

# 자동차용 강판에 대한 인버터 저항 점 용접조건 최적화에 관한 연구 Optimization of Welding Parameter for GA Steel in Inverter Resistance Spot Welding

전정상\*, 박현성\*, 김태형\*\*, 이세현\*\*\*

\* 기아자동차

\*\* 한양대학교 정밀기계공

\*\* 한양대학교 기계공학부

## 1. 서 론

자동차 차체의 조립공정에서 주로 사이리스터 방식의 저항 점 용접기를 이용해 용접을 하고 있으나, 최근에는 인버터방식을 이용하려는 시도가 진행되고 있다. 인버터 제어를 이용한 용접기는 아크용접과 같은 다른 용접분야에서는 이미 널리 사용되는 전원제어 방식이지만, 저항 점 용접의 특징상 대전류 제어를 위해서는 고용량의 다이오드와 같은 정류 스위칭 소자의 가격이 고가였기 때문에 많이 사용되지 못하였다. 그러나, 인버터 저항 점 용접기의 설비비가 낮아짐에 따라 용접 품질 향상 및 시간의 단축 효과, 전기료 절감 등의 장점을 얻기 위해 인버터 방식의 전류 제어 저항 점 용접기를 사용하려는 시도가 이뤄지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 사이리스터 방식과 인버터 방식의 저항 점 용접기를 비교분석하기 위하여 최적 용접 조건과 각 방식에 따른 용접성 분석을 수행하여 용접성 측면에서 인버터 제어의 용이성을 밝히고자 하였다.

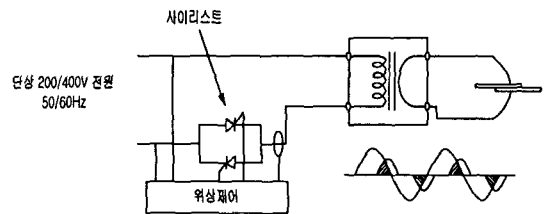
먼저 선행 실험으로 두 방식에 대하여 시간을 변화시키며 용접품질을 너겟으로 비교 평가해서 각각의 방식에 대하여 시간을 결정하였다. 그리고 나서 용접품질에 중요한 인자인 가압력과 전류를 변화 시키며 인장강도를 측정하고 위의 결과값을 반응표면분석법을 이용해 최적용접조건을 선정하였다. 용접성을 비교 평가 하기위해서 반응표면의 기울기, 양호한 용접 범위 등을 분석해서 각 방식의 용접성을 비교하였다.

특히, 세계적으로 널리 사용될 GA강에 대해 본 연구를 수행함으로써 신강종에 대한 저항 점 용접 기초를 제시할 수 있었다.

## 2. 인버터 저항 점 용접

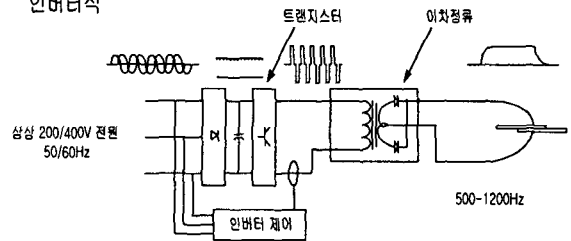
저항 점 용접에서 주로 사용되는 전류 제어 방법을 Fig.1에 나타내었다. 사이리스터 방식의 경우 위상제어를 통해 용접 전원과 유사한 유형의 전류 파형을 얻을 수 있는 반면에, 인버터의 경우 입력전원과 다른 주파수, 파형을 얻을 수 있어, 저항 점 용접에 유리한 전류를 얻을 수 있다.

교류식



(a) Thyristor type

인버터식



(b) Inverter type

Figure.1 Current control of resistance spot welding

### 3. 용접 변수 용접성 평가

#### 3.1 실험

사이리스터 용접기와 인버터 용접기에 따른 용접성 비교를 위해서, 선행 실험을 통해 비틀림 테스트를 통해 일반적으로 양호한 너겟을 얻을 수 있는 용접 적정 시간을 선정하였다.

- 사이리스터 : 14 cycle
- 인버터 : 9 cycle

결정된 시간을 각 용접 방식에 따라 고정시키고, 전류와 가압력을 각각 3단계씩 변화시키면서 실험을 수행하였다. 본 연구에 사용된 용접 공정 변수 최적화 방법은 반응표면분석법이다. 반응표면 분석법은 입력변수(전류,가압력)의 변화 따른 출력인자의 반응(전단인장강도, 너겟크기)의 변화를 살펴 최적 조건 및 반응의 영향을 정량적으로 분석하는 방법이다. 반응 표면 분석법에 따라 2회귀 모형을 잘 표현할 수 있도록 중심합성계획에 따라 실험하였다. Table.1은 GA 단층에 대한 중심 합성 계획을 나타내고 있다. 중심 합성 계획법은 반응 표면을 구하기 위한 최소의 실험점들을 제안해 주는 실험 방법으로 기존의 시행착오법을 통해 용접 적정 조건 범위를 선정하는 실험의 수보다 훨씬 적은 실험수로 유사한 결과를 얻을 수 있는 효과적인 방법이다.

