



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0108826
(43) 공개일자 2007년11월13일

(51) Int. Cl.

C22C 38/22 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0044560

(22) 출원일자 2007년05월08일
심사청구일자 없음(30) 우선권주장
11/788,931 2007년04월23일 미국(US)
60/798,565 2006년05월08일 미국(US)

(71) 출원인

헌팅턴 앤로이즈 코오포레이션

미국, 웨스트 버지니아 25705, 헌팅턴, 리버사이드 드라이브 3200

(72) 발명자

크럼 제임스 로이

미국, 웨스트 버지니아 25545, 오나, 퀘일 드라이브 20

아이징거 나단 찰스

미국, 웨스트 버지니아 25705, 헌팅턴, 터우드 로드 580

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

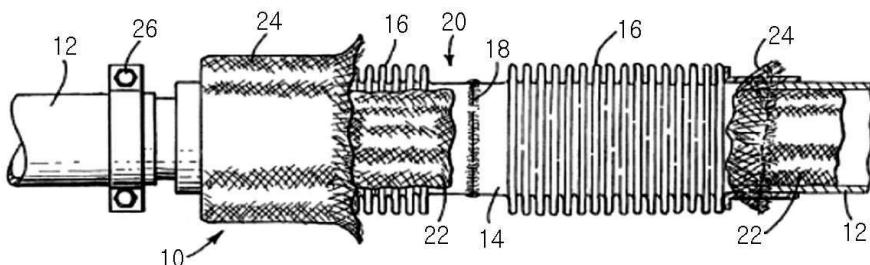
특허법인 씨엔에스·로고스

전체 청구항 수 : 총 42 항

(54) 부식 저항 합금 및 그로부터 만들어진 부품들

(57) 요약

중량%로 : (a) 16에서 24% Ni;(b) 18에서 26% Cr;(c) 1.5에서 3.5% Mo;(d) 0.5에서 1.5% Si;(e) 0.001에서 1.5% Nb;(f) 0.0005에서 0.5 Zr;(g) 0.01에서 0.6% N;(h) 0.001에서 0.2 Al;(j) 0.2% 미만 Ti; 및 (k) 1% 미만 Mn, 미량의 불순물 및 잔부 Fe를 포함하는 부식 저항 합금이 제공된다. 플렉시블 자동차의 배기 커플링과 같은, 본 발명의 합금들을 포함하는 물품들도 또한 제공된다.

대표도 - 도1

(72) 발명자

고스네이 스티븐 마크

미국, 웨스트 버지니아 25545, 오나, 이로쿼이 트
레일 219

스미스 게이로드 대렬

미국, 웨스트 버지니아 25705, 헨팅턴, 스템포드
파크 드라이브 120

특허청구의 범위

청구항 1

중량%로

- (a) 16에서 24%의 Ni;
- (b) 18에서 26%의 Cr;
- (c) 1.5에서 3.5%의 Mo;
- (d) 0.5에서 1.5%의 Si;
- (e) 0.001에서 1.5%의 Nb;
- (f) 0.0005에서 0.5%의 Zr;
- (g) 0.01에서 0.6%의 N;
- (h) 0.001이하에서 0.2%의 Al;
- (j) 0.2% 미만의 Ti; 및
- (k) 1% 미만의 Mn,

미량의 불순물 및 잔부 Fe로 필수적으로 구성되는 부식 저항 합금.

청구항 2

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Ni 양의 범위는 18에서 24 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 3

제2항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Ni 양의 범위는 20에서 24 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 4

제2항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Ni 양은 20 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 5

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Cr 양의 범위는 20에서 24 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 6

제5항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Cr 양은 24 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 7

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Cr에 대한 Ni의 비율은 0.8:1까지임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 8

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Mo 양의 범위는 2에서 3 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 9

제8항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Mo 양은 2.2 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 10

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Si 양의 범위는 0.5에서 1.2 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 11

제10항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Si의 양은 1.2 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 12

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Nb 양의 범위는 0.001에서 0.5 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 13

제12항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Nb의 양은 0.02중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 14

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Zr 양의 범위는 0.0005에서 0.2 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 15

제14항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Zr의 양은 0.001 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 16

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, N 양의 범위는 0.1에서 0.3 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 17

제16항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, N의 양은 0.25 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 18

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, C 양의 범위는 0.005에서 0.02 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 19

제18항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, C의 양은 0.01 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 20

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Al 양의 범위는 0.001에서 0.1 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 21

제19항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Al의 양은 0.01 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 22

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Ti 양의 범위는 0에서 0.05 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 23

제21항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, Ti의 양은 0.01 중량%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 24

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, 상기 합금은 0.9 중량% 미만의 Mn을 포함하는 것을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 25

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, 상기 합금은 0.05 중량% 미만의 Mn을 포함하는 것을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 26

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, 상기 합금은 필수적으로 희토류 원소를 포함하지 않는 것을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 27

제1항에 의한 부식 저항 합금에 있어서, 상기 합금은 0.05 중량% 미만의 희토류 원소를 포함하는 것을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 28

중량%로

- (a) 20에서 24%의 Ni;
- (b) 20에서 24%의 Cr;
- (c) 2에서 3%의 Mo;
- (d) 0.5에서 1.2%의 Si;
- (e) 0.001에서 0.5%의 Nb;
- (f) 0.0005에서 0.2%의 Zr;
- (g) 0.1에서 0.3%의 N;
- (h) 0.005에서 0.02%의 C;
- (i) 0.001에서 0.1%의 Al;
- (j) 0에서 0.05%의 Ti; 및
- (k) 0.8% 미만의 Mn

미량의 불순물 및 잔부 Fe로 필수적으로 구성되는 부식 저항 합금.

청구항 29

중량%로

- (a) 20%의 Ni;
- (b) 24%의 Cr;
- (c) 2.2%의 Mo;
- (d) 1.2%의 Si;
- (e) 0.02%의 Nb;
- (f) 0.001%의 Zr;
- (g) 0.25%의 N;
- (h) 0.01%의 C;
- (i) 0.01%의 Al;
- (j) 0.01%의 Ti; 및
- (k) 0.5% 미만의 Mn

미량의 불순물 및 잔부 Fe로 본질적으로 구성되는 부식 저항 합금.

청구항 30

제1항의 합금으로부터 제조된 생산 물품.

청구항 31

제30항의 생산 물품에 있어서, 상기 물품은 벨로우즈, 와이어 브레이드, 히터 덮개(heater sheathes) 및 열 교환기로부터 선택되어지는 것을 특징으로 하는 생산 물품.

청구항 32

제1항에 의한 부식 저항 합금으로 만들어진 자동차의 플렉시블 배기 커플링.

청구항 33

제28항에 의한 부식 저항 합금으로 만들어진 자동차의 플렉시블 배기 커플링.

청구항 34

제1항의 부식 저항 합금에 있어서, 상기 합금은, 0.005의 전체 인장 범위, 1000°F에서 500,000 사이클의 피로 수명을 갖는 것을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 35

제1항의 부식 저항 합금에 있어서, 상기 합금은 24시간 혹은 그 이상의 기간동안, 비등 45% 마그네슘 염화물에서 스트레스 부식 크랙킹을 저항하는 것을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 36

제1항의 부식 저항 합금에 있어서, 상기 합금은 25°C에서 측정된 40 ksi보다 큰 어닐링된 항복 강도와 34%보다 큰 최소 인장(elongation)을 가지는 것을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 37

제36항의 부식 저항 합금에 있어서, 상기 합금의 항복 강도는 50 ksi임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 38

제1항의 부식 저항 합금에 있어서, 평균 ASTM 그레인 사이즈 넘버는 5보다 큰 것을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 39

제1항의 부식 저항 합금에 있어서, 알루미늄의 중량%는 적어도 0.08%이고 질소의 중량%는 적어도 0.1%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 40

제1항의 부식 저항 합금에 있어서, 알루미늄의 중량%는 적어도 0.05%이고, 알루미늄, 지르코늄 및 니오븀의 중량%의 합은 적어도 0.06%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 41

제39항의 부식 저항 합금에 있어서, 상기 평균 ASTM 그레인 사이즈 넘버는 적어도 8임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

청구항 42

제40항의 부식 저항 합금에 있어서, 상기 평균 ASTM 그레인 사이즈 넘버는 적어도 8임을 특징으로 하는 부식 저항 합금.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <20> 본 발명은 2006년 5월 8일에 출원된 미국 출원 60/798,565호 "부식 저항 합금 및 그것으로부터 만들어진 부품들"에 대한 우선권 주장 출원이다.
- <21> 발명의 분야
- <22> 본 발명은 일반적인 철-베이스 합금, 더욱 상세하게는 자동차의 배기가스 부품들과 같은 플렉시블(flexible) 제품들에 유용한 부식 저항 합금에 관한 것이다.
- <23> 관련 기술 분야의 설명
- <24> 자동차의 배기가스 커플링에 대한 조작상의 필요성들은 급격하게 증가하고 있다. 늘어난 가스 연비에 대한 확장된 품질 보증 및 정부 차원의 요구와 함께 고온의 조작 온도 및 더욱 엄격해진 배출 요건들은 엔진 플랫폼들(engine platforms)의 숫자에 비해 기존의 커플링 합금들이 최소한으로 받아들여지거나 또는, 매우 빈번하게 받아들여지지 않게 한다. 더 긴 수명에 관한 요구들은 합금의 피로 및 부식 저항 특성에 관계되는 개선점들을 요구한다.
- <25> 자동차의 배기 시스템에서, 벨로우즈 어셈블리(bellows assembly)는 배기 다기관(exhaust manifold)과 배기 파이프 사이에 삽입된다. 최신 촉매 배기 시스템들의 엄격한 요구 조건들 때문에, 벨로우즈는 배기 시스템 부품의 플렉시블한 루트를 가능케 함과 동시에 산소 센서로의 산소 진입을 막아야 한다.
- <26> 일반적으로, 벨로우즈는 플렉시블 벨로우즈 배열을 형성하기 위한 부분적으로 주름진 두겹 또는 세겹의 용접된 금속 관형 시트(metal tubular sheet)로 구성된다. 2- 및 3-플라이(ply) 디자인들은 일반적으로 스테인리스 스틸(321 또는 316Ti) 이너 레이어들을 이용한다. 외부 플라이(ply)는 INCONEL® 625 합금 또는 INCOLOY® 864 합금으로부터 만들어질 수 있다. INCONEL® 625 및 INCOLOY® 864 Ni-Cr 합금들은 Huntington, WV의 Special Metals Corporation으로부터 상업적으로 이용 가능하다. 상기 플라이들 각각의 두께는 약 0.006인치(0.15mm)에서 약 0.01인치(0.25mm)의 범위로 할 수 있다. 어떤 디자인에서는, 벨로우즈들은 내부 및 외부에서 스테인리스 스틸(304) 와이어 브레이드(wire braid)의 메쉬 커버링에 의해 보호된다.
- <27> 제빙을 목적으로 도로에 가해진 염분은 결국 벨로우즈의 품질을 저하시킨다. 분석 결과는 스테인리스 스틸 벨로우즈가 뜨거운 염 부식 및 염화물 스트레스 부식 크랙킹에 의해 부식된다는 것을 보여주었다. 벨로우즈가 배기 다기관에 인접하여 위치하는 경우의 몇몇 적용에 있어서는, 고온 피로가 문제된다. 벨로우즈의 본질적인 유연성은 궁극적으로 스테인리스 스틸의 부식- 또는 피로-유발의 소멸에 이르게 한다. 이러한 이유때문에, 제작자들은 염 부식 및 피로에 저항하기 때문에 INCONEL® 625 또는 INCOLOY® 864 합금들을 보호용 외부 플라이(ply)로 기술했다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <28> 자동차 산업의 경쟁적인 특성에 의하여, 비용이 효율적이고 스테인리스 스틸에 대한 부식 저항성 및 피로 저항성이 우수한 플렉시블 합금에 관한 수요가 있다. 디젤 배기 가스 쿨러와 같은 다른 자동차에의 응용에서, 고온의 브레이징(brazing) 작동 동안의 우수한 그레인 사이즈 컨트롤 및 우수한 브레이즈 피로 특성이 요청된다.

