

SPR과 접착제를 이용한 이종재료 접합의 피로평가 Fatigue Assessment Using SPR and adhesive on Dissimilar Materials

*김태현¹, 서정², #강희신², 이영신¹

*T. H. Kim¹, J. Suh², #H. S. Kang(khs@kimm.re.kr)², Y. S. Lee¹

¹충남대학교 기계설계공학과, ²한국기계연구원 광응용생산기계연구실

Key words : Self piercing rivet, Adhesive, Fatigue life

1. 서론

최근의 자동차산업은 경량화에 대한 많은 연구가 이루어지고 있으며, 차량무게는 연비에 직접적인 영향을 미치게 되는데, 일반적으로 차량 무게가 1% 감소될 때마다 연비는 1%씩 향상되는 것으로 알려져 있다. 또한 연료소비 절감으로 인해 CO₂ 배출가스를 절감시킬 수 있다.

경량화 소재로서 많이 사용되는 재료는 알루미늄, 마그네슘, 고장력강판 등의 금속재료와 플라스틱, 세라믹 등이 많이 사용되고 있다. 이 중에서 알루미늄은 경량화뿐만 아니라 비강도, 내식성, 열전도도 등이 우수하여 자동차 재료로 사용되면 최고 40% 가량 경량화를 이룰 수 있다.

이처럼 차량경량화 및 연비향상 등을 위해서는 차체 전체를 알루미늄으로 변경하면 가장 좋지만 알루미늄의 성형문제, 강도(차체 재설계), 접합기술 등 관련 응용기술이 부족하므로 차체에 부분적인 경량화 적용이 필요로 한다. 또한 자동차 차체의 멤버(Member)와 멤버가 연결되는 곳에는 더 큰 강성과 강도가 요구되기 때문에 기존의 철강재나 높은 강도를 가지고 있는 재료의 사용이 요구되므로 알루미늄 접합과 더불어 알루미늄과 스틸의 이종재료 결합이 가능한 접합기술이 개발이 필요하다.

기존 용접이 어려운 알루미늄 및 이종재료 접합에 사용되는 방법으로는 볼트체결, 클린칭(Clinching), SPR(Self Piercing Rivet), 접착제 등이 있으며 이외에도 다양한 접합방법들이 개발되고 있다. 이 중에서 SPR접합의 경우 선진 해외 자동차 업체의 알루미늄 차체 결합방법으로 사용되고 있으며 기존의 점용접을 대체하여 이종재료 차체 구조물에 결합기술로도 각광받고 있다.

SPR은 일반적으로 점용접에 비하여 접합강도는 약 10 ~ 20% 떨어지지만, 피로강도는 더 우수한

것으로 알려져 있다[1]. 또한, 기존 점용접의 강도를 만족시키면서 피로강도를 더 우수하게 하기 위해서는 접착제와 리벳을 조합하여 쓰는 방법이 있다. 접착제는 SPR접합의 부족한 박리 하중이나 오랫동안 지속되는 정적 하중을 보완할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 자동차 차체 경량화에 대비하여 알루미늄 재료 및 알루미늄과 스틸구조의 이종재료에 대하여 실험적 방법 이용하여 SPR 접합의 피로 수명을 평가하였다. 또한, SPR 사용시 기존 점용접 접합에 비하여 떨어지는 접합강도를 만족시키고, 피로강도를 향상시키기 위하여 SPR과 접착제를 병행한 Hybrid 접합을 수행하였고, SPR 피로수명을 평가하였다.

2. 접합방법

2.1 SPR

기계적인 결합방법의 하나인 SPR 접합은 일반 리벳공정과는 달리 별도의 리벳용 홀(hole)이 필요 없기 때문에 자동화에 용이하며 작업 시간이 빠르다. 리벳의 압입 방식으로 판재의 열 변형이 거의 없고 친환경적인 공법으로 사용되고 있다. 또한 소음이 적고, 용접이 불가능한 이종재료의 결합이 가능하다. 무엇보다 자동차 양산용 장비 적용이 용이하기 때문에 기존의 점용접을 대체하기 편리하다. Fig. 1은 SPR접합공정의 순서를 나타내었다.

