접착 및 계면 제10권 제4호, 2009년
〈연구논문(Original Article)〉
Journal of Adhesion and Interface
Vol.10, No.4, 2009

자동차용 Pre-primed 적용을 위한 Polyester 및 Polyvinylidene Fluoride 도료의 경화거동과 인장강도 특성

황현득 · 문제익 · 이용주 · 김현중† · 현진호[1] · 노승만[2] · 강충열[2] · 이재우[2] · 남준현[2] · 박종명[3]

서울대학교 환경재료과학전공 바이오복합재료 및 접착과학 연구실, 농업생명과학연구원,
[1]서울대학교 바이오시스템소재학부, 농업생명과학연구원, [2]PPG Industries Korea, 자동차기술연구소,
[3]포항공대 철강대학원 표면공학연구실

(2009년 9월 21일 접수, 2009년 12월 15일 수정, 2009년 12월 15일 채택)

Curing Behavior and Tensile Strength of Elastomeric Polyester and Polyvinylidene Fluoride for Automotive Pre-primed Coatings

Hyeon-Deuk Hwang, Je-Ik Moon, Yong-Ju Lee, Hyun-Joong Kim†, Jin-Ho Hyun[1], Seung Man Noh[2], Choong Yeol Kang[2], Jae-Woo Lee[2], Joon Hyun Nam[2], and Jong Myung Park[3]

Lab. of Adhesion and Bio-Composites, Program in Environmental Materials Science,
[1]Nano & Biosurface laboratory,
Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea
[2]PPG Industries Inc., Cheonan 330-912, Korea
[3]Surface Engineering Lab, Graduate Institute of Ferrous Technology,
Pohang University of Science and Technology, Pohang 790-784, Korea

(Received September 21, 2009; Revised December 15, 2009; Accepted December 15, 2009)

요 약: 최근 자동차용 도료의 가장 큰 관심 중에 한 가지는 도장공정을 줄여 생산성 및 환경친화성을 높이는 “compact coating process”이다. 그 중에서 pre-primed 도료는 기존의 전착도료와 primer 도료를 대체하는 도료로서 각광받고 있는 기술이다. 용접이 가능한 weldable pre-primed 도료에서 가장 중요한 물성은 유연성, 내식성, 용접성 등이다. 본 연구에서는 부착성과 유연성이 우수한 polyester resin, 이를 개량하여 유연성을 극대화한 elastomeric polyester resin을 합성하였고, 내구성과 물리적 성질이 우수한 polyvinyliedene fluoride resin을 합성한 후 경화거동 및 인장물성 등을 평가하였다. elastomeric polyester resin을 사용한 도료시스템이 유연성 및 부착성 측면을 고려했을 때, pre-primed 도료시스템에 적용하기에 가장 적합하였다.

Abstract: The most upcoming technical issue of automotive coating is the compact coating process. Pre-primed coating is the outstanding technology eliminating electro-deposition and primer coating process. The main properties of pre-primed coating for automotive are flexibility, corrosion resistance, and weldability. Therefore, we synthesized the conventional polyester, elastomeric polyester and polyvinylidene fluoride resins and evaluated their properties to use as weldable pre-primed automotive coatings. As the results of flexibility and curing behavior, the elastomeric polyester coating was most appropriate to use for the pre-primed automotive coatings.

Keywords: *pre-primed coating, polyester, polyvinylidene fluoride, flexibility, curing behavior, automotive coatings*

1. 서 론

최근 자동차용 도료에서 가장 관심을 받고 있는 기술은 더 낮은 생산비용으로 보다 나은 성능을 지니면서도 환경친화성이 우수한 도료를 생산하는 기술이라 할 수 있다. 자동차용 도료의 경우 매우 엄격한 수준의 외관 특성 및 내구성이 요구되는 도료로써 이를 만족하기 위하여 여러 단계의 도장공정을 거쳐야 하

†Corresponding author: hjokim@snu.ac.kr

며, 각 공정에서 부여되는 특성들이 종합되어 자동차용 도막으로써 최종 물성이 결정된다[1-3].

일반적인 자동차 도장공정은 먼저, 아연도금강판(galvanized steel ; GI), 합금화 아연도금강판(galvannealed steel ; GA), 전기아연도금강판(electrolytic galvanized iron ; EGI) 등을 절단 및 가공, 용접과 조립공정을 거쳐 자동차 차체(car body)를 만든 후, 인산염 전처리공정(pretreatment)을 거쳐 전착도장(E-coat) → 중도(primer) → 상도베이스코트(base coat) → 상도클리어코트(clear coat)의 복잡한 연속공정을 통하여 최종 도막을 구현하게 된다. 이러한 공정은 각 공정을 위한 단계별 대형 도장공장과 다양한 설비 및 인력 등이 반드시 갖추어져야만 하는 전형적인 비친환경적인 노동집약형 공정으로 자동차 생산 공정에서 가장 느리면서도 효율이 떨어지는 공정으로 지적되고 있다[4-6].

