기술시장보고서 | 2010

용융아연도금용 에어나이프(Air Knife) 의 배플시스템(Baffle System) 개발

박경석, 김명일, 정희석

한국과학기술정보연구원

序 言

'9988!' 이는 중소기업의 중요성을 함축적으로 나타내는 구호입니다. 국내 총 사업체수 중에 99%가 중소기업이고 총 근로자수의 88%가 중소기업에서 일하고 있다는 사실을 일깨워주고 있습니다. 이렇듯 중소기업은 국가 산업의 根幹을 이루고 있다 할 수 있습니다. 그렇지만 국가 산업경제에 없어서는 안 될 이 중요한 중소기업은 지금 참으로 어렵습니다. 국제적인 금융 위기 여파로 자금조달에 극심한 난관을 겪고 있습니다. 5인 이하의 근로자가 근무하는 중소제조업체 수가 22만개로 전체 중소제조업체수 30만개에 약 74%에 이르고 이들의 평균 이직률은 약 20% 정도로 높은 편입니다. 이렇듯 국내 중소기업은 고질적인 인력난에 시달리고 있습니다. 중소기업을 더욱 어렵게 하는 현실은 제품 개발 및 생산에 필요한 장비의 75%이상 보유한 기업체수가 전체에 약 19% 정도라는 사실입니다. 중소기업은 자금, 인력과 연구장비 등의 부족으로 인해 기업 경쟁력을 지속적으로 유지할 수 없게 되어 10년 내에 약 13%의 중소기업이 사라지는 안타까운 현실이 반복되고 있습니다.

이에 정부는 중소기업의 현실적 어려움을 해결 지원하기 위해 해마다 R&D 투자비를 증액하고 있습니다. 첨예한 시장경제 속에서 우수한 제품 경쟁력만이 유일한 생존의 길이 될 것입니다. 이를 위하여 중소기업청과 한국과학기술정보연구원(KISTI)은 슈퍼컴퓨터 활용을 통하여 중소기업의 제품을 글로벌 경쟁력을 갖추도록 제품에 대한 첨단 설계를 지원하는 한편, 제품에 대한 신기술 및 글로벌 제품 시장 동향을 면밀히 조사 분석하여 제공하고 있습니다.

본 보고서는 슈퍼컴퓨터 활용을 통해 개발된 제품에 대한 국내외 기술 동향과 세계 시장 판세를 종합적으로 조사된 것으로 알고 있습니다. 슈퍼컴퓨터 활용 지원과 제품 시장동향 분석에 각고의 노력을 경주한 KISTI 연구원의 노고를 치하하며 아무쪼록 본 보고서가 향후 기업의 생존의 열쇠가 될 수 있기를 기대합니다. 감사합니다.

2010년 10월

한국과학기술정보연구원 원장 박영서

<제목 차례>

제1장 기술개요 및 특징 ····· **5**

1. 대상기술개요 ····· 5
2. 기술발전방향 ····· 11
3. 국내외 기술개발 동향 ····· 12
4. 경쟁·대체기술 동향 ····· 15

제2장 국내외 시장동향 ····· **22**

1. 시장구조 ····· 22
2. 업체동향 ····· 24
3. 시장규모 및 전망 ····· 35

참고문헌 ····· **38**

<표 차례>

<표 1> 세계 철강시장에서의 중국 비중 ····· 25
<표 2> 세계 철강시장의 주요 재편내용 ····· 26
<표 3> 세계 철강시장의 시대별 통합 배경 및 특징 ····· 27
<표 4> Arcelor의 합병전후 경영실적 ····· 27
<표 5> JFE Steel의 합병전후 경영실적 ····· 28
<표 6> 표면처리강판의 종류 ····· 29
<표 7> 외환위기 이후 국내 철강산업의 구조조정 현황 ····· 31
<표 8> 국내 철강재 수급추이 ····· 33

<그림 차례>

<그림 1> 도금강판 일반 공정 ····· 7
<그림 2> 용융아연도금설비 ····· 8
<그림 3> 도금설비 ····· 10
<그림 4> 에어나이프 ····· 12
<그림 5> 해외주요국가의 연도별 출원·등록동향 ····· 13
<그림 6> 각국의 연도별 특허출원·등록 동향 ····· 13
<그림 7> 해외 주요출원인들의 연도별 특허출원·등록 동향 ····· 14
<그림 8> 국내의 연도별 특허출원·등록 동향 ····· 15
<그림 9> 철강산업의 주요공정 ····· 22
<그림 10> 국내 업체동향 ····· 30
<그림 11> 국내 철강재 가격추이 ····· 34
<그림 12> 2015년 철강산업 규모전망 ····· 35
<그림 13> 2015년까지 한국 철강산업 수급전망 ····· 36

기술개요 및 특징

제1장 기술개요 및 특징

1. 대상기술개요

2000년 세계적으로 조강생산량이 8억톤을 넘어서면서 호황기를 예상 했으나 2000년도 후반기부터 공급초과와 더불어 세계적인 경기침체가 겹치면서 철강재 가격은 평균 100달러이상 하향하는 현상을 보이고 있다. 더구나 철강업체간의 경쟁심화에 따른 가격약세가 더욱 경기회복에 어려움을 주었다. 이러한 상황을 극복하기 위해서 철강 제품에 대한 품질 및 생산단가에 대한 절감, 공정의 합리화와 같은 효율적 기술경쟁력이 필요하였다. 따라서 철강제품의 고부가가치화 및 생산비용의 절감과 공정의 최적화를 최우선으로 하여 세계 철강업계의 근원적인 구조조정이 시작되었다. 이와 같이 국제경쟁력을 가질 수 있는 해결책 가운데 용융아연도금강판의 제조에 있어서 아연도금층에 관한 제어 및 품질관리에 대한 기술은 타 경쟁국가들의 기업들과 경쟁 시 매우 중요한 기술이다.

아연은 뛰어난 내식성과 철에 대한 희생 방식성을 가지고 있기 때문에 아연계 표면처리강판은 대기 중에서 방청성이 필요한 건재, 자동차 차체, 가전제품에 다양하게 적용되었다. 이와 같이 아연의 산화를 방지하는 효과를 위해 금속판재 표면에 얇은 금속막을 밀착 피복하여 마무리를 하는 것을 도금이라 하는데 이는 금속의 내식성 및 미려함, 기계적 강도를 향상 시키는 효과를 갖고 있다.

특히 아연도금강판의 경우 자동차용 강판으로 많이 사용 되고 있으며 아연도금과정에서 아연의 도금층을 제어하는 기술은 금속강판 생산에 있어서 제품의 품질에 많은 영향을 준다. 이에 아연도금층을 제어하는 주변장치들 중 Air Knife와 같이 도금층을 제어하는

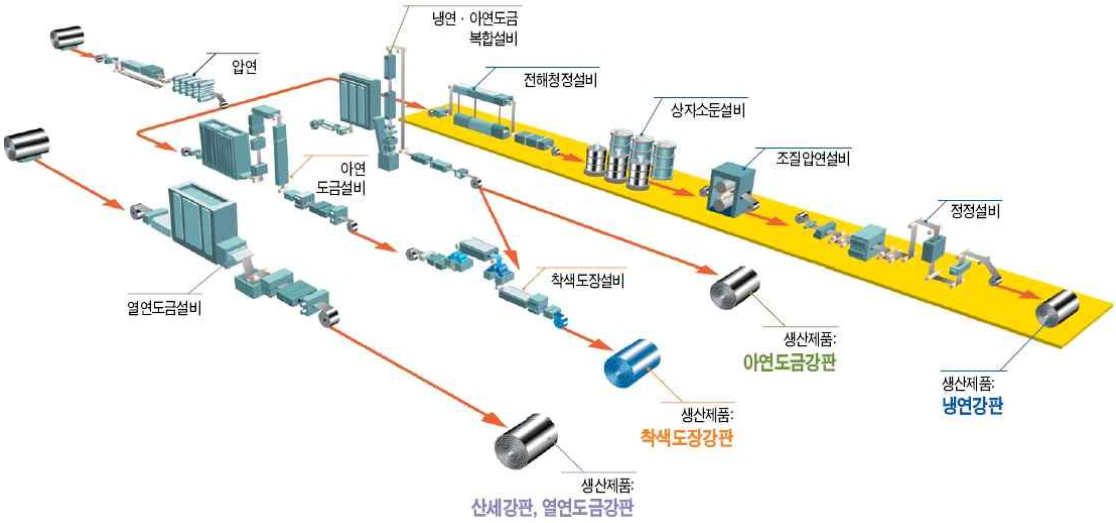
시스템들이 공정의 효율성을 위해 개발이 되고 있다.

도금이라는 것은 금속, 비금속의 표면에 금속피막을 생성시켜 제품의 표면에 장식적인 미관, 금속의 특징에 따른 내열성, 내마모성, 윤활성, 납땜성, 전기도성 등의 공업적인 특성을 갖게 하는 기술이다. 역사적으로도 도금기술은 상당히 오랜 기간동안 발전하여 왔으며 그중에서도 전기도금이 가장 오랜 역사를 가지고 있다. 도금의 대표적인 것으로 전기분해를 이용한 전기분해도금이 있고 전기도금과 함께 사용되었던 기술로는 융해도금방식이 있다. 이것은 철판과 같은 구조용 재료에 많이 쓰여져 왔다.

