

저항 점용접 시 피치의 영향에 관한 연구

A study on the Effect of pitch during resistance spot welding

방한서*, 신현**, 방희선***

* 조선대학교 공과대학 선박해양공학과

** 조선대학교 선박해양공학과 대학원

*** 조선대학교 기계공학과 대학원

1. 서론

자동차차체조립 및 가전제품 등과 같은 박판구조물의 접합수단으로 사용되어지고있는 점용접은 용접자재가 극히 짧은 시간에 종료됨으로 인해 용접이행현상을 직접 컨트롤하기가 어렵다. 이러한 문제로 인해 용접체의 신뢰성 및 안전성을 보장받을 수 없다. 따라서 본 연구에서는 너깃의 피치간격 및 타점변화에 따른 다점용접부의 역학적특성을 규명하고자 하였다.

2. 연구방법 및 해석조건

2. 1 연구방법

2차원비정상열전도 및 열탄소성 프로그램을 사용하여 다점용접부를 규정을 참고하여 최소피치간격 18mm와 24.4mm으로 모델링하여 연속타점(after 2sec)과 동시타점에 대한 열분포 및 열응력 해석을 수행하였다. 또한 용접종료 후 각 시험편에 인장하중(10kgf/mm²)을 가하였을 때 응력분포양상을 해석하였다.

2. 2 해석모델 및 용접조건

점용접부의 유한요소해석을 위해 점용접되는 시편의 단면을 모델링하여 2차원평면변형으로 해석하였으며 구하고자하는 물리량(온도, 응력 등)의 구배가 큰 곳은 요소분할을 세분화하였다. 재료는 일반적으로 많이 사용되는 SWS490을 사용하였으며, 용접은 길이 150mm×폭 50mm×두께 1mm의 박판 두 장을 겹쳐서 총 용접시간은 30cycle로 가압시간, 통전시간 및 유지시간을 각각 10cycle로 나누어서 해석하였으며 전극가압력, 용접전류, 너깃직경 등의 조건은 AWS점용접규격 (Table 1)중 A-class조건을 적용하였으며, 피치간격은 모재 중앙 75mm지점으로부터 9mm와 12.2mm 간격으로 하여 해석하였다.

Table 1 Resistance spot welding conditions of mild steel plate

Plate thickness	Electrode force	Welding current	Squeezing time	Weld time	Hold time	Nugget diameter
1mm	220kgf	9,400A	10cycle	10cycle	10cycle	4.8mm

3. 연구결과

3. 1 온도분포해석결과

2차원비정상열전도 유한요소프로그램을 이용하여 점용접시의 온도분포를 고찰해 보았다. 통전은 10cycle의 가압단계 후에 9,400A의 전류로 10cycle동안 이루어지며 연속타점의 경우에는 좌측을 타점하고 난 2초 후에 우측을 타점하였다. Fig. 1과 Fig. 2는 피치간격이 최소 18mm일 때의 시간에 따른 열분포형상을 용착금속(1.6mm)과 열영향부(2.6mm) 및 모재(7.5mm)에서의 온도를 추출하여 도시하였다. 좌우 동시에 용접할 경우는 좌우대칭이기 때문에 최고온도영역이 동일함을 보이고 있으나 연속타점을 행 할 경우에는 인접 모재로부터의 열전도 때문에 후행타점에서의 최고온도가 다소 증가함을 보여주고 있다.

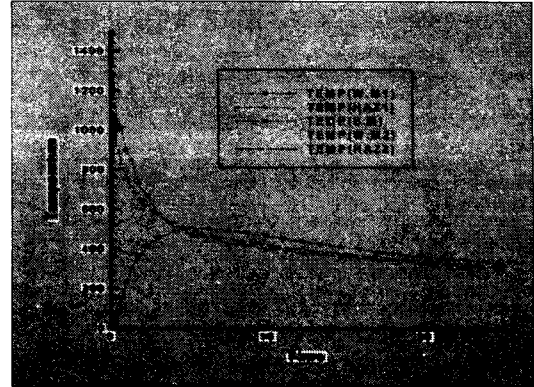
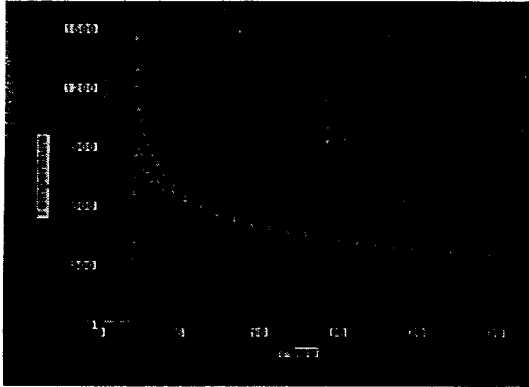


