

연속 용융도금 강판의 에지 과도금 및 빌드업

박정렬, 전선호, 박노범

포항제철(주) 기술연구소 광양압연연구그룹

Edge overcoating and buildup of continuously hot-dip metallized strip

J. R. Park, S. H. Jeon and R. B. Park

Kwangyang Rolling Products Research Group
POSCO Technical Research Laboratories
699 Kwangyang, Chonnam, 545-090 Republic of Korea

Abstract

Gas wiping of continuously hot-dip galvanized coating on steel strip has generated edge overcoating and noise problems. The overcoating of zinc in the edge zone from edge to 50mm inside of the strip along its width was measured and analyzed. The overcoating is thought to occur due to the reduced impinging pressure of wiping gas onto the strip edges by the boundary effect and it can decrease by 50% or more by applying edge baffles when the baffle-to-strip distance is maintained to 20mm or less. The overcoating was compared with edgedrop of the cold-rolled steel substrate. Edge buildup mostly at the edge area 10 to be 20mm from the edge results in if the edgedrop is not sufficient enough to compensate for the overcoating to be flat on the edgedrop or/and if the overcoating is not small enough to the given edgedrop. Edge baffles can reduce effectively this type of edge buildup.

1. 서 론

연속용융아연도금공정의 도금부착량 조절은 1964년 이후 기체깎음에 의해 현재까지 실시되어 왔다¹⁾. 기체 나이프로부터 분사되어 나온 기체가 연속용융아연도금강판의 도금층을 깎는 기구²⁻⁴⁾는 이론적으로 그리고 실험적 및 생산 라인에서 대체로 잘 규명되고 있다. 기체 나이프 압력, 기체 나

이프의 기체토출 슬로트 간격, 기체분사각도, 도금판 전후 기체 나이프간 간격 등 기체 깎음 변수를 적절히 조절함으로써 도금욕 온도 및 라인 속도에 따른 도금부착량을 결정지을 수 있다. 그러나 이런 기체깎음에 의한 도금조업은 라인 속도가 올라감에 따라 고압의 기체분사에 따른 용융도금층의 연속성이 깨어져 도금층이 분산되어 튀겨나오는 스플래쉬(splash) 현상⁵⁾

이 발생한다. 튀겨나온 용융도금 조각은 기체분사 슬로트를 막기도 하므로 부착량 조절 작업은 불가능하므로 기체각춤에 의한 강판의 연속 용융아연 도금속도는 사실상 제한된다. 본 속도는 박도금 작업에서는 더욱 제한되어 양면 도금부착량 180g/m²에서는 최대 180mpm 정도로 제한된다.

또한 도금층의 본 기체각춤에 있어 강판 가장자리 부분에서는 강판을 치는 기체가 난류를 형성하여 Fig. 1에 간단히 나타낸 바와 같이 심한 소음과 과도금을 발생시킨다. 용융아연 도금강판을 합금화시킬 경우 본 과도금을 수반한 가장자리부위는 합금화가 지연되어 강판의 중앙부분과 합금화 차이를 일으키는 문제점이 있다. 또한 본 과도금은 도금판 가장자리에서 발생하는 Fig. 2에 간단히 설명된 에지 빌드업(edge build-up)과의 관련성도 논란의 대상이 되고 있는 상황이다.

이런 도금부착량의 기체각춤에 있어 도금판 가장자리에서 발생하는 현상을 감소시키기 위해 Fig. 1에 나타난 바와같이 에지 배플(edge baffle)이 사용된다. 그러나 이런 에지 과도금, 에지 빌드업 및 에지 배플에 관한 정량적 조사결과가 잘 밝혀지지 않은 상태이다. 특히 연속용융도금 작업현장에서는 에지에서 폭방향으로 10-30mm 범

