



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0002776  
(43) 공개일자 2020년01월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C22C 19/05* (2006.01) *F01D 5/28* (2006.01)

(52) CPC특허분류  
*C22C 19/056* (2013.01)  
*F01D 5/28* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-7013630

(22) 출원일자(국제) 2017년10월03일  
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2019년05월11일

(86) 국제출원번호 PCT/GB2017/052964

(87) 국제공개번호 WO 2018/069672  
국제공개일자 2018년04월19일

(30) 우선권주장  
1617227.2 2016년10월11일 영국(GB)

(71) 출원인

돈캐스터즈 리미티드

영국, 디이15 0와이제트, 스태퍼드셔, 버턴어폰트  
렌트, 애쉬비 로드, 브랫비 비즈니스 파크, 렙튼  
하우스

(72) 발명자

셀러스, 톰

영국, 디이14 2더블유에이치 버턴어폰트렌트 스태  
퍼드셔, 센트럴 100, 퍼스트 애비뉴, 밀레니엄 코  
트, 돈캐스터즈 리미티드

스코필드, 존

영국, 디이14 2더블유에이치 버턴어폰트렌트 스태  
퍼드셔, 센트럴 100, 퍼스트 애비뉴, 밀레니엄 코  
트, 돈캐스터즈 리미티드

조지, 리차드

영국, 디이14 2더블유에이치 버턴어폰트렌트 스태  
퍼드셔, 센트럴 100, 퍼스트 애비뉴, 밀레니엄 코  
트, 돈캐스터즈 리미티드

(74) 대리인

안소영

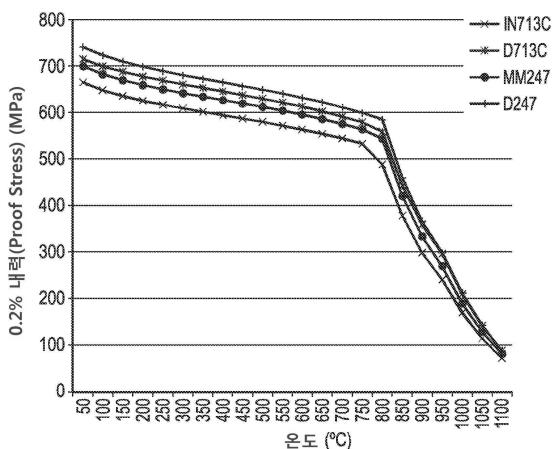
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 니켈 합금

## (57) 요 약

본 발명은 고온 환경에서 사용하기에 적합한 니켈 합금에 관한 것이다. 예를 들어, 본 발명의 니켈 합금은 800°C 가 넘는 온도에서 사용될 수 있다. 이 니켈 합금은 자동차 산업, 예를 들어 터보 과급기 터빈 휠에 사용될 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

*F05D 2220/40* (2013.01)

*F05D 2300/175* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

0.01 내지 0.3 중량%의 탄소,  
 7.0 내지 15.0 중량%의 크롬,  
 0 내지 12.0 중량%의 코발트,  
 3.0 내지 7.0 중량%의 몰리브덴,  
 0.1 내지 9.5 중량%의 텅스텐,  
 1.0 내지 3.0 중량%의 니오븀,  
 0 내지 2.0 중량%의 탄탈럼,  
 0.5 내지 2.0 중량%의 티타늄,  
 3.5 내지 7.0 중량%의 알루미늄,  
 0 내지 3.0 중량%의 붕소,  
 0.01 내지 0.1 중량%의 지르코늄; 및  
 0.1 내지 1.0 중량% 하프늄 또는 0.1 내지 1.0 중량% 바나듐 중 어느 하나  
 를 포함하거나 이로 구성되고, 조성의 잔부(balance)는 니켈 및 부수적인(incidental) 불순물인 니켈 합금.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 탄소는 0.05 내지 0.2 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,  
 크롬은 7.5 내지 13 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
 몰리브덴은 3.5 내지 5.5 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,  
 니오븀은 1.8 내지 2.5 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,  
 티타늄은 0.6 내지 1.2 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

알루미늄은 5.0 내지 7.0 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

붕소는 0.005 내지 0.02 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

지르코늄은 0.03 내지 0.08 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

하프늄은 0.2 내지 0.7 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

바나듐은 0.1 내지 0.4 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

코발트는 선택적으로 9 내지 11 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

탄탈럼은 선택적으로 0.5 내지 1 중량%의 범위로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

텅스텐은 0.1 내지 1.0 중량% 또는 5 내지 9 중량%의 범위로 존재하는 것인, 니켈 합금.

#### 청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

철은 0.5 또는 1 중량%의 양으로 존재하는 것인 니켈 합금.

#### 청구항 16

제1항에 있어서,

합금은

0.1 중량%의 탄소

12.5 중량%의 크롬,

4.0 중량%의 몰리브덴,

0.5 중량%의 텅스텐,

2.0 중량%의 니오븀,

0.8 중량%의 티타늄,

6.6 중량%의 알루미늄,  
 0.01 중량%의 봉소,  
 0.06 중량%의 지르코늄; 및  
 0.25 중량%의 바나듐  
 을 포함하고, 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물인 니켈 합금.

### 청구항 17

제1항에 있어서,

합금은

0.16 중량%의 탄소  
 8.2 중량%의 크롬,  
 10 중량%의 코발트,  
 5.0 중량%의 몰리브덴,  
 7.0 중량%의 텅스텐,  
 2.2 중량%의 니오븀,  
 0.8 중량%의 탄탈럼,  
 1.0 중량%의 티타늄,  
 5.5 중량%의 알루미늄,  
 0.015 중량%의 봉소,  
 0.05 중량%의 지르코늄; 및  
 0.5 중량%의 하프늄

을 포함하고, 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물인 니켈 합금.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 니켈 합금(nickel alloy)에 관한 것이다. 특히, 니켈 합금은 고온(예를 들어, 800°C 초과)에서 사용하기 위한 니켈 초합금(superalloy)이다. 본 발명의 합금은 항공우주 또는 자동차 산업에서, 예를 들어 터보 과급기(turbocharger) 터빈 휠에 사용하는데 유용할 수 있다.

