



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월20일
(11) 등록번호 10-1641017
(24) 등록일자 2016년07월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 10/00 (2006.01) C23C 10/28 (2006.01)
C23C 10/60 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 10/00 (2013.01)
C23C 10/28 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0036005
(22) 출원일자 2015년03월16일
심사청구일자 2015년03월16일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020020008395 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
박준식
대전광역시 유성구 대학로 31 (봉명동)
김민석
대전광역시 대덕구 중리남로 30-1, 3층
(74) 대리인
이한욱, 이성준

전체 청구항 수 : 총 4 항

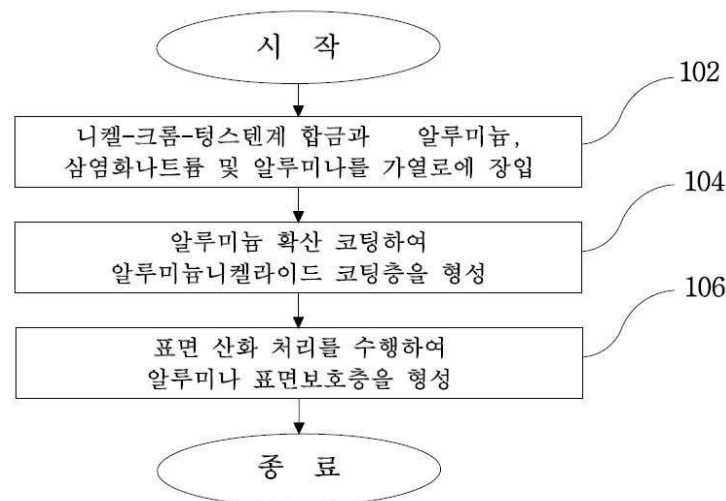
심사관 : 한석환

(54) 발명의 명칭 니켈기 초내열합금의 제조 방법 및 이에 따라 제조된 니켈기 초내열합금

(57) 요약

본 발명은 니켈기 초내열합금의 제조 방법 및 이에 따라 제조된 니켈기 초내열합금에 관한 것으로, 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금과 알루미늄(Al), 삼염화나트륨(NaCl₃) 및 알루미늄(Al₂O₃)을 가열로에 장입하는 단계와, 가열로를 가열하여 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금의 표면에 알루미늄니켈라이드(Al₃Ni) 코팅층을 형성하는 단계와, 알루미늄니켈라이드(Al₃Ni) 코팅층의 표면에 표면 산화 처리를 수행하여 알루미늄(Al₂O₃) 표면보호층을 형성하는 단계를 포함함으로써, 고온 내식마 특성을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C23C 10/60 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014023907

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단(교육부)

연구사업명 동적화염하에서 초내열 Mo기 합금의 코팅 및 내산화특성

연구과제명 동적화염하에서 초내열 Mo기 합금의 코팅 및 내산화특성

기 여 율 1/1

주관기관 연구사업지원팀

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금과 알루미늄(Al), 삼염화나트륨(NaCl_3) 및 알루미늄(Al_2O_3)를 가열로에 장입하는 단계와,

상기 가열로를 가열하여 상기 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금의 표면에 알루미늄 확산 코팅을 통해 알루미늄 니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층을 형성하는 단계와,

상기 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층의 표면에 850-950 °C에서 19-21 시간 동안 대기 중에서 표면 산화 처리를 수행하여 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층을 형성하는 단계는, 550-650 °C에서 5-7 시간 동안 수행하고,

상기 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층은, 30-50 μm 의 두께 범위를 가지며,

상기 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층은, 5-7 μm 의 두께 범위를 갖는

니켈기 초내열합금의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 장입하는 단계는, 상기 알루미늄을 25-35 중량%, 상기 삼염화나트륨을 1-10 중량%, 상기 알루미늄을 60-70 중량%의 중량 비율로 혼합하는 니켈기 초내열합금의 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층을 형성하는 단계는, 아르곤(Ar) 분위기에서 확산 코팅하는 니켈기 초내열합금의 제조 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 따른 니켈기 초내열합금의 제조 방법에 따라 제조되어 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층 및 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층이 형성되는 니켈기 초내열합금.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금의 고온 내식마 특성을 향상시킬 수 있는 니켈기 초내열합금의 제조 방법 및 이에 따라 제조된 니켈기 초내열합금에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 잘 알려진 바와 같이, 항공기와 선박의 추진체 및 발전기에 사용되고 있는 가스 터빈 엔진의 경우, 고온 및 고압의 부식 환경 하에서 사용할 수 있는 고내구성 재료 개발은 장치 수명과 안전성 보장과 직결되는 매우 중요한 이슈이다.

