



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2018년06월07일  
 (11) 등록번호 10-1865406  
 (24) 등록일자 2018년05월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C22C 38/44 (2006.01) C21D 6/00 (2006.01)  
 C21D 8/02 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)  
 C22C 38/08 (2006.01) C22C 38/18 (2006.01)  
 C22C 38/42 (2006.01) C22C 38/48 (2006.01)  
 C22C 38/52 (2006.01) C22C 38/54 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
 C22C 38/44 (2013.01)  
 C21D 6/00A (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7021485  
 (22) 출원일자(국제) 2015년02월10일  
 심사청구일자 2016년08월05일  
 (85) 번역문제출일자 2016년08월05일  
 (65) 공개번호 10-2016-0135168  
 (43) 공개일자 2016년11월25일  
 (86) 국제출원번호 PCT/DE2015/000053  
 (87) 국제공개번호 WO 2015/120832  
 국제공개일자 2015년08월20일
- (30) 우선권주장  
 10 2014 002 402.4 2014년02월13일 독일(DE)  
 10 2014 002 693.0 2014년02월28일 독일(DE)
- (56) 선행기술조사문헌  
 W02006003953 A1  
 GB2123031 A  
 KR1020040092410 A
- (73) 특허권자  
**파우데엠 메탈스 인터내셔널 게엠베하**  
 독일 58791 베르돌 플레텐베르거 슈트라세 2
- (72) 발명자  
**로젠베르크 율리아**  
 독일 이제를론 58642 암 빌츠그라벤 31  
**클뢰버 유타**  
 독일 뒤셀도르프 40547 바임 도르프 17
- (74) 대리인  
**리앤목특허법인**

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 이상훈

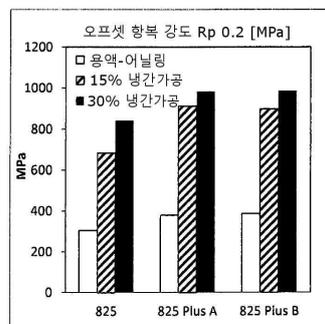
(54) 발명의 명칭 **티타늄-무함유 합금**

**(57) 요약**

점식 및 균열 부식에 대한 큰 저항성, 및 응력-경화 상태에서의 높은 항복점을 갖는 티타늄-무함유 합금은, 최대 0.02 wt%의 C; 최대 0.01 wt%의 S; 최대 0.03 wt%의 N; 20.0 wt% 내지 23.0 wt%의 Cr; 39.0 wt% 내지 44.0 wt%의 Ni; 0.4 wt% 내지 1.0 wt% 미만의 Mn; 0.1 wt% 내지 0.5 wt% 미만의 Si; 4.0 wt% 초과 내지 7.0 wt% 미만의

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도1



Mo; 최대 0.15 wt%의 Nb; 1.5 wt% 초과 내지 2.5 wt% 미만의 Cu; 0.05 wt% 내지 0.3 wt% 미만의 Al; 최대 0.5 wt%의 Co; 0.001 wt% 내지 0.005 wt% 미만의 B; 0.005 wt% 내지 0.015 wt% 미만의 Mg; 및 잔량의 Fe 및 용융-관련 불순물을 함유한다.

(52) CPC특허분류

*C21D 8/0226* (2013.01)

*C21D 8/0263* (2013.01)

*C22C 38/004* (2013.01)

*C22C 38/08* (2013.01)

*C22C 38/18* (2013.01)

*C22C 38/42* (2013.01)

*C22C 38/48* (2013.01)

*C22C 38/52* (2013.01)

*C22C 38/54* (2013.01)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

하기의 성분들을 함유하는 티타늄-무함유 합금을 제조하기 위한 합금 제조 방법으로서,

0 wt% 초과 0.02 wt% 이하의 C;

0 wt% 초과 0.01 wt% 이하의 S;

0 wt% 초과 0.03 wt% 이하의 N;

21.0 wt% 이상 23.0 wt% 미만의 Cr;

39.0 wt% 이상 43.0 wt% 미만의 Ni;

0.4 wt% 이상 1.0 wt% 미만의 Mn;

0.1 wt% 이상 0.5 wt% 미만의 Si;

4.5 wt% 초과 7.0 wt% 미만의 Mo;

0 wt% 초과 0.15 wt% 이하의 Nb;