이러한 제조공정상의 문제점을 극복하고 생산효율을 극대화하며, 환경문제에도 적극적으로 대응하기 위하여 자동차 제조업체에서는 여러 단계의 도장공정을 줄이고 개선하는 “compact coating process”의 기술 개발을 진행하고 있다. 이러한 기술 중 최근에 roll coating process를 접목한 도장공정 기술이 크게 각광을 받고 있다[7-10].

Roll coating process는 도료가 우선적으로 metal sheet에 도장되는 시스템으로 그 도장된 metal sheet은 나중에 필요에 따라서 절단 및 성형, 조립과정을 거쳐 각종 제품으로 완성되게 된다. 가공 전에 미리 도장된 metal sheet이라는 뜻에서 pre-coated metal (PCM)이라 부르며 이러한 용도로 사용되는 도료를 PCM용 도료라 부른다. 이와 같이 metal sheet을 가공 전에 미리 도장함으로써 내식성 및 가공성, 기타 물성 등을 동시에 부여하는 도장시스템이 산업 전반에 유용하게 적용되고 있다[11,12].

이러한 pre-coated 도장시스템은 roll coating process를 적용하여 미리 도장된 metal sheet을 절단 및 가공한 후 자동차 차체와 모듈 형태로 만든 다음 후속 도장되는 최첨단 자동차 도장기술로서 실제 자동차 생산공정에 적용이 시도되고 있다. 이와 관련된 기술로써 우선적으로 자동차 hem flanges 영역의 내식성을 높여주기 위한 pre-sealed 도장시스템이 현재 독일 Mercedez 사의 전 차종에 적용 중에 있으며 기존의 전처리 공정을 생략할 수 있는 유용한 기술로 평가받고 있다. Roll coating process에 의한 도장기술의 진일보는 비친환경적인 자동차 도장공정에서 필수적인 전착공정과 중도공정을 동시에 생략할 수 있는 pre-primed 도장시스템의 개발을 유도하였으며, 일부 선진 도료업체 및 강판 제조사에서 이에 대한 기초 및 상업화 연구가 진행되어 상용화를 앞두고 있다[6-10].

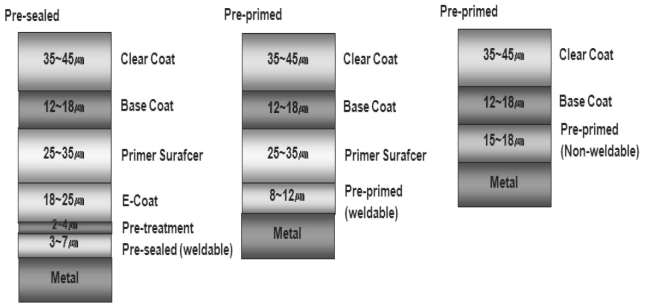


Figure 1. Comparison of the pre-sealed, weldable pre-primed and non-weldable pre-primed coating.

이러한 pre-primed 도장시스템은 Figure 1과 같이 용접성을 기준으로 두 가지 형태로 나뉜다. 이 중 weldable pre-primed 도장시스템은 미리 제조된 roll metal sheet 위에 상대적으로 박막의 pre-primed system을 roll coating process로 도장한 후 자동차 제조사에 공급하여 절단 및 조립되는 과정을 거쳐 전착공정 없이 바로 중도도료가 도장되고 이후의 도장공정이 진행되는 시스템을 말한다. 반면에 non-weldable pre-primed 도장시스템은 상대적으로 후막의 도막두께를 적용함으로써 전착공정과 함께 중도공정까지 모두 생략할 수 있으며, 후속공정으로 단지 베이스코트와 클리어코트 공정만을 진행함으로써 자동차 외관을 완성할 수 있는 시스템을 말한다. 이러한 roll coating process는 자동차 도장공정에서 기존의 비친환경적인 습식침적공정에 의하여 도장되는 전착공정과 용제가 비산되는 중도 정전도장시스템을 한꺼번에 생략할 수 최첨단의 도장공정 시스템이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 용접이 가능한 자동차용 weldable pre-primed 도료시스템에 적용하기 위하여 부착성과 유연성이 우수한 polyester resin 및 이를 개량하여 유연성을 극대화한 elastomeric polyester resin을 합성하였고, 내구성과 물리적 성질이 우수한 polyvinyliedene fluoride resin을 합성한 후 경화거동 및 인장물성 등을 평가하였다. 또한 부착성 및 표면경도 등을 평가함으로써 자동차용 pre-primed 도료 적용에 가장 적합한 resin 및 도료시스템을 확인하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

