

용융아연도금라인에서 에어나이프 형상패턴 변경에 의한 단부과도금 진단

배 용 환* · 최 흥 태**

Diagnosis of Edge Overcoating by Air Knife Pattern Modification in CGL

Yong-Hwan Bae* · Hong-Tae Choi**

Key words : CGL(연속용융아연도금라인), Air wiping(공기 와이핑), Edge overcoating(단부과도금), Coating deviation(도금편차), Air knife(고속공기분사장치), Diagnosis(진단), Coating weight control(부착량제어)

Abstract

Air wiping technique is widely used because of easy and efficient coating control in present CGL. The coating weight is controlled by nozzle header pressure, strip line speed, and the distance between strip and nozzle. Coating defects are resulted from the unbalance of these control factors and the inaccuracy of coating equipments. We investigate the main cause of coating defects, such as edge overcoating and coating deviation through various experiments. It is found that the edge overcoating is mainly come from nozzle lip type, and the coating deviation is caused by the unbalance of dynamic pressure.

기호설명

P : 노즐헤드부 공기압력 (kPa)
 D : 도금판과 노즐사이 간격(mm)
 P_o : 대기압 (kPa)
 ω : 분류속도 (m/sec)
 ρ : 노즐헤드부 공기밀도(kg/cm^3)
 ω_k : 임계분류속도(m/sec)

k : 비열비(C_p/C_v)
 ω_1 : 분류중심속도(m/sec)
 K : 상수
 ξ : 마찰손실계수

1. 서 론

연속 용융아연 도금라인(CGL : Continuous

* 안동대학교 기계공학교육과(정회원) 원고접수일 : (99년 8월)

** 경남정보대학 차량기계과(정회원)

Galvanizing Line)에서의 에어와이프핑(air wiping) 기술은 여타 도금방법에 비하여 상대적으로 부착량을 낮게 할 수 있으며, 고속, 정밀도금제어가 가능하다는 장점으로 인하여 70년대 이후 세계 대부분의 아연도금 생산라인에 채용되었다. 도금제품에 가장 큰 영향을 미치는 에어나이프 시스템(air knife system)은 일정한 속도로 움직이는 스트립(strip)위에 압축된 공기를 매우 좁고 긴 간극(gap)을 통하여 고압 분사함으로써 공기의 동압에 의하여 스트립에 부착된 도금량을 제어하는 시스템으로 이에 대한 꾸준한 연구와 에어나이프 시스템 개발이 계속되고 있는 실정이다.^(1~3) 한편 도금제어 방식에 대한 이론은 밝혀져 있지만 대부분 실험실적 차원에서 이루어졌고, 그 결과를 실제 도금시스템에 적용하는데는 많은 외란(진동, 반곡, 열변형, 솔림)으로 인하여 어려움이 많고 부정확하다고 사료된다. 일반적으로 이제까지 진행되어온 도금제어 방법들을 살펴보면 Brown등⁽⁴⁾은 컴퓨터에 의한 도금제어에 대한 방법론에 대하여 연구하였고, Butler등⁽⁵⁾은 도금라인에서 에어나이프 위치가 도금편차에 미치는 영향등에 대하여 연구하였으며, 또한 Harvey등⁽⁶⁾은 도금라인에서 코팅제어시스템과 제어알고리즘등을 개발하였다. 최근의 연구로는 Iwamoto등⁽²⁾은 자동액추에이터로 제어되는 에어나이프 립간격 조절시스템을 개발하였으며, Chen등⁽⁷⁾은 용융아연도금라인의 적응제어시스템을 개발하였다. 또한 Bloch등⁽⁸⁾은 도금제어라인에 인공신경망을 이용하여 지능적 제어방법에 대하여 연구하였으며, Zhang등⁽⁹⁾은 수치해석기법등을 이용하여 도금현상의 열전달 및 강판표면의 공기분출 흐름형태에 대하여 연구하였다. 그러나 이들 중 에어나이프립의 형상이 과도금에 대하여 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정이다.

특히 생산라인에서 air wiping에 의한 도금과정에서 품질에 악영향을 미치는 단부과도금현상(edge overcoating)에 대한 발생기구는 아직 규명되지 않고, 또한 각 회사의 시스템이 상이하기 때문에 특정 시스템에 대한 원인 규명이 필요하다. 이러한 단부 과도금현상은 부착량과 관련된 도금조업인자(공기압, 도금판속도, 간격)의 부적절함과 에어와이프핑 시스템(air wiping system)의 에어나

이프 구조로 인하여 발생하는 것으로 생각되었다. 본 연구에서는 실제 용융도금라인에서 발생하는 단부 과도금을 방지하기 위한 원인 및 부착량과 조업 제반인자와의 관계를 규명하여 용융아연도금의 고속화 및 품질향상에 기여하고자 하는데 목적이 있다.

