

자동차 차체 강판의 부식 및 표면처리

金奎泳* · 朴正烈**

포항공과대학* · 산업과학기술연구소**

Automotive Body Steel Corrosion and Surface Treatment

K.Y. Kim* and J.-R. Park**

Pohang Institute of Science and Technology*

Research Institute of Industrial Science and Technology**

1. 서 언

자동차용으로 사용되는 철강 소비량은 세계주요국 1987년도 전체 철강 생산량의 22-23%에 도달하였다(포항종합제철 신기술정보 제29-24호, 1990년). 이와 같은 막대한 철강제품은 대부분의 사용분위기 중에서 열역학적으로 안정된 상태로 가기 위하여 필연적으로 어떠한 형태로든 부식을 당하게 된다. 차체 강판의 경우 1960년대까지는 냉연강판에 적합한 도장처리로 차체 강판 방청을 할 수 있었다. 1960년대 이후부터 제철용 염분이 사용되면서 자동차의 부식은 기능성, 안정성 및 의장성에 심각한 영향을 미치게 되어, 자동차의 내식성 향상을 위한 기술개발이 자동차산업 및 철강산업의 가장 중요한 분야중 하나가 되었다. 자동차의 방식을 위한 소재 및 부품의 도금, 내의장용 초도 및 보수 도장을 비롯하여 여러가지 부품의 각종 표면처리 및 도포를 하기 위한 비용은 자동차 산업경제에 막대한 부담을 주고 있다. 더욱이 1980년대 이후부터는 자동차의 내식성이 판매에 직접적 영향을 주고 있기 때문에 자동차 산업체 및 철강산업체에서는 자동차의 내식성 향상을 위한 기술연구가 부단히 추진되고 있다.

자동차의 부식은 여러가지 형태로 분류될 수 있으나, 자동차 경제에 가장 심각한 영향을 주고 있는 부식은 습기가 가미된 분위기에서 발생하는 부식현상이다. 편의상 대별해 보면 차체의 대기부식, 배기계의 응축수부식, 냉각계 및 연료탱크의 수분에 의한 부식으로 분류할 수 있다. 본 해설서에는 자동차 차체 강판에 관해서 먼저 부식환경 및 부식기구를 조사 및 고찰하고, 방식방법과 부식성 평가방법을 소개하였다. 다음으로 차체용 방식목적에 의한 표면처리 강판의 종류, 형태 및 특징을 조사하여 고찰하고, 개발 및 개선 동향과 전망을 검토하여 소개하고자 한다.

2. 자동차 차체 강판의 부식

2. 1. 자동차의 부식환경

자동차 차체 강판의 부식환경은 세계적으로 1960년대 이후 제철작업을 보다 효과적으로 하기 위하여 제철용 염분인 CaCl_2 를 사용하면서 현저히 나타나기 시작하여, 현재는 자동차 산업 전반에 걸쳐서 많은 공학적인 문제를 제기하게 되었다. 미국에서는 1980년대 초에 제철용 염분($\text{CaCl}_2 \cdot \text{NaCl}$)을 약

1200만톤을 사용했으며, 우리나라에서도 1970년대 초부터 사용하기 시작하여 1990년 겨울 약 3.6만톤을 사용하였다.^{1, 2)} 아직도 세계적으로 보다 더 많은 량의 제설용 염분을 사용할 계획으로 있어, 자동차를 비롯 도로 및 교량, 각종 지하 매설 배관등의 부식문제에 관하여 세계적으로 많은 조사 및 연구가 진행되고 있다.

제설용 염분으로는 CaCl_2 와 NaCl 이 주로 사용되는데, 이들의 제설효과는 그림 1에 보여준 $\text{H}_2\text{O} - \text{CaCl}_2$ 와 $\text{H}_2\text{O} - \text{NaCl}$ 의 상태도에 나타나 있는 공정점(Eutectic Point)을 고찰함으로 잘 설명될 수 있다. CaCl_2 는 공정점이 -55°C 로서 29.8%의 CaCl_2 함량을 가진다. 이 공정점 이하에서는 고체상의 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 와 얼음이 공존하지만 이 이상의 온도에서는 용해된 상태가 존재한다. CaCl_2 에 비하여 NaCl 은 공정점이 비교적 높은 -21.2°C 로서 23.2%의 NaCl 함량을 가진다. 이상에서 비교해 본 바와 같이 눈 혹은 얼음에 CaCl_2 가 뿌려지면 NaCl 에 비하여 절

대적으로 낮은 온도에서 용해되므로 결빙방지 효과가 상대적으로 큰 CaCl_2 를 주로 사용하지만 NaCl 을 함께 사용하는 경우도 많다.

눈, 비, 얼음등은 수증기(Water Vapor)를 제공하며, 이 수증기는 염분이 존재할때 이들과 반응하여 부식성이 매우 높은 용액을 형성한다. 특히 수화물(Hydrate)을 형성하는 염은 수증기와 반응하여 潮解(Deliquescence) 현상을 일으키는데, 이 현상은 어떤염이 주어진 온도에서 그염의 수화물이 가지는 포화 증기압 보다 높은 수증기에 노출되면 서서히 수분을 흡수하여 용해하는 현상이다. 표 1은 CaCl_2 와 NaCl 이 여러가지 온도에서 조해현상을 일으키는 임계습도를 보여주고 있다.¹⁾ 조해현상을 일으키기 위하여 25°C 에서 CaCl_2 는 단지 30%의 상대습도를 필요로 하는데 비하여 NaCl 은 70%의 높은 습도를 필요로 한다. 이와 같은 조해현상으로 인하여 제설용 염분으로 CaCl_2 를 사용하는 도로에서는 보다 강한 염수 부식분위기가 조성되고 있다.

Table 1. Deliquescence Data for NaCl and $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ¹⁾

Temperature C	Critical Relative Humidity For Deliquescence	
	NaCl	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
25	76	30
10	76	41
0		45

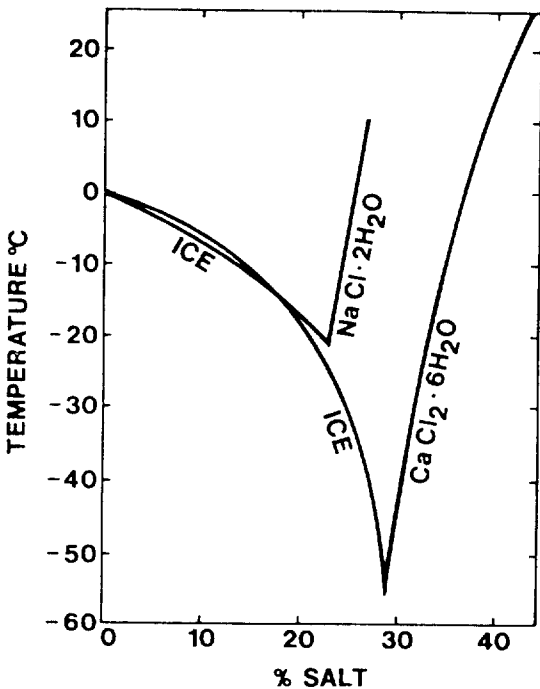


Fig. 1. Phase Diagrams for Aqueous Sodium Chloride and Aqueous Calcium Chloride Systems.¹⁾

염분과 수증기 외에도 대기중에 함유되어 있는 공해물질에 의하여 부식 분위기가 조성되는데, 대표적으로 SO_2 , NO_x , H_2S , NH_3 등을 들 수 있다. 특히 SO_2 및 NO_x 등은 수화(Hydration) 및 산화반응을 하여 금속의 표면에서 H_2SO_4 및 HNO_3 수용액을 생성하여 전기 전도도의 증가와 pH의 강하로 인하여 부식을 더욱 촉진시킨다. 중공업 밀집 지역에서 각종 금속 구조물이 산성비에 의하여 부식되고 있다는 문제가 심각하게 제기되어 이 분야에 관하여 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 자동차 차체 강판의 부식은 일차적으로는 제설용 염분에 의

하여 발생하며, 산성비 혹은 다른 공해 물질에 의한 부식은 이차적인 문제로 간주되고 있다.

2. 2. 차체 강판의 부식현상

차체 강판은 내식성 및 장식성을 높이기 위하여 일반적으로 여러가지 표면처리를 하여 사용하고 있다. 그림 2는 최종 도장까지 표면처리된 차체 강판의 전형적인 예로서 도장강판 단면의 개략도이다.³⁾ 차체 강판은 기지 강판위에 Zn 및 Zn계합금의 도금층(대개 수 um), Phosphate와 같은 화성처리층, Primer전착도장층(대개 양이온 Epoxy계, 약 20um), 증도(대개 Melamine계, 약 30um) 및 상도(대개 Alkyd계, 약 40um)로 구성되어 있다. 차체용 강판의 각종 표면처리와 최근에 개발되고 있는 새로운 코팅에 관하여는 아래의 “자동차 차체용 강판의 표면처리”부분에서 상세히 기술하기로 한다.