Pre-primed 도료에 적용하기 위한 resin은 pre-primed 도료시스템에서 가장 중요한 물성으로 요구되는 강판과의 부착성능 및 내후성, 가공성 등을 향상시키기 위한 방향으로 설계하여 합성하였다. 이러한 물성들을 만족하기 위하여 3종류의 resin을 선택하였는데, 우선

Table 1. Solid contents, acid value, OH value, and molecular weight of three synthesized resins

Sample	Solid contents (wt%)	Acid value (mgKOH/g)	OH value (mgKOH/g)	M_n	M_w	MWD
C-PE resin	65	5.6	31	3,300	10,000	3.04
PVDF resin	55	3.5	28	6,100	38,900	6.35
E-PE resin	50	2.6	20	6,500	40,400	6.16

기존의 PCM용 도료로 가장 많이 적용되고 있는 polyester resin (conventional polyester ; C-PE)을 pre-primed 도료시스템에 맞도록 물성을 개선한 수지를 설계하여 합성하였다[13-15]. 또한 "선도장 및 후가공" 시스템에서 가장 중요한 도막의 유연성을 향상시키기 위하여 elastomeric polyester (E-PE) 형태의 수지를 설계 합성하였으며, 마지막으로 내식성과 내구성 등의 물성을 향상시키기 위하여 polyvinylidene fluoride (PVDF) 수지를 설계 합성하였다. Table 1은 합성된 3가지 resin의 기본적인 물성을 나타낸 것이다. 수평균 분자량(number average molecular weight ; M_n)과 중량평균 분자량(weight average molecular weight ; M_w) 및 분자량 분포(M_w/M_n, molecular weight distribution)는 gel permeation chromatography (Waters 510, Waters 410 RID, Waters, USA)를 이용하여 측정하였다. E-PE 수지의 경우 C-PE 수지에 비하여 유연성을 높이는 대신에 분자량을 증가시켜 물성을 보완하고자 하였으며, 분자량 확인 결과 이러한 설계대로 합성된 것을 확인하였다.

2.2. 도장 및 열경화 조건

Table 2는 합성한 3종류의 main binder에 대한 도료 적용 성능 및 그 도막물성 평가를 위하여 구성한 도료 배합을 나타낸 것이다. 도막물성 평가를 위해 사용된 기재는 POSCO C&C에서 생산한 0.8 mm 두께의 아연도금강판(galvanized steel ; GI)과 합금화 아연도금강판(galvannealed steel ; GA) 및 냉연강판(cold roll steel ; CR)을 각각 사용하였다. 표면경도와 부착력을 측정하기 위한 시편의 도장 방법은 bar-coater (#12, wet thickness : 27.4 μm)를 이용하였으며, Table 3과 같은 경화조건으로 자동배출오븐(Automatic Ejecting Oven; TSA-103, (주)태성엔지니어링)을 이용하여 경화시켰다.

2.3. 경화거동

C-PE, PVDF, E-PE 도료의 열경화 특성을 확인하고자 강체진자형 물성측정기(rigid-body pendulum type physical property tester, RPT 3000W, A&D, Japan)를 이용하여 열경화 거동을 측정하였다. 강체진자형 물성측정기 전용 applicator (PCT-040, wet thickness : 40 μm)를 사용하여 도장하였으며, 열경화 조건은 30°C에서 200°C까지 10°C/min의 속도로 승온시킨 후 200°C에서 등온상태를 유지하면서 period의 변화를 관찰하였다.

Table 2. Coating formulations of the three different coating systems (units in wt%)

No.	Name of Materials		Contents		
			C-PE coating	PVDF coating	E-PE coating
1	Polyester resin	Conventional type	38.0		
		Elastomeric type			28.0
2	Polyvinylidene fluoride resin			28.0	
3	Polymethylacrylate		11.00	11.00	11.00
4	Kocosol #150		2.00	2.00	2.00
5	Xylene		3.00	3.00	3.00
6	Urethane hardener		0.90	0.90	0.90
7	Melamine I		2.20	2.20	2.20
8	Melamine II		1.30	3.30	3.30
9	Anticol yellow tint paste	Type I	20.0		
		Type II			20.0
10	Anticol tint paste			20.0	
11	TiO_2 tint paste		14.0	20.0	
					20.0
12	Catalyst		0.17	0.20	0.20
13	Acrylic resin		0.60	0.60	0.60
14	Epoxy resin		4.00		
15	Phosphate epoxy solution			4.00	4.00
16	Kocosol #150		3.33	4.80	4.80
	Total		100.00	100.00	100.00

