

# 저항점용접 공정에서 Force Sensor를 이용한 너깃 형성에 관한 연구

## A Study of Nugget Formation using Force Sensor in Resistance Spot Welding Process

박태규\*, 김태형\*\*, 이철구\*\*\*, 강문진\*\*\*\*, 이세현\*\*\*\*\*

\* 한양대학교 대학원/기계공학과

\*\* 한양대학교 대학원/기계공학과

\*\*\* 서울산업대학교/기계공학과

\*\*\*\* 한국생산기술연구원/정밀접합팀

\*\*\*\*\* 한양대학교/기계공학부

### 1. 서 론

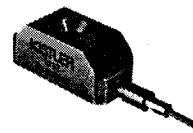
저항점용접공정은 두 전극 사이의 재료에 대전류를 흘려서 재료의 접촉저항으로 발생한 저항열을 이용하여 용접하는 공정이다. 간단한 공정과 높은 생산성, 그리고 저렴한 생산비용으로 자동차 차체의 박판의 접합에 널리 쓰이고 있다. 저항점용접 품질을 측정하는 대표적인 Parameter인 너깃 사이즈는 용접 후 Peel Test를 통해서 정확한 측정이 가능하지만, 실제 현장에서 모든 제품을 테스트하기가 불가능하므로, 용접 공정에서 발생하는 여러 Parameter들을 계측하여 용접성을 판별하는 방법을 적용하고 있다. 대표적인 측정값들로 전압, 전류, 동저항, Electrode Displacement, Dynamic Force 등이 있다. 그 중에서 Electrode Displacement가 용접공정시 재료 내부의 용융된 금속의 열팽창, 수축으로 인한 거동을 측정할 수 있으므로, 용접성을 판별하는 주요 측정치로 사용되어 왔다. 그러나 Electrode Displacement는 너깃 Depth와는 연관성이 있으나 용접제품의 강도와 밀접한 연관이 있는 너깃 Diameter과의 관계는 아직까지 확실하게 규명된 바가 없고, 미세한 움직임을 잘 측정하지 못하는 단점이 있다. 그리고 최근 자동차 산업에서는 녹방지를 위해 도금과 도장처리를 한 강판의 사용이 확산되므로 인해 용접공정시 도금층의 이탈이나, mild steel과 달리 Expulsion이 용접제품에 끼칠 수 있는 부정적 영향의 가능성이 제기되므로써 이런 미세한 신호까지 측정해야 하는 필요성이 증대되었다. 물론 초고속카메라를 이용해서

이런 과정들의 실제 이미지를 얻을 수 있으나, 실제로 현장에 적용하기가 어렵다.

본 연구에서는 Force Sensor를 이용해서 점용접공정에서의 너깃 형성과정을 예측하고, 용접초기에 발생하는 도금층 손실이나 과도한 입열에 의한 Expulsion 현상을 수집된 signal로 해석하였다.

