(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0169577
(43) 공개일자 2024년12월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 1/02 (2006.01) *C22F 1/08* (2006.01)
H01B 13/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 1/026 (2013.01)
C22F 1/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-0167703(분할)
(22) 출원일자 2024년11월21일
심사청구일자 2024년11월21일
(62) 원출원 특허 10-2022-0190292
원출원일자 2022년12월30일
심사청구일자 2022년12월30일

(71) 출원인
주식회사 유라
경기도 화성시 팔탄면 시청로 854
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
오석영
경기도 화성시 향남읍 행정동로 64 향남시범살구꽃마을풍림아이원아파트 1411동 402호
장태한
경기도 의정부시 의정로40번길 12 의정부일성트루엘 102동 306호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인주원

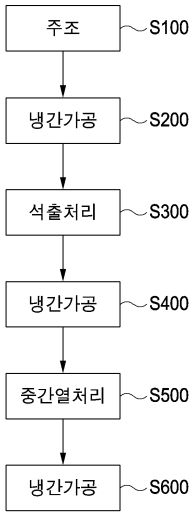
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 **전선용 구리합금 도체 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

전선용 구리합금 도체 및 이의 제조방법이 개시된다. 전선용 구리합금 도체는 구리(Cu)를 주성분으로 하며, 크롬(Cr)의 함량이 1~8질량%이며, 상기 크롬(Cr)이 길이방향으로 섬유상으로 배열된 것을 특징으로 한다. 전선용 구리합금 도체 제조방법은 구리 및 크롬 합금의 원재료를 주조하는 단계; 상기 원재료를 열처리하여 상기 크롬의 석출상을 형성하는 석출처리 단계; 및 상기 석출처리 단계 이후에, 냉간 가공하는 제 1 냉간 가공단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다. 따라서, 고강도의 전선용 구리합금 도체를 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01B 13/0016 (2013.01)
(72) 발명자
이용원
경기도 화성시 동탄광역환승로 63 동탄역반도유보라아이비파크7.0 102동 4303호
이주호
경기도 화성시 향남읍 상신하길로273번길 57 모아미래도에듀파크서봉마을4단지 410동 401호
한승전
경상남도 창원시 성산구 외리로34번길 15 한림푸르지오아파트 106동 202호
안지혁
경상남도 창원시 성산구 원이대로878번길 9 창원가음한화꿈에그린 102동 2102호
최은애
경상남도 창원시 성산구 외동반림로 156 용지 더샵레이크파크 101동 903호

명 세 서

청구범위

청구항 1

구리(Cu)를 주성분으로 하며, 크롬(Cr)의 함량이 1~8질량%이며,Si, V, Nb, Zr, Al, Mg 중 선택된 적어도 하나의 원소가 0.01~0.5질량%이며, 잔부가 구리(Cu) 및 불가피한 불순물로 이루어지며,

상기 크롬(Cr)이 길이방향으로 섬유상으로 배열된 것을 특징으로 하는 전선용 구리합금 도체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 크롬(Cr)의 섬유상의 평균 두께가 0.01~1㎛ 범위 내에 있는 것을 특징으로 하는 전선용 구리합금 도체.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

전기전도도는 60~80%IACS 범위 이내이며, 인장강도는 700~1200MPa 범위 내에 있는 것을 특징으로 하는 전선용 구리합금 도체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 구리합금 도체에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 전선 등에 사용되는 구리합금 도체 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 들어, 자동차의 전동화로, 자동차에 많은 양의 전선이 사용되고 있다. 또한, 이와 더불어, 에너지 효율을 높이기 위해서, 자동차의 경량화에 대한 요구도 증대되고 있는 실정이다.

[0003] 이러한, 자동차의 경량화 요구의 일환으로서, 자동차용 전선을 경량화하는 것이 요구되고 있다. 자동차용 전선의 경량화는, 그 도체를 세경화(細徑化)함으로써 달성이 가능하다. 그러나, 단순히 도체를 세경화한 경우에는, 강도가 낮아진다는 문제점이 있다. 이러한 추세에 맞춰 구리로 형성된 전선에 강도를 높이기 위해서는 구리 합금을 이용하여 전선을 제조할 수 있다. 그러나, 이 경우에, 필연적으로 전기전도도가 낮아진다는 상충되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 실시예는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 강도도 높으면서, 전기전도도도 높은 전선용 구리합금 도체 및 이의 제조방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 실시예는 상기와 같은 과제를 해결하고자, 구리(Cu)를 주성분으로 하며, 크롬(Cr)의 함량이 1~8질량%이며, 상기 크롬(Cr)이 길이방향으로 섬유상으로 배열된 것을 특징으로 하는 전선용 구리합금 도체를

제공한다.

[0006] 여기서, Si, V, Nb, Zr, Al, Mg 중 선택된 적어도 하나의 원소가 0.01~0.5질량% 더 첨가된 것이 바람직하다.

[0007] 상기 크롬(Cr)의 섬유상의 평균 두께가 0.01~1㎛ 범위 내에 있는 것이 효과적이다.

[0008] 전기전도도는 60~70%IACS 범위 이내이며, 인장강도는 1000~1200MPa 범위 내에 있는 것이 바람직하다.

[0009] 한편, 본 발명의 다른 카테고리로서, 구리 및 크롬 합금의 원재료를 주조하는 단계; 상기 원재료를 열처리하여 상기 크롬의 석출상을 형성하는 석출처리 단계; 및 상기 석출처리 단계 이후에, 냉간 가공하는 제 1 냉간 가공단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 전선용 구리합금 도체 제조방법이 제공된다.

[0010] 상기 제 1 냉간 가공단계 이후에, 열처리하여 냉간 가공으로 재고용된 크롬원소를 배출하는 중간 열처리 단계; 및 상기 중간 열처리 단계 이후에, 냉간 가공하는 제 2 냉간 가공단계;를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0011] 상기 원재료를 주조하는 단계 이후에, 상기 원재료를 냉간 가공하여 전위를 생성시키는 전위 생성 단계;를 더 포함하는 것이 효과적이다.

[0012] 상기 중간 열처리 단계는, 열처리 온도 300~500℃ 범위에서, 열처리 시간 10~60분 사이인 것이 효과적이다.

[0013] 상기 제 1 냉간 가공단계는, 가공율(η)의 범위가 3~7인 것이 바람직하다.

[0014] 상기 중간 열처리 단계는, 회복되는 전기 전도도가 상기 중간 열처리 단계 이전에 비해서, 1~15%IACS인 것이 효과적이다.

[0015] 상기 원재료를 주조하는 단계는, 상기 원재료가 구리(Cu)를 주성분으로 하며, 크롬(Cr)의 함량이 1~8질량%인 것이 바람직하다.

[0016] 상기 원재료는, Si, V, Nb, Zr, Al, Mg 중 선택된 적어도 하나의 원소가 0.01~0.5질량% 더 첨가된 것이 효과적이다.

발명의 효과

[0017] 이상에서 살펴본 바와 같은 본 발명의 과제해결 수단에 의하면 다음과 같은 사항을 포함하는 다양한 효과를 기대할 수 있다. 다만, 본 발명이 하기와 같은 효과를 모두 발휘해야 성립되는 것은 아니다.

[0018] 종래에 비해서 인장강도가 훨씬 높은 전선용 구리합금 도체를 제공할 수 있다.

[0019] 특히, 실시예(17, 18, 19)에 따르면 750MPa 이상의 인장강도와, 62%IACS 이상의 전기전도도를 가진 전선용 구리합금 도체를 제공한다.

[0020] 또한, 특정 실시예(22, 23)에 따르면, 전기전도도는 60~70%IACS 범위 이내이며, 인장강도는 1000~1200MPa 범위 내에 있는 전선용 구리합금 도체를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일실시예의 전선용 구리합금 도체 제조방법을 순차적으로 도시한 순서도

도 2는 그룹1의 가공율에 따른 전기전도도 그래프

도 3은 그룹1의 가공율에 따른 인장강도 그래프

도 4 및 도 5는 [표2] 내지 [표5]를 정리하여 도시한 것으로, 도 4는 그룹2의 가공율에 따른 전기전도도 그래프

도 5는 그룹2의 가공율에 따른 인장강도 그래프

도 6은 그룹2의 인장강도와, 전기전도도의 상관관계를 도시한 그래프

도 7 내지 도 9는 실시예 17 내지 19로 제조된 전선용 구리합금 도체의 단면 확대 사진

도 10 및 도 11은 [표6] 내지 [표9]를 정리하여 도시한 것으로, 도 10은 그룹3의 가공율에 따른 전기전도도 그래프

도 11은 그룹3의 가공율에 따른 인장강도그래프

도 12는 그룹3의 인장강도와, 전기전도도의 상관관계를 도시한 그래프

도 13 내지 도 15는 실시예 20 내지 22의 석출처리 단계 직후의 구리합금 도체의 단면 확대 사진

도 16 내지 18은 실시예 20 내지 22의 제 1 냉간 가공단계에서 99.5% 인발된 상태의 구리합금 도체의 단면 확대사진

도 19 내지 도 21은 제 2 냉간 가공단계에서 99.95% 인발된 상태의 구리합금 도체의 단면 확대사진

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명의 실시예의 전선용 구리합금 도체는, 구리(Cu)를 주성분으로 하며, 크롬(Cr)의 함량이 1~8질량%인 것을 특징으로 한다.

