

# 수성페인트-실란접착제 혼합물의 접착특성

한현각\*

<sup>1</sup>순천향대학교 나노화학공학과

## Adhesive characteristics of water-paint and silane adhesive mixture

Hyun Kak HAN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering., Soonchunhyang University

**요약** 페인트는 외부로부터 본체가 손상되는 것을 막아주며, 오랫동안 색깔과 마무리 상태를 유지해 준다. 유기용제와 물이 페인트의 용제로 사용되고 있으며, 유기용제는 VOCs의 인위적인 공급원으로 알려져 있다. 이러한 이유로 자동차 내장 부품에서 유기용제 페인트의 사용은 줄어들고 있으며, 외장 부품에서는 계속 사용하고 있다. 수성페인트의 접착력은 유성페인트에 비하여 작아, 페인트가 기체로부터 박리되고 있어, 품질문제를 일으킨다. 본 연구에서는 수성페인트와 실란 혼합물의 접착 특성에 대하여 연구하였다. 수성페인트의 접착력을 향상시키기 위하여 접착제와 혼합이 필요하다. 접착력은 UTM을 이용하여 ASTM D1002 방법으로 측정하였고, 박리현상은 ASTM D1002를 사용하여 측정하였다. 수성페인트와 실란접착제의 최적 혼합조건은 25°C, 500rpm, 20분 이었으며, 실란접착제 농도는 5wt% 이었다

**Abstract** Paint must be resistant to the wear and tear of the atmosphere and should maintain its color and finish for a long time. The solvents of paints were organic solvent and water, common artificial source of VOCs(Volatile organic Solvent) include organic solvent. Using of organic solvent paint was decreased in the interior parts of automotive, exterior parts were still used organic solvent paint. Adhesive strength of water-paint was poor to compare with organic solvent paint and peeled off from the base materials, it was big quality problem. In this study, adhesive characteristics of water-paint and silane mixture was investigated. To improve adhesive strength of water-paint, it was necessary to mixing of adhesive material. Adhesive strength was measured using UTM(Universal Test Instrument) by ASTM D1002 and Peeling off condition was by ASTM D3359. Optimal mixing condition of water-paint and silane adhesive were 25°C, 500rpm, 20min., concentration of silane adhesive was 5 wt%.

**Keywords** : Adhesive strength, Airbag Cover, Mixing condition, Silane adhesive, Water-paint

### 1. 서론

세계적으로 VOCs(Volatile Organic Compound)에 대한 인식이 심각해지고 있다. 이러한 문제점을 인식하고 세계적으로 VOCs에 대한 규제가 강화 되고, 국내 여러 산업분야에도 적용이 되었다. 이 중 자동차 도장 공정에 대해서 규제가 강화가 되었다. 도장 공정에서 사용되는 유성 페인트에 VOCs규제가 강력하게 적용되어 전면 사용이 금지가 되었다. 이에 따라 수성페인트로 대체가 되

었는데, 유성페인트에서는 발견되지 않았던 여러 문제점이 발견이 되었다. 문제점 중에 특히나 심각한 것은 소수성의 성질을 갖는 자동차 소재에 대해 접착력이 현저히 떨어진다는 것이다.

본 연구에서는 에어백에 사용하는 수성페인트의 접착력을 향상시키기 위하여 실란접착제와 수성페인트를 혼합하였다. 혼합물의 교반조건인 교반속도, 교반온도, 교반시간 등을 변화 시켜 최적 혼합조건을 연구하였다. 최적조건에서 혼합된 수성페인트와 실란접착제 혼합물에

본 논문에 연구를 도와준 박찬웅 연구원과 (주)KD에게 감사드립니다.

\*Corresponding Author : Hyun Kak HAN(Soonchunhyang Univ.)

