



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0111170
(43) 공개일자 2008년12월22일

(51) Int. Cl.

C22C 9/06 (2006.01) C22C 9/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7030326(분할)

(22) 출원일자 2008년12월12일

심사청구일자 없음

(62) 원출원 특허 10-2004-7021553

원출원일자 2004년12월29일

심사청구일자 2006년10월27일

번역문제출일자 2008년12월12일

(86) 국제출원번호 PCT/US2003/020664

국제출원일자 2003년07월01일

(87) 국제공개번호 WO 2004/005560

국제공개일자 2004년01월15일

(30) 우선권주장

60/393,765 2002년07월05일 미국(US)

(71) 출원인

지비씨 메탈즈, 엘엘씨

미국 일리노이주 62024 이스트 앤트 노쓰 샘록 스트리트 427

빌란트-베르케악티엔제젤샤프트

독일연방공화국 89079 울름 그라프-아르코-슈트라쎄 36

(72) 발명자

만디고 프랭크 엔

미국 코넥티컷주 06417 노쓰 브랜포드 놋치 헐 로드 168

로빈슨 피터 더블류

미국 코넥티컷주 06405 브랜포드 애로우헤드 레인 21

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

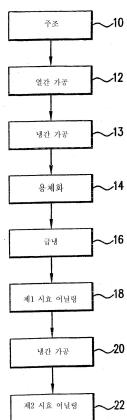
장훈

전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 코발트, 니켈 및 규소를 함유하는 구리 합금

(57) 요 약

니켈 1 내지 2.5중량%, 코발트 0.5 내지 2.0중량%, 규소 0.5 내지 1.5중량% 및 잔여량의 구리 및 불가피한 불순물로 필수적으로 이루어지고, 니켈과 코발트의 전체 함량이 1.7 내지 4.3중량%이며, (Ni+Co):Si의 중량비가 3.5 내지 6이고, 항복 강도와 전기 전도도의 개선된 조합을 가지고, 전기 전도도가 40% IACS를 초과하는 구리 합금이 기재되어 있다. 항복 강도와 전기 전도도의 개선된 조합을 가질 뿐만 아니라, 증진된 응력완화 내성은 1% 이하의 은을 추가로 포함함으로써 수득된다. 본원 발명의 합금 뿐만 아니라 다른 구리-니켈-규소 합금을 제조하는 방법은, 구리 합금을 주조(10)하는 단계(a), 주조된 구리계 합금을 열간 가공(12)하여 횡단면적을 일차적으로 감소시키는 단계(b), 주조된 구리계 합금을 단일 상 합금을 실질적으로 형성시키기에 유효한 온도 및 시간 동안 용체화(14)시키는 단계(c), 특정 양의 제2 상을 석출시키기에 유효한 온도 및 시간 동안 합금을 제1 시효 어닐링(18)시켜 규화물을 갖는 다중 상 합금을 형성시키는 단계(d), 다중 상 합금을 냉간 가공(20)하여 횡단면적을 이차적으로 감소시키는 단계(e) 및 추가의 규화물을 석출시키기에 유효한 온도 및 시간 동안 다중 상 합금을 제2 시효 어닐링(22)(여기서, 제2 시효 어닐링 온도는 제1 시효 어닐링 온도보다 낮다)시켜 전기 전도도를 상승시키는 단계(f)를 순차적으로 포함한다.

대 표 도 - 도2

(72) 발명자

타일러 데렉 이

미국 코네티컷주 06410 체셔 지니 힐 로드 399

뵈겔 안드레아스

독일 데-89264 바이에른호른 로베르트-슈만-슈트라쎄
4번

쿤 한스-아힘

독일 데-89257 일러티센 키르헨메더 13

캡펠러 프랑크 엠

독일 데-70327 슈투트가르트 캠프테너 슈트라쎄 1
6번

제거 외르크

독일 데-89073 울름 베르블링거 슈트라쎄 2

특허청구의 범위

청구항 1

니켈 0.5 내지 5.0중량% 및 규소 0.2 내지 1.5중량%를 함유하는 구리계 합금을 주조(10)하는 단계(a), 주조된 구리계 합금을 열간 가공(12)하여 횡단면적을 일차적으로 감소시키는 단계(b), 주조된 구리계 합금을 용체화 온도에서 제1 시간 동안 용체화(14)시켜 실질적으로 단일 상인 합금을 형성시키는 단계(c), 용체화 후에 냉간 가공을 개입시키지 않으면서, 실질적으로 단일 상인 합금을 제1 시효 어닐링 온도에서 제2 시간 동안 제1 시효 어닐링(18)시켜 제2상을 석출시키는 단계(d), 다중 상 합금을 냉간 가공(20)하여 횡단면적을 이차적으로 감소시키는 단계(e) 및 다중 상 합금을 제2 시효 어닐링 온도에서 제3 시간 동안 제2 시효 어닐링(22)(여기서, 제2 시효 어닐링 온도는 제1 시효 어닐링 온도보다 낮다)시켜 추가량의 제2상을 석출시키는 단계(f)를 순차적으로 포함함을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 용체화 단계(14) 후, 가공된 구리 합금의 평균 입자 크기가 20 μm 이하임을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 열간 가공 단계(b)(12) 및 용체화 단계(c)(14) 사이에 가공된 구리 합금을 냉간 가공(13)시키는 단계를 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 열간 가공 단계(12) 및 냉간 가공 단계(13)가 둘 다 압연공정을 포함하고, 가공된 구리 합금이 스트립으로 형성됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 5

니켈 0.5 내지 5.0중량% 및 규소 0.2 내지 1.5중량%를 함유하는 구리계 합금을 주조(10)시키는 단계(a), 주조된 구리계 합금을 1회 이상 열간 가공(12)시켜 열간 가공된 생성물을 형성시키는 단계(b), 열간 가공된 생성물을 800°C 내지 구리계 합금의 고상 온도를 초과하는 온도에서 용체화(14)시키는 단계(c), 용체화(14) 후에 냉간 가공을 개입시키지 않으면서, 열간 가공된 판을 350°C 내지 600°C의 온도에서 30분 내지 30시간 동안 제1 시효 어닐링(18)시키는 단계(d), 열간 가공된 판을 10 내지 50%의 횡단면적 감소로 냉간 가공(20)하여 생성물을 형성시키는 단계(e) 및 생성물을 제1 시효 어닐링 온도 미만의 온도에서 제2 시효 어닐링(22)시키는 단계(f)를 순차적으로 포함함을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 열간 가공(12)이 850 내지 1000°C의 온도에서 수행되고, 용체화 온도가 800 내지 1000°C임을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 열간 가공 단계(b)(12) 후, 구리계 합금을 급냉시키는 단계를 추가로 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 제1 시효 어닐링(18)이 475°C 내지 550°C의 온도에서 수행되고, 제2 시효 어닐링 온도가 350 내지 500°C임을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 구리 합금을 급냉 및 용체화 단계(c)(14) 사이에 용체화를 위한 계이지로 냉간 가공(13)하는 단계를 추가로 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 열간 가공 단계(12) 및 냉간 가공 단계(13)가 둘 다 압연공정을 포함하여, 구리 합금이 스트립으로 형성됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 구리 합금이, 니켈 1 내지 2.5중량%, 코발트 0.5 내지 2.0중량%(여기서, 니켈과 코발트의 전체 함량은 1.7 내지 4.3중량%이다), 규소 0.5 내지 1.5중량%(여기서, (Ni+Co):Si의 중량비는 2:1 내지 7:1이다) 및 잔여량의 구리 및 불가피한 불순물의 조성을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 12

제9항에 있어서, 구리 합금이, 니켈 1 내지 2.5중량%, 코발트 0.5 내지 2.0중량%(여기서, 니켈과 코발트의 전체 함량은 1.7 내지 4.3중량%이다), 규소 0.5 내지 1.5중량%(여기서, (Ni+Co):Si의 중량비는 2:1 내지 7:1이다), 항복 강도와 전기 전도도의 조합을 개선시키기 위한 1.0중량% 이하의 양의 은, 티탄, 지르코늄 또는 이들의 배합물, 마그네슘 0.15중량% 이하 및 잔여량의 구리 및 불가피한 불순물의 조성을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 13

제9항에 있어서, 구리 합금이, 니켈 2.2 내지 4.2중량%, 규소 0.25 내지 1.2중량%, 마그네슘 0.05 내지 0.30중량% 및 잔여량의 구리의 조성을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 14

니켈 0.5 내지 5.0중량% 및 규소 0.2 내지 1.5중량%를 함유하는 구리계 합금을 주조(10)시키는 단계(a), 주조된 구리계 합금을 1회 이상 열간 가공(12)시켜 열간 가공된 생성물을 형성시키는 단계(b), 열간 가공된 생성물을 350°C 내지 600°C의 온도에서 30분 내지 30시간 동안 제1 시효 어닐링(18)시키는 단계(c), 열간 가공된 생성물을 10 내지 50%의 획단면적 감소로 냉간 가공(20)하여 생성물을 형성시키는 단계(d) 및 생성물을 제1 시효 어닐링 온도 미만의 온도에서 제2 시효 어닐링(22)시키는 단계(e)를 순차적으로 포함함을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 열간 가공(12)이 850 내지 1000°C의 온도에서 수행됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 열간 가공 단계(b)(12) 후 구리계 합금을 급냉시키는 단계를 추가로 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 제1 시효 어닐링(18)이 475°C 내지 550°C의 온도에서 수행되고, 제2 시효 어닐링 온도가 350 내지 500°C임을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 구리 합금이, 니켈 1 내지 2.5중량%, 코발트 0.5 내지 2.0중량%(여기서, 니켈과 코발트의 전체 함량은 1.7 내지 4.3중량%이다), 규소 0.5 내지 1중량%(여기서, (Ni+Co):Si의 중량비는 3.5 내지 5.5이다) 및 잔여량의 구리 및 불가피한 불순물의 조성을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 19

제17항에 있어서, 구리 합금이, 니켈 1 내지 2.5중량%, 코발트 0.5 내지 2.0중량%(여기서, 니켈과 코발트의 전체 함량은 1.7 내지 4.3중량%이다), 규소 0.5 내지 1.5중량%(여기서, (Ni+Co):Si의 중량비는 2:1 내지 7:1이다), 항복 강도와 전기 전도도의 조합을 개선시키기 위한 1.0중량% 이하의 양의 은, 티탄, 지르코늄 또는 이들의 배합물, 마그네슘 0.15중량% 이하 및 잔여량의 구리 및 불가피한 불순물의 조성을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 20

제14항에 있어서, 열간 가공 단계(b)(12)와 제1 시효 어닐링 단계(c)(18) 사이에 냉간 가공(13) 단계를 추가로 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 21

제14항에 있어서, 열간 가공 단계(b)(12)와 제1 시효 어닐링 단계(c)(18) 사이에 냉간 가공공정을 개입시키지 않음을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 22

니켈 0.5 내지 5.0중량% 및 규소 0.2 내지 1.5중량%를 함유하는 구리계 합금을 주조(10)시키는 단계(a), 주조된 구리계 합금을 1회 이상 열간 가공(12)시켜 열간 가공된 생성물을 형성시키는 단계(b), 열간 가공된 생성물을 800°C 내지 구리계 합금의 고상 온도를 초과하는 온도에서 용체화(14)시키는 단계(c), 구리계 합금을 냉간 가공하여 횡단면적을 감소시키는 단계(d), 열간 가공된 판을 350 내지 600°C의 온도에서 30분 내지 30시간 동안 제1 시효 어닐링(18)시키는 단계(e), 열간 가공된 판을 10 내지 50%의 횡단면적 감소로 냉간 가공(20)하여 생성물을 형성시키는 단계(f) 및 생성물을 제1 시효 어닐링 온도 미만의 온도에서 제2 시효 어닐링(22)시키는 단계(g)를 순차적으로 포함함을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 23

제22항에 있어서, 열간 가공(12) 단계가 850 내지 1000°C의 온도에서 수행되고, 용체화 온도가 800 내지 1000°C임을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 24

제23항에 있어서, 열간 가공 단계(b)(12) 후 구리계 합금을 급냉시키는 단계를 추가로 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 25

제24항에 있어서, 제1 시효 어닐링(18)이 475°C 내지 550°C의 온도에서 수행되고, 제2 시효 어닐링(22) 온도가 350 내지 500°C임을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 26

제25항에 있어서, 구리 합금을 급냉 및 용체화 단계(c)(14) 사이에 용체화를 위한 계이지로 냉간 가공(13)하는 단계를 추가로 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 27

제26항에 있어서, 열간 가공(12) 단계 및 냉간 가공 단계가 둘 다 압연공정을 포함하여, 구리 합금이 스트립으로 형성됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 28

