

트리포스포러스 변성폴리에스테르 함유 PU 난연도료의 도막물성

강영구 · 김지현 · 함현식 · 박홍수[†] · 근장현*

명지대학교 공과대학 화학공학과

*경기도 용인시 수지고등학교

(2008년 2월 15일 접수 ; 2008년 6월 4일 채택)

Physical Properties of Synthetic PU Flame-Retardant Coatings Containing Triphosphorus Modified Polyesters

Young-Gu Kang · Ji-Hyun Kim · Hyun-Sik Hahm · Hong-Soo Park[†]
Jang-Hyoun Keun*

Department of Chemical Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea

**Suji High School, Youngin 448-171, Korea*

(Received February 15, 2008 ; Accepted June 4, 2008)

Abstract : The flame-retardant coatings were prepared by blending the synthesized triphosphorus modified polyester in the previous paper and hexamethylene diisocyanate-trimer and curing it at room temperature. The characterization of the films of the prepared coatings was performed. It was confirmed that no deterioration of physical properties of PU coatings was observed with the increasing phenylphosphonic acid (PPA) contents. Flame retardancy was tested by a 45° Meckel burner method and LOI method. With the 45° Meckel burner method, CATBTP-20C and CATBTP-30C that contain 20 wt% and 30 wt% of PPA, flame retarding component, respectively, showed the first grade flame retardancy with 2.8~3.9 cm of char length ; and, with LOI method, they exhibited a good flame retardancy as a range of 30~32% of combustion values.

Keywords : PU coatings, flame retardancy, Meckel burner method, LOI method.

1. 서론

폴리우레탄 (PU) 도료는 1947년 독일의 Bayer사에서 세계 최초로 공업화한 이래로 발전을 거듭하며 많은 연구가 이루어져 오늘날에

는 1성분계[1]와 2성분계[2]로 대분류되고 있다. 최근에는 촉매경화형과 폴리올경화형으로 구분되는 2성분계 도료가 많이 사용되고 있는데, 그 중에서도 폴리올경화형 도료가 각광을 받고 있다. 이는 2성분계 폴리올경화형 도료가 상온에서 폴리올과 이소시아네이트가 쉽게 반응하여 강인한 3차원 망상구조를 형성하여 타의 PU 도료보다 우수한 물성을 제시하기 때문이다[3].

[†]주저자 (e-mail : hongsu@mju.ac.kr)

저자들은 전보[4]에서 난연도료용 트리포스포러스 함유 변성폴리에스테르를 합성하여 합성물의 최적반응 조건, 구조확인 및 TGA에 의한 열분석으로 난연도료용으로서의 사용가능성을 타진한 바 있다. 전보에서 합성된 폴리올형 난연화 에스테르는 인계 난연성분을 도입한 것인데, 폴리머 1개의 구조 단위 속에 3개의 인기를 도입하여 강력한 난연효과를 부여한 것이 특징이다.

무독성인 인계 난연도료에 관한 연구동향을 열거하면, Weil과 McSwigan[5]는 인산의 멜라민염을 수지류와 블렌드하여 난연도료를 제조하였으며, Blount[6]는 에틸렌글리콜 등의 폴리올, 인산 및 2개 이상의 라디칼을 갖는 이소시아네이트를 중합시켜 도료용 난연성 PU 발포 제품을 얻었다. 또한 저자들 [7-10]은 폴리머 1개의 구조단위 속에 1~2개의 인기를 함유한 난연화 변성폴리에스테르를 합성한 후, 이를 이소시아네이트 경화제로 경화시켜 인계 난연도료를 제조하여 그 도막특성을 알아보았다. 그러나 위에서 언급한 바와 같이 폴리머 1개의 구조단위 속에 3개의 인기를 도입하여 좀 더 많은 난연성분을 보유한 PU계 난연도료를 제조한 사례는 지금까지 밝혀진 바 없다.