도장강판이 부식되는 경향은 크게 3가지 요소에 의하여 결정되는데, 이들은 1) 기지금속 자체의 부식성, 2) 도금층의 내식성 및 기지금속과의 전기화

학적 성질, 그리고 3) 도장층의 접합성, 기공도 및 내구성이 된다. 도장된 차체강판은 그림 2에 보여준 바와 같이 여러가지 코팅을 하기 때문에, 모재의 표면처리에서 부터 각층의 코팅공정이 정확히 제어되어야만 전체적으로 내식성이 우수한 도장강판을 만들 수 있다. 도장된 차체강판의 유기피복은 기본적으로 다음 2가지 기구(Mechanism)에 의하여 모재의 부식을 방지한다.

1) 물, 산소 혹은 다른 이온들의 침투를 방지하는 보호피막의 역할

2) 부식 억제제를 간직하므로써 금속표면의 부식반응을 억제하는 역할

보호피막의 역할을 증진시키기 위하여는 도장층의 두께 증가 및 수분과 산소의 확산거리를 증가시킬 수 있는 필라(Filler)등을 첨가하게 된다. Pigment에 첨가되는 부식 억제제로서 가장 널리 사용되고 있는 것은 Pb_3O_4 , $ZnCrO_4$ 및 $ZnMoO_4$ 등이 있다. 이들은 수분이 강판의 표면에 도달하게 되면 PbO_4^{2-} , CrO_4^{2-} 및 MoO_4^{2-} 로 용해되어 강판의 표면이 부동태화 되게 한다. 유기피복층의 가장 일반적인 파손은 마모나 충격에 의한 물리적인 파괴와 균열(cracking) 혹은 크레이징(crazing)이라고 하는 고분자의 결합이 끊어지는 현상으로서 자외선(Ultra Violet) 영향, 수화반응, 산화반응, 및 동결-융해 반복(Freeze-Thaw Cycling) 작용에 의하여 유발된다. 이와같은 현상에 의하여 파손된 유기피복층이 궁극적으로는 내식효과를 저해시키는 요인은 되나 부식에 의한 파손은 아니기 때문에 이와 같은 현상에 관하여는 본 기술해설에서 제외하기로 한다.

차체 도장강판의 도장층 밑의 금속부식 현상은 여러가지 형태로 분류될 수 있으며, 또한 기본 부식반응 기구는 비슷하거나 중복되는 경우가 있다. 그러나, 여기서는 차체 도장강판에서 주로 관찰되는 부식현상을 편의상 부풀음 현상(Blistering), 피하양극부식(Anodic Undermining), 사형부식(Filiform Corrosion), 음극 박리(Cathodic Delamination), 풀티스 부식(Poultice Corrosion) 및 접합부 관통부식(Perforation at Hemmed Portion)으로 분류하고 이들에 관하여 상세히 고찰하고자 한다.

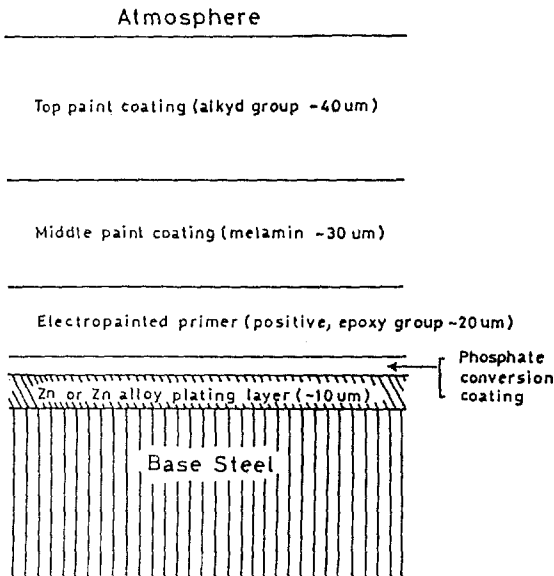


Fig. 2. Schematic diagram illustrating the cross-section of a typical automotive body steel with various surface coating treatments.

2. 1. 1* 부풀음 현상(Blistering)

부풀음 현상은 유기피복층 밑에 국부적으로 물이 고이는 현상으로서 도장층이 기지금속으로부터 분리되고 부식이 일어나게 된다. 부풀음 현상은 다음 4가지 기구에 의하여 일어난다고 보고되고 있다.⁴⁾

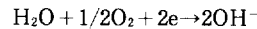
a) 삼투현상에 의한 부풀음: 유기피복층은 미세 조직상으로는 다공질의 막(Membrane)으로 형성되어 있어 조건에 따라 삼투현상이 일어날 수 있다. 삼투현상에 의한 부풀음 현상은 도장/기지금속간 계면에 용해가능한 일종의 염이 존재할 때 유발된다. 수분이 도장층을 통하여 계면으로 침투하면 염이 녹아 도장층 외부에 비해 농도구배가 형성되어 삼투현상을 유발하는 구동력을 가지게 된다. 부풀음 현상은 이 삼투현상에 의하여 가장 많이 유발된다. 또한 다공질막을 통하여 Galvanic Coupling 현상등으로 인하여 전위의 구배가 형성되면 전위차에 의한 삼투현상으로 부풀음 현상이 유발되며, 이러한 현상을 특히 전해 삼투현상에 의한 부풀음(Electroosmotic Blistering)이라고 한다.

b) 부피팽창에 의한 부풀음: 모든 유기피복층은 수분을 흡수하며, 이로 인하여 부피가 팽창하여 부풀음 현상이 나타난다. 내식성을 위한 유기피복층은 물이나 수용성 전해액에 노출시 수분 흡수량을 일반적으로 0.1% - 3% 정도로 제한하고 있다.

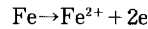
c) 기포에 의한 부풀음: 유기피복층의 도장시 기포나 휘발성 물질이 포집되어 기공을 형성하는 경우이다. 이 경우에 부풀음 현상은 유기피복층과 기지금속간 계면 뿐만 아니라 피복층내에 기공이 형성되어 부식을 촉진시키는 역할을 한다.

d) 상분리(Phase Separation)에 의한 부풀음: 특별한 형태의 삼투현상으로서 도장시 두개의 휘발성용매(Solvent)를 사용하였을 경우, 그중 하나가 친수성(Hydrophilic)일때 일어난다. 이 친수성 용매의 농도가 적을 때 피막형성시 도장/기지금속간 계면에서 상분리를 하게 되며, 이때 수분이 흡수되어 들어가 부풀음 현상을 유발한다. Glycol ethers 나 혹은 Esters 같은 용매가 이와 같은 부풀음 현상을 유발한다.

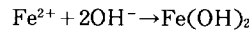
위에 열거된 여러가지 경우에서 공히 부풀음 현상은 도장/기지금속간 계면에 수분이 포집되는 장소를 제공한다. 산소가 도장층을 확산 침투하여 부풀음 현상으로 인하여 포집된 물과 반응하여 전기 화학적 부식반응에 필요한 아래와 같은 음극반응을 한다.



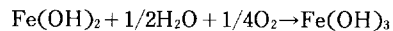
한편 양극반응은 소지철의 부식으로 다음과 같다.



이 때 제설용 염과 같은 염화물도 외부에서 수분에 의해 양·음이온으로 용해되어 도막을 침투하여 각각 상기 음·양극 반응부에 모여 전하 중성을 이루게 된다. 특히 염화 이온은 양극 반응을 촉진시킨다. 이와같은 부식이 진행되면 다음과 같은 부식생성물이 계면에 형성 및 석출된다.



이상과 같은 부식반응의 속도는 음극반응을 위한 산소의 침투 및 확산속도에 의하여 결정되기도 한다. 산소는 부식 생성물 중 Fe(II) 이온을 Fe(III) 이온으로 산화시키기도 한다.



이때 생성되는 Fe(OH)₃는 반구형 부풀음의 중앙부 외피측에 산소의 침투가 용이한 위치에 형성되는 경향이 있다. 반구형 부풀음의 형태에서 산소의 침투가 음극이 되고 산소의 농도가 상대적으로 낮은 중앙부가 양극이 되어 강판의 부식이 진행된다.

2. 2. 2. 피하 양극부식(Anodic Undermining)

피하 양극부식(皮下陽極腐蝕)이란 도장층 하부에서 양극반응에 의하여 금속이 부식된 결과로 인하여 도장층과 기지금속이 분리되는 현상을 말한다. 대표적인 경우는 강판의 부식을 방지하기 위한 목적으로 Zn와 같은 희생양극을 이용한 도금층위에 유기피복 코팅을 한 강판에서 발생하고 있다. 만약 희생양극층에 결함이 있으면, 음극반응은 철의 표

면에서 발생하고 Zn층이 양극반응을 일으켜 부식되게 된다. 자동차 도장강판의 경우 운행시 돌이나 자갈등에 의하여 충격을 받거나 굽히게되어 도장층이 국부적으로 파손되면, 이 희생양극층의 부식으로 인하여 유기도장층과 지지금속인 강판이 분리하게 되는 현상이 많이 발생한다.

