

# 가압성형 925 은합금의 미세구조와 경도 변화

송오성  
서울시립대학교 신소재공학과  
songos@uos.ac.kr

## Microstructure and Hardness Evolution in Press-formed 925 Silver Alloys

Song, Ohsung  
Dept. of Materials Science and Engineering  
The University of Seoul

### 요 약

기존의 장신구 은제품은 무르고 주조공정 특유의 미세한 표면결함을 가져서 착용 중 쉽게 변색되는 문제가 있었다. 본 연구에서는 내식성을 향상시키기 위해 92.5%Ag-6.5%Cu-1%Zn의 삼원계 은합금을 기초 소재로 해서 반지장신구를 상정하여 기존의 주조공정으로 대략의 형태를 만들고 금형과 유압프레스로 성형 가압시켜서 적극적으로 주조 시에 발생한 미세기공을 제거하고 결정립을 미세화하여 표면경도와 밀도를 향상시켰다. 선반가공과 미세연마를 실시하여 내식성이 향상된 표면과 기존 주조공정에 비해 3배 이상 향상된 경도를 가져서 스프링백 효과에 의해 귀보석을 세팅할 수 있는 개선된 덴션형 은장신구 공정을 개발하였고 이때의 최적 성형 정도를 확인하였다.

### 1. 서론

주얼리 산업은 우리나라에서만 2004년 현재 연 4조 4천억원의 시장을 형성하는 거대 산업군이지만 선진국에 비해서 주얼리 디자인과 제작, 다양한 소재 확보 및 마케팅 기술에 대한 노하우나 지식은 축적되지 못하는 문제가 있었다. 그럼에도 불구하고 주얼리 산업은 그 특성상 초고부가가치가 가능한 산업군으로서 서울시에서는 2000년부터 이를 서울형 특화사업군 중 패션디자인의 한 분야로 지정해서 생활소재, 액세서리 개념으로 활발한 지원책을 마련하고 있다.

생활형 소재나 액세서리 개념으로 소비자가 접근하기 쉬운 가격대로 5만원에서 20만 원대의 주얼리가 소비자에게 어필할 수 있는 가격대이며 이러한 가격대에서 소비자의 감성을 자극할 수 있는 적절한 소재가 은이다. 은은 g당 가격이 1000원정도로 비교적 순도가 높은(92.5%) 장신구를 제작할 수 있고 특히 14K의 금과 비교하여 품질이나 소비자 만족도면에서 차별화된 장신구 제작이 가능한 장점이 있어서

최근의 장신구의 컬러화와 더불어 백색프레임을 제공하는 소재로서 점점 소비량이 급증하는 추세이다. 한편 최근의 경향을 기존의 백색 플라티넘을 대치한 보급형소재로 다이아몬드를 세팅하는 등 고급 소재로서의 영역도 넓혀가고 있는 중이다.

신체에 착용하는 주얼리 소재로서의 특징은 환금적 가치를 가지고 있어서 심리적 안정감을 주면서, 금이 내지 못하는 화려한 백색을 내므로 어떤 색의 스톤과도 잘 부합되면서, 적절한 기계적 강도를 가져서 가공이 용이하다는 특징이 있다. 기계적 물성이 너무 경하거나 물러도 표면처리나 내구성에 문제가 있는데 은 소재는 약간의 구리나 니켈 등 합금원소와 부합하여 적절한 가공이 가능해서 주얼리 제품의 시작품제조시에 채용되는 특징이 있다.

반면에 단점으로는 대기 중 또는 신체에서 배출되는 황성분에 의해서 쉽게 변색되는 특징과 주조 시 많은 주조결함을 일으키는 문제가 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 변색되는 문제를 제품 판매 시까지 대기와 차단시켜 진공 포장 또는 질소 충전

재를 넣어 판매하는 방안이나 (최종 소비자는 착용 시 3개월 정도 되면 변색하므로 주기적인 표면 관리가 필요한 단점은 해결되지 않았다), 합금 원소에 니켈을 넣어 내식성을 향상시키는 방안(니켈은 신체 착용 시 알러지를 일으켜 최근에는 니켈 합금 장신구 수출 및 제조가 금지되고 있는 형편이다), 표면에 로듐도금을 시행하는 방안(궁극적으로 장기간 착용 시 도금부의 박리가 발생하여 내구성이 저해되는 문제)등이 시행되고 있지만 아직 궁극적인 해결방안은 없는 상태이다.