2.4. 인장강도

인장강도를 평가하기 위하여 각각의 도료를 이형지(releasing paper)에 도장한 후 경화시켜 유리도막(free film)을 만들고, ASTM D-1822를 응용하여 두께 100±5 μm의 dumbbell 모양의 인장강도 시험시편을 만든 후 인장강도 측정기의 일종인 Texture Analyzer (TA-XTi,

Table 3. Curing conditions of each coating in the auto ejecting oven

Sample	Size (cm)	Curing temperature (℃)	Time (sec)	Inverter	Remark
C-PE coating	20×15	300	30	24	Substrate: GI Line speed : 60 mpm Line length : 30 m
PVDF coating	20×15	300	30	26	
E-PE coating	20×15	300	30	24	

Texture Technologies Co., UK)를 이용하여 각 경화 도막별 인장강도를 측정하였다[22]. 평가속도는 0.2 mm/sec로 하였으며, 0.98 N의 힘으로 인장시키면서 인장강도 및 신장률을 비교 평가하였다.

2.5. 표면경도

CR 및 GI, GA 3종류의 강판 기재의 표면경도 및 각각의 기재 위에 도장된 pre-primed 도료의 표면경도를 측정하기 위하여 진자경도계(pendulum hardness tester, Ref. 707PK, Sheen Instruments Ltd.)를 사용하였으며 König method (ASTM D 4366)에 따라 23 ± 1°C, R.H. 50 ± 2% 조건에서 측정하였다.

2.6. 부착력

기재와의 부착력은 신장률과 더불어서 pre-primed 도장시스템의 가공성을 결정하는 매우 중요한 요소이다. Pre-primed 도료의 부착성능을 평가하기 위하여 pull-off adhesion tester (Elcometer 108 Hydraulic Adhesion Testers, Elcometer)를 이용하여 3종류의 기재에 (CR, GA, GI) 각각 도장한 pre-primed 도료시스템 도막의 부착력을 비교 평가하였다.

2.7. 접촉각

부착력에 미치는 영향인자를 확인하기 위하여 사용된 3가지 기재(CR, GA, GI)와 CR 기재 위에 도장되어 경화된 4가지 도료시스템(E-coat, C-PE, PVDF, E-PE)의 접촉각을 측정하였다. 각각의 기재 및 도막 표면 위에 sessile drop 방법으로 물을 떨어뜨린 후 접촉각 측정기(SEO 300A, Surface & Electro-Optics Corp.)를 이용하여 23 ± 1°C, R.H. 50 ± 2% 조건에서 접촉각을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 경화거동

Figure 2는 C-PE, PVDF, E-PE 도료시스템의 열경화

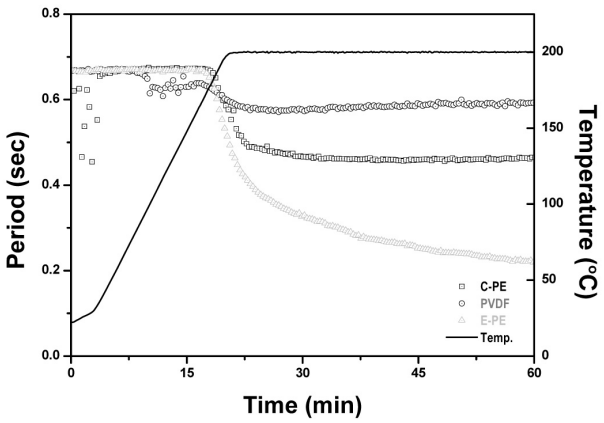


Figure 2. Thermal curing behaviors of the conventional polyester, polyvinylidene fluoride and elastomeric polyester coating.

특성을 확인하고자 강체진자형 물성측정기를 이용하여 열경화 거동을 측정한 결과이다. 강체진자형 물성측정기(rigid-body pendulum type physical property tester ; RPT)는 -100～400°C의 온도영역에서 고분자 재료의 열경화 거동과 물리적 특성을 평가할 수 있는 장비이다. 강체진자형 물성측정기를 이용하여 측정되는 고분자의 물리적 특성 중 period는 고분자 물질의 가교밀도와 유사한 화학적 결합이나, 고분자 엉킴(entanglement) 등과 같은 물리적 결합에 영향을 받는 요소로서 이를 추적하면 액상도료가 고체도막으로 경화되어가는 과정을 쉽게 예측할 수는 장점을 가지고 있다[16,17]. 액상인 도료가 경화되어 갈수록 진자의 자유운동을 감소시켜 period는 점차적으로 감소되며, period가 다시 일정해지면 경화반응이 종료된 것이라 할 수 있다. 또한 경화 전후의 period의 차이는 경화 반응이 진행된 정도로 판단할 수 있다.