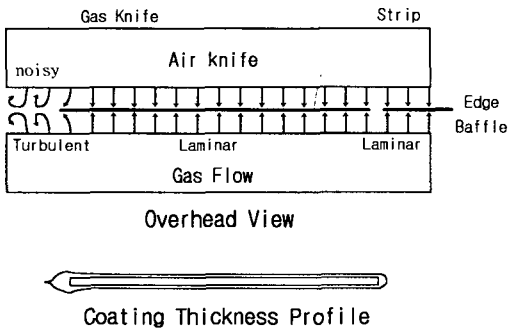


Fig. 1. Top view of an air wiping system of galvanized strip in a continuous galvanizing line (CGL). Air flow in the system, coating thickness profile of the strip thereby, edge effects and roles of edge baffle are schematically represented.

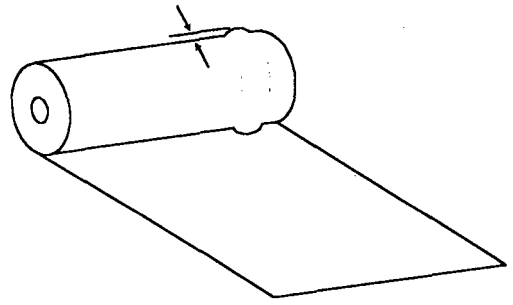


Fig. 2. Edge buildup of galvanized strip.

위내에서 가끔 발생하는 빌드업 원인규명과 대책 수립이 절실히 필요한 상황이다.

2. 실험방법

2. 1. 에지 배플

Fig. 3은 연속용융도금시 공기 나이프(본 실험에서는 Kohler type)를 사용하여 도금층을 깎아 부착량을 결정할 때 도금강판의 오른쪽 가장자리에 실험용으로 부착한 에지 배플 및 주변의 간략도이다. 본 실험 배플은 배플판, 가이드 롤러 및 미끄럼 판으로 구성된다. 가이드 롤러는 배플판을

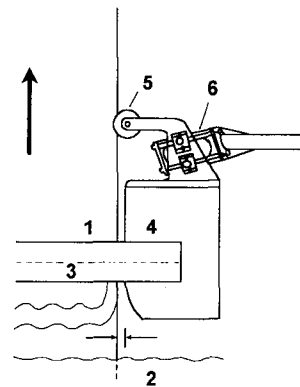


Fig. 3. An edge baffle employed in gas wiping of a CGL for the present work: 1. galvanized steel strip; 2. zinc bath; 3. air knife; 4. edge baffle; 5. guide roller; 6. sliding unit.

도금판의 연장이 되게끔 도금판 가까이 부쳐주되 배플판과 도금판과의 일정 거리를 유지시켜 주고 또한 도금판이 전후 진동시 동조할 수 있도록 고안된 장치이다. 미끄럼 판은 도금판의 좌우 진동에 따라 배플판이 동조할 수 있도록 고안된 장치이다. 배플판은 공기 나이프에 의해 깎여 흘러내리는 용융아연과 접촉이 없도록 적절한 유선을 취하도록 제작되었다. 본 배플판 관련 주요 실험변수는 분사 공기를 직접 맞는 부위에서의 배플판과 도금판과의 거리 (baffle-to-strip distance)이다.

2. 2. 에지 과도금 측정

연속용융아연도금강판 전폭x길이방향200mm 크기의 판을 확보하여 좌우 가장자리에 불규칙하게 붙어 있는 아연을 제거하기 위해 좌우 가장자리를 각각 폭 1.0mm씩 도금판 자체를 절단제거하고 Fig. 4와 같이 부착량 측정 시편을 준비하였다. 즉 좌우 가장자리로부터 폭방향으로 폭10mm씩 차례로 절단하여 폭방향 부착량 측정 시편을 준비하였다. 각 시편은 소지강판 부식억제제인 헥사메칠아민이 소량(0.33 vol.%) 포함된 염산(9%)에서 양면 아연도금층을 용해시켰고, 용해 전후의 중량차를 측정하여 본 10mm폭에 대한 평균적인 단위면적당의 양면 도금부착량으로 환산하였다. 본 조사에서는 별도 언급이 없는한 도금부착량은