2. 이론적 배경

일반적으로 에어와이프핑 시스템에서 도금부착량은 노즐헤드의 압력과 나이프와 강판과의 간격, 그리고 나이프를 지나가는 강판의 속도등에 의하여 좌우된다. 따라서 이러한 각 제어인자들을 조절함으로써 도금부착량을 변화시킨다. 일반적으로 부착량 제어방법은 수동모드에서 작업변수는 속도제어, 압력제어, 간격제어로 구분되며, 이들 중 두가지 요소는 고정된 상태에서 하나의 제어인자를 조절함으로써 제어를 행한다. 이외에도 도금제어에 영향을 미치는 요소로는 노즐 립 간극, 와이핑기체온도, 노즐립단면 등이 있으며, 이들은 각각 다음과 같은 상관관계를 가진다.

2.1 에어나이프 압력, 노즐과 도금판 간격의 영향

Fig.1은 에어나이프 시스템의 에어와이프핑 부분으로 노즐에서의 공기분류를 등엔트로피 팽창호

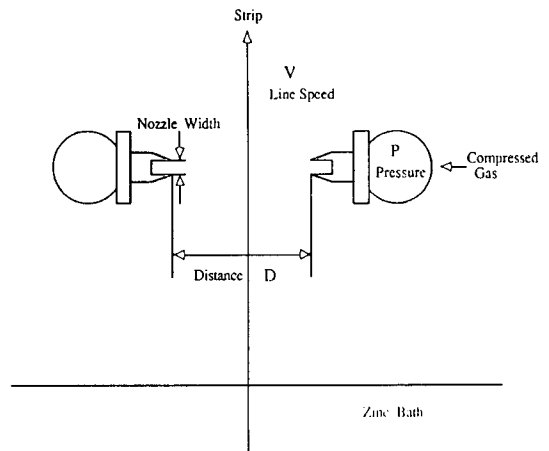


Fig. 1. Schematic diagram for air knife system

름이라 가정할때 노즐헤드부 기체압력에 따른 분류속도 ω 는 다음식과 같다.⁽¹⁰⁾

$$\omega^2 = \frac{2k}{(k-1)} \frac{P}{\rho} [1 - (P_0/P)^{k-1/n}] \quad (1)$$

노즐 헤더부의 압력을 증가할 경우, 노즐 개구부에서 가스압은 임계압력 P_c 에 도달되고, 즉 식 (1)에서 임계압력시의 임계분류속도 ω_c 는

$$\omega_c^2 = \frac{2k}{(k-1)} \frac{P}{\rho} [1 - (P_0/P_c)^{k-1/n}] \quad (2)$$

또, 분류속도는 도금판과 노즐사이의 간격 D 의 증가에 따라 감소하지만 阿部等⁽¹¹⁾은 2차원 분류모델로 가정하여 모델 에어나이프에서 실험을 통한 데이터를 회귀분석식에서 분류중심속도 ω_1 은 $D^{-0.5}$ 에 비례한다고 보고하고 있다.

$$\omega_1 \propto K \cdot P^{0.42} \cdot D^{-0.5} \quad (3)$$

2.2 노즐립 간극에 의한 마찰 손실 (Friction Loss)

일반적으로 노즐립 간극에 따라 생기는 노즐 개구부 근방에서 동압의 차는 마찰저항에 따른 흐름의 운동량 손실분의 차에 상당한다고 고려된다. 동압의 기울기 감소를 시작하는 위치가 다른 것도 분

류중심부에 마찰저항이 미치는데 까지 요하는 시간이 다르기 때문이다. 노즐에 있어서 분사과정을 앞에서 마찰이 없다고 가정했을 때 등엔트로피 변화이지만, 실제 유동은 마찰손실을 수반하므로 엔트로피의 증가를 일으킨다.⁽¹⁰⁾ 마찰손실을 수반하는 분류의 속도 ω_f 는 다음과 같다.

$$\omega_f^2 = \frac{2k}{(k-1)} \frac{P}{\rho} [1 - (P_0/P)^{n-1/n}] \quad (4)$$

여기서 $n = (k(1+\xi)/(1+k\xi))$ 이다.