제26항에 있어서, 구리 합금이, 니켈 1 내지 2.5중량%, 코발트 0.5 내지 2.0중량%(여기서, 니켈과 코발트의 전체 함량은 1.7 내지 4.3중량%이다), 규소 0.5 내지 1.5중량%(여기서, (Ni+Co):Si의 중량비는 2:1 내지 7:1이다) 및 잔여량의 구리 및 불가피한 불순물의 조성을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 29

제26항에 있어서, 구리 합금이, 니켈 1 내지 2.5중량%, 코발트 0.5 내지 2.0중량%(여기서, 니켈과 코발트의 전체 함량은 1.7 내지 4.3중량%이다), 규소 0.5 내지 1.5중량%(여기서, (Ni+Co):Si의 중량비는 2:1 내지 7:1이다), 항복 강도와 전기 전도도의 조합을 개선시키기 위한 1.0중량% 이하의 양의 은, 티탄, 지르코늄 또는 이들의 배합물, 마그네슘 0.15중량% 이하 및 잔여량의 구리 및 불가피한 불순물의 조성을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 30

제26항에 있어서, 구리 합금이, 니켈 2.2 내지 4.2중량%, 규소 0.25 내지 1.2중량%, 마그네슘 0.05 내지 0.30중량% 및 잔여량의 구리의 조성을 갖도록 선택됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 31

티탄 0.35 내지 5% 및 X 0.001 내지 5중량%(여기서, X는 Ni, Fe, Sn, P, Al, Zn, Si, Pb, Be, Mn, Mg, Bi, S, Te, Se, Ag, As, Sb, Zr, B, Cr, Co 및 이들의 배합물로부터 선택된다), 및 잔량의 구리와 불가피한 불순물을 함유하는 구리계 합금을 주조(10)하는 단계(a),

주조된 구리계 합금을 1회 이상 열간 가공(12)시켜 열간 가공된 생성물을 형성하는 단계(b),

열간 가공된 생성물을 800°C 내지 구리계 합금의 고상 온도를 초과하는 온도에서 용체화(14)시키는 단계(c),

구리계 합금을 냉간 가공하여 횡단면적을 감소시키는 단계(d),

열간 가공된 판을 350 내지 600°C의 온도에서 30분 내지 30시간 동안 제1 시효 어닐링(18)시키는 단계(e),

열간 가공된 판을 10 내지 50%의 횡단면적 감소로 냉간 가공(20)하여 생성물을 형성시키는 단계(f) 및

생성물을 제1 시효 어닐링 온도 미만의 온도에서 제2 시효 어닐링(22)시키는 단계(g)를 순차적으로 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 32

제31항에 있어서, 열간 가공(12)이 850 내지 1000°C의 온도에서 수행되고, 용체화(14) 온도가 800 내지 1000°C임을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 33

제32항에 있어서, 열간 가공 단계(b)(12) 후의 구리계 합금을 급냉시키는 단계를 추가로 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 34

제33항에 있어서, 제1 시효 어닐링(18)이 475°C 내지 550°C의 온도에서 수행되고, 제2 시효 어닐링(22) 온도가 350 내지 500°C임을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 35

제34항에 있어서, 구리 합금을 급냉 및 용체화 단계(c)(14) 사이에 용체화를 위한 게이지로 냉간 가공(13)하는 단계를 추가로 포함하는, 구리계 합금의 제조방법.

청구항 36

제35항에 있어서, 열간 가공(12) 단계 및 냉간 가공 단계(13)가 둘 다 압연공정을 포함하여, 구리 합금이 스트립으로 형성됨을 특징으로 하는, 구리계 합금의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

- <1> 본원 발명은 구리 합금 및 이러한 합금의 제조방법에 관한 것이다. 특히, 제1 양태에서, 본원 발명은 코발트, 니켈 및 규소가 조절되어 첨가된 구리 합금에 관한 것이다. 제2 양태에서, 본원 발명은 코발트, 니켈, 규소 및 은이 조절되어 첨가된 구리 합금에 관한 것이다. 본원 발명의 합금은 전기 접속기, 리드 프레임 및 다른 전류 전달 부품으로 형성되기에 특히 적합하다.
- <2> 본원 발명의 제3 양태는 본원 발명의 합금 및 니켈 및 규소를 함유하는 기타 구리 합금 둘 다를 제조하는 방법으로 도출된다. 보다 특히, 이 방법은 구리-니켈-규소 합금을 열간 가공한 후, 다수의 어닐링 단계를 포함한다.

배경기술

- <3> 시장에서는, (1) 우수한 성형성, (2) 높은 강도, (3) 적당히 높은 전기 전도도 및 (4) 우수한 응력 완화 내성의 조합을 갖는 금속 합금이 요구되고 있다. 이러한 특성의 조합은 엔진 뚜껑 아래의 자동차 접속기, 멀티미디어 (예: 컴퓨터 및 소비자 전자제품) 전기 접속기, 단말기 적용, 호일, 와이어 및 파우더 뿐만 아니라. 다른 제품에 사용하기 위한 다양한 전기 상호접속품으로 형성되는 부품에 특히 중요하다. 다수의 시판되는 구리 합금은 이러한 용도로 사용하기에 유용하지만, 요구되는 특성의 조합이 결핍되어 있다.
- <4> 위에서 첫 번째로 언급된 특성인 성형성은 일반적으로 굴곡 시험으로 평가된다. 특정 게이지 및 템퍼의 구리 합금의 스트립을 반경을 알고 있는 맨드렐(mandrel) 둘레로 90° 로 굴곡시킨다. 다음에, 스트립 두께(t)의 함수로서 최소 굴곡 반경(mbr)은 mbr/t 로서 기록된다. 최소 굴곡 반경은 최소 반경 맨드렐이며, 당해 최소 굴곡 반경 맨드렐 둘레로 스트립을, 15배 확대시에 가시 가능한 균열 없이, 굴곡시킬 수 있다. 일반적으로 mbr/t 는, 굴곡 축이 압연 방향에 대해 수직인 것으로 정의되는 양호한 방식의 굴곡, 및 굴곡 축이 압연 방향에 대해 평행한 것으로 정의되는 불량한 방식의 굴곡이 모두에 대해 보고되어 있다. 양호한 방식의 굴곡 및 불량한 방식의 굴곡 둘 다에 대해 4 이하의 mbr/t 는 우수한 성형성을 구성하는 것으로 간주한다. 2 이하의 mbr/t 가 더욱 바람직하다.
- <5> 위에서 두 번째로 언급된 특성인 적당한 전기 전도도는 일반적으로 40% IACS를 초과하는 전기 전도도로서 생각된다. 더욱 바람직하게는, 전기 전도도는 50% IACS를 초과한다. IACS는 "순수한" 구리에 20°C 에서 100% IACS의 전기 전도도 값을 제공하는 국제 어닐링 구리 표준을 언급한다. 당해 특히 출원 전체에 걸쳐서, 모든 전기 및 기계적 시험은, 달리 특정되지 않는 한, 실온에서, 일반적으로 20°C 에서 수행한다. 정량화 표현 "약"은 정확성을 필요하지 않고 언급된 값의 $\pm 10\%$ 로서 해석해야 함을 지시한다.
- <6> 위에서 세 번째로 언급된 특성인 높은 강도는 95 ksi(655.1MPa)를 초과하는, 바람직하게는 110 ksi(758.5MPa)를 초과하는 항복 강도로서 관찰된다. 부품으로 성형되는 구리의 게이지가 감소하고 이를 부품의 소형화가 계속되면서, 제공된 템퍼에 대한 강도와 전기 전도도의 조합은 단독으로 관찰되는 강도 또는 전기 전도도보다 더 중요할 것이다.
- <7> 위에서 네 번째로 언급된 특성인 응력 완화에 대한 우수한 내성은 시험 샘플이 150°C 의 온도에서 3000시간 동안 노출된 후에 잔류하는 제공 응력의 70% 이상 및 시험 샘플이 105°C 의 온도에서 1000시간 동안 노출된 후에 잔류하는 제공 응력의 90% 이상으로서 관찰된다.
- <8> 응력 완화는 ASTM(American Society for Testing and Materials) 표준 E328-86에 기재된 바와 같이 이륙(lift-off) 방법에 의해 측정할 수 있다. 이 시험에 의해 고정된 변형으로 3000시간 이하의 시간 동안 유지된 구리 합금 샘플에서 응력 감소를 측정한다. 이 기술은 캔틸레버 빔(cantilever beam)의 유리된 말단을 고정된 편차로

구속시키고, 온도에서의 시간의 함수로서 억제에 대한 범에 의해 발휘된 하중을 측정하는 것으로 이루어진다. 이는 캔틸레버 범 시험 샘플을 특정하게 고안된 시험 선반에 고정시킴으로써 달성된다. 표준 시험 조건은 캔틸레버 범을 실온 0.2% 상쇄 항복 강도의 80%로 하중시키는 것이다. 계산된 편차가 약 5.08mm(0.2in)를 초과하는 경우, 최초 응력은 편차가 5.08mm(0.2in) 미만일 때까지 감소하며, 하중을 재산출한다. 시험 방법은 캔틸레버 범을 계산된 하중 값으로 하중시키고, 시험 선반에 나사산 있는 나사(threaded screw)를 조정하여 편차를 유지시키고, 나사산 있는 나사를 적소에서 너트를 사용하여 잠그는 것이다. 캔틸레버 범을 나사산 있는 나사로부터 들어올리는 데에 필요한 하중이 최초 하중이다. 시험 선반은 로(furnace) 세트에서 목적하는 시험 온도로 배치한다. 시험 선반은 주기적으로 제거하고, 실온으로 냉각시키고, 캔틸레버 범을 나사산 있는 나사로부터 들어올리는 데에 필요한 하중을 측정한다. 선택된 로그 시간에 잔류하는 응력(%)을 계산하고, 데이터를 반로그 그래프지에 세로좌표(수직)에 잔류하는 응력 및 가로좌표(수평)에 있는 로그 시간을 사용하여 플로팅한다. 직선은 데이터를 통해 선형 회귀 기술을 사용하여 적합하게 된다. 내삽 및 외삽을 사용하여 1, 1000, 3000 및 100,000시간에서의 응력 잔류치를 생성시킨다.

<9> 응력 완화에 대한 내성은 배향 감수성이며, 세로(L) 방향으로 보고할 수 있고, 여기서 긴 치수의 시험 샘플을 사용하여 0° 시험을 스트립 회전 방향으로 수행하며, 시험 샘플의 편향은 스트립 회전 방향에 평행하다. 응력 완화에 대한 내성은 횡(T) 방향으로 보고할 수 있으며, 여기서 스트립 회전 방향에 수직인 긴 치수의 시험 샘플을 사용하여 90° 시험을 수행하며, 시험 샘플의 편향은 스트립 회전 방향에 수직이다.

<10> 전기 접속기에 일반적으로 사용되는, 시판되는 구리 합금의 한 가지 그룹은 구리-니켈-규소 합금이다. 합금은 석출 경화성이며, 제2 상으로서 규화니켈의 존재를 통해 고 강도를 수득한다. 하나의 구리-니켈-규소 합금, 즉 시된 구리 합금 C7025는 2.2 내지 4.2% 니켈, 0.25 내지 1.2% 규소, 0.05 내지 0.30% 마그네슘 및 잔여량의 구리의 조성을 갖는다. 합금 표기는 뉴욕주 뉴욕 소재의 구리 개발 협회(CDA)에 따른다. 구리 합금 C7025는 미국 특허공보 제4,594,221호 및 미국 특허공보 제4,728,372호에 더욱 상세히 기재되어 있다.

<11> 미국 특허공보 제6,506,269호에는 니켈, 코발트, 규소 및 마그네슘 또는 인이 조절 첨가된 구리 합금이 기재되어 있다. 특허에는 고온 접근법 또는 저온 접근법에 의해 구리 합금을 가공하는 것이 기재되어 있다. 고온 접근법에 의해 위에 인용된 강도와 전기 전도도의 표적 조합에 미달인 특성을 생성한다. 고온 접근법에 의해 가공하는 경우, 예시 합금 1은 51.9% IACS의 전기 전도도 및 709MPa(102.9ksi)의 인장 강도를 갖는다고 보고된다. 저온 접근법에 의해 가공되는 경우, 예시 합금 1은 51.5% IACS의 전기 전도도 및 905MPa(131.3ksi)의 인장 강도를 갖는다고 보고된다. 그러나 저온 접근법은 구리 합금에 과도한 냉간 가공을 제공하며, 이는 불량한 성형성 및 응력 완화에 불량한 내성을 초래한다고 생각된다.

<12> 구리 합금 C7027은 0.28 내지 1.0% 철, 1.0 내지 3.0% 니켈, 0.10 내지 1.0% 주석, 0.20 내지 1.0% 규소 및 잔여량의 구리의 조성을 갖는다. 구리 합금 C7027은 미국 특허공보 제6,251,199호에 더욱 상세히 기재되어 있다.

