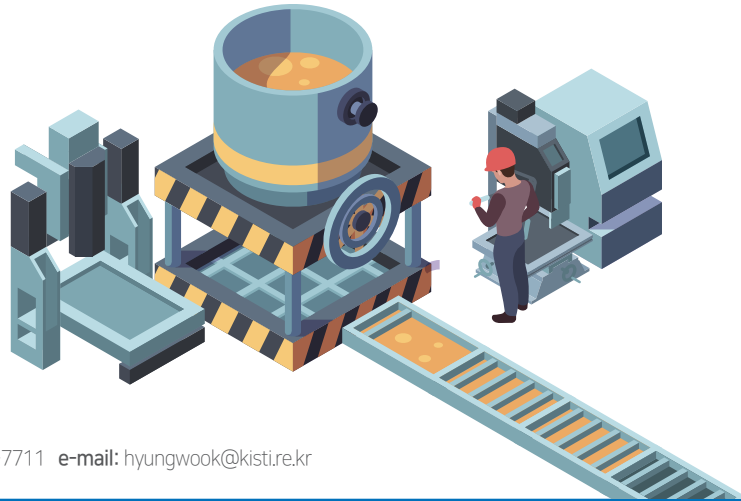


자동차용 초고강도강 및 도금



데이터분석본부 호남지원 선임연구원 박형욱 Tel: 062-951-7711 e-mail: hyungwook@kisti.re.kr

KEY FINDING

1. 자동차의 충돌안전 법규 강화 및 소비자의 안락을 위한 다양한 편의안전 장치의 부착 등으로 자동차의 중량은 지속적인 상승 압박을 받고 있는 추세이며, 이에 철강기업은 가장 큰 수요처인 자동차업체에 대응하기 위하여 초고강도강에 대한 개발 및 출시를 진행 중에 있다.
2. 하지만 초고강도강의 경우 Mn, Si 등이 포함되어 있음에 따라 기존 상용화되어 있는 용융아연도금방식을 활용하기에 어려우며, 이를 대체할 수 있는 전기도금방식의 경우 수소가 강판 내로 용이하게 침투되어 조기파단을 유발하는 수소취성이 발생할 가능성이 있다.
3. 이를 해결하기 위한 방법으로 최근에는 연속 소둔공정 후 산세를 실시하고, 니켈 플래시 도금 공정을 추가하는 플래시 도금 기술에 대한 연구가 진행되고 있으며, 현재까지는 주로 글로벌 철강사 위주로 실험적인 결과를 지식재산권 선출원 하는 등의 기초적인 연구가 진행되고 있다.
4. 초고강도강 세계 시장규모는 2016년부터 2023년까지 연평균 8.7 % 성장하여 2023년에는 12억5천만 달러에 이를 것으로 예상되고 있다.

1) 자동차용 초고강도강의 개요

자동차의 연비를 향상시키는 방법으로 엔진/구동계 효율 향상, 주행저항 감소, 경량화를 들 수 있으며, 그 중에서 경량화가 고효율이고 저비용의 차량을 제작하는데 가장 적합한 방법이라고 할 수 있다. 하지만 안전-편의-감성 등에 대한 요구가 증가하면서 평균 차량 중량은 오히려 연간 15 kg씩 증가하는 추세를 보이고 있으며, 이에 중량

증가를 상쇄시킬 획기적인 경량화 방안에 대한 관심이 더욱더 증가하고 있다.

특히 자동차 중량에서 가장 큰 비중을 차지하는 차체의 경우 기존 강판 소재의 기계적 성질을 향상시켜 강도를 향상시키는 고강도강, 초고강도강을 활용한 제품이 출시되어 지고 있으며, 일반적으로 270~700 MPa 인장강도를 고강도강으로, 700 MPa 이상의 인장강도를 초고강도강으로 구분하고 있다.

