

ICCB Power Plug 내 온도센서 온도 측정 정확성 향상을 위한 고정부품 설계 인자 분석

이현승¹, 전의식^{2*}, 김영신³

¹공주대학교 기전공학과, ²공주대학교 미래융합공학, ³공주대학교 생산기술연구소

Analysis of Thermistor Fixture Design Parameter for ICCB Power Plug to Improve the Temperature Accuracy

Hyun-Seung Lee¹, Euy-Sik Jeon^{2*}, Young-Shin Kim³

¹Department of Mechanical and Electrical Engineering Graduate School of Kongju National Univ.

²Department of Future Convergence Engineering, Kongju National Univ.

³Industrial Technology Research Institute, Kongju National Univ.

요약 전기자동차 완속 충전에 사용되는 In Cable Control Box(ICCB) Power Plug의 과열 방지를 위한 온도센서의 온도 측정 정확성 향상에 관한 연구를 수행하였다. 과열 방지용 온도센서는 ICCB Power Plug 내측에 장착되어 전기자동차 충전 중 Plug Pin에서 발생하는 열을 실시간으로 측정하고 측정된 온도값을 저항값으로 변환하여 ICCB 모듈로 전달한다. 측정된 온도에 대응하는 저항값을 전달받은 ICCB 모듈에서는 화재 방지를 위해 일정온도에서 전원 공급을 차단하여 차량을 화재로부터 안전하게 보호하는 역할을 수행한다. 온도센서 사양이나 ICCB Power Plug 내측에 온도센서를 조립하는 방식으로 인해 온도 측정값의 편차가 발생되고 있다. 본 논문에서는 온도측정 정확성 향상을 위해 Power Plug 내측에 온도센서가 고정되는 방식을 3가지로 구분하고 이에 따른 온도 측정 정확성 정도를 확인하였다. 선행된 실험 결과 중 최상의 온도센서 고정방식, 온도센서 고정부품에 적용하는 혼합원재료 3종 그리고 온도센서 고정 부품의 설계 Parameter 6종을 조합하였다. 총 18종류의 온도센서 고정부품을 제작하여 종류별 정확성 평가를 수행하였다. 연구 수행 결과, Al₂O₃ 함량 및 온도 센서 고정부품의 두께는 온도 정확성에 영향을 미치나 온도센서 고정위치에 따른 정확성의 영향은 유의하지 않음을 확인할 수 있었다. 본 연구는 고신뢰도 ICCB Power Plug 양산 개발을 위한 자료로 기초 연구자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract This article describes the results of a study on improving the temperature measurement accuracy of a thermistor used for overheat prevention in an ICCB power plug of electric vehicles charging. The thermistor for overheat prevention is installed inside the ICCB power plug to measure the plug pin temperature while charging the electric vehicle, convert the measured temperature into resistance, and deliver it to the ICCB module. The ICCB module that receives the resistance value shuts off the power supply at a specific temperature to prevent a fire. However, due to the thermistor assembly method inside the power plug, there is a deviation in the measured temperature. To improve the temperature measurement accuracy, the thermistor fixing inside the power plug was divided into three types, and the temperature measurement accuracy was checked for each type. The best thermistor fixing method was found, and 18 types of temperature sensor fixture parts were manufactured based on the previous experimental results, and a conformity evaluation was performed for each type. As a result, it was confirmed that the Al₂O₃ content and the fixture part thickness affect the temperature accuracy. This study is expected to be a reference for mass production of high-reliability ICCB Power Plug.

Keywords : Aluminium-Oxide, ICCB, Power Plug, Temperature, Thermistor

*Corresponding Author : Euy-Sik Jeon(Kongju Univ.)

email: osjun@kongju.ac.kr

Received July 20, 2021

Accepted November 5, 2021

Revised August 25, 2021

Published November 30, 2021

1. 서론

세계적으로 자동차 산업은 1가구 1자동차 시대를 지나 1가구 2자동차 시대에 돌입하여 생산수량이 지속적으로 증가하고 있다.

산업 트렌드에 맞춰 완성차 업체는 자체적인 전기자동차 플랫폼을 구축하여 친환경 전기자동차를 양산하고 있으며 Bloomberg New Energy Finance에 따르면 현재 전체 완성차 판매량의 3% 비중을 차지는 전기자동차는 2040년 완성차 총 예상 판매량 1,200만대 중 54%를 점유하며 기존 내연기관 자동차 판매량을 앞지를 것으로 예상된다[1,2].