<13> 일본 공개공보 제(평)11(1999)-222,641호에는 니켈, 규소, 마그네슘 및 주석이 조절 첨가된 구리 합금이 기재되어 있다. 임의의 첨가물은 코발트 및 은을 포함한다.

<14> 석출 경화성 구리 합금의 전기 및 기계적 특성은 구리 합금의 제조방법에 의해 강력하게 영향을 받는다. 구리-니켈-규소-인듐-주석 합금에 대한 한 가지 방법은 미국 특허공보 제5,124,124호에 기재되어 있으며, 연속적 주형, 용체화, 급냉, 냉간 압연, 시효 어닐링의 가공 순서를 포함한다.

<15> 임의로 0.5% 이하로 니켈 및 규소를 함께 함유할 수 있는 구리-코발트-인 합금에 대한 상이한 방법이 미국 특허공보 제5,147,469호에 기재되어 있다. 이 방법은 주조, 열간 압연, 급냉, 냉간 압연, 용체화, 급냉, 시효 어닐링, 급냉, 냉간 압연, 어닐링 및 급냉의 가공 단계를 포함한다.

<16> 자동차 산업 분야와 멀티미디어 산업 분야, 및 소형화에 의해 더욱 엄격한 강도 요건과 전기 전도도 요건이 부과되는 다른 산업 분야의 요구에 부합하는 개선된 특성의 조합을 갖는 구리 합금 및 이러한 구리 합금의 제조방법에 대한 필요성이 여전히 남아있다.

발명의 내용

<17> 본원 발명의 제1 양태는 니켈 1 내지 2.5중량%, 코발트 0.5 내지 2.0중량%, 규소 0.5 내지 1.5중량% 및 잔여량의 구리 및 불가피한 불순물로 필수적으로 이루어지고, 니켈과 코발트의 전체 함량이 1.7 내지 4.3중량%이며, (Ni+Co):Si의 중량비가 2:1 내지 7:1인 가공된 구리 합금에 관한 것이다. 이러한 가공된 구리 합금의 전기 전도도는 40% IACS를 초과한다.

- <18> 본원 발명의 제2 양태는 상기 가공된 구리 합금에, 은, 티탄, 지르코늄 또는 이들의 혼합물 1중량% 이하를 추가로 포함하여 도출된다.
- <19> 본원 발명의 제3 양태는 높은 전기 전도도, 높은 강도와 우수한 성형성의 조합을 갖는 구리계 합금의 제조방법에 관한 것이다. 이 방법은 구리계 합금을 주조하는 단계(a), 주조된 구리계 합금을 열간 가공하여 횡단면적을 일차적으로 감소시키는 단계(b), 주조된 구리계 합금을 단일 상 합금을 실질적으로 형성시키기에 유효한 온도 및 시간 동안 용체화시키는 단계(c), 용체화 후에 냉간 가공을 개입시키지 않으면서, 단일 상 합금을 특정량의 제2상을 석출시키기에 유효한 온도 및 시간 동안 제1 시효 어닐링(age annealing)시켜 규화물을 갖는 다중 상 합금을 형성시키는 단계(d), 다중 상 합금을 냉간 가공하여 횡단면적을 이차적으로 감소시키는 단계(e), 다중 상 합금을 석출된 입자의 용적 분율을 증가시키기에 유효한 온도 및 시간 동안 제2 시효 어닐링시켜 전기 전도도를 상승시키는(여기서, 제2 시효 어닐링 온도는 제1 시효 어닐링 온도 미만이다) 단계(f)를 순차적으로 포함한다. 이 방법은 본원 발명의 제1 및 제2 양태의 구리 합금 뿐만 아니라, 선택된 다른 구리 합금에 적용할 수 있다.
- <20> 본원 발명의 또 다른 양태는 위에 기재된 방법에 의한 가공에 따르는 제2 구리 합금에 관한 것이다. 이러한 구리 합금은 전기 접속기로 성형시키기에 적합하며, 니켈 1 내지 2.5중량%, 코발트 0.5 내지 2.0중량%(여기서, 니켈과 코발트의 전체 함량은 1.7 내지 4.3중량%이다), 규소 0.5 내지 1.5중량%(여기서, (Ni+Co):Si의 중량비는 2:1 내지 7:1이다), 항복 강도와 전기 전도도의 조합을 개선시키기에 유효한 양 내지 1.0중량%의 은, 티탄, 지르코늄 또는 이들의 혼합물, 마그네슘 0.15% 이하로 필수적으로 이루어지고, 잔여량은 구리 및 불가피한 불순물이며, 여기서 가공된 구리 합금의 전기 전도도는 40% IACS를 초과한다.
- 발명의 실시를 위한 구체적인 내용**
- <21> 본원 발명의 제1 양태에 따라서, 본원 발명의 구리 합금은 조절된 양의 니켈, 코발트 및 규소, 및 니켈 대 코발트의 조절된 비를 함유하는 가공된 합금이다. 또한, 특히 아연, 크롬, 마그네슘, 주석 및 인의 불순물 수준이 조절된다. 구리 합금은 40% IACS를 초과하는 전기 전도도를 갖고, 자동차 및 멀티미디어와 같은 적용에 대한 전기 접속기로 형성하기에 적합하다.
- <22> 니켈 및 코발트
- <23> 니켈 및 코발트는 규소와 배합되어 시효 경화에 효과적인 규화물을 생성하고, 입자 성장을 제한하고, 내연화성을 증가시킨다. 니켈은 1 내지 2.5%의 양으로 존재한다. 니켈 함량이 1% 미만인 경우, 합금의 강도는 불충분하다. 니켈 함량이 2.5%를 초과하는 경우, 전기 전도도 및 열간 가공 능력이 감소된다. 바람직한 양태에서, 니켈 함량은 1.3 내지 1.9%이며, 가장 바람직한 양태에서, 니켈 함량은 1.3 내지 1.5%이다.
- <24> 코발트는 0.5 내지 2.5%의 양으로 존재한다. 코발트 함량이 0.5% 미만인 경우, 코발트-함유 규화물 제2상의 불충분한 석출이 존재한다. 또한, 최소 코발트 함량이 0.5%인 코발트와 최소 규소 함량이 0.5%인 규소가 배합되는 경우, 용체화 후의 합금의 입자 크기는 20 μm 이하로 유지된다. 코발트 함량이 2.5%를 초과하는 경우, 과량의 제2상 입자가 석출되어 성형성을 감소시키고, 구리 합금에 바람직하지 않은 강자성 특성이 부여될 수 있다. 바람직하게는, 코발트 함량은 약 0.5 내지 약 1.5%이며, 가장 바람직한 양태에서, 코발트 함량은 약 0.7 내지 약 1.2%이다.
- <25> 석출 시효 동안에, 1.0% 이상의 코발트 함량이 연속적 석출을 위해 기포성 석출을 억제하는 것으로 믿어진다. 기포성 석출은 평행 Cu-풍부 및 Ni₂Si 박층의 불규칙한 배열을 형성시켜 시효 처리 동안에 이동하는 입자 경계 뒤에 형성된다. 규화물 박층은 일반적으로 너무 커서 효과적인 시효 경화를 제공하지 못하며, 구리 성분이 재결정되고 연화된다. 강한 시효 경화 반응에 기여하는 마이크론 이하 크기의 응집된/반-응집된 입자를 제공하는 연속적 석출이 더욱 바람직하다.
- <26> 니켈과 코발트의 합은 1.7 내지 4.3중량%로 유지된다. 바람직하게는, 합이 2 내지 4중량%이며, 가장 바람직하게는, 합은 2.3 내지 2.7중량%이다. 이러한 범위를 벗어나서, 바람직한 특성의 조합을 수득하는 합금을 가공하는 것은 곤란하다.
- <27> 니켈 대 코발트 중량비는 (Ni:Co)= 0.5:1 내지 5:1로 유지시켜 목적하는 조합 특성을 수득한다. 바람직하게는, 코발트에 대해 니켈이 약간 과량으로 존재하는데, 이때 니켈 대 코발트 중량비는 1.01:1 내지 2.6:1이며, 가장 바람직하게는 니켈 대 코발트 중량비는 1.05:1 내지 1.5:1이다.

- <28> 규소를 함유하는 구리 합금에서 니켈 및 코발트의 상호작용은 도 1을 참고하여 입증되며, 용체화 동안, 다량의 규화코발트를 구리 속으로 용해시키는 것이 곤란한데, 이는 구리-코발트-규소 합금의 고용한계 온도가, 코발트+규소가 2.5%에 필적하는 경우(참조점 2), 1050°C 이상으로 비교적 높기 때문이다. 유사하게, 니켈+규소가 4.0%에 필적하는 경우(참조점 4), 구리-니켈-규소 합금의 고용한계 온도는 또한 850°C 이상으로 비교적 높다. 니켈과 코발트의 혼합물이 존재하는 경우, 니켈 대 코발트 비는 고용한계 온도에 영향을 준다. 코발트+니켈+규소의 양이 3.0%에 필적하는 경우, 고용한계 온도는, 니켈 대 코발트 중량비가 1:1인 경우(참조점 6), 약 1000°C이다. 니켈 대 코발트 중량비가 2:1인 경우(참조점 7), 고용한계 온도는 약 915°C이고, 니켈 대 코발트 중량비가 4:1인 경우(참조점 8), 고용한계 온도는 약 905°C이다. 보다 낮은 고용한계 온도를 갖는 조성은 코발트, 니켈 및 규소의 구리 속으로의 고체 상태 용해를 용이하게 한다.
- <29> 합금이 아래에 기재된 바와 같이 가공되고, 이에 의해 제2 상 규화물이 석출된 경우, 약 20nm(200Å) 직경의 제2 상 입자의 전자 현미경 분석은 니켈이 직접 코발트를 대체함을 지시하며, 제2 상 입자에서 니켈 대 코발트 비는 벌크 합금에서의 비에 근접하는 비이다.
- <30> 규소
- <31> 규소는 니켈 및 코발트와 같은 규화물 형성자의 존재하에 있는 경우, 제2 상 규화물의 형성에 의해 강도를 증가시키기에 효과적이다. 규소 함량이 0.5% 미만인 경우, 강도를 증가시키기에는 불충분한 석출물 용적 분율이 형성되고, 용체화된 입자 크기를 조절하는 것이 곤란하다. 규소 함량이 1.5%를 초과하는 경우, 과도한 수의 조입자가 형성된다. 바람직하게는, 규소 함량이 0.5 내지 0.8%이며, 가장 바람직하게는, 0.55 내지 0.65%이다.
- <32> 본원 발명의 구리 합금의 전기 전도도는, (Ni+Co):Si 비의 중량비가 2:1 내지 7:1인 경우, 최고이다. 더욱 바람직하게는, (Ni+Co):Si 중량비는 3:1 내지 6:1이며, 가장 바람직하게는 3.5:1 내지 6:1이다. 합금 원소들인 니켈, 코발트 및 규소가 상기 비에 의해 한정된 양을 벗어나는 양으로 구리 합금에 존재하는 경우, 전기 전도도가 열화된다.
- <33> 은, 티탄 및 지르코늄
- <34> 은, 티탄, 지르코늄 또는 이를 합금의 배합물의, 총 1중량% 이하의 소량 첨가에 의해 항복 강도/전기 전도도 조합이 개선된다. 은의 첨가는 또한, 응력 완화 내성을 개선시킨다.
- <35> 본원 발명의 제2 양태에서, 구리 합금은 추가로 은, 티탄, 지르코늄 또는 이들의 배합물 1중량% 이하를 포함한다. 바람직하게는, 0.2 내지 0.7중량%의 이들 원소를 포함한다. 바람직한 양태에서, 은 0.2 내지 0.7중량%, 티탄 0.15 내지 0.3중량% 또는 지르코늄 0.2 내지 0.5중량% 중의 한 가지를 첨가한다.
- <36> 다른 원소
- <37> 본원 발명의 구리 합금은 다른 불특정 원소를, 본원 발명의 구리 합금의 기본 특성을 실질적으로 변화시키기에 효과적이지 않은 양으로 함유할 수 있으며, 여전히 후속하는 청구의 범위의 범위 내에 있다. 또한, 구리 합금은 유사하게 특정의 불가피한 불순물을 함유한다. 그러나, 불순물 수준 및 불특정 첨가는 다음과 같이 제한된다.
- <38> 아연 - 아연 함량은 최대 0.5%, 바람직하게는 0.25% 이하로 유지된다. 아연 함량이 이러한 최대량을 초과하는 경우, 전기 전도도가 감소한다. 가장 바람직하게는, 최대 아연 함량은 0.1% 미만이다.
- <39> 크롬 - 크롬 함량은 최대 0.08%로 유지된다. 크롬 함량이 이러한 최대량을 초과하는 경우, 조악한 크롬-함유 규화물을 형성할 가능성은 증가한다. 바람직하게는, 크롬 함량은 0.02% 미만이다.
- <40> 주석 - 주석 함량은 최대 0.3%로 유지되고, 바람직하게는 0.04% 미만이다. 주석 함량이 이러한 최대량을 초과하는 경우, 전기 전도도는 감소한다. 가장 바람직하게는, 주석 함량은 0.02% 미만이다.
- <41> 인 - 인 함량은 바람직하게는 0.04% 미만이다. 인이 이 수준을 초과하는 경우, 인화코발트 및 인화니켈이 석출되어 규화물 형성에 유용한 코발트 및 니켈의 양을 감소시킬 수 있다. 바람직하게는, 인 함량은 0.02% 미만이다.
- <42> 탈산화, 탈황화 및 탈탄화를 위한, 소량이지만 유효한 양의 원소가 존재할 수 있다. 일반적으로, 이들 원소는 0.15% 이하의 양으로, 바람직하게는 0.005 내지 0.04%의 양으로 존재한다. 이러한 원소는 마그네슘, 칼슘 및 미시(misch) 금속을 포함한다. 마그네슘은 또한, 가공 시효 어닐링 열 처리 동안에 응력 완화 내성 및 내연화성을 증가시키며, 가장 바람직하다.

