

온라인 금속변태를 측정시스템 개발

(An on-line detecting system for the metallurgical transformation)

이진락*
백기남
권영관
이장우

산업과학기술연구소 제어연구부
산업과학기술연구소 제어연구부
산업과학기술연구소 제어연구부
산업과학기술연구소 제어연구부

1. 서론

제철프로세스중 열간압연공정의 목적은 수요자가 요구하는 소정의 형상(두께, 폭, 길이, 평탄도)과 재질(경도, 인장강도등)을 만족하는 철판을 생산하기위해, 연주슬라브를 가열로에 장입하여 약 1200도 정도로 가열한 후 조압연기와 사상압연기에서 원하는 두께와 폭이되도록 압연하중을 제어하고, 사상압연기 후단에 있는 수냉각설비를 통과할때의 냉각수의 량의 폐턴을 조절함으로써 철판의 기계적인 재질을 제어하는 것이다. 여기서 철판의 재질에 영향을 미치는 요소로는 외향적으로는 어떠한 온도이력으로서 냉각이되었느냐는 문제이고, 내부적으로는 어떠한 변태거동을 거쳤는가의 문제이다. 즉 고온으로 가열된 철은 금속적인 결정구조가 면심입방구조(FCC)인 감마철(Austenite)이고 자기적으로는 상자성체(paramagnetic)인 반면에 저온의 철은 금속적인 결정구조가 체심입방구조(BCC)인 알파철(Ferrite)이고 자기적으로는 강자성체(ferromagnetic)이므로 고온에서 저온으로 냉각될때 어떠한 경로로 변태거동(금속적으로는 감마철에서 알파철, 자기적으로는 상자성체에서 강자성체로 변태)이 일어났느냐에 따라 철판의 재질이 상당히 달라지게된다. 지금까지의 재질제어는 주로 철판 외부의 온도를 측정하여 온도 냉각패턴에따라 재질을 예측하고 있다. 그러나 실제 제철공정의 열연공정에서의 온도측정에 의한 재질예측은 상당한 오차를 가진다. 그 이유로서는 첫째 철판이 움직이고 있으므로 접촉식 온도측정은 불가능하여 복사온도계를 이용하므로 주위분위(수분, 먼지)에 따른 오차가 크고 냉각수가 존재하는 곳에서의 온도측정이 불가능하다는 것이고, 둘째 금속외부의 표면온도는 금속내부의 조직적인 구조및 성질에 대한 간접적인 정보이므로 온도만으로 재질을 정확히 예측하는데에는 근본적인 한계가 있다. 그러므로 최근에는 와전류 방식 변

태울 센서를 이용하여 냉각도중의 철의 변태거동을 직접측정하여 이 정보로부터 철의 재질을 예측및 제어하는 기술이 일본을 중심으로 각국 제철소에서 활발히 연구되고 있다. 이러한 연구추세에 따라 본 연구에서는 고온에서 냉각중인 철을 대상으로 변태거동을 측정하는 온라인 변태율측정시스템 개발연구를 수행하였다.

2. 열연공정에서의 재질예측

Fig.1 은 열연공정에서의 재질예측에 관한 개략도이다. 가열로(Reheating furnace)에서 가열된 슬라브(Slave)는 조압연기(Roughing mill)과 사상압연기(Finishing mill)에서 소정의 두께와 폭으로 압연되고 냉각대(Cooling zone)에서 제어냉각되어 권취기(Down coiler)에 감기어 열연강판(Hot coil)이 된다. 여기서 수요자가 요구하는 소정의 두께와 폭은 조압연기와 사상압연기에서의 압연하중을 적절하게 설정및 제어함으로써 만족되지만 기계적인 재질은 주로 냉각대에서의 냉각패턴에 따라 좌우되므로 사상압연기 출측과 권취기 입측의 복사온도계(Optical thermometer)로부터 측정된 온도와 냉각수밸브로부터 측정된 냉각수량으로부터 철판의 온도이력을 추측하고 경험적인 실험식에 의해 기계적인 성질을 예측하기도하고 또한 원하는 성질을 얻기위한 초기설정값을 데이터베이스화하여 이용하기도한다. 그러나 Fig.1에서 보면 사상압연직후의 온도, 권취직전온도, 냉각수량에따라 철판의 변태거동(Transformation behavior)이 달라지고 이 변태거동에 따라 철판내부의 금속적인 미세결정구조(Micro-structure)가 달라지고 이는 기계적인 성질(Mechanical property)에 직접적인 영향을 미치게된다. 물론 온도에대한 정확한 정보를 알수있으면 기계적성질에관한 예측도도 향상될수 있으나 현실적으로 열연공장에는 수많은 먼지와 수증기 냉각수등으로 인하여 복사온도계