Fig.2에 노즐립 간극에 따른 노즐헤더압력과 마찰손실계수 ξ 와의 관계를 표시하였다. 마찰손실계수 ξ 는 헤더압의 증가에 따라 감소하는 경향이 있는데, 이것은 헤더압이 높아지면 분류속도가 빨라져서 경계층의 성장이 지연되기 때문인 것으로 사료된다. ξ 는 임계압력을 생기게 하는 직전에 최소가 되고, 이후에 증가 경향이 있지만 이것은 공기 밀도의 상승에 따라 흐름전단응력이 증가하기 때문인 것으로 사료된다. ξ 는 노즐립 간극의 크기에 따라 다르지만(노즐립 간극이 작은쪽이 큼) 1.2mm의 노즐립 간극의 경우는 그 수치는 최소부에서 약 0.03 저압부에서는 0.2에 달한다. 즉 운동량의 20%는 마찰손실에 따라 손실되게 된다. 이 수치는 약간의 동압측정 손실이 포함된 것이다.

3. 에어와이핑 시스템 구성 및 실험내용

Fig.3은 연속용융 도금라인에서 도금부착량을 제어하기 위한 에어와이핑시스템이다. 최상위 BC(Business Computer)에서 수요가로 부터 주문 정보와 제품정보가 SCC(Supervisory Control Computer)로 전송되어 목표도금부착량 및 조업 조건이 DDC(Direct Digital Computer)로 하향전송되어, 에어나이프 콘트롤 컴퓨터(SENTRY 300NDS)와 통신에 의하여, 부착량 제어를 하게 된다. 에어나이프 콘트롤 컴퓨터내에는 두개의 모듈이 존재하는데, 도금측정계이지 조작과 도금부착량 계산을 수행하는 SCM(Supervisory Control Module)과 에어나이프의 압력, 도금판(strip)과 노즐 사이의 간격을 조절하는 PCM(Process Control Module)이 있으며, 자동 수동모드에 의하여 제어

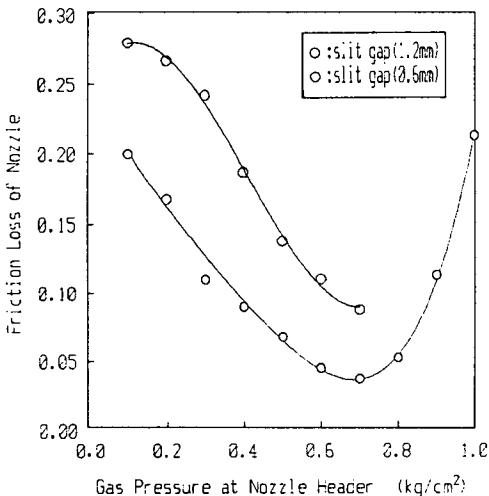


Fig. 2 Nozzle header pressure and friction loss by slit gap.

된다. 그러나 도금량의 결정은 PCM컴퓨터에서 주로 결정되지만, 그럼에서 에어나이프의 기계적인 설비의 최적화와 용융아연포트내의 기계설비의 작동상태에 따라 도금부착량 편차와 과도금 현상이 주로 발생된다. 특히 이 중에서 과도금 설비는 주로 에어나이프의 공기공급위치, 에어나이프 립 타입, 용융도금포트내의 강판이송장치인 스테빌라이징로울과 싱크로울의 구배에 의한 강판의 휨, 강판의 진동, 강판의 불균일한 냉각등에 의하여 발생되는데 본 연구에서는 이들 중 도금편차에 가장 큰 영향을 미치는 에어나이프립의 특성이 도금편차에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

또한 본 연구에서는 이들 중 과도금 발생원인을 조사하기 위하여 에어나이프 노즐lip을 3mm, 5mm, 10mm, 15mm로 변경시켜가면서 에어나이프에 부착하여 챔버내 공기압을 0.1kg/cm²~0.4kg/cm²를 0.1kg/cm²간격으로 slit 입구에서 압력센서가 부착된 동압측정장치를 이용하여 동압을 측정함으로써 가장 동압이 안정되는 최적 나이프립을 찾고자 하였다. 또한 노즐의 폭방향 개구부의 형태와 lip 형태변화에 따른 과도금 현상을 관

찰하기 위하여 에어와이핑 시뮬레이터를 제작하여 동압측정 장치를 이용하여 slit 간극의 크기에 따른 동압의 변화를 알아보았다. 또한 떠무늬 과도금 형상의 원인으로 lip단면에 미세한(폭 : 10mm, 깊이 : 0.1mm)노치를 부여하여 도금판 표면에 형광유색액체(탄소가루+형광안료+파라핀오일)를 이용한 유동가시화실험 결과에서도 미세한 단면 변화효과가 과도금현상에 어떠한 영향을 주는지를 관찰하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4. 1 단부과도금 발생 메카니즘

