

## 자동차용 제동등의 TIG 제살용접 및 용가재 용접에 관한 연구

한창수<sup>1</sup>, 김동규<sup>2\*</sup>, 조형기<sup>3</sup>, 김진평<sup>4</sup>, 박호<sup>5</sup>

### A study on the TIG Autogenous Welding and Filler Material Welding Technology of Brake Lamp for Vehicle

Chang-Su Hahn<sup>1</sup>, Dong-Gyu Kim<sup>2\*</sup>, Hyung-Ki Cho<sup>3</sup>,  
Jin-Pyeong Kim<sup>4</sup> and Ho Park<sup>5</sup>

**요 약** 최근 자동차에까지 환경친화적인 제품을 의무화하는 규제가 증가하고 있어 전구에 사용되는 납땜을 용접으로 대체하기 위한 연구가 필요하게 되었다. 본 연구에서는 기존의 측면 스폿용접의 문제점을 파악하여 TIG 제살용접 공정을 개발하였고 용접시 깨지기 쉬운 유리부의 용접을 위해 세라믹 구조물을 개발하였다. 또한 바닥부 구멍을 메울 수 있도록 기존 바닥부 용가재 용접의 단점을 보완하여 최적 공정 파라미터를 선정하였다. 마지막으로 전구 수명 시험과 내진성 평가를 실시하여 용접된 제동등의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

**Abstract** Recently regulations which make it mandatory to use the environment-friendly goods are increasing in automobiles. In this study the TIG autogenous welding process was developed by solving the problem of previous spot welding of side part and the ceramic protection jig was developed for the welding of fragile glass ball. And the optimal process parameter was selected by complementing the demerit of the previous filler material welding to fill up the bottom part. Finally the lamp aging test and earthquake resistant test was done to check the reliability of welded brake lamp.

**Key Words** : Automotive Brake Lamp, Optimal Welding Parameter, Autogenous Welding Process, Filler Material Welding, Aging Test, Reliability Test

## 1. 서론

세계적인 환경보호를 위한 목소리가 높아가고 있는 현실에서 특정제품에 사용되는 유해물질의 양을 제한하는 EU의 '유해물질 사용제한지침'과 '전기·전자제품 폐기물처리지침[1]'은 차량에 사용되는 납땜의 양까지 줄이도록 요구하고 있다. 이에 대체하기 위한 기술로서 연구되

고 있는 무연솔더는 납을 사용하지 않아 친환경적이지만 가격이 비싸고 납에 비해 접착성과 내구성이 떨어질 뿐만 아니라 녹는 점이 높아 솔더링 작업시 열에 약한 부품에 무리를 줄 수 있으므로 실용화를 위해서는 많은 개선이 이루어져야 한다[2].

그러므로 본 연구에서는 이와 같은 납땜 및 무연솔더 사용에 따른 문제점을 해결하기 위해 TIG 용접에 의한 제동등의 최적용접 공정을 개발하였다. 이전 수행연구에서는 양쪽이 동일형상인 실내등의 용접공정[3] 개발을 위해 제살 TIG 용접을 이용하였지만 본 제동등의 용접에서는 얇은 유리구 측면을 용접해야 하므로 TIG 제살용접시 보호용 세라믹 구조물을 개발하여야 하였으며 넓은 바닥부 속에 삽입된 필라멘트부를 채우기 위해서 TIG 용가재 용접법을 개발하였다.

이 논문은 2004년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음

<sup>1</sup>자동차부품연구원 소재공정연구센터

<sup>2</sup>조선대학교 항공우주공학과

<sup>3</sup>한삼기연(주)

<sup>4</sup>한국기술교육대학교 신소재공학과

<sup>5</sup>공주대학교 기계자동차공학부

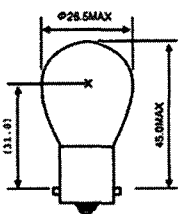
\*교신저자: 김동규(dgkim@chosun.ac.kr)

## 2. 본론

### 2.1 기존의 제동등 제작 공정

본 연구에서 공정 개선을 하고자 하는 자동차용 제동등의 사양은 표 1과 같이 12V 27W급이다. 기존의 제동등 제작 공정은 플레어 공정 → 스템 공정 → 마운트(계선) 공정 → 실링 공정 → 배기 공정 → 베이싱 공정에 의해 제작되며 베이싱 공정에서 세멘트를 충전시킨 후 도통부를 “납땀”하는 공정을 “TIG 용접”으로 대체하였다 [4,5,6].

