한국산학기술학회논문지
Vol. 7, No. 4, pp. 525-530, 2006

자동차용 실내등의 TIG 용접기술에 관한 연구

한창수[1], 김동규[2*], 조형기[3], 김진평[4], 박호[5]

A study on the TIG Welding Technology of Room Lamp for Vehicle

Chang-Su Hahn[1*], Dong-Gyu Kim[2], Hyoung-Ki Cho[3], Jin-Pyeong Kim[4] and Ho Park[5]

요 약 최근 전자제품에 납이나 크롬, 수은 등 중금속을 사용하지 않고 환경친화적으로 대체해 가는 업체들이 늘고 있다. 선진국에서는 납을 사용하지 않는 무연솔더가 개발되면서 납땜 공정이 거의 사라지고 있으나 무연솔더의 경우 친환경적이지만 가격이 비싸고 납에 비해 접착성과 내구성 등이 떨어져 개량이 필요한 것이 현실이다. 이를 해결하기 위해 TIG 용접을 이용하여 실내등의 도입선과 베이스부에 대한 이종금속 용접기술을 개발하였다. 이를 위하여 기존의 실내등 제작공정을 파악하여 용접 공정으로 대체할 수 있는 방안을 마련하였고 TIG 용접 파라미터의 최적값을 선정하기 위해 시험을 수행하였다. 마지막으로 전구 수명 시험과 내진성 평가를 실시하여 용접된 실내등의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

Abstract Recently companies which do not use the heavy metals such as lead, chrome, mercury to the electronic goods and alternate the materials environment-friendly are increasing. In advanced country, lead-free solder without lead is developed and soldering process almost disappeared. The lead-free solder is environment-friendly but is expensive and lack of tack and durability than lead, the improvement is necessary. To solve this problem, the welding process that uses TIG welding and the welding technology between different kind metals for lead-in wire of room lamp and base department was developed. To do this, previous room lamp manufacturing process was analysed and which process can be alternate was proposed. And the test for selection of optimal value of TIG welding parameter was done. Finally the lamp aging test and earthquake resistant test was done to check the reliability of welded room lamp.

Key Words : Automotive Room Lamp, Optimal Welding Parameter, Aging test, Reliability Test

1. 서론

최근 전자제품에 납이나 크롬, 수은 등 중금속을 사용하지 않고 환경친화적으로 대체해 가는 업체들이 늘고 있다. 이미 환경에 있어서 가장 까다로운 유럽공동체(EU)에서는 오는 2006년 시행예정인 '유해물질 사용제한 지침(RoHS)'와 '전기 · 전자제품 폐기물처리지침(WEEE)[1]' 등을 통해 이들 지역에 수입되는 모든 품목에 대해 일정 기준 이상의 유해물질이 포함된 제품의 수입을 불허하는 방침을 세워놓고 있으며 자동차부품도 예외는 아니다.

EU의 중금속 사용금지 법규(2002/525/EC)에 따르면 일부 예외 사항을 제외하면 2003년 7월 1일 이후에 판매되는 모든 차량에 대해 납, 카드뮴, 6가 크롬, 수은 함유를 금지하고 있으며 조명전구 내의 납에 대해서는 2005년 1월 1일까지만 납 사용이 허용되게 된다.

이를 좀 더 자세히 살펴보면 전구 1개당 0.2 ~ 0.75

이 논문은 2003년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음
[1]자동차부품연구원 소재공정연구센터
[2]조선대학교 항공우주공학과
[3]한삼기연(주)
[4]한국기술교육대학교 신소재공학과
[5]공주대학교 기계자동차공학부
*교신저자: 김동규(dgkim@chosun.ac.kr)

g의 납을 함유하고 있으며 약 0.2 g의 땜납을 추가한다고 가정할 경우 차량형식과 모델에 따라 약 30 ~ 40개의 램프가 장착되고 있을 때 평균적으로 24 g의 납을 함유하게 된다. 하지만 이와 같은 납 사용 금지에 대한 압박은 더욱 가중될 것이며 최근 시판된 르노 Megane 1.9D 차종의 경우 전구유리에 대해 차량 1대당 12 g의 납만을 사용함으로서 기존 납 함유량의 절반 수준으로 떨어뜨렸으며 이와 같은 자동차용 전구에 대한 납 사용을 줄이기 위한 완성차업체의 노력은 더욱 가중될 것이며 이는 개별 부품으로 납품이 가능한 자동차용 전구의 경우 납땜을 이용한 전구는 경쟁력을 잃게 됨이 자명한 사실이다.

