(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0081138
(43) 공개일자 2011년07월13일

(51) Int. Cl.
C22C 9/00 (2006.01) *C22F 1/08* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0066034(분할)
(22) 출원일자 2011년07월04일
심사청구일자 2011년07월04일
(62) 원출원 특허 10-2009-0042358
원출원일자 2009년05월15일
심사청구일자 2009년05월15일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전 유성구 장동 171번지
(72) 발명자
한승전
경상남도 창원시 성주동 일신대동프리빌리지아파트 107-2002
어광준
경상남도 창원시 성주동 유니온빌리지 아파트 101-1002
(74) 대리인
김기문

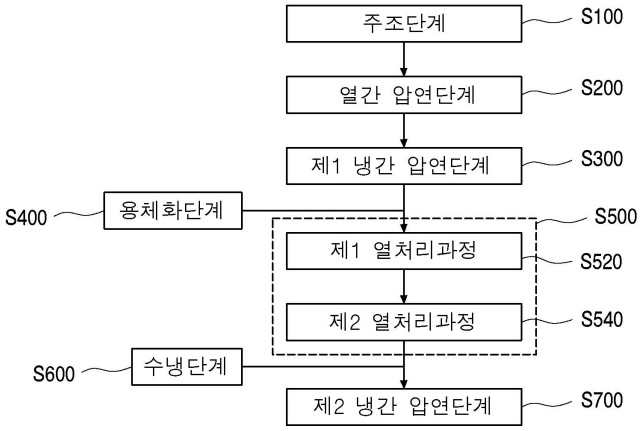
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법

(57) 요 약

본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법은, 2.1 내지 2.6 중량%의 철(Fe)과, 0.015 내지 0.15 중량%의 인(P)과, 0.05 내지 0.2 중량%의 아연(Zn)과, 0.03 중량% 이하의 납(Pb)으로 이루어진 구리합금과 주철 또는 선철을 혼합하여 주조하는 주조단계와, 주조된 합금을 다수회에 걸쳐 70%의 열간가공율로 압연하는 열간압연단계와, 열간압연된 합금을 냉간압연하는 제1냉간압연단계와, 냉간압연된 합금이 미세한 주조립상태를 갖도록 하고, 미세한 석출물로 구성되도록 하는 용체화단계와, 용체화 처리된 합금을 냉간압연된 합금을 450℃와 500℃로 동일한 시간 동안 순차적으로 다수회 열처리하는 열처리단계와, 열처리된 합금을 냉간압연하는 제2냉간압연단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 M20070100012_14923
부처명 지식경제부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 기초소재 원천기술 개발 사업
연구과제명 Bxternal Morphology 제어기술
기여율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2007.06.01 ~ 2011.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

2.1 내지 2.6 중량%의 철(Fe)과, 0.015 내지 0.15 중량%의 인(P)과, 0.05 내지 0.2 중량%의 아연(Zn)과, 0.03 중량% 이하의 납(Pb)으로 이루어진 구리합금과 주철 또는 선철을 혼합하여 주조하는 주조단계와,

주조된 합금을 다수회에 걸쳐 70%의 열간가공율로 압연하는 열간압연단계와,

열간압연된 합금을 냉간압연하는 제1냉간압연단계와,

냉간압연된 합금이 미세한 주조립상태를 갖도록 하고, 미세한 석출물로 구성되도록 하는 용체화단계와,

용체화 처리된 합금을 냉간압연된 합금을 450℃와 500℃로 동일한 시간 동안 순차적으로 다수회 열처리하는 열처리단계와,

열처리된 합금을 냉간압연하는 제2냉간압연단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 제1냉간압연단계는, 열간압연된 판재를 75%의 냉간압연율로 압연하는 과정임을 특징으로 하는 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 열처리단계는,

450℃에서 5시간 동안 열처리하는 제1열처리과정과,

500℃에서 5시간 동안 열처리하는 제2열처리과정으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 제2냉간압연단계는,

열처리된 판재를 75%의 냉간압연율로 압연하는 과정임을 특징으로 하는 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 구리(Cu)-철(Fe)-인(P) 합금에 주철 또는 선철을 혼합하여 탄소(C)를 첨가함으로써 구리 기지와 정합을 이루는 준안정 석출상의 열적 안정화를 이루어 강도 및 전기전도도가 향상되도록 한 구리합금의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 구리는 높은 전기 전도도를 가지고 있으므로 전기/전자회로에 많이 적용되고 있으나, 정보통신 부품의 고집적화 및 경량화로 인하여 전기/전자회로에 적용되는 경우 높은 전류 및 전압에 노출되고 있는 실정이다.