이와 같이 전기자동차 생산 증가는 현재 세계적 트렌드로 자리 매김하였으나 충전 시스템 인프라의 부족은 전기자동차 보급에 저해요소로 작용되고 있다. 자동차 업체는 고전압 고속 충전 시스템을 대신할 수 있는 가정용 완속 충전 시스템 (ICCB, In Cable Control Box)의 개발/보급을 통한 장애요소 극복을 꾀하고 있다. 전원 공급을 위한 Power Plug는 일반 가전제품용 Power Plug와 동일하게 생겼으며 일반용은 사용 중 화재 방지를 위한 연구가 진행되고 있다[3]. 다만 ICCB를 통한 충전 과정에서 발생하는 열에 의한 발화를 방지를 위한 충전용 Power Plug는 온도센서가 내장되어 있으나 실제 발생하는 발열온도와 측정온도가 일치하지 않는 한계에 봉착해 있다.

온도센서를 활용한 온도 측정 또는 온도 측정 결과 오류 분석에 대한 연구는 과거에도 이뤄졌으나 온도센서를 ICCB Power Plug에 적용하여 그 적합성을 평가한 연구 결과는 찾아볼 수 없었다[4-6].

본 논문에서는 ICCB로 전기자동차 충전 시 발생하는 열을 감지하는 온도센서의 적합성을 향상시키기 위해 실험에 사용되는 온도센서를 선정하였고 온도센서가 고정되는 방식을 센서와 와이어 동선이 직접 접촉되는 타입, 센서와 플러그가 접촉되는 타입 그리고 열전도 패드로 Plug Pin을 감싸고 열전도 패드 사이에 센서를 꼽아 넣는 타입, 총 3타입으로 구분하여 최적의 온도센서 고정방식으로 열전도 패드 사용 방식을 선정하였다. 선정된 온도센서 고정방식에 사용되는 열전도 패드는 실제 양산성을 고려하여 사출이 가능한 소재로 적용 검토하였으며 발생하는 열의 전도를 위해 Al₂O₃를 단계별로 투입하여 실험한 연구 결과를 참고하였다[7]. Al₂O₃는 10%, 30%, 60%로 투입하여 투입 비율별 열전도 효과를 확인하였다. 또한 온도센서 고정 위치는 3가지 위치로 하여 고정 위

치별 열전도 효과도 확인하였다. 온도측정 평가는 현실적이고 직관적인 방법을 제시하여 적합성이 높은 센서 고정 방식을 연구하여 양산제품의 고신뢰도를 확보할 수 있는 연구를 진행하였다[8-10].

2. 본론

2.1 온도센서 사양 선정 평가 방법

본 연구에 사용하는 온도센서는 현재 양산 중인 ICCB Power Plug에 적용되는 온도센서와 유사한 성능을 갖고 있으며 취급이 용이한 온도센서 3종을 후보군으로 골라 온도측정 평가를 통해 그 결과값이 양산 적용 온도센서와 유사한 제품으로 선정하였다.

Table 1은 현재 양산에 적용된 온도센서와 본 연구에 사용된 온도센서이다.

Table 1. Thermistor candidate group

Category	Thermistor Shape	R ₂₅ (Ω)
Current Applied Thermistor		3.0
Candidate Thermistor #1		3.0
Candidate Thermistor #2		2.7
Candidate Thermistor #3		3.3

온도센서 고정부품의 온도 적합성 관련 설계 인자 분석은 Fig. 1과 같이 3단계로 온도센서 사양 선정, 온도센서 고정방식 선정, 온도센서 고정부품의 설계 인자별 온도 적합성 평가순으로 진행하였고 어떤 설계 인자가 온도 적합성에 영향이 있는지 확인하였다.

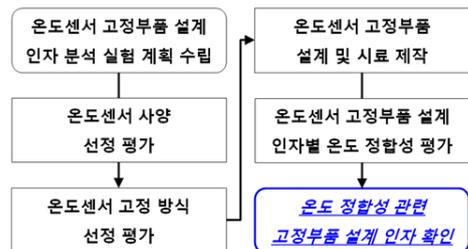


Fig. 1. Experiment plan for fixture design parameter

온도 정확성 평가 실험 장비는 Fig. 2와 같이 안착된 플러그 샘플에 가한 열과 Plug Pin으로부터 전도된 열을 내장된 온도센서가 측정하여 입력값과 출력값을 비교, 분석할 수 있는 단순한 구조로 구상하였다. 히터를 통하여 안착된 플러그 샘플에 열을 가할 수 있는 플러그 안착지그, 안착지그에 열을 조절하고 안착지그에 장착된 플러그 인서트 핀의 상승 온도를 측정할 수 있는 온도 조절 지시계, 온도센서에서 측정된 저항값을 실시간 계측이 가능한 저항 미터로 실험 장비를 구성하였다. 그리고 안착지그에 가하는 열, 플러그 인서트 핀 상승온도, 온도센서로부터 측정되는 저항값을 실시간으로 비교하고 그 실험 결과를 적용된 온도 센서의 이론 온도별 저항값과 비교하여 차이를 비교, 분석할 수 있는 전용 프로그램으로 구성하였다.