Tel: +82-10-5453-5357 email: chemhan@sch.ac.kr

Received July 20, 2015

Revised (1st August 3, 2015, 2nd August 5, 2015)

Accepted August 6, 2015

Published August 31, 2015

대해서 여러 종류의 기기 및 test 방법을 통하여 에어백 커버에 도장하는 수성페인트와 실란접착제의 접착력 및 접착특성을 연구하였다.[1]

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 수성페인트

페인트는 유동의 상태에서 여러 가지 방법으로 피도체의 표면에 도포하여, 얇은 도막 층을 형성하고 건조과정을 거치면서 소재의 면에 결합하여 피도체의 결합을 보호하는 재료이다.

페인트의 구성은 수지, 안료, 용제, 첨가제등 크게 4가지의 성분으로 이루어져 있다.

첫 번째로 수지는 도막의 유효물성을 부여하여 도막 성능의 중추적인 역할을 하며 그 성질에 따라 건조성, 도막의 내구성, 내후성의 차이가 크게 된다. 이러한 수지는 합성수지와 천연수지로 분류된다.

두 번째로 용제란 단독으로 용해하는 성질을 가진 물질로, 일반적으로 원액도료에 혼합되어 있는 액체를 말한다. 수성페인트에서는 용제로 물을 사용하게 된다.

세 번째로 안료란 용제나 물 등에 녹지 않는 색상을 가진 입자(powder)이다. 염료와 다른 점은 물이나 용제에 녹는 일 없이 입자로서 바인더에 분산되어 있다는 것이다. 입자의 크기는 0.3~0.4 μm에 이르는 것도 있다. 형상은 막대모양, 바늘 모양, 박편상등 여러 가지가 있다.

네 번째로 첨가제는 유기물질, 무기물질 등으로 되어 있으며 소량 첨가하여 최대의 효과를 즉 도료, 도막의 물리적/화학적 기능을 부여하여 물성을 향상시키는 원료이다. 분산제, 피막방지제, 경화촉진제, 표면조정제 등 여러 가지가 있다[2].

### 2.2 접착제

접착(adhesion)이라 함은 접착제와 피착물의 표면이 계면의 결합력에 의해 결합되어 있는 상태이거나 결합되어 가는 과정을 뜻한다. 계면의 결합력은 양자의 표면 분자 간의 화학적 상호작용과 기계적 결합에 의존한다[3].

접착제(adhesive)는 물체와 물체를 접합하는 특수한 성질을 가진 고분자 물질이다. 종류도 다양하여 가정에서 흔히 사용되는 풀을 포함하여, 금속을 접합하는 접착제 및 수술 후의 절단된 부분을 봉합하지 않고 접착시키

는 접착제에 이르기까지 여러 종류가 사용되고 있다.

### 2.3 접착제의 종류

Table 1. Adhesive types.

Type	Raw Material
Rubber	Natural Rubber, Styrene Butadiene Rubber
Acrylic	Acrylic acid
Polyurethane resin	-NHCOO-
epoxy resin	Allyl glycidyl ether
silicon adhesives	Organopolysiloxane
Polyamide	-CONH-
Polyimide	-CONRCO-

첫 번째로는 Rubber type 이다. 천연고무(NR), 합성고무(SBR), NBR, CR, 등 고무 제품들은 SIS, SBS, SEBS, EVA등의 base polymer와 같이 접착제의 주요 원료가 된다. 두 번째로는 Acrylic type 이다. 아크릴산(CH<sub>2</sub>=CHCOOH) 및 유전체가 주성분인 액상 접착제로써 아크릴수지 에멀전(acrylic emulsion) 과 아크릴수지 혐기성(acrylic resin anaerobic) 등이 있다. 세 번째로는 polyurethane resin계열로써 우레탄기(-NHCOO-)를 가지는 접착제이다. 종류로는 용제형 우레탄수지(polyurethane solvent thpe)과 폴리우레탄수지 핫멜트(polyurethane hot melt), 우레탄수지 에멀전(urethane emulsion) 이 있다. 네 번째로는 에폭시수지(epoxy resin)계로써 에폭시 수지를 주성분으로 하는 접착제 종류이다. 내수성, 내습성, 내약품성, 전기절연성 등에 뛰어나고 피착제의 종류에 무관하게 강도나 내열성이 뛰어난 성질이 있다. 다섯 번째로는 실리콘(silicon adhesives)이다. 오르가노폴리실록산을 주성분으로 하는 접착제 종류로써 축합경화형과 부가 경화 형으로 분류가 된다. 여섯 번째로는 폴리아미드(polyamide) 수지이다. 고품으로 비교적 용점이 낮은 폴리아미드 수지를 분체 또는 필름 상에 가공한 것을 핫멜트 접착제로 사용한다. 일곱 번째로는 폴리이미드(polyimide)계 이다. 저분자 폴리머를 주성분으로 하는 접착제로 아로마틱계 접착제의 일종으로 분류가 된다. 접착제들 중 가장 강력한 접착제로써 내열성, 내산화성에도 뛰어나 항공우주 산업이나 전기 산업분야에 많이 쓰인다[4,5].