자동차용 강판의 내식성을 증가시키기 위하여 Zn 도금이 일반적으로 많이 사용되고 있으나, 최근에는 Zn-Ni등과 같은 합금도금이 사용되고 있다. 이 경우 피하 양극부식 현상은 Zn 단독 도금시와는 다른 형태로 부식이 진행된다.⁵⁾ 합금도금층이 부식분위기에 노출되면, Zn와 Ni 성분의 전위차로 인하여 Zn가 선택적으로 부식되어 도금층에 Zn의 양은 상대적으로 줄어드는 반면 Ni의 양은 농축된다. Zn의 선택적 부식으로 인하여 합금도금층에 인장응력이 작용하게 되어 그림 3에 보여주는 바와 같이 미세 균열이 발생하게 된다. 부식이 더 진행되면 합금도금층은 미세균열이 발달된 잔류 Ni 농축층과 Zn의 부식반응물과의 복합층으로 된다. 그러나 이 합금도금이 Zn 단독도금 보다 내식성이 우수한 이유는 합금도금의 Zn선택부식 속도가 Zn 단독도금시 부식속도 보다 느린것과 Zn 선택부식후 형성되는 복합층 [예를들면 $ZnCl_2 \cdot 4Zn(OH)_2$]의 보호효과에

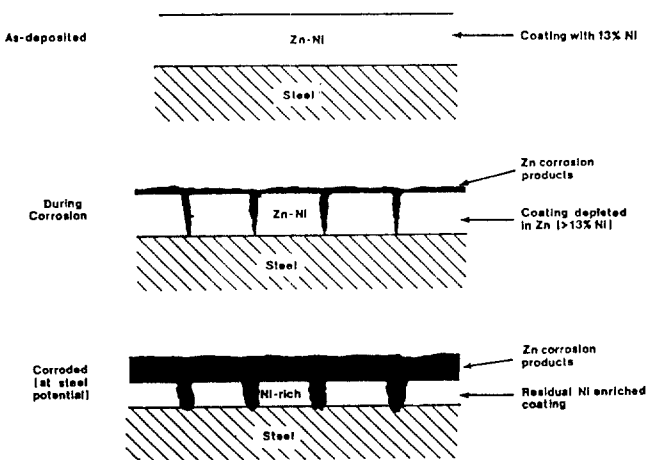


Fig. 3. Schematic Diagram Showing the Corrosion of Single Phase, GAMMA Zn-Ni Alloy Coating in NaCl Solution.⁵⁾

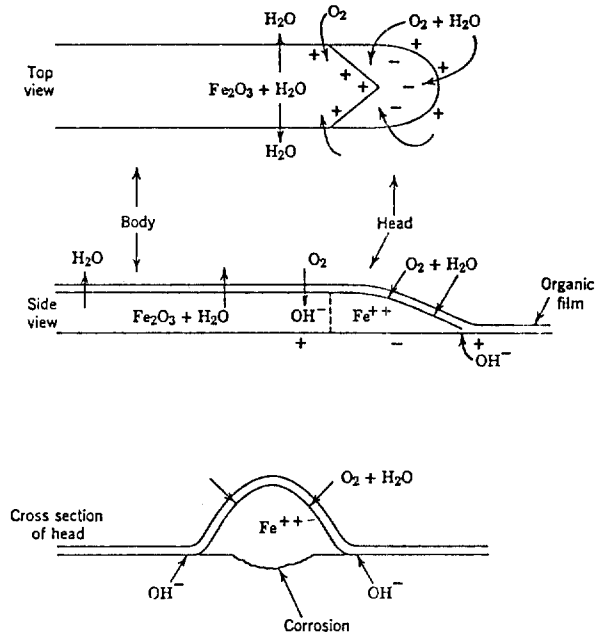


Fig. 4. Schematic views of filiform filament on iron showing details of differential aeration cell causing attack.⁷⁾

기인한다고 한다.⁶⁾

2. 2. 3. 사형부식(Filiform Corrosion)

사형부식(絲形腐蝕) 현상이란 유기피복된 금속의 코팅층 하에서 실모양의 흔적과 같은 특수한 형태의 부식현상을 말한다. 사형부식은 금속도금(예: Galvanized Steel)된 강판에서도 발생되며, 때로는 코팅되지 않은 강판 자체의 표면 부식에서도 종종 발견된다. 사형부식은 습도가 높은 분위기에 노출된 유기피복층에 산소농담전지(Differential Aeration Cell)가 형성될때 유발된다는 이론이 가장 일반적으로 받아들여지고 있다. 그림 4에 여러가지 측면에서 본 사형부식의 개략도를 보여준다.⁷⁾ 머리쪽 부분에 Fe(II) 이온이 비교적 많이 농축되어 있다. 그러므로 수분은 머리쪽 부분으로 흡수되는 경향이 높으며, 산소는 머리쪽과 몸체의 중간부분과 머리쪽의 주변부위로 확산해 들어간다. 머리쪽 부분의 중심부에는 산소의 농도가 비교적 낮다. 이와 같은

수분의 흡수와 산소의 침투가 산소농도전지를 형성하여 코팅층이 지지 금속과 접촉하고 있는 모든 부분과 머리쪽의 후미에 OH^- 이온이 축적되게 한다. 양극은 머리부분의 앞쪽 중심부에 형성되어 Fe^{2+} 이온으로 부식된다. 음극부 산소환원에 의해 생성된 OH^- 이온은 유기피복과 금속의 결합을 파괴하게 되며, 또한 이들은 머리의 중심부에 있는 Fe^{2+} 과 반응하여 $\text{FeO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 를 형성하고 이들은 다시 O_2 에 의하여 산화되어 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 를 형성한다. Fe_2O_3 는 물과의 흡수성이 좋지 않기 때문에 수분은 코팅층을 통하여 다시 외부로 방출되고 비교적 건조한 Fe_2O_3 가 머리의 뒤쪽부분에 남게된다. 산소는 계속하여 코팅층을 뚫고 확산해 들어 오므로서 몸체부분이 머리부분에 비하여 전기적 음극을 유지하므로서 사형부식이 계속 진행되게 된다. 사형부식에서의 도막박리는 머리 중심부의 양극화와 머리 주변 부위의 음극화로 인하여 진전된다.

2. 2. 4. 음극박리(Cathodic Delamination)

도장강판이 긁히거나(Scratch) 혹은 눌러서 썩들어가게(Dent) 되어 흠집부위가 생기면 결과적으로 지지금속인 강판을 외부로 노출시키게 된다. 이러한 경우 부식반응의 양극 및 음극 반전지 반응(Half-Cell Reaction)이 각각 분리해서 일어나게 되면 이로 인하여 도장층이 지지금속으로부터 분리되는 현상을 음극박리라고 한다. 음극박리 현상을 유발시키는 구동력은 산소가 있는 분위기에서는 용존산소의 환원반응으로부터 나오며, 음극방식 조건하에서는 수소발생 반응으로부터 나오게 된다. 음극반전지반응(흠집부위에 가까운 도막하) 이 양극반전지 반응(흠집부위)과 분리해서 일어날 경우 음극반전지 반응이 일어나는 곳의 pH를 측정해본 결과 앞에서 언급한 산소환원 반응에 의하여 10-14까지의 범위가 측정되었다고 보고되고 있다.⁵⁾

지금까지 밝혀진 모든 음극박리 현상을 종합해 보면, 이 현상은 음극반응에 의하여 발생하는 높은 pH의 강 염기성 성질때문이라고 밝혀지고 있다. 강 염기성 분위기는 도장/금속계면에 입혀진 인산염

화성처리층을 비롯한 산화물을 용해하거나 도장층의 고분자 연결고리를 파괴하는 역할을 한다고 알려지고 있다. 그러므로 이와같은 염기성 분위기를 유발하는 음극반응을 방지하기 위하여는 다음과 같은 방법이 고려될 수 있다.

- 반응에 필요한 수분의 흡수방지
- 산소의 흡입차단
- 전자의 흐름을 차단
- 반응 지점으로 양이온의 유입을 차단
- 계면에서 음극반응의 촉매작용을 억제

도장층은 그 자체의 성격상 수분과 산소의 확산 침투를 완전히 방지하는 것은 불가능하다. 그러므로 도장층 밑에 전자의 흐름을 방지할 수 있는 부전도성 층을 형성하여 방지하기도 한다. 실제로 Al 이 Zn나 Fe에 비하여 도장층에 피복층 이완 음극 부식 현상이 훨씬 적게 발생하는 이유는 Al표면에 형성되는 Al_2O_3 의 부전도성 때문이다.

2. 2. 5. 폴티스 부식(Poultice Corrosion)

폴티스 부식은 틈새부식(Cervice Corrosion)의 한 형태로서 자동차 운행중 도로에서 진흙과 같은 불순물질이 자동차 강판이나 혹은 다른 부위에 적층될때 진행되는 부식현상이다. 자동차 강판에 적층된 진흙과 같은 불순물은 수분과 염분을 흡수하여 강한 부식분위기를 형성하게 된다. 이때 진흙에 흡수된 수분과 염분은 그림 5에 보여주는 바와 같이 농도 구배를 가지게 되면 농염전지가 되어 부식반응이 진행하게 된다.⁹⁾ 이와같은 폴티스 부식 현상은 자동차의 펜더(Fender) 밑 부분에서 많이 관찰된다.