- <43> 0.1% 미만의 하나의 원소 및 총 0.5%의 양으로 존재할 수 있는 다른 원소는 철, 망간, 알루미늄, 납, 비스무트, 황, 텔루륨, 셀렌, 베릴륨, 비소, 안티몬 및 봉소를 포함한다.
- <44> 이러한 기술은 본원 발명의 구리 합금 스트립의 제조방법으로 특정하게 도출되는 한편, 본원 발명의 합금 및 본원 발명의 방법은 다른 구리 합금 제품(예: 호일, 와이어, 바 및 튜브)의 제조에 동일하게 적용할 수 있다. 또한, 통상적인 주조(예: 스트립 주조, 분말 야금술 및 분무 주조) 이외의 다른 방법이 또한 본원 발명의 범위 내에 있다.
- <45> 도 2를 참조하여, 본원 발명의 제3 양태에 따라서, 구리 합금은 스트립 또는 다른 유용한 형태로 형성된다. 적당한 비율의 합금 성분의 혼합물을 용융된 구리에 첨가한다. 용융된 금속을 직접 냉각(DC) 주조시키기에 적합한 주형에 붓고, 주조시켜(10) 잉곳(ingot)을 형성시킨다. 다른 방법(예: 분무 주조, 얇은 스트립 주조 및 연속 또는 반연속 주조)을 사용하여 합금을 열간 압연(12) 또는 냉간 압연시키기에 적합한 형태로 나타낼 수 있다.
- <46> 합금은 750 내지 1050°C의 온도에서 열간 가공(12)시킨다. 바람직한 열간 가공 온도는 850 내지 1000°C이다. 스트립에 대해, 열간 가공은 일반적으로 열간 압연인 한편, 로드 및 와이어에 대해, 압출을 사용할 수 있다. 열간 가공 후, 합금은 일반적으로 용체화에 편리한 게이지로 냉간 가공(13)시킬 수 있다. 스트립 형태인 경우, 용체화에 예시적인 두께는 약 0.05mm(0.002in) 내지 약 2.54mm(0.10in)이다. 표면은 밀링 또는 브러싱에 의한 것과 같이 컨디셔닝하여 목적하는 표면 특성을 수득할 수 있다.
- <47> 다음에, 구리 합금을 제1 온도 및 제1 시간에서 용체화 어닐링(14)하며, 이 때 온도 및 시간의 조합은 단일 상합금을 실질적으로 형성시키기에 유용하다. 적합한 용체화 온도는 약 750 내지 약 1050°C이며, 적합한 시간은 중성 또는 환원 대기에서 약 10초 내지 약 1시간이다. 일반적으로, 니켈이 많이 존재할수록, 용체화 온도는 낮아져서 조 입자의 형성을 감소시킨다(도 1의 참조선 4를 참고). 코발트가 많이 존재할수록, 용체화 온도는 높아져서 고형 상태 용해를 촉진시킨다(도 1의 참조선 2를 참고). 도 2를 다시 참조하면, 스트립에 대해, 바람직한 용체화 어닐링(14)은 약 800 내지 약 1000°C의 온도에서 약 10초 내지 약 5분의 시간 동안 수행된다. 가장 바람직한 용체화 온도는 900 내지 975°C이다.
- <48> 용체화 어닐링(14)에 이어서, 주위 온도로 급냉 또는 급속 냉각(16)이 후속한다(주위 온도는 일반적으로 20°C이다). 바람직하게는 냉각 속도는 분당 100°C를 초과한다. 급냉 또는 급속 냉각 후, 구리 합금은 약 25% IACS(14.5MS/m) 미만의 전기 전도도 및 바람직하게는 약 5 내지 20 μ m인, 등방상 입자 크기를 갖는다.
- <49> 용체화 어닐링에 이은 급냉의 순서를 여러 차례 반복할 수 있으며, 임의의 냉간 압연 단계는 이러한 어닐링 사이에 삽입된다. 다수의 순서는 더욱 균일한 입자 분포 및 조직을 유도할 수 있다. 일반적으로, 마지막 것을 제외한 각 용체화 어닐링의 온도는 위에 광범위하게 정의된 범위 내에 어디든지 존재할 수 있다. 최종 용체화 어닐링 온도에 의해 입자 크기가 조절되며, 따라서 더욱 정확하게 선택하여 바람직한 입자 크기를 수득하고/하거나 바람직한 직경을 갖는 제2 상 입자의 조절된 용적 분율을 수득한다.
- <50> 급냉(16) 후, 구리 합금을, 규화물을 함유하는 다중 상 합금을 형성시키기에 유효한 제2 상의 양을 석출시키기 위해 유효한 온도 및 시간 동안 제1 시효 어닐링(18)시킨다. 스트립에 대해, 예시적인 제1 시효 어닐링은 약 350 내지 약 600°C의 온도에서 자연 또는 환원 대기에서 30분 내지 30시간의 시간 동안 수행된다. 더욱 바람직하게는, 제1 시효 어닐링(18)은 약 475 내지 약 550°C의 온도에서 약 30분 내지 약 24시간의 시간 동안 수행된다. 제1 시효 어닐링에 가장 바람직한 온도 범위는 490 내지 530°C이다. 제1 시효 어닐링(18)이 냉간 가공을 개입시키지 않고 용체화 → 급냉 순서에 즉시 후속되는 경우, 최종 생성물에서 전기 특성, 기계적 특성, 성형성 및 응력 완화 내성의 최적 조합이 수득된다.
- <51> 본원 발명의 대체 방법은 급냉 및 제1 시효 어닐링 사이에 냉간 압연 단계를 포함하며, 제2 시효 온도는 제1 시효 온도 미만인 단서에 적용한다.
- <52> 본원에서 기술된 어닐링은 단계 어닐링 방법(step anneal process)일 수 있다. 일반적으로, 단계 어닐링에서, 제1 단계는 제2 단계보다 높은 온도에서 존재한다. 단계 어닐링은 일정한 온도 어닐링에 의한 것보다 우수한 강도와 전기 전도도의 조합을 초래할 수 있다. 다음에, 합금은 5 내지 50% 두께가 감소되어 냉간 가공되며, 전기 전도도를 증가시키기에 유효한 온도 및 시간 동안 제2 시효 어닐링(22)시킨다. 바람직하게는, 제2 시효 어닐링(22) 온도는 제1 시효 어닐링(18) 온도 미만이다. 스트립에 대해, 예시적인 제2 시효 어닐링 온도는 중성 또는 환원 대기에서 약 10초 내지 30시간의 시간 동안 약 350 내지 약 600°C이다. 더욱 바람직하게는, 제2 시효 어닐링(22)은 약 350 내지 약 500°C의 온도에서 약 1시간 내지 약 24시간의 시간 동안 수행된다. 제2 시효 어닐링(22)이 후속되는 냉간 가공(20)의 순서를, 목적하는 게이지 및 특성이 수득될 때까지, 여러 차례 반복할 수 있

다.

<53> 상기 방법은 본원 발명의 구리 합금에 특히 적합하게 되는 한편, 당해 방법은 또한 다른 석출 경화 구리 합금에 적용할 수 있다. 특정 구리-M-규소 합금(여기서, M은 바람직하게는 니켈, 코발트 또는 이들의 혼합물인 규화물 형성자이다)에 있어서, 0.5 내지 5%의 M 및 0.2 내지 1.5%의 규소를 함유하는 것이 이 방법으로부터 유리할 수 있다.

<54> 본원 발명의 방법으로부터 또한 유리한 것으로 보이는 또 다른 구리-상 합금 시스템은 Cu-X-Ti(여기서, X는 티타네이트 형성자이다)이다. 바람직한 조성물은 0.35 내지 5%의 티탄 및 0.001 내지 5%의 X(여기서, X는 Ni, Fe, Sn, P, Al, Zn, Si, Pb, Be, Mn, Mg, Bi, S, Te, Se, Ag, As, Sb, Zr, B, Cr 및 Co 및 이들의 배합물로부터 선택된다) 및 잔여량의 구리 및 불가피한 불순물을 함유한다. 바람직한 양태에서, 이 합금은 2002년 9월 13일자로 출원된 공계류중인 미국 특허원 제60/410,592호에 기재된 바와 같이 니켈 0.5 내지 5% 및 티탄 0.35 내지 2.5%을 함유한다.

<55> 도 3에 도시된 바와 같이, 대체 방법에 따라서, 구리 합금을 처리하여 가공시 용체화 열 처리를 사용하지 않고, 게이지를 가공할 수 있다. 주조(10), 열간 압연(12) 및 제1 냉간 가공(13)의 단계는 상기와 같다. 제1 냉간 가공(13) 후, 합금을 약 350 내지 약 600°C의 온도에서 약 30분 내지 약 30시간의 시간 동안 중성 또는 환원 대기에서 제1 시효 어닐링(18)시킨다. 더욱 바람직하게는, 제1 시효 어닐링(18)은 약 450 내지 약 575°C의 온도에서 약 30분 내지 약 24시간의 시간 동안이다. 상기 방법에 대하여, 시효 어닐링은 단계별 방식으로 존재할 수 있다.

<56> 제1 시효 어닐링(18)에는 바람직하게는 구리 합금의 두께를 약 10 내지 약 50%, 더욱 바람직하게는 15 내지 30% 감소시키는 제2 냉간 가공 단계(20)가 후속된다. 제2 냉간 가공 단계에는 제1 시효 어닐링보다 낮은 온도(예: 약 350 내지 약 500°C)에서 약 10초 내지 약 30시간의 시간 동안 중성 또는 환원 대기에서 제2 시효 어닐링(22)이 후속된다. 더욱 바람직하게는, 제2 시효 어닐링(22)은 약 375 내지 약 475°C의 온도에서 약 1시간 내지 약 24시간의 시간 동안 수행된다. 제2 시효 어닐링에 가장 바람직한 온도 범위는 400 내지 450°C이다.

<57> 제2 시효 어닐링(22)이 후속되는 제2 냉간 가공(20)의 단계는, 구리 합금 스트립이 최종 게이지로 존재할 때까지, 여러 차례 반복할 수 있다. 이러한 대체 방법은 높은 전기 전도도를 갖는 제품을 제조하기에 특히 좋다.

<58> 본원 발명의 합금 뿐만 아니라, 본원 발명의 방법에 따라 제조된 다른 구리-니켈(및/또는 코발트)-규소 합금은 도 4에 도시된 종류의 전기 및 전자 접속기 조립품의 제조에 특히 적합하다. 이러한 접속기 조립품(40)은 본원 발명의 구리 합금 및 본원 발명의 방법에 따라 가공된 다른 구리 합금을 사용한다. 접속기 조립품(40)은 소켓(42) 및 플러그 또는 잭(44)을 포함한다. 소켓(42)은 구리 합금 스트립으로부터 형성되고, 일반적으로 플러그(44)를 접촉시키기 위한 플랫(46)을 사용하여 목적하는 형상으로 굴절시킨다. 플러그(44)와의 일정한 접촉은 플러그(44)의 삽입으로 유발된 플랫(46)의 대체에 의해 합금 스트립에 생성된 응력에 의해 유지된다. 접속기 조립품(40)은 승온에서 노출되는 경우, 더욱 현저하게 온도가 100°C를 초과하는 경우, 이러한 내부 응력은 점차로 소산되고(응력 완화), 플랫(46) 및 플러그(44) 사이의 접촉은 열화된다. 본원 발명의 합금 및 본원 발명의 방법에 따라 가공된 다른 구리 합금은 승온 응력 완화에 더욱 잘 견디며, 개선된 전기 접속기를 생성한다.

<59> 본원 발명은 추가로 다음 실시예에 의해 상세히 기재된다.