표 1 자동차용 강판의 금속학적 분류

분류	강판 종류	
저강도강	극 저탄소강	연강
고강도강	CMn강	소부경화강
	등방성강	고강도 IF강
	고강도 저합금강	TRIP강
초고강도강	2상조직강	마르텐사이트강
	CP강	
	TWIP강	

일반적으로 초고강도강은 열간 프레스 공법(Hot Press Forming)으로 주로 생산되고 있다. 열간 프레스 공법은 핫스탬핑 공법으로 통용되고 있으며, 강판을 오스테나이트 단상역으로 가열후 냉각과정에서 가공한 다음 Ms 이하 온도로 냉각하여 마르텐사이트 조직을 확보해 기존 600 MPa급 소재를 1,500 MPa 이상의 부품으로 변화하는 방식이다. 하지만 이 방식은 자동차 차체 관련 중소제조업체에게 초기 가공설비에 대한 경제적 부담을 안겨 시설이 구축되더라도 맞춤형 금형 제작에 한계가 있다. 또한 실제 활용처가 자동차 차체이기에 차량의 강성이 충분하지만 강판 두께가 얇아지는 문제가 있어 공급자인 철강업계로서는 자체적인 초고강도강 생산방식으로 제품을 출시하고 있는 추세이다.

표 2 표면처리 강판의 특징과 용도

분류	명칭	특징	용도
전기아연도금	전기도금 Sn도금	내가공성, 내식성, 용접가능성	식용캔
	전기아연도금강판	가공성	전기부품, 자동차 차체
	전기아연니켈강판	내식성, 가공성	전기부품, 자동차 차체
용융아연도금	용융아연도금강판	내식성	전기부품, 건재
	합금화 용융아연도금강판	내식성, 용접성	자동차 차체부품
	알루미늄 도금강판	내열성, 내식성	자동차 배기계 부품
	텐시트:Pb-Sn 도금	내가공성, 내식성, Soldering 성	연료용 탱크
화성처리	도장강판 / 라미네이트 강판	내식성, 외관 가공성, 도장생략	전기부품, 용기, 건재, 자동차차체

2) 강판의 표면처리 방법

철강제품은 대량생산으로 경제성이 뛰어나고 기계적 성질도 매우 우수한 재료로서 제반 산업 분야에서 널리 사용되고 있으나, 스테인레스 등 일부 특수강을 제외하고는 부식성에 취약하다. 이에 도금과 같은 표면처리를 통해 방청성 강화는 물론 외관성 향상, 윤활성 부여, 전자파 장애 제거 등 다양한 기능을 접목시킬 수 있으므로 강판 소재 기술과 더불어 신제품, 신기술 개발이 매우 활발한 분야라고 할 수 있다. 표면처리 강판은 용융아연 도금 강판, 전기아연 도금 강판, 화성처리(Cheical Conversion Coating) 강판으로 크게 세가지로 대별되며, 주요 활용분야는 <표 2>와 같다.

도금 기술이 발전하면서 현재 산업 분야에 가장 많이 적용되고 있는 도금 강판은 아연 도금 강판(Galvanized Steel Sheet, Zinc Coated Steel Sheet, 일명 아연도금 강판)이다. 아연은 그 자체가 희생 방식의 기능을 가지고 있으므로 철강 소재에 도포될 경우 부식으로부터 보호할 수 있으며, 가격도 매우 저렴하여 다양한 도금 방법 및 형태로 자동차, 건축, 가전 및 토목 분야에 폭넓게 적용되고 있다. 아연도금강판은 아연을 도금한 강판 전체를 총칭하는 것으로 제조방법에 따라 용융아연 도금 강판(Hot Dipped Galvanized -Iron, HDGI, CGI, GI)과 전기아연 도금 강판(Electrolytic Galvanized Iron, EGI)으로 대별된다. 용융아연 도금 강판은 순아연 도금 이외에 합금화 용융아연 도금 강판(Galvannealed Steel Sheets, GA), 갈바륨 강판 및 갈판 등의 용융아연 알루미늄 합금 도금 강판 등이 있으며 전기아연 도금 강판은 순 아연 도금 이외에 아연철, 아연-니켈 등 전기아연합금 도금 강판 등이 있다. 특히 자동차 분야에서 가장 많이 사용되는 도금 방식은 GI로 불리는 용융아연 도금 강판이다. 이 방식은 핫코일(Hot Coil)을 산세, 압연한 미소둔 판을 용융상태에서 아연 용탕에 통과시켜 도금한 강판으로 타 방식에 비해 두꺼운 도금 처리로 더 우수한 내식성을 땀에 따라 가장 넓게 사용되고 있다.