발명의 구성 및 작용

- <29> 본 발명의 일견지에 있어서, 본 발명은 중량%로
- <30> (a) 16에서 24%의 Ni;
- <31> (b) 18에서 26%의 Cr;
- <32> (c) 1.5에서 3.5%의 Mo;
- <33> (d) 0.5에서 1.5%의 Si;
- <34> (e) 0.001에서 1.5%의 Nb;

- <35> (f) 0.0005에서 0.5%의 Zr;
- <36> (g) 0.01에서 0.6%의 N;
- <37> (h) 0.001이하에서 0.2%의 Al;
- <38> (j) 0.2% 미만의 Ti; 및
- <39> (k) 1% 미만의 Mn,
- <40> 미량의 불순물 및 잔부 Fe로 필수적으로 구성되는 부식 저항 합금을 제공한다.
- <41> 다른 견지에 있어서, 본 발명은 중량%로
- <42> (a) 20에서 24%의 Ni;
- <43> (b) 20에서 24%의 Cr;
- <44> (c) 2에서 3%의 Mo;
- <45> (d) 0.5에서 1.2%의 Si;
- <46> (e) 0.001에서 0.5%의 Nb;
- <47> (f) 0.0005에서 0.2%의 Zr;
- <48> (g) 0.1에서 0.3%의 N;
- <49> (h) 0.005에서 0.02%의 C;
- <50> (i) 0.001에서 0.1%의 Al;
- <51> (j) 0에서 0.05%의 Ti; 및
- <52> (k) 0.9% 미만의 Mn
- <53> 미량의 불순물 및 잔부 Fe로 필수적으로 구성되는 부식 저항 합금을 제공한다.
- <54> 다른 견지에 있어서, 본 발명은 중량%로
- <55> (a) 20%의 Ni;
- <56> (b) 24%의 Cr;
- <57> (c) 2.2%의 Mo;
- <58> (d) 1.2%의 Si;
- <59> (e) 0.02%의 Nb;
- <60> (f) 0.001%의 Zr;
- <61> (g) 0.25%의 N;
- <62> (h) 0.01%의 C;
- <63> (i) 0.01%의 Al;
- <64> (j) 0.01%의 Ti; 및
- <65> (k) 0.5% 미만의 Mn
- <66> 미량의 불순물 및 잔부 Fe로 필수적으로 구성되는 부식 저항 합금을 제공한다.
- <67> 상기 합금들 중 어느 것을 포함하는 자동차의 플렉시블 배기 커플링들과 같은 생상품들이 또한 제공된다.
- <68> 다른 적용예들, 또는 다른 관점에서 지시된 경우에서, 명세서 및 특허청구범위에서 사용된 성분들, 열적 상태들 등의 양을 표현하는 숫자들은 모든 사례에서 "약(about)"이라는 표현에 의해 한정된 것으로 이해될 수 있다. 따라서, 만일 그와 다르게 지시되지 않았다면, 이하의 명세서 및 첨부된 특허청구범위에 진술된 수치값의 파라미터들은, 본 발명에 의해 얻어지는 것으로 밝혀진 바람직한 특성들에 의해 변할 수 있는 근사값들이다. 가능하다

면, 그리고 본 발명의 범위에 동등한 원칙의 적용을 제한하는 것이 아닌 한, 각각의 수치값의 파라미터들은 보고된 명백한 숫자들까지의 관점에서 그리고 일반적인 반올림 방법으로 해석될 수 있다.

<69> 본 발명의 넓은 범위를 나타내는 수치값의 범위 및 파라미터들은 근사값임에도 불구하고, 구체적인 실시예들에 진술된 수치값들은 가능한 한 정확하게 나타냈다. 어떠한 수치값들은, 그러나, 그들 각각의 테스트 측정방법에서 나타나는 표준편차로부터 발생한 불가피한 특정 에러들을 본래부터 포함한다. 나아가, 변화하는 영역의 수치 범위들이 여기에 있을 때, 인용된 값들을 포함하는 이들 값들의 어떤 조합도 사용될 수 있음이 고려된다.

<70> 또한, 여기에서 인용된 어떠한 수치 범위들이라도 거기에 포함된 모든 서브-범위(sub-range)들을 포함하는 것으로 의도된다고 이해되어야 한다. 예를 들어, "1에서 10"의 범위는 사이의 모든 서브-범위를 포함하고, 인용된 최소 범위 1 및 최대 범위 10을 포함한다. 이것은 최소값이 1과 같거나 더 크며, 최대값은 10과 같거나 더 작은 것이다.

<71> 본 발명의 합금들은 종래의 합금들보다 덜 비싸며 우수한 부식 저항성, 연성, 피로 저항성, 강도 및 브레이징 목적을 위한 그레인 사이즈 컨트롤을 갖는 제품들을 형성하는데 사용될 수 있다. 본 발명의 합금들은 응력 부식 크랙킹(stress corrosion cracking), 피팅(pitting), 뜨거운 염 어택(hot salt attack), 산화 및 저온 습윤 및 고온 상태 모두의 상황 하에서의 도로 염과 같은 부식 메카니즘에 대한 우수한 저항성을 제공할 수 있다.

<72> 본 발명의 일견지에 있어서, 본 발명은 중량%로

<73> (a) 16에서 24%의 Ni;

<74> (b) 18에서 26%의 Cr;

<75> (c) 1.5에서 3.5%의 Mo;

<76> (d) 0.5에서 1.5%의 Si;

<77> (e) 0.001에서 1.5%의 Nb;

<78> (f) 0.0005에서 0.5%의 Zr;

<79> (g) 0.01에서 0.6%의 N;

<80> (h) 0.001이하에서 0.2%의 Al;

<81> (j) 0.2% 미만의 Ti; 및

<82> (k) 1% 미만의 Mn,

<83> 미량의 불순물 및 잔부 Fe로, 상기 합금의 성분의 전체 중량을 기초로 하여 필수적으로 구성되는 부식 저항 합금을 제공한다. 일견지에서, 본 발명의 합금들은 상술한 성분으로 구성된다.

<84> 일견지에서, Ni의 양은 18에서 25 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서는, Ni의 양은 20에서 25 중량%를 범위로 한다. 또다른 견지에서는, Ni의 양은 20 중량%이다.

<85> 일견지에서, Cr의 양은 20에서 24 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서, Cr의 양은 24 중량%이다.

<86> 일견지에서, Cr에 대한 Ni의 비율은 0.8:1에 이른다.

<87> 일견지에서, Mo의 양은 2에서 3 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서, Mo의 양은 2.2 중량%이다.

<88> 일견지에서, Si의 양은 0.5에서 1.2 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서, Si의 양은 1.2 중량%이다.

<89> 일견지에서, Nb의 양은 0.001에서 0.5 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서, Nb의 양은 0.02 중량%이다.

<90> 일견지에서, Zr의 양은 0.001에서 0.2 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서, Zr의 양은 0.001 중량%이다.

<91> 일견지에서, N의 양은 0.1에서 0.3 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서 N의 양은 0.25 중량%이다.

<92> 일견지에서, C의 양은 0.005에서 0.02 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서, C의 양은 0.01 중량%이다.

<93> 일견지에서 Al의 양은 0.005에서 0.1 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서 Al의 양은 0.01 중량%이다.

<94> 일견지에서, Ti의 양은 0에서 0.02 중량%를 범위로 한다. 다른 견지에서, Ti의 양은 0.01 중량%이다.

