

생분해성 섬유의 개발과 전망

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 이치웅
(colee38@reseat.re.kr)

1. 서언

- 생분해성수지는 토양 매립된 후 미생물에 의해 분해되어 물과 이산화탄소로 환원되는 등 유해물질 방출 리스크가 낮기 때문에 환경보호 면에서 가공품으로 활용이 확대되고 있다.
- 생분해성수지는 폴리올레핀 등의 범용수지에 비해 생산규모가 작고 고비용이었으나 환경문제에 대한 관심 증대와 함께 생산설비가 증강되어 공급이나 비용 면에서 범용수지와 버금하는 정도로 안정화가 이루어지고 있다. 그 중에서도 폴리젯산(PLA), 폴리부틸렌석시네이트(PBS) 등의 지방족 폴리에스테르공중합체로 구성되는 생분해성 수지의 성장이 가장 현저하다.
- 필자 등은 환경 순환형의 사회에 적합한 섬유 제조를 기본 개념으로 하여 범용수지와 동등한 가공성을 가지면서 양호한 생분해성 기능을 가진 열 접착성 복합섬유의 개발을 시도하고 이를 적극적으로 상업용화하여 이의 활용을 확대하기 위한 노력을 추진하고 있다. 본고는 생분해성수지의 섬유화와 부직포화 하기 위한 연구결과를 설명하고 이의 용도에 대한 것을 소개한 것이다.

2. 생분해성 섬유의 시장 동향

- 생분해성섬유의 시장규모는 매년 증가하고 있다. 섬유 물성이 폴리에스테르나 나일론에 근접한 PLA수지의 단일 재료 섬유가 압도적으로 다수를 점하고 있다. 이들의 제품형태는 섬유상이 아니며 가공공정에서 직접 부직포를 제조할 수 있는 스핀본드법으로 불리는 가공방법으로 얻어지는 부직포 제품이 주체가 되고 있다.

- 섬유형상을 경유하여 2차 가공으로 카드부직포나 에어레이드부직포를 제조하는 프로세스는 생산성에서 스판본드 부직포에 비하여 열세이기는 하나 촉감이 부드러운 부직포나 부피가 큰 부직포 등 여러 기능성의 부직포 제품 제조가 가능하다는 이점이 있다. 그러나 이들 제품이 시장에서 성장하지 못한 것은 생분해성섬유가 부직포로서 가공성이나 물성이 폴리에틸렌 등의 범용수지를 사용한 섬유에 미치지 못하기 때문으로 보인다.

3. 생분해성 섬유의 개발

○ 생분해성수지의 복합섬유화 기술

- 생분해성 복합섬유에서 융점이 상이한 수지를 사용할 경우 섬유 제조 시에 섬유끼리 유착(융착)이 일어난다는 문제가 있다. 유착은 섬유로 가공 시 방사성이나 연신성은 물론, 부직포 가공 시 개섬성이나 분산성 등의 불량 요인이 된다. 섬유 제조 시의 유착을 억제하기 위해 수지의 결정화 특성을 검토하였다.
- 섬유 유착을 억제하기 위해서는 구성하는 수지로 결정 고화가 비교적 빠른 수지를 선정해야 한다. 단일 섬유로 섬유화된 PLA는 비교적 결정 고화가 빠르며 융점차를 가진 PLA 동류를 사용하여 방사할 때 섬유 유착이 억제되어 섬유화가 가능하다는 보고가 있다. 그러나 이 섬유는 감촉이 거칠고 뻣뻣하므로 부직포로 가공성이 떨어진다.
- 필자 등은 복합섬유의 수지구성을 코어(core) 성분과 반결정화 시간이 짧고 결정 고화도가 빠른 수지를 선정하여 결정화 시의 발열을 억제하였다. 쉬스(sheath) 성분으로는 비교적 결정화속도가 느린 수지를 선정하여 촉감이 부드럽고 섬유제조 시에 연전성을 유지하도록 하는 방법을 검토하고 있다.
- 코어 성분에 PLA를 사용하고 쉬스 성분에 PBS를 사용하여 유착을 억제하여 방사가 가능한 섬유를 얻을 수 있었다. 융점차를 가진 PLA 구성에서 섬유 유착은 보이지 않으나 감촉이 거친 섬유가 얻어졌다. 쉬스 성분에 비교적 결정화 온도가 낮은 PBAT(폴리부틸렌 아디페이트-테레프탈레이트)을 사용한 구성에서나, 반결정화시간이 길고 비교적 결정화 속도가 낮은 PBS를 코어 성분으로 하는 구성

에서는 섬유 유착에 의한 방사성에 감소가 일어나 안정적인 섬유를 얻지 못하였다.

- 무응력 하에서 수지특성 중의 하나인 결정성을 고려하여 수지를 구성하는 것을 기본으로 하여 섬유화를 검토하여 왔으나, 섬유 가공은 섬유 인취 시의 응력 배향을 고려할 필요가 있음이 확인되었다.