실시예

<60> 표 1에 열거된 중량%의 조성을 갖는 구리 합금은 0.15m × 0.76mm × 7.6m(6in × 30in × 25ft) 바(bar)로 직접 냉각(DC) 주조에 의해 (접두사 "RN"으로 확인되는) 생성된 바로서 제조되거나 4.54kg(10lb) 실험실 잉곳(접두사 "J"로 확인)으로 주조된다. 실시예에서 달리 지시하지 않는 한, 생성된 바는 처리하여 약 900°C에서 침지시키고 15.2mm(0.6in)로 열간 압연시킴으로써 판을 밀링시킨다. 열간 압연된 코일을 약 600°C에서 약 5 내지 15시간 동안 침지시킨 다음에, 밀링시켜 표면 열간 압연 동안에 발현되는 산화물을 제거한다.

<61> 실시예에서 달리 지시하지 않는 한, 실험실 잉곳을 처리하여 실리카 도가니에서 용융시키고 용융된 금속을 스텔 주형으로 주조시켜 판을 밀링시킨다. 게이팅(gating) 후에, 잉곳은 10.2cm × 10.2cm × 4.45cm(4in × 4in × 1.75in)이다. 잉곳을 약 3시간 동안 약 900°C에서 침지시키고, 2.79cm(1.1in)로 열간 압연시킨다. 열간 압연된 판을 약 900°C로 재가열하고, 추가로 약 1.27cm(0.5in)로 열간 압연시킨다. 1.27cm(0.5in) 판을 약 900°C로 재가열하고, 그 온도에서 5분동안 유지시킨 다음에, 물 급냉시킨다. 다음에, 급냉시킨 판을 약 600°C에서 약 5 내지 15시간 동안 침지시키고, 트리밍(trimming)한 다음에, 밀링시켜 열간 압연 동안에 밀링시킨 표면 산화물을 제거한다.

거한다.

표 1

링곳 ID	코발트	규소	마그네슘	니켈	Ni:Co	(Ni+Co)/Si
J394	0.89	0.41	0.05	1.46	1.64	5.73
J395	-0-	0.62	0.08	2.72	-X-	4.39
J401	1.06	0.62	0.08	1.67	1.67	4.40
J620	2.26	1.02	0.11	2.39	1.06	4.56
J623	1.06	0.49	0.11	1.53	1.44	5.29
J624	1.59	0.78	0.11	2.32	1.45	5.01
J658	0.58	0.60	0.09	2.00	3.45	4.30
J659	1.04	0.60	0.09	1.45	1.39	4.15
J660	1.55	0.59	0.08	1.45	0.94	5.08
J661	2.02	0.60	0.09	1.50	0.74	5.87
J662	1.01	0.59	0.09	2.00	1.98	5.10
J663	1.42	0.59	0.08	1.97	1.39	5.75
J665	1.44	0.37	0.09	1.97	1.37	9.22
J666	1.86	0.80	0.09	1.46	0.78	4.15
J667	2.38	0.82	0.10	1.51	0.63	4.74
J668	1.95	0.77	0.09	1.95	1.04	4.97
J669	0.98	0.82	0.09	3.01	3.07	4.87
J671	2.92	1.00	0.10	1.52	0.52	4.44
J672	2.32	1.00	0.09	2.38	1.03	4.70
J673	1.55	1.07	0.08	2.88	1.86	4.14
J676	1.86	0.71	0.10	1.45	0.78	4.66
J684	2.02	0.72	0.10	1.53 +0.23 Ti	0.76	4.93
J686	1.92	0.71	0.11	1.50 +0.28 Ag	0.78	4.82
J687	1.82	0.69	0.11	1.46 +0.14 Zr	0.80	4.75

영곳 ID	코발트	규소	마그네슘	니켈	Ni:Co	(Ni+Co)/Si
J716	1.73	0.74	0.10	1.72	0.99	4.60
J717	1.13	0.72	0.08	2.41	2.13	4.92
J718	0.51	0.73	0.09	3.08	6.04	4.92
J719	2.67	0.73	0.09	-0-	-0-	3.65
J720	1.83	0.73	0.09	0.96	0.52	3.82
J721	1.37	0.73	0.09	1.45	1.06	3.86
J722	0.89	0.73	0.09	1.93	2.17	3.86
J723	0.55	0.70	0.10	2.27	4.13	4.03
J724	-0-	0.69	0.07	2.82	-X-	4.09
J727	0.43	0.71	0.09	1.73	4.02	3.03
J728	0.70	0.72	0.10	1.52	2.17	3.08
J729	0.95	0.75	0.10	1.14	1.20	2.79
J730	0.66	0.73	0.10	0.68	1.03	1.84
J731	-0-	0.49	0.10	2.44	-X-	4.98
J737	1.14	0.38	0.10	0.55	0.48	4.45
J738	1.32	0.44	0.10	0.68	0.52	4.55
J739	1.60	0.56	0.10	0.82	0.51	4.32
J740	2.06	0.71	0.10	0.98	0.48	4.28
J741	2.23	0.81	0.11	1.10	0.49	4.11
J742	2.57	0.94	0.08	1.24	0.48	4.05
J743	2.92	1.13	0.09	1.40	0.48	3.82
J772	4.35	1.40	0.09	1.92	0.44	4.48
J824	1.80	0.60	0.12	0.77	0.43	4.28
J834	1.77	0.60	-0-	0.76 + 0.20 Ag	0.43	4.22
J835	1.88	0.64	-0-	0.75	0.40	4.11
J836	1.86	0.63	0.10	0.75 + 0.21 Ag	0.40	4.14
J910	0.64	0.56	0.09	1.79	2.80	3.86

<63>

ingot ID	코발트	규소	마그네슘	니켈	Ni:Co	(Ni+Co)/Si
J954	1.17	0.60	-0-	1.22 + 0.052 Ag	1.04	3.98
J955	1.18	0.59	-0-	1.21 + 0.099 Ag	1.03	4.05
J956	1.17	0.59	-0-	1.22 + 0.19 Ag	1.04	4.05
J969	1.04	0.61	0.001	1.37	1.32	3.95
J970	1.05	0.62	0.01	1.37	1.30	3.90
J971	1.04	0.62	0.021	1.38	1.33	3.90
J972	1.05	0.63	0.033	1.38	1.31	3.86
J973	1.05	0.62	0.044	1.39	1.32	3.94
J981	1.05	0.63	0.016	1.40 + 0.053 Ag	1.33	3.78
J982	1.06	0.62	0.025	1.39 + 0.099 Ag	1.31	3.95
J983	1.07	0.63	0.023	1.40 + 0.195 Ag	1.31	4.05
J984	1.06	0.63	0.017	1.39 + 0.39 Ag	1.31	3.89
J989	0.66	0.61	0.08	1.83	2.77	4.08
RN5030 14	1.97	0.74	0.09	1.48	0.75	4.60

<64>

실시예 1

<66>

본 실시예는 본원 발명의 합금이 규소 및 코발트 함량을 둘 다 0.5중량%를 초과하여 갖는 이유를 설명한다.

<67>

표 2에 열거된 합금의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 800 내지 1000°C의 온도에서 60초 동안 용체화시킨 후, 물로 급냉(18)시킨다. 입자 크기는 광학 현미경측정법에 의해 측정하고, 표 2에 보고한다. 합금 J724에 대해, 900°C 및 950°C의 용체화 온도에서, 입자 크기는 측정하기보다는 평가한다.

표 2

영곳 ID	용체화 열 처리	평균 입자 크기 (μm)
본 발명의 합금		
J401	850°C/60 초	6
	950°C/60 초	16
J667	925°C/60 초	5
	950°C/60 초	5
	975°C/60 초	5
J671	925°C/60 초	5
	950°C/60 초	5
	975°C/60 초	5
J719	900°C/60 초	7
	950°C/60 초	8
	1000°C/60 초	14
J720	900°C/60 초	6
	950°C/60 초	8
	1000°C/60 초	20
J721	900°C/60 초	8
	950°C/60 초	8
	1000°C/60 초	30
J722	900°C/60 초	9
	950°C/60 초	13
	1000°C/60 초	43

<68>

영곳 ID	용체화 열 처리	평균 입자 크기 (μm)
본 발명의 합금		
J723	900°C/60 초	9
	950°C/60 초	12
	1000°C/60 초	39
RN503014	925°C/60 초	5
	950°C/60 초	6
	975°C/60 초	8
비교 실시예		
Co=0	800°C/60 초	7
	840°C/60 초	9
	900°C/60 초	60
	950°C/60 초	140
	1000°C/60 초	250
J394 Si=0.41%	850°C/60 초	9
	880°C/60 초	11
	950°C/60 초	34

<69>

표 2의 데이터는 직경 약 $20\mu\text{m}$ 미만의 조절된 미세 입자 크기가, 950°C에 이르는 용체화 온도에서, 합금이 0.5% 이상의 코발트 및 규소를 함유하는 경우, 수득됨을 예시한다. 이러한 입자 크기 조절은, 코발트 또는 규소 함량

이 0.5% 미만인 경우, 달성되지 않는다.

실시예 2

<72> 본 실시예는 높은 항복 강도와 높은 전기 전도도의 조합을 위해 0.5%를 초과하는 규소 함량 및 1.7 내지 4.3%의 니켈과 코발트의 총량을 유지시키는 효과를 설명한다.

<73> 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 950°C에서 60초 동안 용체화시킨 후, 물로 급냉시킨다. 이러한 합금을 525°C에서 3시간 동안 제1 시효시키고, 0.30mm(0.0120in) 게이지로 25%의 두께 감소로 냉간 압연시키고, 425°C에서 6시간 동안 제2 시효시킨다. 수득된 항복 강도와 전기 전도도의 조합은, 90° 양호한 방식 및 불량 방식 굴곡 성형성이 그러하듯이, 표 3에 기재되어 있다.

표 3

합금	규소 (중량%)	니켈+ 코발트 (중량%)	항복 강도	전기 전도도 (%IACS)	90° mbr/t			
					(ksi)	(MPa)	양호한 굴곡 (GW)	불량한 굴곡 (BW)
본 발명의 합금								
J739	0.56	2.42	110	758	52.7	2.2	2.2	
J740	0.71	3.04	113	779	52.8	2.7	2.3	
J741	0.81	3.33	116	800	52.5	2.2	2.5	
J742	0.94	3.81	118	814	51.7	2.3	3.9	
J743	1.13	4.32	118	814	51.0	3.0	3.9	
비교 실시예								
J737	0.38	1.69	104	717	56.5	N.D.	N.D.	
J738	0.44	2.00	108	745	54.1	2.0	2.3	
J772	1.40	6.27	121	834	47.0	3.9	3.9	

<74>

<75> 표 3 데이터는 50% IACS 전기 전도도가 0.4 내지 1.13%의 규소 수준 및 1.7 내지 4.3%의 (Ni+Co) 수준에서, Ni/Co 및 (Ni+Co)/Si 비가 각각 약 0.5 및 3.8 내지 4.6에서 고정되는 경우, 수득됨을 예시한다. 데이터는 약 0.5% 이상의 Si를 함유하는 합금이 758MPa(110ksi) 및 50% IACS의 조합에 도달함을 지시한다. 이러한 데이터는 또한, 상술된 범위 내에서 규소 및 (Ni+Co) 수준이, 전기 전도도의 상당한 변화 없이, 항복 강도를 상승시킴을 예시한다.

<76>

실시예 3

<77> 본 실시예는 2 이상의 Ni/Co 비가 최대 항복 강도를 제공하는 한편, 1 미만의 Ni+Co 비는 가공 게이지에서 더욱 우수한 전기 전도도를 제공함을 예시한다. 표 4에 열거된 합금의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 900°C 및 1000°C의 온도에서 60초 동안 용체화시킨 후, 물로 급냉시킨다. 이러한 합금을 525°C에서 3시간 동안 제1 시효 어닐링시키고, 0.30mm(0.0120in) 게이지로 25%의 두께 감소로 냉간 압연시킨 다음에, 425°C에서 6시간 동안 제2 시효 어닐링시킨다.

<78>

가공 게이지에서 합금의 기계적 및 전기 특성은 표 4에 상술되어 있다. 데이터는 감소된 Ni/Co 비가 전기 전도도를 증가시키고 항복 강도를 감소시킴을 나타낸다. Ni/Co 비에 대한 항복 강도와 전기 전도도의 의존성은 예상되지 않는다.

