



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월12일
(11) 등록번호 10-1274063
(24) 등록일자 2013년06월05일

- (51) 국제특허분류(Int. C1.)
C22F 1/08 (2006.01) *C22C 9/00* (2006.01)
C22C 9/06 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-0006993
(22) 출원일자 2013년01월22일
심사청구일자 2013년01월22일
- (56) 선행기술조사문현
KR1020080111170 A*
KR1020120104544 A
JP2011084764 A
JP2008075172 A
- *는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
- (72) 발명자
한승전
경상남도 창원시 성산구 성주동 한림푸르지오아파트 106-202
- (74) 대리인
이성재

전체 청구항 수 : 총 12 항

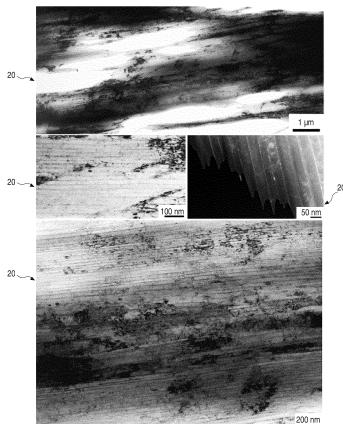
심사관 : 정석우

(54) 발명의 명칭 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료 및 이의 제조방법

(57) 요 약

상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 합금에 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리를 통해 $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 불연속 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 생성하며, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 배향시킨 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법은, 주조된 합금을 준비하는 재료준비단계와, 상기 합금을 단상영역에서 열처리하여 고용체를 생성하는 고용체 생성단계와, 고용체가 생성된 합금을 시효처리하여 $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 형성하는 석출물강제생성단계와, 상기 석출물을 포함하는 합금을 소성가공하여 석출물을 배향하는 석출물배향단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도3

이) 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 K00013374
 부처명 지식경제부
 연구사업명 소재원천기술개발사업
 연구과제명 External morphology 제어기술
 주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
 연구기간 2008.06.01 ~ 2011.05.31

이) 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10038679
 부처명 지식경제부
 연구사업명 산업원천기술개발사업
 연구과제명 고방열 고강도 LED frame 소재 개발
 주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
 연구기간 2012.04.01 ~ 2013.03.31

이) 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10038669
 부처명 지식경제부
 연구사업명 산업원천기술개발사업
 연구과제명 고출력 신광원 부품용 방열소재 개발
 주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
 연구기간 2012.04.01 ~ 2013.03.31

이) 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 100400081
 부처명 지식경제부
 연구사업명 소재원천기술개발사업
 연구과제명 제3세대급 인장강도 800MPa Power relay용 및 1GPa 초정밀 Connector용 동합금 개발
 주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
 연구기간 2012.06.01 ~ 2013.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

주조된 구리 합금에 석출촉진금속을 첨가하여 4.8 내지 7.5중량%의 Ni+Si과, 타이타늄(Ti) 또는 바나듐(V)이 채택되는 석출촉진금속과 잔부인 구리를 포함하는 조성 상태로 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성하고, water quenching방식으로 급냉하거나 공냉하고, 시효처리를 통해 $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 불연속 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 생성하며, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 소성 가공 방향으로 배향시킨 것을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료.

청구항 2

주조된 구리 합금에 석출촉진금속을 첨가하여 4.8 내지 7.5중량%의 Ni+Si과, 타이타늄(Ti) 또는 바나듐(V)이 채택되는 석출촉진금속과 잔부인 구리를 포함하는 조성 상태로 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성하고, water quenching방식으로 급냉하거나 공냉하고, 시효처리를 통해 $630\mu\text{m} \times 480\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 불연속 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 생성하며, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 소성 가공 방향으로 배향시킨 것을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료.

청구항 3

주조된 구리 합금에 석출촉진금속을 첨가하여 4.8 내지 7.5중량%의 Ni+Si과, 타이타늄(Ti) 또는 바나듐(V)이 채택되는 석출촉진금속과 잔부인 구리를 포함하는 조성 상태로 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성하고, water quenching방식으로 급냉하거나 공냉하고, 시효처리를 통해 불연속 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 생성하며, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 구리기지 안에 $3.5\mu\text{m} \times 1.5\mu\text{m}$ 단위면적당 2.0 μm 이상의 길이를 갖는 석출물을 소성 가공 방향으로 배향한 것을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 배향된 석출물은 길이와 직경에 대한 종횡비가 100 이상인 것을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 석출촉진금속은,

타이타늄(Ti)이 적용되는 경우 0.025 내지 0.24 중량% 포함하고,

바나듐(V)이 적용되는 경우 0.028 내지 0.086중량% 포함됨을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 시효처리는 3시간 이상 실시됨을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

주조된 구리합금을 준비하는 재료준비단계와,

상기 구리합금에 타이타늄(Ti) 또는 바나듐(V)이 채택되는 석출촉진금속을 첨가하여 4.8 내지 7.5중량%의 Ni+Si과, 석출촉진금속 및 잔부인 구리를 포함하는 조성 상태로 단상영역에서 열처리하여 고용체를 생성하는 고용체 생성단계와,

고용체가 생성된 합금을 시효처리하여 $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 형성하는 석출물강제생성단계와,

상기 석출물을 포함하는 합금을 소성가공하여 석출물을 소성가공 방향으로 배향하는 석출물배향단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법.

청구항 10

주조된 구리합금을 준비하는 재료준비단계와,

상기 구리합금에 타이타늄(Ti) 또는 바나듐(V)이 채택되는 석출촉진금속을 첨가하여 4.8 내지 7.5중량%의 Ni+Si과, 석출촉진금속 및 잔부인 구리를 포함하는 조성 상태로 단상영역에서 열처리하여 고용체를 생성하는 고용체 생성단계와,

고용체가 생성된 합금을 시효처리하여 $630\mu\text{m} \times 480\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 형성하는 석출물강제생성단계와,

상기 석출물을 포함하는 합금을 소성가공하여 석출물을 소성가공 방향으로 배향하는 석출물배향단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법.

청구항 11

주조된 구리합금을 준비하는 재료준비단계와,

상기 구리합금에 타이타늄(Ti) 또는 바나듐(V)이 채택되는 석출촉진금속을 첨가하여 4.8 내지 7.5중량%의 Ni+Si과, 석출촉진금속 및 잔부인 구리를 포함하는 조성 상태로 단상영역에서 열처리하여 고용체를 생성하는 고용체 생성단계와,

고용체가 생성된 합금을 시효처리하여 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 형성하는 석출물강제생성단계와,

상기 석출물을 포함하는 합금을 소성가공하여 구리기지 안에 $3.5\mu\text{m} \times 1.5\mu\text{m}$ 단위면적당 $2.0\mu\text{m}$ 이상의 길이를 갖는 석출물을 소성 가공 방향으로 배향하는 석출물배향단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법.

청구항 12

제 9 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 재료준비단계에서 석출촉진금속은,

타이타늄(Ti)이 적용되는 경우 0.025 내지 0.24 중량% 포함하고,

바나듐(V)이 적용되는 경우 0.028 내지 0.086중량% 포함됨을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 고용체생성단계는,
 상태도 상에서 단상을 유지하는 최저온도 이상,
 구리기지상의 용융온도 - $7.5 \times X$ (X 는 구리기지 외에 첨가된 조성의 wt%)이하의 온도 범위에서 2시간 이상 가열하는 과정임을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 석출물강제생성단계는,
 $47 \times X$ (X 는 구리기지 외에 첨가된 조성의 wt%) + 구리기지상의 용융점(K:절대온도) × 0.4 이하의 온도에서 실시됨을 특징으로 하는 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법.

청구항 15

삭제

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 합금에 석출촉진금속을 선택적으로 첨가하고 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리를 통해 석출물을 강제로 생성하며, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 배향시킴으로써 강도 및 전기전도도가 향상되도록 한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [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 전기 부품, 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, 다양한 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(대한민국 등록특허 제 10-0997560호) 또는 Cu-Mg-P 합금(대한민국 등록특허 제 10-0417756호)이 공지되어 있다. 전자의 합금은 강도가 Fe 및 P의 동시 첨가를 기본으로 하는 Fe-P 화합물의 석출에 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] 이와 같이 구리합금은 다양한 원소를 첨가하여 전기전도도, 열적안정성, 강도 등을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0010] 그러나, 구리합금에 첨가되는 다양한 원소는 전기전도도와 강도는 서로 양립되는 특성을 가진다.

- [0011] 즉, 강도를 증가시키게 되면 전기전도도가 감소하고, 전기전도도를 향상시키게 되면 미세조직 변화에 따라 강도가 저하되는 문제점이 발생된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 목적은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해소하기 위한 것으로, 보다 상세하게는 합금에 석출촉진 금속을 선택적으로 첨가하고 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리를 통해 석출물을 강제로 생성하며, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 배향시킴으로써 강도 및 전기전도도가 향상되도록 한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료 및 이의 제조방법을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 합금에 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리를 통해 $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 불연속 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 생성하며, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 배향시킨 것을 특징으로 한다.

- [0014] 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료는, 합금에 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리를 통해 $630\mu\text{m} \times 480\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 불연속 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 생성하며, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 배향시킨 것을 특징으로 한다.

- [0015] 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료는, 합금에 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리를 통해 불연속 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 생성하며, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 구리 기지 안에 $3.5\mu\text{m} \times 1.5\mu\text{m}$ 단위면적당 2.0 μm 이상의 길이를 갖도록 배향한 것을 특징으로 한다.

- [0016] 상기 배향된 석출물은 길이와 직경에 대한 종횡비가 100 이상인 것을 특징으로 한다.

- [0017] 상기 고용체가 생성된 합금은 water quenching 방식으로 급냉되거나 공냉됨을 특징으로 한다.

- [0018] 상기 시효처리는 3시간 이상 실시됨을 특징으로 한다.

- [0019] 상기 용체화처리 또는 균질화처리 실시시에 석출촉진금속이 첨가됨을 특징으로 한다.