#### 배경 기술

[0002] 엔진 설계자가 연료 효율성 증가라는 지속적인 도전에 직면함에 따라, 엔진은 연료를 더 뜨겁고 깨끗하게 연소하도록 설계되고 있다. 이는 모든 엔진 유형에 적용되지만, 특히 자동차 내연 기관에 적용된다. 효율성을 높이고 고온의 연료 연소를 개선할 필요성이 필연적으로 터보 과급기 입구(inlet) 온도의 온도 상승 경향을 가져왔다. 일부 신형 엔진은 1050°C 이상의 터빈 입구 온도로 작동하도록 설계되어 있으며, 이는 유비쿼터스 터보 과급기 터빈 휠 합금인 IN713C의 온도 성능을 초과한다.

[0003] 다른 합금이 터보 과급기 산업에서 검토되고 있지만, 이들은 주로 가스 터빈 어플리케이션으로부터 차용된 합금이다. Mar-M247은 Ta 및 Hf를 함유하고 있지만 새로운 고온 터빈 휠을 위한 주요 선택 합금 중 하나이며, 그 결과 IN713C 가격의 4배가 된다. 비용을 최소한으로 유지하는 것이 시장 점유율을 획득하는 핵심 요소인 산업에서, 맞춤형 저비용 고온 성능 합금을 개발해야 할 필요성이 매우 크다. 이와 같이, 본 발명의 특정 구현 예의 목적은 값이싼 공지된 합금과 비슷하거나 개선된 특성을 갖는 니켈 합금을 제공하는 것이다.

[0004] 본 발명의 구현예는 또한, 선행 기술의 합금과 비교하여 개선된 고온 인장(tensile) 특성 및 고온 파단 수명

(rupture life)을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0005] 더 새로운 터보 과급기에 존재하는 증가된 온도로 인해, 산화성 및 부식성 마모로 금속 성분이 분해되는 경향이 증가하였다. 따라서, 본 발명의 구현예는 개선된 고온 산화 및/또는 부식 특성을 제공하는 것을 목적으로 한다. 선행 기술의 합금은 비슷하거나 비싼 가격일 수 있다.

[0006] 터빈 휠의 관성(inertia)이 터빈 휠의 회전 가속도에 큰 영향을 미치기 때문에, 터빈 휠에 대한 재료 선택에 있어서의 또 다른 주요 요소는 합금 밀도이다. 고밀도의 합금으로 주조된 휠은 무거워서, 터보 과급기가 터보 래그(turbo lag)를 나타내게 한다. 따라서, 본 발명의 특정 구현예의 목적은 유익한 밀도(즉, 선행 기술 합금인 Mar-M247 및 IN713C보다 낮은 밀도)를 가지며, 선택적으로 비용 또한 감소시킬 수 있는 합금을 제공하는 것이다.

[0007] 이미 개략한 바와 같이, 자동차 터보 과급기 터빈의 작동 온도는 끊임없이 지속적으로 증가하는 추세이다. 이러한 이유로 작동 온도가 성능을 초과함에 따라 설계자들은 IN713C에 대한 대체 합금을 검토하고 있다. 본 발명의 구현예에서, 중간 온도(850°C 내지 1000°C) 터보 과급기 터빈 휠에 사용하기 위하여 IN713C와 동일한 비용으로 고온 합금을 설계하는 것이 또한 목적이다.

### 발명의 내용

[0008] 본 발명에 따라서, 니켈 합금이 제공된다. 이 니켈 합금은

[0009] 0.01 내지 0.3 중량%의 탄소;

[0010] 7.0 내지 15.0 중량%의 크롬;

[0011] 0 내지 12.0 중량%의 코발트;

[0012] 3.0 내지 7.0 중량%의 몰리브덴;

[0013] 0.1 내지 9.5 중량%의 텅스텐;

[0014] 1.0 내지 3.0 중량%의 니오븀;

[0015] 0 내지 2.0 중량%의 탄탈럼;

[0016] 0.5 내지 2.0 중량%의 티타늄;

[0017] 3.5 내지 7.0 중량%의 알루미늄;

[0018] 0 내지 3.0 중량%의 붕소;

[0019] 0.01 내지 0.1 중량%의 지르코늄; 및

[0020] 0.1 내지 1.0 중량%의 하프늄 또는 0.1 내지 1.0 중량%의 바나듐 중 어느 하나를 포함하며;

[0021] 조성의 잔부(balance)는 니켈 및 부수적인 불순물이다.

[0022] 상기 언급된 바와 같이, 니켈은 합금의 잔부를 이룬다. 니켈은 선택적으로 합금의 40 내지 80 중량%의 양으로 존재할 수 있다.

[0023] 본 발명의 합금 내에서, 탄소는 내크리프성(creep resistance)을 증가시키는 효과를 갖는다. 탄소는 1차 MC 탄화물(carbide), 2차 M6C 및 M23C6 탄화물로서 Ni 초합금에 존재하는 Ti, Mo, Cr, Nb, Ta 및 Hf와 탄화물을 형성한다. 탄화물은 다양한 기능을 가지며, 입내(transgranular) 및 입계(intergranular)(결정립계(grain boundary)) 탄화물 모두로서 존재한다. 큰 입내 MC 탄화물의 존재는 전위(dislocation) 이동을 억제하면서 합금 매트릭스를 강화시키는 효과를 갖는다. 작은 불연속적인 결정립계 탄화물은 피닝 상(pinning phase)으로 작용하며, 이는 내크리프성을 증가시킨다. 구현예에서, 탄소는 0.05 내지 0.2 중량%의 범위로 존재할 수 있다. 대안적으로, 탄소는 0.7 내지 0.13 중량% 또는 0.13 내지 0.19 중량%의 범위로 존재할 수 있다. 바람직하게는, 탄소는 0.95 내지 1.05 중량%(예를 들어, 0.1 중량%) 또는 0.155 내지 0.165 중량%(예를 들어, 0.16 중량%)의 양으로 존재한다.