Fig.4는 실제 용융도금 과정에서 발생하는 단부 과도금이 발생된 제품형태를 나타낸 것이다. 단부 과도금이라함은 강판의 폭방향 끝부분의 도금량이 중심부에 비하여 매우 많을 경우에 나타나는 현상으로 단부과도금이 발생한 코일을 감으면 U자 형태로 에지부분이 융기한다. 梅田等⁽¹²⁾은 이러한 단부과도금 발생원인은 다음과 같이 추정하였다. 첫째, 에어나이프 단부 동압저하, 둘째, 단부 용융아연의 구속력저하, 셋째, 중심부보다 단부의 와이핑력 저하, 넷째, 기체온도가 단부에서 과냉에 의하여 주로 발생되나, 그러나 주로 현장에서 여러 가지 조건과 경험적으로 볼 때 이 중에서 첫째와 넷째의 영향은 별로 크지 않고, 둘째와 셋째 원인에 의하여 주로 단부 과도금이 발생한다. 일반적으로 와이핑력은 노즐 선단갭 평행부 형상에 따라서 크

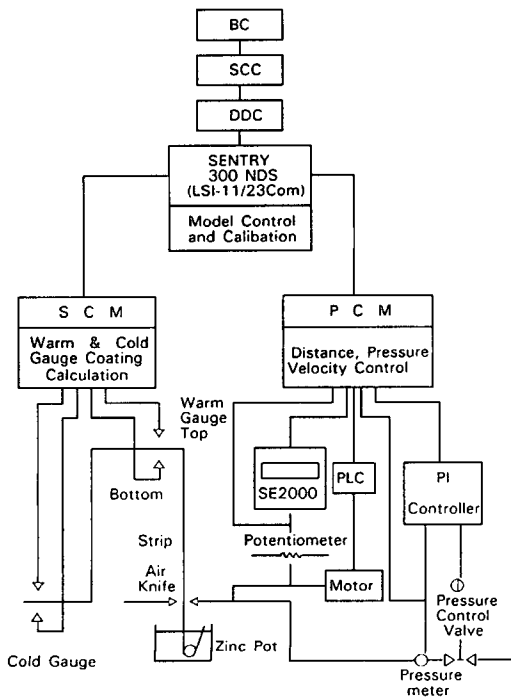


Fig. 3 CGL air wiping control system

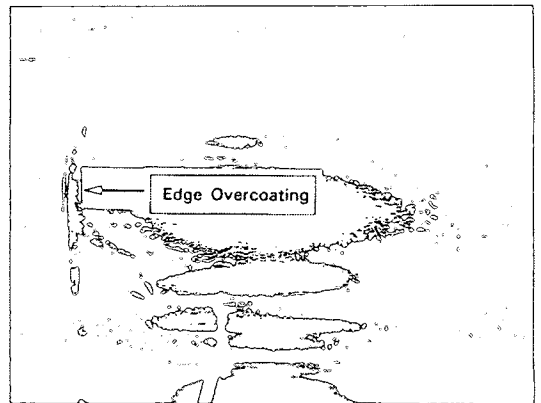
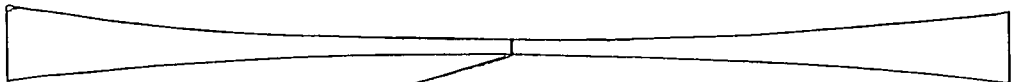


Fig. 4 Pictrue of edge overcoating

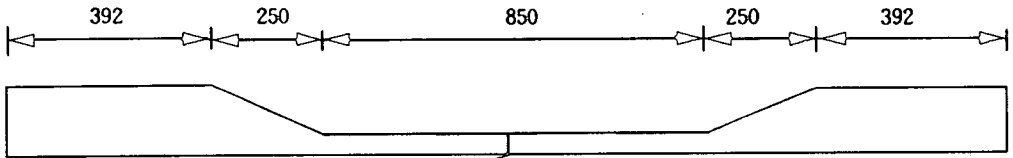
게 좌우된다. Fig.5의(a)는 단부과도금을 발생시킨 기존 에어나이프 폭방향 lip clearance와 lip의 단면의 형태이고, (b)는 개조된 lip의 형태로 개조lip 사용시 단부과도금이 80%이상 감소되었다. 이것으로 볼때 현재의 용융도금라인의 단부과도금은 에어나이프 lip형태에서 초래되었음을 알 수 있다.