를 이용한 온도측정 오차를 없애기 어렵다. 그러나 Fig.1 에서와 같이 와전류센서는 냉각대에서도 물의 존재여부에 관계없이 신호측정이 가능하고 또한 철판내부의 금속적인 변태거동을 직접 온라인으로 측정할수 있는 잇점이 있어 앞으로 열연공정의 재질에측및 제어에 필수적인 요소로 이용될것이다.

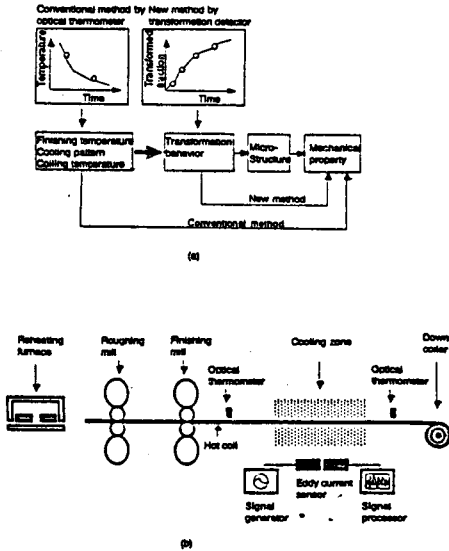


Fig.1 열연공정에서의 재질에측및 제어

3. 실험장치

본 연구에서는 철판을 1100-1200도로 가열한후 냉각장치에서 냉각수량을 조절하여 냉각태현을 변화시켜가면서 온라인으로 철판내부의 변태거동을 측정하는 장치를 제작하였다. Fig.2는 온라인 금속변태율 측정시스템의 주요부분을 나타낸다. Fig.2에서 (a)는 시편가열로, (b)는 냉각장치, (c)는 변태율 센서, (d)는 냉각 장면, (e)는 센서코일여자용 전원장치및 수냉각제어장치, (f)는 출력측정장치이다. 이 장치의 기본 원리는 가열된 철판을 냉각시키면서 냉각도중에 철판 내부의 자기적인 성질변화를 변태율센서로 측정하는 것이다. 변태율센서는 자속여자코일과 자속검출코일로 구성되어 있는데 여자전원으로부터 여자코일이 여자되고 여자코일의 발생자속은 철판내부를 지나 검출코일을 통과하게 된다. 철판이 온도변화에 따라 금속적인 변태와 함께 자기적인 성질의 변화 (부자율 변화)를 일으키므로 이 자성변화를 자속검출코일의 출력신호로부터 측정할수 있다. 이러한 원리를 이용하여 측정한 변태거동 측정신호와 실제 냉각후 재질시험실에서 측정한 기계적인 성질과의 상관관계를 구하는 것이 본 연구의 주요 목적이다.

