

GPS(Glycidoxypropyl Trimethoxysilane)을 이용한 친수성 코팅 필름의 제조

박정국 · 송기창* · 강현욱** · 김성현†,**

고려대학교 환경시스템공학과, **화학공학과

*건양대학교 화학공학과

(2002년 4월 29일 접수, 2002년 10월 16일 채택)

Preparation of Hydrophilic Coating Film Using GPS(Glycidoxypropyl Trimethoxysilane)

Jung Kook Park, Ki Chang Song*, Hyun Uk Kang** and Sung Hyun Kim†,**

Department of Environmental System Engineering, **Department of Chemical Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

*Department of Chemical Engineering, Konyang University, Nonsan 320-030, Korea

(Received 29 April 2002; accepted 16 October 2002)

요 약

고분자 필름의 무적성을 향상시키기 위하여 우수한 친수성 및 높은 가시광선 투과율을 보이는 유기-무기 혼성 코팅용액을 졸-겔법으로 합성하였다. 코팅용액은 입자 직경이 15 nm 크기의 무기물인 콜로이드 실리카 용액(Ludox)에 유기 조성을 함유한 화합물인 GPS를 첨가하여 제조되었다. 실란 커플링제인 GPS는 콜로이드 실리카와 주변의 매트릭스(matrix)인 고분자 필름에 각각 강한 결합을 형성하여 두 개의 서로 다른 물질을 강하게 연결하는 결합제 역할을 한다. 강산성 조건 하에서 제조된 혼성 코팅용액으로 고분자 필름 위에 코팅한 경우는 코팅필름의 표면이 거의 균열이 없는 매끈한 미세구조를 보이는 반면, 약산과 염기성 조건 하에서 제조된 혼성 코팅용액으로 코팅한 경우에는 균열이 심한 미세구조를 보였다. 또한 pH 2의 산성 조건에서 제조한 필름은 우수한 친수성 및 높은 가시광선 투과율을 보인 반면, 염기성 조건으로 제조한 코팅필름은 친수성이 좋지 않았으며, 낮은 가시광선 투과율을 보였다.

Abstract – In order to improve the anti-fogging property of polymer films, organic-inorganic hybrid coating solutions which have good hydrophilic property and transmission in the range of visible light were synthesized by the sol-gel method. The coating solutions were prepared by adding glycidoxypropyl trimethoxysilane(GPS) to a colloidal silica(15 nm) suspension(Ludox). GPS as silane coupling agent forms strong bonds to the colloidal silica and surrounding polymer matrix and links two different materials together. Solutions prepared by addition of GPS at the acidic condition resulted in coatings that were less prone to cracking, while those at the basic condition caused coatings with more cracking. These resulted in better hydrophilic property and transmission in the range of visible light for the solution prepared at the acidic condition(pH 2). Compared with coatings under acidic conditions, coatings prepared at basic conditions showed worse hydrophilic property and transmission in the range of visible light.

Key words: Glycidoxypropyl Trimethoxysilane, Anti-Fogging, Silane Coupling Agent, Hydrophilic, Sol-Gel Method, Organic-Inorganic

1. 서 론

졸-겔법은 균일상의 세라믹 혹은 유리 제품을 제조함에 있어서 기존에 사용되던 규산염의 고온 용융 방법 대신에 상온에서 우수한 반응성을 갖는 금속 알콕사이드 전구체를 이용하여 콜로이드 상태의 졸에서 겔로 반응시킨 후 건조 및 경화 과정을 통해 균일한 무기 산화물을 얻

는 방법이다[1-5]. 졸-겔법은 기존의 고온 용융 방법에 비하여 훨씬 낮은 온도에서 생성물을 얻을 수 있고, 높은 화학적 균일성을 얻을 수 있으며, 박막 또는 나노 입자 등의 특별한 형상의 제품을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 전구체의 가격이 비싸고, 건조 과정에서 균열이 잘 생기며, 기계적 강도가 낮은 단점을 지니고 있다[1].

일반적으로 대부분의 고체 표면은 본래부터 친유성이거나, 공기 중의 친유성 분자를 흡착하여 표면이 친유성이 된다. 따라서 이런 고체 표면 위에 물방울을 떨어뜨리면 높은 접촉 각을 가지게 된다. 고체 표면이 저온 환경에서 고온 다습한 환경으로 전이되어 그 표면 온도가 대기의 이

†To whom correspondence should be addressed.
E-mail: kimsh@korea.ac.kr

슬점보다 낮아질 경우, 수증기가 표면에 응축되어 높은 접촉 각을 가지는 물방울이 다량으로 존재하게 되는데, 이를 김 서림이라 한다[6]. 이러한 김 서림 현상에 의해 생긴 물방울들은 빛을 산란시켜 일시적으로 투명성을 떨어뜨리게 한다. 따라서 우리의 생활 주변에서 쉽게 볼 수 있는 PMMA나 PC 같은 투명한 고분자의 표면에 김 서림 현상이 일어나면, 빛의 산란으로 투명성이 저하되어 사용자 큰 장애를 느끼게 된다. 이런 김 서림 현상은 표면을 친수성으로 개질 하거나, 친수성 코팅을 하여 응축되는 수증기가 고체 표면 위에 퍼지도록 함으로 제거 할 수 있다. 친수성 기술의 개발은 김 서림 방지용 창유리 및 안경 렌즈, 콘택트 렌즈, 전자 패키징 재료, 수술용 기구 등에 응용이 가능하여 현재 활발한 연구가 진행되고 있다. 하지만, 상업적 응용을 위해선 단순한 친수성의 증가뿐만 아니라, 물에 대한 안정성 및 적당한 내마모성, 표면의 친유성 분자의 흡착 등의 문제를 해결해야 한다[6].