따라서 본 연구에서는 전보[4]에서 합성된 트리포스포러스 변성폴리에스테르 프리폴리머를 이소시아네이트인 hexamethylene diisocyanate-trimer와 상온경화시켜 PU 난연도료를 제조하였다. 제조된 난연도료로서 도막을 제작한 후 도막물성을 난연도료와 비난연도료를 비교하여 물성변화를 측정하였으며, 난연성은 45° Meckel burner법과 산소지수(LOI)법 시험을 실시하여 그의 난연효과를 조사하였다.

2. 실험

2.1. 시약

전보[4]에서 합성된 트리포스포러스 변성폴리에스테르(ATBTP-10C, -20C, -30C) 정제품[Table 1]을 그대로 사용하였다. 경화제는 이소시아네이트인 hexamethylene diisocyanate-trimer(HDI-trimer) [Leverkusen사, Desmodur N-3600, 고형분 함량 100%, NCO 함량 23.0%, 점도(23°C) 약 1200 mPa·s], 백색 안료는 TiO₂ [British Titan Product사], UV흡

수제는 Tinuvin-384 [Ciba-Geigy사], UV안정제는 Tinuvin-292 [Ciba-Geigy사], 분산제는 Byk-320 [Byk-Chemie사], 소포제는 Byk-066 [Byk-Chemie사], 플로우개량제는 Dow Corning-11 [Dow Chemical사], 경화 촉진제는 dibutyltindilaurate [송원산업(주)]를 각각 사용하였다.

2.2. 난연도료의 제조

2성분계 PU 난연도료는 전보에서 합성한 트리포스포러스 변성폴리에스테르 프리폴리머인 ATBTP류와 이소시아네이트인 HDI-trimer인 N-3600을 혼합하여 제조하였는데, 그의 상세한 배합비를 Table 2에 나타내었다. 난연도료의 제조는 트리포스포러스 변성폴리에스테르 수지용액 279.9 g과 HDI-trimer 수지 경화용액 117.9 g을 혼합하여 만들었는데, ATBTP-10C/HDI-trimer, ATBTP-20C/HDI-trimer, ATBTP-30C/HDI-trimer로 제조된 2성분계 PU 난연도료를 CATBTP-10C, CATBTP-20C, CATBTP-30C로 각각 명칭을 정하였고, 공시험인 ATBT/HDI-trimer인 경우는 명칭을 CATBT로 하였다.

2.3. 난연도료의 물성시험

PU계 난연도료의 물성시험은 먼저 시편을 제작한 후, 시편 도막으로서 물성을 측정하였다. 시편은 3종을 채택하였는데, 냉간압연강판(KS D 3512)을 사용할 때는 KS M 5000-1111의 도료 시험용 철판의 제작방법에 의거하여, 주석판(KS D 3516)을 사용할 때는 KS M 5000-1112의 도료 시험용 주석판 조제방법에 따라서, 또한 유리판을 사용할 때는 규격을 200×150×5 mm로 맞추고 도포와 건조방법은 주석판과 냉간압연강판 조건시[7]와 동일하게 하였다.

물성시험 방법 중 점도측정은 Krebs-Stormer viscometer (Pacific Scientific사, serial 80328형)로서, 연필경도는 Pencil hardness tester (Yasuda Seiki Seisakusho, serial 4664형)로서, 60° 경면광택도 측정은 KS M 5000-3312의 도료의 60° 경면광택도 시험방법으로서, 내충격성은 JIS K 5400의 도료의 충격강도 시험방법(6, B, 3B)에 따라서 행하였는데 도막의 칠한 부분이 위로 오게하여 직접 분통을 떨어뜨리는 direct법과 도막의 칠하지 않은