1.6 wt% 초과 2.5 wt% 미만의 Cu;

0.05 wt% 이상 0.3 wt% 미만의 Al;

0 wt% 초과 0.5 wt% 이하의 Co;

0.001 wt% 이상 0.005 wt% 미만의 B;

0.005 wt% 이상 0.015 wt% 미만의 Mg; 및

잔량의 Fe 및 용융-관련 불순물,

상기 합금 제조 방법은

a) 상기 합금을 연속 또는 잉곳 주조(continuous or ingot casting)에서 개방식으로 용융시키는 단계; 및

b) 증가된 몰리브덴 함량에 의하여 야기되는 분리(segregation)를 제거하기 위하여, 생성된 블룸/빌렛(blooms/billets)의 균질화 어닐링을, 1,150 °C 내지 1,250 °C에서, 15 시간 내지 25 시간 동안, 수행하는 단계;를 포함하고,

c) 상기 균질화 어닐링은 제1 열성형(hot forming) 후에 수행되는,

합금 제조 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 티타늄-무함유 합금은 하기의 성분들을 함유하는 합금 제조 방법:

0 wt% 초과 0.015 wt% 이하의 C;

0 wt% 초과 0.005 wt% 이하의 S;

0 wt% 초과 0.02 wt% 이하의 N;

21.0 wt% 이상 23 wt% 미만의 Cr;

39.0 wt% 초과 43.0 wt% 미만의 Ni;

0.5 wt% 이상 0.9 wt% 이하의 Mn;

0.2 wt% 이상 0.5 wt% 미만의 Si;  
 4.5 wt% 초과 6.5 wt% 이하의 Mo;  
 0 wt% 초과 0.15 wt% 이하의 Nb;  
 1.6 wt% 초과 2.3 wt% 미만의 Cu;  
 0.06 wt% 이상 0.25 wt% 미만의 Al;  
 0 wt% 초과 0.5 wt% 이하의 Co;  
 0.002 wt% 이상 0.004 wt% 이하의 B;  
 0.006 wt% 이상 0.015 wt% 미만의 Mg; 및  
 잔량의 Fe 및 용융-관련 불순물.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서, 상기 티타늄-무함유 합금은 하기의 성분들을 함유하는 합금 제조 방법:

21.5 wt% 초과 23 wt% 미만의 Cr;  
 39.0 wt% 초과 42 wt% 미만의 Ni;  
 5 wt% 초과 6.5 wt% 미만의 Mo; 및  
 1.6 wt% 초과 2.2 wt% 미만의 Cu.

**청구항 4**

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 티타늄-무함유 합금이 0 wt% 초과 1.0 wt% 이하의 V를 함유하는 합금 제조 방법.

**청구항 5**

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 티타늄-무함유 합금은 오일 및 가스 산업에서의 구조 부품(structural part)으로 사용되는 합금 제조 방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서, 상기 구조 부품이 시트(sheet), 스트립(strip), 파이프(pipe)(길이방향으로 용접된 것 또는 이음매 없는 것), 막대(bar) 또는 단조물(forging)의 제품 형태로 존재하는 합금 제조 방법.

**청구항 7**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 냉간 가공 조건(cold-worked condition)에서의 높은 오프셋 항복 강도(offset yield strength) 및 인장 강도(tensile strength)뿐만 아니라, 높은 점식(pitting) 및 균열(crevice) 부식 저항성을 갖는 티타늄-무함유 합금에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 높은 부식 저항성 재료인 "합금 825"는, 화학 산업 분야 및 해양 공학 분야에서 극한의 용도(critical applications)로 사용된다. 합금 825는 재료번호 2.4858로서 시판되고 있고, 하기의 화학조성을 갖는다: C ≤ 0.025 wt%, S ≤ 0.015 wt%, Cr 19.5 - 23.5 wt%, Ni 28 - 46 wt%, Mn ≤ 1 wt%, Si ≤ 0.5 wt%, Mo 2.5 -

3.5 wt%, Ti 0.6 - 1.2 wt%, Cu 1.5 - 3 wt%, Al  $\leq$  0.2 wt%, Co  $\leq$  1 wt%, 및 잔량의 Fe.

