

코로나 대전 특성을 이용한 FRP의 표면 열화메커니즘의 해석

論 文

48C - 5 - 16

The Analysis of Surface Degradation Mechanism on PRP(epoxy/glass fiber) by Corona Charging Properties

李白洙* 林暎範* 鄭義南** 朴鍾官*** 李德出[§]

(Beak-Su Lee · Kyung-Bum Lim · Eui-Nam Jung · Jong-Kwan Park · Duck-Chool Lee)

Abstract - In order to analyse the degradation mechanism of polymer materials for outdoor condition, FRP laminate was exposed to high temperature and ultraviolet rays. Then, the degradation process was evaluated by comparing contact angle, surface potential decay, and polarity effect respectively.

Especially, the analysis of surface degradation phenomena by corona charging method showed the exact correlation with the result of chemical properties. Therefore we can confirm that the application of corona charging method on the identification of degradation process is very useful. If this method is used in degradation studies on the polymer surface, it will be more effective on the surface analysis of polymer insulators. With corona charging method and chemical spectrum analysis, it was possible concretely to define degradation process on the polymer surface exposed at the situation of different environmental conditions.

Key Words : FRP, polarity effect, Corona charging, Surface potential decay, Degradation mechanism

1. 서 론

코로나 방전을 이용한 연구는 오래 전부터 다양한 형태로 많은 연구자들에 의해 개발 및 응용되어 왔다. 그 중, 대부분의 연구는 코로나 방전 자체보다는 이를 이용한 2차적 결과에 초점을 맞추어 이루어져 왔다. 최근에는 절연시스템에 적용되고 있는 고분자 절연체에 다양한 열화유발 및 이를 반대로 역이용하는 표면개질 처리에도 코로나 방전이 활용되고 있으며, 복사기 뿐 만 아니라 NO_x 및 SO_x 제거를 위한 폐가스 처리 시스템에도 적극적으로 응용되며 그 활용범위를 지속적으로 넓혀가고 있다[1][2].

이와 같은 넓은 활용범위를 갖고 있는 코로나 대전은 고분자 표면열화의 진단에도 그 응용이 가능하며, 특히 고분자 표면열화에 따른 전기적 특성 변화를 조사할 때, 코로나 방전을 이용한 새로운 표면진단 방법이 매우 유용함을 본 연구에서 처음으로 제시하고자 한다.

일반적으로, 고분자 표면열화의 진단방법은 다양한 분광기구를 이용하여 화학적 구조변화를 조사하는 방법으로 열화 발생 및 진행을 연구하여 왔다[3]. 하지만, 이러한 방법에 의한 연구는 표면의 전기적 특성변화의 도출까지는 한계가 있고, 측정시 요구되는 다양한 실험적 어려움이 따른다. 구체적으로, 표면열화 및 표면개질 처리된 고분자 시료의 표면 변화의 측정은 접촉각, SEM, FTIR, AFM 및 ESCA, SIMMS와 같은 다양한 측정기구들이 사용되고 있고, 이들은 표면의 화학적 구조에 대한 정보 및 표면형상에 대한 정보를 제공해

준다. 하지만, 표면의 전기적 특성변화의 해석이 필요한 고분자 절연재료 및 구조변화에 따른 정전적 인력변화가 상호 작용하여 발생하는 절연열화의 메커니즘 해석에는 코로나 대전을 통한 고분자 표면의 정전적 해석이 병행되어야만 하고, 이때 코로나 대전의 이용이 매우 유용함을 제시 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서 제안되는 코로나 전하주입을 통한 고분자 표면의 전기적 특성 조사방법은 시료에 따른 실험적 제약이 없고 측정이 용이할 뿐만 아니라, 다양한 형태로 열화된 고분자 절연재료의 표면에서 발생하는 정전적 특성변화가 조사 가능하다. 또한 분광측정을 통한 화학적 구조변화의 결과와 접목하여 고분자 절연재료의 최종적 열화메커니즘을 도출하는데 매우 유용할 것으로 생각되며, 이를 위해 최근 고분자 절연재료로 매년 사용량이 급증하는 FRP를 대상으로 시료로 이용하였다.