[0023] Cu-Cr 합금은 Cr 함량 약 1.2 wt%에서 공정점을 갖는 공정 합금(eutectic alloy)으로, Cr의 Cu 기지 내 고용도가 매우 낮아 (상온기준 0.6wt% 미만) Cr원소 배출이 용이하여 고전도도 확보에 유리하다. Cr이 1.2 wt% 이상 첨가된 Cu-Cr합금에서, 주조 후 Cr 공정조직 또는 Cr 초정상이 생성되는데, 직경이 각각 수um 그리고 수십 um로 매우 커 동합금의 강도 향상에 거의 기여하지 못한다. 그러나 Cu-Cr 합금의 냉간가공으로 크롬 입자(Cr particle)가 섬유상(fiber 형태)으로 소성변형 및 일방향 정렬되면, Cu기지 복합재료의 강화상으로서 합금의 강도를 효과적으로 향상시킬 수 있다는 장점이 있다.

[0024] Cu-Cr합금의 강도는 강화상인 Cr 섬유상의 분율이 높을수록, 두께 및 간격이 좁을수록 유리하다. 그리고 전기전도도는 기지의 불순물 농도가 낮을수록 향상된다. 따라서, 고강도 고전도도 물성 확보를 위해 Cr을 기지 내에서 효과적으로 배출시키고 Cr 섬유의 두께와 간격을 감소시킬 수 있는 합금설계와 가공열처리 공정이 개발되어야 한다.

[0025] Cu-Cr합금에서 Cr함량 증가에 따라 Cr 섬유상의 분율도 증가한다. 그러나 Cr이 8 wt% 이상 첨가될 경우, 상용공정으로 제조시 조성 불균일에 의해 수십 um 크기 이상의 개재물들이 쉽게 발생하는데, 이 조대한 개재물은 기지와의 계면이 불안정하여 열간 또는 냉간가공중 소재의 균열을 야기한다. 그리고 조대한 개재물들은 냉간가공시 섬유 형태로 소성변형되지 않기 때문에 합금의 강도를 향상시키기 어렵다. 따라서 상용화가 가능한 8 wt% 이하의 Cr이 첨가된 Cu-Cr 합금에서 효과적으로 고용원소를 배출시켜 합금의 강도와 전도도를 향상시킬 수 있는 합금설계가 필요하다.

[0026] 추가되는 미량원소는 크롬과 반응성이 커서 기지로부터 고용원소를 흡수함으로써, 전도도를 향상시키거나, 고용되어 전도도를 감소하는 원소라도 기지밖으로 효과적으로 배출할 수 있는 원소 중에 선정되었다.

[0027] Zr, Nb, Al, Si의 미량원소의 경우, Cu 또는 Cr과 반응하여 화합물을 형성하고, 기지에서 Cr의 배출에 도움을 준다. 생성된 화합물은 강화상으로서 합금의 강도를 향상시키고, Cr 입자와 구리 계면을 안정화시켜 Cr 입자의 크기를 감소시킬 수 있다.

[0028] V 은 Cr 입자에 고용되어 Cr의 안정성을 향상시키고, 기지에서 Cr 배출에 도움을 준다.

[0029] Ag 은 기지에 고용되어 Cr 배출에 도움을 준다. Ag는 구리에 고용되어도 전도도를 크게 감소시키지 않으며, 석출과정에서 배출된 Ag 입자는 강화상으로서 합금의 강도를 향상시킨다.

[0030] Mg은 다른 원소와 함께 첨가되어 새로운 강화상을 형성하고, 잔류 고용된 원소의 배출을 도와준다.

[0031] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 전선용 구리함금 도체 제조방법의 구체적인 실시예를 상세히 설명한다.

[0032] 도 1은 본 발명의 일실시예의 전선용 구리합금 도체 제조방법을 순차적으로 도시한 순서도이다.

[0033] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예의 전선용 구리합금 도체 제조방법은, 구리 및 크롬 합금의 원재료를 주조하는 단계(S100)와, 상기 원재료를 주조하는 단계(S100) 이후에, 상기 원재료를 냉간 가공하여 전위를 생성시키는 전위 생성 단계(S200)와, 상기 원재료를 열처리하여 상기 크롬의 석출상을 형성하는 석출처리 단계(S300)와, 상기 석출처리 단계(S300) 이후에, 냉간 가공하는 제 1 냉간 가공단계(S400)와, 상기 제 1 냉간 가공단계(S400) 이후에, 열처리하여 냉간 가공으로 재고용된 크롬원소를 배출하는 중간 열처리 단계(S500)와, 상기 중간 열처리 단계(S500) 이후에, 냉간 가공하는 제 2 냉간 가공단계(S600)를 포함한다.

[0034] 원재료를 주조하는 단계(S100)는 원재료를 용해시킨 후 몰드에 응고시켜 합금을 주조하여 만드는 과정이다. 주조방법으로는 대기유도가열주조, 진공유도가열주조, 진공아크멜팅 등의 방법이 있다.

[0035] 상기 합금은 구리 크롬 합금으로서, 상기 합금은 구리(Cu)를 주성분으로 하며, 크롬(Cr)의 함량이 1~8질량%인 것이 바람직하며, 상기 합금은, Si, V, Nb, Zr, Al, Mg 중 선택된 적어도 하나의 원소가 0.01~0.5질량% 더 첨가된 것이 효과적이다.

[0036] 전위 생성 단계(S200)는 15% 이하(바람직하게는 10~15%)의 압하율로 냉간 가공하여, 합금에 전위를 생성시키는 공정이다. 생성된 전위는 석출처리 단계(S300)에서 석출구동력을 향상시켜, 고용원소의 배출에 도움을 준다. 전위 생성 단계(S200)는 석출처리 단계(S300)에서 석출 구동력을 향상시키는 데 도움을 줄 수 있으나, 필수 공정은 아니다.

[0037] 석출처리 단계(S300)는 고용원소를 배출시키는 공정이다. 석출처리 단계(S300)에서 크롬 석출 상 등 여러 강화상이 생성된다. 대부분의 크롬입자와 일부 첨가원소는 주조 및 응고과정에서 배출되나, 잔류된 원소들은 석출과정에서 마저 배출된다. 강화상 생성으로 강도가 향상되며, 불순물 제거로 전도도도 향상된다. 본 발명의 실시예에서는 500℃에서 1시간 동안 석출처리를 하였다.

[0038] 제 1 냉간 가공단계(S400)는 원재료를 인발, 봉상 압연 등의 방법으로 소성 변형하는 공정이다. 제 1 냉간 가공단계(S400)를 통해서, 가공경화 효과가 발생할 뿐만 아니라, 크롬이 길이방향으로 섬유상으로 소성변형함으로서 강도를 향상시킨다. 다만, 과도한 냉간 가공은 크롬입자를 기지에 재고용시켜 전도도를 감소시킨다. 제 1 냉간 가공단계(S400)의 가공율(η)의 범위는 3~7인 것이 바람직하다. 여기서, 가공율(η)=ln(A0/A)이며, A0는 제 1 냉간 가공단계 이전의 원재료의 단면적, A는 제 1 냉간 가공단계 이후의 원재료의 단면적이다.

[0039] 중간 열처리 단계(S500)는 제 1 냉간 가공단계(S400)에서 냉간 가공으로 재고용된 크롬원소를 배출시키는 공정이다. 열처리로 냉간 가공 중 생성된 전위가 풀리며, 강도는 감소하지만, 재고용된 크롬이 배출되어 전도도가 회복된다. 중간열처리가 과도할 경우, 전위의 풀림으로 강도가 급속히 감소될 수 있다.

[0040] 중간 열처리 단계(S500)는, 열처리 온도 300~500℃ 범위에서, 열처리 시간 10~60분 사이인 것이 효과가 가장 뛰어났으며, 또한, 회복되는 전기 전도도가 상기 중간 열처리 단계 이전에 비해서, 1~15%IACS인 것이 바람직했다.

