

## 유기피복강판의 특성 및 접합

윤종원

### Characteristics of Organic Coated Steel Strip and the Joining Technique

Jong Won Yoon

#### 1. 서론

강판에 아연도금을 하는 것은 부식분위에서 강판을 보호하는 경제적인 방법이다. 강판 스트립이 용융 아연 조나 전기 아연 도금조를 통과하여 아연도금 공정 완료된 직후에는 밝은 금속광택의 표면을 유지하지만 도금층 표면의 아연이 시간 경과에 따라 점차 대기중의 산소, 수분, 이산화탄소등과 반응하여 표면에 어두운 회색의 산화물이나 탄산염 생성물인 녹으로 변화되며, 이 견고하게 형성된 안정한 화합물 층이 아연에 부착되어 있으나 그 부착력은 강력하지 못하다. 아연도금한 강판 스트립에 유기피복재 (수지도료, 분체, 라미네이트)로 코팅을 하게 되면 강판의 내식성이 더욱 개선되고, 따라서 강판의 내구수명이 연장되며, 유기피복재에 착색을 함으로써 외관을 아름답게 만들어 줄 수 있다.

아연 도금층의 음극보호효과, 유기피복층의 장벽효과, 개선된 내마모성, 윤활 성질등이 결합하여 유기피복강판은 자동차, 가전, 건축자재 등 용도에 사용된다. 이러한 산업적 응용에 적합하게 사용될 수 있는 유기피복강판의 특성 및 접합방법에 대해 기술한다.

#### 2. 유기피복강판 제조공정

유기피복강판의 일련의 제조공정 모식도를 Fig. 1에 제시하였다. 냉간 압연된 강판 스트립이 아연도금 공정을 거친 후 아연도금층 표면을 전처리하고 유기피복후 건조 냉각을 거침으로써 생산공정이 완료된다.

##### 2.1 아연도금강판의 유기피복 전처리

강판의 아연도금 직후 도금층 표면에 직접 도포할 수 있는 유기피복재가 개발되어 사용되기도 하지만, 일반적으로는 유기피복재의 접착성능을 향상시키기 위해 아연도금 강판을 유기피복하기전에 화학적, 기계적 방법으로 처리하는 것을 전처리(pretreatment) 공정이라 한다.