2. 실험

2.1 처리시편의 제작

본 실험에서 사용한 시편은 프레스 성형법으로 제작된 글라스크로스 적층판으로서 에폭시 수지에 글라스 화이버를 이축 방향으로 직조하여 배열시킨 것이다. 글라스 화이버의 직경은 10[μ m]이고, 함유량은 체적비로 52[%]의 시료를 사용하였으며, 실험에 사용된 FRP의 사양을 표 1에 나타냈다. 시료의 열화처리에 따른 특성변화를 관찰하기 위하여 섬유 방향에 대해 45[°], 두께 1.5[mm]로 절단한 후 절단면을 연마하였으며(예비연마:20분, 9[μ m]:20분, 3[μ m]:20분, 1[μ m]:20분, MA-200 Automatic Lapping and Polishing Machine, Musashino Denshi), 연마제 및 접착제 성분 등의 불순물을 제거하기 위하여 에탄올 용액 속에서 30분 초음파 세척 후, 진공오븐(SVO-300 Vacuum Oven, Shimadzu) 속에서 50[°C]의 온도 하에 40시간 건조 처리하여, 최종적으로 1[mm]두

* 準 會 員 : 仁 荷 大 電 氣 工 學 科 博 士 課 程

** 正 會 員 : 삼척대 電氣工學科 教授

*** 正 會 員 : 柳 漢 大 情 報 通 信 科 教 授 · 工 博

§ 正 會 員 : 仁 荷 大 電 氣 工 學 科 教 授 · 工 博

接受日字 : 1999年 1月 25日

最終完了 : 1999年 3月 17日

개의 FRP를 열화처리 시료로 사용하였다.

표 1. 사용된 FRP적층판의 사양
Table 1. Specification of FRP laminate.

FRP 구성	시료 사양
성 형 법	프레스성형법
글라스표면처리	에폭시실란
비 중	1.9
글라스함유율 (중량비)	69%
글라스함유율 (체적비)	52%
제 조 회 사	(주)아리사와[日本]

2.2 처리 및 측정

본 실험에서의 열화처리는 열처리 및 자외선처리를 일정 조건으로 각각 행하여 고분자 표면에서 발생하는 열화특성을 조사하였다. 자외선조사에 의한 시료의 가속열화는 태양광과 유사한 분광 분포를 갖는 크세논 아크등이 내장된 분광 자외선 조사장치(分光老化試驗機 SPW-6, 스가試驗機株式會社)를 이용하였다. 이때 조사되는 자외선의 파장 범위는 250[nm]에서 550[nm]이고, 처리시간은 50시간으로 동일하게 유지하며, 300~400[nm]의 파장 영역에서 방사조도[W/m²]를 처리#1(2slit, 40[A], 2.1[W/m²]), 처리#2(4slit, 40[A], 2.7[W/m²])로 변화시키며 조사에너지에 따른 FRP표면의 특성 변화를 측정하였다. 또한 열에 의한 시료의 열화 시험은 일정 가스분위기(공기), 일정압력(상압) 하에서 처리시간을 50시간으로 동일하게 유지하면서, 처리온도를 각각 70 [°C], 150 [°C], 200 [°C], 250 [°C]로 변화시키며 전기로(CS5-12 조선과학기술기계제작소) 내에서 처리한 후, 열화특성을 조사하였다.

시료표면의 젖음성 측정은 표면과 물방울 사이에 형성되는 접촉각으로 결정되는데, FRP의 경시적 표면 활성화도는 20 [°C]의 실온에서 Contact Angle Meter(Face Co.)를 통해 조사하였다. 용액은 탈이온 증류수 6[μl]를 sessile drop형태로 시료표면에 하적하여 표면과 물방울 계면이 확대되어 나타난 모니터를 통해 접촉각을 측정하고, 이를 10회 연속 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

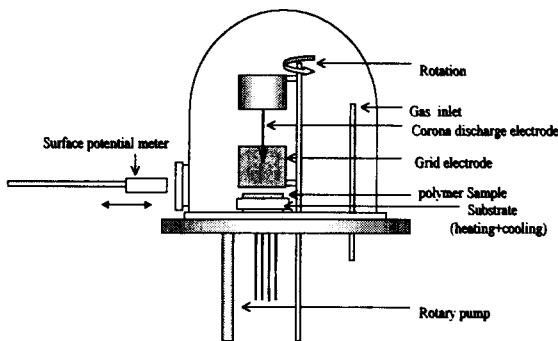


그림 1. 고분자 표면의 정전적 특성조사를 위한 코로나 대전장치
Fig. 1 Corona charging apparatus for the electrostatic analysis on polymer surface.

표면의 전기적 특성변화를 알아보기 위하여, 그림 1에 나타난 것과 같이 자체 제작된 코로나 대전장치를 이용하여 시

료 표면을 대전시킨 후, 전하의 경시적 변화를 측정하였다. 이때 가해진 코로나 대전전압 10[kV], 그리드전압 1[kV], 대전시간 2분, 코로나 전극과 시료표면의 거리는 5[cm], 그리드전극과 시료표면의 거리 1[cm]로 유지하며, 정(⊕)·부(⊖)극성 전하주입으로 수행하였다. 대전종료 후, 탐침(probe)과 시료표면 거리를 2[mm]로 유지하면서 표면전위가 초기치의 1/2에 이를 때까지 감쇠거동을 측정하였다. 이와 같은 코로나 대전을 통한 고분자 표면의 열화 진단방법은 일반적으로 행해지며 코로나 대전방식과 같은 방법으로 행해지며 주전극의 전압과 그리드 전극의 전압은 대상시료의 표면이 파괴 및 손상되지 않도록 일반 코로나 방전전압에 비하여 낮은 값으로 설정되어 이루어진다.

