(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[6]
C22C 19/05

(45) 공고일자 1997년03월20일
(11) 공고번호 97-003639

(21) 출원번호	특1989-0002894	(65) 공개번호	특1989-0016196
(22) 출원일자	1989년03월09일	(43) 공개일자	1989년11월28일
(30) 우선권주장	184,771 1988년04월22일 미국(US)		
(71) 출원인 인코 알로이스 인터내셔날, 인코포레이티드 다이어 에스. 와드스워드
미합중국, 웨스트 버지니아 25720, 헌팅톤

(72) 발명자 게이로드 디. 스미쓰
미합중국, 웨스트 버지니아 25705, 헌팅톤, 스템포드 파크 드라이브 120
커티스 에스. 타쎈
미합중국, 웨스트 버지니아 25705, 헌팅톤, 로버토 드라이브 6352

(74) 대리인 강명구

심사관 : 박기학 (책자공보 제4888호)

(54) 내황화/산화성합금

요약

요약없음

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

내황화/산화성합금

[도면의 간단한 설명]

제1도는 산화데이타를 그래프로 나타낸 도면.

제2도 및 제3도는 합금 Ⅰ,10,11의 산화결과를 그래프로 나타낸 도면.

제4도 및 제5도는 합금 1,2,G,4-9의 황화결과를 그래프로 나타낸 도면.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 니켈-크롬합금, 특히, 응력-파단 및 인장강도 그리고 기타 바람직한 성질들과 함께 고온에서 황화 및 산화 공격에 대한 고도의 내성을 제공하는 니켈-크롬합금에 관한 것이다.

니켈-크롬합금은 다수의 다양한 부식환경에 대한 여러등급의 내성을 제공할 수 있다고 알려져 있다. 이런 연유로해서 상기 합금은 항공우주산업의 초합금으로부터 해양환경에 이르기까지 각양각색의 분야에 널리 사용되어 왔다. 그중 한 사용분야는 핵 폐기물용 유리화로(vitrification furnacl)이다. 종래에 사용되어온 합금은 용융유리에 침지된 전극재료 및 주입구로 사용되는 공칭 60Ni-30Cr-10Fe조성물이다. 이것은 또한로의 지붕에 장착된 가열기 및 유출봉쇄설비로 사용되어 왔다.

상기 환경에서의 강도 및 내식성때문에, 60Ni-30Cr-10Fe합금은 간혹 더하기도 하고 간혹 덜하기도 하면서 대략 2년의 기간동안 만족스러운 서어비스를 제공한다. 이것은 황화 그리고/또는 산화공격, 아마도 양자 모두를 통해 명목상 실패한다. 그러므로, 상기 의도된 목적의 합금이 연장된 즉 3-5년 이상을 제공할 수 있다면 바람직할 것이다. 이것은 내황화/산화성이 현저히 개선되고 상기 작업온도에서 고응력파단강도, 양호한 인장강도, 인성 및 연성을 갖는 재료를 필요로 하며, 후자는 성형성작업의 견지에서 중요하다. 강도 및 기타 성질들을 희생하고 바람직한 부식특성을 획득하는 것은 바람직한 만병통치약이지 못하다.

여기에 설명된 바와 같은 조절되고 상관된 백분율로된 니켈, 크롬, 알루미늄, 철, 탄소, 콜롬비움등을 포함하는 합금이 고온, 예를들어, 1800-2000°F(982-1093℃)에서 내황화 및 산화성, 상기 고온에서 양호한 응력파단 및 크리이프강도, 만족스러운 인장강도, 인성, 연성등의 탁월한 조합을 제공함이 발견되었다. 부가된 속성으로써, 합금은 또한 침탄에 대한 내성이 있다.

유리화 로에 대해서는 본 합금은 유리상 위의 부식성 공격으로 발생된 파괴를 견디는데 대단히 적합한 것으로 간주된다. 로에서 합금재료는 산화질소, 질산염, 이산화탄소, 일산화탄소, 수은 및 튀겨진 용융유리 및 유리증기와 같은 성분들을 포함하는 복합부식성증기와 접촉하게 되고 노출된다.

이러한 공격성 환경에 저항하는 것은 별도로 하더라도 개선된 합금은 상기로의 작업온도에서 응력파단파손을 견딜 수 있어야 한다. 또한 이것은 1800°F(980℃)의 온도와 2000psi 의 응력하에서 약 200시간 이상의 응력파단 수명을 특징으로 하는 합금을 필요로 한다.

