

도금 두께 제어시스템의 개발 적용

최일섭, 유승렬*, 박한구**, 곽영우**, 김상준***

* : 포항제철 기술연구소 ** : 포항제철 계측제어부

*** : 산업과학기술연구소 철강제품연구부문

Application of Coating Thickness Control System

Choi Il-Seop, Yoo Seung-Ryu*, Park Han-ku**, Kwak Young-Woo**, Kim Sang-Jun***

* : Technical Research Laboratories, POSCO

** : Instrumentation and Control Department, POSCO

*** : Steel Products Research Division, RIST

Abstract

This paper deals with development and application of coating thickness control system in hot dip galvanizing process. According to the line conditions, such as line speed, strip size and target coating weight, a predictive preset model sets the initial operating conditions. Referring the zinc coating informations from the gauge, mean coating value controller adjusts the chamber pressure and horizontal distance between strip and air knife, while coating deviation controller adjusts the lip gap profile of the air knife. All adaptive gains are interactively calculated by numeric models based on the theoretical analysis.

The operating result with this system effectively reduces the coating deviation in transverse direction as well as in longitudinal direction.

1. 서론

우수한 내식성과 경제성을 바탕으로 자동차용 강판등에서 각광을 받고 있는 용융아연 도금강판에 있어서 수요가의 업격해지고 있는 요구에 만족하기 위해 품질 개선을 위한 노력이 크게 요구되고 있다. 도금강판에 대한 품질의 기준으로서는 도금 두께의 정확도와 균일도가 있으며 현재까지 도금 두께를 제어하는 설비로서 가장 많이 사용하고 있는 것은 압축 공기를 강판에 충돌시켜 도금 두께를 제어하는 방법을 이용하고 있는 에어나이프 시스템이다. 일반적으로 강판위에 부착되는 아연 도금층의 두께 편차는 스트립의 폭방향으로 발생하는 편차와 길이 방향의 편차인 평균 도금 편차량으로 대민된다.

본 연구에서는 에어나이프의 런 간격, 챔버 압력, 수평거리를 이용하여 연속 도금라인에서 발생하는 폭방향 및 평균 도금 편차량을 능동적으로 제거할 수 있는 자동제어 시스템을 개발 적용하였다. 개발된 시스템을 적용하여 조업한 결과 폭방향 및 길이 방향의 도금량 편차를 효과적으로 제거할 수 있고 소비 아연을 줄임으로써 원가절감의 효과도 기대된다.

2. 도금 두께 자동제어 시스템

2.1 개발 시스템의 구성 및 기능

가열된 strip이 Zink pot를 통과할 때 strip 표면에 아연이 부착되는데 이때 air를 적당한 압력으로 불어주면 원하는 도금 두께를 얻을 수 있다. 도금 부착량은 에어나이프 챔버내의 압력, 노즐과 스트립사이의 거리(수평거리), 런 캠, 라인 속도로 결정된다. 이러한 프로세스를 제어하기 위해서 제어 시스템은 Level 3, Level 2, Level 1, Level 0의 4개 부분으로

나누어 진다. Level 3에서는 Business Computer로 부터 코일 정보를 받아서 관리를 하며 Level 1으로부터 실적 데이터를 받아 이것을 상위 Level인 Business computer로 송신하는 기능을 한다. Level 2에서는 Level 3로부터 받은 코일 정보를 이용하여 preset table에서 최적의 제어 파라미터를 찾아서 Level 1으로 전달하는 기능 및 오퍼레이터를 위한 MMI(Man Machine Interface) 기능을 제공하고 있다. Level 1은 real time으로 도금 두께제이 알고리듬을 수행하며 각종 sequence 처리 및 Level 0로 내보내는 reference값의 관리등의 기능을 수행하고 있다. Level 0는 level 1으로부터 받은 위치 reference를 받아서 motor의 위치제어 및 벨브의 개도 조정을 수행하는 역할을 하고 process에 필요한 신호 변환 및 PLC, 구동기 (Actuator)로 이루어져 있다.