강판의 아연도금은 1742년 프랑스의 화학자 P. J. Malouin의 발명에 의해 시작되었지만 1931년 폴란드의 Tadenz Sendzimir가 연속적으로 강판을 thens하여 도금한 획기적인 방법으로 강판을 제조하는 기술을 개발하였고 1936년에 Armco사에서 공업화에 성공하였으며 1953년에 일본에서 아연도금강판의 생산이 도입되었다. Sendzimir법에 따른 아연도금강판은 아연도금욕 중에 Al의 첨가를 가능하게 하면서 도금의 밀착성 및 생산성이 향상되어 비약적 발전이 이루어져 왔다.

아연도금강판은 아연의 우수한 내식성과 강판에 대한 희생방식작용을 갖고 있기 때문에 오래 전부터 많이 이용되어 왔으며 최근에 자동차 차체의 방청에 대한 필요성에 의해 세계적으로 아연도금강판의 수요가 급증하였다.

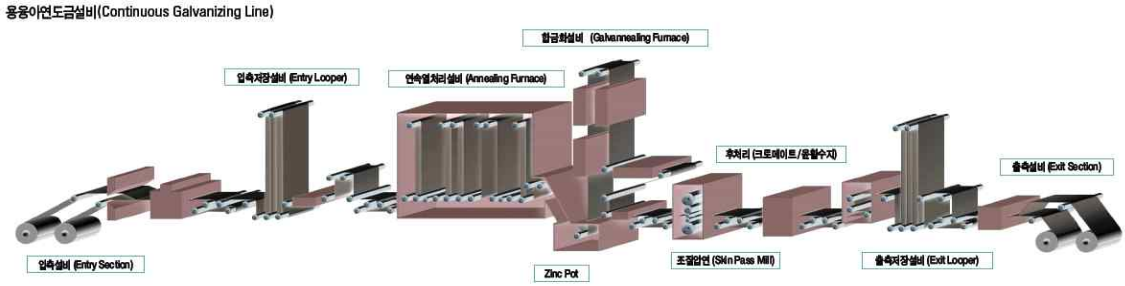
<그림 1> 도금강판 일반 공정



자료 : 현대 하이스코, " DANGJIN WORKS", 2006년

일반적으로 용융아연도금강판은 연속아연도금설비(Continuous Galvaniz-ing Line, CGL)에서 생산되는데 그 제조공정은 전처리로 알칼리 전해탈지, 연속소둔로, 아연욕(Zinc Pot) 및 부대설비, 도금부착량 조절용 에어나이프(Air Knife), 미니마이즈드 스팽글(Minimized Spangle) 처리장치, 합금화처리로, 냉각대, 조질압연기, 텐션레벨러, 화성처리, Oiler 등으로 구성되어 있으며 생산품종이 많을 경우 Dual Pot System를 사용한다.

<그림 2> 용융아연도금설비



자료 : 현대 하이스코, " DANGJIN WORKS", 2006년

최근 연속아연도금설비는 고효율화를 위하여 소둔로 증대, 합금화 용융아연도금강판 제조 시 균일가열을 위한 고주파 유도로가열 방법의 적용 등 고속화, 고품질화를 통한 생산성 향상과 원가절감 측면에서 심도 있는 설비연구가 진행되고 있다.

(1) 연속소둔로

연속소둔로는 예열대, 직화로, 가열대, 균열대, Jet Cooler, Final Cooling Section 등으로 구성되어 있으며 예열대는 직화로의 폐가스를 이용하여 스트립의 온도를 200～280℃로 예열하고 직화로의 압력을 조절하는 기능을 가진다. 직화로는 무산화로 방식이 많이 채택되고 있으며 공연비(공기와 연료의 비율)를 조절하여 불완전연소상태에서 스트립 표면의 잔류 압연유를 태우고 스트립온도를 750℃내외로 가열하게 된다. 가열대 이후에는 N_2-H_2 혼합가스의 환원분위기로서 가열대 및 균열대에서 스트립온도는 850～900℃ 정도가 되고 Jet Cooler에서 550℃로 냉각된 후 Final Cooling Section에서 아연욕 온도범위인 460～480℃로 조정되어 Snout부를 통해 Melt에

침지하게 된다.

(2) 아연욕 (Zinc Pot)

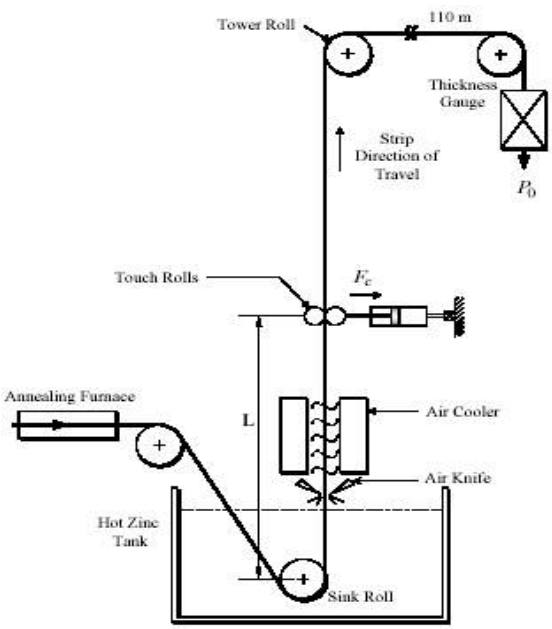
소둔된 스트립은 도금처리를 거치게 되는데 아연욕을 통과하면서 스트립에 부착된 용융아연은 에어나이프에 의해 도금 부착량이 조절되고 필요에 따라 미니마이즈드 스팽글 또는 합금화 처리를 거치게 된다. 아연욕의 재질은 종전에는 철강재를 사용했으나 철(Fe)의 용출로 인한 드로스발생, 사용 수명의 저하 등으로 최근에는 세라믹이 선호되고 있으며 저주파 유도가열방식이 채택되고 있다.

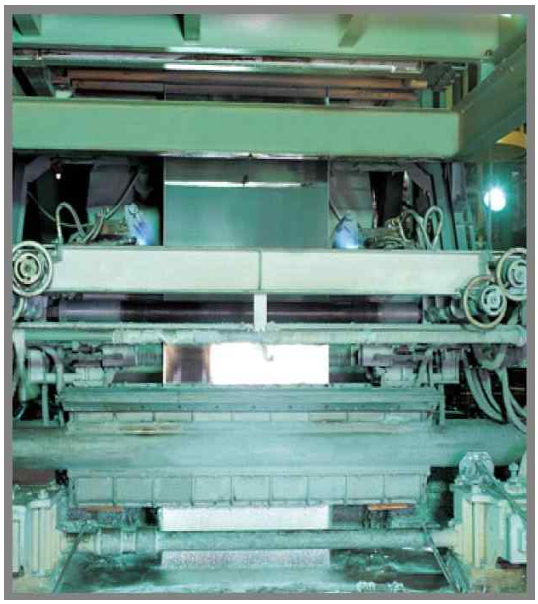
(3) 도금부착량 조절 에어나이프

도금부착량 제어는 에어나이프의 제반조건과 도금조건에 영향을 받으며 스트립에 도달하는 공기의 압력과 라인속도가 주요인자가 되며 아연욕에 부착되어 나가는 Melt량은 라인속도의 1/2성에 비례하여 증가하게 됨으로 고속의 라인에서는 Melt의 스플래시(Splash)가 발생되는 문제점이 있다. 에어나이프의 사용유체로서는 상온 혹은 고온의 공기, 질소, Steam Jet 등이 있으며 부착량 균일화를 위해 스트립과 노즐의 간격을 일정하게 유지해야 함으로 스트립 형상이 평평해야 하고 스트립의 진동을 방지하는 것이 중요하다. 또한 부착량을 빨리 측정하여 Wiping 조건을 Feedback Control 하는 것이 유리하다. Strip에 직각으로 배치된 Slit nozzle로부터 Slit진폭에 걸쳐서 공기와 N_2등의 기체를 내뿜고 그 압력으로 잉여 아연층 을 제거하여 도금부착량을 제어한다. 도금부착량은 Line speed, Air knife의 압력과 유량, 노즐형상, 노즐과 강판사이의 간격, 도금욕 표면으로부터의 거리

등에 따라 결정된다. Line speed가 상승하면 스트립에 부착되어 있는 아연량은 현저하게 증가하는데 도금부착량을 조절하기 위해 Wiping gas의 압력을 증가시키면 Zn splash와 소음이 심해지게 된다. 이로 인해 공정속도와 소음공해에 대한 연구가 진행 중이다.