Fig. 1 Temperature distribution with weld time during continuous multi-spot welding

Fig. 2 Temperature distribution with weld time during simultaneous multi-spot welding

다점용접의 경우 피치간격 및 타점시간의 변화에도 불구하고 시간이 경과함에 따라 중심부에서부터 냉각속도가 급격히 증가함을 보여주는데 이는 기존의 단점에 대한 온도분포해석결과와 비교해볼 때 동일한 양상을 보여주고 있다.

3. 2 용접응력 및 변위해석결과

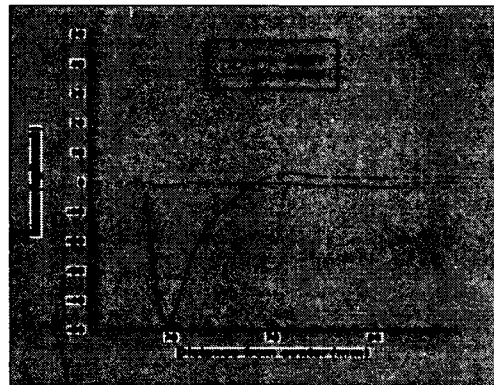
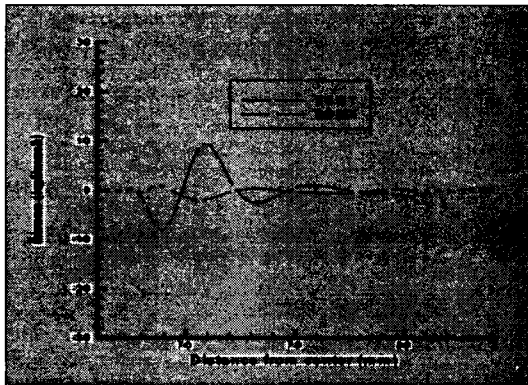


Fig. 3 Stress distribution at 18mm with 21cycle on the upper surface

Fig. 4 Stress distribution at 18mm with 31cycle on the upper surface

열전도해석 전과정의 결과를 입력데이터로 하여 열응력문제를 해석하였는데 경계조건으로는 무한판의 구속조건을 부여하기 위해서 x방향의 양단을 구속하여 열탄소성해석을 수행하였다. 다점용접 시 연속타점에 의한 해석결과는 선행타점부의 통전이 끝나는 21cycle과 131cycle에서 비교 분석하였다. 용접부의 응력은 $\sigma_x > \sigma_y$ 순으로 나타났으며 σ_y 는 별다른 차이는 보이지는 않았으나 σ_x 는 너깃바깥부분에서 최대압축응력을 나타냈으며 피치간격이 좁을수록 각방향 응력간의 차가 다소 커짐을 보였다. Fig. 3은 연속타점을 한 경우 전극과 모재의 접촉면의 잔류응력을 너깃이 최대크기를 보이는 21cycle에서 나타낸 그림이며, Fig. 4는 선행타점의 용접이 완료되는 시점에서 상표면의 잔류응력값을 나타내었는데 그림에서 보는바와 같이 너깃중앙부에서는 응력이 거의 영에 가까운데 이는 발열부의 온도증가에 따라 재료의 강성이 저하되었음을 뜻하며, 바깥부분에서는 압축응력이 발생하고 있음을 알 수 있다. Fig. 5는 동시타점인 경우 피치간격변화를 고려하고 통전이 끝나는 21cycle에서의 모재중심부에서의 변화량을 나타내었는데 피치간격이 넓을수록 변위량이 많아지는 결과를 수반하기 때문에 안정적인 용접부를 얻을 수 없다고 사료된다.

