

## 저항용접공정에서의 In-Line 품질평가를 위한 Q-MEXS의 개발

### A Development of Q-MEXS for In-Line Quality Monitoring in Resistance Welding

조성우\*, 조상명\*\*

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

\*\* 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공

#### 1. 서론

현재 박판조립라인에서 널리 사용되는 저항용접은 용접기술과 자동화 기술의 발달로 자동차, 가전제품등의 분야에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 용접 품질의 좋고 나쁨은 육안으로 식별하기 어렵기 때문에 점용접의 품질 확보에 어려움을 겪고 있다. 앞선 연구들에서 저항 점용접이 완료됨과 동시에 용접부의 품질을 예측할 수 있는 여러 가지 인자들에 대한 연구가 수행되어 왔다. 그러나 여러 가지 용접 조건에 대해 실시간으로 용접품질을 평가할 수 있는 알고리즘의 개발에 대한 연구는 아직 미진하다. 따라서 본 연구에서는 새로운 평가방법인 Q-MEXS (Quality Monitoring Expert System)를 개발하여 용접 품질평가 방법을 개선하고자 한다. Q-MEXS는 불량 선별뿐만 아니라 불량 원인 규명까지 가능하도록 개발되었다.

#### 2. 실험 방법

##### 2.1 사용전극 및 시편

본 실험에 사용한 피용접재의 시험편 규격은 KS B 0851 점용접 이음의 인장 전단 시험 방법에 준하여 결정하였고, 두께 1.0mm, 폭 30mm, 길이 100mm로 Fig. 1과 같다.

점용접에 사용된 용접기는 75kVA 단상 교류 (Chowel timer)로써 공기압 조절 방식이고, 정치형 직상 가압형태이다. Fig. 2에 용접기, 스폿 모니터링 시스템을 나타내었다. 용접전류는 20kA 급 홀센서를 사용하고, 용접전압은 10V 센서를 사용하여 각각에서 나온 출력을 10kHz의 샘플링 주파수로 A/D 보드에 전송한 후 스폿 모니터링

시스템(WSM3000N)에 의해 디지털 계측하였다.

Table 1은 실험에 사용된 용접조건이다.

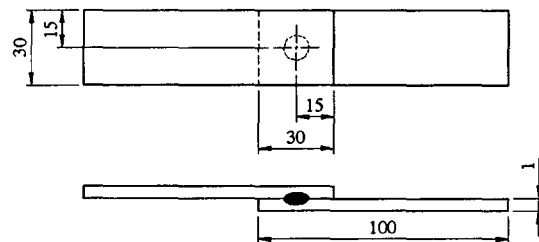


Fig. 1 Configuration of welding specimens



Fig. 2 Welding machine and monitoring system

Table 1 Experiment condition

Parameters	Variation
Current(A)	5000, 9000, 13000
Force(kgf)	100, 250, 400
Squeeze time(cycle)	20, 30
Electrode TIP Dia.(mm)	6, 10, 16
Specimen condition	Normal, hard oxidized

가압력, 전류, Squeeze time, 전극직경, 모재상태등을 변화시켜 각 조건에서 전류와 전압의 관

계로부터 동저항을 분석하였다.

### 2.2 너깃 측정 방법

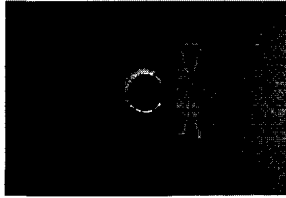


Fig. 3 Schematic of nugget measurement  
 각 조건에 따라 용접을 실시한 후  
 Fig. 3에서와 같이 너깃 직경을  $d_1, d_2$ 로 측정하여  
 그 평균치로 너깃직경  $D_N$ 으로 하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 품질영향 인자의 정의

동저항은 1cycle단위로 계산한 후  $R$ (동저항),  $R'$ (동저항 1차 미분),  $R''$ (동저항 2차 미분)으로 나뉘서 분석하였다. 용접 품질에 영향을 미칠 것으로 판단되는 인자를 Table 2에 정의하였다.