### 2. 실험장치 및 실험방법

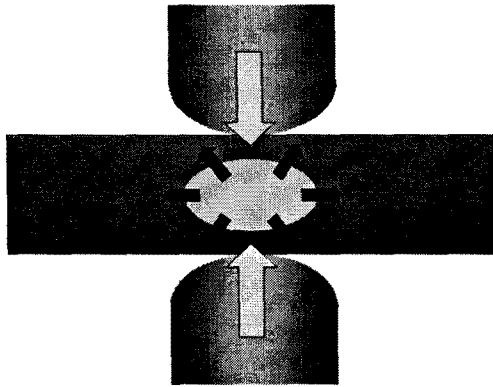
#### 2.1 Force Sensor



<Fig 1 HighStrain Force Sensor>

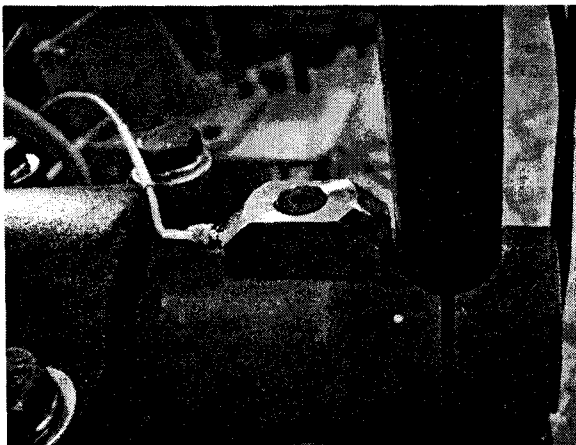
재료가 전극에 미치는 Force를 측정하기 위해서 아래 전극에 Load Cell을 밀착시켜 설치하는 방법도 있으나 장치의 부피가 커지고, 용접공정 자체에 방해줄 수 있기 때문에 변위 타입의 Force Sensor를 사용했다.

#### 2.2 실험방법



<Fig 2>

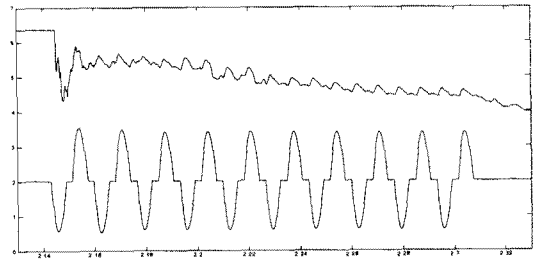
<Fig 2>에서 보는 것 처럼 재료 사이의 용융된 금속이 팽창되면서 전극 Tip을 밀어냄으로써 생기는 변위를 이용하는 방법을 이용하였다. 실험을 위해서 교류(AC) 타입의 60Hz 사이리스터 저항점용접기가 사용되었고, <Fig 3>와 같이 용접기의 Arm에 Force Sensor를 부착하여, 재료가 전극에 미치는 Dynamic Force를 잘 반영할 수 있도록 하였다. 샘플링 주파수는 10kHz로 미세한 Fluctuation도 측정할 수 있도록 하였다. Force Sensor에서 나온 신호는 신호처리를 거친 후 PC에서 LabVIEW를 이용하여 계측하였다. 그리고 실험재료로 KCC코팅된 GA강판을 사용하였다.



<Fig 3>

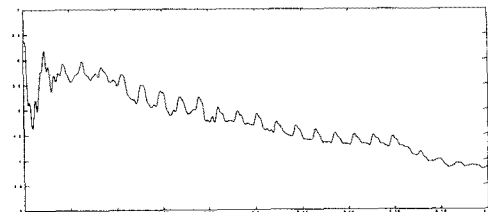
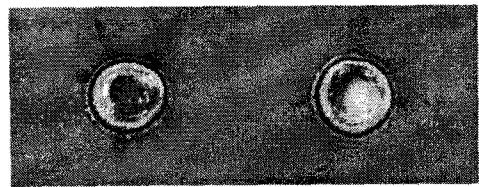
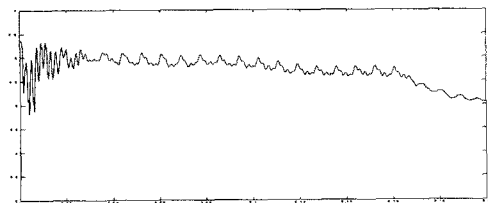
### 3. 실험결과

