



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.
C22C 9/04 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0000661
(43) 공개일자 2007년01월03일

(21) 출원번호 10-2005-0056184
(22) 출원일자 2005년06월28일
심사청구일자 2005년06월28일

(71) 출원인 인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
대창공업 주식회사
경기 시흥시 정왕1동 1292-4 시화공단 4나506

(72) 발명자 황선근
서울 강남구 도곡동 삼성타워팰리스 아파트 E동 1204호
이상윤
충북 청원군 내수읍 은곡리 천일아파트 205동 1203호
윤의한
인천 연수구 동춘동 924 현대 아파트 210동 303호

(74) 대리인 이원희

전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 초소성 성형능을 갖는 2상 황동합금을 제조하는 방법에 관한 것으로, 더욱 구체적으로는 2상 조직을 갖는 구리 59~63 중량%, 납 0.3 중량% 이하, 철 0.07 중량% 이하 및 나머지 중량%가 아연으로 구성되는 황동합금을 1) 용체화처리 후 냉각하여 과포화 β' 상 황동합금을 형성하는 단계, 2) 상기 형성된 과포화 β' 상 황동합금의 조직을 변형시키기 위해 소성 가공을 하는 단계 및 3) 상기 소성가공된 황동합금을 재결정 열처리하여 α 상 및 β' 상이 공존하는 미세조직을 갖는 황동합금을 형성하는 단계를 포함하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금을 제조하는 방법에 관한 것이다.

본 발명에 의해 제조된 황동합금은 균질하게 분포된 α 상 및 β' 상이 공존하는 미세조직이 형성됨으로써, 종래의 황동합금에 비하여 보다 낮은 성형온도와 고속 변형속도의 조건하에서 우수한 초소성 성형능을 갖는다. 따라서, 본 발명에 의해 제조된 황동합금은 복잡한 형상을 요구하는 제품개발과 산업현장에 적용될 경우 생산비 절감효과 및 높은 생산효율성을 기대할 수 있다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

2상 조직을 갖는 구리 59~63 중량%, 납 0.3 중량% 이하, 철 0.07 중량% 이하 및 나머지 중량%가 아연으로 구성되는 황동합금을

- 1) β 상 전이온도 이상에서 용체화처리 후 냉각하여 과포화 β' 상 황동합금을 형성하는 단계;
- 2) 상기 형성된 과포화 β' 상 황동합금의 조직을 변형시키기 위해 소성가공을 하는 단계; 및
- 3) 상기 소성가공된 황동합금을 재결정 열처리하여 α 상 및 β' 상이 공존하는 미세조직을 갖는 황동합금을 형성하는 단계를 포함하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 제 1단계의 용체화처리는 780~900 °C의 온도 범위에서 10~100분간 열처리한 후 수냉하는 것을 특징으로 하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 제 2단계의 소성가공은 압연, 압출, 신선, 압축 또는 등통로각압출 가운데 어느 하나의 방법에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 제 2단계의 소성가공에 의해 부과되는 황동합금의 유효변형량은 1 이상인 것을 특징으로 하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법.

청구항 5.

제 1항에 있어서, 상기 제 2단계의 소성가공은 200 °C 이하의 온도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법.

청구항 6.

제 1항에 있어서, 상기 제 3단계의 재결정 열처리는 350~450 °C의 온도 범위에서 1~60분간 수행되는 것을 특징으로 하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법.

청구항 7.

제 1항에 있어서, 상기 제 3단계의 재결정 열처리에 의해 형성된 황동합금 미세조직의 결정립의 크기는 평균직경이 1 μm 이하인 것을 특징으로 하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 초소성 성형능을 갖는 2상 황동합금을 제조하는 방법에 관한 것으로, 더욱 구체적으로는 2상 조직을 갖는 구리 59~63 중량%, 납 0.3 중량% 이하, 철 0.07 중량% 이하 및 나머지 중량%가 아연으로 구성되는 황동합금을 1) 용체화처리 후 냉각하여 과포화 β' 상 황동합금을 형성하는 단계, 2) 상기 형성된 과포화 β' 상 황동합금의 조직을 변형시키기 위해 소성 가공을 하는 단계 및 3) 상기 소성가공된 황동합금을 재결정 열처리하여 α 상 및 β' 상이 공존하는 미세조직을 갖는 황동합금을 형성하는 단계를 포함하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금을 제조하는 방법에 관한 것이다.

