

자동차용 모듈식 Steering Gear Housing 제조시의 용접변형에 관한 연구 (I) -SAE1020강의 열원에 따른 용접성-

A Study on Welding Distortion in Processing of Modular Steering Gear Housing for Automobiles (I) -The Weldability of SAE1020 Steel by Different Heat Sources-

김종도*, 이창제**, 강운주**, 김유찬***

* 한국해양대학교 기관시스템공학부

** 한국해양대학교 대학원

*** BEST F.A

1. 서 론

자동차 산업은 금속, 기계, 전기·전자, 소재 부품, 내외장재, 도로 등과 같은 복합 조립산업으로서 수많은 경제적 파급효과를 내고 있다. 특히 자동차의 소재부품은 조립의 간소화와 제품의 신뢰성 향상을 위해 모듈화의 도입이 빠르게 진행되고 있다.

본 연구는 Fig. 1,에 나타낸 것과 같이 자동차 조향장치의 일부인 스티어링 기어 하우징(steering gear housing)을 단일화하여 생산공정의 간소화 및 제품의 신뢰성 향상을 도모하기 위한 모듈화의 일환이다. 그러나 파이프의 외주를 따라 용접하는 3차원 가공이므로 용접부의 형상이 복잡해지고 용접변형에 제품의 품질이 더

욱 민감해지는 문제점이 있다.

따라서 기존 제조공정의 주 열원인 MIG와 그 대체 열원인 레이저의 적절한 가공인자를 도출하고, 입열이 큰 MIG용접직후 용접부의 온도분포 변화 및 거동을 추적하여 그 변형정도를 측정하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

본 실험에서는 스티어링 기어 하우징과 동일한 두께인 3.5mm^t의 SAE1020강을 150mm×45mm의 크기로 재단하여 MIG 및 레이저로 비드용접을 실시하여 열원에 따른 용접특성을 조사한 후, 적용될 용접부와 유사한 필릿용접으로 적절한 지배인자를 도출하였다.

다음으로 MIG용접시의 온도분포변화 및 변형정도를 측정하기 위해 적외선 카메라를 사용하여 용접직후의 온도를 측정하였으며, 용접부의 수냉시 온도분포를 추적하여 온도변화에 따른 변형정도를 계측하였다. Fig. 2에 용접부의 수냉방법에 대한 모식도를 나타낸다.