지금까지 기재의 표면을 친수성화 시켜서 맺힌 물방울을 얇은 필름의 형태로 퍼지도록 유지시켜 빛의 산란을 없애 투명성을 유지하도록 하는 친수성 코팅 연구가 진행되어 왔다. 초기에는 폴리비닐 알코올 같은 친수성 고분자 또는 계면 활성제를 혼합하여 친수성을 얻으려는 연구가 활발하게 이루어져 왔으나, 이는 친수성이 우수하지만 앞서 언급한 내마모성이 떨어지므로 상업적으로 이용하는데 많은 문제점이 있었다. 따라서 최근에는 친수성과 내마모성을 함께 증가시킬 수 있는 유기-무기 하이브리드를 이용한 친수성 코팅이 활발히 연구되고 있다. Yoshida 등은 아민기를 가진 유기 실리콘 알콕사이드와 친수성 유기 단량체를 이용하여 연구를 하였으며[7-9], Schmidt는 에폭시기를 가진 유기 실리콘 알콕사이드를 이용하여 무적성을 얻는 연구를 진행하였다[10].

본 연구에서는 고분자 필름의 무적성을 향상시키기 위한 방법으로 입자직경이 15 nm 크기의 무기물인 콜로이드 실리카 용액(Ludox)에 유기 조성을 가진 화합물인 GPS를 첨가하여 졸-겔법에 의해 유기-무기 혼성 코팅용액을 제조하였다. GPS는 최근 각광을 받고 있는 복합재료인 ORMOSIL(Organically Modified Silicate)같이 기존의 실리카 화합물에 1가지 이상의 유기 반응기를 도입하거나, 다른 무기물을 함께 혼성시킴으로써 유기와 무기의 양쪽 성질을 모두 나타내게 한 화합물이다. 그럼으로써 분자 혹은 나노미터 크기에서 유·무기 복합재료를 형성한다. 이러한 유무기 복합 물질 중 바인더로 사용되는 GPS는 앞에서 언급한 친수성 필름을 제조함에 있어서 기존에 사용되던 필름의 전 처리 과정을 생략하여 원가 절감 및 전 처리 과정에서 올 수 있는 환경오염을 줄일 수 있으며, GPS에 도입된 유기기인 에폭시기는 친수성인 실리카 입자와 기재인 PET 필름을 강하게 결합시킬 수 있다.

GPS monomer(R'Si(OCH₃)₃, R: epoxy group)는 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 한쪽은 3개의 가수분해가 가능한 methoxy 관능기와 다른 한쪽은 epoxy 관능기를 포함한 유기 사슬로 구성되어 있다. 전자는 물에 의해 가수분해되어 실라놀기(Si-OH)로 된 뒤 실리카 입자와 같은 무기질 표면의 -OH와 수소결합을 형성함으로써 접착되기 어려운 무기물과 유기물의 결합력을 향상시키는 역할을 하며, 후자는 지방족 amine(ethylenediamine) 계통의 경화제와 반응하여 Fig. 2에 나타난 바와 같이 가교결합에 의해

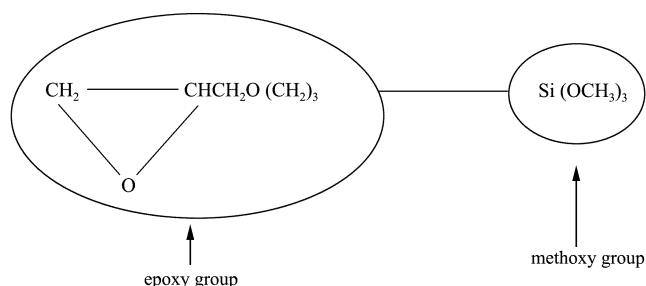


Fig. 1. Chemical structure of GPS monomer.

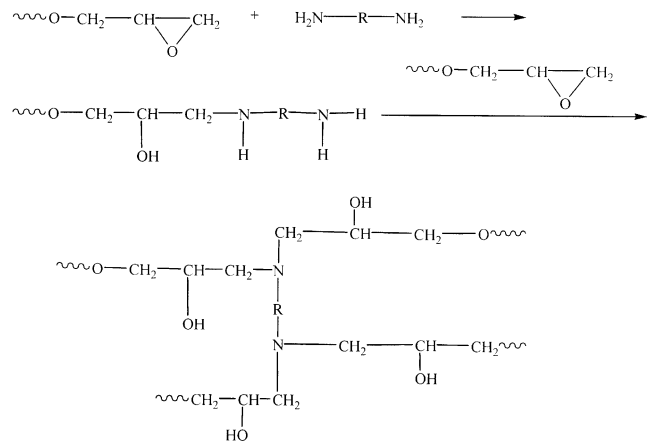


Fig. 2. Chemical reaction of epoxy group in GPS with diamine monomer.

