

나노기술용 섬유제품(2)

- 극세섬유용품 제조기술 -

1. 소재합성기술

소재개발 기술인 중합기술은 기본적인 중형물의 분자구조 내에 각종 첨가제를 처방하여 새로운 특성의 중합물을 얻거나 중합조건을 변화시켜 고분자 특성을 변화시키는 형태로 진행되고 있다.

1.1 저융점 소재

적용기술은 용융점이 260인 폴리에스터 중합물의 중합반응시 특수 첨가제를 처방하여 용융점을 100~200까지 조절하여 놓은 소재이다. 저융점 중합물만 100% 적용하여 소재를 만들 경우, 강도가 부족하여 소재의 내부에 일반화된 중합물과 혼용하는 경우가 많다.

소재의 특성은 나노섬유 제조공정 중 유해가스 발생이나 기타 인체에 유해한 물질 발생이 없거나 100% 재활용이 가능한 환경친화형 소재이다. 또한 기존 케미컬본드 방법으로 낼 수 없었던 벌키성과 탄력성을 얻을 수 있다.

1.2 난연 폴리에스터 소재

적용기술은 중합물의 중합단계에서 난연제 자체를 PET 분자구조 내에 결합시켜 연소시 자체적으로 소화 기능을 갖도록 만든 영구 난연 소재이다. 난연제는 화학적으로 안정화되어 있는 인계 화합물이 주로 적용되며 선진국의 규제에 맞춰진 물질이다.

소재 특성은 PET의 기본적인 특성을 유지하면서 우수한 난연성을 발휘한다. 특히 후공정 조건변화에 관계없이 소재의 난연성능을 보유할 수 있다. 또한 인성분 난연제의 적용시에도 연소시 유독가스 발생이 없는 것이 특징이다.

소재성능은 독일의 DIN 테스트에 따르면 LOI(Limited Oxygen Index) 42 까지 도달한 상태까지 이르러 모다크릴계와 동일한 수준의 난연성능을 갖도록 한 소재개

발이 주요 기술의 핵심이다.

2. 방사기술

나노섬유를 제조하기 위한 방사기술을 분류하는 방법으로는 성분의 수에 따른 분류(단성분 방사, 다성분 방사), 방사방법에 따른 분류(멜트블로우법, 전기방사법)가 있다.

2.1 단성분 방사

종래의 방법과 동일하게 직접 방사하는 방법으로는 현재 듀폰 등에서는 0.3데니어, 국내 효성은 0.2데니어의 극세수준까지 초극세 섬유의 제조가 가능하다. 종래의 방법과 달리하는 특수방사 방법으로는 멜트블로우법, 플래시 방사법, 슈퍼드로오법 등이 있으며 주로 방사와 동시에 부직포 형태로 제조된다.

2.2 다성분 방사

다성분 방사는 먼저 혼합방사와 복합방사로 나눌 수 있다.

혼합방사는 서로 비상용성이고 용매 추출성이 다른 둘 이상의 고분자를 용융상태에서 혼합하여 초극세 섬유를 제조하는 방법으로서 극세섬유 성분 즉, 분산상 성분의 개수가 복합방사 섬유보다 월등히 많고 상이한 직경을 갖는 특징이 있으며 0.0001데니어급 수준의 극세사도 제조할 수 있다. 도레이에 의해 제조된 0.0001 데니어급 극세사는 점도가 50~60nm 정도의 나노섬유이나 직경이 불균일하며, 길이도 짧고 불균일한 단점이 있다.

복합방사에 의해 제조되는 섬유는 추출형 섬유, 분할형 섬유, 다층형 섬유가 있다.

추출형 섬유는 해도형(Islands-in-a-Sea Type)이라고도 하며 서로 다른 용매 추출성을 갖는 2이상의 고분자를 복합방사한 후, 한 고분자의 성분을 용매로 추출하는 방식으로 0.01데니어급 극세사의 제조가 가능하다.

분할형 섬유는 추출형 초극세섬유가 인공피혁에 적용된 후 주목받게 된 기술로

서 추출형 복합방사의 단점 즉, 한 성분을 추출함으로써 많은 중량감소가 발생하는 것을 보완하여 두 고분자를 물리화학적 방법으로 분할하여 극세화 하는 방식이다.

다층형 섬유는 분할형과 유사하나 원사 단면이 여러 층으로 분리되는 형태로서 구금 내부에서 다층화 또는 스태틱 믹서(Static Mixer)를 사용하는 방법이다. 이 기술은 일본 Kuraray, Toray, Kanebo 등이 개발하였으며 0.2~0.3데니어의 초극세섬유를 얻는 방식이다.

2.3 멜트블로우법

멜트블로우 기술은 압축된 기체를 이용한 고분자 용융체의 분사로 초극세 단섬유를 제조하는 기술이나 얻어지는 섬유의 물성과 균일성이 좋지 못하여 고급제품의 개발에는 한계가 있다.

변형된 멜트로블로우 기술에는 전기방사와 결합된 멜트블로우 기술이나 용액을 블로우시키는 기술이 현재 개발되고 있으며 기존의 멜트블로우 기술보다는 더 가늘고 균일한 제품이 얻어진다. 이 기술은 미국 Akron 대학의 Reneker 교수 등에 의해 처음 제안되었으며 이 기술과 기존의 전기방사법과 융합된 새로운 멜트블로우 기술도 우리나라의 생산기술연구원 및 (주) 나노테크닉스에 의해 개발되고 있다. 이 방법은 순수한 전기방사보다 생산성을 크게 높일 수 있다는 장점이 있는 반면 얻어진 섬유 및 웹의 특성은 순수한 전기방사에 의해 얻어진 것과는 차이를 보인다.