[0003] 또한 도전성 소재로 적용되는 경우 가혹한 환경에 노출이 심화되어 높은 강도와 전기전도도 및 우수한 열적안정성이 요구되고 있다.

[0004] 즉 구리합금은 보다 많은 전기장치가 구비되는 자동차에 있어서, 커넥터, 축전지 또는 제어기를 각종 전기부품, 작동기, 센서 등에 연결하기 위한 커넥터로 많이 사용되고 있으며, 이러한 커넥터의 소형화가 절실하게

요구된다.

[0005] 특히 엔진에 가까이 설치된 커넥터는 엔진의 열 및 진동 환경에 노출되어 있으며, 다량의 전류가 커넥터에 보내지는 경우 커넥터는 열을 발생시켜 고온으로까지 상승하게 된다. 따라서, 이러한 커넥터는 상기에서 언급된 환경하에 높은 신뢰성을 갖는 것이 요구되고 있다.

[0006] 이에 따라 통상적인 자동차 등에 대한 구리 합금 커넥터의 재료로서, Cu-Fe-P 합금(CDA19400) 또는 Cu-Mg-P 합금이 공지되어 있다. 전자의 합금은 강도가 Fe 및 P의 동시 첨가를 기본으로 하는 Fe-P 화합물의 침전에 의해 개선되는 합금이다.

[0007] 또한, Zn의 추가 첨가에 의해 내이동성이 개선된 합금(일본특허청 공개 특허공보 제168830호), Mg의 첨가에 의해 내응력완화 특성이 개선된 합금(일본특허청 공개 특허공보 제358033호) 등이 공지되어 있다.

[0008] 후자의 합금은 Mg 및 P의 첨가에 의해 강도 및 열 크리핑(creeping) 특성을 개선시켜 인장 강도, 전기전도도 및 내응력완화 특성을 개선시킨 합금이다

[0009] 자동차용 전기 부품에 대한 배선용 커넥터를 소형화하고 이의 신뢰성을 유지하기 위해서, 커넥터의 재료의 강도 및 탄력 특성을 높이는 것이 필수적이다. 커넥터가 고온에서 장시간 유지되는 경우에조차, 분해가 일어나지 않도록 즉, 적합력(fitting power)이 시간 경과에 따라 저하되지 않도록 하기 위해서, 이의 내응력완화 특성을 개선시키는 것이 필수적이다.

[0010] 상기 C19400 합금(비교예)의 인장강도, 연신률 및 경도를 첨부된 도 1을 참조하여 살펴보면, C19400 합금은 대표적인 Cu-Fe-P합금으로서, 2.1~2.6 중량%의 철(Fe)와 0.015~0.15 중량%의 인(P)과, 0.05~0.20 중량%의 아연(Zn)과, 0.03중량% 이하의 납(Pb) 및 잔부인 구리(Cu)를 포함하여 구성된다.

[0011] 그러나 커넥터의 통상적인 재료인 Cu-Fe-P 구리 합금은 성형성은 우수하지만, 탄력 한계치가 낮고 내응력완화 특성이 불량하다는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 목적은, 구리(Cu)-철(Fe)-인(P) 합금과 주철 또는 선철을 혼합하여 탄소(C)를 첨가함으로써 구리 기지와 정합을 이루는 준안정 석출상의 열적 안정화를 이루어 강도 및 내연화성이 향상되도록 한 구리합금의 제조방법을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법은, 2.1 내지 2.6 중량%의 철(Fe)과, 0.015 내지 0.15 중량%의 인(P)과, 0.05 내지 0.2 중량%의 아연(Zn)과, 0.03 중량% 이하의 납(Pb)으로 이루어진 구리합금과 주철 또는 선철을 혼합하여 주조하는 주조단계와, 주조된 합금을 다수회에 걸쳐 70%의 열간가공율로 압연하는 열간압연단계와, 열간압연된 합금을 냉간압연하는 제1냉간압연단계와, 냉간압연된 합금이 미세한 주조립상태를 갖도록 하고, 미세한 석출물로 구성되도록 하는 용체화단계와, 용체화 처리된 합금을 냉간압연된 합금을 450℃와 500℃로 동일한 시간 동안 순차적으로 다수회 열처리하는 열처리단계와, 열처리된 합금을 냉간압연하는 제2냉간압연단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 제1냉간압연단계는, 열간압연된 판재를 75%의 냉간압연율로 압연하는 과정임을 특징으로 한다.