이미 선진국에서는 납을 사용하지 않는 무연솔더가 개발되면서 납땜 공정이 거의 사라지고 있는데 무연솔더란 34%의 주석과 0.5~1%의 은, 소량의 구리 등으로 이루어져 있으며 납을 사용하지 않기 때문에 친환경적이기는 하지만 가격이 비싸고 납에 비해 접착성과 내구성 등이 떨어져 합금비율의 조정과 다양한 재료의 사용 등을 통해 현재에도 꾸준한 개량이 필요한 기술이며 무연솔더가 납보다 녹는 점이 높아 솔더링 작업시 열에 약한 부품에 무리를 줄 수 있으므로 이를 해결하기 위한 장비개발도 병행되어야 한다. 또한 기존보다 고온화된 작업환경에서 원활한 솔더링을 위한 부품의 예비가열시간을 늘리는 등의 기술이 적용되고 있으나 이는 생산성을 저하시키는 요인이 되기 때문에 적용에 애로점이 있다[2].

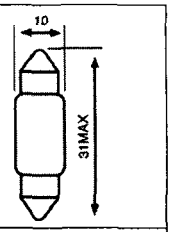
그러므로 본 연구에서는 이와 같은 납땜 및 무연솔더 사용에 따른 문제점을 해결하고자 TIG 용접에 의한 실내등의 도입선과 베이스부의 이종금속에 대한 최적용접 공정을 개발하였다[3,4].

2. 본론

2.1 기존의 실내등 제작 공정

본 과제에서 공정 개선을 하고자 하는 자동차용 실내등은 금호HT오토닉스사의 제품을 사용하였으며 사양은 표 1와 같이 12V 10W급이다. 또한 기존의 실내등 제작 공정은 마운트 공정 → 실링 공정 → 배기 공정 → 세멘트 & 마킹 공정 → 베이싱&압착 공정에 의해 제작이 되며 베이싱&압착 공정에서 세멘트가 충진된 베이스를 램프에 끼워 접합부위를 소성하고 듀멧과 베이스를 "납땜" 하는 공정을 "용접"하는 것으로 대체하고자 하였다.

표 1. 실내등 제원

Design		
Rating		12V10W
Voltage (V)		13.0
Current (mA)		770
Luminous Flux	(M.S.C.P)	9.5
	(Lm)	120
Average Life (Hrs)		500
Filament Base	Shape	C-8
	Shape	S8.5/8.5

본 연구에서 사용된 자동차용 실내등의 경우 도입선(듀멧)은 니켈+철 합금에 무(無)산소동(銅) 코팅을 하였으며 베이스부는 황동+니켈도금으로 이루어져 있으므로 이종금속에 대한 용접으로 용접이 용이하지 않기 때문에 TIG 제살 용접을 이용하였다[5,6].

2.2 실내등 용접공정 개발

실내등의 용접 공정을 위해서 그림 1과 같이 지그를 제작하여 TIG 제살용접을 실시하였다. 지그에 연결된 용접토치에는 텅스텐 용접봉을 삽입하고 -전극을 연결하였으며, +전극은 전후로 이동가능한 황동연결부에 연결하고 다시 실내등 베이스부를 감싸는 지그를 통해 베이스부와 연결되므로 결국 +전극은 모재인 실내등의 베이스부와 연결되도록 하였다.

텅스텐 용접부와 모재와의 간극의 경우 이 간극이 너무 넓거나 좁으면 아크가 제대로 발생하지 않기 때문에 적절한 간극을 설정하는 것이 필요하며 본 연구에서는 9 mm로 정하였다.

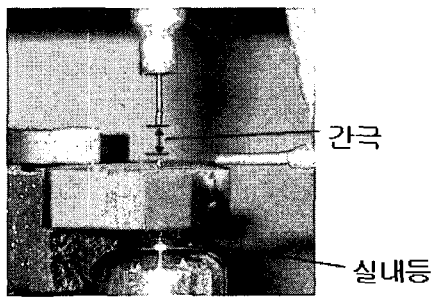


그림 1. 실내등 용접용 지그

본 연구에 사용된 TIG 용접기는 일반적인 TIG 용접기의 경우 다양한 용접파라미터가 사용되지만 본 연구에서는 제살용접을 사용하므로 표 2와 같은 기본적인 값들만이 이용되었다. 또한 PT나 AT의 경우 제살용접에서는 큰 영향을 미치지 않으므로 PT의 경우 0.1 sec, AT의 경우 0.5 sec로 설정하였고 ST와 BA의 정확한 값을 정하기 위하여 파라미터값을 변경하면서 반복시험을 실시하였다.