일반적으로 말해서 본 발명은 약 27-35% 크롬, 약 2.5-5% 알루미늄, 약 2.5-5.5 또는 6% 철, 약 0.001-0.1% 탄소, 약 0.5-2.5% 콜롬비움, 1%까지의 티타늄, 1%까지의 지르코늄, 약 0.05%까지의 세륨, 약 0.05%까지의 이트륨, 0.01%까지의 붕소, 1%까지의 규소, 1%까지의 망간을 포함하고 나머지가 니켈인 니켈기 고크롬합금을 계획한다. 여기에 사용된 바의 용어인 '나머지'는 반대되는 표시가 없는 한 세척 및 탈산목적에 사용된 부수원소들을 포함하여, 합금의 기초적 특성들에 역효과를 주지않는 다른 원소들의 존재를 배제하는 것이 아니다. 인 및 황은 양호한 용융성을 갖게 최저함량으로 유지되어야 한다. 질소는 약 0.04또는 0.05%까지 존재하는 것이 유익하다.

본 발명을 실시함에 있어서 고함량은 산화성 환경에서 스폴링(spalling) 또는 스케일링(scaling)을 일으키고 응력파단연성을 손상시키는 경향이 있기 때문에 크롬함량은 약 32%를 초과하지 않는 것이 바람직하다. 크롬은 말하자면 25%까지 감소될 수 있으나 특히 더욱 공격적인 부식품에 대해서 내식성손실의 위험이 있다.

알루미늄을 내황화성 그리고 또한 내산화성을 현저하게 개선한다. 이것은 최소한 약 2.75 또는 3%의 양으로 존재하는 것이 가장 바람직하다. 고함량은 노화상태에서 인성을 손상시킨다. 상한 함량으로는 약 3.5%또는 4%가 바람직하다. 크롬의 경우와 마찬가지로 알루미늄 백분율은 2%까지 낮게 사용될 수 있으나 또한 내식성이 희생된다. 철은 5.5 또는 6%를 초과하여 존재하면 불필요한 문제들을 이끌어낼 수 있다. 철이 입자경계에서 분리되면 탄화물 형상이 역효과를 받고 내식성이 손상된다. 철은 5%를 초과하지 않는 것이 유리하다. 이것은 크롬철(ferrochrome)을 사용할 수 있도록 하며, 따라서, 경제적으로 유익하다. 2.75-5%의 범위가 가장 만족스런 것으로 간주된다.

위에 지적된 바와 같이 합금은 콜롬비움을 포함하는 것이 바람직하며 이 견지에서 최소한 0.5 그리고 유리하게는 최소한 1%가 존재해야 한다. 이것은 1.5%를 초과하지 않는 것이 유리하다. 콜롬비움은 내산화성에 기여하나 특히 고크롬 및 알루미늄과 조합으로 과량 사용되면 합금형태에 문제가 생기며 파단수명 및 연성도 영향받을 수 있다. 콜롬비움은 생략될 수 있지만 결과가 열등할 것으로 예상된다. 티타늄과 지르코늄은 강도를 제공하며 지르코늄은 스케일부착을 증가시킨다. 그러나, 티타늄은 내산화성을 손상시키며 약 0.5%, 바람직하게는 0.3%를 초과하지 않는 것이 바람직하다. 지르코늄은 0.5%, 초과할 필요는 없으며 예컨대 0.25%가 사용된다. 탄소는 약 0.04또는 0.05%를 초과하지 않는 것이 바람직하다. 붕소는 환원제로 유용하며 0.001-0.01%가 유리하도록 사용될 수 있다. 세륨 및 이트륨, 특히 전자는 내산화성을 제공한다. 세륨의 범위는 약 0.005또는 0.008-0.15 또는 0.12%가 매우 만족스러운 것으로 간주된다. 이트륨은 0.01%를 초과할 필요가 없다.

망간은 내산화성을 파괴하므로 0.5%를 초과하지 않는 것이 바람직하고 0.2% 이하로 유지되는 것이 바람직하다. 규소의 범위는 0.05-05%가 바람직하다.

프로세싱과정에 있어서 진공용융이 추천된다. 일렉트로 슬래그 재용해법이 사용될 수도 있지만 상기 프로세싱을 사용하여 질소를 유지하는 것이 훨씬 어렵다. 1800°F(982℃)-2100°F(1150℃)의 범위에 걸쳐 열간가공할 수 있다. 소둔처리는 단면크기에 따라 2시간까지 동안 약 1900°F(1038℃)-2200°F(1204℃), 예를들어, 1950°F(1065℃)-2150°F(1065℃)의 온도범위내에서 수행되어야 한다. 한시간이면 보통 충분하다. 합금은 원래 시효경화된 조건에서 사용되지 않는다. 그러나, 1200-1700 또는 1800°F의 중간 온도에서 최고의 응력파단강도를 필요로 하는 적용분야에 있어서 합금은 4시간까지 동안 1300°F(704℃)-1500°F(815℃)에서 시효될 수 있다. 종래의 이중(double) 시효처리가 또한 사용될 수 있다. 예를들어, 2000°F(1093℃)의 높은 황화/산화온도에서 시효경화에 따라 형성된 석출상(Ni_3Al)은 용액으로 돌아갈 것임이 주목되어야 한다. 그러므로, 중간온도에서 있을 수 있는 시효에 의한 유익한 효과는 없을 것이다.