- [0020] 상기 석출촉진금속은 타이타늄(Ti), 바나듐(V) 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0021] 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법은, 주조된 합금을 준비하는 재료준비단계와, 상기 합금을 단상영역에서 열처리하여 고용체를 생성하는 고용체 생성단계와, 고용체가 생성된 합금을 시효처리하여 $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 형성하는 석출물강제생성단계와, 상기 석출물을 포함하는 합금을 소성가공하여 석출물을 배향하는 석출물배향단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

- [0022] 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법은, 주조된 합금을 준비하는 재료준비단계와, 상기 합금을 단상영역에서 열처리하여 고용체를 생성하는 고용체 생성단계와, 고용체가 생성된 합금을 시효처리하여 $630\mu\text{m} \times 480\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 형성하는 석출물강제생성단계와, 상기 석출물을 포함하는 합금을 소성가공하여 석출물을 배향하는 석출물배향단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

- [0023] 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법은, 주조된 합금을 준비하는 재료준비단계와, 상기 합금을 단상영역에서 열처리하여 고용체를 생성하는 고용체 생성단계와, 고용체가 생성된 합금을 시효처리하여 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 형성하는 석출물강제생성단계와, 상기 석출물을 포함하는 합금을 소성가공하여 구리 기지 안에 $3.5\mu\text{m} \times 1.5\mu\text{m}$ 단위면적당 2.0 μm 이상의 길이를 갖도록 석출물을 배향하는 석출물배향단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

- [0024] 상기 재료준비단계에서 타이타늄(Ti), 바나듐(V) 중 어느 하나를 포함하는 석출촉진금속이 포함됨을 첨가됨을 특징으로 한다.

- [0025] 상기 고용체생성단계는, 상태도 상에서 단상을 유지하는 최저온도 이상, 구리 기지상의 용융온도 $- 7.5 \times X$ (X

는 구리기지 외에 첨가된 조성의 wt%)이하의 온도 범위에서 2시간 이상 가열하는 과정임을 특징으로 한다.

[0026] 상기 석출물강제생성단계는, $47 \times X$ (X 는 구리기지에 첨가된 조성의 wt%) + 구리기지상의 용융점(K:절대온도) $\times 0.4$ 이하의 온도에서 실시됨을 특징으로 한다.

[0027] 상기 X 인 (Ni+Si)은 4.8 내지 7.5중량% 포함됨을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명은 인위적으로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 인위적으로 배향하여 복합재료의 강화재 역할을 수행할 수 있도록 한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료에 관한 것이다.

[0029] 따라서, 전기 전도도 및 강도가 향상되는 이점이 있다.

[0030] 또한 본 발명에서는 석출촉진금속을 선택적으로 첨가하여 석출물의 생성량을 조정할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1 은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료에서 소성가공전 연속 석출물과 불연속 석출물의 광학현미경 미세조직 사진.

도 2 는 도 1의 A부를 확대한 투과전자현미경 미세조직 사진.

도 3 은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 투과전자 현미경 미세조직 사진.

도 4 는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료에서 시효처리 전/후의 경도 및 전기전도도 변화를 비교한 그림.

도 5 는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법을 나타낸 공정 순서도.

도 6 은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법을 나타낸 개요도.

도 7 은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 고용체생성단계와 석출물강제생성단계의 적용 온도를 검증하기 위한 Cu-Ni₂Si 이원상 다이어그램.

도 8 은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 고용체생성단계를 실시하지 않고 시효처리한 비교예의 미세조직 사진.

도 9 는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 고용체생성단계 및 석출물강제생성단계를 실시 후 미세조직 사진.

도 10 은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 고용체생성단계 중 서냉을 실시한 비교예에 대하여 소성가공시 미세조직 사진.

도 11 은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 고용체생성단계 중 급냉을 실시한 실시예에 대하여 소성가공시 미세조직 사진.

도 12 는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 고용체생성단계를 실시하지 않은 비교예의 미세 조직 사진.

도 13 은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 고용체생성단계를 실시한 실시예의 미세 조직 사진.

도 14 는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 고용체생성단계 중 서냉을 실시하고 석출촉진금속을 첨가하지 않은 비교예의 미세 조직 사진.

도 15 는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 고용체생성단계에서 급냉을 실시하고 석출촉진금속을 첨가한 실시예의 미세조직 사진.

도 16 은 도 14의 비교예에 대하여 열간압연 후 500°C 열처리시 미세조직 사진.

도 17 은 도 15의 실시예에 대하여 열처리 온도 및 실시시간 변화에 따른 미세 조직 변화를 나타낸 사진.

도 18 및 도 19 는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 석출물강제생성단계

후 불연속석출의 면적비 변화를 나타낸 그래프.

도 20 은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 석출물강제생성단계가 완료된 바람직한 실시예의 전자현미경 미세조직 사진.

도 21 은 고용체생성단계를 실시하지 않은 비교예에 대하여 석출물강제생성단계(위)와 석출물배향단계(아래)를 실시한 경우 미세조직 사진.

도 22 는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료의 제조방법에서 석출물배향단계 실시 전/후의 미세 조직을 비교한 사진.

도 23 은 비교예와 바람직한 실시예에 대하여 인발공정이 채택된 석출물배향단계 실시 전/후의 기계적 특성을 비교한 그래프.

도 24 는 비교예와 바람직한 실시예에 대하여 압연공정이 채택된 석출물배향단계 실시 전/후의 기계적 특성을 비교한 그래프.

도 25 는 도 23의 실험 결과를 단계별로 비교한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하 첨부된 도 1 내지 도 3을 참조하여 본 발명에 의한 불연속 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 가지는 금속복합재료(20)에 대하여 설명한다.
- [0033] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0034] 따라서 본 명세서에 기재된 실시 예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0035] 도 1과 도 2는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료에서 소성가공전 연속 석출물과 불연속 석출물의 광학현미경 미세조직 사진 및 도 1의 A부 확대 사진이고, 도 3은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료(20)의 투과전자 현미경 미세조직 사진이다.
- [0036] 본 발명은 금속 내부에서 기계적 강도를 감소시키는 셀룰라 또는 라멜라 구조의 석출물을 생성한 후 인위적으로 배향하여 복합재료형 강화 효과를 갖도록 함으로써 강도 및 전기전도도가 향상되도록 한 금속복합재료(20)이다.
- [0037] 즉, 도 1 및 도 2와 같이 합금(10) 내부에 석출물을 인위적으로 생성한 후 도 3과 같이 석출물을 인위적으로 배향하여 본 발명인 금속복합재료(20)를 완성하였다.
- [0038] 상기 석출물은 불연속 셀룰라 석출물이나 연속 라멜라 석출물 등이 포함될 수 있으며, 소성가공은 인발, 압연, 압출 등 다양한 공정이 선택될 수 있다.
- [0039] 도 4는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료(20)에서 시효처리 전/후의 강도 및 전기전도도 변화를 비교한 표이다.
- [0040] 도면과 같이 상기 금속복합재료(20)를 제조하는 과정 중에는 석출물의 양을 증가시키기 위한 석출촉진금속을 합금(10)에 포함시킬 수 있다.
- [0041] 석출촉진금속은 타이타늄(Ti) 또는 바나듐(V)이 적용되며, 본 발명의 바람직한 실시예는 구리합금이 채택되었다.
- [0042] 상기 석출촉진금속이 선택적으로 첨가됨에 따라 전기전도도나 강도를 인위적으로 조정할 수 있음은 물론이다.
- [0043] 상기와 같이 소성 가공 전에 3시간 이상의 시효처리에 의해 인위적으로 생성된 석출물은 길이와 직경에 대한 종횡비가 100 이상을 가지며, 합금(10)의 전체 면적에 대하여 40% 이상의 면적에 불연속석출물영역이 형성되도록 함으로써 강도 및 전기전도도를 향상시킬 수 있다.
- [0044] 그리고 본 발명은 합금(10)에 용체화처리 또는 균질화처리를 실시하여 고용체를 생성한 후 시효처리를 통해 500 $\mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 불연속 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 강제로 생성할 수 있으며, 630 μm

$\times 480\mu\text{m}$ 단위면적당 40% 이상의 불연속 셀룰라 석출물 또는 연속 라멜라 석출물을 생성할 수 있다.

- [0045] 또한, 강제로 생성된 석출물을 소성가공을 통해 구리기지 안에 $3.5\mu\text{m} \times 1.5\mu\text{m}$ 단위면적당 $2.0\mu\text{m}$ 이상의 길이를 갖도록 배향 가능하다.
- [0046] 이하 첨부된 도 5를 참조하여 금속복합재료(20)의 제조방법을 설명한다.
- [0047] 도 5는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료(20)의 제조방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [0048] 도면과 같이 본 발명인 금속복합재료(20)를 제조하는 방법은, 주조된 합금(10)을 준비하는 재료준비단계(S100)와, 상기 합금(10)을 단상영역에서 열처리하여 고용체를 생성하는 고용체생성단계(S200)와, 고용체가 생성된 합금(10)을 시효처리하여 셀룰라 석출물 또는 라멜라 석출물을 형성하는 석출물강제생성단계(S300)와, 상기 석출물을 포함하는 합금(10)을 소성가공하여 석출물을 배향하는 석출물배향단계(S400)로 이루어진다.
- [0049] 상기 재료준비단계(S100)는 합금(도 5 및 도 6 참조)을 준비하는 과정으로, 전술한 석출촉진금속이 선택적으로 준비될 수 있다.
- [0050] 보다 구체적으로 살펴보면, 상기 합금(10)은 본 발명의 실시예에서 니켈(Ni)-실리콘(Si)을 포함하는 구리합금이며 압연, 인발, 압출 중 어느 하나로 성형된 주조품이 채택되어 잔류 석출물이 존재하게 된다.
- [0051] 상기 석출촉진금속은 타이타늄(Ti), 바나듐(V) 중 어느 하나를 포함하여 구성된다.
- [0052] 그리고, 니켈(Ni)과 실리콘(Si)의 중량을 합한($\text{Ni}+\text{Si}$) 중량%는 합금(10)의 전체 중량에 대하여 최고 고용도의 81% 이상 즉, 4.8 내지 7.5중량% 포함되도록 제한하였으며, 잔부는 구리(Cu) 및 기타 불가피한 불순물이다.
- [0053] 그리고, 상기 석출촉진금속은 선택적으로 포함하되, 0.025 내지 0.24 중량%의 타이타늄(Ti)이 포함되거나, 0.028 내지 0.086중량%의 바나듐(V)이 포함될 수 있다.
- [0054] 상기 재료준비단계(S100) 이후에는 고용체생성단계(S200)가 실시된다. 상기 고용체생성단계(S200)는 잔류 석출물을 제거하기 위한 과정으로, 상기 재료준비단계(S100)에서 석출촉진금속이 포함되는 경우 고용도가 낮출 수 있다.
- [0055] 상기 고용체생성단계(S200)는 합금(10) 및 석출촉진금속을 일정 온도 이상의 온도에서 가열하는 과정으로, 상기 고용체생성단계(S200)의 바람직한 온도는 구리기지 합금(10)의 경우 950°C 이상, 1084(순구리 용융점)- $7.5\times X$ 이하의 온도가 바람직하다.
- [0056] 그리고, 상기 X는 전술한 ($\text{Ni}+\text{Si}$)의 중량% 값이 적용되며, 본 발명의 실시예인 Cu-Ni-Si, Cu-Ni-Si-Ti 또는 Cu-Ni-Si-V 합금(10)은 액상이 생기지 않는 $1084-7.5\times X$ 와, 고용체를 형성할 수 있는 최고고용한계온도인 950°C 이상이 바람직하다.
- [0057] 즉 도 7을 참조하면, 실시예인 Cu-Ni-Si, Cu-Ni-Si-Ti 또는 Cu-Ni-Si-V 합금(10)의 경우 950°C 이하에서 단상을 형성하지 않고 다상을 형성하기 때문에 불연속 석출물이 생성되지 않는다.
- [0058] 상기 고용체생성단계(S200) 이후에는 불연속석출물 강제생성단계(S300)가 실시된다.
- [0059] 상기 석출물강제생성단계(S300)는 합금(10) 내부에 불연속 셀룰라 석출물이나 불연속 라멜라 석출물을 생성시키는 과정으로, 본 발명의 실시예에서는 상기 고용체생성단계(S200) 이후 water quenching 또는 공냉을 실시하고 석출촉진 금속을 첨가하였을 경우는 2시간 이상 시효하고 석출촉진금속을 첨가하지 않은 경우는 5시간 이상 시효함으로써 불연속 석출물을 강제 생성시켰다.
- [0060] 즉, 도 8 및 도 9와 같이 고용체생성단계(S200) 중 냉각 방식을 상이하게 채택한 비교예와 실시예에 대한 미세조직 사진으로서, 비교예는 가열로 내부에서 서서히 냉각시킨 반면, 실시예는 급냉시켰다.
- [0061] 이에 따라 비교예는 일반적인 형상의 석출물이 생성되었으나, 실시예에서는 불연속적인 석출물이 생성된 것을 확인할 수 있다.
- [0062] 도 10은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료(20)의 제조방법에서 고용체생성단계(S200) 중 서냉을 실시한 비교예에 대하여 소성가공시 미세조직 사진이고, 도 11은 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료(20)의 제조방법에서 고용체생성단계(S200) 중 급냉을 실시한 실시예에 대하여 소성가공시 미세조직 사진이다.
- [0063] 이들 도면과 같이, 가열로 내부에서 서서히 냉각시킨 비교예의 경우 석출물이 배향되지 않았으나, 상기 고용체