- <95> 일견지에서, 상기 합금은 0.9 중량% 미만의 Mn을 포함한다. 다른 견지에서, 상기 합금은 0.8 중량% 미만의 Mn을 포함한다. 또다른 견지에서, 상기 합금은 0.5 중량% 미만의 Mn을 포함한다.
- <96> 일견지에서, 상기 합금은 본질적으로 란타늄 및/또는 세륨과 같은 희토류 성분들을 포함하지 않는다. 다른 견지에서, 상기 합금은 0.05 중량% 미만의 희토류를 포함한다. 또다른 견지에서, 상기 합금은 0.03 중량% 미만의 희토류를 포함한다. 또다른 견지에서, 상기 합금은 희토류를 포함하지 않는다.
- <97> 상기 합금은 황 및 인과 같은 미량의 불순물들을 본질적으로 포함하지 않는다. 예를 들어, 상기 합금은 0.01 중량% 미만의 각각의 미량 불순물을 포함한다.
- <98> 일견지에서, 본 발명은 알루미늄의 중량%가 적어도 0.08%이며 질소가 적어도 0.1%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금들을 제공한다.
- <99> 일견지에서, 본 발명은 알루미늄의 중량%가 적어도 0.5%이고 알루미늄, 지르코늄 및 니오븀의 중량%의 합계가 적어도 0.06%임을 특징으로 하는 부식 저항 합금들을 제공한다.
- <100> 일견지에서, 본 발명은 중량%로
- <101> (a) 20에서 24%의 Ni;
- <102> (b) 20에서 24%의 Cr;
- <103> (c) 2에서 3%의 Mo;
- <104> (d) 0.5에서 1.2%의 Si;
- <105> (e) 0.001에서 0.5%의 Nb;
- <106> (f) 0.0005에서 0.2%의 Zr;
- <107> (g) 0.1에서 0.3%의 N;
- <108> (h) 0.005에서 0.02%의 C;
- <109> (i) 0.001에서 0.1%의 Al;
- <110> (j) 0에서 0.05%의 Ti; 및
- <111> (k) 0.9% 미만의 Mn
- <112> 미량의 불순물 및 잔부 Fe로 필수적으로 구성되는 부식 저항 합금들을 제공한다. 일견지에서, 본 발명의 합금들은 상술한 성분들로 구성된다.
- <113> 다른 견지에 있어서, 본 발명은 중량%로
- <114> (a) 20%의 Ni;
- <115> (b) 24%의 Cr;
- <116> (c) 2.2%의 Mo;
- <117> (d) 1.2%의 Si;
- <118> (e) 0.02%의 Nb;
- <119> (f) 0.001%의 Zr;
- <120> (g) 0.25%의 N;
- <121> (h) 0.01%의 C;
- <122> (i) 0.01%의 Al;
- <123> (j) 0.01%의 Ti; 및
- <124> (k) 0.5% 미만의 Mn
- <125> 미량의 불순물 및 잔부 Fe로 본질적으로 구성되는 부식 저항 합금을 제공한다. 일견지에 있어서, 본 발명의 합

금들은 상술한 성분으로 구성된다.

<126> 상술한 본 발명의 합금들 중 어느 것으로도 생산 제품들이 제조될 수 있다. 본 발명의 합금들은 제품을 형성하는데 필요한 냉간 또는 열간 가공, 어닐링, 용접, 브레이즈 등이 될 수 있다.

<127> 본 발명의 부식 저항 합금들은 염격한 작동 환경 하에서 사용이 가능하며, 예를 들어, 플렉시블 배기 커플링, 벨로우즈, 와이어 브레이드(wire braids), 히터 덮개, 쿨러, 튜브, 다기관들, 고온 제트 엔진 허니컴 셀(honeycomb seals) 및 다양한 복열 장치 어플리케이션(recuperator applications)을 만드는데 유용하다. 본 발명의 합금들은 고온 피로 저항성 및 산화 저항성을 제공할 수 있으며, 이것들은 플렉시블 커플링, 공학적 및 배기 다기관 어플리케이션들과 같은 특화된 어플리케이션에 바람직하다. 또한, 본 발명의 합금들은 고온 브레이징 작동 동안의 그레인 사이즈 컨트롤 및 우수한 브레이즈 이후의 피로 특성을 제공하며, 이것들은 쿨러와 같은 자동차의 어플리케이션들에 있어서 유용하다. 본 발명의 합금들은 또한 제트 엔진 허니컴 셀(honeycomb seal), 외부 부품 및 도관 조직에 유용한 낮은 가격, 산화 및 피로 특성을 제공할 수 있다.

<128> 본 발명은 먼저 자동차의 배기 시스템에 대한 벨로우즈에 있어서 사용의 환경에서 일반적으로 논의될 것이다. 본 발명 분야에서 숙련된 자는 본 발명의 합금들이 부식, 플렉시블리티 및 피로 저항성이 바람직한 속성인 어플리케이션에서의 부품을 만드는데 유용하다는 것을 이해할 것이다.

<129> 도1을 살펴보면, 배기 시스템 벨로우즈 10이 나타나 있다. 상기 벨로우즈 10은 엔진(나타나지 않음)과 머플러(나타나지 않음)의 배기 다기관의 사이에 배기 라인 12에 위치한다. 상기 벨로우즈 10은 상기 배기 파이프가 엔진으로부터 쉽게 루트를 정하도록 해주는 반면에 촉매 컨버터(the catalytic converter) 내부로 산소의 유입을 방해한다. 종래의 커넥터 26이 나타나 있다.

<130> 일반적인 벨로우즈 10은 스테인리스 스틸 및/또는 합금의 관형 용접된(tubular welded) 복수-플라이(multi-ply) 샌드위치(일반적으로 둘 혹은 세개의 레이어들)로 조립된다. 본 발명의 상기 합금들은, 이들 레이어들 중 어느 것 혹은 모든 것, 예를 들어 외부 세 레이어에 사용될 수 있다. 각각의 플라이는 일반적으로 0.01인치(0.25mm) 두께이다. 합금 튜브 14의 일부는 플렉시블 벨로우즈 구획 16 내에 제조된다. 두 벨로우즈 구획들 16은 벨로우즈 바디 20을 만들기 위하여 교차점 18에서 서로 용접된다. 스테인리스 스틸 와이어 브레이드(0.015 인치[0.38mm] 지름)로 만들어지는 내부 메쉬 22는 배기 가스의 부식효과로부터 상기 벨로우즈 10을 보호하기 위하여 바디 20의 내부를 따라 세로로 배열된다. 도1에서, 우측, 메쉬 22의 일부는 내부 바디 20을 나타내기 위하여 끌어내서 배기 라인 12 안으로 후퇴시켰다. 상기 메쉬 20은, 필요하다면 본 발명의 합금으로 만들어질 수 있다.

<131> 유사하게, 외부 메쉬 24는 기계적 손상으로부터 상기 벨로우즈 10을 보호하기 위하여 상기 벨로우즈 바디 20의 외부 근처에 세로로 배열된다. 상기 메쉬 24는 부분적으로 잘라지고 끌어내어졌다. 상기 메쉬 24는, 필요하다면 본 발명의 합금으로 만들어질 수 있다.

<132> 연구는 상기 엔진과 마주 향하고 있는 벨로우즈 10의 포지션이 부식의 측면에서 위험하다는 것을 보여줬다. 엔진과 근접하여 위치한 벨로우즈 10은 더 하류 부분(downstream)에 설치된 벨로우즈 10에 비해 더 뜨거워진다. 온도 기울기는 입계 증감(intergranular sensitization)에 영향을 미치는 것으로 보여진다. 321 스테인리스로 만들어진 상대적으로 더 뜨거운 유닛은 표준 입계 증감 시험에서 1년마다 140 mils의 부식 공격을 경험하였다. 엔진으로부터 더욱 하류 부분에 위치하며 스테인리스 321로 만들어진 상대적으로 저온의 유닛의 부식률은 일년에 24 mils 미만임이 증명되었다.

<133> 일반적인 사용에서, 외부 스틸 브레이드 24 및 가장 바깥쪽의 스틸 플라이의 구획들은 다양한 정도의 부식 침입을 나타낸다. 외관상으로는, 도로 염(road salt) 및 배기 가스 내에서 발견되는 염화물들이 트랜스그레뉼러(transgranular) 응력 부식 크랙킹 및 부식 피로 크랙킹을 일으키도록 작용한다.

<134> 벨로우즈 10의 배치에 따라, 배기 가스와 더 밀접하게 접촉하기 때문에 내부 메쉬 22는 더 뜨거워지게 되며, 입계 부식(intergranular corrosion)을 경험한다. 상대적으로 저온의 외부 메쉬 24는 피팅(pitting) 및 스트레스 부식 크랙킹을 경험한다.

<135> 엔진 제조자들은 멀티-플라이 플렉시블 스테인리스/합금 조합에 대한 더욱 낮은 가격의 대안들을 찾고 있다. 따라서, 우수한 부식 저항성, 플렉시빌리티, 강도 및 피로 저항 특성을 가지는 본 발명의 합금이 매력적인 대안이 될 것이다.

<136> 벨로우즈 10의 조립을 위해서, 본 발명 합금의 하나 혹은 두개의 파일들이 관형(tubular)의 벨로우즈 형태, 본 발명 합금으로 브레이드되고 배기 흐름을 따라 어느 곳이라도 편리하게 설치될 것이다.

- <137> 일견지에서, 본 발명의 합금들은 1000°F, 0.005의 전체 인장 범위에서 ASTM Method E 606-92 (98)에 의해 하기의 조건에서 측정되었을 경우 500,000 사이클의 피로 수명을 갖는다: 세로 인장 컨트롤, 신장계(Extensometer) 길이 0.375 인치, 1000°F(538°C)의 온도, 0.5 Hz의 진동수에서 인장을 R=-1.0 및 폐쇄 루프 서보-컨트롤된 20,000 파운드의 수압 시스템을 사용한 트라이앵글 과형..
- <138> 일견지에서, 본 발명의 합금들은 ASTM Method G30-97(2003)에 의해 제공되는 샘플들을 이용하는 ASTM Method G36-94(2000)에 의하여 측정되듯이 24시간 또는 그 이상의 기간동안 $155.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 의 일정한 온도에서 유지된 끓는 45% 마그네슘 염화물에서의 스트레스 부식 크랙킹을 견딘다. U-밴드 시편(U-bend specimen)은 미리 계산된 반지름 주위를 둘러 180° 구부리고 스트레스 부식 테스트 동안에 이러한 일정 인장 조건에서 유지된 사각형 스트립이다.
- <139> 일견지에서, 본 발명의 상기 합금은, ASTM Method E 8-04에 의할 때, 40 ksi(예를 들어 45 ksi)보다 큰 어닐링된 항복 강도 및 25°C의 온도에서 측정된 34%를 초과하는 최소 신장(minimum elongation)을 갖는다.
- <140> 일견지에서, 본 발명의 상기 합금은, ASTM Method E 8-04에 의할 때, 50 ksi(예를 들어 55 ksi)보다 큰 어닐링된 항복 강도 및 25°C의 온도에서 측정된 45%를 초과하는 최소 신장을 갖는다.
- <141> 일견지에서, 본 발명의 상기 합금은, 2200°F(1204°C)에서 20분간 시뮬레이션된 브레이징 사이클 열처리를 가하고, 공냉되며, 그 외에 또한 2000°F(1093°C)에서 3시간동안 시뮬레이션된 브레이징 사이클 열처리를 가하고 공냉된 후, ASTM Method E112-96(2004)에 의하여 측정된 5 보다 큰 평균 ASTM 그레인 사이즈 넘버를 갖는다.
- <142> 본 발명을 도해는 이어지는 실시예에 있으나, 이것은 그 세부 항목들로 본 발명을 제한하는 것은 아니다. 만일 지시되지 않았다면, 이하 실시예 뿐만 아니라 명세서의 모든 성분들 및 퍼센트들은 질량에 의한 것이다.
- <143> 실시예
- <144> 이하의 실시예들은 본 발명의 몇몇 합금들에 대한 강도, 연성, 그레인 사이즈, 산화 및 스트레스 부식 크랙킹 저항성에 관한 기계적 특성 테스트의 결과를 나타낸다.
- <145> 본 발명의 50 파운드(22.7kg) 에어 멜트된(air melted) 실험 합금들이 2100°F (1149°C)에서 0.250 인치(0.635cm) 플레이트로 열간 압연되었고, 표면 연마, 0.062 인치(0.157 cm) 스트립으로 냉간 압연되었다. 테스트 샘플들은 1800°F (982°C) 또는 2000°F(1093°C)에서 5분간 어닐링되었고 공냉되었다. 테스트 조성은 표1에 나타나 있다.