3. 결과 및 고찰

3.1 접촉각 변화

각각의 열화조건 하에서 50시간 씩 처리된 FRP의 접촉각 변화를 그림2와 3에 나타낸다. 미처리된 시료의 초기 접촉각은 73[°] 정도를 나타내지만, 자외선처리 및 열처리에 따른 접촉각의 변화는 처리조건 및 에너지에 따라 뚜렷한 증감을 나타냈다. 자외선 처리된 시료의 접촉각 변화는 275[nm]의 파장대역에서 가장 큰 변화를 보이고, 특히 400[nm]이상의 파장에서 처리된 표면의 접촉각은 오히려 미처리 시료의 접촉각보다도 약간 상승하는 결과를 얻었다.

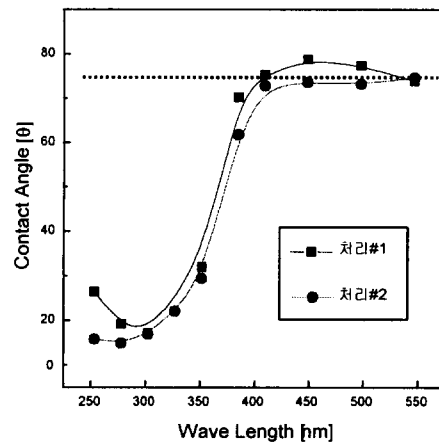


그림 2. 자외선 파장에 따른 FRP의 접촉각 특성
Fig. 2 Contact angle on the wavelength of UV-treated FRP.

이는 각 파장에 따른 자외선 조사로 인해 단파장(250~350[nm])과 장파장(400[nm]이상) 영역에 노출된 시료가 각기 다른 형태로의 표면변화가 수반되었음을 의미한다. 즉, 350[nm] 이하의 단파장 광에너지는 3차원 망목상 구조를 갖는 에폭시 표면의 C-C 및 C-H결합쇄를 분해시키며 다량의 라디칼을 집중적으로 생성시킨다. 일반적으로, 300[nm] 영역의 광에너지는 95.5[kcal/mol]에 상당하며, 이 값은 탄소 및 수소 결합에너지 보다 큰 것으로 탄화수소 결합이 주류를 이루고 있는 고분자 표면의 화학적 결합을 용이하게 분해시킨다. 이로 인하여 비활성 상태의 안정된 표면이 전자 여기 상태로 되고 높은 반응성을 갖는 극성표면으로 변화되어 접촉각이 낮게 나타난 것으로 생각된다. 400[nm] 이상의 가시광선 영역에서는 전반적으로 미처리 시료의 접촉각과 비교하여 큰 차이는 없지만, 400[nm]~450[nm] 영역에서의 특이한 접촉각 상승은 파장이 길어짐에 따라 광 에너지가 낮아지고 이에 따라 결합쇄의 분해보다는 오히려 미반응 물질의

재가교를 촉진시켜 소수적 특성이 증가한 것을 알 수 있었다[4][5].

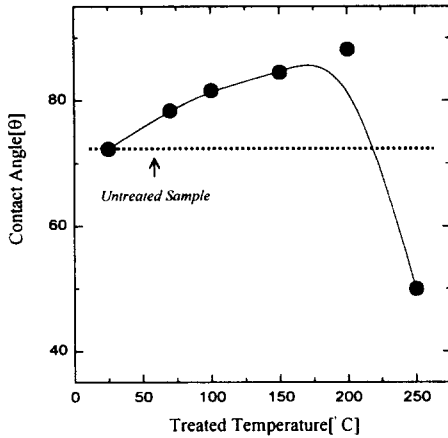


그림 3. 열처리에 따른 FRP의 접촉각 특성
Fig. 3 Contact angle on thermal-treated FRP.