Table 1. Polycondensation Conditions and Yields for ATBT and ATBTPs

| Products | Materials | | | | | Reactions | | | Dehyd- ration (mL) | Yield (%) |
|-----------|------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------|
| | AA ^a (g) | TMP ^b (g) | 1,4-BD ^c (g) | TBOP ^d (g) | PPA ^e (g) | Toluene (g) | Temp (°C) | Time (hr) | | |
| ATBT | 200.3 | 209.5 | 69.8 | 97.8 | — | 20 | 100~150 | 4.1 | 76.3 | 80 |
| ATBTP-10C | 151.9 | 208.2 | 69.4 | 97.2 | 50.0 | 20 | 100~150 | 4.2 | 75.7 | 83 |
| ATBTP-20C | 103.6 | 206.9 | 69.0 | 96.6 | 100.0 | 20 | 100~150 | 4.2 | 75.1 | 85 |
| ATBTP-30C | 55.3 | 205.6 | 68.5 | 95.9 | 150.0 | 20 | 100~150 | 4.3 | 74.9 | 86 |

^aAA : Adipic acid, ^bTMP : Trimethylolpropane, ^c1,4-BD : 1,4-Butanediol,

^dTBOP : Tetramethylene bis(orthophosphate), ^ePPA : Phenylphosphonic acid.

부분이 위로 오게하여 간접적으로 분통을 떨어 뜨리는 reverse법의 2가지 방법을 채택하였다. 접착력은 시편을 주석판(KS D 3516)으로 제작하여 도료의 접착력 시험법으로서, 굴곡성은 KS M 5000-3331의 도료의 굴곡성 시험방법에 의거하여, 가사시간 측정은 앞의 점도 측정시와 동일한 방법으로 하여 점도가 최고값인 140KU에 도달하면 경화가 일어난 것으로 판정하였다. 또한 촉진내후성 측정은 Sunshine weather-Ometer (SWO, Atlas Electric Devices사, Ci 65A)로서, 역시 촉진내후성에 속하며 SWO보다 더욱 가혹한 조건인 QUV (Q-ultraviolet) 시험은 QUV accelerated weathering tester (Q-Panel사)를 사용하여 측정하였다.

Table 2. Preparation of flame-retardant coating using Triphosphorus containing modified polyester/HDI-trimer

| Part A (resin solution) | Pbw |
|-------------------------|------|
| modified polyester | 100 |
| Tinuvin-384 | 1.0 |
| Tinuvin-292 | 0.5 |
| TiO ₂ | 83.5 |
| Byk-320 | 3.6 |
| Byk-066 | 0.6 |
| Dow Corning-11 | 1.2 |
| dibuthyltindilaurate | 1.0 |
| ethyl acetate | 29.5 |
| cellosolve acetate | 29.5 |
| butyl acetate | 29.5 |
| Part B (cure solution) | Pbw |
| HDI-trimer | 83.9 |
| cellosolve acetate | 17.0 |
| xylene | 17.0 |

2.4. 도료의 난연성시험

2.4.1. 45° Meckel Burner법

난연성 시험인 45° Meckel Burner법은 JIS Z-2150에 의거하여 측정하였는데[11], 각종 직물에 대한 난연가공 실험조건은 다음과 같다.

아크릴 직물의 난연가공 순서는 먼저 경화전

의 도료인 CATBTP-10C, -20C, -30C를 용매인 메탄올로서 해당 농도를 맞추어 조제된 CATBTP-10C, -20C, -30C wt%의 용액을 각각 취하였다. 시료는 정련한 아크릴 직물 [100%, 한일합섬(주)의 Ne 2/36으로 제직]을 택하여 1 dip, 1 nip padding하여 wet pick-up[12]을 80%로 조절하였다. 이들 처리 시료는 100°C에서 5분간 경화시켜서 물성측정용 시료로 사용하였다.

나일론 직물의 난연가공은 정련한 나일론 테피터[동양나일론(주)의 70D/24F]에 처리하였는데, 용액의 조성 및 처리조건은 앞의 아크릴 직물시와 같은 조건으로 하였다.