[0003] 특히, 엔진의 터빈 블레이드(turbine blade)와 같이 고온에서 작동하는 설비는 극심한 고온 부식 환경과 매우 큰 회전 응력 상태에 노출되어 수 천 시간 동안 작동해야 하므로 우수한 기계적 특성과 표면 물성이 유지되어야 한다.

[0004] 이러한 상황에서 가스 터빈 개발 초기에서는 고온에서 사용될 수 있는 초합금의 개발로 연료 효율 향상을 꾀할 수 있었으나, 사용 온도 증가에 따른 재료 표면의 열화 문제를 피할 수 없게 되었다.

[0005] 한편, 고온 재료의 고온 부식 과정은 분위기 가스의 종류에 따라 여러 가지 형태로 구별되는데, 공기 중이거나 산소만이 존재할 경우 주로 산화에 의해 열화가 이루어지고, 분위기 내에 약간의 황이나 탄소가 존재할 경우 황화 현상(sulfidation)이나 탄화 현상(carburization)이 발생할 수 있다.

[0006] 또한, 각종 열교환기 내에서는 용융염 부식 현상이 발생할 수 있는데, 용융점 부식은 1000 °C 이하에서 염이 합금의 표면에 부착됨으로써 부식 속도가 현저히 빨라지는 현상을 의미하고, 특히 내부 온도가 650-750 °C 범위에서 SO_3 가 함유된 분위기에서는 부식 속도가 급격히 증가할 수 있다.

[0007] 그리고, 초내열합금이 고온에서 산화될 경우 금속이 산화물로 변하는 피막 형성 현상, 금속 내부에 산화 석출물을 형성하여 피로나 응력이 집중되는 내부 산화 현상, 성장 응력이나 열충격 응력에 의해 피막이 박리되는 피막 박리 현상, Cr_2O_3 등의 산화물이 고온에서 증발(기화)되어 크롬(Cr)의 고갈이 발생하는 산화물의 증발 현상 등이 발생함으로써, 고온 산화 특성 및 고온 기계적 특성의 저하로 인해 재료 및 장치의 수명이 단축되는 문제가 발생하고 있다.

[0008] 특히, 니켈기 초내열합금의 경우 초내열합금에 포함된 크롬(Cr)이 고온 산화분위기에 노출될 경우 표면에 형성되는 Cr_2O_3 등의 산화물이 기화되고, 크롬의 고갈이 발생하기 때문에, 고온에서의 우수한 특성에도 불구하고, 내산화 특성이 요구되는 경우에는 사용이 제한되고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 1. 일본공개특허 특개평08-053748호(1996.03.27.공개) : 용사피복 초합금 부재의 제조방법
(특허문헌 0002) 2. 미국등록특허 제03801357호(1974.04.02.등록) : Diffusion coating