생성단계(S200)에서 급냉한 실시예의 경우에는 석출물배향단계(S400)를 실시하였을 때 석출물이 가공 방향과 나란히 배향된 것을 확인할 수 있다.

- [0064] 따라서, 상기 고용체생성단계(S200)에서는 water quenching 또는 공냉 방식을 이용하여 급냉하는 것이 바람직하다.
- [0065] 상기 고용체생성단계(S200) 이후에는 석출물강제생성단계(S300)가 실시된다. 상기 석출물강제생성단계(S300)는 고용체생성단계(S200)에서 합금(10) 내부에 형성된 석출물의 양을 증가시키기 위한 단계로서, 본 발명의 실시예에서는 시효(aging) 처리를 적용하였다.
- [0066] 이하 도 12 내지 도 19를 참조하여 석출물강제생성단계(S300) 전/후의 미세조직을 비교하여 설명한다.
- [0067] 먼저 도 12 및 도 13과 같이 고용체생성단계(S200) 중 열처리로 내부에서 서냉한 비교예의 경우 불연속 석출물 영역이 소량 생성되었으나, 고용체생성단계(S200)가 바람직하게 실시된 실시예의 경우 비교예와 동일한 시간 동안 석출물강제생성단계(S300)를 실시하더라도 불연속 석출물 영역이 많이 확장된 것을 확인할 수 있었다.
- [0068] 비교예와 실시예의 성분별 함량은 아래 표 1과 같다.

표 1

| 구 분 | 냉각 방식 | Cu | Ni | Si |
|-----|-------|------|---------|---------|
| 비교예 | 서냉 | Bal. | 5.98wt% | 1.43wt% |
| 실시예 | 급냉 | Bal. | 5.98wt% | 1.43wt% |

- [0070] 도 14 및 도 15와 같이 석출촉진금속이 포함되지 않은 경우보다 석출촉진금속을 포함시킨 경우 동일한 시간 동안 석출물강제생성단계(S300)를 실시하더라도 불연속 석출물 영역이 넓은 것을 확인할 수 있다.
- [0071] 도 14는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료(20)의 제조방법에서 고용체생성단계(S200) 중 서냉을 실시하고 석출촉진금속을 첨가하지 않은 비교예의 미세 조직 사진이고, 도 15는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료(20)의 제조방법에서 고용체생성단계(S200)에서 급냉을 실시하고 석출촉진금속을 첨가한 실시예의 미세조직 사진으로서, 재료준비단계(S100)에서 바나듐(V)을 첨가한 경우, 고용체생성단계(S200)와 석출물강제생성단계(S300) 완료 후 미세조직 사진을 나타낸 것으로서, 타이타늄(Ti)과 동일하게 불연속 석출물의 형성이 촉진된 것을 확인할 수 있었다.
- [0072] 도 16은 도 14의 비교예에 대하여 열간압연 후 500°C 열처리시 미세조직 사진이고, 도 17은 도 15의 실시예에 대하여 열처리시 온도 및 실시간 변화에 따른 미세 조직 변화를 나타낸 사진이다.
- [0073] 도 17과 같이 석출물강제생성단계(S300)에서 400°C로 가열한 경우 6시간이 경과하더라도 불연속 석출물은 생성되지 않았으나, 450°C와 500°C로 가열한 경우에는 1시간 경과 시점부터 석출물이 증가하였다.
- [0074] 반면 비교예의 경우 도 16과 같이 500°C에서 7시간 동안 가열하더라도 석출물은 발생하지 않았다.
- [0075] 도 14와 도 16과 같이 석출물강제생성단계(S300)를 실시하기 전의 비교예에서는 미세조직에 큰 변화를 나타내지 않았으나, 실시예의 경우 도 15 및 도 17과 같이 시간이 증가함에 따라 불연속 석출물이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.
- [0076] 비교예의 경우 바나듐(V) 또는 타이타늄(Ti)이 첨가되지 않은 경우에는 석출물강제생성단계(S300)를 실시하고 오랜 시간 지속하더라도 불연속 석출물이 소량을 형성되어 바람직한 실시예와는 상반된 결과를 나타내었다.
- [0077] 도 18 및 도 19는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료(20)의 제조방법에서 석출물강제생성단계(S300) 후 불연속석출물의 면적비 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0078] 즉, (Ni+Si)의 중량% X를 변화시에 석출물의 발생량을 분석한 그래프로서 합금(10)의 전체 중량에 대하여 (Ni+Si)의 중량% X가 4.81중량% 이상 포함되었을 경우 불연속 석출물 또는 라멜라 석출물의 면적이 40% 이상 차지하는 것을 확인하였다.
- [0079] 다만 (Ni+Si)의 중량% X가 4.81중량% 미만 포함된 경우에는 40% 이상의 불연속 석출물 면적을 형성하지 못하였다.
- [0080] 따라서, 도 7에서 나타낸 상태도 상에서 (Ni+Si)의 중량% X는 4.8 내지 7.5중량% 범위 내에서 실시됨이 바람직

하다. 그리고 상태도는 모든 석출형 합금에서 동일한 현상을 구현하기 때문에 최고 고용도의 81% 첨가한 합금에서 동일한 현상이 일어나는 것으로 예측할 수 있다.

- [0081] 상기와 같은 실시예를 토대로 500°C에서 석출물강제생성단계(S300)를 실시한 결과 도 20과 같이 불연속 셀룰라 석출물이 형성되었으며, 라멜라 석출물은 길이와 직경에 대한 종횡비가 100 이상을 나타내었다.
- [0082] 상기와 같은 실험 결과를 토대로 불연속 석출물강제생성단계(S300)의 실시온도는, $47 \times X + 260^{\circ}\text{C}$ (533K) 이하의 온도가 채택되며 이러한 관계식을 가진다.
- [0083] 그리고, 상기 고용체생성단계(S200)의 실시온도($^{\circ}\text{C}$)는, $1084 - 7.5 \times X$ 와 고용체를 형성할 수 있는 최고고용한계인 950°C 이상의 온도가 채택되며 이러한 관계식을 가진다.
- [0084] 그리고 상기 불연속 석출물의 생성은 확산히 시작되는 $0.4 \times \text{구리기지금속의 용융점(K: 절대온도)}$ 이상부터 생성되므로 본 발명에서 밝혀진 구리기지금속 외의 첨가조성과의 관계로부터 도 7에 나타낸 상태도에 나타낸 영역에서 불연속 석출물이 강제 형성된다.
- [0085] 상기 불연속 석출물강제생성단계(S300) 이후에는 석출물배향단계(S400)가 실시된다. 상기 석출물배향단계(S400)는 전술한 바와 같은 실시예에 따라 내부에 형성된 불연속 석출물 또는 불연속 라멜라 석출물을 인위적으로 배향시키기 위한 과정이다.
- [0086] 즉, 본 발명의 실시예에서 상기 석출물배향단계(S400)는 압연 또는 인발 또는 압출이 채택되었으며, 도 11은 압연(상단)과 인발(하단)을 채택하여 제조된 금속복합재료(20)의 미세조직 사진으로서, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 제조된 금속복합재료(20)는 불연속 석출물이 서로 평행하게 배열되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0087] 이하 첨부된 도 21 및 도 22를 참조하여 비교예와 실시예의 미세조직을 비교 설명한다.
- [0088] 도 21은 고용체생성단계(S200)를 실시하지 않은 비교예에 대하여 석출물배향단계 실시한 경우 미세조직 사진이고, 도 22는 본 발명에 의한 배향된 석출물을 가지는 금속복합재료(20)의 제조방법에서 석출물배향단계(S400) 실시 전/후의 미세 조직을 비교한 사진이다.
- [0089] 도 21과 같이 비교예는 고용체생성단계(S200)를 실시하지 않아 석출물강제생성단계(S300)에서 석출물이 생성되지 않은 합금에 석출물배향단계(S400)를 실시한 것으로, 고용체를 생성시킨 후(도 22의 위 사진) 석출물배향단계(S400)를 실시한 실시예(도 22의 아래 사진)와 대비할 때 미세조직의 정렬 방향이 현격히 상이한 것을 확인할 수 있다.
- [0090] 이와 같은 미세조직의 배향 여부 차이는 도 23 및 도 24와 같이 기계적 특성에 큰 차이를 나타낸다.
- [0091] 도 23은 비교예와 바람직한 실시예에 대하여 인발공정이 채택된 석출물배향단계(S400) 실시 전/후의 기계적 특성을 비교한 그래프이고, 도 24는 비교예와 바람직한 실시예에 대하여 압연공정이 채택된 석출물배향단계(S400) 실시 전/후의 기계적 특성을 비교한 그래프이다.
- [0092] 먼저 도 23을 참조하면 시효처리까지 완료한 실시예의 경우 500MPa 이하의 강도를 나타내어 비교예의 강도인 600 MPa 보다 낮은 수치를 나타내었다.
- [0093] 그러나, 상기 석출물배향단계(S400)에서 인발공정을 실시한 비교예와 실시예를 비교해보면 강도의 증가분이 현격히 차이나는 것을 알 수 있다.
- [0094] 즉, 비교예의 경우 인발공정 전에 600MPa의 강도를 나타내다가 인발공정 후 800MPa로 조금 상승하였으나, 실시예의 경우에는 인발공정 전 500MPa 정도의 강도를 나타내다가 인발공정 후 1100MPa에 가까운 강도를 나타내어 오히려 석출물배향단계(S400) 이후에는 비교예보다 실시예의 합금(10)의 강도가 뛰어난 것을 알 수 있다.
- [0095] 따라서, 본원발명의 석출물강제생성단계(S300)를 실시하여 석출물을 강제로 생성하고 이러한 석출물을 강제로 배향함으로써 석출물이 강화재 역할을 수행할 수 있다는 것을 증명하고 있다.
- [0096] 도 24는 상기 석출물강제생성단계(S400)에서 압연공정을 채택하여 실시한 것으로, 비교예의 경우 압연공정을 실시하기 전에는 600MPa를 나타내어 실시예의 강도인 550MPa보다 높은 강도를 나타냈으나, 석출물강제생성단계(S400)를 실시한 이후에는 비교예의 경우 800MPa미만의 강도를 나타낸 반면, 본원발명의 바람직한 실시예는 900 MPa의 강도를 나타내어 석출물의 배향에 따른 강도 상승 효과를 확인할 수 있었다.
- [0097] 도 25는 도 23의 실험 결과를 단계별로 비교한 그래프로서, 공정별 강도 증가효과를 아래에서 위쪽 방향으로 순