<그림 3> 도금설비





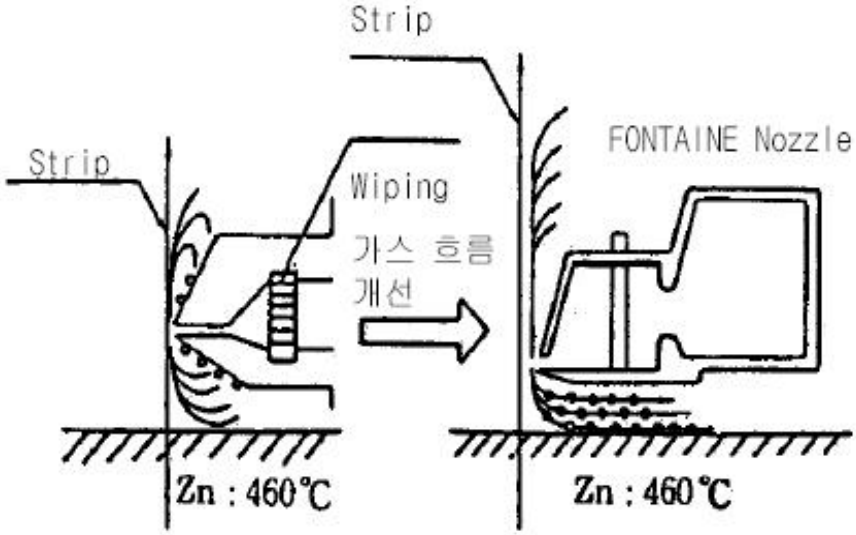
자료 : 포항과학연구소 부품신소재연구센터, “도금층을 제어하는 시스템”, 2007

2. 기술발전방향

아연욕을 통과하여 도금된 금속강판은 일반적으로 제조공정단계에 있는 강판에 에어나이프 노즐이 직각으로 분사되는 질소 또는 공기의 고압가스에 의해 필요이상으로 도금된 용융금속이 제거되어 우수한 품질의 도금 층을 제어하는 기술이 통상적 이었나 최근 철강제품 중 표면처리강판에 대한 수요가 증가함에 따라 용융아연도금 설비의 고속화가 필요하게 되었다. 또한 이러한 고속공정제어 기술개발 및 생산능력 증가의 필요성에 따른 앞으로 도금강판 생산제조기술로서 관심을 받고 있다. 하지만 이러한 용융아연도금강판의 생산라인 고속화에 따라 제조공정 중 강판에 부착되는 아연량이 증가하는데 도금되는 아연의 양을 조절하기위해 에어와이핑의 압력을 증가 시키면 Zn Slpash와 소음이 더욱 많이 발생하게 된다. 또한 강판에지(Edge)부와 베플에지부 주위의 이상유동현상 및 소음과 진동을 유발하여 단부 과도금 현상을 제어어해하는 문제점이 있다. Zn splash는 에어와이프의 가스가 아연욕을 지나 온 강판에 충동한 후 발생하는 기류의 흐트러짐에 따라 생성되기 때문에 그 문제점 해결을 위한 에어와이핑의 배플시스템(Baffle system)의 형상을 바꾸는 방법이 고안되고 있다. 이러한 에어나이프용 배플유닛은 압연강판에서 일정간격을 유지하여 에어나이프에서 불필요하게 분사되는 충돌기류의 방향을 바로 전달되지 않도록 배플에 형성된 유선방향으로 유도하는 장치가 개발중이다.

에어와이핑에서 압연강판에 도금되는 아연의 두께는 도금강판표면에서 기체의 충돌압력과 아연의 전단응력에 따라 결정되며, 이러한 수치들은 생산라인의 이송속도, 에어나이프와 압연강판사이의 거리, 분사되는 기체의 속도, 에어나이프의 노즐형상 등에 결정된다.

<그림 4> 에어나이프



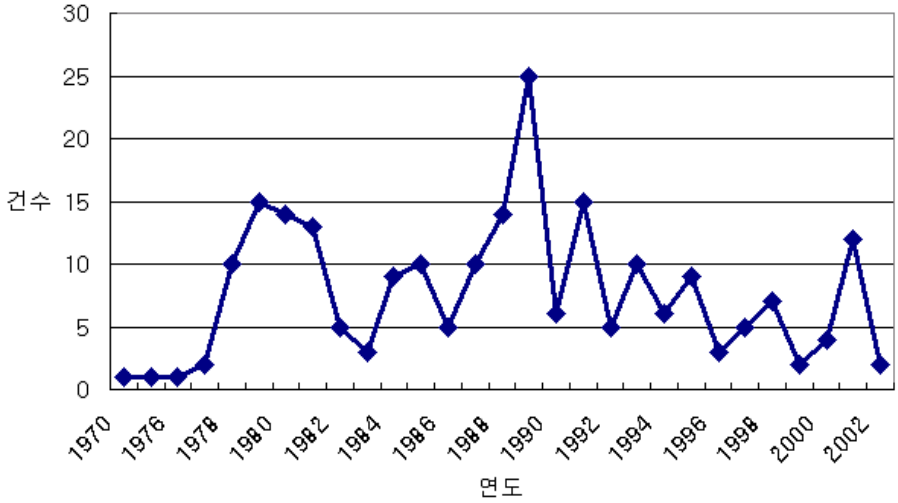
자료 : 포항과학연구소 부품신소재연구센터, “도금층을 제어하는 시스템”, 2007

현재 Fontaine社에서는 노즐의 하향류 감소와 선단각도를 작게 하여 충돌기류의 발생을 최소화 시키는 방법이 개발되고 보조노즐의 설치 등 문제점이 점점 개선되고 있다. 이외에도 도금 부착량을 실시간으로 측정하여 에어와이핑량을 조절하는 배플자동제어 시스템을 개발하여 용융아연도금강판의 품질향상과 생산효율을 극대화시키는 방법이 개발되고 있다.

3. 국내외 기술개발 동향

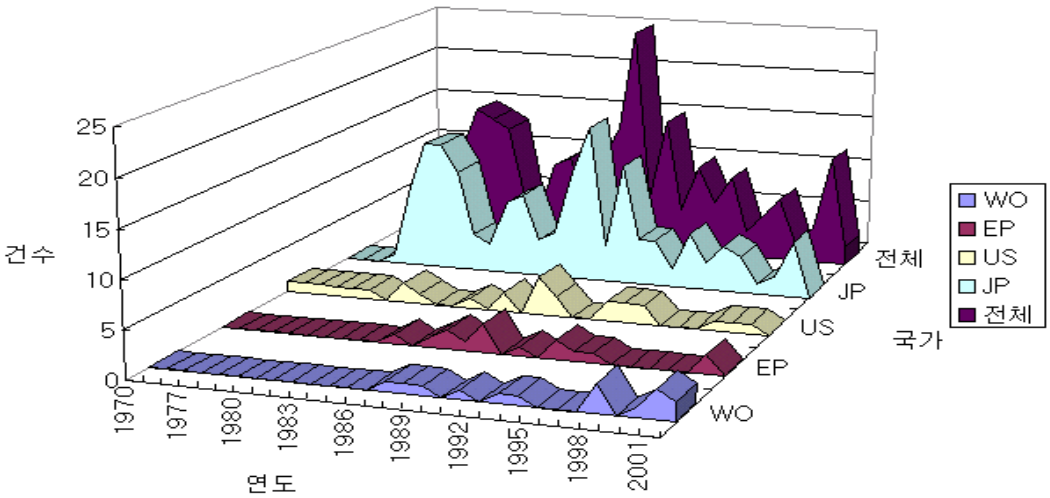
에어나이프의 해외주요국가의 연도별 출원·등록 동향은 1970년에 최초로 출원되기 시작하여 1990년에 가장 많은 출원·등록이 되었다.

<그림 5> 해외주요국가의 연도별 출원·등록동향



자료 : 포항과학연구소 부품신소재연구센터, "주해외주요국가의 연도별 출원·등록동향", 2007

<그림 6> 각국의 연도별 특허출원·등록 동향

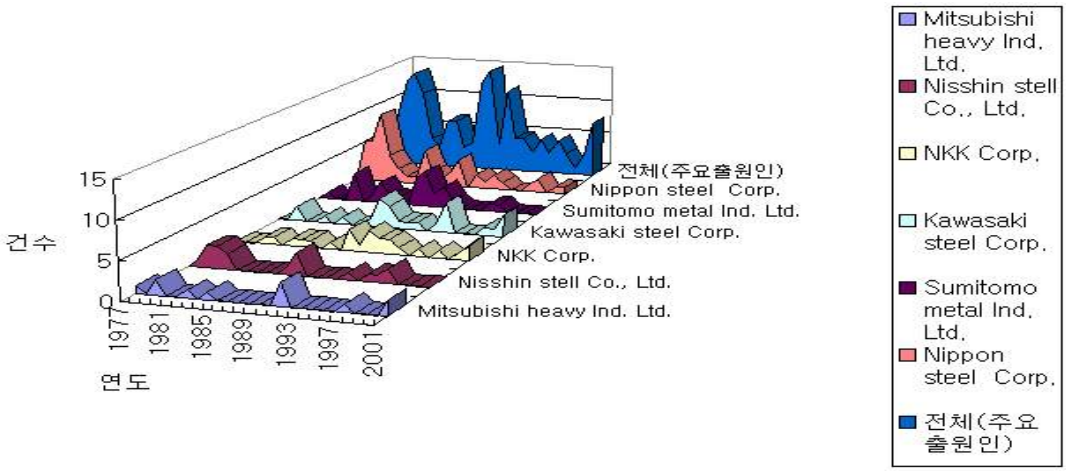


자료 : 포항과학연구소 부품신소재연구센터, "각국의 연도별 특허출원·등록동향", 2007

아연도금층을 제어하는 에어나이프에 관한 특허들 중 일본특허가 180건으로 전체의 74%이상을 점유하여 가장 많은 특허출원·등록을 하고 있으며 미국이 다음으로 12%를 점유하고, 유럽이 7%를 차지하고 있다. 이러한 결과로 바탕으로 일본의 기술력이 에어나이프의 관련특허를 주도하는 것을 알 수 있다.