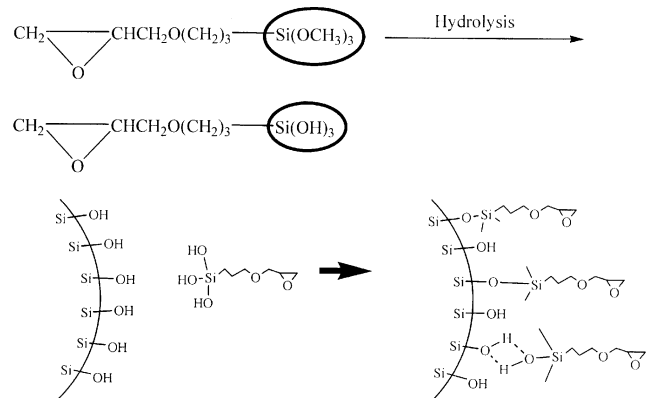


Fig. 3. Hydrolysis of GPS monomer and adsorption of hydrolyzed GPS on silica particles.

3차원 구조의 고분자가 되어 GPS의 내후성을 나타내게 된다. GPS가 물에 첨가되면 GPS는 처음에는 물에 잘 용해되지 않으나, 소량의 산이나 염기의 존재 하에서 세 개의 methoxy 그룹은 Fig. 3에서 나타난 것처럼 가수분해되어 R'Si(OH)₃이 된다. 가수분해된 GPS는 실라놀기(Si-OH)를 포함하므로 실리카 입자 표면의 -OH기와 수소결합을 형성함으로써 실리카 입자의 표면에 흡착되거나, 실리카 표면에 흡착되지 않고 자기들끼리 응축되어 성장이 일어나 졸상태로 존재하게 된다. 이 두 개의 반응 메커니즘은 서로 경쟁적이며, 용액의 pH에 크게 의존하게 된다 [11-12].

이렇게 제조된 혼성 코팅 용액을 기재인 고분자 필름 위에 담금 코팅(dip-coating)시킴으로써 친수성 필름을 제조하게 되는데, 이 과정 중 유기-무기 혼성 코팅용액의 pH 변화와 첨가된 GPS의 양이 제조된 고분자 필름의 친수성 및 가시광선 투과율과 같은 물성에 미치는 영향을 살펴해보았다.

2. 실험

2-1. 현탁액과 코팅 필름의 제조

코팅을 위한 현탁액은 상업용으로 제조된 silica 현탁액(Ludox LS, Aldrich Chemicals)을 사용하였다. 처음에 Ludox, 알코올, 물을 1:1:1 (36.3 g : 36.3 g : 36.3 g) 중량 비로 혼합하고, 그 현탁액을 일정시간 교반하였다. 그 후 반응에 첨가되는 안정화제로써 9.52 M 농도의 질산을 교반 중에 소량 첨가하여 용액의 pH를 원하는 값으로 조절한 후, 이 용액에 일정량의 실라네 커플링제인 GPS(Aldrich Chemicals)를 바인더로 첨가하고 30 °C로 유지되는 항온조에서 24시간 동안 교반하였다. 교반

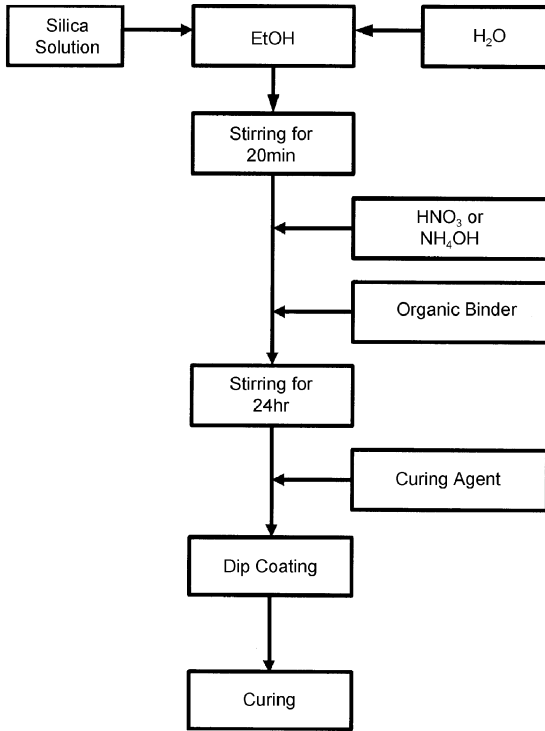


Fig. 4. Flow chart for preparation of hybrid coating film.

된 용액에 가교제인 ethylene diamine (Aldrich Chemicals)을 바인더로 사용된 GPS와 1:2의 몰비로 첨가하고 반응시켜 코팅 용액을 제조하였다. Ethylene diamine 첨가 후 4시간 이내에 50 mm×100 mm 크기의 OHP용 polyethyleneterephthalate(PET) 필름(3 M)을 일정속도로 담금 코팅(dip-coating) 시키고 80 °C로 유지되는 건조기 내에서 건조 및 경화시켜 농업용 필름을 제조하였다. 이때 용액의 pH, GPS 첨가량 등의 반응변수가 제조된 필름의 친수성 및 표면특성에 미치는 영향을 조사하였다. 이상의 제조공정을 Fig. 4로 나타내었다.

