

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2022 년 8 월 18 일 (18.08.2022)



(10) 국제공개번호

WO 2022/173082 A1

(51) 국제특허분류:

C22F 1/10 (2006.01)

C22C 19/03 (2006.01)

C21D 9/50 (2006.01)

B22F 3/105 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2021/012726

(22) 국제출원일:

2021 년 9 월 16 일 (16.09.2021)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2021-0019422 2021 년 2 월 10 일 (10.02.2021) KR

(71) 출원인: 창원대학교 산학협력단 (CHANGWON NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 51140 경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동), Gyeongsangnam-do (KR).

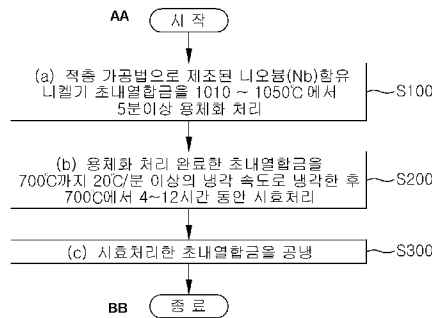
(72) 발명자: 홍현욱 (HONG, Hyun Uk); 51426 경상남도 창원시 성산구 원이대로 495, 213동 1202호, Gyeongsangnam-do (KR). 김태영 (KIM, Tae Yeong); 51245 경상남도 창원시 마산회원구 내서읍 호원로 186-1, 106동 103호, Gyeongsangnam-do (KR). 김치원 (KIM, Chi Won); 50874 경상남도 김해시 진례면 진례로84번길 34-35, Gyeongsangnam-do (KR). 이지원 (LEE, Ji Won); 51383 경상남도 창원시 의창구 우곡로15번길 31-1, Gyeongsangnam-do (KR).

(74) 대리인: 김정수 (KIM, Jung Su); 05543 서울시 송파구 올림픽로 360, 5층(방이동), 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,

(54) Title: HEAT TREATMENT METHOD FOR IMPROVING STRENGTH AND DUCTILITY OF SUPERALLOY MANUFACTURED BY ADDITIVE MANUFACTURING

(54) 발명의 명칭: 적층제조된 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법



(a) ... Solution heat treat, for at least 5 minutes, niobium (Nb)-containing nickel-based superalloy manufactured by additive manufacturing at 1,010-1,050°C

(b) ... Cool solution heat treated superalloy to 700°C at cooling rate of at least 20°C/min, and then age at 700°C for 4-12 hours

(c) ... Air-cool aged superalloy

AA ... Start

BB ... End

(57) Abstract: The present invention relates to: a heat treatment method for improving the strength and ductility of a superalloy manufactured by additive manufacturing (AM); and a nickel-based superalloy heat-treated by the heat treatment method, the method comprising a step for solution heat treating, for at least 5 minutes, a niobium (Nb)-containing nickel-based superalloy manufactured by additive manufacturing at 1,010-1,050 °C, (b) a step for cooling the niobium (Nb)-containing nickel-based superalloy to 700 °C at a rate of at least 20°C/min, and then keeping the superalloy at 700 °C for 4-12 hours, thereby aging same, and (c) a step for air-cooling the niobium (Nb)-containing nickel-based superalloy.

[다음 쪽 계속]

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, 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 역내 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), 유럽 (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))

(57) 요약서: 본 발명은 적층 가공법(additive manufacturing, AM)으로 제조된 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 1010 ~ 1050°C에서 5 분 이상 용체화 처리하는 단계, (b) 상기 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 700 °C까지 20 °C/ 분 이상으로 냉각한 후, 700°C에서 4 ~ 12 시간 동안 유지해 시효처리 하는 단계, 및 (c) 상기 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 공냉하는 단계를 포함하는, 적층 가공법으로 제조된 니켈기 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법 및 이에 의해 열처리된 니켈기 초내열합금에 관한 것이다.

