

PC/PET 합금의 열충격 특성에 관한 연구

An Experimental Study on the Thermal Shock Behavior of PC/PET Alloy

유인자*·이영순**·이재학***

In-Ja Yoo·Young-Soon Lee·Jae-Hak Lee

ABSTRACT

Tests were performed to evaluate the effect of thermal shock behavior on the mechanical properties of PC(poly-carbonate) and PET(polyethylene-terephthalate) with MBS(methylmethacrylate-butadiene-styrene) alloy. Five different material weight fraction for PC/PET were employed : 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, and 100/0. Three different weight fraction of MBS were added to each PC/PET : 0, 3, and 9. Therefore fifteen different types of PC/PET/MBS were prepared using single screw extruder and injection molding machine. One thermal shock cycle consisted of each one hour stay at -40°C chamber and $+80^{\circ}\text{C}$ chamber without delay. Specimens were thermal shocked up to 20 and 40 cycles. Specific mechanical properties considered in this study include tensile, izod impact, and high rate impact behaviors. In addition, the morphology of the fractured surface after Izod impact testing was investigated by the SEM(scanning electron microscope).

1. 서 론

구조용 재료가 외부 환경에 노출되어 사용될 경우 환경의 영향으로 인하여 재료의 물성 및 기계적 인 강도는 일반적으로 점차 저하되며, 특히 급작스런 온도, 압력 등의 변화에 노출되었을 경우는 재료의 열화를 가속화하게 된다^{1,2)}. 이와 같은 재료의 열화현상은 재료 뿐만 아니라 구조물에도 영

향을 입히게 되며, 그 결과 상상하지 못했던 사고가 발생될 수도 있다. 더우기 구조물 재료로서 사용되는 고분자 합금들이 외부환경에 노출되어 사용되는 경우가 많다는 것을 감안할 때 외부환경에 의한 기계적인 특성변화에 대해 관찰하는 것이 필요하다. 그러나 고분자 합금에 대한 물성 및 기계적 특성을 향상시키기 위한 연구는³⁻⁵⁾ 많이 진행되고 있는 반면, 이들에 대한 환경 시험은 거의 전

* 서울산업대학교 산업안전공학과 대학원

** 서울산업대학교 산업안전공학과

*** 국립공업기술원

무한 실정이다.

본 연구에서는 충격 강도는 높으나 용융온도가 높아 성형시 어려움이 있는 PC(polycarbonate)와, 이러한 결점을 보완하기에 적합하다는 내마모성이 좋은 PET(polyethylene-terephthalate)를 선택하여 PC/PET의 비율을 0/100, 25/75, 50/50, 75/25parts와 100/0parts로 혼합하였다. 또한 이 두 수지의 혼화성을 향상시키기 위하여 상용화제인 MBS(methylmethacrylate-butadiene-styrene)를 PC/PET 각각의 혼합배율에 0, 3, 9parts 첨가하여 사출기를 이용하여 각종 시험편을 제작한 후 가속열화 시켰다. 이 가속열화 조건은 열충격을 이용하였고 열충격을 준 후 충격횟수에 따른 기계적 특성변화를 평가하여 최적의 혼합비율을 찾아내었다. 기계적 특성시험으로는 인장강도, 아이조드 충격강도, 최대충격하중을 구하였고, 아이조드 충격 시험후 파단된 시편의 파단면의 morphology를 SEM(scanning electron microscope)을 통해 관찰하였다.

2. 시편제작과 실험방법

2.1 시편제작

시험에 사용된 원료인 PC는 일본 제인화성의 L-1225이고 PET는 선경화학의 HI-2152이며, 상용화제인 MBS는 신아화학의 850(Mn=3,200)을 사용하였다. 혼합배율은 Table 1과 같으며, 각각의 혼합배율에 따른 시료는 독일제 Henschel mixer (Model : C48C1502, NQ)에서 10분간 혼합한 다음 Fig. 1의 순서에 따라 시편을 제작하였다.