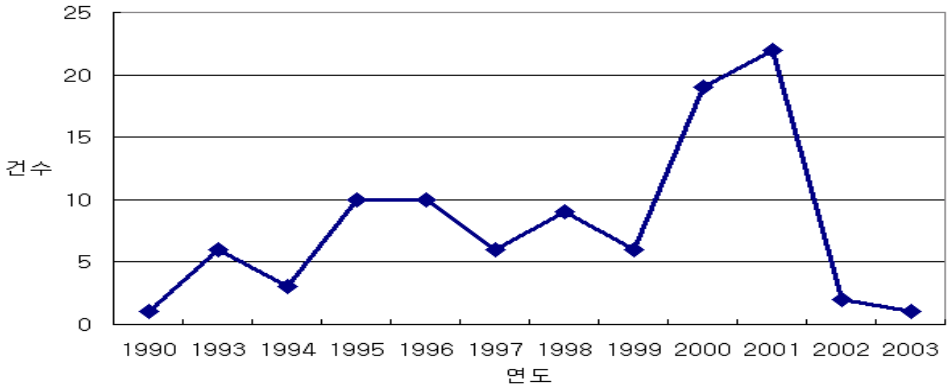
해외 주요 출원인들의 연도별 특허출원·등록에 대한 동향을 보면 주요 출원인은 Nippon steel Corp., Sumitomo metal Ind. Ltd., Kawasaki steel Corp., NKK Corp., Nisshin stell Co., Ltd., Mitsubishi heavy Ind. Ltd.이 있었으며 가장 많은 점유율을 차지하는 출원인은 Nippon steel Corp.사로서 전체의 25%를 점유하고 있으며 Sumitomo metal Ind. Ltd.사가 13%, Kawasaki steel Corp.사 11%, NKK Corp. 10%, Nisshin stell Co., Ltd. 8%, Mitsubishi heavy Ind. Ltd. 5%를 각각 점유하고 있다.

<그림 7> 해외 주요출원인들의 연도별 특허출원·등록 동향



자료 : 포항과학연구소 부품신소재연구센터, “해외 주요출원인들의 연도별 특허출원·등록 동향”, 2007

<그림 8> 국내의 연도별 특허출원·등록 동향



자료 : 포항과학연구소 부품신소재연구센터, “해외 주요출원인들의 연도별 특허출원·등록 동향”, 2007

에어나이프의 국내연도별 출원·등록 동향은 1990년에 처음 관련특허가 출원되어 2000년에는 상당한수가 등록 되었고, 2001년에는 가장 많은 수의 특허출원·등록이 되었다.

아연도금층을 제어하는 에어나이프 관련된 국내특허의 주요출원인은 포스코가 국내의 특허출원·등록의 92%를 점유하고 있으며 재단법인 포항산업과학연구원이 6%, 가와사키 세이데쓰가부시키가이샤가 2%를 차지하고 있다. 이러한 결과를 토대로 국내 아연도금층을 제어하는 에어나이프 관련한 주출원인은 포스코라는 것을 알 수 있다.

4. 경쟁·대체기술 동향

아연은 뛰어난 내식성과 철에 대한 희생방식성을 갖고 있기 때문

에 아연계표면처리강판은 대기 중에서 방청성이 필요한 자동차, 전기, 건재 등의 용도에 많이 사용 되고 있으며 앞으로 사용량은 더욱 증가 할 것이다. 이렇게 많이 사용하는 아연도금 강판의 미래 주요 기술동향은 환경문제의 해결이다.

아연계 표면처리강판의 기술 동향으로 가장 중요한 것은 교토의정서발효(2005.2.16)로 환경규제가 구체화 되면서 환경친화형 산업구조로의 전환이 불가피해져 이산화탄소의 삭감, 자원 순환형 사회형성 등의 지구 환경 보전을 위한 개발이 활발하다. 이산화탄소 삭감에 대해서는 경량화 재료, 자원 순환형 사회형성에 대해서는 리듀스·리유스·리사이클의 3R을 기본으로 하는 기술개발이 진행되고 있다. 3R대응으로서는 경량화, 유해물질 삭감, 장수명화, 용이한 리사이클성이 포인트이다. 이런 특성의 개발은 가전 리사이클법 등의 국내법 정비·시행과 국제적인 합의가 구체화 되면서 중요성이 점점 더 커지고 있다. 또한 수명이 다한 자동차에 관한 EU 지령안, WEEE (폐전기 전자기기) EU 지령안에서 이산화탄소 삭감률, 리사이클률, 사용제한 또는 금지 물질(Pb, Cr, Cd, HG)이 시행시기를 포함하여 규정되어 있다.

한편 모든 경재 활동들이 세계시장으로 확대되고 있는 가운데 글로벌적인 경쟁력 강화를 위한 기술개발이 중요한 과제이며, 이에 저코스트, 고품질화를 목표로 진행되고 있다. 신재료와 신기술의 종류로는 다음과 같다.

(1) 자동차용 아연계 표면처리강판

융설염에 의한 부식대책으로 자동차 차체의 고방청화가 추진되기 시작한 이래 아연계 도금강판의 사용비율이 증가하여, 현재는 화이

트바디의 80~90%를 차지하기에 이르렀다. 일본의 경우는 자동차용 방청강판의 주재료는 합금화 용융아연도금과 Zn-Ni 합금도금, 크로메이트, 유기복합 피막의 3층으로 도금된 피복강판이다. 최근 기술동향을 보면 다음과 같다.

① Cr 사용금지를 배경으로 유기복합 피복강판에서 합금화 용융아연도금으로 변경.
② 유럽의 수명이 다한 자동차 리사이클과 관련된 기존의 천공부식 10년 보증에서 천공부식 12년 보증으로 방청보증 강화됨.
③ 차체 경량화를 위한 고강도 합금강판의 사용.
④ 환경문제로 인한 유해물질 납사용 감소.

이러한 상황으로 인해 용융아연도금의 합금화 반응제어, 고윤활성 용융아연도금, 납프리 도금강판이 연구·개발되고 있다.

가. 합금화 용융아연도금강판의 합금화 반응

용융아연도금강판은 용융도금이기 때문에 후도금이 쉽고, 도장 후 내식성 및 용접성이 뛰어나다는 특징을 가지고 있다.

나. 고윤활성 합금화 용융아연도금강판

난성형 부품 및 일체성형 부품, 또는 고강도 강판 사용부품의 프레스 성형성을 증가시키기 위해 용융아연도금강판에 무기계 또는 유기계의 윤활처리를 실시한 고윤활성 용융아연도금강판이 개발되

었다.

다. 납프리 도금강판

연료탱크용 강판으로 턴도금(Pb-8mass% Sn)강판이 주로 사용되었지만 납사용의 삭감을 내세우고 있는 폐자동차 리사이클 이니어시티브 및 EU 지령안을 바탕으로 납프리 도금강판이 개발·실용화되고 거의 교체가 이뤄졌다.

(2) 가전용 아연계 표면처리강판

정보통신·가전·사무자동화기기 분야의 전기아연도금 및 용융아연도금을 바탕으로 무기, 유기피막을 얇게 피복으로써 많은 기능을 부여한 화성처리강판이 사용되고 있다. 지구환경 보전 니즈의 고도화, 품질·비용 경쟁의 심화를 바탕으로 크롬프리 화성처리강판과 환경 조화 형 제품 및 외관 안정화 기술의 개발·실용화가 진행 중이다.

가. 크롬프리 화성처리강판

크로메이트 피막은 아주 소량의 Cr을 함유하고 있어서 Cr을 대체 할 수 있는 화성처리에 대한 연구가 많았다. 그 결과 Cr이 전혀 포함 되지 않은 유기복합피막을 형성한 화성처리강판이 개발 되어 크롬프리 화성처리강판으로서 실용화되었다.

나. 윤활강판

피막에 윤활성과 프레스 시의 내상처성을 부여하여 프레스유 도포와 탈지의 두 공정을 생략함으로써 환경오염의 경감과 제품외관 향상을 가능하게 한 화성처리강판이 윤활강판이다. 막은 아연도금상에 크로메이트, 윤활성 수지 피막을 순차적으로 형성한 3층 구조이다.