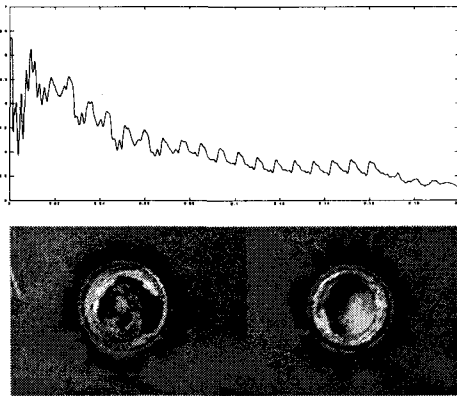
#### 3.1 너깃형성 예측



<Fig 4>

300kgf의 가압력과 10cycle의 통전시간, 8000A의 전류로 용접을 하였고, Force와 Current Signal을 비교하였다. Current의 Peak점의 개수는 10cycle이므로 20개가 된다. Force의 Signal역시 통전시간동안 20개의 Peak점을 가지는 것을 확인하였다. 그리고 Peak점의 시간 역시 delay없이 일치함을 확인하였다. 교류의 특성상 정전류를 흘릴 수 없어서 전류의 Peak점에서 더 많은 에너지를 전달시키므로, 너깃의 열팽창도 Peak점에서 커졌다가 Peak점이 아닌곳은 줄어드는 현상이 생긴다. 실제로 초고속카메라로 촬영하면 이런 현상을 확인할 수 있다.

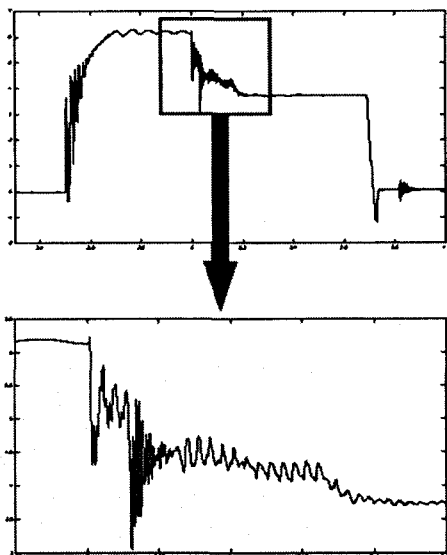




<Fig 5. Force Signal in changing Current>  
(가압력300kgf, 10cycle통전시간,  
위에서부터 7000A, 8000A, 9000A)

동일한 가압력 하에서 전류를 변화시키며 너깃 크기를 비교하였다. Expulsion이 생기지 않는 경우에 한해서 전류가 증가함으로 너깃지름이 증가하는 경향을 보였고, Force Signal도 조건에 따라서 큰 차이를 보였다. 너깃사이즈가 작은 경우 Signal의 변동폭이 작고 기울기도 완만하다. 그러나 너깃사이즈가 커질수록 변동폭도 크고 기울기도 급격해짐을 알 수 있다. 공통적으로 1cycle에서 Signal이 급격하게 감소함을 보이는데, 이것은 전극 Tip과 접촉하는 재료의 도금층이 통전되자마자 소실되는 것으로 생각된다.

### 3.2 Expulsion 계측



<Fig 6>

Expulsion 발생시에 용융 금속의 탈출로 인해 급속하게 감소하는 Force Signal을 확인하였고, 전류의 주기와는 상관없이 굉장히 복잡한 보였다. 이는 사용한 HighStran Force Sensor가 민감한 부분까지 잘 계측 할 수 있는 Sensor로 판단되고 Expulsion시의 재료의 거동을 더 잘 계측 할 수 있을 것이라 생각된다.

## 4. 결 론

- 1) 변위type의 Force Sensor를 이용해서 저항점용접공정에서의 모니터링 시스템을 구축하였다.
- 2) 전류 Peak점과 Force Signal의 Peak점의 비교를 통해서 Force Sensor의 신뢰도를 확인하였다.
- 3) 계측된 Force signal를 통해서 너깃크기와 Signal의 특징을 연관시켰고, 통전초기에 도금층이 소실되는 현상을 예측하였다.
- 4) 사용된 Sensor를 통해서 Expulsion시의 복잡한 재료의 거동을 확인하였다.

## 참고문헌

1. Taehyung Kim, et. al : A Study of Nondestructive Weld Quality Inspection and Estimation during Resistance Spot Welding, Key Engineering Materials, vols. 270-273(2004), 2338-2344
2. Hongyan Zhang and Jacek Senkara : Resistance Welding Fundamentals and Applications, Taylor & Francis Group, 2006
3. D.F.Farson, J.Z.Chen, K.Ely and T.Frech : Monitoring Resistance Spot Nugget Size by Electrode Displacement, vol.126