열간 압연강의 고온산화에 미치는 전기로제조법, 고로제조법 및 탄소량의 영향

Effect of Arc Furnace Manufacturing Process, Blast Furnace Manufacturing Process, and Carbon Content on High-temperature Oxidation of Hot-rolled Steel between 650 and 900°C

김민정[a*], 봉성준[a], 이동복[a]
[a*]성균관대학교 신소재공학과(E-mail:abc1219@hanmir.com)

초 록: Hot-rolled steel plates of SPHC and SS400 were oxidized at 600, 750 and 900°C for 2hr in air. With an increase in oxidation temperature, their oxidation rates increased, being accompanied with formation of pores and cracks in the thickened oxide scales that were non-adherent. The SPHC steels that were manufactured by either the arc furnace or the blast furnace displayed similar oxidation rates, indicating that their oxidation rates were insensitive to the manufacturing processes. The medium-carbon SS400 steel displayed a little faster oxidation rates than the low-carbon SS400 steel, indicating that the carbon content did not significantly influence the oxidation rates.

1. 서론

제철공정은 쇳물에서 강괴(ingot)로 만든 후, 재가열로(reheat furnace)내에서 1100~1250°C로 가열한 후, 여러번의 압연과 냉각의 과정을 거쳐 열연강판(hot rolled steel plate)을 만든 후, 코일로 감아 다음 처리까지 서냉 보존되는 과정을 거친다. 재가열→열간압연→권취(coiling)과정은 600~1250℃ 사이에서 이루어지므로 여러 형태의 스케일이 발생하게 되는데, 이들을 전부 제거하는 것은 불가능하고 적절하게 제거(descaling)되고 남은 스케일은 엄격히 제어되어야 한다. 남아있는 스케일은 냉간압연과정 전에 염산액 내에서 산세(pickling)하여 대부분 제거되기는 하지만, 미산세된 불균일한 표면결함은 도장과정에서 불량을 일으키는 주요 원인이 되고 철의 소모가 많아지는 원인이 되기도 한다. 따라서 본 논문에서는 열간압연 과정에서 나타나는 스케일의 특성을 파악하는 것에 목적을 두고, 나열한 4종류의 열연강판시편을 대기중 600~900°C에서 가열할 때의 산화특성을 분석하였다.

2. 본론

본 연구에서는 첫째, 열연강판의 제조방법에 따른 고온산화성질을 조사하기 위해서 전기로(A.F.)와 고로(B.F.)를 이용하여 시편을 제조하였다.

열간압연 공정을 거친 상기 4종류의 시편을 15×10×3 mm^3크기로 절단 후, SiC 연마지로 #2000까지 연마한 후, 아세톤과 메틸 알코홀에서 각각 1분간 초음파 세척한 후, 열간압연→권취과정에서 발생하는 스케일을 연구하기 위하여 열천칭(TGA; 미국ThermoCahn 2141)을 사용하여 600, 750, 900°C에서 산화실험을 실시하였다. 승온속도는 40°C/분으로 하면서 산화를 막기 위하여 열천칭내로 Ar가스를 흘려주었고, 실험온도에 도달하면 2시간 동안 공기중에서 산화시켰고, 산화후에는 Ar 분위기에서 냉각하였다. 산화 후 형성된 스케일을 X선 회절기(XRD), 주사전자현미경(SEM), 미세탐침분석기 (EPMA) 및 전자현미경 (AES)을 이용하여 분석하였다. X선은 Cu-K_α선을사용하였고 40㎸, 300㎃, 회절각(2Θ)= 20~80°및 주사속도= 10°/분의 조건에서 검사하였으며, 회절선을 JCPDS 파일을 이용하여 비교 검색하였다. 상기 분석을 통해 산화온도에 따른 스케일의 두께, 산화 생성물의 종류, 스케일의 표면, 단면의 미세조직, 박리/균열 여부 등을 조사하고, 시편종류별 고온 산화특성을 평가하였다. 그림 1(a)에서 750°C이하에서는 상대적으로 작은 무게증가를 나타내었지만 900°C에서는 큰 무게증가가 일어났다. 이들 산화반응은 그림 1(b)로부터 전반적으로는 포물선적 산화법칙을 따름을 알 수 있다. 현장 압연과정중 생성된 스케일과 롤과의 마찰력이 압연의 구동력으로 작용하는데, 스케일이 적절히 제거되지 않으면 압연효율을 떨어트린다. 그림 1에서 실험오차범위내에서 전기로재와 고로재의 산화속도는 비슷하였다. 따라서, 화학조성이 SPHC로 유사하면 제조방법 자체는 산화속도에 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

표 1의 3, 4번째에 나타낸 화학조성이 SS400으로 유사하고, 동일한 전기로에서 생산된 저탄소강(L.C.)과 중탄소강(M.C.)

을 그림 2와 같이 600, 750, 900°C에서 등온산화실험을 실시하여 탄소가 산화속도에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 그림 2(a)에서도 750°C이하에서는 무게증가가 상대적으로 적지만, 900°C에서는 급격한 무게증가가 관찰된다. 산화반응은 그림 2(b)로부터 포물선적 산화법칙거동을 나타낸다고 대략 간주할 수 있다. 포물선속도법칙은 $(\Delta W/A)^2=k_p \cdot t$의식으로나타낼수있으며, k_p는 포물선속도상수이다. 그림 2에서 전반적으로 중탄소강(M.C.)이 저탄소강(L.C.)보다 산화속도가 약간 느림을 알 수 있다.