그 원인을 구체적으로 알아보기 위하여 Fig.6과 같이 Druck사의 동압측정장치(Multichannel Digital Pressure Indicator : DPI420)에 압력센서(Druck사 PDCR820)를 이용하여 3mm, 5mm, 10mm, 15mm 4개의 노즐입구립 slit(인간이 공기를 토출할 때 입술의 공기흐름방향 넓이와 같은 개



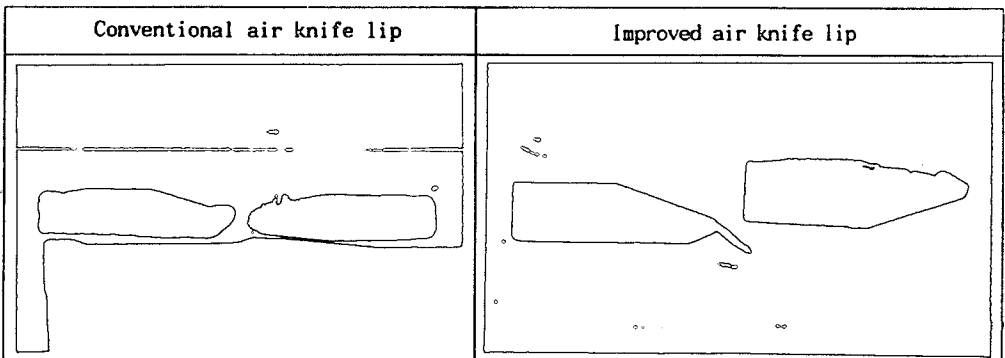
거리(mm)	120	240	360	480	600	720	840	960	1067
간극(mm)	1.35	1.37	1.39	1.46	1.53	1.60	1.66	1.72	1.79

(a) Conventional air knife lip clearance



거리(mm)	120	240	360	480	600	720	840	960	1067
간극(mm)	1.36	1.36	1.36	1.55	1.57	1.63	1.72	1.72	1.72

(b) Improved air knife lip clearance



(c) Air knife lip cross section

Fig. 5 Air knife lip clearance and lip cross section.

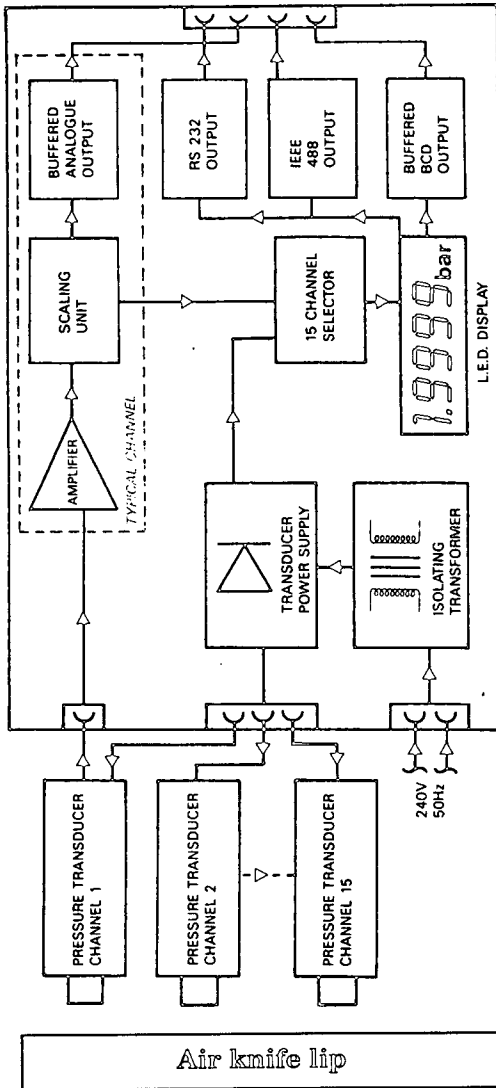


Fig. 6 Schematic diagram for dynamic pressure measurement system

념)으로 에어나이프 노즐입구의 분사압력을 차례로 측정 한 결과 Fig.7과 같은 결과를 얻었으며, 노즐slit의 평행부 길이변화와 노즐헤더압에 따른 동압변화는 10mm에서 가장 안정됨을 알 수 있었다. Fig.5 (c)의 길이방향 단면에서 알 수 있듯이 기존의 lip은 slit길이가 6.35mm이고, 입술처럼 구배 R이 64mm인 반면, 개조 lip은 slit길이가 평평하게 11mm이므로, 상부, 하부를 평행하게 유지시킴으로써 앞에서 설명했듯이 압력변화에 따른 동압