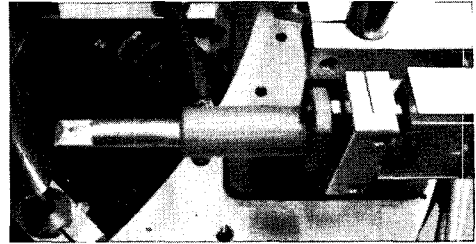
표 1. 제동등 사양

Design		
Rating	12V27W	
Voltage (V)	12.8	
Current (mA)	2,100	
Luminous Flux	(M.S.C.P)	24.0
	(Lm)	301
Average Life (Hrs)	600	
Filament Base	Shape	C-6
	Shape	BA15s

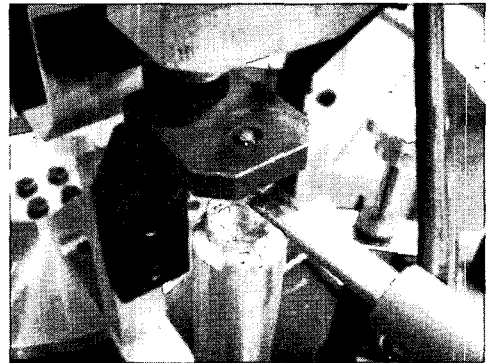
### 2.2 기존의 제동등 측면부 스폿용접 공정분석

본 연구에서는 기존 용접방법의 문제점을 파악하고 사업체에서 제공한 제동등 스폿용접[7]용 지그를 이용하여 용접을 실시하였다.

스폿용접을 위해서는 용접부에 높은 전류가 흐르게 되므로 접촉상태가 무엇보다도 중요한 파라미터가 된다. 측면 용접용 용접부는 그림 1 (a)와 같이 황동으로 제작된 것을 이용하였으며 접촉부에 가해지는 가압력은 스프링에 의해 제공된다. 그러나 공압에 의해 가해지는 압력과 스프링에 의해 제동등 측면에 가압이 될 때 납선의 상태에 따라 간극의 차이가 발생하고 그로 인해 용접결과가 불균일하게 발생하게 된다.



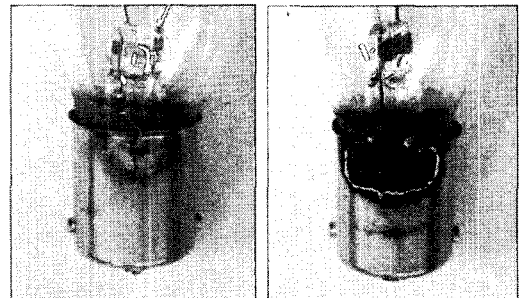
(a) 측면 스폿용접용 용접부



(b) 스폿용접 레이아웃

그림 1. 제동등 측면 스폿용접용 지그

그림 2는 스폿용접에 의한 불량형태로서 (a)의 경우 전류 130 A, 용접시간 0.3 sec를 가했을 경우 전류가 너무 낮아 용접이 되지 않은 것을 보여주고 있으며 (b)의 경우 전류 170 A, 용접시간 0.3 sec를 가하고 접촉간격이 넓어 저항이 크게 발생할 경우 스파크에 의해 용접부가 파손이 되는 현상을 보여주고 있다.



(a) 용접 안됨

(b) 용접부 파손

그림 2. 측면 스폿용접시 불량현상

그러므로 측면 용접을 위해서 스폿용접보다 안정성이 있는 TIG 용접법을 이용하였다.