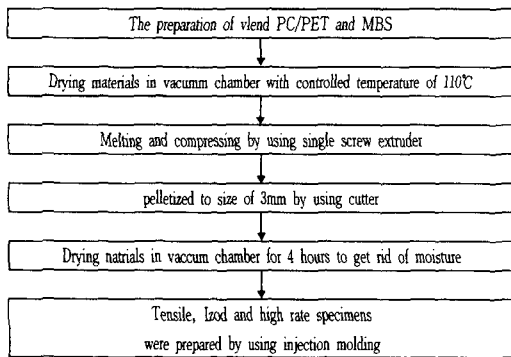


Fig. 1 Processing diagram of specimen

Table 1 Materials weight fraction of PC/PET/MBS

PC/PET/MBS	PC/PET/MBS	PC/PET/MBS
0/100/0	0/100/3	0/100/9
25/75/0	25/75/3	25/75/9
50/50/0	50/50/3	50/50/9
75/25/0	75/25/3	75/25/9
100/0/0	100/0/3	100/0/9

2.2 실험방법

(열충격시험)

열충격시험은 일본 中央理研에서 제작한 열충격기(Model : TB-70)를 이용하여, 상온에서 지체되는 시간없이 -40°C(1시간)~+80°C(1시간)을 1회로 하여, 20회, 40회의 열충격을 주었다. 열충격시험이 끝난 시편은 항온실(실내온도 23±2°C, 상대습도 50±5%)에 3일간 보관한 후 여러가지 기계적 특성 평가를 행하였다.

(기계적 특성 실험)

인장강도 시험은 미국의 United Universal Testing Machine(Model : SMF20)을 사용하였으며, 시험편은 KS M 3006(플라스틱 인장성 측정 방법)규정에 의해 시편 제작하였고(Fig. 2 참조), 인장속도는 5mm/min, Grip간 거리는 115mm, 최대 하중은 기록계 눈금범위의 15~85%이내에 들어오도록 택하였으며 이 범위내에서 최대 인장강도값을 구했다.

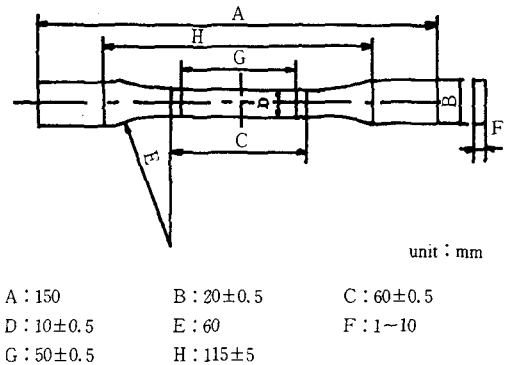


Fig. 2 Tensile specimen

아이조드충격 시험은 일본의 Universal Impact Tester(Model : 195-LFR)를 사용하였으며, 시험편은 KS M 3006(경질 플라스틱 아이조드 충격강

도) 규정에 의해 제작하였고(Fig. 3 참조), 그에 따른 시험방법을 준수하였다.

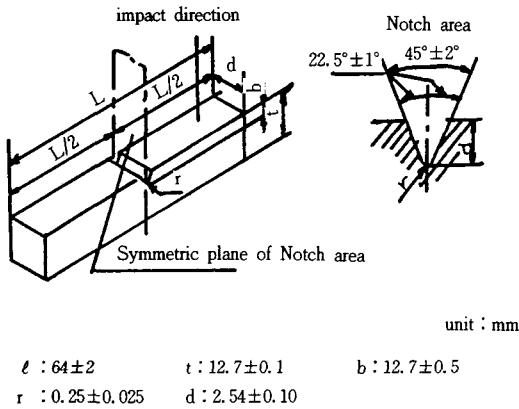


Fig. 3 Izod impact specimen

최대충격 시험(Ultimate impact testing)은 미국의 Rheometric회사가 제작한 High Rate Impact Tester(Model : RIT-8003)를 사용하였으며, 시험 방법은 시편을 기기에 고정시킨 후 1/2inch 직경의 반구형 probe로 충격을 주어 probe가 시편에 완전히 침투해 들어가도록 한 후 파괴가 일어날 때의 최대충격 하중을 측정하였다. 이때의 충격 속도는 2m/sec이었고, 시험편의 형상과 치수는 Fig. 4와 같다.

