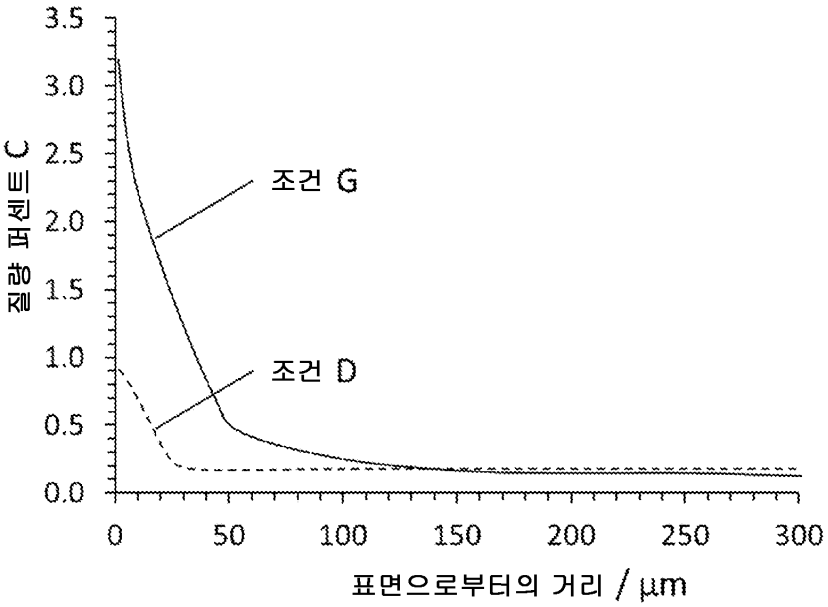
도면6c



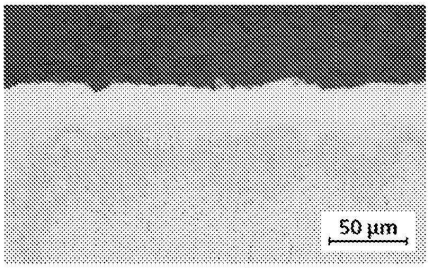
도면7a


900
800
700
600
500
400
300
경도 / Hv
조건 G
조건 F
조건 D
조건 E
0
50
100
150
200
250
300
표면으로부터의 거리 / μm

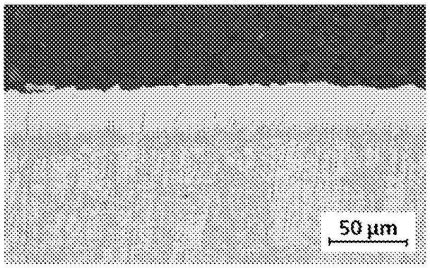
도면7b


3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
질량 퍼센트 C
조건 G
조건 D
0
50
100
150
200
250
300
표면으로부터의 거리 / μm

