

'26.06.01.~26.06.07. 글로벌 탄소산업 주요 동향

□ 미국 Toray, 항공우주 분야에 특화된 Cetex TC1225 LM-PAEK의 NCAMP 인증 자격 확대('26.06.01.)

※ [Composites World] 열가소성 복합재(TPC) 소재 시스템은 이제 UD 테이프 및 AFP, ATL, OOA 등의 가공 방법을 포괄하는 광범위한 인증을 획득했다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/toray-expands-ncamp-qualifications-for-aerospace-focused-cetex-tc1225-lm-paek->
 - <https://www.compositesworld.com/suppliers/toray-advanced-composites>
 - #미국 #항공우주 #탄소섬유 #복합재료 #열가소성수지 #인증
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장
- Toray Advanced Composites(미국 캘리포니아주 모건힐)는 고성능 Toray Cetex TC1225 LM-PAEK 열가소성 복합재(TPC, thermoplastic composite) 소재 시스템에 대한 NCAMP 인증 범위를 확대하여 승인된 소재 형식 및 가공 방법을 더욱 넓혔다고 발표했다.
 - Toray Cetex LM-PAEK NCAMP 데이터베이스에 TC1225/Torayca T700 단방향(UD, unidirectional) 테이프 프리프레그가 추가되었다. 이는 NCAMP에서 직조 및 단방향 소재 형식 모두에 대해 인증받은 최초의 TPC 소재 시스템이다. 이번 개발은 Toray가 2025년 말에 발표한 TC1225/Torayca T300 직물 인증에 이은 것이다.
 - 최근 재료 인증은 Electroimpact(미국 워싱턴주 무킬테오) 및 Coriolis Composites(프랑스 퀘벡) 시스템을 이용한 자동 섬유 배치(AFP) 방식으로 완료되었으며, 이후 진공 백 오븐(VBO) 후압축 공정을 거쳤다. 데이터베이스에는 TPC 재료에 대한 가장 광범위한 가공 방법을 포괄하기 위해 5가지 추가 공정 등가성이 추가되었다. 여기에는 정적 프레스, 오토클레이브, OOA/VBO, 자동 테이프 적층(ATL), 셔틀 프레스 및 연속 압축 성형(CCM)이 포함된다. 이러한 확장된 인증 및 등가성 체계는 TPC의 개발을 가속화하고 항공기 주요 및 보조 구조물에 TPC를 통합하는 데 도움이 된다.
 - Toray Cetex TOC 소재는 낙뢰 보호 및 갈바닉 부식 방지와 같은 통합 기능을 갖추도록 구성 및 공급될 수 있으며, 이를 통해 항공우주 분야에 추가적인 공정 효율성과 기능적 이점을 제공한다.
 - Toray Cetex TC1225/Torayca T700 UD 테이프 프리프레그는 ATL/AFP 테이프 적층/자동 ATL/AFP와 같은 자동화 공정에 이상적인 수지 함량이 높은 특수 배합 소재이다. 균일성이 매우 높고 기포가 적은 함침 구조로 일관되고 최적화된 기계적

특성을 제공하며, 제조 속도를 크게 향상시킨다.

- Torayca T1100으로 보강된 Toray Cetex TC1225 UD 테이프에 대한 추가 NCAMP 재료 인증이 현재 진행 중이며 2026년 9월까지 완료될 예정이다.



그림 1. 출처 | Toray Advanced Composites

□ 미국 Toray Performance Materials Corp., Stratex 2300r rPET 복합재 출시('26.06.01.)