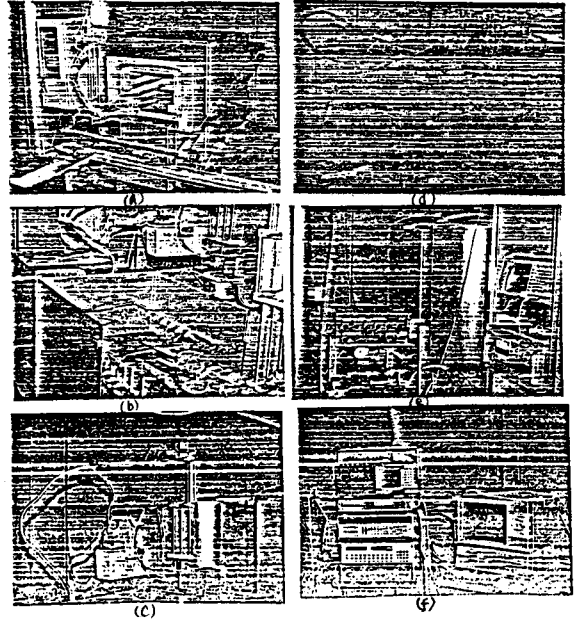


Fig.2 온라인 금속변태율 측정시스템

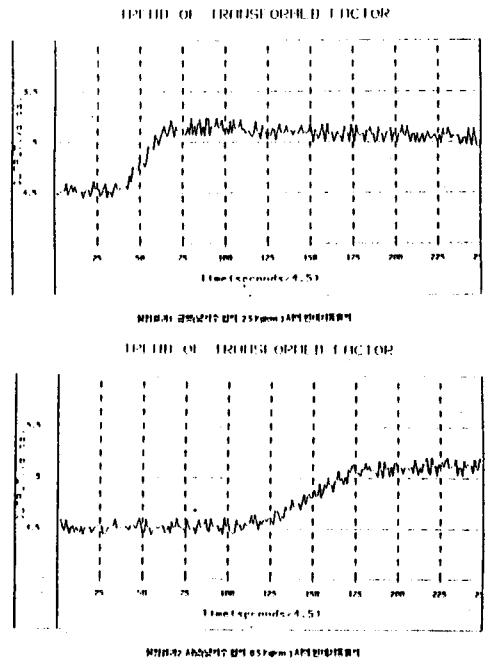


Fig.3 온라인 변태거동 측정실험 결과

4. 실험결과

상기 실험장치에서 일반탄소강 시편(두께 5mm, 가로250mm, 세로 250mm)을 대상으로 110도로 가열한 후 급랭및 서냉냉각시의 변태 거동과 기계적인 경도시험결과는 다음과같다. Fig.3은 변태거동의 전기적인 출력을 나타내는데, 실험1에서의 냉각수 압력은 2.5 Kgf/cm2 이고 이때 시편의 기계적인 경도(HRB)는 90 인 반면, 실

험2에서의 냉각수압력은 0.5 Kgf/cm² 이고 시편의 경도는 86이다. 그리고 실험1에서의 변태시작시간은 7초, 변태가 완료되는 데 걸리는 시간은 5초로 실험2의 25초, 10초에 비해 상대적으로 짧은 시간내에 변태가 일어났음을 알 수가 있다. 이 결과로부터 변태시작시간 및 변태완료시간이 짧을수록 기계적인 경도는 증가함을 알 수 있다.

5. 결론

상기한 바와같이 본 연구에서는 온라인 금속 변태율측정시스템을 개발하고 냉각실험과 시편 재질시험을 행한 결과 변태거동 출력과 기계적인 성질과의 상관관계를 도출함으로써 기존의 온도 측정에서의 재질예측방법에 비해 보다 정확하고 신속한 재질예측이 가능함을 알 수 있었다.

6. 참고문헌

- 1) 이진락, A Development of the Metallurgical Transformation Detector using the eddy current method (1), 산업과학기술 연구소, 1990.6
- 2) 이진락, 백기남, 와전류 방식에 의한 금속변태율 측정에 관한 연구, 대한전기학회 '89 추계학술대회논문집, pp.325-326.
- 3) Sang-Bong Wee, Han-Soo Kim, Min-Koo Han, Ki-Jang Oh, Jin-Rak Lee, Ki-Nam Paek, 'Noncontact On-line Measurements of Metal Properties by Eddy Current Sensors', Proceedings of the 28th SICE Annual Conference, Vol.2, 1989, pp.1133-1136.
- 4) 위상봉, Electromagnetic Testing for the Measuring of the Physical Properties in Conductor and Composite Magnetics, 서울대학교 박사학위논문, 1990.2
- 5) 한민구, 위상봉, 김한수, 변태율의 전기적 측정방법에 대한 연구, 서울대학교 생산기술연구소, 1988.6