

의료용 플라스틱의 전기적 표면처리

의료용품 소재로서 플라스틱이 유리를 대체하는 소재로서 점차 사용 범위가 넓어지고 있으나, 플라스틱의 경우에 젖음성(wettability)이 유리에 비해 상당히 떨어지기 때문에 그 응용에 많은 제약을 받고 있다. 재료 표면의 젖음성이 작게 되면 세포가 표면에서 균일하게 골고루 퍼져 자라지 못하는 등 생체 적합성이 떨어지고, 표면에서의 인쇄성, 염색성, 접착성, 도장성 등의 물성이 저하되어 용도 제약을 많이 받게 된다.

재료의 젖음성은 “표면 에너지”(dyne/cm)에 의해 나타내어 지는데, 이는 액체의 경우 표면장력에 해당되는 것으로서, Fig. 1에 여러가지 고체 재료들의 표면 에너지와 액체들의 표면장력이 비교되어 있다. 재료의 표면 에너지는 standardized dyne testing solutions, dyne pens, contact angle measuring device(goniometer) 등을 사용해 측정될 수 있다. ASTM D2578 규격에 의하면, standardized dyne testing은 재료 표면에 시료 용액들을 떨어뜨리고 용액들이 재료 표면에서 젖음성을 가지는지를 평가하

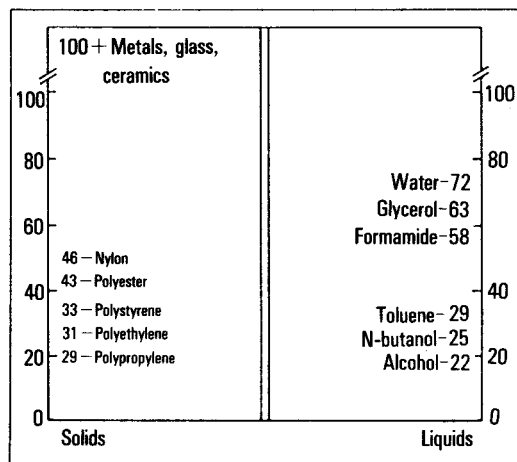


Fig. 1. Surface energy of solid materials versus surface tension of liquids.

는 방법으로서 간편하고 신속한 결과를 얻을 수 있다. Dyne pen method는 재료 표면에 글씨를 써서 글씨가 써지는 정도에 따라 젖음성을 평가하는 방법이다. Goniometer는 재료 표면에 액체 방울을 떨어뜨린 후 액체 방울과 재료 표면의 접촉각을 측정하는 기기로서, 접촉각이 작을수록 표면의 젖음성이 크다는 것을 의미한다(Fig. 2). 접촉각 측정 방법은 다른 방법들에 비해 정확도와 재현성이 우수한 것으로 판명되고 있다.

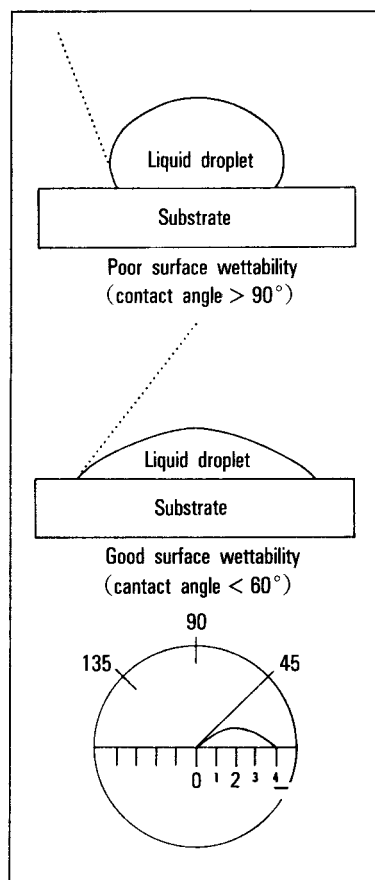


Fig. 2. Typical goniometer scale.

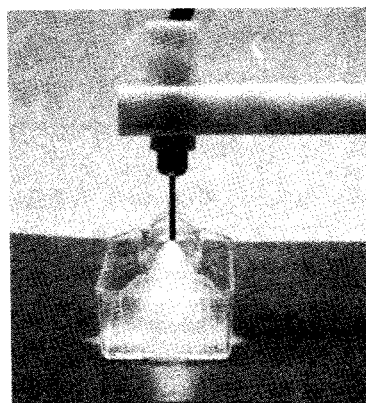
플라스틱의 젖음성(또는 표면 에너지)을 향상시키는 방법은 flame treatment, plasma and chemical etching, electrical surface treatment(EST) 등 여러가지가 있는데, 사용하고자 하는 플라스틱 재료의 용도와 응용성에 따라 적합한 처리 방법이 선택되어지고 있다. 본 토픽에서는 이들 중 비교적 손쉽게 다양한 용도에 사용될 수 있는 EST 방법(전기적 표면처리 방법)에 대해 간략하게 소개하고자 한다.

