

DP강 표면하 subsurface zone의 수소취화거동

Behavior of Hydrogen Embrittlement of Subsurface Zone in DP Steel

강계명^a, 박재우^b

^a서울과학기술대학교 신소재공학과(E-mail:littbird@seoultech.ac.kr), ^b서울과학기술대학교 재료공학과

초 록 : 강판재 사용에 있어 수소취성현상은 강판재가 고강도화됨에 따라 그 감수성이 커지는 것으로 알려져 있다. 특히 노출강판재의 경우, 표면으로부터 침투해 들어가는 수소에 의한 수소취화 거동에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 고강도 DP강을 시험편으로 하여, 음극전기분해법에 의해 수소를 강제주입시킨 후, DP강 표면하 subsurface zone의 수소취화 거동을 평가하고자 하였다. 미소경도분포 측정결과, 수소주입시간이 증가함에 따라 표면하 subsurface zone의 경도 또한 증가하는 것으로 조사되었다. 이는 수소에 의해 표면하 subsurface zone의 경화가 일어나 DP강의 기계적 특성에 영향을 미친것으로 판단된다. 미소경도분포의 측정결과와 미세조직 관찰결과로부터 수소임계침투깊이를 평가하였고, 이를 통해 DP강내 수소확산에 의한 수소임계침투깊이가 존재함을 확인할 수 있었다.

1. 서론

고강도 박강판재의 개발은 합금화 및 조직제어에 따른 복합조직강의 개발로 이루어지고 있으며, 이에 따라 개발 강판재의 성능평가 및 지연파괴 감수성에 관한 문제 또한 고려하여야 한다. 특히 수소에 따른 급속의 수소취성현상은 강판재가 고강도화됨에 따라 그 감수성이 커지는 것으로 알려져 있다.[1~3] 또한 수소취성현상은 강종마다 다른 수소취성 거동을 나타내고, 강재의 사용 환경, 분위기 등이 수소취성거동에 영향을 미치는 것으로 알려져 이와 관련하여 수소취성에 대한 연구가 진행되고 있다. 그러나 현재까지도 수소취성 메커니즘 및 이를 규명하기 위한 연구는 미흡한 실정이다.[4~6] 따라서 수소주입에 따른 고강도 강재의 기계적 성질 변화와 조직과의 관계 연구는 수소에 기인한 수소취성과 파괴 즉, 지연파괴의 연구에 중요한 기초자료로 활용될 수 있다. 특히 노출강판재의 경우, 표면으로부터 침투해 들어가는 수소에 의한 수소취화 거동 및 물성변화에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 자동차용 고강도 박강판재로 개발중인 590MPa급 DP강을 시험편으로 하여, 수소주입에 따른 DP강 조직내 수소취화 거동이 기계적 성질 변화에 미치는 영향에 관하여 연구하고자 하였다. 먼저 음극전기분해법의 전기화학적 방법으로 DP강 시험편에 수소를 강제 주입시킨 후, 시험편에 미소경도분포 측정 및 미세조직관찰을 통해 표면하 subsurface zone의 수소취화거동을 연구·평가하고자 하였다.

2. 실험 및 방법

본 연구에 사용된 590MPa DP강의 화학적 조성과 기계적 특성을 Table 1.에 나타내었다. 수소주입은 음극전기분해법(cathodic electrolytic method)으로서 강제주입 시켰다. 수소주입조건은 전류밀도 150mA/cm², 수소주입시간 10hrs, 50hrs으로 설정하였다. 수소주입조건에 따른 수소주입 DP강 시험편 표면하 subsurface zone의 미소경도분포 측정과 미세조직 관찰을 마이크로 비커스경도기와 광학현미경을 사용하여 각각 관찰·조사하였다. 마이크로 비커스경도시험은 하중 25gf, 부하시간 15sec 조건하에서, Future-Tech사의 FV-700 미소경도기를 사용하여 수행하였다. 시험편의 표면하 subsurface zone의 미소경도분포 측정은 먼저 표면층과 50μm 간격으로 측정하였고, 그 이후에는 단면깊이에 따라 60μm 간격으로 측정하여, 표면층하 subsurface zone의 미소경도 분포를 측정하였다. 또한 수소주입조건에 따른 표면하 subsurface zone의 수소침투깊이를 평가하기 위하여, 50시간의 수소포화주입조건 및 5시간, 10시간, 25시간 수소주입시킨 DP강 시험편의 미소경도를 측정하였고, 각각의 시험편의 미세조직을 관찰하였다. 이들 실험결과로부터 임계수소침투깊이를 평가하여 DP강 조직내 수소확산거동을 확인하고자 하였다.