- [0003] 오일 및 가스 산업에서 새로운 용도로 사용되기에는, 점식 및 균열 부식 저항성(문제점 1) 뿐만아니라 오프셋 항복 강도 및 인장 강도(문제점 2)가 매우 낮다.
- [0004] 낮은 크롬 및 몰리브덴 함량과 관련하여, 합금 825는 비교적 낮은 유효 합계(effective sum)만을 갖는다:(PRE = 1 x wt% Cr + 3.3 x wt% Mo). 유효 합계 PRE는, 통상의 기술자에 의하여, 점식 저항성 당량(Pitting Resistance Equivalent)을 의미하는 것으로 이해된다.
- [0005] "합금 825"라는 합금은 티타늄-안정화 합금(titanium-stabilized alloy)이다. 그러나, 티타늄은, 특히 연속 주조 공정에서, 문제점을 초래할 수 있는데, 그 이유는, 그것이 주조 분말(casting powder) 중의 SiO<sub>2</sub>와 반응하기 때문이다(문제점 3). 원소 티타늄을 회피하는 것이 바람직하겠지만, 이는, 모서리 균열 경향(edge-cracking tendency)의 현저한 증가를 초래할 것이다.
- [0006] JP 61288041 A1은 하기 조성을 갖는 합금에 관한 것이다: C < 0.045 wt%, S < 0.03 wt%, N 0.005 - 0.2 wt%, Cr 14 - 26 wt%, Mn < 1 wt%, Si < 1 wt%, Mo < 8 wt%, Cu < 2 wt%, Fe < 25 wt%, Al < 2 wt%, B 0.001 - 0.1 wt%, Mg 0.005 - 0.5 wt%, 및 잔량의 Ni. Nb 함량은 식에 의해 생성된다. 또한, 원소 Ti, Al, Zr, W, Ta, V 및 Hf 중의 적어도 1종은 2 wt% 이하의 함량으로 존재할 수 있다.
- [0007] US 2,777,766은 하기의 조성을 갖는 합금을 개시한다: C < 0.25 wt%, Cr 18 - 25 wt%, Ni 35 - 50 wt%, Mo 2 - 12 wt%, Nb 0.1 - 5 wt%, Cu 최대 2.5 wt%, W 최대 5 wt%, 및 잔량의 Fe (최소 15 wt%).

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 목적은, 합금 825를 대체할 수 있는 합금으로서, 앞에서 살펴본 문제점을 치유할 수 있으며, 또한 하기의 특징을 갖는 합금을 제공하는 것이다:
- [0009] - 티타늄을 함유하지 않고,
- [0010] - 높은 점식 및 균열 부식 저항성을 갖고,
- [0011] - 냉간 가공 조건에서 더 높은 오프셋 항복 강도를 가지며,
- [0012] - 적어도 동등하게 양호한 고온 성형성(hot formability) 및 용접성(weldability)을 갖는다.
- [0013] 또한, 상기 합금의 제조 방법이 제공된다.

#### 과제의 해결 수단

- [0014] 이러한 본 발명의 목적을 달성하기 위하여 제공되는, 높은 점식 부식 저항성을 갖는 티타늄-무함유 합금은 다음을 함유한다:
- [0015] 최대 0.02 wt%의 C;
- [0016] 최대 0.01 wt%의 S;
- [0017] 최대 0.03 wt%의 N;
- [0018] 20.0 wt% 내지 23.0 wt%의 Cr;
- [0019] 39.0 wt% 내지 44.0 wt%의 Ni;
- [0020] 0.4 wt% 내지 1.0 wt% 미만의 Mn;
- [0021] 0.1 wt% 내지 0.5 wt% 미만의 Si;
- [0022] 4.0 wt% 초과 내지 7.0 wt% 미만의 Mo;
- [0023] 최대 0.15 wt%의 Nb;
- [0024] 1.5 wt% 초과 내지 2.5 wt% 미만의 Cu;