※ [Composites World] 특허 출원 중인 단방향 탄소섬유는 지속 가능성에 중점을 두면서도 1:1 성능 동등성을 제공한다. /Product

- <https://www.compositesworld.com/products/toray>
 - <https://www.toraypmc.com/>
 - #미국 #제조생산 #탄소섬유 #복합재료 #지속가능성 #재활용
 - 저자 : 그레이스 스티븐스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장
- Toray Performance Materials Corp.(Toray PMC, 미국 캘리포니아주 카마릴로)는 특허 출원 중인 단방향(UD) 탄소섬유 복합재인 Stratex 2300r을 출시했다. 이 소재는 사용 후 재활용된 탄소섬유를 함유하고 있으며, 기존 소재와 1:1의 성능을 유지하도록 설계되었다.
 - Toray PMC는 기존의 단방향 시리즈(Uni-Directional Series)로 알려졌던 Stratex 시리즈에 지속가능성에 초점을 맞춘 소재 옵션인 Stratex 2300r을 새롭게 추가했다. Stratex 2300r을 통해 제조업체는 기존의 기계적 특성, 가공성 및 제조성을 유지하면서 재활용 소재를 복합 구조물에 통합할 수 있다. Toray PMC는 Stratex 2300r 출시를 통해 변화하는 지속가능성 목표에 부합하는 실용적이고 고성능의 소재를 찾는 고객을 지속적으로 지원한다고 밝혔다.
 - Stratex 2300r은 내구성과 강성이 균형 있게 결합된 소재로, 다양한 시장에 적합하다. 운동화, 스포츠 및 레크리에이션 용품, 의료기기, 자동차 내장 부품, 산업 부품 등 안정적인 성능과 소재의 탄력성이 중요한 첨단 분야에 활용된다.



그림 2. 출처 | Toray PMC

□ 미국 Hexcel, NIAR과 차세대 복합재 응용 연구센터 착공('26.06.01.)

※ [Composites World] 미국 위치타 주립대학교의 새로운 시설은 솔트레이크시티의 소재 혁신과 캔자스의 자동화 공정, 워싱턴의 대규모 구조 검증을 연결하여 Hexcel의 종합적인 복합재 개발 경로를 구축하는 중심 역할을 할 것이다. /News

• <https://www.compositesworld.com/news/hexcel-breaks-ground-on-applications-center-at-niar>

• #미국 #항공우주 #방위방산 #탄소섬유

• 저자 : 스콧 프랜시스, 가드너 비즈니스 미디어 편집장

○ 5월 28일, Hexcel Corp.(미국 코네티컷주 스탬퍼드)은 위치타 주립대학교(WSU) 국립항공연구소(NIAR, National Institute for Aviation Research)에 Hexcel Applications Center 착공식을 가졌다. 이 시설은 첨단 복합재 공급업체인 Hexcel 과 항공우주 고객들이 차세대 협동체 항공기가 요구하는 속도로 복합재 구조물을 생산하는 업계의 가장 시급한 과제 중 하나를 해결하는 데 도움을 주기 위해 설계되었다.

○ 새로운 센터는 위치타 주립대학교 남쪽 캠퍼스에 있는 NIAR의 항공우주 시스템 첨단 기술 연구소(ATLAS) 내에 위치하며, 연구소에서 "B 구역"이라고 부르는 공간, 즉 기존 ATLAS A 구역의 부속 공간에 들어설 예정이다.

○ Hexcel의 회장 겸 CEO인 Tom Gentile은 CompositesWorld와의 인터뷰에서 이번 파트너십은 2025년 초 특정 산업 변곡점, 즉 광동체 항공기 및 군용 플랫폼에서 차세대 단일 통로 상용 항공기로 복합재 주요 구조물이 이동할 것으로 예상되는 시점을 중심으로 구상되었다고 밝혔다.

○ 젠틸레는 F-35, Boeing 787, Airbus A350과 같은 프로그램에서 복합소재가 무게, 항속 거리, 연료 소비량 및 유지 보수 측면에서 이점을 제공했지만, 이러한 프로그램의 생산량은 비교적 적다고 지적했다. 737이나 A320을 대체하는 프로그램에는 월 50~75대의 항공기 생산 속도가 필요한데, 현재의 복합소재 제조 방식으로는 이러한 급격한 변화를 감당할 수 없다.