하지만 고강도강의 경우 높은 강도와 높은 가공성을 실현하기 위하여 Si, Mn 등의 합금원소가 첨가되어 있다. 이러한 합금원소들은 Fe보다도 평형 산소분압이 낮기 때문에 도금 전 소둔공정에서 질소-수소의 환원 분위기에 선택적으로 산화되며, 표면에 Si, Mn 산화물 또는 Si-Mn 복합산화물이 농화됨에 따라 아연용융과의 젖음성을 저하시키면서 동시 미도금을 유발시키게 된다. 또한 Si, Mn 등의 합금원소가 함유된 강판을 도금 소재로 사용하는 경우, 합금화 처리시 국부적으로 도금 부착량이 적은 분화구 모양의 크레이터(Crater)가 발생하고, 특히 합금화 처리시 반응이 지연되는 문제점이 있다.

따라서 현재 철강업계에서는 초고강도강의 도금을 위하여 모재인 냉연 강판에 전기아연 도금방식을 활용해 내식성을 높이는 방법을 취하고 있다. 전기아연 도금 강판은 용융아연 도금 강판 보다 도금 부착량은 낮지만 도금층 두께가 균일하기 때문에 표면이 아름답고, 저온에서 도금되는 특성상 소재인 냉연 강판의 성질을 그대로 보유하는 장점을 가지고 있다. 하지만 전기도금 역시 도금 용액의 낮은 pH로 다량의 수소가 발생할 수 있으며, 이 경우 발생된 수소가 강판 내로 침투되어 조기 파단되는 문제가 새롭게 대두되고 있으므로 초고강도강에 맞춤형 도금 방식의 연구가 지속되고 있다.

이러한 AHSS, UHSS와 같은 초고강도강의 한계점인 도금성 불량 문제를 타개하기 위해서 최근에는 소지강판의 미세한 결함이 본 도금층에 전사되는 것을 방지하기 위한 목적으로 진행되고 있는 금속 플래시 도금 방법(MFC)이 도금성 불량을 해결할 수 있다는 연

구결과가 발표된 바 있다. 플래시 도금(Flash-plating 또는 Strike-plating)은 우수한 품질과 소재와의 밀착력을 좋게 하기 위해 극히 단시간에 행하는 얇은 도금(~ 0.1 μm)을 의미한다. MFC 기술로는 용융 도금의 균질화 및 품질 향상을 위해 용융 도금 전 모재 표면에 도금 금속과 접착성이 좋은 금속을 플래시 도금 처리하는 방법, 최종 도금 제품의 표면 품질향상 및 내식성 증가를 위한 용융도금 후 플래시 도금 처리하는 방법, 모재 표면의 미려성 및 내식성 증가를 위한 모재 표면에 플래시 도금만 적용하는 방법이 있다.

이와 관련된 연구는 주로 Tata Steel Ltd와 같은 철강기업과 맥시코, 대만 등에서 연구되어지고 있으며, 2018년 포스코에서는 '수소 크랙 저항성이 우수한 고강도 전기도금강판 및 그 제조방법'이라는 지식재산권을 출원하는 등 세계 각지에서 많은 연구가 이루어지고 있는 있다. 특히 1.2 GPa 급 이상 초고강도 강의 경우 플래시 도금을 포함한 전기도금과정에서 용액의 pH를 제어해 통해 수소 크랙에 대한 저항성을 높이고 있으며, 국내 현대제철에서 역시 강판의 표면에 Ni-flash 도금을 진행하여 소둔 열처리를 실시하여, 균일한 특성을 갖는 표면 상(phase) 배열을 통해 굽힘성을 개선하는 연구를 진행중에 있다.

