

# 다점 프로젝션 용접에서 순시동저항에 의한 품질 감시용 Q-MEXS 알고리즘 개발

## Development of Q-MEXS algorithm for quality monitoring by instantaneous dynamic resistance pattern in multi-point projection welding

함효식\*, 조진안\*, 윤창준\*\*, 윤훈성\*\*, 조상명\*\*\*

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스 공학과

\*\* 모니텍(주)

\*\*\* 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공, pnwcho@pknu.ac.kr

### 1. 서 론

다점 프로젝션 용접 후에 그 품질을 평가하기 위해 주기적으로 제품을 파괴시험을 한다. 파괴 시험의 문제점은 파괴 시험에 소모되는 시험편으로 인한 경제적 손실, 파괴 작업자의 근 골격계 문제 및 안전사고의 발생 위험, 파괴할 때 마다 타격 위치에 따라 용접 품질이 다르게 평가될 수 있고 합 부 판정이 애매, 과대 품질을 요구하기 쉽고 이에 따른 생산성 저하와 원가 상승 우려가 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 In line 품질 평가 시스템이 필요하다.

일반적인 저항 용접 품질 평가 시스템은 평균 전류, 통전시간을 활용하거나 평균동저항(ADR : Average Dynamic Resistance)까지 활용하는 한 단계 높은 시스템도 보고 되고 있다. 그러나 본 연구에서는 순시동저항(IDR : Instantaneous Dynamic Resistance)에 의한 실시간 품질 감시 전문가 시스템(Q-MEXS : Quality Monitoring EXpert System)을 개발하였다.

### 2. 사용재료 및 실험방법

#### 2.1 사용재료

본 연구에서 사용된 피용접재는 Al killed steel로 만든 Embossing part와 Deep drawing용 steel로 된 Shell이다.

Table 1 Materials for experiments

Class	Material
Embossing part	Al killed steel, Embo high : 0.9mm
Shell	Steel for deep drawing, t3.1

Table 1에 피용접재의 재료와 엠보 높이, 두께를 나타내었다. Fig. 1은 사용 시편을 나타내었다.

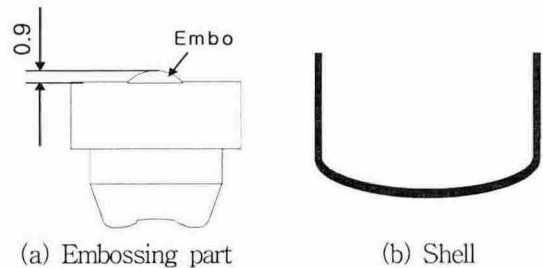


Fig. 1 Specimens for projection welding

#### 2.2 실험 방법

4대의 단상 AC 프로젝션 용접기를 사용하여 Lower shell에 4개의 Seat spring을 다점 프로젝션 용접하였다. 실험 조건은 Table 2에 나타내었고, 실험 모식도는 Fig. 2에 나타내었다. 4개의 하부 전극에 Seat spring이 놓여있고 Lower shell위의 상부 전극이 하강하고, 하부 전극이 상승하여 프로젝션 용접이 된다.

Table 2 Welding condition for experiments

Class	Experiment A	Experiment B
Setting current	4~16 kA	9 kA
Embo existence	Embo	Embo, Nonembo
Welding time	20 cycle	
Load force	400 kgf/cm <sup>2</sup>	
Samping frequency	7200Hz	10000Hz

실험 A에서는 설정전류를 1kA씩 변경하여 용접하였고, 실험 B에서는 9kA에서 엠보 유, 엠보 무의 부품을 써서 용접하였다. 전류는

200kA급 트로이달 코일을 사용하고, 용접전압은 10V 센서를 사용하여 각각에서 나온 출력 신호를 실험 A에서는 7200Hz, 실험 B에서는 10000Hz의 샘플링 주파수로 A/D 변화하여 PC로 입력하여 스폿 모니터링 시스템용 소프트웨어(WSM3000N)에 의해 디지털 계측하였다.

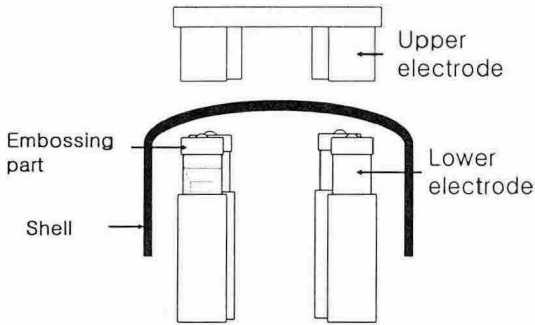


Fig. 2 Schematic for experiment

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 물리적 현상에 따른 순시동저항 분석

본 연구에서는 AC전원의 전류파형의 영교차점 근방에서의 신호가 명료하지 못하여 3000A 전류를 Cut off방식을 적용하였다. 전류, 전압의 순시치에서 Ohm's law에 의해 순시동저항이 계산되어졌다.