Table 1. The chemical compositions and mechanical properties of 590 DP steels.

	Chemical compositions (wt.%)									Mechanical properties		
	C	Si	Mn	P	Al	Cr	Mo	B (ppm)	F	Y.S. (MPa)	T.S. (MPa)	EL. (%)
No.1	0.06	0.03	2.0	0.01	0.03	-	-	-	bal.	475	329	50
No.2	0.06	0.03	2.0	0.01	0.03	-	0.2	-	bal.	563	323	49
No.3	0.06	0.03	2.0	0.01	0.03	0.3	0.2	-	bal.	603	376	46
No.4	0.06	0.03	2.0	0.01	0.03	-	0.2	10	bal.	624	405	48
No.5	0.06	0.03	2.0	0.01	0.3	-	0.2	-	bal.	681	405	35

3. 실험결과

Fig. 1은 주입조건을 달리하여 수소를 주입시킨 DP강 시험편의 표면하 subsurface zone의 단면깊이에 따라 미소경도 분포를 측정된 결과이다. 각각의 DP강 시험편의 미소경도분포는 표면층으로부터 시험편 중심으로 갈수록 경도의 저하가 나타나다가 일정경도, 즉 모재경도값을 갖는 것으로 조사되었다. 이는 선행연구로써, 수소주입조건에 따른 DP강 수소주입량의 한계치를 조사한 연구결과와도 합치되는 것을 알 수 있었다.[7]또한 주입시간이 5시간, 10시간, 25시간, 50시간으로 증가함에 따라 DP강 시험편의 경도변화도 점차 증가하는 것으로 조사되었다. 5시간동안 수소를 주입시킨 DP강 시험편의 표면하 subsurface zone의 경도는 170.4 Hv ~ 227.4 Hv로 조사되었고, 10시간 수소주입시킨 경우 187.5 Hv ~ 235.1 Hv로 다소 증가하였다. 이는 수소주입시간의 증가에 따라 시험편 내부로 주입되는 수소량이 증가하고, 이들 수소에 의해 표면하 subsurface zone의 경화가 일어나 영향을 미친것으로 사료된다. 25시간, 50시간 수소를 주입시킨 DP강 시험편의 경우도 역시 각각 192.5 Hv ~ 236.5 Hv, 198.3Hv ~ 239.6 Hv로 증가하는 것으로 조사되었다. 주입시간이 증가함에 따라 시편의 경도변화도 미세하지만 증가하는 것을 알 수 있었다. 수소 주입시간이 증가할수록 침투되는 수소가 증가함과 함께 모재 깊이방향으로 수소가 확산되는 것을 알 수 있었다. 수소침투는 표면으로부터 침투한 수소의 재료 내 확산과정과 관련해 나타나는 것으로 알려져 있다.[8] 미소경도분포의 측정결과와 미세조직 관찰결과로부터 수소임계침투깊이를 조사하여 Table. 2에 나타내었다. 이를 통해 DP강내 수소확산에 의한 수소임계침투깊이가 존재함을 확인할 수 있었다.