다. 전기아연도금의 외관의 안정화

일반적 전기아연도금강판의 표면외관은 전석아연결정의 생성 상태에 제품의 품질에 많은 영향을 받게 된다. 이로 인해 무도장으로 사용하는 경우가 많은 전기아연도금강판의 표면을 안정화시키는 연구가 진행되었다. 그 결과, 전석아연결정의 형태는 전해조건, 욕조성, 강판표면의 결정방위 등에 의해 변화하지만, 가장 영향을 주는 것은 강판결정면 상의 에피텍셜(Epitaxial) 성장이며, 도금 과전압의 상승이 에페텍셜 성장을 저하시킨다는 사실이 밝혀졌다. 이를 바탕으로 미량의 Ni 프레스도금과 도금욕 중의 유기물 미량첨가로 에피텍셜 성장을 막는 기술을 개발하였다.

(3) 건재용 아연계 표면처리강판

용융법에 의한 아연도금강판인 Zn-5%Al 도금강판과 55%Al-Zn 도금강판이 많이 사용되고 있다. 최근 건축물의 고내구화 및 메인터넌스의 소형화가 요구되어 내식성이 뛰어난 55%Al-Zn 도금강판의 수요가 매우 증가하고 있으며, 새로운 도금계의 개발도 진행 중이다.

가. Mg 함유 용융아연계 합금도금강판

보호성 부식생성물 $Zncl_2 4Zn(OH)_2$를 안정화 시키고 염수에 대한 고내식화에 기여하는 것으로 알려져 있는 Mg를 기존의 재료와는 다르게 고농도로 함유시킨 용융아연도계 합금도금강판이 개발·실용화 되었다.

나. 도막 유기피막 용융 55%Al-Zn 합금도금강판

용융 55%Al-Zn 합금도금강판에는 도금층의 부식을 억제하기 위해 크로메이트 처리를 하는 경우가 많았으며, 이 크로메이트 처리를 환경조화형, 내식성, 내상처성의 면에서 발전시킨 박막유기 피복처리가 개발·실용화 되었다.

이외에도 진공증착, 특히 물리증착법(PVD)은 기존의 표면처리강판 제조기술인 용융도금아연도금과 전기도금법에 비해서 다양한 물질계를 도금할 수 있으며, 도금부착량 제어가 용이하고 여러 형태의 합금 및 다층도금을 할 수 있어 개발이 진행 중이다.

현재 모든 분야에서 자원 순환형 사회의 형성, 이산화탄소 삭감 등의 환경보전과 경제의 글로벌화를 목표로 한 환경조화, 비용절감 및 고성능화를 목표로 한 신기술·신재료의 기술이 개발, 실용화 되고 있다. 이 중에서 환경부하물질의 삭감을 통한 환경조화형 제품의 많은 기술개발이 이뤄졌지만 보다 폭 넓은 적용범위의 확대가 필요하며 그에 따른 해결해야 할 문제점 또한 존재한다.

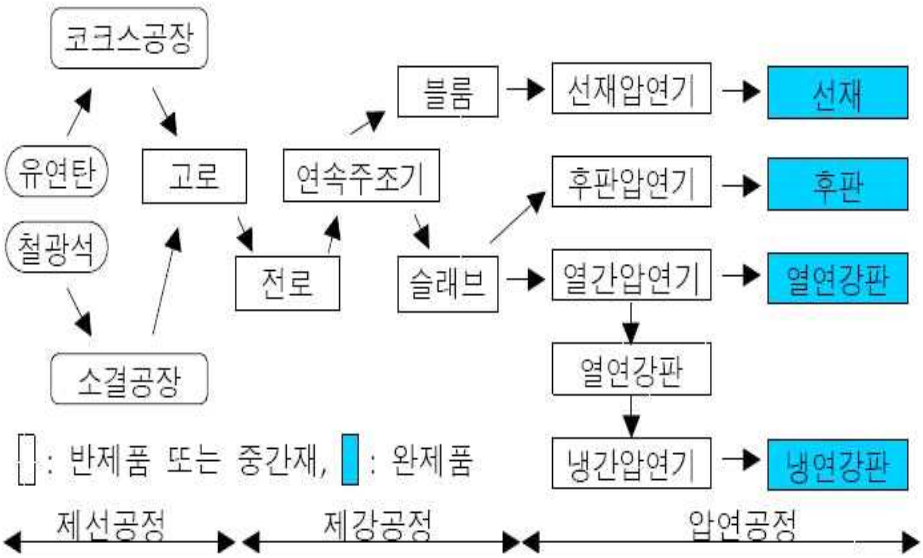
국내외
시장동향

제2장 국내외 시장동향

1. 시장구조

철강 산업 시장은 완제품과 반제품의 철강제품을 생산하는 모든 과정을 포함 하는 산업시장이다. 철강 산업의 공정은 크게 제선공정, 제강공정, 압연공정으로 나누어진다. 제선공정은 철광석, 석회석, 및 원료탄을 고로에 넣어 용선을 만들어 내는 공정이며, 제강공정은 용선 또는 고철과 기타 부 원료를 사용하여 반제품을 생산해 내며, 압연공정은 반제품을 원료로 하여 각종 철강재를 생산해내는 공정이다.

<그림 9> 철강산업의 주요공정 (일관제철)



자료 : 산은경제연구소, “2008 한국의 산업”, 2008

철강산업의 특징은 첫째, 대규모 자본집약적 장치산업으로 규모의 경제가 작용하는 산업이다.

둘째, 경기순환에 따라 가격변동의 폭이 크고, 통상마찰이 빈번히 일어나는 산업이다. 수요변화에 대해 설비를 탄력적으로 운용할 수 없으므로 가격 변동 폭이 큰 산업이다.

셋째, 국가의 각종 산업에 필요한 기초 재료를 생산함에 따라 한 나라의 경쟁력을 보여주는 기간·소재산업이며, 소재산업의 특성상 전방 산업과 후방산업과의 연관관계가 매우 큰 산업이다.

넷째, 제선·제강공정, 압연공정에서 각각 높은 에너지소비를 필요로 하는 에너지 다소비산업이며, 공해유발의 위험성이 매우 큰 산업이다. 이러한 철강산업의 특징은 국내시장에서도 동일한 모습을 보인다. 국내 철강 산업의 제조업상의 비중은 2006년을 기준으로 하여 제조업전체에서 사업체 수의 1.5%, 종업원수의 2.6%, 생산액의 6.7%, 부가가치의 5.9%, 수출액의 6.1%를 차지하여 자동차, 일반기계, 반도체산업 등과 함께 국내 제조업의 발전을 주도하고 있다. 이러한 철강 산업 중 설비구성 따라 월등히 높은 생산성 구현이 가능하고 무공해 공정에 대한 개발이 이뤄지고 있는 표면처리강판은 세계 철강 소비 증가와 함께 수요가 계속 증가하고 있다.

(1) 철강 시장의 경쟁력

철강 시장의 경쟁력은 크게 재료 비용구조, 기술력 등에 영향을 받는다. 첫째, 비용구조를 보면 철강시장에서 제조원가에 대비 원재료비 비중은 77.57%로 제조업평균 70.35%에 비해 재료비의 비중이 크다. 비용구조는 설비의 대형화 및 최신설비 도입등을 통해 낮출 수 있으나, 현재 선진 철강업체들은 대형화에 의한 규모의 경제실

현에 있어 한계에 직면했다. 둘째, 기술력의 우위는 제품의 품질로 연결되어 경쟁력을 결정한다. 고부가가치강 부문의 기술수준은 중요한 경쟁력 결정 요인으로 작용하고 있다. 이를 바탕으로 선진철강 기업들은 기술수준 향상을 통한 철강재의 고강도화, 고기능화, 고부가가치화를 위하여 연구개발을 위해 많은 투자를 하고 있다.

2. 업체동향

(1) 국외업체동향

가. 중국의 성장

중국의 경우 1996년 조강(철강생산량의 대표치)생산 1억 M/T을 초과하면서 일본을 누르고 세계 최대 생산국으로 성장하였다. 2003년 이후 연평균 성장률이 21.8%로서 2007년에는 전 세계 조강생산량의 36.4%를 차지하였으며 세계철강시장을 주도하고 있다. 2007년 중국의 조강생산량은 489.2백만 M/T으로 2000년 127.2백만 M/T에 비해 4배 증가하였고 이 기간 중 세계 조강생산 증가량의 79.2%를 차지하고 있다. 철강재 소비 또한, 2007년 현재 398.1백만 M/T으로 전 세계 소비의 33.2%를 차지하고 있다. 이는 2000년대 이후 고도성장과 북경올림픽, 상해 세계박람회, 서부 대개발 등에 따른 대대적인 사회간접자본의 투자와 수요산업의 설비투자 확대로 인해서이다. 다만 조강생산량만을 볼 때는 철강 산업의 주도권을 가지고 있지만, 사실상 상공정 위주의 설비와 투자로 인해 표면처리강 같은 고급판재 및 특수강 분야의 기술력이 떨어진다는 문제점을 안고 이를 해결하기 위해 기술에 집중 투자 중이다.