[0041] 제 2 냉간 가공단계(S600)는 합금을 인발 봉상압연 등으로 소성 변형하여 목표 직경으로 와이어를 제조하는 공정이다.

[0042] 이하에서는, 다양한 실시예에 대해서 위의 공정을 시험하여 효과를 확인한 결과를 기술한다.

[0043] 먼저, 자동차에 일반적으로 사용되는 전기용 연동선의 경우, 인장강도가 약260MPa, 전기전도도 100%IACS, 설계중량은 2.94g/m이다. 주석합금 동선의 경우, 인장강도가 620MPa, 전기전도도는 85%IACS, 설계중량은 1.95g/m이다.

표 1

	성분 (질량%)									중간열처리 공정 조건		
	Cu	Cr	Si	V	Nb	Zr	Ag	Al	Mg	열처리전 가공율 (η)	온도(℃)	시간(min)
실시예1	Bal.	1.17								중간열처리 X		
실시예2	Bal.	6.0										
실시예3	Bal.	8.0										
실시예4	Bal.	1.17	0.06									
실시예5	Bal.	1.17		0.1								
실시예6	Bal.	1.17			0.18							
실시예7	Bal.	1.17				0.18						
실시예8	Bal.	1.17	0.04	0.1								
실시예9	Bal.	1.17	0.01					0.06				
실시예10	Bal.	6.0					0.1					
실시예11	Bal.	6.0	0.02					0.12				
실시예12	Bal.	8.0				0.2						
실시예13	Bal.	8.0	0.02						0.14			
실시예14	Bal.	1.17								5.3	300	10
실시예15	Bal.	1.17			0.18					5.3	300	10
실시예16	Bal.	1.17	0.01					0.06		5.3	300	10
실시예17	Bal.	6.0								6.9	400	30
실시예18	Bal.	6.0					0.1			6.9	400	10
실시예19	Bal.	6.0	0.02					0.12		6.9	400	30
실시예20	Bal.	8.0								5.3	400	10
실시예21	Bal.	8.0				0.2				5.3	400	10
실시예22	Bal.	8.0	0.02						0.14	5.3	400	10

(True strain $\eta = \ln(A_0/A)$)

[0044]

[0045] 위의 표에서, 실시예 1 내지 13까지는 중간 열처리 단계(S500) 없이, 원재료를 주조하는 단계(S100)와, 전위 생성단계(S200)와, 석출처리 단계(S300)와 제 1 냉간 가공단계(S400) 공정만을 이용하여, 처리한 것이며, 실시예 14 내지 22까지는 중간 열처리 단계(S500) 및 제 2 냉간 가공단계(S400)의 공정까지 실시하였다.

[0046] 먼저, 크롬 함유량이 1.17중량%인 그룹1(실시예 1, 6, 9, 14, 15, 16)을 살펴보면, 아래와 같다

[0047] 도 2는 그룹1의 가공율에 따른 전기전도도 그래프, 도 3은 그룹1의 가공율에 따른 인장강도그래프이다.

[0048] 도 2 및 도 3에서 확인할 수 있듯이, 중간 열처리 단계(S500)를 거치지 않은 실시예 1, 6, 9의 경우, 인장강도가 670MPa 이상이며, 전기전도도는 60%IACS 이상이다. 비록 전기전도도는 종래의 연동선 및 주석합금 동선에 비해 떨어지나 인장강도는 훨씬 높음을 확인할 수 있다.

[0049] 특히, 중간 열처리 단계(S500)를 거친, 실시예 11, 12, 13 의 경우, 인장강도는 750MPa 이상이며, 전기전도도도 실시예 1, 6, 9 비해서 약10%IACS가 증대됨을 확인할 수 있다.

[0050] 크롬 함유량이 6중량%인 그룹2(실시예, 2, 10, 11, 17, 18, 19)를 살펴보면, 아래와 같다.

[0051] [표2]는 중간 열처리 단계(S500)가 없는 실시예 2, 10, 11)의 가공율에 따른 전기전도도 값을 기재한 것이며, [표3]은 인장강도의 값을 기재한 것이다. [표4]는 중간 열처리 단계(S500)를 거치 실시예 17, 18, 19의 가공율에 따른 전기전도도 값을 기재한 것이며, [표5]는 인장강도의 값을 기재한 것이다.

표 2

[0052]

Composition	Conductivity(%IACS)													
Diameter	18.5Φ	17.05Φ	17.05Φ	8.53Φ	7.62Φ	5.39Φ	3.81Φ	2.70Φ	1.71Φ	1.2Φ	0.53Φ	0.381Φ	0.295Φ	0.175Φ	0.12Φ
True strain	As cast	0.16	Aging (500℃ x 1h)	1.39	1.61	2.30	2.99	3.7	4.6	5.3	6.9	7.6	8.1	9.2	9.9
Strain		15%		75%	80%	90%	95%	97.5%	99%	99.5%	99.9%	99.95%	99.97%	99.99%	99.995
실시예 2	47.6	45.9	67.8	74.98	69.89	66.51	64.63	63.33	62.23	61	57.29	56.06	**55.97**	52.30	56.38
실시예 10	50.3	48.1	72.7	74.78	74.54	73.57	57.79	68.87	66.51	65.22	61.78	60.89	**59.43**	56.71	58.72
실시예 11	50.7	46.1	73.5	77.78	75.74	75.47	62.40	69.67	67.18	65.77	61.82	60.01	**59.18**	58.14	58.39

표 3

[0053]

Composition	Tensile strength(MPa)						
Diameter	1.71Φ	1.2Φ	0.53Φ	0.381Φ	0.295Φ	0.175Φ	0.12Φ
True strain	4.6	5.3	6.9	7.6	8.1	9.2	9.9
Strain	99%	99.5%	99.9%	99.95%	99.97%	99.99%	99.995
실시예 2	592.8	643.8	739.3	785.3	**843.3**	908.7	863.4
실시예 10	594.0	621.3	701.7	755.3	**766.0**	844.6	799.6
실시예 11	608.8	656.4	759.0	776.8	**838.4**	869.3	851.6

표 4

[0054]

Composition	Conductivity(%IACS)														
Diameter	18.5Φ	17.05Φ	17.05Φ	8.53Φ	7.62Φ	5.39Φ	3.81Φ	2.70Φ	1.71Φ	1.2Φ	0.53Φ	0.53Φ	0.381Φ	0.295Φ	0.175Φ	0.12Φ
True strain	As cast	0.16	Aging (500℃ x 1h)	1.39	1.61	2.30	2.99	3.7	4.6	5.3	6.9	Aging (400℃)	7.6	8.1	9.2	9.9
Strain		15%		75%	80%	90%	95%	97.5%	99%	99.5%	99.9%		99.95%	99.97%	99.99%	99.995
실시예 17	47.6	45.9	67.8	74.98	69.89	66.51	64.63	63.33	62.23	61	57.29	68.02	66.96	65.59	**62.48**	62.71
실시예 18	50.3	48.1	72.7	74.78	74.54	73.57	57.79	68.87	66.51	65.22	61.78	67.39	67.63	66.04	62.75	65.33
실시예 19	50.7	46.1	73.5	77.78	75.74	75.47	62.40	69.67	67.18	65.77	61.82	71.73	69.23	68.87	**65.22**	66.76

표 5

Composition	Tensile strength(MPa)							
Diameter	1.71Φ	1.2Φ	0.53Φ	Aging (400℃x 30m)	0.381Φ	0.295Φ	0.175Φ	0.12Φ
True strain	4.6	5.3	6.9		7.6	8.1	9.2	9.9
Strain	99%	99.5%	99.9%		99.95%	99.97%	99.99%	99.995
실시예 17	592.8	643.8	739.3	652.9 (30분)	762.9	768.7	**841.4**	854.0
실시예 18	594.0	621.3	701.7	698.9 (10분)	719.5	743.7	769.0	754.6
실시예 19	608.8	656.4	759.0	646.4 (30분)	762.3	786.9	**816.9**	790.1

[0055]

[0056] 도 4 및 도 5는 [표2] 내지 [표5]를 정리하여 도시한 것으로, 도 4는 그룹2의 가공율에 따른 전기전도도 그래프, 도 5는 그룹2의 가공율에 따른 인장강도 그래프이다.

