

지능형 저항 점 용접 시스템의 자동차 차체 적용

Intelligent Resistance Spot Welding System and its Automotive Body Application

조 용준*, 유 성필*, 장 인성*, 이 희범**

* 현대자동차 생산기술개발팀

** 현대자동차 생기개발실

ABSTRACT While RSW(Resistance Spot Welding) have been the most successful sheet metal joining process in automotive industry, there are certain quality issues due to the control system and its application process. Recent materials and coatings make the process more complicated resulting in new challenges for quality welds. In this research, an intelligent RSW system with adaptive control algorithm is introduced to overcome typical RSW issues and its applications to automotive body assembly are presented.

1. 서 론

19세기 말 Elihu Thompson에 의해 처음 소개된 이후로 저항 점 용접은 간단한 원리와 값싼 설비로 인해 여러 가지 박판의 접합공법에 다양하게 적용되어 오고 있다. 특히, 자동차 판넬 용접과 같은 대량 생산 시스템에 매우 효과적으로 활용되어 지난 수 십 년 동안 자동차 차체의 가장 핵심적인 조립공법이 되었다. 일반적으로 승용차 한 대의 차체가 제작되기까지는 수천 점 이상의 저항 점 용접이 수행되고 있기 때문에 각 용접점 하나 하나는 차체의 강성, 내구성 및 NVH(Noise, Vibration, and Harshness) 성능 등 자동차 차체 품질에 직접적인 영향을 미치고 있다. 그 동안 국내외 유수의 산업체, 학계 및 연구소 등에서 이러한 저항 점 용접의 품질 확보를 위하여 많은 연구가 진행되어 왔으나, 생산라인의 가동율이 비용과 직접적으로 연계되어있는 산업현장 적용을 위해서는 검증되어야 할 사항들이 아직 남아있는 실정이었다.

최근에 들어와서 각종 제어 기법과 소재기술의 발달로 인하여 기존에 실험실 수준에서 개발·검토되었던 기술들이 실제 산업현장에 적용되기 시작하였는데, 그 중 가장 파급효과가 클 것으로 예상되는 기술이 바로 지능형 저항 점 용접 기술이다. 일반적으로 저항 점 용접에서는 정전류 제어 기법을 활용하여 목표로 설정한 전류값을 용접시간 경과에 따라 일정하게 유지할 수 있도록

제어하게 되는데, 이 방법은 다음과 같은 몇 가지 단점을 지니고 있다. 제어된 전류를 목표전류와 비교하기 위하여 변압기 1차 회로(또는 2차 회로)에서 전류를 검출하여 피드백하게 되는데, 용접부 부근에서 선트가 발생할 경우 이 전류값이 100% 실제 용접 너겟 형성에 기여한 전류임을 보장할 수 없게 된다. 또한, 고속의 대량 생산 현장에서는 전극 마모나 전극 정렬불량 등 여러 가지 원인에 의해 용접부 접촉면적 변화에 기인한 전류 밀도 변화가 발생하게 되는데, 단순히 정전류 제어 기법에 의해서는 이러한 변화를 적절히 보상해주기가 매우 어렵다. 이에 용접이 진행되고 있는 현상을 반영하고 있는 인자, 즉, 동저항을 실시간적으로 피드백하여 적절하게 용접 전류 및 시간을 제어할 수 있는 기법인 지능형 적응 제어기술은 차세대 저항 용접 시스템의 주류를 이룰 것으로 사료된다.

본 연구에서는 이러한 지능형 저항 용접 시스템의 기본 구성 및 제어원리에 대해서 소개하고, 자동차 차체 용접 생산현장에서 발생하는 여러 가지 품질 이슈들과 본 시스템에 의한 해결방안 및 효과에 대해 고찰하고자 한다.

2. 시스템 개요 및 특징

2.1 시스템 구성

지능형 저항 점 용접 시스템은 Fig. 1과 같이 MFDC(Medium Frequency Direct Current) 인버터 제

어방식을 사용하여 용접 전류 및 시간을 제어한다. 기존 AC(Alternating Current) 용접기의 경우 1/60초 단위로 전류·전압을 위상 제어하기 때문에 용접부 형성 거동을 모니터링하면서 실시간적으로 전류를 제어하기란 거의 불가능하다. MFDC 인버터 용접기의 경우 1000Hz의 제어주파수를 사용하므로 용접부 너겟 형성변화에 적절히 대응하여 전류를 제어할 수 있다.

용접부 너겟 형성거동은 변압기 2차 회로에서 검출된 전류와 전압에 의해 계산된 동저항 신호를 근거로 제어 알고리즘에 반영된다. 이때, 용접 전압 검출 위치는 판넬의 용접부에 근접할수록 신뢰도가 증가하나 생산현장에서는 부가적인 연결장치에 의한 용접오류 요인이 발생하므로 가급적 변압기에 가까울수록 유리하다. 최근에는 진극 또는 용접 건에 별도의 전압 계측장비를 부착하지 않고 변압기 2차측 다이오드에서 전압을 계측하여 적응제어에 활용하는 시스템도 개발되어 실용화 되어있는 상태이다.