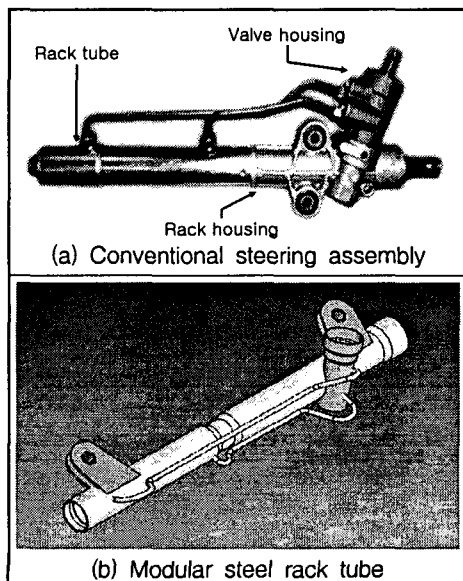


Fig. 1 Appearance of conventional housing and modular housing

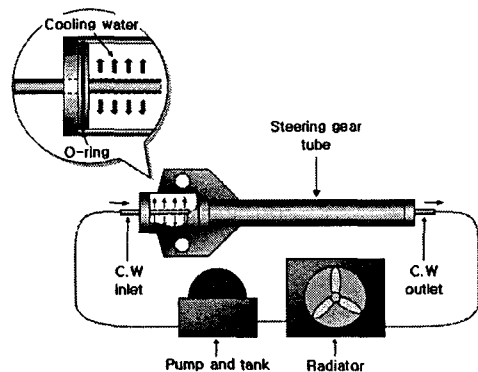


Fig. 2 Schematic illustration of water cooling of welds

3. 실험결과 및 고찰

3.1 비드용접시의 용입특성

MIG용접의 비드용접에서 가장 큰 변화를 보인 것은 용접전류와 용접속도였다. 특히 용접전류 변화에 따른 스탠다드와 펄스아크의 용접특성은 펄스아크가 더 넓은 비드폭을 가지고 변화했으며, 용접전류 80A부터는 펄스아크의 용입이 스탠다드아크 보다도 깊어졌다. 따라서 펄스아크가 스탠다드아크 용접보다 적은 입열로 용접할 수 있어, 용접변형에 유리할 것으로 기대된다. Fig. 3(a)는 스탠다드아크와 펄스아크의 용접전류 변화에 대한 용접특성을 나타낸다.

레이저의 비드용접에서는 비초점(f_0) -1mm에서 +0.5mm사이에서 용입의 희생 없이 키흔용접이 이루어졌다. 따라서 실제 로봇트를 이용한 용접적용시 용접이동에 의한 여도를 약 1.5mm 정도 가질 수 있을 것으로 여겨진다. 또한 펄스폭에 따른 용입특성은 2ms에서 가장 깊은 용입을 보였으나, 안정적인 용입을 얻기 어려웠다. 3ms에서 6ms까지는 전압에 따른 용입변화는 미미했으며, 펄스폭이 증가함에 따라 용입도 감소하였다. 따라서 2ms를 제외한 전압대비 용입깊

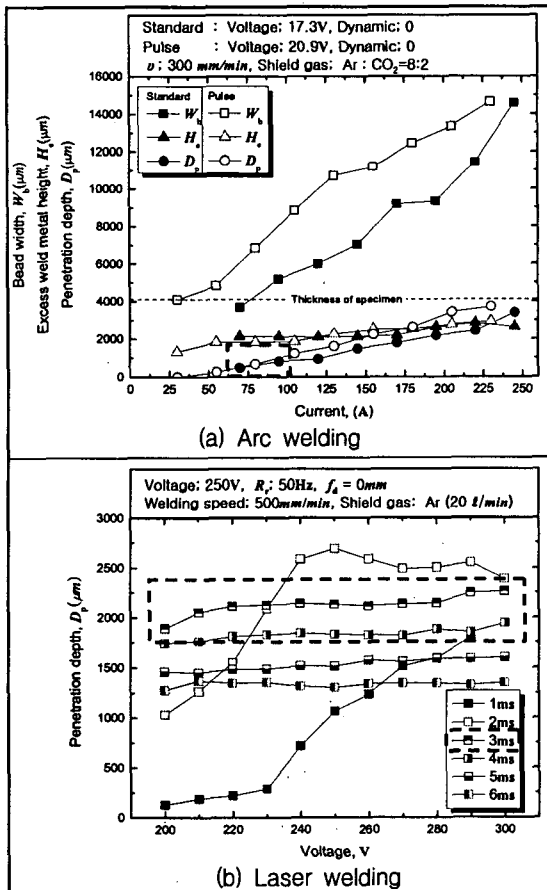


Fig. 3 Compared arc with laser in bead welding

이가 가장 깊은 3ms를 선정하였다. Fig. 3(b)에 레이저 펄스폭(τ_p) 변화에 따른 용입깊이 변화를 나타낸다.

3.2 필릿용접시의 용입특성

MIG의 필릿용접에서 중요한 요소 중 하나인 각장의 길이는 최소한 약 2.4mm정도가 되어야 한다. 스탠다드아크 용접에서는 실험을 실시한 전구간에서 각장의 최소요구조건을 만족하였으며, 접합길이는 120A부터 나타나기 시작했다. 펄스아크 용접은 용접전류가 60A를 넘어야 각장의 최소요구조건을 만족하였으며, 접합길이도 60A부터 나타나기 시작하였다. 그러나 60A부터 적절한 각장과 접합길이가 나오기 시작하나 종종 언더컷과 같은 결함이 발견되므로 펄스아크의 실제 적용시에는 80A이상으로 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. Fig. 4에 필릿용접시 스탠다드와 펄스아크의 용접특성을 나타낸다.