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 알루미늄(Al), 삼염화나트륨(NaCl_3) 및 알루미늄(Al_2O_3)를 혼합, 확산 코팅 및 표면 산화 처리시킴으로써, 고온 내식마 특성을 향상시킬 수 있는 니켈기 초내열합금의 제조 방법 및 이에 따라 제조된 니켈기 초내열합금을 제공하고자 한다.
- [0011] 또한, 본 발명은 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 확산 코팅을 통해 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층을 형성하고, 표면 산화 처리를 통해 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층을 형성함으로써, 고온 내식마 특성을 향상시킬 수 있는 니켈기 초내열합금의 제조 방법 및 이에 따라 제조된 니켈기 초내열합금을 제공하고자 한다.
- [0012] 본 발명의 실시예들의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일 측면에 따르면, 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금과 알루미늄(Al), 삼염화나트륨(NaCl_3) 및 알루미늄(Al_2O_3)를 가열로에 장입하는 단계와, 상기 가열로를 가열하여 상기 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금의 표면에 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층을 형성하는 단계와, 상기 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층의 표면에 표면 산화 처리를 수행하여 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층을 형성하는 단계를 포함하는 니켈기 초내열합금의 제조 방법이 제공될 수 있다.
- [0014] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 니켈기 초내열합금의 제조 방법에 따라 제조되어 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층과 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층이 형성되는 니켈기 초내열합금이 제공될 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명은 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 알루미늄(Al), 삼염화나트륨(NaCl_3) 및 알루미늄(Al_2O_3)를 혼합, 확산 코팅 및 표면 산화 처리시킴으로써, 고온 내식마 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0016] 또한, 본 발명은 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 확산 코팅을 통해 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층을 형성하고, 표면 산화 처리를 통해 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층을 형성함으로써, 고온 내식마 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0017] 아울러, 확산 코팅의 최적 배합비와 열처리의 시간과 온도를 제공함으로써, 최적의코팅 조건과 표면 산화 처리 조건을 획득할 수 있으며, 고온에서 노출되는 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 대해 확산 코팅 후 표면 산화 처리를 수행함으로써, 용융 형태의 변화 없이 지속적으로 최초의 형상을 유지할 수 있는 니켈기 초내열합금을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 니켈기 초내열합금을 제조하는 과정을 나타낸 단계별 흐름도,
 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 니켈기 초내열합금의 단면을 나타낸 도면,
 도 3 내지 도 18은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 니켈기 초내열합금의 샘플과 종래 샘플을 비교 분석하여 내식마 특성을 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명의 실시예들에 대한 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.
- [0020] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 니켈기 초내열합금을 제조하는 과정을 나타낸 단계별 흐름도이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금과 코팅재인 알루미늄(Al), 활성제인 삼염화나트륨(NaCl₃) 및 소결방지제인 알루미나(Al₂O₃)를 가열로에 장입한다(단계102).
- [0024] 여기에서, 상기 단계(102)에서는 25-35 중량%의 알루미늄(Al), 1-10 중량%의 삼염화나트륨(NaCl₃) 및 60-70 중량%의 알루미나(Al₂O₃)를 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금이 장입된 가열로 내부에 장입시킬 수 있다.
- [0025] 여기에서, 코팅제는 알루미늄(Al) 외에 Fe-Al 등을 사용할 수 있고, 활성제는 삼염화나트륨(NaCl₃) 외에 염화암모늄(NH₄Cl) 등을 사용할 수 있다.
- [0026] 그리고, 알루미늄(Al) 확산 코팅을 통해 알루미늄니켈라이드(Al₃Ni) 코팅층을 형성한다(단계104).
- [0027] 여기에서, 확산 코팅은 아르곤(Ar) 분위기에서 550-650 °C에서 5-7 시간 동안 수행될 수 있는데, 550 °C 미만이거나 5 시간 미만동안 확산 코팅할 경우 알루미늄니켈라이드(Al₃Ni)상이 고르게 나타나지 않고 충분한 두께의 코팅층을 형성할 수 없으며, 650 °C를 초과하거나 7 시간을 초과할 경우 알루미늄니켈라이드(Al₃Ni)상의 분포에 변화가 없고 특별한 추가적인 효과를 얻을 수 없어 경제적으로 불필요하기 때문에, 550-650 °C에서 5-7 시간 동안 확산 코팅하는 것이 바람직하다.
- [0028] 상술한 바와 같이 확산 코팅된 알루미늄니켈라이드(Al₃Ni) 코팅층은 30-50 μm의 두께 범위를 가질 수 있다.
- [0029] 다음에, 알루미늄니켈라이드(Al₃Ni) 코팅층이 형성된 후 대기중에서 표면 산화 처리를 수행하여 알루미나(Al₂O₃) 표면보호층을 형성한다(단계106).
- [0030] 여기에서, 표면 산화 처리는 850-950 °C에서 19-21 시간 동안 수행될 수 있는데, 850 °C 미만이거나 19 시간 미만동안 확산 코팅할 경우 충분한 산화가 발생하지 않아 알루미나(Al₂O₃)상이 고르게 나타나지 않고 충분한 두께의 표면보호층을 형성할 수 없으며, 950 °C를 초과하거나 21 시간을 초과할 경우 알루미나(Al₂O₃)상의 분포에 변화가 없고 특별한 추가적인 효과를 얻을 수 없어 경제적으로 불필요하기 때문에, 850-950 °C에서 19-21 시간 동안 확산 코팅하는 것이 바람직하다.
- [0031] 상술한 바와 같이 표면 산화 처리를 통해 형성되는 알루미나(Al₂O₃) 표면보호층은 5-7 μm의 두께 범위를 가질 수 있다.