[0015] 상기 열처리단계는, 450℃에서 5시간 동안 열처리하는 제1열처리과정과, 500℃에서 5시간 동안 열처리하는 제2열처리과정으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기 제2냉간압연단계는, 열처리된 판재를 75%의 냉간압연율로 압연하는 과정임을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 위에서 상세히 설명한 바와 같이 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금에 따르면, 구리(Cu)-철(Fe)-인(P) 합금과 주철 또는 선철을 혼합하여 탄소(C)가 첨가되도록 하였다.

[0018] 따라서, 구리 기지와 정합을 이루는 준안정 석출상의 열적 안정화를 이루어 강도 및 내연화성이 향상되는 이점

이 있다.

[0019] 또한, 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법에서는, 용체화단계를 선택적으로 실시하고 탄소의 함량을 제어하도록 구성하였다.

[0020] 따라서, 구리합금의 용도에 따라 전기전도도, 경도 및 강도를 변화시킴으로써 최적의 물성을 나타내는 구리합금의 제조가 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1 은 종래의 C19400 합금의 물성을 나타낸 표.

도 2 는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 실시예와 비교예의 조성을 나타낸 표.

도 3 은 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금에 첨가되는 주철 및 선철의 조성을 나타낸 표.

도 4 는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법을 나타낸 공정 순서도.

도 5 는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법에 따른 가공판재의 외관 변화를 나타낸 실물 사진.

도 6 은 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 바람직한 실시예와 비교예의 조직을 나타낸 확대사진.

도 7 은 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 인장강도 및 전기전도도를 비교예와 비교한 데이터.

도 8 은 도 7의 데이터를 나타낸 비교 그래프.

도 9 는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금에서 용체화단계의 실시여부에 따른 내연화성 변화를 비교한 그래프.

도 10 은 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 바람직한 실시예와 비교예의 내응력이완성을 비교한 그래프.

도 11 은 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 바람직한 실시예와 비교예의 경도 및 전기전도도를 비교한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하 첨부된 도 2 및 도 3을 참조하여 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금(이하 '구리합금'이라 칭함)의 구성을 살펴본다.

[0023] 도 2에는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 실시예와 비교예의 조성을 나타낸 표가 도시되어 있고, 도 3에는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금에 첨가되는 주철 및 선철의 조성을 나타낸 표가 도시되어 있다.

[0024] 이들 도면과 같이, 본 발명에 의한 구리합금은 구리(Cu), 철(Fe), 인(P)을 포함하며 비교예와 달리 탄소(C)가 더 함유된다.

[0025] 보다 상세하게는 상기 철(Fe)은 2.5 내지 4.0 중량%, 인(P)은 0.1 중량%, 탄소(C)는 0.02 내지 0.5 중량%를 포함하며, 잔부(殘部)는 구리(Cu)이며, 상기 탄소는 탄소가 함유된 주철 또는 선철 중 어느 하나를 구리합금에 포함시킴으로써 함유된다.

[0026] 상기 구리합금에 첨가된 탄소는 구리기지와 정합을 이루는 준안정 석출상의 열적 안정화를 이루어 70㎛ 이하의 평균입도를 갖도록 함으로써 강도 및 내연화성을 향상시키는 역할을 한다. 또한 아래에서 설명하게 될 제조 방법과 같이, 상기 탄소는 열처리단계(S500)를 통해 483 내지 608㎫의 인장강도와 64.7% IACS 이하의 전기전도도를 높일 수 있게 된다.

[0027] 이하 상기와 같은 구성을 가지는 구리합금의 제조 방법을 첨부된 도 4 및 도 5를 참조하여 설명한다.

[0028] 도 4는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법을 나타낸 공정 순서도이고, 도 5는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 제조방법에 따른 가공판재의 외관 변화를 나타낸 실물 사

진이다.

[0029] 먼저, 도 4와 같이 본 발명에 따른 구리합금의 제조방법은, 2.1 내지 2.6 중량%의 철(Fe)과, 0.015 내지 0.15 중량%의 인(P)과, 0.05 내지 0.2 중량%의 아연(Zn)과, 0.03 중량% 이하의 납(Pb)으로 이루어진 구리합금과 주철 또는 선철을 혼합하여 주조하는 주조단계(S100)와, 주조된 합금을 열간압연하는 열간압연단계(S200)와, 열간압연된 합금을 냉간압연하는 제1냉간압연단계(S300)와, 냉간압연된 합금을 서로 다른 온도 조건에서 다수회 열처리하는 열처리단계(S500)와, 열처리된 합금을 냉간압연하는 제2냉간압연단계(S700)로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0030] 상기 주조단계(S100)에서 주조된 구리합금은 상기한 구성요소를 다양한 비율로 섞어 실시예로 채택되었으며, 도 5의 맨위 사진과 같다.