당해분야의 전문가들이 본 발명을 이해하는 것을 돕기 위하여 이하에 설명적인 데이타가 제시되었다.

일련의 15kg.heats가 진공용융을 사용하여 제조되었으며 조성은 아래의 표 I에 제시되어 있다. 본 발명외의 합금 A-F가 4인치(102㎜) 직경×길이의 잉곳으로부터 0.8인치(20.4㎜) 직경×길이막대로 2150°F(1175℃)에서 열간단조되었다. 1시간동안 1900°F(1040℃)에서 최종소둔한 후에 공랭된다. 직경 0.3인치(7.65㎜) 길이 0.75(19.1㎜)의 산화 핀(pin)들이 기계가공되고 아세톤으로 세척되었다. 핀들은 전기적으로 가열된 멀라이트 관로(mullite tube furnace)를 사용하여 공기와 5%물 분위기에서 2010°F(1100℃)로 240시간동안 노출되었다. 산화데이타는 제1도에 그래프로 도시되어 있다. 합금 A-F는 세륨, 콜롬비움 및 알루미늄을 소량 첨가한 종래의 60Ni-30Cr-10Fe 합금을 대표한다.

공칭 60Ni-30Cr-10Fe 합금은 통상 소량의 티타늄, 규소, 망간 및 탄소를 함유한다. 표준 60Ni-30Cr-10Fe 의 산화결과들은 표 II 및 제1도에 포함되어 있다.

합금 1-16, G, H 및 I는 또한 표 I에 제시되어 있으며 위와 마찬가지로 진공주조된 것이나 먼저 열간 단조되기 보다는 1120℃(대략 2050°F)에서 최종 막대기로 열간압연된 것이다. 황화 및 산화결과들은 표 II에 보고되어 있다. 응력파단성질은 표III에 제시되어 있으며 인장 성질은 표IV에 나타나 있다. 제2도 및 제3도는 또한 합금 I, 10 및 11의 산화결과들을 그래프로 나타낸 것이다. 제4도 및 제5도는 합금 1,2,6(제4도)과 합금 4-9(제5도)의 황화결과들을 그래프로 설명한 것이다. 산화 시험은 순환식(cyclic type)이며 여기서 시편들은 전기적으로 가열된 관로에서 24시간동안 투입된 것이다. 시편들은 다음 무게가 측정된다. 사이클은 42일간(다른 표시가 없는 경우) 반복되었다. 공기더하기 5% 수증기가 시험에 사용된 매질이다. 황화시험은 전기가열로(단부가 막힌)속 시험매질(H +45% CO +1H S)을 측정하는 것이다.

시편들은 대략 직경 0.3인치×높이 3/4인치였으며 근청석 선(cordierite boat)에 담겨졌다. 시간은

표 II에 제시되어 있다.

[표 I]

조성물 중량 백분율

합금	C	Mn	Fe	Cr	Al	Cb	Si	Ti	Ce
A	0.16	0.180	8.84	29.22	0.32	0.06	0.11	0.37	0.0005
B	0.053	0.160	8.50	29.93	0.31	0.02	0.25	0.37	0.021
C	0.051	0.160	7.59	30.04	0.33	0.99	0.28	0.36	0.0005
D	0.032	0.160	7.71	30.06	0.31	0.10	0.28	1.02	0.0005
E	0.027	0.160	7.48	30.05	0.32	0.99	0.27	0.40	0.018
F	0.039	0.020	8.54	30.33	0.30	0.11	0.26	0.36	0.012
G	0.006	0.010	7.00	29.49	2.75	0.57	0.130	0.02	0.011
1	0.007	0.010	5.95	29.89	2.86	1.07	0.130	0.02	0.005
2	0.006	0.010	5.80	30.01	3.27	0.54	0.120	0.01	0.016
3	0.009	0.010	4.30	30.02	3.27	2.04	0.140	0.02	0.016
H	0.009	0.010	9.04	29.95	0.41	0.17	0.140	0.01	0.001
4	0.002	0.091	4.45	31.90	3.11	1.05	0.370	0.22	0.004*
5	0.007	0.099	4.53	34.94	3.20	1.07	0.380	0.22	0.005*
6	0.006	0.100	3.81	30.45	3.99	1.06	0.380	0.22	0.004*
7	0.006	0.100	2.79	30.20	3.98	2.00	0.370	0.22	0.004*
8	0.007	0.110	4.63	30.00	3.08	1.13	0.380	0.23	0.037*
9	0.006	0.098	3.75	30.14	3.05	2.01	0.380	0.21	0.044*
I	0.011	0.018	8.47	27.19	2.8	0.10	0.079	0.007	0.013
10	0.015	0.014	5.57	29.42	3.20	1.04	0.075	0.02	0.008
11	0.026	0.014	5.41	30.05	4.10	0.02	0.053	0.02	0.015
12	0.006	0.005	5.93	30.00	3.30	0.21	0.11	0.001	0.008
13	0.008	0.006	6.18	30.05	3.33	0.020	0.11	0.001	0.019
14	0.010	0.004	5.89	30.15	3.19	0.48	0.11	0.001	0.017
15	0.008	0.004	5.62	30.18	3.35	0.51	0.12	0.001	—
16	0.012	0.003	5.45	30.19	3.37	0.51	0.10	0.001	0.0005