명세서

발명의 명칭: 적층제조된 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법

기술분야

- [1] 본 발명은, (i) 과학기술정보통신부 시행 국가연구개발사업(과제고유번호:1711113639, 기관세부과제번호:2021-0103, 사업명:선도연구센터(ERC) 메카트로닉스융합부품소재, 연구과제명:메카트로닉스 융합부품소재 연구센터, 연구관리전문기관:한국연구재단, 주관기관:창원대학교 산학협력단, 연구기간:2018.09.01 ~ 2021.08.31) 및 (ii) 과학기술정보통신부 시행 국가연구개발사업(과제고유번호:1711115494, 기관세부과제번호:2021-0163, 사업명:신진중견연계, 연구과제명: 3D 프린팅 맞춤형 초내열합금 설계와 결정립계 제어 패키지 기술개발, 연구관리전문기관:한국연구재단, 주관기관:창원대학교 산학협력단, 연구기간:2020.03.01 ~ 2023.2.28)의 연구개발 지원 하에 창원대학교가 수행한 결과물로서, 적층 가공(additive manufacturing, AM)을 통해 제조된 니켈기 초내열합금의 강도와 연성을 향상시키기 위한 열처리 방법 및 이에 의해 열처리된 니켈기 초내열합금에 대한 것이다.

배경기술

- [2] 항공/방산 분야 등에서 고온용 부품의 소재로 사용되는 니켈기 초내열합금인 Alloy 625 (Ni-21.5Cr-2.5Fe-9Mo-3.5Nb-0.2Ti-0.2Al-0.06C)의 경우 4차 산업 혁명에 발맞추어 3D 프린팅을 이용한 적층제조가 활발히 적용되고 있다.
- [3] 이때, 적층제조된 니켈기 초내열합금의 경우 열변형에 의해 잔류응력이 과다하게 축적되며 특정 결정학적 방향으로 배향되는 미세조직이 나타나므로 기계적 특성에 있어 취약한 경향을 보인다. 아울러, 높은 밀도의 전위와 편석들도 잔존하기 때문에 후속 열처리를 통해 미세조직 안정화를 통한 기계적 특성의 건전성 확보가 요구된다.
- [4] 하지만, 적층제조를 통해 제작된 초내열합금의 경우 적정 미세조직 및 물성치 달성을 위한 열처리 조건이 확립되어 있지 않아 통상의 제조방법(주조 후 압연 혹은 단조)에 의해 제조된 초내열합금에 사용되는 표준 열처리 조건들을 사실상 그대로 적용하고 있는 실정이다.
- [5] 따라서, 적층제조된 초내열합금에 대해 경제적이면서 강도와 연성을 함께 향상시킬 수 있는 최적 열처리 방법의 개발이 요구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 초내열합금의 적층제조 품질 안정화에 기여하기 위해, 적층제조된 니켈기 초내열합금에 안정한 미세조직 및

우수한 강도와 연성을 부여할 수 있는 맞춤형 후속 열처리 방법 및 이에 의해 열처리된 니켈기 초내열합금을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [7] 상기 기술적 과제를 달성하기 위해, 본 발명은 (a) 적층 가공법(additive manufacturing, AM)으로 제조된 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 1010 ~ 1050°C에서 5분 이상 용체화 처리하는 단계, (b) 상기 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 700°C까지 20°C/분 이상으로 냉각한 후, 700°C에서 4 ~ 12시간 동안 유지해 시효처리 하는 단계, 및 (c) 상기 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 공냉하는 단계를 포함하는, 적층 가공법으로 제조된 니켈기 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법을 제안한다.
- [8] 또한, 상기 적층 가공법으로 제조된 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금은 분말 적층 용융 방식(Powder Bed Fusion, PBF)을 이용해 제조하는 것을 특징으로 하는 적층 가공법으로 제조된 니켈기 초내열합금의 열처리 방법을 제안한다.
- [9] 또한, 상기 적층 가공법으로 제조된 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금은 고에너지 직접 조사 방식(Direct Energy Deposition, DED)으로 제조된 것을 특징으로 하는 적층 가공법으로 제조된 니켈기 초내열합금의 열처리 방법을 제안한다.
- [10] 또한, 본 발명에 따른 니켈기 초내열합금의 열처리 방법의 바람직한 일례로서, (a) 레이저 용융법(Selective Laser Melting, SLM)으로 제조된 Alloy 625 (Ni-21.5Cr-2.5Fe-9Mo-3.5Nb-0.2Ti-0.2Al-0.06C) 합금을 1038°C에서 1시간 동안 용체화 처리하는 단계, (b) 상기 용체화 처리한 Alloy 625 합금을 700°C까지 25°C/분으로 냉각한 후, 700°C에서 6시간 동안 유지해 시효처리 하는 단계, 및 (c) 상기 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 공냉하는 단계를 포함하는, 적층 가공법으로 제조된 니켈기 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법을 제안한다.
- [11] 그리고, 본 발명은 발명의 다른 측면에서 상기 방법에 따라 열처리된 니켈기 초내열합금을 제안한다.