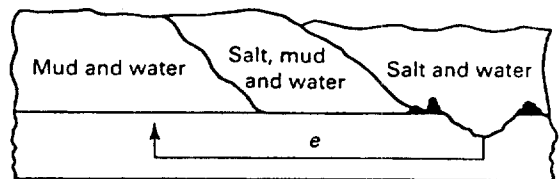


Fig. 5. Schematic showing the mechanism of poultice corrosion. The most common cause of this type of corrosion is thought to be electrolyte composition gradients.⁹⁾

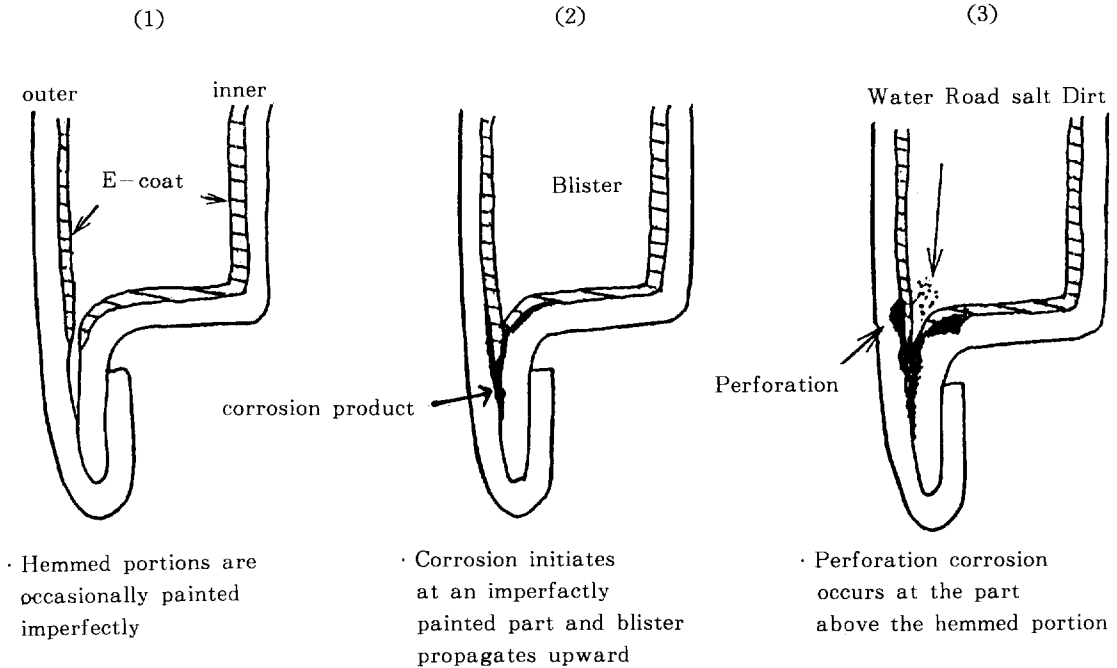


Fig. 6. Schematic model of perforation at a hemmed portion¹²⁾

2. 2. 6. 접합부 관통부식(Perforation at Hemmed Portion)

차체는 일반적으로 강판을 성형, 점용접, 화성처리(인산염처리), 전착도장의 과정을 거친다. 차체중 접합부(예 : 자동차 문짝 가장자리)는 화성처리 및 전착도장이 잘되지 않아, 이 사이로 수분, 제설용 염분 및 불순물등이 침투하게 되면 그림 6에서 보여주는 바와 같이 부식이 전개되어 내면에서 외면으로 관통부식이 진행된다.

2. 3. 가속부식 시험방법

자동차 산업에 종사하고 있는 방식 및 코팅 기술을 비롯 제철회사 및 부품 생산업체가 겪게되는 가장 어려운 과제중의 하나가 차체 도장강판의 내식성 평가방법 설정과 이들에 대한 내식성의 우열 순위를 결정하는 일이다. 차체 도장강판은 실제로 습윤 및 제설용 염분 분위기에 장시간동안 노출되면서 건습의 반복 및 계절에 따라 심한 온도의 격

차등에 의하여 부식되는 현상을 단시간내에 재현할 수 있는 가속부식 시험방법을 설정하기란 매우 어려운 과제이다. 그러나 차체 도장강판의 각종 코팅 재료 및 코팅방법의 개발을 위하여는 실험실적으로 전기화학 시험 및 염수분무 시험등을 포함한 다양한 종류의 부식시험 방법이 이용되고 있다. 도장 및 도금강판의 부식시험에 이용되고 있는 각종 시험방법을 표 2에 정리하였다.

최근에 와서는 자동차의 내식성에 관하여 미국, 캐나다 및 북유럽 국가에서는 자동차의 방식목표를 자율규제하고 있으며 그 주요 내용은 표 3과 같다.^{10, 11)} 최근에 와서는 일반적으로 "10-5-2"로 내표되는 방청계획을 세워 시행하고 있다. 이는 차체의 내부 및 외부 강판에 부식으로 인한 구멍(Perforation)이 10년동안 나지 않아야 하고, 외부 도장강판의 장식성을 저하하는 외관부식(Cosmetic Corrosion)은 5년간 없어야 하며, Engine Room부식(Underhood Corrosion)은 2년동안 발생하지 말아야 하는 방청

Table 2. Corrosion Test Methods Commonly Used in the Automotive Industry.

<u>Organic Coatings</u>	
Salt Spray(Fog)Test	ASTM B 117
Water Fog Testing of Organic Coatings	ASTM D1735
Filiform Corrosion Resistance of Organic Coatings on Metals	ASTM D2803
Finished or Primed Metallic Substrates for Humidity-Thermal Cycle Cracking	ASTM D2246
Coated Metal Specimens at 100 Percent Relative Humidity	ASTM D2247
Coated Steel Specimens Dynamically for Resistance to Corrosion	ASTM D2933
Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments	ASTM D1654
Undervehicle Corrosion Test of Coated Steels	SAE J1293
<u>Electrodeposited Coatings</u>	
Acetic Acid Salt Spray(Fog) Testing	ASTM B 287
Corrosion Testing of Decorative Chromium Plating by the Corrodokote Procedure	ASTM B 380
Copper Accelerated Acetic Acid Salt Spray (Fog) Testing(CASS Test)	ASTM B 368
Acidified Synthetic Sea Water(Fog)Testing	ASTM G 43
EC Testing-Electrolytic Corrosion Test for Evaluation of the Corrosion Protection Characteristics of Copper Nickel-Chromium Electrodeposits	GM 9040-P

계획을 말한다. 이와같은 방청계획을 뒷받침 하기 위한 시험방법으로서 Proving Ground Test, Under-vehicle Test 및 Field Survey등이 행하여지고 있다. 그러나, 이와같은 시험방법들은 시간과 경비가 많이 소요되는 단점이 있어 최근에 와서는 실험실에서 여러가지 부식환경을 조성하여 재현하는 가속 시험이 각 자동차 회사마다 개발하여 사용하고 있다. 주요자동차 회사 및 제철회사의 실험실적 반복 부식시험 방법을 표 4에 수록하였다. Volvo 회사에서는 자동차의 부식을 보다 실제와 같이 재현하기 위하여 "Volvo Scab Test"라는 특별한 방법을 이용하여 시험하고 있다. 이 방법은 현재 미국의 3대 자동차 회사를 비롯 많은 회사들이 채택하고 있는 방법으로서 아래와 같은 시험 주기로 최소 1년동안 시험한다.

Table 3. Anti-corrosion Goals of Automotive Body¹¹⁾

	Canadian anti-corrosion code (Since 1981)	Nordoc (Scandinavian) Code (Since 1983)	USA NHTSA (도로교통 안전조항) (Since 1987)
Perforation corrosion	5year	6 years	10 years
Cosmetic corrosion	1.5years	3 years	5 years
Engine room corrosion	-	-	2 years

Table 4. Various Cyclic Corrosion Test Methods Exercised by Automotive and Steel Industries

	현 대	Toyoda	G. M.	新日鐵
염수분무	5% NaCl 35°C, 18Hr	5% NaCl 35°C, 17Hr	-	5% NaCl 35°C, 4Hr
진 조	70°C, 2Hr	70°C, 3Hr	-	RH 60% 60°C, 1Hr
염수침적	5% NaCl 35°C, 2Hr	5% NaCl 40°C, 2Hr	5% NaCl RT, 15min	-
진 조	20°C, 2Hr	RT, 2Hr	RT, 75min	-
습 윤	-	-	RH 85% 60°C, 22.5Hr	RH 98% 49°C, 3Hr (토, 일 24Hr)
결 로	-	-	-	RH 98% 49°C, 3Hr
냉 각	-	-	-13°C 30min/wk (매 월요일)	-20°C, 1Hr
반복주기	24Hr	24Hr	24Hr	12Hr
반복회수	50Cycles	50Cycles	20Cycles	Not Defined

Volvo Scab Test Method :

- Outdoor Exposure : Industrial atmosphere
- Salt Spray : 5% NaCl, Twice a week
- Blast : 200cc of 1.5mm dia, steel shot at 0.2 MPa, Every two months
- Minimum Duration Time : 1 year

3. 자동차 차체용 강판의 표면처리

차체는 경량화 추세에 의하여 박강판으로 대체되면서 강도는 강화되고 방청목표는 표 3과 같이 자율규제로 강화되어 왔다. 이에 대응하기 위해 각종 표면처리 강판과 도장(화성처리, 전착도장 및 중·상도) 기술이 개발되어 왔으며, 최근의 표면처리 강판 사용 추세는 표 5와 같이 세계적으로 계속 증가하고 있다.¹³⁾

내연강판(CR)의 내식성은 대단히 열악하지만 press

Table 5. Application ratio of surface-treated sheet steels for the body of passenger cars(Weight % of the steels to the body)¹³⁾

Region	Year		
	1982	1987	1992*
North America**	~15	~40	~65
Europe	10	25	45
Japan***	30~40	40~60	70~80

*Forecast

**Data based on the production amounts of sheet steels

***Data for export cars

성형성, spot-용접성, 도장적합성이 우수하다. 표면처리에 의해 내식성이 향상되면서 동반되는 성형성, 용접성 및 도장성이 변하게 되므로 후자의 성질들도 크게 악화되지 않도록 또는 향상되도록 표면처리 기술은 개발되어 왔다. 표면처리 강판의 개발 및 변천과정은 그림 7과 같다.