온도 정확성에 대한 고정부품 설계 인자 유효 여부는 설계 인자별 고정부품에 대한 시험 결과 비교 시 측정된 저항값의 차이가 뚜렷한 경우 해당 설계 인자는 온도 정확성에 영향을 미친다고 판단하였다.

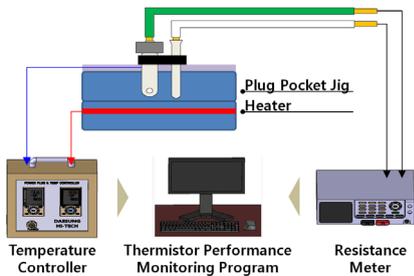


Fig. 2. Thermistor temperature measurement test equipment

2.2 온도센서 고정 방식 결정

온도 센서 고정은 Fig. 3과 같이 구분하였다. 첫째, 와이어 피복을 벗겨 동선에 접촉. 둘째, Plug Pin에 온도센서 접촉. 셋째, 열전도 패드를 Plug Pin에 감싼 뒤 열전도 패드 중간에 홈을 뚫어 온도센서를 고정하는 방식을 선정하였다.

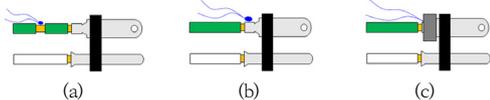


Fig. 3. Thermistor assembly type
 (a) Thermistor head on copper wire
 (b) Thermistor head on plug pin
 (c) Thermistor head into thermal pad

온도 측정 방법은 온도센서 사양 결정 평가와 동일한 방법으로 진행하였다.

2.3 온도센서 고정부품 설계

온도센서 고정용 부품의 소재는 부품의 대량 생산을 고려하여 사출공법이 적용 가능하고 사출 시 성형성이 우수한 PA6를 소재로 하였다. 그리고 열전도를 위한 보강재로는 열전도를 위해 Al₂O₃를 혼합하였다.

혼합소재는 Table 2와 같이 열전도 소재인 알루미늄을 혼합소재 전체량의 10%, 30%, 60%로 구분하여 투입, 총 3타입으로 준비하였다.

Table 2. Compound mixing ratio

Category		Unit	Al ₂ O ₃	PA6	Total
Compound	Type #1	%	10	90	100
	Type #2	%	30	70	100
	Type #3	%	60	40	100

온도센서 고정 부품은 Fig. 4와 같이 사출이 가능한 구조로 설계하였다. 부품 중심에는 센서를 꼽아 넣을 수 있는 홈과 홈 양쪽으로는 Plug Pin에 조립할 수 있는 슬롯을 적용하여 설계하였다.

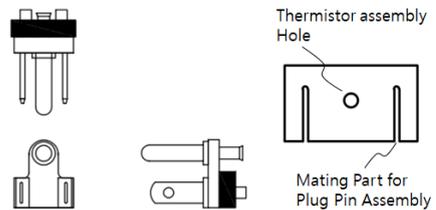


Fig. 4. Fixture structure for thermistor assembly

Fig. 5는 온도센서 고정부품의 개략도이며 Table 3은 각각의 치수이다. 부품두께 2중, 온도센서 조립 홈 위치 3중을 조합하여 6가지로 설정하였다.

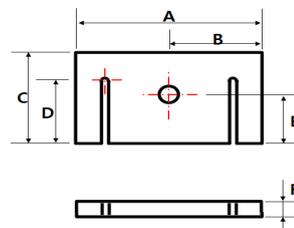


Fig. 5. Schematic diagram of Fixture

Table 3. Thermistor assembly fixture dimension parameter

Symbol	Unit	Dimension
A	mm	19.4
B	mm	9.7
C	mm	11.0
D	mm	8.0
E	mm	3.93/5.93/7.93
F	mm	1.2/2.5

3. 평가 결과 분석

3.1 온도센서 사양 선정 평가

온도센서 사양 선정 평가를 통하여 ICCB 제어 구간인 90°C에서의 양산 ICCB Power Plug에 적용되는 온도센서의 성능을 기준 저항값으로 하고 선정 후보 온도센서별 측정 결과를 Fig. 6에 비교하였다.

측정된 저항값은 온도센서 #1, #2, #3순으로 기준 저항값에 가장 가까운 것으로 측정되었다.