또한 열처리된 시료의 접촉각 변화에 있어, 처리온도가 증가함에 따라 표면의 접촉각이 200[°C]까지는 지속적으로 증가하여 약 90[°]의 접촉각을 보인 후, 그 이상의 온도에서 처리된 시료는 급격히 감소하는 경향을 보인다. 이는 시료가 강한 열에너지에 노출됨으로서 표면에 잔존하던 친수적 성향의 극성 저분자물질과 콜로이드적 미세입자가 증발하고, 표면 및 하부표면(subsurface)에서의 domain이 미반응 물질과 재가교를 일으킴으로 인해 발생하는 표면 자유에너지의 저하에 기인한 것으로 생각된다[14]. 또한 250[°C]에서 처리된 시료의 접촉각이 급격히 감소하는 것은 망목상 구조로 안정화되어 있던 시료가 과다한 열에너지의 주입으로 인해 서서히 분자쇄의 열운동이 시작되어 주쇄 및 측쇄의 절단과 극성기의 발생이 진행되기 때문으로 생각된다[6].

3.2 표면전위 감쇠특성

열화처리에 따른 접촉각 변화와 함께 표면의 정전(electrostatic)특성을 분석하기 위해, 처리된 시료를 코로나 대전장치에 설정한 후 대전시킨 시료의 표면전위 감쇠특성을 그림4와 5 및 5와 6에 나타낸다. 전위감쇠 조사시료는 접촉각 변화가 가장 크게 발생한 자외선처리#2 시료와 열처리 시료를 대상으로 하였다. 미처리된 시료의 정(⊕)극성 및 부(⊖)극성 대전에 대한 초기 대전값은 그리드 대전전압에 가까운 960[V]~1000[V] 정도의 값을 나타낸다. 그림 4와 5에서 보는 바와 같이, 자외선 조사시료의 파장에 따른 감쇠는 현저하게 나타난다. 350[nm] 이하의 파장에서 열화된 처리#2 시료의 표면전위는 대전 종료 후 3분 이내에 초기대전값의 1/2로 급격하게 감쇠하는 경향을 나타내었다. 이러한 전위 감쇠특성은 FRP표면이 자외선 처리로 인하여 표면 절연능력이 크게 상실되었음을 의미한다. 400[nm] 이상의 파장영역에 노출된 시료의 표면전위 감쇠는 대체로 미처리 시료의 대전값과 비교하여 큰 차이를 발생하지 않았으며, 350[nm] 이하에서 처리된 시료의 표면전위 감쇠와 뚜렷하게 구별되는 전하 감쇠기동을 나타내었다. 특히, 각 파장 조건 하에서 50시간 씩 처리된 후의 표면전위감쇠는 화학적 변화를 기초로 한 접촉각 변화특성과 동일한 감쇠경향을 나타내고 있다. 즉 표면의 화학적 변화에 따라 표면의 정전적 특성이 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 정(⊕)극성 및 부(⊖)극성의 극성변화에 따른 표면의 정전 특성변화에 있어

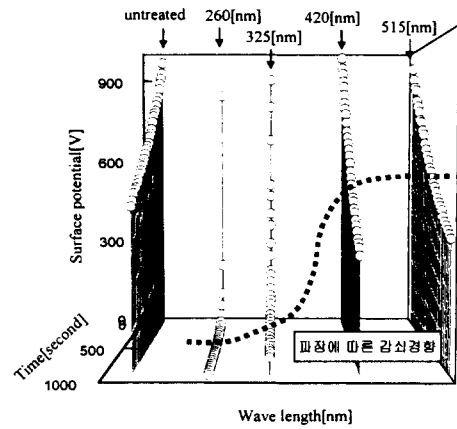


그림 4. 자외선 처리에 따른 FRP의 표면전위감쇠 특성(정(⊕)극성)
Fig. 4 Surface potential decay on UV-treated FRP(positive polarity).

서, 부(⊖)극성의 코로나 전하가 정(⊕)극성보다 감쇠의 정도가 크게 발생함을 알 수 있다. 이러한 일련의 특성변화는 강력한 에너지를 갖는 자외선에 의해 가교결합에 참여하고 있던 극성기들의 결합이 분해되어 안정된 구조를 갖던 비활성 표면이 반응성이 강한 활성 표면으로 변화된 결과이다. 이렇게 여기된 표면성분은 산소와 재결합을 일으켜 라디칼 및 산소기를 다량 포함하는 극성표면으로 변화된다. 이로 인해 표면에 인위적으로 주입된 코로나 전하의 유동 및 극성기와의 결합이 용이해지고 시간 경과에 따른 전하의 감쇠가 활성화 정도에 비례하여 급격하게 발생하는 것이다. 또한 정(⊕)전하의 감쇠보다 부(⊖)전하의 감쇠가 크게 나타나는 것은 시료표면이 자외선 처리로 인해 산소기를 포함하는 고에너지의 활성표면으로 변화된 후,

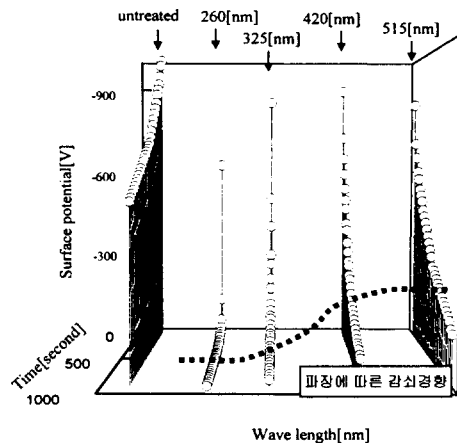


그림 5. 자외선 처리에 따른 FRP의 표면전위감쇠 특성(부(⊖)극성)
Fig. 5 Surface potential decay on UV-treated FRP(negative polarity).