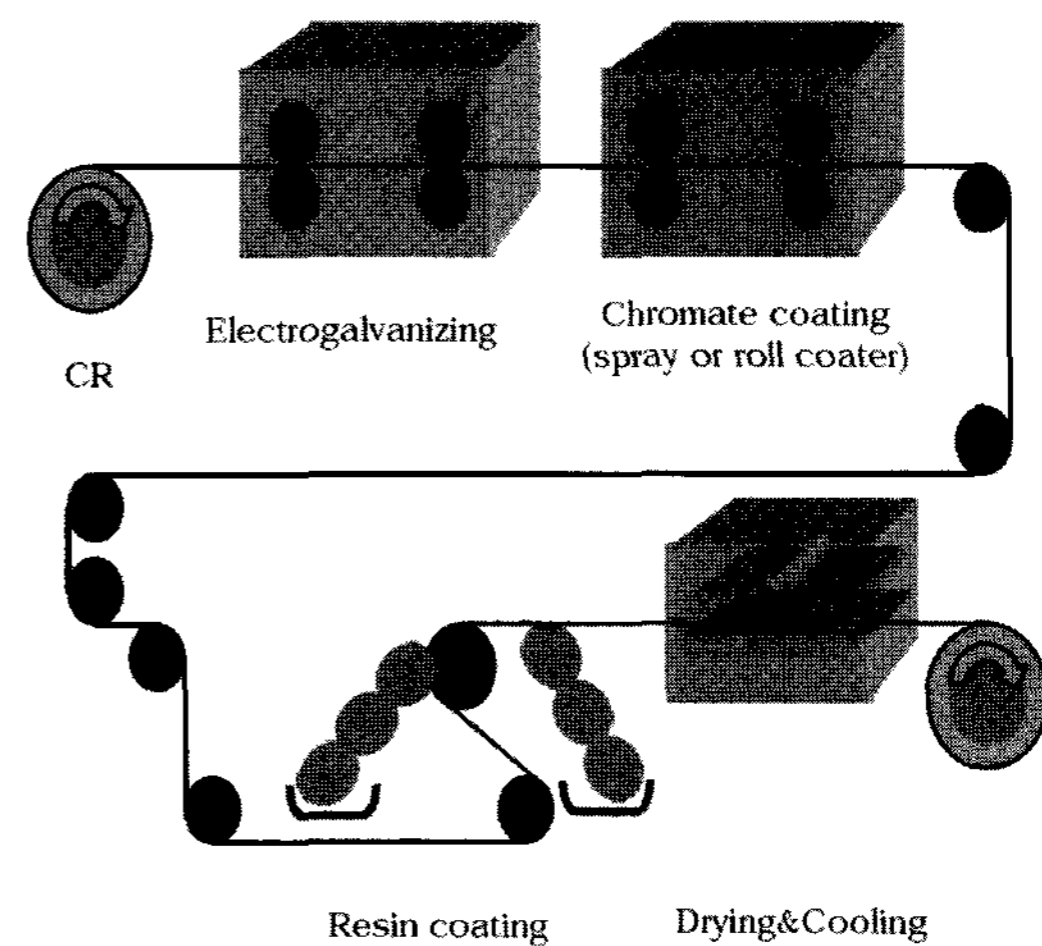


Fig. 1 Schematic of processing line for organic coating of steel strip

아연도금표면이 오염되기 전에 전처리공정을 수행하는 것이 가장 바람직하나, 아연도금강판 생산설비와 유기피복 공정설비가 유기적으로 연계되어 있지 않은 경우에는 이렇게 하는 것이 현실적으로 가능하지 않다. 전처리의 기본으로서 아연도금 강판 표면의 오일, 그리스, 먼지등 오염원을 세정, 탈지, 건조하는 것이 필수적이다. 탈지 공정과 별도로 유기피복재의 접착성 및 내식성 향상을 위한 전처리 공정이 있는데 이것으로는 phosphating (인산염 피막처리), chromating (크로메이트 피막처리)이 대표적으로 알려져 있다. 이러한 전처리 공정을 이용하여 금속표면에 특정 조성의 화학용액을 투입하여 금속표면에서 고착성이 좋은 수불용성의 반응 생성물을 만들어 이 반응생성물피막이 갖는 성질을 이용하여 방청하도, 윤활하도, 도장하도등의 용도로 이용하는 것이다.

##### 인산염피막 형성 (phosphating)

Zn(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>를 기본으로하는 인산염 용액을 사용하

여 아연도금강판 표면에  $Zn_3(PO_4)_2$ 를 주성분으로 하는 인산아연피막이 형성되도록 하는 공정으로 내식성을 위해서는 비교적 두꺼운 전처리 피막을 형성할 수 있으나 유기피복 하지(substrate) 용도로 얇은 막을 형성시켜 내식성과 아울러 유기피복재와의 접착성을 우수하게 한다.

### 크로메이팅 (chromating)

아연도금강판 스트립을 6가 및 3가 크롬 이온을 포함한 용액을 사용하여 크로메이팅 처리하면 용액과 금속표면층의 반응으로 금속표면에 크롬산이온을 포함한 부동태피막이 형성되어 우수한 방청효과와 아울러 아연도금강판 표면과 유기피복재와의 접착성을 향상시킨다. 크로메이팅은 방법에 따라 3가지로 구분하는데 첫 번째 반응형 크로메이팅은 주로 침지 또는 스프레이 방식에 의해, 두 번째 전해용 크로메이팅은 전해조에 침지시키면서 강판에 전류를 흘려주는 방식에 의해, 세 번째 도포형 크로메이팅은 용액을 공급하여 롤을 코팅하면 이 롤에 접촉하여 휘감아 도는 강판 표면으로 용액이 전사되는 방식에 의한다. 도포형 크로메이팅 방식이 환경적 측면에서 유리하며, 이 경우 크로메이팅 용액이 아연도금강판 표면으로 전사되어 이 방식으로 전처리된 아연도금강판은 건조로를 통과하여 건조 및 냉각과정을 거친 후 곧 이어 유기피복이 실시된다.