그림 3. 톰 젠틸레, Hexcel 코퍼레이션 회장, 최고경영자 겸 사장 출처 | Hexcel Corp.

○ 젠틸레는 회사 발표에서 "이번 투자는 소재 혁신부터 첨단 제조 및 구조 구현에 이르기까지 항공우주 및 방위 산업 고객을 지원하는 방식에 있어 중요한 전환점이 될 것이다."라고 밝혔다. "Hexcel의 소재 과학 및 응용 개발 전문성과 NIAR의 세계적 수준의 자동화 처리 역량을 결합함으로써 혁신을 가속화하고 고객에게 실

용적이고 제조 가능한 솔루션을 제공하는 강력한 생태계를 구축하고 있다.”

- 와루나 세네비라트네 박사가 이끄는 ATLAS는 고속 복합재 생산 연구의 최첨단에 있으며 지속적으로 역량을 확장하고자 노력하고 있다. 이번 파트너십의 일환으로 Hexcel은 자동 섬유 배치(AFP) 장비와 50피트 오토클레이브를 제공한다.

- 두 기관은 2025년 파리 에어쇼에서 워싱턴 주립 대학교 총장 릭 무마, NIAR 연구 및 방위 프로그램 담당 부사장 존 톰블린, 세네비라트네, 그리고 제리 모런 미국 상원의원(캔자스주 공화당)과 함께 협력 의사를 발표했다. 이후 1년 동안 이 계획은 장비 이전에서 새로운 NIAR 건물 내에 Hexcel 브랜드 전용 응용 센터를 설립하는 것으로 발전했다.



그림 4. 제리 모런 미국 상원의원은 Hexcel의 이번 신규 신청이 항공우주 및 방위산업 제조 분야에 중요한 이정표가 될 것이라고 평가했다. 출처 | Hexcel Corp.

- 파리 발표에서는 Hexcel의 기여금이 주로 AFP 기계와 오토클레이브를 포함한 1천만 달러 이상의 장비라고 밝혔지만, 톰블린은 CW와의 인터뷰에서 B 부문의 전체 장비 패키지는 훨씬 더 클 것이라고 말했다.

- 미 공군은 스냅큐어 생산 설비를 제공하고 있으며, NIAR는 AFP 워크플로우의 오랜 공백을 메우기 위해 조립, 트리밍 및 드릴링 장비를 추가할 예정이다. 톰블린이 언급했듯이, 현재 ATLAS는 AFP 셀에서 매우 큰 부품을 적층할 수 있지만 트리밍 및 드릴링 작업은 다른 곳으로 보내고 있다. NIAR는 또한 기존 MTorres(스페인 나바라 주 토레스 데 엘로르스) 갠트리형 테이블 적층기의 헤드를 업그레이드하여 AFP 기능을 추가할 계획이다. 톰블린은 이 모든 것을 합쳐 약 3천만 달러 상당의 장비가 새로운 구역에 도입될 것으로 추산했다.



그림 5. NIAR 연구 및 국방 프로그램 담당 부사장인 존 톰블린은 Hexcel의 새로운 응용 센터가 기능을 확장하여 ATLAS를 실험을 위한 연구 개발 허브로서 더욱 강화한다고 말했다. 출처 | Hexcel Corp.

- 톰블린은 새로운 응용 센터가 NIAR의 모델에 통합된다고 말했는데, 세네비라트네의 표현을 빌리자면 "산업을 위한 메이커스페이스"로서 OEM, 1차 협력업체 및 신규 진입 기업들이 자체 공장에 자본을 투자하기 전에 제조 기술, 접합 방법(용접, 접착, 기계적 체결) 및 복합 재료/공정 타당성 조사를 실험해 볼 수 있는 공간이다.

- 톰블린은 예외로 긴급 국방 수요 신호, 즉 군이 촉박한 일정 내에 수백 개의 부품을 필요로 하는 "작전 준비 태세 확보 속도" 요청이 있을 것이라고 말했다.