*질소 세륨아님

[표 II]

내황화성

합 금	1500°F(815℃)에서의 질량획득	
	(Mg/cm^2)	시간, hrs.
60Ni−30Cr−10Fe	101.0	48
G	11.9	528
1	45.5	408
2	6.6	528
3	2.3	2232
H	78.6	24
4	8.5	1200
5	−13.7	1200
6	1.4	1200
7	1.3	1200
8	8.9	1200
9	2.8	1200
I	29.0	24
10	54.5	54
11	0.4	1008
12	0.3	840
13	1.6	840
14	0.6	840
15	0.3	840
16	0.7	840

24시간 주기적 내산화성

합 금	스케일제거안된 질량변화					
	830°F(1000℃)		2010°F(1100℃)		2200°F(1205℃)	
	(mg/cm²)	시간(h)	(mg/cm²)	시간(h)	(mg/cm²)	시간(h)
60−30−10	0.3	264	−10.3	500	–	–
G	−0.4	1008	−1.5	1008	–	–
1	−1.2	1008	−0.1	1008	–	–
2	−0.1	1008	−0.1	1008	–	–
3	−0.3	1008	−0.2	1008	–	–
H	0.1	1008	−2.0	1008	–	–
4	0.9	1008	−6.5	1008	–	–
5	0.5	1008	−7.6	1008	–	–
6	−1.3	1008	−2.9	1008		–
7	−2.0	1008	−4.3	1008	–	–
8	−0.1	1008	−10.4	1008	–	–
9	−0.8	1008	−6.3	1008	–	–
I	1.4	1032	−5.7	1008	−33.6	984
10	0.2	1032	0.7	1008	0.5	984
11	0.6	1032	0.7	1008	−2.1	984
12	−0.2	840	−0.1	840	–	–
13	+0.3	840	−3.5	840	–	–
14	−0.2	840	−1.8	84	–	–
15	−0.6	840	−2.3	840	–	–
16	−0.1	840	+0.9	840	–	–

내침탄성

합 금	1800h, 1830°F(1000℃)에서의 질량획득	
	H_2−1%CH (mg/cm²)	H_2−12%CH_4−10%H_2O (mg/cm²)
60−30−10	23.7	28.9
G	9.2	10.7

1	9.6	12.0
2	6.0	2.1
3	2.0	1.7
H	37.5	29.0
4	10.9	28.8
5	7.9	17.9
6	3.8	6.2
7	5.5	4.6
8	7.5	8.4
9	4.6	5.9
I	0.5	13.7
10	0.6	0.8
11	1.4	0.5
12	8.5(at 792hr.)	5.1(at 792hr.)
13	6.3 〃	6.9 〃
14	8.1 〃	4.5 〃
15	7.8 〃	8.2 〃
16	6.4 〃	7.4 〃

[표 III]

합 금	2ksi/1800°F(980℃)에서의 응력파단성질			
	조 건	응력(ksi)	온도(°F)	파단시간(h)
60-30-10				
G	HR+An	2.0	1800	329,582
G	HR+An+Age	2.0	180	1084
1	HR+An	2.0	1800	210,276
1	HR+An+Age	2.0	1800	269
2	HR+An	2.0	1800	1330
3	HR+An	2.0	1800	938,1089
4	HR+An	2.0	1800	192,355
I	HR+An+Age	2.0	1800	1365*,5636,5664
10	HR i An	2.0	1800	302
10	HR+An+Age	2.0	1800	310,320
11	HR+An	2.0	1800	1534*
11	HR+An+Age	2.0	1800	1389*

* 이중 시편들은 제시된 시간에서 4.5ksi까지 증가하며 파손은 모든 경우 0.1h내에 발생.