표 1

테스트된 합금들의 화학 조성																
샘플 번호	C	Mn	Fe	S	Si	Cu	Ni	Cr	Al	Ti	Mg	Mo	Nb	N	O	Zr
1	0.012	0.8	50.1	0.002	1.1	-	21.0	24.1	0.02	0.01	-	2.04	0.03	0.27	-	0.001
2	0.012	0.8	50.2	0.003	1.2	-	21.1	24.1	0.008	0.01	-	2.01	0.02	0.24	-	0.001
3	0.044	0.8	55.4	0.002	1.09	0.00	20.0	20.1	0.04	0.13	0.007	2.36	0.03	0.01	0.006	0.001
4	0.046	0.8	55.2	0.002	1.2	0.00	19.9	20.1	0.05	0.15	0.007	2.34	0.01	0.02	0.007	0.10
5	0.045	0.8	55.2	0.001	1.2	0.01	20.2	19.3	0.07	0.17	0.01	2.32	0.42	0.01	0.006	0.15
6	0.041	0.8	55.0	0.002	1.2	0.00	20.0	20.2	0.03	0.1	0.007	2.34	0.03	0.1	0.005	0.11
7	0.047	0.8	54.7	0.002	1.1	0.02	20.0	19.9	0.12	0.01	0.006	2.4	0.58	0.08	0.002	0.14
8	0.043	0.8	54.1	0.002	1.2	0.02	19.9	20.1	0.12	0.01	0.010	2.43	0.59	0.18	0.019	0.38
9	0.049	0.8	54.7	0.002	1.2	0.12	19.8	19.8	0.10	0.01	0.004	2.04	1.15	0.14	0.002	0.1
10	0.047	0.8	53.3	0.002	1.0	0.08	21.0	20.6	0.02	0.01	0.012	2.67	0.06	0.38	0.004	0.001
11	0.045	0.77	47.88	0.002	1.08	0.00	22.56	24.57	0.001	0.005	0.009	2.40	0.01	0.44	0.006	0.001
12	0.020	0.8	54.4	0.002	1.2	0.00	20.1	20.5	0.09	0.01	0.007	2.5	0.004	0.27	0.006	0.002
13	0.025	0.8	49.0	0.003	1.1	0.00	21.3	24.9	0.03	0.01	0.006	2.48	0.004	0.28	0.008	0.001
14	0.017	0.8	49.6	0.002	1.2	0.02	20.1	24.7	0.14	0.01	0.007	2.48	0.60	0.26	0.007	0.06
15	0.017	0.8	53.8	0.001	1.0	0.02	20.3	20.5	0.13	0.01	0.008	2.43	0.59	0.25	0.005	0.06
16	0.016	0.8	48.5	0.002	1.1	0.02	20.7	25.1	0.19	0.01	0.007	2.49	0.62	0.20	0.002	0.09
17	0.015	0.8	48.96	0.001	1.06	0.40	19.9	26.1	0.10	0.004	0.003	2.46	0.004	0.20	0.002	0.001
18	0.015	0.8	53.2	0.002	0.9	-	21.3	20.8	0.01	0.003	-	2.25	0.05	0.26	-	0.001
19	0.014	0.8	50.1	0.002	1.1	0.4	20.6	24.1	0.02	0.004	0.006	2.42	0.06	0.28	-	0.001
INCOLOY® 864 합금 (컨트롤)	0.048	0.39	39.0	0.001	0.83	0.09	33.4	20.5	0.23	0.81	0.001	4.59	0.04	0.01	0.01	0.001

<146>

<147> 각각의 샘플들에 대한 상온(25°C)의 인장 특성, 강도, 어닐링된 그레인 사이즈 및 중요한 합금의 성분들이 표 2에 나열되어 있다. 더 테스트된 세부 내용들은 이하의 데이터 표 및 실시예들에 제공되어 있다. 2200°F(1204 °C)에서 20분간 시뮬레이션된 브레이징 사이클 열처리, 3시간 동안 2000°F(1093°C) 및 공냉된 이후의 평균 ASTM 그레인 사이즈 넘버는 E112-96(2004)에 의해 결정되었다. 항복강도(Ksi) 및 인장 강도(Ksi)는 섹션 6.5.4.1에 설명되어 있는 디멘션을 가지는 시편들을 사용한 ASTM E8-04에 의하여 결정되었다.

표 2

<148>

샘플 번호	C	Zr	N	Nb	A1	Cr	¹ Ann	ASTM GS	Y.S. Ksi	T.S. Ksi	% EL
1	0.012	0.001	0.27	0.03	0.02	24.1	2000F	6	50.3	107.5	49.1
3	0.044	0.001	0.01	0.03	0.04	20.1	1800F	10	44.7	91.4	41.8
"							2000F	6.5	31.3	81.7	49.8
4	0.046	0.10	0.02	0.01	0.05	20.1	1800F	10.5	44.2	89.3	43.4
"							2000F	6.5	32.2	83.2	48.0
5	0.045	0.15	0.01	0.42	0.07	19.3	1800F	10.5	53.0	96.2	38.9
"							2000F	7	31.9	83.1	45.2
6	0.041	0.11	0.10	0.03	0.03	20.2	1800F	10.5	53.5	100.7	40.3
"							2000F	7.5	42.5	94.7	43.0
7	0.047	0.14	0.08	0.58	0.12	19.9	1800F	11.5	54.1	98.9	39.3
"							2000F	8.5	40.9	93.7	40.8
8	0.043	0.38	0.18	0.59	0.12	20.1	1800F	11.5	60.8	105.9	36.1
							2000F	8.5	48.1	102.1	39.0
9	0.049	0.1	0.14	1.15	0.10	19.8	1800F	11.5	53.7	98.4	37.8
							2000F	8.5	42.3	94.1	40.8
10	0.047	0.001	0.38	0.06	0.02	20.6	1800F	10	81.3	130.7	32.9
							2000F ²	7	68.9	127.6	42.2
11	0.045	0.001	0.44	0.01	0.001	24.57	1800F	9	85.2	135.6	33.3
							2000F	7	70.2	131.4	44.4
12	0.020	0.002	0.27	0.004	0.09	20.5	1800F	11	66.0	116.5	38.8
							2000F	8	55.0	111.3	43.3
							CR50% ³		157.1	183.5	4.5
13	0.025	0.001	0.28	0.004	0.03	24.9	1800F	12	81.1	129.5	35.2
							2000F	7	56.9	115.5	46.6
							CR50%		159.7	193.5	5.1
14	0.017	0.06	0.26	0.60	0.14	24.7	1800F				
							2000F ²	12	60.0	114.4	34.4
15	0.017	0.06	0.25	0.59	0.13	20.5	1800F				
							2000F ²	11.5	54.1	107.8	36.4
16	0.016	0.09	0.20	0.62	0.19	25.1	1800F				
							2000F ²	12	72.6	117.6	27.4
17	0.015	0.001	0.20	0.004	0.10	26.1	2000F	10	59.5	115.1	35.7
18	0.015	0.001	0.26	0.05	0.01	20.8	2000F	6	51.4	108.6	45
19	0.014	0.001	0.28	0.06	0.02	24.1	2000F	5.5	51	109.9	46.4
컨트롤	0.048	0.001	0.01	0.04	0.23	20.5	2000F	7	40.8	99.6	40.1

<149> ¹ 1800°F(982°C) 또는 2000°F(1093°C)에서 5분간 어닐링된 후 공냉<150> ² Duplicate의 평균<151> ³ 50% 냉간 압연됨

<152> X선 분석

<153> HC1-메탄을 전해질 과정(ASTM E-963)을 사용하여 각각의 샘플들로부터 포함물(inclusions) 및

침전상(precipitated phase)을 추출한 이후에, 결과적인 파우더는 X선 회절을 이용하여 분석되었다. 미세조직들에 대하여 촬영된 모든 샘플들은 브롬 2%의 메탄올 용액 내에서 애칭되었다. 그 결과는 도2-5에 나타나 있다. 도2는 1800°F에서 어닐링된 일반적인 INCOLOY®864 합금을 나타낸다. 미세한 질화물(nitride)는 거의 없으며 주요 침전물들은 카바이드이고, 이들은 2000°F 미만의 솔버스 온도(solvus temperature)를 가져야 한다. 도3에 나타나 있듯이, AlN이 존재할 수 있었음에도, 샘플 7(0.08%의 N, 0.58%의 Nb, 0.14%의 Zr 및 0.12%의 Al)에 대하여 니오븀 및 지르코늄 질화물들은 단지 두개의 주요 상들만이 발견되었다. 그레인 사이즈는 더 미세한 침전물들이 그레인 성장을 저지하면서 864 물질에 비해 더 미세하다. 도5는 그레인 사이즈 컨트롤이 결여된 도4에 나타난 컨트롤 샘플에 비하여 가능한 연성을 유지하면서도 그레인 컨트롤을 제공하는 침전물들의 가능한 레벨을 보여준다.