시료 내부와의 에너지 차에 의해 저에너지 성분과의 반전이 이루어지며 내부로의 산소 침투가 발생한 결과로서, 표면의 수 원자층 내로 산소기가 위치하고 대기과 접하는 극표면에는 반전된 저에너지 표면이 형성된 결과로 생각된다. 따라서 처리 전 탄화수소가 주류를 이루던 고분자 표면이 자외선 파장 및 조사에너지로 인하여 표면내부(2~3 layer)로는 산소기를 갖는 부극성, 극표면에는 상대적으로 정극성이 나

타남으로 인해 정(⊕)코로나 감쇠보다 부(⊖)코로나 감쇠 정도가 크게 나타난 것으로 생각된다[7].

열처리에 따른 표면전위 감쇠특성에 있어서는 그림 6과 7에서 보는 바와 같이 자외선 처리시료와는 전혀 상반된 감쇠 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 특히, 시료가 노출된 온도가 상승하면서 표면의 감쇠특성은 서서히 둔화되어 150[°C]이상의 온도에서 처리된 시료에서는 주입된 전하가 전혀 감쇠하지 않는 결과를 얻었다. 또한 정(⊕)극성 및 부(⊖)극성의 극성변화에 따른 감쇠특성에 있어서, 부(⊖)극성 표면전위가 정(⊕)극성 표면전위보다 높게 나타나는 결과를 얻었다. 이는 열처리로 인해 시료 표면에 잔존하던 유동적 극성 저분자물질이 증발하고 재가교가 진행되어 소수적 특성이 나타나며, 이로 인해 표면분자쇄의 활성도가 더욱 낮아지고 표면자유에너지가 저하된 결과이다. 즉, FRP의 열처리로 인한 소수성의 유기로 인해 표면에 공급되거나 유기된 전하의 유동이나 결합이 크게 어려워져 오히려 표면의 절연 특성이 향상되어 감을 알 수 있다. 또한, 처리 전 FRP의 표면은 부(⊖)극성 대전전위가 정(⊕)극성 대전전위보다 높게 나타나는 것으로부터 본 시료의 표면이 초기에는 탄화수소를 주축으로 하는 부(⊖)극성 표면으로 구성되어 있음을 알 수 있고, 열처리가 진행되면서 탄화수소의 표면 재가교층이 더욱 조밀하게 형성되므로 인해 부(⊖)극성 전위가 정(⊕)극성 전위보다 높게 나타나는 것으로 생각되었다[8].

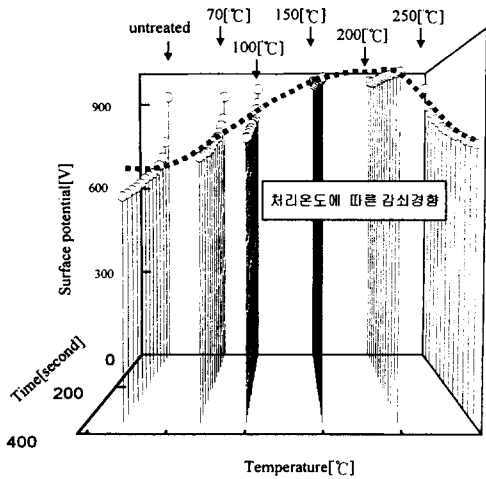


그림 6. 열처리된 FRP의 표면전위감쇠 특성(정(⊕)극성)
Fig. 6 Surface potential decay on thermal-treated FRP(positive polarity).

그러나, 200[°C] 이상의 온도로 장시간 노출되어 진행된 특성변화는 미반응 물질의 재가교를 발생시키기 보다는 오히려 과다한 열 에너지로 인한 결합의 절단과 산화과정을 통한 자유라디칼의 생성이 이루어지고 있음을 추측할 수 있다. 특히 극성효과를 통해 자외선처리된 시료의 감쇠경향이 열처리된 시료와 반대되는 결과를 얻을 수 있었는데, 자외선 처리된 시료의 표면은 전기적으로 정(⊕)극성의 표면이 형성되었고, 열처리된 시료의 표면은 탄화수소를 주축으로 하는 초기 부(⊖)극성의 표면이 더욱 조밀하게 형성되었음을 코로나 대전에 의해 알 수 있다. 결론적으로, 자외선 처리는 결합쇄의 파괴로 인해 표면에서 다량의 라디칼이 집중적으로 생성되었고, 열처리된 시료의 표면은 이와 반대로 미반응 물질의 재가교를 통해 표면에너지가 극도로 낮아지며 탄화수소의 기본 구조가 미처리 시료보다 더욱 조밀하게 형성되는 것으로 생각되었다[9].