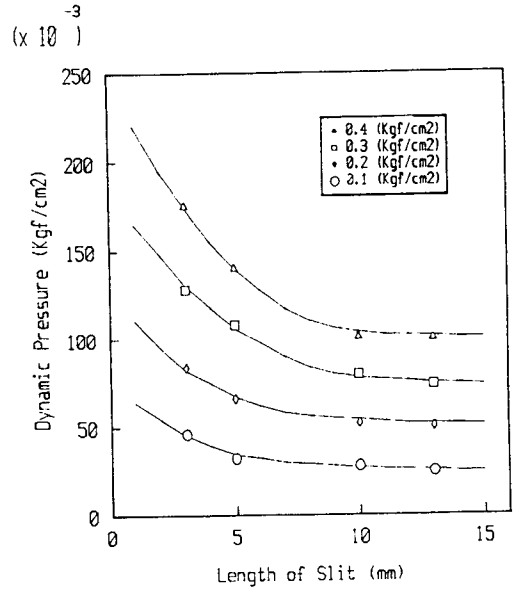


Fig. 7 Dynamic pressure by air knife lip slit length variation

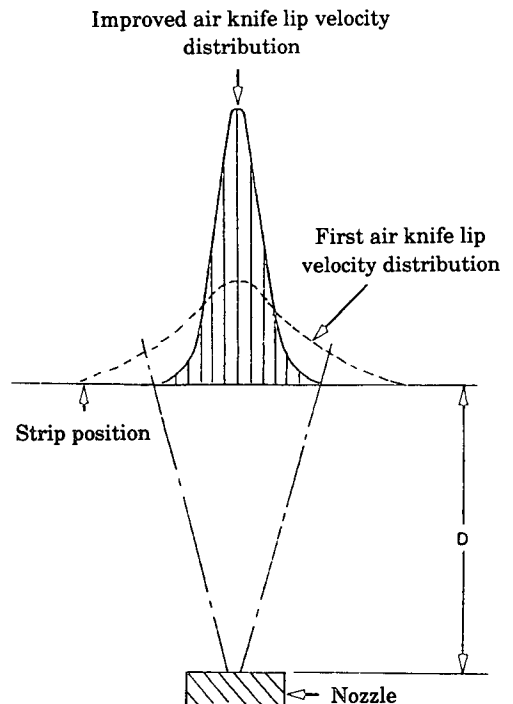
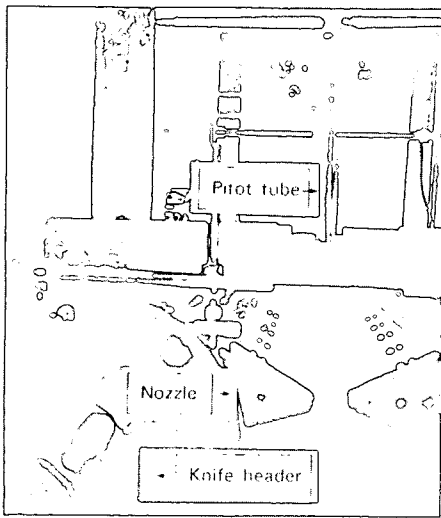
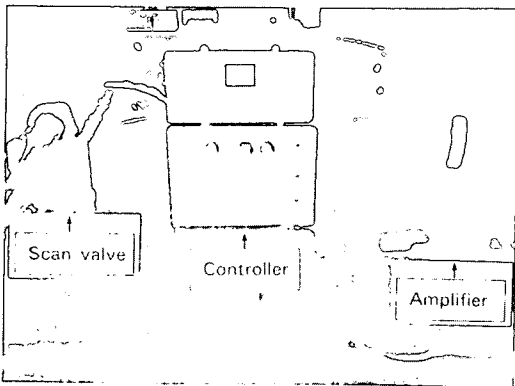


Fig. 8 Velocity distribution by knife lip pattern

변화차를 일정하게 유지시켜 주고, Fig.8은 에어나이프의 slit을 통하여 공기가 분사될 때 노즐입구에서 거리D 만큼 떨어진 곳의 공기속도분포를 나타낸 것인데, 이것은 유체역학에서 벽면을 따라 발생하는 경계층의 발달로 인한 중심부에서 속도가 가장 높은 포물선 형태를 나타내는데, 그림에서 알 수 있듯이 기존 에어나이프의 lip은 구배 때문에 에어나이프 입구에서 인간이 입을 통하여 세계 공기를 내뿜을 때 입술부분이 등글 때, 입구에서 박리가 일어나서 입에서 조금 떨어진 영역에서 난류가 발생하는 것과 같은 이치로 유속분포가 도금판



(a) Air wiping simulator



(b) Apparatus for dynamic pressure measurement

Fig. 9 Air wiping simulator and dynamic pressure measurement apparatus.