강도

<154> 성분계 연구에서, 강도에 주로 기여하는 것은 질소이다. 이것은 각각 1800°F 및 2000°F에서 어닐링된 합금 스텝에 대한 도6 및 7에 나타나 있다. 0.25%의 아주 적은 질소 함량으로, 1800°F 및 2000°F 어닐링으로 약 70 Ksi 및 55 Ksi의 항복 강도 레벨들이 얻어진다. 다양한 알루미늄 및 질소 범위들에 의한 강도 레벨들은 도8에서 2000°F에서 어닐링된 물질들에 관하여 나타나 있다. 알루미늄 레벨이 약 0.12%보다 높은, 높은 알루미늄 레벨에서, 알루미늄 질화물 형성은 추가적인 강화 효과를 갖는다.

<155> 합금 864 및 SS316의 2000°F에서 어닐링된 항복 강도는 약 35~40 Ksi이다. 적당한 질소 레벨에서 실험용 합금은 쉽게 50~55 Ksi 레벨을 달성해야 한다.

연성

<156> 높은 강도가 관련된 1800°F에서 어닐링된 조건에서, 도9에서 나타났듯이 연성을 또한 질소 함량에 의하여 강하게 영향을 받는다. 질소가 강도를 올릴 수록, 그것은 또한 연성을 저하시킨다. 2000°F에서 어닐링 후, 연성을 컨트롤하는 주요 원소는 도10처럼 알루미늄이다. 게다가, 알루미늄 질화물은 단순하게 원인 그 이상의 것이 되는데, 그것은 카바이드들이 1800° 어닐링 이후에 녹아들어가 존재하기 때문이다. 알루미늄 질화물 및 다른 질화물들은 낮은 질소 열(low nitrogen heats)에서도 형성된다. 알루미늄 질화물의 레벨이 증가할 수록, 알루미늄의 증가 때문에, 연성은 천천히 감소한다. 낮은 알루미늄 레벨에서 주요 질화물들은 Zr 및 Nb 질화물들이지만, 그것들은 강도를 고려할 때 AlN만큼 효과적이지 못하다. 이를 레벨 다음으로 주요 효과는 도11에서 보듯이 Ni/Cr 비율일 것이다.

<157> 다양한 알루미늄 및 질소 범위들에 의한 연성 레벨들은 도12에서의 2000°F에서 어닐링된 샘플들에서 나타났으며, 이것은 약 0.1%를 초과하는 더 높은 레벨에서 두번째 효과를 갖는다는 것을 보여준다. 연성을 최적화시키기 위하여, 약 0.1%의 최대 알루미늄이 유용하다. 더 높은 크롬으로, 혹은 더 낮은 카본에 니오븀 성분을 더하여, 인장은 45% 더 커질 것이다.

<158> 이하의 테스트 결과는 세로 방향의 인장 테스트로부터의 것이다. 인장 시편들을 가로지르는 서브 사이즈들은 또한 연성에 있어서 적응의 효과를 결정하기 위하여 테스트되었다. 표3에서 나타났듯이, 항복 강도, 인장 강도 및 인장은 샘플 6, 7 및 10과 컨트롤 샘플 간에 비교가 가능했다.

표 3

세로 방향 및 가로 방향의 RTT 결과의 비교 T-9A(9"길이)의 세로 방향 및 4"길이의 가로 방향 서브 사이즈 시편의 테스트 (가로 방향에서 평균 4.3% 더 큰 인장)						
샘플 번호	5분간 어닐링 온도 (°F), 공냉	방향	0.2% 항복 강도, Ksi	인장 강도, Ksi	% 인장	가로 방향에서의 인장 증가
6	1800	세로 방향	53.5	100.7	40.3	
		가로 방향	46	98	48.0	7.7
	2000	세로 방향	42.5	94.7	43.0	
		가로 방향	41	92	50.4	7.4

7	1800	세로 방향	54.1	98.9	39.3	
		가로 방향	56	99	41.8	2.5
	2000	세로 방향	40.9	93.7	40.8	
		가로 방향	41	92	45.4	4.6
10	1800	세로 방향	81.3	130.7	32.9	
		가로 방향	79	128	31.0	-1.9
컨트롤	1800	세로 방향	54.8	105.8	37.5	
		가로 방향	56	103	43.0	5.5
	2000	세로 방향	40.8	99.6	40.1	
		가로 방향	27	97	44.6	4.5

<162>

그레인 사이즈

<163>

INCOLOY®864 합금(컨트롤) 및 샘플들 3-17에 대해 측정된 그레인 사이즈가 어닐링되었고 시뮬레이션된 브레이징 사이클 열처리에 대하여 표4에 나타나 있다. 사용된 상기 시뮬레이션된 브레이징 사이클 열처리는 2200°F (1204°C)에서 20분간 이루어지고 공냉되었고, 2000°F(1093°C)에서 3시간 이루어지고 공냉되었다.

표 4

<164>

그레인 사이즈에 대한 시뮬레이션된 브레이징 사이클의 영향								
스트립 샘플, 2000°F에서 5분간, 공냉, 어닐링								ASTM GS 브레이즈 이후*
번호	C	Zr	N	Nb	Al	Cr	ASTM GS 어닐링	
컨트롤	0.048	0.001	0.01	0.04	0.23	20.5	6.5	0
3	0.044	0.001	0.01	0.03	0.04	20.1	6.5	4.5
4	0.046	0.10	0.02	0.01	0.05	20.1	6.5	4.5
5	0.045	0.15	0.01	0.42	0.07	19.3	7	4.5
6	0.041	0.11	0.10	0.03	0.03	20.2	7.5	5.5
7	0.047	0.14	0.08	0.58	0.12	19.9	8.5	5.0
8	0.043	0.38	0.18	0.59	0.12	20.1	8.5	5.5
9	0.049	0.1	0.14	1.15	0.10	19.8	8.5	6
10	0.047	0.001	0.38	0.06	0.02	20.6	7	5.5
11	0.045	0.001	0.44	0.01	0.001	24.57	7	3
12	0.020	0.002	0.27	0.004	0.09	20.5	8	6.0
13	0.025	0.001	0.28	0.004	0.03	24.9	7.0	4
14	0.017	0.06	0.26	0.60	0.14	24.7	12	7.5
15	0.017	0.06	0.25	0.59	0.13	20.5	11.5	7.5
16	0.016	0.09	0.20	0.62	0.19	25.1	12	7
17	0.015	0.001	0.20	0.004	0.10	26.1	10	5

<165> *어닐링+2200°F에서 20분간, 공냉, 2000F에서 3시간, 공냉

<166> 도13에 나타났듯이, 결과적인 알루미늄 질화물의 형성으로 알루미늄을 약 0.05%를 초과하도록 상승시키는 것은, 2000°F의 어닐링된 조건에서 그레인 피닝 및 결과적인 미세 그레인 사이즈를 가져온다. 1800°F에서 어닐링된 스트립에 대해서도 같은 결과가 발견되었다. 알루미늄은, 도14에서 보듯이 시뮬레이션된 브레이징 열처리 사이클 이후에 그레인 사이즈에 관한 비슷한 효과를 갖는다. 약 0.05% 미만의 낮은 알루미늄 레벨에서, 그레인 사이즈는 도15에서 보듯이 결합된 Al+Zr+Nb에 의해 결정된다. 이러한 낮은 알루미늄 레벨에서, 닉오븀 및 지르코늄 질화물들은 그레인 사이즈에 현저한 효과를 가지나, 반면에 높은 알루미늄 레벨에서는 알루미늄 질화물들이 주도적인 역할을 한다.

<167> 그레인 사이즈 컨트롤이 필요한 경우, 질화물 형성을 통한 그레인 사이즈 컨트롤을 위하여 최소의 질소 함량이 요구된다. 시뮬레이션된 브레이징 사이클 이후의 그레인 사이즈에 관한 알루미늄 및 질소의 전체적인 효과가 도16에 나타나 있다. 매우 낮은 질소 레벨에서, 알루미늄은 효과를 갖지 않는다. 따라서, 이 방법에 의한 우수한 그레인 성장 컨트롤을 위해서는, 알루미늄이 바람직하게는 약 0.08%보다 높고 질소가 약 0.1%보다 높은 것이 바람직하다.

<168> 0.05% 미만의 낮은 알루미늄 레벨에서, 닉오븀과 지르코늄은 또한 그레인 사이즈 컨트롤을, 도5와 같이 닉오븀 및 지르코늄의 질화물들의 석출에 의해, 도16과 같이 제공한다.

<169> 엔지니어링 쿨러 및 허니컴 연마가능 셀(honeycomb abradable seals)과 같은 브레이징이 필요한 적용에서, 그레인 사이즈 컨트롤은 이슈가 될 수 있다. 본 발명의 합금들은 허용될 수 있는 그레인 사이즈를 가질 수 있고 브레이징 동안에 크랙킹 및 기대되는 피로 저항성보다 낮아지는 것을 피할 수 있다. 실제 응용 및 연구실의 테스트에서, 5 혹은 그 이상의 그레인 사이즈 넘버를 가질 수 있는 본 발명의 합금들과 반대로, 합금 864는 ASTM O의 그레인 사이즈 넘버를 가질 수 있었다.

<170> 다양한 원소들의 실질적인 의미를 검사하기 위한 기계적 테스트들에 있어서 몇몇 통계적인 회귀(regression)가 수행되었다. 그레인 사이즈는 연성의 가장 큰 지표이며; 알루미늄(질소를 더한)은 그레인 사이즈의 가장 큰 기여자이다. 그레인 사이즈를 제외하고, 지르코늄 및 질소가 연성에 영향을 주었다. 따라서, 알루미늄, 지르코늄 및 질소는 이들 중 어느 것이라도 소극적인 경우 인장(elongation)에 가장 직접적으로 영향을 미친다. 그레인 사이즈를 컨트롤하기 위하여, 질소 및 알루미늄이 바람직하며, 따라서 교환 조건(tradeoff)이 필요하다.