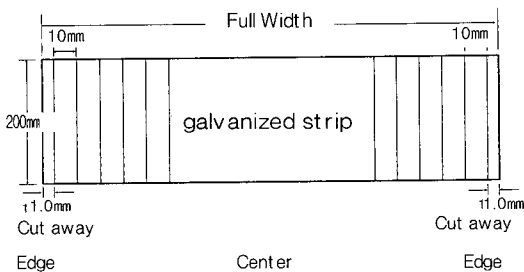


Fig. 4. A schematic for the preparation of specimens for coating weight profile from edge of continuously galvanized strip

전후면합의 양면 부착량을 의미한다. 에지 부위의 폭방향에 따른 도금 부착량 분포를 내부 부위의 균일 부착량과 비교하여 그 차이를 에지 부위 과도금으로 정의할 수 있지만 본 조사에서는 편의상 임의로 에지로부터 50mm내의 에지 부위의 평균 부착량을 내부 부위(에지로부터 90-110mm 범위)의 평균 부착량으로 차감한 부착량을 에지 과도금으로 채택하였다.

2. 3. 에지 빌드업 측정

에지 빌드업은 판자체로는 너무 미소하여 표면거칠기 범위내에 포함될 수도 있으므로 에지 빌드업이 아주 큰 경우를 제외하고는 직접 측정 및 판단하기는 대단히 어렵다. 도금작업 현장에서는 도금판을 대개 직경 300mm 이상 코일로 말았을 때 손으로 만지거나 육안검사로 Fig. 2와 같은 에지 부위의 빌드업을 찾아낸다. 일단 이런 빌드업이 발생하면 코일재로 채취 및 사용될 수 없다. 이런 결함이 발생한 도금강판의 에지 부위 전후면합의 도금층 두께와 소지강판의 두께를 구하기 위해 상기와 같이 에지부에 대해 폭방향 부착량 측정용 시편을 만들어 도금층을 용해 및 측정하였다. 에지 빌드업이 발생한 에지 부위와 정상재 에지 부위의 폭방향 부착량 분포를 조사하였다. 또한 소지강판의 두께는 도금층 용해후의 측정된 시편 무게와 부피를 밀도로 환산하여 간접적으로 본 10mm폭에 대한 평균적인 소지강판 두께를 구하였다. 이런 소지판 두께와 도금층 두께를 합하여 전체 두께로 채택했다. 본 소지강판 두께와 전체 두께의 폭방향 분포를 빌드업 부위와 정상재 부위에 대해 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1. 에지 과도금

Fig. 5는 목표 아연부착량 200g/m² (28.0um)

을 달성하기 위해 연속용융아연도금층을 공기 나이프로 깎을 때 에지 배플을 사용했을 경우 (배플과 강판 간격은 12mm)와 사용하지 않았을 경우에 있어 아연도금강판 가장자리로부터 폭방향의 부착량 분포를 나타낸다. 배플을 사용하지 않았을 때는 최외각 에지부분(0-10mm부분)에서의 도금량은 322g/m²으로 대단히 높지만 강판 중앙으로 갈수록 급격히 감소하여 폭방향 약 100mm 지점부근에서는 부착량이 균일해지고 목표 부착량에 가까워진다. 본 부착량 분포로부터 상기 정의된 에지 과도금량을 구하면 약 60g/m² (8.4um)이다. 그러나 배플을 사용했을 때의 부착량의 폭방향 분포는 사용하지 않았을 때의 분포 대비 대단히 완만하여 과도금량은 14g/m²으로 약 46g/m²이나 감소하였다. 이와같은 과도금은 공기 나이프의 분사공기로

