

# 유리섬유 강화된 polycarbonate 복합재의 정량적 스크래치 거동 평가에 관한 연구

## A quantitative evaluation of the scratch behavior of polycarbonate composites filled with glass fibers

\*이경범<sup>1</sup>, #최병호<sup>1</sup>, 노희석<sup>2</sup>

\*G. B. Lee<sup>1</sup>, #B. H. Choi(bhchoi@korea.ac.kr)<sup>1</sup>, H. S. Noh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 기계공학과, <sup>2</sup>LG전자 MC사업부

Key words : polycarbonate, glass fiber, injection molding, polymer, scratch

### 1. 서론

최근 고분자 소재는 휴대폰과 같은 전자제품의 외장(외관)재로 사용됨으로써 사용 환경에 따라 다양한 기계적/물리적/화학적 물성이 요구된다. 특히, 휴대폰의 경우 스크래치는 소재 표면에 영구적인 외관문제를 발생하여, 이에 대한 사용 고객들의 불만이 꾸준히 증가하고 있는 추세이다[1]. 이에 따라 제조사들은 기존의 연필경도측정을 이용한 스크래치 평가법을 대신할 표면 scratch 특성의 정량적인 평가기준이 필요하게 되었다. 본 연구에서는 수정된 ASTM D7027-05 시험법[2]을 활용하여 유리섬유로 강화된 PC 복합재의 scratch 특성을 파악하였다.

### 2. 실험

#### 2.1 실험 장비

본 실험에 사용한 시험기는 ASTM D7027 규격의 정압형 및 변압형 조건을 만족하도록 설계되었으며, scratch tip은 끝부분을 반구형태로 설계하였으며, 표면을 연삭 가공한 후 열처리하여 완성하였다. Scratch tip의 끝단은 다양한 형태의 scratch 원인의 영향을 고찰하기 위하여 4 가지 지름(Ø0.3, Ø1.1, Ø1.9, Ø3.1)으로 가공하였다. Table 1에는 본 연구에 사용한 정압형 및 변압형 스크래치 시험조건을 나타내었다.

#### 2.2 시험편 제작

본 연구에 사용한 재료는 LG화학의 상용 polycarbonate인 LUPOY GP 1000M, 2100, 2200를 사용하였다. 각각의 재료는 유리섬유를 0, 10, 20% 함유하였으며 재료별 기본물성을 Table 2에 나타내었다.

시험편의 형상은 두께 3 mm 가로 139 mm, 세로 99 mm의 크기를 갖는 직사각형 평판이며, 시험편 제작시 수지방향을 스크래치 방향에 수직인 형태 및 평행한 형태 두 가지로 시험편을 제작하였다.

Table 1 Experimental condition of scratch test

Constant normal condition		
Variable	unit	Value
Scratch tip diameter	[mm]	0.3, 1.1, 1.9, 3.1
Scratch normal load	[N]	5, 10, 30
Scratch speed	[mm/sec]	2, 20, 100
Variable normal condition		
Scratch normal load	[N]	0-40

Table 2 Physical properties of test materials

	GP1000	GP2100	GP2200
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.22	1.25	1.35
Vicat softening temperature (°C)	130	140	140
Flexural stress (kg/cm <sup>2</sup> ; 3.2t)	1000	1300	1600
Flexural modulus (kg/cm <sup>2</sup> ; 3.2t)	23000	37000	55000
Notch impact strength (kg·cm/cm)	75	7	10

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 에는 scratch tip 직경이 0.3mm인 경우에 대하여 스크래치 방향이 수지방향과 평행한 시험편에서 얻은 정압 스크래치 폭의 변화를 나타내었다. 동일한 scratch tip을 이용한 경우 재료의 유리섬유의 함량이 많아질수록, 스크래치의 속도가 증가할수록 재료의 rate dependence에 의하여 스크래치

의 폭은 점점 감소하는 현상을 보인다. Fig. 2에는 같은 스크래치 방향의 시험편을 2mm/s로 실험한 결과를 나타내었다. Scratch tip의 직경이 작아지면서 스크래치의 모드가 점차 ploughing - whitening - cutting으로 변함을 알 수 있으며, 이를 통하여 스크래치의 요인에 따라 예기치 않은 visible한 스크래치가 발생할 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 수지의 방향으로 스크래치 실험을 실시한 경우 폭이 약간 적어지는 경향을 보이지만, 수지 방향성의 효과가 크게 관찰되지는 않았다.