폴리에스테르 직물의 난연가공은 정련한 폴리에스테르 테피터[삼영직물(주)의 75D/24F]에 처리하였는데, 용액의 조성, wet pick-up 및 경화조건을 나일론 직물 시험때와 동일한 조건으로 하였다.

2.4.2. 산소지수법

산소지수(limiting oxygen index : LOI) 법에 의한 난연성 평가는 ISO 4589의 시험방법[13]에 따라 측정하였는데, 투명한 통 안에 산소와 질소의 혼합가스를 일정하게 유지하고 수직으로 시편(시편 크기 6.5×145×3 mm)을 장착하여 위쪽을 점화시켜 불이 타들어 가는 산소의 최저농도를 구하는 방법으로 일본 SUGA시험기(주)의 연소성 시험기(ON-1형)를 사용하여 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

전보[4]에서 PU 난연도료용 트리포스포르스 변성폴리에스테르를 합성했는데 (Table 1), Table 1에서 디포스포르스 변성폴리에스테르인 ATBT는 공시험용이었고, ATBTP-10C, -20C, -30C는 난연성분인 phenylphosphonic acid (PPA)의 양을 10, 20, 30wt%로 변화시켜 얻은 5원공중합체이다. 얻어진 생성물들의 합성구조식, 합성물의 구조확인, 분자량 및 TGA에 의한 열분석 거동 등을 전보에서 이미 제시한 바 있다.

한편 본 연구에서는 전보에서 합성된 ATBTP류와 HDI-trimer 경화제를 블렌드하여 상온경화시켜 PU 도료인 CATBTP류를 제조하

였는데, 고형분 66.8%, 안료/수지 비율 32.1/68.8 및 NCO/OH 당량비는 1.2의 조건을 택하였다.

3.1. ATBTP/HDI-trimer의 가교반응 고찰

2성분계 PU계 난연도료는 수지용액과 수지 경화용액으로 이루어진다. 수지용액의 주성분은 인계 변성폴리에스테르 폴리올이고 수지 경화용액의 주성분은 이소시아네이트인데, 이 2가지의 물질이 상온경화에 의해 다관능성기에 의한 가교결합을 이룬 후 오랜 시간이 경과되면서 망상구조화하는 것이다[14].

Fig. 1은 ATBTP와 HDI-trimer에 의한 가교결합 메커니즘을 나타낸 것인데, ATBTP의 OH기와 HDI-trimer의 NCO기에 의한 우레탄결합을 이루면서 가교결합이 형성되는 것이다. 이렇게 하여 얻어진 PU계의 도막은 타의 도료도막 등에 비하여 우수한 성능을 발휘하는데, 우레탄 특유의 내후성, 밀착성 및 전기특성 등의 물성이 향상되고 고도의 내약품성과 내마모성을 보유하게 되는 것이다.

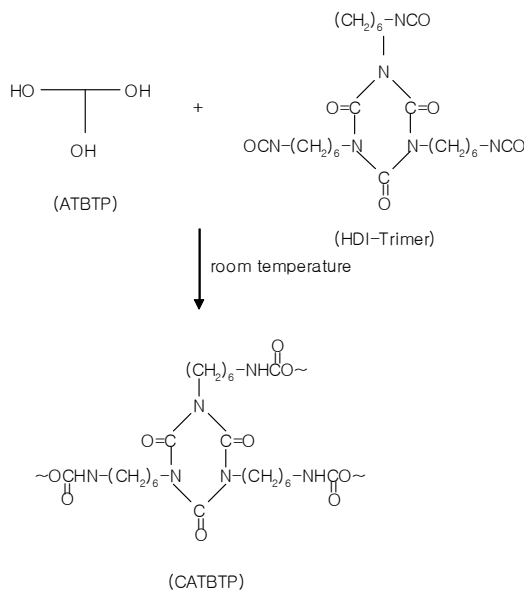


Fig. 1. Reaction scheme for preparation of polyurethane by ATBTP and hexamethylene diisocyanate trimer.

