

재활용 PET를 이용한 내수제 제조 및 최적 투입조건 탐색

박재석, 유영정, 김형진
국민대학교 임산공학과

1. 서 론

플라스틱은 가볍고, 단위 무게당 강도가 철보다 뛰어나며, 흡습성이 낮을 뿐만 아니라, 제품성형이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 그러므로 주위에서 흔히 볼 수 있는 일상 생활용품이 플라스틱으로 대체되었다. 플라스틱 재질 중 poly ethylene terephthalate(PET)는 축합중합에 의해 제조되는데 분해 반응을 거쳐 단량체(monomer)로 재활용할 수 있는 고분자이다. PET는 섬유, 필름, 식품용기 등의 일회용품 제작에 많이 사용되고 있으나, 다량으로 발생하는 폐PET는 환경적으로 심각한 문제를 야기시킨다. 최근엔 전 세계적 이슈로 부각되고 있는 환경오염 문제는 산업화의 팽창 및 도시화의 급속한 발전에 따라서 증가되고 있는 실정이다. 또한 생활수준의 향상에 따라 삶의 질을 높이려는 차원에서 환경오염에 대한 관심도가 증가하고 있으며, 이에 따라 환경을 감시하는 정부 및 비정부 단체에서 실시하는 환경오염 규제도 점점 엄격해 지고 있으며, 폐 PET의 처리방법에 대한 여러 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다.

폐PET의 재활용 방법으로는 용융 후 사출하여 고분자 소재로 재사용하는 방법과 직접소각, 건류소각 및 고형연료로 제작하여 에너지를 회수하는 방법 그리고 원료화나 유화 등의 화학적 재활용 방법등 여러 가지가 있다. 본 실험에서는 재활용 PET를 이용하여 polyester resins을 추출한 후, hydrophobic functional monomer를 융합하여 종이의 내수성 및 습윤 강도 개선의 가능성을 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험 재료

2. 1. 공시재료

2.1.1. 폐 PET(Poly Ethylene Terephthalate) 병

본 연구에서는 동일 조건의 재활용 PET로 시료를 조성하여 균일성을 부여하기 위해 흔히 사용되고 있는 1.5ℓ 음료수 PET병을 수거하여 제조하였다.

2.1.2. 공시 펄프

본 연구에서는 제조된 PET 시료의 발현성을 평가를 위하여 UKP(Unbleached kraft pulp)를 사용하였다. UKP 펄프 여수도는 640ml CSF이었다.

2.1.3. 기타약품

A사에서 분양받은 Rosin, Alum을 사용하였으며, pH 조절제로서 NaOH와 Alum를 증류수로 희석하여 사용하였으며, D사로 부터 분양받아 사용하였다.

3. 실험 방법

3.1. PET 내수제 제조 및 발현성 평가

3.1.1. 재활용 PET(Poly Ethylene Terephthalate)의 실험실적 제조

위 실험에 사용된 PET는 1.5ℓ PET병을 이물질 제거한 후 가로 0.5cm × 세로 0.5cm로 절단한 후, PET 가수분해 실험에 실시하였다. 사용된 고온고압 반응기의 (Hanwoul Enginnering co. Ltd, Korea) 실험장치 모식도 및 PET 내수제 제조과정은 Figure 1에 도시하였다. PET 시편의 분해를 극대화시키기 위하여 0.2 N NaOH(400ml)를 PET 시편(20g)과 함께 반응기에 넣은 후, 200℃의 설정온도에 도달할 때까지 예열시킨 후, 설정온도 도달 후 2시간동안 반응 시켰다. 반응 완료 후 상온에서 냉각 시킨 뒤 filtering을 통하여 용해된 PET만 정제하였다. PET 용해된 용액을 건조시켜 파우더를 제조시킨 후 수율을 측정하였다(Table 1).

Table. 1. The yield of soluble PET extraction

Extraction amount	Yield(%)
30.05g (per 50g)	61 %

제조된 PET 파우더를 phenol에 TPP(Triphenyl phosphite)를 PET 전건 중량의 1% (or 2%)의 비로 첨가하여 반응 시킨 후, acetone으로 세척하여 건조시켜 제조하였다.

