

Application
News
No.i280K

초미소경도계

기능성필름의 경도측정

기능성필름이란 기초가 되는 필름에 코팅이나 증착등의 표면처리, 라미네이트와 같은 다층화공, 프린팅의 작업을 해서, 새로운 기능, 가치를 부여한 필름입니다. 우리들의 근처에 있는 스마트폰이나 태블릿PC의 액정화면, 음식점의 오더시스템이나 네비게이션의 터치패널 등에도 기능성필름은 사용되고 있고, 전기·자동차·에너지·라이프사이언스·포장 등의 분야에서 폭넓게 이용되고 있습니다. 기능성필름은 앞으로 더욱더 고부가가치화가 기대되고 있습니다.

기능성필름은 사용에 견딜 수 있는 내구성이나 형성에 관계되는 유연성 등의 물성평가가 필요합니다. 기능성필름의 흠집이 잘 생기는 지의 평가에는 지금까지 연필경도가 사용되어 왔지만, 여기서는 초미소경도계 DUH™-211을 사용하여 기능성필름의 평가를 마르텐사이트경도측정으로 실시한 예를 소개합니다.

C.Oya

■연필경도와 마르텐사이트경도

표1에 JIS K5600-5-4:1999(ISO/DIS 15184:1996)에 의한 연필경도시험의 순서개요, 그림1에 연필경도시험의 모식도를 표시하였습니다. 연필경도는, 연필심으로 시험면을 7mm이상의 길이를 눌러 흔적이 발생하지 않은 가장 단단한 연필의 경도가 이용되고, HB, H등의 기호로 표시됩니다.

표1 JIS K5600-5-4에 의한 연필경도시험의 순서개요

순서개요

- * 연필심을 5~6mm노출시켜, 연필심의 선단을 평평하게 한다.
- * 연필심이 도막면에 대하여 45도 접하도록 하고 하중 750g으로 눌러 0.5~1mm/s의 속도로 적어도 7mm의 거리를 수평하게 누른다.
- * 육안으로 표면을 검사
- * 상흔흔적이 발생하지 않은 가장 단단한 연필의 경도를 연필경도라고 한다.

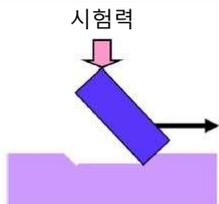


표2 ISO 14577-1d에 의한 마르텐사이트경도시험의 순서개요

순서개요

- * 전자력에 의한 압자를 시료에 누른다.
- * 시료에 압자를 누르는 과정에서 압자시험의 누르는 깊이를 자동계측
- * 가해진 시험력과 그때의 누른 깊이로부터 경도를 자동으로 산출

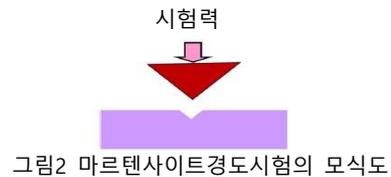


그림2 마르텐사이트경도시험의 모식도

표2에 ISO 14577-1에 의한 마르텐사이트경도시험의 순서개요를, 그림2에 마르텐사이트경도시험의 모식도를 나타내었습니다. 마르텐사이트경도는 삼각뿔의 다이아몬드압자를 시료표면에 눌러서, 압자가 눌러진 깊이를 측정해서, 압흔을 만든때의 시험력과 부하상태에서의 압흔의 표면적으로부터 자동적으로 산출됩니다.

기능성필름의 경도측정에는 일반적으로 연필경도가 이용되고 있지만, 연필의 소모에 의한 오차나 시각판정에 의한 부정확함의 염려가 있습니다. 이번은 박막의 경도시험방법으로서 이용되고 있는 마르텐사이트경도시험을 실시하였습니다. 본시험방법에서는, 일반적인 경도시험에서 필요한 압흔의 크기측정이 필요없어서 측정자에 의한 오차요인을 배제할 수 있고, 보다 미소영역의 경도를 측정할 수 있습니다.