### 2.3 제동등 측면부 TIG 제살용접 공정개발

제동등의 측면 용접을 위해서 스폿용접용 지그를 이용하여 TIG 제살용접 공정을 개발하였다.

TIG 용접의 + 전극은 상단에서 내려오는 지그에 의해 제동등의 베이스부에 연결되어 아크 발생시 더 많은 열량을 받을 수 있게 하였고 - 전극은 용접토치에 연결되어 아크를 발생시키고 있다. 용접토치와 제살용접될 구리선과의 간극은 1 mm를 유지하도록 하였다.

그림 3은 전구 보호용 세라믹 구조물로서 TIG 용접시 발생한 아크열이 전구에 직접 가해지므로 그을음이 발생하거나 심할 경우 전구가 깨지는 현상이 발생하여 이를 방지하기 위하여 제작되었다.

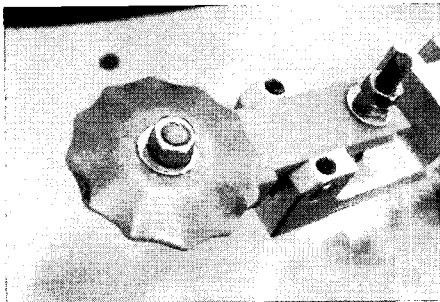


그림 3. 전구 보호용 세라믹 구조물

그림 4는 측면부 용접 공정사진으로서 제동부의 베이스부에서 1 mm 떨어진 곳에서 전구에서 약 2 mm 정도 상부의 전선에 대해 제살용접을 실시하고 녹아 말려 올라간 구리선은 베이스부의 최상단에서 접합되게 된다.

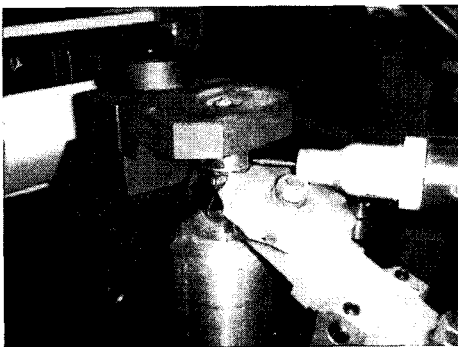
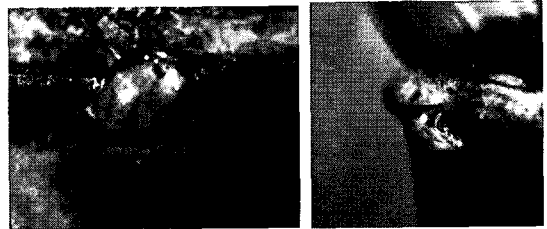


그림 4. 제동등의 측면부 용접공정

그림 5는 TIG 제살용접에 의해 구리선이 측면부 상단에 용접되어 있는 형상을 보여주고 있으며 (b)의 측면형상을 통해 알 수 있듯이 거의 베이스부를 감싸듯 용접되

어 있음을 알 수 있다.

측면부 TIG 용접이 견고하게 되었는지를 확인하기 위하여 그림 6과 같이 절단하여 필라멘트와 용접부만을 분석하였다. 분석결과 용접부가 필라멘트를 견고히 싸고 있음을 알 수 있으며 이를 통해 용접성이 좋은 상태임을 알 수 있다.



(a) 정면형상

(b) 측면형상

그림 5. 제동등 측면의 TIG 용접



그림 6. 제동등 측면 용접부 확대사진

시험에 사용된 용접 파라미터는 그림 7과 표 2와 같다.