[0031] 그리고, 상기 구리합금은 열간압연단계(S200)에서 도 5의 위에서 두번째 사진과 같이 열간 압연되었다.

[0032] 상기 열간압연단계(S200)의 조건은 980℃에서 1시간 동안 5회에 걸쳐 70%의 열간가공율로 압연하였으며, 이때 두께는 20㎜에서 6㎜로 변화하였다.

[0033] 그리고, 상기 열간압연단계(S200) 중에 구리합금은 표면이 산화되므로 면삭하는 과정을 거쳐 도 5의 위에서 세번째 사진과 같은 상태가 되었다.

[0034] 이후 상기 제1냉간압연단계(S300)가 실시된다. 상기 제1냉간압연단계(S300)는 6회에 걸쳐 조금씩 냉간압연하여 4㎜의 판재를 75%의 냉간가공율로 압연하여 1㎜ 두께가 되도록 하였다.

[0035] 이때 제1냉간압연단계(S300)를 거친 판재는 도 5의 위에서 네번째 사진과 같은 상태가 된다.

[0036] 이후 상기 열처리단계(S500)가 실시된다. 상기 열처리단계(S500)는 냉간압연된 구리합금을 450℃와 500℃에서 동일한 시간동안 순차적으로 가열하는 과정으로서, 구리합금의 인장강도와 전기전도도를 높이기 위해 중요한 단계이다.

[0037] 보다 상세하게는 상기 열처리단계(S500)는 냉간압연된 구리합금을 먼저 450℃에서 5시간 동안 열처리하는 제1열처리과정(S520)과, 500℃로 승온하여 5시간 동안 열처리하는 제2열처리과정(S540)이 순차적으로 실시되어 이루어진다.

[0038] 상기 열처리단계(S500) 이후에는 수냉단계(S600)가 실시되며, 상기 수냉단계(S600) 이후에는 상기 제2냉간압연단계(S700)가 실시된다.

[0039] 상기 제2냉간압연단계(S700)는 열처리된 구리합금을 75% 냉간압연율로 압연하는 과정으로, 본 발명의 실시예에서는 1㎜ 두께의 구리합금을 0.25㎜의 두께를 갖도록 압연하였으며, 도 5의 맨 아래 그림과 같다.

[0040] 상기와 같은 다수 단계를 거쳐 본 발명에 의한 구리합금의 제조는 완료되며, 상기 제1냉간압연단계(S300)와 열처리단계(S500) 사이에는 용체화단계(S400)가 선택적으로 실시된다.

[0041] 상기 용체화단계(S400)는 냉간압연된 구리합금의 인장강도 및 전기전도도를 높이기 위한 과정으로서, 구리합금이 미세한 주조립상태를 갖도록 하고, 미세한 석출물로 구성되도록 하는 과정이다.

[0042] 이하 도 6 내지 도 11을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예의 실험 데이터와 비교예를 비교한다.

[0043] 먼저 도 6에는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 바람직한 실시예와 비교예의 조직을 나타낸 확대사진이 도시되어 있다.

[0044] 도면과 같이, 탄소가 첨가되지 않은 비교예의 결정립은 100㎛의 평균입도를 가지고 있으나, 탄소가 첨가된 본 발명의 바람직한 실시예의 경우 70㎛의 평균입도를 가지게 된 것을 알 수 있다.

[0045] 또한, 탄소 첨가에 의해서 조대한 Fe_3P 입자 분율이 다소 감소하고 미세한 Fe 입자가 다량 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0046] 이하 본 발명 실시예의 구리합금과 비교예의 구리합금에 대하여 용체화처리 유무에 따른 인장강도 및 전기전도도 변화를 살펴보았다.

[0047] 도 7은 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 인장강도 및 전기전도도를 비교예와 비교한 데이터이고, 도 8 은 도 7의 데이터를 나타낸 비교 그래프이다.

[0048] 이들 도면과 같이, 비교예와 실시예는 용체화처리를 한 경우 인장강도면에서 다소 감소하였으나, 실시예의 인장강도가 비교예의 인장강도보다 비교적 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

[0049] 또한, 비교예의 전기전도도는 용체화처리한 경우, 53.1%IACS에서 56.8%IAS로 조금 증가하였으나, 실시예의 전기전도도는 탄소의 함량에 따라 용체화처리 유무와 상관 없이 증가 또는 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0050] 따라서, 상기 구리합금에 요구되는 물성에 따라 탄소의 함량을 조절하고 상기 용체화단계(S400)를 선택적으로 실시함으로써, 최적의 전기전도도 및 인장강도를 조절할 수 있게 된다.

