엔지니어링 고분자 재료의 스크래치 기구 천이특성 고찰

Observation of the Transition Characteristics of Scratch Mechanisms of Engineering Polymers

***강병현 [1], #최병호 [1], 안지훈 [1]**

*B.H. Kang[1], #B.-H. Choi (bhchoi@korea.ac.kr)[2] , J.H. An[1]

[1]고려대학교 대학원, [2]고려대학교 기계공학부

Key words : Engineering polymer, scratch mechanism, critical load, scratch visibility

1. 서론

고분자 재료에서 나타나는 다양한 스크래치 특성을 정량적으로 비교하기 위해서는 고분자 재료에 맞는 스크래치 시험법과 평가가 필요하다. 그러나 고분자 재료의 스크래치 거동은 금속이나 세라믹 재료의 스크래치 거동 특성과 큰 차이를 보이며, 스크래치 팁 형상, 재질, 스크래치 속도, 표면상태 등 여러 가지 요소가 복합적으로 영향을 미치므로 이에 대한 근본적인 이해는 매우 어렵다. 따라서 다양한 고분자 재료를 대상으로 한 스크래치 특성 파악이 중요하다.

Sue 등의 연구를 통해 스크래치 시험 법 ASTM D7027-05 가 제안되었다. 이 시험 법은 선형으로 증가하는 수직하중 하에서 재료의 스크래치 거동 변화를 관찰할 수 있는 점에서 매우 유용하나, Thermoplastic olefin (TPO), Polypropylene (PP) 등의 반결정형 고분자 재료를 위주로 시험되어 다양한 재료에 대한 분석이 부족하다.

본 연구에서는 다양한 무정형 고분자 재료에서 나타나는 스크래치 특성을 관찰하고, 스크래치 너비와 임계 하중 등의 양적인 스크래치 변수들을 서로 비교하였다. 또한 재료의 기계적 물성과 스크래치 특성을 비교하여 기계적 물성이 스크래치 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 최종적으로는 재료 간의 스크래치 저항성을 비교하였다.

2. 이론 및 실험

본 연구에서는 대부분의 고분자 재료의 변압형 시험에서 관찰할 수 있는 mar, whitening, cutting mode 의 세가지 모드로 스크래치 손상을 구분하였다. 고하중이 재료에 가해질수록 스크래치 손상모드는 mar mode 에서 cutting mode 로 진행되며 재료에 발생하는 손상은 심해진다.

Mar mode 에서 whitening mode 로, whitening mode 에서 cutting mode 로 변하는 지점을 각각 1st, 2nd transition point 라고 하며 이때의 수직하중을 각각 1st, 2nd critical load 라고 한다. Critical load 는 재료의 스크래치 저항성을 평가하는 데 있어 스크래치 폭과 함께 중요한 지침으로 이용된다.

본 연구에는 상용화 되어있는 무정형 고분자 5 종이 사용됐다. Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) 3 종 [ABS1, ABS2, ABS3], Poly(methyl methacrylate) (PMMA) [PMMA1], PC/ABS blend [PC/ABS1]가 각각 1 종씩 사용되었다. 모든 고분자 재료는 LG 화학에서 제공되었다.

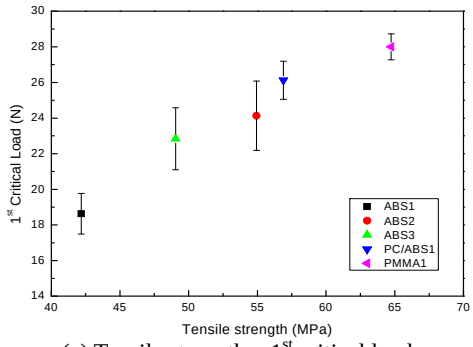
변압형 실험은 ASTM D7027-05 를 기준으로, 정압형 실험은 30N 의 일정한 수직하중 하에서 진행되었다. 스크래치 팁의 직경은 1mm, 스크래치 길이는 100mm, 속도는 100mm/s 로 진행하였고 동일 조건 하에서 5 회 반복해 실험하였다. 스크래치 거동 분석에는 광학현미경을 사용하였다.