일반적으로 초소성이라 함은 특정한 온도 및 변형조건하에서 인장시험을 할 때 매우 낮은 변형응력에 대하여 대단히 높은 연신율을 보이는 현상을 말한다. 이러한 특성을 나타내는 금속재료를 통칭하여 '초소성 재료'라고 한다. 초소성 재료는 적절한 온도와 변형속도의 범위에서 일반적인 금속재료에 비하여 수백% 이상의 연성을 나타낸다. 즉, 초소성 재료는 초소성 온도에서는 강도가 낮고 연성은 매우 크기 때문에, 작은 힘으로도 복잡한 형상으로 성형이나 가공이 가능해진다. 또한, 초소성 성형 기술을 이용하여 생산된 제품은 상온에서 적용될 때 미세한 결정립을 갖는 조직의 특성으로 인해 강도 및 기타 기계적 특성이 우수하다. 나아가, 초소성 재료는 생산공정의 생략이 가능하기 때문에 경제적으로도 유리하다.

최근 이러한 초소성 기술은 재료과학의 발전에 따른 개개의 금속재료에 대한 여러가지 결정 미세화 기술이 확립된 결과로 인해 급격하게 발전하고 있으며, 다양한 산업분야에서 그 적용범위를 넓혀가고 있다. 현재 활용되고 있는 초소성 재료에는 니켈계, 티타늄계, 알루미늄계 및 철강계 합금 등이 있으며, 특히 티타늄과 알루미늄계 초소성 합금이 항공기용 구조 재료로서 그 가치를 인정받게 되면서부터 여러가지 초소성 성형기술이 개발되고 있다. 예를 들면, 항공 및 우주산업 분야에서 선두 주자인 미국 보잉사는 티타늄 합금에 초소성 성형기술을 적용하여 항공기용 특수부품을 생산하고 있다. 또한, 자동차 및 기계부품 분야에서는 미국과 일본의 최대 자동차 생산업체인 GM사와 혼다사가 알루미늄 합금에 초소성 성형공정을 적용하여 자동차 부품을 대량생산하고 있다(Eric Taleff, Peter A. Friedman, Paul E. Krajewski, Rajiv S. Mishra and James C. Schroth, 'Advances in Superplasticity and Superplastic Forming', The Minerals, Metals & Materials Society, 2004).

이러한 초소성 성형을 실제 산업현장에서 직접 적용함에 있어서 무엇보다도 중요한 과제는 초소성 성형온도를 낮추고 변형속도를 증가시켜야 한다는 것이다. 이는 생산비 절감이나 효율성의 향상과 직접적으로 연관된다. 따라서, 우수한 초소성 성형능을 갖는 소재를 개발함에 있어서 초소성 성형온도를 낮추고 변형속도를 증가시키는 것은 필수적으로 고려되어야 할 사항이다.

한편, 상온에서 2상 조직을 갖는 황동합금은 기계, 전기, 전자, 자동차, 건축용 부품뿐만 아니라, 일상 생활용품에 이르기까지 매우 다양한 용도에 사용되고 있다. 따라서, 이와 같은 다양한 용도에 적용되기 위해서는 각 용도에 적합한 성질이 요구되며, 이를 위해 일반적으로 각종의 원소를 첨가하여 합금을 제조하는 방법을 이용하고 있다.

일반적으로 황동합금은 α 상을 갖는 황동합금, β 상을 갖는 황동합금 및 $\alpha + \beta$ 상이 혼합된 황동합금이 있다. $\alpha + \beta$ 상은 그 물리적 성질이 유연하여 상온 가공성이 우수하고 내식성이 우수하나 기계적 강도가 낮은 문제가 있어 전연성이나 가공성을 필요로 하는 제품에 주로 사용된다. 반면, β 상은 그 물리적 성질이 경하고, 열간가공성이 우수하나, 기계적 강도가 너무 높아 취약하고 α 상에 비하여 부식이 잘 되는 문제가 있어서, 특히 고경도, 내마모성을 필요로 하는 경우에는 β 상 조직을 갖는 황동합금이 이용된다.

$\alpha + \beta$ 의 2상으로 이루어진 황동합금은 상온에서의 전연성은 낮으나, 강도가 크고 아연함량이 많기 때문에 황동합금 중에서 가장 저렴하다. $\alpha + \beta$ 상으로 이루어진 황동합금은 고온 가공하여 상온에서 완성하는 절삭가공 및 열간단조 공정에 의해 기계부품, 배관용 자재의 연결부위, 물이나 음료수용 배관 및 밸브 등의 각종 부품소재로 널리 사용되고 있다. 특히, 최근에는 황동합금의 황금빛 금속 색감을 갖는 특성으로 인해 고급 인테리어 소재분야에서 주목을 받고 있다.

상기 부가가치가 높은 고급 인테리어 소재분야 등에서는 일반적으로 복잡한 형상의 제품들을 요구하는 경우가 많다. 따라서, 우수한 초소성 성형능을 갖는 초소성 재료의 개발은 이와 같은 요구를 수용하기 위해서 필수적이라고 할 수 있다. 그 전제로서 무엇보다도 먼저 우수한 초소성 성형능을 부여할 수 있는 미세조직 제어공정 기술의 개발이 선행되어야 한다.