3.2. 난연도료의 물성변화

트리포스포러스 변성폴리에스테르에 경화제로 HDI-trimer를 혼합하고 Table 2의 기타 약제를 배합하여 상온경화시켜 도막시편을 제작한 후, 공시험의 난연도막인 CATBT와 PPA 성분을 변화시킨 난연도막인 CATBTP-10C, -20C, -30C의 물성측정을 통하여 도막물성을 서로 비교해 보았다.

Table 3에 물성시험 결과를 표시했는데, 점도(적정선 70KU)는 공시험인 CATBT에 비해 CATBTP류 쪽의 수치가 낮게 나타나 난연성분인 PPA가 많이 함유될수록 점차 점도가 떨어지는 경향을 보였다. 연필경도(H이상 양호)는 등급이 5B로서 모두가 극히 무르게(softness) 나타났으며, 60° 경면광택도(90이상 양호)는 CATBTP-10C를 제외하고는 모두가 비교적 양호한 수치를 보여주었다. 굴곡성과 접착력(90이상 양호)은 모두가 우수하게, 가사시간(4시간 이상 양호)은 모두가 불량하게, 충격강도는 CATBT를 제외하고는 모두가 나쁘게 각각 나타났다. 한편 촉진내후성 시험에 속하는 SWO 시험에서 색차와 명도지수차 값은 우수하게 나타났으나 gloss retention과 황변도 값은 양호에서 불량한 사이의 값을 각각 보여주었다. 또한 SWO 시험 때 보다 좀 더 가혹한 시험조건인 QUV 시험에서는 위의 SWO 시험 때 보다 모든 수치가 점차 저하되는 경향을 나타내었다.

이상의 모든 물성 측정값들을 비교 검토한 결과 난연성분인 PPA 함량이 증가함에 따른 도막의 물성저하 현상이 뚜렷이 나타나지 않음을 알 수 있었다.

3.3. PU 도료의 난연성 검토

일반적으로 난연성 도료는 자기소화성 도료에 속하는데, 성분상으로 할로겐계와 인계가 가장 많이 사용되고 있다.

난연성 도료에서 할로겐 성분은 분해가스가 연소되는 유연연소 과정[15]을 억제시켜 방화작용을 하며[16], 무독성인 인 성분은 가연성 물질이 열분해될 시에 발생하는 분해가스와 분해잔유물 중에서 분해잔유물과 무연연소 과정[15]을 억제하는 것으로 알려져 있다[17].

특히 인 화합물은 연소시에 도막으로부터 산소와 수소를 탈취하여 인산, 메타인산, 폴리메타인산의 생성과정을 거쳐 도막 표면에 산피막을 형성하여 탄화와 함께 열과 산소를 차단하

Table 3. Physical Properties of two-Component Polyurethane Flame-Retardant Coatings

| Tests | CATBT | CATBTP-10C | CATBTP-20C | CATBTP-30C |
|--|-------|------------|------------|------------|
| Viscosity (KU) | 91 | 67 | 60 | 60 |
| Pencil hardness | 5B | 5B | 5B | 5B |
| 60°C Specular gloss | 87 | 72 | 82 | 91 |
| Flexibility (1/8 inch) | good | good | good | good |
| Cross-hatch adhesion (%) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Pot-life (min) | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Impact resistance (30cm/500g) | | | | |
| direct | good | poor | poor | poor |
| reverse | good | poor | poor | poor |
| Accelerated weathering resistance | | | | |
| SWO (120hr) | | | | |
| gloss retention (%) | 94.2 | 62.5 | 61.0 | 60.4 |
| color difference (ΔE) | 0.48 | 0.70 | 0.88 | 0.97 |
| yellowness index (ΔN) | -0.29 | -0.21 | -0.40 | -0.14 |
| lightness index difference (ΔL) | -0.32 | -0.64 | -0.79 | -0.96 |
| QUV (120hr) | | | | |
| gloss retention (%) | 9.9 | 17.4 | 5.6 | 2.0 |
| color difference (ΔE) | 0.56 | 3.74 | 6.13 | 7.80 |
| yellowness index (ΔN) | +0.1 | +3.23 | +5.13 | +5.76 |
| lightness index difference (ΔL) | -0.55 | -1.73 | -3.25 | -5.21 |

는 역할을 하는 것이다[18]. 따라서 인 화합물은 방염(afterflaming)과 잔진의 2가지 효능을 동시에 발휘함으로써 낮은 농도로서 탁월한 난연효과를 얻게 되는 것이다.