2. 제조된 필름의 특성 측정

코팅 층의 친수성 정도를 알기 위하여 contact angle goniometer(model CA-DT, Kyowa interface science Co)를 이용하여 물방울의 접촉 각을 측정하였다. 증류수를 사용하였으며, 10회 이상의 값을 읽어 최대값과 최소값을 제외하고 평균을 취하였다. 또한 기재인 고분자 필름 위에 코팅된 코팅 층의 접착상태를 보기 위하여 필름 표면의 미세구조를 주사전자현미경(S-4300, Hitachi)을 사용하여 관찰하였다. 기기의 가속 전압은 10 kV이었으며 100,000배와 3,000배로 확대하여 미세구조를 관찰하였다. 가시광선 영역에서의 코팅 층의 투과율을 측정하기 위하여 UV-Visible spectrometer(HP 8453 UV-vis spectrophotometer, Hewlett Packard)를 사용하여 300 nm에서 800 nm의 영역에 대하여 코팅 층의 투과율을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 용액의 pH가 필름의 특성에 미치는 영향

본 연구에서는 표면에 친수성 OH기가 존재하여 친수성을 나타내는 silica입자를 기재인 PET 필름 위에 코팅, 건조하여 친수 효과를 나타내 고자 한다. 그러나 silica입자가 기재인 소수성의 PET 필름과 접촉되지 않으므로 이 silica입자를 PET 필름 위에 강력히 접착시키기 위해 바인더로서 실란계 커플링제인 GPS를 사용하였다. 또한 이 바인더의 내수

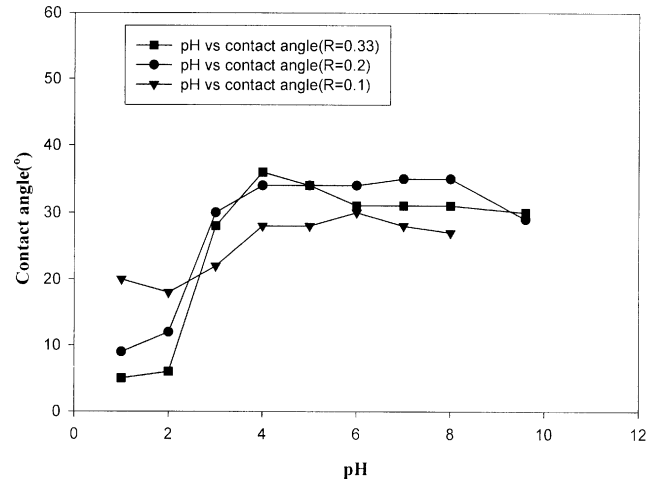


Fig. 5. Change of film contact angles as a function of solution pH at different R(GPS/silica weight fraction).

성 및 내후성을 강화하기 위하여 경화제로서 ethylene diamine을 사용하였다.

GPS가 colloidal silica 현탁액(Ludox)에 첨가될 때, 위의 서론에서 언급한 가수분해 및 중축합반응이 일어나게 된다. 가수분해된 GPS는 colloidal silica의 표면에 흡착되거나, 분자상호간 중축합되어 성장이 일어나 졸 상태로 존재하게 된다. 이 두 개의 반응 메커니즘은 서로 경쟁적이며, 용액의 pH에 크게 의존하게 된다.

용액의 pH가 코팅된 필름의 특성에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 Fig. 5는 GPS/Silica 질량 분율인 R값이 0.1, 0.2, 0.33인 세 조건 하에서 각기 제조된 용액의 pH 변화에 따른 필름의 접촉 각 변화를 살펴본 그림이다. 세 경우 모두 용액의 pH가 강산성인 경우(pH 1, 2, 3)가 용액의 pH가 약산성, 중성, 염기성의 경우(pH 4, 5, 6, 7, 8, 9.6)보다 낮은 접촉 각을 보여 코팅된 필름이 더욱 친수성을 알 수 있다. 또한 필름의 접촉 각이 용액의 pH에 의존하는 정도는 GPS의 첨가량이 많은 경우인 R=0.2, 0.33일 때가 GPS의 첨가량이 적은 R=0.1의 경우보다 훨씬 더 큼을 알 수 있다. 이러한 현상은 일정한 GPS의 첨가량 조건에서 용액의 pH 변화에 따른 코팅용액 내에서 가수분해된 GPS의 흡착반응과 축합반응의 차이에 기인한다고 사료된다. Fig. 5에서 용액의 pH가 산성인 경우는 코팅 용액내에서 가수분해된 GPS가 silica 입자와의 흡착반응이 선호되며, 그 결과 친수성을 갖게 하는 silica 입자가 PET 필름 표면에 고르게 코팅되어, 필름 표면에 코팅된 silica 입자에 의해 친수성이 좋아져 낮은 접촉 각을 보이게 된다. Fig. 6은 Fig. 7에서 3,000배의 배율로 분석한 필름 표면에 코팅된 silica 입자를 관찰하기 위해 100,000배의 고배율로 분석한 결과이다. 그림에 나타난 바와 같이 pH 2의 산성조건에서 제조된 silica 입자는 GPS의 흡착에 의해 반응전보다 입자직경이 증가하였다. 반면 용액의 pH가 염기성으로 갈수록 산성분위기와는 상대적으로 가수분해된 GPS 상호간 축합 반응이 선호되어 PET 필름에 코팅 되는 silica 입자가 산성조건에서 코팅된 필름과 비교하여 분균일하게 코팅되기 때문에, 필름 표면의 친수성이 좋아지지 않으므로 접촉 각이 커지는 경향을 보이게 된다[11, 12]. 또한 pH 9.6의 염기성 조건에서 반응전과 반응후의 입자직경의 변화는 반응전의 silica 입자와 비교하여 거의 차이를 보이지 않았다.

