

자동차 재료의 점용접성 평가를 위한 초음파 시험에 관한 연구 (제 1 단계 : 용접전류 변화에 따른 초음파 특성)

정지웅*, 안병국**, 유효선***, 정세희***

* 전북대학원, ** 전북대학교 국책사업단, *** 전북대학교 기계공학부

A Study on Ultrasonic Test for Evaluation of Spot Weldability in Auto. Materials (1 step : Ultrasonic characteristic with welding currents)

1. 서론

자동차 제조라인에서 점 용접성을 정량적으로 평가하는 것은 용접제품의 신뢰성 향상이나 품질관리적 측면에서 상당히 중요하다. 종래 점용접에 의한 용접품질의 결과는 대부분 집합강도와 관련된 박리시험이나 전단인장시험, 십자인장시험 등과 같은 파괴시험에 전적으로 의존하여 실시되어 왔으나, 이방법은 실제 생산라인에서 상당한 시간과 많은 실험용 재료를 필요로 하기 때문에 이에 대한 해결책으로 용접품을 비파괴적으로 평가할 수 있는 새로운 기술의 개발이 요구되어지고 있는 실정이다.

본 연구에서는 냉연강판과 아연도금된 표면처리강판을 대상으로 다양한 용접전류에 따른 최적 점용접조건을 조사하고, 초음파 기법에 의한 비파괴적인 점용접 품질평가법의 개발을 위해 1 단계시험으로 용접물을 대상으로 국부 수침형 초음파 시험을 실시하여 용접전류에 따른 너겟부를 포함하는 용접부에서의 다중반사 에코특성(초음파의 진폭특성, RMS특성, 감쇠특성 등)을 조사한다. 여기서는 현재까지 수행된 그의 연구결과에 대해 서술하였다.

2. 시험재와 실험방법

시험재 : 본 연구에 사용된 시험재료는 현재 자동차에 널리 사용중인 일반냉연강판(SPC1) 및 아연도금강판(GA45)이다. 사용된 시험편은 전단-인장시험편과 초음파(UT) 시험편이며, 전단-인장시험편은 100mm×30mm×1.4mm의 강판을 30mm 겹친후 1점용접을 실시하여 준비하였다. 시험편의 자세한 용접조건은 Table 1에 나타나 있다. 용접시 사용된 전극은 RWMA-Class II에 해당하는 Cr-Cu합금으로 선단경 6mm R형 dome식 전극을 사용하였다. UT 시험편은 170mm×30mm×1.4mm의 강판을 겹쳐서 5점용접을 실시하여 준비하였다. Nugget부의 조직과 직경관찰 시험편은 UT시험이 끝난 시험편을 용접부 중앙을 표면에 수직방향으로 절단한 후, mounting하여 제작하였다.

실험방법 : 점용접부의 강도평가를 위해 2mm/min.의 cross head 변위속도로 전단-인장시험을 수행하였다. 그리고 점용접성의 평가방법으로써 시도된 초음파 시험은 Panametrics사의 Model 5800 초음파장치와 국부수침형(M208) 탐촉자를 이용하여 실시하였다. 여기서, 각 시험재의 국부수침형 초음파 탐상에 의한 용접부 두께 측정과 초음파 신호분석을 하였으며, 신호분석에 사용된 인자는 초음파 감쇠계수(α), 용접선 위치에서의 진폭크기(V_{WL}) 등으로 하였다.

3. 시험결과

SPC 냉연강판과 아연도 강판을 대상으로 다양한 용접전류에 따른 인장-전단강도의 시험결과와 초음파 감쇠특성 그리고 JIS에서 권장하는 A급의 적정 인장-전단강도치를 함께 Fig. 1과