- 젠틸레가 강조한 특정 기술적 추진 방향 중 하나는 건식 섬유 AFP 적층과 수지 주입 또는 RTM을 결합한 방식이다. 이는 오토클레이브를 사용하지 않는 공정으로, 고속 협동체 구조물에 점점 더 매력적인 기술로 자리 잡고 있다. 연구팀은 이 센터를 활용하여 스킨, 스트링거 및 프레임 통합하는 일체형 구조물에 대한 건식 테이프 AFP 공정을 개발할 계획이다. 젠틸레는 이러한 규모의 연구가 업계의 다른 곳에서는 재현되기 어려울 것이라고 말했다.
- 차세대 협동체 항공기가 주요 추진 동력이지만, 이 센터는 훨씬 더 광범위한 고객층을 대상으로 서비스를 제공하도록 설계되고 있다. 톰블린은 소모성 무기 시스템, 우주 제조, eVTOL 기체 등 ATLAS에서 진행 중인 여러 사업을 예로 들며, 이러한 사업들은 모두 기존 항공우주 공정으로는 제공할 수 없는 속도와 비용 수준의 복합재 솔루션이 필요하다고 강조했다.
- 젠틸레는 Hexcel이 Boeing, Airbus, Embraer 그리고 JetZero와 같은 신규 업체들을 포함한 고객 맞춤형 실증 프로젝트에서 수년간 NIAR과 협력해 왔으며, NIAR의 국립첨단소재성능센터(NCAMP, National Center for Advanced Materials Performance) 공유 데이터베이스 모델이 드론, eVTOL 및 기타 신형 항공기 제조 업체들이 검증된 소재를 찾을 때 사실상 첫 번째 선택지가 되었다고 언급했다. 톰블린은 NCAMP가 열가소성 수지, 창틀과 같은 2차 구조물용 단섬유 시스템, 구조 보수 재료 등으로 지속적으로 확장하고 있으며, Hexcel과의 파트너십이 이러한 모든 분야에 기여할 것으로 기대한다고 덧붙였다.
- 검증된 Hexcel 장비 중 일부는 이미 NIAR에 설치되어 있으며, 업그레이드된 MTorres 갠트리 시스템은 건물 완공을 기다리는 동안 설치될 예정이다. 50피트 오토클레이브는 시설이 준비되는 대로 이전될 예정인데, 톰블린은 착공 후 약 8~9개월이 걸릴 것으로 예상하면서도 NIAR의 신규 시설 구축 실적이 업계 평균보다 훨씬 빠르다고 언급했다.



그림 6. Hexcel이 위치타 주립대학교 NIAR ATLAS 시설에 새로운 애플리케이션 센터 착공식을 가졌다. 출처 | Hexcel Corp.

□ 공장 견학: Fairmat FairFactory, 프랑스 낭트(26.06.01.)

※ [Composites World] 재활용 탄소섬유 소재 공급업체인 Fairmat은 인공지능(AI)에 최적화된 로봇 지원 기술을 활용하여 점점 더 다양한 응용 분야에 적합한 고성능 소재를 생산한다. /Article

- <https://www.compositesworld.com/articles/plant-tour-fairmat-fairfactory-nantes-france>
- <https://www.fairmat.tech/>
- #프랑스 #탄소섬유 #복합재료 #재활용 #지속가능성 #CFRP
- 저자 : 한나 메이슨, CompositesWorld 기술 편집자

