

자동차 차체용 TB의 피로특성

Fatigue Characteristics of Tailored Blank for Vehicle Body

계명대학교 대학원 기계공학과 오종철

계명대학교 기계·자동차공학부 한문식

한국기계연구원 레이저가공연구그룹 서 정, 이재훈

I. 서 론

자동차의 안전성, 주행편의성, 안락성 등의 이유로 전장부품, 안전 및 편의 장비의 장착으로 인해 자동차 중량이 증가하는 추세이다. 반면에 전세계적인 환경규제와 각국 정부의 연비규제로 차량 경량화에 의한 연비개선이 중요한 과제로 부각되고 있다.⁽¹⁾

최근 자동차 업계는 신(新) 엔진개발, 최적제어에 의한 연비향상, 천연가스차량 개발 그리고 전기자동차의 개발 등을 통해 대응하고 있다. 이런 환경대응 기술은 '엔진관련 기술'과 차량의 무게를 감량시켜 엔진의 단위용량에 걸리는 부하를 줄이는 '차체관련 경량화 기술'로 양분된다. 특히, TB(Tailored Blank)기술의 적용은 차체경량화와 구조적 강성을 동시에 향상시킬 수 있는 좋은 예이다.⁽²⁾

TB(Tailored Blank)는 소요 부품의 요구 특성과 용도에 따라 동종 또는 이종의 판재를 2매 이상 조합하여 레이저 또는 매쉬 심(mash seam) 용접 등을 통해 하나의 판재로 만든 다음 블랭킹(blanking) 또는 드로잉(drawing)과 같은 성형 공정을 말한다. 최근 원가절감, 경량화, 강성향상 등을 위해 미국, 유럽, 일본 등의 자동차회사들은 일찍이 TB의 적용을 활발히 추진하고 있다. 한편, 국내에서는 현대자동차가 1999년 베르나의 door inner에 처음 적용하기 시작했다. 현재 자동차에 적용하고 있는 저항 점용접을 기초로 한 설계 및 생산방식을 Tailored Blank(TB) 적용 방식으로 대체하게 되면 자동차 경량화에 의한 연비향상(중량 1% 감소는 연비 1%개선)과 공정단축 및 생산라인 단순화로 에너지절약 효과를 달성할 수 있다.^(3, 4)

차량의 구조체 및 부품은 정적 하중과 충격 하중을 반복적으로 받게 되고, 특히, 용접부의 피로강도 설계는 설계 능력과 수명 예측 능력을 독자적으로 개발하는데 필수적이라 할 수 있다. 따라서, 피로강도에 대한 최적 용접조건 예측은 차량의 운행 조건의 향상과 안전운행은 물론 기술 자립을 통해 경제적 이득이 파생될 것으로 예상된다. 특히, 현재 차량 소재로 사용되고 있는 고강도 강판재에 대한 Laser 용접부의 피로강도 데이터는 국내 완성차 및 부품회사에서 보유하고 있지 못하므로, 앞으로 고강도 차량의 국산화를 위해서는 고강도 강판재의 용접 설계 조건의 설정 연구는 매우 중요하며 최적의 용접 설계 조건을 설정하기 위해서는 기계적인 정하중 강도와 피로하중 강도 시험이 필수적이라고 하겠다.

그러므로 본 연구에서는 차량 소재로 사용되고 있는 고강도 강판의 Laser 용접에 대한 내구설계 근거를 마련하기 위한 기초 연구로서 서로 두께가 다른 시험편 대하여 맞대기 용접한 시험편을 대상으로 정하중 실험 및 피로하중 실험을 실시하여 정적 및 피로 특성을 분석하고자 한다.

II. 실험방법

1. 시편재료

본 실험에 사용된 재료는 자동차에 사용되는 고강도 강판이며, 제품명은 SPFC 590 (이하 SPFC라고 한다) 강판이다. 재료의 화학적 조성은 아래 Table 1.과 같다.