## 2.2 유기피복공정 (organic coating process)

전처리과정에서 세정되고 포스페이팅 또는 크로메이팅된 아연도금강판을 액상 유기용제를 사용하여 피복한다. 액상 유기용제 이외에 라미네이트 필름, 유기분체를 이용하여 유기피복강판을 생산하는 공정도 개발 사용되고 있으며, 이 경우 액상유기용제를 사용하여 생산된 유기피복강판과는 생산공정, 유기피복강판의 특성, 용도 등이 다른 것으로 알려져 있다.

액상 유기용제를 사용한 경우 coil coating 공정이라 불리는 방법이 대표적인 방법으로 Fig. 1에서 보듯이 롤 표면에 유기용액이 연속적으로 공급되며 아연도금강판이 롤에 감겨 이송되면서 유기용액이 롤 표면으로부터 아연도금강판 표면으로 전이되고 이후 고온상태로 유지되는 오븐을 통과하면서 가열 건조되면 접착이 완료된다. 이것을 냉각시킨 후 한쪽 면에 backing coating, 반대쪽 면에 top coating하고 최종 코팅된 코일을 오븐에 통과시키며 마지막 단계에서 embossing하기도 한다. PVC 피복강판, PVF 피복강판, Silicon-Polyester 피복강판은 건축자재용으로 사용되며, 전기아연도금층 위에 Polyester를 피복한 강판은 가전제품 외장용으로 사용된다. 특히 가전제품 외장용 유기피복강판은 고광

택, 내오염성등이 충족되어야 한다. 자동차 차체에 사용되는 유기피복강판은 용융아연도금 또는 전기아연도금 강판에 수 마이크론 정도 두께로 유기피복한 것으로 다른 용도의 유기피복에 비해 코팅층이 얇다. 이것은 자동차 생산 공정 중 도장공정을 위한 베이스 코팅층으로 사용되기 때문이다. 자동차 산업에서 사용되는 유기피복강판에 요구되는 성질은 내식성이 좋아야 하며 프레스성형시 금형과의 접촉, 충격등에 의해 유기피복표면의 손상이 일어나지 않아야 한다. 이러한 요구가 충족된 유기피복강판은 마찰계수가 적어 성형시 금형 내에서의 소성유동이 아연도금강판에 비해 자유로우며 따라서 스탬핑한 유기피복강판 성형품에서 주름, 균열발생이 감소하며 아연도금강판의 성형과 달리 금형과의 마찰에 의한 도금층 부스러기 발생, 또는 파우더링이 일어나지 않는다. Fig. 2에서 보듯이 이러한 유기피복강판의 내식성은 도금강판에 비해 우수한 것으로 알려져 있다.

## 3. 유기피복강판의 접합방법

완성된 자동차 차체를 전착조에서 전착 도장할 때 차체구조가 복잡한 때문에 부위별로 인가되는 전류량이 다르게 되어 헤밍 부위와 같이 강판이 여러 겹 겹친 부위에서는 전착 도장이 효과적으로 수행되지 않는 경우가 있다. 따라서 전착도장이 효과적으로 시행되지 않는 이러한 부위에 아연도금강판이나 유기피복강판을 채용하여 차체 내식성을 보완하게 된다. 유기피복강판을 실제 생산 공정에서 적절하게 적용하기 위해서는 용접, 접합방법을 적절하게 확보하여야 한다

유기피복강판을 사용한 구조물 생산 시 주요 조립 방법으로서 용접, 기계적인 체결 또는 접착제를 사용한 접합 등이 있다.