[0051] 이하 첨부된 도 9 및 도 10을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예가 커넥터 적용되었을 때 요구되는 물성인 내연화성 및 내응력이완성을 설명한다.

[0052] 도 9는 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금에서 용체화단계의 실시여부에 따른 내연화성 변화를 비교한 그래프이고, 도 10은 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 바람직한 실시예와 비교예의 내응력이완성을 비교한 그래프이다.

[0053] 이들 도면과 같이, 본 발명에 따라 제조된 실시예는 230℃에 노출된 경우 5% 내외의 경도 감소 후 98% 수준까지 복원된 것을 알 수 있다.

[0054] 그리고 용체화처리를 실시한 경우보다 용체화처리를 하지 않은 경우의 경도가 대체적으로 높게 나타났으며, 이런 결과로 볼 때 본 발명에 따른 구리합금이 커넥터의 재료로 사용되어질 때에는 용체화단계(S400)가 선택적으로 실시되지 않도록 함이 바람직하다.

[0055] 그리고 도 10을 참조하여 본 발명 실시예의 내응력이완성을 살펴보기 앞서, 테스트 기계는 Slow Strain Rate Tester를 사용했으며, 1.0㎜/sec에서 0.0㎜/sec로 속도를 제어하였다.

[0056] 그리고, 25㎜ 시표표준길이를 적용하고, 온도는 120℃±3℃이며, 30분동안 침지하였다.

[0057] 그 결과, 비교예와 실시예는 시간이 경과함에 따라 유사한 응력변화를 나타냈으며, 비교예는 36.9%의 내응력이완성을 실시예는 39.5%의 내응력이완성을 나타내어 실시예의 내응력이완성이 비교예보다 다소 높게 나타난 것을 알 수 있다.

[0058] 이하 첨부된 도 11을 참조하여 용체화단계의 실시 유무에 따른 경도 변화를 살펴본다.

[0059] 도 11은 본 발명에 의한 강도와 전기전도도가 향상된 구리합금의 바람직한 실시예와 비교예의 경도 및 전기전도도를 비교한 그래프로서, 용체화단계(S400)를 실시한 실시예는 비교예의 전기전도도와 비교할 때 탄소의 함량에 따라 다양한 전기전도도를 나타냈다.

[0060] 그리고 경도 역시 용체화단계(S400)를 실시한 실시예는 비교예의 경도와 비교할 때 탄ㄴ소의 함량 변화에 따라 다양한 경도 분포를 나타내었다.

[0061] 그러나, 용체화단계를 실시하지 않은 경우 경도에 있어서 실시예는 비교예의 경도와 비교할 때 월등히 높은 수치를 나타낸 것을 알 수 있으며, 전기전도도에서도 비교예보다는 다소 높은 수치를 나타낸 것을 확인할 수 있다.

[0062] 이러한 결과로 볼 때, 용체화단계는 선택적으로 실시하고 탄소의 함량을 제어하여 최적의 전기전도도 또는 경도를 갖는 구리합금을 제조 가능하게 된다.

[0063] 이러한 본 발명의 범위는 상기에서 예시한 실시예에 한정하지 않고, 상기와 같은 기술범위 안에서 당업계의 통상의 기술자에게 있어서는 본 발명을 기초로 하는 다른 많은 변형이 가능할 것이다.

부호의 설명

[0064] S100. 주조단계 S200. 열간압연단계

S300. 제1냉간압연단계 S400. 용체화단계

S500. 열처리단계 S520. 제1열처리과정

S540. 제2열처리과정 S600. 수냉단계

S700. 제2냉간압연단계

도면

도면1

VENDOR	PROPERTY						PKG
	Chemical Composition	Electric Conductivity	Temper	T.S. (kgf/mm²)	Elongation (%)	Hardness (Hv(500g))	
MITSUBISHI/SKOBE YAMAHA-OLIN POONGSAN	Fe : 2.1 ~ 2.6 P : 0.015 ~ 0.15 Zn : 0.05 ~ 0.20 Pb : 0.03max. Cu : Rem.	Min. 60	1/2H	37 ~ 44	min. 6	115 ~ 137	SOIC type SOP type IDF type DIP type SIP type
			F.H	42 ~ 49	min. 4	125 ~ 145	
			E.H	47 ~ 51	min. 4	135 ~ 150	
			S.H	49 ~ 54	min. 4	140 ~ 155	
			ESH	51 ~ 59	min. 4	145 ~ 170	