HR = 2050°F(1120℃)에서 열간압연

An = 1000°F(1040℃)에서 소둔

Age = 1400°F(700℃)/500hr/공랭

[표 III-A]

합 금	조 건	응력(KIS)	온도(°F)	파단시간 hr.	연신율 %
4	HR+An(1)	—	—	—	—
	HR+An(2)	4	1800	41.7	27.3
	HR+An(1)	2	2000	16.0	64.1
	HR+An(2)	2	2000	14.5	64.7
5	HR+An(1)	4	1800	12.7	33.6
	HR+An(2)	4	1800	61.9	16.7
	HR+An(1)	2	2000		×
	HR+An(2)	2	2000		×
7	HR+An(1)	4	1800	6.5	12.3
	HR+An(2)	4	1800	66.6	62.6
	HR+An(1)	2	2000	12.7	*
	HR+An(2)	2	2000	*	*
8	HR+An(1)	4	1800	11.9	70.6
	HR+An(2)	4	1800	102.4	59.9
	HR+An(1)	2	2000	20.3	64.0
	HR+An(2)	2	2000	18.5	82.5
9	HR+An(1)	4	1800	17.9	75.3
	HR+An(2)	4	1800	38.7	34.3
	HR+An(1)	2	2000	18.3	137.2
	HR+An(2)	2	2000	34.7	38.0

An(1) = 1900°F/1hr/공랭

An(2) = 2150°F/1hr/공랭

[표 IV]

인장성질

상온인장데이타

2050°F(1120℃)에서 열간압연

합 금	Y.S.(ksi)	T.S(ksi)	연신율(%)	R.A.(%)	경도(R_e)
G	122.0	144.0	31.0	—	27
1	117.0	142.0	31.0	—	30
2	122.0	155.0	29.0	—	28
3	151.0	179.0	24.0	—	34
H	90.0	118.0	31.0	—	99R_b
I	116.6	145.0	20.0	39.0	27
10	131.7	165.8	27.0	62.0	30.5
11	131.8	171.7	21.0	35.0	33.5

2050°F(120℃)에서 열간압연과 소둔[1900°F(1040℃)/1h/A]

합 금	Y.S.(ksi)	T.S(ksi)	연신율(%)	R.A.(%)	경도(R_c)
G	46.0	103.0	60.0	—	78
1	60.0	115.0	56.0	—	89
2	68.0	126.0	47.0	—	96
3	96.0	157.0	38.0	—	29R
H	35.0	93.0	53.0	—	78
I	50.1	107.2	50.0	52.0	85
10	71.8	127.6	48.0	61.0	94
11	80.9	126.3	45.0	58.0	97.5

2050°F(120℃)에서 열간압연과 소둔[1900°F(1040℃)/1h/A]과 시효[1400° (760℃)/500h/AC]

합 금	Y.S.(ksi)	T.S(ksi)	연신율(%)	R.A.(%)	경도(R_b)
G	70.0	131.0	37.0	—	97
1	77.0	141.0	34.0	—	99
2	85.0	144.0	35.0	—	$23R_c$
3	109.0	168.0	26.0	—	$32R_c$
H	34.0	92.0	54.0	—	75
I	57.5	119.4	41.0	56.0	94
10	74.8	141.9	33.0	44.0	99.5
11	119.8	178.3	19.2	32.0	$24.5R_c$

표 II 및 제1도 내지 제5도의 데이타는 본 발명내의 합금조성물, 특히, 알루미늄을 3%넘게 그리고 콜롬비움을 0.75% 넘게 함유하는 조성물들에 대한 것들의 내황화성 및 내산화성 특성이 개선됨을 보여주는 것이다.

제1도를 보면, 저알루미늄 합금(1/2% 미만) A-F는 그들의 산화특성이 산화로 인해 파손이 되는 유리화 적용용 60Ni-30Cr-10Fe 합금의 수명으로 현저히 연장하지 않음을 반영한다. 그러나 세륨 및 세륨 + 콜롬비움은 상기 특성을 개선한다.

유사하게, 제2도 및 제3도는 합금 10 및 11대 합금 I 의 1100℃(2012°F) 및 1200℃(1292°F)에서의 순환적 산화거동을 보여준다. 저알루미늄, 고철합금 I는 열등하다. 합금 10 및 11 모두의 내산화성은 250일 후에 50일 후의 합금 I 보다도 훨씬우수하다.

제4도 및 제5도 그리고 표II에 있어서 본 발명내의 조성물들의 내황화성이 본 발명의 영역밖의 조절합금보다 훨씬 우수함이 주목된다. 합금 3-9는 특히 효과적이다(낮은 철함량, 3% 알루미늄, 그리고 1% 콜롬비움). 또는 시험데이타에 기초한 합금 5는 60Ni-30Cr-10Fe 보다 몇배 우수하다해도 40일 시험기간을 넘어 더욱 양호한 결과를 주었어야 한다(부식시험을 포함하는 대부분의 실험작업에서와 같이). 그리고 숙련자가 이해하는 바와 같이 합금 10과 같은 조성물은 다른 것들과 다르게 종종 설명불가능하게 거동하는 합금시편이 종종 최소한 하나(혹은 그 이상) 보통 존재한다. 이것은 재검사된다.