차적으로 적중하여 표현하였다.

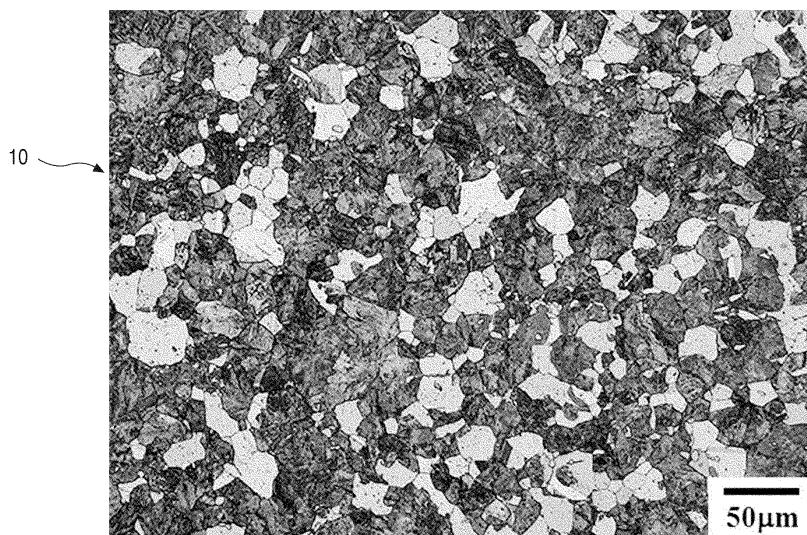
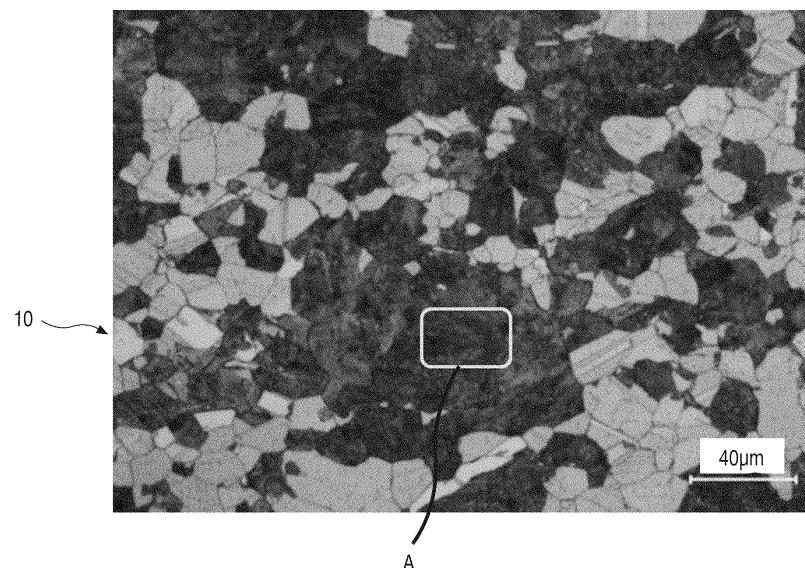
- [0098] 도면과 같이 합금(10) 상태에서 비교예와 실시예는 동일한 200MPa의 강도를 나타내었고, 고용체생성단계(S200)와 석출물강재생성단계(S300) 이후에는 오히려 비교예의 강도가 430MPa 증가하여 실시예의 강도보다 높았다.
- [0099] 그러나, 상기 석출물배향단계(S400) 이후 비교예는 190MPa이 상승한 반면 실시예는 480MPa이 상승하여 비교예보다 290MPa의 강도 향상 효과를 확인하였다.
- [0100] 즉, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 제조된 금속복합재료(20)는 불연속 석출물이 서로 평행하게 배열되어 기계적 특성이 일관적인 제조방법에 의해 제조된 금속복합재료(20)에 비해 기계적 특성이 월등히 증가한 것을 확인할 수 있었다.
- [0101] 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.
- [0102] 예를 들어 본 발명의 실시예에서는 석출촉진금속으로서 타이타늄을 선택하였으나 바나듐도 적용 가능하다.

부호의 설명

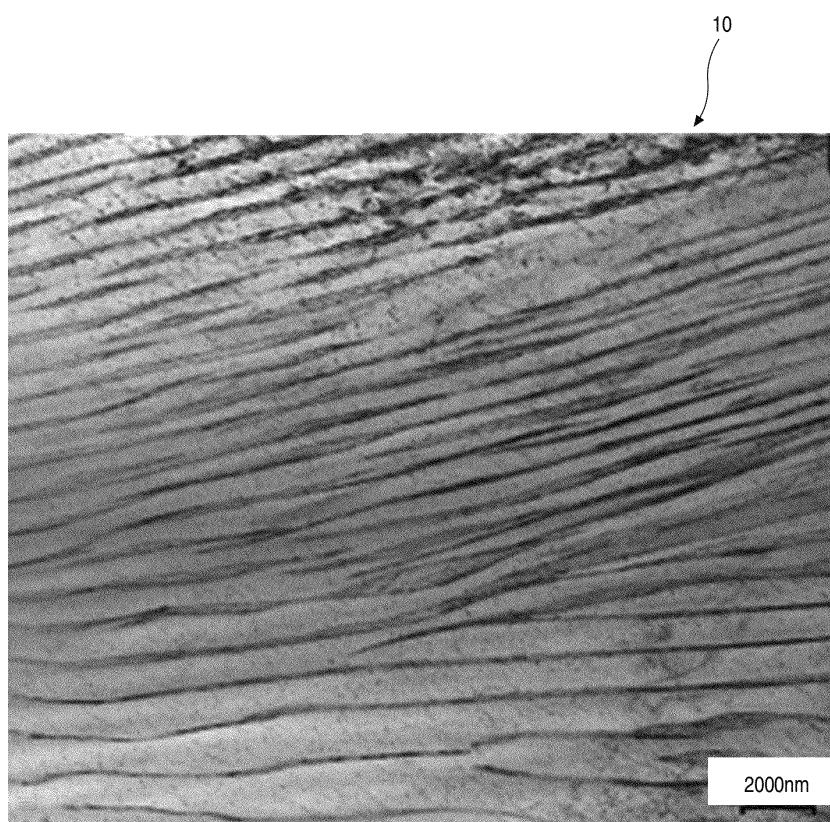
- | | |
|-----------------|---------------|
| [0103] 10. 합금 | 20. 금속복합재료 |
| S100. 재료준비단계 | S200. 고용체생성단계 |
| S300. 석출물강재생성단계 | S400. 석출물배향단계 |