3) 자동차용 초고강도강의 시장 동향

■ 시장 규모 및 전망

자동차용 초고강도강의 세계 시장규모는 2016년부터 2023년까지 연평균 8.7 % 성장하여 2023년에는 12억5천만 달러에 이를 것으로 추정되고 있다. 주로 인도, 중국, 브라질, 그리고 멕시코와 같은 국가에서 초고강도강 시장이 성장할 것이며, 응용분야로는 자동차, 항공우주 및 국방 관련 산업에 적용될 것으로 기대되고 있다. 자동차와 건설 분야의 높은 소비는 초고강도강 시장의 성장을 이끌 것으로 예상되며, 특히 높은 인장 강도와 우수한 성형성 및 용접성, 그리고 탁월한 내충격성과 같은 물리적 특성을 갖는 초고강도강을 활용한 차량 경량화, 고연비 차량 개발 등 자동차산업의 트렌드 변화도 초고강도강 시장의 성장을 견인하는 요인이 되고 있다.

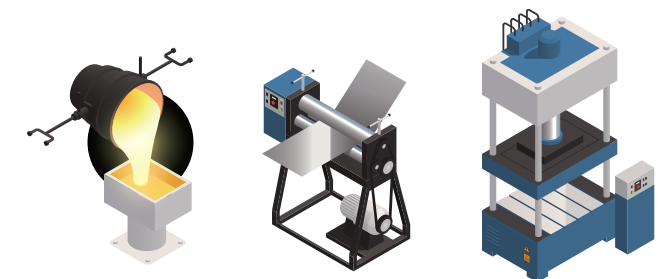


표 3 초고강도강의 시장 규모 및 전망

(단위: 백만달러)

구분	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	CAGR(%)
해외시장	7,010	7,610	8,270	8,989	9,771	10,621	11,545	12,550	8.7

출처 : MarketsandMarkets (High Strength Steel Market, 2018)

I 경쟁 현황

초고강도강 시장은 제철설비를 보유한 기업이어야 한다는 전제조건이 있어 매우 단편화되어 있다. 초고강도강의 주요 생산업체를 살펴보면, 룩셈부르크 아르셀로미탈(ArcelorMittal S.A.), 미국 유나이티드 스테이츠 스틸(The United States Steel Corporation), 인도 타타 스틸(TATA Steel Limited), 오스트리아 보스트알피네(Voestalpine Group), 인도 인도철강공사(SAIL), 일본 닛폰스틸앤스미토모금속(Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation)이 있으며, 국내에서는 포스코(POSCO)와 현대제철에서 주로 생산되고 있다.

4) 분석자 인사이트

글로벌 환경규제 및 연비규제의 강화 추세와 에너지 자원의 가격

표 4 초고강도강 도금 기술의 사업화 전략

구분	요인	
	기회요인	위험요인
외부 환경	정책	<ul style="list-style-type: none"> • 소재, 부품, 장비 산업 활성화에 따른 국가적 차원의 정책을 바탕으로 연구개발 추진 • 기후변화 대응을 위한 친환경, 고기능 기술개발 정책 추진
	산업	<ul style="list-style-type: none"> • 생활수준 향상으로 강판 수요가 증가하고, 친환경, 고기능성 강화로 전기아연 도금 시장이 급속히 확대중 • 해외에서도 국내 기술력의 파급효과가 커지고 있음 • 중국, 인도 등 개발 도상국가의 자동차 시장의 폭발적인 성장 잠재력
	시장	<ul style="list-style-type: none"> • 세계적으로 지속가능한 친환경 자동차에 대한 선호도 증가로 인해 고장력 강판에 대한 시장 확대 전망 • 자동차시장의 강판 수요 변화에 따른 철강사들의 냉면 강판에서 도금 강판으로 생산정책이 변화해 전기아연 도금 강판 시장 급성장 추세
	기술	<ul style="list-style-type: none"> • 철강 산업 간 융·복합 기술 개발을 통한 시너지 창출 • 전기도금 기술과 ICT의 결합 • 친환경 고기능 제품에 대한 요구로 관련 R&D 요구

