

자동차용 강판(TRIP강)에 대한 저항 점 용접 품질 평가 알고리즘 개발

Intelligent quality estimation of automobile steel sheet during Resistance spot welding

김 태형*, 이세현**

* 한양대학교 공과대학 정밀기계공학과

** 한양대학교 공과대학 기계공학부

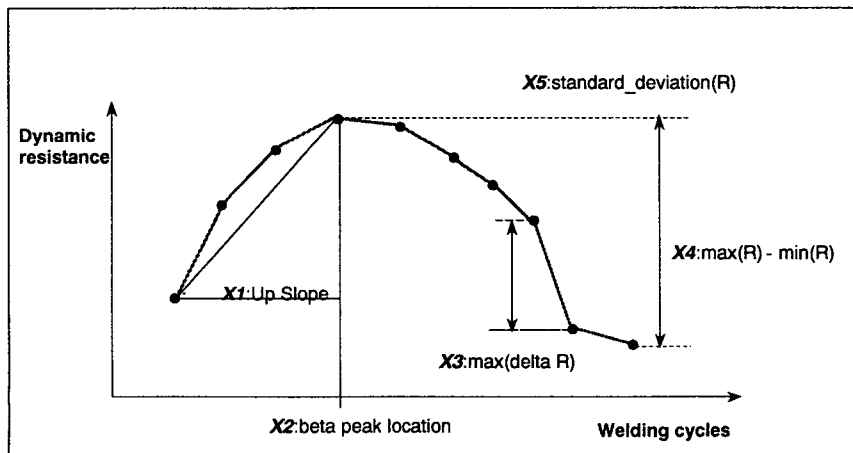
ABSTRACT Quality estimation of the weld has been one of the important issues in RSW which is a main process of the sheet metal fabrication in auto-body industry. It was well known that among the various welding process variables, dynamic resistance has a close relation with nugget formation. In this study, a new quality estimation algorithm is developed with the primary dynamic resistance measured at welding machine timer. For this, Back propagation algorithm of neural network is used.

1. 서 론

저항 점 용접에서 점 용접이 완료됨과 동시에 용접부의 품질을 예측할 수 있는 여러가지 방법에 대한 연구가 수행되었다. Dickinson1)등의 연구에서는 저항 점 용접 공정에서 계측될 수 있는 전압, 전류, 동저항 및 입력 에너지를 검출하였으며, Hao2)등의 알루미늄 저항 점 용접 특성 분석에서는 다중 선형 회귀 분석(multiple linear regression analysis)을 이용하여 너겟의 직경과 용접 강도를 예측하였으며, Kimchi3)의 연구에서는 날림이 발생하기 시작하는 전류 영역에 대한 보다 자세한 실험적 검증을 통하여 날림 현상이 용접 품질에 미치는 영향을 분석하였다. 그러나, 기계적, 전기적 요소들이 복합적으로 작용하는 공정의 비선형 특징상 보다 효과적인 품질 판단 시스템이 요구되고 있으며, 이러한 대안으로 인공 지능형 판단 시스템 개발이 연구되고 있다4).

이에 따라 본 연구에서는 고장력 TRIP강에 대한 저항 점 용접을 수행할 때 검출되는 1차 회로 공정 변수를 이용하여 동저항을 추론하고, 이 동저항 패턴에서 용접 품질 판단에 필요한 인자들을 추출하였다. 추출한 판단 인자들을 이용해 용접 품질을 효과적으로 예측할 수 있는 인공신경회로망 모델을 제시하였다.

2. 점 용접 품질 판단 인자



동저항 패턴에서 용접 품질을 판단할 수 있는 5가지 인자들을 추출하였다. 우선 초기에 용접부의 비저항 상승에 의한 저항 증가 부분을 나타내는 X1, 동저항 최대값의 시간을 X2, 너겟이 생성되고 난 뒤의 최대 저항 감소값 X3, 동저항의 최대값과 최소값의 차이인 X4, 동저항의 분포정도를 나타내는 표준편차값인 X5를 인자로 선정하였다. 기존의 연구에서는 동저항 패턴에서 품질을 판단할 수 있는 많은 인자들을 추출하여 예측 알고리즘을 개발하였지만, 본 연구에서는 1차측 동저항에서 매번 용접시 전부 관찰할 수 있는 기하학적인 인자들만을 사용하였다.