Material	C	Si	Mn	P	S
SPFC 590	0.09~0.12	0.5~1.8	1.5~1.8	~0.04	~0.04

Table.1 Chemical composition of SPFC 590 (wt.%)

2. 시편제작

시편은 SPFC 두께 1.4mm, 1.6mm, 그리고 1.4mm와 1.6mm를 레이저 용접(이하 TB시편)한 3종의 시편으로 실험하였고 TB시편을 제작하기 위한 CO2 레이저 발전기는 연속 출력파이며 정격출력 4Kw의 횡여기 방식 (transverse flow type)으로서 빔모드는 multi-mode으로 하였다. Fig.1과 Fig.2는 각각 TB시편의 형상과 용접실험에 사용된 레이저 용접장치의 헤드(head)와 용접블랭크용 용접치구(jig)를 보여주고 있다.

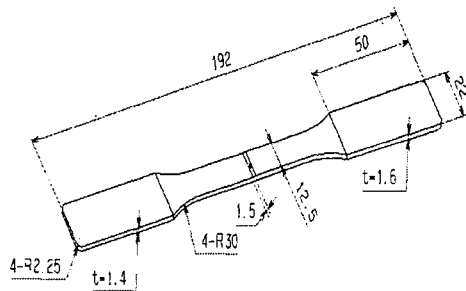


Fig.1 Geometry of TB specimen

Fig.2 Photograph of laser welding head and jig

3. 인장실험

인장 실험은 10ton 용량의 전기유압식 MTS810 Material Testing System으로 ASTM E 8 에 준하여 상온에서 시험을 수행하였다. 인장속도는 3mm/min 로 하였다.⁽⁵⁻⁶⁾

4. 피로실험

피로실험은 ASTM E 466-96 에 의하여 인장 실험에 사용된 같은 시험기로 수행하였다. 응력비 R은 0.1로 하였으며 파형은 정현파(sine wave), 시험 주파수는 20Hz로 하였다.⁽⁷⁻⁸⁾

III. 결과 및 고찰

1. 시편의 파단 형상

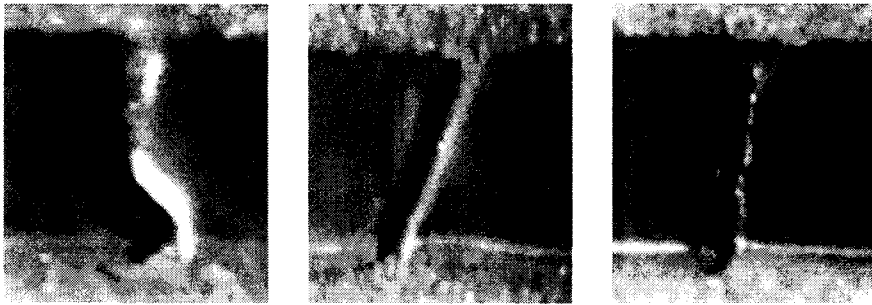


Fig. 3 Specimen Fracture Shape of Tensile&Fatigue Test
 (a) t=1.4mm(tensile) (b) t=1.6mm(tensile) (c) TB specimen(fatigue)

Fig 3.은 인장 및 피로실험시 시편의 파손형상을 나타낸 그림이다. (a)(b)에서 처럼 인장실험에 의한 파단부는 국부전단 (localized shear)변형에 의한 연성파괴를 나타낸다.⁽⁹⁾ (c)는 피로 실험에서의 TB시편 파손형상인데, 용접부와 모재는 동일한 힘을 받으나, 용접부는 탄성범위에 있는데 반해 모재는 이미 소성변형을 일으키므로 모재에서 파단이 일어난 것을 알 수 있다.⁽¹⁾

2. 인장실험

SPFC 강 두께에 따른 인장실험 결과를 Table. 2에 나타내었다.

Thickness(mm)	Y.S(MPa)	U.T.S(MPa)	Elong.(%)
1.4	461.06	584.89	16.7
1.6	439.50	566.67	24.6
1.4+1.6(TB)	465.03	562.45	14.0

Table. 2 Tensile Properties of SPFC

Table. 2에서 알 수 있듯이 항복강도는 두께가 1.4+1.6mm가 가장 크고, 극한강도는 1.4mm 일 때 연신률은 1.6mm 일 때가 가장 큰 것으로 나타났다.