PVDF 도료시스템의 경우, 승온상태인 약 100°C에서 1단계 경화반응이 일어나고, 170°C 부근에서 2단계 화반응이 진행되는 것을 확인할 수 있으며 약 20 min 후에 경화반응이 종료되는 것을 확인하였다. C-PE 도료의 경우에는 약 190°C에서 경화반응이 시작되었고, 반응이 시작된 후 경화반응이 빠르게 진행되어 약 30 min 후에 경화반응이 종료되었다. E-PE 도료의 경우, 반응의 시작점은 C-PE 도료와 유사하였으나 시간이 경과할수록 반응이 계속 진행되어 60 min 후에도 일부 반응이 진행되고 있음을 확인하였다. 또한 경화 전후 period 높이의 차이는 가교밀도나 엉킴의 정도와 관련이 있는 매우 유용한 인자로써, 이를 적용하면 PVDF 도료의 경우 경화 반응이나 가교밀도는 가장 낮은 것으로 확인되었으며 그 다음으로는 C-PE 도료

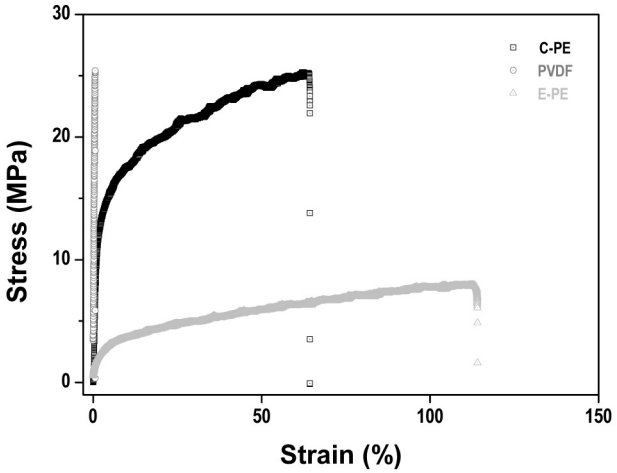


Figure 3. Strain-stress curve of each cured coating film.

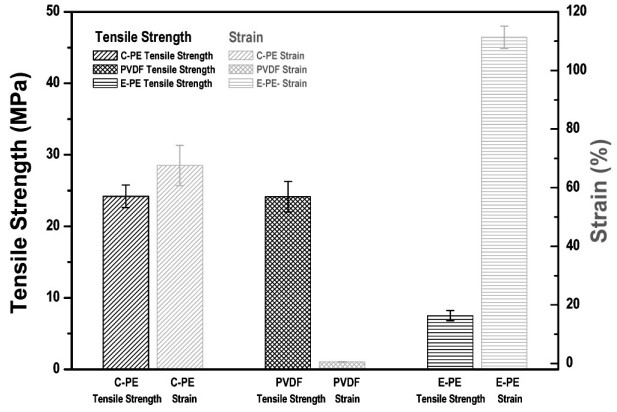


Figure 4. Tensile strength and strain of each cured coating film.

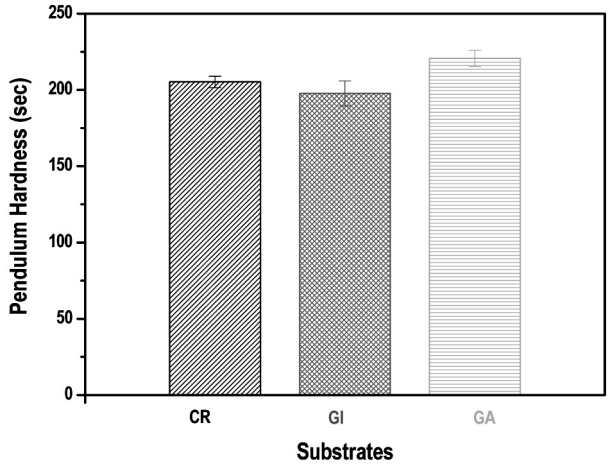


Figure 5. Pendulum hardness of the three different substrates (CR, GI, GA).