레이저 필릿용접에서는 우선적으로 빔의 조사각도를 고려해야 한다. Fig. 5(a)에는 레이저 빔의 입사각도 변화에 따른 용입특성을 나타낸다. 접합길이는 조사빔의 각도가 작을수록 깊었으며, 조사각도가 증가함에 따라 감소하였다. 비드폭은 조사각도 변화에 영향을 크게 받지 않았

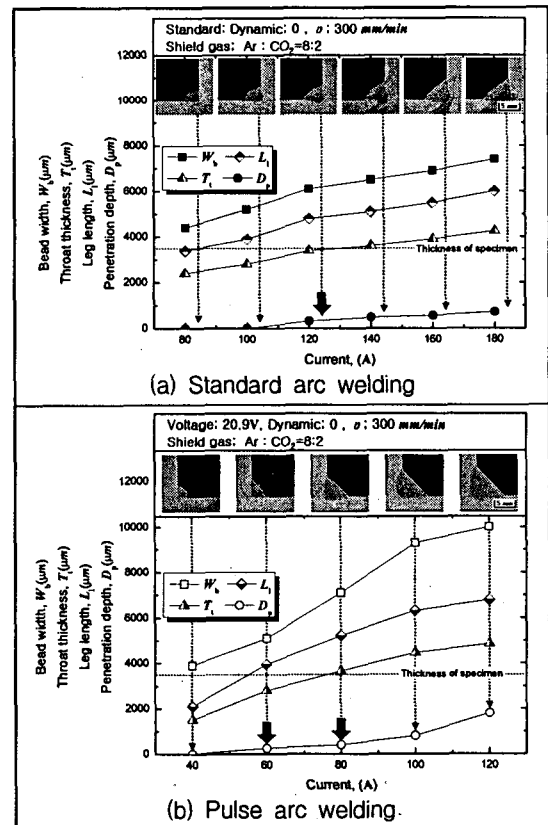


Fig. 4 Compared standard arc with pulse arc in MIG fillet welding by MIG heat source

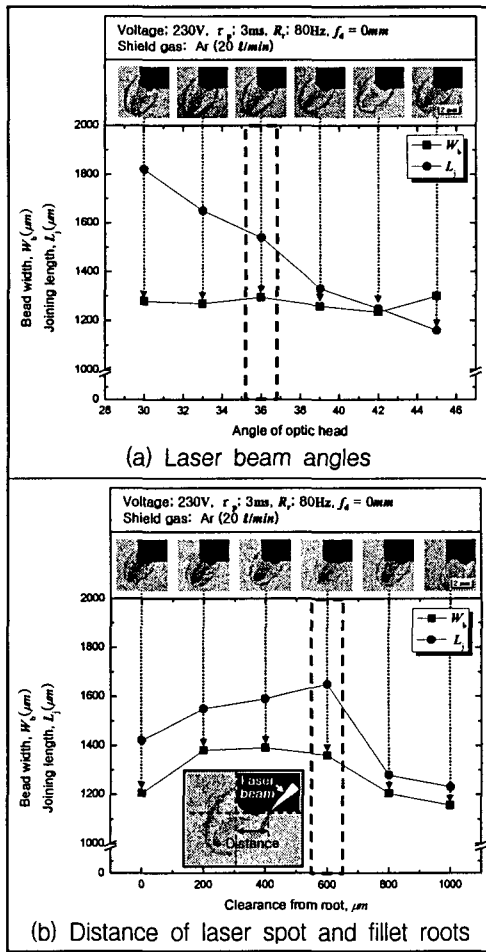


Fig.5 Characteristic of fillet welding by laser heat source

다. 그러나 실제 용접시 광학헤드와 제품과의 간섭을 무시하고 무리하게 각도를 줄일 수 없으므로, 간섭 없이 용접 가능한 최대 각도인 36°에서 용접을 행하였다.