■시험조건

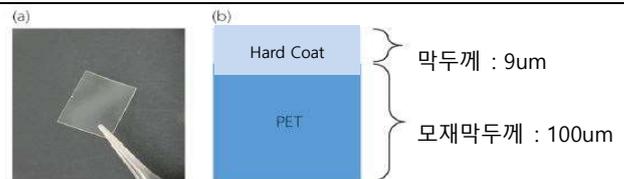
표3에 시험정보, 표4에 측정조건, 그림3에 시험화상을 표시합니다. 시료는 모재PET에 9um의 Hard coat를 실시한 미리 알고있는 연필경도의 기능성필름 3종류에서 슬라이드글라스에 접착제로 고정해서 측정하였습니다.

표3 시료정보

시료 : 기능성 필름 3종
막두께 : Hard coat 9um, PET 100um
연필경도 : ①3H, ②H, ③H

표4 시료정보

최대시험력 : 1000, 500, 100, 20, 4[mN]의 5종
시험속도 : [최대시험력]/10sec



제공:기능성필름연구회사무국

그림3 시료화상

(a) 기능성필름의 화상 (b)단면모식도

■ 결과(1) 마르텐사이트 경도의 측정 결과

표5에 측정결과(각7점의 평균치), 그림4에 시험력-깊이 그래프, 그림5에 마르텐사이트 경도의 평균값을 표시했습니다. 5종의 측정조건 중, 각각 최대시험력 4mN일 때와 최대시험력 1000mN때의 2종의 결과를 표시하고 있습니다. 최대시험력 4mN의 시험에서는 누른 깊이가 약 0.7um이 되고, Hard coat의 막두께 9um보다 매우 작기 때문에, Hard coat만의 경도를 평가하고 있다고 추측되어 집니다. 한편, 최대시험력 1000mN의 시험에서는 누른 깊이가 약 14um이 되고, Hard coat에 가해진 모재 PET까지 눌러진 측정으로 되고 있습니다. 또한, JIS K5600-5-4에 있어서 연필경도시험에서는 750gf(약7.35N)의 시험력을 이용하는 것이 기재되어 있고, 모재 PET까지 눌러진 측정으로 생각되어 집니다. 각각의 경도순은 아래와 같습니다.

최대시험력 4mN : ①3H > ②H > ③H

최대시험력 1000mN : ①3H > ②H ≥ ③H

시험력 4mN에서는 ②와③에서 경도차이가 보여지고, 연필경도시험에서 얻어지지 않았던 경도의 차이를 확인할 수 있었습니다.

표5 측정결과

샘플	①	②	③
연필경도	3H	H	H
HMT115(4)* [N/mm ²]	251	207	172
HMT115(1000)* [N/mm ²]	192	179	176
Hmax(4)* [um]	0.62	0.69	0.78
Hmax(1000)* [um]	13.9	14.4	14.6

HMT115 : 마르텐사이트 경도[N/mm²]

Hmax : 압흔깊이[um]

* (4)는 최대시험력 4mN의 측정을 표시한다.

(1000)은 최대시험력 1000mN의 측정을 표시한다.

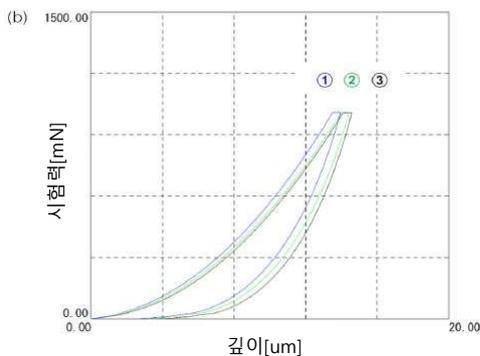
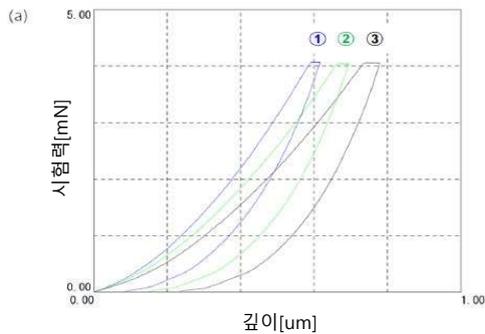