Fig. 7은 R값이 0.2의 조건으로 제조된 후, 용액의 pH를 2에서 9.6의 범위로 다양하게 변화시켜 합성된 용액을 PET 필름 위에 코팅하여 얻어진 필름 표면의 미세구조를 3,000배의 배율로 관측한 SEM 결과로써 모두 코팅 표면의 미세구조가 용액의 pH에 크게 의존함을 알 수 있다. 용액의 pH가 2, 4의 산성 조건에서 제조된 필름의 미세구조는 균열이

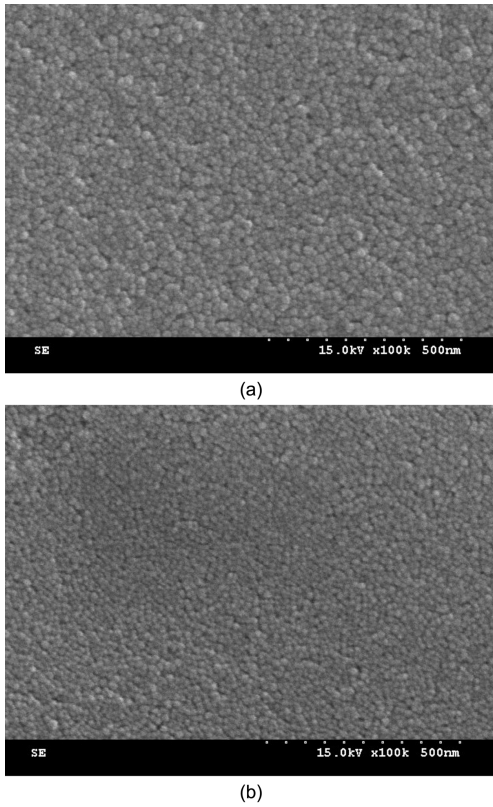


Fig. 6. SEM photomicrographs of the surfaces of coatings prepared from (a) solution pH 2, (b) solution pH 9.6 with a constant amount of GPS(R=0.2) $\times 100,000$.

없는 매끈한 미세구조를 보인 반면, 용액의 pH가 6, 8, 9.6으로 중성이나 염기성 조건으로 제조된 필름의 미세구조는 크게 균열이 있는 것을 알 수 있다. 이것은 용액의 pH가 중성이나 염기성 분위기에서는 위에서 언급한 바와 같이 가수분해된 GPS가 자기들끼리의 중축합 반응이 선호되며, 실리카 표면 위에 흡착이 일어나지 않는 현상으로 설명된다[11, 12]. 따라서 이 조건에서 첨가된 GPS는 실리카 입자의 표면 위에 흡착이 일어나지 못하므로 코팅필름의 결합력을 향상시키는데 도움이 되지 못하며, 코팅된 필름의 건조 및 경화 시 발생하는 모세관력에 의해 균열이 발생하게 된다. 반면에 용액의 pH가 강산성인 경우에는 가수분해된 GPS는 분자상호간의 중축합 보다는 실리카 표면 위의 흡착이 선호되므로, 기재인 PET 필름과 실리카 입자들 사이의 화학적 결합이 강화되어 건조나 경화시 발생하는 모세관력에 충분히 견디 균열이 없는 미세구조를 보이게 된다[12].

투명 플라스틱에 무직제를 코팅하였을 경우 코팅제에 의해 코팅된 필름의 가시광선 투과율이 떨어지는 경우가 있으며, 이는 농업용 필름으로 사용하기에는 부적합하다. 그러나 줄-겔법의 가장 큰 장점 중의 하나가 바로 투명성이다. 이는 분산상들이 nm 수준으로 분산되어 있기 때문에 빛을 산란시키지 않아 높은 투명성을 나타내기 때문이다[1].

Fig. 8은 R값이 0.2인 조건 하에서 용액의 pH를 변화시켰을 때, 용액의 pH 변화에 따른 필름의 투과율 변화를 살펴본 그림이다. 그림에서 나타내는 바와 같이 용액의 pH가 2, 4로 산성 조건으로 제조된 경우에는 필름의 투명성은 코팅 후에도 감소되지 않고, 오히려 가시광선 영역에서의 투과도가 향상되었다. 반면에 용액의 pH가 9.6으로 염기성 조건에서 제조된 경우에는 가시광선 영역의 투과도는 코팅되지 않은 PET 필름보다도 낮은 값을 보여 농업용 필름으로 적합하지 않음을 알 수 있다. 이는 Fig. 7의 SEM 사진에서 나타났듯이 염기성 조건으로 제조 시에는 코팅 표면에 균열이 발생하며, 이에 의해 빛이