Fig. 2에 나타내었다. 먼저 Fig. 1에서 보는 바와 같이 냉연강판의 경우는 5kA와 6kA의 저용접 전류에서는 낮은 인장강도특성을 보이고 있고, 7kA~13kA의 용접전류 범위에서는 거의 같은 약 860~880kg 정도의 인장-전단강도 특성을 보이고 있다. 아연도 강판의 경우에는 실시된 용접전류범위에 있어서는 저전류측에서 고전류측으로 갈수록 인장강도는 증가하는 경향을 보이고 있다. 그러나 10kA 이하의 용접전류범위에서는 냉연강판의 경우보다 낮은 인장강도 특성을 보이고 있다. 이러한 용접재들의 초음파 감쇠계수(α)의 변화는 냉연강판의 경우, 저전류측에서 약 0.18dB/mm 정도의 거의 같은 감쇠특성을 보이고, spatter가 발생한 8.5kA의 용접전류량을 기점으로 감쇠특성이 증가하는 거동을 보였다. 이때 초음파의 감쇠계수 α 는 $\alpha=1/(2T) \times n^1 \times 20 \cdot \log_{10}(A_0/A_n)$ 의 식을 이용하여 구하였다. 여기서, T = 시험재의 두께(mm), n = 계측된 밀면에코의 반사파의 수, A_0 = 초기 pulse 에코의 진폭, A_n = 밀면반사 에코의 진폭이다. 한편, 아연도강판의 경우는 냉연강판과는 다르게 저전류측에서 고전류측으로 갈수록 감쇠계수값은 증가하고 있다. 이와 같은 두 강판의 감쇠특성을 비교해 볼 때 아연도 강판의 경우가 냉연강판의 경우보다 같은 용접전류에서 감쇠 특성이 높는데, 이는 접합부에 존재하는 용융된 아연층에 의한 용접전류 밀도의 감소에 기인한 결과로 사료된다. 한편, JIS에 준한 적정 최저 용접전류는 냉연강판의 경우는 6.4kA, 아연도 강판의 경우는 7kA임을 알수가 있다. Fig. 3과 Fig. 4는 용접전류변화에 따른 nugget부의 직경과 초음파시험에 의해 측정된 용접부의 두께 그리고 JIS에서 권장하는 A급의 적정 nugget부의 직경크기를 함께 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 용접전류가 증가함에 따라 nugget부의 직경은 두 강재에 있어 증가하고 있는 반면, 같은 가압력이지만 용접부의 두께는 감소하고 있음을 알수가 있다. 그리고 고전류측으로 이동할수록 같은 전류량에 있어 아연도 강판이 냉연강판의 경우 보다 전류밀도의 차에 기인하여 용접부 두께가 큼을 관찰할수가 있다. 한편, 적정 nugget부에 대응한 용접전류치는 앞서 강도에 준한 적정 최저 용접전류치와 약간의 차이는 있지만, 냉연강판의 경우는 6.6kA, 아연도 강판의 경우는 7.2kA임을 알수가 있다. 이에 대해 본 시험의 용접조건에 있어 적정 용접전류치에 대응한 초음파시험에 의해 획득한 용접부 두께는 두 시험재에서 공히 2.66mm임을 알수 있다. 이러한 결과치는 가압력 변화에 따른 고찰이 필요하다. Fig. 5와 Fig. 6은 두 강재에서 nugget부의 직경에 대한 용접부의 두께를 나타낸 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 냉연과 아연도 강재에서 두 결과치는 상호 관련성이 있음을 알 수 있다.

4. 결론

1. SPC 냉연강판에서는 저전류측에서 거의 같은 낮은 감쇠특성을 보이고, spatter가 발생한 8.5kA의 용접전류량을 기점으로 감쇠특성이 증가하는 거동을 보였다.
2. 아연도 강판의 경우가 냉연강판의 경우보다 같은 용접전류에서 감쇠 특성이 높았다.
3. 용접전류변화에 따른 nugget부의 직경과 초음파시험에 의해 측정된 용접부의 두께는 상호 관련성을 갖고, 적정 전류치에 대응한 용접부의 두께는 두 시험재에서 공히 2.66mm이었다.

Table 1 The welding conditions used in this study

| Condition Steels | Welding current(kA) | Electrode force(kg) | Squeeze time(cycle) | Welding time(cycle) | Holding time(cycle) |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| SPC | 5~13 | 300 | 30 | 15 | 10 |
| GA45 | 6~13 | 300 | 30 | 15 | 10 |

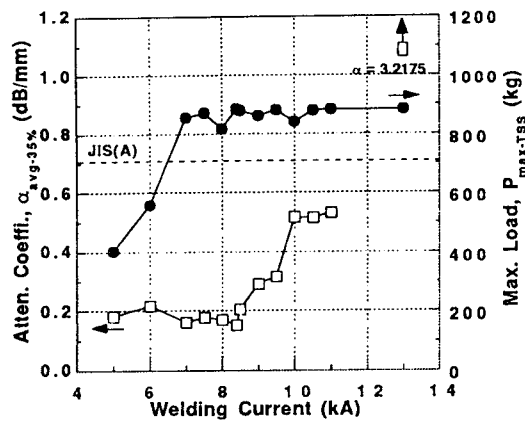


Fig. 1 The effect of welding current on average attenuation coefficient and tensile shear maximum load (SPC)

