

Scale 파괴거동 측정 및 해석

최진원¹ · S. TANIGUCHI²

Analysis and Measurement on Failure Behavior of Scales by Acoustic Emission Method

J. W. CHOI, S. TANIGUCHI

Abstract

It was found possible to evaluate the temperature at which major scale failure takes place during cooling by installing a most modern acoustic emission(AE) analytical system. Ultra low carbon steel and low carbon steels containing a few minor alloying elements were oxidized in air at 900, 1050 and 1200°C for 20 min, and then cooled in vacuum at 30, 70 and 110°C/min. The significance of the present research is the evaluation of the spallation temperature and thus the calculation of apparent thermal stress for scale spallation using the difference between oxidation temperature and spallation temperature. They were assessed as 0.22 to 0.68, 0.45 to 1.80, and 0.65 to 1.95 GPa for oxidation at 900, 1050 and 1200°C, respectively.

Key Words : Oxidation, Low carbon steel, Scale, Mechanical Failure, Acoustic Emission, Thermal Stress, Failure Mode.

1. 서 론

철강기술의 발전방향은 고품질화, 고생산성 그리고 에너지 절약에 따른 조업단가의 절감을 지향하고 있다. 여기에 수요가의 주문다양화로 고품질 강재가 요구되고 있어 품질 및 제조원가 양면을 충족시킬 수 있는 제품개발이 필요할 뿐 아니라 제품의 신뢰성을 향상시켜야 한다.

최근에는 고강도와 고가공성을 동시에 만족하기 위해 Si 함유량이 높은 강판을 생산하려는 경향이 있다. 그러나 Si 첨가로 scale 과 강재 사이에 FeO-Fe₂SiO₄ 공정화합물(eutectic compound)이 형성되어 scale 과 강재 사이의 결합이 견고해져 descaling 이 더욱 어렵게 되어 산세공정을 통해

서 쉽게 제거되지 않으며 표면 결함을 유발한다.^(1~4)

이런 Scale 박리특성을 규명하기 위해서는 Scale 상, 형태, 기계적 성질 등 Scale 특성의 기초 자료가 필수적이다. 그러므로 저탄소강 및 합금원소가 소량 첨가 저탄소강의 냉각과정 중 scale 에서 발생하는 파괴 양상을 평가하며 그 거동에 미치는 산화온도, 냉각속도, 강조성 등의 영향을 검토함과 아울러 철강분야에는 아직 적용되고 있지않고 있으나 철강재료에서의 손상 정도를 연속적이며 비파괴적으로 검출, 평가할 수 있는 방법으로 Acoustic emission(AE) 방법의 활용 방안을 검토하고자 하였다.

1. POSCO 기술연구소, jwonchoi@posco.co.kr

2. Graduate School, OSAKA University

2. 실험방법

2.1 시료

본 연구에 사용한 시료는 극저탄소강(A강), 저탄강(B강, SAE1008), Si첨가강(C강, JIS-SK5), 고 Mn-Ti강(D강, ATOS80) 그리고 Cu첨가강(E강, SPA-H)이며 각 시료는 열연코일(HR coil)을 25 X 20 (mm²)의 크기로 절단한 후 80℃의 18% HCl 수용액에서 산세하였다.

2.2 AE 측정장치

AE측정에 이용한 실험장치의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 이 장치의 주요부는 우측의 수직형 석영관과 적외선 가열로, 중앙부의 온도기록계와 프로그램 온도제어기, 좌측의 AE 검출기와 AE 신호 해석용 PC로 구성되어 있다. 사용한 AE 파형 해석system은 MISTRAS 2001(AEDSP-32/16, Physical Acoustics 사)이었다.

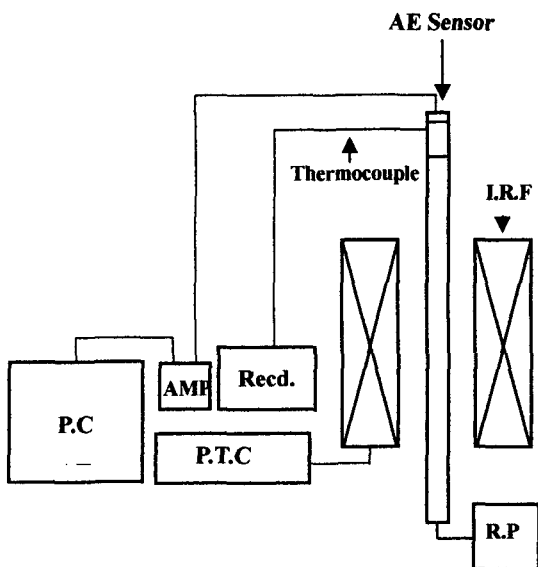


Fig. 1 Schematic diagram of apparatus for the AE test

3. 실험결과 및 고찰

3.1 열응력에 미치는 Si 합금원소의 영향

AE 방법을 활용하여 냉각중 scale 의 파괴개시 온도를 측정 한 결과, Si 첨가량이 증가할수록 저하되나 냉각속도가 증가할수록 상승하였다.

저탄소강에서 Si 합금원소 첨가량에 따른 scale 파괴 열응력과 scale 두께 변화를 대표적으로 Fig. 2에 나타내었다. 열응력은 AE 방법으로부터 측정된 scale 파괴개시 온도를 이용하여 계산되었다. 냉각속도가 증가될수록 scale 파괴 열응력은 감소되었으며 Si 첨가량이 증가할수록 파괴 열응력은 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 미량 원소인 S 및 P 첨가로 scale 파괴 열응력은 감소되는 경향을 나타내었다.

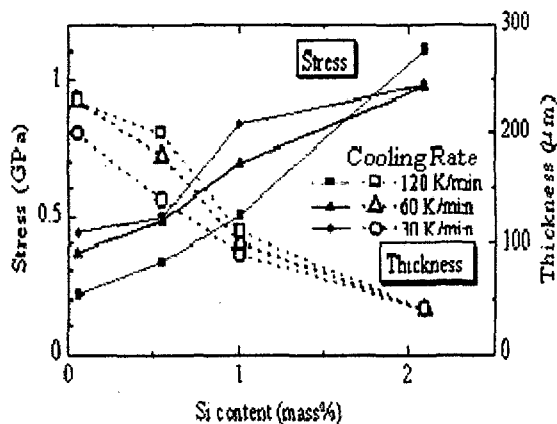


Fig. 2 Relationship between Si content and apparent thermal stress for scale spallation with various cooling rates

4. 결론

AE 방법을 이용하여 철강재에 형성된 scale 의 냉각중 파괴개시 온도를 연속적으로 측정할 수 있었으며 scale 파괴개시 온도는 Si 첨가량이 증가할수록 저하되었으나 냉각속도가 증가할수록 상승되었으며 Si 첨가량에 미량 합금원소인 S 및 P가 첨가될수록 scale 파괴 열응력은 저하되었다.

참고 문헌

- [1] 福塚淑郎、中村峻之、川上平次郎：日本金属学会会報、19(1980), 4, 231-238.
- [2] 福塚淑郎、中村峻之、佐藤始夫、小久保一郎、石田隆一：鉄と鋼、66(1980), 10, 1512-1521
- [3] 深川智機、岡田 光、前原泰裕、富士川尚男：鉄と鋼、82(1996), 1, 63-68.
- [4] T. Asai, T. Soshirota, et al: ISIJ Int'., 37(1997), 3, 272