피로 저항성

<172> 이하의 조건에서 ASTM E 606-92(98)에 의하여 샘플들에 대한 세로의 인장 컨트롤된 피로 시험이 수행되었다: 0.5Hz의 진동수 및 20,000 파운드 용량의 폐쇄된 루프 서보-컨트롤된 수압 시스템을 사용한 트라이앵글 과형에서, 세로 인장(strain) 컨트롤, 신장계 길이 0.375인치, 1000°F(538°C)의 온도, 인장을 R=-1.0. 2000°F의 어닐링 조건에서 샘플 7 및 12에 대한 결과가 도17에서 상용화된 합금들 864, 316, 321 및 625LCF과 비교되어 있다. 항복 강도 41 Ksi의 샘플 7은 스테인리스 스틸 및 INCOLOY®864 합금에 비해 다소 우수하다. 0.27% 질소 함량의 샘플 12는 55 Ksi의 항복 강도를 가지며 316, 864에 비하여 현저히 좋으며 합금 625와 견줄 수 있다.

산화 저항성

<174> 컨트롤, 스테인리스 스틸 310SS 및 샘플 6, 7, 10 및 13의 2000°F 산화 테스트에 대한 결과가, 도18에서의 95% 공기에 5%의 수증기가 존재에서 매주 사이클되었다. 옥사이드 레이어에서 실리케이트의 형성을 통해 실리콘이 향상된 산화저항성을 제공했다. 닉오븀은 산화 저항성에 대해서는 불리할 수 있지만; 상술했듯이 다른 장점을 가진다. 높은 크롬 및 낮은 닉오븀의 샘플 13이 우수한 산화 저항성을 가진다.

스트레스 부식 크랙킹

<176> 테스트 샘플 12, 13 및 스테인리스 스틸 316, INCOLOY®840 및 864(컨트롤) 합금이, ASTM Method G30-97(2003)에 의해 제공되는 샘플들을 이용하는 ASTM Method G36-94(2000)에 의하여 측정되듯이, 24시간 또는 그 이상의 기간 동안 $155.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 의 일정한 비등점에서 유지된 끓는 45% 마그네슘 염화물에 담가져서 비등 45% 마그네슘 염화물 스트레스 부식 크랙킹(SCC)가 수치화되었다. 각각의 샘플은 1.5mm(0.060")의 두께, 13mm의 폭 및 127mm의 길이였다. 20X에서 보이게 되는 SCC 시간이 크랙 발생 시간이다. 불량 시간(Time of failure)은 U-밴드 시편의 다리에서 응력이 사라지는 범위로 크랙킹이 진행하는데 필요한 시간이다. 테스트 결과는 표5에 나타나 있다. 비록 모든 합금들이 5시간 이내에 크랙 개시(crack initiation)를 경험했으나, 상기 크랙의 증식율은 달

랐다. 스테인리스 스틸 316은 가장 최소로 저항적이었다. 니켈이 더 높은 INCOLOY®840 합금, 일반적인 히터 판 합금은 더욱 저항적이었다. 샘플 12 및 33% 니켈 합금 864는 가장 저항성이 높았다.

<177> 본 발명은 그 상세한 구현의 명확한 세부사항이 관련 문헌과 함께 설명되었다. 그러한 세부 내용들은, 수반되는 청구항들에 포함되는 이상 본 발명의 범위를 제한하려는 것으로 의도되지 않는다.

발명의 효과

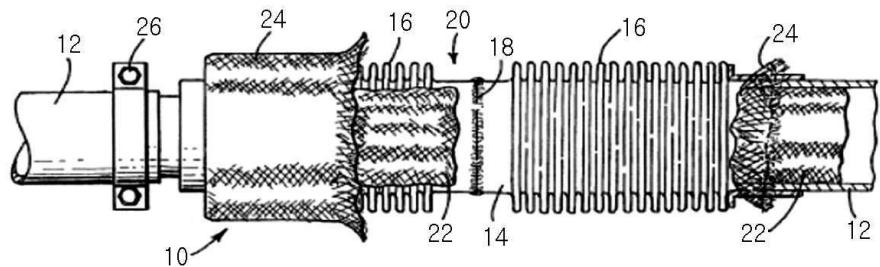
<178> 엔진 제조자들은 멀티-플라이 플렉시블 스테인리스/합금 조합에 대한 더욱 낮은 가격의 대안들을 찾고 있다. 따라서, 우수한 부식 저항성, 플렉시빌리티, 강도 및 피로 저항 특성을 가지는 본 발명의 합금이 매력적인 대안이 될 것이다.

도면의 간단한 설명

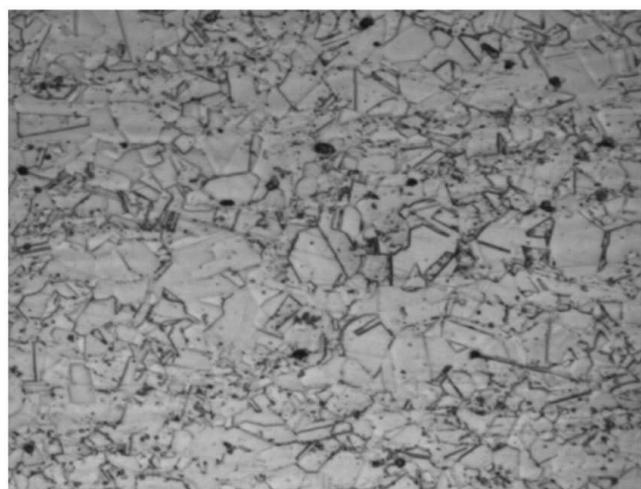
- <1> 본 발명은 이하 첨부된 도면들과 관련하여 읽을 때, 이하의 명확한 구현들에 대한 설명으로부터 가장 잘 이해될 수 있을 것이다.
- <2> 도1은 벨로우즈의 부품들을 보여주기 위하여 부분적으로 절단한, 자동차의 배기 시스템 벨로우즈의 정면도이다;
- <3> 도2는 1800°F 어닐링 후의 컨트롤 합금(Control alloy)의 현미경 사진이다;
- <4> 도3은 본 발명에 의한 시료 7 합금의 1800°F 어닐링 후의 현미경 사진이다;
- <5> 도4는 2000°F 어닐링 후의 컨트롤 합금의 현미경 사진이다;
- <6> 도5는 본 발명에 의한 시료 7 합금의 2000°F 어닐링 후의 현미경 사진이다;
- <7> 도6은 1800°F에서 어닐링된 테스트 시료들에 대한 질소의 퍼센트의 함수로서의 0.2% 항복 강도의 그래프이다;
- <8> 도7은 2000°F에서 어닐링된 테스트 시료들에 대한 질소의 퍼센트의 함수로서의 0.2% 항복 강도의 그래프이다;
- <9> 도8은 2000°F에서 어닐링된 테스트 시료들에 대한 0.2% 항복 강도에 있어서 질소 및 알루미늄의 농도의 효과를 나타내는 그래프이다;
- <10> 도9는 1800°F에서 어닐링된 테스트 시료들에 대한 연성에 있어서 질소의 농도의 효과를 나타내는 그래프이다;
- <11> 도10은 2000°F에서 어닐링된 테스트 시료들에 대한 연성에 있어서 알루미늄의 농도의 효과를 나타내는 그래프이다.
- <12> 도11은 2000°F에서 어닐링된 테스트 시료들에 대한 연성에 있어서 크롬에 대한 니켈의 비율의 효과를 나타내는 그래프이다;
- <13> 도12는 2000°F에서 어닐링된 테스트 시료들에 대한 연성에 있어서 질소 및 알루미늄의 효과를 나타내는 그래프이다;
- <14> 도13은 2000°F에서 어닐링된 테스트 시료들에 대한 그레인 사이즈에 있어서 알루미늄의 효과를 나타내는 그래프이다;
- <15> 도14는 시뮬레이션된 브레이징 열적 사이클(simulated brazing thermal cycle) 이후의 테스트 시료들에 대한 그레인 사이즈에 있어서 알루미늄의 효과를 나타내는 그래프이다;
- <16> 도15는 시뮬레이션된 브레이징 열적 사이클 이후의 테스트 시료들에 대한 그레인 사이즈에 있어서 알루미늄, 자르코늄 및 니오븀의 효과를 나타내는 그래프이다;
- <17> 도16은 시뮬레이션된 브레이징 열적 사이클 이후의 테스트 시료들에 대한 그레인 사이즈에 있어서 질소 및 알루미늄의 효과를 나타내는 그래프이다;
- <18> 도17은 세로 방향의 인장(longitudinal strain) 컨트롤된, 고온 피로 테스트 결과의 그래프이다; 그리고
- <19> 도18은 산화 저항성 테스트 결과의 그래프이다.

도면

도면1



도면2



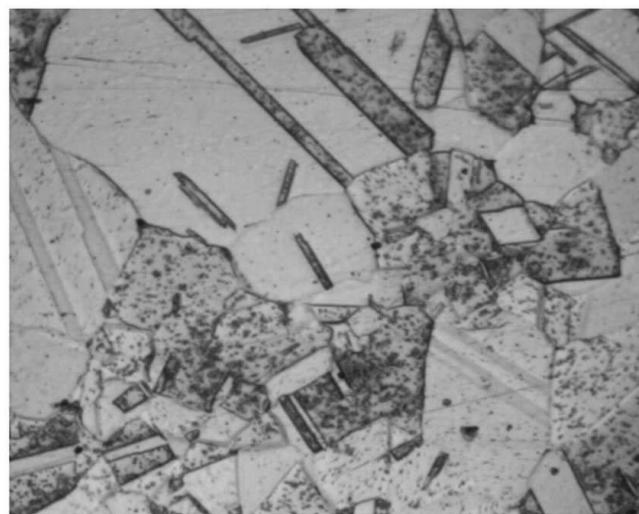
1800°F 어닐링된 이후의 INCOLOY® 864 합금, 500X, Br에칭

도면3



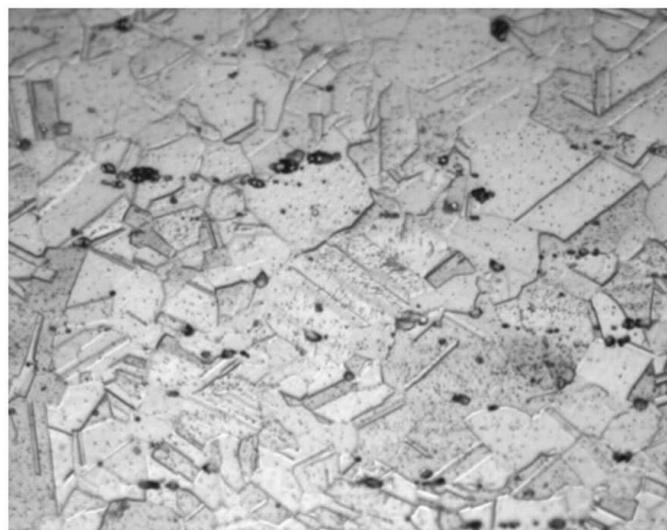
1800°F 어닐링된 후의 샘플7(고 Zr,N,Nb,Al), 500X, Br에칭