- [0032] 따라서, 본 발명은 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 알루미늄(Al), 삼염화나트륨(NaCl_3) 및 알루미늄(Al_2O_3)을 혼합, 확산 코팅 및 표면 산화 처리시킴으로써, 고온 내삭마 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명은 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 확산 코팅을 통해 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층을 형성하고, 표면 산화 처리를 통해 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층을 형성함으로써, 고온 내삭마 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0034] 아울러, 확산 코팅의 최적 배합비와 열처리의 시간과 온도를 제공함으로써, 최적의 코팅 조건과 표면 산화 처리 조건을 획득할 수 있으며, 고온에서 노출되는 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금에 대해 확산 코팅 후 표면 산화 처리를 수행함으로써, 용융 형상의 변화 없이 지속적으로 최초의 형상을 유지할 수 있는 니켈기 초내열합금을 제공할 수 있다.
- [0035] 한편, 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 니켈기 초내열합금의 단면을 나타낸 도면으로, 본 발명의 다른 실시예에 따른 니켈기 초내열합금은 상술한 바와 같은 니켈기 초내열합금의 제조 방법에 따라 제조되어 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금(10)에 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층(20) 및 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층(30)이 형성될 수 있다.
- [0036] 여기에서, 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층은 30-50 μm 의 두께 범위를 가질 수 있고, 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층은 5-7 μm 의 두께 범위를 가질 수 있다.
- [0037] 다음에, 상술한 바와 같은 구성을 갖는 니켈기 초내열합금의 제조 방법 및 이에 따라 제조된 니켈기 초내열합금에 대해 샘플을 제작한 후, 종래 샘플과의 비교 분석을 통해 고온 내삭마 특성에 대해 설명한다.
- [0038] 도 3 내지 도 18은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 니켈기 초내열합금의 샘플과 종래 샘플을 비교 분석하여 내삭마 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0039] 도 3 내지 도 18을 참조하면, 코팅재인 알루미늄(Al) 30 wt%, 활성재인 삼염화나트륨(NaCl_3) 5 wt% 및 소결방지재인 알루미늄(Al_2O_3) 65 wt%를 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금 모재(예를 들면, Haynes 230 합금)와 함께 가열로에 장입하고, 아르곤(Ar) 분위기하에서 600 $^{\circ}\text{C}$ 에서 6시간 확산 코팅 처리 후, 대기중에서 900 $^{\circ}\text{C}$ 에서 20 시간 동안 표면 산화 처리를 수행할 수 있다.
- [0040] 아래 표 1은 Haynes 230 합금의 화학적 조성 비율을 나타낸다.

표 1

Material	Ni	Cr	W	Fe	Mo	Co	Mn	Si	Al	C	La	B
Haynes 230	Bal.	22.0	14.0	3.0	2.0 Max	5.0 Max	0.5	0.4	0.3	0.10	0.02	0.015~5.0

- [0041]
- [0042] 예를 들어, 직경 38 mm인 Haynes 230 합금의 봉을 일정한 크기로 절단하여 제작한 후, Haynes 230 합금 샘플과 알루미늄(Al) 확산 코팅(Al_2O_3 : 65%, Al : 30%, NaCl_3 : 5%)을 한 Haynes 230 합금 샘플을 각각 용융 분사기와 샘플의 거리를 11cm로 고정하고, 도 3에 도시한 바와 같이 순간적으로 1350 $^{\circ}\text{C}$ 이상인 고온의 화염을 Haynes 230 합금 샘플에 직접 방사한다.
- [0043] 이 때 Haynes 230 합금 샘플이 시간이 경과함에 따라 산화 정도가 어느 정도 되는지 관찰하고, 동일한 조건에서 알루미늄(Al) 확산 코팅 처리(600 $^{\circ}\text{C}$, 6h, in Ar)후, 표면 산화 처리 처리(900 $^{\circ}\text{C}$, 20h in air)를 한 Haynes 230

합금 샘플을 동일한 실험방법으로 진행하여 두 가지의 조건을 비교 분석하였다.