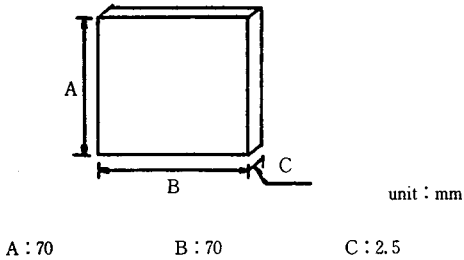


Fig. 4 Ultimate impact specimen

morphology관찰은 아이조드충격 시험후 파단된 시편의 파단면을 미국의 Fisons(Model : SCC-0)를 사용하여 gold coating한 뒤 Holland의 Philips사가 제작한 SEM(Scanning Election Microscope, Model : XL-30)을 사용하여 관찰하였다. 이때 배

율은 2kx였고, 가속전압은 20kv였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 열충격 시험

열변형 온도가 76°C인 PET가 100parts 함유된 시편에서는 MBS의 첨가량에 상관없이 약간의 외형적인 변형이 나타났으나, 열변형온도가 128°C인 PC와 혼합된 시편에서는 외형적인 변형은 없었다.

3.2 기계적 특성 시험

(인장강도 시험)

열충격 횟수에 따른 인장강도 값의 변화를 Fig. 5부터 Fig. 9까지 나타냈다. 대체적으로 열충격횟수가 증가할 수록 인장강도가 감소하였으며, 또한 MBS의 함유량이 증가할수록 인장강도가 감소되었다. 그러나 Fig. 7에서는 다른 Fig. 5, 6, 8, 9에서보다 열충격횟수나 MBS의 함유량이 인장강도에 미치는 영향은 적었으며, Fig. 8에서는 열충격횟수가 증가할수록 인장강도가 약간씩 증가하는 경향도 나타내었다. 고분자 수지인 에폭시와 그래파이트/에폭시, 보론/에폭시 등의 복합재료를 온도 사이클 환경시험을 한 결과⁶⁾와 그래파이트/에폭시 복합재료를 18개월동안 자연상태 노출시킨 결과⁷⁾에 의하면 각각 온도 사이클 횟수와 노출시간이 증가할수록 대체로 인장강도가 감소하였으나, 온도 사이클 횟수 및 노출 시간에 따라 부분적으로 증가하는 경향을 보인 부분도 있었다. 또한

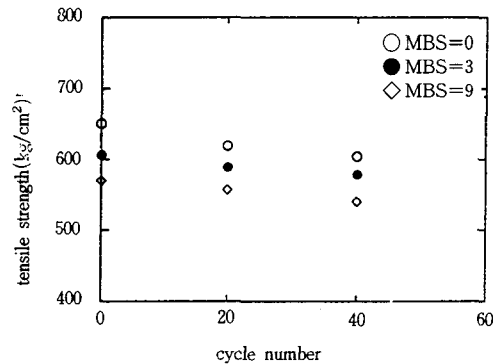


Fig. 5 Tensile strength of PC/PET(0/100)

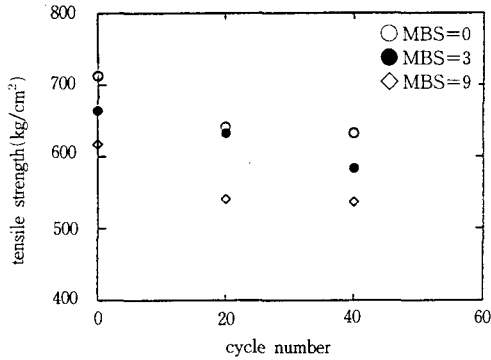


Fig. 6 Tensile strength of PC/PET(25/75)

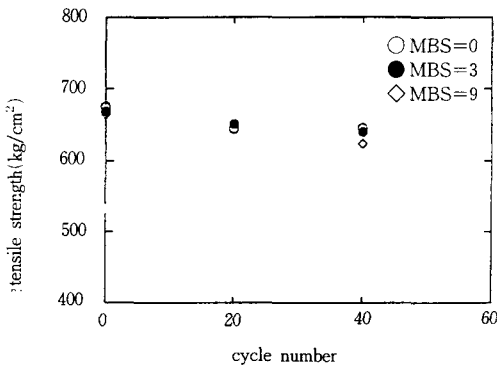


Fig. 7 Tensile strength of PC/PET(50/50)

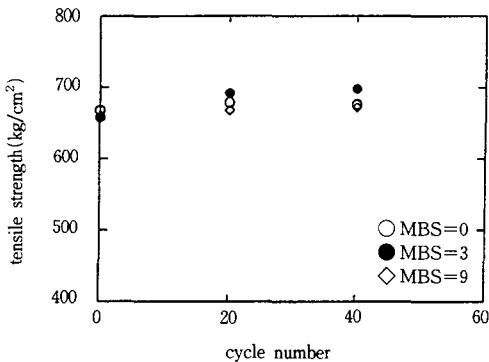


Fig. 8 Tensile strength of PC/PET(75/25)

유리섬유강화 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide) 복합재료를 93°C의 물에 180일 까지 장시

간 침지후 인장시험한 결과⁸⁾에서도 시간이 흐를수록 인장강도는 감소하였으나, 부분적으로 인장강도가 증가한 부분도 찾아볼 수 있었다.