2상 조직을 갖는 황동합금의 경우 현재까지 초소성 성형에 대한 많은 기술이 개발된 바 있다. 하기의 표 1에는 이러한 기술 개발의 결과를 요약하였다.

하기의 종래 기술에서는 미세조직의 주된 제어공정으로 열간압출 공정을 주로 이용하였다. 그러나, 종래의 기술들은 500~600 ℃의 비교적 높은 성형온도와 $1 \times 10^{-3}/s$ 이하의 비교적 느린 변형속도의 조건하에서 높은 연신율을 얻는 초소성 성형기술에 관한 것이다. 그 결과, 실제 산업현장에 적용할 경우 생산비용 및 효율성의 측면에서 유리한 효과를 기대할 수 없었다.

최근에는 등통로각압출(equal channel angular pressing) 공정에 의한 결정립 미세화를 통해 초소성을 실현한 결과에 대해서도 보고된 바 있다. 상기 등통로각압출 공정에 의해 제조된 황동합금의 경우에는 400 ℃의 비교적 낮은 성형온도와 $1 \times 10^{-2}/s$ 의 빠른 변형속도에서 초소성 거동을 보이는 것으로 보고되었다(K. Neishi, Z. Horita and T. G. Langdon, Scripta Materialia, Vol. 45, pp. 965, 2001). 그러나, 등통로각압출 공정은 아직까지 실험실 수준에 머물고 있는 현재의 기술수준을 고려할 때, 실제 산업현장에서 적용되기에는 어렵다는 문제가 있다

[표 1]

<이상조직을 갖는 황동합금의 초소성 가공에 관한 종래 기술>

	재료	제조 공정	시험 온도[℃]	변형속도[s ⁻¹]	연신율[%]	참고문헌
1	60.85wt%Cu-39.15wt%Zn 합금	500℃ 압출	500℃	3.2 × 10 ⁻⁵ /s 5.3 × 10 ⁻⁴ /s	252% 326%	S. Sagat, P. Blenkinsop, and D. M. R. Taplin, Journal of Institute of Metals, Vol. 100, pp. 268, 1972.
2	60.85wt%Cu-39.15wt%Zn합금	500℃ 압출	600℃	3.2 × 10 ⁻² /s 5.3 × 10 ⁻⁵ /s 5.3 × 10 ⁻⁴ /s 2.1 × 10 ⁻² /s	186% 300% 515% 262%	
3	60wt%Cu-40wt%Zn 합금	600℃ 압출	600℃	6.66 × 10 ⁻⁴ /s	100%	
4	60wt%Cu-40wt%Zn 합금	500℃ 압출	600℃	1 × 10 ⁻⁴ /s	410%	
5	60wt%Cu-40wt%Zn 합금	500℃ 압출	600℃	1 × 10 ⁻⁴ /s	171%	J. W. D. Patterson and N. Ridely, Journal of Materials Science, Vol. 13, pp. 2477, 1978.
6	59wt%Cu-41wt%Zn 합금	500℃ 압출	600℃	1 × 10 ⁻⁴ /s	410%	
7	58wt%Cu-42wt%Zn 합금	500℃ 압출	600℃	1 × 10 ⁻⁴ /s	410%	H. Ding, Q. Wu and L. Ma, Journal of Materials Science, Vol. 27, pp. 607, 1992.
8	59wt%Cu-1wt%Pb-40wt%Zn 합금	반복압연 열처리	600℃	8.33 × 10 ⁻⁴ /s	550%	
9	60wt%Cu-40wt%Zn 합금	등폭포가 압출	400℃	1 × 10 ⁻² /s	640%	K. Neishi, Z. Horita and T. G. Langdon, Scripta Materialia, Vol. 45, pp. 965, 2001

이에, 본 발명자들은 우수한 초소성을 갖는 황동합금의 제조를 위해서는 미세한 입자조직의 구현이 핵심이 되는 문제임을 인식하고, 상변태, 소성변형 및 재결정 열처리와 같은 금속학적 기법에 근거하여 2상조직을 갖는 황동합금의 입자조직을 미세화함으로써, α상과 β상이 균질하게 분포된 미세조직 제어기법을 개발하고 본 발명을 완성하였다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 낮은 성형온도 및 높은 변형속도 조건하에서 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성

상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 2상 조직을 갖는 구리 59~63 중량%, 납 0.3 중량% 이하, 철 0.07 중량% 이하 및 나머지 중량%가 아연으로 구성되는 황동합금을 1) 용체화처리 후 냉각하여 과포화β상 황동합금을 형성하는 단계, 2)

상기 형성된 과포화 β' 상 황동합금의 조직을 변형시키기 위해 소성가공을 하는 단계 및 3) 상기 소성가공된 황동합금을 재결정 열처리하여 α 상 및 과포화 β' 상이 공존하는 미세조직을 갖는 황동합금을 형성하는 단계를 포함하는 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조방법을 제공한다.