발명의 효과

- [12] 본 발명에 따른 적층제조된 니켈기 초내열합금을 대상으로 하는 후속 열처리 방법은, 적층제조된 Alloy 625 합금의 강도와 연성을 동시에 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 용체화 처리 직후 일정 값 이상의 냉각 속도로 특정 온도까지 냉각한 후 해당 온도에서 시효처리를 실시함으로써 열처리 공정의 경제성도 확보할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [13] 도 1은 본 발명에 따른 열처리 방법의 각 단계를 순차적으로 도시한 공정 흐름도이다.
- [14] 도 2는 본 발명에 따른 열처리 방법의 경로를 보여주는 모식도이다.

[15] 도 3은 본원 실시예에서 용체화 처리한 Alloy 625 합금의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.

[16] 도 4는 본원 실시예에서 용체화 처리한 Alloy 625 합금의 전자후방산란회절(EBSD) 이미지이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[17] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[18]

[19] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[20]

[21] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[22]

[23] 이하, 본 발명을 상세히 설명하도록 한다.

[24]

[25] 도 1은 본 발명에 따른 적층제조된 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법의 각 단계를 순차적으로 도시한 공정 흐름도이고, 도 2는 본 발명에 따른 적층제조된 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법을 보여주는 열처리 프로파일의 모식도이다.

[26]

[27] 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 적층제조된 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법은 먼저 적층 가공법으로 제조된 Alloy 625 등의 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금의 용체화 처리를 위하여 1010 ~ 1050°C에서 5분 이상 유지한다(S100).

[28]

[29] 이때, 상기 적층 가공법으로 제조된 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금은

ASTM(American Society for Testing and Materials) F42 및 ISO TC261(Additive Manufacturing)에 정의된 고에너지 직접 조사 방식(Direct Energy Deposition, DED) 또는 분말 적층 용융 방식(Powder Bed Fusion, PBF) 등에 의해 제조된 것일 수 있다.

[30]

[31] 상기 DED 공법은 금속표면에 레이저를 조사하여 국부적으로 용해된 Pool을 구성함과 동시에 금속 분말을 공급하여 형상을 제조하는 공법(DMD, MMAAM, AFS, LENS, EBF 등)이며, 상기 PBF 공법은 파우더 챔버 내에서 높은 열에너지원(레이저 혹은 전자빔)을 이용하여 선택적으로 용해시켜 형상을 제조하는 공법(SLM, EBM 등)이다.

[32]

[33] SLM 등의 적층 가공법을 통하여 제작된 Alloy 625 합금 등의 니켈기 초내열 합금은 적층 가공 공정 중 발생하는 반복되는 급열 급냉에 의한 과도한 잔류응력과 편석, 높은 전위밀도와 더불어 특정 방향으로 배향된 columnar 결정립 조직들로 인하여 단련재(wrought product)와 대비해 상당히 낮은 연신율을 나타낸다.

[34]

[35] 이에, 본 단계 (a)에서는 1010 ~ 1050°C에서 5분 이상 용체화 열처리를 실시해 합금에 재결정을 발생시킴으로써, 적층 가공 중에 합금에 발생한 편석을 없애고 균일한 미세구조 유도한다.

[36]

[37] 본 단계 (a)에서 상기 용체화 처리 온도를 1010~1050°C로 한정 한 이유는, 용체화 처리 온도가 1050°C를 초과할 경우에는 열처리 온도 상승에 따른 추가 실익이 없고 오히려 결정립 조대화가 심해져 열처리된 합금의 기계적 특성을 저하시킬 우려가 있으며, 용체화 처리 온도가 1010°C 미만일 경우에는 재결정이 발생하지 않고, 방향성이 매우 강한(textured) columnar 결정립 조직이 적층 제조 이후 그대로 유지되어 기계적 특성이 크게 저하되고, 이방성(anisotropy)이 존재할 우려가 있기 때문이다.

