

생체 모방을 통한 섬유 산업의 발전

1. 서언

인간은 5천년 동안 섬유제품에 대해 연구를 해왔으며, 섬유 산업은 점차 기술적으로 고도화되고 있다. 이러한 기술적인 발전은 자연에서 영감을 얻어 이루어진 것으로, 자연으로부터 얻은 재료는 수십억 년에 걸쳐 개발되어 왔고 매우 특수한 기능을 가진 것들도 있다. 동물과 식물 및 곤충은 초소수성(superhydrophobicity), 자가 치유(self-healing), 항력 감소(drag reduction), 에너지의 생산 및 저장과 같은 다양한 특성을 보여준다. 최근에는 자연에서 발견되는 소재나 섬유에서 영감을 얻는 생체 모방(biomimicry)에 관한 연구가 관심을 얻고 있다.

생체 모방 연구는 거미줄 섬유(spider silk)를 이용한 경량성 섬유제품의 개발부터 상어의 피부를 응용하여 유동저항을 감소시키는 방법을 연구하는 것까지 광범위한 분야에서 활용될 수 있다. 이처럼 자연을 통해 많은 연구 정보를 수집할 수 있다.

2. 본언

(1) 섬유 소재

케블라(Kevlar)나 테플론(Teflon)과 같은 섬유는 매우 강력하면서도 비교적 가벼운 특성을 가지고 있지만 생산을 위해서는 막대한 양의 에너지를 필요로 한다. 반면에 거미줄 섬유는 강철이나 케블라보다 강하지만 자연의 온도와 압력에서 생산이 가능하다. 이러한 이유로 거미줄 섬유가 생체 물질 분야에서 큰 관심을 끌고 있다. 거미줄 섬유는 고도로 배향된 단백질 구조를 지니어 우수한 특성을 지닌 것과 동시에 섬유산업을 보다 효율적이고 친환경적으로 만들 수 있는 가능성을 보여

주기 때문에 여러 연구에서 거미가 실을 정확하게 어떻게 방사하는지에 대한 수수께끼를 풀려고 노력하고 있다.

최근 캠브리지 대학의 연구원은 상온에서 초분자 콜로이드 하이드로겔로 형성된 인공 거미줄을 개발했다. 이 거미줄은 우수한 특성을 가지고 있으며, 섬유 제조 방법은 기존의 섬유 제조방법에 있어 지속가능한 대안이 될 수 있을 것으로 생각된다. 실제로 자연을 소재로 한 이 공정은 최소한의 에너지를 필요로 하여 생체 모방을 통해 개발된 지속가능한 제품의 개발을 촉진시킬 것으로 기대된다.

이러한 섬유소재 개발에 있어 해결되어야 할 가장 큰 문제는 대량생산성이다. 상업적으로 판매 가능한 제품을 생산하려면 산업에서 필요로 하는 양을 생산할 수 있어야 한다. 현재 거미줄 섬유관련 제품의 대규모로 생산은 미국의 볼트스레드(Bolt Threads)와 독일의 암실크(AMSilk)와 같은 소수의 기업만이 가능하다.

(2) 기능성 표면(Functional Surfaces)

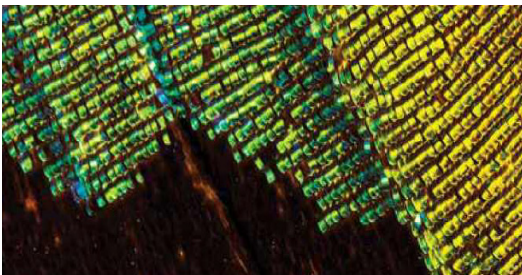
천연 물질의 표면에 기인하는 다양한 현상에 대한 이해를 통해 그 원리를 인위적인 표면 특성(접착성, 초소수성, 항력 감소 및 지속가능성) 변화에 적용하려는 연구가 진행되고 있다.

① 접착성(Adhesion)

도마뱀붙이(Geckos)는 표면에 붙을 수 있는 작은 동물로, 심지어 평평한 표면을 따라 거꾸로 올라갈 수 있는 것으로 알려져 있다. 생물학자들은 도마뱀붙이의 발이 머리카락과 같은 특정 계층 구조로 덮여 있다는 것을 발견했다. 이러한 작은 머리카락과 같은 구조는 도마뱀붙이 발의 표면과 접촉을 만들 수 있게 해주는 ‘스패툴라(spatulae)’로 불리는 매우 작은 머리카락 구조로 덮여있어 큰 반데르발스 힘(Van der Waals

forces)이 형성될 수 있다. 이 힘은 약한 분자간 힘이지만 도마뱀 발의 표면이 움직이는 물체와 거의 완벽한 접촉을 할 수 있도록 하여 건조한 표면에서도 움직일 수 있게 해준다.

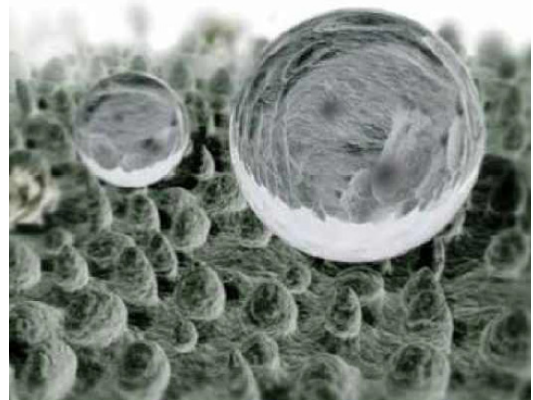
이러한 발견은 기존의 끈적끈적한 접착제보다 우수한 특성을 지닌 차세대 생체 접착제의 개발을 가능하게 했다. 이 새로운 물질은 표면에 단단히 부착 할 수 있고 큰 무게를 지탱하는 탄성 강성(elastic stiffness)을 유지할 수 있다. 또한, 접착제는 표면으로부터 쉽게 제거되어 재사용이 가능하다.