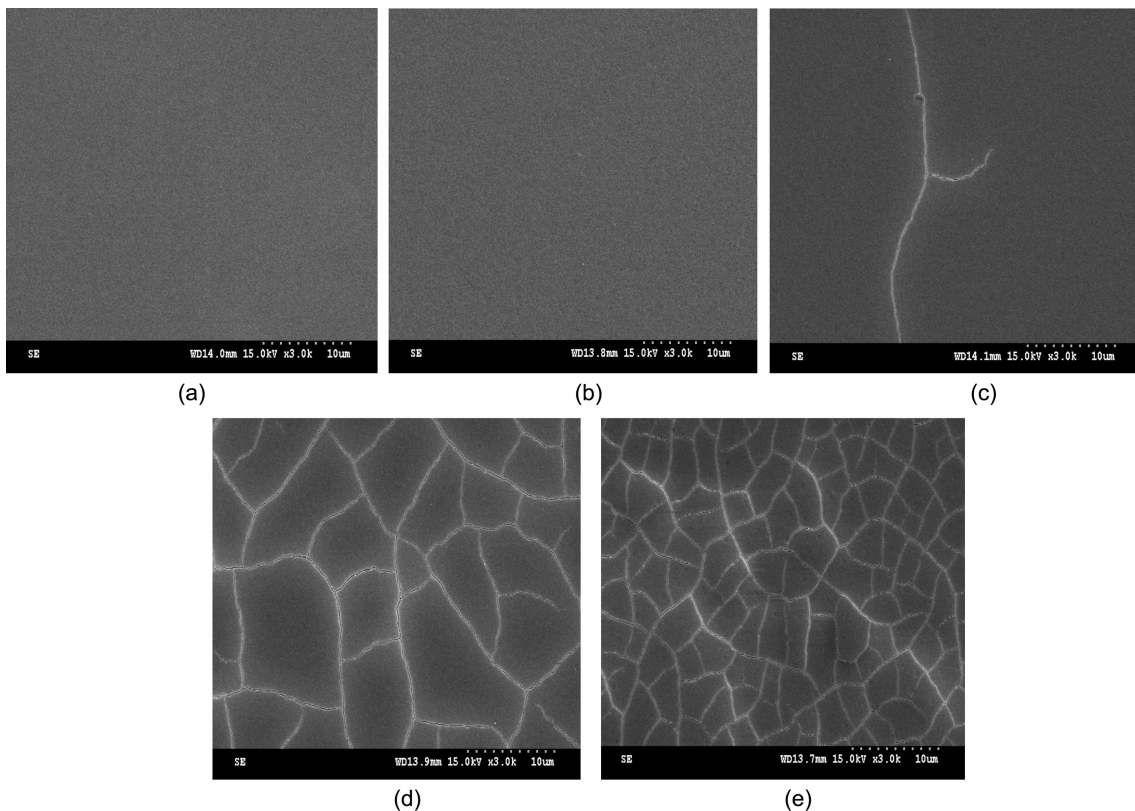


Fig. 7. SEM photomicrographs of the surfaces of coatings prepared from (a) solution pH 2, (b) solution pH 4, (c) solution pH 6, (d) solution pH 8 and (e) solution pH 9.6 with a constant amount of GPS(R=0.2).

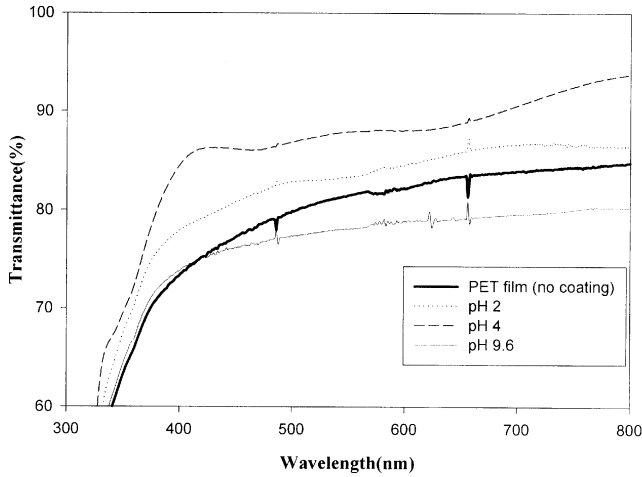


Fig. 8. Transmission of UV-Visible light on coatings prepared from different solution pH conditions at a constant GPS amount ($R=0.2$) $\times 3,000$.

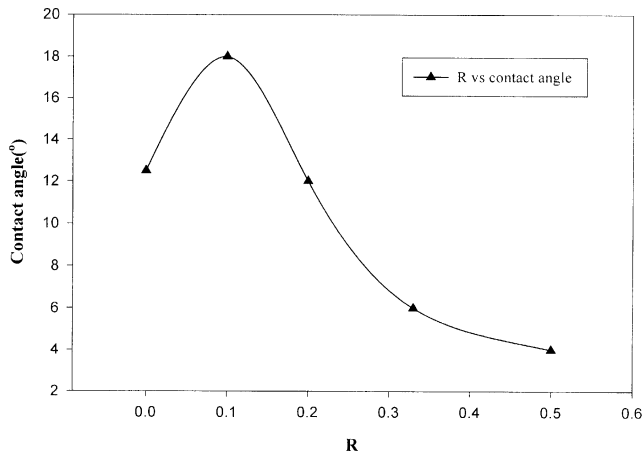


Fig. 9. Change of contact angles of the films prepared with different amounts of GPS at constant pH condition (pH 2).