표 2. 용접 파라미터

용 어	의 미
PT (Preflow Time)	아크 발생 전 불활성 가스 공급 시간 간격(sec)
AT (Afterflow Time)	아크 발생 후 불활성 가스 공급 시간 간격(sec)
ST (Spot Time)	아크 지속 시간(sec)
BA (Base Ampere)	공급 전류(A)

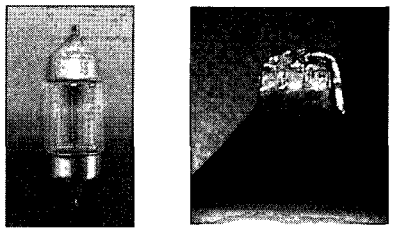
시험방법은 표 2에 나타낸 것과 같이 ST의 경우 0.1 sec 부터 0.5 sec 까지 0.1 sec 간격으로 5등분, BA의 경우 5 A 부터 13 A 까지 1 A 간격으로 9등분을 나누어서 45번의 시험에 대해 실내등 양쪽의 용접결과를 함께 표시하였으며 참조를 위하여 14 A 이상의 경우에는 0.4 - 0.5 sec 만 추가로 실시하였다.

그림 2는 실내등 용접전 형상을 보여주는 것으로서 (b)와 같이 베이스부에 상하 듀멧선을 압착한 상태에서 용접을 실시하였다. 표 3에 나타낸 "용접안됨" 상태는 용접전 상태와 유사하게 듀멧선이 외부로 드러나 있는 경우를 말하는 것이다.

표 3. 공급전류와 지속시간에 따른 1차 용접시험 결과

BA \ ST	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
5	X X	X ○	X ○	X ○	X ○
6	X ○	X ○	X X	○ ○	X ○
7	X ○	X ○	○ ○	○ ○	○ ○
8	○ ○	○ ○	○ ○	◎ ◎	◎ ◎
9	○ ◎	◎ ◎	○ ◎	◎ ◎	◎ ◎
10	X X	○ ○	○ ◎	◎ ◎	◎ ◎
11	X X	○ ○	○ ○	◎ ◎	○ ○
12	X ○	○ ○	○ ●	○ ○	○ ●
13	○ ○	○ ○	○ ●	○ ●	○ ●
14				● ●	● ●
15				● ●	● ●

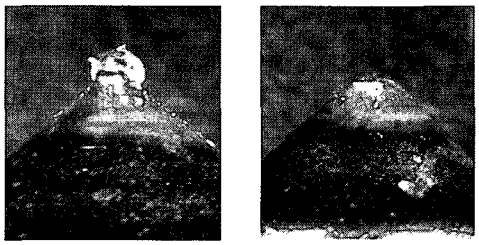
※ 용접상태 : X 용접안됨, ○ 용접보통,
◎ 용접양호, ● 용접불량



(a) 전체 형상 (b) 확대 형상

그림 2. 실내등 용접전 형상

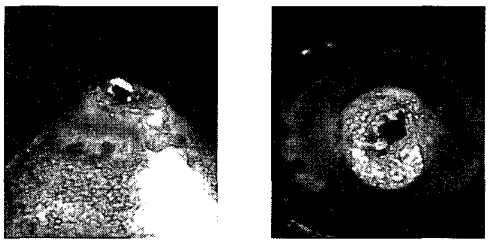
그림 3은 표 3에 나타낸 것과 같은 "용접보통"과 "용접양호" 상태에 대한 예를 보여주는 것으로서 "용접보통"의 경우 (a)와 같이 베이스가 완전히 녹지 않아 완전 용접이 이루어지지 않은 상태를 나타내고 "용접양호"의 경우 (b)와 같이 베이스부의 제살이 녹아 용접이 이루어진 것을 나타낸다.



(a) 용접 보통 (b) 용접 양호

그림 3. 용접 성공의 예

그림 4는 표 3에 나타낸 "용접불량" 상태를 나타내는 것으로서 전류가 너무 높거나 용접시간이 너무 길어 베이스에 구멍이 뚫리게 되는 상태를 나타내고 있다.



(a) Side View (b) Top View

그림 4. 용접 불량의 예

1차 시험결과에 따라 가장 좋은 용접결과를 보이고 있는 BA 8-10 A, ST 0.4-0.5 sec에 대해 표 4와 같이 6번의

2차 용접시험을 실시하였다.