이하 본 발명을 상세히 설명한다.

본 발명에서 출발물질로 사용된 황동합금은 일반적으로 'Munta metal'이라고 불린다(미국재료시험협회(ASTM), UNS No. C28000). 상기 황동합금의 기본 조성은 구리(Cu) 59 중량%, 납(Pb) 0.30 중량% 이하, 철(Fe) 0.07 중량% 이하 및 아연(Zn)이 나머지 중량%를 차지하고 있다. 이 합금은 상온에서 면심입방정구조(FCC)의 α 상과 체심입방정구조(BCC)의 β' 상이 공존하는 구조로 이루어져 있다.

본 발명에 의한 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금을 제조하는 방법은 제 1단계; 용체화처리 및 수냉 단계, 제 2단계; 소성가공 단계 및 제 3단계; 재결정 열처리 단계로 크게 구성될 수 있다. 도 1에는 본 발명에 의한 황동합금의 제조방법을 개략적으로 나타내었다. 이하에서 이를 단계적으로 설명한다.

<제 1단계>

본 발명에 의한 제 1단계는 2상 조직을 갖는 황동합금을 780~900 °C의 온도 범위에서 10~100분간 용체화처리 후 수냉시키는 단계로서, 이에 의해 α 상의 생성이 억제된 과포화 β' 상 조직을 형성시키는 데 그 목적이 있다.

상기 제 1단계의 용체화처리는 과포화용체를 만드는 조작으로서, 이에 의해 α 상의 생성이 억제되고 과포화 β' 상이 형성된다. 이러한 용체화처리는 β 상이 안정한 상으로 존재하는 온도 영역인 상기의 780~900 °C의 범위 내의 어느 온도에서도 수행될 수 있다. 상기 온도 범위보다 낮은 온도에서는 과포화 β' 상이 형성되지 않고, 상기 온도 범위보다 높은 온도에서는 시편의 표면의 과도한 산화를 유발한다.

또한, 상기 용체화처리는, β 상 입계가 후속되는 수냉 과정에서 α 상 핵생성에 유리한 자리를 제공하므로, 과도한 양의 α 상의 생성을 억제하기 위해서는 β 상의 입도가 1 밀리미터 이상이 될 수 있도록 충분한 시간 동안 수행되는 것이 바람직하다. 한편, 너무 오랜시간 동안 고온에서 용체화처리를 하는 것은 시편 표면의 산화를 유발할 수 있기 때문에, 상기 용체화처리 시간은 10~100분이 바람직하다.

나아가, 상기 제 1단계의 용체화처리 후의 황동합금의 냉각은 수냉시키는 것이 바람직하며, 특히 얼음물에 급냉시키는 것이 더욱 바람직하다. 용체화처리된 황동합금으로부터 과포화 β' 상을 얻기 위해서는 상기 용체화처리 온도에서 빠른 속도로 급냉시켜 α 상의 생성을 억제시켜야 한다. 냉각방법으로 노냉법 또는 공랭법을 사용할 경우에는 조대한 입도를 갖는 과도한 양의 α 상이 생성된다. 따라서, 과포화 β' 상으로 이루어진 조직을 얻기 위해서는 용체화처리된 황동합금을 얼음물에 급냉시키는 것이 바람직하다. 이 과정에서 생성되는 α 상의 부피분율은 5% 이하로 제한되는 것이 바람직하다.

<제 2단계>

본 발명에 의한 제 2단계는 상기 제 1단계에 의해 제조된 황동합금의 유효변형량이 1 이상이 되도록 소성가공하여 변형조직을 형성시키는 단계로서, 과포화 β' 상으로 구성되도록 제조된 제 1단계 황동합금을 소성가공하여 이후의 재결정 열처리 단계에서 미세한 입도를 갖는 α 상이 균질하게 생성될 수 있도록 충분한 핵생성 자리를 제공하는 데 그 목적이 있다.

본 발명에 의한 제 2단계의 소성가공 단계에 적용될 수 있는 소성가공은 압연(rolling), 압출(extrusion), 신선(drawing), 압축(pressing), 등통로각압출 등과 같은 다양한 종류의 소성가공이 가능하다. 적용될 수 있는 범위가 넓은 이유는 본 단계의 목적이 변형조직을 형성시키는 데 있기 때문이다.

또한, 상기 제 2단계에 의한 소성가공을 통해 부과되는 황동합금의 유효변형량은 1 이상인 것이 바람직하다. 1 이하의 유효변형량을 황동합금에 부과할 경우, 이어지는 제 3단계의 재결정 열처리 공정에서 α 상의 핵생성 자리를 제공해 줄 수 있는 고경각 입계, 변형띠(deformation band) 또는 전단띠(shear band) 등과 같은 결합조직을 충분히 생성시킬 수 없기 때문이다.