### 2.4 실란커플링제 및 접착제

실란커플링제의 구조는 아래 그림과 같이 화학구조식으로 나타내며, 한 분자에 2종류의 반응성이 다른 관능

기를 갖고 있는 구조이다.

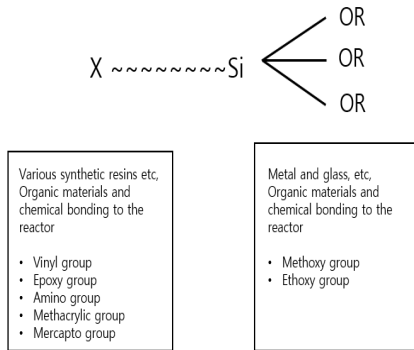


Fig. 1. Structure of silane coupling agent.

실란커플링제의 알콕시실릴기(Si-OR)가 물 또는 습기에 의해 가수분해 되어 실라놀기(Si-OH)가 된다. 이 실라놀기와 무기질이 표면에 축합반응에 의해 Si-O-M 결합을 형성하게 된다.(M: metal) 또한 X는 유기질과 결합 혹은 상용화하여 결과적으로 무기질과 유기질을 화학적으로 결합시킬 수 있다.

실란 커플링제는 2가지 사용법이 있다.

첫 번째로 인테그럴브랜드 법이다. 수지 및 무기재료를 혼합할 때에 실란커플링제를 동시에 첨가/혼합 하는 방법이다. 제조 공정에 적용이 쉽고, 작업성이 뛰어나다는 장점을 가지고 있다. 하지만 이 방법은 무기질 표면에서의 직접처리와 비교 시 효과가 잘 나오지 않는 단점을 가지고 있다.

두 번째 방법은 전처리 법이다. 무기재료를 실란커플링제로 사전에 표면 코팅하여 두는 것으로 건식처리법과 습식처리법이 있다. 건식처리법은 무기교반제를 고속교반기에 넣어서 고속 교반시키면서 실란 또는 실란용액을 적하 또는 스프레이로 첨가하여 균일하게 되도록 교반시킨 후, 건조시키는 방법이다. 습식처리법은 처리 효율이 높고, 균일한 처리가 되기 때문에 공업적으로 많이 이용되는 방법이다. [6,7]

### 2.5 접착력에 영향을 미치는 인자

접착력에 영향을 미치는 인자로는 표면의 상태와 접착제와 기체의 혼합 상태가 있다.

#### 2.5.1 표면의 상태

접착제와 표면의 관계는 접착력에 상당한 영향을 주

는 인자이다. 실질적으로 접착제는 표면의 성질에 따라서 사용하게 될 정도로 접착력의 가장 영향을 미치는 것이 바로 표면이다. 표면의 친수성과 소수성의 성질의 구분은 접착력의 측정에 있어서 상당히 중요한 인자이다. 친수(hydrophilic)성의 수성페인트와 소수(hydrophobic)성의 PP내장재도 서로 간의 성질 차이로 인하여 접착력이 현저히 떨어지게 된다. 수성페인트의 접착력을 담당하는 기능기(functional group)들이 다른 성질의 PP표면에 잘 흡착이 되지 않는 것이다[8].