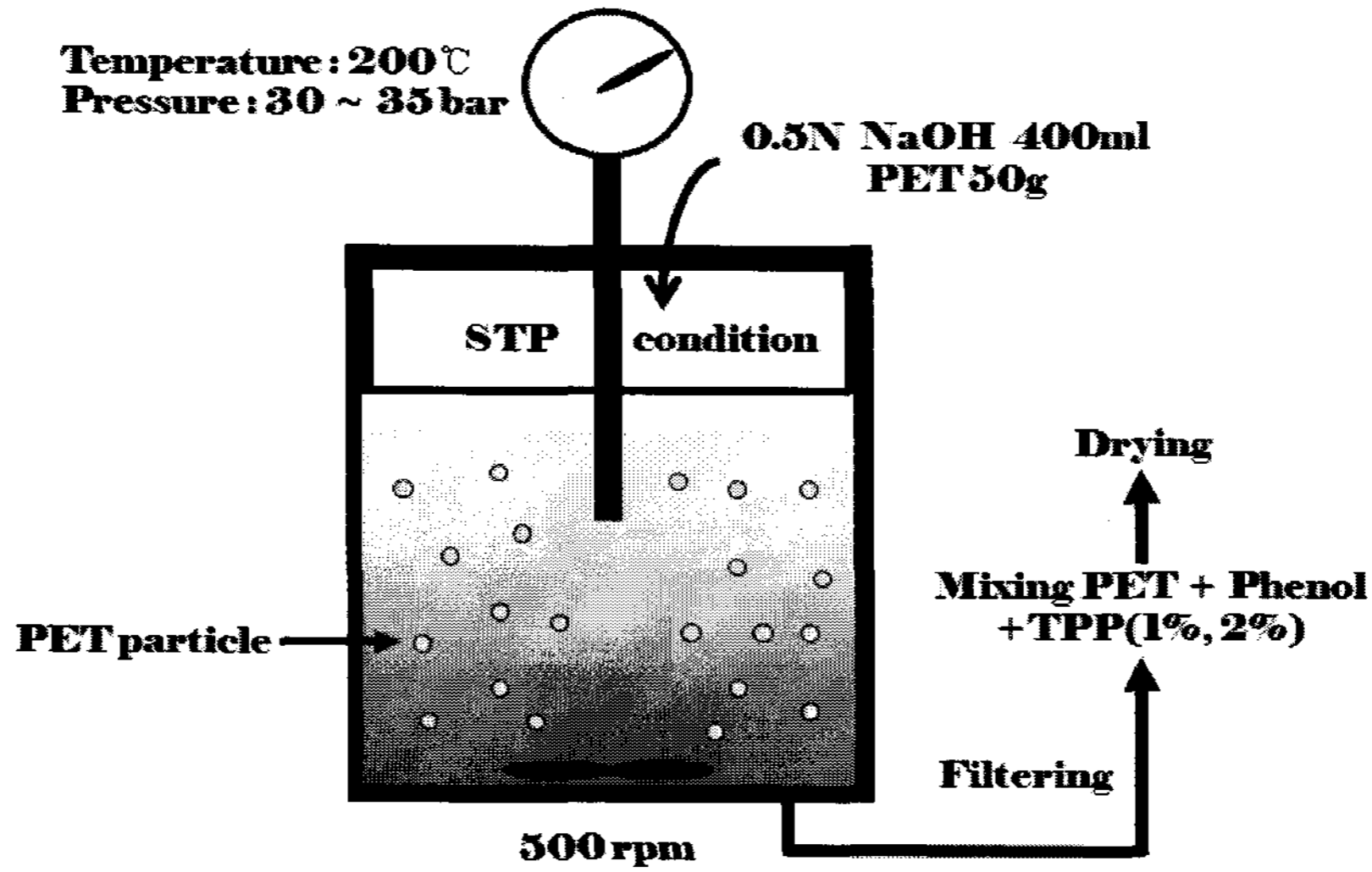


Figure. 1. Experimental apparatus and PET manufacture processing.

3.1.2. pH에 따른 PET 내수제 발현성 평가

PET내수제의 최적 pH 조건을 탐색하기 위해서 NaOH, Alum를 사용하여 지료내 pH를 5.5, 6.5, 7.5로 조절하였다. ISO 5269-1에 따라 수초지를 제조하였으며 최종 평량은 80g/m² 설정하였다. PET내수제는 200°C로 제조된 PET(TPP 1%)를 사용하였으며, 모든 첨가제는 투입하기 전에 전처리를 한 후 지료에 투입하였으며, 제조된 수초지는 항온항습 조건하 24시간 조습처리한 후 내수성을 평가하였다. 각 내수제 투입 조건은 Table 2에 나타내었다.