표 4

합금	Ni:Co 비	가공 계이지 특성		
		항복 강도 (ksi)	전기 전도도 (% IACS)	
		(ksi)	(MPa)	
J719	-0-	104.8	722.6	54.0
J720	0.52	113.0	779.1	47.7
J721	1.06	115.3	795.0	46.8
J722	2.17	116.6	804.0	45.3
J723	4.13	114.9	792.2	45.6

<79>

<80>

실시예 4

<81>

본 실시예는 항복 강도와 전기 전도도의 최고 조합은, $(\text{Ni}+\text{Co})/\text{Si}$ 비가 3.5 내지 6.0인 경우, 수득됨을 예시한다. 표 5에 열거된 합금의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 950°C에서 60초 동안 용체화시킨 후, 물로 급냉시킨다. 다음에, 합금을 525°C에서 3시간 동안 제1 시효시키고, 0.30mm(0.0120in) 계이지로 25%의 두께 감소로 냉간 압연시킨 다음에, 425°C에서 6시간 동안 제2 시효시킨다. 표 5 및 도 5에 도시된 바와 같이, $(\text{Ni}+\text{Co})/\text{Si}$ 비가 3.5(도 5에서 참조선(50)) 내지 6.0(도 5에서 참조선(52))인 경우, 758MPa(110ksi)를 초과하는 항복 강도와 40% IACS를 초과하는 전기 전도도의 조합이 수득된다.

표 5

합금	(Ni+Co)/Si	가공 계이지 특성		
		항복 강도 (MPa)	(ksi)	전기 전도도 (% IACS)
J730	1.84	648.1	94.0	29.6
J729	2.79	732.9	106.3	38.4
J727	3.03	708.1	102.7	36.7
J728	3.08	737.8	107.0	36.8
J722	3.86	804.0	116.6	45.3
J721	3.86	795.0	115.3	46.8
J723	4.03	792.2	114.9	45.6
J673	4.14	850.8	123.4	45.9
J659	4.15	790.9	114.7	49.2
J666	4.15	805.3	116.8	49.9
J716	4.60	805.3	116.8	47.7
J672	4.70	809.5	117.4	44.3
J669	4.87	852.2	123.6	43.0
J717	4.92	829.5	120.3	45.5
J718	4.92	854.3	123.9	45.8
J668	4.97	812.2	117.8	46.3
J660	5.08	772.9	112.1	47.7
Alloy	(Ni+Co)/Si	가공 계이지 특성		
		항복 강도 (MPa)	(ksi)	전기 전도도 (% IACS)
J662	5.10	808.1	117.2	47.8
J663	5.75	790.1	114.7	41.7
J661	5.87	746.7	108.3	40.9
J665	9.22	673.6	97.7	33.3

<82>

<83>

실시예 5

<84>

본 실시예는 은, 티탄 또는 지르코늄의 소량 첨가에 의해 항복 강도와 전기 전도도의 조합이 증가됨을 예시한다. 표 6에 열거된 합금의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 900 내지 975°C의 온도에서 60초 동안 용체화시킨 후, 물로 급냉시킨다. 이러한 합금을 525°C에서 3시간 동안 제1 시효시키고, 0.30mm(0.0120in) 계이지로 25%의 두께 감소로 냉간 압연(24)시킨 다음에, 425°C에서 6시간 동안 제2 시효시킨다. 가공 계이지에서 항복 강도와 전기 전도도는 표 6에 보고되어 있으며, 은, 티탄 또는 지르코늄의 저농도 합금 첨가(dilute alloy addition)에 의해 합금의 항복 강도/전기 전도도 조합이 개선됨을 예시한다.

표 6

합금	조성	용체화 어닐링 온도 (°C)	가공 케이지 특성		
			항복 강도 (ksi)	(MPa)	전기 전도도 (%IACS)
J676	1.86 - Co	900°C	110	758	49.6
	1.45 - Ni	950°C	113	779	47.5
	0.71 - Si	975°C	115	793	45.9
	0.10 Mg				
J686	1.92 - Co	900°C	103	710	53.0
	1.50 - Ni	950°C	114	786	48.7
	0.71 - Si	975°C	117	807	47.8
	0.11 - Mg				
	0.28 - Ag				
J684	2.02 - Co	900°C	104	717	54.0
	1.53 - Ni	950°C	115	793	50.3
	0.72 - Si	975°C	116	800	47.7
	0.10 - Mg				
	0.23 - Ti				
J687	1.82 - Co	900°C	104	717	54.0
	1.46 - Ni	950°C	115	793	49.6
	0.69 - Si	975°C	119	821	48.8
	0.11 - Mg				
	0.14 - Zr				

<85>

<86>

표 7에 열거된 합금의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 975°C의 온도에서 60초 동안 용체화시킨 후, 물로 급냉시킨다. 이러한 합금을 525°C에서 3시간 동안 제1 시효시키고, 0.30mm(0.0120in) 케이지로 25%의 두께 감소로 냉간 압연시킨 다음에, 400°C에서 16시간 동안 제2 시효시킨다. 가공 케이지에서 항복 강도와 전기 전도도는 표 7에 보고되어 있으며, 은의 희석된 합금 첨가에 의해, 표 6 합금에 비해서 가공이 약간 변화되는 경우에 조차, 합금의 항복 강도/전기 전도도 조합이 개선됨을 확인한다.

표 7

합금	조성	용체화 어닐링 온도 (°C)	가공 케이지 특성		
			항복 강도 (ksi)	(MPa)	전기 전도도 (%IACS)
J835	1.88 - Co 0.75 - Ni 0.64 - Si	975°C	111	765	54.5
J834	1.77 - Co 0.76 - Ni 0.60 - Si 0.20 - Ag	975°C	116	800	53.5
J836	1.86 - Co 0.75 - Ni 0.63 - Si 0.21 - Ag 0.10 - Mg	975°C	114.5	789	52.8

<87>

<88>

실시예 6

<89>

본 실시예는 마그네슘 및/또는 은의 조절된 첨가에 의해 본원 발명의 합금의 응력 완화 내성을 개선시키는 방법을 예시한다. 실시예는 추가로, 낮은 Ni:Co 중량비(더욱 Co-풍부)를 갖는 합금이 높은 Ni:Co 중량비(더욱 Ni-풍부)를 갖는 합금보다 응력 완화 내성이 우수함을 예시한다. 이 효과는 합금이 추가로 은을 포함하는지 여부를 관찰한다.

<90>

표 8에 열거된 합금의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시킨다. 다음에, 합금 J824, J834, J835 및 J836을 975°C에서 60초 동안 용체화시키고, 525°C에서 3시간 동안 제1 시효시키고, 25%의 감소로 냉간 압연시킨 다음에, 400°C에서 16시간 동안 제2 시효 어닐링시킨다.

<91>

표 8에 열거된 다른 합금을 925°C에서 60초 동안 용체화시키고, 500°C에서 8시간 동안 제1 시효시키고, 25% 감소로 냉간 압연시키고, 400°C에서 16시간 동안 제2 시효 어닐링시킨다.

표 8

합금	3000시간 후의 잔여 백분율 응력				
	105°C-L	150°C-L	150°C-T	175°C-L	200°C-L
J835	89.5	80.2	---	72.4	66.2
J824	96.3	90.0	---	82.1	78.1
J834	---	89.1	---	---	---
J836	97.1	91.2	---	83.5	79.4
J969	91.3	79.5	77.1	66.9	63.2
J970	93.1	82.9	80.4	73.9	66.4
J971	93.8	85.0	83.7	78.7	68.4
J972	94.3	84.8	83.8	75.9	70.7
J973	94.1	85.8	83.3	77.0	68.1
J981	93.9	85.8	83.4	76.7	68.4
J954	86.3	75.7	---	66.8	56.2
J982	95.6	87.2	85.0	77.1	70.6

<92>

합금	3000시간 후의 잔여 백분율 응력				
	105°C-L	150°C-L	150°C-T	175°C-L	200°C-L
J955	88.3	76.8	---	64.3	57.0
J983	95.8	88.6	87.8	78.3	72.6
J956	92.9	82.7	---	71.0	65.1
J984	97.3	90.0	88.7	76.3	72.0

<93>

<94> 합금 J824(0.12% Mg) 및 J834(0.20% Ag)에 잔류하는 응력을 합금 J835(Mg 또는 Ag 없음)에 잔류하는 응력과 비교하면 Mg 또는 Ag의 조절된 첨가가 응력 완화 내성을 개선시킴이 나타난다. J836은 Mg 및 Ag의 조합이 또한 응력 완화 내성을 증진시킴을 나타낸다.

<95>

합금 J956(0.19% Ag)을 J954 및 J955와 비교하면 약 0.2% Ag가 응력 완화 내성을 상당히 개선시키기에 유용한 최소임이 나타난다. 또한, 합금 J981을 합금 J954에 또는 합금 J982를 합금 J955에 비교하면 본원 발명의 은-함유 합금에 마그네슘의 첨가는 응력 완화 내성을 추가로 증진시킴이 나타난다.

<96>

합금 J835(Ni:Co=0.40)을 합금 J969(Ni:Co=1.32)를 비교하고 합금 J834(Ni:Co=0.43)를 합금 J956(Ni:Co=1.04)에 비교하면, 은의 존재하에 및 은의 부재하에 코발트-퐁부 조성물이 니켈-퐁부 조성물보다 우수한 응력 완화 내성을 가짐이 나타난다.

<97>

실시예 7

<98>

본 실시예는 본원 발명의 방법이, 통상적인 가공 경로에 의해 가공된 유사한 합금에 비교하는 경우, 높은 전기 전도도를 갖는 구리-니켈-규소 합금을 생성함을 입증한다. 합금이 추가로 코발트를 함유하는 경우, 전기 전도도에서 이러한 증가는 항복 강도 증가를 수반한다.

<99>

표 9에 열거된 합금의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in) 또는 0.31mm(0.0123in)로 냉간 압연시키고, 800°C 및 950°C에서 60초 동안 용체화시킨 후, 물로 급냉시킨다. 용체화 후, 선행 기술 가공에 따라, 급냉시킨 합금을 0.91mm(0.016in) 내지 0.30mm(0.0120in) 두께로 25% 또는 0.31mm(0.0123in) 내지 0.20mm(0.008in) 게이지 두께로 35% 냉간 압연시키고, 450°C에서 2시간 동안 25% 냉간 압연 감소에 대해 또는 435°C에서 3시간 동안 35% 냉간 압연 감소에 대해 시효시킨다. 가공 게이지에서 기계적 특성은 표 9에 기재되어 있다.

표 9

합금	용체화 어닐링	항복 강도 (MPa) (ksi)	최후 인장 강도 (MPa) (ksi)	신장률 (%)	전기전도도 (% IACS)
J395 020 mm (0.008 인치) 두께 및 35% 냉간 압연 및 시효	800°C/60초	738 107	779 113	9	39.7
	840°C/60초	758 110	807 117	6	36.8
	880°C/60초	758 110	807 117	4	36.9
J394 0.20 mm (0.008 인치) 두께 및 35% 냉간 압연 및 시효	800°C/60초	579 84	607 88	6	47.6
	840°C/60초	586 85	621 90	6	45.0
	880°C/60초	607 88	648 94	6	41.7
J401 0.20 mm (0.008 인치) 두께 및 35% 냉간 압연 및 시효	800°C/60초	641 93	676 98	8	43.0
	840°C/60초	648 94	683 99	8	41.6
	880°C/60초	676 98	717 104	7	39.9
RN503014 0.30 mm (0.012 인치) 두께 및 25% 냉간 압연 및 시효	950°C/60초	696 101	738 107	3	35.6

<100>

합금	용체화 어닐링	항복 강도 (MPa) (ksi)	최후 인장 강도 (MPa) (ksi)	신장률 (%)	전기전도도 (% IACS)
J719 0.30 mm (0.012 인치) 두께 및 25% 냉간 압연 및 시효	950°C/60초	634 92	669 97	6	43.7

<101>

동일한 합금의 밀링된 판을 0.41mm(0.0160in)로 냉간 압연시키고, 850 내지 975°C의 온도에서 60초 동안 용체화 시킨 후, 물 굽냉시킨다. 본원 발명의 방법에 따라서, 냉간 가공을 개입시키지 않으면서, 합금을 525°C에서 3시간 동안 제1 시효시키고, 0.30mm(0.0120in) 게이지로 25%의 두께 감소로 냉간 압연시키고, 400°C에서 3시간 동안 제2 시효시킨다. 가공 게이지에서 기계적 특성은 표 10에 보고되어 있다.

표 10

합금	용체화 어닐링	항복 강도 (MPa) (ksi)	최후 인장 강도 (MPa) (ksi)	신장률 (%)	전기 전도도 (% IACS)		
J395 (Co 부재)	850°C/60초	696 703	101 102	758 758	110 110	7 7	46.1 46.5
	950°C/60초						
J394	850°C/60초	641 745	93 108	676 779	98 113	6 5	50.3 46.9
	950°C/60초						
J401	850°C/60초	683 807	99 117	717 841	104 122	4 5	49.2 45.7
	950°C/60초						
RN503014 0.41 mm (두께 0.012 in)	925°C/60초	710 765	103 111	745 800	108 116	6 5	49.8 48.8
	950°C/60초	827	120	869	126	6	46.1
	975°C/60초						
J719 (Ni 부재)	900°C/60초	662 731	96 106	690 758	100 110	6 5	55.4 52.7
	950°C/60초						

<103>

<104> 표 9에서 데이터와 표 10에서 데이터를 비교하면 제1 시효 어닐링과 함께 두가지 시효 어닐링을 사용하고 제1 시효 어닐링이 냉간 가공을 개입시키지 않고 용체화에 후속되는, 본원 발명의 방법은 전기 전도도를 상당히 증가시킴이 입증된다. 코발트를 함유하는 합금에 대해, 전기 전도도에서 이러한 증가는 강도의 증가와 병행된다.