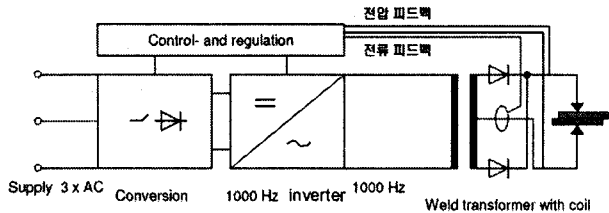


Fig.1 Schematic diagram of intelligent resistance spot welding system

2.2 적응제어 기법

지능형 저항 점 용접을 구현하기 위한 적응제어 기법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 최적의 용접조건을 이용하여 그 때의 동저항 패턴을 참고패턴으로 저장한 후 그 패턴을 추적하며 시간에 따른 제어를 수행하는 방법이고, 또 하나는 참고패턴 없이 시간에 따른 동저항 피크값을 검출하여 그 점을 기준으로 전류 및 시간을 제어하는 방법이다. Fig.2는 용접부 너겟 형성거동과 동저항 패턴과의 관계를 나타낸 그림을 제어된 전류패턴과 함께 나타낸 것이다. 너겟이 생성 성장됨에 따라 β 피크라고 불리는 동저항 피크값이 발생하는데, 전자의 제어방법에 의해서는 이미 저장된 이러한 동저항 패턴을 추적해가며 전류를 제어하게 되고, 후자의 제어방법의 경우에는 전류증가를 및 전류감소율 등을 알맞게 설정하여 최적의 동저항 패턴을 유도해가며 용접을 수행하게 된다. 각각

용접기 운영면에서 장단점이 있으나, 용접성 측면에서는 기존 AC용접기 및 단순 MFDC 인버터 용접기에 비해 외부 요인변동에 비교적 안정적인 품질을 나타내고 있다.

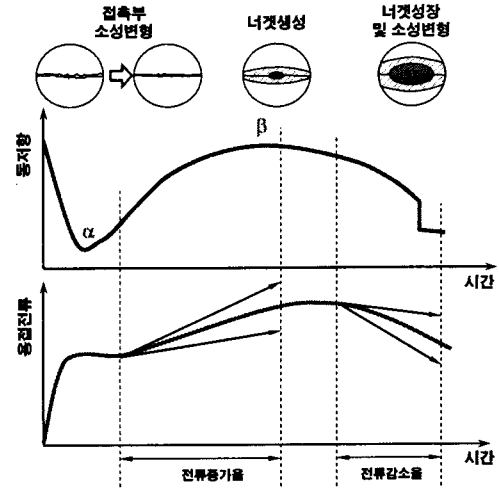
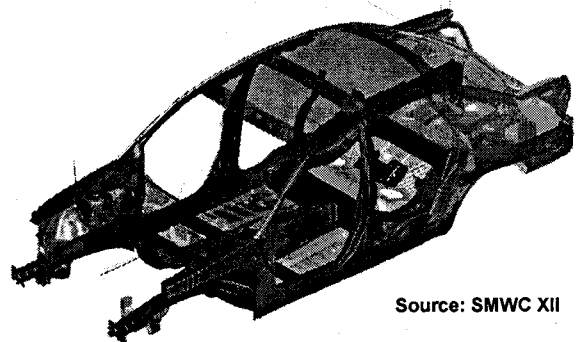


Fig.2 Dynamic resistance pattern and corresponding welding current pattern with adaptive control

3. 결과 및 고찰

3.1 고장력강 용접성

Fig. 3은 최근 세계적으로 자동차 차체 적용이 확대되고 있는 AHSS(Advanced High Strength Steel)의 적용 모습을 나타낸 것이다. AHSS는 차체의 경량화 및 강성·충돌안정성 향상 등에 효과적으로 활용되고 있는 강판으로 경량고속의 적용확대와 더불어 그 사용이 증가되고 있다. AHSS에서는 적정용접 조건을 얻을 수 있는 범위가 기존 강판보다 좁아지고, 저전류 및 장시간 영역으로 이동하기 때문에 보다 섬세한 조건설정이 필요하다. 이 경우, 지능형 제어 기법을 활용하면 기존 용접 조건을 최대한 활용하여가며 보다 안정적인 용접 품질을 얻을 수 있다.



