

선조질강의 탄화물에 따른 수소지연파괴 거동 분석

이진범¹ · 강남현¹ · 박지태² · 안순태² · 박영도³ · 조경목¹

Effects of Carbides on Hydrogen-induced Delayed Fracture for the Energy Saving Wire (ESW)

J. B. Lee¹, N. H. Kang¹, J. T. Park², S. T. Ahn², Y. D. Park³, K. M. Choi¹

Abstract

This study analyzed the effect of the microstructure and alloying element on hydrogen-induced delayed fracture properties for the Energy Saving Wire (ESW) developed recently. Specimens were produced with a diameter 6.5mm post to the deformation (0, 10, 20 and 30%), followed by injecting the hydrogen. The experimental results by using GAS chromatography showed that the more hydrogen was emitted for high-carbon steel (0.45%C steel and 0.35%C steel) than low-carbon steel(0.2%C-Cr steel and 0.2%C-Cr-Mo steel). And, 0.45%C steel, 0.35%C steel and 0.2%C-Cr-Mo steel exhibited the crack for 30% deformed specimen. The hydrogen emitted was analyzed with the amount, the spheroidization, and the size of the carbides.

Key Words : High Strength, Spheroidization, Delayed Failure, Hydrogen Embrittlement

1. 서론

최근 운송분야에서는 부품소재의 경량화를 위해 고강도 강판과 경량소재 인 알루미늄과 마그네슘의 대체로 연비 향상을 목표로 하고 있다.

하지만 철강의 고강도화로 인한 수소지연파괴는 더욱 민감해지고 있다. 수소지연파괴는 대표적인 예로 수소취성 (hydrogen embrittlement), HIC (hydrogen induced cracking), HAC (hydrogen assisted cracking) 등이 있으며 이러한 현상은 제조 및 생산공정 그리고 사용 중에도 발생 될 수 있다.[1][2] 이런 수소지연파괴는 인장하중을 받는 강재가 일정시간 경과 후 외부변화 없이 재료가 취성적으로 파단이 발생하므로 고강도강에 대한 적절한 지연파괴 평가가 필요하다. [3]

본 연구는 최근 개발된 유도가열법을 이용한

100kgf/mm²급 선조질강의 구상화율과 탄화물의 크기의 미세조직 거동 그리고 합금성분의 영향에 따른 지연파괴 저항성에 대하여 분석하였다.

2. 실험 방법

유도가열법을 이용하여 퀴칭 후 합금원소가 다른 강종 별로 열처리온도를 달리하여 100kgf/mm²급 강도를 만족하는 선조질강을 제작하였으며, 소재의 합금조성은 Table. 1에 나타내었다. 지연파괴실험에 사용된 소재는 직경 8.5mm의 wire이다. 합금성분별로 각각 가공율(신율 0, 10, 20, 30%)로 가공하고, 다시 표면적을 동일하게 6.5mm으로 제작하였다. 정류기(High Resolution Programable)를 사용하여 전류밀도 50A/m²으로 동일하게 주었으며, 수소주입 시간은 48시간이다.

1. 부산대학교 재료공학부

2. 삼화강봉㈜

3. 동의대학교 신소재공학과

교신저자: 부산대학교, E-mail:nhkang@pusan.ac.kr

이때 Charging solution(H₂O+NaCl+NH₄SCN)을 사용하였다. 수소 주입 후 알코올로 세척을 실시하여 Chamber 에 넣어서 시편을 밀봉하였다. 그리고 가열로에서 40℃로 48 시간 유지하고, GAS 크로마토그래피로 방출되는 수소량을 측정하였다.