[0057] 위의 [표2] 내지 [표5] 및 도 4 및 도 5로 부터 확인할 있듯이, 그룹2의 중간 열처리 단계(S500)를 거치지 않은 실시예2, 10, 11은 인장강도가 760MPa 이상(변형률 8.1기준), 전기전도도 55%IACS이상임을 확인할 수 있다. 또한, 순수 Cr만이 고용체로 있는 경우인 실시예 2 보다, 다른 원소들이 첨가된 실시예 10 및 실시예 11이 전기전도도가 더 높음을 확인할 수 있다.

[0058] 특히, 그룹2에서 중간 열처리 단계(S500)를 거친 실시예 17, 18, 19의 경우 강도는 미량 감소했으나, 전기 전도도는 7~10%IACS 증가함을 확인할 수 있다. 즉, 실시예 17, 18, 19의 경우, 750MPa 이상의 인장강도와, 62%IACS 이상의 전기전도도를 가짐을 확인할 수 있다.

[0059] 도 6은 그룹2의 인장강도와, 전기전도도의 상관관계를 도시한 그래프이다.

[0060] 도 6에서 확인할 수 있듯이, 중간 열처리 단계(S500)를 거친 실시예 17, 18, 19의 경우 동일한 강도에서 높은 전기전도도를 확보할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0061] 도 7 내지 도 9는 실시예 17 내지 19로 제조된 전선용 구리합금 도체의 단면 확대 사진이다.

[0062] 이들 도면에 도시된 바와 같이, 크롬(Cr)이 길이방향으로 섬유상으로 배열된 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 크롬 섬유상(lamella, fiber) 조직이 인발 방향으로 정렬됨으로서, 복합재료의 강화상으로서, 구리합금 도체를 효과적으로 강화하게 된다.

[0063] 크롬 함유량이 8중량%인 그룹3(실시예 3, 12, 13, 20, 21, 22)을 살펴보면, 아래와 같다.

[0064] [표6]은 중간 열처리 단계(S500)가 없는 실시예 3, 12, 13)의 가공율에 따른 전기전도도 값을 기재한 것이며, [표7]은 인장강도의 값을 기재한 것이다. [표8]은 중간 열처리 단계(S500)를 거치 실시예 20, 21, 22의 가공율에 따른 전기전도도 값을 기재한 것이며, [표9]는 인장강도의 값을 기재한 것이다.

표 6

Conductivity(%IACS)											
Diameter	9Φ	8.3Φ	8.3Φ	4.15Φ	3.71Φ	2.62Φ	1.86Φ	1.31Φ	0.83Φ	0.587Φ	0.262Φ
True strain	As cast	0.16	Aging (500℃ x 1h)	1.39	1.61	2.30	2.99	3.7	4.6	5.3	6.9
Strain		15%		75	80	90	95	97.5	99	99.5	99.9
실시예 3	45.82	42.12	80.90	77.32	76.75	76.24	74.75	72.91	70.73	70.18	67.44
실시예 12	51.45	48.16	77.38	77.04	76.98	74.61	73.45	72.81	72.66	72.39	68.41
실시예 13	44.15	41.40	75.46	72.46	72.33	71.41	70.10	68.33	67.78	67.39	62.90

[0065]

표 7

Tensile strength					
Diameter	1.86Φ	1.31Φ	0.83Φ	0.587Φ	0.262Φ
True strain	2.99	3.7	4.6	5.3	6.9
Strain	95	97.5	99	99.5	99.9
실시예 3	647.3	698.5	721.8	812.0	1015.3
실시예 12	634.7	694.3	776.7	853.3	1033.1
실시예 13	657.5	715.8	758.1	837.2	1038.2

[0066]

표 8

Conductivity(%IACS)															
Diameter	9Φ	8.3Φ	8.3Φ	4.15Φ	3.71Φ	2.62Φ	1.86Φ	1.31Φ	0.83Φ	0.587Φ	0.587Φ	0.587Φ	0.262Φ	0.186Φ	0.144Φ
True strain	As cast	0.16	Aging (500℃x 1h)	1.39	1.61	2.30	2.99	3.7	4.6	5.3	Aging (400℃x10m)	Aging (400℃x30m)	1.6	2.30	2.81
Strain		15%		75	80	90	95	97.5	99	99.5			80	90	94
실시예 20	45.82	42.12	80.90	77.32	76.75	76.24	74.75	72.91	70.73	70.18	77.18	79.65	70.8	68.72	66.84
실시예 21	51.45	48.16	77.38	77.04	76.98	74.61	73.45	72.81	72.66	72.39	75.58	77.37	71.00	67.57	65.37
실시예 22	44.15	41.40	75.46	72.46	72.33	71.41	70.10	68.33	67.78	67.39	70.14	73.37	63.70	61.79	60.07

[0067]

표 9

Tensile strength									
Diameter	1.86Φ	1.31Φ	0.83Φ	0.587Φ	0.587Φ	0.587Φ	0.262Φ	0.186Φ	0.144Φ
True strain	2.99	3.7	4.6	5.3	Aging (400℃x10m)	Aging (400℃x30m)	1.6	2.30	2.81
Strain	95	97.5	99	99.5			80	90	94
실시예 20	647.3	698.5	721.8	812.0	677.7	662.2	950.1	1009.0	1039.6
실시예 21	634.7	694.3	776.7	853.3	786.9	769.7	1000.1	1093.1	1144.8
실시예 22	657.5	715.8	758.1	837.2	822.5	799.8	1078.9	1130.1	1177.0

[0068]

[0069] 도 10 및 도 11은 [표6] 내지 [표9]를 정리하여 도시한 것으로, 도 10은 그룹3의 가공율에 따른 전기전도도 그래프, 도 11은 그룹3의 가공율에 따른 인장강도그래프이다.

[0070] 위의 [표6] 내지 [표8] 및 도 10 및 도 11로 부터 확인할 있듯이, 그룹3의 중간 열처리 단계(S500)를 거치지 않은 실시예 3, 12, 13은 인장강도가 1GPa 이상, 전기전도도 62%IACS이상임을 확인할 수 있다. 특히, Zr 원소를 추가한 실시예 12의 경우, 전기전도도(68.4%IACS)와 인장강도(1033MPa)가 동시에 증대되었음을 확인할 수 있다. 또한, Mg, Si을 추가한 실시예 13의 경우, 인장강도(1038MPa) 향상 효과는 매우 크나, 전기전도도(62.9%IACS)는 감소함을 확인할 수 있다.

[0071] 특히, 그룹3에서 중간 열처리 단계(S500)를 거친 실시예 20, 21, 22의 경우 강도는 미량 감소했으나, 전기 전도도는 증가함을 확인할 수 있다. 즉, 실시예 20의 경우, 전도도는 3%IACS 정도 향상되며, 강도는 65MPa정도 감소했으며, 실시예 21의 경우, 전도도 2.5%IACS 정도 향상효과를 유지하면서, 강도는 33MPa정도 감소했다. 실시예 22의 경우, 전도도 향상효과는 미미하나, 석출상 생성으로 강도가 40MPa 정도 향상되었다.

[0072] 도 12는 그룹3의 인장강도와, 전기전도도의 상관관계를 도시한 그래프이다.

[0073] 도 12에서 확인할 수 있듯이, 중간 열처리 단계(S500)를 거친 실시예 20, 21, 22의 경우 높은 강도에서 60%IACS 이상의 전기전도도를 확보할 수 있었다. 특히, 실시예 21의 경우, 열처리후, 94% 인발 후, 1145MPa의 인장강도와, 65.4%IACS의 전기전도도를 달성할 수 있었으며, 실시예 22 의 경우, 동일한 조건에서 1180MPa의

인장강도와, 61%IACS의 전기전도도를 달성할 수 있었다. 즉, 실시예 20 내지 22의 경우, 전기전도도는 60~70%IACS 범위 이내이며, 인장강도는 1000~1200MPa 범위 내에 있는 것을 확인할 수 있다.

[0074] 위와 같이, 중간 열처리 단계(S500)와 미량 원소의 첨가 시 효과가 증대됨을 확인할 수 있었다. 이와 같은 효과에 대해서 보다 기술한다.

[0075] 도 13 내지 도 15는 실시예 20 내지 22의 석출처리 단계 직후의 구리합금 도체의 단면 확대 사진이다.

[0076] 이들 도면에 도시된 바와 같이, 실시예 20에 비해, Zr, Mg, Si이 추가된 실시예 21 및 22 에서 크롬의 직경이 감소하고, 분율이 증대됨을 확인할 수 있다. 즉, 실시예 21에서는 크롬의 직경이 28%감소하고, 분율이 21% 증가했으며, 실시예 22에서는 직경이 42% 감소하고, 분율이 36% 증가하였다.