[38]

[39] 한편, 본 단계 (a)에서 용체화 처리시간은 적층 가공법에 의해 제조된 합금 중에서 탄화물을 충분히 용해하고 편석대를 제거하며, 아울러 결정립 성장이 적절히 발생하여 취약한 결정립계 면적을 줄일 수 있을 정도를 요구하며, 바람직하게는 5분 이상일 수 있다.

[40]

[41] 다음으로, 본 발명에 따른 열처리 방법의 상기 단계 (b)에서는 이전 단계에서 용체화 처리한 니켈기 초내열합금을 시효처리하기 위해 용체화 처리 온도로부터 700°C까지 20°C/분 이상의 냉각속도로 냉각한 후, 700°C에서 4 ~ 12시간 동안 유지해 시효처리를 수행한다(S200).

[42]

[43] 이때, 상기 단계(a)에서 용체화 처리 완료 후에 상온으로 냉각하지 않고 용체화 처리 온도로부터 곧바로 700°C로 냉각한 후 시효 처리를 실시함으로써 공정의 경제성을 도모할 수 있다.

[44]

[45] 본 단계 (b)에서는 700°C에서 4 ~ 12시간 동안 시효처리를 실시함으로써 니켈기 초내열합금에 강화상 γ'' (Ni₃Nb) 및 미세 탄화물을 석출시켜 합금의 강도 향상을 꾀할 수 있으며, 시효처리 온도인 700°C까지 20°C/min 이상의 냉각속도로 냉각시킴으로써 냉각 중 발생할 수 있는 결정립 및 γ'' 강화상의 조대화 방지할 수 있다.

[46]

[47] 마지막으로, 본 발명에 따른 열처리 방법의 상기 단계 (c)에서는 상기 시효처리된 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 공냉(약 100°C/분)하여 열처리를 종결한다(S300).

[48]

시효처리 후 공냉을 해야 하는 이유는 적층 가공 중 발생한 잔류응력이 열처리 후에도 다 해소되지 못하였기 때문에 수냉을 하게 될 경우, 샘플의 변형이 발생하며, 로냉을 하게 될 경우 계속해서 진행되는 열처리 효과에 의하여 탄화물의 조대화가 발생하기 때문이다.

[49]

[50] 전술한 본 발명에 따른 적층제조된 니켈기 초내열합금을 대상으로 하는 후속 열처리 방법은, 적층제조된 Alloy 625 합금의 강도와 연성을 동시에 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 용체화 처리 직후 일정 값 이상의 냉각 속도로 특정 온도까지 냉각한 후 해당 온도에서 시효처리를 실시함으로써 열처리 공정의 경제성도 확보할 수 있다.

발명의 실시를 위한 형태

[51] 이하, 실시예를 들어 본 발명에 대해 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[52]

[53] 본 명세서에 따른 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 명세서의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들에 한정되는 것으로 해석되지 않는다. 본 명세서의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 명세서를 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[54]

[55] <실시예>

[56] 레이저 용융법(Selective Laser Melting, SLM)으로 제조한 Alloy 625 시편에 대해 아래 표 1에 기재된 열처리 조건에 따라 용체화 처리만을 실시하거나(비교예) 용체화 처리 및 시효처리를 실시했다(실시예).

[57]

[58] < 표 1 >

[59]

구분	적층제조 후 열처리법			항복강도 (YS)	인장강도 (UTS)	연신율 (EL)
	용체화 조건 (온도/시간)	시효처리 온도(700°C)까지의 냉각속도	시효처리 조건 (온도/시간)			
실시예	1038°C / 1hr	25°C/min	700°C / 6hr	450 MPa	914 MPa	64%
비교예	1038°C / 1hr	-	-	419 MPa	849 MPa	52%

[60]

[61] 참고로, 본 실시예에서 최적의 용체화 처리 조건을 확립하기에 앞서 후보 조건은 870~1207°C 수준의 온도 범위로 설정하였다. 상기 온도 범위에서 온도별 열처리를 실시한 결과, 1000°C 이상의 온도에서 재결정이 발생하는 것으로 확인되며, 그 이상의 온도에서는 모두 동일한 경향으로 나타나는 것으로 확인되었다. 따라서, 효율성을 고려했을 때 1038°C/1hr 열처리 시 잔류응력 해소와 균질화 및 재결정 효과를 동시에 확보할 수 있을 것으로 기대되어 1038°C/1hr를 용체화 처리에 대한 최종 조건으로 선택하였다.