나아가, 상기 제 2단계에 의한 소성가공은 200 °C 이하의 온도 범위에서 수행되는 것이 바람직하다. 상기 온도보다 높은 온도에서 소성가공을 수행할 경우, 가공과정에서 α 상의 생성을 억제할 수 없게 된다. 또한, 이미 생성된 α 상은 후속되는 재결정 열처리 과정에서 조대하게 성장할 수 있다. 따라서, 미세한 α 상과 β' 상이 균질하게 분포된 미세조직을 얻기 위해서는 소성가공의 온도를 200 °C 이하로 제한하는 것이 바람직하다.

<제 3단계>

본 발명에 의한 제 3단계는 상기 제 2단계에 의해 제조된 황동합금을 재결정 열처리하여 α 상과 β' 상이 공존하는 황동합금을 제조하는 단계로서, 이에 의해 과포화 β' 상 기지조직으로부터 고밀도의 미세한 α 상을 생성시키고, 나아가 α 상 및 β' 상이 균질하게 분포된 미세조직을 형성시키는 데 그 목적이 있다.

따라서, 본 발명에 의한 제 3단계의 재결정 열처리는 350~450 °C의 온도 범위에서 1~60분간 수행되는 것이 바람직하다. 만약, 본 발명의 제 2단계에 의해 제조된 황동합금을 재결정 열처리하는 온도가 350 °C 이하인 경우에는, α 상의 생성속도가 매우 느리기 때문에 열처리 시간이 과도하게 증가하여 산업현장에서 실제로 적용하는 데 불리하다. 한편, 상기 재결정 열처리 온도가 450 °C 이상인 경우에는, α 상 및 β' 상 입자의 성장속도가 매우 빠르기 때문에 본 발명의 목적인 미세한 입도를 갖는 미세조직을 얻을 수 없다.

또한, 상기 제 3단계의 재결정 열처리에 의해 형성된 황동합금 미세조직의 결정립의 크기는 평균직경이 1 μm 이하인 것이 바람직하다. 결정립의 평균직경이 1 μm 이상인 경우, 생성된 황동합금의 초소성 성형능은 떨어지게 된다. 나아가, 상기 제 3단계의 재결정 열처리 시간이 60분 이상인 경우에는 미세조직 입자의 크기가 초소성 성형능을 갖는 바람직한 크기(1 μm)보다 커지게 된다. 한편, 재결정 열처리 시간이 1분 이하인 경우에는 충분한 양의 α 상이 생성될 수 없다.

본 발명을 구성하는 상기 제 1단계~제 3단계의 연속단계를 수행하여 제조된 황동합금은 α 상과 β' 상의 부피비가 약 8:2이며, 1 μm 이하의 결정입도를 갖는 초소성 성형능이 우수한 α 상 및 β' 상이 균질하게 분포된 미세조직을 갖는 황동합금을 얻을 수 있다.

이하, 실시예 및 실험예에 의하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 단, 하기의 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.

<실시예> 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조

1. 과포화 β' 상을 갖는 황동합금의 제조(제 1단계)

구리 60 중량%와 아연 40 중량%의 조성을 갖는 상용 황동합금으로부터 과포화 β' 상을 형성시키기 위해 용체화처리를 실시하였다. 이를 위해 상용 6/4 황동합금을 폭 20 mm, 두께 20 mm, 길이 60 mm의 크기로 절단하여 실험시편을 제작하였다. 상온에서 800 °C까지 10 °C/분 간격으로 시편을 승온한 후, 800 °C에서 60분간 용체화처리를 실시하였다. 이후 시편을 얼음물에 급냉시키고, 과포화 β' 상으로 이루어진 시편을 제조하였다. 제조된 황동합금의 미세조직을 광학현미경으로 촬영하여 도 2에 나타내었다.

도 2에 나타낸 바와 같이, 제 1단계에 의해 제조된 황동합금은 과포화 β' 상과 소량의 α 상이 형성된 것을 알 수 있다.

2. 변형조직을 갖는 황동합금의 제조(제 2단계)

상기 제 1단계에 의해 제조된 두께 20 mm의 황동합금 시편을 최종 두께가 4 mm가 될 때까지 냉간 압연하였다. 이 때 압연률의 회전속도는 13.8 m/분이었고, 매 압연 패스마다 시편의 전후방을 바꾸어 가면서 압연하였다. 압연 패스당 약 0.5 mm씩 두께가 감소되었고, 32회의 압연을 통하여 80%의 압연량에 도달하였다. 표면마찰을 최소화하기 위해 압연유를 사용하였다. 본 제조 단계를 통하여 제 1단계로부터 제조된 황동합금의 과포화 β' 상이 변형된 조직을 갖는 시편을 제조하였다. 변형된 황동합금의 미세조직을 광학현미경으로 촬영하여 도 3에 나타내었다.

