1.0Cr-1.0Mo-0.25V 터어빈 로터강의 보수 용접
Repair Welding of 1.0Cr-1.0Mo-0.25V Turbine Rotor Steels

오 영근*, 김광수 **
* 기아자동차(주), ** 순천향대학교

1. 서론

터어빈 로터강은 고온, 고응력 분위기에서 가동되므로 크립취성, 소려취성, 피로파괴등으로 인한 결함이 발생된다. 이러한 결함들로 인하여 발생할 수 있는 재해를 방지하기 위해서 터어빈 로터를 교체하여야 하는데, 실제로 새로운 터어빈 로터를 교체하는데는 많은 시간과 경비가 소요된다. 이에대한 대응 방안의 하나로 보수 용접이 현재 대두되고 있다. 한편 터어빈 로터의 재료로 쓰이는 Cr-Mo-V강은 고탄소및 합금원소등 때문에 용접성이 현저히 떨어진다. 이에 본 연구에서는 ASTM A-470 Class 8 고압 증기 터빈 로터강의 보수 용접의 조건과 용접성에 관한 연구가 수행되었다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 재료는 20년동안 사용된 터어빈 로터로서 성분은 표1에 표시되었다. 용접은 SAW, MIG및 TIG가 행하여졌으며, 용가재는 지름이 5/32" 와 3/64"인 가와사기사의 2.25Cr-1.0Mo-0.25V 강이 사용되었다. 보수 용접후 용접부의 특성을 조사하기 위해서 미세경도와 응력 파단 시험이 1100°F, 19Ksi에서 행하여졌다.

표 1 터어빈 로터강의 화학 성분, wt-%

C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	Mo	V
0.31	0.18	0.75	1.04	0.11	0.016	0.012	1.14	0.24

3. 실험결과

3.1 Softening Zone 형성

미세 경도 시험이 그림 1에 나타난바와 같이 HAZ 부터 BM까지 행하여졌다. CGHAZ에서의 경도값은 343 VHN이고, BM과 HAZ의 경계부위에서 227 VHN이며 BM에서는 253 VHN을 가르치고 있다. 경도값은 BM과 HAZ의 경계부위에서 26 VHN의 강하를 보여주고 있는데 이러한 경도의 강하 영역을 "Softening Zone" 이라고 불리운다. 경도의 강하 정도나 강하 영역의 크기는 용접 방법과 입열량에 따라 변화 하는데 이는 표 2에 요약 되어있다. 동일한 입열량에서는 SAW의 아크 효과가 커서 다른 용접 방법에 비해서 큰 Softening Zone과 낮은 경도를 보여준다. 한편 용접 입열량이 클수록 Softening Zone은 커지고 경도치가 낮아짐을 보여주고 있다.

3.2 응력 파단 시험

Softening Zone 크기가 용접 입열량과 상관 관계를 보여 주었듯이, 응력 파단 시험시 파단 시간이 용접 입열량과 밀접한 관계를 나타내고 있다. 그림 2는 TIG 용접시 용접 입열량과 파단 시간과의 관계를 보여주고 있는데 파단 시간은 용접 입열량이 증가 함에따라 증가 하였다. 파단 시간은 90 kJ/in에서 최대치를 보여주고 있다. 그림 3은 용접 입열량에 따른 전형적인 크리프 곡선으로서 1차, 2차 및 3차 크리프 영역을 뚜렷이 보여주고 있다.

4. 결론

1. Softening Zone이 BM과 HAZ의 경계 부위에 형성되었다. Softening Zone은 용접방법과 입열량에 따라 변화하는데 용접 입열량이 클수록 Softening Zone은 커지고 경도치도 크게 떨어졌다.
2. 응력 파단 시간은 용접 입열량이 클수록 커졌다.

5. 참고문헌

1. Y.K. OH, and J.E. Indacochea, Proceeding of 1993 AWS-ASR Joint Conference, Romania, Sep., 1993, pp. 1-5.
2. Y.K. Oh, J.E. Indacochea, R. Viswanathan, and G.S. Kim, 1994 EPRI International Conference on Welding and Repair Technology for Fossil Power Plants, Williamsburg, VA, Mar., 1994.

표 2 용접 방법과 입열열량에 따른 Softening Zone 특성

	Softening Zone		HAZ 크기	용접 입열량
	평균 경도	크기		
6° SAW	227 VHN	0.5 ~0.6 mm	5.9 mm	60.4 KJ/in
20° AT	247 VHN	0.1 ~0.2 mm	2.3 mm	57.6 KJ/in
6° AT	259 VHN	None	2.1 mm	48.0 KJ/in
6° AM	240 VHN	0.3 ~0.4 mm	2.7 mm	51.0 KJ/in
2° AT	235 VHN	0.3 ~0.4 mm	2.8 mm	78.0 KJ/in
2° AT	231 VHN	0.3 ~0.4 mm	3.2 mm	90.0 KJ/in
2° AT	230 VHN	0.3~0.4 mm	3.4 mm	105.0 KJ/in
2° AT	229 VHN	0.3 ~0.4 mm	3.8 mm	120.0 KJ/in

(Note : groove angle - welding process (A : auto, T : TIG, M : MIG))