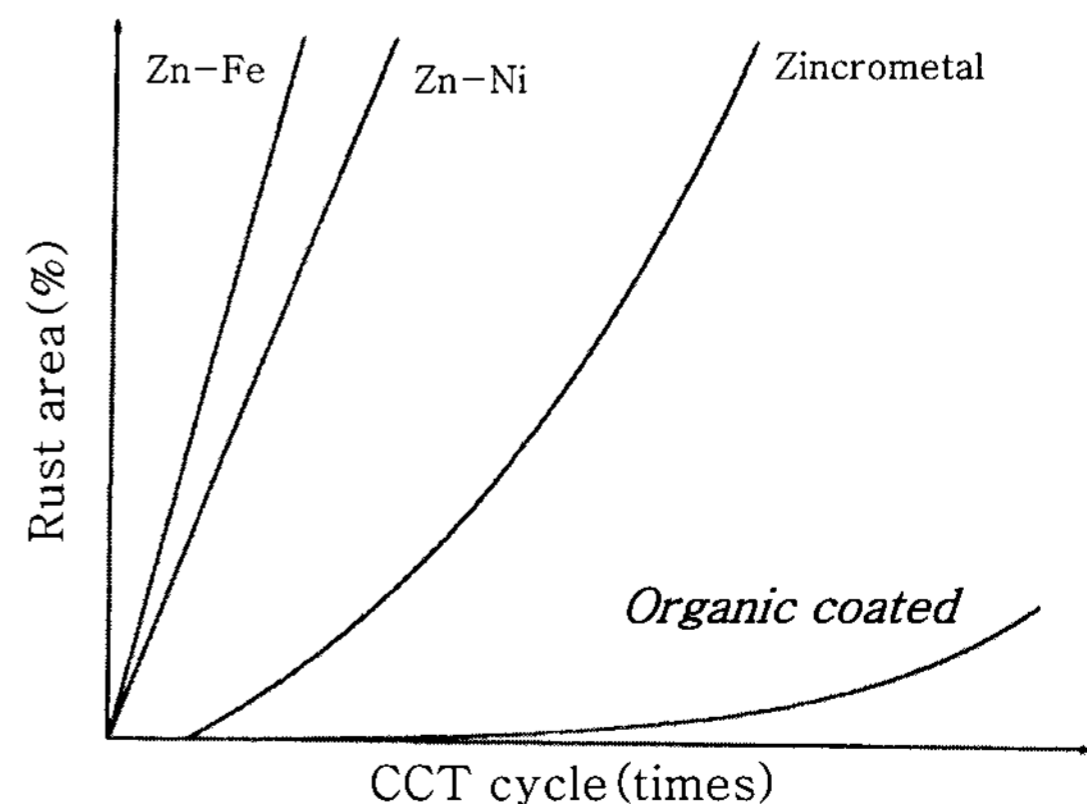


Fig. 2 Comparison of corrosion resistance for various coatings

### 3.1 유기피복강판의 용접

용접 가능한 유기피복강판 (weldable organic coated steel sheet)은 전기아연도금강판에 coil coating 공정을 이용하여 생산된다. 이 강판 단면은 Fig. 3과 같다. 전처리된 아연도금강판에 아연 입자가 혼합된 epoxy 수지로 구성된 2-4 마이크론 두께의 유기피복층을 coil coating 공정으로 입히게 된다. 또한 아연도금강판에 전도성의 철합금 입자를 포함한 polyester 프라이머를 사용하여 13마이크론 두께의 유기피복을 한 강판을 사용하는 경우 자동차 차체 전착도장 (electro deposition painting) 공정 중 초기공정인 하도 공정(primer)을 생략할 수 있다.

이러한 용접 가능한, 피복층 두께가 얇은 유기피복강판은 전기저항점용접, 스팀용접, 프로젝션용접, 레이저 용접등의 용접 공정을 사용할 수 있다.

전도성금속입자가 혼합된 유기피복재로 얇게 피복된 강판의 점용접시 아연도금강판의 점용접에 비해 전류범위가 증가한다. 프로젝션용접, 스팀용접은 유기피복강판 반대편에 브래킷이나 부착물, 또는 스팀, 볼트, 너트 등을 고정할 때 사용되어 진다. 이 경우 피복층의 손상을 최소화하기 위해 용접시간을 극히 짧게 해야 한다.