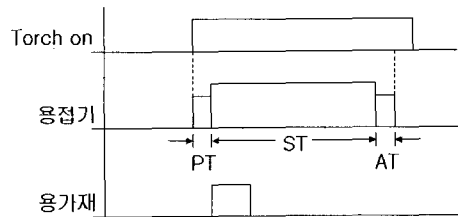


그림 7. 용접기 파라미터간의 관계

표 2. 제동등용 측면부 최적용접 파라미터

항 목	최적값
PT (Prewflow Time)	0.1 sec
AT (Afterflow Time)	0.5 sec
ST (Spot Time)	0.4 sec
BA (Base Ampere)	9 A
용접토치 간극	1 mm

### 2.4 기존 제동등 바닥부 용가재 용접 공정분석

본 연구에서는 기존의 TIG 용가재 용접법의 문제점을 파악하고자 그림 8과 같이 제동등 바닥부 용가재 용접지그를 이용하여 용접을 실시하였다.

용접지그는 전구의 바닥부 상단 5 mm 위치에 설치된 -전극과 전구의 바닥부에 직접 연결되는 +전극에 의해 아크가 발생하고 이 아크속으로 약 30° 각도로 비스듬히 장착된 황동 용가재가 들어와서 용융되어 홀을 메우게 되며 용접이 될 수 있도록 제작되었다.

그러나 실제로 실험해본 결과 다음과 같은 문제점이 발생하였다.

- 1) 전구 바닥부의 판재는 매우 박판이므로 전체 사이클 시간 내에 황동 용가재가 녹기 전에 박판이 먼저 녹게 되어 용접이 되지 않는다.
- 2) 용가재가 들어오는 각도가 매우 좁기 때문에 용가재가 투입도중 바닥부나 용접토치에 닿게 되면 쇼트가 발생하여 용접이 되지 않는다.
- 3) 바닥부가 돌출되어 있지 않아 바닥부와 +전극을 연결하는 커넥터부의 정확한 연결이 어렵다.



그림 8. 기존 제동등 바닥부 TIG 용가재 용접

그러므로 실험결과 대부분 용접이 되지 않거나 용가재가 다 용융되지 않고 바닥부에 붙어버리는 경우가 자주 발생하였다. 그리하여 이 문제를 해결하기 위하여 새로운 방식의 용가재 용접 공정을 개발하였다.

### 2.5 제동등 바닥부 용가재 용접 공정 개발

기존 용가재 용접 공정의 문제점을 해결하고자 그림 9와 같이 수평으로 발생시킨 아크 사이에 용가재를 삽입시켜 용융시킨 후 자중 또는 용가재를 바닥부에 접촉시킨 후 용접을 시키는 공정을 제안하였다.

이를 위하여 용접토치를 수평으로 이동시켰으며 +부에는 큰 열량에도 잘 용융되지 않도록 부하가 큰 황동지

그를 장착시켰다. 두 부분의 간극은 약 5.5 mm 이며 표 3과 같은 용접 파라미터를 사용하였다.

제살용접과는 다르게 용가재가 투입되므로 반복적인 용접이 가능하도록 한번 작업이 완료된 후 길이 조정 없이 바로 용가재를 사용할 수 있게 하였고 시행착오법을 용가재의 공급길이를 거쳐 7.5 mm로 설정하였다. 또한 용가재 투입시간도 PT를 조절하여 주위 분위기를 만들어 주며 AT를 조절하여 용접시간이 끝난 다음에 조금 더 머무르게 하여 충분히 용융시키도록 하였다.

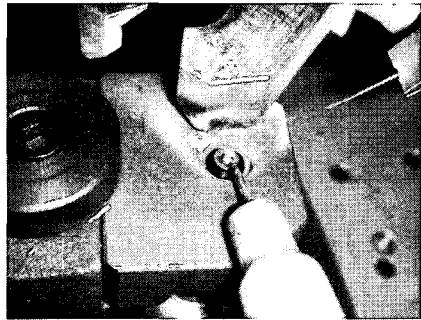


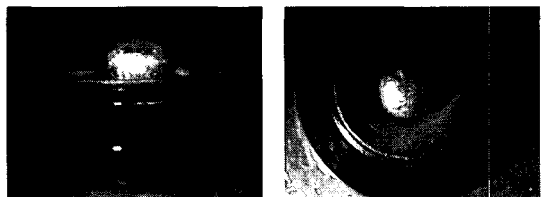
그림 9. 개선된 제동등 바닥부 TIG 용가재 용접

표 3. 제동등용 바닥부 최적 용접파라미터

항 목	최적값
PT (Preflow Time)	0.1 sec
AT (Afterflow Time)	0.5 sec
ST (Spot Time)	1.0 sec
BA (Base Ampere)	18 A
용가재 공급길이	7.5 mm

그림 10은 제동등 바닥부를 TIG 용접한 결과로서 반구모양의 용가재가 구멍을 메우고 있는 형상을 볼 수 있다.