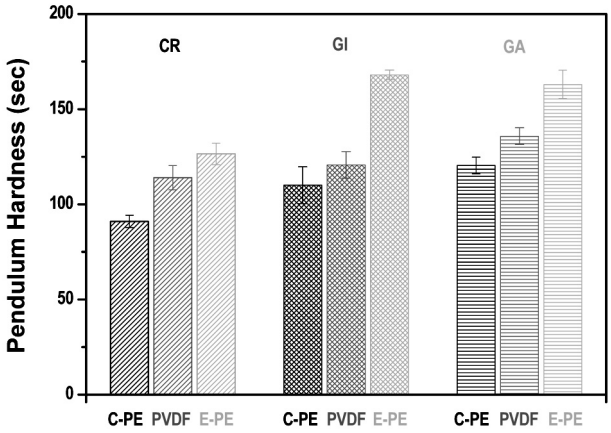


Figure 6. Pendulum hardness of the cured pre-primed coatings on the different substrates.

가 가교밀도가 높게 확인되었다. 반면에 E-PE 도료의 경우에는 지속적인 반응에 의하여 가교밀도가 시간에 따라 계속적으로 증가하는 것을 알 수 있었다.

3.2. 인장강도

Figure 3의 응력-변형 곡선(stress-strain curve)을 비교하면, 각 시스템의 유연성을 명확히 알 수 있다. 경화된 C-PE 도막의 경우, 인장강도 최대값이 약 24 MPa으로 PVDF 도막과 거의 같은 수준으로 확인되었으나 C-PE 도막의 경우에는 신장률이 약 67%로 0.6%인 PVDF 도막에 비하여 매우 큰 것을 알 수 있었다. PVDF 도막의 경우, 신장률이 채 1%도 되지 않아 매우 brittle한 도막을 형성하기 때문에 pre-primed 도장시스템에 적용하기는 어려울 것으로 판단되었다. 반면에 유연성을 극대화한 E-PE 도막의 경우에는 최대 인장강도가 약 7.5 MPa로 감소하였으나 신장률은 약 110%로 매우 향상되었음을 확인할 수 있었다. 신장률이 가장 우수한 E-PE가 유연성 측면으로 봤을 때 pre-primed 도료 시스템에 가장 적합한 것으로 나타났다[18-20].

3.3. 표면경도

Figure 5는 사용된 3가지 기재의 표면경도를 나타낸 것으로, 측정된 진자경도의 값이 모두 200 sec 이상으로 매우 높은 표면경도를 나타내었다. 그 중에서 GA 강판이 다소 높게 측정되었으나 기재의 종류에 관계없이 거의 비슷한 값으로 측정되었다[21]. 표면경도 측정결과 일반적으로 기계적 강도가 우수한 PVDF 도막의 표면경도가 C-PE 도막에 비하여 높은 값으로 측정되었다(Figure 6). 그러나 표면경도 값이 가장 낮을 것으로 기대되었던 E-PE 도막의 표면경도는 가장 높게 측정되었다. E-PE 도막의 경우, 인장강도 측정 등의 결과에서 가장 유연성이 있는 도막을 형성하는 것으로 확인되었으나 표면경도는 오히려 가장 높은 것으로 나타났다. 이러한 원인은 강체진자형 물성측정기

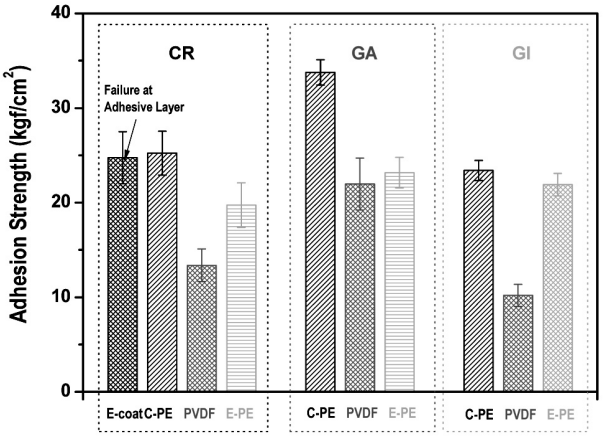


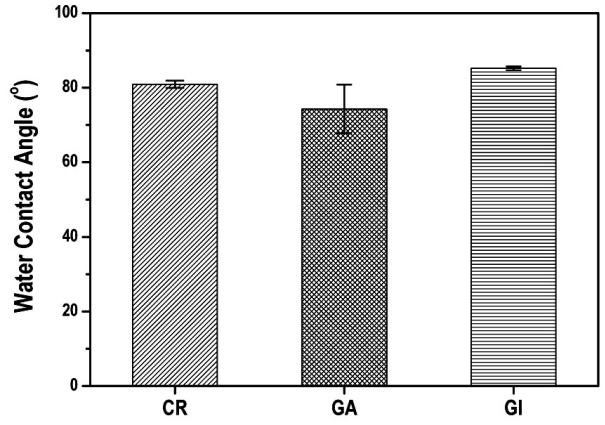
Figure 7. Pull-off adhesion strength of the cured pre-primed coatings on the different substrates.