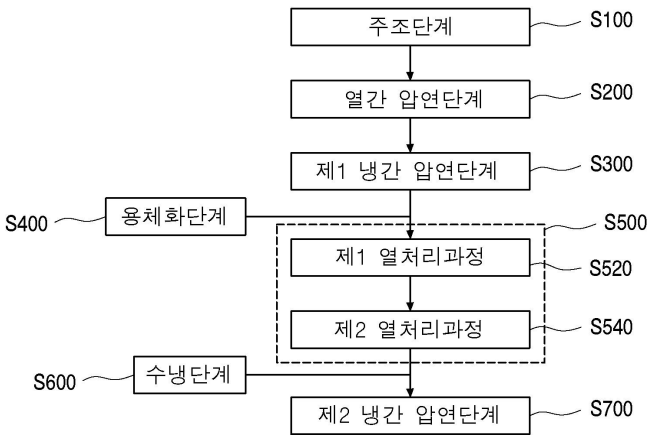
도면2

Composition (wt%)				FeC (wt%)	Remark	
Cu	Fe	P	C			
Bal.	2.5	0.1	0	-	비교예 1	(C19400)
Bal.	2.5	0.1	0.0200	Fe-0.8C	실시예 1	주철 사용
Bal.	2.5	0.1	0.0500	Fe-2.0C	실시예 2	
Bal.	2.5	0.1	0.0200	Fe-0.8C	실시예 3	선철 사용, Fe 2.5wt.%
Bal.	2.5	0.1	0.0500	Fe-2.0C	실시예 4	
Bal.	3.5	0.1	0.0280	Fe-0.8C	실시예 5	선철 사용, Fe 3.5wt.%
Bal.	4.0	0.1	0.0320	Fe-0.8C	실시예 6	선철 사용, Fe 4.0wt.%

도면3

wt.%	Fe	C	Si	Mn	P	S
주철	Bal.	3.14	2.52	0.35	0.026	0.014
선철	Bal.	4.30	0.14	0.02	0.028	0.014