접촉각이란 액체가 고체 표면 위에서 열역학적으로 평형을 이룰 때 형성되는 각을 말한다. 표면과 시약사이에서 이루는 접촉각의 측정은 접착(adhesion), 표면처리 그리고 폴리머 표면 분석과 같은 많은 분야에서 잘 알려진 분석 기술로서, 수 Å단위의 단일 층 변화에도 민감한 표면 분석 기술이다[9,10]. 접촉각이 크면 표면에너지가 낮고, 접촉각이 작으면 표면에너지가 커서 접착력이 크다 [11, 12]

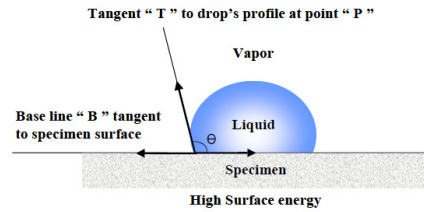


Fig. 2. Effect force of contact angle

### 2.5.2 수성페인트와 접착제의 교반조건

접착제와 수성페인트를 교반조건 도포 후 접착력 측정 시에 영향을 미치게 된다. 페인트와 접착제 모두 대기에 노출되면 시간이 지남에 따라서 점차 경화된다. 교반 시에 고려할 조건은 교반시간, 교반 속도, 교반 온도 등이 있다[9,10].

## 3. 실험방법 및 장치

### 3.1 실험재료

에이백커버에 사용되는 기체는 PP(Poly Propylene)이고, 수성페인트는 현재 (주)케이디 에서 사용하고 있는

(주)노르비케미칼의 WSP-300 수성페인트를 사용하였으며, 수성접착제는 오성공업사에서 제조한 실란 OF-8070을 사용하였다.

Table 2. Experimental materials

	Material	Manufacture
Base	PP(Poly Propylene)	Airbag Cover by KD
Water-paint	WSF-300	Norbi Chem.
Adhesive	Silane OF-8070	Ohsung Tech.

### 3.2 실험장치

접착력을 측정하기 위하여 UTM (Universal Testing Machine, DTU-900MHA)과, 표면과 페인트, 페인트-접착제 혼합물의 특성을 분석하기 위하여 contact angle measurement (DSA10-Mk2)을 사용 하였다.

### 3.3 실험방법

접착력측정은 ASTM D1002규격에 의거하여 접착력을 측정하였다. ASTM D1002규격은 단위면적에 접착제가 도포된 두 장의 물체를 서로 붙인 다음 UTM기기를 통하여 잡아당긴다(tensile strength) 방법이다.

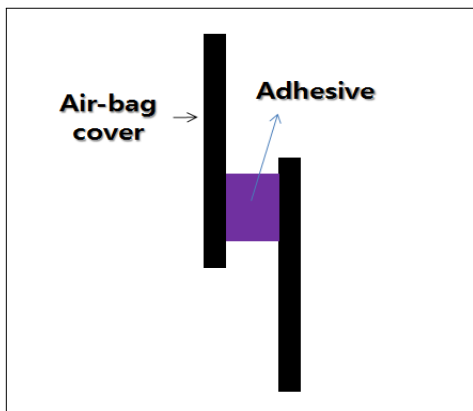


Fig. 3. Method of adhesion measurement (ASTM D1002).

최적의 교반조건을 찾기 위하여 최초 수성페인트 50g과 접착제 3%을 혼합하였다. 교반 온도는 여러 조건(25 ℃, 40 ℃, 60 ℃, 80 ℃)에서 혼합물을 교반 시킨 후 접착력을 측정하였다. 교반 속도는 여러 조건(200 rpm, 500 rpm, 800 rpm, 1000 rpm)에서 혼합물을 교반 시킨 후 접착력을 측정하였다. 교반 시간은 여러 조건(0 min,

10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min)에서 혼합물을 교반 시킨 후 접착력을 측정하였다.