주조시의 문제로는 일반적인 로스트왁스 프로세스에 의한 대량생산에서는 결정립계에 응고 시의 수축이나 가스발생으로 평균직경 0.25 $\mu$ m의 다량의 마이크로 보이드 생성이 필연적이다. 이러한 주조결함은 표면연마 시에 표면 광택도를 저해하고 표면적을 크게함으로써 표면에 쉽게 황화반응층 또는 산화층을 형성시켜 변색(tarnish)의 주요원인이 된다.

따라서 변색과 주조시의 보이드를 줄이는 개선안이 있다면 은 주얼리의 부가 가치향상과 품질개선이 쉽게 가능하다.

### 2. 실험방법

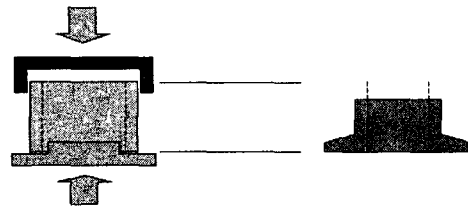
이러한 배경에서 본 연구는 Zn 원소를 첨가하여 변색 물성의 개선과 주조시의 보이드를 제거하고 가공경화를 시켜 최종 은제품의 성능을 향상시키는 「가압성형법」을 제안하여 실시하여보았다. 가압성형법의 기본 공정은 목적하는 주얼리 보다 크게 일반적인 주조공정을 거쳐 주조시편을 제작하고 금형과 유압프레스를 써서 상온에서 약 10%이상의 소성변형을 유도하여 주조시의 미세결함을 제거하고 전체의 강도를 가공경화를 통해 향상시킨 후 선반이나 밀링 등의 기계가공기재로 최종목적물을 만드는 것이다. 이에 따라 밀도가 향상되고 표면경도가 향상되어 최종적으로 변색지연이 가능하고 내구성이 향상되어 고부가가치가 가능한 공정으로 제작된 은 주얼리 제품이 가능하고 이때의 일축 가압 성형 정도에 따른 비중과 경도, 미세구조 변화에 대해 알아보았다.

순은과 Cu-Zn 합금을 칭량하여 산소-프로판 가스로 용해하고 일반적인 장신구 주조방법으로 8.5mm, 두께 2.3mm의 원통 튜브형 925 은합금 구조물을 다수 제작하였다. 주조 후 최종 주조물의 성분이 925-6.5% Cu-1%Zn 임을 EDS로 확인하였다.

주사전자현미경과 광학현미경으로 표면 Ag상태의

이미지를 확인하고 Fig. 1과 같은 유압프레스와 금형을 이용하여 최종변형높이가 7.5, 7.0, 6.7, 6.5mm가 되도록 소성 변형시켰다. 이때 각 변형높이에 따라 시편번호를 0 (주조상태), 1, 2, 3, 4 5가지 종류로 부여하였다. 가공 시 안전을 위해서 최종변형높이는 6.0mm가 되도록 실험범위를 한정하였다.

치수확인이 끝난 시편은 선반가공을 이용하여 높이가 1mm가 제거되도록 상하 양면을 500 $\mu$ m씩 가공하고 변형살을 제거하고 알루미늄으로 미세 연마하여 준비하였다.



[Fig. 1] 주조된 시편의 가압성형

각 시편을 비커스 경도기와 겔보기 비중측정기, 광학현미경을 써서 경도와 미세구조의 분석을 실시하였다.

### 3. 실험결과 및 토의

EDS로 실험한 결과 동 실험에 사용된 은합금 시편은 Fig. 2와 같이 92.5%Ag-6.5%Cu-1%Zn의 조성을 가지고 있으며 이때 Zn가 내식성원소로 작용을 한 것이 기대되었다.