2.2 도금 두께 제어 시스템

개발된 제어시스템의 계략도는 그림 2.1과 같다. 에어 Blower를 통하여 에어나이프 시스템에 압축공기를 공급하고 있으며 air accumulator에서 압축 공기를 축적하고 이것을 에어나이프의 챔버에 공급하게 된다. 스트립이 아연 욕조를 통과하면서 스트립 표면에 아연이 접착하게 되고 챔버내의 압축 공기를 노즐을 통하여 분사함으로써 과잉 아연을 제거할 수 있고 원하는 도금층의 두께를 얻을 수 있다. 도금층의 두께는 두께 게이지에서 측정이 되며 이것을 control system에서 feedback제어 함으로써 목표 도금 두께로 다이나믹하게 제어할 수 있다.

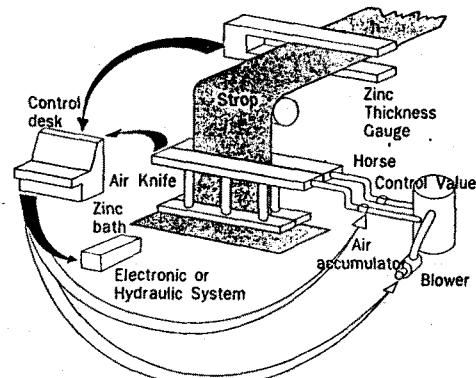


그림 2.1 제어시스템의 계략도

자동 도금량 두께제어를 수행하기 위해 선형화되어야 한 부분이 preset 기능이다. preset은 코일이 바뀔 때마다 최적 작업조건을 얻기 위해 수행되며 level 2에서 PDI에 근거하여 preset table로 부터 적절한 값을 찾아서 level 1으로 전달하고 level 1에서는 이 정보들을 갖고 있다가 용접점이 에이나이프를 통과하는 시점에서 일괄적으로 적용한다. 폭방향 편차에 대해서는 전 후면 모두 20개의 립 갭을 조정하며 이를 preset값은 해당 코일의 폭에 의해 결정된다. 길이 방향의 편차를 줄이기 위해 힘과 압력, 수평거리, 수직거리 등을 조정하며 이들은 해당 코일의 목표도금량 및 두께와 폭에 의해 결정된다.

자동 도금두께 제어를 위해서는 폭 방향 도금 두께제어와 길이 방향 도금 두께제어의 2 가지 알고리듬을 사용하고 있다. 구성은 그림 2.2와 같다. 폭 방향 제어에서는 도금 두께 측정기에서 폭방향으로 측정한 모든 측정값들의 평균을 구하고 이 평균을 이용하여 폭방향 편차값을 구한다음 이 편차를 최소화하도록 적절한 lip gap 보상량을 계산하게 된다. 평균 도금량 제어에서는 PDI로 부터 받은 목표 도금량과 실제 평균 도금량과의 차이를 계산하고 이 편차량을 제거하도록 압력과 수평거리를 적절하게 제어를 하게 된다. 도금 두께 측정기는 에이나이프로부터 상당한 거리가 떨어져 있고 응답을 빠르게 하기 위해 세어기의 이득을 증가시킬 경우 자연시간에 의해 실제 도금량에 hunting이 발생하게 되므로 본 연구에서는 Predictor 이론을 적용함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있었다.

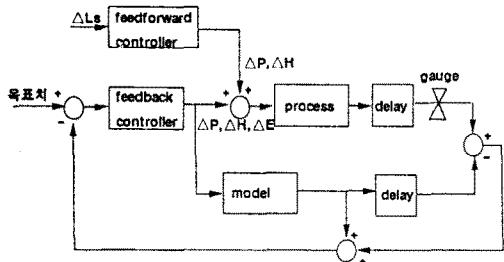


그림 2.2 제어시스템의 복복선도

2.3 현장 적용 테스트

개발된 도금두께 제어시스템의 적용성 및 성능확인을 위하여 off-line 및 on-line 테스트를 수개월 간에 걸쳐서 지속적으로 수행하였으며 실제 라인 적용을 통하여 제어의 타당성과 신뢰성을 확보하였다. 그림 2.3은 실제 조업중에 실시한 평균 도금량 제어 test의 결과를 보여 주고 있다. 이것은 목표 도금량을 스텝상으로 변화 시켰을 경우 실제 평균도금량의 응답을 보여주고 있다. 그림 2.4는 폭방향 도금량 제어를 수행함으로써 폭방향의 도금량 편차를 현저히 줄일 수 있음을 보여주고 있다.