<105>

실시예 8

<106>

본 실시예는 또한, 높은 강도와 높은 전기 전도도를 갖는 코발트-함유 합금이 본원 발명의 방법을 사용하여 수득됨을 예시한다. 표 11에 열거된 합금의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 850°C 또는 950°C에서 60초 동안 용체화시킨 후, 물 급냉시킨다. 이러한 합금을 525°C에서 3시간 동안 제1 시효시킨 다음에, 0.35mm(0.0136in) 또는 0.30mm(0.0120in) 게이지로 15% 또는 25%의 두께 감소로 냉간 압연시킨다. 냉간 압연시킨 후, 합금을 400°C에서 3시간 동안 또는 450°C에서 3시간 동안 제2 시효시킨다. 가공 게이지에서 기계적 특성은 표 10에 보고되어 있으며, 이는 용체화되고 제1 시효된(525°C/3시간) 스트립이 25% 냉간 압연되고, 400 내지 450°C에서 3 내지 6시간 동안 제2 시효되는 경우, 합금의 항복 강도는 약 138 내지 207MPa(20 내지 30ksi) 증가됨을 입증한다. 코발트 침가된 합금은 코발트가 부재하는 합금, J395보다 상당히 높은 항복 강도를 나타내며, 이는 예상치 않은 발견이다.

표 11

합금	용체화 이닐링 (°C)	냉간 압하율 (%)	제2 시효 온도 (°C)	특성			
				항복 강도 (ksi)		전기 전도도 (% IACS)	
0 코발트	850°C	15%	450°C	575.0	83.4	633.0	91.8
		25%	400°C	575.0	83.4	658.5	95.5
		15%	450°C	604.0	87.6	659.2	95.6
		25%	400°C	604.0	87.6	678.5	98.4
	950°C	15%	450°C	540.6	78.4	675.7	98.0
		25%	400°C	540.6	78.4	708.1	102.7
		15%	450°C	624.7	90.6	748.9	108.6
		25%	400°C	624.7	90.6	775.0	112.4
0.52 코발트	850°C	15%	450°C	540.6	78.4	675.7	98.0
		25%	400°C	540.6	78.4	708.1	102.7
		15%	450°C	624.7	90.6	748.9	108.6
		25%	400°C	624.7	90.6	775.0	112.4
	950°C	15%	450°C	446.8	64.8	625.4	90.7
		25%	400°C	446.8	64.8	655.7	95.1
		15%	450°C	544.0	78.9	699.1	101.4
		25%	450°C	544.0	78.9	708.1	102.7
0.89 코발트	850°C	15%	450°C	446.8	64.8	625.4	90.7
		25%	400°C	446.8	64.8	655.7	95.1
		15%	450°C	544.0	78.9	699.1	101.4
		25%	450°C	544.0	78.9	708.1	102.7
	950°C	15%	450°C	544.0	78.9	699.1	101.4
		25%	400°C	544.0	78.9	708.1	102.7
		15%	450°C	545.4	79.1	711.6	103.2
		25%	400°C	545.4	79.1	757.1	109.8
1.06 코발트	850°C	15%	450°C	454.4	65.9	609.5	88.4
		25%	400°C	454.4	65.9	648.1	94.0
		15%	450°C	545.4	79.1	711.6	103.2
		25%	400°C	545.4	79.1	757.1	109.8
	950°C	15%	450°C	490.2	71.1	644.0	93.4
		25%	400°C	490.2	71.1	665.4	96.5
		15%	450°C	603.3	87.5	749.5	108.7
		25%	400°C	603.3	87.5	777.8	112.8
J401	850°C	15%	450°C	490.2	71.1	644.0	93.4
		25%	400°C	490.2	71.1	665.4	96.5
		15%	450°C	603.3	87.5	749.5	108.7
		25%	400°C	603.3	87.5	777.8	112.8
	950°C	15%	450°C	490.2	71.1	644.0	93.4
		25%	400°C	490.2	71.1	665.4	96.5
		15%	450°C	603.3	87.5	749.5	108.7
		25%	400°C	603.3	87.5	777.8	112.8

<107>

합금	용체화 온도 (°C)	냉간 압하율 (%)	제2 시효 온도 (°C)	특성			
				항복 강도 (ksi)		전기 전도도 (% IACS)	
1.59 코발트	850°C	15%	450°C	495.1	71.8	637.1	92.4
		25%	400°C	495.1	71.8	679.2	98.5
		15%	450°C	586.8	85.1	758.5	110.0
		25%	400°C	586.8	85.1	784.0	113.7
	950°C	15%	450°C	523.3	75.9	656.4	95.2
		25%	400°C	523.3	75.9	697.1	101.1
		15%	450°C	647.4	93.9	787.4	114.2
		25%	400°C	647.9	93.9	824.6	119.6
2.26 코발트	850°C	15%	450°C	523.3	75.9	656.4	95.2
		25%	400°C	523.3	75.9	697.1	101.1
		15%	450°C	647.4	93.9	787.4	114.2
		25%	400°C	647.9	93.9	824.6	119.6
	950°C	15%	450°C	647.4	93.9	787.4	114.2
		25%	400°C	647.9	93.9	824.6	119.6
		15%	450°C	647.4	93.9	787.4	114.2
		25%	400°C	647.9	93.9	824.6	119.6

<108>

<109> 실시예 9

<110> 본 실시예는 본원 발명의 방법이, 많은 선행 기술 방법과 비교하는 경우, 항복 강도와 전기 전도도의 높은 조합을 갖는 구리 합금을 생성함을 예시한다. 실시예는 추가로, 제2 시효 어닐링의 온도가 제1 시효 어닐링의 온도 미만인 경우, 특성의 최고 조합이 수득됨을 예시한다.

<111> 합금 RN503014의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 950°C에서 60초 동안 용체화시킨 후, 물 금냉시킨다. 다음에, 이러한 용체화된 스트립을 표 12에 기재된 방법 순서에 따라서 처리한다. 방법 4는 본원 발명의 방법이다. 방법 1에 대해 항복 강도와 전기 전도도에 대한 시효 온도의 효과는 도 6에 도시되어 있다. 방법 2에 대해 항복 강도와 전기 전도도에 대한 시효 온도의 효과는 도 7에 도시되어 있다. 방법 3에 대해 항복 강도와 전기 전도도에 대한 시효 온도의 효과는 도 8에 도시되어 있다. 방법 4에 대한 제1 시효 온도는 3시간 동안 525°C이다. 방법 1에 대해 항복 강도와 전기 전도도에 대한 제2 시효 온도의 효과는 도 9에 도시되어 있다.

표 12

방법 1	방법 2	방법 3	방법 4
시효	냉간 압연 25%	냉간 압연 50%	제1 시효
	시효	시효	냉간 압연 25%
			제2 시효

<112>

<113> 표 13은 4가지 방법 경로 각각에 의해 가공된 합금에 대한, 최대 항복 강도에서의 전기 전도도 및 최대 전기 전도도에서의 항복 강도를 보고하고 있다. 방법 4에 의해서만 높은 항복 강도와 전기 전도도의 최고 조합이 수득된다.

표 13

방법	최대 항복 강도에서		최대 전도도에서		
	항복 강도 (MPa)	전기 전도도 (% IACS)	항복 강도 (MPa)	전기 전도도 (% IACS)	
1	586	85	45	496	72
2	738	107	42	579	84
3	758	110	41	545	79
4	827	120	45	758	110
					50

<114>

<115> 도 9는 또한, 약 525°C의 제1 시효 온도를 사용하는 본원 발명의 방법하에, 항복 강도와 전기 전도도의 최적 조합은, 제2 시효 온도가 낮은 온도에서, 바람직하게는 제2 시효 온도가 400 내지 450°C 범위에 존재하는 경우, 수득됨을 예시한다.

<116> 실시예 10

<117> 본 실시예는 특성의 개선된 조합은, 미국 특허공보 제6,506,269호에 기재된 고온 또는 저온 방법에 비하여, 본원 발명의 방법을 사용하여 수득됨을 예시한다. 합금 J910의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 925°C에서 60초 동안 용체화시킨다. 합금을 500°C에서 8시간 동안 제1 시효 어닐링시키고, 0.30mm(0.012in)로 25% 냉간 압연시키고, 400°C에서 16시간 동안 제2 시효 어닐링시킨다.

<118> 합금 J989의 밀링된 판을 반으로 분할한다(합금 J989-A 및 J989-B). 합금 J989-A를 미국 특허공보 제6,506,269호의 고온 방법에 따라서 처리하고, 0.76mm(0.030in)로 냉간 압연시키고, 925°C에서 60초 동안 용체화시키고, 0.30mm(0.012in)로 60% 냉간 압연시키고, 525°C에서 6시간 동안 시효 어닐링시킨다.

<119> 합금 J989-B를 미국 특허공보 제6,506,269호의 저온 방법에 따라서 처리하고, 3.0mm(0.12in)로 냉간 압연시키고, 400°C에서 6시간 동안 제1 시효 어닐링시키고, 1.2mm(0.048in)로 60% 냉간 압연시키고, 400°C에서 6시간 동안 제2 시효 어닐링시키고, 0.30mm(0.012in)로 75% 냉간 압연시키고, 430°C에서 6시간 동안 제3 시효 어닐링시킨다.

<120>

표 14는 합금의 측정된 특성을 상술한다.

표 14

방법	항복 강도 (MPa)	(ksi)	전기 전도도 (% IACS)	mbr/t	
				GW	BW
J910	789.5	114.5	51.8		
J989-A	650.9	94.4	45.5	2.2	3.9
J989-B	810.9	117.6	51.4	2.2	8.8

<121>

<122> 본원 발명에 따라서 가공된 유사 합금으로부터의 데이터를 근거로 하여, J910의 굴곡 특성이 측정되지 않는 반면, 양호한 방식에 대한 mbr/t는 2.2로 예상되고, 불량 방식에 대한 mbr/t는 2.5로 예상된다. 이는 본원 발명의 방법이 미국 특허공보 제6,506,269호 방법에 비교하는 경우, 항복 강도와 전기 전도도의 유사한 조합에서 개선된 굴곡을 갖는 구리 합금을 생성함을 나타낸다.

<123>

실시예 11

<124>

본 실시예는 가공 계이지에서 전기 전도도 반응이 제1 및 제2 시효 처리 둘다에 의존함을 예시하고, 제1 시효 어닐링이 525°C에서인 경우, 제2 시효 어닐링 후에 전기 전도도가 다량 증가하고 높은 값을 나타냄을 예시한다.

<125>

합금 J648의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 950°C에서 60초 동안 용체화 열 처리하고, 물 금냉시킨다. 다음에, 합금을 3시간 동안 475°C에서 또는 525°C에서 3시간 동안 제1 시효시킨다. 다음에, 밀링된 판을 0.30mm(0.0120in)로 25% 두께 감소로 냉간 압연시키고, 400 내지 450°C의 온도에서 3 내지 6시간 동안 제2 시효시킨다.

<126>

표 15에 나타난 바와 같이, 가공 계이지에서 전기 전도도 반응은 제1 및 제2 시효 처리 둘다에 의존성이다. 이러한 데이터는 또한, 제1 시효 어닐링이 525°C에서인 경우, 제2 시효 어닐링 후에, 전기 전도도가 다량 증가하고 높은 값을 나타냄을 지시한다. 이러한 예상외의 시효 반응은 합금이 높은 강도와 높은 전기 전도도의 목적하는 조합에 근접할 수 있게 한다.