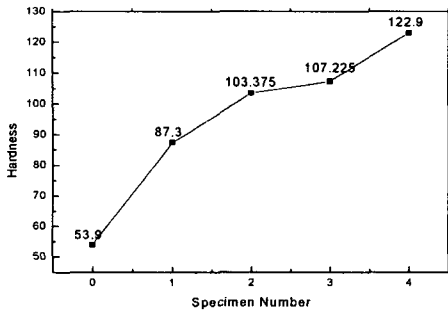


[Fig. 2] EDS 조성분석결과

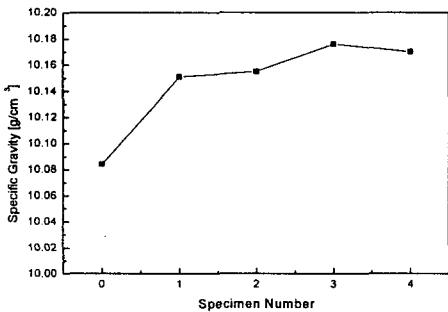
Fig. 3에는 비커스경도분석 결과를 가압성형 정도에 따라 나타내었다. 그림과 같이 처음 주조상태에서는 53.9 정도이다가 가압 성형할수록 경도가 향상되어 2.3배나 향상될 수 있었다. 이러한 경도의 향상은 최종 후속연마공정을 용이하게 하며 최종 제품을 착용하고 다니더라도 사용 중 스크래치 저항성이 향상되어 내구성이 향상된다고 기대할 수 있다.

Fig. 4에는 성형가압에 따른 겔보기 비중의 변화를 나타내었다. 비중기에 의해 측정된 결과 성형가압될수록 기존 주조품에 비해 0.1%정도까지 증가하는 경향이 있었으며 6.7mm정도가 되도록 가압성형하면 주조시의 기공결함이 완전히 제거되어 거의 치밀한 조직으로 포화되는 것이 기대되었다. 더 이상의 성

형압력은 전위밀도를 상승시켜 Fig. 3에서 보듯이 가공경화 현상으로 표현된다고 판단된다.



[Fig. 3] 비커스경도 분석결과



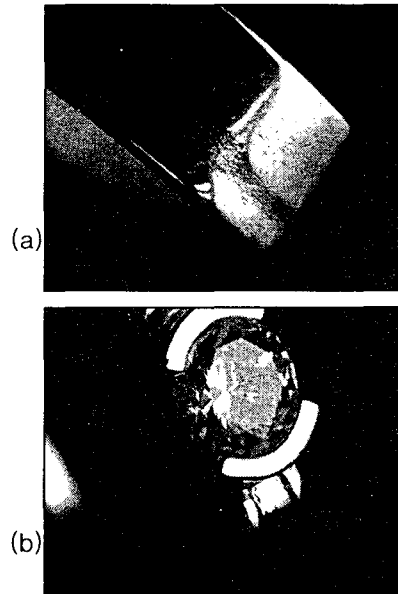
[Fig. 4] 성형가압에 따른 겉보기 비중의 변화

Fig. 5에는 일반적으로 주조된 시편을 표면연마한 경우 주조결함 때문에  $\times 40$  정도의 확대에서 확연히 결함이 보이는 이미지와 가압성형 (#4 조건)으로 제조된 시편의 미려하고 치밀한 표면상태를 나타내었다.

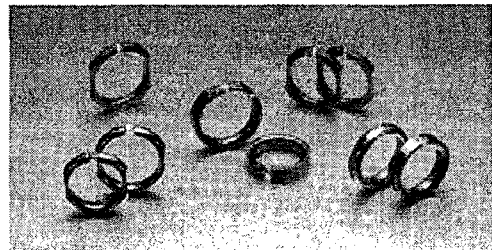
이러한 물성을 이용하면 Fig. 6과 같이 더 이상 무른 소재로서의 은이 아닌 강력한 스프링백효과를 이용하여 부가가치가 높은 텐션형 장신구를 제작할 수 있다. 본 연구에서는 가압성형을 이용하여 세계 최초로 귀보석을 양측부에서 스프링백 효과를 이용하여 세팅하는 텐션링을 다수 제작하는데 성공하였다.

#### 4. 결론

기존의 주조법에 가압성형이라는 공정을 추가하여 은합금의 경도를 2배 이상 향상시키고 주조공정시의 보이드 결함을 적극적으로 개선할 수 있었다. 이 공정을 활용하여 부가가치가 큰 은합금 텐션링의 시제품을 세계최초로 개발할 수 있었다.



[Fig. 5] (a) 주조된 은제품 표면과 (b) 가압성형 은제품 표면의  $\times 40$  광학현미경 이미지. 주조된 시편의 표면결함이 확연하다.



[Fig. 6] 가압성형한 은합금으로 제조된 세계 최초의 텐션링

#### 참고문헌

- [1] Dev S. C., Sivaramakrishnan C. S., "An indigenous technology for a silver brazing alloy", *Materials & Design*, Vol. 17, No. 2, pp. 75-78, 1996, 7.
- [2] Takezawa K., Hoshi H., Marukawa K., "Relation between long-range ordering and martensitic transformation temperature in Ag alloy", *Materials Science & Engineering*, Vol. 273-275, pp. 564-567, 1999, 12.