3. 결론

본 연구에서는 용융아연 도금 공정에서 도금 두께 편차를 능동적으로 제어할 수 있는 제어 시스템을 개발하여 적용하였다. 개발된 시스템에서는 폭방향 편차와 길이 방향의 편차를 독립적으로 제어하도록 제어기를 구성하였다. 폭방향 두께 제어는 Lip Gap을 변화시키기 폭방향 도금이 관여하도록

제어를 하고 평균 도금량 두께제어는 압력과 수평거리를 제어하여 스트립의 길이 방향의 도금 두께를 제어하도록 하였다. 개발된 제어시스템은 현장라인에서 수개월간의 off-line 및 on-line test를 통하여 제어의 신뢰성을 확보할 수 있었으며 설조업에 적용함으로써 폭방향 및 길이 방향의 도금량 편차를 효과적으로 제거할 수 있었으며 소비 아연을 줄임으로써 원가절감의 효과도 기대된다.

mean coating control

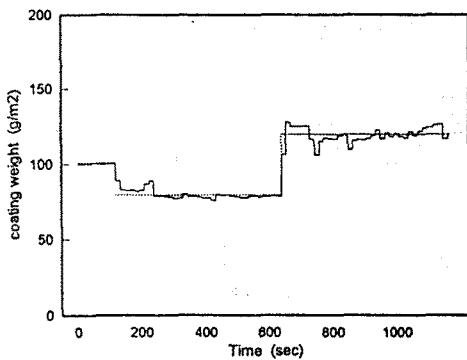


그림 2.3 평균 도금량 제어의 스텝응답

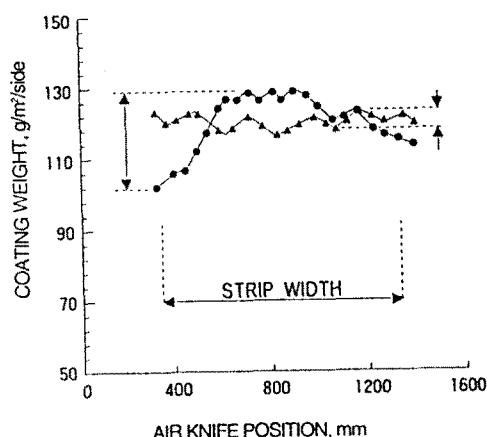


그림 2.4 폭방향 profile 제어 결과

4. 참고 문헌

- [1] 최일섭, 유승렬, 박한구, 곽영우, 김상준 : 연속 도금라인에서의 도금 편차량 감소를 위한 도금 두께 제어시스템 개발, 대한전자공학회, April, 1995.
- [2] 배기남, 이영호, 김상준, 주영연, 유승렬, 김상대 : 신도금두께 제설비 개발, 산업과학기술연구소 연구보고서, 1994.

- [3] M. Kovarik, Bohumin Ironworks and Wire Mill Hutnik:
Controllability of coating thickness during hot galvanizing of steel WIRE, 37, p27-30, 1987.
- [4] Carl S. Townsend, Walter C. Bilski : Closed-loop control of coating weight on a hot dip galvanizing line.
Iron and Steel Engineer, July, 1988.
- [5] Masayasu Maeda, Takehiko Ito, Shinichi Furuya :
Coating weight control in a zink vapor deposition line.
Iron and Steel Engineer, September, 1988.
- [6] V Iliev, S Gavriloski, T Dimovski, J Josifovski, A Panov and B Nadzinski : Hot dip galvanizing of steel strip using a closed loop to control the coating thickness : Zink coated Steel Sheet, Ed. Proc., Int. Conf., 3rd EDITOR, 1991.