표 15

제1 시효 온도 (°C)	제2 시효 온도 (°C)	제2 시효 시간 (시간)	가공 계이지 특성		
			항복 강도 (MPa)	전기 전도도 (% IACS)	Δ %IACS
475	없음	없음	768.1 111.4	36.8	---
475	400	3	778.4 112.9	40.7	3.9
475	400	6	792.2 114.9	40.9	4.1
475	425	6	777.8 112.8	40.7	3.9
475	450	3	779.8 113.1	39.8	3.0
525	없음	없음	766.7 111.2	41.2	---
525	400	3	771.6 111.9	46.9	5.7
525	400	6	755.0 109.5	49.4	8.2
525	425	6	763.3 110.7	50.1	8.9
525	450	3	757.1 109.8	48.2	7.0

<127>

실시예 12

- <129> 본 실시예는 구리 합금 C7025의 전기 전도도가 본원 발명에 따른 가공에 의해 증가됨을 예시한다.
- <130> 합금 J724 및 J731의 밀링된 판을 0.41mm(0.016in)로 냉간 압연시키고, 780 내지 840°C의 온도에서 용체화 열처리한 다음에, 물 급냉하여 재결정된 스트립을 제공한다. 냉간 가공을 개입시키지 않으면서, 다음에 합금을 525°C에서 3시간 동안 시효 어닐링시키고, 0.030mm(0.012in)의 가공 계이지로 냉간 압연시키고, 400°C에서 3시간 동안 또는 425°C에서 6시간 동안 시효시킨다.
- <131> 가공 계이지에서 기계적 특성은 표 16에 상술되어 있다. 강도와 굴곡 특성의 조합은, 유사한 템퍼에서 655 내지 690MPa(95 내지 100ksi)의 항복 강도 및 40 내지 45% IACS의 전기 전도도를 갖는 통상적으로 가공된 구리 합금 C7025에 필적한다. 본원 발명의 방법에 의해 항복 강도의 손실 없이, 통상적으로 가공된 C7025의 것을 초과하는 전기 전도도를 수득한다.

표 16

잉곳	제2 시효 어닐링	항복 강도 (MPa) (ksi)	인장 강도 (MPa) (ksi)	신장률 (%)	전기 전도도 (%IACS)	90° mbr/t	
						GW	BW
J724	400°C / 3 시간	656.4 95.2	712.9 103.4	8	47.6	---	---
J724	425°C / 6 시간	655.8 95.1	716.4 103.9	8	52.5	1.5	0.9
J731	400°C / 3 시간	666.7 96.7	714.3 103.6	8	52.1	---	---
J731	425°C / 6 시간	655.0 95.0	709.5 102.9	8	55.8	1.4	1.3

<132>

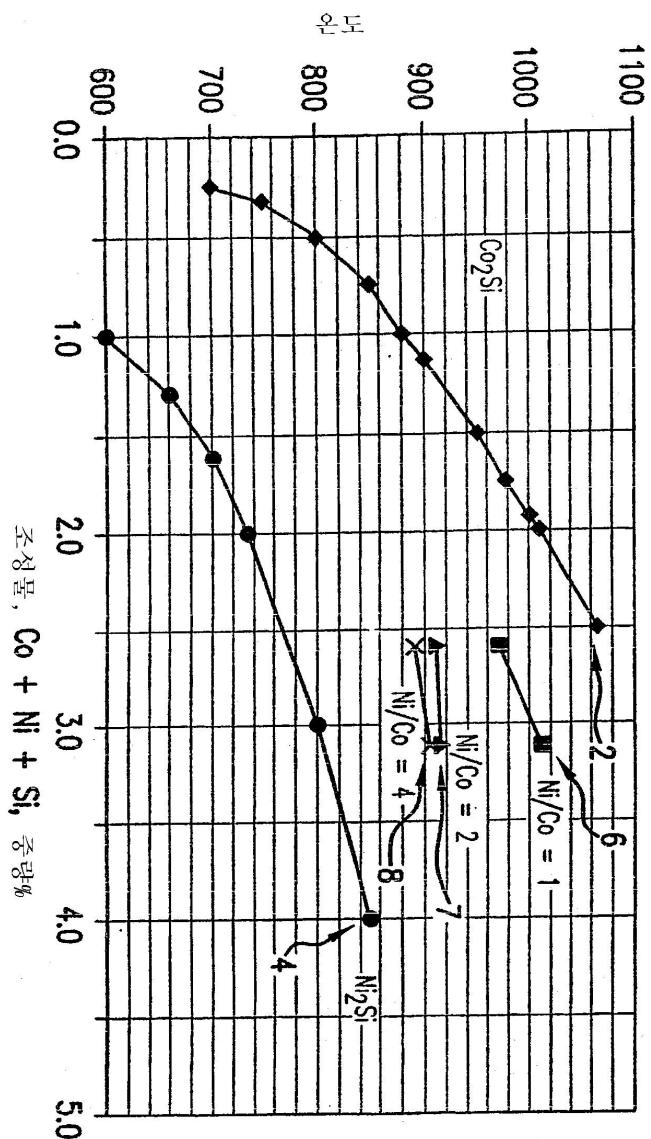
<133> 본원 발명은 앞에서 이의 특정한 양태를 참조하여 기재되었지만, 본원에 기재된 발명의 개념을 이탈하지 않으면서, 많은 변경, 변형 및 변화가 이루어질 수 있음이 명백하다. 따라서, 이는 첨부된 청구의 범위의 정신 및 넓은 범위에 해당하는 모든 변경, 변형 및 변화를 포함하려는 것이다.

도면의 간단한 설명

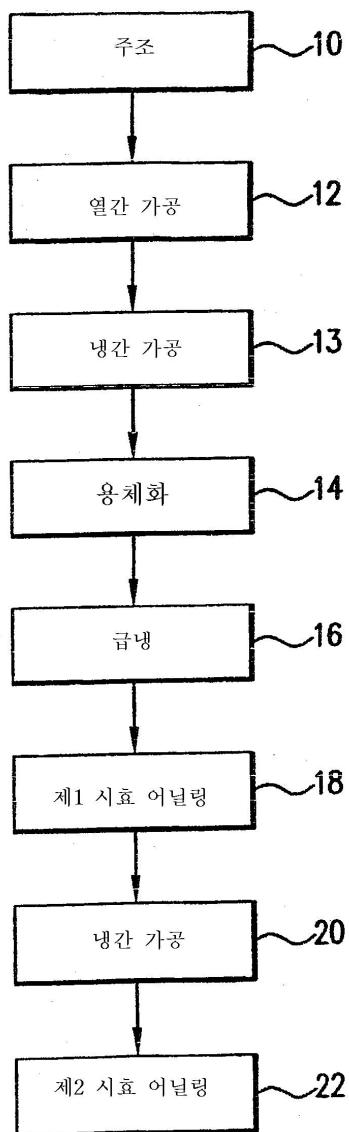
- <134> 도 1은 니켈 대 코발트 중량비의 함수로서 고용한계(solvus) 온도를 그래프로 도시한다.
- <135> 도 2는 본원 발명의 합금 및 다른 구리-니켈-규소 함유 합금의 제1 제조방법을 계통도 표시로 나타낸다.
- <136> 도 3은 본원 발명의 합금의 다른 제조방법을 계통도 표시로 나타낸다.
- <137> 도 4는 본원 발명의 구리 합금으로부터 제조된 전기 접속기 조립품을 획단면 표시로 도시한다.
- <138> 도 5는 (Ni+Co):Si가 3.5 내지 6.0인 경우, 최고 전기 전도도가 수득됨을 그래프로 도시한다.
- <139> 도 6은 제1 선행 기술 방법에 따라 가공된 발명의 구리 합금의 전기 전도도와 항복 강도의 조합에 대한 시효 온도의 효과를 도시한다.
- <140> 도 7은 제2 선행 기술 방법에 따라 가공된 발명의 구리 합금의 전기 전도도와 항복 강도의 조합에 대한 시효 온도의 효과를 도시한다.
- <141> 도 8은 제3 선행 기술 방법에 따라 가공된 발명의 구리 합금의 전기 전도도와 항복 강도의 조합에 대한 시효 온도의 효과를 도시한다.
- <142> 도 9는 본원 발명의 방법에 따라 가공된 발명의 구리 합금의 전기 전도도와 항복 강도의 조합에 대한 제2 시효 온도의 효과를 도시한다.

도면

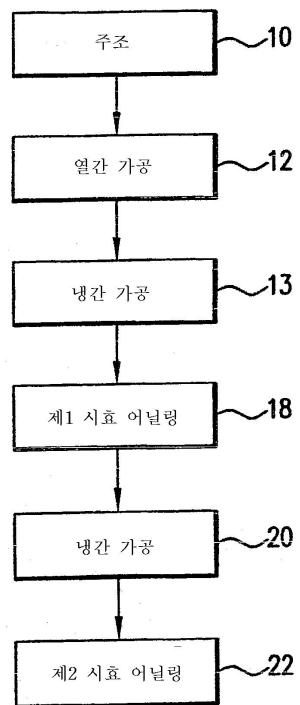
도면1



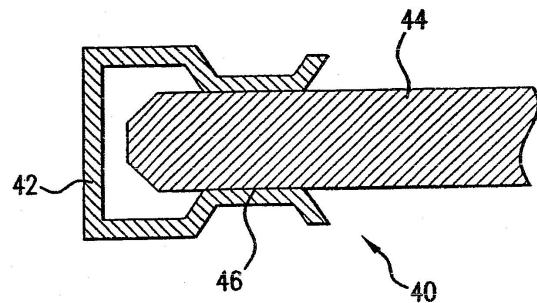
Ni/Co 중량비의 힘수로서의 합금 조성물에 대한 고용현계 온도

도면2

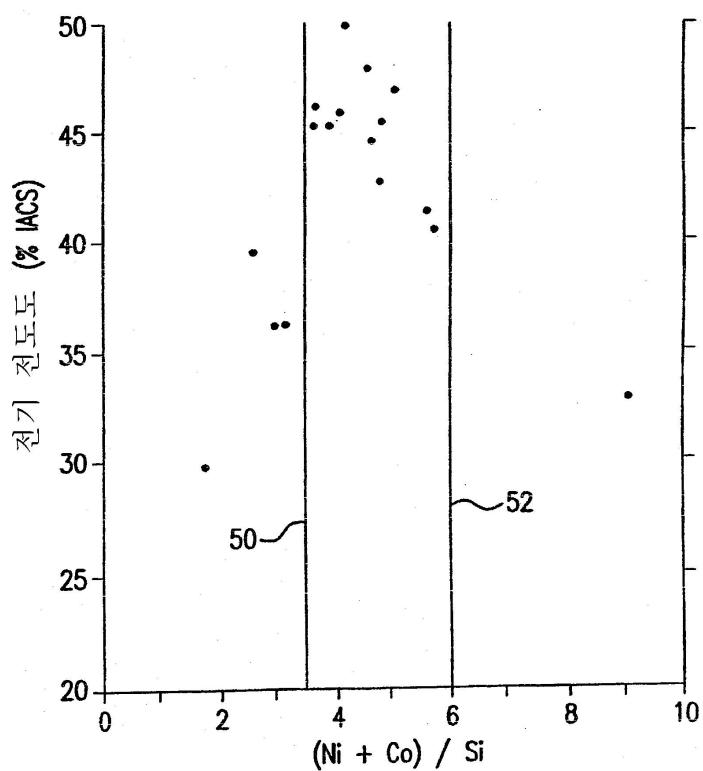
도면3



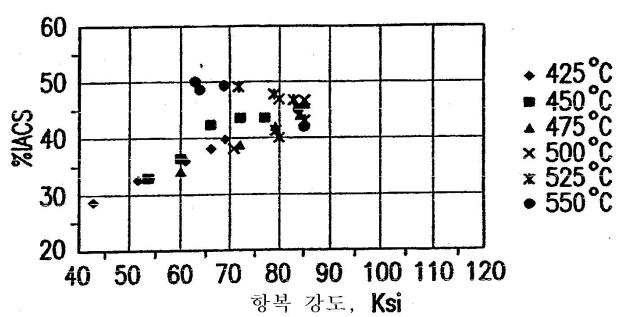
도면4



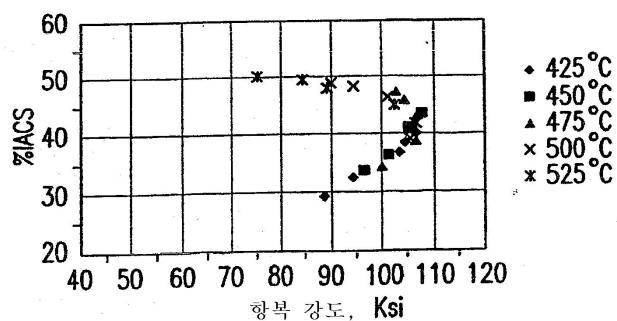
도면5



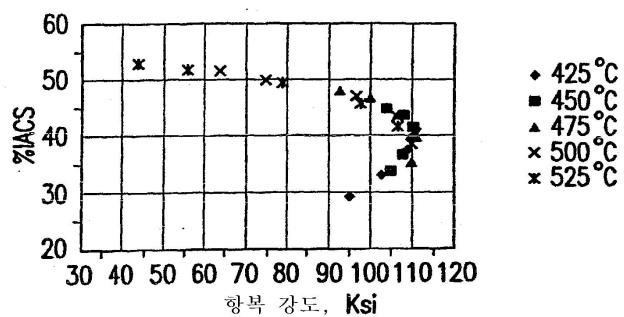
도면6



도면7



도면8



도면9

