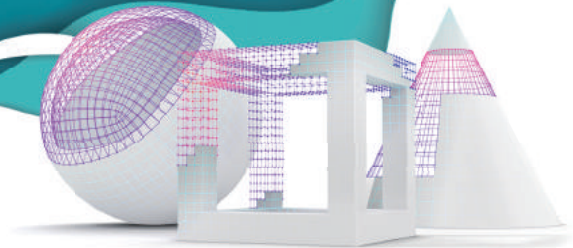


## 외부 자극에 반응하는 3D 프린팅의 형제, 4D 프린팅



이동훈 과학칼럼니스트

4차 산업혁명의 혁신 기술 중 하나인 3D 프린팅. 뛰어난 잠재력으로 많은 이들의 이목을 끌어들였다. 그러나 이제 더욱 놀라운 기술인 4D 프린팅이 등장했다.

4D 프린팅에 대해 설명하려면 그 선대 기술인 3D 프린팅부터 간단히 알고 넘어가야 한다. 적층 가공(AM, Additive Manufacturing)이라고도 불리는 3D 프린팅은 설계의 디지털 모델과 컴퓨터 제어를 통해 고형 소재를 적층하여 3차원(3D, 3-Dimensions) 입체 물체를 만들어내는 생산 방식을 가리킨다. 그리고 이 3D 프린팅을 행하는 장비를 3D 프린터라고 부른다. 잉크젯 프린터와 동일한 메커니즘으로 원료를 분사해 한 겹씩 적층해나간다는 이유로 3D 프린터라는 이름이 붙었다.

물론 인간은 3D 프린터가 존재하기 이전에도 고

형소재로 입체물을 제작해 왔다. 그러나 전통적인 공작 기법은 소재를 절삭하고, 구멍을 뚫는 등 조각을 하는 것에 가까웠다. 그런 탓에 숙련된 기술과 우수한 장비가 없다면 제대로 된 입체물의 제작이 매우 어려웠다.

반면 3D 프린터는 잉크 역할을 하는 원료 소재와 컴퓨터 소프트웨어로 만든 3차원 설계도만 있으면 누구나 어떤 물건이라도 제작이 가능하다. 심지어 매우 복잡한 형태의 물체도 한 덩어리로 만들어 낼 수 있다. 기존의 공법에서는 복잡한 형태를 하나로 만들려면 매우 까다로운 가공 공정을 거치거나 여러 개의 부품으로 만든 다음 조립하는 것이 불가피했다. 그러나 3D 프린터는 그렇지 않다는 것이다. 심지어 제품의 색상이나 투명도 등도 제작 단계에서 조절할 수 있다. 여러 소재가 동시에 쓰이는 제품도

한 번에 만들 수 있다.

이러한 3D 프린팅에 '외부 자극에 대한 반응'이라는 요소를 첨가한 것이 바로 4D 프린팅이다. 즉, 외부 자극(온도, 습도, 전자기장 등)에 대해 시간에 따라 그 물성(형상이나 성질)이 달라지는 3차원 구조체를 만드는 것이다. 기존의 3D 프린팅으로 나온 결과물은 이론상으로는 시간이 무한히 흘러도 그 특성이 바뀌지 않는다. 그러나 4D 프린팅의 결과물은 외부 자극을 주게 되면 그 특성이 바뀐다. 또한 다른 자극에 의해 원래의 상태로 복구될 수도 있다. 영화 <제5원소>의 주인공 릴루의 부활 시술 장면이야말로 4D 프린팅의 핵심을 제대로 짚었다. 손만 남았던 릴루의 시체를 다양한 소재를 사용해 원형을 복구하고, 그 몸에 빛의 자극이라는 외부 충격을 가해 비로소 생명을 주고 움직이게 하는 것, 이것이 4D 프린팅이 아니고 무엇이란 말인가. 이러한 4D 프린팅 개념을 처음으로 본격 연구한 것은 2013년 MIT 자체 조립 연구소의 스카이라 티비츠다. 이후 4D 프린팅에 대해 해외는 물론 국내에서도 활발한 연구가 이루어지게 되었다.

이러한 4D 프린팅은 안 그래도 매우 크던 3D 프린팅의 잠재력을 한 차원 높여 주었다. 몇 가지 예를 들면, 물에 반응하는 소재를 사용하면 물을 흡수하여 팽창하게 만들 수도 있다. 빛에 반응하는 소재를 사용하면 소재 내에 있는 염색 물질의 구조와 색상이 빛에 반응해 변하게 할 수도 있다. 온도에 반응

하는 소재를 사용하면 유리 전이 온도 이상에서 고분자 구조가 끊어지는 특성을 이용하여 형상을 변형시킬 수도 있다. 다만 이러한 소재 자체 변화는 변형 폭이 작아서 이것으로만 큰 반응을 이끌어내기에는 무리가 있다. 그래서 더욱 큰 반응이 나타나게 하기 위해서는 4D 프린팅 구조체의 설계 기술이 매우 중요하다.

4D 프린팅은 매우 다양한 분야에 응용될 수 있다. 가장 먼저 떠오르는 분야는 바이오 및 의료 분야다. 사람의 신체는 개인마다 모두 치수와 형상이 다르다. 4D 프린팅은 주위 환경에 따라 물성이 변하는 개인 맞춤형 인공 장기, 보형물, 지지대, 외부 보조기구 등을 만들어 환자에게 최적화된 치료를 제공할 수 있다. 또한 공학 분야로 가면 외부 조건에 맞게 외형이 바뀌는 우주선, 항공기, 선박 자동차 및 그 구성품 등도 만들 수 있다. 지구에서는 작게 축소되어 있다가 우주 공간에 나가면 알아서 퍼지는 태양 전지라던가 레이더 안테나 등을 만들 수 있다. 침몰 시 자동적으로 수밀 격벽이 작동하여 탑승객들을 알아서 보호할 수 있는 선박용 객실도 만들 수 있다. 지표면의 상태와 차량의 이동 속도에 따라 외형과 패턴이 변하는 타이어도 만들 수 있다. 패션 분야에서도 쓸모는 많다. 기온, 습도 등의 외부 환경에 적절히 변화하는 의류 제품 및 웨어러블 전자 기기 생산에 응용할 수 있다. 이러한 엄청난 잠재력이야말로 4D 프린팅에 주목할 수밖에 없는 이유다. 