Table. 2. Condition of Chemicals according to initial pH condition

Condition of Chemicals	Initial pH
Rosin + Alum	5.5, 6.5, 7.5
PET + Alum	
PET(1%) + Rosin + Alum	

3.1.4. PET 투입량과 TPP 첨가량에 따른 내수성 평가

TPP함유량과 PET내수제 첨가량에 따른 내수성을 평가하고자 PET내수제와 TPP 함유량을 1%, 2%로 조절하여 ISO 5269-1에 따라 평량은 80g/m²의 수초지를 제조하였으며, 제조된 수초지는 항온항습조건에서 24시간 조습 처리한 후 측정하였다. 이때의 PET 내수제 조건은 Rosin(1%), Alum(1%), PET로 설정하였다.

Table 3. Condition of Chemicals according to TPP or PET addition

Condition of Chemicals	Initial pH	TPP addition
Rosin + Alum	5.5	1%, 2%
PET1% + Rosin + Alum		
PET2% + Rosin + Alum		

3. 2. 측정방법

3. 2. 1. 사이즈도 시험

KS M 7025인 Stöckigt 사이즈도와 KS M 7122인 Herclues 사이즈도 시험법을 이용하여 측정하였다. 이 Stöckigt 사이즈도 값은 아래 식으로 보정한 후 나타내었다.

$$(\text{Stockigt 사이즈도}) = \frac{\text{측정값(sec)}}{\text{평량(g/m}^2\text{)}} \times 100$$

3. 2. 2. pH 측정

수초지를 제조하기 전 희석과정에서 준비한 지료를 이용하여 Thermo Orion사 model 420의 pH meter를 사용하여 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

4. 1. pH에 따른 PET 내수제 발현성 평가

다양한 pH 조건에 따른 PET 내수제 발현성 시험결과는 Stöckigt 사이즈도로 이루어졌으며, 그 결과를 Figure 2에 나타냈다. 대체적으로 산성(pH 5.5~6.5) 조건에서 Rosin과 Alum에 PET를 혼합 내첨시 좀 더 높은 내수성 결과를 얻을 수 있었고, 약알카리 조건 하에서도 사이즈도 감소폭이 낮은 결과 값을 얻을 수 있었다. 이러한 경향은 PET 수지

가 로진과 함께 섬유에 보류되어 수분에 대한 저항성이 향상된 것으로 사료된다.