2.4 전기방사법

전기방사의 장치는 기본적으로 고분자 용액이 이송되는 모세관과 고전압장치 및 콜렉터(collector)로 구성된다. 모세관을 빠져나온 고분자 용액은 모세관 끝에서 액적을 형성하게 되는데 이 때 모세관과 콜렉터(collector) 사이에 고전압의 전기장을 걸어주면 액적은 인장 변형되어 테일러 콘을 형성하게 되고 충분히 높은 전압 하에서는 테일러 콘의 끝에서 제트(Jet)라고 하는 연속적인 흐름이 빠져나오게

된다. 이 때 액적의 표면전하가 액적의 표면장력을 상쇄할 만큼 충분해야 테일러 콘을 얻을 수 있다.

분자량이 작은 물질의 용액인 경우 테일러 콘을 빠져나온 흐름의 레일리 파단(Rayleigh break-up) 때문에 연속된 흐름이 형성되지 않고 전하를 띤 액적이 형성되며 이러한 과정을 전기분무(Electrospray)라고 부른다. 전기분무 기술은 인쇄분야, 도장분야 등에서 이미 널리 사용되고 있는 기술이다. 그러나, 고분자 용액과 같은 점탄성 용액에서는 용액의 점탄성적 성질이 제트를 안정화시켜 흐름이 끊어지지 않고 연속된 대전 필라멘트를 형성할 수 있다.

어떤 조건 하에서는 필라멘트의 정전기적 불안정성으로 인하여 필라멘트가 끊어져서 여러 가닥의 가는 섬유로 쪼개지게 되는데 이 현상을 스플레이 “Splaying” 이라고 한다. 스플레이 현상에 대하여는 아직 자세히 알려져 있지 않지만 스플레이 현상에 의하여 매우 작은 직경의 섬유를 얻을 수 있다. 분할된 섬유는 적당한 컬렉팅 스크린(collecting Screen)에 의해 모아지며 보통은 웹을 형성하게 된다.

3. 가공기술

나노섬유의 가공기술은 그 다양한 용도만큼이나 다양하다. 대표적인 가공기술을 살펴보면 다음과 같다.

3.1 나노섬유 특성화 기술

전기방사에 의해 제조된 섬유는 기존의 섬유보다 훨씬 가늘기 때문에 통상적인 방법으로 그 미세구조를 분석하기 어렵다. 따라서 나노섬유에 적합한 분석기술이 확립되어야 하며, 구체적으로는 AFM, SEM, TEM, X-ray Diffraction, Electron Diffraction, Diffusion Analysis, Image Analysis, Solid NMR 등이다.

이러한 기술을 통해 나노섬유 웹의 특성과 개별 나노섬유의 특성을 모두 각각 분석할 수 있어야 하며, 이들 사이의 상관관계를 규명함으로써 현장에서 신속한 품질관리가 이루어질 수 있도록 해야 한다.

3.2 공정-구조-물성 관계 해석 기술

여러 조건에서 제조된 섬유의 미세구조와 그 물성의 상관관계를 밝힘으로써 다양한 고분자를 전기방사할 수 있는 기초기술이 필요하다. 현재의 섬유 굵기 수준에서 진정한 나노 스케일로 끌어올리기 위해서는 공정-구조-물성 관계의 체계적인 해석이 필수적이다.

3.3 기공크기를 조절할 수 있는 웹 형성기술

나노섬유를 이용하면 멤브레인 수준의 선택적 투과성을 갖는 웹을 만들 수 있다. 요구하는 기공 크기를 갖는 웹을 제조하기 위해서는 고분자의 특성 및 공정 조건에 따른 웹 형성 성질을 잘 이해하고 있어야 하며, 이에 대한 기술 확립이 필요하다.

3.4 나노섬유 취급 기술

나노섬유는 직경이 매우 작기 때문에 다루는데 특별한 기술이 요구된다. 특히 탄소나노섬유와 같이 웹보다는 섬유 상태로 이용해야 하는 경우에는 섬유를 분리시키는 특별한 기술이 필요하다. 웹 형성기술과 함께 나노섬유 취급기술도 확립되어야 한다.

3.5 웹 접착기술

전기방사로 제조된 나노섬유 웹은 섬유간 접착력이 매우 약하여 변형되기 쉽고 사용중 성능이 급격히 감소할 수 있다. 이러한 문제는 나노 섬유 웹의 상품화에 치명적이므로 근본적으로 웹을 구성하는 섬유 사이에 견고한 접착이 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

3.6 나노섬유 분산기술

향후, 나노섬유를 이용한 복합재료의 개발이 중요한 분야가 될 것으로 전망된다. 예를 들어, 고무탄성체로 나노섬유를 만들면 이 섬유는 부서지기 쉬운(Brittle)

재료에 혼합되어 인성을 향상시키는 역할을 할 수 있을 것이고 탄소 나노섬유는 복합재료의 기계적 성질을 개선시킬 수 있을 것이며 무기계 나노섬유는 Whisker와 같이 보강섬유로 사용될 수 있다. 그러나, 나노섬유는 표면적이 매우 크기 때문에 분산상과의 계면현상을 잘 이해하고 적절히 혼합하지 않으면 우수한 분산성을 얻을 수 없다.

3.7 용도별 성능평가 기술

나노섬유를 이용한 응용제품을 개발하기 위해서는 나노섬유를 사용한 제품이 기존 제품보다 우수함을 보여야 할 것 이므로 나노섬유 제품의 성능을 평가하는 기술은 용도 전개에 있어서 매우 중요하다. 나노섬유는 웹의 포화성이 부족하여 웹 강도 및 형태안정성이 부족하므로 단독으로 사용하기보다는 다른 소재와 결합하여 쓰는 사례가 많으므로 타 소재와의 결합에 따른 성능예측 및 평가기술이 확립되어야 한다.