〈그림 1〉 도마뱀붙이의 발과 나비의 날개 사진

② 초소수성(Superhydrophobicity)

도마뱀붙이의 발은 여러 표면에 접촉할 수 있지만 대부분 자연의 표면은 접착을 방지하도록 설계되어 있다. 대부분의 식물은 잎에 소수성 코팅이 되어 있어 부착을 방해한다. 또한 연수 식물(Nelumbo nucifera)과 같은 일부 식물체는 초소수성을 나타내어 표면이 강하게 물을 튕겨 내고 자가 세정(self-cleaning)이 가능하다.



〈그림 2〉 연꽃잎의 표면 사진

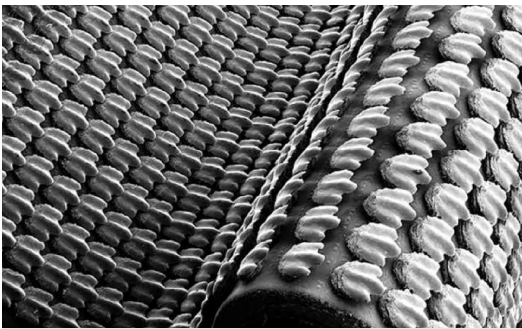
최근 이러한 계층 구조(hierarchical structure)의 표면 구조가 자가 세정 면(self-cleaning cotton)과 항균 코팅을 만드는데 어떻게 사용될 수 있는지에 관한 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 친수성 소재인 면에 소수성을 부여하면 내알칼리성/내산성 안전 재료, 우수한 내구성 재료 및 물과 기름의 분리필터 등 다양한 분야에 활용이 가능하다. 이러한 가능성의 일환으로 현재 피츠버그 대학교에서는 표면 개질을 통한 항균 코팅제를 개발 중이다. 연구진은 의료용으로 많이 사용되는 소재이나 박테리아 부착이 가능한 것으로 잘 알려진 폴리프로필렌의 표면 구조를 변화시켜 초소수성 표면을 만들어 젖음성과 미생물 부착을 감소시키는 영향에 관한 연구를 진행하고 있다.

연잎을 모사한 연구가 가장 대중적이지만 전 세계의 연구진은 소수성 물질에 관한 연구에 관심을 보이고 있

다. 오리 깃털, 수중 곤충의 다리, 나비 날개 및 식물 앞에 이르기까지 과학자들은 점점 자연에서 연구에 대한 영감을 얻고 있다.

③ 항력 감소(Reduced Drag)

항력은 물체가 공기나 물과 같은 유체를 통해 이동할 때 발생하는 저항력이다. 대부분의 동물은 효율적으로 움직이기 위해 진화했으며, 자연은 공기와 물을 통해 움직이는 신체의 항력을 자연적으로 감소시키는 방법을 발견했다. 상어는 고도로 진화된 공기 역학의 좋은 사례로서 상어의 몸은 비늘과 물 사이의 마찰을 줄이기 위해 완벽하게 정렬된 작은 치아 모양의 비늘 또는 돌기(denticles)로 덮여 있다.



〈그림 3〉 하버드 대학에서 인공적으로 합성한 상어 비늘 사진

최근 연구는 비늘의 크기와 모양이 움직이는 몸체에 작용하는 힘에 어떤 영향을 미치는지에 초점을 두고 있다. 비늘의 모양과 크기는 상어가 주행하는 속도에 따라 영향을 받으며, 일반적으로 더 작은 비늘이 빠른 속도를 내는데 유리하다. 이처럼 상어의 표면 구조는 운송 및 스포츠 분야에 적용도 가능할 것으로 기대된다.

또한 상어의 표면이 항력을 감소시키고 상승을 증가시키는 효과를 이용하여 항공기 날개를 설계하는데 성공했다. 모델링 프로그램을 사용하여 고속 항공 비행에 이상적인 구성을 찾기 위해 크기, 모양 및 각도 등을 변경했다. 이것은 자연에서 영감을 얻어 기술을 개발한 예이다.

3. 결론

천연 재료와 인공 재료의 차이점은 인공 재료는 제조되는 반면 천연 재료는 성장하여 얻는다는 것이다. 새로운 물질을 만들 때 발생하는 문제는 제조 조건이 매우 가혹할 수 있으며, 고온과 고압을 사용하는 것뿐만 아니라 다량의 오염 물질을 방출할 수 있는 독성 화학 물질을 포함한다는 것이다.

반면에 동물과 식물은 자연계의 온도와 압력에서 성장하고 균형 잡힌 생태계 내에서 만들어지기 때문에 모든 부산물이 재활용이 가능하다. 대부분의 생체 모방 원리는 지속가능하며 이러한 이유로 과학자들은 다른 제조 분야에도 적용할 수 있는 혁신적이고 지속가능한 설계 방법을 찾기 위해 자연을 바라보기 시작했다.

생체 모방 기술은 섬유 산업에 혁명을 일으켰으며, 현재 진행 중인 재료 개발을 위한 영감의 원천으로 작용하고 있다. 재료 및 특성부터 혁신적인 구조 및 디자인, 제품 및 공정의 지속 가능성에 이르기까지 생체 모방은 인조 재료를 개선하고 차세대 기술, 고성능 재료를 개발할 수 있는 잠재력을 가지고 있는 것으로 생각된다.

◆ AATCC(Vol. 19, No 1, 2019)