- [0025] 0.05 wt% 내지 0.3 wt% 미만의 Al;
- [0026] 최대 0.5 wt%의 Co;
- [0027] 0.001 wt% 내지 0.005 wt% 미만의 B;
- [0028] 0.005 wt% 내지 0.015 wt% 미만의 Mg; 및
- [0029] 잔량의 Fe 및 용융-관련 불순물.
- [0030] 본 발명에 따른 합금의 유리한 개선점들은, 관련된 목적을 갖는 종속항들로부터 추론될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0031] 도 1은, 실온(room temperature: RT)에서의 오프셋 항복 강도 대 조건을, 도표로서 보여준다.
- 도 2는, 실온(room temperature: RT)에서의 인장 강도 대 조건을, 도표로서 보여준다.
- 도 3은, 15% 냉간 가공시, 실온에서의 인장 시험 결과(평균값) 대 몰리브덴 함량을, 도표로서 보여준다.
- 도 4는, 30% 냉간 가공시, 실온에서의 인장 시험 결과(평균값) 대 몰리브덴 함량을, 도표로서 보여준다.
- 도 5는, 균열의 종류와 상관없이, 합금 825에 대한 첫번째 열-균열에 대한 임계 변형 속도(critical deformation rate)를 보여 준다(PT 및 스테레오마이크로스코프(stereomicroscope) 검사).

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0032] 본 발명에 따른 합금의 일 구현예는 하기의 조성을 갖는다:
- [0033] 최대 0.015 wt%의 C;
- [0034] 최대 0.005 wt%의 S;
- [0035] 최대 0.02 wt%의 N;
- [0036] 21.0 wt% 내지 23 wt% 미만의 Cr;
- [0037] 39.0 wt% 초과 내지 43.0 wt% 미만의 Ni;
- [0038] 0.5 wt% 내지 0.9 wt%의 Mn;
- [0039] 0.2 wt% 내지 0.5 wt% 미만의 Si;
- [0040] 4.5 wt% 초과 내지 6.5 wt%의 Mo;
- [0041] 최대 0.15 wt%의 Nb;
- [0042] 1.6 wt% 초과 내지 2.3 wt% 미만의 Cu;
- [0043] 0.06 wt% 내지 0.25 wt% 미만의 Al;
- [0044] 최대 0.5 wt%의 Co;
- [0045] 0.002 wt% 내지 0.004 wt%의 B;
- [0046] 0.006 wt% 내지 0.015 wt%의 Mg;
- [0047] 잔량의 Fe 및 용융-관련 불순물.
- [0048] 크롬의 함량은, 필요한 경우, 다음과 같이 추가적으로 조절될 수 있다:
- [0049] Cr: 21.5 wt% 초과 내지 23 wt% 미만,
- [0050] Cr: 22.0 wt% 내지 23 wt% 미만.
- [0051] 니켈 함량은, 필요한 경우, 다음과 같이 추가적으로 조절될 수 있다:
- [0052] Ni: 39.0 wt% 초과 내지 42 wt% 미만,

- [0053] Ni: 39.0 wt% 초과 내지 41 wt% 미만.
- [0054] 몰리브덴 함량은, 필요한 경우, 다음과 같이 추가적으로 조절될 수 있다:
- [0055] Mo: 5 wt% 초과 내지 6.5 wt% 미만,
- [0056] Mo: 5 wt% 초과 내지 6.2 wt% 미만.
- [0057] 구리의 함량은, 필요한 경우, 다음과 같이 추가적으로 조절될 수 있다:
- [0058] Cu: 1.6 wt% 초과 내지 2.0 wt% 미만.
- [0059] 필요한 경우, 원소 V는 합금에 다음과 같은 함량으로 첨가될 수 있다:
- [0060] V: 0 wt% 초과 내지 1.0 wt%,
- [0061] V: 0.2 wt% 내지 0.7 wt%.
- [0062] 본 발명에 따른 합금의 철 함량은 22 wt% 보다 많아야 한다.
- [0063] 원소 티타늄을 함유시키지 않으면, 앞에서 설명한 바와 같이, 모서리 균열(edge cracks)이, 압연(rolling)하는 동안 발생된다. 이러한 균열 경향은, 50 ppm 내지 150 ppm 정도의 마그네슘에 의하여, 긍정적인 영향을 받을 수 있다. 이와 관련하여 조사된 실험실 시료들(heats)을 표 1에 나열하였다.
- [0064] 표 1: 열간 압연 동안의 모서리 균열 경향에 미치는 탈산화 원소의 영향

[0065] [표 1]

