

Steering gear 모듈화를 위한 Housing의 변형저감에 대한 연구

A Study on Distortion Reduction of Housing for Modular Steering Gear

한국해양대학교 기관시스템공학부 김종도

한국해양대학교 대학원 이창제, 강운주

BEST F.A 김유찬

I. 서 론

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

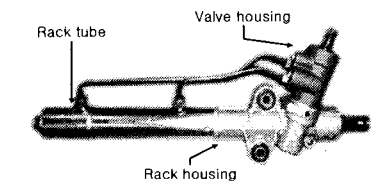
따라서, 본 연구는 Fig. 1에 나타난 것과 같이 자동차 조향장치의 일부인 steering gear housing을 단일화하여 생산공정의 간소화 및 제품의 신뢰성 향상을 도모하기 위한 모듈화의 일환이다. 특히 steering gear housing은 pinion gear, power cylinder 및 piston 그리고 rack 등을 지탱하는 중요한 요소일 뿐만 아니라 cylinder 역할을 하는 housing의 가공 정밀도는 곧 power piston의 수명과 직결되기 때문에, 그 정도의 관리는 매우 중요하다.

하지만 파이프의 외주를 따라 용접하는 3차원 가공이므로 용접부의 형상이 복잡해지고 용접 변형에 제품의 품질이 더욱 민감해지기 때문에 기존의 열원으로는 제작시 많은 문제점이 초래된다. 이에, 본 연구에서는 일체형 steering gear housing 제작시 수반되는 용접변형을 최소화 하는 가공방법을 개발하기 위해, 기존 열원과 레이저의 변형정도를 평가하였다.

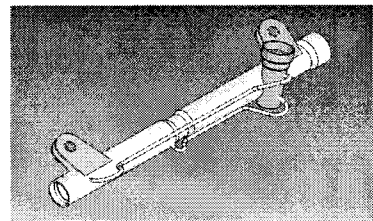
II. 실험방법

2.1 사용재료

본 실험에서는 steering gear housing과 동일한 두께인 3.5mm^t의 SAE1020강을 150mm×45mm의 크기로 재단하여 MIG 및 레이저로 용접을 실시하여 열원에 따른 용접특성을 조사한 후, Fig. 2와 같이 성형가공된 40A의 rack housing과 valve housing의 연결부를 각 열원별로 용접하여, 그에 따른 용접변형을 평가하였다.



(a) Conventional steering assembly



(b) Modular steering gear housing

Fig. 1 Appearance of conventional housing and modular housing

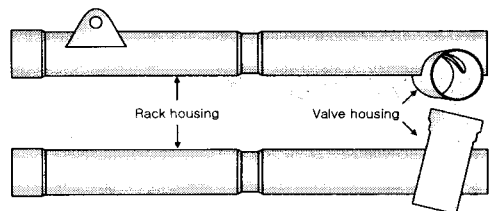


Fig. 2 Drawing of monolithic steering gear housing

2.2 실험방법

Steering gear housing의 용접부와 유사한 필릿용접(fillet welding)을 실시하여 기존열원인 MIG와 레이저의 용접특성을 조사하여 적절한 지배인자를 도출하였다.

다음으로 도출된 지배인자로 MIG와 레이저 용접시 온도분포변화 및 변형정도를 측정하기 위해 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 적외선 카메라를 사용하여 용접직후의 온도를 측정한 후, 용접부의 온도분포를 추적하고 온도변화에 따른 변형정도를 계측하였다.

마지막으로 필릿용접에서 도출된 용접조건으로 일체형 Steering gear housing의 제작을 위해 Fig. 4에서와 같이 두 대의 로봇트를 동기하여 jig-less용접으로 시제품을 제작하였으며, 제작된 일체형 Steering gear housing은 3차원 스캐너를 이용하여 진원도(roundness)를 평가하였다.