도 3에 나타난 바와 같이, 제 2단계를 거친 황동합금은 변형된 β' 상으로 구성되어있음을 알 수 있다.

3. 재결정 열처리에 의한 황동합금의 제조(제 3단계)

상기 제 2 단계에 의해 제조된 미세조직이 변형된 황동합금 시편을 10 °C/분의 간격으로 승온시켜 400 °C에서 30분 동안 열처리시킨 후, 수냉하여 재결정된 황동합금 시편을 제조하였다. 재결정 열처리에 의해 제조된 황동합금의 상지도를 도 4에 나타내었다.

도 4에 나타난 바와 같이, 제 2단계에 의해 제조된 미세조직이 변형된 황동합금의 시편은 제 3단계에 의한 열처리 결과, 미세한 α 상(흰색) 및 β' 상(회색)이 균질하게 분포되면서 재결정된 것을 알 수 있다.

상기 실시예에 의하여 제조된 황동합금의 미세조직을 분석하고 초소성 성형능을 평가하기 위하여 하기의 실험을 수행하였다.

<실험예 1> 황동합금의 미세조직 관찰

본 발명의 각 제조 단계에서 황동합금의 결정 입도, 결정립 및 상분포를 분석하기 위하여, 광학현미경과 전자후방산란회절법(electron back-scattering diffraction, EBSD)을 이용하여 미세조직을 관찰하였다.

이를 위해, 황동합금 시편을 기계적으로 연마한 후, $\text{FeCl}_3\cdot\text{H}_2\text{O}:\text{HCl}:\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}=2:30:5:60$ 의 부피비로 혼합된 용액을 이용하여 화학 에칭하였으며, 광학현미경(Olympus PME 3 기종)을 이용하여 관찰하였다. EBSD를 이용한 미세조직 관찰을 위해 황동합금의 시편을 기계적으로 연마한 후, 0.04 μm 입도 실리카 입자를 이용하여 진동 연마하였다. EBSD 분석을 위해 FEG-SEM 및 TSL-OIMTM 프로그램(HITACHI SE4300 기종)을 이용하였다. 상기의 실험방법을 통해 실시예에 의해 제조된 제 1단계~제 3단계의 황동합금의 미세조직을 관찰하였다.

제 1단계에서 제조된 황동합금은 도 2에 나타난 바와 같이 용체화처리 및 수냉을 통해 수 μm 의 크기를 갖는 과포화 β' 상이 형성되어 있음을 알 수 있었다. 또한, β' 상의 입계를 따라 Widmanstätten 조직을 갖는 α 상 결정립들이 형성되어 있고, 이들은 5% 이하의 부피분율을 갖는 것으로 확인되었다.

제 2단계에 의해 제조된 황동합금은 도 3에 나타난 바와 같이, 80%의 냉간압연에 의해 변형된 미세한 입자조직이 형성되어 있음이 확인되었다.

제 3단계에 의해 제조된 황동합금은 도 4에 나타난 바와 같이, 1 μm 정도의 입도를 갖는 미세한 α 상 및 β' 상이 균질하게 분포되어 있으며, α 상 및 β' 상의 부피비가 약 8:2 임이 확인되었다.

<실험예 2> 황동합금의 고온 인장시험

본 발명의 제조방법에 의해 제조된 황동합금의 초소성 성형능을 확인하기 위하여 고온 인장시험을 실시하였다. 재결정된 황동합금 시편을 두께 2 mm, 폭 3 mm 및 표점거리 5 mm를 갖는 판상 인장시편으로 기계가공하여 제작하였다. 고온 인장시험은 열처리로가 부착된 기계식 만능 인장시험기(Instron 4481)를 사용하였다. 초소성 성형능을 평가하기 위한 인장시험은 350 °C, 400 °C 및 450 °C의 온도에서 $1\times 10^{-1}/\text{s}$, $1\times 10^{-2}/\text{s}$ 및 $1\times 10^{-3}/\text{s}$ 의 변형속도하에서 실시하였으며, 파단 후 시편의 표점거리를 측정하여 연신율을 평가하였다.