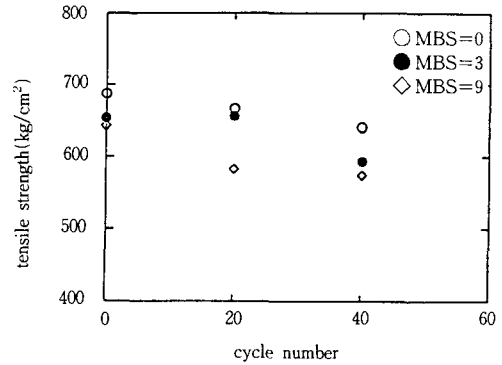


Fig. 9 Tensile strength of PC/PET(100/0)

〈아이조드충격 시험〉

열충격횟수에 따른 아이조드 충격강도의 변화를 Fig. 10부터 Fig. 14까지 나타내었다. 인장강도 시험과는 다르게 열충격횟수에 따른 아이조드 충격강도의 변화가 미미하였으며, 또한 MBS의 함유량이 아이조드 충격강도에 미치는 영향이 적었다. 그러나 PC/PET가 75/25parts인 경우(Fig. 13 참조) MBS의 함유량에 따른 변화가 컸으며, MBS의 함유량이 9parts인 경우 아이조드충격 강도가 우수하였다. PC/PET가 100/0parts인 경우(Fig. 14 참조)는 MBS 함유량에 관계없이 아이조드충격 강도가 우수하였다. 결론적으로 40회까지의 열충격이 아이조드충격강도에 미치는 영향은 미미하

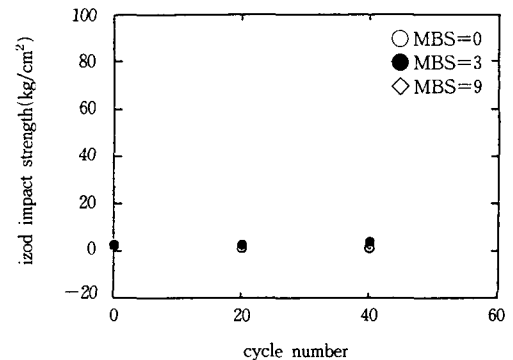


Fig. 10 Izod impact strength of PC/PET(0/100)

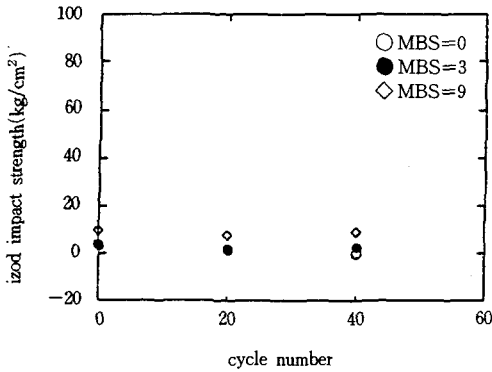


Fig. 11 Izod impact strength of PC/PET(25/75)

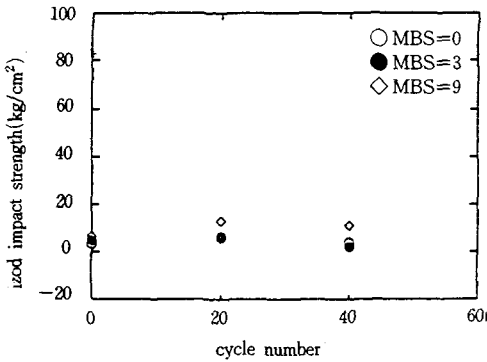


Fig. 12 Izod impact strength of PC/PET(50/50)

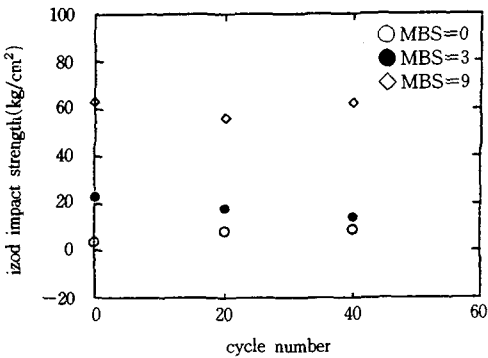


Fig. 13 Izod impact strength of PC/PET(75/25)

였으며, 다만 PC/PET/MBS가 75/25/9parts인 경우와 PC/PET가 100/0parts인 경우의 모든 MBS의 함유량에서는 아이조드 충격강도가 우수한 것

으로 나타났다.