[62]

[63] 도 3은 용체화 처리한 Alloy 625 시편의 주사전자현미경(SEM) 이미지로서, 이를 참조하면 용체화 처리를 통해 합금 내에 전체적으로 균일하게 재결정이 발생한 것을 확인할 수 있다.

[64]

[65] 또한, 도 4는 용체화 처리한 Alloy 625 시편의 전자후방산란회절(electron backscatter diffraction, EBSD) 이미지로서, 도 4를 통해서도 합금 시편 내에 재결정이 고르게 잘 발생한 것을 확인할 수 있으며, 재결정된 결정립의 평균 크기(average grain size, AGS)는 27 μm 임을 확인할 수 있다.

[66]

[67] 상기 표 1에 기재된 바와 같이, 1038°C/1hr 조건에서 용체화 처리만 실시한 시편(비교예)의 경우 인장 강도가 목표 기준 조건인 890MPa에 크게 못 미치는 849MPa인 것으로 확인되었는데, 이는 고온 열처리에 의한 강화상 γ'' 및 미세 탄화물의 용해로 인한 결과이다.

[68]

[69] 반면, 주강화상 γ'' 및 미세 탄화물의 석출 유도를 위해 용체화 처리 후 추가적으로 700°C에서 6시간 동안 시효 열처리를 실시한 시편(실시예)은 표 1에 기재된 바와 같이 914MPa로 크게 향상된 인장 강도를 나타냈으며, 연신율 또한 두드러지게 향상된 것으로 확인되었다.

산업상 이용가능성

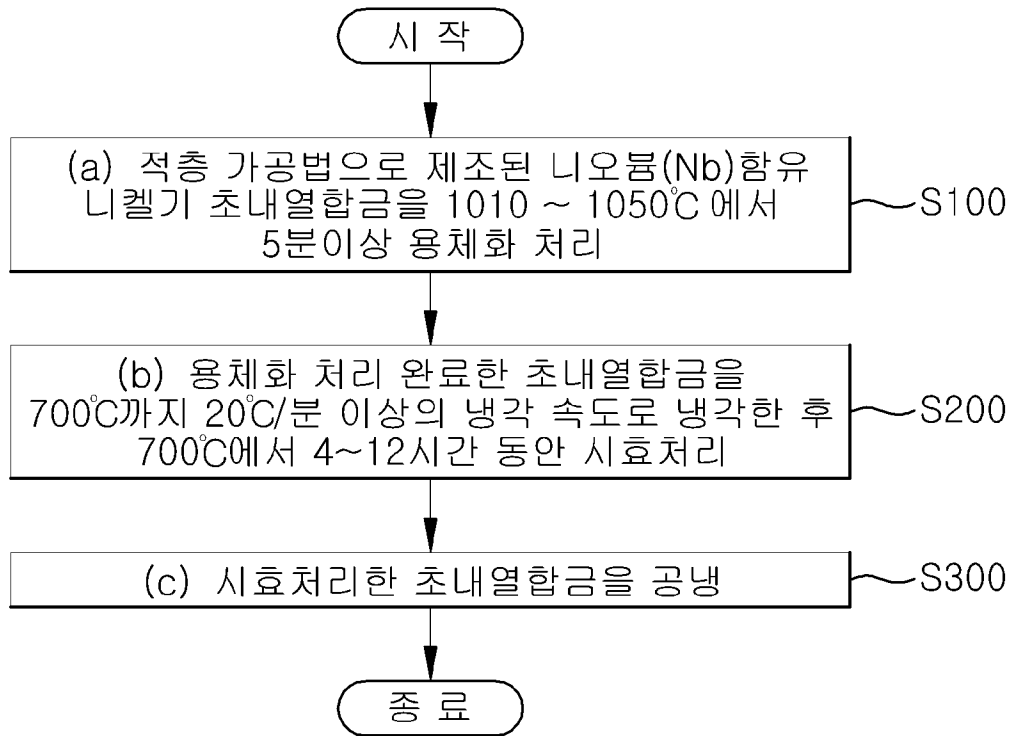
[70]

본 발명에 의하면, 적층제조된 Alloy 625 합금의 강도와 연성을 동시에 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 열처리 공정의 경제성도 확보할 수 있다.