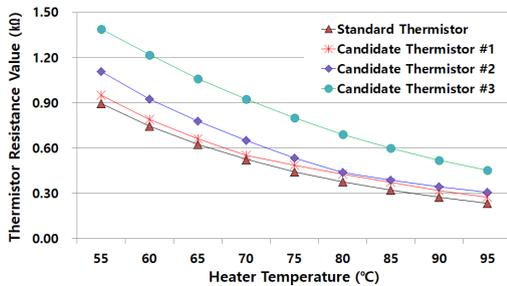


Fig. 6. Comparison thermistor performance

본 연구의 최종 목표는 실제 발열 온도와 온도센서의 측정값의 정합성 향상을 위한 고정부품 설계인자 분석이기 때문에 90°C에서의 저항값 차이가 가장 작은 온도센서 #1로 사양 선정하였다. 선정된 온도센서 #1의 사양은 Table 4와 같고 온도별 저항값 성능은 Table 5에 나타내었다.

Table 4. Candidate thermistor #1 specification

General technical date	Symbol	Unit	Value
Climate category (IEC60068-1)	-	-	55 / 155 / 56
Resistance tolerance	$\Delta RR/RR$	%	$\pm 1, \pm 3, \pm 5$
Dissipation factor (in air)	δ_{th}	mW/K	1.2 / 3.2
Thermal cooling time constant (in air)	Tc	s	15 / 12
Heat capacity	Cth	mJ/K	22.5 / 38.4

Table 5. Candidate thermistor resistance performance data

Temperature (°C)	Resistance Value (kΩ)	Temperature (°C)	Resistance Value (kΩ)
-55	288.900	50	1.081
-50	201.030	55	0.896
-45	141.510	60	0.746
-40	100.950	65	0.625
-35	72.780	70	0.526
-30	53.100	75	0.444
-25	39.120	80	0.377
-20	29.121	85	0.322
-15	21.879	90	0.275
-10	16.599	95	0.237
-5	12.696	100	0.204
0	9.795	105	0.177
5	7.617	110	0.153
10	5.970	115	0.134
15	4.713	120	0.117
20	3.747	125	0.103
25	3.000	130	0.090
30	2.417	135	0.080
35	1.959	140	0.070
40	1.598	145	0.062
45	1.311	150	0.056

3.2 온도센서 고정 컨셉

온도센서를 Power Plug 내부에 위치하는 고정 컨셉을 결정하는 실험에 대한 결과이다. 2장에서 서술한 바와 같이 온도센서를 제품에 고정시키는 방법을 3가지로 하여 온도센서 사양 선정 평가 방식과 동일한 방법으로 평가하였다.

온도센서 고정 컨셉별 평가 결과는 조립 컨셉 #2의 측정 저항값 차이가 가장 작고 조립 컨셉 #1의 저항값 차이가 가장 큰 것으로 측정되었다.

Fig. 7는 온도센서 고정 컨셉별 측정 결과를 비교한 그래프이다.

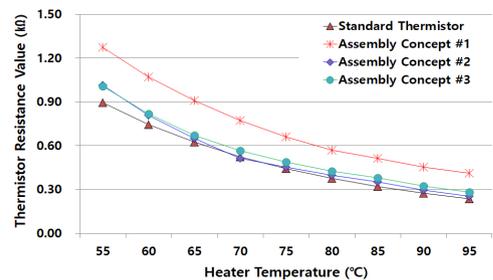


Fig. 7. Comparison resistance value with thermistor assembled status

다만, 온도센서를 Plug Pin에 직접 부착하는 고정방식 #2의 저항 측정값이 기준 저항값에 가장 근사하였으나 온도 센서의 절연 파괴 시, 합선 위험이 예상되어 센서 고정 컨셉 결정 대상에서 제외하였고 이를 사유로 차선인 열전달 소재로 온도센서가 고정되는 고정방식 #3을 온도센서 고정 방식으로 채택하였다.

Table 6은 90℃ 기준, 저항 측정 비교 표이다.

Table 6. Comparison resistance value @ 90℃

Division	Type #1	Type #2	Type #3
Assembly Concept			
① Standard R Value(kΩ)	0.275	0.275	0.275
② Measured R Value(kΩ)	0.453	0.298	0.324
Δ Resistance Value(②-①, kΩ)	0.178	0.023	0.049

3.3 온도센서 고정부품 설계 인자별 평가

3.2항에서 결정된 온도센서 고정방식을 바탕으로 열전달 소재 배합비 3종, 고정부품 2종이 조합된 고정 부품 6종으로 온도 정확성 평가를 진행하였다.

Fig. 8은 Al₂O₃ 10% 함유, 두께 1.2t의 부품의 실험 결과이다. 센서 고정 위치별 저항값 차이는 큰 차이는 없었고 기준 저항값과의 차이는 최대 0.933kΩ로 관찰되었다.

