

저항 점 용접의 용접 품질 평가 기술 개발에 관한 연구

A Study of Weldability Estimation of Resistance Spot Welding

조용준*, 이세현**, 엄기원**

*학생회원, 한양대학교 정밀기계공학과 대학원

**정회원, 한양대학교 정밀기계공학과

1. 서론

최근 에너지의 효율적 사용에 관한 문제가 대두되면서 자동차 산업계에서는 차량의 경량화에 초점을 맞추고 연구를 진행 중에 있다. 자동차 생산 라인에서는 저항 용접에 의한 차체구조의 용접 공정이 주류를 이루며, 차량 한 대가 완성되기까지 승용차의 경우 3000점 가량의 점용접 공정이 필요하다. 이때 용접부의 품질은 차체의 진동이나 부식 등에 대한 내구성, 내식성, 내마모성등을 결정하는 주요 인자라고 할 수 있으므로 매우 중요하다고 할 수 있겠다.

본 연구에서는 점 용접을 수행하면서 검출되는 용접 조건에 따른 용접 상태를 파악하여, 적정 용접이 이루어지는 용접 범위를 설정하고, 이를 바탕으로 예측된 용접조건만으로 최종 용접부의 용접성을 판단하는 알고리즘을 개발하고자 하였다.

2. 실험방법 및 내용

자동차용 강판의 점용접성 예측을 통한 연구 수행을 위하여 실제 자동차 생산 라인에서 사용되고 있는 여러 가지 종류의 강판들을 각 조합별로 점 용접을 실시하였으며, 여기서 검출된 데이터와 용접 후 용접 시편의 용접성과의 관계를 규명하기 위하여, 용접 전류와 전압의 계측, 인장 전단 강도의 측정, 단면 시험등을 실시하였다. 위에서 규명된 계측된 데이터 패턴과 용접성과의 관계를 베이스로 이용하여 용접이 진행됨과 거의 동시에 용접의 품질을 예측할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

2.1 저항 점 용접 변수 계측

용접 조건의 계측을 위한 시스템이 Fig. 1에 나타나있다. 전류의 검출은 20kA급의 홀 센서를 사용하였고, 전압의 검출은 전극의 선단에 픽업 장치를 부착하여 수행하였다. 각각에서 나온 출력은 필터링을 거친 후 A/D 보드에서 사용할 수 있는 전압으로 전환 한 뒤 컴퓨터로 전송하였다. thyristor에 의한 위상 제어 형태와 그에 따른 전류 형태를 관찰할 수 있도록 각각의 출력 신호는 15kHz의 sampling rate로 데이터를 얻었다.

이 때의 대표적인 전류, 전압 검출 형태를 Fig. 2에 나타내었다

앞에서 구현된 DAQ 시스템에서 얻어진 결과 중 용접성 판정에 지배적 역할을 하는 전압 데이터를 판정에 용이하게 사용하기 위하여 용접이 개시된 이후의 cycle당 최대값으로 전환하였다.

2.2 인장 전단강도 측정 및 단면시험

인장 전단 시험은 한국 공업 규격에 제시된 방법을 기준으로 수행하였으며, 시험 목적상 단점 시험편을 제작하여 실험하였다. 인장 전단 강도 시험을 위한 시편의 제작은 현장에서 사용되는 용접조건을 기준으로 삼아 제작하였으며, 용접성 불량 발생할 수 있는 외란으로는 전류값의 변동을 적용하고 다른 용접 조건은 변화하지 않는 것으로 가정하였다. 용접 후의 육안 검사를 통해 양호한 시험편만을 강도 시험하였으며, 이때 사용된 인장 시험기의 허용오차는 $\pm 2\%$ 였다. 인장시험시 사용한 인장속도는 5mm/min이었으며, 인장 시험시 측정된 최대 하중을 측정하중으로 설정하

었다. 최대하중이 기록된 후의 하중측정은 생략하였으며, 응력-변형률 관계는 본 연구의 목적상 따로 고려하지 않았다.