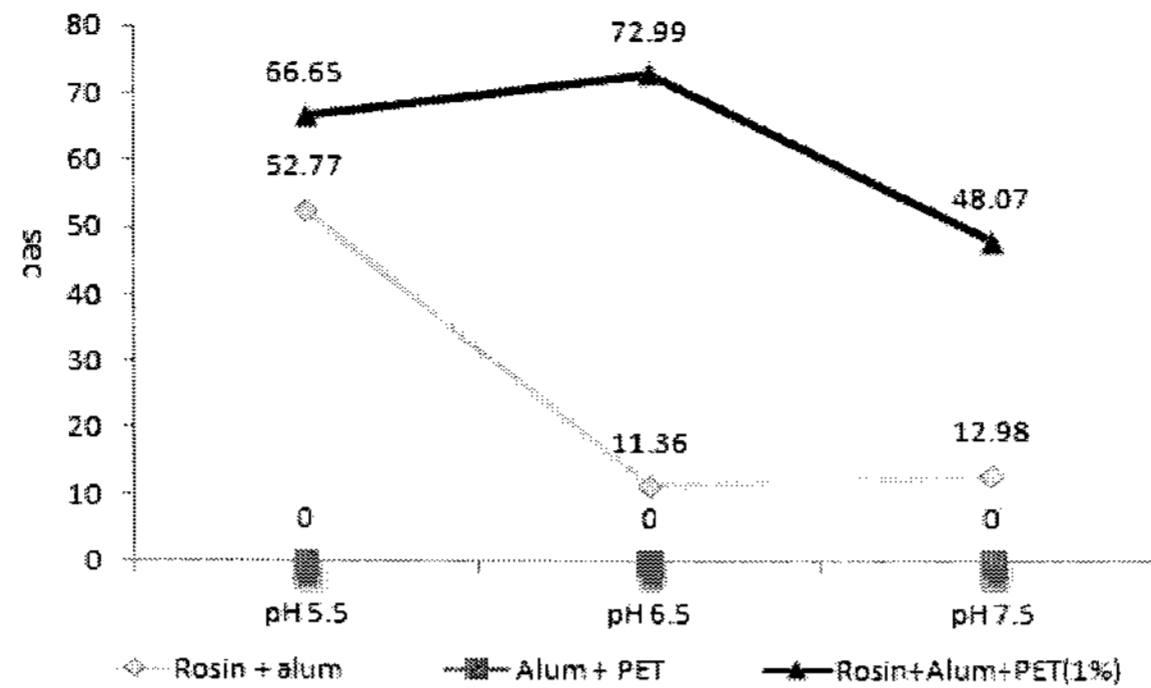


Figure 2. The Sizing degree of Chemicals according to initial pH conditions.

4. 3. TPP 첨가량과 PET 투입량에 따른 내수성 평가

PET제조사 TPP 함유량에 따른 내수 특성을 Table 5와 Fig. 4에 나타내었다. PET 제조사 TPP(Triphenyl phosphite)의 첨가량 증가에 따라 내수성이 상당히 개선됨을 알 수 있다.

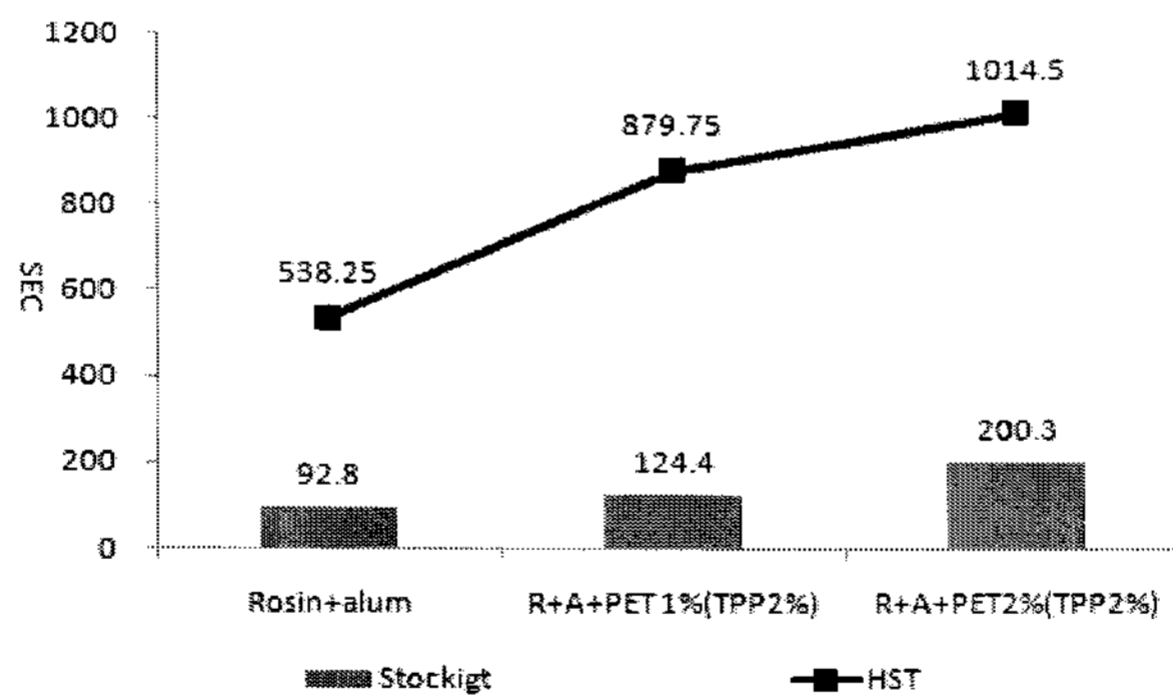


Fig. 3. Sizing degrees according to TPP addition.

이는 PET와 TPP 반응에서의 분자량 증가가 사이즈도 개선에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Table 5와 Figure 4는 PET 내수제 첨가량에 따른 사이즈도 시험한 결과로서 PET 첨가량에 증가에 따라 사이즈가 증가하는 경향을 나타냈다. PET량을 2% 첨가한 시험편은 Rosin 알럼 보다 약 2배정도의 강내수성을 나타냈다.