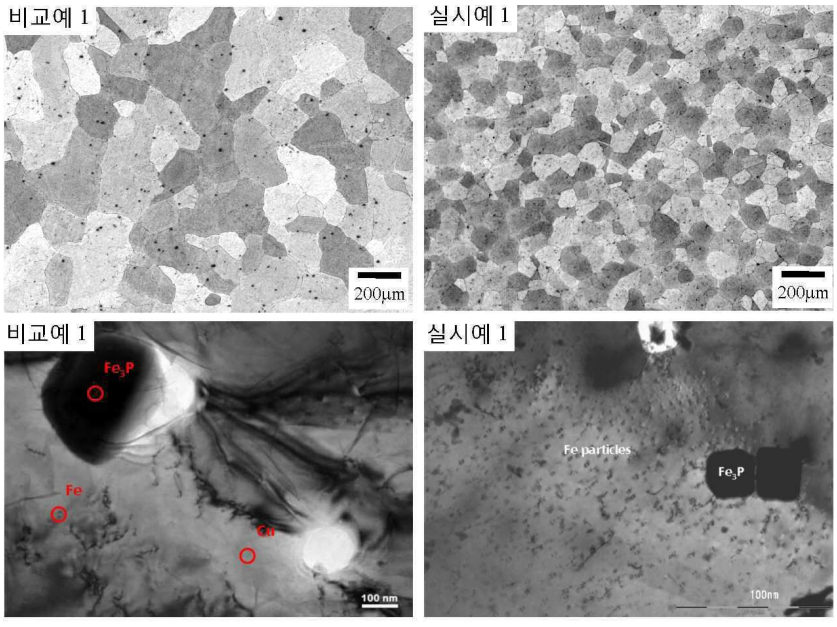
도면4



도면5


열간압연용 billet
열간압연된 판재 (일부)
면삭된 냉간압연용 판재
냉간압연된 판재

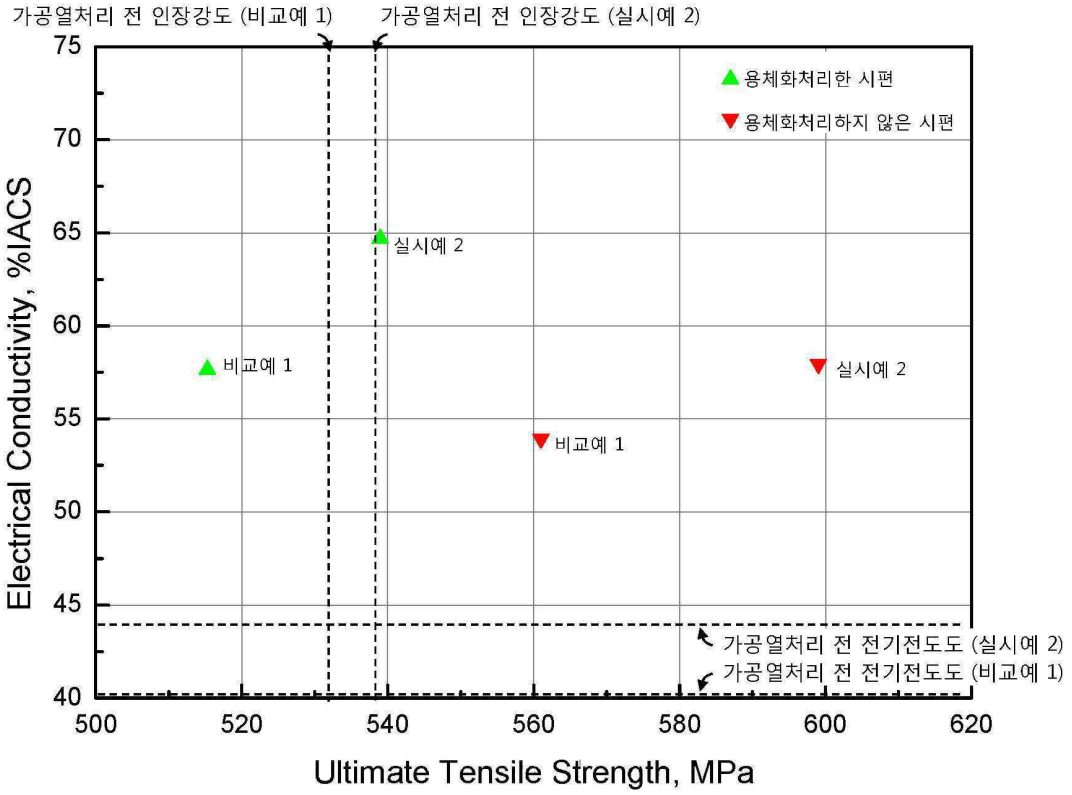
도면6


비교예 1
200μm
실시예 1
200μm
비교예 1
Fe3P
Fe
Cu
100 nm
실시예 1
Fe particles
Fe3P
100nm

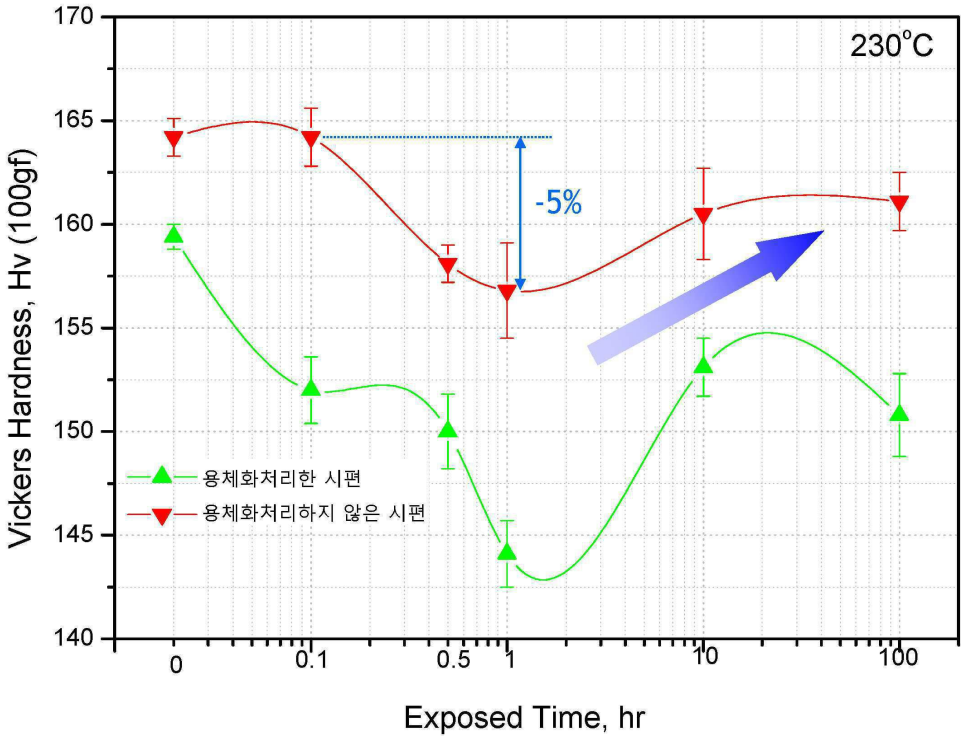
도면7

시편	인장강도 (MPa)	전기전도도(%IACS)	용체화처리
비교예 1	506	56.8	O
비교예 1	561	53.1	X
실시예 1	498	57.3	O
실시예 1	589	59.8	X
실시예 2	539	64.7	O
실시예 2	599	58.0	X
실시예 3	500	61.3	O
실시예 3	549	61.3	X
실시예 4	483	57.2	O
실시예 4	577	59.7	X
실시예 5	499	53.2	O
실시예 5	573	58.5	X
실시예 6	550	49.8	O
실시예 6	592	60.9	X