도면4



2000°F 어닐링된 이후의 INCOLOY® 864 합금, 500X, Br에칭

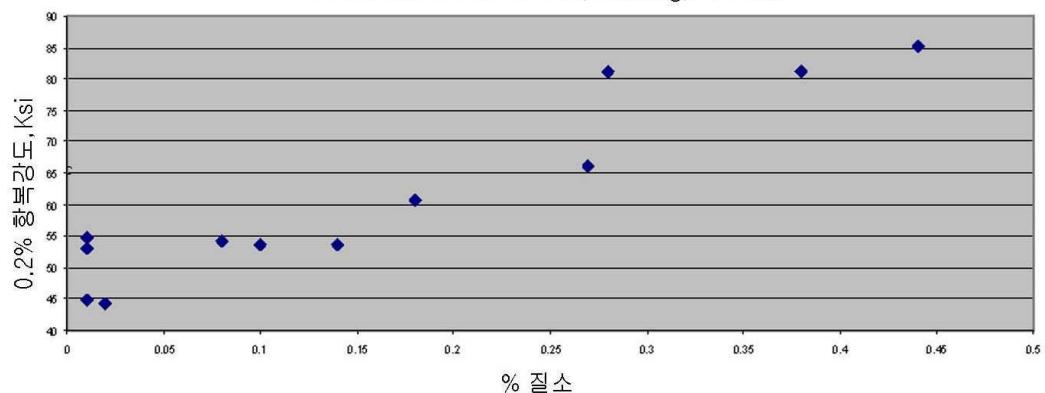
도면5



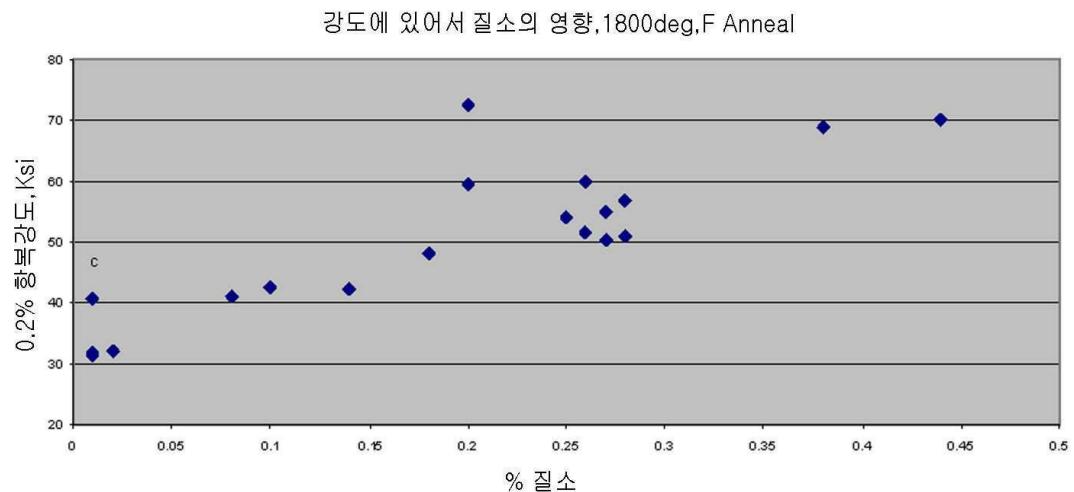
2000°F 어닐링된 후의 샘플7(고 Zr,N,Nb,Al),500X,Br에 칭

도면6

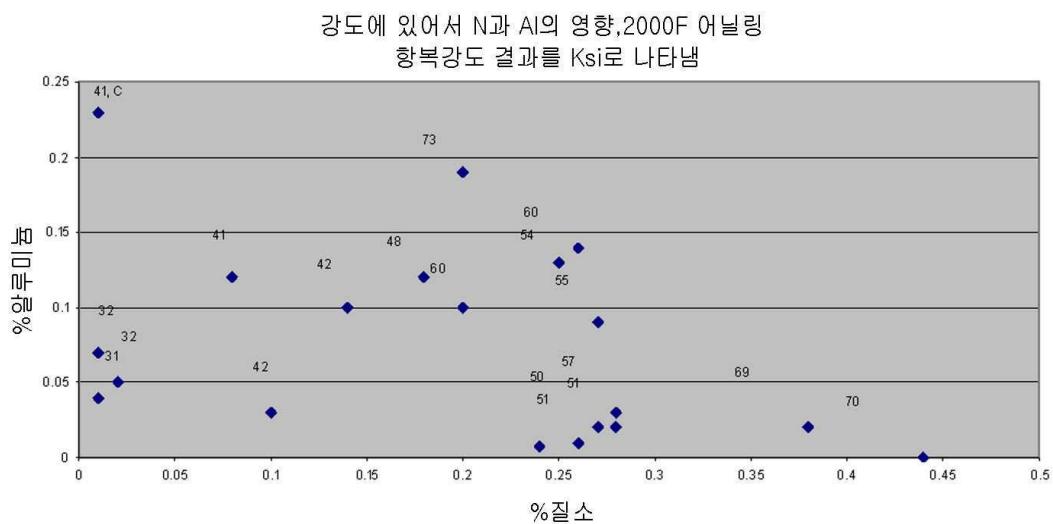
강도에 있어서 질소의 영향, 1800deg,F Anneal



도면7

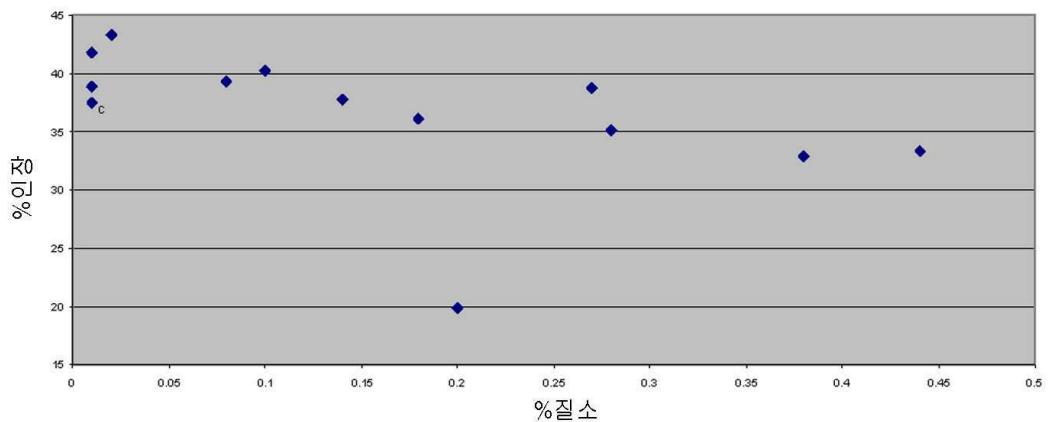


도면8

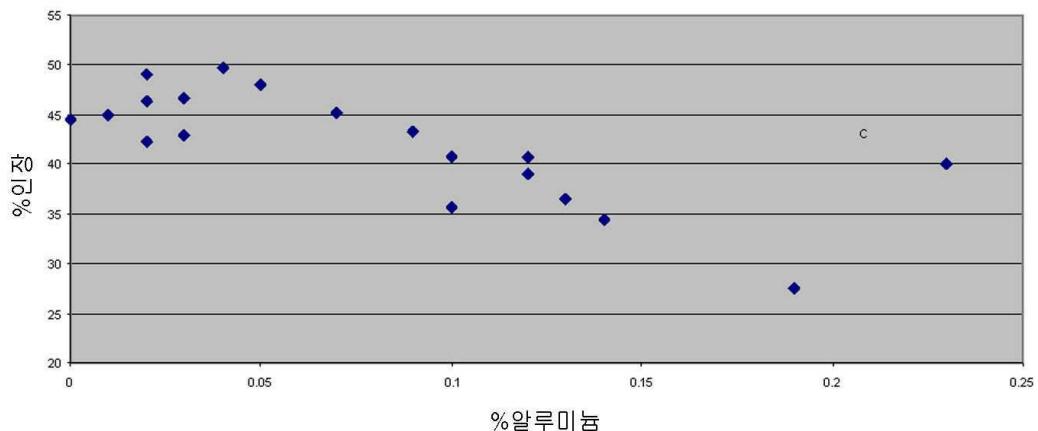
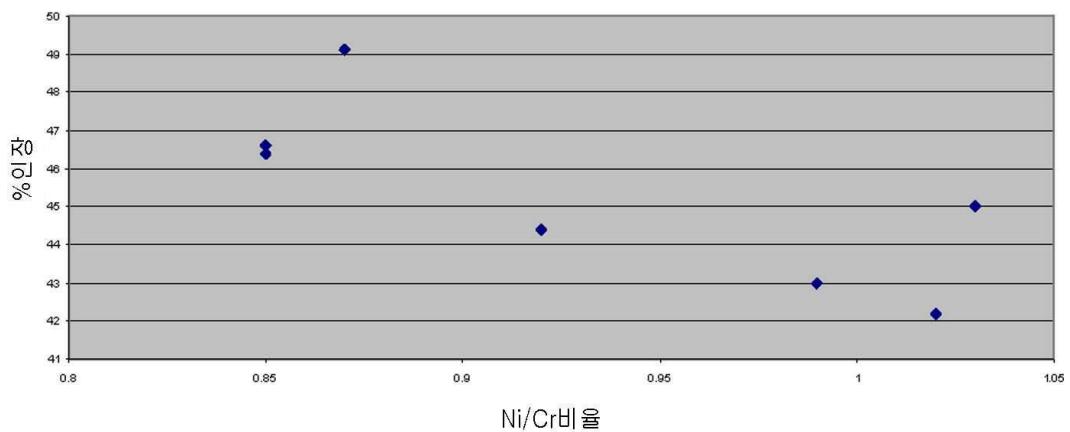