산란되기 때문이다.

3-2. GPS의 함유량이 필름의 특성에 미치는 영향

본 절에서는 일정 pH 조건 하에서 GPS 함유량의 변화가 필름의 물성에 미치는 영향을 살펴보았다. Fig. 9는 pH 2의 일정 조건 하에서 GPS의 첨가 양을 달리 하여 제조된 용액으로 코팅된 PET 필름의 접촉 각 변화를 살펴 본 그림이다. GPS가 전혀 첨가되지 않았을 경우인 R값이 0인 경우에는 필름의 접촉 각은 12.5° 를 보이다가 GPS가 소량 첨가된 R값이 0.1일 때는 접촉 각은 증가하여 18° 를 보이게 된다. 그 후 계속 GPS의 첨가량이 증가하게 되면 필름의 접촉 각은 감소하여 0.5의 R값에서는 4° 의 낮은 접촉 각을 보이게 된다. 이는 필름의 친수성이 GPS의 첨가량에 크게 의존함을 의미한다.

한편 Fig. 10은 pH 4의 일정 조건 하에서 GPS의 첨가량의 변화에 따른 필름의 접촉 각의 변화를 나타내고 있다. GPS의 첨가량이 증가할수록 필름의 접촉 각은 증가하고 필름이 물에 잘 젖지 않음을 알 수 있다. 이러한 현상은 GPS의 양이 증가될수록 콜로이드 실리카 표면에 GPS의 흡착이 많이 일어나 콜로이드 실리카 표면의 자유 실라놀기의 갯수가 적어져 친수성이 나빠지는 현상으로 설명이 가능하다.

Fig. 11은 pH 2의 일정 조건에서 GPS의 첨가량의 변화에 따라 제조

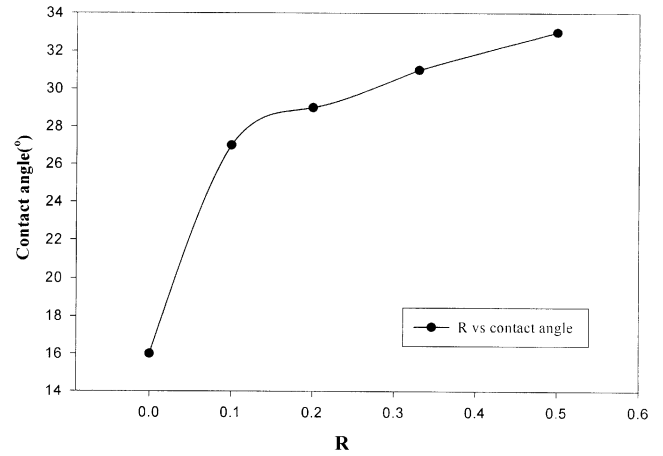


Fig. 10. Change of contact angles of the films prepared with different amounts of GPS at constant pH condition (pH 4).

된 필름의 미세구조를 3,000배의 배율로 관찰한 SEM 분석 결과이다. GPS가 전혀 첨가되지 않은 R값이 0인 경우, 필름의 미세구조는 균열이 많이 발생하였지만, GPS가 첨가된 필름의 미세구조는 균열이 발생되지 않은 치밀한 구조를 보여주고 있다. 이러한 결과는 용액 내에서의 GPS의 역할을 설명해 주는 것으로, GPS가 첨가되면 필름 위에 코팅되어 있는 콜로이드 실리카 입자 위에 흡착이 일어나 기재인 PET 필름과 실리카 입자 사이의 화학적 결합을 견고히 해줘 건조 및 경화 공정에서의 액체 용매의 증발에 의해 기인되는 모세관력에 의한 필름 표면의 균열 현상을 방지하게 된다.

4. 결 론

콜로이드 실리카 입자 표면에서 실란 커플링제인 GPS의 흡착 현상을 이용하여 새로운 유기-무기 혼성 코팅용액을 졸-겔법에 의해 성공적으로 합성하였다. 합성된 코팅제를 기재인 PET 필름 위에 담금 코팅하여 얻어진 코팅 필름의 친수성, 표면의 미세구조 및 투명성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 코팅 용액의 pH 2의 강산성으로 제조된 경우가 코팅 용액의 pH가 약산성, 중성, 염기성으로 제조된 경우 보다 낮은 접촉 각을 보여 pH 2의 산성 조건에서 코팅된 필름이 더욱 큰 친수성을 보였다. 필름의 접촉 각이 용액의 pH에 의존하는 정도는 GPS의 첨가량이 많은 경우인 R값이 0.2, 0.33인 경우가 적은 R값인 0.1의 경우보다 훨씬 더 큰 경향을 보였다.

(2) 코팅된 필름 표면의 미세구조는 합성된 용액의 pH에 크게 의존하였다. 용액의 pH가 2, 4의 산성 조건에서 제조된 필름의 미세구조는 균열이 없는 매끈한 미세구조를 보인 반면, 용액의 pH가 6, 8, 9.6으로 중성이나 염기성 조건으로 제조된 필름의 미세구조는 크게 균열이 있는 구조를 보였다. 이것은 용액의 pH가 중성이나 염기성 분위기에서는 가수분해된 GPS가 분자상호간의 중축합 반응이 선호되며, 실리카 표면 위에 흡착이 일어나지 않는 현상으로 설명된다.