원소 [wt%]	C	S	N	Cr	Ni	Mn	Si	Mo	Ti	Nb	Cu	Fe	Al	B	Mg [ppm]	Ca [ppm]	모서리 균열
기준 825	0.002	0.0048	0.006	22.25	39.41	0.8	0.3	3.27	0.8	0.01	2	R	0.14	0	-	-	없음
LB2181	0.002	0.004	0.006	22.57	39.76	0.8	0.3	3.27	0.4	0.01	2.1	R	0.12	0	-	-	약간
LB2182	0.006	0.003	0.052>	22.46	39.71	0.8	0.3	3.27	-	0.01	2	R	0.11	0	-	-	있음
LB2183	0.002	0.004	0.094>	22.65	39.61	0.8	0.3	3.28	-	0.01	1.9	R	0.1	0	-	-	있음
LB2218	0.005	0.0031	0.048>	22.50	39.59	0.8	0.3	3.27	-	0.01	2	R	0.12	0.01	100	-	있음
LB2219	0.005	0.0021	0.043>	22.71	39.99	0.8	0.3	4.00>	-	0.01	2	R	0.10	0.01	100	-	있음
LB2220	0.004	0.00202	0.042>	22.56	39.84	0.8	0.33	4.93>	-	0.01	2	R	0.11	0	100	-	있음
LB2221	0.004	0.0022	0.038>	22.43	39.66	0.8	0.3	3.74>	-	0.01	1.9	R	0.11	0	10	-	있음
LB2222	0.003	0.0033	0.042>	22.5	39.62	0.8	0.3	3.66>	-	0.01	2	R	0.18	0	20	-	있음
LB2223	0.002	0.0036	0.041>	22.4	39.78	0.7	0.3	3.65>	-	0.01	2.00	R	0.27>	0	20	-	있음
LB2224	0.003	0.005	0.007	22.57	39.77	0.8	0.3	3.26	-	0.01	2.1	R	0.15	0	80	10	있음
LB2235	0.003	0.0034	0.006	22.56	39.67	0.8	0.3	3.28	-	0.01	2.1	R	0.12	0	150	12	있음
LB2236	0.002	0.004	0.006	22.34	39.46	0.8	0.3	3.27	-	0.01	2	R	0.11	0	30	42	약간
LB2317	0.001	0.0025	0.030	22.48	40.09	0.8	0.3	4.21	-	0.01	2	R	0.16	0	100	5	있음
LB2318	0.002	0.0036	0.038>	22.76	39.77	0.8	0.3	5.20>	-	0.01	2.1	R	0.15	0	100	4	있음
LB2319	0.002	0.0039	0.043>	22.93>	39.79	0.8	0.3	6.06	-	0.01	2.2	R	0.12	0	100	3	있음
LB2321	0.002	0.0051	0.040>	22.56	40.23>	0.7	0.3	6.23	-	0.01	2.1	R	0.10	0	100	4	있음

[0066]

[0067] 합금 825의 내부식성과 관련하여 유효 합계 PRE는 PRE 33과 같으며, 다른 합금과 비교하여 매우 낮다. 표 2는 선행기술에 따른 유효 합계 PRE를 보여준다.

[0068] 표 2: 선행기술에 해당하는 다양한 합금에 대한 유효 합계 PRE

[0069] [표 2]

합금	Ni	Fe	Cr	Mo	기타	PRE
Duplex 2205	5,5	잔량	22	3	0,15 N	37
825	40	31	23	3,2		33
28	31	35	27	3,5	1,3 Cu	38
926	25	잔량	19	6	0,16 N	47

[0070]

[0071] 이러한 유효 합계 및 그에 따른 내부식성은 몰리브덴 함량을 증가시킴으로써, 증가될 수 있다.  $PRE = 1 \times wt\% Cr + 3.3 \times wt\% Mo$ (점식 저항성 당량(Pitting Resistance Equivalent)).

[0072] 표 3은 다양한 점식 부식성 조사의 결과를 보여준다. 감소된 티타늄 함량은, 점식 부식 온도(pitting corrosion temperature)에 부정적인 영향을 미치지 않는다. 상승된 몰리브덴 함량은 긍정적인 효과를 갖는다.

[0073] 표 3: 임계 점식 부식 온도(6 wt% FeCl<sub>3</sub> + 1 wt% HCl 중에서, 72 시간 경과)(ASTM G-48 Method C).