이와 같이 코로나 대전에 의한 고분자 표면의 정전(electrostatic)특성의 측정은 열화된 고분자 표면의 주입된

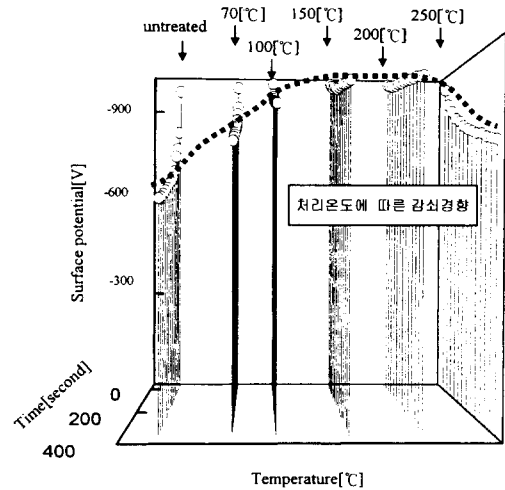


그림 7. 열처리된 FRP의 표면전위감쇠 특성(부(⊖)극성)
Fig. 7 Surface potential decay on thermal-treated FRP(negative polarity).

전하의 감쇠정도와 극성효과를 명확하게 구별시켜 주고, 이러한 결과는 화학적 변화를 측정된 그림2와 3의 접촉각 측정결과와 매우 잘 일치한다. 따라서 에폭시 절연재료의 표면특성 분석 시, 표면의 화학적 분석 및 전기적 분석의 동시 수행이 가능하여 최종적인 열화메커니즘 규명이 좀 더 명확하게 이루어질 수 있으리라 생각된다.

3.3 표면열화의 Modeling

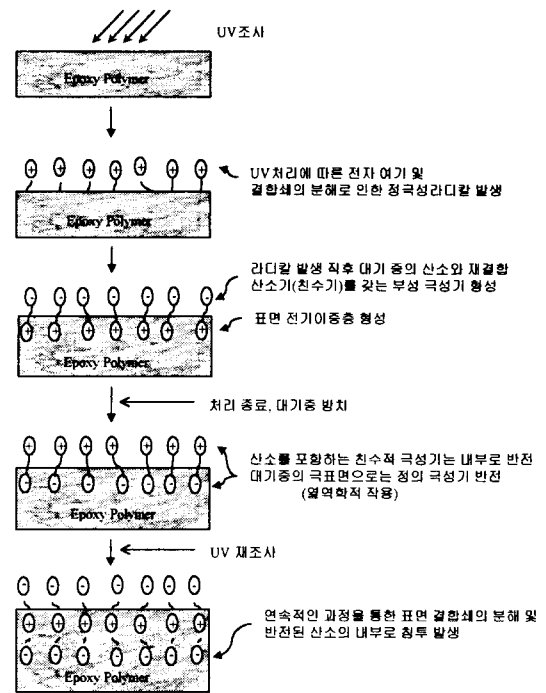


그림 8. UV 처리된 에폭시 표면의 열화 과정에 대한 모델링
Fig. 8 Modeling on the surface degradation process of UV-treated Epoxy.

자외선 및 열처리된 에폭시표면의 접촉각 측정 및 표면 전위감쇠 특성으로부터 표면 열화과정을 모델링한 결과를 그림 8, 9에 나타냈다. 자외선 열화된 시료는 처리 시, 초기에 표면이 분해되어 다량의 라디칼을 생성하고 대기중의 높은 결합력을 갖는 산소와 재결합을 통해 친수적 부극성 표면으로 변화된다[7][10][11]. 처리 직후, 접촉각을 측정했을 시는 상당히 낮은 값을 나타내지만, 오랜시간 대기중에 방치함에 따라 서서히 접촉각이 다시 증가하는 현상을 볼 수 있다. 이는 표면 산소기의 영향을 받는 하부의 저에너지 성분이 열역학적 작용에 의해 극표면에 존재하는 산소기와 반응을 일으킨 결과이다[12]. 이후 자외선 재조사에 의한 반복적인 과정을 통하여 표면 결합체가 분해되며 기중 산소와의 결합이 재차 발생하고 내부 산소는 하부의 저에너지 성분과 연속적인 반응을 일으키며 내부로의 침투를 발생하며 자외선 열화가 진행되는 것으로 생각된다.