3. 3 인장하중작용시 응력분포

점용접된 시편에 인장하중을 가하였을 때의 응력분포를 해석하기 위해 경계조건으로는 시편의 한

쪽 끝단을 고정시키고 반대편에서 하중을 가하여 해석을 수행하였다.

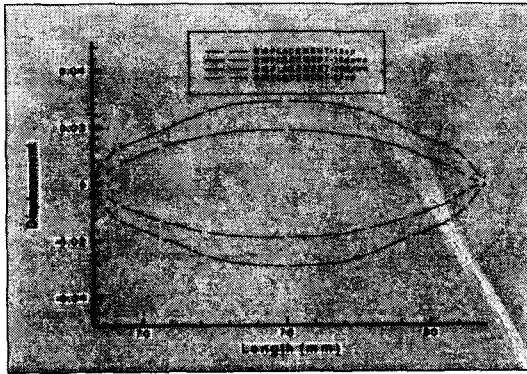


Fig. 5 Displacement distribution at 21 cycle with pitch length 18 and 24.4mm

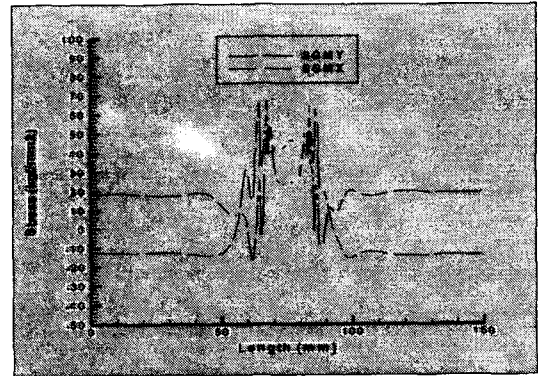


Fig. 6 Stress distribution along faying surface under tension load

Fig. 6은 피치간격 18mm에서 연속타점의 경우에 대한 인장하중이 작용할 때 모재간의 접촉면에서의 응력값을 나타내었는데 모재끝단부에서 σ_y 는 인장응력을 나타내며, σ_x 는 압축응력을 나타내었으며 너깃을 포함한 중앙부에서는 동일한 양상을 보이고 있으며 또한, 연속타점의 경우 피치간격이 넓어질수록 응력분포가 상표면이나 저면에서는 다소 복잡해지나 피치간격이 작은 것이 다소 높은 응력분포를 나타내었다.

4. 결 론

이상과 같이 다점용접부의 열전도 및 응력해석을 수행하여 도출된 결과는 다음과 같다.

1) 최고온도분포는 피치가 18mm일 때 보다 24.4mm일 때 또한, 연속타점의 경우가 동시타점의 경우보다 더 높게 나타났는데 이는 피치간격이 넓어질수록 모재의 비저항이 길이의 함수로써 증가하여 저항발열이 커지기 때문에 후행타점 시 초기온도가 높게 형성되기 때문이라 판단되며, 연속타점의 경우 동시타점과 비교하여 냉각시간은 증가하지만 인접용접부의 영향으로 냉각속도가 증가함을 엿볼 수 있었다.

2) 열탄소성해석결과 과도 및 최대응력의 크기는 주로 너깃부를 포함한 외주부에서 발생하였는데, 다점 연속타점인 경우 피치간격이 넓어질수록 실온까지의 냉각시간이 증가하여 예열 및 후열처리효과로 판단되는 응력완화효과가 발생하여 응력값이 다소 감소함을 보였으나, 가운데 부분에서의 변위가 증가하여 모재가 서로 벌어지는 현상을 보였으며, 동시타점의 경우는 잔류응력만을 고려한다면 단점과 유사한 형태를 보였으나 피치간격이 넓어질수록 잔류응력이 가운데 부분으로의 열집중현상 때문에 증가함을 보였다.

후 기

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 조선대학교 수송기계부품공장자동화 연구센터 지원으로 수행되었으며 이에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- 1) Z. Han, J. Orzoco : "Resistance spot welding : A heat transfer study", Journal of welding research, (1989), pp.363s~371s
- 2) 房漢瑞 : "有限要素法에 의한 薄板熔接의 2次元非正常熱傳導解析", 大韓造船學會誌, 第27卷 第4號, pp.44~50, 1990.