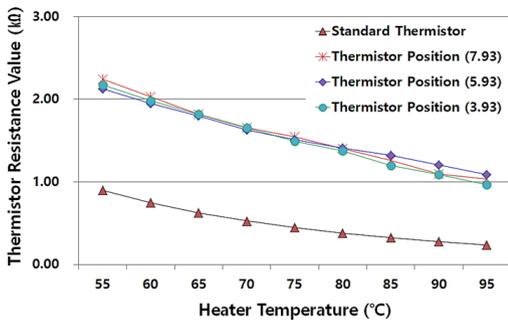


Fig. 8. Comparison resistance value with Al₂O₃ 10%, component thickness 1.2t

Fig. 9는 Al₂O₃ 30% 함유, 두께 1.2t의 부품 실험 결과이다. 센서 고정 위치별 저항값 차이는 큰 차이는 없었으나 Al₂O₃ 10% 부품 실험 결과와 비교 시 Al₂O₃ 함유량 증가에 따라 측정 저항값이 낮아지는 효과를 확인하였다. 기준 저항값과의 차이는 최대 0.428kΩ로 관찰되었다.

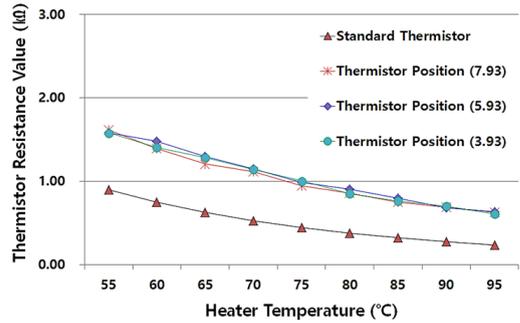


Fig. 9. Comparison resistance value with Al₂O₃ 30%, component thickness 1.2t

Fig. 10은 Al₂O₃ 60% 함유, 두께 1.2t의 부품을 활용한 실험 결과이다. 센서 고정 위치별 저항값 차이는 큰 차이를 보이지 않았으며 Al₂O₃ 30% 함유된 실험 결과와 비교 시 Al₂O₃ 함유량 증가에 따라 측정 저항값이 낮아지는 효과는 확인할 수 없었다. 기준 저항값과의 차이는 최대 0.444kΩ로 관찰되었다.

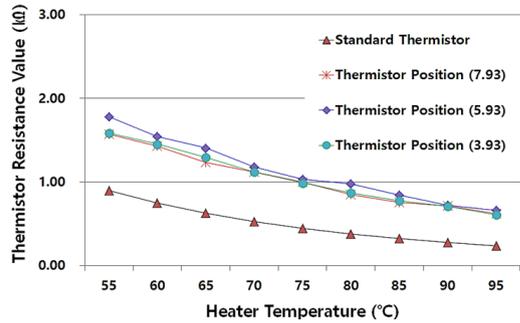


Fig. 10. Comparison resistance value with Al₂O₃ 60%, component thickness 1.2t

Table 7. Comparison resistance value @ 90℃ accordance with Al₂O₃ mixing ratio

Al ₂ O ₃ mixing ratio	Standard Value	Thermistor Position (mm)		
		7.93	5.93	3.93
10%	0.275	1.095	1.208	1.089
30%	0.275	0.690	0.682	0.703
60%	0.275	0.715	0.719	0.705

Table 7은 고정부품 1.2t 적용 Al₂O₃ 함유량별 플러그 인서트 가열 시 측정 저항값 결과이다. 10%에서 30%로 함유량을 증대했을 때 저항값은 기준 저항값의 439%에서 248%로 정확성 향상에 기여했으나, 함유량을 30%

에서 60%로 증대했을 때 기준 저항값 대비 측정 저항값은 248%에서 261%로 큰 변화가 없는 것으로 보아 Al₂O₃ 30% 함유 시 열전도 효과는 임계치에 도달한 것으로 판단된다.

Fig. 11과 같이 Al₂O₃ 함유량별 고정부품 1.2t의 측정 저항값 결과를 도식화하였다.

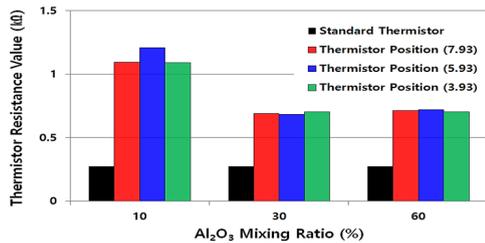


Fig. 11. Comparison resistance value accordance with Al₂O₃ mixing ratio

Fig. 12는 Al₂O₃ 10% 함유되고 두께 2.5t가 적용된 부품을 활용한 실험 결과이다. 센서 고정 위치별 저항값 차이는 큰 차이를 보이지 않았으며 기준 저항값과의 차이는 최대 0.520kΩ로 확인되었다. Al₂O₃ 함유량이 10%로 동일한 배합원재료가 적용되었으나 부품 두께가 다른 1.2t와 2.5t의 실험 결과를 비교하였다. 측정 저항값은 부품두께 2.5t가 부품두께 1.2t보다 낮은 것으로 확인되었다.