용접부의 인장 전단 강도에 못지 않게 중요한 것이 용접부에서 너겟의 단면 형상으로, 너겟의 형상은 직경(diameter)과 용입 깊이(penetration)로 나누어 판단할 수 있다. 직경은 전류가 증가함에 따라 계속 증가하지만, 용입 깊이는 전류가 증가함에 따라 증가하다가 어느 정도 한계가 되면 전류의 증가에도 불구하고 감소하게 된다. 따라서 적절한 용접성을 지닌 너겟의 용입 깊이와 직경을 전류와 전압의 측정 결과와 연관시켜 적정 용접 범위를 선정하는 것은 용접성 판단에 있어서 매우 중요한 일이다. 이를 위하여 용접된 시편을 절단, 연마, 애칭하여 단면부 너겟의 형상을 너겟 직경과 용입깊이 측면에서 관찰 하였으며, 20배 광학현미경을 이용하여 단면 촬영을 함으로서 두 가지 인자의 정량적인 데이터를 확보하였다.

3. 용접성 예측 결과 및 고찰

용접성을 판단하기 위하여, 계측기로부터 받은 12비트 이진 데이터를 2바이트 ASCII 코드로 데이터 변환한 후, 변환된 데이터로부터 특이점(peak voltage)을 구하고 추출된 특이점을 이용하여 maximum peak voltage drop과 drop rate을 구하였다. 이 두가지 판단 변수에 의해서 용접성을 평가하였다. maximum peak voltage drop을 이용하여 적정 용접이 이루어질 수 있는 충분한 전류가 사용되었는가를 판단하였으며, drop rate를 이용하여 지나친 전류에 의한 용접 불량 여부를 판단하였다. 적정 용접 상태를 판단할 수 있는 maximum peak voltage drop과 drop rate의 범위는 실험 데이터를 데이터 베이스화하여 용접성 판단에 사용하였다. 최종적으로 실제 용접을 수행하면서 얻어진 데이터가 이러한 범위내에 들어오는지 확인하여 용접의 양, 불량을 판단하도록 알고리즘을 구축하였다.

본 연구에서 사용된 용접 전압 계측 데이터에 의한 maximum peak voltage drop과 drop rate은 용접의 품질을 결정할 수 있는 매우 중요한 인자임을 본 연구를 통해서 확인할 수 있었다. 일반적으로 스패터(spatter)나 중간날림(expulsion)이 발생하게 되면 용접 품질이 좋지 않은 것으로 여겨지나, 전단인장강도 시험과 단면 시험을 통하여 적당량의 순간 전압 강하는 용접성의 향상에 도움이 되는 것을 알 수 있었다. 또한, 용접 수행 도중 용접 전압의 변화가 그리 심하지 않는 저전류 상태에서는 drop rate낙하율도 낮게 나타나며, 전류의 증가에 따라 용접 전압 변화의 경향과 맞추어 drop rate도 급격하게 증가하면서 중간날림(expulsion)이 발생하게 됨을 알 수 있었다. 이러한 상태에서는 전극팁이 모재와 융착하게 되어 전극팁의 마모를 가져오게 되어 결과적으로 용접부의 균열 등 결함을 가져오기 쉽기 때문에 바람직하지 않은 현상이라 할 수 있을 것이다. 따라서 적절한 낙하율을 선정하는 것이 중요하며 이는 반복적인 실험에 의해 얻어질 수 있었다.

4. 결론

1) 저항 점 용접의 용접성을 판단함에 있어서 용접부의 품질과 직접적인 연관성을 지닌 계측 가능한 용접 변수는 용접전압임을 실험을 통해 알 수 있었다.

2) 용접부의 전단 인장 시험과 단면 시험을 실시하여 용접 조건의 변화에 따른 용접성을 파악하였으며, 좋은 용접 품질이 얻어지는 적정 용접 조건을 얻을 수 있었다.

3) 계측된 용접 조건과 그에 따른 용접 품질과의 관계를 알 수 있었으며, 적절한 알고리즘을 구사하여 계측된 용접 조건만으로 용접 후의 용접성을 판단할 수 있었다.

4) 용접 조건 계측 시스템에 위의 알고리즘을 적절히 적용하면 실시간으로 전기 저항 용접의 품질을 판단할 수 있음을 알았다.