### 3.2 유기피복강판의 기계적 체결

유기코팅강판의 접합을 위해 다양한 기계적 체결방법이 개발 되었다. 이들 방법 중 self-piercing rivet, self-clinching (Fig. 4) self-tapping screw 방식 등이 사용될 수 있다.

이들 방식은 사전에 드릴을 하지 않기 때문에 피복층의 손상 가능성이 없다. 특히 주목할 유기피복강판 접합방법으로서 self-piercing rivet 방법과 press bonding 방법 (Fig. 5)이다. 도금하지 않은 연강판 (0.7mm, 1.0mm 두께)의 self-piercing rivet 접합

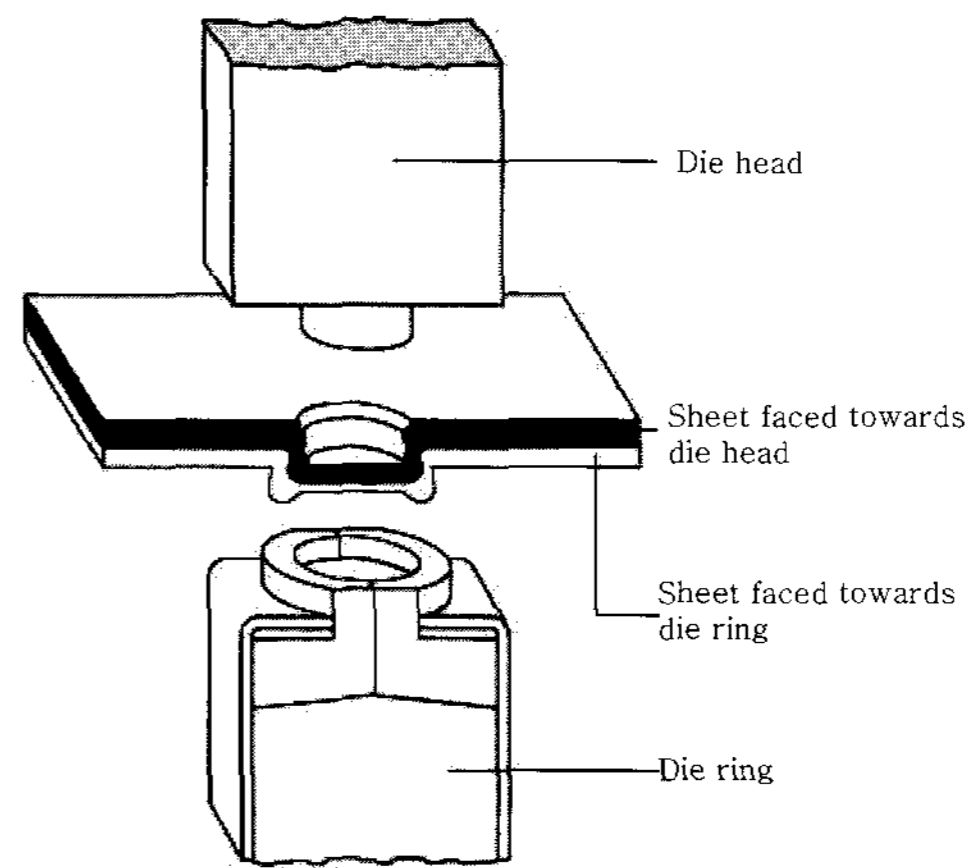


Fig. 4 Clinching process

부의 강도가 각각 2.5kN, 3.0kN 인데, 0.8mm 두께의 PVC 유기피복강판과 폴리에스터 유기피복강판의 접합강도는 각각 2.5kN, 3.0kN 으로 도금하지 않은 연강판 접합부 강도와 유사하다. self-piercing rivet 접합 장치는 유압설계에 의해 두 단계로 작동하는데 수동 장치와 자동화 장치가 모두 생산 공급되고 있다. 자동리벳공급장치를 가진 경우 공정 사이클당 소요 시간은 3~5초 이다. 따라서 높은 강도의 접합이 요구되는 경우 self-piercing rivet접합이나 press bonding 접합을 사용한다. press bonding 접합기술은 도금강판과 유기코팅강판에 상당히 유용하다. 이 공정의 목적은 접합공정을 단순화 하고 접합부 검사를 접합부의 단순화된 검사를 통해서 접합부의 신뢰성을 확보 하고자 함이다. Fig. 5에서 보듯이 press bonding 공정은 절단과 upsetting 단계로 이루어져 있다. punch가 겹쳐있는 강판 반대쪽에 위치해 있는 die를 향해 하강하면 접합시킬 판재의 일부가 die위에서 절단되고 절단된 부위가 압착된다. 두 번째 단계에서 판재 중에 절단된 부위가 punch와 die사이에 놓여져 upset 된다. 이때 punch의 경사진 부위에 의해서 더욱 전단되어 압착부위가 늘어나게 된다. press bonding 접합부의 강도는 강판의