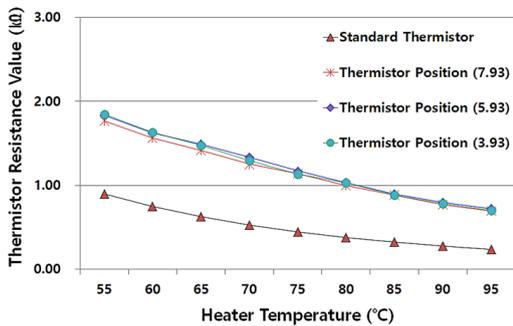


Fig. 12. Comparison resistance value with Al₂O₃ 10%, component thickness 2.5t

Fig. 13은 Al₂O₃ 30% 함유, 두께 2.5t의 부품을 활용한 실험 결과이다. 센서 고정 위치별 저항값 차이는 큰 차이를 보이지 않았으나 Al₂O₃ 10% 함유된 실험 결과와 비교 시 Al₂O₃ 함유량 증가에 따라 측정 저항값이 낮아지는 효과를 확인하였다. 기준 저항값과의 차이는 최대 0.336kΩ로 관찰되었다.

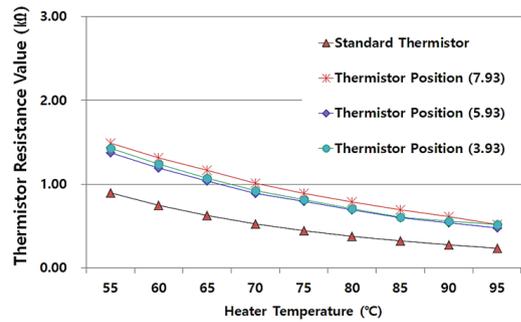


Fig. 13. Comparison resistance value with Al₂O₃ 30%, component thickness 2.5t

Fig. 14는 Al₂O₃ 60% 함유, 두께 2.5t의 부품을 활용한 실험 결과이다. 센서 고정 위치별 저항값 차이는 큰 차이를 보이지 않았으며 Al₂O₃ 30% 함유된 실험 결과와 비교 시 Al₂O₃ 함유량 증가에 따라 측정 저항값이 낮아지는 효과는 확인할 수 없었다. 기준 저항값과의 차이는 최대 0.244kΩ로 관찰되었다.

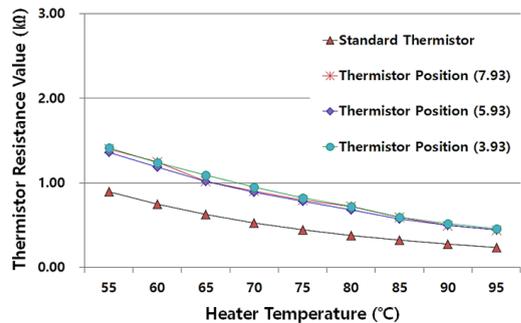


Fig. 14. Comparison resistance value with Al₂O₃ 60%, component thickness 2.5t

Table 8. Comparison resistance value @ 90°C accordance with Al₂O₃ mixing ratio

Al ₂ O ₃ mixing ratio	Standard Value	Thermistor Position (mm)		
		7.93	5.93	3.93
10%	0.275	0.769	0.795	0.779
30%	0.275	0.611	0.536	0.556
60%	0.275	0.495	0.497	0.519

Table 8은 고정부품 2.5t, Al₂O₃ 함유량별 플러그 인서트 가열 시 측정 저항값 결과이다. 10%에서 30%로 함유량을 증대했을 때 저항값은 기준 저항값의 289%에서 195%로 정합성 향상에 기여했으나, 함유량을 30%에서 60%로 증대했을 때 기준 저항값 대비 측정 저항값은

195%에서 181%로 큰 변화가 없는 것으로 보아 고정부품 2.5t 실험결과도 Al₂O₃ 30% 함유 시 열전도 효과는 임계치에 도달한 것으로 판단된다.

Fig. 15와 같이 Al₂O₃ 함유량별 고정부품 2.5t의 측정 저항값 결과를 도식화하였다.

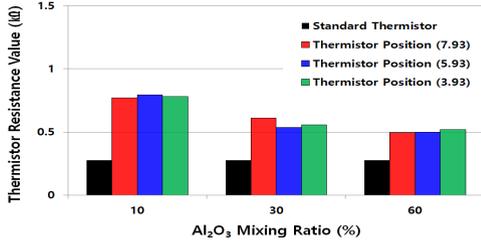


Fig. 15. Comparison resistance value accordance with Al₂O₃ mixing ratio

3.4 온도측정 정합성 평가 통계적 분석

온도측정 정합성에 영향을 미치는 인자 분석을 위해 분산분석을 수행하였다. Table 9는 분산분석 결과를 나타낸 것이다.