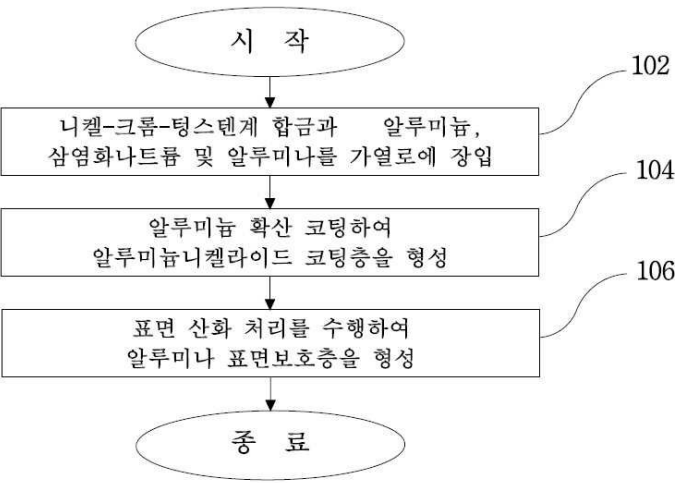
- [0044] 도 4는 샘플의 열변화를 측정하기 위해 고온 온도 측정기를 이용하여 측정한 그래프로서, 열전달 등이 동반되어 샘플의 온도는 최대 1350도까지 상승함을 알 수 있다.
- [0045] 그리고, 고온삭마 실험에서 가장 중요한 부분은 외관의 형상이 열방사 전의 모습을 유지하는 것으로서, 샘플의 외관 형상을 비교 분석하여 보면, 도 5에는 1 분유지 시의 고온 삭마 후의 Haynes 230 합금 샘플의 모습을 나타내고 있는데, 표면에 산화층이 생성되고, 약간의 용융 현상이 나타나나는 것을 알 수 있다.
- [0046] 추가로, 3분, 5분, 8분, 10분까지 유지 시의 샘플의 외관 형상은 도 6, 도 7, 도 8, 도 9에 각각 나타내고 있는데, 샘플은 표면에서 용융 현상이 일어나며, 외형의 모양이 점차 줄어들고 있음을 알 수 있다.
- [0047] 또한, 도 10은 코팅 직후의 모양과 코팅 후, 표면 산화 처리를 수행한 직후의 모양을 나타내는데, 샘플의 외관의 모양은 큰 변화가 나타나지 않음을 알 수 있다.
- [0048] 한편, 코팅 후 표면 산화 처리를 수행한 샘플의 고온 삭마 시 외관의 형상은 도 11, 도 12, 도 13, 도 14, 도 15에 각각 나타내고 있는데, 샘플의 외관은 용융 현상이 일어나지 않았고, 샘플의 크기 또한 변화가 없음을 알 수 있다.
- [0049] 도 16은 Haynes 230 합금 샘플과 알루미늄(Al) 확산 코팅 후, 표면 산화 처리를 수행한 Haynes 230 합금 샘플의 고온삭마 후의 무게 감소율을 나타내고 있는데, 코팅을 수행한 샘플의 경우에는 무게 감소율이 없는 반면에, 코팅을 하지 않은 Haynes 230 합금 샘플의 경우에는 무게 감소율이 증가하고 있음을 알 수 있다.
- [0050] 도 17은 고온 삭마 실험 후의 남아 있는 Haynes 230 합금의 남아있는 샘플의 무게를 %로 나타내고 있는데, 알루미늄(Al) 확산 코팅을 수행한 후, 표면 산화 처리를 수행한 Haynes 230 합금 샘플은 무게의 증가나 감소가 일어나지 않았지만, 코팅을 수행하지 않은 Haynes 230 합금 샘플의 경우에는 3분 후에는 무게가 급격하게 감소한 것을 알 수 있다.
- [0051] 한편, 샘플에 대해 X-선 회절기(monochromatic Cu K radiation)을 이용하여 조사하였는데, X-선 회절 분석은 Cu target($\lambda=1.5406$, $K\alpha_1$ 선) 튜브 전압은 50 kV, 전류는 200 mA의 조건으로 분석을 수행하였고, X-선 회절 스펙트럼은 연속 주사의 방법으로 35-55 °의 주사 범위에서 4 °/min의 속도로 0.05 ° 간격을 유지하며 획득하였다.
- [0052] 도 18은 표면에 생성된 산화물을 XRD의 분석 결과를 나타내는데, 코팅을 한 Haynes 230 합금 샘플의 경우에는 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni)가 주로 생성되는 반면, 코팅 후 표면 산화 처리를 수행한 Haynes 230 합금 샘플의 경우에는 산화크롬(Cr_2O_3) 산화물이 생성되지 않았고, 알루미늄(Al_2O_3)가 생성된 것을 확인하였다.
- [0053] 이상의 설명에서는 본 발명의 다양한 실시예들을 제시하여 설명하였으나 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함을 쉽게 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