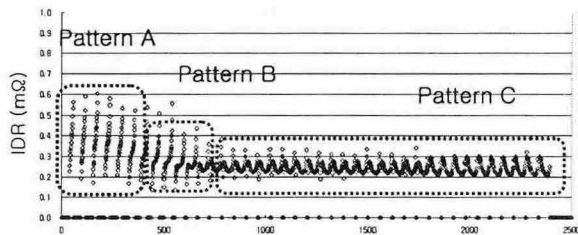
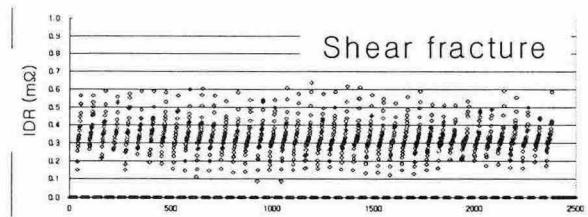


Fig. 3 IDR pattern in projection welding

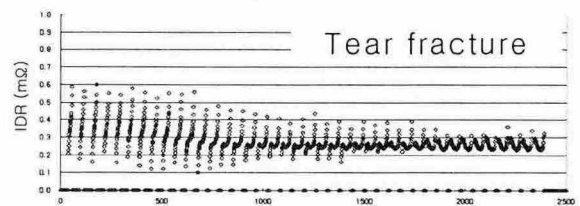
Fig. 3은 프로젝션 용접에서의 순시동저항 패턴을 나타낸다. Pattern A는 접촉면적의 증가가 없는 상태에서 온도증가에 따라 저항이 증가한다. Pattern B는 온도증가에 따라 저항이 증가하였다가 엠보의 발열에 의해 열간 압쇄가 일어나고, 피크 전류시 통전면적 증가로 저항이 감소하였다가 온도 증가로 저항이 증가하는 것이다. Pattern C는 통전면의 증가로 저항이 감소하였다가 온도 증가로 저항이 증가한다.

#### 3.2 전류 변경에 따른 순시동저항 패턴

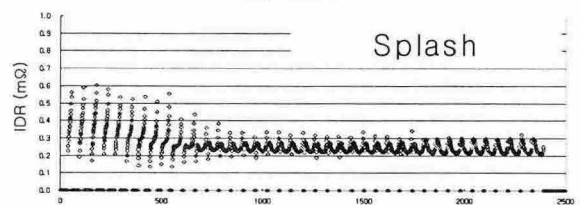
실험 A 용접 조건의 순시동저항을 Fig. 4에 나타내었다. 각 반사이클 동안의 순시동저항을 1차 회귀분석하여 얻은 저항의 기울기  $S_R$ 을 Fig. 5에 나타내었다.  $S_R$ 은 Pattern A의  $S_R > 0$ , Pattern B의  $S_R = 0$ , Pattern C의  $S_R < 0$ 을 나타낸다. Fig. 6에서는 전류가 증가할수록 Pattern B가 빨리 나타난다. 이는 전류가 증가할수록 너깃의 성장이 빨라짐으로 인한 접촉 저항의 감소 때문이라고 판단된다.



(a) 4kA

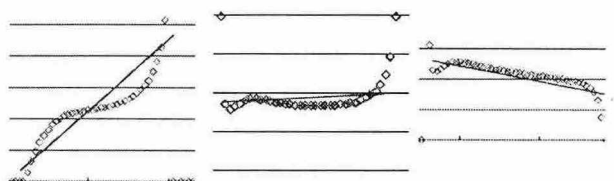


(b) 9kA



(c) 16kA

Fig. 4 IDR by experiment A



Pattern A  $S_R > 0$  Pattern B  $S_R = 0$  Pattern C  $S_R < 0$

Fig. 5  $S_R$  for IDR pattern

#### 3.3 엠보 유무에 따른 순시동저항 패턴

실험 B 용접 조건에서 획득한 순시동저항의 각 반사이클 동안의 순시동저항을 1차 회귀분석하여 얻은 저항의 기울기  $S_R$ 을 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 7에서는 엠보 무일 때, Pattern B

가 빨리 나타난다. 이는 엠보 무일 때 빠른 통전면의 증가로 인한 저항의 감소 때문이라고 판단된다.