Table 9. Analysis of variance (ANOVA)

Source	DF ¹⁾	Adj SS ²⁾	Adj MS ³⁾	F-Value ⁴⁾	p-Value ⁵⁾
Model	13	3.01735	0.232104	23.49	0
linear	7	2.49324	0.356177	36.04	0
Temp.	2	1.08382	0.541909	54.84	0
Posi.	2	0.01252	0.00626	0.63	0.54
Ratio.	2	0.82915	0.414577	41.95	0
Thick.	1	0.56775	0.567748	57.45	0
2-Way interactions	6	0.52411	0.087351	8.84	0
Temp.*Ratio.	4	0.45315	0.113288	11.46	0
Ratio.*Thick.	2	0.07095	0.035477	3.59	0.04
Error	40	0.39529	0.009882		
Total	53	3.41263			

1)DF : Degree of freedom; 2)AdjSS : Sum of squares; 3)AdjMS : Mean of square; 4)F-Value : MSTR/MSE; 5)p-Value : The criterion for determining the significance level and the reference value is less than 0.05.

통계적 분석을 위해 온도 정합성은 기준 저항값과 측정 저항값의 차이를 특성치로 설정하여 분석하였다. 정합성에 영향을 미치는 인자는 온도, Al₂O₃ 함량 및 온도 센서 고정부품의 두께임을 알 수 있다. 또한 고정위치에 따른 정합성의 영향은 유의하지 않음을 확인할 수 있다. 또한 온도와 다른 인자들 간의 교호작용이 발생함을 알 수

있다. 모형의 R² 값은 88.42%이며 수정된 R² 값은 84.65%의 신뢰도를 보인다. 실험 결과값의 잔차도를 Fig. 16에 나타내었다. 정규확률도는 점들이 일직선으로 보이며 정규분포를 보임을 알 수 있고 히스토그램의 경우 정규분포를 보이며 보이므로 모형의 정규성을 확인할 수 있다. 잔차 대 적합치의 경우 다른 특이경향이 없으며 잔차 대 데이터 순서 그림에서도 특이 경향이 없어 잔차들의 독립성을 확인할 수 있으며 실험이 랜덤하게 수행되었음을 확인할 수 있다.

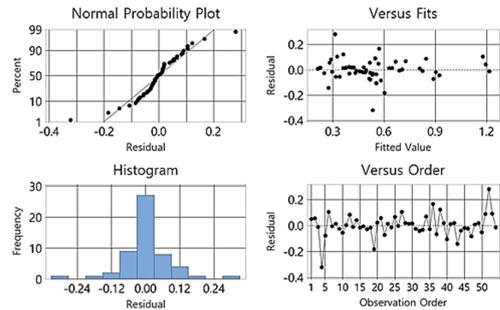


Fig. 16. Residual plots for resistance

주효과도 분석결과 온도 증가에 따라 정합성의 편차가 증가했다 감소하는 것을 확인할 수 있으며 Al₂O₃ 함량에 따른 영향은 30%와 60%에서는 큰 차이를 보이지 않으나 10% 함량의 경우 편차가 많이 발생함을 확인할 수 있다. 또한 두께가 두꺼울수록 정합도가 높음을 확인할 수 있다. Fig. 17은 정합성에 대한 주효과도를 나타낸 것이다.

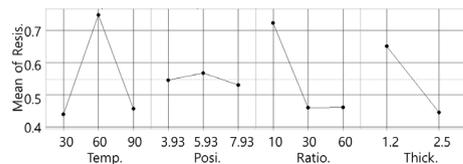


Fig. 17. Main effect plot

3. 결론

본 논문에서는 ICCB Power Plug 적용 온도센서의 온도 측정 정합성 향상을 위해 센서 고정방식과 고정부품을 설계하였다.

Plug 내 온도 측정을 위해 3종의 센서를 적용하여 온도를 측정하고 정합성이 높은 센서를 선정하였다. 선정된 센서를 이용하여 3가지 타입의 센서 고정 방식을 비교분

석하여 온도센서 고정부품을 적용한 고정방식이 가장 안전하고 효과적임을 확인하였다.

온도 측정 정합성 향상을 위해 고정부품의 설계변수를 소재의 Al₂O₃ 함량, 두께, 센서홀 위치 따른 온도를 측정하여 통계적 분석을 통해 어느 설계 인자가 영향을 미치는지 아래와 같이 확인하였다.