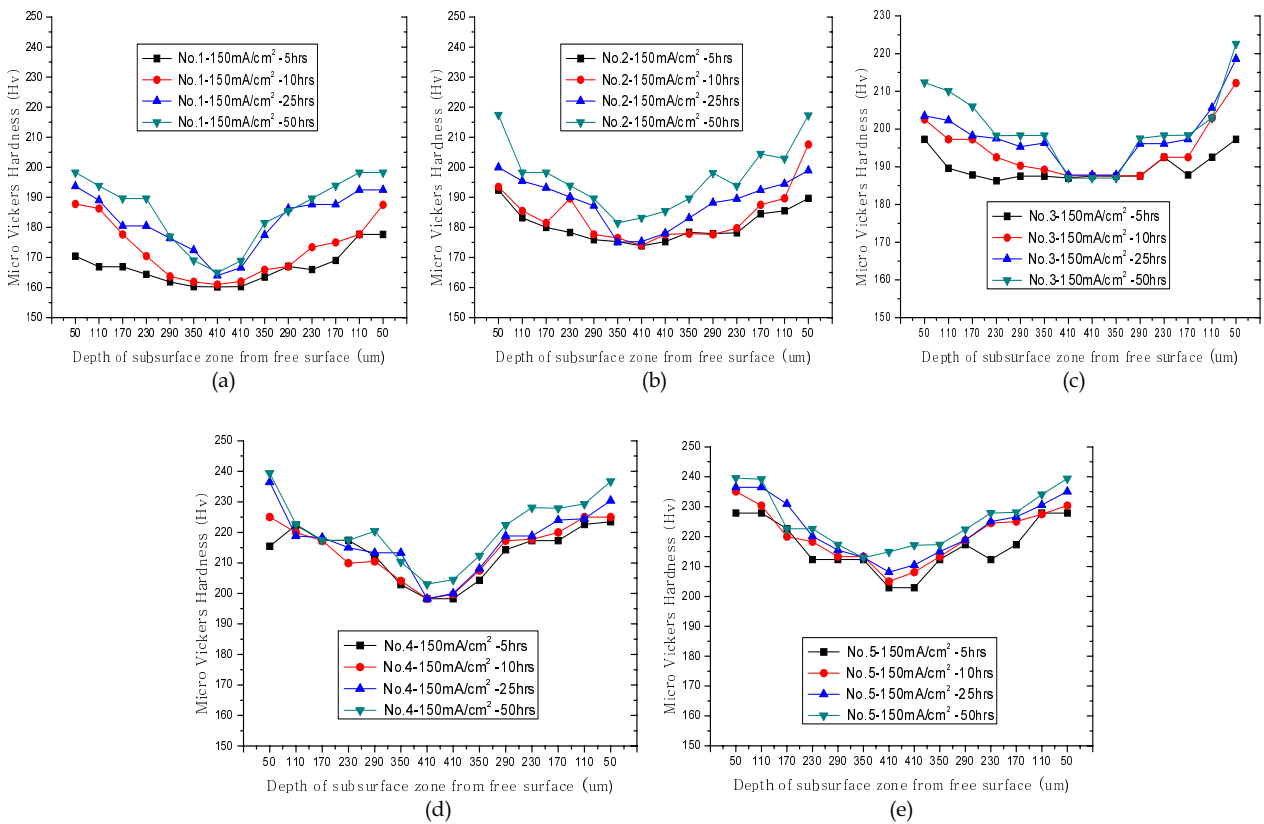


Fig. 1. The distributions of Micro-Vickers hardness with the depths of surface at hydrogen charged specimens.

Table. 2. The hydrogen penetration depth of specimens under the charging condition.

Specimens (hrs) No.	Time			
	Hydrogen penetration depth(um)			
	5	10	25	50
No. 1	170	230	290	350
No. 2	170	230	290	350
No. 3	170	290	350	350
No. 4	170	290	350	410
No. 5	230	290	350	410

4. 결론

수소주입시킨 각각의 시험편의 subsurface zone의 미소경도분포를 조사한 결과, 표면경도는 150mA/cm² - 10hrs의 경우, 표면경도가 227.9 Hv에서 170.4 Hv로 내부로 갈수록 감소하였고, 150mA/cm² - 50hrs의 경우, 표면경도가 239.4 Hv에서 198.3 Hv로 감소하는 것으로 조사되었다. 시간이 큰 50hrs의 경우에서 10hrs에 비해 표면경도, 경도의 변화깊이가 높고, 큰 것으로 조사되었다. 동일 전류조건하 시간의 변화에 따른 경도변화 또한 시간의 경과에 따라 고경도값과 함께 경화층의 깊이도 290 μ m에서 390 μ m로 증가하는 것을 알 수 있었다. 실험결과로부터 수소 주입시간이 증가할수록 침투되는 수소가 증가함과 함께 모재 깊이방향으로 수소가 확산되는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 DP강내 수소 확산에 의한 수소임계침투깊이가 존재함을 확인할 수 있었고, 수소주입에 따른 표면하 subsurface zone의 경화 정도로서 수소취성의 평가가 가능한 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. R.P. Gangloff and R.P. Wei, *Metall. Trans. A*, Vol 8, No. 7, 1043(1977)
2. D.P. Williams and H.G. Nelson, *Metall. Trans.*, Vol I, No. 1,63 (1970)
3. J. P. Hirth, *Metall. Trans.*, 11A, 861 (1980)
4. I. Maroef, D. L. Olson, M.Eberhart and G.R.Edwards, *Int. Mat. Reviews*, 47, 191 (2002)
5. J. Watanabe, T. Takai, M. Nagumom and Tetsu-to-Hagané., 82, 947 (1996)
6. Hagiwara. N., *Corrosion*, 57, 721 (2001)
7. K.M.Kang, J.W.Park, *Kor. J. Mater. Res.*, Vol. 20, No. 11 (2010)
8. Y. H. Kim, J. W. Morris, *Mater. Trans.*, 14A, 1883 (1983)