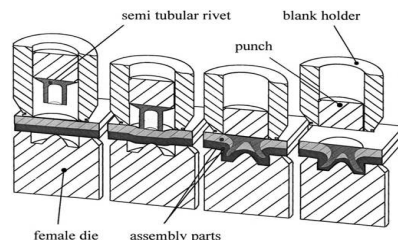


Fig.1 Process of SPR

2.2 Adhesive bonding

접착제를 이용한 결합은 이종재료의 결합이 가능하며, 결합 설계 및 결합 과정이 단순하다. 또한 접착제 차체가 습기에 대한 차폐막 역할을 하게 되어 부가적인 실링(Sealing)의 필요성이 없어진다. 그러나 결합 시간이 길고, 환경적 문제가 있는 것이 그 단점이다. 일반적인 접착제를 이용한 결합 과정은 시편이 준비된 상태에서 준비된 시편을 전처리 작업을 수행한다. 그다음 접착제를 일정 두께로 도포하고 마지막으로 시편을 겹친 후에 일정압력을 가하여 접착제를 경화시킨다. 이와 같은 과정을 Fig. 2에 나타내었다.

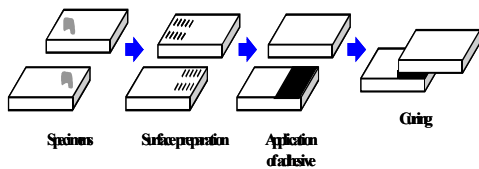


Fig. 2 Procedure of adhesive bonding

3. 실험방법 및 결과

실험방법은 판재 조합종류에 따라 Table 1과 같이 Class A의 알루미늄 동종재료와 Class B의 알루미늄과 스틸의 이종재료로 구분하였다.

인장 시험에는 최대용량 150kN인 Instron사의 UTM (Universal Testing Machine) 장비를 사용하였으며, 하판을 고정시키고 상판을 2 mm/min의 속도로 인장시켰다. 총 3회 실험을 수행하여 평균값을 이용하였다. 인장실험 결과 상판에서 굽힘 현상이 나타나면서 리벳 주위에서 파단이 시작되었다. 실험결과 Fig. 3처럼 Class A의 경우 Hybrid 접합을 수행하였을 때 SPR 접합보다 20%이상 접합강도가 향상되었고, Class B의 이종재료 접합의 경우 Hybrid 접합을 수행하였을 때 SPR 접합보다 2배 이상 접합강도가 향상되었다.

일반적으로 피로한도(fatigue limit) 또는 주로 $10^5 \sim 10^8$ 사이클에서 꺾임점이 존재하여 수평화 되는 응력수준으로, 이 근처에서 수명이 무한하다고 간주한다. 피로실험은 피로수명이 10^6 이상을 피로

Table 1 Experimental process of SPR joint specimens

Class	Material		Thickness(mm)	
	Upper	Lower	Upper	Lower
A	Al 5J32	Al 5J32	1.0	1.0
B	Steel SPRC440	Al 5J32	1.0	1.0

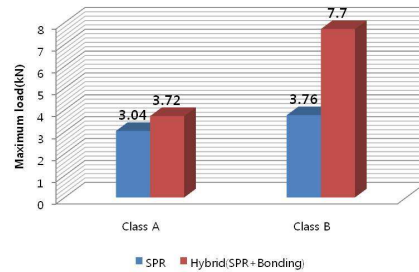


Fig. 3 Graph of lapped joint specimens after tensile test

한도로 보고 실험을 수행하였다. 피로실험 결과 Class A는 Fig. 4와 Class B는 Fig. 5와 같은 하중-수명 선도를 구할 수 있었다.

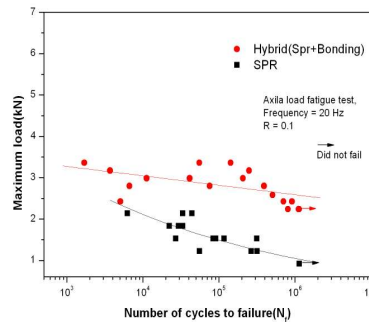


Fig. 4 Load - life curve of fatigue results (Class A)

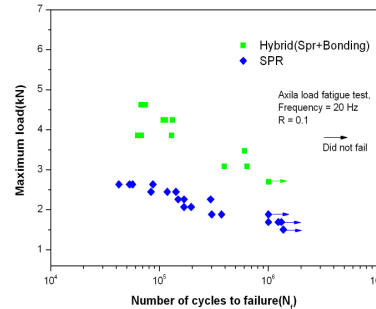


Fig. 5 Load -life curve of fatigue results (Class B)

4. 결론

본 연구에서는 자동차 차체 경량화에 대비하여 알루미늄 재료 및 알루미늄과 스틸구조의 이종재료에 대하여 SPR접합과 Hybrid 접합을 수행하고 접합부의 피로 수명을 평가하였다.

참고문헌

1. Hiroyuki Iguchi, Yasuaki Ohmi, "Joining Technologies for Aluminum Body-Improvement of Self-piercing Riveting", JSAE, 20037065.