최적 교반조건을 구한 뒤 수성페인트 50g과 접착제 (0.5%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7.5, 10%)를 첨가하면서 최적 혼합 농도를 구하였다.

Contact angle measurement기기를 이용하여 접촉각을 측정하였다.

필드에서 접착력 시험을 하는 ASTM D3359 규격을 이용하여 접착력을 측정하였다. ASTM D3359은 cross hatch cutter를 통하여 단위면적(1 cm × 1 cm)에 흠집을 주고 test tape(3M-8988)를 이용하여 페인트 박리를 측정하는 시험이다.

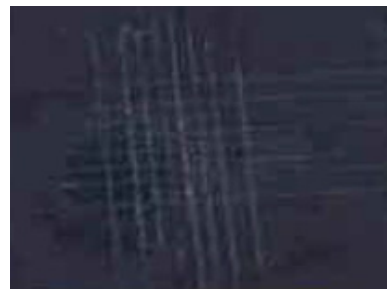


Fig. 4. Crack of cross hatch cutter (ASTM D3359).

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 교반조건

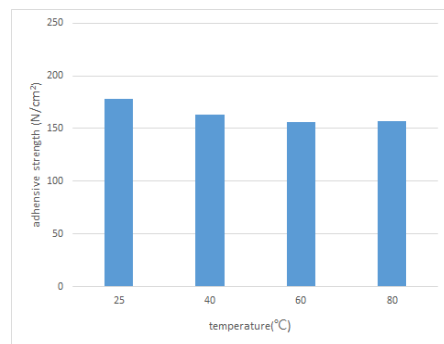


Fig. 5. Adhesive strength of change of mixing time.

교반온도 변화에 의한 접착력은 상온인 25℃에서 가장 좋은 결과를 얻었다.

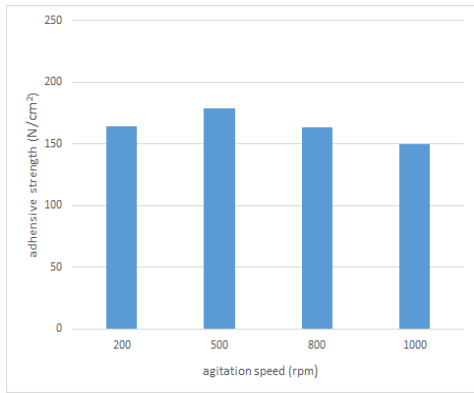


Fig. 6. Adhesive strength of change of mixing speed.

교반속도 변화에 의한 접착력은 500rpm에서 최적의 결과를 얻었다.

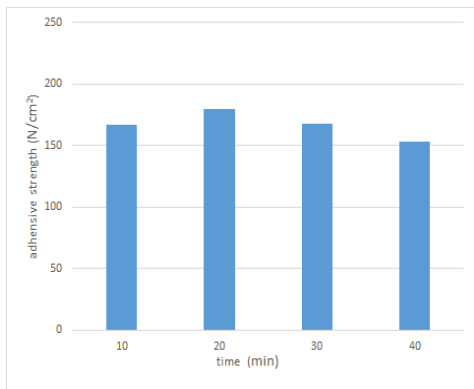


Fig. 7. Adhesive strength of change of mixing time.

교반시간 변화에 의한 접착력은 20분에서 가장 좋은 결과를 얻었다.

#### 4.2 최적 접착조건

접착력은 실란접착제를 첨가하지 않았을 경우보다 0.5 wt%의 실란접착제를 첨가를 하게 될 경우 큰 폭으로 상승하였다. 또한 0.5 wt%에서 5 wt%까지의 첨가량 증가에는 접착력이 증가하였지만, 그 이상의 첨가에 대해서는 접착력이 거의 증가하지 않음을 확인 할 수 있다.