[0077] 도 16 내지 18은 실시예 20 내지 22의 제 1 냉간 가공단계에서 99.5% 인발된 상태의 구리합금 도체의 단면 확대사진이며, 도 19 내지 도 21은 제 2 냉간 가공단계에서 99.95% 인발된 상태의 구리합금 도체의 단면 확대사진이다.

[0078] 미량원소가 추가된 실시예 21 및 22의 단면사진(도 17, 18, 21, 22)에서 크롬 섬유상이 단선 없이 규칙적으로 정렬되었음을 확인할 수 있으며, 크롬 섬유상의 두께가 50% 이상 감소하고, 간격도 감소하여 강도 향상 효과가 있음을 확인할 수 있다. 특히 실시예 21, 22에서 크롬 섬유상의 평균 두께가 0.01~1㎛ 범위 내에 있는 것을 확인할 수 있다.

[0079] 상기와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 전선용 구리합금 도체는 전기전도도의 저하가 높지 않은 상태에서 높은 인장강도를 가진다.

[0080] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 설명하였으나, 본 발명의 범위는 이와 같은 특정 실시예에만 한정되는 것은 아니며, 특허청구범위에 기재된 범주 내에서 적절하게 변경 가능한 것이다.

부호의 설명

[0081] S100: 원재료를 주조하는 단계

S200: 전위 생성 단계

S300: 석출처리 단계

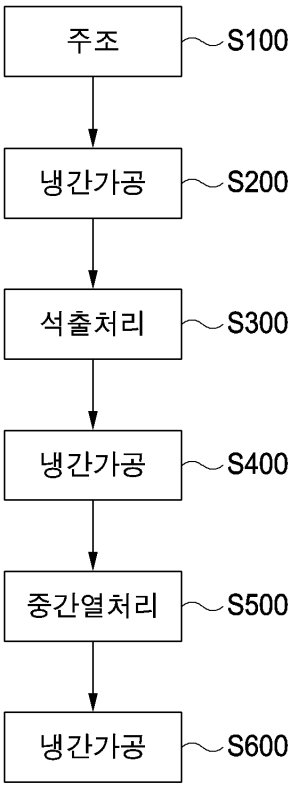
S400: 제 1 냉간 가공단계

S500: 중간 열처리 단계

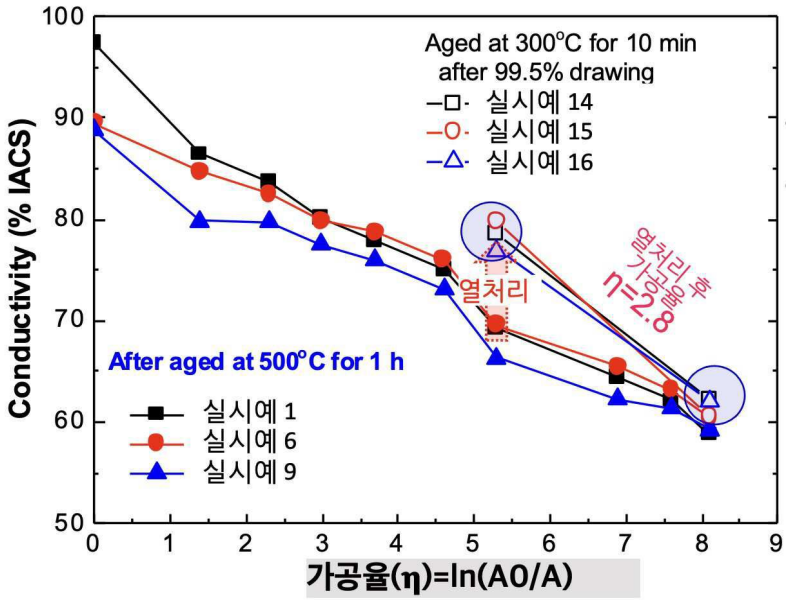
S600: 제 2 냉간 가공단계

도면

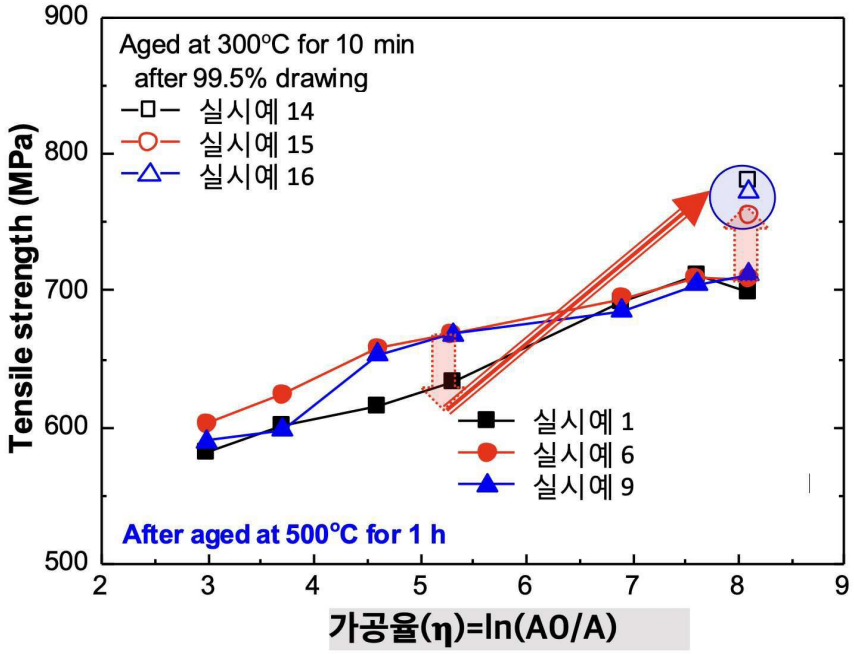
도면1


주조
S100
냉간가공
S200
석출처리
S300
냉간가공
S400
중간열처리
S500
냉간가공
S600

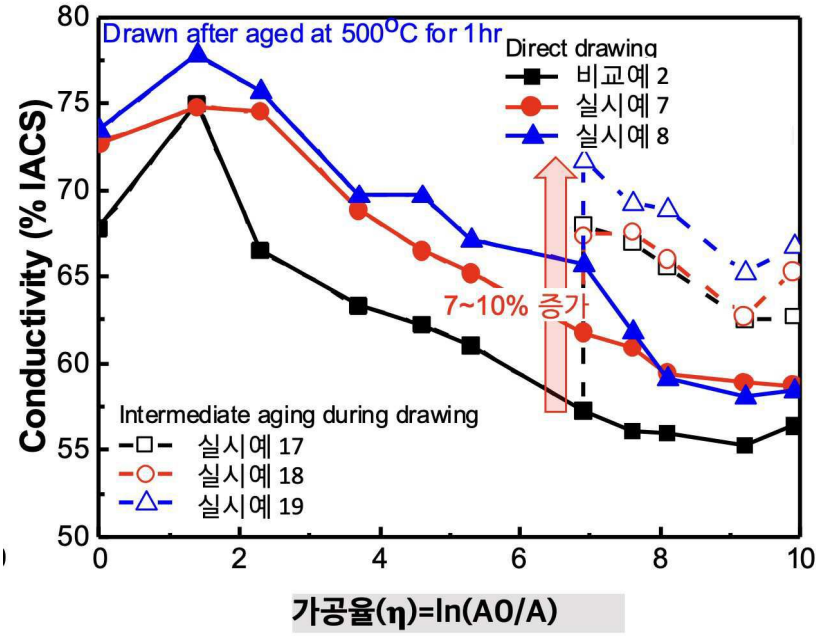
도면2


Aged at 300°C for 10 min
after 99.5% drawing
실시예 14
실시예 15
실시예 16
열처리
열처리 후 가공율 η=2.8
After aged at 500°C for 1 h
실시예 1
실시예 6
실시예 9
Conductivity (% IACS)
가공율(η)=ln(A0/A)
100
90
80
70
60
50
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

