

반응성 플라즈마 표면 처리기법을 도입한 새로운 유리섬유 강화 복합재료의 개발 및 물성연구

New Glass Fiber Reinforced Composite Insulating Material by Reactive Plasma Surface Treatment

성열문^o, 하홍주, 문상룡, 김규섭[△], 조정수, 박정후
부산대학교 공과대학 전기공학과
& 동명공업 전문대학 전기과

Y.M. SUNG^o, H.J. HA, S.R. MOON, G.S. KIM,[△] J.S. CHO, C. H. PARK
Department of Electrical Engineering, Pusan National Uni.
& Dong Myung Technical Junior College

ABSTRACT

One of the principal problems encountered in the use of fiber reinforced composites is to establish an active fiber surface to achieve maximum adhesion between resin and fiber surface. Now, we want to develop new process that will overcome the disadvantage of the chemical coupling agent and achieve maximum adhesion at the interface between resin and fiber by active plasma treatment on the glass fiber surface. In this study, we investigated the effect of plasma treatment on the wettability of glass surface.

1. 서론

유리섬유강화 복합재료(GFRP)는 전기적 및 기계적 특성이 뛰어나므로 그 사용량이 각 분야에서 급격히 증가하고 있다. 특히, 전기, 전자분야에서는 비강도, 비강성이 높고, 절연특성 및 유전특성이 우수하므로 GFRP는 전기기기의 절연재료, 차단기 절연재료 및 스페이서(spacer), P.C.B 절연부품, 레이더 돔(dome), 회로기판, 음향기기 등에 널리 사용되고 있다.[1-2]

그러나 복합재료의 수명과 그 전기적 및 기계적 성능을 좌우하는 가장 중요한 기술적 인자는 매트릭스(matrix)와 필라(filler)의 계면처리로서, 이 계면처리를 적절히 행함으로써 매트릭스와 필라의 계면결합이 양호하게 되고, 복합재료의 전기적 및 기계적특성이 향상될 수 있다[3-5].

현재까지 복합재료의 계면처리는 주로 화학물의 계면결합제를 이용하고 있으나[6-7], 고가일 뿐 아니라 이러한 접착성을 가진 화학적 물질의 수용액을 필라인 유리섬유 표면에 도

포하는 방식으로는 다음과 같은 결점을 갖고 있다. 즉, 약 90°C 이상의 고온에서 계면결합제가 비산하게 되어, 계면결합력이 저하하게 되고, 계면경계에 따른 방전열화로 절연강도가 저하한다[8]. 더욱이, 복합재료내 매트릭스인 에폭시의 점착율이 감소하게 되므로 함침시 보이드(void)의 생성이 용이하게 되어, 고전압을 인가하게되면, 보이드 부분에서 부분방전이 발생 진전되므로 쉽게 절연파괴에 이르게 된다.

본 연구에서는 필라인 유리섬유 표면을 플라즈마로 처리하여 계면결합을 향상시킬 수 있는 새로운 방법을 연구하기 위하여 먼저 유리섬유와 성분이 유사한 평판유리 표면을 플라즈마로 처리하여 양호한 계면결합을 얻기 위한 조건의 하나인 에폭시 수지에 대한 젖음성(wettability)변화를 고찰하였다.

2. 실험방법

2-1. dc 및 r. f. 플라즈마 발생장치 및 특성

그림1 은 진공조내 원통형 전극을 가진 직류 플라즈마 발생장치의 개략적인 구성 및 시료위치를 나타내고 있다.

한편, 13.56 MHz 의 r. f. 플라즈마 발생장치의 경우에는 직류원통형 전극 대신에 r. f. coil을 사용하였으며 원주상으로 감은 r. f. coil의 내경은 6cm, 감은 수 3회, 높이 3cm로 하였으며 코일 내부에는 냉각수를 공급할 수 있도록 설계하였다.

2-2. 젖음성 측정

고체와 액체간의 젖음성의 판단은 그림2에서 나타낸 바와 같이 고체표면상에 액적이 형성하는 접촉각 θ 의 대소에 따라 판정하게되며, θ 가 적으면 젖음성이 향상되므로, 복합재료의 형성시 기포형성이 억제되고, 접착력의 향상을 기대할 수 있다[9-10].

3. 결과 및 고찰

그림3은 dc 플라즈마의 방전전류를 각각 100, 300, 500, 700 mA 로 하여 5분간 시료표면을 처리하여, 액상 에폭시를 적하한 후 시간에 따른 접촉각의 변화를 측정한 것이다.

그림4는 접촉각의 변화가 현저한 직류 플라즈마로서 플라즈마의 방전전류를 500mA로 일정 유지하고, 플라즈마 처리시간만을 달리하여 표면처리한 시료에 대해 에폭시를 적하한 후 시간에 따른 접촉각의 변화를 나타낸 것이다.

