

트렌치 공정을 이용한 단발난집 펜던트 주얼리의 개발

송 오 성* · 김 익 환** · 이 하 연**

Method for Manufacturing Single Prong Pendant Jewelry Using Trench Process

Oh Sung Song*, Ik Whan Kim**, and Ha Yeon Lee**

요약 보석이 포함된 장신구는 보석을 고정시키고 최대한 보석의 심미적 기능을 살리기 위해 후면부로부터 금속 난발(prongs)을 사용한다. 최근의 주얼리 산업은 빠른 유행주기 민화에 따른 신속한 개발을 위해 귀금속이 가능한한 적게 들어간 단발난집형의 목걸이, 귀걸이류가 필요하다. 본 연구는 단발난집에 보석을 세팅하여 가볍고 안정적인 신개념의 목걸이를 개발하기 위하여 (주)아메스 개발부와 함께 단발난집 공정을 연구하였다. 보석의 측면부분에서 상측으로 중력방향에 대하여 직교하도록 트렌치를 가공하여 금속틀의 프롱을 접촉시키고 저용점을 갖는 소정의 Sn계솔더를 채용하여 트렌치부에 흡착된 솔더를 응고하여 접합을 완성하였다. 실시에로서 완성된 천연 자수정 스톤과 18K Au의 단발난집에 적용한 결과 기존 제품에 비해 40% 이상의 Au 무게감소에 따른 비용절감과 우수한 착용감의 새로운 펜던트형 장신구의 개발이 가능하였다.

Abstract Recently, most jewelry design employ multiple prongs that grasp the front surface of the jewel to the metal frame. To keep up with recent trends in fashion, jewelry manufacturers need to produce single-prong necklaces and earrings constructed with non-precious metals. In response to this demand, *Ameth Development Division and The University of Seoul* researched jointly and developed a technique for setting the jewel safely using a single prong with less weight. The setting process consists of making a small trench through the jewel at the mounting point and using a low melting point tin solder, to fill the trench and bonding with the prong. The application of this technology in the setting of a natural amethyst to a single 18K gold prong resulted in a 40% reduction in cost and weight and improvement of feeling for wearing.

Key Words : Prong, Trench process, Low melting solder, Single-prong

1. 개 요

천연 단결정으로 이루어진 수정류는 전반사를 유도하는 cutting 공정에 보석으로서의 가치를 지니게 된다. 보석으로서의 가치를 피착용자의 신체에 부착하기 용이하기 위해서는 귀금속의 틀은 가능한한 보석의 전반사를 크게 하기 위해 보석의 뒷면에 배치시키고 이 틀로부터 보석을 기계적으로 고정시키는 Figure 1과 같이 다수의 발(prongs)을 사용하게 된다[1-6].

이러한 일반적인 귀금속에 사용되는 발은 복수로 이루어지기 때문에 부피가 커지고 이에 따른 원재료비의 상승과 복잡한 틀모양으로 인하여, 광택을 내기 위한 후

속공정에 추가 비용의 발생하고 비중이 큰 금속부의 증가로 장신구 무게증가에 따른 착용감의 저하문제가 있었다. 또한 금속발에 보석을 위치시키는 과정(세팅)에서의 표면손상과 응력집중에 의한 파괴로 수율 저하의 문제가 발생한다.

이러한 배경에서 스톤부의 부피증가에 따른 무게증가를 보상하기 위해서 금속부의 부피를 줄이는 단발난집이 개발되었다. 실례로서 Swarovski 사의 2001년 신제품 목걸이 제품군을 보면 Figure 2와 같이 1개의 상부 난집에 물방울 모양으로 가공된 스톤을 세팅시키는 상품이 개발되었다[7]. 이러한 제품군의 장차방법은 유리 스톤부 상부에 유리주조시에 구멍을 내거나 또는 유리 제작을 한 후 기계적·화학적 방법으로 구멍을 제작하여 강도가 큰 금속선을 관통시켜 고정하는 방안을 채택하고 있다.