표III에 나타난 응력파단결과들에 있어서 본 발명내의 모든 조성물들은 시효된 상태뿐만 아니라 소둔 상태에서 1800°F(980℃)온도/200psi 시험조건에서 200시간의 필요한 최소응력파단수명을 초과하는 것으로 관찰된다. 60Ni-30Cr-10Fe 은 소둔된 상태에서 200시간의 최소응력파단수명을 얻는데 실패했다. 표 III-A에서 비교베이스(대략 30% Cr, 3% Al, 5% 미만 Fe 그리고 1%Cb)로 합금 8을 사용하여 살펴보면 다름 합금은 더 높은 소둔온도를 사용시 60%의 연성과 대략 100시간의 응력파단수명의 조합을 얻을 수 없음을 알 수 있다. 예를들어, 합금 5의 파단 수명은 2150°F소둔으로 개성되지만 연성은 현저히 하락한다. 고크롬함량이 그 원인인 것으로 여겨진다. 콜롬비움함량이 높은 합금 9는 유사한 효과를 갖는 것으로 생각된다. 전술한 바와 같이 크롬과 콜롬비움이 각각 32%와 1.5%를 초과하지 않아야 유리하다.

표 IV에 기록된 인장성질을 보면 본 발명내의 모든 합금 즉, 합금 1-4 및 11-13은 사용된 가공법, 즉, 열간가공 또는 소둔 또는 시효된 조건들과 무관하게 60Ni-30Cr-10Fe와 유사한 합금 H보다 훨씬 우월하다. 합금 I 및 II은 또한 표준 샤르피 V노치충격시험으로 충격에너지(인성) 흡수능이 시험됨은 주목할만하다. 이들 합금은 주어진 소둔조건 및 상온에서 시험되며 합금 I 및 II에 대한 평균(이중평균)은 각각 99ft. lbs 및 60.5ft. lbs였다. 이것은 고알루미늄함량의 결과인 것으로 간주된다. 시표된 조건에서 합급 I 의 충격에너지수준은 79ft.1b였다.

본 발명은 특정한 실시양태로 설명되었지만 본 발명에서 이탈하지 않는 수정과 변환 또한 보호되어야 한다. 한 원소에 대한 주어진 백분율범위는 다른 성분들에 대해 주어진 범위로 사용될 수 있다. 본 합금의 니켈함량을 나타내는데 쓰이는 '나머지'라는 용어는 본 발명합금의 기본적인 특성에 역효과가 없는 다른 원소들의 양적존재를 배재하는 것이 아니다. 단조품외에도 본 합금은 주조상태로도

사용될 수 있고, 그리고 분말야금법이 사용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

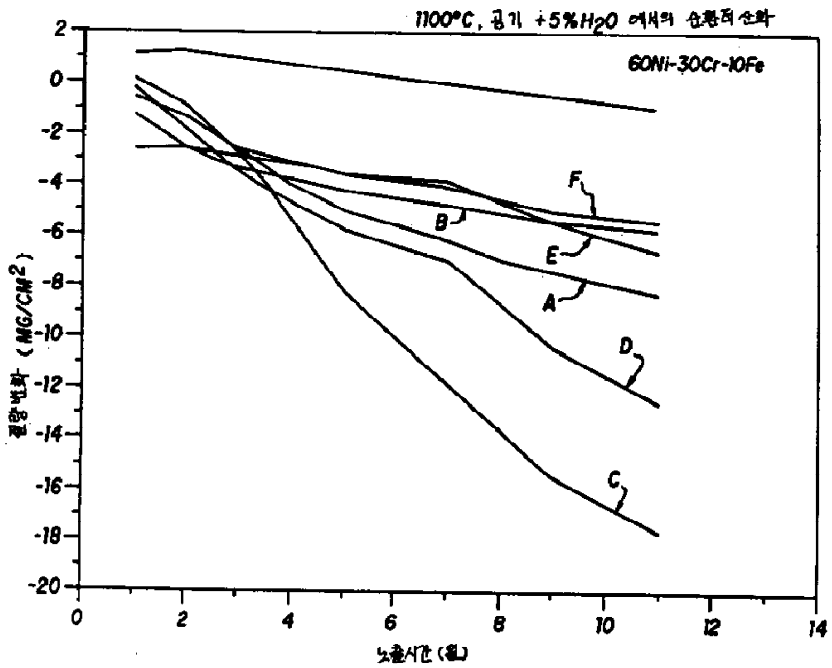
27내지 35%의 크롬, 2.5 내지 5%의 알루미늄, 2.5 내지 6%의 철, 0.75 내지 2.5%의 콜롬비움, 0.1% 까지의 탄소, 0.5%까지의 티타늄 및 1%까지의 지르코늄, 0.05%까지의 세륨, 0.05%까지의 이트륨, 1% 까지의 규소, 1%까지의 망간, 그리고 나머지가 니켈로 구성되며; 2000°F(1093℃) 이상의 고온에서 탁월한 내황화성 및 내산화성을 가짐을 특징으로 하는 니켈기 고크롬합금.