[0024] 크롬은 강도 및 내부식성(corrosion resistance)을 증가시킨다. 감마 매트릭스에서 고용체 강화제(solid solution strengthener)로 존재하는 크롬은 또한 보호성 산화물 층인  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 를 형성한다.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 는 금속 원소의 외

부로의 확산 속도를 제한하고, 대기 원소(예를 들어, O, N, S)의 내부로의 확산 속도를 제한하는 데 특히 효과적이다. 구현예에서, 크롬은 7.5 내지 13 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 크롬은 12.35 중량% 내지 12.65 중량% 또는 8.05 내지 8.35 중량%의 양으로 존재할 수 있다. 바람직하게는, 크롬은 12.45 내지 12.55 중량%(예를 들어, 12.5 중량%) 또는 8.15 내지 8.25 중량%(예를 들어, 8.2 중량%)의 양으로 존재한다.

[0025] 니켈은 청구된 발명의 합금의 기본 원소이며, 합금의 감마 및 감마 프라임 2차 상 침전물(precipitate)의 기초를 형성한다. 감마와 감마 프라임 사이의 작은 격자 부정합(lattice misfit)은 Ni 합금의 고온 안정성의 원인이 된다.

[0026] 코발트는 강도 및 상 안정성을 증가시킨다. 코발트의 혼입은 감마 프라임 솔버스(solvus) 온도의 상승을 초래한다. 코발트는 고용체 강화 원소이며, Ni과 비슷한 원자 직경을 갖기 때문에 감마 안정화제이다. 구현예에서, 코발트는 선택적으로 9 내지 11 중량%의 범위로 존재한다. 따라서, 코발트는 본 발명의 합금에 존재하지 않거나(임의의 잠재적인 부수적인 불순물은 제외함) 개시된 범위로 존재할 수 있다. 코발트는 9.8 내지 10.2 중량%의 양으로 존재할 수 있다. 바람직하게는, 코발트는 9.95 내지 10.05 중량%(예를 들어, 10.0 중량%)의 양으로 존재한다.

[0027] 코발트가 존재하는 경우, 코발트는 바람직하게는 하프늄을 포함하는 본 발명의 합금에 존재한다. 코발트가 본 발명의 합금에 존재하는 경우, 이 합금은 또한 본 설명의 다른 곳에 개시된 양으로 탄탈럼 및 하프늄을 포함한다.

[0028] 코발트가 존재하지 않는 구현예에서, 합금은 바람직하게는 본 설명의 다른 곳에 개시된 양으로 바나듐을 포함한다. 대안적으로, 코발트가 존재하지 않는 경우, 합금은 바람직하게는 탄탈럼을 포함하지 않고, 하프늄을 포함하지 않지만, 바나듐은 포함한다.

[0029] 몰리브덴과 텉스텐은 합금의 고용체 강도를 증가시키기 위하여 존재한다. 몰리브덴과 텉스텐은 또한 감마 안정화를 통해 상 안정성을 증가시키는 효과가 있다. 그것은 큰 MC 탄화물 형성을 위한 또 다른 중요한 성분이다.

[0030] 구현예에서, 몰리브덴은 3.5 내지 5.5 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 몰리브덴은 3.8 내지 4.2 중량% 또는 4.8 내지 5.2 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 몰리브덴은 3.95 내지 4.05 중량%(예를 들어, 4.0 중량%) 또는 4.95 내지 5.05 중량%(예를 들어, 5 중량%)의 양으로 존재한다.

[0031] 구현예에서, 텉스텐은 0.1 내지 1.0 중량% 또는 5 내지 9 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 텉스텐은 0.3 내지 0.7 중량% 또는 6.8 내지 7.2 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 텉스텐은 0.45 내지 0.55 중량%(예를 들어, 0.5 중량%) 또는 6.95 내지 7.05 중량%(예를 들어, 7.0 중량%)의 양으로 존재한다.

[0032] 니오븀은 감마 및 감마 프라임 상 모두에서 합금의 강도를 증가시킨다. 니오븀은 큰 원자 직경으로 인해 강한 고용체 강화제이다. 합금의 다른 성분들과 마찬가지로, 니오븀은 큰 MC 탄화물의 형성에 중요하다. 구현예에서, 니오븀은 1.8 내지 2.5 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 니오븀은 1.8 내지 2.2 중량% 또는 2.0 내지 2.4 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 니오븀은 1.95 내지 2.05 중량%(예를 들어, 2.0 중량%) 또는 2.15 내지 2.25 중량%(예를 들어, 2.2 중량%)의 양으로 존재한다.

[0033] 니오븀과 마찬가지로, 탄탈럼은 큰 원자 직경으로 인해 강한 고용체 강화제이며, 큰 MC 탄화물을 형성한다. 구현예에서, 탄탈럼은 0.5 내지 1 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 탄탈럼은 0.6 내지 1.0 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 탄탈럼은 0.75 내지 0.85 중량%(예를 들어, 0.8 중량%)의 양으로 존재한다. 따라서, 일부 구현예에서, 탄탈럼은 또한 합금이 탄탈럼과 코발트 둘 다를 함유하도록 코발트를 함유하는 합금에 첨가된다. 이는 바람직한 구현예를 나타낸다. 마찬가지로, 탄탈럼과 코발트 중 하나가 존재하지 않는다면, 합금이 탄탈럼 또는 코발트 중 어느 하나를 함유하지 않는다는 점에서 다른 하나는 존재하지 않는다는 바람직한 구현예이다.

[0034] 티타늄은 니켈 초합금의 적용(예를 들어, 자동차, 예를 들어 터보 과급기, 및 항공우주 산업, 예를 들어 터빈)에 중요한 합금의 고온 강도를 증가시킨다. 티타늄은 감마 프라임인  $Ni_3(Al, Ti)$ 을 형성하며, 이것은 Ni 기반 초합금의 고온 강도의 원인이 된다. 구현예에서, 티타늄은 0.6 내지 1.2 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 티타늄은 0.6 내지 1.0 중량% 또는 0.8 내지 1.2 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 티타늄은 0.75 내지 0.85 중량%(예를 들어, 0.8 중량%) 또는 0.95 내지 1.05 중량%(예를 들어, 1.0 중량%)의 양으로 존재한다.