*서울시립대학교 신소재공학과

** (주)아메스 개발과

본 논문은 2001년 산학연공동기술개발컨소시엄사업의 일환으로 중소기업청과 서울시의 지원을 받아(주)아메스 개발부와 공동 개발하였으며, 기존 펜던트 제품의 복수난발을 극복하고 하나의 난발만으로 경제적이면서도 안정감있는 신제품 주얼리 제품을 개발한 기술이다. (Tel: 02-2210-2604)

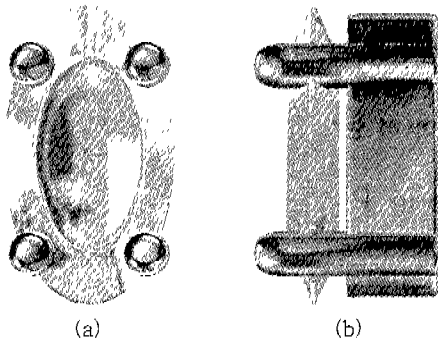


Figure 1. Illustrations of jewelry set with conventional 4 prongs (a) Front view and (b) Side-view.

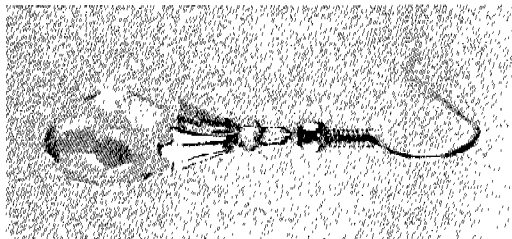


Figure 2. A pear-cut glass jewelry with single prong set by a through-hole wire.

유리가 아닌 천연단결정으로 이루어진 고가 보석(stones)의 경우, 강도와 내식성이 매우 커서 기계적인 방법으로는 응력집중에 의한 파괴가 유발되어 상부에 구멍을 내기가 매우 힘들고, 강산에서도 화학적 부식이 발생하지 않아 상기 유리제품과 같은 금속세선에 의한 관통세팅을 사용할 수 없는 기술적 애로가 있다. 또한 자수정은 300℃ 이상의 온도에서 불투명한 흰색 액수정으로 변환되어 보석으로서의 가치를 잃어버리기 때문에 스톤부의 구멍을 내는 공정에서는 레이저(laser)빔공등을 사용할 수 없고 열이력에 극히 취약하므로 세팅(setting)시 열을 이용하는 경우 300℃가 넘지 않도록 하는 전제조건이 필요하다.

본 연구는 복수의 받이 아닌 하나의 받만으로 구성되는 단발난집을 사용하여 주열리 후면부의 귀금속 소요량을 최소화하여 이에 따른 경량화로 착용감을 개선하고, 보석의 심미적 요소를 극대화하는 공정을 개발하고자 하였다.

2. 개발방법

상기 목적의 단발난집 웨던트 장신구를 개발하고자 Figure 3에 나타난 공정도와 같이 먼저 일반적인 유석 보석(자수정)의 서양배(pear)형 스톤을 준비하였으니

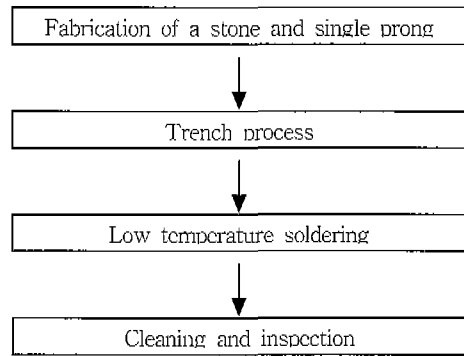


Figure 3. Experimental procedure.

스톤 꼬리부의 형상에 맞게 단발난집을 제조하였다. 이후 스톤 꼬리부에 트렌치를 가공하고 단발난집의 내부에 서용용용솔더[solder paste: alpha-metals Co., TLF-201-19, Lot. NO: 010201, Sn-25Ag-1.0Bi-0.5Cu] 페이스트를 도포한 후 250℃로 가열하여 트렌치부에 솔더가 채워져 스톤을 기계적으로 지지할 수 있게 하였다. 최종적으로 후처리 후 분리유무를 관찰하였다. 각 주요공정을 좀 더 자세히 기술하면 아래와 같다.

스톤은 웨던트에 많이 채용되는 길이 1.8 cm·폭 1.6 cm의 서양배형 자수정을 채택하였다(Figure 4(a)). 한편 Figure 4 (b)에 나타난 바와 같이 서양배 스톤의 꼬리부와 일치하는 내부모양을 가진 단발난집을 정밀주조하여 제조하였고, 이때 소성변형을 방지하고 솔더와의 젖음성이 우수한 18K 금 합금을 채택하였다.