난연성 시험을 위한 45° Meckel burner법 (JIS Z-2150)에서는 탄화장(char length)의 시험법을 택하였는데, 각종 직물에 대한 난연가공 실험조건은 다음과 같다.

아크릴 직물의 난연가공 순서는 먼저 경화전의 도료인 CATBTP류를 용매인 메탄올로서 해당 농도를 맞추어 조제된 CATBTP 10, 20, 30 wt%의 오일용액을 각각 취하였다. 시료는 정련한 아크릴 직물[100%, Ne 2/36으로 제작]을 택

하여 1 dip, 1 nip padding하여 wet pick-up을 80%로 조절하였다. 이들 처리시료는 100°C에서 5분간 경화시켜서 물성측정용 시료로 사용하였다.

나일론 직물의 난연가공은 정련한 나일론 태피터(70D/24F)에 처리하였는데, 용액의 조성과 처리조건은 앞의 아크릴 직물시와 같게 하여 wet pick-up이 60%가 되도록 하였으며, 경화조건도 아크릴 직물시와 같은 조건으로 하였다.

폴리에스테르 직물의 난연가공은 정련한 폴리에스테르 태피터(75D/24F)에 처리하였는데, 용액의 조성, wet pick-up 및 경화조건을 나일론 직물시와 동일한 조건으로 하였다.

위의 조건으로 탄화장을 측정한 결과를 Table 4~6에 각각 나타내었다. 탄화장 시험중 아크릴 직물의 난연성에서는 난연도료 농도 20 wt%와 30 wt%에서 탄화길이가 3.9 cm이하이고 잔염과 잔진이 1초이하로 나타나 난연 1급에 해당되어 아크릴 직물에 양호한 난연성을 나타내었다. 나일론 테피터와 폴리에스테르 테피터에서는 난연수치가 대체로 아크릴 직물일 때와 거의 비슷한 경향을 보임으로써 상당한 난연효과를 발휘하였다.

또한 PU 도료의 난연성을 또 하나의 난연성 시험법인 LOI법에 의해 난연효과를 살펴보았다. Fig. 2는 PPA 함량에 따른 LOI 값을 도표로서 표시한 것인데, PPA 함량 0~30 wt%로

증가함에 따라 LOI값은 25~32%의 값을 나타내었다. 따라서 PPA 함량 20 wt% 이상에서는 30~32%의 LOI값을 얻어 매우 양호한 난연효과를 나타냄을 알 수 있었다. 단 Fig. 2에서 PPA 성분이 0인 경우에도 LOI값이 25%로 높아진 것은 디포스포러스 변성폴리에스테르 즉, 공시험인 ATBT속에 인 기가 다량 함유된 TBOP가 들어있기 때문인 것이다.

한편 전보[4]에서의 열적 안정성 내용과 본 실험의 연소성과의 연관성을 비교해 볼 때, Table 4~6 및 Fig. 2의 난연성 크기 순위와 열적거동에 있어서의 연소되지 않은 탄화층과 산피막 즉, 잔진의 양의 크기 순위가 서로 비례관계가 성립함이 밝혀졌다. 이러한 사실로 미루어

Table 4. Flame Retardancy of Acrylic Fabrics Treated with Synthesized Flame-Retardant Coatings

| Exp. No. | Concentration (wt%) | 45° Meckel burner method | | |
|------------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| | | Char length (cm) | Afterflaming ^a (sec) | Afterglow ^b (sec) |
| Untreated | — | BEL ^c | — | — |
| CATBTP-10C | 10 | 4.5 | 2.0 | 1.0 |
| CATBTP-20C | 20 | 3.9 | 0 | 0 |
| CATBTP-30C | 30 | 3.0 | 0 | 0 |

^a Burning time of sample with spark was measured from end time of heating flame.