로 측정한 열경화 거동의 차이점에서 유추할 수 있는데, 초기에 경화반응을 종결하는 PVDF 도료 또는 C-PE 도료에 비하여 E-PE 도료의 경우에는 60 min까지 지속적으로 경화반응이 일어나는 것으로 보아, E-PE 도료시스템의 고분자 구조가 보다 유연성을 지니면서도 치밀하게 가교밀도를 형성하여 표면경도가 높게 측정된 것으로 판단된다. 또한 E-PE 도료시스템 수지의 합성 설계 시, C-PE 도료시스템의 수지보다 낮은 T_g로 설계하였으나 보다 더 긴 직선형태의 구조를 가지면서도 더 큰 분자량을 가지는 분자 구조로 설계되었기 때문에 유연성을 지니면서도 치밀한 구조의 도막을 형성한 것으로 판단된다.

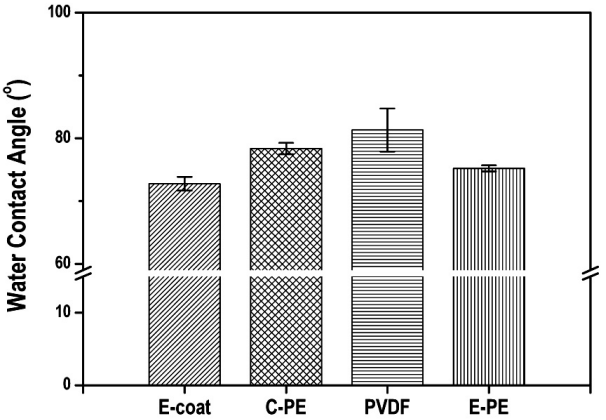
3.4. 부착력

Figure 7은 pull-off adhesion tester로 측정한 부착력 실험결과이다. 비교 물성자료로 평가된 전착도료의 경우에는 부착력이 매우 우수하여 도막 표면과 측정 기구인 Dolly를 부착시킨 접착제 층에서 파괴가 일어나는 현상을 확인하였다[22]. 이는 전기영동 매커니즘에 의하여 전기적으로 흡착되어 생성되는 피막의 부착성능이 매우 우수하다는 것을 입증한 것이라 할 수 있다. 기재와의 부착력은 C-PE 도막이 가장 높은 것으로 확인되었으며 PVDF 도막이 가장 열악한 부착성능을 보였다. E-PE 도막의 경우, C-PE 도막에 비해 다소 감소하였으나 거의 유사한 부착성능을 보여 주었고, 기재에 따른 부착력에서는 GA 강판에서 가장 높은 부착성능을 나타내었다.

이 부착력의 결과는 Figure 8의 (a)와 (b)의 접촉각 결과로 설명할 수 있다. 강판 자체의 접촉각은 GI가 85.2°로 가장 높았고, 다음이 80.7°인 CR이었으며, GA가 74.3°로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이것은 표면이 아연으로 도금된 GI 강판의 표면에너지가 가장 낮



(a) Water contact angle of three different substrates (CR, GA, GI).



(b) Water contact angle of the cured pre-primed coatings on the CR substrate.

Figure 8. Water contact angles, (a) the three substrates and (b) the cured pre-primed coatings on the CR substrate.

은 것을 말하며, 이에 따라 도료가 표면에 도장되었을 때, 젖음성이 낮아 GI 강판을 기재로 사용한 경우 부착력이 가장 낮게 측정된 것이다. 반면에, GA 강판의 경우 표면에너지가 가장 크고, 도료와의 젖음성이 가장 좋기 때문에 GA 강판을 기재로 사용한 경우 부착력이 가장 크게 측정된 것이다. 또한 도료시스템에 따른 접촉각의 결과를 보면, E-coat < E-PE < C-PE < PVDF로 나타났다. 불소를 함유하고 있는 PVDF 도막 표면이 가장 낮은 표면에너지를 가진 것을 알 수 있으며, 이로 인해 PVDF 도막의 부착력도 가장 낮게 나타난 것을 알 수 있다. C-PE 도막과 E-PE 도막의 경우 비슷한 표면에너지를 갖기 때문에 부착력의 결과도 거의 유사하게 나왔다.