3. 실험결과

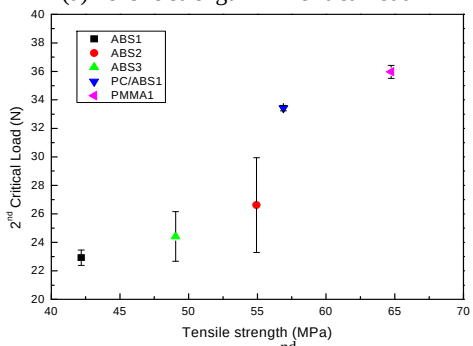
Fig. 1 은 재료의 인장강도와 critical load 를 비교한 그래프이다. 팁과 재료 사이의 마찰력에 의해 팁의 뒤쪽 재료에 인장응력이

발생하고, 인장응력이 인장강도를 넘어설 때 재료에 균열이 발생한다. 따라서 인장강도가 높은 재료일수록 1st critical load 와 2nd critical load 모두 높게 나타난다.

Fig. 2 는 재료의 IZOD 충격강도와 스크래치 폭을 비교한 그래프이다. 재료의 인성이 높을수록 파괴되기 까지의 변형이 크므로 같은 수직하중 하에서 인성이 낮은 재료일수록 스크래치 폭이 작다.



(a) Tensile strength – 1st critical load



(b) Tensile strength – 2nd critical load

Fig. 1 Relationship between tensile strength and critical loads

위에서 언급한 바와 같이 스크래치 폭과 critical load 는 스크래치 저항성의 평가에 있어 중요한 기준이 된다. 스크래치 폭이 넓을수록 시인성은 높고 재료의 critical load 는 낮을수록 같은 하중이 가해졌을 때 더 심한 파괴가 일어나게 되어 파면의 난반사로 인해 역시 시인성이 높다. 따라서 스크래치 폭이 좁고 critical load 는 높을수록 스크래치 저항성이 크다고 볼 수 있다. Fig. 3 은 스크래치 폭과 critical load 를 이용, 스크래치 저항성을 비교한 그래프이다.

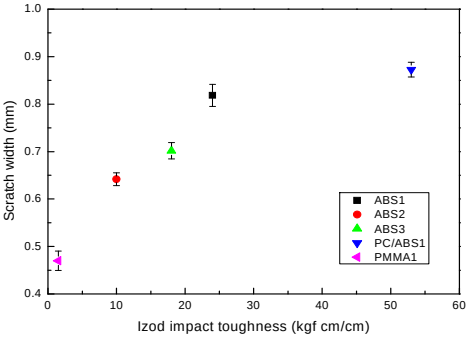


Fig. 2 Relationship between scratch width and IZOD impact toughness

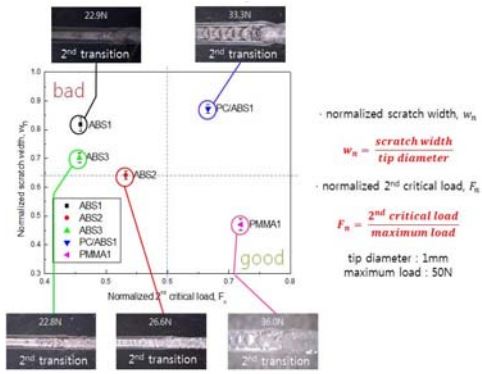


Fig. 3 Comparison of normalized scratch width and the 2nd critical load

4. 결론

사용빈도가 높은 무정형 고분자 재료들을 대상으로 스크래치 시인성에 영향을 미치는 스크래치 폭, critical load 를 측정하고 기계적 물성과 비교하였다. 또한 정규화한 스크래치 폭과 critical load 를 이용, 재료간 스크래치 저항성을 비교하였다. PMMA 가 전반적으로 우수한 스크래치 저항성을 나타냈으며, ABS 가 가장 나쁜 특성을 보였다. 재료의 인장강도가 높고 충격 인성이 낮을수록 스크래치에 강한 재료로 볼 수 있으며, 이는 기본적인 인장, 충격시험을 통해서 재료의 스크래치 저항성을 예측할 수 있다는 점에서 유용할 것으로 판단된다

참고문헌

<참고문헌 생략>