^b Indicates combusting state without spark from end time of heating ; it was determined by observation after 1 min from the end time of heating.

^c Burned entire length.

Table 5. Flame Retardancy of Nylon Taffeta Treated with Synthesized Flame-Retardant Coatings

| Exp. No. | Concentration (wt%) | 45° Meckel burner method | | |
|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| | | Char length (cm) | Afterflaming ^a (sec) | Afterglow ^b (sec) |
| B-1 ^a | — | 8.8 | 0 | 0 |
| B-2 ^b | — | BEL ^c | — | — |
| CATBTP-10C | 10 | 3.5 | 0 | 0 |
| CATBTP-20C | 20 | 3.2 | 0 | 0 |
| CATBTP-30C | 30 | 3.0 | 0 | 0 |

^a Original fiber not treated with flame-retardant coating and resin.

^b Fiber treated with resin only.

Table 6. Flame Retardancy of Polyester Taffeta Treated with Synthesized Flame-Retardant Coatings

| Exp. No. | Concentration (wt%) | 45° Meckel burner method | | |
|------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| | | Char length (cm) | Afterflaming ^a (sec) | Afterglow ^b (sec) |
| B-1 ^a | — | 7.6 | 2 | 0 |
| B-2 ^b | — | BEL ^c | — | — |
| CATBTP-10C | 10 | 3.3 | 0 | 0 |
| CATBTP-20C | 20 | 3.0 | 0 | 0 |
| CATBTP-30C | 30 | 2.8 | 0 | 0 |

^a Original fiber not treated with flame-retardant coating and resin.

^b Fiber treated with resin only.

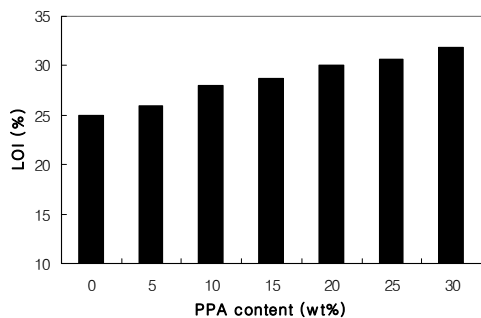


Fig. 2. Relationship between LOI and phenylphosphonic acid contents of modified polyester in the two-component polyurethane flame-retardant coatings.

잔진의 양이 증가할수록 위에서 언급한 열과 산소의 차단을 더욱 강하게 막아, 결국 좀 더 양호한 난연효과를 발휘함이 입증되었으며, 또한 위에서 언급한 연소이론 내용과도 잘 부합됨을 알 수 있었다.

4. 결론

전보에서 합성된 트리포스포러스 변성폴리에스테르 (ATBTP류)와 hexa-methylene diisocyanate-trimer를 상온경화시켜 도막시편 (CATBTP류)을 제작한 다음, 도막물성 및 난연성을 측정한 결과 다음의 결론을 얻었다.

도막물성 측정결과 점도와 연필경도는 다소 무르게 나타났고, 60° 경면광택도, 굴곡성 및 접착력은 양호한 결과를 보여주었으며, 가시시간과 충격강도는 불량하게 나타났다. 또한 촉진내후성에 속하는 SWO와 QUV 시험에서는 부분적으로 양호판정을 받았다. 난연성 측정결과 45° Meckel burner법에서 CATBTP류의 탄화장이 2.8 cm~4.5 cm로, LOI법에서는 28~32%의 높은 연소값을 나타냄으로서 CATBTP류 3종 모두가 아주 양호한 난연효과를 발휘하였다.