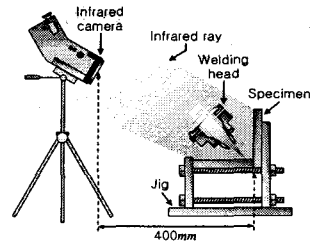


Fig. 3 Schematic illustration of infrared photographing

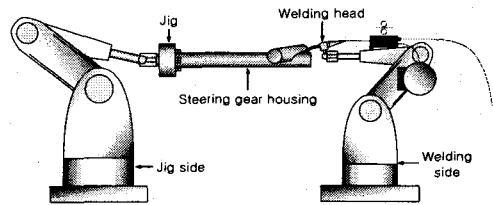


Fig. 4 Schematic illustration of jig-less welding

III. 실험결과 및 고찰

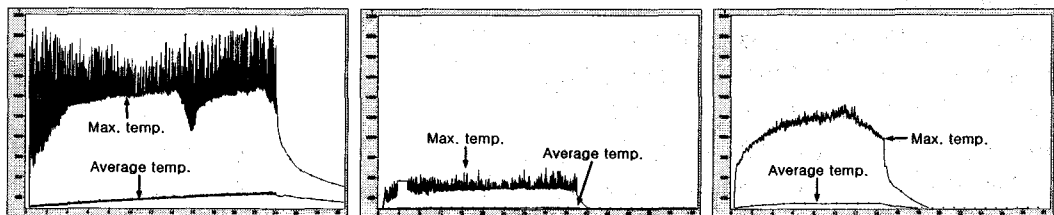
3.2 열원별 온도분포특성

SAE1020강의 필릿용접시 적외선카메라로 측정된 각 열원별 온도 그래프를 Fig. 5에 나타낸다.

MIG용접부의 온도는 (a)에 나타낸 것과 같이 약 2,100℃에서 1,300℃사이를 맥동하였는데, 이는 펄스아크의 용적이행에 따른 것으로 판단된다. 열영향부의 평균온도변화는 용접후 서서히 상승하여 종료직후에는 약 450℃까지 측정되었는데, 이는 용접입열에 의한 열축적정도를 보여준다.

펄스 Nd:YAG레이저 용접부는 (b)에 나타낸 것과 같이 약 650℃에서 500℃사이를 맥동하는데, 이는 레이저의 펄스조사에 기인한 것으로 사료된다. 또한 용접부의 온도는 용접직후 급격하게 상승하였다가, 종료직후 급격하게 하강하였다. 열영향부의 평균온도는 약 300℃에서 310℃까지 미약하게 상승하였다. 이는 매우 적은 입열에 의해 열축적이 거의 일어나지 않는다는 것을 보여준다.

CW Nd:YAG레이저는 (c)에 나타낸 것과 같이 약 700℃에서 1,300℃까지 가파르게 상승하였으며, 연속된 레이저 조사에 의해 MIG나 펄스 레이저에서 보이던 온도의 맥동은 미약하였다.



(a) MIG Welding

(b) Pulse Nd:YAG laser welding

(c) CW Nd:YAG laser welding

Fig. 5 Temperature graph in welding by each of heat source

열영향부의 평균온도는 용접초기 약 300℃에서 350℃까지 상승하였으나 그 후 거의 상승 없이 일정온도를 유지하였다. 따라서 CW레이저 또한 펄스 레이저와 동일하게 열축적은 미약하였으며, 온도하강속도 또한 MIG와 비교하여 매우 빠르게 일어났다.

용접 후 열원별 각변형량을 MIG용접 기준으로 환산해 보면, 펄스 레이저의 경우에는 MIG용접의 각변형량 대비 31.8%, CW 레이저는 80.5%의 편차를 보였다. 따라서 변형제어의 측면에서는 레이저 열원이 유리하며, 제품의 생산성으로 고려한다면 펄스 레이저보다는 CW 레이저를 적용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

3.3 Steering gear housing의 제작

일체형 steering gear housing는 valve housing과 rack housing이 직교하지 않고 76.30° 정도 기울어져 있어, 원주길이가 위치마다 다르기 때문에 용접선의 궤적이 매우 복잡한 형상을 띄고 있다.

따라서 기존의 지그로는 이러한 용접을 행하기 어렵다. 때문에 두 대의 로봇을 이용하여 지그에 상당한 자유도를 부여함으로써 위치별로 다른 원주길이를 추종할 수 있게 시스템을 구현하였다.

Steering gear housing 용접시 로봇의 티칭은 열축적에 의한 과대입열과 변형방지를 위해 용접부 주위의면적을 고려하여 설계하였으며, Fig. 6에 나타낸 것과 같이 제일 작은 면적과 좁은 각을 가지고 있는 ①부터 용접을 시작하였다. 또한 곡률반경이 급격하게 변화는 모서리부분에서는 로봇의 원주이동에 대해 레이저빔의 초점은 원주의 중심축부근에 있기 때문에 열축적에 의한 결함이 발생하기 쉽다. 따라서 모서리부분에서는 레이저 파워나 속도 등을 제어하지 않으면 험핑이나 천공등과 같은 결함 등이 유발된다. 특히 결함이 발생된 부분은 이면비드(back bead)가 형성되어 제품의 품질에 많은 영향을 미쳤다. 따라서 jig-less시스템의 도입시 모서리부(corner)의 처리가 매우 중요하다고 할 수 있다. Fig. 7에 레이저파워제어에 따른 용접부의 단면사진을 나타