<표 1> 세계 철강시장에서 중국의 비중(단위 : 백만M/T, %)

		2003	2004	2005	2006	2007	연평균 증가율
조강 생산	중국	222.4 (22.9)	280.5 (26.2)	355.8 (31.0)	423.0 (33.8)	489.2 (36.4)	21.8
	세계	970.0	1,068.9	1,146.5	1,250.7	1,344.2	8.5
철강재 소비	중국	240.5 (27.2)	275.8 (28.2)	328.3 (31.9)	357.4 (31.9)	398.1 (33.2)	13.4
	세계	884.9	976.7	1,030.6	1,120.9	1,197.7	7.9

주 : ( )안은 중국의 비중임

자료 : 한국철강협회, “철강통계연보”, 각 년도

나. 철강시장의 대형화

세계 철강 시장의 주목할 점은 대형화이다. 2000년대 이후 전후방시장의 통합화에 대응하기 위해 교섭력을 염두에 두고 시장지배력을 강화하기 위해 대형화가 본격 추진되었다. 후방시장인 철광석시장은 상위 3개사가 74%를, 대표적인 전방시장인 자동차시장은 상위 6개사가 76%를 차지하여 통합의 강도가 강하여 철강사들도 이에 맞서 통합하지 않으면 가격 교섭력 약화로 수익성이 낮아질 수 밖에 없는 상황이었다. 이를 배경으로 2002년 세계 1위 철강 업체인 Arcelor 社의 탄생 등 여러 선진 철강 업체들의 통합이 진행 되었다.

2000년대 중반기부터는 기존의 통합과는 다르게 선진국의 고급강 제조 기술력과 개발도상국의 우수한 원가경쟁력이 결합하여 생산능

력의 최대화를 추구하기위해 통합이 추진되었다. 2004년부터 세계 철강시장의 호황기에 막대한 자금력을 바탕으로 한 철강사를 중심으로 적대적인 M&A를 통해 통합화가 이뤄진 것이 주요 특징인데 Mittal Steel이 Arcelor사를 합병하여 탄생한 초대형 철강사인 ArcelorMittal Steel이 대표적인 예이다. 그러나 아직도 전후방시장보다 통합 정도가 약하여 가격순응자(Price-taker)로서의 상황에 직면하고 있다.

<표 2> 세계 철강시장의 주요 재편내용

년도	업체명	내용
2002	Arcelor	Usinor, Arebed, Arceralia의 합병으로 탄생
2003	JFE Steel Crop.	일본내 2, 3위, 철강기업인 NKK와 가와사키제철의 합병으로탄생
2005	Mittal Steel	LMN과 ISG사의 합병으로 탄생
2006	Areclor-Mittal	Mittal Steel사와 Arcelor사의 합병으로 탄생
2007	Tata Steel	Tata Steel이 Corus를 인수

자료 : 각사의 발표자료

세계 철강시장의 M&A통합화를 바탕으로 세계 10대 철강업체의 평균 조강생산량은 1994년 14.8백만 M/T에서 2007년 35.9백만 M/T로 약 2.4배 증가하였고, 세계조강생산에서 차지하는 비중도 2000년 25.6%에서 2007년에는 26.7%로 높아졌다. 이를 통해 규모의 경제도 중요하지만 기술력 강화 부문에서의 합병 또한 철강시장에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 이는 곧 기술력이 경쟁력의 토대가 되는 것을 말한다.

<표 3> 세계 철강시장의 시대별 통합 배경 및 특징

	1960~70년대	~1990년대중반	~2000년대 중반	~2000년대 중반이후
배경	• 자국내 철강시장의 구조조정	• 세계적 공급과잉 • 수익성 악화 • 민영화	• 전후방 시장의 M&A 확산 • 역내시장 통합	• 시장경쟁 심화 • 생존전략
특징	• 정부주도 자국내 철강사의 통폐합	• 기업주도 • 철강유통·판매 생산부문 통합	• 기업주도 대형 철강사간 우호적 M&A	• 풍부한 자금력 보유기업주도 적대적 M&A부상

자료 : 한국철강협회, “철강보”, 2007.3

<표 4> Arcelor의 합병전후 경영실적(단위 : 백만유로)

	합병전			합병후			
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
매출액	27,586	28,660	27,512	26,594	25,932	30,176	32,611
영업이익	1,016	2,754	756	780	738	3,314	4,376
순이익	174	2,059	△256	△121	257	2,290	3,846

자료 : 1) POSRI, "경영연구 제4권 제1호“, 2004
2) Arcelor, “Anual report", 각년도

<표 5> JFE Steel의 합병전후 경영실적(단위 : 억엔)

	합병전			합병후			
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
매출액	29,428	31,028	28,695	24,269	24,737	28,037	30,983
영업이익	1,068	1,600	362	1,469	2,536	4,672	5,172
순이익	△335	788	△608	160	1,069	1,601	3,260

자료 : JFE Steel, “Anual report", 각년도

다. 무역규제의 강화

세계철강 시장의 무역규제는 수입규제와 환경규제로 나눌 수 있다. 수입규제는 선진국들이 자국의 철강시장을 보호하기 위해 수출국에 가하는 무역제제인데 반해, 환경규제는 전 세계적인 환경보호 측면에서 국제적으로 단일화 된 규제조건에 의해 각국에게 동일하게 실시하는 특징을 가지고 있다. 수입규제의 형태로는 미국철강 시장이 가장 많은 11건이고 유럽은 한국·중국·멕시코·터키에 대한 반덤핑을 제기 하여 2008년 6월 승소하였다. 대표적인 환경규제로는 EU의 REACH(Registration, Evalution, Authorization and Restriction of Chemicals) 법안이 발효되어 2008년 6월부터 시행, 이후 가장 큰 영향을 미치는 무역규제가 되었다. REACH는 EU의 선진국을 중심으로 환경법규의 무역 장벽화를 강화하려는 취지에서 도입된 규제이다. REACH의 대상이 되고 있는 철강제품은 많지 않으나 친환경 철강제품 생산은 철강재 생산 국가들의 주요과제가 되고 있다.

환경규제 및 표준에 부합하려고 하는 기술개발은 앞으로 철강 시

장에 많은 영향을 미칠 것이다.

(2) 국내 업체동향

철강 시장의 증가에 따라 고부가가치 제품에 대한 관심과 기술개발이 집중 되고 있다. 이러한 기술들 중 기상도금기술과 같은 첨단기술들이 발달함에 따라 기능성 표면처리기술의 중요성이 매우 필요하게 되었다. 이로 인해 표면처리기술의 수준도 상당히 높아지고 있다. 국내 업체의 경우는 전체적 조강 생산량이 아닌 표면처리강판시장위주로 하여 철강 시장 내의 업체동향을 조사하였다.

<표 6> 표면처리강판의 종류

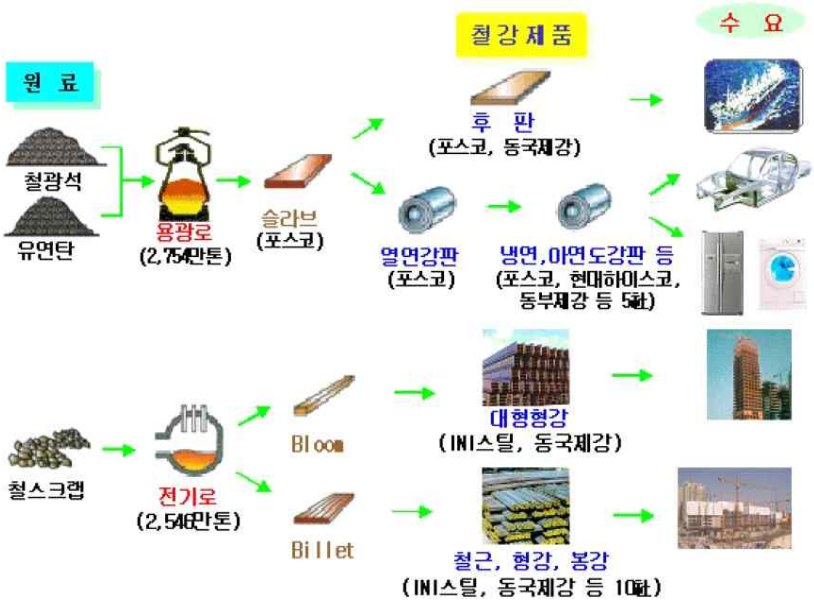
구분	종류
용융아연도금강판	용융아연도금강판(GI), 합금화아연도금강판(GA), 용융알루미늄도금강판(Alcot), 용융아연・알루미늄도금강판(Galfan, Galvalume)
전기아연도금강판	전기아연도금강판(EGI), 전기아연합금도금강판(Zn-Ni, Zn-Fe)
도장강판	소재에 따른 분류, 도막에 EK 분류, 용도에 EK 분류
주석도금강판	주석도금강판(TP), Tin Free Steel(TFS, ECCS), 동도금강판

자료 : 부품소재통합연구단, “표면처리강판의 기술동향”, 2008년

국내 표면처리강판은 크게 용융도금아연강판과 전기아연도금강판, 도장강판 및 주석도금강판의 4가지로 분류할 수 있다. 전세계적으로 대량 생산되고 있는 표면처리강판 중에 국내에서 생산하지 않는 것으로는 5%Al-Zn 합금도금강판(Galfan) 정도이며 이외에 거의 모든 조율의 표면처리강판이 국내에서 생산되고 있다. 주요 생산업체

는 포스코, 동부제강, 유니온스틸, 현대하이스코 등 상위 4개사가 전체시장의 70%를 차지하는 과점형태이다. 2007년를 기준으로 1개의 고로업체(포스코), 13개의 전기로업체로 구성되어 있고, 단순압연·주물업까지 포함한 관련 생산업체는 약 1800업체로 파악되었다. 국내에서 유일한 일괄 제철업체인 포스코는 2007년 조강생산의 63.7%를 차지하는 지배적인 위치에 있다. 따라서 국내 철강기업은 직·간접적으로 포스코의 영향에 있다고 할 수 있으며, 많은 회사들이 포스코의 계열사로 편입되어 있다. 이처럼 독점적시장이 된 것은 철강산업이 국가의 기간사업이라는 특징으로 인해 정부주도로 발전하였기 때문이다. 품목별 업계구조를 보면 열연강판은 독점, 냉연강판은 포스코 위주의 과점, 중후판은 포스코와 동국제강이 시장양분, 철근과 강관은 지배적인 사업자가 없는 과점상태이다.