용융도금층을 깎을 때 깎여진 용융아연이 가장자리로 몰려 발생한다고 한 때 생각되었다⁶⁾. 그 후 기체 나이프로부터 분사되어 용융도금강판에 충돌하는 기체의 충돌기압은 강판 중앙에 비해 경계조건인 가장자리 부분에서 많이 떨어지는 사실이 관찰되었다^{3,7)}. 이런 압력 강하로 가장자리의 도금층이 덜 눌러져 결국 덜 깎여 본 과도금이 발생하였고, 에지 배플을 사용하면 이런 경계조건을 강판 가장자리에서 배플 가장자리로 옮겨 주어 과도금을 대단히 감소시켜 준다. 또한 배플의 폭을 공기 나이프 길이 전체보다 길게 해주므로써 나이프로부터 분사되는 공기의 상호 직접충돌과 그로 인한 와류를 방지시켜 소음도 상당히 낮아지는 점이 확인되었다.

Fig. 6은 도금속도 150mpm에서 목표부착량 200g/m²을 달성하기 위한 연속용융아연도금에 있어 에지 과도금 감소를 위해 배플을 사용할 때 배플판과 강판과의 간격에 따른 에지 과도금의 감소량을 나타낸 것이다. 간격이 12mm이하인 경우 에지 과도금 감소량은 40-46g/m² 이상이다.

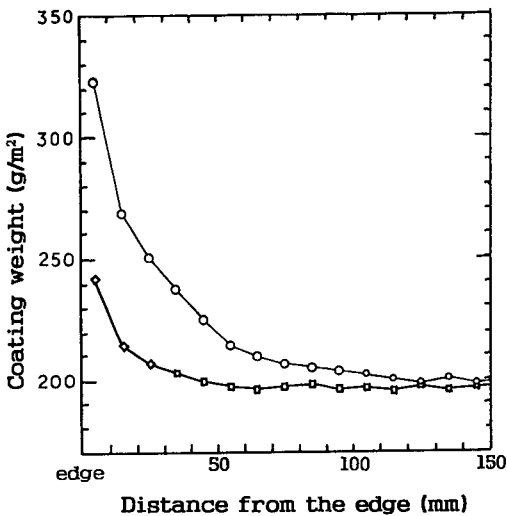


Fig. 5. Typical edge coating profiles of continuously galvanized strip which was airwiped without and with edge baffle. The baffle-to-strip distance is 12 mm. Open circle represents coating formed without edge baffles. Open square represents coating formed in the presence of edge baffle.

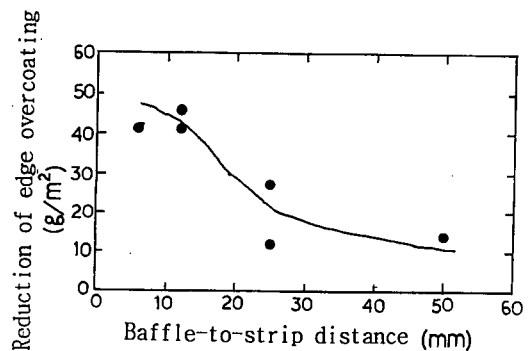


Fig. 6. Reduction of average edge overcoating of continuously galvanized strip, which was airwiped with edge baffle as a function of baffle-to-strip distance in a CGL where edge baffles are employed in the air wiping with aiming total coating weight 200 g/m² at center of the strip at the line speed 150 mpm

본 간격을 25mm로 증가시키에따라 에지 과도금 감소량은 적어지나 여전히 20g/m² (2.8um) 정도로 상당하다. 본 간격을 더욱 증가시키면 에지 배플의 효과는 점점 없어진다.