Table 2 Definition of factors

Factor	Definition
$R_{min}$	동저항의 극소값
$R_{pk}$	동저항의 피크값
$R_E$	최종 사이클에서의 저항값
$(R_{pk}-R_{min})/\Delta t$	동저항의 피크값과 극소값의 차를 그 시간으로 나눈값(=초기발열)
$\Delta R_{PE}$	$R_{pk}-R_E$ : 동저항의 피크값에서 최종사이클 저항값의 차
$T_{Rpk}$	피크저항에 도달하는 시간
$T_{Rmin}$	극소저항에 도달하는 시간
$T_{RE}$	최종사이클에 도달하는 시간
총발열량	피크저항 전후의 발열량의 합

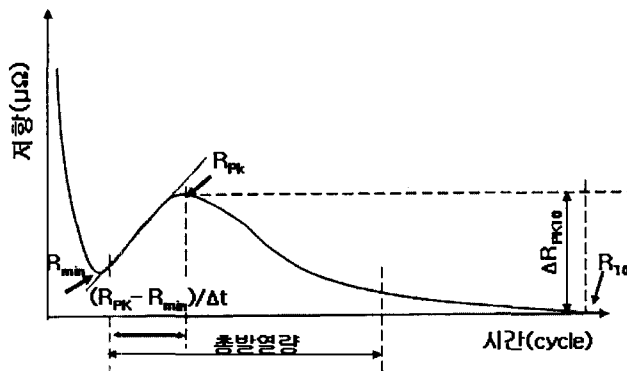


Fig. 4 Schematic diagram & definition of dynamic resistance

Fig. 4는 동저항의 모식도와 각 인자의 정의를 나타낸 것이다.

## 3.2 불량재현 실험에 따른 동저항의 분석

### 3.2.1 불량 유형에 따른 동저항 R의 패턴

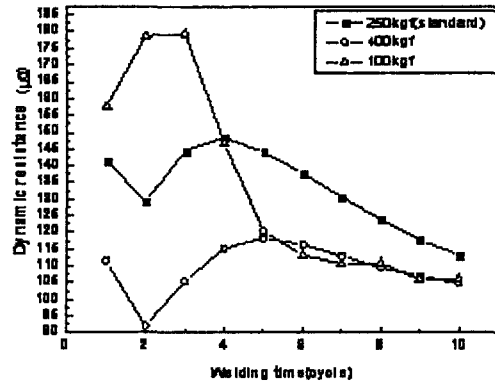


Fig. 5 Dynamic resistance for variable electrode forces(9000A)

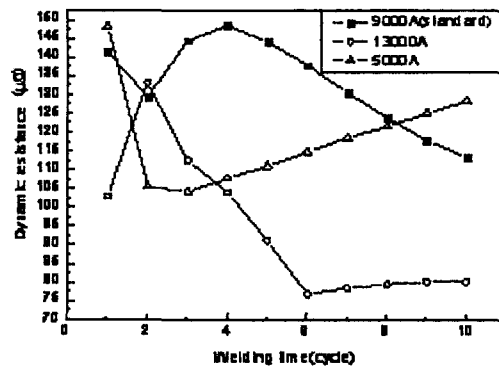


Fig. 6 Dynamic resistance for variable welding current(250kgf)

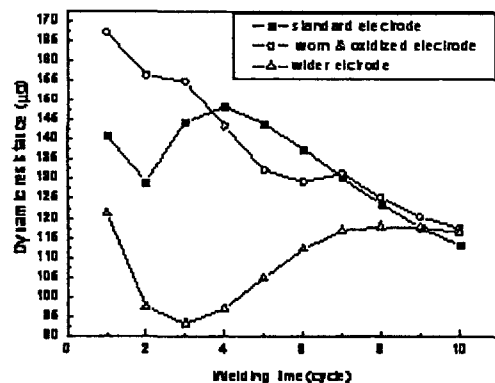


Fig. 7 Dynamic resistance for variable electrode conditions(9000A, 250kgf)

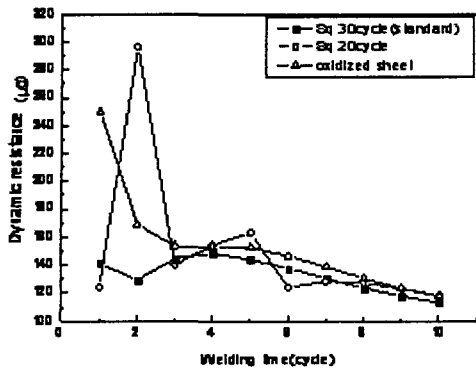


Fig. 8 Dynamic resistance for variable squeeze time & sheet surface conditions(9000A)