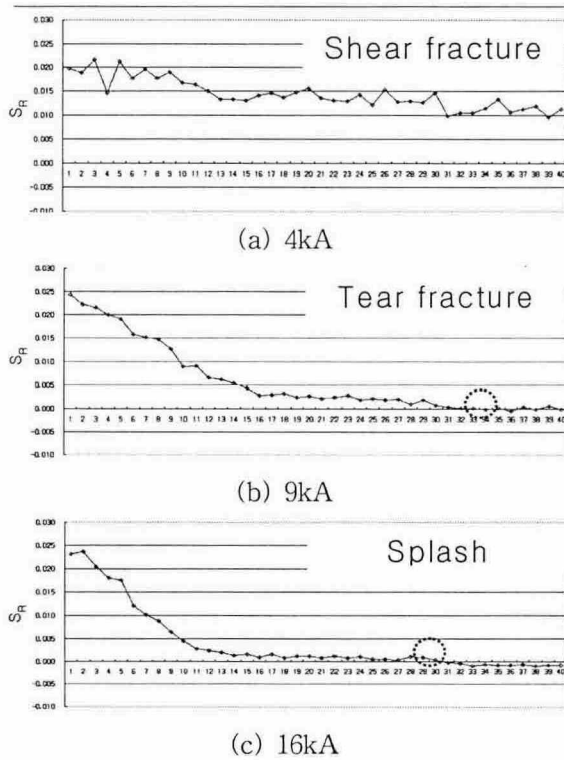


Fig. 6  $S_R$  by experiment A (with embo)

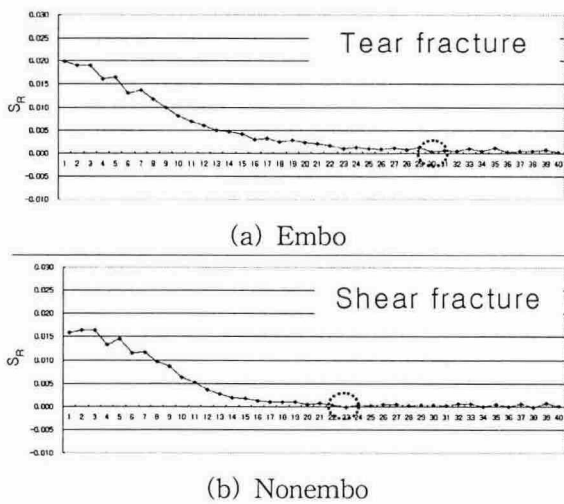


Fig. 7  $S_R$  by experiment B (9kA)

### 3.4 Q-MEXS parameter

실험 A, 실험 B에서 얻어진 Data를 통하여 Table 3 같은 Q-MEXS parameter를 구성하였다.

### 3.5 Q-MEXS 알고리즘

Q-MEXS parameter에 의해 Q-MEXS 알고리즘은 Fig.8에 나타내었다. 매 용접시 품질 감시용 Q-MEXS 알고리즘에 의해 품질이 평가되고, 품질 저하시 즉시 공정이 정지되어 In line 불량률 줄일 수 있다.

Table 3 Q-MEXS parameter

Q-MEXS parameter	Function
Weld current	Status of welding machine, Judgement of Cold weld
Weld voltage	Judgement of Cold weld and nonembo
Weld time	Judgement of irregularity weld
Heat generation	Judgement of Cold weld
Average dynamic resistance	Status of contact tip and materials, Judgement of Cold weld
Speed for embo collapse	Judgement of Cold weld and nonembo
Heat generation for nugget growth	Judgement of Cold weld and nonembo

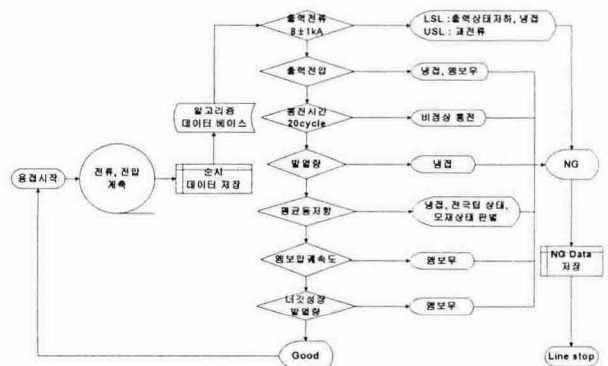


Fig. 8 Flowchart for Q-MEXS algorithm

### 4. 결 론

단상 AC 다점 프로젝션 용접에서 순시동저항에 의한 품질 감시용 Q-MEXS 알고리즘 개발을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 반사이클 단위의 순시동저항 Micro 패턴을 분석하여 통전에 따른 엠보 압력 정도와 너깃 생성 성장 특성을 의미하는 파형 패턴이 나타남을 알 수 있었다.

2) 냉점에서는 Pattern A만 나타나고, 정상 용접에서는 Pattern A, B 또는 Pattern A, B, C가 나타나며 날림발생시에는 Pattern B가 조기에 나타나고 Pattern C의 기울기가 마이너스로 많이 감소하는 특징을 보였다.

3) 순시동저항 패턴을 포함한 7대 Parameter를 이용하여 다점 프로젝션 용접 품질을 평가 할 수 있는 Q-MEXS를 개발 하였다.