도면9

연성에 있어서 질소의 영향, 1800F어닐링

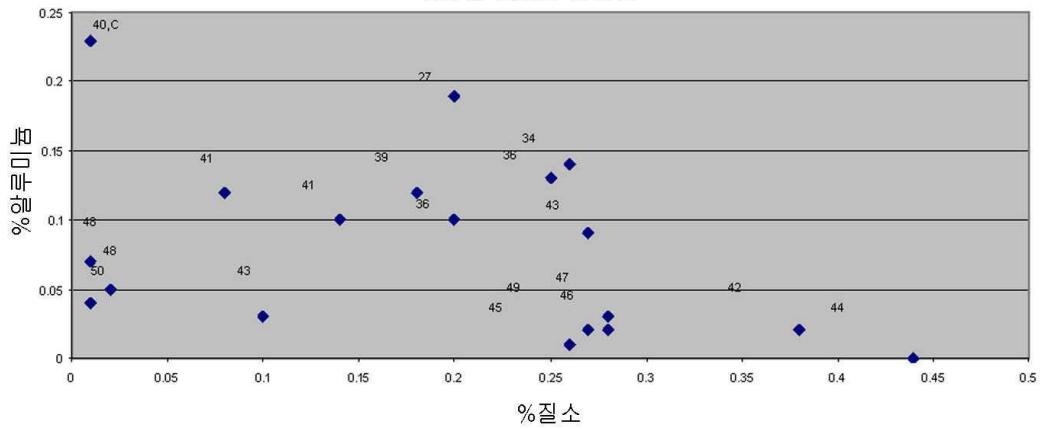
**도면10**

연성에 있어서 알루미늄의 영향, 2000F어닐링

**도면11**연성에 있어서 Ni/Cr 비율의 영향, 2000F어닐링
샘플들을 N>0.07% 및 Al<0.05% 함유

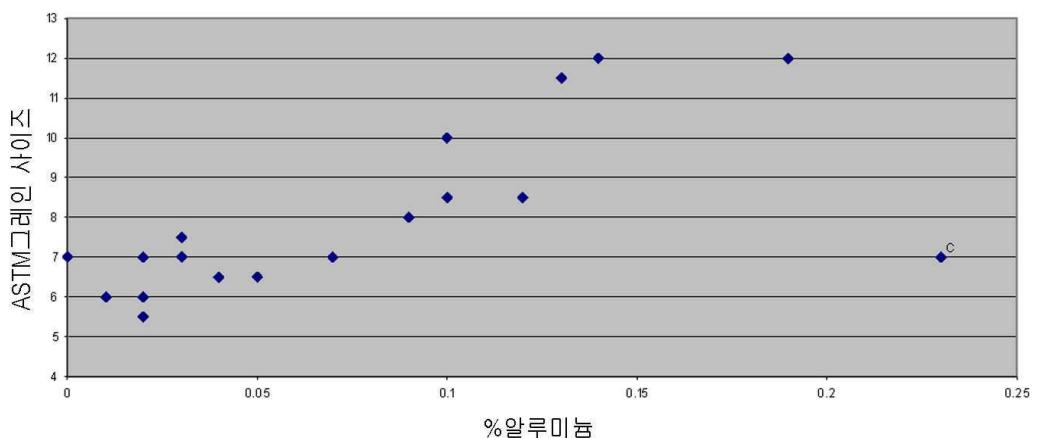
도면12

연성에 있어서 AI 및 N의 영향, 2000F어닐링
%인장 결과를 나타냄

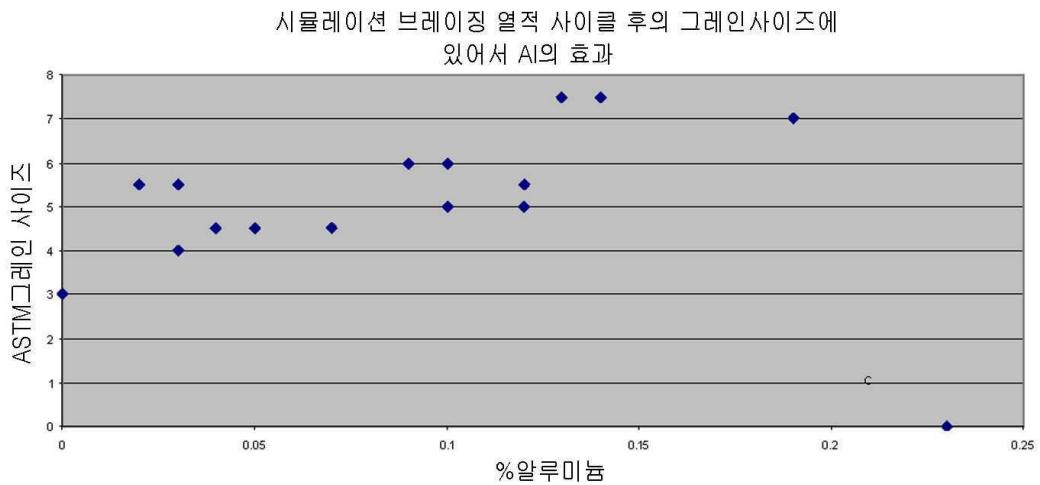


도면13

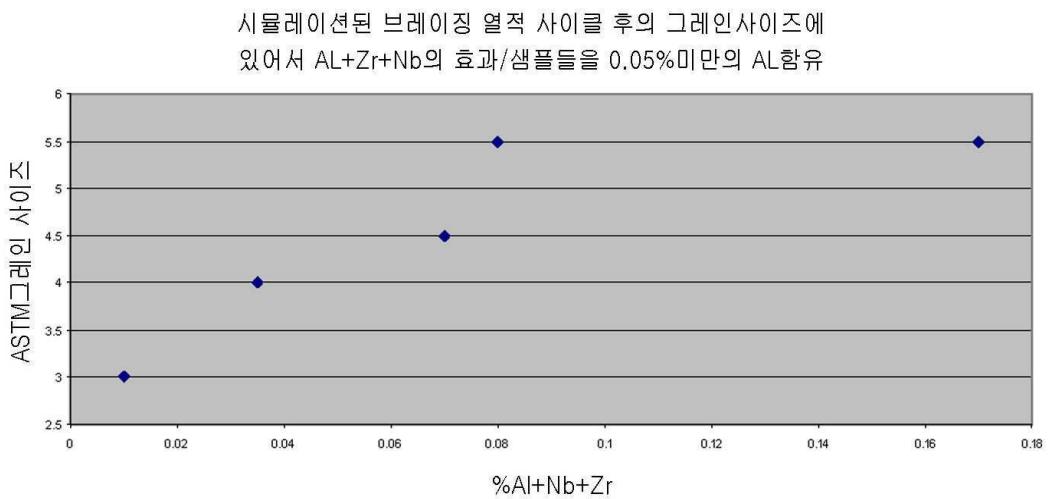
그레인 사이즈에 있어서 AI의 효과, 2000F 어닐링

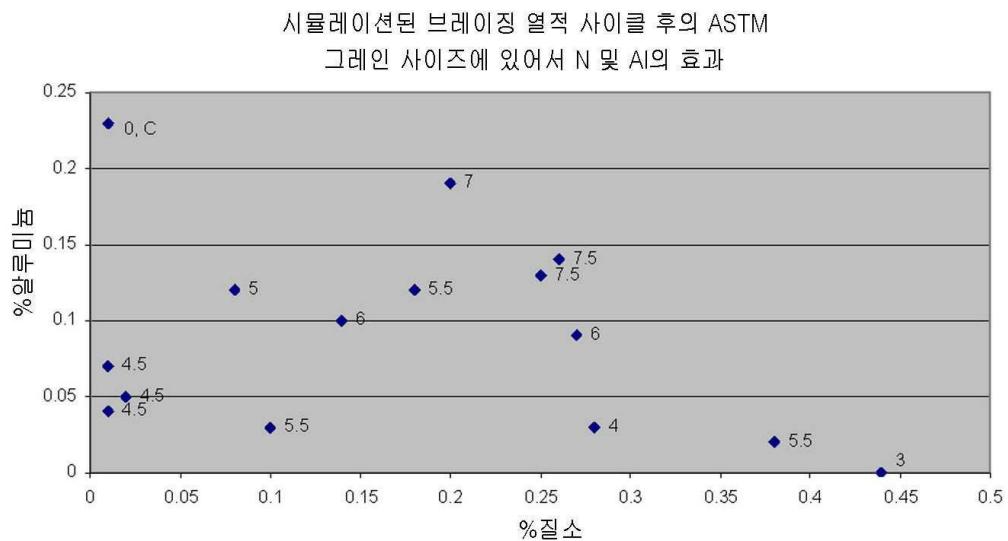
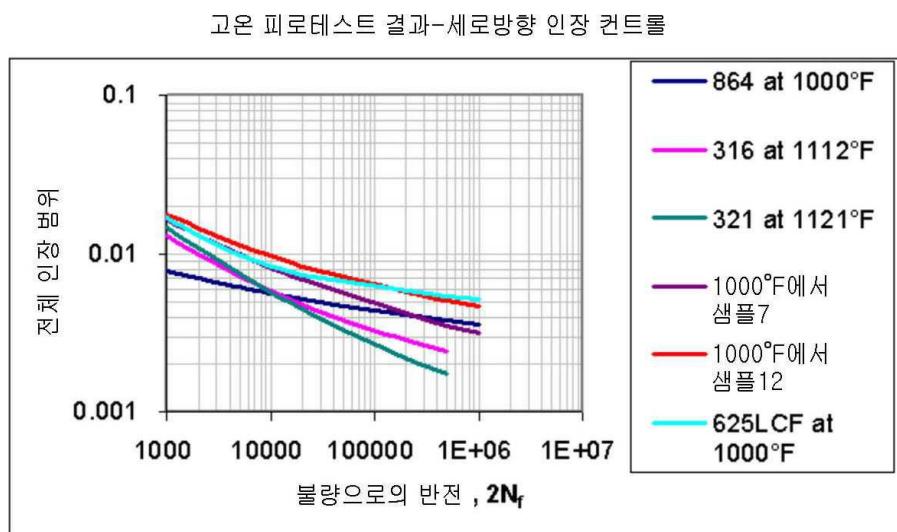


도면14



도면15



도면16**도면17**

도면18