도면

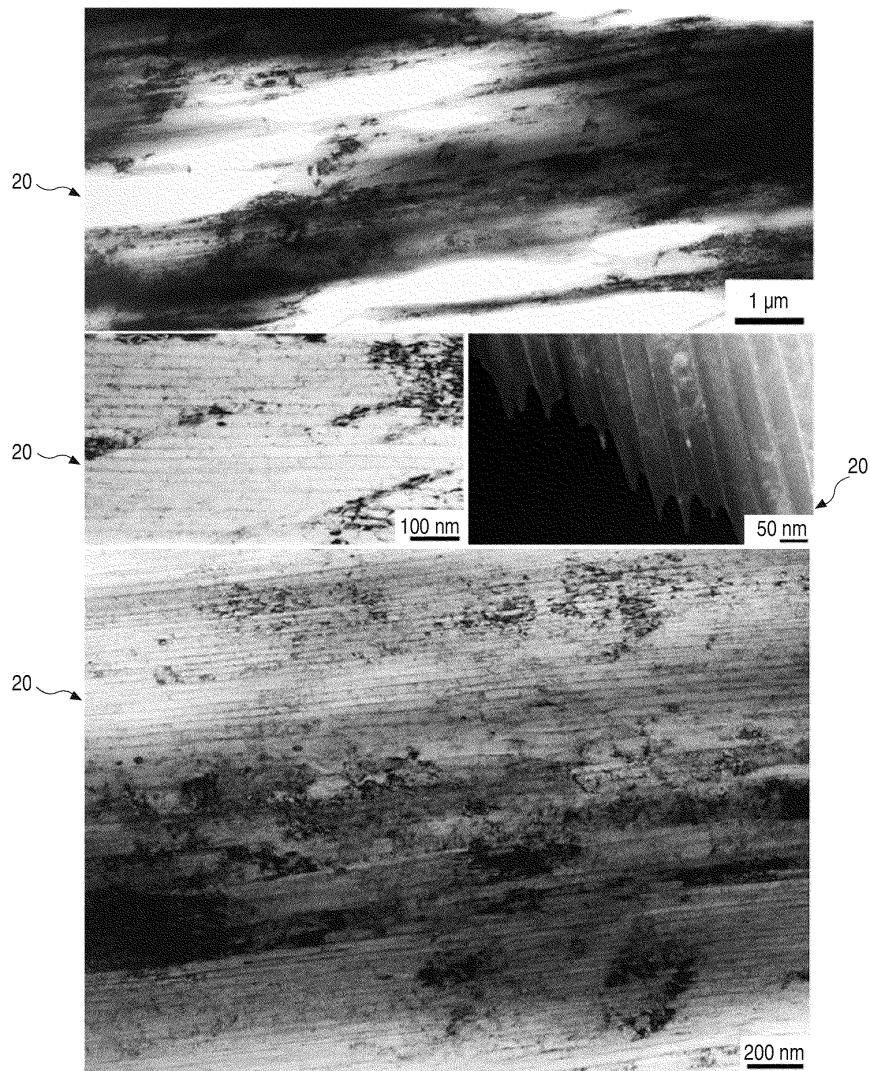
도면1



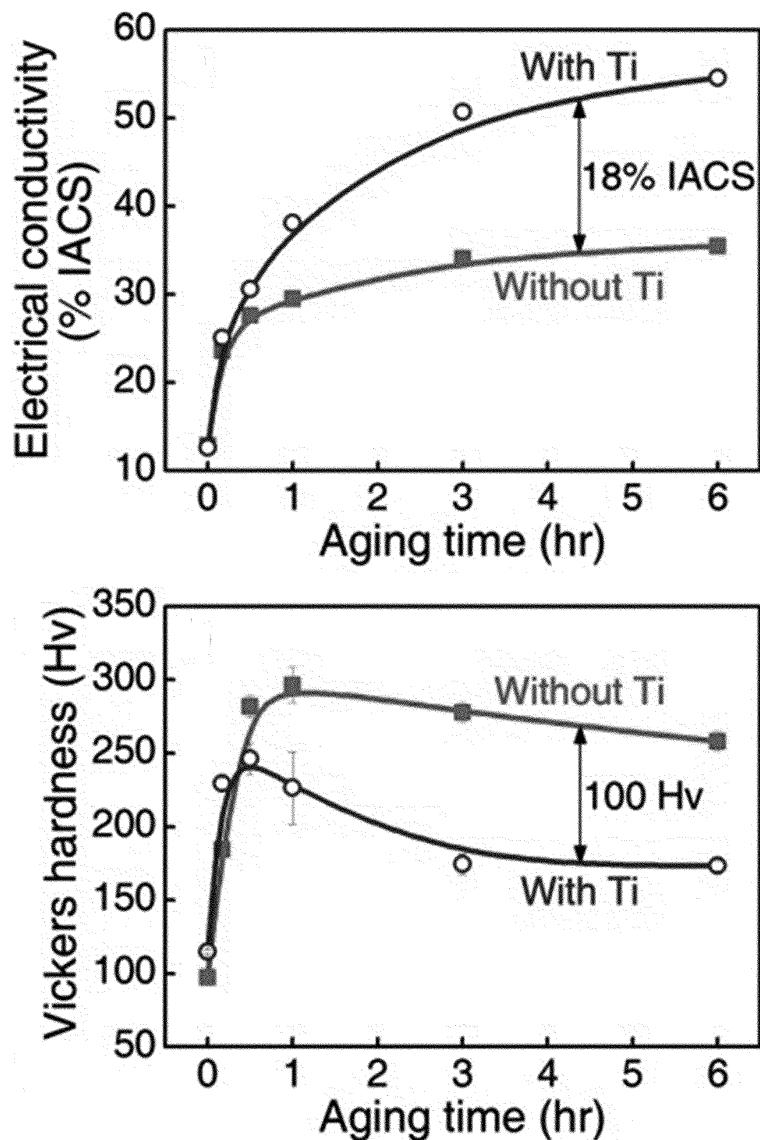
도면2



도면3



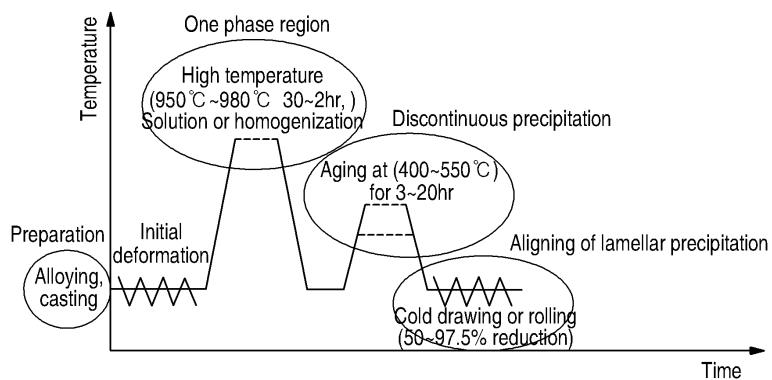
도면4



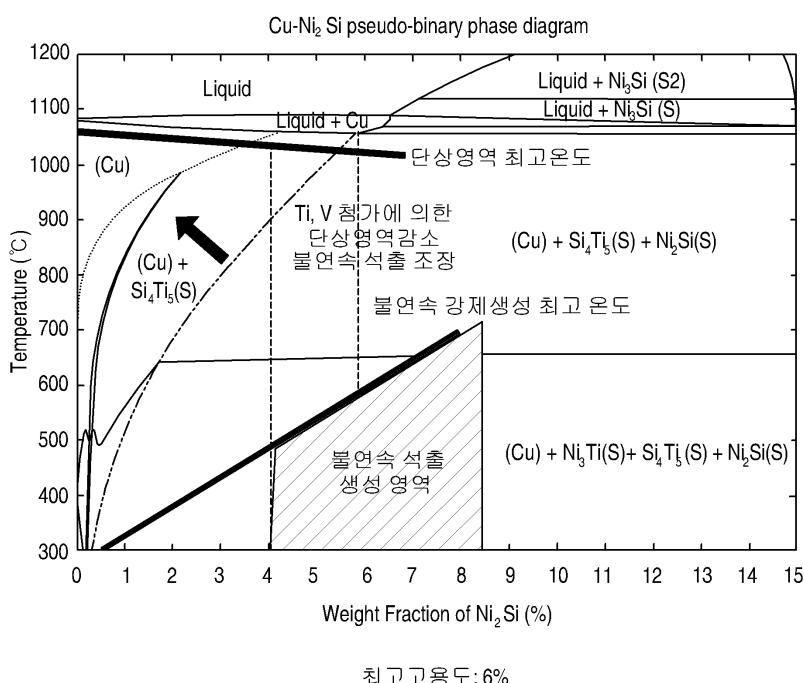
도면5



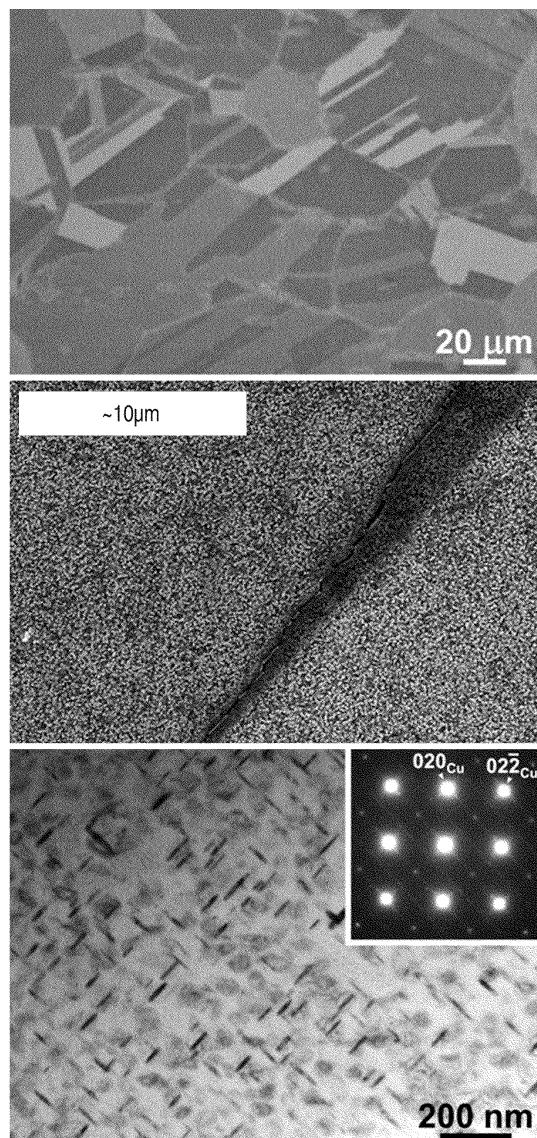
도면6



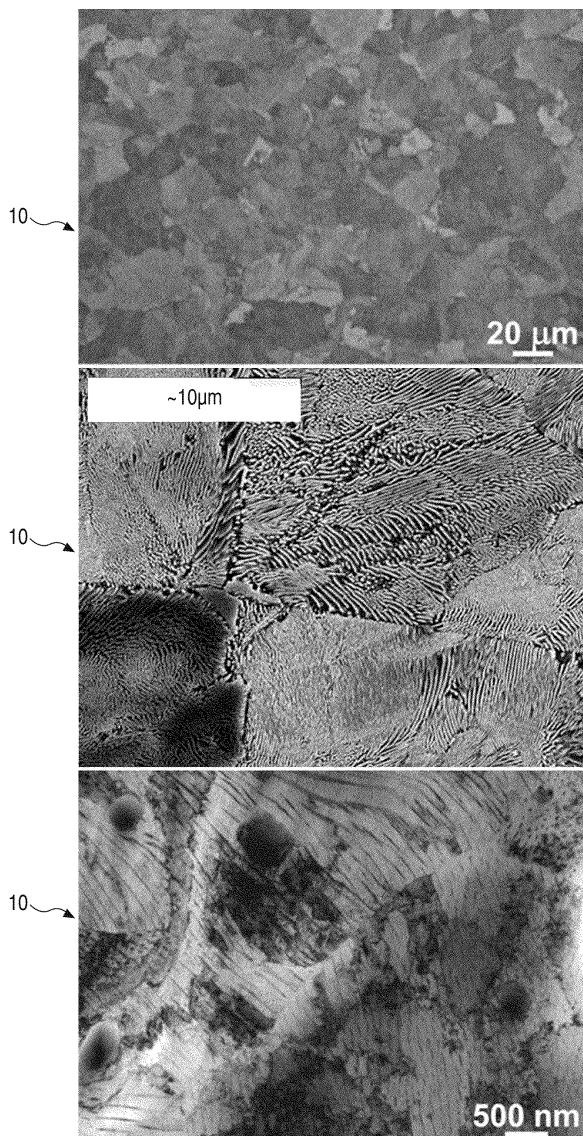
도면7



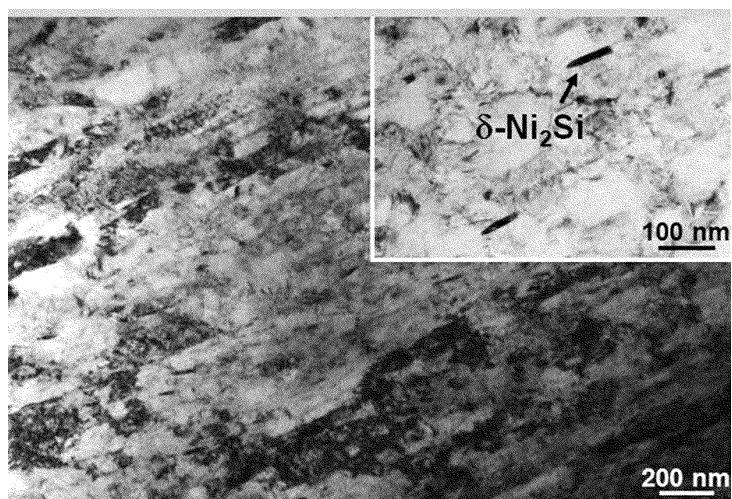