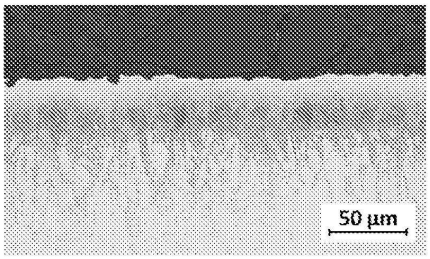
도면7c



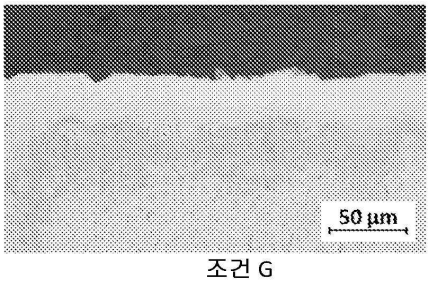
조건 D



조건 E

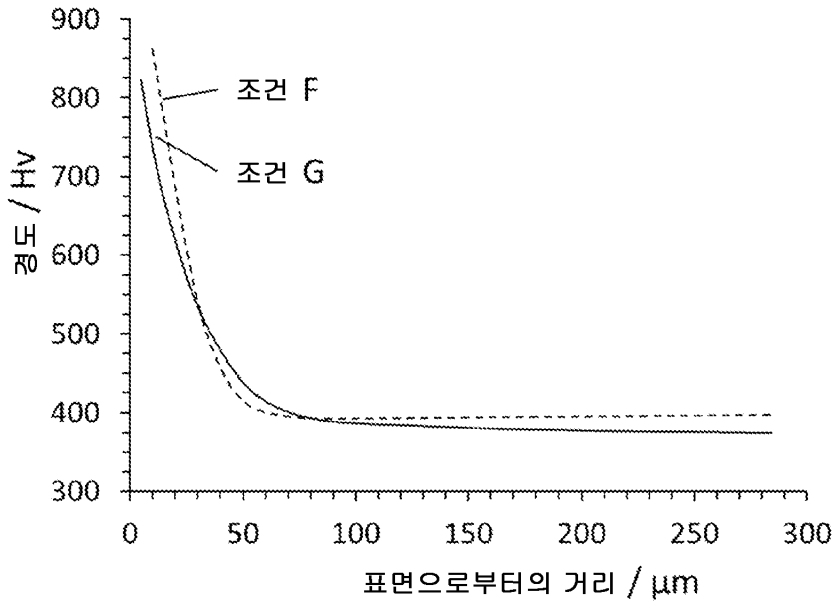


조건 F

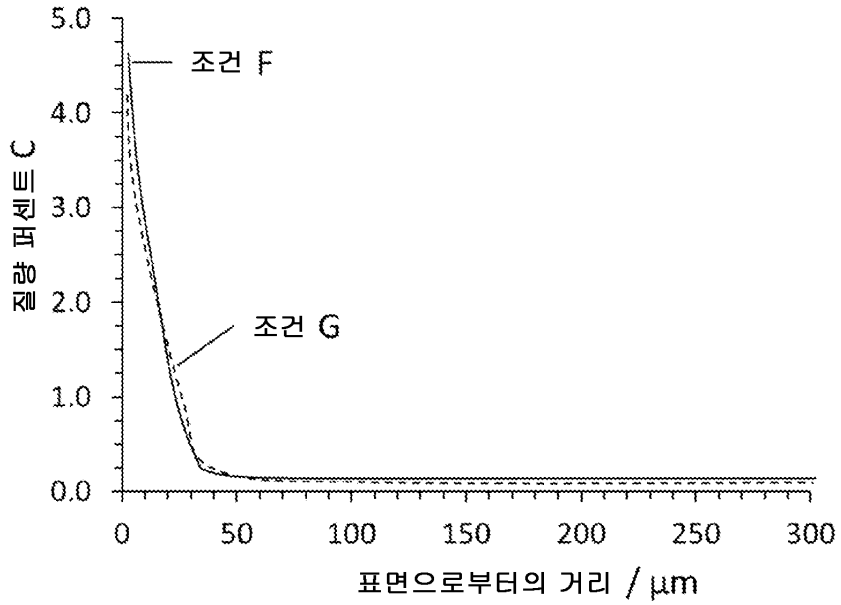


조건 G

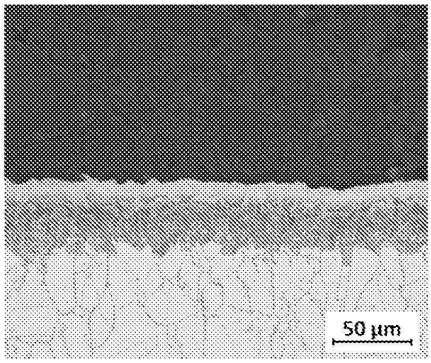
도면8a


900
800
700
600
500
400
300
경도 / Hv
조건 F
조건 G
0
50
100
150
200
250
300
표면으로부터의 거리 / μm

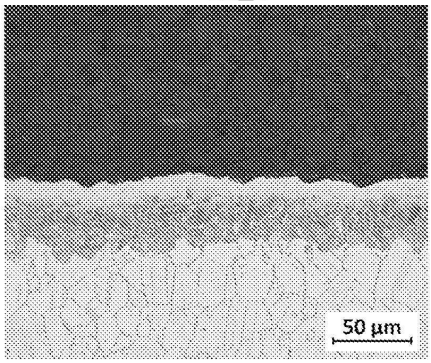
도면8b


5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
질량 퍼센트 C
조건 F
조건 G
0
50
100
150
200
250
300
표면으로부터의 거리 / μm

도면8c



조건 F



조건 G