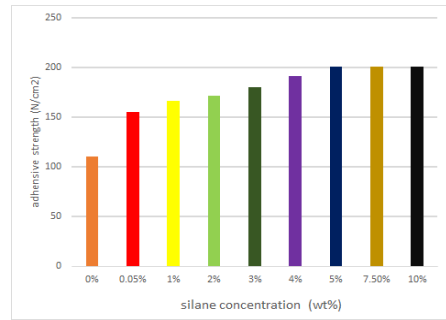


Fig. 8. Adhesive strength of change of silane concentration

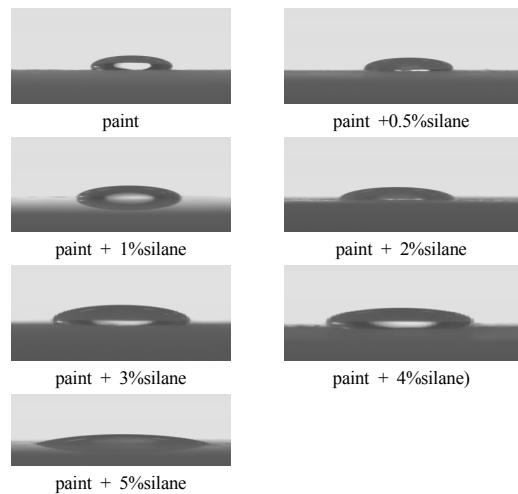


Fig. 9. Result of contact angle change.

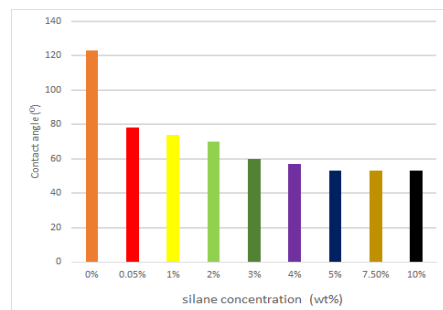


Fig. 10. Contact angle change by silane concentration.

Fig.9는 Contact angle meter를 수성페인트와 실란접착제 혼합물을 에어백 커버에 도장한 후 Contact angle을 측정된 것이다. Fig.10은 실란농도 변화에 의한 contact angle 변화를 나타내었다. 실란접착제를 혼합하지 않은 페인트의 접촉각은 123° 이나 실란을 0.05% 혼

합하면 접착각은 78°로 감소하며, 5% 혼합한 페인트의 접착각은 56°이었으며, 그 이상 실란을 첨가한 경우 변화가 적었다. 이는 실란 접착제의 알콕시실릴기(Si-OR)가 물에 의해 가수 분해되어 실라놀기(Si-OH)로 변화되어 페인트 표면에 분산되어 있음으로서 물과의 접착각이 줄어드는 것이다. 접착각이 작으면 높은 표면에너지를 갖음으로[11, 12]. 실란접착제를 혼합하면 접착각이 작아지므로 높은 표면에너지를 갖게 되어 접착력이 향상됨을 알 수 있다.

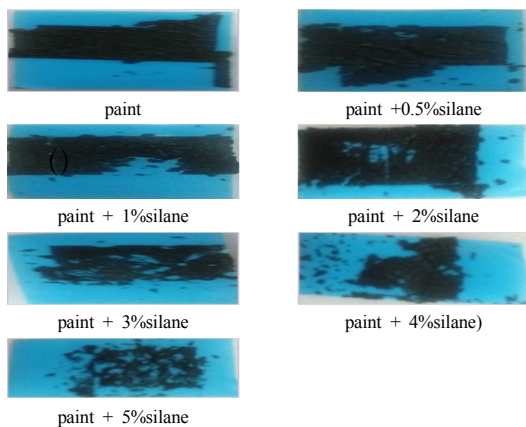


Fig. 11. Peel off of paint by ASTM D3359

현장에서 사용한 방법인 ASTM D3359으로 실험한 결과 실란5%를 혼합한 경우 가장 적게 박리 현상이 일어남을 알 수 있었다.