상기의 방법에 의해 제 1단계 내지 제 3단계를 거친 황동합금의 고온 인장시험을 하고, 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

[표 2]

<본 발명의 제조방법에 의해 제조된 황동합금의 고온 인장시험조건 및 연신율>

	시험 온도 [℃]	변형 속도 [s ⁻¹]	최대 연신율 [%]	최소 연신율 [%]	평균 연신율 (표준 편차) [%]
시험 조건 1	350℃	$1 \times 10^{-2}/s$	325%	320%	323%(±3.5%)
시험 조건 2	400℃	$1 \times 10^{-2}/s$	634%	600%	621%(±16.5%)
시험 조건 3	450℃	$1 \times 10^{-2}/s$	286%	265%	276%(±14.8%)
시험 조건 4	400℃	$1 \times 10^{-1}/s$	286%	280%	283%(±4.2%)
시험 조건 5	400℃	$1 \times 10^{-3}/s$	478%	476%	477%(±1.2%)

표 2에 의하면, $1 \times 10^{-2}/s$ 의 변형속도하에서 시험온도를 350 ℃, 400 ℃ 및 450 ℃로 변화시켜 인장시험을 한 결과(시험 조건 1~3), 가장 높은 연신율을 나타내는 온도는 400 ℃이며, 이 때의 최대 연신율은 634%인 것을 확인하였다.

최적의 초소성 성형을 위한 변형속도 조건을 찾기 위해, 최대 연신율을 나타내는 400 ℃의 시험온도에서 변형속도를 $1 \times 10^{-1}/s \sim 1 \times 10^{-3}/s$ 로 변화시켜 가면서 인장시험(시험조건 2, 4, 5)을 하였다. 그 결과, $1 \times 10^{-2}/s$ 의 변형속도로 인장 시험을 한 경우가 가장 높은 연신율을 나타냄을 확인하였다.

상기 실험결과로부터, 본 발명의 제조방법에 의해 제조된 황동합금은 주어진 모든 시험조건(1~5)에서 최소 265% 이상의 연신율을 나타냄을 확인하였다. 즉, 상기 황동합금은 350~450 ℃의 온도 범위에서 모두 우수한 초소성 성형능을 나타낸다. 가장 우수한 초소성 성형능은 400 ℃, $1 \times 10^{-2}/s$ 의 성형온도 및 변형속도하에서 발휘됨을 확인할 수 있었다.

발명의 효과

본 발명에 의해 제조된 황동합금은 균질하게 분포된 α 상 및 β' 상이 공존하는 미세조직이 형성됨으로써, 종래의 황동합금에 비하여 보다 낮은 성형온도와 고속 변형속도의 조건하에서 우수한 초소성 성형능을 갖는다. 따라서, 본 발명에 의해 제조된 황동합금은 복잡한 형상을 요구하는 제품개발과 산업현장에 적용될 경우 생산비 절감효과 및 높은 생산효율성을 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 의한 초소성 성형능이 우수한 2상 황동합금의 제조공정 개략도이고,

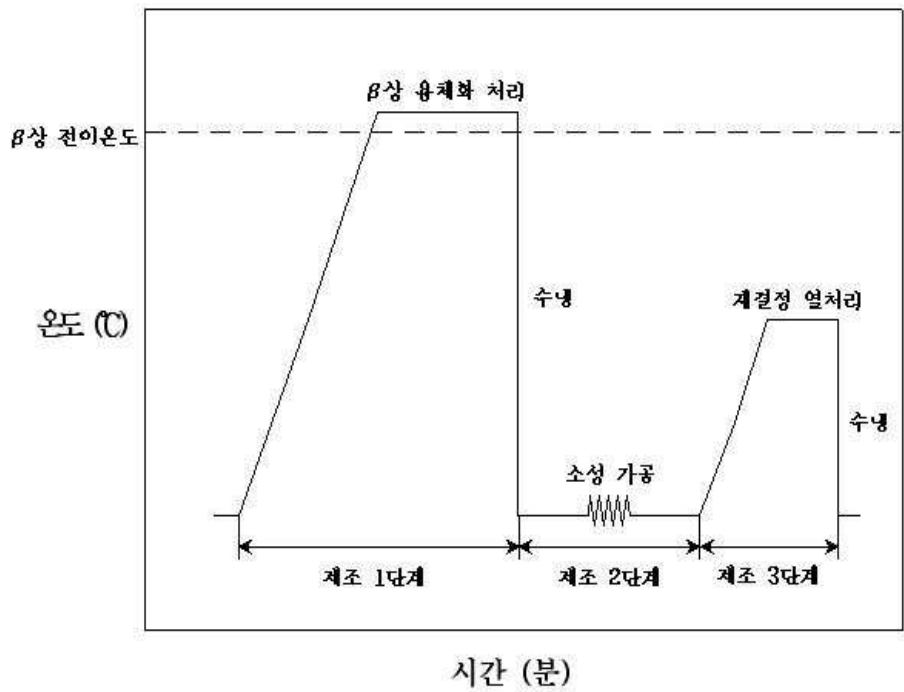
도 2는 본 발명의 실시예에 있어서, 제 1단계에 의해 형성된 과포화 β' 상 및 소량의 α 상의 미세조직을 촬영한 광학현미경 사진이고,