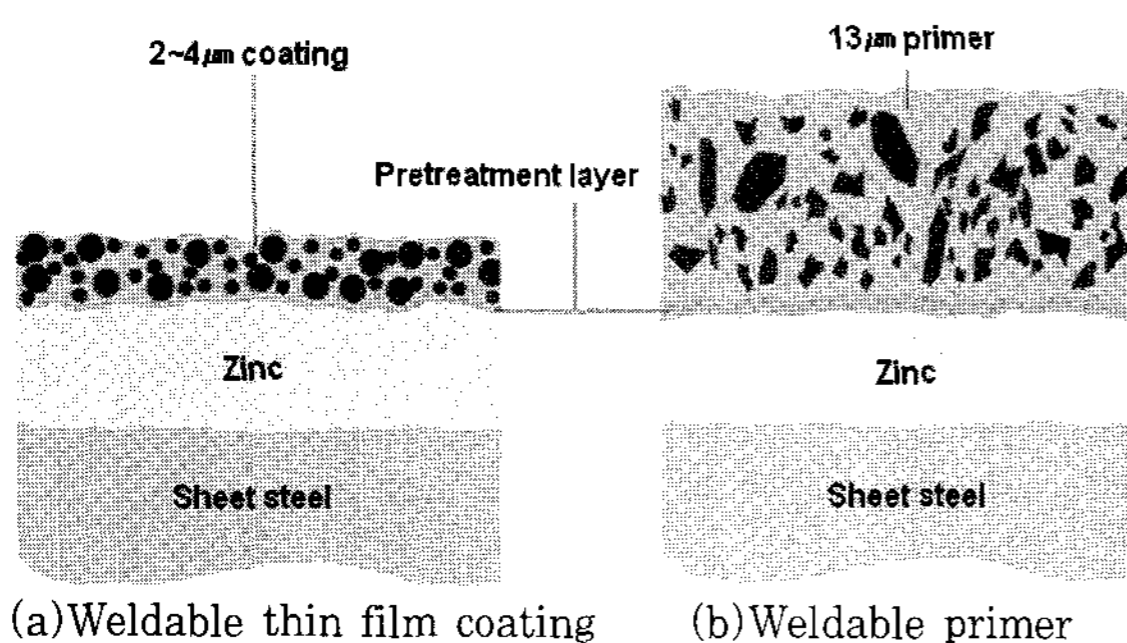


Fig. 3 Weldable thin film and weldable primer

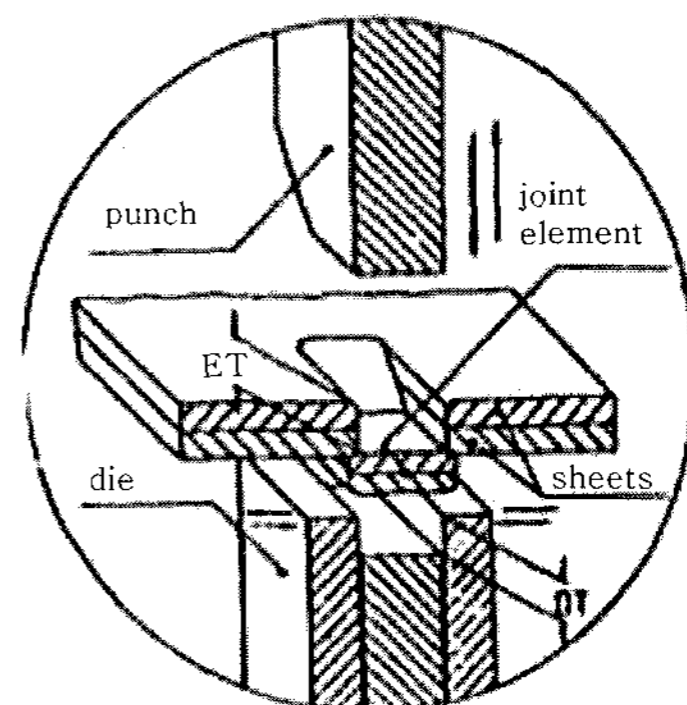


Fig. 5 Lap joint press bonding

**Table 1** Optimum adhesive selection and strength for a variety of organic coated steels

Coating type	Shear-Adhesive type	ShearStrength (N/mm <sup>2</sup> )	Peel-Adhesive type	T-Peel force (N/mm of width)
Epoxy - Phenolic	Epoxy	28.6	Epoxy	4.4
Plastisol	Acrylic	12.1	Cyanoacrylate	15.0
High gloss polyester	Epoxy	10.9	Cyanoacrylate	9.0
Midnight blue Stelvetite	Acrylic	15.1	Polyurethane	>11.0
Wood finish acrylic	Epoxy	15.9	Epoxy	2.5
Wood grain Stevetite	Acrylic	16.2	Polyurethane	13.7
Epoxy - Phenolic backing coat	Epoxy	27.3	-	-
Alkyd backing coat	Acrylic	11.1	Polyurethane	6.5
Epoxy backing coat	Epoxy	18.8	Polyurethane	12.6
Polyester backing coat	Epoxy	14.4	Polyurethane	7.9

강도와 강판두께에 달려 있는데 0.6 및 1.2mm 두께의 판재의 경우 각각 1kN, 3kN으로 알려져 있다. 가해진 하중 방향에 수직인 방향으로 이음부에 하중을 가하면 강도가 향상되는 것으로 알려져 있다.