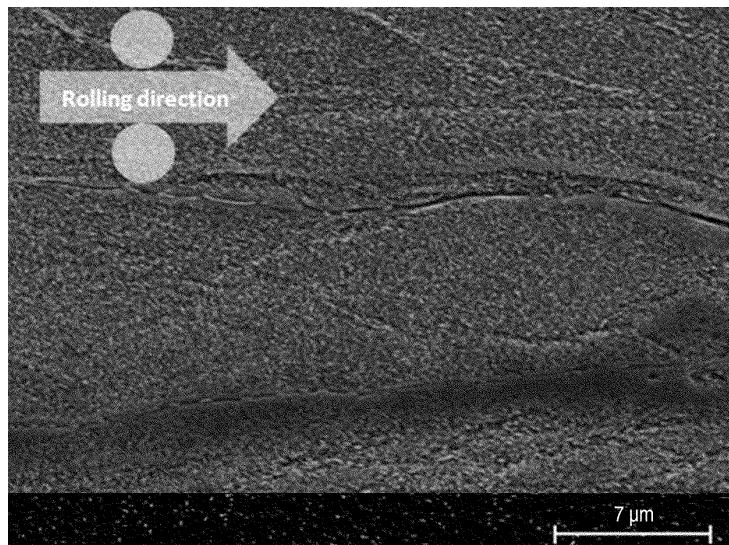
도면8



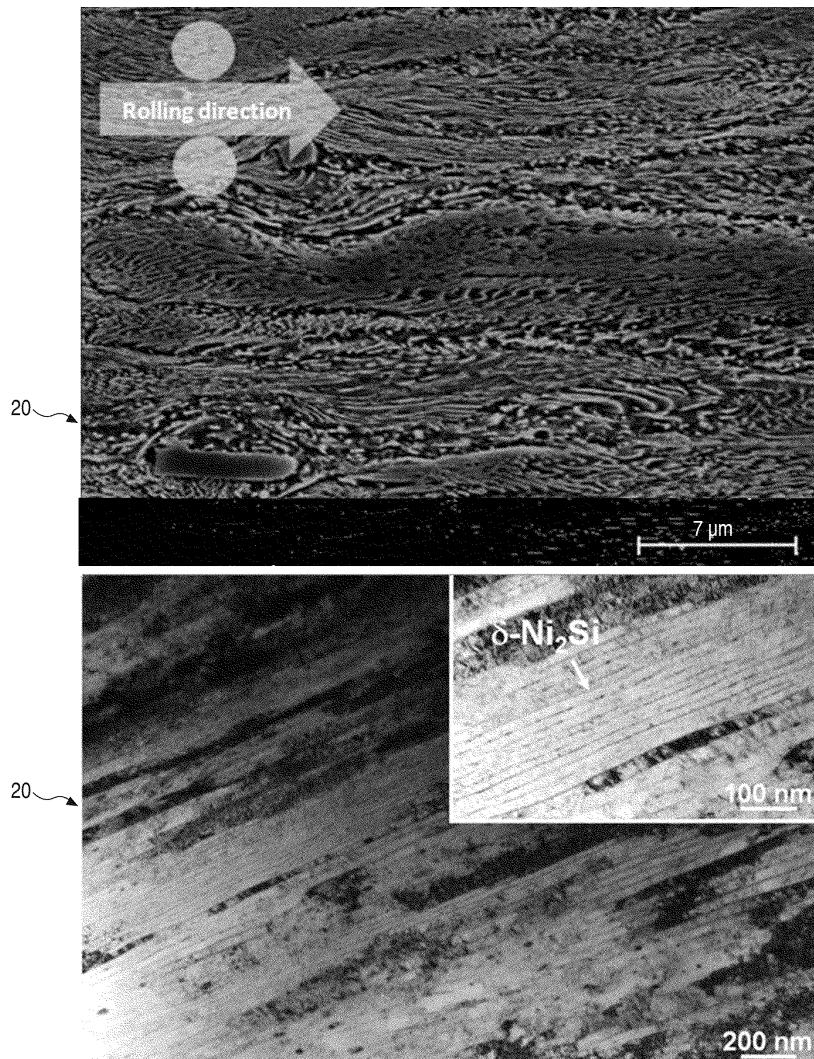
도면9



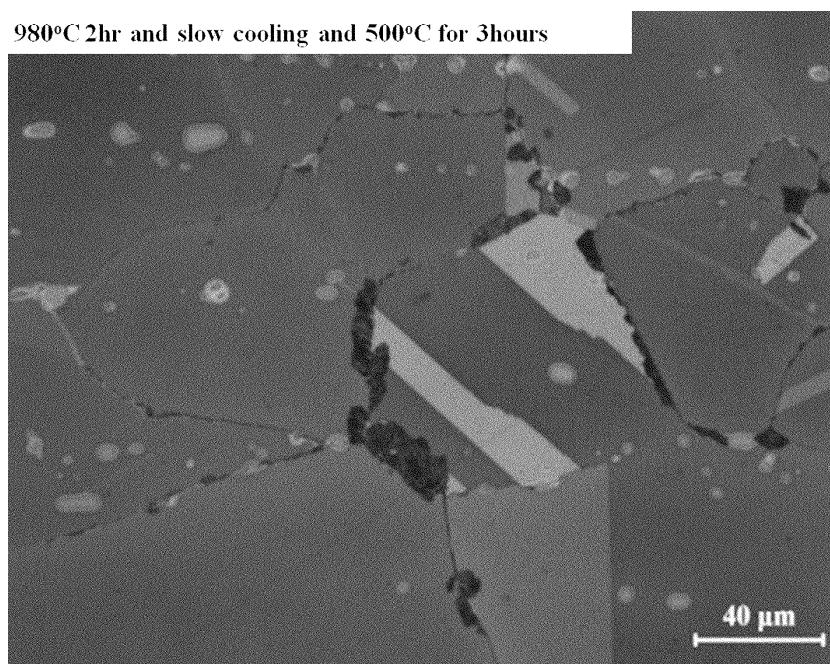
도면10



도면11



도면12



도면13

**980°C 2hr and air cooling
and 500°C for 3hours**

10 ↗

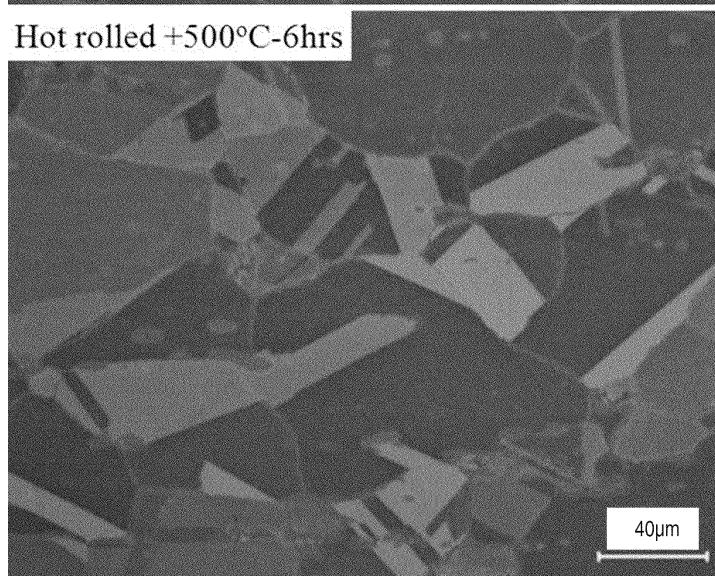
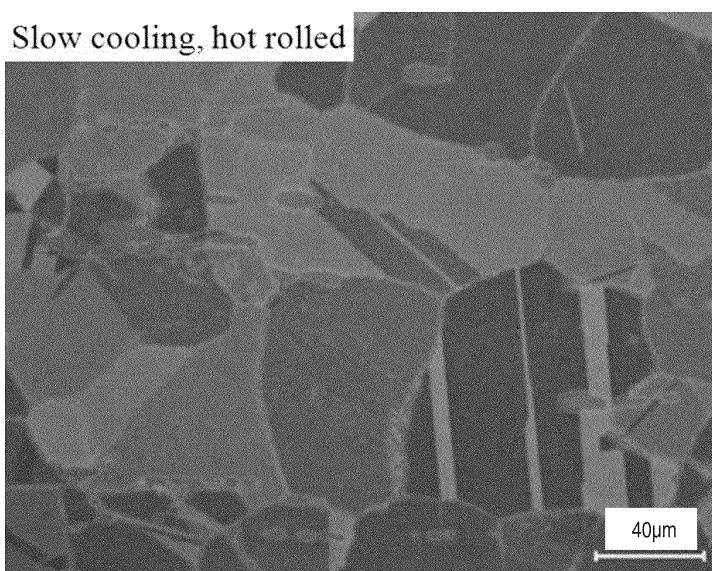
40μm