[0074] [표 3]

	T, °C	Ni	Cr	Mo	N	Ti	PRE
LB 2316	35	39,2	22,4	3,1	0,04	< 0,04	33
LB 2317	40	40,1	22,5	4,2	0,03	< 0,04	36
LB 2318	50	39,8	22,8	5,2	0,04	< 0,04	40
LB 2319	55	38,8	22,9	6,1	0,04	< 0,04	43
LB 2320	50	39	22,1	6,2	0,1	< 0,03	43
LB 2321	50	40,2	22,6	6,2	0,04	0,4	43
LB 2322	40	40	23,1	6,3	0,1	0,4	44
합금 825 기준	30	40	23	3,2	< 0,02	0,8	33

[0075]

[0076] 추가적인 부식성 조사를 통하여, 마찬가지로, 임계 균열 부식 온도(critical crevice corrosion temperature)가, 합금 825에 비하여 개선된 것으로 밝혀졌다. 이를 표 4에 나타내었다.

[0077] 표 4: 임계 점식 부식 온도(CPT) 및 균열 부식 온도(CCT)

[0078] [표 4]

합금	CPT, °C	CCT, °C	Ni	Cr	Mo	V	Ti	PRE
<b>825*</b>	30	< 5						33
<b>PV661</b>	40	15	40	23	3,3	< 0,002	0,8	34
<b>PV662</b>	50	20	40	23	5,9	< 0,002	< 0,002	42
<b>PV663</b>	50	20	39	23	5,8	0,4	< 0,002	42

[0079]

[0080] 오프셋 항복 강도 및 인장 강도는, 15 % 및 30 % 냉간 가공(cold-working)에 의하여, 개선될 수 있다. 다양한 실험실 합금에 대한 관련된 조사 결과를 하기 표 5에 나열하였다.

[0081] 표 5: RT에서의 인장 시험

[0082] [표 5]

조건	합금	Rp0,2	Rm	A (%)	Z (%)
용액 어닐링	825 기준	304	646	-	51
	825 Plus (A)	389	754	39	59
		369	772	39,5	61
	825 Plus (B)	390	765	42,5	62
		383	755	40	63
15% 냉간 가공	825	670	775	22	71
		697	793	19,5	65
		685	779	23,5	69
	825 Plus (A)	903	973	14,5	51
		893	964	13,5	50
		943	987	13,5	54
	825 Plus (B)	929	974	12,5	56
		877	964	12,5	51
30% 냉간 가공	825	852	923	14	63
		832	922	13,5	66
		842	920	17,5	64
	825 Plus (A)	979,0	1071,0	11,5	51,0
		970,0	1079,0	8,5	35,0
		996,0	1078,0	11,0	46,0
	825 Plus (B)	980,0	1078,0	11,5	47,0
		980,0	1071,0	11,0	48,0
	996,0	1083,0	10,5	48,0	

[0083]

[0084] 도 1 및 도 2는, 기준 합금 825 및 다른 대안적인 합금에 대한 인장 시험 결과를 보여준다. 도 1 및 도 2는, 실온(room temperature: RT)에서의 인장 시험 결과(평균값) 대 조건을, 도표로서 보여준다.

[0085] 몰리브덴은 오프셋 항복 강도 및 인장 강도에 긍정적인 영향을 미친다. 몰리브덴의 긍정적인 영향을 도 3 및 도 4에 도시하였다. 도 3 및 도 4는, 실온에서의 인장 시험 결과(평균값) 대 몰리브덴 함량을, 도표로서 보여준다.

[0086] Ni-계 합금인 합금 825의 열-균열 민감도(hot-cracking sensitivity)를, PDC 시험(program-controlled deformation cracking test)에 의하여 조사하였다. 인장(tension) 시의 임계 크로스헤드 속도(critical crosshead speed:  $V_{cr}$ )를, TIG 용접(TIG welding) 동안, 선형으로 증가하는 크로스헤드 속도를 인가함으로써, 측정하였다. 조사 결과를 도 5에 도표로서 나타내었다. 이 재료의 용접성(weldability)은, 크로스헤드 속도가 더 높아지고 열-균열 경향이 더 작아짐에 따라, 점점 더 우수해졌다. 티타늄-무함유 몰리브덴-고함유 변형예들(PV 506 및 PV 507)은, 표준 합금(PV 942) 보다 더 적은 개수의 균열을 보였다. 도 5는, 균열의 종류와 상관없이, 합금 825에 대한 첫번째 열-균열에 대한 임계 변형 속도(critical deformation rate)를 보여 준다(PT 및 스테레오마이크로스코프(stereomicroscope) 검사).