Table. 1 Composition of steels

	Chemical composition (wt%)								
	C	Si	Mn	P	S	B	Cr	Mo	
0.45C	0.47	0.21	0.75	0.013	0.003				
0.35C	0.34	0.20	0.76	0.017	0.007				
0.2C-Cr	0.21	0.22	0.82	0.016	0.009	0.0022	0.82		
0.2C-Mo	0.20	0.20	0.82	0.015	0.006		1.10	0.19	

3. 실험결과 및 토의

합금성분이 다른 4 소재의 100kgf/mm²급 선조질강의 미세조직을 Fig.1 에 나타내었다. 4 소재 모두 석출물이 구상화가 진행되었지만 석출물 크기는 다소 차이를 보였다. 탄소함량이 높은 0.45%C 은 템퍼링온도(720)에서 구상화와 조대화가 발생하여 가장 큰 탄화물 크기를 나타낸다. 저합금강 0.2%C-Cr 의 경우 탄화물의 높은 구상화와 가장 작은 탄화물을 형성하였다.

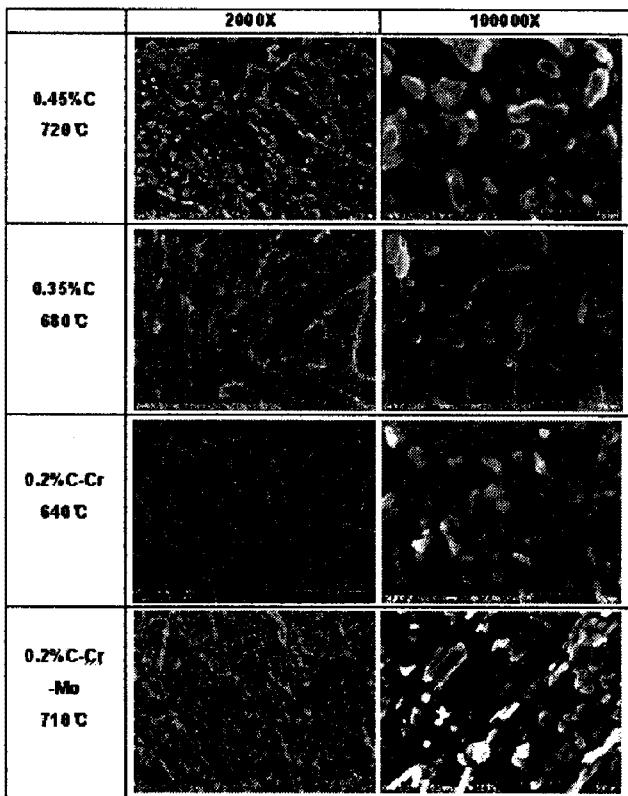


Fig. 1 microstructure at various tempering temperature on ESW of 100kgf/mm²

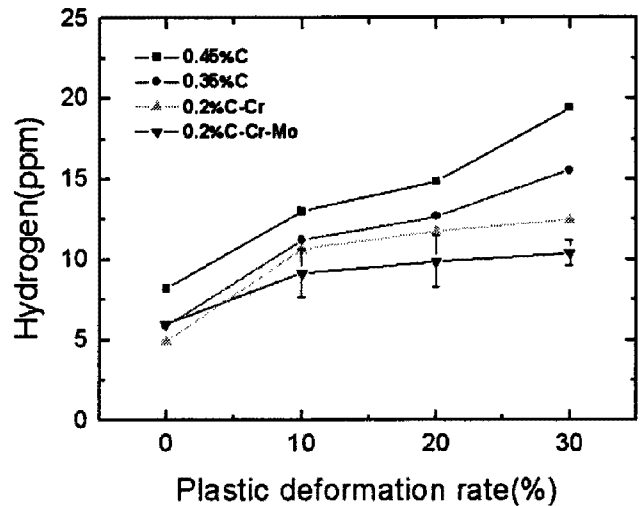


Fig. 2 The emitted hydrogen on the deformation

4 소재 모두 가공율(신율)이 증가할수록 수소 방출량이 증가함을 Fig.2 에 나타내었다. 탄소함량이 0.45%C 와 0.35%C 강이 큰 수소방출량 증가를 나타내었다. 특히 0.45%C 탄소강의 경우 가공율이 30%일 때 수소방출량이 15ppm 이상을 나타내었다. 하지만 탄소함량이 적은 저합금강 0.2%C-Cr 강과 0.2%C-Cr-Mo 강은 가공이 10%에서는 뚜렷한 증가를 보였지만 가공율 20%,30%에서는 큰 차이가 없었다. 또한 0.45%C 와 0.35%C 강 그리고 0.2%C-Cr-Mo 강에서 가공율 30%에서 균열이 발생하였다.