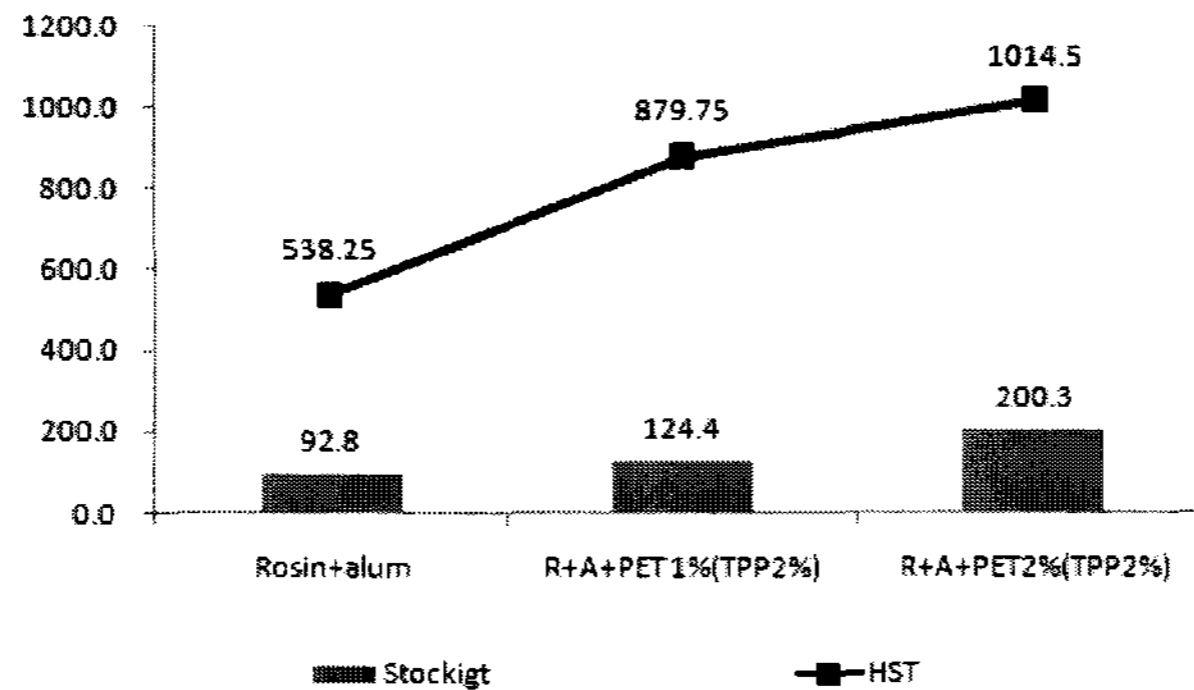


Fig 4. The Sizing degrees according to PET addition

4. 결 론

PET를 재활용하여 내수제를 제조하고, 다양한 조건 속에서 종이의 내수성을 평가하였다. PET를 가수분해 하여 TPP(Triphenyl phosphite)와 반응시킨 PET 내수제는 Rosin, Alum과 함께 반응하여 내수성 개선 및 향상의 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 참 고 문 헌

1. 육현미, 회분식 장치를 이용한 아임계 및 초임계수 조건에서의 PET 가수분해 특성, 공주대학교, (2002).
2. Yong zou, Jeffery S, HSIEH, Tim S. Wang, Eric Mehnert, John Kokoszka, PET polyester resins used in the wet end at neutral-alkaline papermaking conditions Tappi journal pp. 28~31 (2005).
3. Tim S. Wang, Jeffery J.Krueger, Jeffery S, HSIEH, Peter Pellitier, John Kokoszka, The recyclability of paper treater with environmentally friendly PET polyesters, Tappi journal pp. 27~32 (2006).
4. 이학래, 로진 사이징과 알칼리 사이징의 기본원리, 한국펄프·종이공학회 1989년 학술발표논문집 Vol 21 No. 1, pp. 32~38 (1989).
5. 이현철, 김봉용, 펄프와 정착에 따른 중성 사이징 특성, 한국펄프·종이공학회 2001년 학술발표논문집 Vol 32 No. 2, pp. 17~23 (2001).