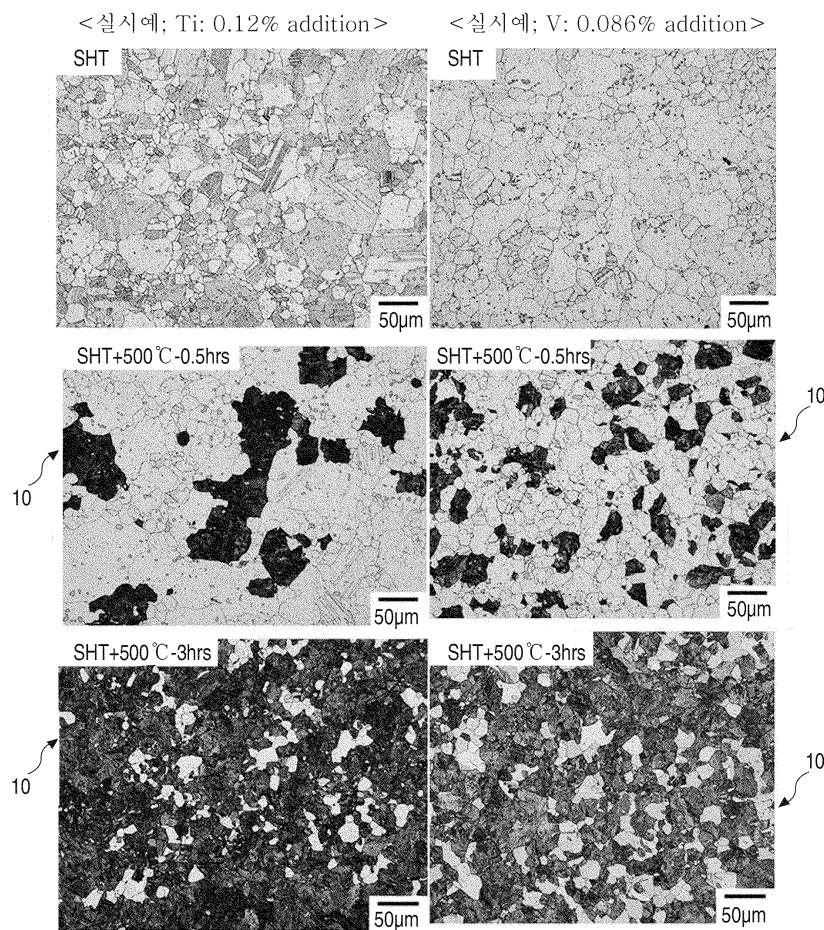
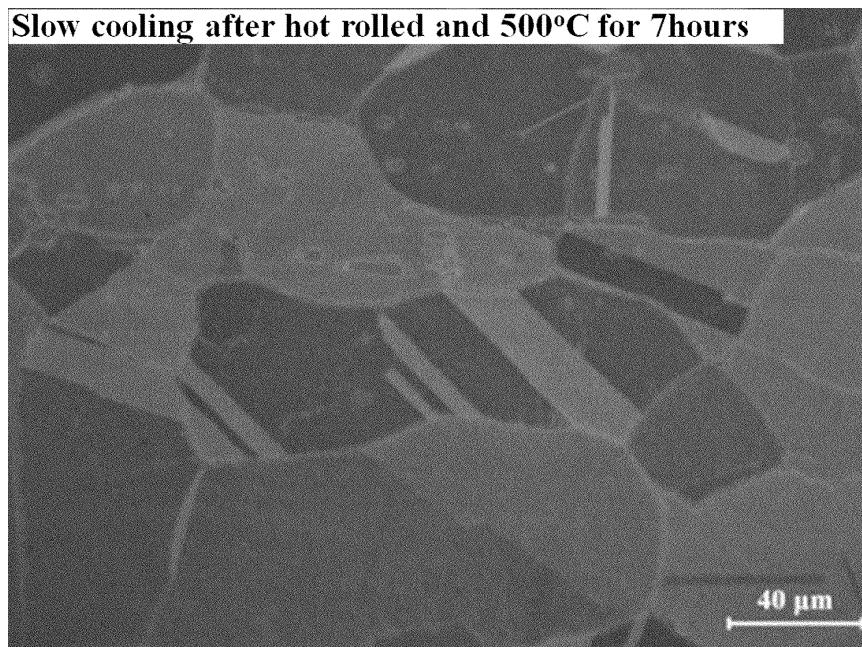
**980°C 2hr and water
quenching and 500°C for
7hours**

10 ↗

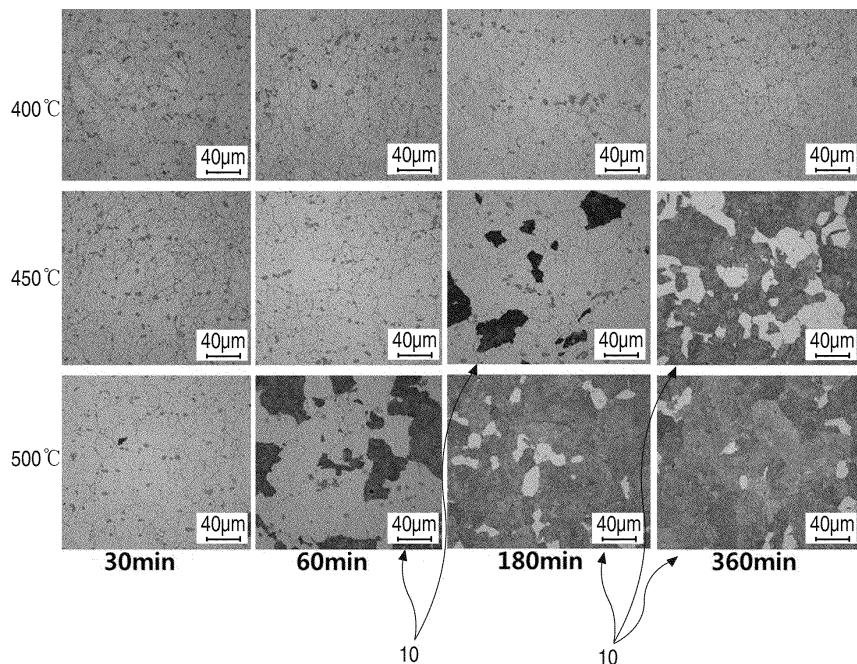
40μm

도면14



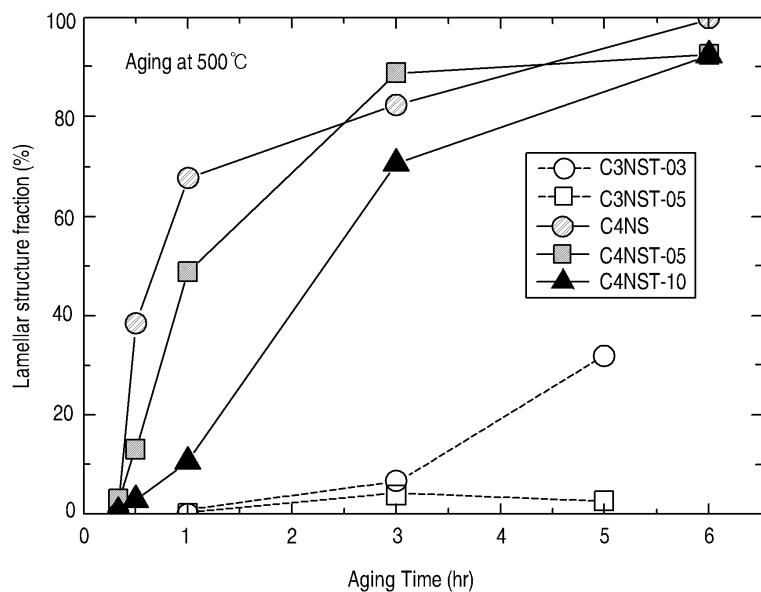
도면15**도면16**

도면17



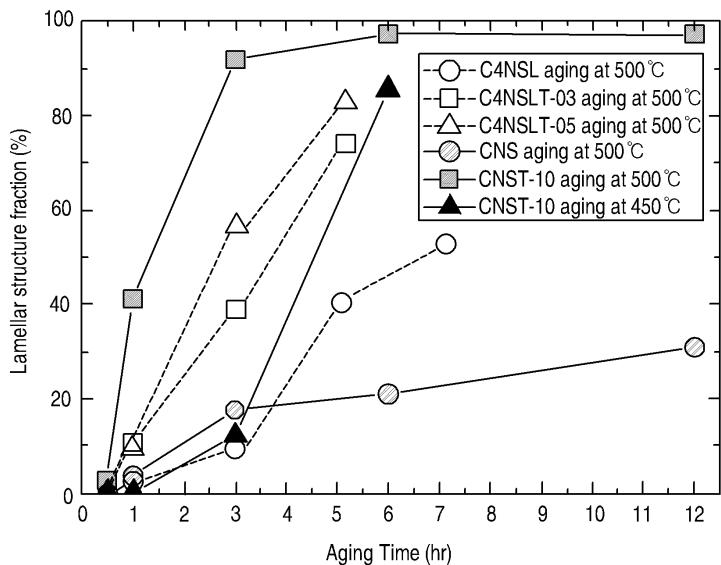
도면18

| Alloy | Cu | Ni | Si | Ti |
|------------|------|------|------|-------|
| C3NS | Bal. | 2.94 | 0.73 | - |
| C3NST - 03 | Bal. | 3.20 | 0.74 | 0.025 |
| C3NST - 05 | Bal. | 3.13 | 0.71 | 0.045 |
| C4NS | Bal. | 4.47 | 0.99 | - |
| C4NST - 05 | Bal. | 4.50 | 0.97 | 0.09 |
| C4NST - 10 | Bal. | 4.46 | 0.85 | 0.17 |