청구항 2

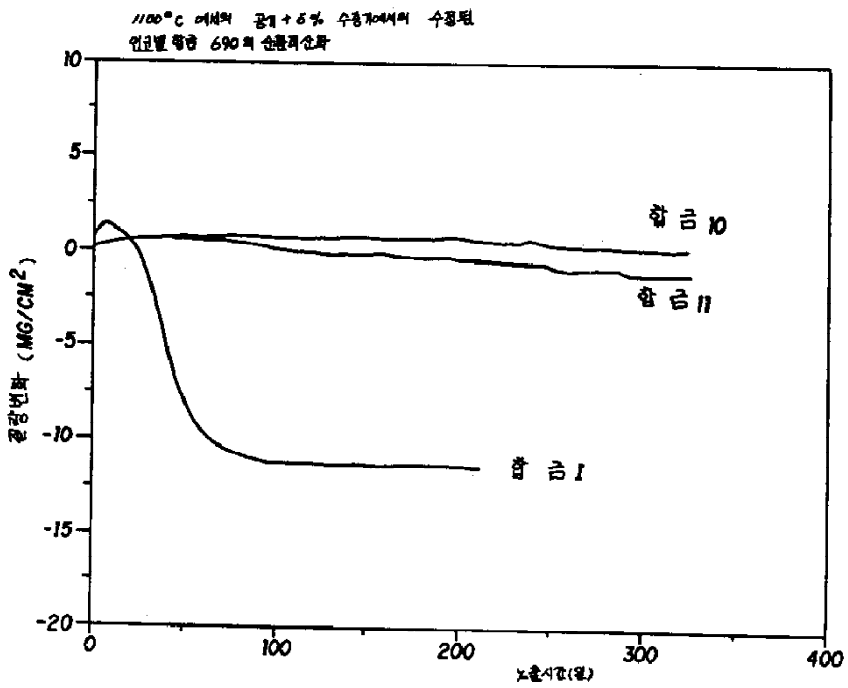
25내지 35%의 크롬, 2 내지 5%의 알루미늄, 2.5 내지 6%의 철, 2.5%까지의 콜롬비움, 0.1%까지의 탄소, 0.5%까지의 티타늄, 1%까지의 지르코늄, 0.05%까지의 세륨, 0.05%까지의 이트륨, 1%까지의 규소, 약 0.05%까지의 질소, 1%까지의 망간, 그리고 나머지가 니켈로 구성되며; 고온과 상온에서 내황화성 및 내산화성을 가짐을 특징으로 하는 니켈기 고크롬합금.