표 4. 공급전류와 지속시간에 따른 1, 2차 용접시험 결과

시험차수	1차 시험결과		2차 시험결과	
BA \ ST	0.4	0.5	0.4	0.5
8	○ ◎	◎ ◎	○ ◎	○ ◎
9	○ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎
10	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎

※ 용접상태 : ○ 용접보통, ◎ 용접양호

1, 2차 시험결과를 비교해 보면 두번의 용접시험에서 공히 양호한 용접결과를 보이고 있는 파라미터 값은 (BA, ST)가 각각 (10, 0.4), (9, 0.5), (10, 0.5)일 때이며 동일한 결과를 보일 때는 경제성을 고려해야 하므로 BA와 ST의 곱이 가장 작은 (10, 0.4)를 최적의 용접파라미터로 선정하였다.

표 5. 실내등용 최적 용접파라미터

항 목	최적값
PT (Preflow Time)	0.1 sec
AT (Afterflow Time)	0.5 sec
ST (Spot Time)	0.4 sec
BA (Base Ampere)	10 A
용접토치 간극	9 mm

2.3 전구 용접부 수명시험평가

용접된 전구의 수명을 측정하기 위해서 시험 장치는 전구의 용량에 맞추어 제작되었으며, 시험은 KS C 7502 (자동차용 전구) 4.4절에 의해 표 6에 나타낸 것과 같이 시험전압으로 전구를 점등시켜서 필라멘트가 절단될 때까지의 점등시간을 측정하였다. 수명의 합격 조건은 평균의 값이 정격 수명의 80% 이상, 개개의 값이 55% 이상이어야 한다.

표 6. 전구 수명 시험 사양

종류	시험전압	수명시간	평균시간	개별시간
실내등	13 V	400 hr	320 hr	220 hr 이상

표 7은 전구 수명 시험 결과를 보여주고 있으며 실내등의 경우 평균수명이 438.6 hr로 평균시간 320 hr를 초과 달성하였으며 개별시간도 220 hr 이상으로 모든 시편이 다 합격하였다.

표 7. 전구 수명 시험 결과

종류	시편1	시편2	시편3	시편4	시편5	평균
실내등	380	465	488	421	439	438.6

2.4 전구 내진성 시험평가

용접된 전구의 내진성을 측정하기 위해서 시험 규격은 KS C 7502[7] 4.5절을 참조하여 표 8과 같이 정리하였다. 내진성 시험은 전구를 그림 5에 나타낸 진동 시험기에 부착하고 시험 전압으로 점등시켜 KS R 1034[8]의 5.3(1)에 규정된 시험을 전구 분류에 적합하도록 하게 된다. 내진성에 대해서 불합격품의 갯수가 1개인 경우는 다시 5개를 발췌하여 검사를 하고, 불합격품의 갯수가 1개도 없을 경우에는 합격으로 한다.

표 8. 진동시험 사양

항 목		수치
진동수(Hz)		33
진동가속도(G)		7
시험시간(hr)	상하	4
	좌우	2
	전후	2
시험 전압(V)	실내등	13

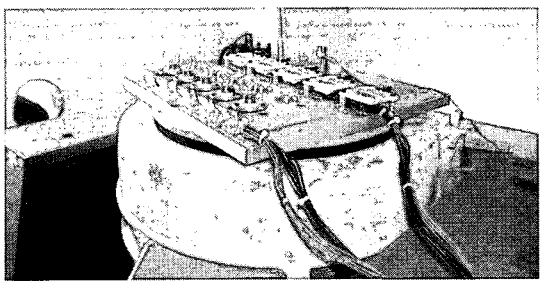
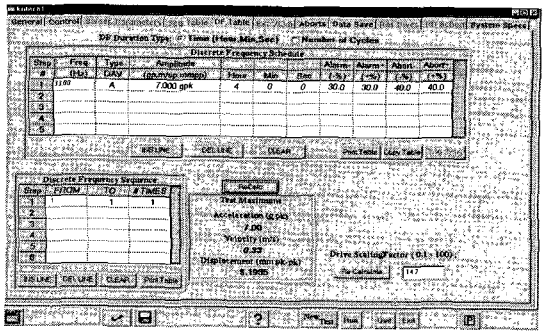
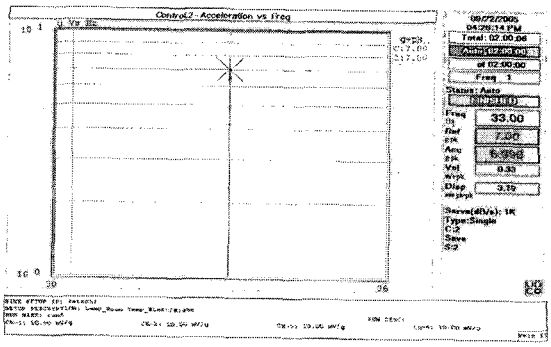