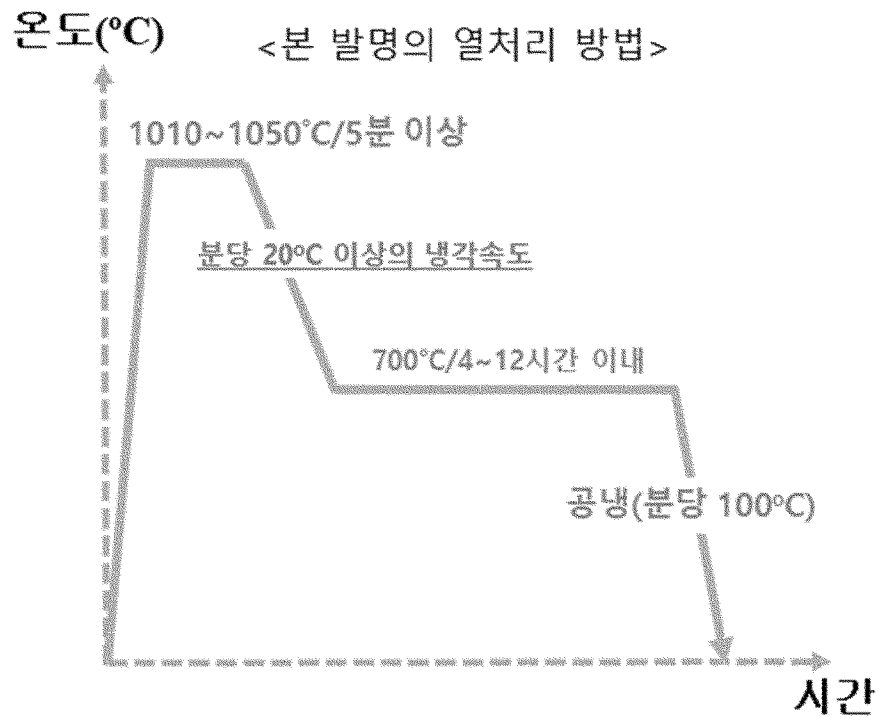
청구범위

- [청구항 1] (a) 적층 가공법(additive manufacturing, AM)으로 제조된 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 1010 ~ 1050°C에서 5분 이상 용체화 처리하는 단계;
(b) 상기 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 700°C까지 20°C/분 이상으로 냉각한 후, 700°C에서 4 ~ 12시간 동안 유지해 시효처리 하는 단계; 및
(c) 상기 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 공냉하는 단계;를 포함하는,
적층 가공법으로 제조된 니켈기 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 적층 가공법으로 제조된 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금은 분말 적층 용융 방식(Powder Bed Fusion, PBF)을 이용해 제조하는 것을 특징으로 하는,
적층 가공법으로 제조된 니켈기 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 적층 가공법으로 제조된 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금은 고에너지 직접 조사 방식(Direct Energy Deposition, DED)으로 제조된 것을 특징으로 하는,
적층 가공법으로 제조된 니켈기 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
(a) 레이저 용융법(Selective Laser Meling, SLM)으로 제조된 Alloy 625 (Ni-21.5Cr-2.5Fe-9Mo-3.5Nb-0.2Ti-0.2Al-0.06C) 합금을 1038°C에서 1시간 동안 용체화 처리하는 단계;
(b) 상기 용체화 처리한 Alloy 625 합금을 700°C까지 25°C/분으로 냉각한 후, 700°C에서 6시간 동안 유지해 시효처리 하는 단계; 및
(c) 상기 니오븀(Nb) 함유 니켈기 초내열합금을 공냉하는 단계;를 포함하는,
적층 가공법으로 제조된 니켈기 초내열합금의 강도 및 연성 향상을 위한 열처리 방법.
- [청구항 5] 제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 기재된 방법에 따라 열처리된 니켈기 초내열합금.