1. 고정부품 적용 Al₂O₃ 함량은 10%, 30%, 60%로 단계적으로 변화를 주었을 때 10%에서 30%로 함유량을 증대하였을 때 측정온도 90℃ 기준, 측정 저항값은 기준 저항값의 439%에서 248%로 정합성 향상에 영향을 미치지 않지만 함유량을 30%에서 60%로 증대 시, 큰 영향은 없는 것으로 관찰되었다.

2. 고정부품의 두께 변화에 따라 측정된 저항값은 두께가 두꺼울수록 온도 정합성이 1.5배정도 향상되는 것으로 보이지만 고가의 Al₂O₃은 2배 이상 투입되어 경제성은 떨어지는 것으로 판단된다.

3. 온도센서의 고정 홀 위치는 동일 시험군의 측정 저항값 비교 시, 온도 정합성에 영향을 미치는 인자는 아닌 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 ICCB Power Plug 내부 온도 측정 정합도를 향상시킬 수 있는 제품 개발 방향 설정에 도움이 되길 기대한다.

References

- [1] S. J. Lee, S. E. Son, M. H. Park, "A Study on the Prediction and Effect Analysis of EV Motorization in the Republic of Korea", *Innovation Study* Vol. 12, No. 3, pp.117-133, Aug. 2017.
- [2] P. S. Woo, S. K. Cho, H. S. Lim, K. M. Song, B. M. Seo, "Trend Analysis on Domestic and International Standards of Electric Vehicle Charging System", *Proceedings of the Korean Society of Electrical Engineers Conference*, The Korean Institute of Electrical Engineers, Jeju Province, KOR, pp.239-241, Oct 2020.
- [3] S. A. Park, Y. S. Kang, C. Y. Jung, Y. S. Kim, S. H. Kim, "Development of Korean power cord plug of improved electric stability to strengthen Korean Standard", *Proceedings of the conference of the Korean Society of Manufacturing and Manufacturing*, The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Jeju Province, KOR, pp. 60-60, Nov 2016.
- [4] S. W. Noh, D. W. Sung, S. K. Kim, "Temperature Measurement and Error Analysis Using Thermocouple", *Proceedings of the conference of the Korean Society of Manufacturing and Manufacturing*,

The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Seoul, KOR, pp.118-118, Oct 2018.

- [5] Y. K. Lee, D. Y. Kim, K. H. Kwon, S. U. Choi, Y. J. Won, "Overview and Sensing Methods for Thermistor", *Abstract of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences Conference*, The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, pp.892-895, Apr 2006.
- [6] K. Uh, C. S. Kim, S. M. Shin, "NTC Thermistor Characteristics and application", *The Magazine of the IEEE*, Vol. 21, No. 8, pp.783-793, Aug. 1994.
- [7] D. H. Jung, D. E. Lim, S. J. Lee, Y. H. Ko, J. K. Kim, "Effect of Fine Alumina Filler Addition on the Thermal Conductivity of Non-conductive Paste (NCP) for Multi Flip Chip Bonding", *The Magazine of Microelectronics and Packaging*, Vol. 24, No. 2, pp.11-15, May. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.6117/kmeps.2017.24.2.011>
- [8] M. H. Oh, Y. S. Yoon, H. J. Choi, J. T. Kim, "Effect of Thermally Conductive Materials on Heat Dissipation Evolved from Wireless Charging System", *Korea Society of Automotive Engineers Fall Conference*, The Korean Society Of Automotive Engineers, Gyeonggi Province, pp.1.123-1.124, Nov 2014.
- [9] J. H. Hong, S. E. Shim, "Trends in Development of Thermally Conductive Polymer Composites", *Applied chemistry for engineering v.21 no.2*, 2010, Vol. 21, No. 2, April 2010, 115-128, (14 pages)
- [10] J. K. Kim, W. Nakayama, S. K. Lee, "Characterization of a Thermal Interface Material with Heat Spreader", *Spring and Autumn Conference of the Korean Society of Mechanical Engineers*, The Korean Society of Mechanical Engineers, pp.45-46, Apr 2010.

이 현 승(Hyun-Seung Lee)

[준회원]



- 2009년 2월 : 수원대학교 환경공학과 (공학학사)
- 2021년 8월 ~ 현재 : 공주대학교 기전공학과 석사 과정

<관심분야>

기계소재부품 공정기술

전 의 식(Euy-Sik Jeon)

[종신회원]



- 1987년 2월 : 한양대학교 일반대학원 정밀기계학과 (공학석사)
- 1995년 2월 : 한양대학교 일반대학원 정밀기계학과 (공학박사)
- 1989년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

기계소재부품 공정기술

김 영 신(Young-Shin Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2016년 8월 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 (공학박사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 공주대학교 생산기술연구소 연구교수

<관심분야>

기계소재부품 공정기술