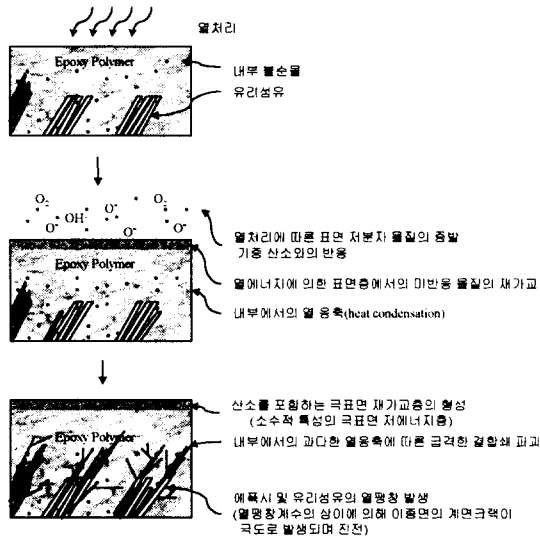


그림 9. 열처리된 에폭시 표면의 열화 과정에 대한 모델링
Fig. 9 Modeling on the surface degradation process of thermal-treated Epoxy.

또한, 열처리된 시료의 열화진행은 초기 열에 노출되었을 시에 표면에 잔존하던 저분자 물질이 증발하며 열에너지 주입에 의해 극표면층에서는 미반응 물질의 재가교가 발생한다. 처리가 장시간 진행되면서 내부에서는 주입된 열의 확산이 원활하게 이루어지지 못하여 지속적인 내부 열응축(heat condensation)이 발생되며[13], 최종적으로 에폭시와 유리섬유와의 열팽창계수의 상이에 의해 이종면에서 계면크랙이 발생하며 급진전한다. 하지만, 대기와 접하는 표면에서는 지속적인 재가교의 결과로 내부와는 전혀 다른 저에너지의 소수적 표면층이 형성되는 것으로 생각된다.

따라서, 자외선 처리로 인한 열화는 표면을 중심으로 발생되며 내부로 진전되지만, 열처리에 따른 열화의 발단 및 진행은 내부에서의 과도한 열응축(heat condensation)으로 인해 내부 불순물 및 이종계면의 결합력이 약한 분자쇄의 파괴를 시작으로 계면크랙이 급진전하는 것으로 생각된다[14][15]. 이와 같은 에폭시 절연재료의 표면에서 발생하는 특성변화는 동일하지 않으며, 각각의 환경요인에 따른 열화의 발생 및 진행은 각기 다른 경로를 통하여 이루어진다. 특히, 자외선 처리된 FRP의 열화발생은 표면의 화학적 변화에 의한 열역학적 작용과 이 때 발생하는 정전(electrostatic)적 변화에 의한 표면 전기이중층의 연속적인 형성과 반응을 통해 복합적 작용으로 열화가 진행되고, 이 때 화학적인 특성변화에 동반하여 표면의 전기적 특성변화를 측정하는데 코로나

대전특성의 도입은 매우 중요한 정보를 제공할 수 있다.

4. 결 론

코로나 대전특성을 이용한 FRP의 표면 열화메커니즘의 해석을 위한 본 연구에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

- ① 자외선처리 및 열처리에 따른 접촉각 변화에서 열처리 시료는 표면이 급격한 소수화를 진행하며 높은 접촉각을 나타내었고, 자외선처리 시료는 처리과정에 따라 증감을 달리하며 변화하였다. 특히, 가장 급격한 변화를 보이는 영역은 300[nm] 부분으로 미 처리시료의 접촉각에 비해 조사에너지가 증가함에 탄화수소의 결합이 분해되고 전자 여기상태의 활성 표면으로 변화하여 처리#2에서는 13.8° 까지 감소하였다.
- ② 열처리에 따른 표면전위특성은 접촉각 측정결과와 매우 유사한 경향을 보였다. 이는 표면의 화학적 변화에 동반하여 표면의 전기적 특성 발현을 직접적으로 측정할 결과로서 코로나 대전을 이용하여 표면의 정전적 변화 및 라디칼의 발생 정도 및 극성분류가 가능한 방법으로서 이후의 표면열화 메커니즘에 적극적으로 이용 가능할 것으로 생각된다.
- ③ 접촉각, 표면전위감쇠 및 극성효과를 통한 열화 모델링은 자외선 처리로 인한 열화는 표면을 중심으로 발생되며 내부로 진전되지만, 열처리에 따른 열화의 발단 및 진행은 과도한 열응축(heat condensation)으로 인해 내부 불순물 및 이종계면의 결합력이 약한 분자쇄의 파괴를 시작으로 계면크랙이 발생하며 내부로부터 급진전하는 것으로 생각된다.