<그림 10> 국내 업체동향



자료 : 산업자원부, “2015년 철강산업 발전 전략”, 2005년

각국의 경쟁적 증산으로 인한 공급과잉, 외환위기에 따른 관련 수요산업에서의 수요 감소 등으로 1999년 이후 국내 철강업계는 철강설비의 가동 중지와 인수·합병, 생산 전문화 등 구조조정을 단행하였다. 포스코의 광양 2미니밀 2백만 M/T, 한보철강 2백만 M/T 등의 설비가 폐쇄되었으며 이후 철강업계의 합병과 전략적 제휴가 시작되었다. 현대INI스틸이 강원산업과 삼미특수강을 인수하였고 2004년에는 현대 INI스틸-현대하이스코 컨소시엄이 한보철강도 인수하여 국내 찰강 산업의 M&A를 주도하였다. 일본의 야마토공업은 2002년 철근을 생산하는 한보를 인수하여 YK스틸로 회사명을 변경하였고 동국제강 그룹에서 분리된 한국철강도 2002년 법정관리 중이던 환영철강을 인수하였다. 1997년 부도 이후 법정관리를 받아온 기아특수강도 2003년 11월 세아제강이 주축이 된 세아컨소시엄에 인수되었다. 또한 한보철강과 환영철강이 생산과 판매에서 전략적으로 제휴하였다.

<표 7> 외환위기 이후 국내 철강산업의 구조조정 현황

구분	업체명	완료시점	인수업체
인수 및 합병	강원산업	2000.3	현대 INI스틸
	포항강재·포항도금강관	1999.3	합병 후 포항강판으로 출범
	미주제강·철강	1999.8	합병 후 미주 제강으로 출범
	삼미특수강	2000.12	현대 INI 스틸
	환영철강	2002.7	한국 철강
	한보	2002.12	일본 야마토 공업
	기아특수강	2003.11	세아 제강
	한보철강	2004.10	현대 INI 스틸-현대하이스코 컨소시엄
전략적 제휴	한보철강·환영철강	2000.11	생산·판매 협력

자료 : 산은경제연구소, “2008 한국의 산업”, 2008년

가. 수급동향

국내 조강생산량은 2003~07년에 연평균 2.7% 증가하였다. 2003년~04년은 국제철강재 가격 상승, 수요재산업의 성장에 따라 전년대비 2.0%, 2.6% 증가하였으나 2005년~06년에는 국내외 철강재 수요증가의 감소와 국내 및 중국 철강 산업의 설비증설이 포화 상태에 이르러 전년대비 0.6%, 1.3% 증가에 그쳤다. 2007년에는 철강재 가격의 상승과 조선, 기계 등 수요산업의 발전 및 신흥 개발도상국의 성장에 따른 수요 급증으로 전년대비 6.3%의 높은 증가율을 기록하였다.

나. 내수추이

철강재 내수는 2003년~07년도에 연평균 5.0% 증가하였다. 2002년 이후 수요산업의 생산 증가세를 보이다가 2005년 건설경기 침체로 인해 전년대비 0.2% 감소하였지만, 2006년도 조선, 자동차 등 수요산업의 성장으로 인해 전년 대비 9.7%, 6.8%의 높은 성장률을 보였다. 2007년도에도 조선업 등 수요산업의 호황으로 2003년 이후 가장 큰 성장률인 11.0%를 기록하였다. 특히 판재류는 조선, 자동차, 기전의 생산호조와 고급화에 힘입어 연평균 9.0%의 높은 증가를 기록 하였다. 그중 자동차, 조선업종의 호황에 따른 중후판, 열연강판 등의 판매호조로 전년대비 13.3% 증가하였다.

다. 수출입 추이

<표 8> 국내 철강재 수급추이(단위 : 천M/T, %)

		2003	2004	2005	2006	2007	연평균 증가율
철강재	생 산	53,264	54,696	55,066	57,248	61,617	3.7
	수 입	6,252	7,612	8,320	10,590	12,628	19.2
	계	59,516	62,308	63,386	67,838	74,245	5.7
	내 수	45,365	47,218	47,124	49,643	55,108	5.0
	수 출	14,151	15,090	16,262	18,195	19,137	7.8
	수출비율	26.6	27.6	29.5	31.8	31,1	—
봉형강류	생 산	20,225	19,898	18,589	19,305	20,130	△0.1
	수 입	3,084	2,878	3,312	4,483	5,272	14.3
	계	23,309	22,776	21,091	23,788	25,402	2.2
	내 수	21,753	20,831	19,334	21,214	22,661	1.0
	수 출	1,556	1,945	2,567	2,574	2,741	15.2
판재류	생 산	27,407	28,980	30,715	32,207	35,013	6.3
	수 입	2,743	4,146	4,259	5,143	5,995	21.6
	계	30,150	33,126	34,974	37,350	41,008	8.0
	내 수	19,324	21,779	23,330	24,091	27,302	9.0
	수 출	10,826	11,347	11,644	13,259	13,706	6.1

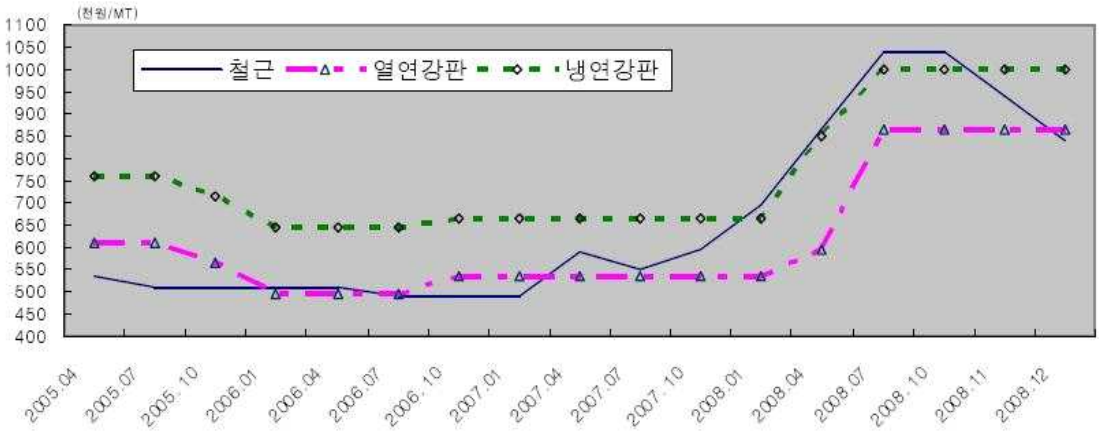
자료 : 한국철강협회, “철강통계연보”, 각년도

수출은 2003년~07년에 연평균 7.8% 증가하였다. 2000년대 초반 선진국의 수입규제 조치 등으로 부진하였으나 2003년~06년에는 수입규제 완화, 중국의 수요 급증으로 지속적인 상승세를 유지하였고, 2007년~08년에도 철강재 가격의 상승, 중동 건설 특수 등으로 상승세를 이어가고 있다. 품목별로 보면 2006년 봉형 강류는 연평균 15.2%의 증가율을 보였고, 판재류 수출도 2003년도 이후 지속적으

로 증가하였다. 특히 설비증설에 따른 수출능력 증가로 13.9%의 높은 증가율을 나타냈다. 수입은 2003년~07년 중 내수 및 수요산업의 전반적인 상승세를 바탕으로 연평균 19.2%의 높은 상승세를 보였다. 품목별로는 봉형 강류가 중국의 생산 확대에 따라 연평균 14.3% 수입이 증가 하였고, 판재류도 조선 등 수요산업의 상승세에 따라 후판, 열연강판 등을 중심으로 연평균 21.6%로 증가하였다. 국내 철강재의 가격은 2003년~07년까지 상승세를 보였으며, 특히 2008년 이후 전 세계적인 철강재 수요증가 및 철광석 가격의 상승으로 급등세를 유지하였다.