3. 실험 및 알고리즘 구성

3.1 실험

본 연구에서는 자동차용 강판으로 쓰이게 될 TRIP 강판에 대해 용접부 품질 판단 알고리즘을 개발하고자 하였다. 실험용 소재로 두께 1.2t의 60 킬로급 TRIP 강을 사용하였으며 소재의 화학 성분 및 기계적 성분은 다음과 같다.

화학 성분 (wt %)				기계적 특성		
C	Si	Mn	P	항복강도(kgf/mm ²)	인장강도(kgf/mm ²)	신율(%)
0.08	1.00	1.47	0.008	40.0	60.5	33.7

[표1] TRIP의 화학성분과 기계적 특성

본 실험에서 사용된 접 용접기는 공압식으로 교류형 정치식이며, 용접 전극은 반구형으로 외경 16mm, 용접 선당경은 6mm의 자동차 차체 조립라인에서 사용되는 크롬-동 전극을 사용하였다. 시험편은 인장전단시험편으로 가로 100mm, 세로 30mm의 강판을 30mm 정도 겹치게 한 후 용접을 수행하였다. 용접전류는 6kA에서부터 0.5kA씩 증가시켜가면서 10kA까지, 가압력은 250, 300, 350 kgf로 바뀌가면서 각 조건당 4회 반복 실험하였다.

3.2 품질 판단 알고리즘

용접기 1차 회로에서 얻은 동저항을 용접 품질 판단에 지능적으로 사용하기 위하여 오류역전파 알고리즘을 이용한 신경회로망을 사용하였다. 네트워크 구성은 [표2]와 같다.

Input nodes	5
Hidden Layers	4×4
Free Parameters	24+20+5 = 49(개)
Learning Data	54(개)
Validation Data	27(개)
Testing Data	27(개)

[표2] 신경회로망 구성

용접실험과 전단 인장강도 실험을 통해 TRIP강의 108개의 데이터를 얻었다. 108개의 데이터를 이용하여 두 개의 은닉층에 각 노드수가 4개씩이고 출력은 전단 인장강도값 하나로 구성된 신경회로망을 구성하였다. 이와 같은 신경회로망에서 Over-parameterization 문제를 해결하기 위해선, 최소 49개의 학습 데이터가 필요하므로, 이보다 많은 54개의 데이터를 학습데이터로 설정하고, 나머지 검사 데이터와 테스트 데이터는 총 데이터의 1/4의 개수로 정하였다.

5. 결론

기존의 냉연강판에 대한 1차측 동저항 연구 결과의 경우, 동저항 패턴이 Dickinson 등이 제안한 선명한 형태를 보여 품질 판단 인자 추출에 용이하였으나, 고장력강인 TRIP강의 경우 동저항 패턴의 형태가 뚜렷하지 못하여 품질 판단 인자 추출에 어려움을 겪었다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하고자 보다 비선형적인 동저항 패턴에서의 품질 판단 인자를 추출하여 1차측에서 항상 안정하게 얻을 수 있는 인자들만을 사용하여 예측 모델을 개발하였다. 예측 모델 개발을 위해 인공신경회로망을 이용하였으며, 개발된 모델을 이용하여 저항 점 용접부의 전단 인장강도를 예측할 수 있다. 앞으로 다양한 자동차용 강판에 대해 용접 품질을 예측할 수 있는 모델을 개발하여 현장에 적용하고자 한다.

참고문헌

1. D. W. Dickinson, J. E. Franklin, and A. Stanya : Characterization of spot welding behavior by dynamic electrical parameter monitoring, *Welding Journal*, Vol. 59, No. 6, (1980), pp. 170s 176s
2. M. Hao, K. A. Osman, D. R. Boomer, and C. J. Newton : Developments in characterization of resistance spot welding of aluminum, *Welding Journal*, Vol. 75, No. 1, (1996), pp. 1s 8s
3. M. Kimchi : Spot weld properties when welding with expulsion - A comparative study, *Welding Journal*, Vol. 63, No. 2, (1984), pp. 58s 63s
4. Yongjoon Cho and Sehun Rhee, New technology for measuring dynamic resistance and estimating strength in resistance spot welding , *Measurement Science and Technology*, Vol.11, No8, (2000), pp.1173-1178