에 경사지게 넓고 집중이 되지 않는 반면에⁽¹³⁾ 새롭게 개발된 lip은 벽면을 따라 유체가 흐를 때 형성되는 경계층의 원리와 같은 이치로써 유속분포가 도금판에 수직으로 좁게 분포됨으로써 중심부 최대운동량이 훨씬 큼으로써 도금량제어를 효과적으로 할 수 있다. 또한 Fig.5의 (c)의 기존에어나이프의 단면에서 알 수 있듯이 앞에서 언급한 것처럼 호흡시 우리의 입술 단면처럼 R이 64mm로 구배된 나이프 립에 의한 slit입구에서 박리(剝離: separation)가 발달되면서 난류가 형성되고 속도분포는 앞에서 지적했듯이 strip 진행방향으로 넓게 퍼지면서 속도구배는 강하여 와이핑력을 저하시킨다. 그러나 개조된 평형립의 경우 윗 부분과 아랫 부분에서 층류경계층이 발달되어 중심부 속도가 감소되지 않고 strip에 분사된다. 따라서 에지 부분에서 이러한 두 개의 제트유동이 충돌할때 구배된 립은 strip edge부분에 넓고 복잡한 난류역을 형성하고 이러한 복잡하고 강력한 난류유동으로 인하여 edge부분의 아연을 냉각함과 동시에 복잡한 흐름으로 인하여 약한 sink가 발생함으로써 중심에 있는 용융아연을 edge부분으로 끌어당기므로써 과도금을 유발시킨다.⁽¹⁴⁾ 또한 lip clearance가 평행하면 공기분출속도벡터의 방향이 폭방향으로 상하 평행하게 작용하는데 비하여 구배된 lip clearance에서는 strip 중심부를 제외한 각 지점에서 속도벡터가 edge방향으로 향하여 용융아연의 흐름을 edge쪽으로 유도할 가능성도 배제하지 못한다. 여기서 이제까지 이와같은 매우 복잡한 제트 충돌로 인한 강판주위의 유동은 너무 복잡하므로 해석할 수 없었고, 단지 현장 경험에 의하여 추정될 뿐이다. 립의 양 끝단을 넓게 한 것은 양 단부에서 와이핑력을 크게 하기 위한 것이다. 미세한 lip 형태변화에 따른 과도금 현상을 관찰하기 위하여 Fig.9(a)와 같은 에어와이핑 시뮬레이터를 제작하여 Fig.9(b)의 동압측정 장치를 이용하여 slit 간극의 크기에 따른 동압의 변화를 알아보았다. 같은 헤드압력에서 노즐립 간극이 0.6mm와 1.2mm에 대하여 동압을 측정하였다. 시뮬레이터 에어나이프의 slit간격에 따른 동압측정결과를 Fig.10에 나타내었는데 실험결과에서 알 수 있듯이 노즐갭이 커짐에 따라 동압은 증가함을 알 수 있는데 이것은

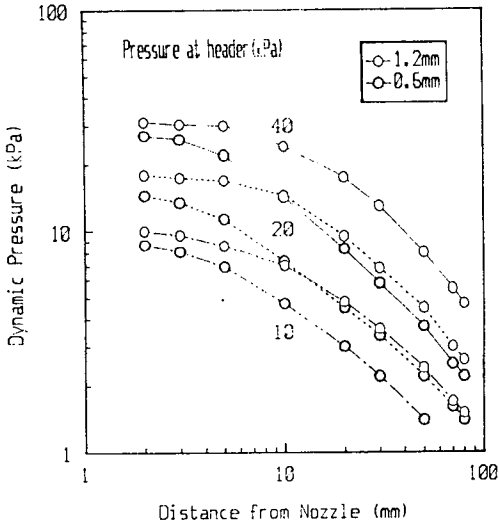


Fig. 10 Dynamic pressure by air knife slit gap, header pressure and distance from nozzle variation

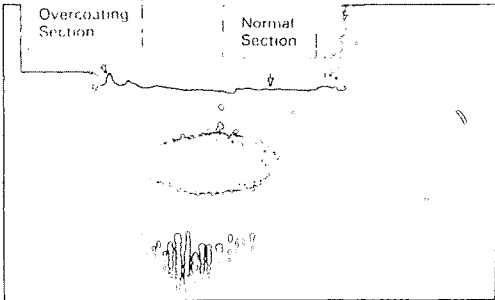


Fig. 11 Picture of overcoating by wiping simulation

앞에서 설명했듯이 노즐에서의 마찰손실이 저하하기 때문이다. 이것은 노즐단부의 립 간극을 넓게 해줌으로써 단부의 와이핑력을 크게 해주는데 목적이 있다. 또한 lip단면에 미세한(폭 : 10mm, 깊이 : 0.1mm) 노치를 부여하여 도금판 표면에 형광 유색액체(탄소가루+형광안료+파라핀오일)를 이용한 유동가시화실험 결과에서도 미세한 단면 변화효과가 과도금 현상을 유발시킴을 알 수 있었다.(Fig.11) 이와 같은 현상은 다음과 같이 설명될 수 있다. 평판위에 직육면체나 반구형태(아연 cloddy)의 물체가 놓여 있을때 같은 항력이 발생

되어 공기유동흐름속도를 저하시킨다. 따라서 이 부분에서 띠 형상의 과도금이 발생한다.