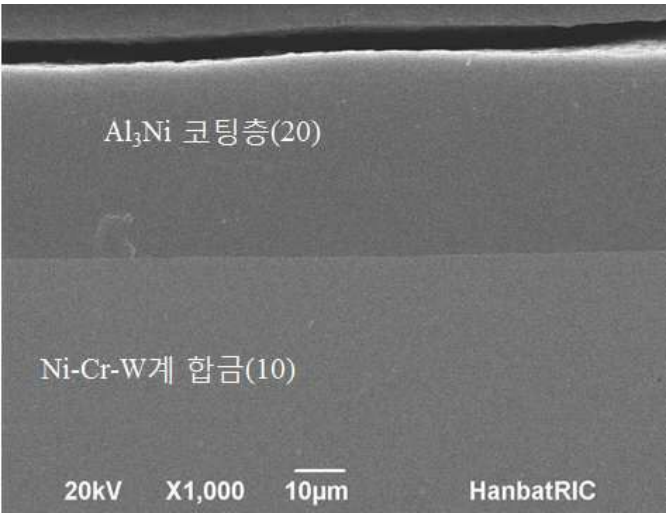
- [0054] 10 : 니켈-크롬-텅스텐(Ni-Cr-W)계 합금
 20 : 알루미늄니켈라이드(Al_3Ni) 코팅층
 30 : 알루미늄(Al_2O_3) 표면보호층