3. 피로실험

Fig.3 은 두께에 따른 각 시편의 응력-수명 선도를 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 수명이 10^6 cycles 이전에서 각 시편에 대한 피로강도(fatigue strength)를 비교해 보면, TB 시편이 가장 크게 나타났으며, 다음으로 두께가 1.4mm, 1.6mm 순으로 나타났다. 또한, 피로 한도는 TB시편과 두께가 1.4mm인 시편은 약 260 N/mm 로 거의 유사하게 나타나지만, 두께

가 1.6mm 시편은 약 200 N/mm² 로 다른 두 시편보다 낮게 나타났다.

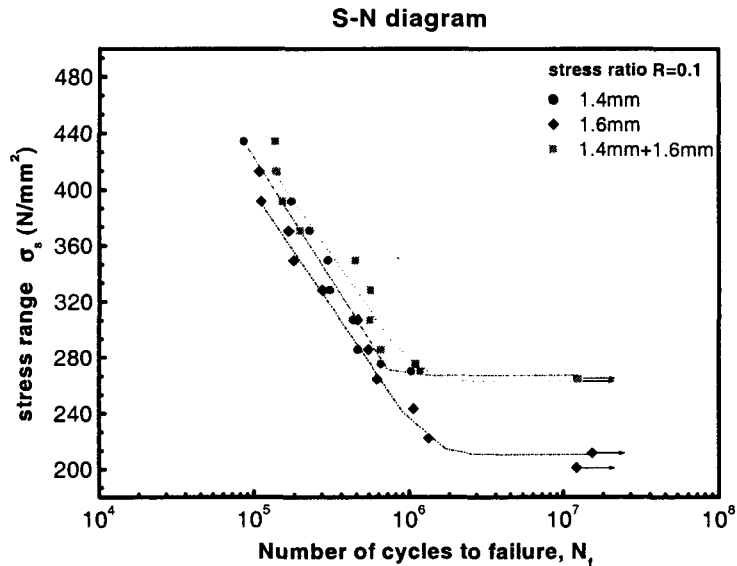


Fig.3 S-N curve for each specimen

IV. 결론

본 실험을 통하여 서로 다른 두께(1.4mm, 1.6mm)를 가지는 고강도 강판(SFPC 590)을 레이저 용접한 시편(TB시편)과 두께가 1.4mm, 1.6mm인 고강도 강판에 대하여 정적·피로강도 및 피로 특성을 비교·분석 하였다.

정하중 실험의 결과는 Table.2에서 알 수 있듯이 TB시편이 항복강도가 가장 크게 나타났다. 실제 설계는 항복강도 이하에서 설계하기 때문에 TB시편은 다른 두 시편보다 정적 강도면에서 우수한 것을 알 수 있다. 또한, TB시편의 피로특성은 Fig.3에서 알 수 있듯이 다른 두 시편보다 피로강도 및 피로수명에 있어서 우수한 것으로 나타났다.

V. 참고문헌

1. 서 정, 한유희, 김정오, 이문용, 이광현, 김태일 “자동차 범퍼용 경량화를 위한 레이저 용접 블랭크의 적용”, 한국자동차공학회논문집, 제7권, 제2호, pp.217-227, 1999
2. 이영국, 박인수, 김경익 “레이저 용접을 이용한 Tailored Blanks 시스템의 공리적 설계 I”, 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집 pp.228-233, 1995.
3. 최이천, 오영근, “Tailored Blank 용접 설비”, 대한용접학회지, 제18권, 제3호, pp.281-285, 2000
4. “TB(Tailored Blank)용 레이저 용접시스템 국산화 및 시범라인 구축“, 최종보고서,

산업자원부, 2000.

5. ASTM E8-79a, Standard Methods of Tension Testing of Metallic Materials¹
6. KSRI-87-58-ET, “재료시험법”, 한국표준연구소, pp.1-14, pp.127-158, 1987.
7. ASTM Designation E 466-96, Standard Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials¹
8. Julie A. Bannantine, Jess J. Comer and James L. Handrock, “FUNDAMENTALS OF METAL FATIGUE ANALYSIS”, Prentice-Hall Inc., pp.1-10, 1990
9. 김상철, “파괴역학”, 민음사, pp.88-98, 1980.