이상과 같이 본 연구에서는 과도금 발생원인을 조사하기 위하여 에어ナイ프 노즐lip 변경 및 노즐 립 간극변화에 따른 과도금 발생원인을 규명하였고, 또 시뮬레이터 제작에 의한 lip 미소변화에 의한 와이핑 저하로 인한 줄무늬 과도금편차 발생원인 규명하였다. 또한 변경된 시스템을 실제 에어ナイ프 시스템에 적용하여 도금품질 증대를 확인하였다.

5. 결 론

공기유동특성이 도금편차에 미치는 영향에 대한 에어ナイ프 형태 개조 및 데이터분석, 유동가시화 실험, 동압측정을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 기존 에어ナイ프 lip사용시 단부 과도금의 주원인은 lip slit길이가 6.5mm이고, 노즐단면이 곡면으로 되어 있어 이로 인한 토출공기의 최대분류속도 저하 및 동압불균형에 기인한 것으로 생각된다. 둘째, 유동가시화 실험결과 단부 과도금현상 및 도금편차는 lip clearance불량, lip의 가공변형에 의한 노즐분류속도 변화 및 분류속도 저하로 발생하였다. 특히 줄무늬 형태의 과도금은 도금작업 중 cloddy에 의한 항력 발생에 의하여 분류속도가 저하되면서 와이핑력이 감소되기 때문이다. 위의 실험 결과를 실제 생산라인에 적용함으로써 생산성 향상과 실수를 증대를 가져왔다.

6. 참고문헌

- (1) Yoo SR, Choi IS, Nam PK, Kim JK, Kim SJ, Davene J, "Coating deviation control in transverse direction for a continuous galvanizing line", IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY Vol.7, No.1, pp.129~135, JAN 1999.
- (2) Iwamoto H, Yamauchi A, Hasegawa Y, Isono T, "A new air knife system with adjustable lip gaps for hot dip galvanizing", REVUE DE METALLURGIE-CAHIERS D INFORMATIONS TECHNIQUES, Vol. 95, No.(7-8), pp.961~967,

JUL-AUG 1998.

- (3) Jacobs O, "Designing feedback controllers to regulate deposited mass in hot-dip galvanizing", CONTROL ENGINEERING PRACTICE, Vol.3, No.11, pp.1529~1542, NOV 1995.
- (4) L. Brown Bertin, M. C, "Computer control of coating weight on galvanizing and tinning lines", In Proc. 7th IFAC World Congress, Helsinki, pp.199~206,1978.
- (5) Butler, J. J, D. J. Beam and J. C. Hawkins, "The development of air coating control for continuous strip galvanizing", Iron and Steel Engineer, Feb., pp.77~86,1970.
- (6) G. F. Harvey, Edwards, W. J., A.J. Carlton "Coating mass control system design for a continuous galvanizing line", In Proc. 6th IFAC World Congress, Boston, Paper 46.3, 1975.
- (7) Chen, D, " Adaptive Control of Hot dip Galvanizing", Automatica, Vol.31, No.5, pp.715~733, 1995.
- (8) Bloch, G., "Neural Intelligent Control for a Steel Plant", IEEE Transactions on Neural Networks, Vol.8, No.4, 1997.
- (9) Zhang, H., "Numerical simulation of hot dip metallic coating process", Int. J. Heat & Mass Transfer., Vol.38, No.2, pp241~257, 1995
- (10) 이택식, 손병진, "유체역학", 동명사, pp.647~pp.653, 1981.
- (11) 阿部雅樹, 矢野秀勝, 安谷屋武志, "연속식용융아연 스키의 기층紋리制御機構に關する檢討", 鐵と鋼, Vol.66, No.7, pp.67~pp.76, 1980.
- (12) 梅田昭三, 泰和宣, 山口輝雄, 今井辛義, 江原勝也, "連續亞鉛 스키設備", 日立評論, Vol. 57, No.5, pp.51~pp.56, 1975.
- (13) 손병진, "유체역학", 탑출판사, pp.628~pp.650, 1981.
- (14) 부정숙, 서용권, 송동주, 김경천, "유체역학", 반도출판사, pp.816-818, 1996.
- (15) 배용환, 최진원, "Edgeovercoating 및 도금편차량 개선", 포함제철특별지원보고서, 1990.

제 자 소 개



배용완 (裵用完)

1962년 1월생. 1989년 부산대학교 졸업 (석사) 1992년 산업과학기술연구소(RIST) 주임연구원 1996년 부산대학교 생산기계공학과 (박사) 현~안동대학교 기계공학교육과 과 조교수



최진원 (裵進元)

1967년 2월생. 1993년 부산대학교 졸업 (석사) 1997년 부산대학교 생산기계공학과 (박사) 현~경남정보대 차량기계과 교수