○ 부직포로의 가공성

- 생분해성 복합섬유로 가공함에 있어서 올레핀 등의 범용수지를 사용한 섬유와 동일한 가공성을 가지도록 하기 위해서는 섬유-섬유 간(F/F) 및 섬유-금속 간(F/M)의 마찰계수가 중요한 인자가 된다. 이는 부직포뿐만 아니라 섬유의 제조공정에도 영향을 미친다.
- 섬유 처리제가 부착되지 않은 상태에서는 PLA/PBS 섬유는 제조가 가능하나 동마찰계수가 $F/F=0.60$, $F/M=0.50$ 으로 높고 부직포로 가공에서는 섬유 얽힘이나 개섬 불량 등의 결점을 보였다. 실리콘계 성분을 함유하여 활성이 높은 섬유처리제를 부착시킨 상태에서는 섬유화가 가능하였다. 그러나 PLA/PLA 섬유의 부직포로 가공성은 섬유 얽힘이나 개섬 불량 등의 결점이 보이며 촉감이 거칠었다.
- 구성성분을 PLA/PBS로 하는 복합섬유에 대하여 생산기계에서 검증을 실시하고, 섬도 2.8dtex의 섬유를 가공하였다. 섬도 2.8dtex의 실제 섬유 직경은 $18\mu\text{m}$ 이며, 수지의 비중차로부터 범용수지의 폴리프로필렌/폴리에틸렌 복합섬유(PP/PE섬유)의 섬도 2.2dtex와 동등한 굵기이다. 섬유 얽힘이 적고 개섬성도 양호한 부직포를 얻었으며 부직포 강도도 손색이 없어 부직포로서의 가공성이 우수하다는 결론을 얻었다.

4. 생분해성 섬유의 용도 확장

- PLA/PBS 복합섬유는 환경부하 경감 이외에 생분해성이 중요한 기능의 하나로서 개발되고 있다. 생분해성의 검토의 한 예와 금후의 응용 확장을 설명한다.

- 생분해성섬유의 기능
 - 생분해성수지의 성형품에는 섬유와 같은 압출 성형품 이외에 사출

성형품이나 블로성형품, 발포성형품 등 있으나 그 대부분은 PLA 단일품의 응용이다. 이들 상품의 태반은 시트나 필름상태로서 생분해성을 필수 기능으로 하는 용도는 비교적 적다. 이는 결정성이 비교적 큰 PLA의 생분해 속도가 느리기 때문이다.

- PLA/PBS 섬유는 비교적 결정화가 느린 비결정부분이 많은 PBS와 복합되어 빠른 속도로 분해가 가능하다. 또한 시트나 필름과는 달리 섬유제품은 그 표면적이 크기 때문에 미생물에 의한 분해 또는 토양 중에서 가수분해 등으로 생분해에 기여하는 면적이 크게 되어 분해속도가 촉진된다.

- 용도 전개 사례와 전망

- PLA/PBS 섬유가 가진 높은 생분해성 기능을 살린 시장의 하나로 펄프나 레이온 등의 천연소재의 접착제로 활용이 진행되고 있다는데 이들 제품들은 키친 페이퍼(kitchen paper)나 웨트 디쉬(wet dish) 등으로 제품 중에 10~40% 정도 함유되어 혼합 부직포의 강도와 성형성을 보강하는 목적으로 사용된다.
- 혼합 부직포나 생분해성 복합섬유를 100% 사용한 부직포는 필름이나 시트 등으로 일부 용도가 확대되고 있으며 농업, 원예자재, 축산자재로도 확장이 가능하다. 이러한 용도에서는 흙 중의 미생물과 가축의 배설물에 의한 분해효과로 생분해가 가능하며 또한 제품의 내구성을 제어할 수 있으므로 농업분야는 생분해성 재료의 유망한 시장의 하나가 될 것이다.

출처 : 西谷高幸, “生分解性纖維の開発と展望”, ファンケミカル(日本)」, 40(9), 2011, pp.63~69

◁ 전문가 제언 ▷

- 생분해성수지는 토양매립이나 미생물에 의해 분해되어 물과 이산화탄소로 환원되는 등 유해물질 방출 리스크가 낮기 때문에 환경보호의 면에서 가공품으로 이용이 진전되고 있다. 생분해성수지는 폴리오레핀 등의 범용수지에 비해 생산규모가 작고 고비용이었으나 환경문제의 관심 증대와 함께 생산설비가 증강되고 공급이나 비용면에서도 범용수지와 버금가는 안정화가 도모되고 있다.
- 생분해성섬유의 시장규모는 매년 증가하고 있다. 섬유형상을 경유하여 2차 가공으로 카드부직포나 에어레이드부직포를 제조하는 프로세스는 생산성에서 스판본드 부직포에 비하여 열세이기는 하나, 촉감이 부드러운 부직포나 부피가 큰 부직포 등 여러 기능성의 부직포 제품을 제조할 수 있다는 이점이 있다. 그러나 이들 제품의 시장이 성장하지 못한 것은 생분해성섬유가 부직포로서 가공성이나 물성이 폴리오레핀 등의 범용수지를 사용한 섬유에 미치지 못하기 때문이다.
- 생분해성 복합섬유에서 융점이 상이한 수지를 사용할 경우 섬유 제조 시에 섬유끼리 유착(융착)이 발생하는 문제가 있다. 유착은 섬유로 가공 시 방사성이나 연신성은 물론, 부직포 가공 시 개섬성이나 분산성 등의 불량 요인이 된다. 생분해성 복합섬유의 수지구성을 심(core) 성분에 반결정화 시간이 짧고 결정 고화속도가 빠른 수지를 선정하여 결정화시의 발열을 억제하고 초(sheath) 성분에는 섬유의 촉감이 유연하고 섬유제조 시의 연전성을 유지하기 위해 비교적 결정화속도가 늦은 수지의 선정이 검토되고 있다.
- 생분해성 수지인 PLA와 PBS를 사용하는 복합섬유의 생산이 가능할 것으로 전망되며 현재 주류로 이용되는 범용수지를 원료로 하는 섬유와 동일한 여러 가공법을 사용하여 부직포 제조가 가능하게 될 것이다. 생분해성 복합섬유의 안정적인 생산성이 확립되면 이를 이용한 부직포의 기능인 생분해성을 살린 시장이 개척되고 환경보전에도 도움이 될 것이다. 관련분야의 관심이 요망된다.

이 분석물은 **교육과학기술부 과학기술진흥기금**을 지원받아 작성하였습니다.