그림4 시험력-깊이 그래프

(a) 최대시험력 4mN (b) 최대시험력 1000mN일 때

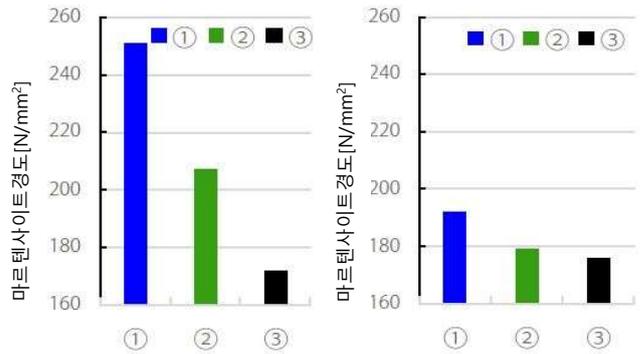


그림 5 마르텐사이트 경도의 평균치

(a) 최대시험력 4mN

(b) 최대시험력 1000mN일 때

■ 결과(2) 모재의 영향에 대하여

그림6에 마르텐사이트 경도-압흔률을 표시합니다. 시험력 1000, 500, 100, 20, 4[mN]에 있어서 압흔률(누른 양을 hard coat의 막두께 9um으로 나눈 값)을 plot하고 있습니다. 압흔률이 작은 영역에서는 경도는 일정값으로 되어 압흔률이 0.2를 초과하면 압흔률 1.5의 수치에 점차 가까워져 가는 경향을 보이고 있습니다. 압흔률 0.2까지는 hard coat의 경도를 나타내고 있다고 추측되지만 압흔률이 커짐에 따라서 모재의 경도영향을 크게 받고 있음을 알 수 있습니다. 또한, ISO 14577-1에서는 모재의 경도영향을 받지 않도록 압흔률 0.1이하에서 시험하는 것으로 기재되어 있습니다.

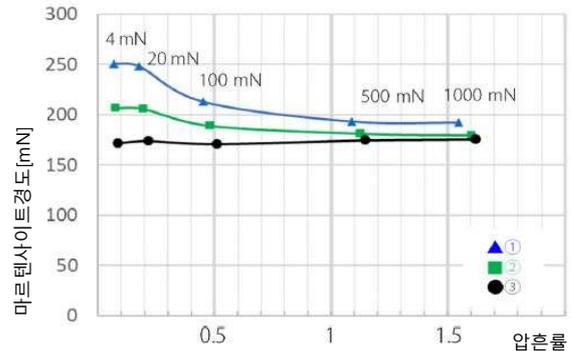


그림6 마르텐사이트 경도 - 압흔률 그래프

■ 결론

기능성필름의 평가에는, 그 간편함으로부터 연필경도시험이 이용되고 있지만, 기능성필름의 용도의 다양화에 따라서, 측정자의 눈에 의한 판정이나 소모하는 연필에서의 시험으로 정량화하기 어려움이 염려됩니다. DUH-211에 의한 경도측정은 이러한 인위적오차나 측정의 조잡함과 같은 과제를 해소하고 보다 정량적인 경도평가를 행할 수 있습니다. 본시험에 이용한 샘플 ①②③은 각각 다른 경도로 제작되었고, 마르텐사이트 경도평가를 이용해 상정된 경도의 순으로 그 차이를 확인할 수 있었습니다. 본시험에서는 종래의 연필경도시험에서는 판별할 수 없었던 샘플 ①②③의 경도차이를 DUH-211에 의해 정량측정이 가능하게 되었습니다.

또한 DUH-211에서는 마르텐사이트 경도 이외에도 탄성률이나 crimp, 압흔일률 등 물성치를 산출가능하기 때문에, 필름물성평가의 한 방법으로서 많은 정보를 얻을 수 있습니다.