참고문헌

- 1) Gedeon, S. A., Sorensen, C. D., Ulrish, K. T. and Eagar, T. W., 1987, "Measurement of Dynamic Electrical and Mechanical Properties of Resistance Spot Welds", Welding Journal, Dec., pp. 378~385.
- 2) Savage, W. F., Nippes, E. F., and Wassell, F. A., 1987, "Dynamic Contact Resistance of Series Spot Welds", Welding Research Supplement, pp. 43~50
- 3) Chang, H. S. and Cho, H. S., 1987, "Estimation and Control of the Weld Nugget Size in Resistance Spot Welding Processes", Sensors for Manufacturing, PED-Vol. 26, American Society of Mechanical Engineers, Book No. g00405, New York, pp. 215~227.
- 4) Gould, J. E., 1987, "An Examination of Nugget Development During Spot Welding, Using Both Experimental and Analytical Technique.", Welding Journal, January, pp. 1s~10s.
- 5) 저항용접, 김명준 : 도서출판 기문사 1995

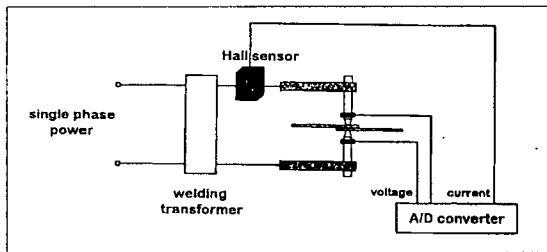


Fig. 1 Schematic diagram of welding variable measurement system

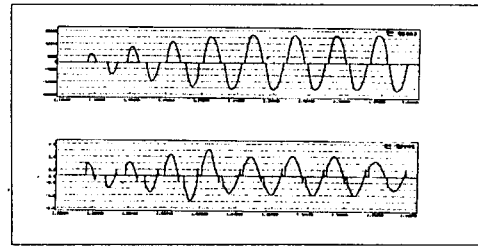


Fig. 2 Typical measured welding variables (voltage, current)

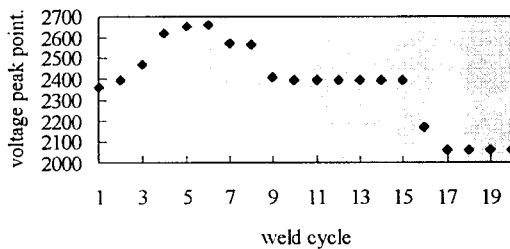


Fig. 3. Voltage peak point pattern (I = 12 kA)

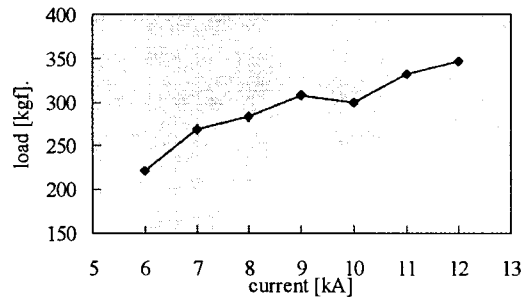


Fig. 4 Maximum tensile strength plot

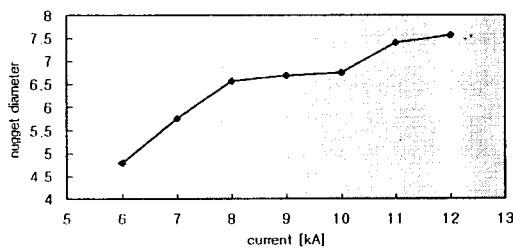


Fig. 5 Nugget size for the various welding current

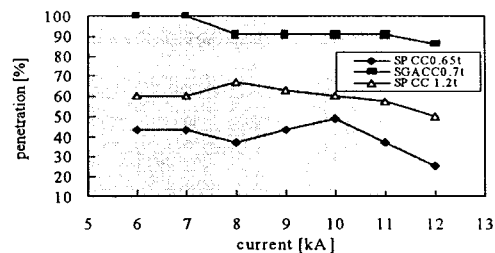


Fig. 6 Penetration ratio for the various welding current