[0035] 알루미늄은 감마 프라임 2차 상 침전물을 형성하며, Ni 초합금의 고온 강도를 증가시킨다. 알루미늄은 또한, 합금 표면상에 확산 저항성(diffusion-resistant) 보호 산화물 층을 형성하여 내식성(anticorrosion)의 원인이

된다. 구현예에서, 알루미늄은 5.0 내지 7.0 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 알루미늄은 6.4 내지 6.8 중량% 또는 5.3 내지 5.7 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 알루미늄은 6.55 내지 6.65 중량%(예를 들어, 6.6 중량%) 또는 5.45 내지 5.55 중량%(예를 들어, 5.5 중량%)의 양으로 존재한다.

[0036] 봉소는 응력 파단(stress rupture) 수명을 개선하기 위하여 존재한다. 봉소는 봉소화물의 형태로 결정립계에 존재하며, 이는 응력 파단 수명을 개선하는 유익한 효과를 제공한다. 구현예에서, 봉소는 0.005 내지 0.02 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 봉소는 0.01 내지 0.02 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 봉소는 0.005 내지 0.015 중량%(예를 들어, 0.010 중량%) 또는 0.0145 내지 0.00155 중량%(예를 들어, 0.0015 중량%)의 양으로 존재한다.

[0037] 지르코늄 또한 응력 파단 수명을 개선하고, 나아가 결정립계 미세화제(refiner)의 효과를 제공한다. 소량의 지르코늄 첨가는 응력 파단 수명을 개선하고, 크래킹(cracking)의 형성을 억제한다. 구현예에서, 지르코늄은 0.03 내지 0.08 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 지르코늄은 0.05 내지 0.07 중량% 또는 0.04 내지 0.06 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 지르코늄은 0.055 내지 0.065 중량%(예를 들어, 0.060 중량%) 또는 0.045 내지 0.055 중량%(예를 들어, 0.050 중량%)의 양으로 존재한다.

[0038] 하프늄은 주요 탄화물 생성인자(former)이고, 내크리프성 및 응력 파단 특성을 개선한다. 하프늄 또한 결정립계를 강화시킨다. 구현예에서, 하프늄은 0.2 내지 0.7 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 하프늄은 0.4 내지 0.6 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 하프늄은 0.45 내지 0.55 중량%(예를 들어, 0.5 중량%)의 양으로 존재한다.

[0039] 바나듐은 탄화물 생성인자 및 고용체 강화제로서 존재한다. 구현예에서, 바나듐은 0.1 내지 0.4 중량%의 범위로 존재한다. 대안적으로, 바나듐은 0.2 내지 0.3 중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 바나듐은 0.245 내지 0.255 중량%(예를 들어, 0.25 중량%)의 양으로 존재한다.

[0040] 부수적인 불순물로서만 나타나지 않는 한, 하프늄과 바나듐은 일반적으로 본 발명의 합금에 함께 존재하지 않는다. 따라서, 합금은 0.1 내지 1.0 중량% 하프늄 또는 0.1 내지 1.0 중량% 바나듐 중 어느 하나를 함유한다.

[0041] 구현예에서, 효과적인 고용체 강화 원소를 제공하기 위하여, Mo(5 중량%) 및 Nb(2.2 중량%)가 언급된 양으로 첨가되었다.

[0042] 구현예에서, Al은 감마 프라임 분획을 증가시키기 위하여 6.6 중량%의 양으로 첨가되었다.  $Al_2O_3$ 은 또한 높은 온도에서  $Cr_2O_3$ 보다 더 효과적인 보호 산화물 층으로 인식되며, 따라서 구현예에서, Cr은  $Ni$ 를 낮추기 위하여 12.5 중량%로 존재한다. Mo은 4.0 중량%로 존재하였고, W은 0.5 중량%로 존재하였다.

[0043] 본 발명의 구현예에서, 합금은 철 및/또는 마그네슘을 더 포함한다. 마그네슘은 바람직하게는 0.0002 내지 0.008 중량%의 양으로 본 발명의 합금에 존재한다. 철은 존재하지 않거나, 0.4 내지 1.2 중량%, 0.3 내지 0.7 중량% 또는 0.8 내지 1.2 중량%, 선택적으로 1.0 중량% 또는 0.5 중량%의 양으로 존재한다.

[0044] 본 발명의 합금은 상기 언급된 의도적으로 첨가되는 원소들 이외에도, 다른 미량 원소를 필연적으로 함유한다. 이들 미량 원소는 합금의 기술적 특성에 전혀 영향을 미치지 않거나, 또는 일부 경우에는 합금에 약간의 부정적인 영향을 미친다. 그러나 이들 추가적인 원소가 합금에 나타나는 상대적으로 작은 수준을 고려하면, 그것들은 부수적인 불순물로서 간주될 수 있다. 이들 부수적인 원소는 질소, 산소, 황 및 인을 포함한다. 산소는 응력 집중부(stress raiser)이자 크래킹을 유발하는 산화물을 형성한다. 질소는 질화물의 형성을 통해 크래킹 및 다공성(porosity)을 유발한다. 황은 결정립계 취성 원소(embrittler)가 됨으로써 합금의 구성성분의 유익한 응력 파단 효과에 대해 작용한다. 황은 또한 보호 산화물 층의 파쇄(spallation)를 유발하여, 고온 산화 및 내부식성을 감소시킨다. 황은 또한 고온 내산화성(hot oxidation resistance)을 감소시킨다. 인 또한 결정립계 취성 원소이다. 존재하는 경우, 상대적으로 낮은 수준의 하나 이상의 이들 원소는 합금의 특성에 크게 영향을 미치지 않는다.

[0045] 일부 경우에, 본 발명의 합금은 최대 농도 50 ppm의 산소를 가질 수 있다. 별도로, 합금은 최대 농도 50 ppm의 질소를 가질 수 있다. 합금은 또한 독립적으로 최대 농도 100 ppm의 황을 가질 수 있다. 마찬가지로, 합금은 또한 독립적으로 최대 농도 100 ppm의 인을 가질 수 있다. 당업자는 합금 내의 구성성분 원소의 공급원에 따라 이들 원소가 언제 그리고 얼마만큼의 양으로 발생하고 허용될 수 있을지 이해할 것이다.