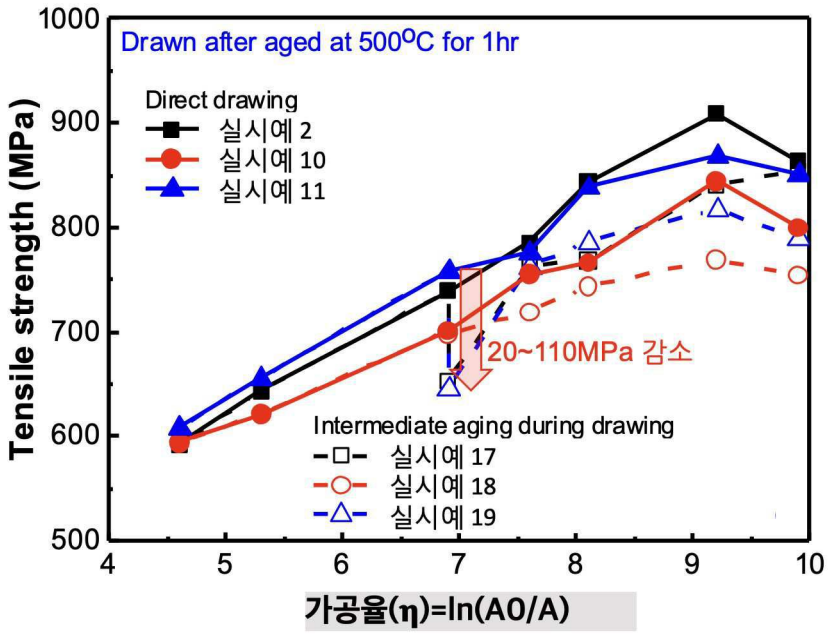
도면3


Aged at 300°C for 10 min
after 99.5% drawing
실시예 14
실시예 15
실시예 16
실시예 1
실시예 6
실시예 9
After aged at 500°C for 1 h
Tensile strength (MPa)
900
800
700
600
500
2
3
4
5
6
7
8
9
가공율(η)=ln(A0/A)

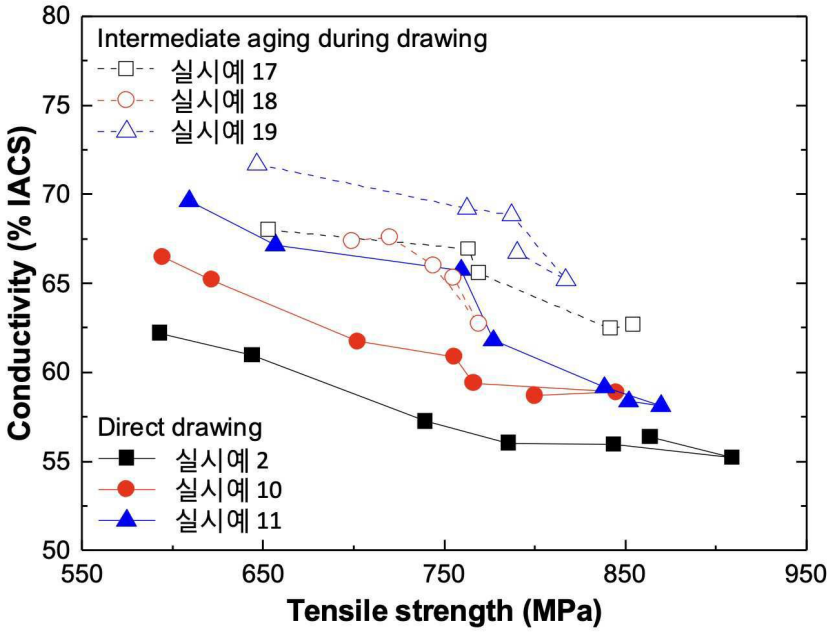
도면4


Drawn after aged at 500°C for 1hr
Direct drawing
비교예 2
실시예 7
실시예 8
7~10% 증가
Intermediate aging during drawing
실시예 17
실시예 18
실시예 19
Conductivity (% IACS)
80
75
70
65
60
55
50
0
2
4
6
8
10
가공율(η)=ln(A0/A)

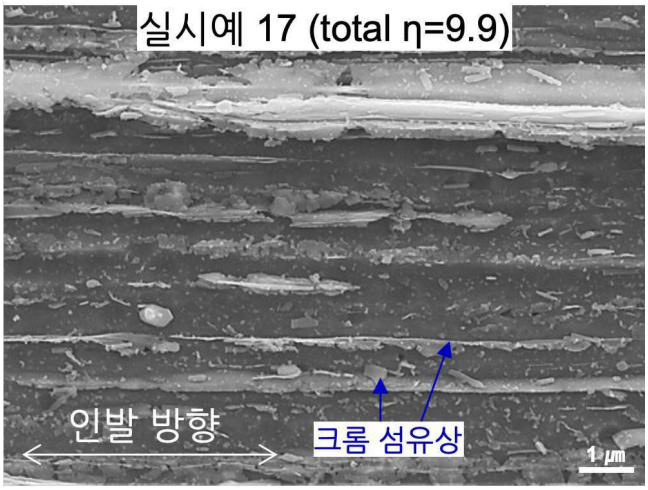
도면5


Drawn after aged at 500°C for 1hr
Direct drawing
실시예 2
실시예 10
실시예 11
20~110MPa 감소
Intermediate aging during drawing
실시예 17
실시예 18
실시예 19
Tensile strength (MPa)
가공율(η)=ln(A0/A)

도면6


Intermediate aging during drawing
실시예 17
실시예 18
실시예 19
Direct drawing
실시예 2
실시예 10
실시예 11
Conductivity (% IACS)
Tensile strength (MPa)