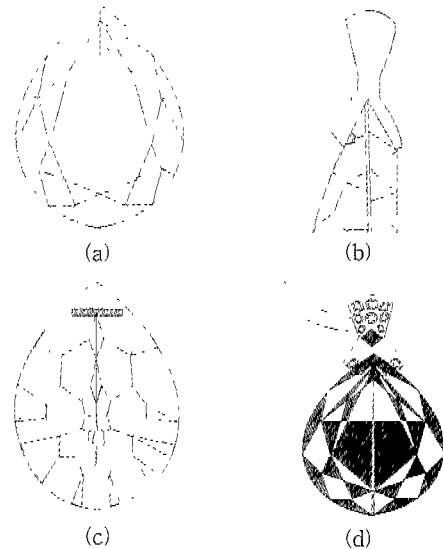


Figure 4. (a) A illustration of pear-type jewelry, (b) Single prong frame, (c) A trench on a stone (d) A finally soldered jewelry.

스톤은 선택적으로 용제에 녹을 수 있는 고분자 왁스에 의해 기판에 고정시킨 후 다이아몬드 회전톱을 사용하여 스톤의 꼬리부에 종력방향에 수직하도록 폭 1 mm-깊이 1 mm가 되는 트렌치를 가공하였다. 가공 후 왁스는 유기용제로 제거하였다. 결과적으로 서양배형 스톤의 꼬리부에 수직한 Figure 4 (c)트렌치를 완성하였다.

본 연구에서는 일반적인 주얼리 제품이 신체에 장시간 착용되는 특성을 고려하여 인체에 유해한 납(Pb)이 배제된 유기 flux가 포함된 Sn-25Ag-1.0Bi-0.5Cu를 채택하였다. 단발난집과 보석의 접촉면에 솔더페이스를 고루 도포 한 후 전기로에서 250℃로 5분간 가열하여 플럭스(flux)를 제거하고 트렌치부에 솔더가 흡착되어 상기 목적을 용이하게 달성하였다.

접합이 완성된 목걸이 주얼리는 초음파 세척기를 사용하여 20분간 잔류 flux를 제거하고 금속부패 등 마무리 작업을 실시하였다. 최종적으로 Figure 4 (c)와 같은 완성 주얼리를 제조하였다. 완성된 주얼리는 72시간 동안 실제 착용하여 난집과 보석의 분리 등을 시험하였다. 최종적으로 완성된 주얼리를 Figure 5에 나타내었다.

3. 개발결과 및 고찰

3.1. 스톤의 트렌치 제조 고찰

트렌치(Trench)란 참호를 의미한다. 반도체 등의 전자산업 분야에서의 트렌치는 절연층이나 도전성 배선을 위해 임의의 기판부에 국부적으로 참호모양의 기능성 조직을 기판 아래로 사진식각법으로 제조하고 여기에 절연막질 또는 도전성 물질층을 상감기법으로(damascene) 채워넣은 것으로 이미 많이 쓰는 공정이다[8,9].

일반적으로 채용되는 보석은 본 연구에서 확인한 서양배형 및 하트형 등 여러 가지 모양이 가능하다. 이렇게 가공된 보석은 전통적으로 금속 난집을 채용하여 신

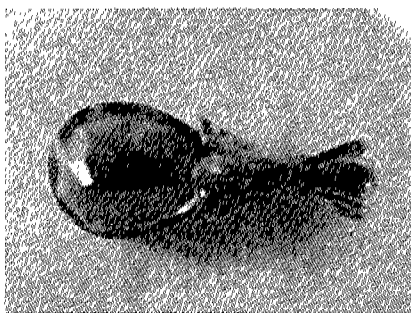


Figure 5. A pear-cut amethyst jewelry with a single prong set by a trench process.

체에 착용되지만 착용성의 향상을 위해 가능하면 경량 이면서도 견고하고 보석의 가치를 극대화 할 수 있는 단발난집형이 유리하다.

본 실험에서 쓰인 자수정에 맞는 단발 난집의 Au무게는 일반적인 4발 난집에(후면부 내경 : 16.5 cm, 외경 : 18 cm, 난발지름 : 0.15 cm, 높이 : 1.3 cm 상정)의 60%에 불과한 것으로 Jewel CAD 4.2에 의한 전산모사에 의해 예상되었다[10].