[0087] 표 6: 화학조성(단위: wt%)

[0088] [표 6]

[wt%]									
합금 시료	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti
942 (선행 기술)	0,006	0,76	0,28	0,012	0,002	22,6 5	39,4 2	3,17	0,80
506 (본 발명)	0,01	0,86	0,31	0,005	0,005	23,2	39,0	4,9	0,06
507 (본 발명)	0,01	0,86	0,31	0,005	0,005	23,2	39,2	5,9	0,06

[wt%]									
합금 시료	V	Nb	Cu	Fe	Al	Co	B	N	W
942 (선행 기술)			1,94	R30, 5	0,14	0,11			
506 (본 발명)	0,01	0,13	2,4	28,8	0,14	0,28	0,003	0,02	0,10
507 (본 발명)	0,01	0,13	2,4	28,7	0,14	0,28	0,003	0,02	0,11

[0089]

[0090] 본 발명의 목적은 또한, 본 발명의 목적을 갖는 청구항들 중의 하나에 따른 조성을 갖는 합금의 제조 방법에 의하여 달성되며, 상기 제조 방법은,

[0091]

a) 상기 합금을, 연속 또는 잉곳 주조(continuous or ingot casting)에서, 개방식으로 용융시키는 단계; 및

[0092]

b) 증가된 몰리브덴 함량에 의하여 야기되는 분리(segregation)를 제거하기 위하여, 생성된 블룸/빌렛(blooms/billets)의 균질화 어닐링을, 1,150 °C 내지 1,250 °C에서, 15 시간 내지 25 시간 동안, 수행하는 단계;를 포함하고,

[0093]

c) 상기 균질화 어닐링은, 특히, 제1 열성형(hot forming) 후에, 수행된다.

[0094]

선택적으로(optionally), 상기 합금은 ESR/VAR 재용융(remelting)에 의하여 생성될 수도 있다.

[0095]

본 발명에 따른 합금은, 바람직하게는, 오일 및 가스 산업 분야에서 구조 부품(structural part)으로서 사용될 수 있다.

[0096]

이러한 목적에 적합한 제품 형태는, 시트(sheet), 스트립(strip), 파이프(pipe)(길이방향으로 용접된 것 또는 이음매 없는 것), 막대(bar) 또는 단조물(forging)이다.

[0097]

표 7은 합금 825(표준)를, 본 발명의 따른 두 개의 합금과 비교한다.

[0098]

표 7: 화학조성(단위: wt%)

[0099]

[표 7]

[wt%]									
합금 시료	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti
PV 661 (선행 기술)	0,006	0,75	0,28	0,003		22,9	39,9	3,32	0,79
PV 662 (본 발명)	0,0066	0,75	0,26	0,003	0,0011	22,9	39,7	5,86	0,002
PV 663 (본 발명)	0,0071	0,77	0,28	0,004	0,0013	22,7	39,4	5,76	< 0,002

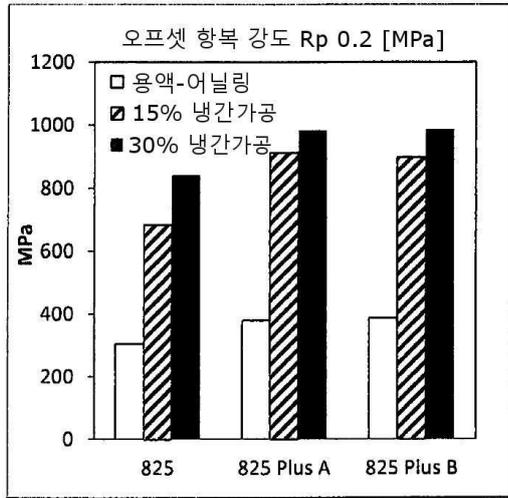
[0100]

[wt%]									
합금 시료	V	Nb	Cu	Fe	Al	Co	B	N	Mg
PV 661 (선행 기술)	< 0,002	0,004	1,81	29,8	0,148	0,01	0,003	0,0011	0,012
PV 662 (본 발명)	< 0,002	< 0,002	1,80	28,4	0,142	0,009	0,003	0,0016	0,01
PV 663 (본 발명)	0,37	0,004	1,81	28,5	0,155	0,005	0,003	0,0015	0,01