그림 5. 진동시험 장비



(a) 진동모드



(b) 가속도 vs. 주파수

그림 6. 내진성 시험 파라미터 입력 화면

진동시험은 표 8과 그림 6에 나타낸 것과 같이 진동시험기에 주파수 33 Hz, 가속도 7G의 값으로 상하 4시간, 전후 2시간을 실시하였고, 좌우 2 시간을 실시하였고 시험결과 실내등 5개 모두 합격을 받았으므로 전구용접이 잘 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 연구를 통해 자동차용 실내등의 TIG 용접기술에 관해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 기존의 실내등 제작공정을 분석하여 납땜공정을 용접공정으로 대체할 수 있음을 알 수 있었다.
2. 실내등의 도입선과 베이스부의 이종금속에 대해 스폿시간을 0.1~0.5 sec, 용접전압을 5~15 A로 변경시켜가며 1차 용접을 실시하였으며 스폿시간 0.4~0.5 sec, 용접전압을 8~10 A 일때 가장 좋은 결과를 보임을 알 수 있었다.
3. 1차 시험결과를 기준으로 하여 2차 용접시험을 실시하였으며 시험결과 용접시간 0.4 sec, 용접전류 10 A일 때 가장 좋은 결과를 보이며 경제성에서도 우수한 최적파라미터임을 알 수 있었다.
4. 시제품의 수명시험을 통해 용접된 실내등이 KS C 7502에 따른 평균적인 수명을 훨씬 능가하는 신뢰성을 보임을 확인할 수 있었다.
5. 시제품의 KS R 1034 (주파수 33 Hz, 가속도 7G, 상하 4 hr, 전후 2 hr, 좌우 2 hr) 내진성시험 결과 실내등 5개 모두 합격하여 내진성 특성을 확보하였음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

[1] Draft of the WEEE Directive, European Commission, 4th draft dated 10 May 2000.

[2] 고명완, "Pb 프리솔더링 실용화현황", 월간 표면실장기술, pp. 41-48, 2002.

[3] 이진희 편저, 용접기술실무, 21세기사, 2005.

[4] 이철구 지음, 용접공학, 청문각, 2004.

[5] 박종우 저, 정밀용접공학, 일진사, 2005.

[6] 김덕중 외 5명, "ESPI법에 의한 스폿 용접부의 비파괴적 응력측정 기술", 한국산학기술학회논문지, 1229-8832, 제1권1호, pp.23-26, 2000.

[7] KS C 7502, 자동차용 전구, 1985. 12. 24

[8] KS R 1034, 자동차 부품 진동 시험 방법, 1970. 2. 13

한 창 수(Chang-Su Hahn) **[정회원]**

- 1989년 2월 : 한양대학교 기계공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 한양대학교 정밀기계공학과(공학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 자동차부품연구원 소재공정연구센터 선임연구원

<관심분야>
전구용접, 차량경량화, EV 및 HEV

김 동 규(Dong-Gyu Kim) [정회원]

- 1974년 2월 : 조선대학교 기계공학과 (공학사)
- 1983년 2월 : 조선대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1994년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과(공학박사)
- 1973년 11월 ~ 1977년 3월 : 삼양타이어 공업주식회사
- 1977년 3월 ~ 1983년 2월 : 조선대학교 병설공업전문대학 교수
- 1983년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 항공우주공학과 교수

<관심분야>
진동소음, 피로내구, 용접

조 형 기(Hyoung-Ki Cho) [정회원]

- 1976년 2월 : 부산대학교 전기기계공학과 (공학사)
- 1976년 3월 ~ 1989년 11월 : 대한전선(주) 기술연구소 (대리)
- 1989년 12월 ~ 1998년 3월 : LS 산전(주) 천안공장 (차장)
- 1998년 12월 ~ 현재 : 한삼기연(주) 대표이사

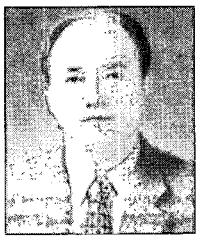
<관심분야>
전구용접, 전원장치, 특수용접

김 진 평(Jin-Pyeong Kim) [정회원]

- 2004년 2월 : 순천향대학교 신소재공학과 (공학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 신소재공학과 석사과정

<관심분야>
전구용접, 차량경량화, 잔류응력

박 호(Ho Park) [정회원]



- 1982년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과 (공학사)
- 1988년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과 (공학석사)
- 1991년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과(공학박사)
- 1991년 3월 ~ 1994년 9월 : 국방과학연구소 선임연구원
- 1994년 9월 ~ 2005년 2월 : 천안공업대학 자동차공학과 교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>
진동소음, 자동차섀시, 동역학 및 제어