[0046] 또한, 특정 금속은 부수적인 불순물로서 본 발명의 합금에 존재할 수도 있다. 예를 들어, 철은 주요 구성성분 원소 중 하나 이상에 미량 성분으로서 존재할 수 있으며, 따라서 본 발명의 최종 합금 내로 들어갈 수 있다. 그

러나 철은 의도적으로 첨가되지 않으며, 그것이 존재할 수 있는 낮은 수준에서 합금의 특성에 대한 기술적 효과는 전혀 관찰되지 않았다. 철은 존재하는 경우, 최대 1.5 중량%의 양으로 존재할 수 있지만, 일반적으로 그 양은 1.0 중량% 이하 수준이며, 일부 경우에는 철을 완전히 배제할 수 있다.

[0047] 본 발명의 합금에 존재할 수 있는 또 다른 부수적인 불순물은 규소이다. 규소는 최대 0.15 중량% 또는 최대 0.10 중량%의 양으로 존재할 수 있다. 예를 들어, 규소는 최대 0.05 중량%의 양으로 존재할 수 있다.

[0048] 본 발명의 합금은 주요 기본 성분들의 공급원에 따라 때때로 소량의 마그네슘을 부수적인 불순물로서 함유할 수 있다. 마그네슘은 존재하는 경우, 일반적으로 그 자체로는 어떠한 기술적인 영향도 미치지 않는 것으로 보일 만큼 소량으로 존재하므로, 부수적인 불순물로 간주될 수 있다. 일부 경우, 본 발명의 합금은 부수적인 불순물로서 최대 0.008 중량%의 마그네슘을 포함한다.

[0049] 특정 경우에 있어서, 마그네슘은 존재할 수 있는 임의의 황과 반응하는 유익한 효과를 가질 수 있다. 그러한 경우, 결정립 접합 연성(binding ductility) 개선에 기여할 수 있다.

[0050] 구리는 소량으로는 본 발명의 합금에 영향을 미치지 않는 또 다른 금속이다. 따라서, 존재하는 경우, 구리는 합금의 특성에 어떠한 관찰 가능한 영향 없이 적어도 0.02 중량% 까지의 양으로 허용될 수 있다. 구리는 부수적인 원소로 간주될 수 있다.

[0051] 본 발명의 합금의 특정 성분은 선택적으로 존재하는 것으로 명시된다. 당업자가 알 수 있는 바와 같이, 합금의 성분이 선택적으로 존재하는 경우, 성분은 존재하거나 존재하지 않는다. 기술적 효과를 부여하기 위하여 존재하지 않는 성분은, 의도적으로 첨가된 원소가 아닌 부수적인 불순물로서 여전히 존재할 수 있다. 이러한 경우, 원소는 어떠한 기술적인 효과도 나타내지 않을 것이다.

[0052] 본 발명에 따르면, 니켈 합금이 제공된다. 이 니켈 합금은

[0053] 0.01 내지 0.3 중량%의 탄소,

[0054] 7.0 내지 15.0 중량%의 크롬,

[0055] 선택적으로, 8 내지 12.0 중량%의 코발트,

[0056] 3.0 내지 7.0 중량%의 몰리브덴,

[0057] 0.1 내지 9.5 중량%의 텅스텐,

[0058] 1.0 내지 3.0 중량%의 니오븀,

[0059] 선택적으로, 0.5 내지 1.5 중량%의 탄탈럼,

[0060] 0.5 내지 2.0 중량%의 티타늄,

[0061] 3.5 내지 7.0 중량%의 알루미늄,

[0062] 0 내지 3.0 중량%의 붕소,

[0063] 0.01 내지 0.1 중량%의 지르코늄; 및

[0064] 0.1 내지 1.0 중량%의 하프늄 또는 0.1 내지 1.0 중량%의 바나듐 중 어느 하나

[0065] 를 포함하고, 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물이다.

[0066] 바람직한 구현예에서, 본 발명의 니켈 합금은

[0067] 0.7 내지 0.13 중량%의 탄소,

[0068] 12.3 중량% 내지 12.7 중량%의 크롬,

[0069] 코발트는 부재하고,

[0070] 3.8 내지 4.2 중량%의 몰리브덴,

[0071] 0.3 내지 0.7 중량%의 텅스텐,

[0072] 1.8 내지 2.2 중량%의 니오븀,

- [0073] 탄탈럼은 부재하고,
- [0074] 0.6 내지 1.0 중량%의 티타늄,
- [0075] 6.4 내지 6.8 중량%의 알루미늄,
- [0076] 0.01 내지 0.02 중량%의 봉소,
- [0077] 0.05 내지 0.07 중량%의 지르코늄; 및
- [0078] 0.2 내지 0.3 중량%의 바나듐
- [0079] 으로 구성되고, 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물이다.
- [0080] 바람직한 구현예에서, 본 발명의 니켈 합금은
- [0081] 0.13 내지 0.19 중량%의 탄소,
- [0082] 8.05 내지 8.35 중량%의 크롬,
- [0083] 9.8 내지 10.2 중량%의 코발트,
- [0084] 4.8 내지 5.2 중량%의 몰리브덴,
- [0085] 6.8 내지 7.2 중량%의 텅스텐,
- [0086] 2.0 내지 2.4 중량%의 니오븀,
- [0087] 0.6 내지 1.0 중량%의 탄탈럼,
- [0088] 0.8 내지 1.2 중량%의 티타늄,
- [0089] 5.3 내지 5.7 중량%의 알루미늄,
- [0090] 0.01 내지 0.02 중량%의 봉소,
- [0091] 0.04 내지 0.06 중량%의 지르코늄; 및
- [0092] 0.4 내지 0.6 중량%의 하프늄
- [0093] 으로 구성되고, 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물이다.
- [0094] 일 구현예에서, 니켈 합금은
- [0095] 0.1 중량%의 탄소,
- [0096] 12.5 중량%의 크롬,
- [0097] 4.0 중량%의 몰리브덴,
- [0098] 0.5 중량%의 텅스텐,
- [0099] 2.0 중량%의 니오븀,
- [0100] 0.8 중량%의 티타늄,
- [0101] 6.6 중량%의 알루미늄,
- [0102] 0.01 중량%의 봉소,
- [0103] 0.06 중량%의 지르코늄; 및
- [0104] 0.25 중량%의 바나듐
- [0105] 으로 구성되고, 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물이다.
- [0106] 일 구현예에서, 니켈 합금은
- [0107] 0.1 중량%의 탄소,
- [0108] 12.5 중량%의 크롬,