Source: SMWC XII

Fig.3 AHSS application to automotive body structure

3.2 동일 용접조건에 의한 다층 용접

자동차 차체 제작 과정에는 신차개발을 위해 소량의 차량을 시험적으로 생산하는 과정이 있다. 이 경우, 소수의 용접기로 차체의 모든 용접점을 용접할 경우가 발생한다. 여러 가지 판재 조합들 각각의 용접조건을 몇 대의 용접기로 운용하기 위해서는 매우 복잡하고 번거로운 과정이 필요하게 된다. 지능형 저항 점 용접기에서는 동저항의 변화 패턴에 따라 용접이 수행되므로 두께, 재질, 및 판재의 매수 변화와 상관없이, 하나의 용접조건으로 거의 모든 용접점 용접이 가능하다. 단, 위의 용접조건 중에서 용접시간은 두께에 따라 변해가며 적응제어를 수행하여야 하기 때문에 어느 정도 여유 있게 설정해야 한다. Fig. 4는 두 장 및 세 장의 판재를 동일 조건으로 용접하는 경우를 모식도로 나타낸 것이다.

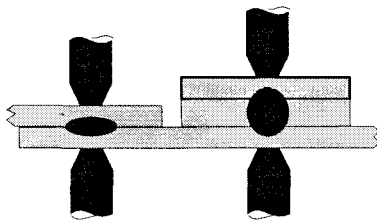


Fig.4 2-sheet and 3-sheet application with same welding parameters

3.3 여러 가지 용접 품질 이슈들

Fig.5는 차체 생산과정에서 흔히 발생하여 용접 품질에 영향을 미칠 수 있는 여러 가지 이슈들에 대한 모식도이다. 지능형 용접 기법은 용접부 생성을 반영하는 전기적신호(동저항)를 근거로 제어가 이루어지므로 아래의 문제들에서도 효과적인 결과를 얻을 수 있다.

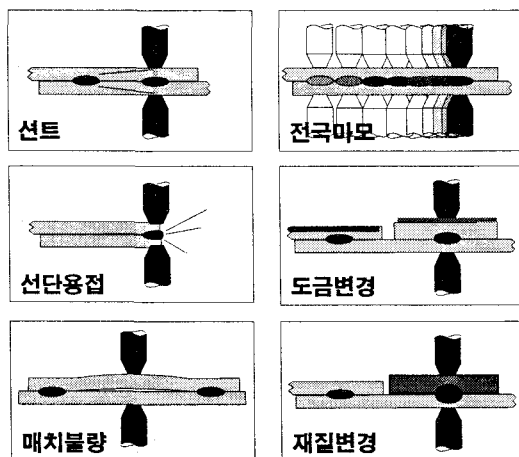


Fig.5 Various quality issues during resistance spot welding

4. 결 론

이상에서 지능형 저항 용접 시스템의 기본 구성 및 동저항을 활용하여 제어하는 적응제어 기법에 대해서 간단히 알아보았으며, 본 시스템의 특성을 살려 자동차 차체 용접 생산현장에서 발생하는 여러 가지 품질 이슈들과 이에 대한 해결방안에 대해 고찰하였다.

참 고 문 헌

1. W. L. Roberts : Resistance Variations During Spot Welding, *Welding Journal*, 30-11 (1951), 1004s-1019s
2. K. I. Johnson and J. C. Needham : New Design of Resistance Spot Welding Machine for Quality Control, *Welding Journal*, 51-3 (1972), 1s-8s
3. K. C. Wu : Resistance Spot Welding of High Contact-Resistance Surface for Weldbonding, *Welding Journal*, 54-12 (1975), 436s-443s
4. J. E. Gould : An Examination of Nugget Development during Spot Welding using Both Experimental and Analytic Techniques, *Welding Journal*, 66-1 (1987), 1s-10s
5. D. W. Dickinson, J. E. Franklin, and A. Stanya : Characterization of Spot Welding Behavior by Dynamic Electrical Parameter Monitoring, *Welding Journal*, 59-6 (1980), 170s-176s
6. S. R. Patange, T. Anjaneyulu, and G. P. Reddy : Microprocessor-based Resistance Welding Monitor, *Welding Journal*, 64-12 (1985), 33-38
7. M. Hao, K. A. Osman, D. R. Boomer, and C. J. Newton : Developments in characterization of resistance spot welding of aluminum, *Welding Journal*, 75-1 (1996), 1s-8s
8. Y. Cho and S. Rhee : Primary Circuit Dynamic Resistance Monitoring and its Application to Quality Estimation during Resistance Spot Welding, *Welding Journal*, 81-6 (2002), 104s-111s
10. Y. Cho and S. Rhee : Experimental Study of Nugget Formation in Resistance Spot Welding, *Welding Journal*, 82-8 (2003), 195s-201s
11. Y. Cho, W. Li, and S. J. Hu : Design of Experiment Analysis and Weld Lobe Estimation for Aluminum Resistance Spot Welding, *Welding Journal*, 85-3 (2006), 45s-51s
12. Y. Cho, I. Chang, and H. Lee : Single-Sided Resistance Spot Welding for Auto Body Assembly, *Welding Journal*, 85-8 (2006), 26-29