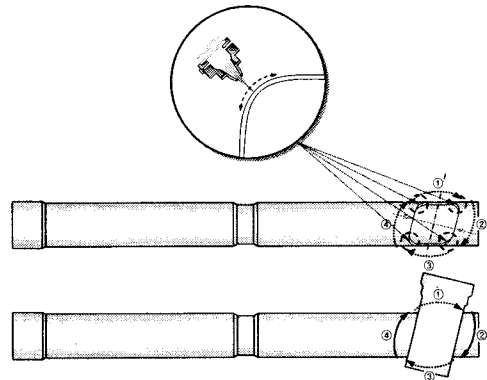


Fig. 6 Trajectory of weld line for laser welding

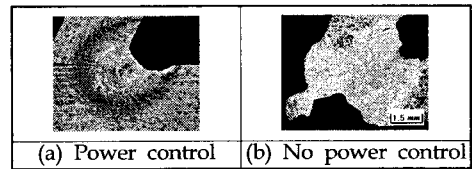
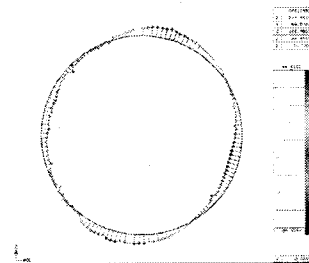
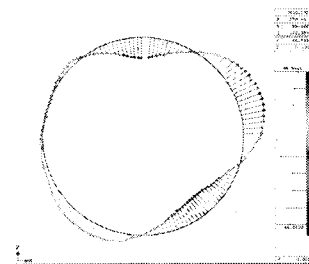


Fig. 7 Cross section of corner weld in power control and no power control



(a) Laser welding



(b) MIG welding

Fig. 8 Roundness after welding by laser and MIG heat source

낸다.

이렇게 제작된 Steering gear housing과 MIG용접으로 제작된 Steering gear housing을 3D 스캐너로 측정하여 그 진원도를 비교한 결과, 레이저용접의 변형량은 9/100정도의 값을 보였으나, MIG용접의 경우 시제품 제작시 8mm부근의 용접부는 용접선 벗어남 및 아크불발등과 같은 현상이 유발되었는데, 이는 용접토치에 의한 로봇 행정거리의 부족과 간격조절의 어려움이 그 원인으로 지목된다. 또한, 전체적으로 MIG용접은 레이저용접 대비 약 2.5배 정도의 변형을 유발하였으며, 용접시마다 변형형상도 일정하지 않고 불규칙하여 변형제어의 측면에서 불리한 것으로 판단된다. Fig. 8에 레이저와 MIG의 대표적인 변형측정 결과를 나타낸다.

IV. 결 론

Steering gear housing의 용접 및 제작특성을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 펄스 Nd:YAG레이저는 MIG용접에 비해 용접부와 열영향부의 범위가 좁고 온도가 매우 낮았으며, 입열에 의한 열축적도 거의 관찰되지 않았다. 그러나, 생산성을 고려하면 펄스 레이저보다는 CW 레이저의 도입이 고려된다.
- 2) Jig-less시스템에서 제작된 steering gear housing은 모서리부에서 결함발생이 가장 일어나기 쉬웠다. 특히 MIG용접으로 제작된 housing의 경우 열축적에 의한 결함발생이 두드러졌으며, 레이저용접 또한 모서리부에서 출력을 제어하지 않으면 결함이 유발되었다.
- 3) 레이저용접으로 제작된 일체형 steering gear housing의 진원도는 약 9/100로서 우수한 용접품질을 얻을 수 있었다.

V. 후 기

본 연구는 산업자원부 지역산업중점기술개발 사업(과제번호:10018271)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

VI. 참고문헌

1. 김종도, 이창제, 강운주, 김유찬 : 자동차용 모듈식 Steering Gear Housing 제조사의 용접변형에 관한 연구(I), 대한용접학회 춘계 학술발표대회 개요집, pp. 53-55, (2006)
2. 김종도, 이창제, 강운주, 광명섭, 김유찬 : 자동차용 모듈식 Steering Gear Housing 제조사의 용접변형에 관한 연구(II), 대한용접학회 추계 학술발표대회 개요집, pp. 152-154, (2006)