따라서, 고분자 절연재료의 열화메커니즘 규명 시 화학적인 특성변화와 전기적 특성변화를 별개의 문제로 다루는 것은 정확한 접근방식이 아니며, 화학적인 정보와 표면의 정전적 특성변화를 동시에 측정할 복합적인 열화 메커니즘의 규명이 요구되고, 이 때 코로나 대전특성을 이용한 표면의 정전(electrostatic) 특성변화의 측정은 매우 유용한 것으로 생각된다.

본 연구는 기초전력공동연구소에서 주관하는 '99년 전력기술기초연구과제(97-중-06)에 의해서 수행되었음을 알립니다.

참 고 문 헌

- [1] 櫻田 昇, “電子寫眞におけるコロナ放電”, 靜電氣學會誌, 12卷, 6号, pp.409-417, 1998
- [2] 伊藤秀範, 長谷川和久, 佐藤孝紀, 외 3인, “グロー放電によるNO₂分子の解離過程に関する検討”, 日本電學論A, 116-A卷, 4号, pp.312-318, 1996
- [3] 眞田則明, 福田安生, “電子分光法による表面・界面の解析”, 靜電氣學會誌, 15卷, 4号, pp.259-264, 1991
- [4] Mary Jane Walzak 외 6인, “UV and ozone treatment of polypropylene and poly(ethylene terephthalate)”, Polymer Surface Modification: Relevance to Adhesion, pp.253-272, 1995
- [5] Josephine M. Hill 외 6인, “Effects of aging washing on UV and ozone-treated poly(ethylene terephthalate) and polypropylene”, Polymer Surface Modification: Relevance to Adhesion, pp.273-289, 1995
- [6] S. Halim Hamid, Mohamed B. Amin, Ali G. Maadhah, “Handbook of Polymer Degradation”, Marcel Dekker,

pp.237-253, 1992

[7] Fabio Garbassi, Marco Morra, Ernesto Occhiello, "POLYMER SURFACES from Physics to Technology", John Wiley & Sons LTD, pp. 301-373, 1994

[8] 村田雄司, "表面・高分子と靜電氣" 共立出版株式會社, pp.13-21, 1988

[9] 久保輝一郎, "複合材料と界面" 材料技術研究協會, pp.105-136, 1986

[10] Souheng Wu, "Polymer Interface and Adhesion", MARCEL DEKKER, INC., pp. 279-328, 1982

[11] M.B. NEIMAN, "Aging and Stabilization of Polymers", ИЗДАТЕЛЬСТВО<НАУКА>, pp. 225 - 238, 1964

[12] Chi-Ming Chan, "Polymer Surface Modification and Characterization", Hanser Publishers, pp. 1-30, 1994

[13] 高分子學會高分子實驗學編集委員會編, "熱力學的・電氣的性質" 共立出版株式會社, pp. 195-263, 1984

[14] 高分子學會編, "高性能高分子複合材料", 丸善株式會社, pp. 306-317, 1990

[15] 三宅 彰, 瀬川 渡, "高分子の電氣的性質", 培風館, pp. 141-158, 1982



박 종 관 (朴 鐘 官)

1964년 4월 15일 생. 1987년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업. 1989년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1996~현재 유한대학 정보통신과 교수.

Tel : (02) 610-0847

E-mail : jkpark@yuhan.ac.kr



이 덕 출 (李 德 出)

1939년 1월 22일 생. 1963년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업. 1966년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1976년 9월 일본 나고야대학 전기공학과(공학). 1981~1982년 일본 나고야대학 전기공학과 방문교수. 1996년~1998년 인하대 공대 학장. 1998~현재 인하대학교 전기공학과 교수.

Tel : (032) 860-7393

E-mail : leedc@dragon.in.ha.ac.kr

저 자 소 개



이 백 수 (李 白 洙)

1970년 2월 5일 생. 1995년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 동 대학원 졸업(석사). 1997~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : (032) 860-7393

E-mail : g9731483@inhavision.inha.ac.kr



임 경 범 (林 暎 範)

1969년 9월 18일 생. 1993년 2월 인천대학교 공대 산업안전공학과 졸업. 1999년 인하대학교 전기공학과 졸업(석사). 1999년 2월 ~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : (032) 860-7393

E-mail : g1991154@inhavision.inha.ac.kr



정 의 남 (鄭 義 南)

1938년 8월 18일 생. 1964년 한양대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1979년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1966년 삼척대학교 전기공학과 교수. 1995~1997년 대한전기학회 강원지부장. 1999년 현재 대한전기학회 평의원.

Tel : (0397) 70-6348