그림 11은 제동등 바닥부의 TIG 용접 결과를 확대한 형상으로 필라멘트선을 용가재가 완전히 감싸고 있는 형태를 볼 수 있으며 매우 견고하게 용접되어 있음을 알 수 있다.



(a) Side View

(b) Top View

그림 10. 제동등 바닥부 TIG 용접 결과



그림 11. 제동등 바닥부 TIG 용접 확대 사진

### 3. 전구 성능 시험평가

#### 3.1 전구 수명 시험평가

용접된 전구의 수명을 측정하기 위해서 그림 12와 같이 수명 시험 장치를 제작하였다.

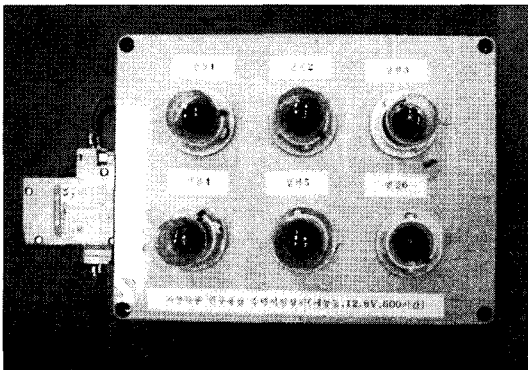


그림 12. 전구 수명 시험 장치

시험은 KS C 7502[8] 4.4절에 의해 시험전압 12.8 V, 수명시간 600 h, 평균시간 480 h, 개별시간 330 h 이상을 점등시켜서 필라멘트가 절단될 때까지의 점등시간을 측정하였다. 수명의 합격 조건은 평균의 값이 정격 수명의 80% 이상, 개개의 값이 55% 이상이어야 한다.

전원공급장치는 0.1V 단위로 전압을 조절할 수 있는 장치를 이용하였고 시험결과 평균수명이 615.8 h로 평균 시간 480 h를 초과 달성하였으며 개별시간도 330 h 이상으로 모든 시험이 다 합격하였다.

표 4. 전구 수명 시험 결과

	시험1	시험2	시험3	시험4	시험5
시간	643	627	557	651	601
평균	615.8	비고	모두 합격		

#### 3.2 전구 내진성 시험평가

용접된 전구의 내진성을 측정하기 위해서 시험 규격은 KS C 7502 4.5절을 참조하여 표 5와 같이 정리하였다. 내진성 시험은 전구를 그림 13에 나타난 진동 시험기에 부착하고 시험 전압으로 점등시켜 KS R 1034[9]의 5.3(1)에 규정된 시험을 전구 분류에 적합하도록 하게 된다. 내진성에 대해서 불합격품의 갯수가 1개인 경우는 다시 5개를 발취하여 검사를 하고, 불합격품의 갯수가 1개도 없을 경우에는 합격으로 한다.