- [0109] 4.0 중량%의 몰리브덴,
- [0110] 0.5 중량%의 텅스텐,
- [0111] 2.0 중량%의 니오븀,
- [0112] 0.8 중량%의 티타늄,
- [0113] 6.6 중량%의 알루미늄,
- [0114] 0.01 중량%의 봉소,
- [0115] 0.06 중량%의 지르코늄,
- [0116] 0.0002 내지 0.008 중량%의 마그네슘;
- [0117] 선택적으로, 1.0 중량%의 철; 및
- [0118] 0.25 중량%의 바나듐
- [0119] 으로 구성되고, 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물이다.
- [0120] 제1항에 있어서, 합금은
- [0121] 0.16 중량%의 탄소,
- [0122] 8.2 중량%의 크롬,
- [0123] 10 중량%의 코발트,
- [0124] 5.0 중량%의 몰리브덴,
- [0125] 7.0 중량%의 텅스텐,
- [0126] 2.2 중량%의 니오븀,
- [0127] 0.8 중량%의 탄탈럼,
- [0128] 1.0 중량%의 티타늄,
- [0129] 5.5 중량%의 알루미늄,
- [0130] 0.015 중량%의 봉소,
- [0131] 0.05 중량%의 지르코늄; 및
- [0132] 0.5 중량%의 하프늄
- [0133] 으로 구성되고, 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물인, 니켈 합금.
- [0134] 제1항에 있어서, 합금은
- [0135] 0.16 중량%의 탄소,
- [0136] 8.2 중량%의 크롬,
- [0137] 10 중량%의 코발트,
- [0138] 5.0 중량%의 몰리브덴,
- [0139] 7.0 중량%의 텅스텐,
- [0140] 2.2 중량%의 니오븀,
- [0141] 0.8 중량%의 탄탈럼,
- [0142] 1.0 중량%의 티타늄,
- [0143] 5.5 중량%의 알루미늄,
- [0144] 0.015 중량%의 봉소,

- [0145] 0.05 중량%의 지르코늄,
- [0146] 0.0002 내지 0.008 중량%의 마그네슘;
- [0147] 선택적으로, 0.5 중량%의 철; 및
- [0148] 0.5 중량%의 하프늄
- [0149] 으로 구성되고, 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물인, 니켈 합금.
- [0150] **상세한 설명**
- [0151] 본 발명에 따른 합금은 진공 또는 보호성 아르곤 분위기 하에서 VIM 용광로에서 생산된다. 합금을 제조하는 첫 번째 단계는 최종 합금에서 요구되는 다양한 원소의 원하는 양을 달성하기 위하여 다양한 기본적인 성분 및 스크랩(scrap) 또는 모합금(master alloy)(최종 합금에서 요구되는 다양한 원소의 공급원임)의 중량 기준의 상대적인 비율을 계산하는 것을 수반한다. 고체 모합금, 스크랩 또는 원소가 용광로에 첨가된다. 모든 성분을 함께 용융시키고, 용광로 내 성분이 혼합되도록 하여 원소들이 매트릭스 내에서 적절히 분포되도록 하기 위해 열을 가한다.
- [0152] 공정에 사용되는 모합금, 스크랩 또는 원소는 상업적으로 입수 가능하다.
- [0153] 일단 용융 및 혼합이 이루어지면, 기체 및 저비점(low boiling point) 불순물을 진공에 노출시켜 제거하고, 비금속은 부상분리법(floatation)으로 제거하여, 용광로에 깨끗한 액체 합금 수조를 남긴다. 그런 다음, 용융 합금의 샘플을 용광로에서 꺼내어 냉각시키고, 그것의 원소 조성을 결정하기 위하여 분광분석 또는 기타 허용된 분석 방법으로 분석한다. 용융 중 임의의 원소 질량 손실을 충당하기 위하여 이 단계에서 조성에 대한 조정이 필요할 수도 있고 아닐 수도 있다. 필요에 따라 추가 원소를 첨가하여 조성을 조정하고, 선택적으로 재분석하여 목적하는 조성이 달성되었는지 확인한다.
- [0154] 목적하는 조성이 달성된 후, 원하는 크기 및 형상의 주형 내로의 용융물의 용이한 주입을 보장하기 위해 온도를 용융 온도보다 높은 온도로 출탕 온도(tapping temperature)까지 추가로 상승시킨다.
- [0155] 도 5는 전형적인 제조 과정을 나타낸 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0156] 도 1은 실시예 1과 2 및 참조 합금 1과 2의 고온 강도를 예측하기 위한 시뮬레이션의 결과를 나타낸다.
- 도 2 내지 4는 3가지의 상이한 온도에서 실시예 1과 2 및 참조 합금 1과 2의 고온 파단 수명을 예측하기 위한 시뮬레이션의 결과를 나타낸다.
- 도 5는 전형적인 제조 과정을 나타낸 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

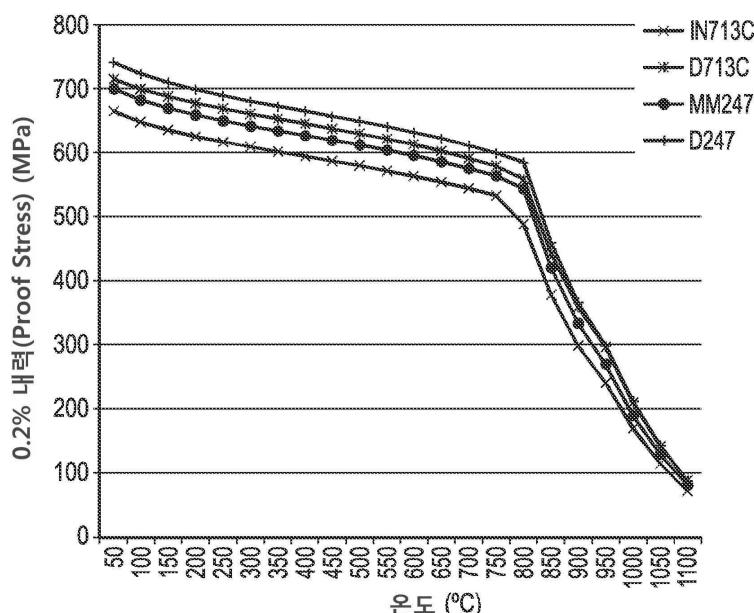
- [0157] **실시예**
- [0158] 2종의 예시적인 합금을 제조하였다. 합금의 조성을 아래에 개시하였다.
- [0159] 실시예 1은 아래에 나타낸 조성을 갖는 니켈 합금이다:
- [0160] 0.16 중량%의 탄소
- [0161] 8.2 중량%의 크롬,
- [0162] 10 중량%의 코발트,
- [0163] 5.0 중량%의 몰리브덴,
- [0164] 7.0 중량%의 텅스텐,
- [0165] 2.2 중량%의 니오븀,
- [0166] 0.8 중량%의 탄탈럼,
- [0167] 1.0 중량%의 티타늄,