품목별로 보면 전반적인 건설경기 침체로 완만한 상승세를 나타냈으나 2007년 10월 이후 철스크랩 가격의 급등 및 철근 가격 상승에 따른 가수요발생으로 급등세를 보였다. 열연강판가격은 슬라브 국제가격 및 국제 철강재가격 급등으로 2008년 상반기에 급상승하였으며, 냉연강판 가격도 원자재인 열연강판의 가격상승으로 급상승하였다. 하지만 2008년 10월 글로벌 금융위기에 따라 원재료 가격의 급락 및 수요 감소로 하락세를 나타내었다.

<그림 11> 국내 철강재 가격추이

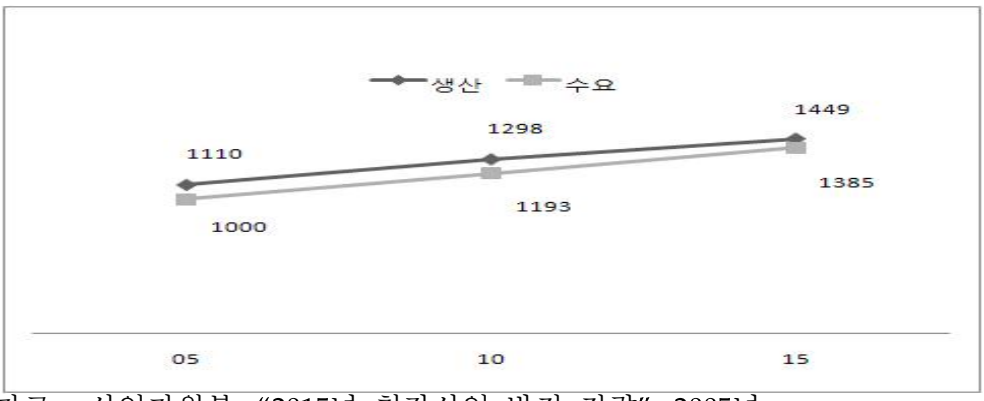


자료 : 한국 철강 신문, “철강재 3개월 단위 가격”, 2008년.

3. 시장규모 및 전망

현재 세계 철강공급의 생산량은 수요량을 넘어서고, 글로벌 경영 악화와, 신흥공업국들의 사업 진출에 따른 철강업체에 대한 전망은 다소 어둡게 예측된다. 철강재 품목 중 냉연단연업종의 경우 구조적 저마진의 어려움까지 있지만, 철강업계를 다시 한 번 주목해야 하는 이유는 첫째, 각 업체별 자구책을 마련 중이고 경기회복이 정부주도에서 민간 주도로 변화하고 있다는 점이다. 판재류의 주요 전방산업인 가전과 자동차의 가동률이 상승하고 있다. 봉형강류에서 시작된 시장회복의 에너지가 판재류로 이어지고 있는 것이다. 둘째, 향후 철강가격의 변동성은 제한될 것이다. 안정적인 롤마진의 시대가 다시 오는 것이다. 셋째, 업체별로 추진했던 '자구책'이 성과를 보일 시점이 되었다는 것이다. 현재의 철강업계의 생존방법은 고품질의 제품과 생산단가의 절감이라는 것에 중점을 두고 다양한 기술들이 개발되고 있다. 그 중 용융아연도금강판의 품질을 좌우할 수 있는 도금두께를 제어하는 장치 특히 Air knife의 제작 및 시스템 구축은 고품질 제품생산에 아주 중요한 기술이라고 할 수 있다.

<그림 12> 2015년 철강산업 규모전망



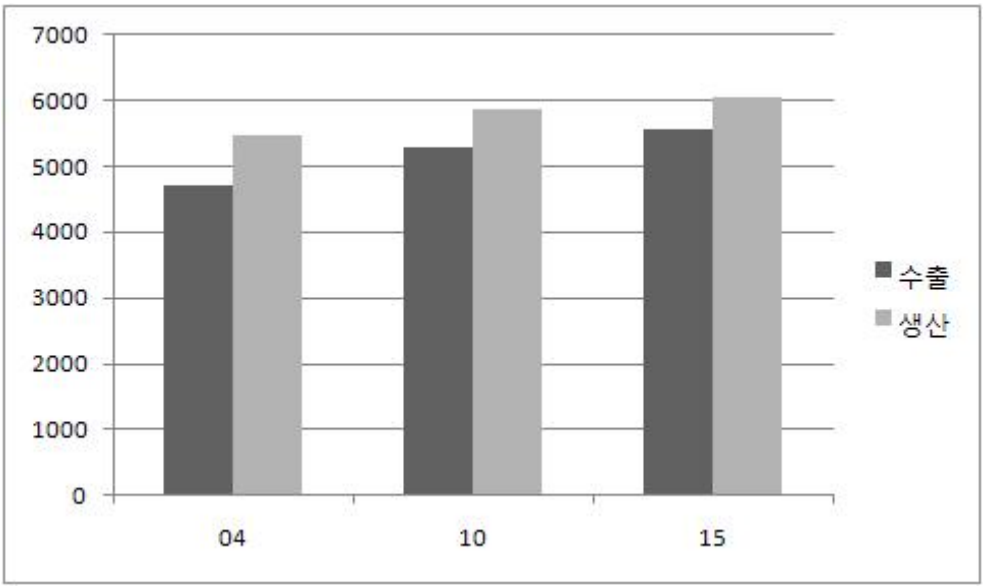
자료 : 산업자원부, "2015년 철강산업 발전 전략", 2005년

아연도금층을 제어하는 주변장치들의 공정개선 및 합리화를 목적으로 하는 연구가 진행 중이고 고기능·고성능 강판제품에 주문도금량을 만족하는 최적의 아연도금을 하여 품질의 향상 확보를 목표로 하는 도금설비에 관한 Air knife 시스템의 최적화에 주요 생산회사들이 주력하고 있다. 최근 일본을 중심으로 신제품 개발보다는 품질향상과 원가 절감을 위한 제조기술의 고도화를 추구하는 추세가 이를 뒷받침 해준다.

2006년 이후 철강수요는 연평균 3.3%씩 성장하여 2015년에는 13억 8천만 M/T 수준에 이르고, 생산량 또한 3%씩 증가하여 2015년에는 14억 5천만 M/T에 달할 것이라 예측된다.

국내의 경우, 철강 소비는 성숙기에 진입하여 2005년 4천8백만 M/T에서 연평균 1.5%씩 증가 하여 2015년에는 5천5백만 M/T으로 전망 된다.

<그림 13> 2015년까지 한국 철강산업 수급전망



자료 : 산업자원부, “2015년 철강산업 발전 전략”, 2005년

이러한 철강재 시장은 매우 성장 가능성이 높은 시장이다. 이중에서도 고부가가치의 표면처리강판의 전방시장인 자동차, 전기, 가전 등의 고성장이 예측됨에 따라 표면처리강판 분야의 소재개발 및 기술개발은 미래의 시장을 위해 연구개발 및 설비투자가 필요하다.

참고문헌

1. 한국과학기술정보연구원, “산업기술동향 보고서”, 2009년
2. 현대 하이스코, “ DANGJIN WORKS", 2006년
3. 포항과학연구소 부품신소재연구센터, “도금층을 제어하는 시스템”, 2007
4. 포항과학연구소 부품신소재연구센터, “주해외주요국가의 연도별 출원·등록 동향”, 2007
5. 포항과학연구소 부품신소재연구센터, “각국의 연도별 특허출원·등록 동향”, 2007
6. 산은경제연구소, “2008 한국의 산업”, 2008
7. 산은경제연구소, “세계 철강산업의 M&A 현황과 시사점”, 2006
8. 한국철강협회, “철강통계연보”, 각년도
9. POSRI, "경영연구 제4권 제1호“, 2004
10. Arcelor, “Anual report", 각년도
11. JFE Steel, “Anual report", 각년도
12. 부품소재통합연구단, “표면처리강판의 기술동향”, 2008년
13. 산업자원부, “2015년 철강산업 발전 전략”, 2005년
14. 한국 철강 신문, “철강재 3개월 단위 가격”, 2008년
15. 포항산업과학연구원 용접연구센터, ”전기아연도금강판 기술 동향“, 2004
16. 포항산업과학연구원 용접연구센터, “아연계 표면처리강판의 최근 기술개발 동향”, 2008
17. 포항산업과학연구원 용접연구센터, “아연도금층을 제어하는 Magnet-Knife 장치”, 2004
18. 포항산업과학연구원 용접연구센터, “아연도금층을 제어하는 Air-Knife

장치", 2004
19. 한국부품 • 소재산업진흥원, "자동차용 고내식 강판기술 및 시장동향", 2006
20. 대한기계학회논문집 B권, 제 29권 제 10호, "연속식 용융아연도금 공정에서 단부과도금 현상을 방지하기 위한 하향 대칭 분류유동 연구", 2005
21. 대한기계학회논문집 B권, 제 28권 제 7호, "연속식 용융아연도금 공정에서 단부과도금 현상에 대한 수치해석", 2004
22. 한국전산유체공학회지 14권, 제 1호, "연속아연도금 두께에 관한 수치 해석적 연구", 2009
23. 한국과학기술정보연구원, "고강도 아연도금강판 및 그 제조방법", 2008