미세조직 관점에서 Kim[3]등은 수소 주입량이 동일한 경우 페라이트 분율이 높은 시편의 수소 지연파괴 저항성이 높았음을 보고하였다. 이는 페라이트조직이 수소를 저장할 수 있는 임계수소농도가 높았기 때문으로 밝혀졌다.

가공율 0%와 템퍼링 온도가 720oC 인 0.45%C 소재가 수소집적 지역인 페라이트와 탄화물이 크기 때문에 높은 수소방출량의 원인으로 사료된다. 반면에 저합금강의 경우 석출물 크기와 종류가 다르기 때문에 수소집적량이 차이를 보이는 것으로 생각된다.

Fig. 3 은 수소주입 후 균열이 발생한 0.45%C 의 단면 SEM 사진이다. 파단면의 표면에서도 수 많은 미소 크랙을 볼 수 있다. 이는 취성파단으로 결정립계를 따라서 파단이 발생하였다.

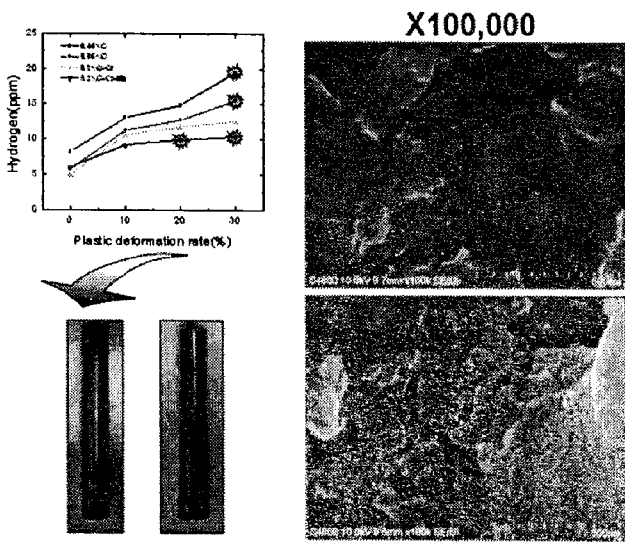


Fig. 3 microstructure of the hydrogen embrittlement about 30% deformations on 0.45%C

4. 결론

본 연구는 고강도 선조질강의 구상화울과 탄화물의 크기의 미세조직을 분석하여 수소지연파괴에 대한 결론을 도출하였다.

(1) 탄소함량이 높은 0.45%C와 35%C강이 합금

성분이 첨가된 0.2%C-Cr강과 0.2%C-Cr-Mo강보다 수소방출량이 높게 측정되었다.

(2) 4강종 모두 가공율이 높을수록 많은 수소방출량을 나타내었다.

(3) 파단면은 수소취성에 의한 취성파단을 나타내었으며 많은 미소 크랙이 존재하였다.

참고 문헌

- [1] YUKITAKA MURAKAMI, TOSHIHKO KANEZAKI, YOJI MINE, SABURO MATSUOKA, Hydrogen embrittlement mechanism in fatigue of austenitic stainless steels, Metals & Materials society and ASM International, volume 39A, June, 2008, 1327~1339.
- [2] G. KATANO, K.UEYAMA, M.MORI, Observation of hydrogen distribution in high-strength steel, Journal of materials science 36, 2277~2286 (2001)
- [3] Ji Soo Kim, Kyung-Tae Park, Duklak Lee, Chong Soo Lee, Effect of Intergranular Ferrite on Hydrogen Delayed Fracture Resistance of High Strength Boron-added steel. J. Kor. Inst. Met. & Mater Vol.45, No 09(2007)