그림5에서 dc 플라즈마의 경우는 방전전류를 500mA로 일정하게 유지하였고 r. f. 플라즈마의 경우는 r. f. 전력을 120W 로 일정하게 유지하고 bias 전압 만을 변화하여 5분간 표면처리 하였을 경우 접촉각의 변화를 나타내고 있다.

그림6은 지금까지 고찰한 조건 중에서 접촉각의 변화가 가장 현저한 dc 플라즈마의 방전전류가 500mA이고, bias전압을 +150V로 하여, 5분간 표면처리한 시료를 데시케이트(desicator) 속에 보관하고, 일정 시간 뒤에 순차로 내어서 접촉각의 변화를 고찰한 것이다.

4. 결론

- 1) 유리표면을 dc 플라즈마로 처리하면 에폭시에 대한 젖음성이 현저히 개선되지만, r. f. 플라즈마로 처리했을 경우는 젖음성의 개선은 그다지 기대할 수 없었다.
- 2) 유리표면을 dc 플라즈마로 처리할 경우, +bias 전압을 인가하면 젖음성의 개선은 더욱 현저해지며, +150v의 bias하에서 접촉각은 미처리 경우 보다 55% 이상 감소되었다. 유리표면의 플라즈마 최적 처리조건은 다음과 같이 정리할 수 있다.
 - a) 직류 플라즈마 밀도: 약 $4 \times 10^9 (\text{cm}^{-3})$

- b) 전자온도 : 약 2eV
- c) 직류 bias 전압: +150 V
- d) 처리시간 : 약 5분
- e) 접촉각: 약 5.8°(미처리의 경우:13°)

3) 유리표면을 직류 플라즈마로 처리하면 약 3일동안 플라즈마 처리효과가 유지되며, 그 이후에는 시간과 더불어 처리효과는 감소하였다.

본 연구는 1993년도 한국 과학재단의 핵심 전문연구과제 학술연구비에 의해 수행되었으며 사의를 포함합니다. (과제번호: 931-0900-043-2)

참고문헌

1. M. Morita et al. " Status of FRP in Electric Industry " 11th FRP Sympo. pp.67-75, 1982
2. M. Morita et al. " Approach of FRP to Electric and Electronic Devices", Reinforced Plastics, Vol. 32, pp. 496-498, 1986
3. 박정후 등, "복합재료의 유전특성 개선에 관한 연구" 전기학회지, Vol. 39, pp. 702-710, 1990
4. 조정수 등, " 초전도체 절연용 재료의 전기적 절연특성과 개발에 관한연구" . 전기학회지, Vol. 39, pp. 711-719, 1990
5. 광영순 등, " 가압 겔화에 의한 에폭시 복합 재료의 유전적 특성" , 전기학회지, Vol. 38, pp. 292-297, 1989
6. R. Yosomiya et al. "Adhesion and Bonding in Composites", Marcel Dekker Inc. 1989
7. E.P. Plueddemann "Interfaces in Polymer Matrix Composites" Academic Press, 1974
8. C.H. Park, "A Study of the Dielectric and Mechanical Property Interactions of Glass Cloth/Epoxy Composites", IEEE, EI-22, No. 4, pp. 389-395, 1987
9. A.J. Kinloch "Adhesion and Adhesives" Chapman and hall, Ed, 1987
10. F. Ide, "Surface Modification of Polymer" Kindai Hensha, Ltd, 1987

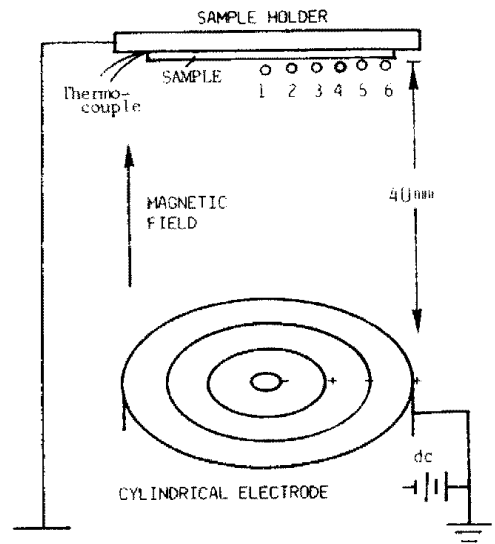
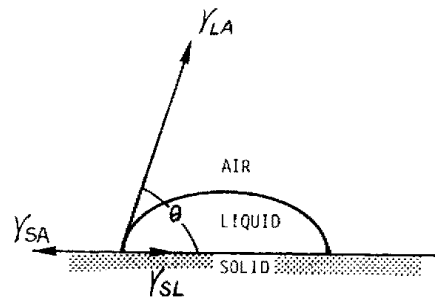