3.2.2 불량 유형에 따른 동저항 R'의 패턴

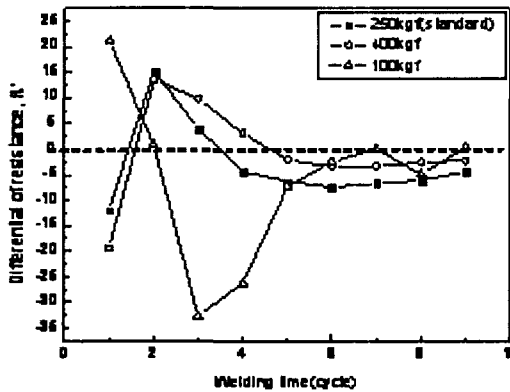


Fig. 9 Differential of dynamic resistance for variable electrode force

3.2.3 불량 유형에 따른 동저항 R''의 패턴

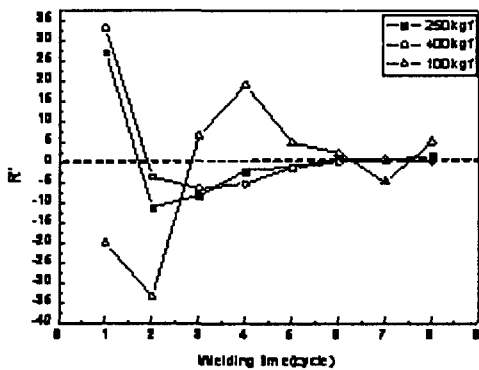


Fig. 10 Differential of second order of dynamic resistance for variable electrode force

3.3 Q-MEXS에 의한 용접부 품질 평가

식 (1)은 너깃 직경 추정에 사용된 것이다.

$$D_N = \alpha \Delta R^{-w} \text{ -----(1)}$$

에서  $D_N$  : 너깃 직경

$\alpha$  : 비례상수

R : 저항

너깃직경 추정에 의해 용접품질을 평가하였고, 너깃직경이 비정상인 경우는 Table 3과 같이 인자값들을 이용해 불량원인이 판별되도록 하였다.

Table 3 Quality evaluation algorithm of Q-MEXS

If	Then(NG type)
$R_1' < \text{기준값}$	$R_3'$ 이후의 값 중에서 일정 값보다 작은 $R'$ 이 존재하면 splash로 판단.
$R_1' > \text{기준값}$	$R_2'$ 이후의 값이 일정 값보다 작은 $R'$ 이 존재하면 splash로 판단.
$\Delta R_{PE} \downarrow, R_{min} \downarrow, R_{PK} \downarrow, R_E \downarrow,$ 총발열 $\downarrow$	과대 가압력으로 판단
$\Delta R_{PE} \uparrow, R_{min} \uparrow, R_{PK} \uparrow, T_{Rmin} \downarrow,$ 총발열 $\uparrow$	과소 가압력으로 판단
$\Delta R_{PE} \uparrow, R_{min} \downarrow, T_{Rmin} \downarrow, R_{PK} \downarrow,$ $\Delta R_{Pm} \uparrow,$ 총발열 $\uparrow$	과대 전류로 판단
$\Delta R_{PE} \downarrow, T_{Rmin} \uparrow, T_{PK} \uparrow,$ 총발열 $\downarrow$	과소 전류로 판단
$\Delta R_{PE} \downarrow, T_{Rmin} \uparrow, T_{PK} \uparrow, \Delta R_{Pm} \downarrow,$ 총발열 $\downarrow$	마모+산화로 판단
$\Delta R_{PE} \downarrow, T_{Rmin} \uparrow, T_{PK} \uparrow, R_{min} \downarrow,$ $R_{PK} \downarrow, (R_{PK}-R_{min})/\Delta t \downarrow,$ 총발열 $\downarrow$	전극 과대 직경으로 판단
$\Delta R_{PE} \uparrow, R_{min} \downarrow,$ $(R_{PK}-R_{min})/\Delta t \uparrow, R_{PK} \uparrow$	전극 과소 직경으로 판단
$\Delta R_{PE} \uparrow, T_{Rmin} \downarrow, T_{RPk} \downarrow,$ $(R_{PK}-R_{min})/\Delta t \uparrow, R_{PK} \uparrow$	Squeeze time 부족으로 판단
$R_1' \downarrow, R_1 \uparrow$	표면산화 시편으로 판단

4. 결 론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 저항용접 품질 평가를 위하여 동저항 R, R', R''을 구하여 전류와 함께 사용함으로써 보다 합리적인 결과를 얻을 수 있었다.

2) 각종 불량 재현 실험을 통하여 얻어진 품질 영향인자들의 특징을 추출하여 In-Line품질 모니터링 전문가 시스템 "Q-MEXS"를 개발하였다.