레이저빔의 최적 조사각도에서 얻어진 용입깊이보다 더 깊은 접합깊이를 얻기 위해 레이저빔의 스폿위치를 필릿의 루트부에서 일정한 거리로 조절하여 보다 긴 접합깊이를 얻을 수 있었다. 필릿의 루트부에서 레이저빔 스폿과의 거리를 변화시키면서 레이저용접을 행하였다. Fig. 5(b)에 필릿 루트부와 레이저빔 스폿과의 거리변화에 따른 용입특성을 나타낸다. 필릿 루트부와 레이저빔과의 조사거리가 증가함에 따라 접합깊이가 증가하다가 600 μm 에서 최대가 된 후 급격하게 감소하였다.

3.3 필릿용접시의 용입특성

스탠다드아크 용접 후 온도분포변화를 측정된 결과 용접직후 용접부의 온도는 1,015°C였으며, 펄스아크의 용접부는 1,261°C였다. 그 후 온도

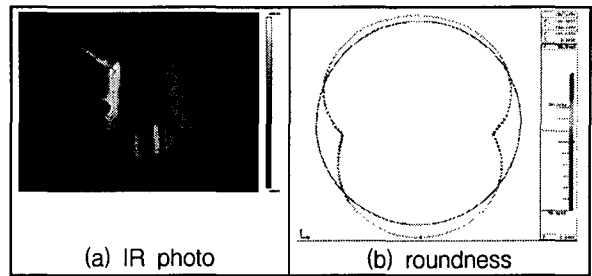


Fig. 6 Infrared ray photo of welds and roundness of housing after MIG pulse arc welding

는 급속히 떨어져 6분 후 145°C까지 떨어졌으며, 펄스아크는 136°C까지 떨어졌다. 비드실험에서 예측한 것과 같이 입열이 적은 펄스아크 용접이 스탠다드아크 용접에 비해 빠른 속도로 냉각되었으며, 용접부의 변형정도도 입열이 적은 펄스아크 용접의 변형량이 스탠다드아크에 비해 적었다.

용접부의 수냉시 스탠다드아크 용접직후 용접선의 온도는 481°C로 매우 빠른 속도로 냉각되어, 불과 10초 경과 후에는 100°C까지 낮아졌다. 펄스아크의 경우에도 용접직후 550°C에서, 30초 경과 후 100°C까지 하강하였다. 용접 중 수냉을 실시한 경우 펄스아크가 스탠다드아크보다 냉각속도가 상대적으로 느려진 현상을 보였다. 변형정도는 수냉을 실시하지 않은 경우와 비교하여 많은 차가 없었으며, 냉각에 의한 변형의 개선은 미미하였다. 따라서 냉각에 의한 변형의 제어보다는 그 역으로 예열을 통한 온도구배의 제어가 바람직 할 것으로 예상된다. Fig.6에 MIG 펄스아크 용접시의 적외선 사진 및 하우징의 진원도를 나타낸다.

4. 결 론

스티어링 기어 하우징(Steering gear housing)용 SAE1020강의 용접특성을 요약하면 다음과 같다.

- 1) MIG용접시의 용접변형의 제어관점에서 펄스아크가 더 유리한 것으로 판단된다.
- 2) 레이저 비드용접시 펄스폭 3ms에서 안정된 비드를 얻을 수 있었으며, 필릿용접시 빔의 입사각도는 36°, 루트부와 빔스폿과의 간극 600 μm 에서 가장 깊은 용입이 얻어졌다.
- 3) 상대적으로 입열이 적은 펄스아크 용접이 변형의 측면에서 유리하였으며, 용접부의 냉각은 온도구배에 따른 변형정도의 개선에 미치는 영향이 미미하였다.