## 5. 결론

1. 수성페인트의 접착력을 향상시키기 위하여 실란접착제를 사용하였으며, 최적의 교반조건은 교반온도 25℃, 교반속도 500rpm, 교반시간 20분이었다.
2. 수성페인트와 실란접착제의 혼합에서 접착강도 실험과 접착각 실험, 필드에서 사용하는 ASTM D3359방법을 적용한 결과 실란 접착제 농도가 5% 이상 일 때 접착력이 최대가 되었다.

## References

[1] Sim, D. H. and Seul, S. D., Manufacture and Properties

of Water Soluble Acrylic Type PSA's - Effect of Functional Monomer Change and Atmospheric Plasma Treatment, *Polym.(Korea)* **33**, 1, 45-51, 2009.

- [2] K. J. O and Kim, J. S., Influence of Processing Conditions on the Physical Properties of Crumb Rubber Modified Asphalts, *J. Korean Soc. Road Eng.*, **10**, 239, 2008.
- [3] Matejka, L., Dukh, O. and Kolarik, J., Reinforcement of Crosslinked Rubbery Epoxies by *in-situ* Formed Silica, *Polymer*, **41**, 1449, 2000.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861\(99\)00317-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-3861(99)00317-1)
- [4] Grace, J. M. and Gerenser, L. J., "Plasma Treatment of Polymers," *J. Dispersion Sci. Tech.*, **24**, 3, 305, 2003.
- [5] Seul, S. D., Lee, S. R. and Lee, N. W., A Development of Nontoxic Composite Latex Using CaCO<sub>3</sub>/PEMA, *J. of the Korean Institute for Industrial Safety*, **17**(4), 133-139, 2002.
- [6] Yim, M. J. and Paik, K. W., Recent Advances in Anisotropic Conductive Adhesives for Microelectronics Packaging Applications, *Ceramist*, **8**, 23-39, 2005.
- [7] Petrovigg, Z. S., Jaint, I., Waddon, A. and Banhegyi, G., Structure and Properties of Polyurethane-silica Nanocomposites, *J. Appl. Polym. Sci.*, **76**, 133, 2000.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(20000411\)76:2<133::AID-APP3>3.3.CO;2-B](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(20000411)76:2<133::AID-APP3>3.3.CO;2-B)
- [8] Yamaguchi, D., Cloitre, M., Panine, P. and Leibler, L., Phase Behavior and viscoelastic Properties of Thermoplastic ElastomerGels Based on ABC Triblock copolymers, *Macromolecules*, **38**, 7798, 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/ma0503209>
- [9] Blanco, R., Rodriguez, R., Garcia-Garduno, M. and Castano, V. M., Rheological properties of Styrene-butadiene Copolymer Reinforced Asphalt, *J. Appl. Polym. Sci.*, **61**, 1493, 1996.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19960829\)61:9<1493::AID-APP9>3.0.CO;2-E](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19960829)61:9<1493::AID-APP9>3.0.CO;2-E)
- [10] Morrison, G. R. and Hesp, S. A. M., A New Look at Rubber Modified Asphalt Binders, *J. Mater. Sci.*, **30**, 2584, 1995.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00362138>
- [11] young ho kim, Contact angle & Surface Energy, *Prospectives of Industrial Chemistry*, **8**, 3, 82-93, 2005.
- [12] Eun Young Park andsang goo lee and jong-wook ha and in jun park and soo-bok lee and yongtaek lee, Synthesis and Surface Characteristics of Novel Oligomeric Silane with Perfluoropolyether, *polymer(korea)*, 397-402, 2008

한 현 각(Hyun Kak Han)

[정회원]



- 1981년 2월 : 고려대학교 공과대학 화학공학 졸업
- 1985년 8월 : 고려대학교 일반대학원 화학공학 졸업 (석사)
- 1990년 8월 : 고려대학교 일반대학원 화학공학 졸업 (박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 나노화학공학과 교수

- 2013년 4월 ~ 현재 : 순천향대학교 신뢰성평가센터 센터장

<관심분야>

화학공정, 분체공학, 신뢰성공학