도면

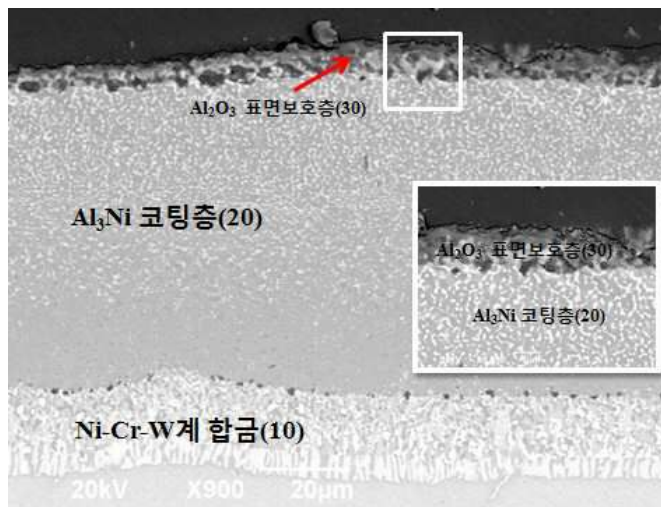
도면1



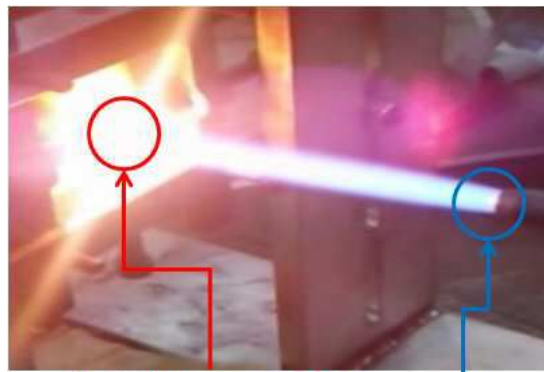
도면2a



도면2b



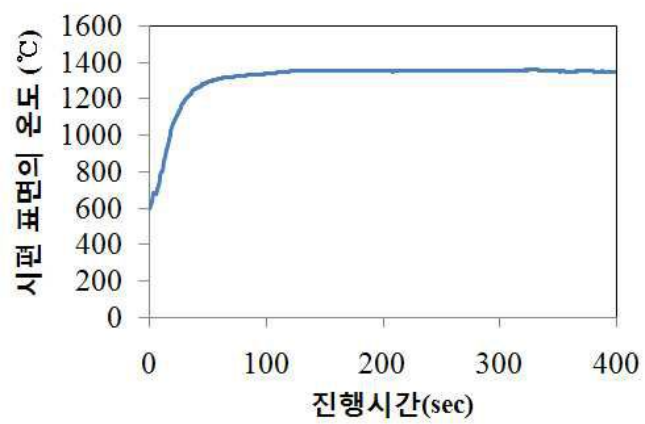
도면3



장착된 Haynes 230
합금의 위치

분사기에서 발사되
는 고온의 화염

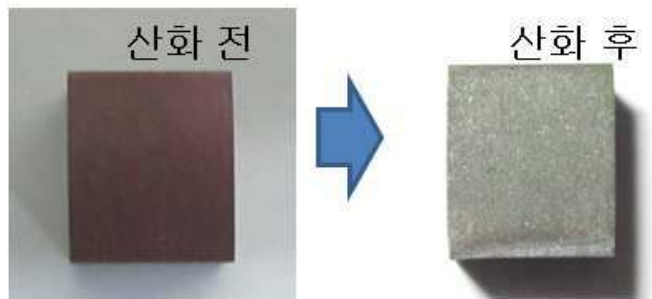
도면4



도면5



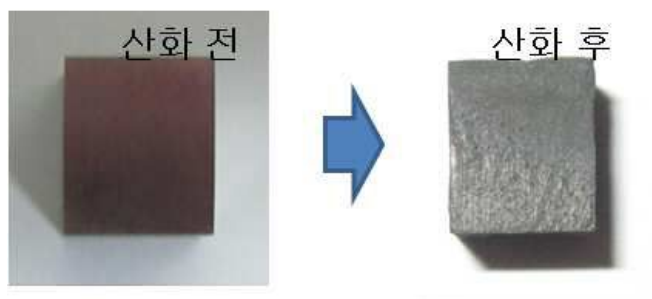
도면6



도면7



도면8



도면9



도면10



도면11



도면12



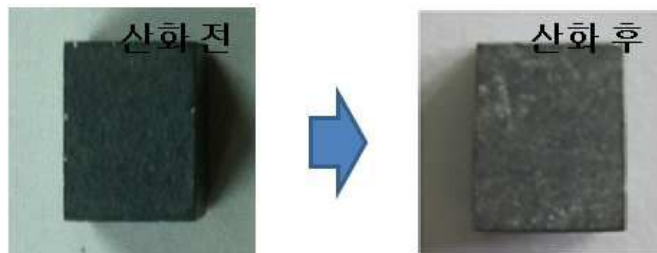
도면13



도면14



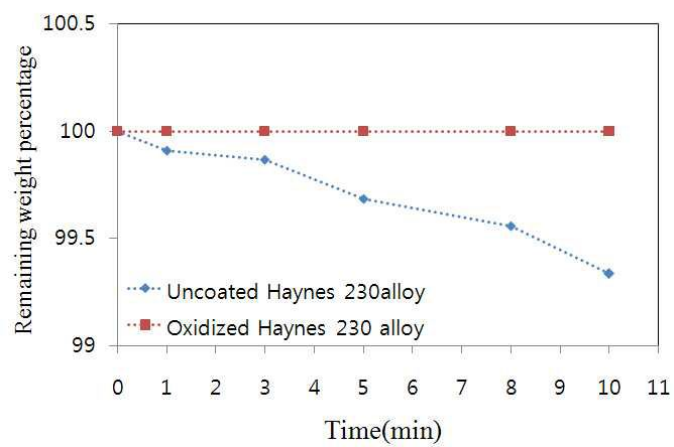
도면15



도면16

순수한 Haynes230		Al 코팅 후 전처리산화한 Haynes230	
진행 시간	무게 감소율(%)	진행 시간	무게 감소율(%)
1min	0.09%	1min	-
3min	0.13%	3min	-
5min	0.31%	5min	-
8min	0.44%	8min	-
10min	0.66%	10min	-

도면17



도면18