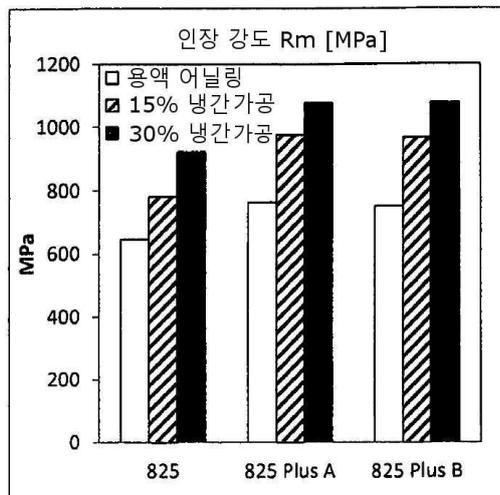
[0101]

도면

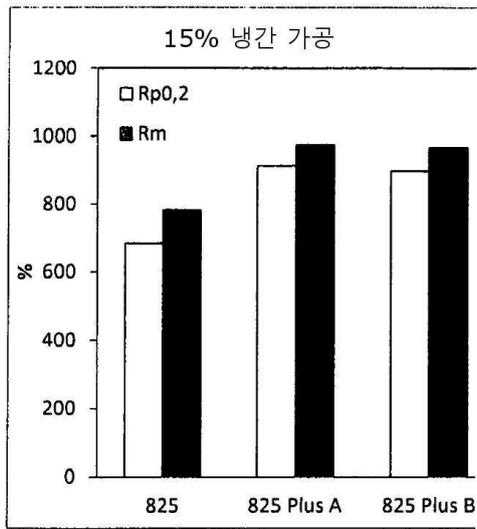
도면1



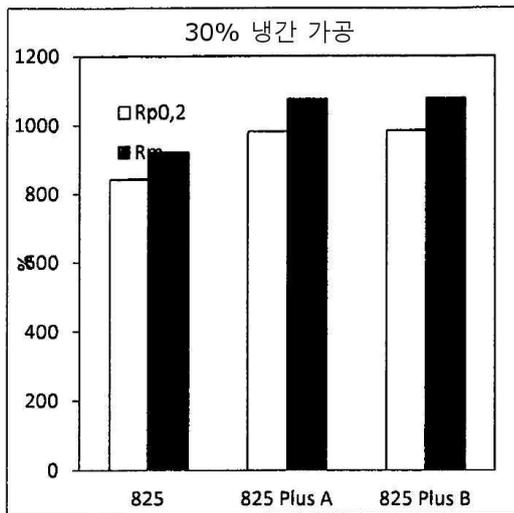
도면2



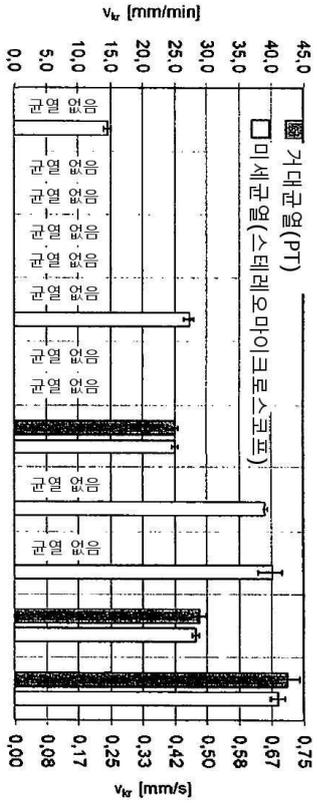
도면3



도면4



도면5



합금 825/PV No.	942-1	506-1	507-1	942-0	507-0	942-2	506-2	507-2	942-3	506-3
L <sub>1</sub> [mm]	185	185	185	110	110	110	110	110	110	110
v <sub>rot</sub> [mm/min]	45	45	45	45	45	80	60	80	75	75
열처리	WG	LG	LG	WG	LG	WG	LG	LG	WG	LG
전체 열균열의 유형	WAR									

LG = 용액-이탈링  
WG = 소프트-이탈링(soft-annealed)