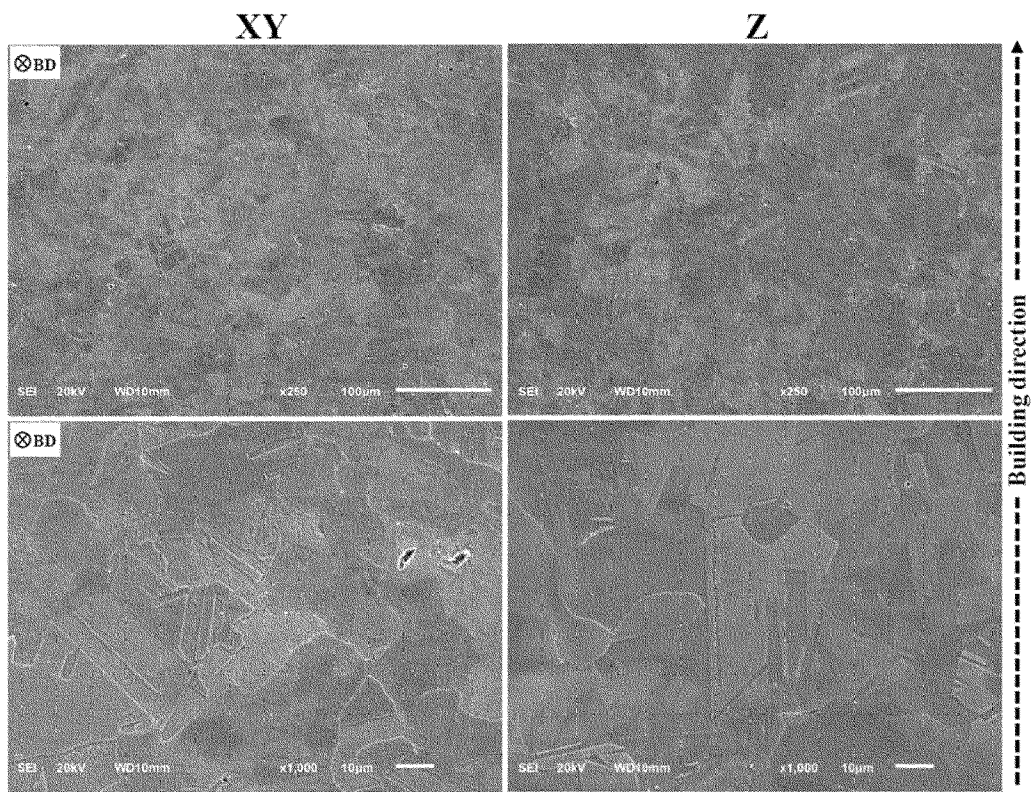
[도1]



[도2]



[도3]



[도4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/012726

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22F 1/10(2006.01)i; C22C 19/03(2006.01)i; C21D 9/50(2006.01)i; B22F 3/105(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)

C22F 1/10(2006.01); B22F 3/02(2006.01); B33Y 70/00(2015.01); C21D 1/42(2006.01); C21D 1/72(2006.01);
C22C 19/05(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: 적층 가공(additive manufacturing), 니오븀(Nb), 니켈(Ni), 용체화(solutionizing), 냉각(cooling), 시효(aging), 공냉(air cooling), 열처리(heat treatment)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2020-0036082 A (CHANGWON NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY ACADEMY COOPERATION CORPS) 07 April 2020 (2020-04-07) See paragraph [0034]; and claims 1-4.	5
Y		1-4
Y	KR 10-2009-0130663 A (KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS) 24 December 2009 (2009-12-24) See paragraphs [0020]-[0021]; and claim 1.	1-4
A	KR 10-2011-0105156 A (KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS) 26 September 2011 (2011-09-26) See paragraphs [0006]-[0008].	1-5
A	JP 2015-030916 A (TOSHIBA CORP.) 16 February 2015 (2015-02-16) See claim 6.	1-5



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

03 December 2021

Date of mailing of the international search report

03 December 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

International application No.