3. 1. 용융도금

3. 1. 1. 용융아연도금강판(G1 또는 G : Galvanized Iron)^{10, 14)}

차체 방청용 표면처리 강판으로서 최초로 1963년 미국 자동차업체에서 사용하기 시작하여 현재까지 미국, 유럽, 일본에서 널리 사용되고 있다. 도장성이 나쁘기 때문에 양면도금후 한면을 전해바라 및 기계적 연삭으로 한면의 도금층을 벗겨내거나 또는 도금시 전자 pump법, roll coating, 박리제 도포, 매니스커스에 의해 편면도금(MG : Monogal)된 강판이 주로 사용되고 있다. 비도금면은 도막밀착성이 양호하므로 외판재 외면(이 경우 도금면은 외판재내면) 또는 내판재내면이 되도록 배열하여 도장에 의한 외관 방청 향상을 목표로 한다. 아연의 부착량이 많을수록 희생양극에 의한 소재 강판의 내식성이 높으므로 부착량 100 g / m² (14um)까지도

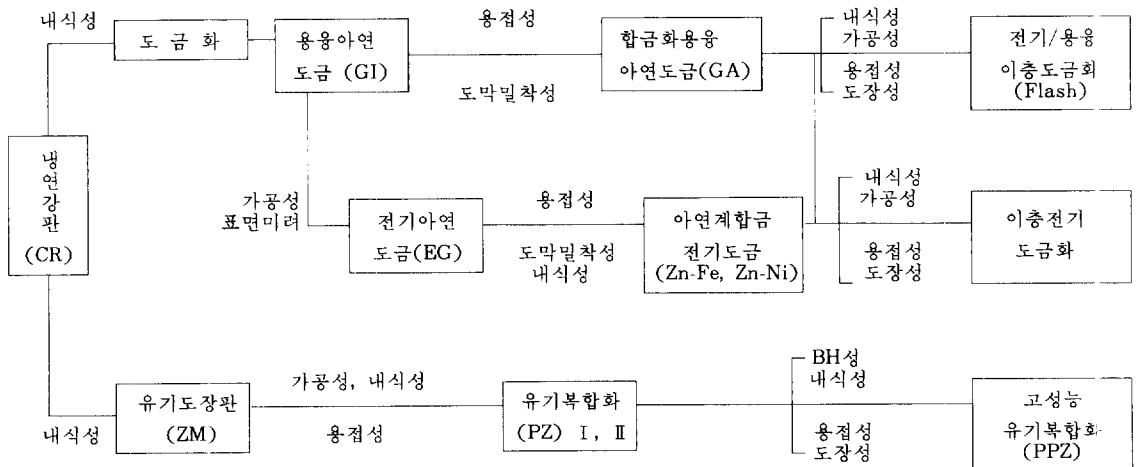


Fig. 7. Development process of surface-treated sheet steels for automotive body

고내식성 요구 부위 즉 관통방식 부위에 사용하여 왔다.(외판재 내면, 그림 6 참조) 부착량이 많을 때는 Spot 용접성과 Press 가공성이 나쁘므로 편면 60-70 g/m² 부착량으로 주로 사용된다. 양면도금 경우 도금부착량이 면에 따라 다른 즉 편차도금, 또는 표면은 도장밀착성 향상을 위한 합금화 용융도금(GA) 처리하고 이면은 내식성 향상을 위한 GI 도금된 강판도 사용되고 있다.

3. 1. 2. 합금화 처리 용융아연도금 강판(GA : Galvannealed Iron)^{10, 14)}

용융아연도금후 합금화 처리에 의해 Zn-Fe 합금층 형성으로 아연도금층에 비해 도료밀착성이 양호하고 용접성이 우수하다. 가공이 심한 부위에 powdering이 형성되지 않도록 처리되어야 한다. 일본 및 미국 자동차업계에서 내외판으로 일부 사용하고 있으며 바닥재로도 사용할 예정이다. 양면, 편면 및 편차 도금재가 사용되고 있으며 도금량은 대개 30-60 g/m²이다.

3. 1. 3. 용융-전기 아연 이층도금 강판(Flash 도금강판)¹⁵⁾

강판양면에 GA도금(아연부착량 30-50 g/m²)으로 하층도금한 후 편면에 Fe-rich계 전기박도금(3-5 g/m²)으로 상층도금한 표면처리 강판이다. Fe-rich 계로는 Fe-Zn(20%), Fe-P(0.5-1.0%), Fe-Mn(15%)이 있다. 상층도금은 냉연강판과 같이 우수한 인산염처리성에 의해 도장밀착성과 양호한 용접성을 가지며 하층은 내식성을 확보하고 있으므로 차체 외판외면용으로 사용된다. 편면 GA층은 이층도금 하층보다 약간 두껍게 도금하여 내식성을 높이고 GI 대비 양호한 용접성과 인산염처리성 및 전착도장성을 가지므로 외판재 내면으로 배치하여 그림 6과 같은 관통부식을 방지하고자 한다. 다음 절에서 서술되는 이층전기도금의 하층 Zn-Fe 전기도금보다 Flash 도금의 하층 GA가 제조시 약간 경제적이다.

80년대 후반 일본 유수 제철소에서 생산 Line 신·

증설이 시도되었으나 현재 제품을 생산하는 제철소 수는 적다. 주요 일본 자동차 업계에서 사용하고 있다. 국내 자동차 업계도 일부 사용하고 있으며 수요 예측량은 '92년 1.9만톤, '94년 2.3만톤이며 국내 제철업체도 개발 및 양산 추진 중이다.

3. 2. 전기도금

3. 2. 1. 아연전기도금 강판(EG : Electrogalvanized Iron)¹⁰⁾

EG는 GI에 비해 열시효 경화가 없기 때문에 가공성이 좋고 도금두께 조절이 용이하고 표면이 미려하여 GI, MG 및 GA재를 대체하게끔 되었다. 내식성 향상을 위해 후도금화할 수 있지만 가공성, 용접성 및 도막밀착성에 악영향을 미치지 않도록 적절한 두께를 선정하여야 한다. 부착량 50-90 g/m² 후도금재가 차체 외·내판재로 사용되며 주로 구미 자동차 업계에서 많이 사용한다.

3. 2. 2. 아연합금 전기도금 강판^{10, 16)}

EG에 비해 비교적 박막(20-30 g/m²)으로 나내식성 및 도장후 내식성, 용접성, 인산염처리성 및 도장성을 향상시키기 위해 주로 아연계 합금전기 도금이 70년대 이후 개발되었다. 주요한 합금도금은 Zn-Fe(10-20%), Zn-Ni(10-15%), Zn-Mn(30-80%), Zn-Co(0.3~3% + Mo 0.1~0.5% 또는 Mo대신 Cr 0.05%)등이다. 이 중 Zn-Fe와 Zn-Ni이 현재까지 많이 이용되고 있다.

3. 2. 2. 1 Zn-Fe합금 전기도금 강판(EGF)

그림 8은 Zn-Fe 전기도금층의 Fe함량 변화에 따른 도금층의 제성질 변화를 나타낸다.¹⁷⁾ Fe함량 20%정도에서 양호한 성형성과 우수한 용접성을 가진다. 동시에 인산염 처리성이 좋아지기 때문에(phosphophilite 형성에 의한 P ratio증가) 도막밀착이 잘되어서 도장후 염수분무시험(SST)시 내식성이 양호하다. 실제로 GA보다 제성질이 우수하여 차체 외판으로 사용되기도 하나 이층전기도금의 하층도금으로 많이 사용된다.

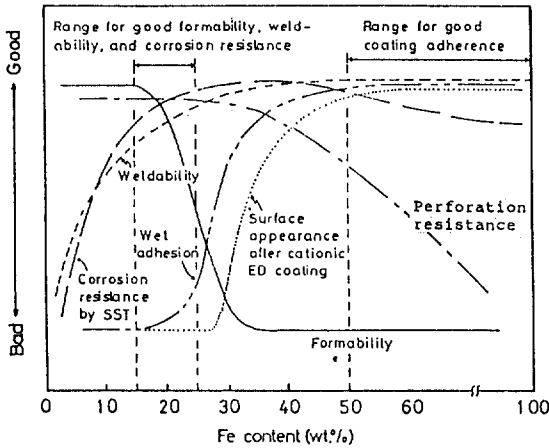


Fig. 8. Relation between Fe content in the plated layer and various quality performances of Zn-Fe electroplated steel sheet¹⁷⁾

3. 2. 2. 2 Zn-Ni 합금 전기도금 강판(EGN)

Zn-13%Ni 도금강판(EGN)의 도금량 20 및 30 g/m²에 따른 나판의 부식 깊이와 도장 후 외관 부식성에 관한 자료가 그림 9와 10에 각각 나타나 있다.¹⁸⁾ EG 또는 GI에 비해 4~8배의 내식성을 가졌다.