### 3.3 접착제를 사용한 유기피복강판의 접합

유기코팅강판접합을 위해 다양한 접착제가 개발되었는데 acrylics, epoxides, polyurethanes, cyanoacrylates, hot metal adhesives 등이 있다. 적절한 접착제 선정은 전단강도를 갖게되는 경과시간, 접착제의 수명 등을 고려하여야 한다. 접착제 접합부의 최대강도는 접착제 종류와 접합되는 피복층의 종류에 의존한다. 높은 강도의 접합부는 에폭시와 에폭시페놀코팅의 경우 고강도 접합부가 만들어 질 수 있으며 에폭시 접착제를 사용하여 접합한 경우 PVC 피복층에는 아크릴계 접착제가 어울리며 일체화된 접합부가 만들어 질 수 있다. 고체 라미네이트 피복층의 경우 폴리우레탄접착제가 적합하다.

Table 1에 유기피복강판의 피복 종류에 따른 적합한 접착제와 접착강도를 제시하였다.

## 4. 맺 음 말

유기피복강판의 산업적 적용 범위가 확대되고, 새로운 고기능 유기피복강판의 개발이 진행됨에 따라 적합한 용접, 접합방법의 연구개발이 제고되어야 한다. 이 분야의 연구개발에 새로운 관심이 요구되고 있다.

## 참 고 문 헌

1. N T Williams et al. : Adv Mat Tech Int, (1991), 148
2. C S Park et al. : Ploymer Sci and Tech, **12-5** (2001), 660
3. K Woods et al.: Metal Finishing, **77** (1979), 24
4. H Krause-Heringer : Sheet metal Industries **56** (1979), 898



- 윤종원 (尹鍾元)
- 1959년생
- 동의대학교 신소재공학과
- 경량재료, Ti합금, Ni기 초합금의 전자빔가공/레이저용접
- e-mail : jwyoan@deu.ac.kr