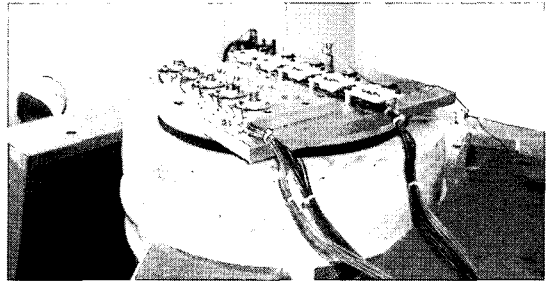


그림 13. 진동시험 장비

진동시험은 점등한 상태에서 주파수 33 Hz, 가속도 7G의 값으로 상하 4시간, 전후 2시간, 좌우 2시간을 실시하였고 제동등 5개가 모두 합격을 받아 전구용접이 잘 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

표 5. 진동시험 사양

항 목	수치	
진동수(Hz)	33	
진동가속도(G)	7	
시험시간(h)	상하	4
	좌우	2
	전후	2
시험 전압(V)	제동등	12.8

## 4. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기존의 제동등 제작공정을 분석하여 납땜을 용접공정으로 대체할 수 있음을 알 수 있었다.
2. 제동등의 측면부 최적용접 공정개발을 통해 기존 스폿용접에 의한 용접공정의 문제점을 파악하였고 용접시간 0.4 sec, 용접전류 9 A, 용접토치 간극 1 mm의 TIG 제살용접 파라미터를 선정하였다.
3. 제동등의 측면부 유리구의 TIG 용접시 파손을 방지하고자 전구보호용 세라믹 구조물을 개발하였으며 시험결과 충분한 효과를 발휘함을 확인하였다.
4. 제동등의 바닥부 용가재 용접 공정개발을 통해 기존 공정의 문제점을 파악하였고 공정개선을 통해 용접시간 1.0 sec, 용접전류 18 A, 용가재 공급길이 7.5 mm, 용접지그 간극 5.5 mm의 파라미터를 선정하였다.
5. 시제품의 수명시험을 통해 용접된 제동등이 KS C 7502에 따른 평균적인 수명을 훨씬 능가하는 신뢰성을 보임을 확인할 수 있었다.
6. 시제품의 KS R 1034 (주파수 33 Hz, 가속도 7G, 상하 4 hr, 전후 2 hr, 좌우 2 hr) 내진성시험 결과 제동등 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 표면실장 기술, pp. 41-48, 2002.
- [3] 한창수 외 4명, "자동차용 실내등의 TIG 용접기술에 관한 연구", 한국산학기술학회논문지, 제7권 제4호, pp.23-26, 2006.
- [4] 이진희 편저, 용접기술실무, 21세기사, 2005.
- [5] 이철구 지음, 용접공학, 청문각, 2004.
- [6] 박종우 저, 정밀용접공학, 일진사, 2005.
- [7] 김덕중 외 5명, "ESPI법에 의한 스폿 용접부의 비파괴적 응력측정 기술", 한국산학기술학회논문지, 1229-8832, 제1권1호, pp.23-26, 2000.
- [8] KS C 7502, 자동차용 전구, 1985. 12. 24
- [9] KS R 1034, 자동차 부품 진동 시험 방법, 1970. 2. 13

## 한 창 수(Chang-Su Hahn)

[정회원]

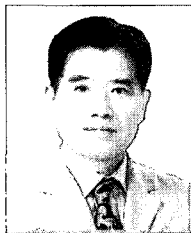


- 1989년 2월 : 한양대학교 기계공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 한양대학교 정밀기계공학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 한양대학교 정밀기계공학과(공학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 자동차부품연구원 소재공정연구센터 선임연구원

<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(Hyung-Ki Cho)

[정회원]

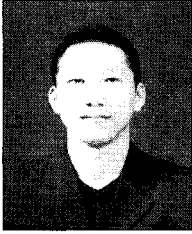


- 1976년 2월 : 부산대학교 전기기계공학과 (공학사)
- 1976년 3월 ~ 1989년 11월 : 대한전선(주) 기술연구소 (대리)
- 1989년 12월 ~ 1998년 3월 : LS산전(주) 천안공장 (차장)
- 1998년 12월 ~ 현재 : 한삼기연(주) 대표이사

<관심분야>  
전구용접, 전원장치, 특수용접

**김진평(Jin-Pyeong Kim)**

[정회원]



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

<관심분야>

전구용접, 차량경량화, 잔류응력

**박호(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, 자동차새시, 동역학 및 제어