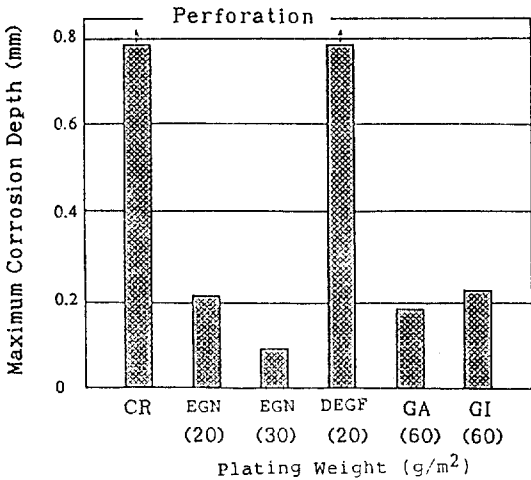


Fig. 9. Perforation corrosion of unpatinted flat panels after 6 weeks of CCT¹⁸⁾

CR : Cold rolled steel
 EGN : Zn-Ni electroplated steel
 DEGF : Zn-Fe double-layer electroplated steel
 GA : Galvannealed Steel
 GI : Galvanized Steel

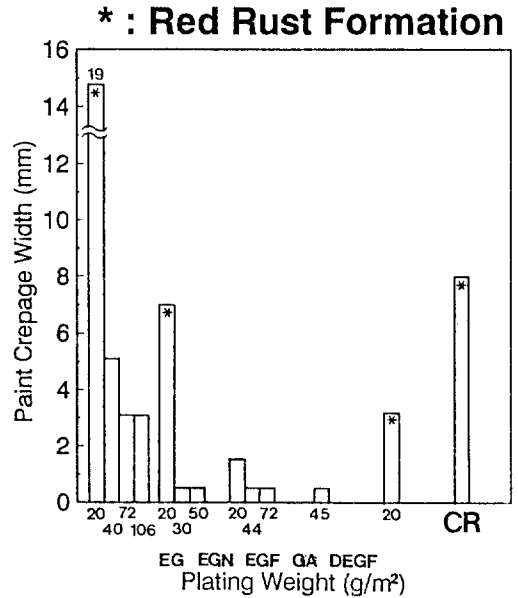


Fig. 10. Cosmetic corrosion of plated and painted steel panels after one-year Volvo test¹⁸⁾

EG : Electrogalvanized steel
 EGN : Zn-Ni electroplated steel
 EGF : Zn-Fe electroplated steel
 GA : Galvannealed steel
 DEGF : Zn-Fe double-layer electroplated steel

다고 보고되고 있으며¹⁰⁾ 이런 높은 내식성이 얻어지는 이유는 앞절에서 언급한 바와 같다. 그 외에도 EGN은 전착은 전착도장시 cratering 발생이 현저히 낮으며 성형성 및 용접성이 뛰어나, 현재 일본(1981년 이후) 및 국내 자동차업계에서 차체용으로 많이 사용되고 있다. ENG의 도금층 잔류응력이 높거나 Ni함량이 많아 취성의 조직이 생길때 저온 Chipping이 쉽게 일어나지만 이런 요인들을 제거해 줌으로써 내 Chipping성도 향상되었다.¹⁰⁾

또 EGN은 차체용 이층전기도금 강판과 유기복합피복 강판의 소재로 사용되며 특히 앞으로 국내외를 막론하고 유기복합피복 강판 수요 급증에 따라 EGN의 사용량도 급증할 것으로 예상된다.

3. 2. 3. 이층 전기도금 강판

그림 8로부터 Zn-Fe 도금층에서 Fe함량이 20%

일때 상기 언급한 EGF의 특징을 가진다. 80%를 초과하게 되면 CR강판의 특성을 가지게 되어 특히 전착도장성 및 도막의 내수밀착성이 우수함을 알 수 있다. 이런 장점들을 지닐 수 있도록 이층 전기 도금(표면은 상층 $3\text{ g}/\text{m}^2$ 의 80%Fe-20%Zn/하층 $20\text{ g}/\text{m}^2$ 의 85%Zn-15%Fe, 이면은 표면하층과 동일 또는 타 방청도금 및 처리)이 개발되어 표면을 차체 외판 외면으로 사용하면 우수한 외판 방청 소재로 작용하고 이면은 외판 내면이 되므로 Flash 강판의 편면 GA와 같이 관통 방식면으로 작용한다. 이런 이층 전기도금계가 많아 개발되어 주로 일본 자동차 업계에서 차체 외판용으로 사용되고 있다. 유사한 이층도금층으로 Flash 도금강판인 80%Fe-20%Zn($3\text{ g}/\text{m}^2$)/GA($45\text{ g}/\text{m}^2$)외에 다음과 같이 것이 있다.

50~60%Fe-50~40%($3\text{ g}/\text{m}^2$)/80~85%Zn-20~15%Fe($20\text{ g}/\text{m}^2$)

50~60%Fe-50~40%Zn($14\text{ g}/\text{m}^2$)/Zn-Ni($40\text{ g}/\text{m}^2$)
Fe-0.1~1.0%($2\text{ g}/\text{m}^2$)/Zn-Ni($20\text{ g}/\text{m}^2$)

Fe-0.1~1.0%P($3.5\text{ g}/\text{m}^2$)/90~80%Zn-10~20%Fe($20\text{ g}/\text{m}^2$)

85%Fe-15%Zn($4\text{ g}/\text{m}^2$)/Zn-Ni($16\text{ g}/\text{m}^2$)

등이며 여기서 하층 Zn-Ni는 Ni함량이 10.5~12.5%범위이다.¹⁹⁾ 최근 국내에서 개발된 85%Fe-15%Mn($5\text{ g}/\text{m}^2$)/85%Zn-15%Fe($30\text{ g}/\text{m}^2$)이 현재 특히 등록심사 중이다.²⁰⁾

3. 2. 4. 분산도금 강판

도금액에 미세한 금속, 산화물 등 분말을 분산시켜 금속이온과 함께 전기도금하면 도금층(상기 언급한 도금층)에 분산물들이 존재한다. 분산제는 금속분말(Al, Mn등), 무기물(SiO_2 , Al_2O_3 , BaCrO_4 등), 유기물(각종 polymer 등)이 있으며 필요에 따라 다층화하여 상층에 분산도금을 실시할 수 있다. 수%첨가에 의해 내식성의 2-10배 향상(무기물의 첨가에 의한 방식원리는 전술한 2절 참조)과 유기피막의 밀착성 향상 및 도금층의 윤활성 개선에 응용가

능성이 있다. 그러나 분산제 석출량이 많으면 도금층의 밀착성 및 가공성 저하를 일으키므로 적당량 사용이 필요하다. 아직까지 기술개발단계이지만 장래 차체용 강판으로 기대된다.

3. 3. 유기복합피복 강판^{1), 2)}

차체 제조시 성형후 숨겨지는 강판 내면은 도장 공정에서 도장되기 어려워 심한 경우에는 성형전 원래 강판 표면 상태가 그대로 남아 있어 그림 6과 같이 관통부식이 진행된다. 이를 감소 또는 방지하기 위해 숨겨지는 내면에 적용하는 편면 유기복합 피복강판의 제조기술이 그림 11과 같이 개발되었다. 또 자동차 제작시 도장 공정 자체를 일부 또는 전부 제거하기 위해 시도하는 Precoat강판 개념도 있어왔다. 특징과 문제점 및 개발되는 내용을 소개하고자 한다.

3. 3. 1. Zincrometal(ZM)

냉연강판에 Dacromet(chromate층에 Zn 분말함유) 무기피막(2-3um)처리후 Zincromet(Zn 분말을 고농도 포함하는 고분자 epoxy계 도료) 도장(10-12um)처리한 강판이다(그림 11a). 2coat-2bake type으로 최종 가교(curing) 및 소부(baking)온도는 200-250°C 이상이다. 장점으로는 아연분말을 다량 함유하므로 도전성이 있어 용접성 및 전착도장성을 확보하여 내식성은 도금강판에 비하여 우수하다. 단점으로는 전착도장후 흠집이 나면 희생양극성의 도금층이 없어 부식이 옆으로 퍼지지 않고 깊이 방향으로 계속되어 관통부식이 촉진된다. 피막자체에 아연 분말이 다량 첨가되어 있으므로 Press 성형시 피막이 박리 및 박리 부스러기의 금형고착의 문제점이 있고, Spot 용접시 피막이 전극에 달라붙어 전극의 오염 문제가 있다.