(3) 용액의 pH 변화에 따른 필름의 가시광선 투과율 변화를 살펴본 결과, 용액의 pH가 2, 4로 산성 조건으로 제조된 경우에는 코팅 필름의 투과도는 코팅 후에도 감소되지 않고 오히려 투과도가 향상되었다. 반면에 용액의 pH가 9.6으로 염기성 조건에서 제조된 경우에는 가시광선 영역의 투과도는 코팅되지 않은 PET 필름보다도 낮은 값을 보였다.

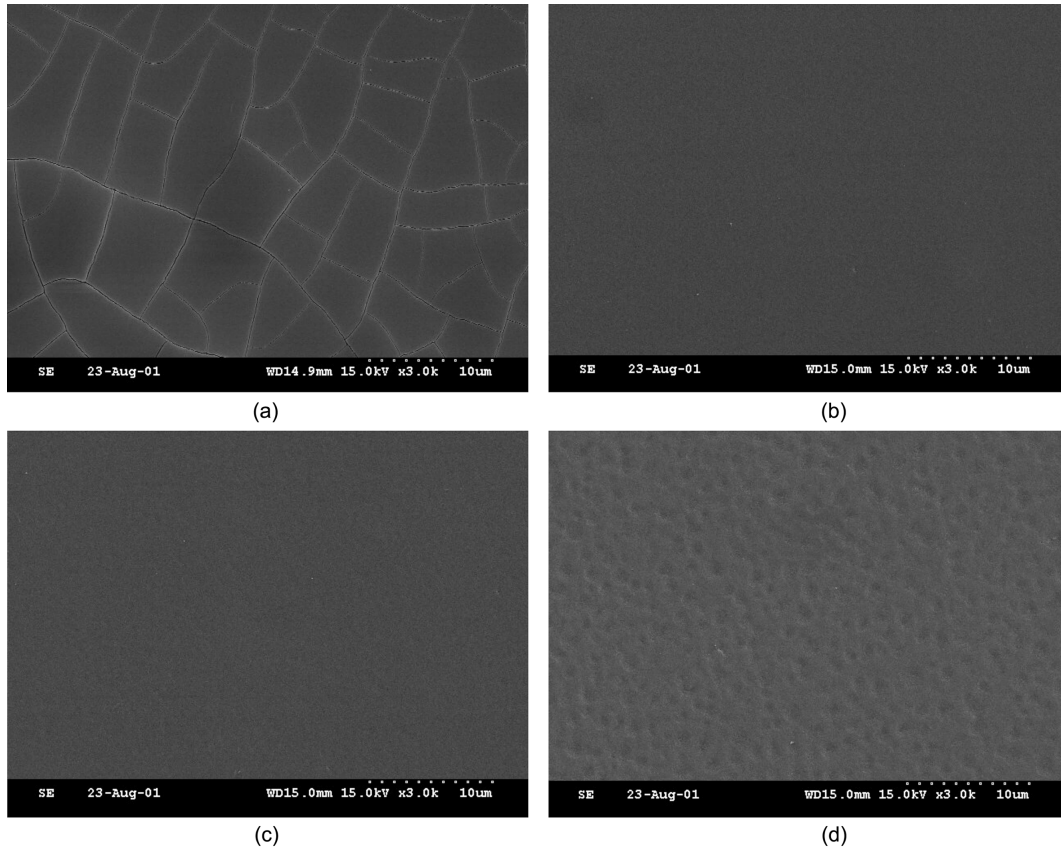


Fig. 11. SEM photomicrographs of the surfaces of coatings prepared with pH 2 condition and added with different amounts of GPS; (a) R=0, (b) R=0.1, (c) R=0.33 and (d) R=0.5.

감 사

본 연구는 고려대학교 한국과학재단(KOSEF)유변 공정 연구센터(ARC)와 산학협력연구(2000-30700-001-1)의 연구 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Brinker, J. C. and Scherer, G. W.: "Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing," Academic Press(1990).
2. Park, D. K.: *Polymer Sci. and Tech.*, **8**, 248(1997).
3. Brinker, J. C.: *J. Non-Cryst. Solids*, **100**, 31(1988).
4. Brinker, J. C., Keefer, K. D. and Ashley, C. S.: *J. Non-Cryst. Solids*, **48**, 47(1982).
5. Brinker, J. C., Keefer, K. D. and Ashley, C. S.: *J. Non-Cryst. Solids*, **63**, 45(1984).
6. Cha, J. K.: MS. Dissertation, KAIST, Daejeon, Korea(2000).
7. Schmidt, H.: *J. Sol-Gel Sci. Tech.*, **1**, 217(1994).
8. Park, J. O.: *Polymer Sci. and Tech.*, **8**, 261(1997).
9. Noell, W. J. L., Wilkes, L. G., Mohanty, K. D. and Mcgrath, K. D.: *J. Appl. Polym. Sci.*, **40**, 1177(1990).
10. Kasemann, R. and Schmidt, H.: *New J. Chem.*, **18**, 1117(1994).
11. Pohl, R. E. and Osterholtz, D. F.: "Molecular Characterization of Composite Interfaces," Plenum Press, New York(1985).
12. Morrow, A. B. and McFalan, S. J.: *Langmuir*, **7**, 1695(1991).