그림 1. 직류 플라즈마 표면처리시의 진공조 내의 전극구성과 시료위치의 개략도

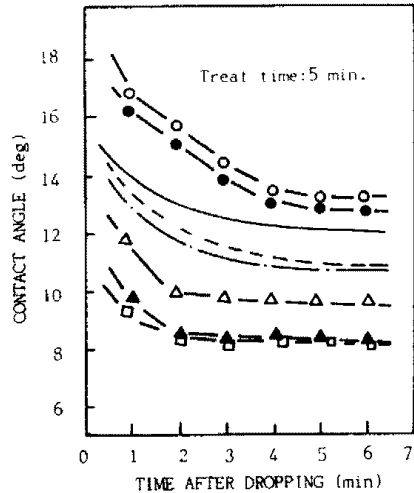
Fig.1 Schematic diagram of electrode configuration and sample position in a vacuum chamber in the case of dc plasma surface treatment



- γ_{LA} : The surface tension of the liquid
- γ_{SA} : The surface tension of the solid
- γ_{SL} : The interfacial tension between the solid and the liquid
- θ : The contact angle

그림 2. 고체와 접촉하고있는 액체의 접촉각

Fig. 4 A contact angle of a liquid in contact with a solid



Curves	○	●	△	▲	□
dc (mA)	0	100	300	500	700
Curves	—	---	---	---	---
rf (W)	30	80	120		

그림 3. dc 및 rf 플라즈마로 5분간 표면처리한 시료의 접촉각 특성

Fig.5 Contact angle characteristics for the samples treated with dc or rf plasma for 5 minutes.

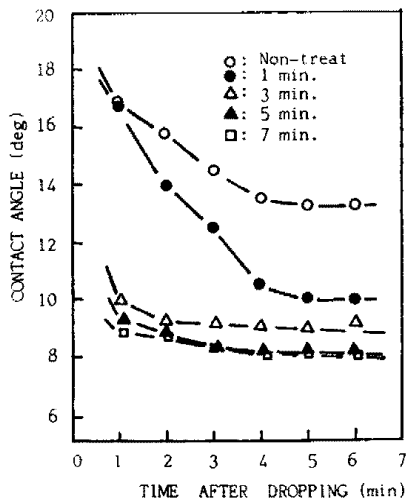
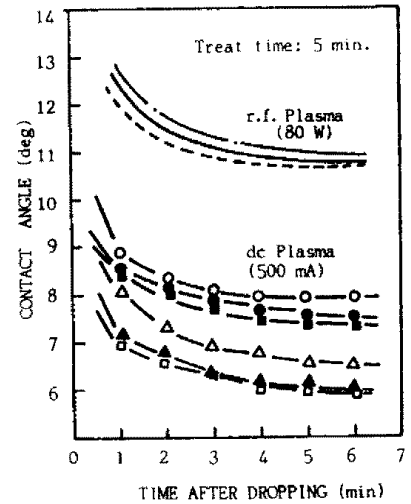


그림 4. 직류 플라즈마(방전전류 500mA) 로서 주어진 시간동안 표면 처리한 시료의 접촉각 특성

Fig.6 Contact angle characteristics for the sample surface-treated for a given time with dc plasma (discharge current: 500 mA)



dc plasma	Curves	○	●	△	▲	□	■
	dc bias	0	50	100	150	200	-200(V)
rf plasma	Curves	---	---	---	---	---	---
	dc bias	0	200	-200(V)			

그림 5. dc 및 rf 플라즈마 표면처리 시의 접촉각 특상에 미치는 바이어스 전압의 효과

Fig.7 The effect of dc bias on the contact angle in plasma surface treatment.

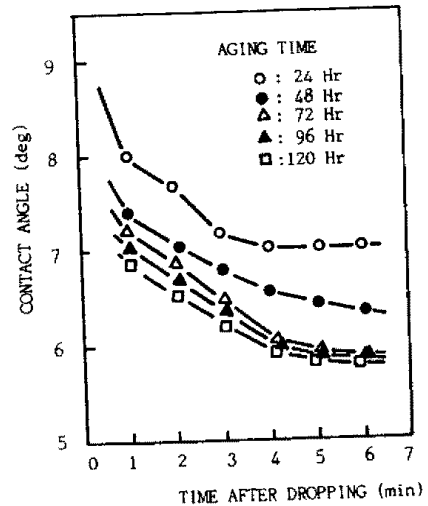


그림 6. 직류 플라즈마로 처리한 시료의 시간경과에 따른 접촉각 특성 (방전전류500mA, bias+150V,처리시간 5분)

Fig.9 The contact angle characteristics with aging time for the sample treated with dc plasma (discharge current: 500mA, bias: +150V, Treat time: 5min.)