도 3은 본 발명의 실시예에 있어서, 제 2단계에 의해 변형된 과포화 β' 상의 미세조직을 촬영한 광학현미경 사진이고,

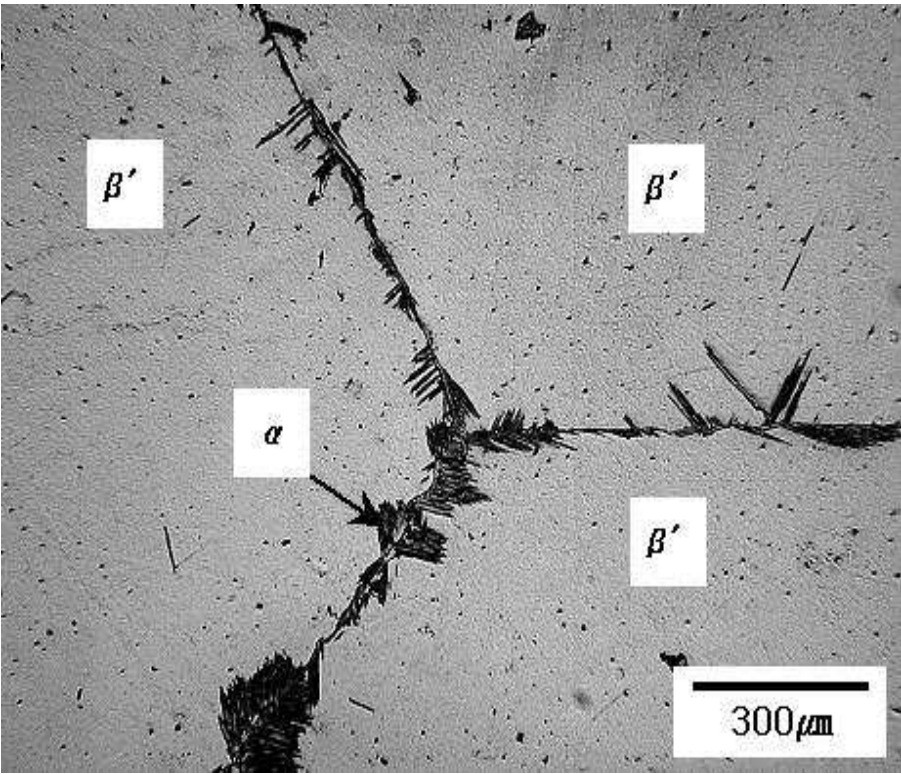
도 4는 본 발명의 실시예에 있어서, 제 3단계에 의해 형성된 균질한 α 상 및 β' 상의 미세조직을 나타내는 상지도(phase map)이다(α 상: 흰색, β' 상: 회색).

도면

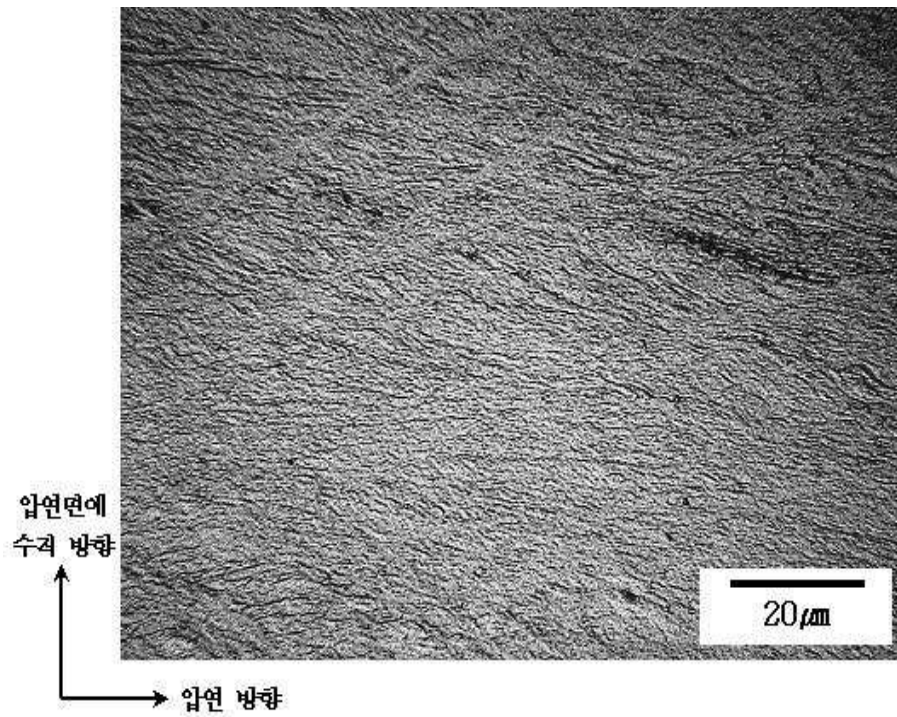
도면1



도면2



도면3



도면4

