

자동차용 초고장력강(AHSS)에 대한 마찰교반접합 Friction stir welding of AHSS(advanced high strength steel for) automobile

*김상혁^{1,2}, #이광진², 우기도¹

*S. H. Kim^{1,2}, #K. J. Lee(kjlee@kitech.re.kr)², K. D. Woo²

¹ 한국생산기술연구원 친환경부품소재센터, ² 전북대학교 금속공학과

Key words : FSW, AHSS, welding, weight reduction

1. 서론

차츰 고갈되어가고 있는 석유와 같은 화석연료의 절약 및 화석연료를 사용할 때 배출되는 이산화탄소를 감소하여 자연 환경을 보호하기 위하여 전세계적으로 자동차, 선박 및 기차 등의 경량화가 주목을 받고 있다. 이러한 경량화를 위하여 구조의 개선을 통한 구조물의 중량을 감소 시키는 연구와 마그네슘, 알루미늄을 비롯하여 많은 경금속으로 대체하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.[1-2] 하지만 경금속을 사용하였을 경우, 변형 혹은 충격에 강보다 매우 약하며 재활용 측면에서도 상당한 어려움을 가지고 있다. 이와 같은 문제점 때문에 변형과 충격에 강하며 재활용이 용이한 초고장력강에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만 이러한 초고장력강의 경우 변태점 이상의 온도로 상승하였을 경우 접합부와 영향부의 상변태로 인하여 기계적 성질이 저하되는 문제점을 가지고 있다. 그리하여 이러한 초고장력강을 사용한 용접 • 접합기술 확보를 위한 연구가 이루어지고 있는 실정이다.[3] 따라서, 본 연구는 저온, 고상접합 방법인 마찰교반접합 공정을 이용하여 초고장력강의 하나인 590 Mpa급 복합조직강(Dual phase steel)의 접합을 실시하였으며 공정을 최적화하기 위하여 여러 공정조건에서 접합을 실시하였으며 제작된 시편에 대한 강도, 경도 등을 통하여 기계적 성질을 조사 하였으며 광학현미경을 이용하여 미세조직을 관찰하였다.

2. 실험방법

시험편과 툴의 위치를 Fig. 1 에 나타내었다. 마찰교반접합은 시험편을 폭 방향으로 50mm 겹쳐 클램프로 고정한 후 겹치기접합을 실시하였다. 툴의 형상 및 관련 정보와 함께 마찰교반접합공정 조건을 표 1에 나타내었다. 각 공정 조건에서 마찰교반접합을 실시한 시험편의 비드형상 및 미세조직의 관찰에는 각각 실체현미경과 광학현미경(OM, Nikon Epiphot 200)을 사용하였으며, 미세조직의 관찰을 위해 경면연마를 실시한 후, 에칭용액(증류수 70ml + 질산 30ml)에 의하여 부식처리 하였다. 기계적 성질을 조사하기 위하여 200g 의 하중을 적용하였고 인접합 압흔의 영향을 피하기 위해 압흔 크기의 3 배정도 거리인 350 μ m 로 유지하였다. 인장시험은 크로스헤드 속도를 1mm/min 으로 실시하였으며 인장시험편은 JIS 2201 을 선택하였다.

3. 결과

광학현미경을 이용하여 SZ(Stir Zone) 및 TMAZ(Thermo-Mechanical Affected Zone)에 대한 미세조직을 관찰하였으며, 그 결과를 각각 Fig.2 에 나타내었다. 모든 시편의 접합부 단면에서 공공(空洞), 부분용융(결함이란 표현은 ...) 등과 같은 미세결함은 발견되지 않았다. 모재(母材)의 결정립 크기는 20~30 μ m 정도인 것으로 확인되었으며 접합부는 광학현미경으로는 결정립 크기를 확인할 수 없을 정도로 미세하였다.

툴의 진행속도가 100mm/min, 툴의 회전속도가 250~350RPM 의 조건에서 마찰교반접합된 시편의 단면에 대한 경도분포를 Fig. 3 에

나타내었다. 툴의 회전속도에 의한 경도분포의 특별한 차이는 관찰되지 않았으며 거의 일정한 분포를 나타내었다.

툴의 진행속도가 100mm/min, 툴의 회전속도가 250~350RPM 인 시편의 인장시험에 의한 인장시험 결과를 각각 Table 2 에 나타내었다. 응력-변형을 선도는 툴의 회전속도에 관계없이 거의 동일한 인장강도를 나타내었으며, 모든 인장시편은 접합부가 아니라 모재에서 파단이 발생하였다.

4. 결론

300~350RPM, 150~250mm/min의 조건에서 견전한 미세조직과 모재와 동등한 인장특성이 확인되었다. 또한 접합부의 경도는 모재보다 약 70Hv 증가하였다. 위와 같은 기계적 성질로 보아 300~350RPM, 150~250mm/min의 공정조건으로 마찰교반접합을 적용하여 접합을 실시할 경우 접합의 기계적 성질은 모재대비 100%이상으로 차체경량화를 위한 접합방법으로 적합하다고 판단된다.



Fig. 1 Schematic illustration of FSW tool & specimen position.

Table 1 FSW process condition and tool appearance.

		Parameter of FSW	
Process		Rotation speed (RPM)	250~350
		Traveling speed (mm/s)	50~350
		Tilt angle (°)	0
Tool		Material	PCBN Q60
		Probe diameter (mm)	5.5
		Probe length (mm)	1.8

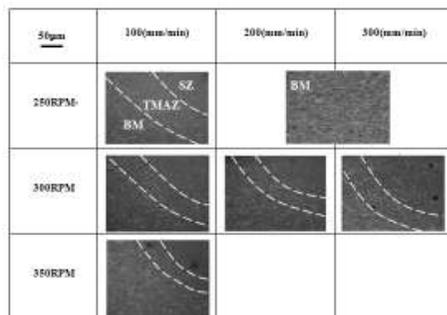


Fig. 2 Microstructure of TMAZ and HAZ by optical microscope.

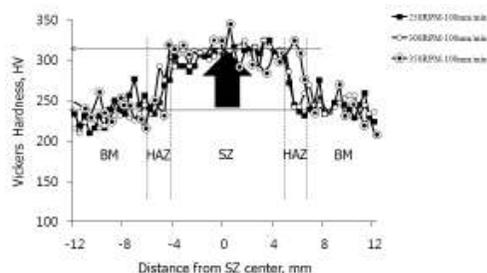


Fig. 3 Hardness profiles of the welding region; effect of the tool rotation speed.

Table 2 Tensile properties of the FSW specimens fabricated by 100mm/min and 250~350RPM condition.

100mm/min	UTS [Mpa]	YS [Mpa]	El. [%]	Fracture
250RPM	589	386	28.1	BM
300RPM	588	369	28.9	BM
350RPM	586	401	26.2	BM

참고문헌

1. K.J.Park, D. H. Ko, B. M. Kim, H. J. Lim, J. M. Lee, Y. R. Cho, "Effects of Cryogenic Treatment on Residual Stress and Tensile Properties for 6061 Al Alloy", *J. Kor. M. & Mater.* **49**, 9 (2011)
2. Liao Hengcheng, Sun Yu, Sun Guoxiong, "Restraining effect of strontium on the crystallization of Mg₂Si phase during solidification in Al-Si-Mg casting alloys and mechanisms", *Mat. Sci. Eng. A.* **358**, 164 (2003)
3. M. Ghosh, K. Kumar, R.S. Mishra, "Friction stir lap welded advanced high strength steels: Microstructure and mechanical properties", *Mater. Sci. Eng. A.* **528**, 8111 (2011)