도면8

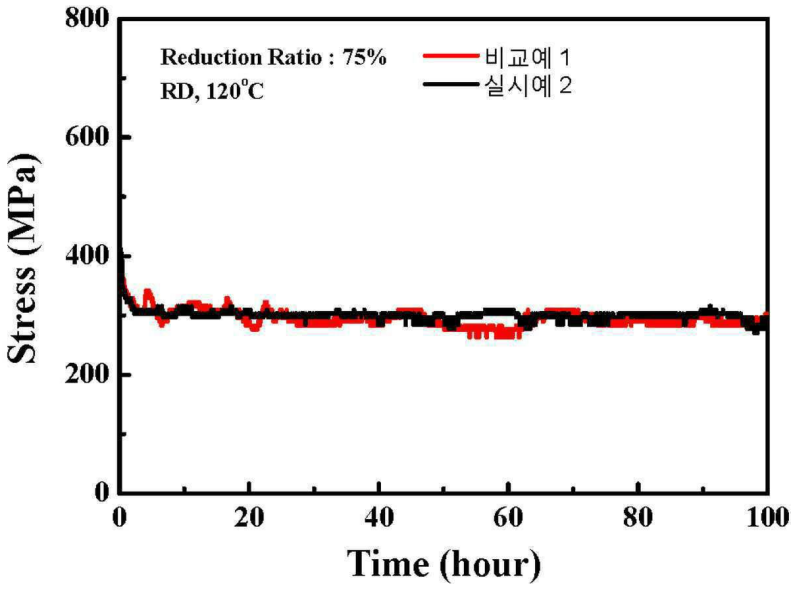


도면9

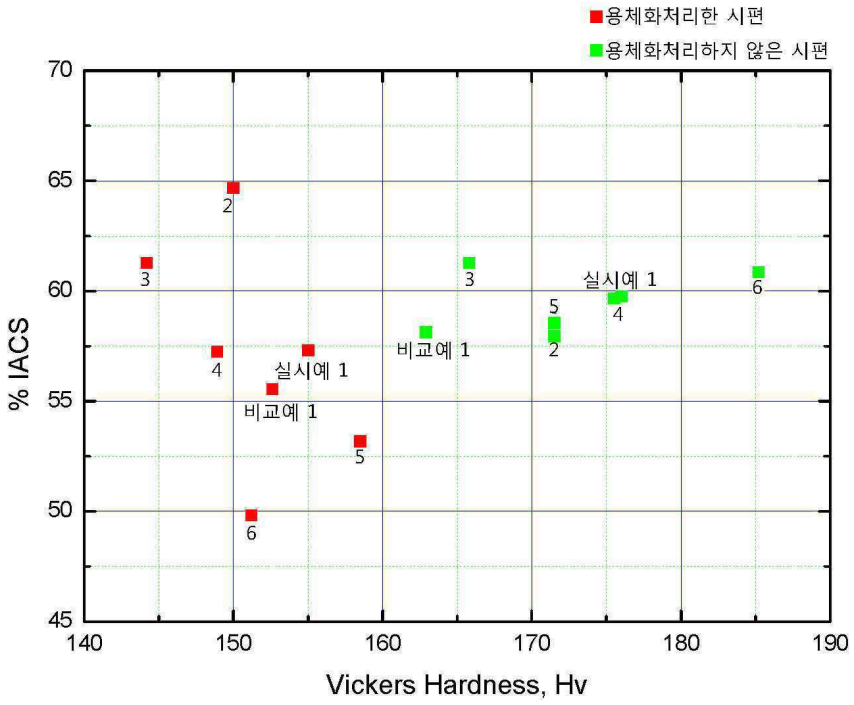


도면10

Specimen ID	Temperature (°C)	Direction	Initial stress (MPa)	Initial strain	Final stress (MPa)	Final strain	Remarks
비교예 1	120	RD	480	0.02	303	0.02	36.9 % stress relaxation
실시예 2			491	0.02	297	0.02	39.5 % stress relaxation



도면11


용체화처리한 시편
용체화처리하지 않은 시편
% IACS
Vickers Hardness, Hv
70
65
60
55
50
45
140
150
160
170
180
190
2
3
4
실시예 1
비교예 1
5
6
3
비교예 1
5
2
실시예 1
4
6