3. 2. 에지 빌드업

Fig. 7은 연속용융아연도금 공장에서 에지 배플 설치없이 생산된 도금강판 코일중 목표 아연부착량 230g/m²이고 한쪽 가장자리는 정상이지만 다른 쪽 가장자리는 빌드업이 발생했는 대표적인 코일에 대해 본 빌드업 발생원인을 조사하기 위해 먼저 에지 부착량 분포를 도금층 용해법에 의해 조사한 결과이다. 본 결과로부터 정상부 가장자리 50mm 부위의 평균 에지 과도금량은 약 37g/m²이고 빌드업 발생 가장자리 50mm 부위에 걸친 평균 에지 과도금량은 약69g/m²으로서 정상부 대비 과도금량이 약 32g/m²만큼 많다.

Fig. 8은 이런 Fig. 7의 도금판의 두 가장자리

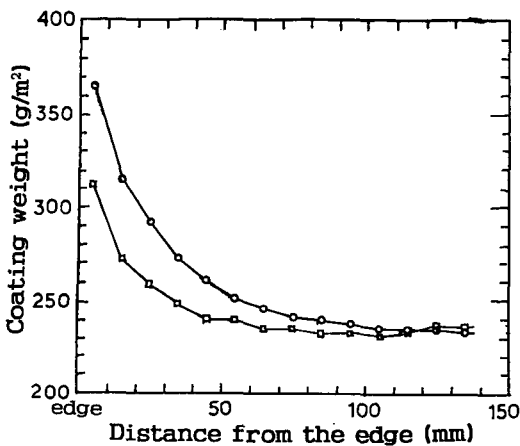


Fig. 7. Edge coating profiles of continuously galvanized strip which has edge buildup (open circle) at one edge and no edge buildup (open square) at the other edge.

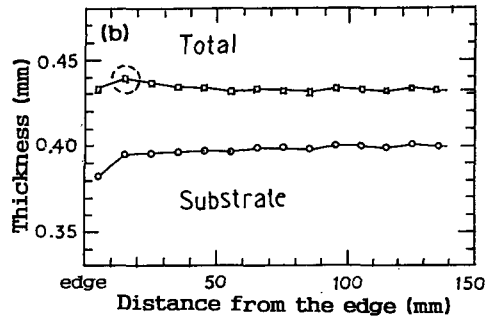
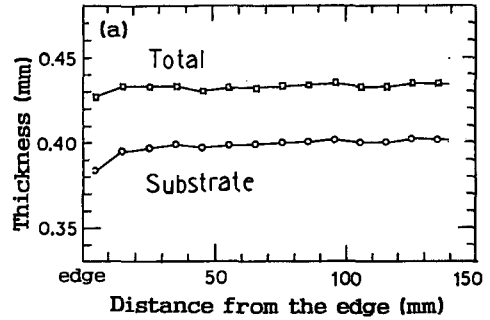


Fig. 8. Typical total thickness (open square) and substrate thickness (open circle) profiles in the edge areas of the continuously galvanized strip which has no edge buildup (a) and has edge buildup (b) in the zone (broken line circle) 10 to 20 mm from the edge.

부위에 대해 도금량과 소지중량으로부터 환산된 소지두께와 도금판 전체두께의 폭방향 분포를 나타낸다. Fig. 8(a)는 정상적인 가장자리 부위의 두께 분포로서, Fig. 7의 정상부위에 대해 나타난 에지 과도금량은 Fig. 8(a)에 나타난바와 같은 소지강판의 에지 드립에 의해 흡수되어 에지부내의 전체두께는 국부적으로 부풀지 않고 그 분포는 오히려 완만하여 도금판을 코일로 감았을 때에도 에지 빌드업을 발생시키지 않는다. 소지 강판의 에지 드립은 도금이전 냉간압연시 경계치 문제로 균일압연이 되지 못하고 에지부가 얇아진 냉간압연 담당자가 원치않은 일종의 압연불량 부위로 형성된 것이지만, 도금 작업시 역시 도금층