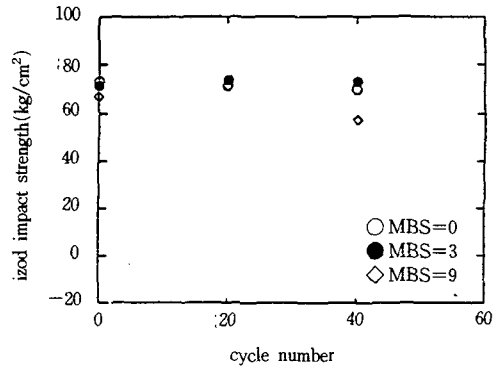


Fig. 14 Izod impact strength of PC/PET(100/0)

Lou와 Murtha⁸⁾는 유리강화섬유와 폴리페닐렌 설페이드 복합재료를 93℃의 물에 180일까지 침지 후 충격강도를 측정하였는데, 침지시간이 증가할수록 충격강도는 대체로 감소하였으나 부분적으로 증감을 반복하는 현상이 나타남을 관찰했다.

〈최대충격 시험〉

Fig. 15부터 Fig. 19는 열충격후 최대충격하중이 어떻게 변화하는가를 보여주고 있다. 최대충격하중이란 시편에 충격이 가해지는 시간(보통 2msec이내)동안 시편에 걸리는 하중중 최대값을 말한다. 아이조드충격 시험결과와 마찬가지로 열충격횟수 및 MBS의 함유량이 최대충격하중에 미치는 영향은 미미하였으나, 부분적으로는 다소 영향을 미치는 결과도 나타내었다. PC/PET가 75/25parts와 100/0parts인 경우는 아이조드충격 시

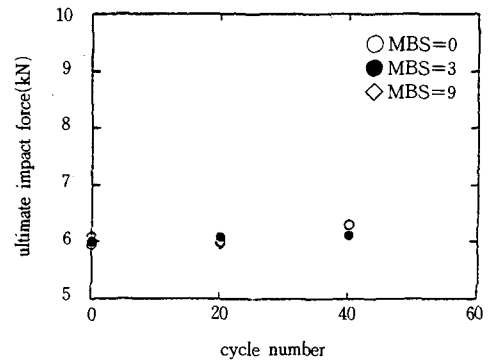


Fig. 15 Ultimate impact force of PC/PET(0/100)

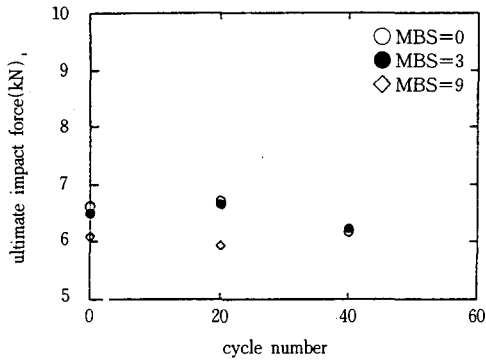


Fig. 16 Ultimate impact force of PC/PET(25/75)

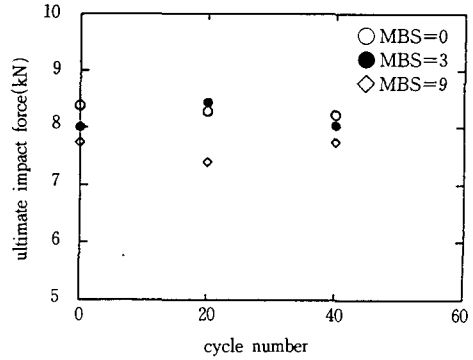


Fig. 19 Ultimate impact force of PC/PET(100/0)