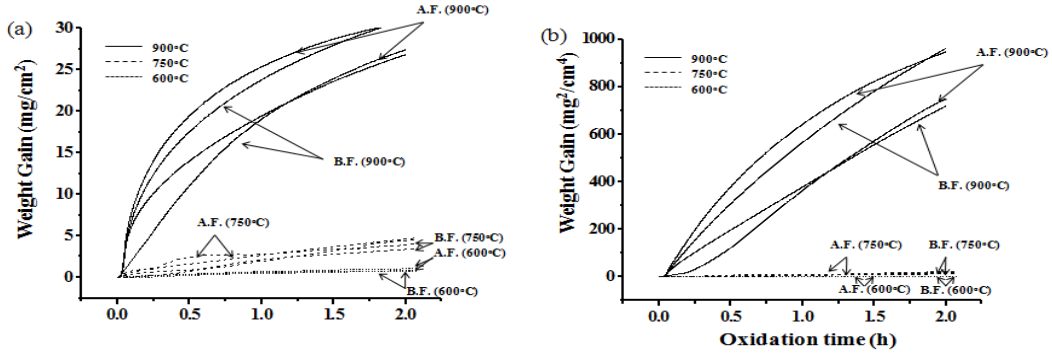

Fig. 1. Weight gain versus oxidation time curves of hot rolled steel (SPHC) during oxidation at 600, 750, and 900°C for 2hr in air. (a)normal plot, (b)parabolic plot. A.F.=arc furnace. B.F.=blast furnace.

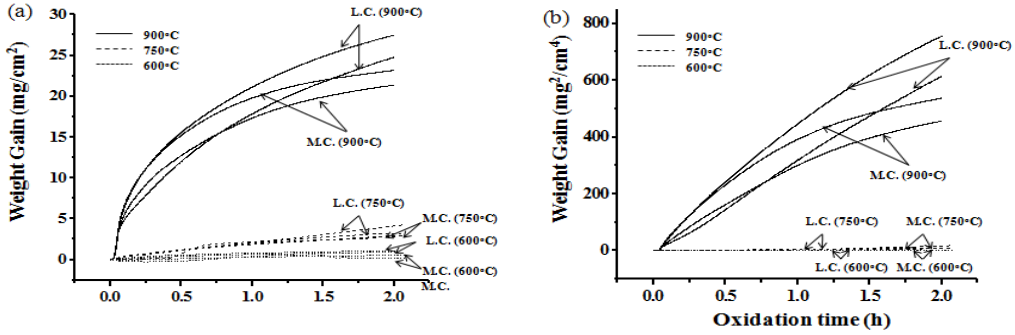

Fig. 2. Weight gain versus oxidation time curves of hot rolled steel (SS400) during oxidation at 600, 750, and 900°C for 2hr in air. (a)normal plot, (b)parabolic plot. M.C.=medium carbon. L.C.=low carbon.

3. 결론

열연강판을 대기 중 600~900℃, 2시간동안 산화시켰을 때 전반적으로 포물선적 산화거동를 나타내었다. 온도증가에 따라 산화속도가 증가하였으며, 기공, 균열발생과 함께 스케일이 급속히 두꺼워지고 박리는 쉽게 일어났다. 전기로재, 고로재, 저탄소강, 중탄소강을 산화시켰을 때, 화학조성이 유사하여 전반적으로 비슷한 산화속도를 가져서, 산화속도에 영향을 미치는 인자는 전기로, 고로제조법 자체는 아니고, 탄소량은주어진 함량범위 내에서는 산화속도에 큰 영향을 미치지 않음을 알수있었다.모든 스케일은 FeO, Fe_3O_4,Fe_2O_3로 구성되며, 스케일내의 Mn, P, S, Cu는 스케일내에 균일하고 미약하게 분포하며, 활성원소인 Al, Si는 스케일-모재의 경계에 편석되어 있었다. 본 연구는 지식경제부 신재생에너지기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. S. H. Jeon, K. G. Chin, K. S. Shin, H. S. Sohn, D. R. Kim, *J. of the Korean Inst. of Met. & Mater.* **46**, 289 (2008).
2. S. H. Jeon, K. S. Shin, H. S. Sohn and D. R. Kim, *J. of the Korean Inst. of Met. & Mater.* **46**, 427 (2008).
3. M. Choi, B. J. Park, S. I. Kim, K. S. Lee and K. J. Lee, *Kor. J. Met. Mater.* 48, 187 (2010).
4. J. B. Yoon, S. I. Kim and I B. Kim, *J. of the Korean Inst. of Met. & Mater.* **47**, 331 (2009).
5. J. S. Min, Y. R. Cho and I. B. Kim, *J. of the Korean Inst. of Met. & Mater.* **35**, 405 (1997).
6. K. S. Son, T. E. Park, B. H. Park and D. G. Kim, *J. of the Korean Inst. of Met. & Mater.* **47**, 217 (2009).