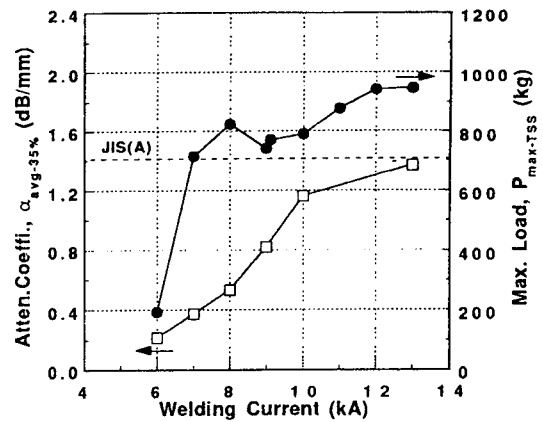


Fig. 2 The effect of welding current on average attenuation coefficient and tensile shear maximum load (GA45)

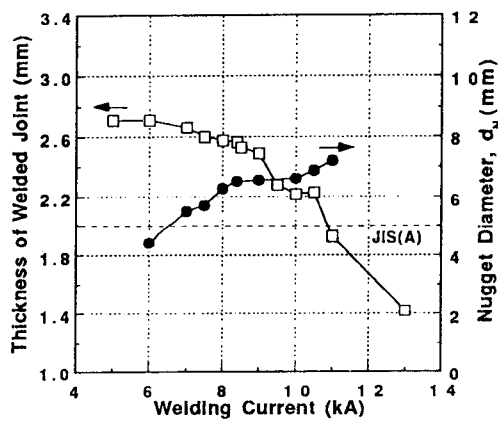


Fig. 3 The effect of welding current on thickness of welded joint and nugget diameter (SPC)

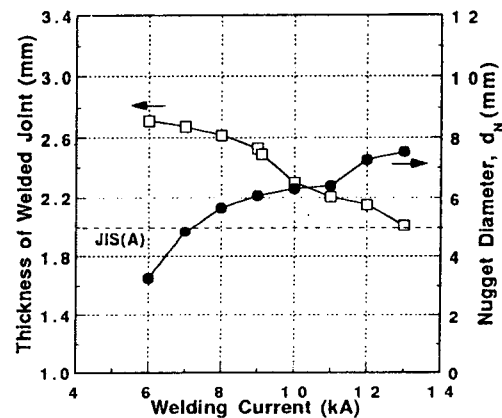


Fig. 4 The effect of welding current on thickness of welded joint and nugget diameter (GA45)

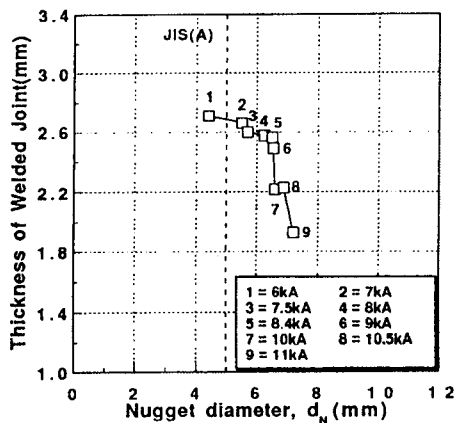


Fig. 5 The relationship between thickness of welded joint and nugget diameter (SPC)

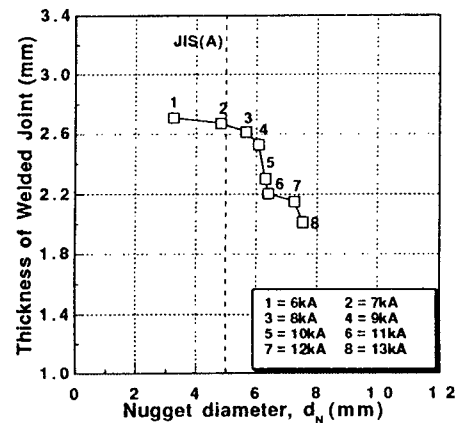


Fig. 6 The relationship between thickness of welded joint and nugget diameter (GA45)