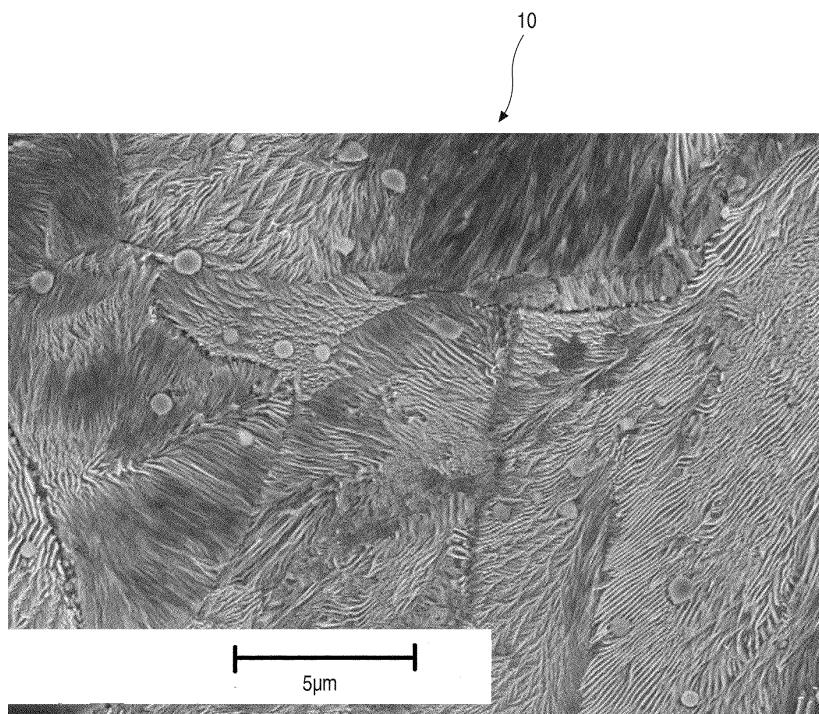


도면19

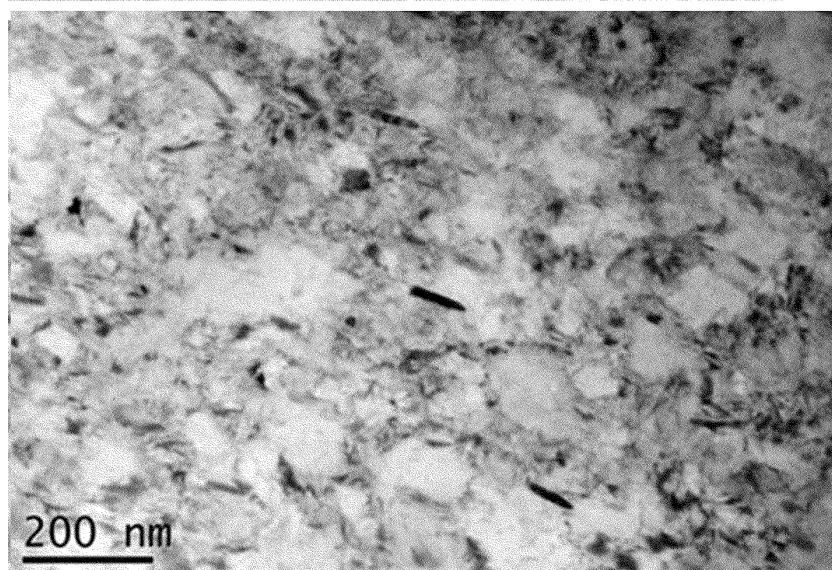
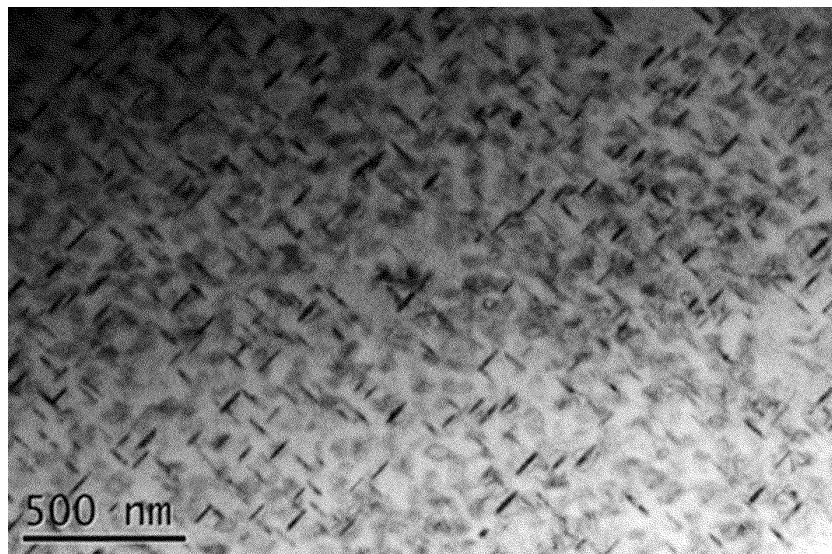
| Alloy | Cu | Ni | Si | Ti |
|-------------|------|------|------|-------|
| C4NSL | Bal. | 3.99 | 0.88 | - |
| C4NSLT - 03 | Bal. | 4.02 | 0.93 | 0.023 |
| C4NSLT - 05 | Bal. | 4.05 | 0.92 | 0.041 |
| CNS | Bal. | 5.98 | 1.43 | - |
| CNST - 10 | Bal. | 5.98 | 1.29 | 0.13 |



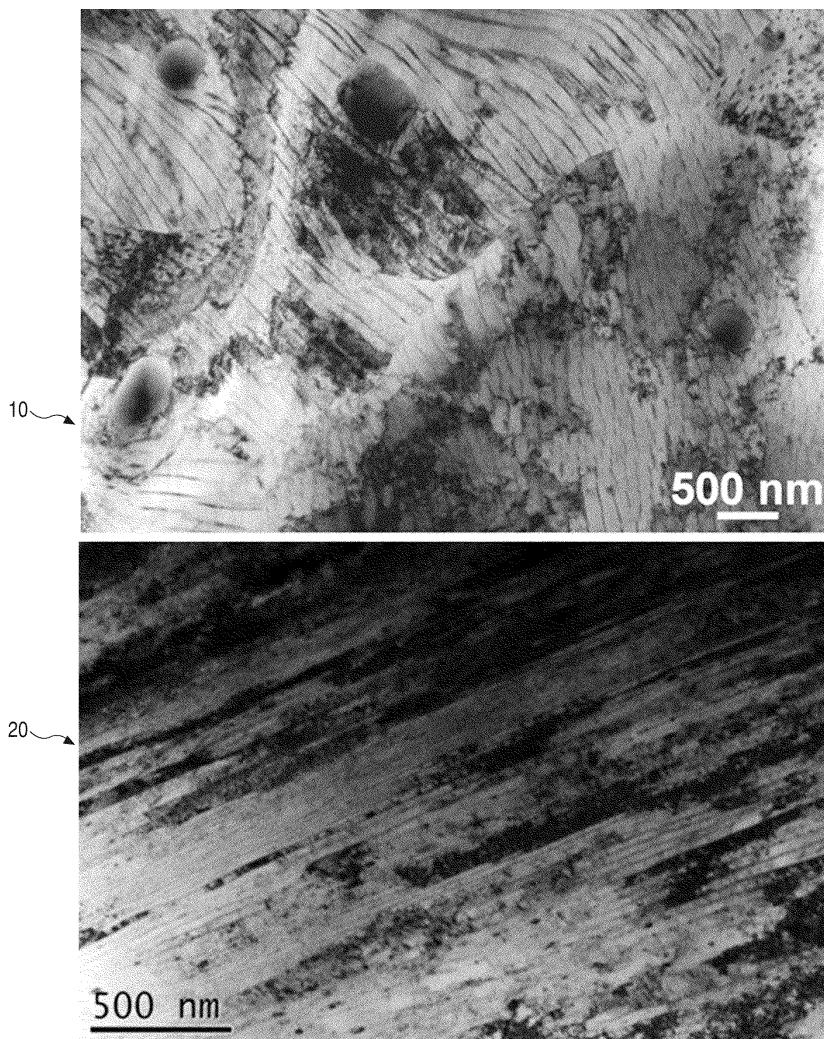
도면20



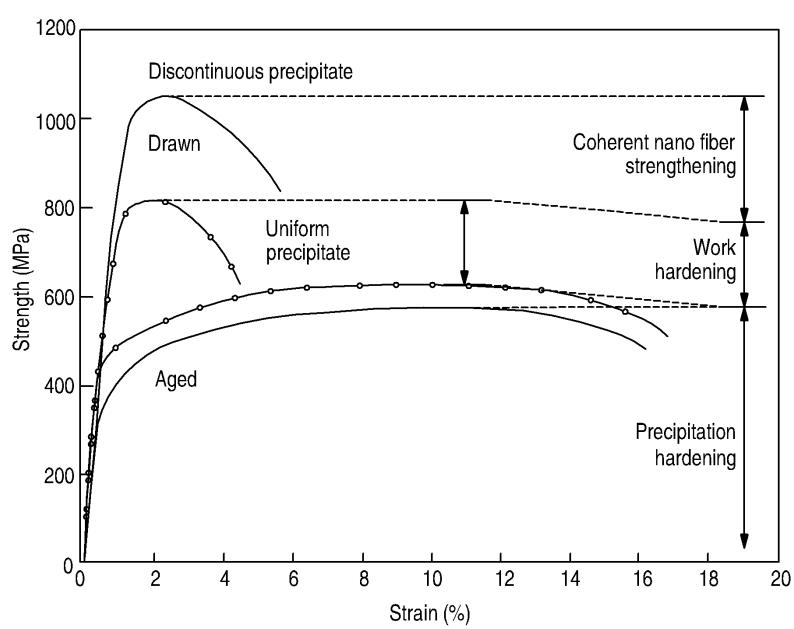
도면21



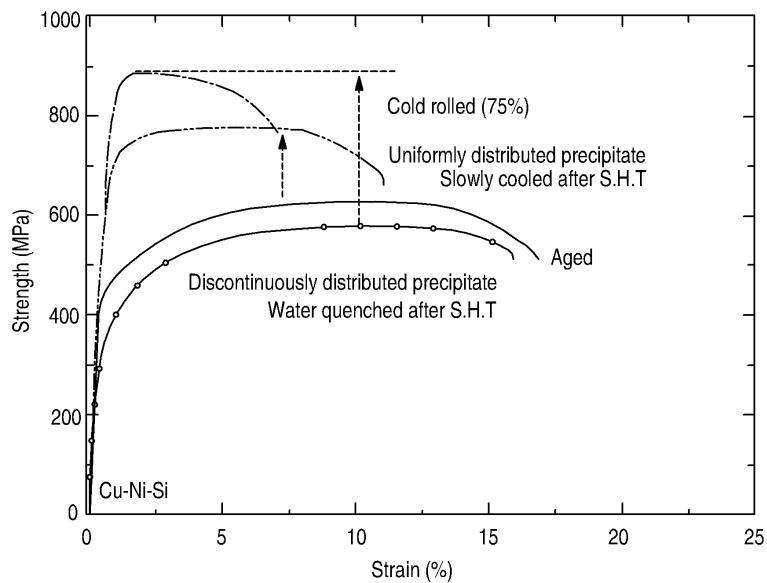
도면22



도면23



도면24



도면25