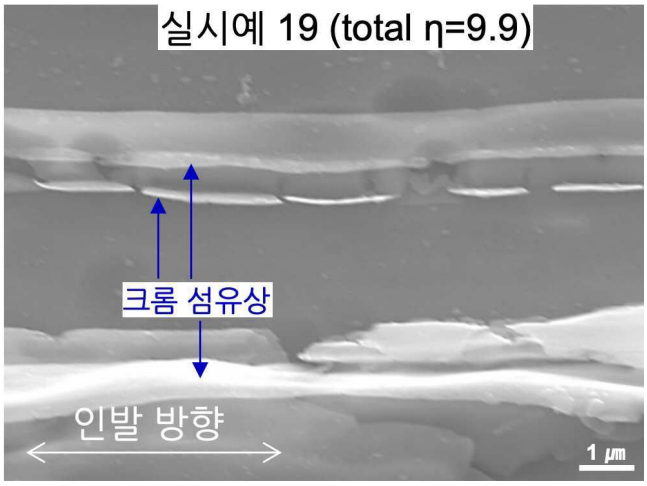
도면7


실시예 17 (total η=9.9)
인발 방향
크롬 섬유상
1 μm

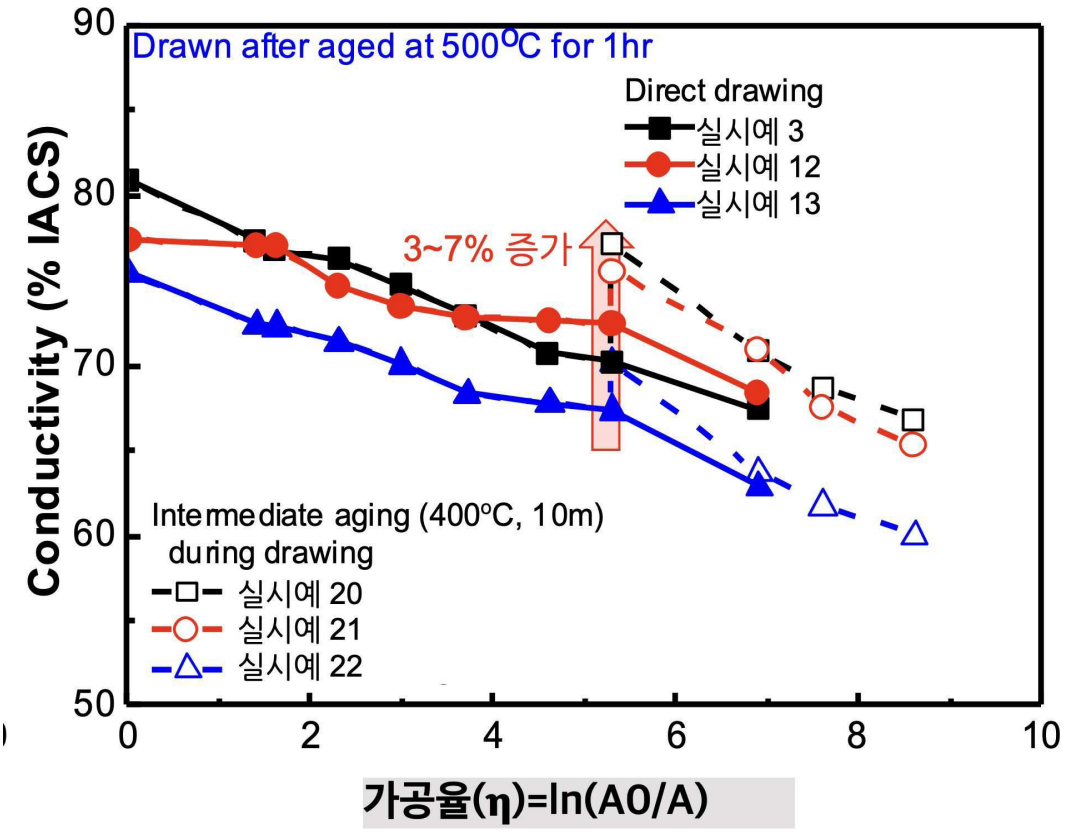
도면8


실시예 18 (total η=9.9)
크롬 섬유상
인발 방향
1 μm

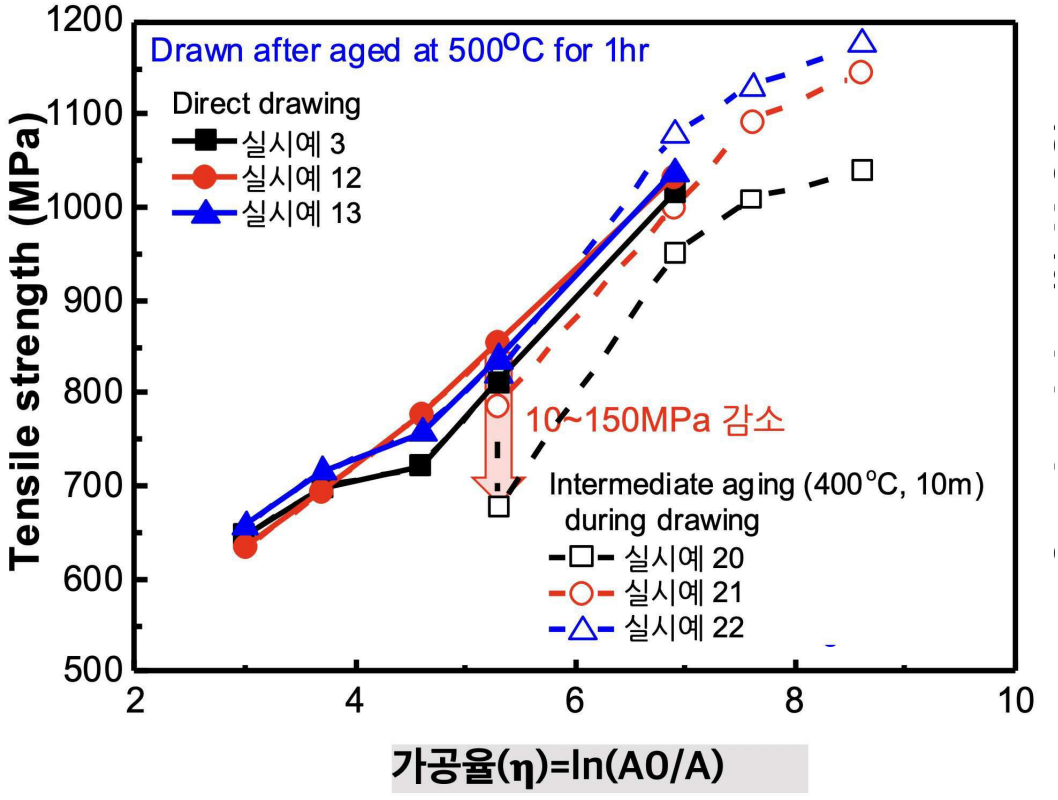
도면9


실시예 19 (total η=9.9)
크롬 섬유상
인발 방향
1 μm

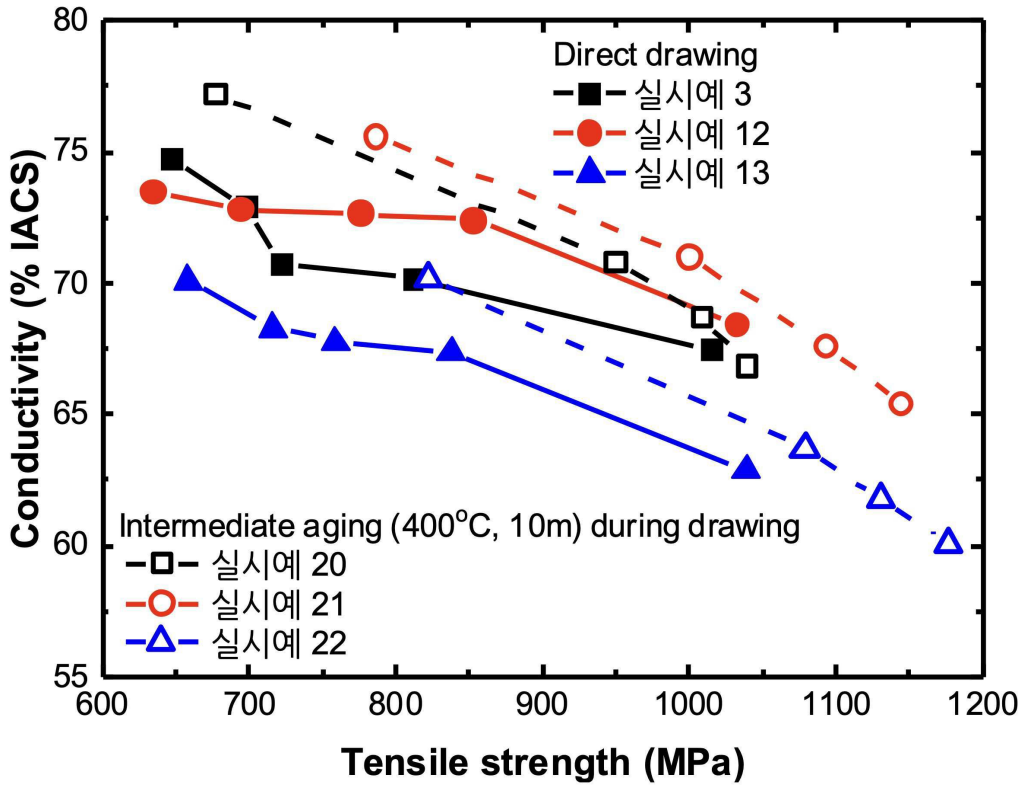
도면10


Drawn after aged at 500°C for 1hr
Direct drawing
실시예 3
실시예 12
실시예 13
3~7% 증가
Intermediate aging (400°C, 10m)
during drawing
실시예 20
실시예 21
실시예 22
Conductivity (% IACS)
90
80
70
60
50
0
2
4
6
8
10
가공율(η)=ln(A0/A)

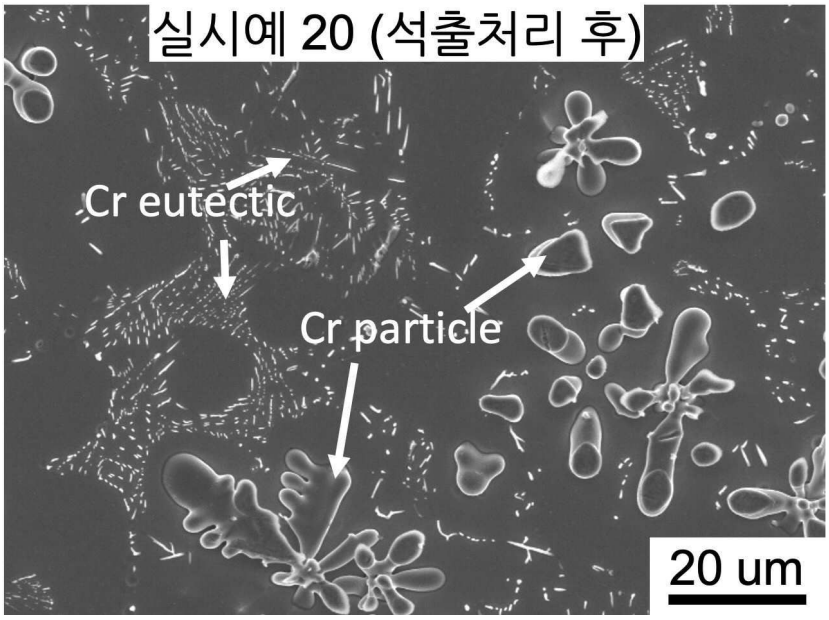
도면11


Drawn after aged at 500°C for 1hr
Direct drawing
실시예 3
실시예 12
실시예 13
10~150MPa 감소
Intermediate aging (400°C, 10m)
during drawing
실시예 20
실시예 21
실시예 22
Tensile strength (MPa)
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
2
4
6
8
10
가공율(η)=ln(A0/A)