PCT/KR2021/012726

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2016-0145077 A (IHI CORPORATION) 19 December 2016 (2016-12-19) See paragraph [0011].	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/012726

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2020-0036082	A	07 April 2020	None			
KR	10-2009-0130663	A	24 December 2009	EP	2138601	A1	30 December 2009
				JP	2009-299187	A	24 December 2009
				KR	10-1007582	B1	12 January 2011
				US	2009-0308508	A1	17 December 2009
KR	10-2011-0105156	A	26 September 2011	None			
JP	2015-030916	A	16 February 2015	CN	104342585	A	11 February 2015
				EP	2835434	A2	11 February 2015
				EP	2835434	A3	27 May 2015
				EP	2835434	B1	07 June 2017
				JP	6223743	B2	01 November 2017
				KR	10-2015-0017677	A	17 February 2015
				KR	10-2016-0046770	A	29 April 2016
KR	10-2016-0145077	A	19 December 2016	CA	2946513	A1	28 January 2016
				CA	2946513	C	20 November 2018
				CN	106536781	A	22 March 2017
				CN	106536781	B	13 April 2018
				EP	3124641	A1	01 February 2017
				EP	3124641	A4	21 February 2018
				EP	3124641	B1	05 May 2021
				JP	6249102	B2	20 December 2017
				KR	10-1894344	B1	03 September 2018
				TW	201615855	A	01 May 2016
				TW	I604063	B	01 November 2017
				US	10702923	B2	07 July 2020
				US	2017-0021424	A1	26 January 2017
				US	2020-0298310	A1	24 September 2020
				WO	2016-013433	A1	28 January 2016

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) C22F 1/10(2006.01)i; C22C 19/03(2006.01)i; C21D 9/50(2006.01)i; B22F 3/105(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) C22F 1/10(2006.01); B22F 3/02(2006.01); B33Y 70/00(2015.01); C21D 1/42(2006.01); C21D 1/72(2006.01); C22C 19/05(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: 적층 가공(additive manufacturing), 니오븀(Nb), 니켈(Ni), 용체화(solution izing), 냉각(cooling), 시효(aging), 공냉(air cooling), 열처리(heat treatment)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2020-0036082 A (창원대학교 산학협력단) 2020.04.07 단락 [0034]; 및 청구항 1-4	5
Y		1-4
Y	KR 10-2009-0130663 A (한국기계연구원) 2009.12.24 단락 [0020]-[0021]; 및 청구항 1	1-4
A	KR 10-2011-0105156 A (한국기계연구원) 2011.09.26 단락 [0006]-[0008]	1-5
A	JP 2015-030916 A (TOSHIBA CORP.) 2015.02.16 청구항 6	1-5
A	KR 10-2016-0145077 A (가부시키키가이샤 아이에이치아이) 2016.12.19 단락 [0011]	1-5
☐ 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 2021년12월03일(03.12.2021)		국제조사보고서 발송일 2021년12월03일(03.12.2021)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 방승훈 전화번호 +82-42-481-5560

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2020-0036082 A	2020/04/07	없음	
KR 10-2009-0130663 A	2009/12/24	EP 2138601 A1	2009/12/30
		JP 2009-299187 A	2009/12/24
		KR 10-1007582 B1	2011/01/12
		US 2009-0308508 A1	2009/12/17
KR 10-2011-0105156 A	2011/09/26	없음	
JP 2015-030916 A	2015/02/16	CN 104342585 A	2015/02/11
		EP 2835434 A2	2015/02/11
		EP 2835434 A3	2015/05/27
		EP 2835434 B1	2017/06/07
		JP 6223743 B2	2017/11/01
		KR 10-2015-0017677 A	2015/02/17
		KR 10-2016-0046770 A	2016/04/29
KR 10-2016-0145077 A	2016/12/19	CA 2946513 A1	2016/01/28
		CA 2946513 C	2018/11/20
		CN 106536781 A	2017/03/22
		CN 106536781 B	2018/04/13
		EP 3124641 A1	2017/02/01
		EP 3124641 A4	2018/02/21
		EP 3124641 B1	2021/05/05
		JP 6249102 B2	2017/12/20
		KR 10-1894344 B1	2018/09/03
		TW 201615855 A	2016/05/01
		TW I604063 B	2017/11/01
		US 10702923 B2	2020/07/07
		US 2017-0021424 A1	2017/01/26
		US 2020-0298310 A1	2020/09/24
		WO 2016-013433 A1	2016/01/28