4. 결 론

자동차용 pre-primed 도료에 적용하기 위하여 가장

중요한 물성으로 요구되는 강판과의 부착성 및 내후성, 가공성 등을 향상시키기 위하여 기존의 pre-coated metal용 도료로 가장 많이 사용되고 있는 polyester 수지를 개선한 conventional polyester 수지와 유연성을 극대화시킨 elastomeric polyester 수지 및 내식성 및 내구성 등의 물성을 향상시키기 위하여 polyvinylidene fluoride 수지를 합성하고 각각 도료로 배합하였다. 강체진자형 물성측정기로 평가한 열경화 특성의 경우, 3가지 도료 시스템 모두 빠른 경화 특성을 보였으며, E-PE 도료의 경우 60 min까지 지속적인 경화가 일어남으로써, 표면경도에서 우수한 특성을 확인할 수 있었다. 인장강도 및 신장률로 평가된 유연성 평가의 결과, PVDF 도막은 신장률이 채 1% 되지 않아 매우 열악한 결과를 보였고, 유연성을 극대화한 E-PE 도막의 경우에는 최대 인장강도가 약 7.5 MPa로 C-PE 도막에 비하여 다소 감소하였으나 신장률은 약 110%로 큰 폭으로 향상되었음을 확인하였다. 부착력의 경우 표면에너지가 가장 높은 GA강판을 기재로 사용시 높게 측정되었으며, 도료시스템 중에서는 불소가 함유되어 표면에너지가 가장 낮은 PVDF 도막이 가장 낮았으며, C-PE 도막과 E-PE 도막의 경우는 비슷한 값으로 나타났다. Pre-primed 도료시스템에서 가장 중요한 물성인 유연성과 부착성 측면을 고려했을 때, GA강판 위에 E-PE 도료시스템을 도장하여 사용하는 것이 가장 적합한 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 우수제조기술센터사업(과제번호: 10032218)의 지원으로 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Z. W. Wicks, F. N. Jones, S. P. Pappas, and D. A. Wicks, Organic Coatings - Science and Technology, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken (2007).
2. A. Goldschmidt and H.-J. S. Streitberger, Basics of Coating Technology, Vincentz Network, Münster (2007).
3. R. Schwalm, UV Coatings: Basics, Recent Developments and New Applications, Elsevier, Amsterdam; London (2007).
4. U. Poth, Automotive Coatings Formulation, Vincentz Network, Hannover (2008).
5. T. Brock, M. Groteklaes, and P. Mischke, European Coatings Handbook, Vincentz, Hannover (2000).
6. L. Prendi, E. K. L. Tam, and A. Anastassopoulos, *Coatings Tech*, **5**(6), 30 (2008).
7. A. Anastassopoulos, *Coatings Tech*, **6**(6), 26 (2009).
8. S. Detiveaux, *Coatings Tech*, **6**(6), 36 (2009).
9. H.-J. Streitberger and K.-F. Dössel, Automotive Paints and Coatings, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim (2008).
10. C. Testa, *Coatings Tech*, **5**(10), 24 (2008).
11. R. Serra, M. L. Zheludkevich, and M. G. S. Ferreira, *Prog. Org. Coat.*, **58**(2～3), 248 (2007).
12. D. Santos, H. Raminhos, M. R. Costa, T. Diamantino, and F. Goodwin, *Prog. Org. Coat.*, **62**(3), 265 (2008).
13. K. Johansson and M. Johansson, *Prog. Org. Coat.*, **55**(4), 382 (2006).
14. K. Johansson and M. Johansson, *Prog. Org. Coat.*, **63**(2), 155 (2008).
15. K. Johansson and M. Johansson, *Prog. Org. Coat.*, **59**(2), 146 (2007).
16. B. H. Lee, J. H. Choi, and H. J. Kim, *Prog. Org. Coat.*, **52**(3), 241 (2005).
17. B. H. Lee and H. J. Kim, *J. of Appl. Polym. Sci.*, **92**(1), 625 (2004).
18. A. Bergo and L. Fedrizzi, *Prog. Org. Coat.*, **52**(4), 328 (2005).
19. A. Roescher and A. H. A. Tinnemans, *Prog. Org. Coat.*, **43**(1～3), 111 (2001).
20. A. Krupicka, M. Johansson, O. Wanstrand, and A. Hult, *Prog. Org. Coat.*, **48**(1), 1 (2003).
21. J. H. Choi and H. J. Kim, *J. of Ind. Eng. Chem.*, **12**(3), 412 (2006).
22. 문제익, 최재훈, 황현득, 김현중, 김남홍, *접착 및 계면*, **9**(2), 32 (2008).