도면

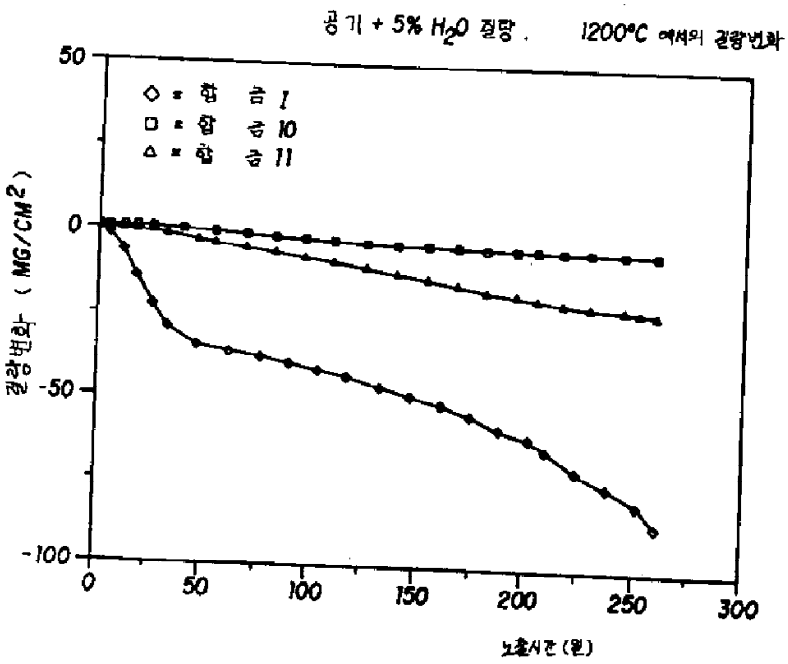
도면1



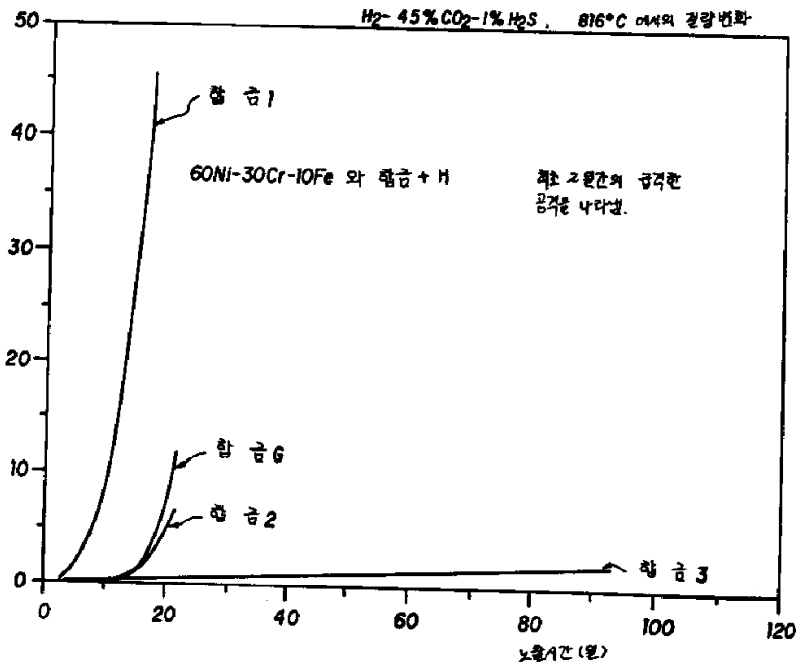
도면2


1100°C 에서의 공기 + 5% 수증기에서의 수정된
연교별 합금 690의 순환적산화
10
5
0
-5
-10
-15
-20
질량변화 (MG/CM²)
합 금 10
합 금 11
합 금 I
0
100
200
300
400
노출시간(일)

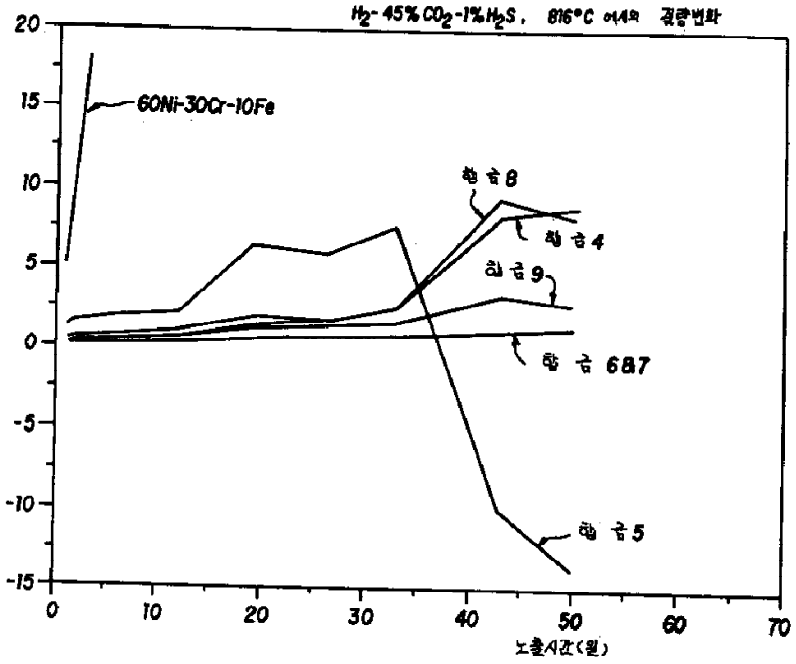
도면3


공기 + 5% H₂O 질량, 1200°C 에서의 질량변화
◇ = 합 금 I
□ = 합 금 10
△ = 합 금 11
50
0
-50
-100
질량변화 (MG/CM²)
0
50
100
150
200
250
300
노출시간 (일)

도면4


H_2-45%CO_2-1%H_2S, 816°C 에서의 질량변화
합 금 1
60Ni-30Cr-10Fe 와 합금 + H
합 금 6
합 금 2
합 금 3
50
40
30
20
10
0
0
20
40
60
80
100
120
노출시간 (일)

도면5


H_2-45%CO_2-1%H_2S, 816°C 에서 질량변화
60Ni-30Cr-10Fe
합 금 8
합 금 4
합 금 9
합 금 6&7
합 금 5
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
0
10
20
30
40
50
60
70
노출시간(일)