참고문헌

- H. E. Myer, Some Plain Talk about Polyurethane Coatings, *J. Prot. Coat. Linings*, **8**, 52 (1991).
- S. H. Shoemaker, Two-Component Isopolyester Urethane Coatings for Plastics, *J. Coat. Technol.*, **62**(787), 49 (1990).
- G. Oertel, "Polyurethane Handbook", 2nd ed., pp. 17-53, Hanser Pub., New York (1993).
- G. Y. Yoo, J. H. Kim, H. S. Park, and Y. G. Kim, Synthesis of Modified Polyesters Containing Triphosphorus for Flame-Retardant Coatings, *J. Kor. Oil Chem. Soc.*, **24**(3), 287 (2007).

5. E. Weil and B. McSwigan, Melamine Phosphate and Pyrophosphates in Flame Retardant Coatings, *J. Coat. Technol.*, **66**(839), 75 (1994).
6. D. H. Blount, "Flame-Retardant Polyurethane Foam Utilizing a Phosphorus Acid", U.S. Patent 5, 110, 840 (1992).
7. H. S. Park, S. Y. Kwon, K. J. Seo, W. B. Im, J. P. Wu, and S. K. Kim, Preparation and Physical Properties of Polyurethane Flame Retardant Coatings Using Phosphorus-Containing Lactone Modified Polyesters, *J. Coat. Technol.*, **71**(889), 59 (1999).
8. H. S. Park, D. W. Kim, K. H. Hwang, B. S. Yoon, J. P. Wu, J. W. Park, H. S. Hahm, and W. B. Im, Preparation and Characterization of Polyurethane Flame-Retardant Coatings Using Pyrophosphoric Lactone-Modified Polyesters/Isophorone Diisocyanate-Isocyanurate, *J. Appl. Polym. Sci.*, **80**, 2316 (2001).
9. H. S. Park, Y. H. Choi, D. W. Kim, W. B. Im, and J. P. Wu, "Fire and Polymers : Materials and Solutions for Hazard Prevention", Chap. 9, pp. 110-122, ACS Symposium Series 797, ACS, Washington, DC. (2001).
10. H. S. Park, Syntheses and Physical Properties of Two-Component Polyurethane Flame-Retardant Coatings Using Phosphorus-Containing Modified Polyesters, *J. Kor. Fiber Soc.*, **34**, 386 (1997).
11. H. K. Kim, J. H. Keun, H. S. Hahm, M. S. Pyoun, and H. S. Park, Preparation of Phosphate Type Softening Flame Retardant for Synthetic Fibers and Its Characterization, *J. Kor. Fiber Soc.*, **30**, 752 (1993).
12. C. H. Park, S. J. Kim, Y. G. Kim, and H. S. Park, Synthesis of Silicon Softner for Permanent Press Finish and Its Characterization, *J. Kor. Oil Chem. Soc.*, **12**(1), 29 (1995).
13. J. T. Lutz, Jr. and R. F. Grossman, "Polymer Modifiers and Additives", pp. 179-180, Marcel Dekker, Inc., New York (2001).
14. P. K. T. Oldring and G. Hayward, "Resins for Surface Coatings", vol. III, pp. 27-31, Selective Industrial Training Associates, London (1987).
15. J. H. Keun, "Syntheses and Physical Properties of Two-Component Polyurethane Flame-Retardant Coatings Using Chlorine-Containing Modified Polyester", Ph. D. Dissertation, Myongji Univ., Yongin, Korea (1995).
16. A. F. Grand and C. A. Wilkie, "Fire Retardancy of Polymeric Materials", pp. 245-284, Marcel Dekker, Inc., New York (2000).
17. *bid.*, pp. 147-170, Marcel Dekker, Inc., New York (2000).
18. W. C. Kuryla and A. J. Papa, "Flame Retardancy of Polymeric Materials", vol. 3, pp.1-61, Marcel Dekker, Inc., New York (1980).