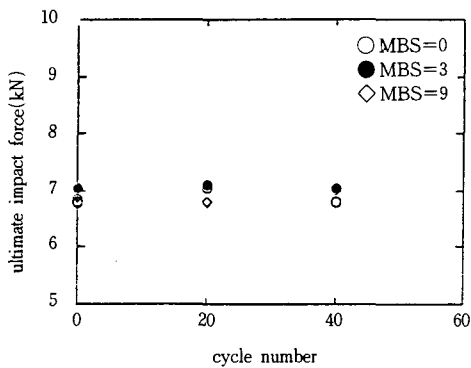


Fig. 17 Ultimate impact force of PC/PET(50/50)

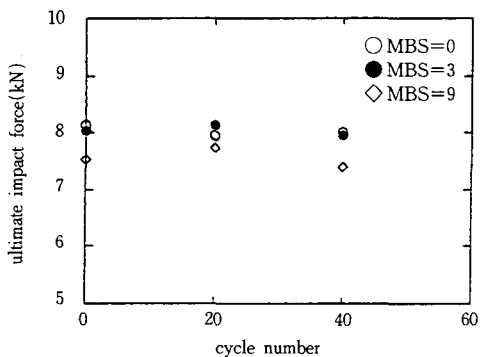


Fig. 18 Ultimate impact force of PC/PET(75/25)

험결과와 마찬가지로 최대충격하중이 다른 함유량에 비하여 우수하였다.

3.3 고찰

인장, 아이조드, 최대충격시험 결과와 문헌에 보고된 결과를 종합하면 열충격횟수가 증가할수록 일반적으로 강도는 감소하는 현상을 보이는데 부분적으로 강도가 증가하는 부분도 찾아볼 수 있다. 금속의 경우를 예를 들면 열처리와 같이 일정 시간동안 열을 가하면 경도와 강도가 증가하지만 장시간 열에 노출되면 노화되어 강도가 감소하는 현상을 볼 수 있다. 마찬가지로 고분자 재료도 금속의 열처리 효과와 같은 현상이 발생하여 부분적으로 강도가 증가한다고 볼 수 있다.

<조직관찰>

Fig. 20과 Fig. 21은 아이조드충격후의 파단면을 SEM을 통해 관찰한 사진이다. Fig. 20의 a, b, c는 PC/PET/MBS가 25/75/3parts일때 열충격횟수 0, 20, 40회에서의 파단면을 보여주고 있다. a에서 나타난 바와 같이 PET가 많이 함유된 상에서는 matrix내에 분산된 domain의 크기가 증가하며 PC 입자가 잘 혼화되지 않은 채 일부는 커다란 불규칙적인 구형의 입자로 나타났고, matrix내에 파단시 입자가 떨어져 나간 자국도 볼 수 있었다. 또한 b, c의 단면에서는 파단면의 형태가 약간 brittle하게 나타났고, a에서 볼 수 있었던 불규칙적인 구형의 입자들이나 자국은 드물게 나타났다.

Fig. 21의 a, b, c는 PC/PET/MBS가 75/25/3parts일 때 열충격횟수 0, 20, 40회에서의 파단면을 보여주고 있다. 이 혼합 비율에서는 열충격 횟수에 의한 파단면의 형태에 차이가 거의 없었고, 열충격을 받기 전의 파단면의 사진인 a에서

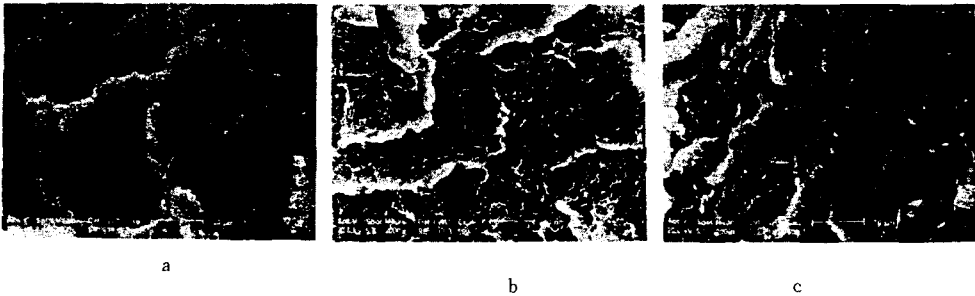


Fig. 20 SEM microscopy of PC75/PET25/MBS3 alloy as the number of cycle (a : 0cycle, b : 20cycles, c : 40cycles)