1969년 이후 미국 자동차 3사와 그후 유럽 및 일본에서 사용되었으나 상기 결점 때문에 사용은 줄어들고 있다.

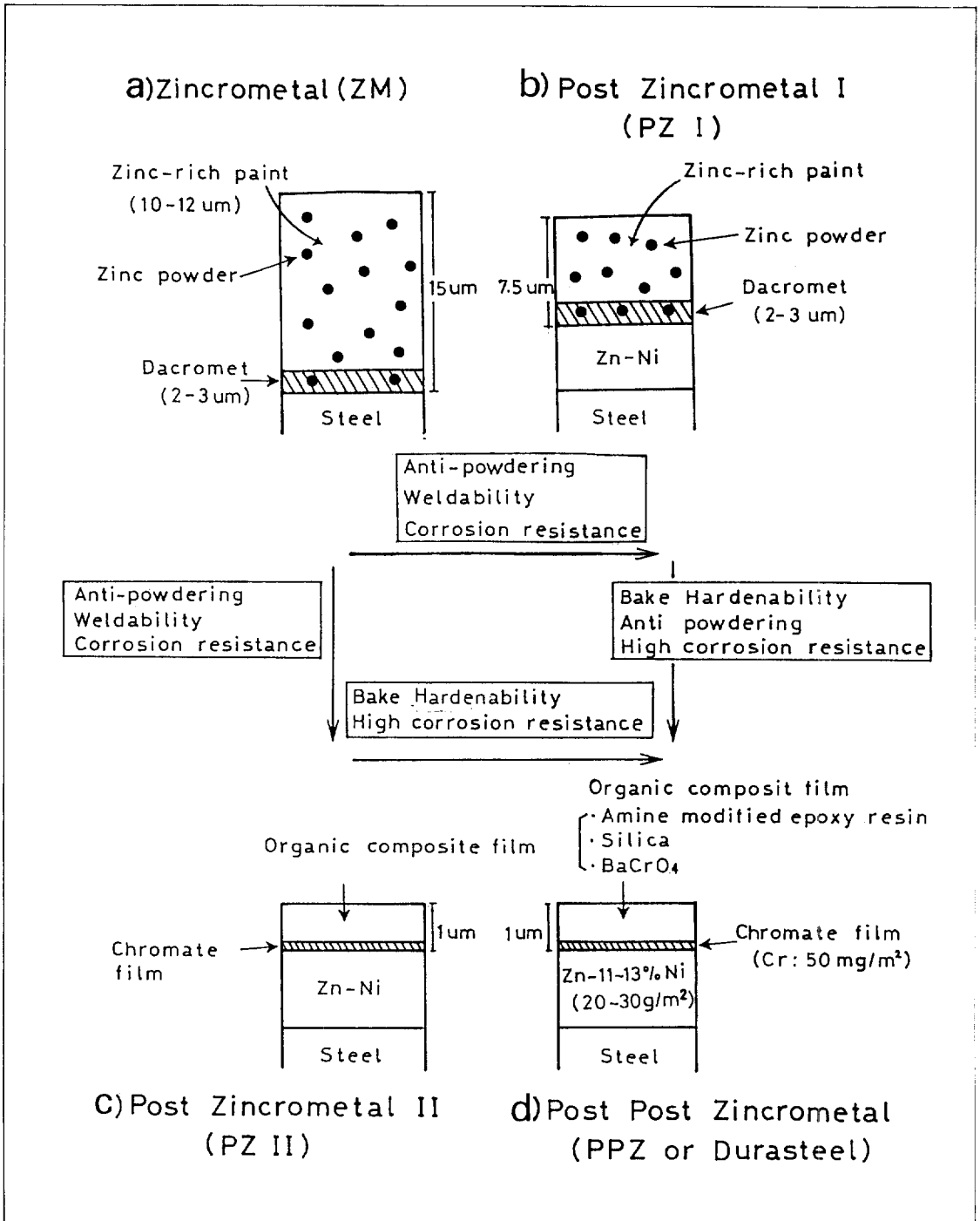


Fig. 11. Cross sectional schematics of organic composite coated steel sheets and flow of their development^{11, 20)}

3. 3. 2. Post Zincrometal(PZ)

ZM의 결점을 보완 및 개선하여 개발된 강판이 PZ 강판이며 이는 두 종류로 나누어 개발되었으며, 80년도 이후 일본 자동차 업계에서 사용되었다.

PZ type I

ZM의 내식성을 향상시키기 위해 강한 내식성을 지닌 EGN 도금 강판을 소재로 사용하였다. 도금층 두께는 약 20~30 μm 이다. 도금층이 두꺼우면 내식성은 향상되나 가공시 박리의 결합발생율이 높으므로 상기 두께가 많이 사용된다. ZM과 동일한 Dacromet 처리를 하였으며 ZM 대비 박막의 Zincromet(5~7 μm) 도장 처리된 강판이다(그림 11b). 도료에 아연분말 외에 다른 금속분말도 첨가되는 경우도 있다. 결과적으로 성형시 박리가 적었으며 용접성도 향상되었다.

PZ type II

Type I과 같이 EGN 도금 강판 위에 특수 chromate 처리후 도전 안료(금속분말)를 포함하지 않은 고분자 epoxy계 투명수지로 극박(1 μm) 도장처리된 강판이다(그림 11c). 내식성 향상을 위해 수지에 silicate 안료가 첨가되기도 한다. 극박막 도장이므로 도전성이 있어 용접성 및 전착도장성이 양호하고 도막 밀착성도 양호하다.

3. 3. 3. Post Post Zincrometal(PPZ) 또는 Dura Steel(상품명)

상기 PZ I 및 II는 공히 가교(curing) 및 소부(baking) 온도가 200°C이상으로 소부경화성(BH: Bake Hardenability) 강판(통상경화온도 170~200°C) 경우에는 PZ 처리후 Press 성형이 불가능하게 되었고, 10년 관통 방청에 미흡했다. 특히 PZ type I은 가공시 도막박리가 미세하게 발생할 수 있었다. 이런 PZ의 결점을 극복하기 위해 PPZ 또는 Dura Steel(상품명)이 일본 유수 제철소 중심으로 개발되었다.

구조는 도금강판 위에 특수 Chromate층과 유기 복합 피막으로 되어 있으며(그림 11d) PZ type II

와 대단히 유사하다(그림 11c). 그러나 BH성을 유지하기 위해 PPZ 제조시 가교 및 소부온도는 150°C 이하를 유지해야 하므로 Chromate층과 유기복합층은 일차적으로 개량되어야 한다. 소재로는 PZ와 같이 EGN도금(부착량 20~30 g/ m^2) 강판을 사용한다. Chromate층의 경우 150°C이하에서 환원되어 피막 밀착성을 확보할 수 있는 Chromate 즉 특수 도포형 또는 소부를 필요치 않는 전해형 Chromate 처리를 실시한다. Chromate 조성, 조직 및 부착량은 내식성 및 전도성(즉 용접성과 전착도장성)에 영향을 미치므로 적절히 조절되어야 한다. 시판제품의 경우 통상 부착량은 Cr 50~80 g/ m^2 을 나타낸다. 상층의 유기복합층은 통상 epoxy 수지 변형제로 가교온도를 150°C 이하로 낮출 수 있는 성분, 차처리인 전착도장층과 접합성을 높일 수 있는 성분, 내식성을 향상시킬 수 있는 안료(예를 들면 Colloidal Silica)등을 포함하고 있으며 도장강판 성형시 박리(powdering)의 원인이 되는 금속분말은 포함하지 않는다. 유기복합층의 두께는 처리강판의 내식성과 도전성(즉 용접성 및 전착도장성)에 상반된 결과를 초래하므로 적절히 조정하여야 한다. 시판제품의 경우 통상 1 μm 를 나타낸다.

이렇게 유기복합피복된(precoated) 강판면을 탁월한 내식성(그림 12) 및 가공후 내식성 및 전착도장후 심내식성(그림 13)과 우수한 용접성, 전착도

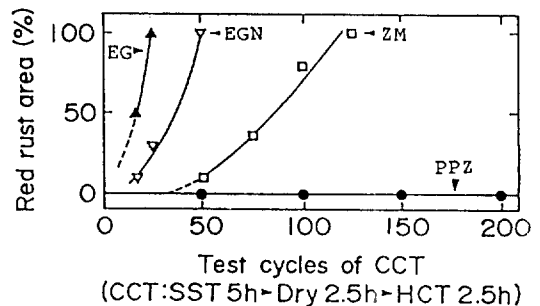


Fig. 12. Corrosion of various precoated steel sheets without painting after CCT²¹⁾

EG : Electrogalvanized steel (70 g/ m^2)

EGN : Zn-11% Ni electroplated steel (30 g/ m^2)

ZM : Zincrometal (Zin-rich painted steel, 15 μm)

PPZ : Post Post Zincrometal

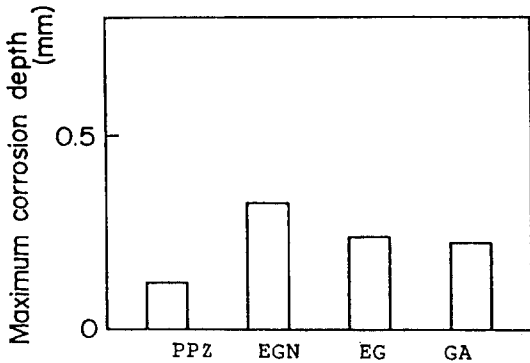


Fig. 13. Maximum corrosion depth of electropainted and "X" scribed materials after 250 cycles exposure to CCT²¹⁾

PPZ : Post post zincmetal(Dura Steel) sheet
 ENG : Zn-Ni alloy electroplated steel sheet, 20g/㎡
 EG : Electrogalvanized steel sheet, 70g/㎡
 GA : Galvannealed steel sheet, 45g/㎡
 Paint : Cationic electropainting, 20 μm
 CCT : SST 5h-Dry 2.5h-HCT 2.5h

장성을 나타낸다고 알려져 있다. 특히 운환성이 좋아 냉연강판과 동일한 성형이 가능하다고 한다.²¹⁾ BH형 냉연강판에 상기와 같은 도금 및 유기복합피복 처리한 후 차체로 사용할 때는 차공정에서 성형 및 용접을 하고 전착도장 공정에서 도장 소부시(통상 250°C) 강판의 경화가 일어나 강도를 향상시킬 수 있다.