경계치 문제로 발생한 에지 과도금을 흡수하여 본 과도금으로 인한 전체두께가 국부적으로 두꺼워지는 문제점을 발생시키지 않았다. 이런 사실은 냉간압연 담당자나 용융도금 담당자가 이제까지 각자 결함을 어쩔 수 없이 만들어 내어 할 수 없이 넘어가는 상황이었지만, 전후공정의 자연현상인 경계치 크기 범위가 공교롭게도 비슷하여 상호보완되는 결과가 초래된 것이다. 이런 사실은 본 저자가 조사한 바로는 본 저자들이 최초로 발견한 사실로서 압연과 도금의 에지 부 현상의 대단히 흥미있는 점이다. 만일 냉간압연 담당자가 완벽하여 소지강판에 에지 드롭을 만들어내지 않거나 에지 드롭 부위를 완전히 트리밍하여 용융도금 담당자에게 인계했다면 도금작업시 상당량의 에지 과도금 자체가 에지부에서 빌드업으로 발전되어 코일로 감을 수 없게 되었을 것을 충분히 상상할 수 있다. 또한 문제는 에지 드롭(음의 값)과 에지 과도금(양의 값)의 합이 에지부위 내에서 부분적으로 주위보다 클 때, 즉 에지 드롭이 작거나 상당히 불규칙할 때 그리고/또는 에지 과도금이 대단히 클 때, 에지부위 전체두께는 치수적으로 완만한 분포의 상호보완성이 깨어져 국부적으로 두꺼워져 에지 빌드업을 형성시킬 수 있다.

Fig. 8(b)는 Fig. 7의 에지과도금이 발생한 에지 빌드업 부위에 대해 소지두께와 도금판 전체두께의 폭방향 분포를 나타낸다. 본 결과는 Fig. 8(a)의 정상적인 에지부위의 두께분포 대비 상호간 소지강판의 두께와 에지드롭에는 차이가 없지만, Fig. 8(b)의 에지부 10-20mm부위의 도금판 전체두께(꺾은선 원으로 표시)는 결국 Fig. 7에 나타난 바와 같이 과도금량이 많아 국부적으로 두꺼워져 빌드업을 발생시켰는 것으로 판단된다. 이런 에지 빌드업은 도금시 에지 배플을 사용하여 우선 에지 과도금을 정상부위와 같은 수준으로 낮추어 상당히 방지할 수 있다.

4. 결 론

연속 용융아연 도금판의 에지 과도금은 용융도금층을 깎기 위한 공기 나이프의 분사공기의 도금판 충격압이 판중앙 부위 대비 에지 부위에서 낮아져 발생한 것이며, 이런 과도금은 용융 도금층을 에어 나이프로 깎을 때 에지 배플을 도금판에 20mm 또는 더 가까이 설치하므로써 현저히 감소시킬 수 있었다.

연속 용융아연 도금판의 에지 빌드업은 소지강판의 에지 드롭량과 도금층의 에지 과도금량의 에지 부위에서의 부분적인 플러스 썸(plus sum)에 의해 발생할 수 있다. 이런 에지 빌드업은 용융 도금층을 에어 나이프로 깎을 때 에지 배플을 설치하여 에지 과도금을 낮추어 주므로써 상당히 감소시킬 수 있다.

참고문헌

1. J.J.Butler, D.J.Beam and J.C.Hawkins: Iron & Steel Eng. 47 (1970) 77.
2. J.A.Thornton and H.F.Graff: Metall.Trans.B. 7B (1976) 607.
3. C.H.Ellen and C.V.Tu: Trans. ASME J. Fluids Eng. 106 (1984) 399.
4. Y.Takeishi, A.Yamauchi and S.Miyauchi: Tetsu-to-Hagane 81 (1995) 643.
5. M.Dubois, M.L.Riethmuller, JM.Buchlin, M. Arnalsteen: Proc. Galvatec'95 (1995) 667.
6. T.Adaniya, M.Abe, M.Shoji and H.Yano: Tetsu-to-Hagane 66 (1980) 835.
7. Y.Takeishi and T. Aoki: Tetsu-to-Hagane 81 (1995) 135.