Table.1 Central composite experimental design

no	uncoded value		coded value	
	current [kA]	force [kgf]	$x_1$	$x_2$
	$\xi_1$	$\xi_2$		
1	4.5	200	-1	-1
2	8.5	200	1	-1
3	4.5	300	-1	1
4	8.5	300	1	1
5	4.5	250	-1	0
6	8.5	250	1	0
7	6.5	200	0	-1
8	6.5	300	0	1
9	6.5	250	0	0
10	6.5	250	0	0
11	6.5	250	0	0
12	6.5	250	0	0
13	6.5	250	0	0

본 연구에서 사용된 강종은 GA강[0.7mm]으로 용융도금강판이라고도 하며 고주파를 이용하여 단시간 고온으로 가열하는 가열로와 장시간 균열 처리하는 긴 Soaking로 설비로 아연층과 원판사이 에 상호확산을 일으켜서 도금층전체를 Fe-Zn 합금화한 강판으로 자동차용 내·외판재로 전세계 자동차 메이커에서 널리 사용하려고 하는 강종이다.

#### 3.2 실험 결과

실험을 통해 얻어진 결과를 Table.2와 Table.3에 나타내었다.

Table.2 Experimental result [Thyristor type]

no	uncoded value		reponse	
	current [kA]	force [kgf]	strength [N]	nugget [mm]
	$\xi_1$	$\xi_2$		
1	4.5	200	2367	0.00
2	8.5	200	3681	1.65
3	4.5	300	773	0.00
4	8.5	300	3599	2.65
5	4.5	250	1925	0.00
6	8.5	250	3616	3.10
7	6.5	200	3599	3.45
8	6.5	300	3116	1.78
9	6.5	250	3537	2.45
10	6.5	250	3501	2.60
11	6.5	250	3500	2.50
12	6.5	250	3603	2.55
13	6.5	250	3510	2.65

실험 결과에 따라 얻어진 회귀식을 통해 각 용접 방식에 따른 전단인장강도의 반응 표면을 Fig.2, Fig.3에 나타내었다.

Fig.2와 Fig.3을 비교해보면 인버터의 경우가 0.7mm 두께의 강판 기준인 2900N을 넘는 범위가 넓은 것을 알 수 있다. 이는 보다 적은 시간인 9cycle의 시간으로도 충분한 입열을 줄 수 있는 전류 영역이, 14cycle의 사이리스터 방식의 입열 전류 영역 보다 훨씬 넓은 것을 알 수 있다. 이처럼 반응표면을 저항 점 용접에서 기존의 로브곡선과 유사한 목적으로 용접성 평가에 사용할 수 있다.

Table.3 Experimental result [Inverter type]

no	uncoded value		reponse	
	current [kA]	force [kgf]	strength [N]	nugget [mm]
	$\xi_1$	$\xi_2$		
1	5.0	200	3230	0.00
2	9.0	200	3958	4.20
3	5.0	300	2216	0.00
4	9.0	300	3593	4.10
5	5.0	250	2843	0.00
6	9.0	250	3634	4.05
7	7.0	200	3346	4.73
8	7.0	300	3609	4.28
9	7.0	250	3717	5.05
10	7.0	250	3659	5.10
11	7.0	250	3789	5.00
12	7.0	250	3701	4.95
13	7.0	250	3798	5.10

### 4. 결 론

본 연구에서 수행한 GA 단충강에 대한 사이리스터 용접기와 인버터 용접기에 대한 저항 점 용접성 평가 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 반응표면분석법에 따라 최소의 실험을 통해서 입력변수인 전류, 가압력에 따라 반응하는 전 단인장강도값과 너겟값의 변화를 살펴보았다.

2) 사이리스터 방식과 인버터 방식에 대한 용접성 평가를 통해 인버터 저항 점 용접의 장점에 대해 기술 하였다.

### 참고문헌

1. Phenomena of Resistance Welding and It's Application, JWS, Vol. 8, No. 2 (1983), pp. 101-10
2. H.K.Lee : A Study on Solid Particle Erosion Wear Characteristics of High Cr White Iron Hardfacing by Response Surface Method, Journal of KWS, Vol 20, No4(2002), pp145-150
3. R.H. Myers and D.C. Montgomery : Response surface methodology, Process and product optimization using designed experiments, John Wiley & Sons, Inc.,1995
4. D. Kim and S. Rhee : Design of an optimal fuzzy logic controller using response surface methodology, IEEE Trans. on Fuzzy systems, Vol.9, No.3(2001)

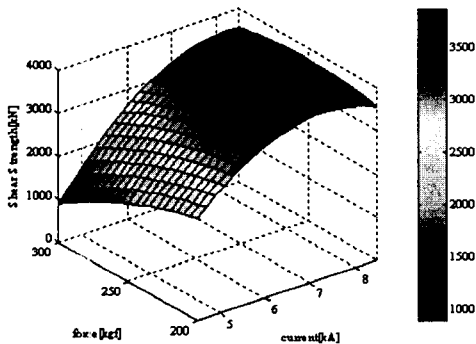


Figure.2 Response surface[Thyristor]

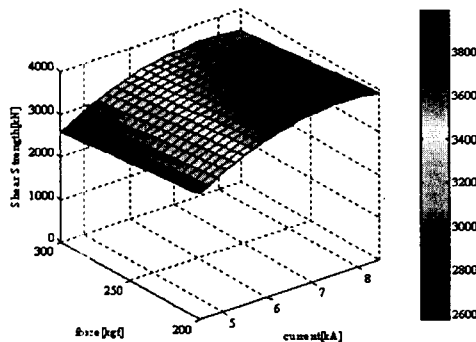


Figure.3 Response surface[Inverter]