- [0168] 5.5 중량%의 알루미늄,
- [0169] 0.015 중량%의 봉소,
- [0170] 0.05 중량%의 지르코늄,
- [0171] 0.5 중량%의 하프늄,
- [0172] 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물.
- [0173] 실시예 2는 아래에 나타낸 조성을 갖는 니켈 합금이다:
- [0174] 0.1 중량%의 탄소
- [0175] 12.5 중량%의 크롬,
- [0176] 4.0 중량%의 몰리브덴,
- [0177] 0.5 중량%의 텅스텐,
- [0178] 2.0 중량%의 니오븀,
- [0179] 0.8 중량%의 티타늄,
- [0180] 6.6 중량%의 알루미늄,
- [0181] 0.01 중량%의 봉소,
- [0182] 0.06 중량%의 지르코늄,
- [0183] 0.25 중량%의 바나듐,
- [0184] 조성의 잔부는 니켈 및 부수적인 불순물.
- [0185] 실시예 1과 2의 시험편(test piece)을 소형 R&D VIM 용광로에서 용융시키고, 인베스트먼트 주조 공정을 이용하여 시험 당근으로 주조하였다. 시험 당근을 인장 및 응력 파단 시험편으로 기계 가공하였다. 실시예 1과 2를 위하여 시험편을 제조하였다. 2종의 공지된 합금의 시험 당근인 참조예 1(상업적으로 이용 가능한 합금 Mar-M247)과 참조예 2(상업적으로 이용 가능한 합금 IN713C)를 형성하였다. 실시예 1과 2의 시험 당근 및 참조예 1(Mar-M247)과 참조예 2(IN713C)의 시험 당근의 성능을 다양한 기계적 시험에서 비교한다. 기계적 시험을 아래에 기술하였다. 실시예 1과 2의 성능은 공지된 합금보다 개선될 것으로 예상된다. 이는 예측 소프트웨어에서 보여준 실시예 1과 2의 유익한 특성으로 인한 것이다.
- [0186] 기계적 시험
- [0187] 고온 인장 시험 - 각각의 합금으로부터의 샘플을 실온, 850°C, 950°C 및 1050°C에서 시험한다. 이는 산업 표준 시험이다.
- [0188] 고온 응력 파단 시험 - 각각의 합금으로부터의 샘플을 850°C, 950°C 및 1050°C에서 시험한다. 이 또한, 산업 표준 시험이다.
- [0189] 고온 산화 및 부식 시험 - 각 합금의 샘플을 장시간 동안 고온(850°C, 950°C 및 1050°C)에서 디젤 배기 엔진의 배기가스에 노출시킨다. 이 시험은 터보 과급기 터빈 휠의 작동 환경에 가깝게 재현하도록 설계되었지만, 시험 중에는 샘플에 어떠한 응력도 가해지지 않는다. 이 시험은 각 합금에 대한 고온 산화 및 내부식성을 결정할 수 있게 한다.
- [0190] 금속 조직학(metallography) - 각 합금의 샘플을 장시간 동안 고온(850°C, 950°C 및 1050°C)에 노출시킨다. 샘플을 금속 조직학 평가를 위해 준비된 주기적인 간격으로 회수한다. 이 시험은 각 합금의 고온 미세구조 발달(evolution)을 결정할 수 있게 한다.
- [0191] 실시예 3
- [0192] 실시예 1과 2의 합금의 고온 특성을 상용 컴퓨터 프로그램인 JMatPro를 이용하여 모델링하였다. Mar-M247 및 IN713C와 함께, 합금의 특성이 JMatPro에서 생성되었다.
- [0193] 실시예 3a - 고온 인장 특성