상기 피복면이 차체 외판 내면으로 사용될 경우 가공시 접혀져서 차공정에서 도장이 되지 않아도 차체면으로 내식성이 탁월하므로 내부로부터 외부로 진행되는 관통부식(그림 6)은 상당히 방지 또는

지연시킬 수 있어(그림 13) 10년 관통방식은 달성될 수 있다고 주장하고 있다.^{11, 21)} 그러나 외판 외면에 해당되는 비피복면은 도금 부착량 증가 또는 타도금적용 또는 적절한 도장처리로 5년 외관방청을 달성해야 한다.

PPZ는 일본 제철업계와 자동차 업계에서 1985년 이후 대단한 각광을 받고 있으며 구미 각국의 일본 자동차 업계에도 그대로 적용되고 있다. 구미 각국의 우수제철소도 PPZ를 자국내 일본 자동차업계에 납품하기 위해 설비 및 기술도입에 의해 동강판을 생산하고 있다. 구미 각국의 차체 자동차 업계에도 전파 되어 대량 사용될 날이 가깝다고 예상된다. 국내 자동차 업체들도 일부 사용하고 있으며 지대한 관심을 가져 대량 수요가 예상되며('92년 2만톤, '94년 9.7만톤) 국내 제철업계도 개발 및 양산을 추진 중이다.

3. 3. 4. 차체용 Precoat 강판

가전용 Precoat 강판과 같은 개념으로 개발을 시도하거나 또는 개발중인 강판이다. Preprimed Steel과 Precoat Steel로 구별할 수 있고 차체용으로 사용하면 그림 14와 같이 차체제작시 각각 초벌도장(전착도장) 또는 도장 전체 공정을 생략할 수 있다.

제작 공정상의 문제점으로 상당히 두꺼운 도장강판을 도막 손실없이 (성형)가공 및 (접착)접합할 수 있는 방법의 개발이 포함된다. 도전성이 없으므로 특별한 보완이 없으면 용접이 불가능하다. 제작

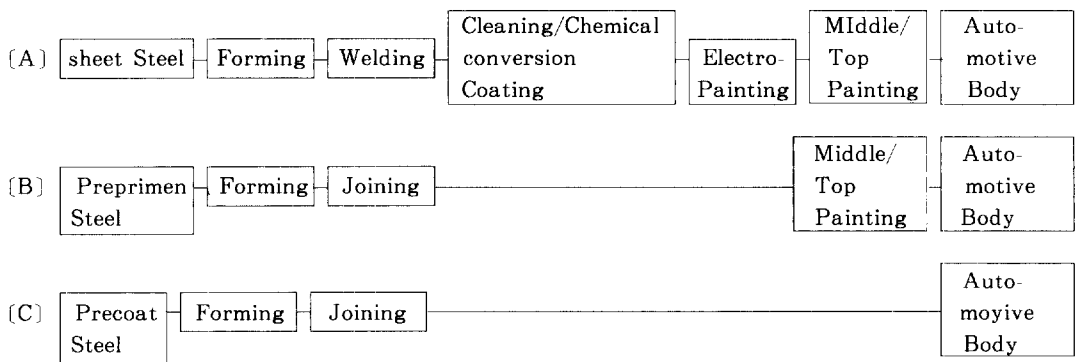


Fig. 14. Manufacturing Processes of Automotive Body using Preprimed and Precoat Steel Sheets¹¹⁾

방법 및 목표 차체 품질에 따라 최적합한 소재 및 도료와 제조공정의 개발이 필요한 차체용 강판으로 미래형 표면처리 분야의 하나이다.

4. 결 언

차체의 대기부식 요인은 염분, 산업대기 및 산성비, 수분의 용존산소, 일광이다. 차체 부식현상은 도막부풀음, 피하 양극부식, 사형부식, 음극박리, 폴리 스부식 및 접합부 관통부식으로 나타난다. 각 부식의 기구를 설명했으며 방청대책을 언급하였다. 가속부식에 의한 평가시험으로 염수 분무시험(SST), 주기적반복 부식시험(CCT) 및 옥외폭로 인위가속 모사시험(Volve test)이 있다. 후자가 가장 현실적 차체 부식에 가까웠으며 SST는 가장 가혹한 시험이다.

차체 방청 목적의 표면처리 강판으로는 주로 희생양극성의 아연에 가공성, 용접성 및 도장성을 향상시킬 목적으로 추가 또는 소지로 부터 자생케 되는 금속과 합금형태로 도금된 강판이 주종을 이루고 있다. 용융 및 전기도금으로 제조하며 양면, 편면, 편차, 이중(異種) 및 이중도금의 형태를 취한다. 도금의 유기복합피복으로 고방청화된 강판도 있다. 각 강판의 내식성 및 부수적인 성질을 조사 검토한 결과 차체의 5년 외관방청 목적으로는 다층도금(Flash 도금 또는 이중전기도금)과 10년 관통방청 목적으로는 최근의 유기복합피복(PPZ) 표면처리가 가장 유력하다. 차체 제조시 도장공정이 일부 또는 전체 생략될 수 있는 도장강판이 미래의 자동차 강판으로 예상된다. 이를 위해 도금 및 도장분야와 차체 성형가공 및 접합 분야의 재료 및 기술개발이 필요하다. 차체용 표면처리 강판은 대체 재료(복합재료, 알루미늄, 스텐레스판 등)와 기능 및 경제성에서 우위를 확보하기 위한 경쟁은 계속될 것이다.

참 고 문 헌

1. R. Baboian, "Automotive Environments", in "Automotive Corrosion by Deicing Salts", R. Baboian(Ed.), NACE, p3(1981)
2. 한국도로공사 제공자료(1991)
3. 黒川重南 外 3人, 鐵과 銅, 日本鐵鋼協會, Vol. 72, No. 8, p.111(1986)
4. W. Funke, "Blistering of Paint Films", in "Corrosion Control by Organic Coatings", H. Leidheiser, Jr.(Ed.), NACE, p97(1981)
5. M. R. Lambert, R. G. Hart and H. E. Hownsend, "Corrosion Mechanism of Zn-Ni Alloy Electrodeposited Coatings", Proc. of 2nd Automotive Corrosion Prevention Conference, SAE, p81(1983)
6. 西付一實 外 2人, 鐵과 銅, 日本鐵鋼協會, Vol. 72, No. 1, p101(1986)
7. H. H. Uhlig and R. W. Revie, "Corrosion and Corrosion Control" p.257, John Wiley & Sons, New York(1985)
8. J. J. Ritter and J. Kruger, "Studies on the Subcoating Environment of Coated Iron Using Qualitative Ellipsometric and Electrochemical Techniques", in "Corrosion Control by Organic Coatings", H. Leidheiser, Jr., (Ed.), NACE, p.28 (1981)
9. Metals Handbook, 9th Ed., Vol. 13, "Corrosion", ASM, p1012(1987)
10. 北山 實, 西山紀念技術講座, 第106, 107回, p101 (1985)
11. 鹽田俊明, 塗裝工學 Vol. 25, No. 10, p422(1990)
12. 박찬섭 외 4인, 산업과학기술연구소 보고서 0079A, p6(1990)
13. "자동차 경량화 동향", 신기술정보(포항종합제철), 제90-24호, p7(1990)
14. 조영갑, 유기준, 학술강연초록집(한국자동차 공학회), p45(1989)

15. 신경철 외 5인, 산업과학기술연구소 보고서 0190A, p4(1991)
16. 安谷屋武志, 塗裝工學, Vol. 25, No.12, p526(1990)
17. 北澤良雄, 방청管理, No, 7, p11(1987)
18. Shigeru Wakano, et. al., Proc. of GALVATECH '89, p289(1989)
19. 안덕수 외6인, 산업과학기술연구소 보고서 0098A, p6(1991)
20. 안덕수 외2인, 산업과학기술연구소, 1988년 대한민국 특허청 출원 제17930호
21. Tsutomu Watanabe, et. al., Proc. of GALVA TECH '89, p80(1989)