EST 장치는 크게 한쌍의 전극, 고압 변압기, 고주파 발전기 등으로 구성되어 있다. 고압(14-50 kV)과 고주파(up to 25 kHz)의 사용으로 시료가 처리되어지는 전극들 간의 거리를 상당히 떨어뜨릴 수가 있고(약 4cm 정도까지), 처리 시간도 단축시킬 수가 있다. EST에 의해 시료 플라스틱 표면에서 나타나는 변화에 대한 메카니즘은 아직 정확하게 규명되어 있지 않지만, 표면 분해, 가교, 산화, 수소 결합 등이 수반되는 것으로 알려져 있다. 전극들 사이에 걸리는 고압으로 인해 전극 사이의 공기층(air gap)에 코로나 방전이 형성되고, 고전기장하에서 공기 중에 있는 전자들이 가속화되어 시료 표면을 때려 분자들 간의 결합을 깨뜨려 free radical들을 생성시키는 것으로 알려져 있다. 표면에 형성된 free radical들은 곧바로 산소와 여러가지 형태로 결합하거나 인접 free radical들과 결합하여 가교되기도 한다. 시료 표면의 산화는 표면 에너지를 증가시켜 젖음성이나 adhesion 성질을 향상시킨다. EST에 의해 처리되는 표면층은 불과 몇 Å에 불과해 시료 플라스틱 자체의 물성에는 거의 아무 영향을 주지 않고 표면 에너지만을 증가시켜 준다.

EST가 실제 의료요 제품에 응용되는 몇가지 사례를 살펴보기로 한다.

1) Wetting Problems

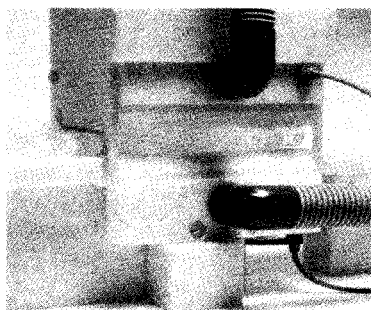
세포 배양 용기(polystyrene)의 젖음성을 향상시키기 위해 용기 내부를 pin 형태의 전극을 사용해 EST 처리를 하면 표면 에너지가 50dyne/cm (접촉각 약80°) 정도에서 70 dyne/cm (접촉각 약 25°) 정도로 증가해 세포 증식성이 월등히 향상된다. Multi-



pin 형태의 전극을 사용하면 한꺼번에 여러개의 시료 처리가 가능하고 18ft/min 정도의 속도로 연속 공정 처리도 가능하다.

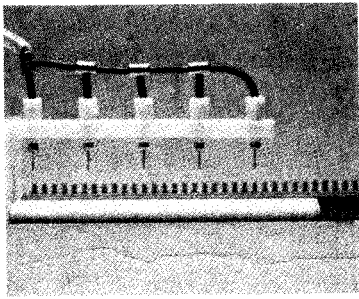
2) Printing Problems

Polypropylene 주사기의 print bond strength를 증가시키기 위해 EST 장치의 양 plate 전류사이로 주사기가 연속적으로 굴러 지나가면서 표면 처리 된다. 이와같은 처리에 의해 주사기 표면 전체에 약 42 dyne/cm 정도의 표면 에너지를 부여해 인쇄성을 향상시킬 수 있고 분당 500개 정도까지 처리가 가능하다.



3) Adhesion Problems

Stainless-steel cannula를 polypropylene needle hub에 접착시키기 위해서 epoxy를 사용한다. 수성 접착제(표면 에너지 40~50 dyne/cm)는 표면 에너



지가 낮은 polypropylene과는 상용성이 좋지 않기 때문에, multi-pin 전극을 사용해 hub 내부를 EST 처리해 줌으로서 접착성 문제를 쉽게 해결할 수 있다. EST 처리에 의해 접착후 pull-out strength를,

사용한 접착제 종류에 따라 8~16 kg/cm 정도로 향상시킬수가 있고, 처리 능력은 500 part/min까지 가능하다.

플라스틱 표면에 젖음성을 부여해 주는 것은 용도 영역을 확대하는데 상당히 큰 역할을 하고 있으며, EST 방법은 이를 해결하기 위한 간단하고 신속한 처리 방법들 중 하나로서 플라스틱을 사용한 의료용 제품 개발에 있어서 중요한 몫을 담당해 나가고 있다.

(Medical Device & Diagnostic Industry, 12 (10), p.76 (October, 1990)).

(한국화학 연구소, 이 진호)