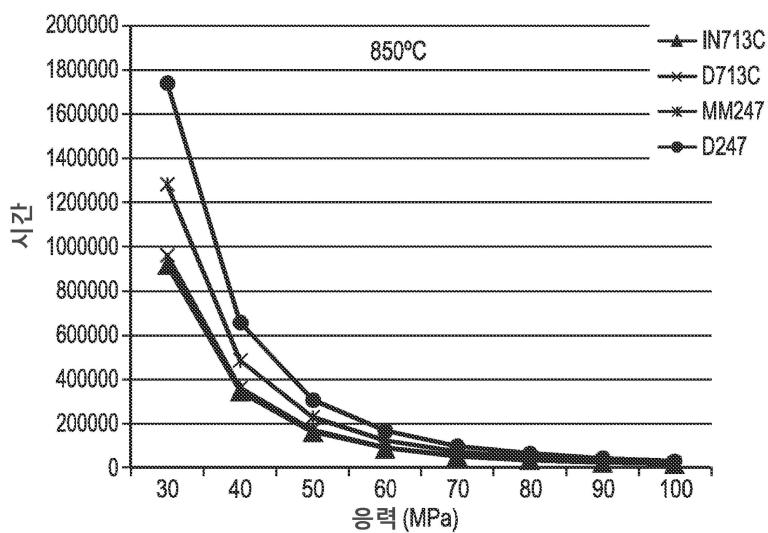
- [0194] 도 1은 실시예 1과 2 및 참조 합금 1과 2의 고온 강도를 예측하기 위해 JMatPro를 이용하여 시뮬레이션한 결과를 보여준다. 실시예 1은 참조예 1보다 높은 고온 강도를 나타내었다. 실시예 1의 성능이 참조예 1의 성능보다 우수할 것이라는 것은 예상하지 못하였다.
- [0195] 시뮬레이션은 또한 실시예 2가 참조예 2의 고온 기계적 특성을 초과하였음을 보여주었다. 또한, 실시예 2는 고온에서 참조예 1(실시예 1의 가격의 4배인 합금)의 특성을 초과하였음을 보여주었다.
- [0196] 실시예 3b - 고온 파단 수명
- [0197] JMatPro를 이용하여 생성된 데이터는 도 2 내지 4에 도시된 바와 같이, 실시예 1의 파단 수명은 참조예 1의 파단 수명보다 길고, 실시예 2의 파단 수명은 고온에서 참조예 2의 파단 수명보다 길다는 것을 나타낸다.
- [0198] 본 명세서의 설명 및 청구범위에 걸쳐, 단어 "포함하다"와 "함유하다" 및 이들의 변형은 "포함하지만, 이에 한정되지 않음"을 의미하는 것으로, 이들은 다른 모이어티, 첨가제, 성분, 정수 또는 단계를 배제시고자 하는 것이 아니다(그리고 배제하지 않는다). 본 명세서의 설명 및 청구범위에 걸쳐, 문맥이 달리 요구하지 않는 한, 단수는 복수를 포함한다. 특히, 부정 관사가 사용되는 경우, 문맥이 달리 요구하지 않는 한, 명세서는 단수형뿐만 아니라 복수형도 고려하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0199] 본 발명의 특정 양태, 구현예 또는 실시예와 함께 기술된 특징, 정수, 특성, 화합물, 화학적 모이어티 또는 그룹은 서로 양립할 수 없는 경우가 아닌 한, 본 설명에 기술된 임의의 다른 양태, 구현예 또는 실시예에 적용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. (임의의 첨부된 청구범위, 요약서 및 도면을 포함하는) 본 명세서에 개시된 모든 특징 및/또는 그렇게 개시된 임의의 방법 또는 공정의 모든 단계는, 이러한 특징 및/또는 단계 중 적어도 일부가 상호 배타적인 조합을 제외하고, 임의의 조합으로 조합될 수 있다. 본 발명은 임의의 전술한 구현예의 세부 사항으로 한정되지 않는다. 본 발명은 (임의의 첨부된 청구범위, 요약서 및 도면을 포함하는) 본 명세서에 개시된 특징 중 임의의 신규한 특징 또는 임의의 신규한 조합에까지, 또는 그렇게 개시된 임의의 방법 또는 공정의 단계 중 임의의 신규한 단계 또는 임의의 신규한 조합에까지 연장된다.
- [0200] 독자의 관심은 본 출원과 관련하여 본 명세서와 동시에 또는 이전에 제출되고 본 명세서와 함께 공중 열람에 공개되는 모든 논문 및 문서로 향하며, 그러한 모든 논문 및 문서의 내용은 본 설명에 참조로 포함된다.

## 도면

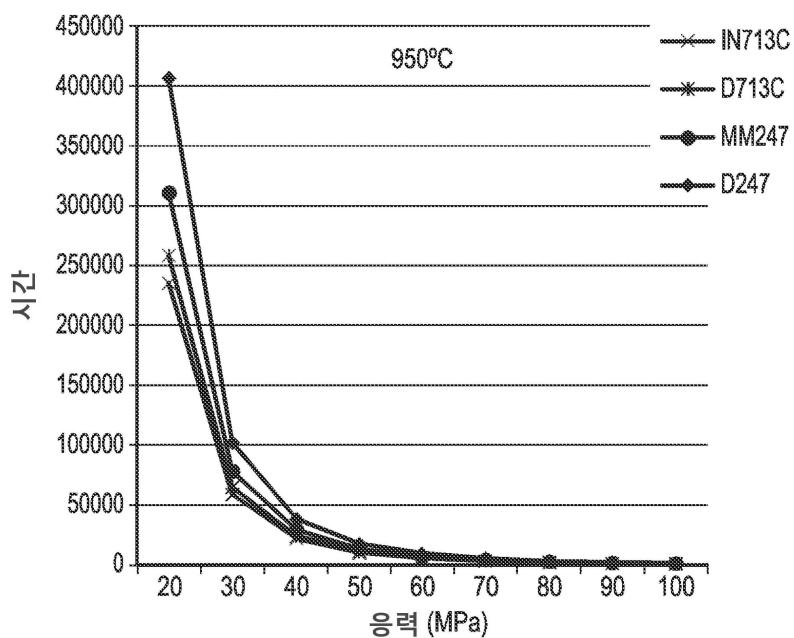
### 도면1



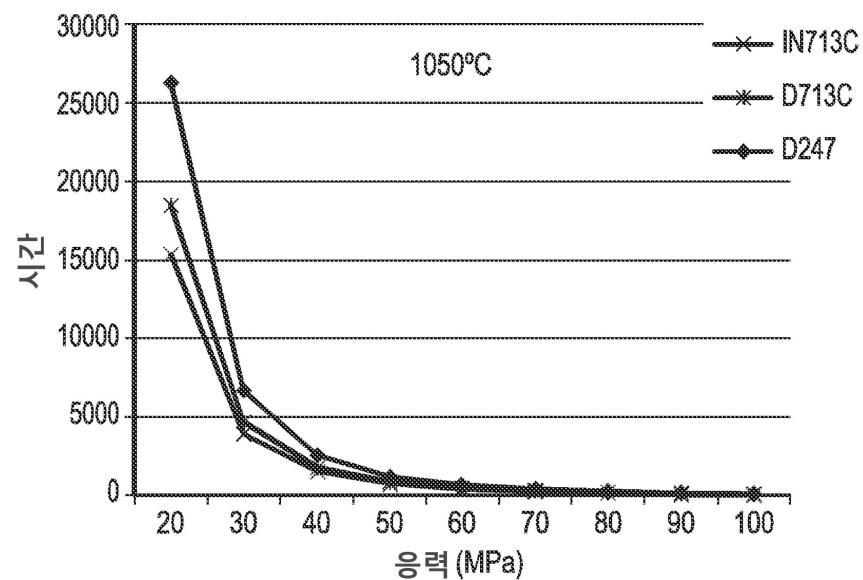
## 도면2



## 도면3



## 도면4



## 도면5