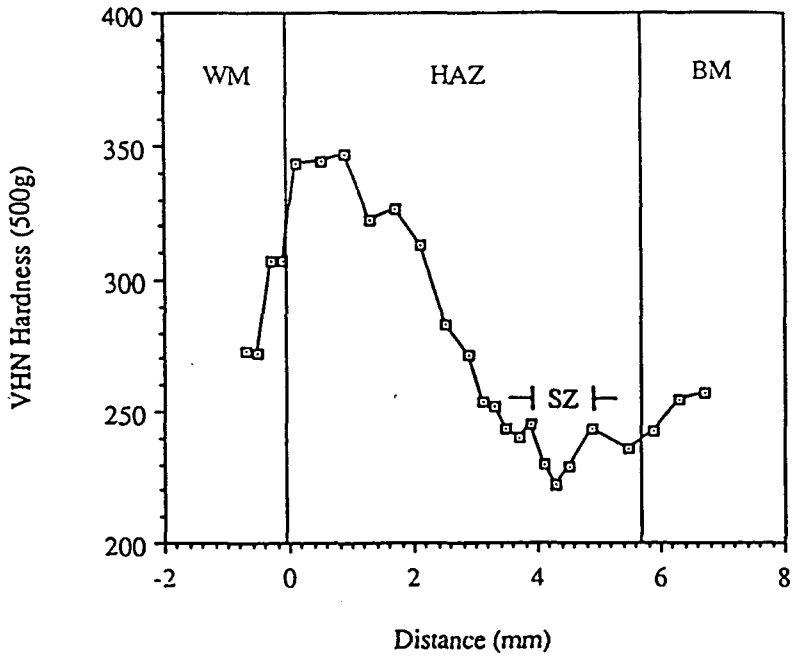

Fig. 1 Microhardness showing cross weldment of SAW process

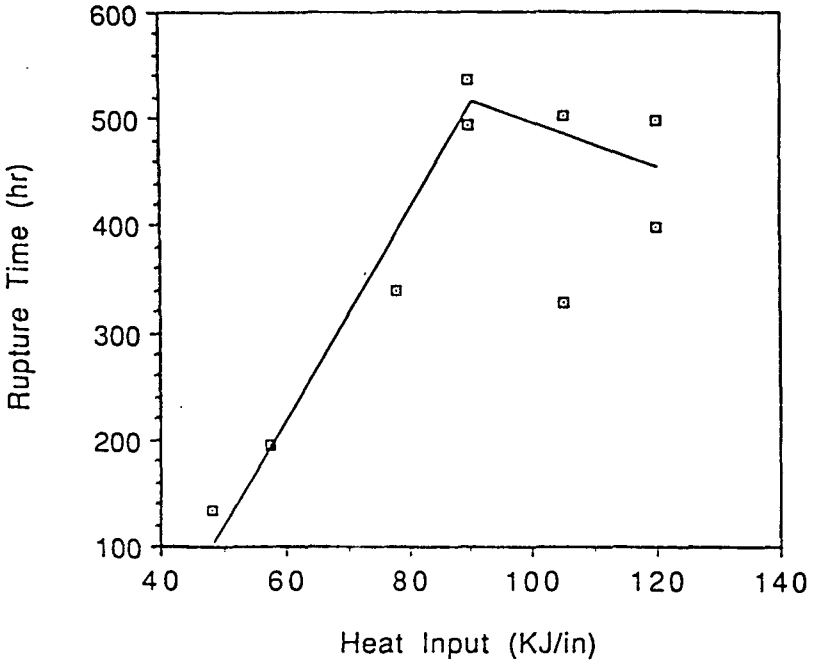

Fig. 2 Relationship between heat input and creep rupture time of TIG process

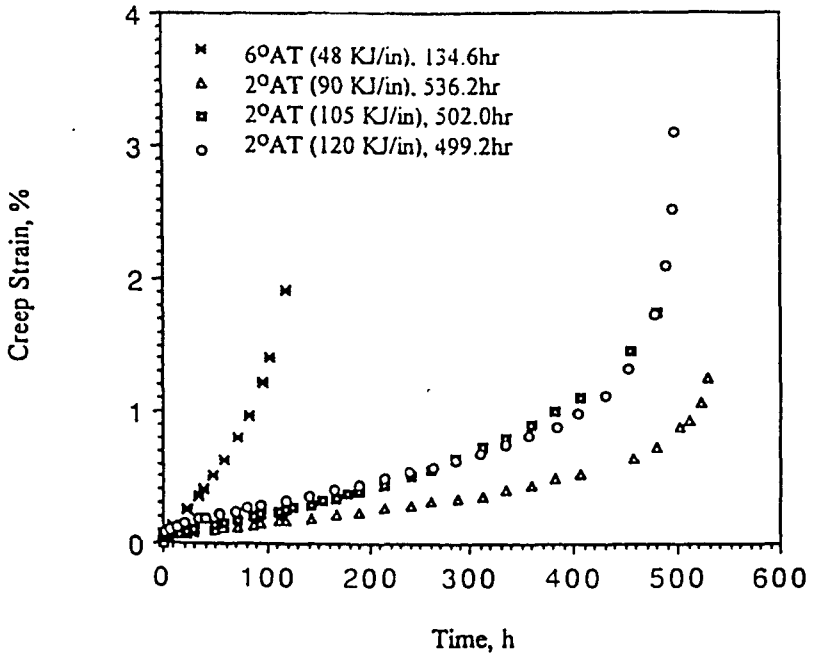

Fig. 3 Creep curve for 6°AT (48kJ/in), 2°AT (90kJ/in), 2°AT (105kJ/in) and 2°AT (120kJ/in) at 1100oF and 19Ksi