① 초고강도강의 전기아연 도금 용액 가공 특성 연구

AHSS, UHSS와 같은 초고강도강의 경우 강도 향상을 위해 강판 내 Si, Mn 등의 합금원소가 다량 함유되어 있으며, 강도가 GIGA급으로 증가할수록 Si, Mn의 함량은 증가된다. Si, Mn 등의 합금원소는 Fe보다도 평형 산소분압이 낮기 때문에 도금전 소둔 공정에서 질소-수소의 환원 분위기에서 선택 산화되어 표면에 Si, Mn 산화물 또는 Si-Mn 복합 산화물로서 농화하여 용융아연과의 젖음성을 저하시키고 미도금을 유발시키므로 용융아연 도금으로의 적용에는 어려움을 가지고 있다. 하지만 표면처리를 위한 도금영역은 강판으로서의 역할을 위해 필수적이며, MFC와 같은 코팅 물질 적용시 소재 가공 특성에 대한 실증이 필요할 것이다.


② 자동제어시스템 적용을 위한 데이터 수집환경의 개선

MFC 기술의 경우 냉연강판의 도금을 위한 전처리공정으로 주로 활용되고 있는데, 도금용액의 pH 변화와 동시에 금속 이온 농도가 감소하는 문제가 발생한다. 이러한 성분변화는 초고강도강의 특성상 품질에 크게 영향을 미치므로 수소 이온 및 금속 이온을 보충해야 하는데, 고온과 같은 극한환경에 노출되는 상황에서의 관련 농도에 대한 데이터 수집 및 모니터링 기술이 필요할 것으로 판단된다.

③ 적용 설비의 최적 설계

초고강도 강판으로 불리는 GIGA급 강재의 경우 인장강도 및 성형성이 떨어지며, 스프링백¹⁾의 영향력으로 일반 소재에 비하여 강판의 형상이 불량할 위험이 높다. 이러한 강판의 표면처리를 위해 전기도금과정을 진행할 때 강판이 도금 셀을 통과하는 과정중에 양극 전극과 접촉하면 전기 스파크가 발생할 가능성이 매우 높아 설비 파손 및 제품 불량이 발생할 우려가 있어 생산량 및 품질저하의 주원인이 되기도 한다. 따라서 강판과 양극 사이 간격의 최적설계에 대한 연구개발이 필요하며, 이를 자동으로 조정할 수 있는 도금 셀의 제어시스템이 함께 연구되어야 할 것이다.

④ 초고내식성/초고강도 강판에 대한 도금 방안 연구

오늘날 신재생에너지에 대한 지속적인 정부의 관심 및 전라남도 특성화 뉴딜정책의 일환으로 해상풍력발전에 기대감이 높아지고 있으며, 이는 바다라는 고염도 및 태풍, 파도 등의 극한환경에서 반영구적으로 유지될 수 있는 초고내식성 및 초고강도의 강재 사용이 필요하다. 이를 위한 고강도강판의 도금의 경우 아연 도금보다 알루미늄 도금방식이 유리하며, 구조물에 대한 도금 용이성을 위해 초고내식성강재에 대한 최적 도금 방법이 연구되어야 할 것이다. 

1) 스프링백(SpringBack) : 외력에 의해 변형된 금속이 원래의 모양으로 복원하는 현상

ASTI MARKET INSIGHT



본원 (우)34141 대전광역시 유성구 대학로 245 한국과학기술정보연구원
T. 042) 869-1004, 1237 F. 042) 869-1091

분원 (우)02456 서울특별시 동대문구 회기로 66 한국과학기술정보연구원
T. 02)3299-6114 F. 02)3299-6244