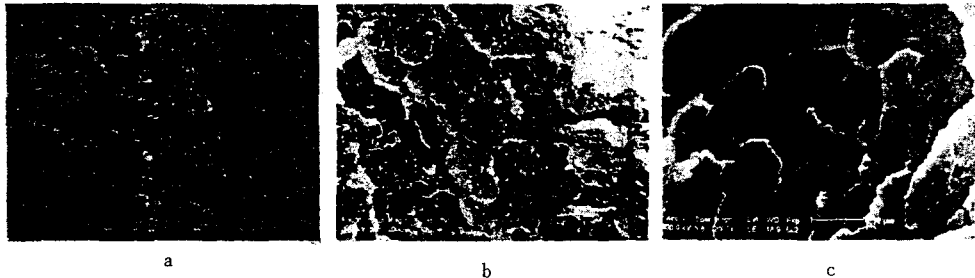


Fig. 21 SEM microscopy of PC25/PET75/MBS3 alloy as the number of cycle (a : 0cycle, b : 20cycles, c : 40cycles)

보는 바와 같이 지수들이 잘 혼화되어 있었다. 또한 Fig. 20에서 나타난 자국이나 섞이지 않은 입자들의 덩어리는 보이지 않았으며, 입자의 크기는 $0.2\mu\text{m}$ 로 미세하게 나타났다.

4. 결 론

내충격성이 우수한 PC와 내마모성이 좋은 PET에 이들의 혼화성을 증대시키기 위해서 상용화제인 MBS를 첨가하여 만든 합금에 열충격을 주어 기계적 특성 시험을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 전반적으로 40회까지의 열충격으로는 기계적 특성에 영향을 크게 미치지지는 않았고, 단지 PC함유량이 0, 25, 100parts일 경우 인장강도가 약간 감소하였다.

2) 인장강도 시험에서는 PC/PET함유량이 75/25parts인 경우는 열충격횟수가 증가할수록 인장강도가 약간 증가하는 경향도 볼 수 있었다. 이 결과로부터 금속의 열처리 효과와 비슷한 현상이 고분자재료에도 발생된다고 추정할 수 있다.

3) 아이조드충격 시험과 최대충격 시험에서는 열충격 횟수에 거의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다으며, MBS의 함유량에 따른 영향도 거의 받지 않은 것으로 나타났다. 그러나 두 시험에서 모두 PC함유량이 50parts와 100parts 사이에서 충격강도가 급격히 증가하는 것으로 나타났는데 이는 PC가 내충격성에 강한 성질을 가지고 있으며, 열안정 범위가 비교적 넓기 때문인 것으로 사료된다.

4) 전체적인 기계적 특성을 고려할 때, PC의 함

유량이 75일 경우 가장 우수한 기계적 성질을 나타내었다.

참 고 문 헌

- 1) Alfred C. Loos and George S. Springer, Effect of Thermal Spiking on Graphite-Epoxy Composites, J. Composite Material, Vol. 13. pp. 17~21,
- 2) Timothy E. Fisher, The Mechanical Properties of Various Reinforced Thermoplastic Alloy at Elevated Temperatures, Plastics Engineering, pp. 31~36, April, 1983.
- 3) Shaul M. Aharoni, Aromatic Poly(ester carbonate)/PET(polyethylene-terephthalate) Alloy, J. Macromol, Sci-Phys, B(5 & 6), pp. 813~859, 1983~84.
- 4) 이성훈외 3인, Polypropylene/Ethylene-p-ropylene 공중합체 혼합물의 기계적 특성, Polymer(Korea), Vol. 14, No. 4, pp. 434~440, Aug, 1990.
- 5) 박이순외 3인, Polycarbonate/SAN 블렌드의 열적·기계적 성질, Polymer(Korea), Vol. 15, No. 1, pp. 22~26, 1991.
- 6) C. E. Browing and J. T. Hartness, Effects of Moisture on the Properties of High-Performance Structural Resins and Composites, Composite Materials : Testing and Design(Third conference), ASTM STP 546, pp. 284~302, 1974.
- 7) R. E. Trabocco and M. Stander, Effect of Natural Weathering on the Mechanical Properties of Graphite/Epoxy Composite Materials, ASTM STP 602, pp. 67~84, 1976.
- 8) A. Y. Lou and T. P. Murtha, Environmental Effects on Glass Fiber Reinforced PPS Stampable Composites, J. Composite Materials, Vol. 21, pp. 910~924, Oct. 1987.