단발난집형 주얼리를 위해 보석자체에 구멍을 뚫는 방법이 있으나 초음파 가공에 따른 파피가 발생하는 문제가 있어 일반적으로 잘 채용되지 못하고 있다. 특히 보석의 특성상 초음파의 가공한계인 직경 1.5 mm의 구멍을 뚫을 경우, 구멍을 제거하기 위한 재가공하면 30% 이상의 부피감소가 발생하여 일반적으로 통용되는 보석으로서의 가치가 급격히 하락된다. 실제로 Jewel CAD4.2™을 써서 전산모사한 결과, 길이 1.8 cm, 폭 1.6 cm(2.209 g)의 서양배형 자수정을 구멍을 제거하는 것을 전제로 재가공하는 경우 부피가 40.6%(0.89 g) 감소하는 것으로 확인되었다. 반면 트렌치를 가공한 경우의 재가공 부피는 20.1%(0.459 g)이 감소되는 것이 확인되어 재가공시 스톤의 가치하락 방지에 트렌치 공정이 유리함을 확인하였다. 또한 구멍가공시는 내부 크랙이 발생하여 보석으로서의 가치는 상실하는 경우도 있으므로 이러한 구멍을 만드는 가공방법은 적당적으로 지양하여야 한다. 결과적으로 제안된 트렌치가공이 구멍을 이용한 방법에 비해 재가공시의 부피감소와 제조시의 수율면에서 유리한 장점이 있다[10].

3.2. 저온솔더와 주얼리 세팅논의

본 연구에서는 폴리머 계의 열경화성 수지등의 접착제는 보석의 특성상 착용 중 열이력에 따른 이탈에 의한 파피 가능성 및 외부 충격에 의한 기계적 파피를 고려할 때 배제하였다.

솔더는 이미 전자산업에서 패키징 분야에서 많이 적용되고 있고 특히 Au, Ag 등의 총과는 완벽한 젖음성(wet)을 가지고 물리·화학적으로 접합이 가능하고 300℃이하의 저융점을 가지므로 보석류의 변색을 발생시키지 않는 300℃이하 온도 범위에서 가공이 가능한 장점이 있다. 특히 단발난집과 보석 머리부가 작은 간격을 가지고 일치하는 경우 보세관 효과에 의해 액상을 트렌치부의 간극을 용이하게 메꾸어주고 실온으로 응고된 후, 단발난집과는 물리·화학적으로 접합되고, 트렌치부에는 기계적 이탈을 방지해줄 수 있는 고정핀으로서의 역할을 하는 자가정렬형(self-alignment) 집속기구로서의 기능을 성공적으로 발휘할 수 있었다. 완성된 주

얼리는 72시간의 착용에도 접촉분리가 발생하지 않았고, 정성적으로 보석부가 직접 피부에 닿게되므로 우수한 착용감을 얻을 수 있었다.

4. 결 론

이상에서 본 바와 같이 기존의 목걸이·귀걸이 제품에 비해 귀금속부의 감량에 따라 가볍고, 착용감이 우수한 보석(자수정)제품을 최종적으로 개발하였다. 이러한 신제품은 한국의 고유모델로서 2002년 월드컵 등을 맞아 관광상품으로 한국에 온 관광객에게 2002년 1/4분기 (주)아메스플 통하여 USD50~500가격대에서 판매될 예정이다, 상기 공정은 대한민국 2001년 6월에 특허출원 (10-2001-0032513)이 완료되었다.

감사의 글

본 연구는 (주)아메스 개발부와외의 공동연구로 진행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 진크스 맥그레이. 『장신구제작기법』 pp.112~113. 서울: 예경, 2001.
- [2] P.A 그르테르, 『보석 세팅의 기술』 pp.44~46. 서울: 예경, 2000.
- [3] 안상훈, 김철용, 『귀금속 세공예』 pp.120~121, 서울: 종로시지, 1995
- [4] 장대원. 『보석 실용지식』 pp.70~71. 서울: 원문회사, 1991.
- [5] 김영훈 외. 『보석 가공 기법』 pp.34~36. 서울: 박문각, 1994.
- [6] 김경아 외. 『공예가들 위한 귀금속공예기법』 pp.35~36. 서울: 주얼리우먼, 1999.
- [7] Swarovsky: <http://www.jewellery-with-meaning.com/swarovsky.htm>
- [8] D. Chidambarrao, Stresses in silicon substrates near isolation trenches, Journal of Applied Physics, V. 70, pp4816~4822, 1991.
- [9] Stephen Y. chou, effects of nanoscale trenches and mesas patterned in a substrate on domain structures of magnetic films and ion applications in magnetic disk tracking, Journal of Applied Physics, V. 81, p4673, 1997.
- [10] 전용진, 『Jewelcad』 pp.134~140, 서울: 주얼리우먼, 1999.