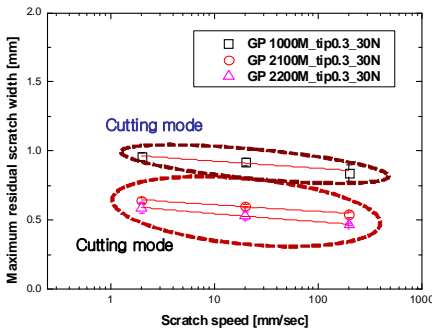


Fig. 1 Relationship between residual scratch width and scratch speed (Flow direction, tip diameter: 0.3mm)

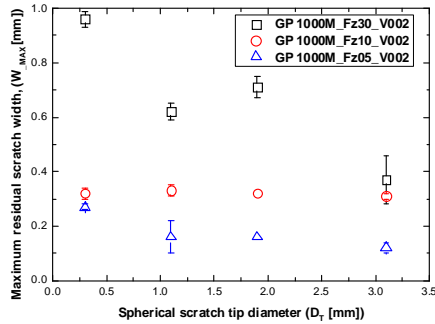


Fig. 2 Relationship between residual scratch width and scratch speed (Flow direction, scratch speed: 2mm/s)

Fig. 3에는 scratch tip 직경이 0.3mm인 경우에 대하여 스크래치 방향이 수지방향과 평행한 시험편에서 변압형 시험을 통하여 얻은 2nd critical load의 변화를 나타내었다. 2nd critical load는 하중이 증가함에 따라 발생하는 whitening 모드에서 cutting 모드의 변화시의 하중을 의미한다. Fig. 3에서 알 수 있는 것처럼 유리섬유의 함량이 많아질수록 2nd critical load는 감소하며, 또한 스크래치 속도가 증가하면 2nd critical load가 감소한다. 두 경향 모두 스크래치에 대하여 재료가 보다 brittle하게 반응하여 재료의 국부파손이 가속되었기 때문이다. 파면

을 스크래치 시험후 고찰하면 ploughing 모드의 경우에는 미시적으로 스크래치의 흔적이 보이지만 거시적으로는 거의 스크래치를 관찰할 수 없지만, whitening 모드에서는 재료가 전반적으로 일정한 스크래치 손상을 입는 것이 관찰된다. Cutting 모드의 경우에는 재료의 일부가 떨어져 나간 듯한 뚜렷한 국부손상의 현상을 관찰할 수 있다. Fig. 4에는 SEM으로 관찰한 ploughing모드와 cutting모드 파면의 예를 나타내었다.

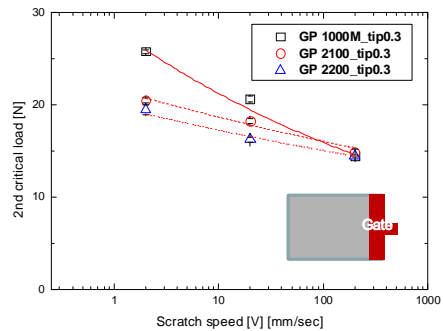


Fig. 3 Relationship between 2nd critical load and scratch speed (Flow direction, tip diameter: 0.3mm)

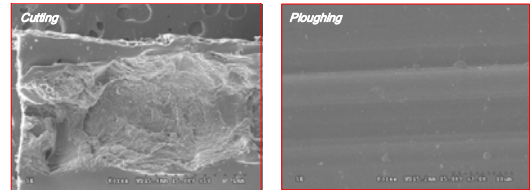


Fig. 4 Photos of the scratch surface of GP1000M for ploughing and cutting mode (Flow direction, tip diameter 0.3mm, scratch speed: 100mm/s)

#### 4. 결론

정압형 시험을 통하여 유리섬유의 함량이 증가할수록, 스크래치 속도가 증가할수록 스크래치 폭이 증가함을 알 수 있었다. 또한, scratch tip의 직경이 감소하면 모드가 점차 cutting 모드로 변화함을 관찰하였다. 반면 변압형 시험을 통하여 2nd critical load는 유리섬유의 함량이 증가할수록, 스크래치 속도가 증가할수록 감소함을 관찰하였다. 이러한 2nd critical load의 변화는 스크래치 파면분석을 통하여 재료의 취성특성이 커져 발생하는 국부적인 파손이 원인임을 파악할 수 있다.

#### 참고문헌

<참고문헌 생략>