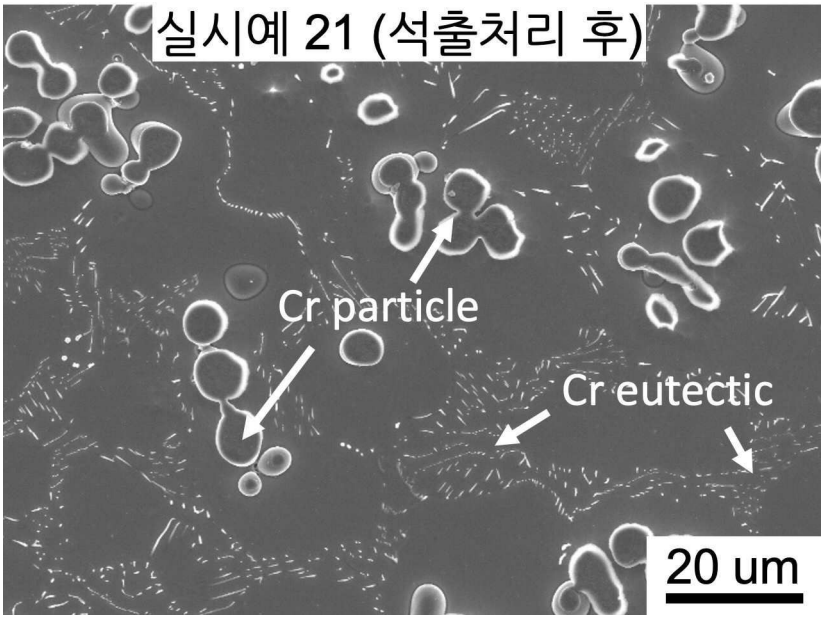
도면12


Direct drawing
실시예 3
실시예 12
실시예 13
Intermediate aging (400°C, 10m) during drawing
실시예 20
실시예 21
실시예 22
Conductivity (% IACS)
Tensile strength (MPa)
80
75
70
65
60
55
600
700
800
900
1000
1100
1200

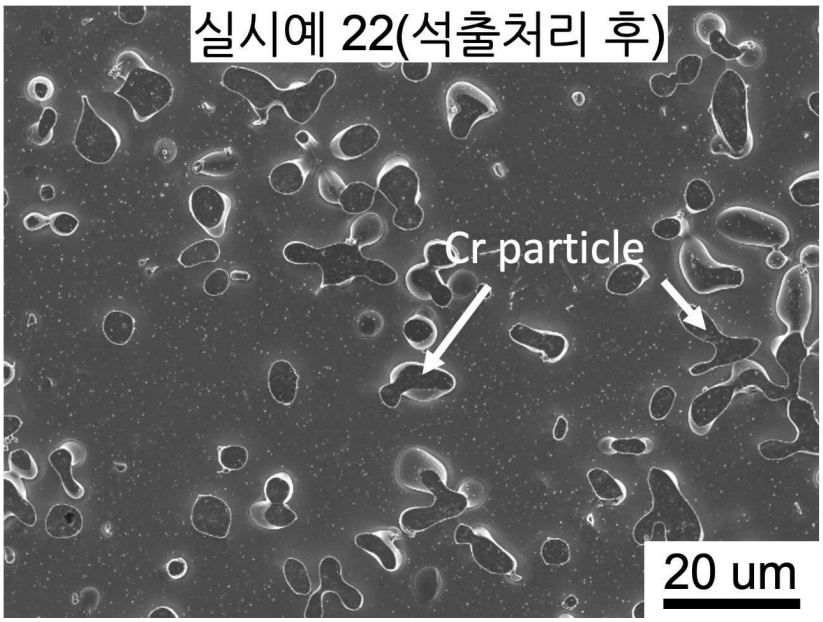
도면13


실시예 20 (석출처리 후)
Cr eutectic
Cr particle
20 um

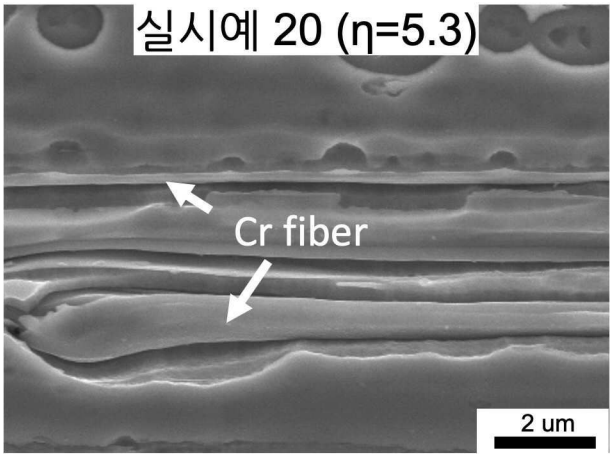
도면14


실시예 21 (석출처리 후)
Cr particle
Cr eutectic
20 um

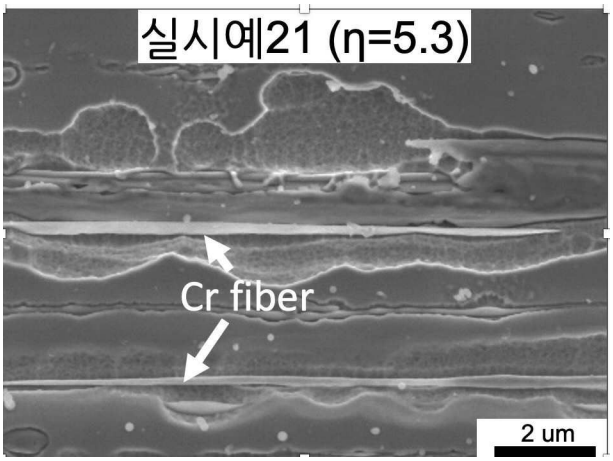
도면15


실시예 22(석출처리 후)
Cr particle
20 um

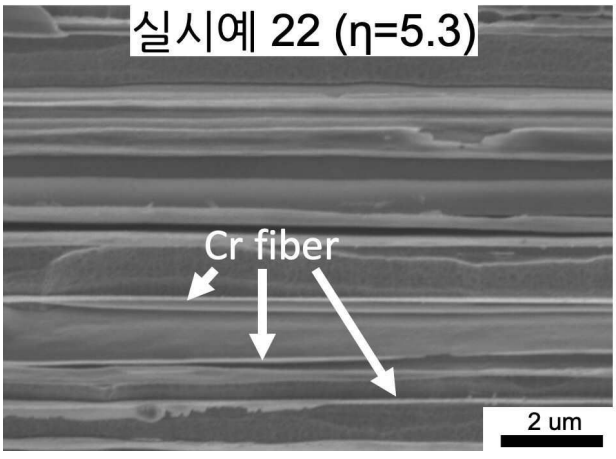
도면16



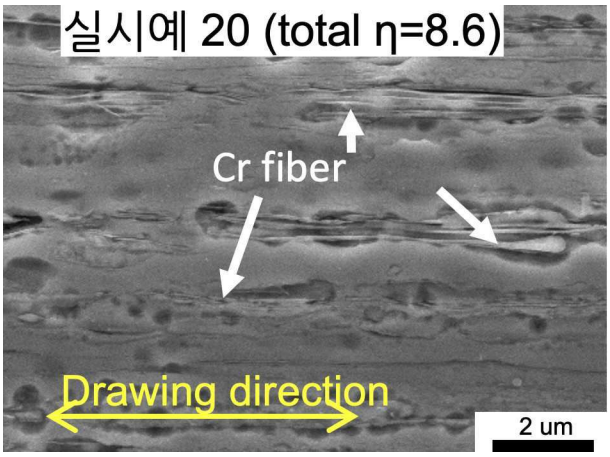
도면17



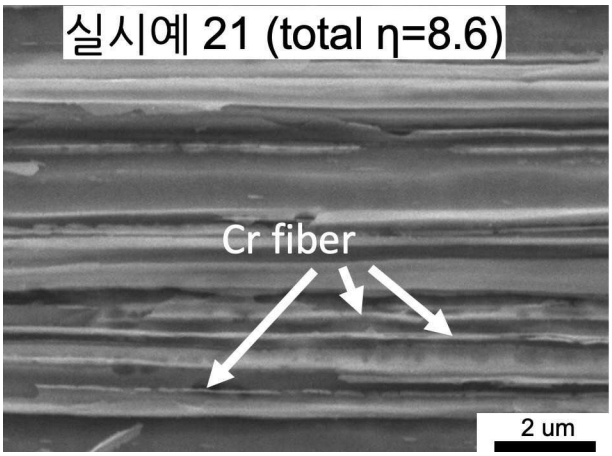
도면18



도면19



도면20



도면21