- 재활용 탄소섬유(rCF)로 만든 복합소재를 공급하는 스타트업 Fairmat(프랑스 파리)의 CEO 겸 창립자인 벤자민 사아다는 "우리는 Fairmat를 재활용 회사로 시작한 것이 아니다. 물론 폐기물을 주요 원자재로 사용하는 소재 공급업체이긴 하지만, 무엇보다도 소재 공급업체라는 점이 가장 중요하다."라고 강조한다.
- 이전에 파리에 본사를 둔 항공기 좌석 제조업체 Expliseat를 공동 설립했던 사아다는 2020년에 Fairmat을 설립했다. 그는 "알루미늄을 대체하기 위해 이 회사를 설립했다."라고 설명한다. "Fairmat 소재의 사양을 살펴보면 알루미늄과 거의 동일하다." 그는 탄소섬유 강화 폴리머(CFRP) 복합재가 필요한 기계적 특성을 제공한다는 것을 알고 있었지만, 알루미늄에 비해 탄소섬유의 높은 가격과 석유를 원료로 사용해야 한다는 점 때문에 더 나은 해결책이 필요하다고 생각했다.
- 사아다는 "우리는 복합 폐기물을 활용하여 알루미늄만큼, 혹은 그보다 더 좋으면서도 가격은 더 비싸지 않은 새로운 소재를 만드는 방법을 고민하기 시작했다. 그 결과, 완전히 새로운 소재 제조 공정을 개발하게 되었다."라고 말한다.

"디지털데이터 관리가 이 솔루션을 확장할 수 있는 유일한 방법이라는 것이 분명했다."

- 이 공정은 가장 기본적인 수준에서는 간단하다. 고품질 CFRP 폐기물을 최대한 원래 재료의 특성을 유지하면서 재사용 가능한 새 재료로 바꾸는 것이다. 이 분야의 대부분의 재활용 기술은 화학적 또는 열 기반의 섬유 회수 공정을 사용하거나 CFRP 폐기물 전체를 기계적으로 분쇄하는 방식을 사용한다. 이러한 모든 방식은 일반적으로 매우 작은 조각들을 만들어내고, 이 조각들을 혼합하여 사출 성형에 사용한다.
- 하지만 Fairmat의 기술은 두 가지 핵심 사항에 중점을 두고 있다. 첫째, 원래 섬유의 길이와 성능을 최대한 유지하여 고부가가치 신소재를 만드는 것이고, 둘째, 이를 디지털 방식으로 추적 가능하고 데이터에 최적화된 공정을 통해 구현하는 것

이다.

- 이 회사의 주력 제품은 칩이다. 이 칩은 직조 또는 단방향(UD) 탄소섬유강화폴리머(CFRP)를 사용하여 정밀하게 절단된 단층 구조의 경화 칩으로, 표준 크기는 10×4cm 직사각형 또는 6×6cm 정사각형이다. 칩은 그대로 제공되거나, Fairmat의 다른 제품, 즉 단층 구조의 더 넓은 FairPatch 또는 더 긴 FairStrip 요소, 다층 맞춤형 Fairmat Plate 라미네이트, 또는 적층 준비가 완료된 FairPly 시트 및 롤로 추가 가공될 수 있다. 회사의 최신 제품인 FairBoard는 재활용 압출 성형 프로파일로 만든 구조 패널을 생산함으로써 칩 개념에서 처음으로 벗어난 제품이다.



그림 7. Fairmat은 가능한 한 긴 광섬유 길이를 유지하고 기존 장비에서 최대한 효율적으로 작동하도록 하기 위해 표준 칩 및 기타 제품의 크기와 형식을 결정했다. 출처 | Fairmat

- Fairmat이 칩을 기본 제품으로 선택한 이유에 대해 사아다는 "혼합물에 포함된 섬유의 길이를 제어할 수 있기를 원했기 때문"이라고 설명한다. "예를 들어 분쇄 공정을 사용하면 섬유가 끊어지게 된다. 이러한 결정은 고객에게 최대한 높은 성능과 유용성을 갖춘 소재를 제공하는 데 중점을 두었다."



- 사아다는 핵심은 투입되는 재료의 다양성을 관리하는 방법을 찾는 것이라고 설명한다. "이를 관리하지 못하면 어떤 품질도 보장할 수 없다. 이러한 제약 때문에 디지털 데이터 관리가 이 솔루션을 확장할 수 있는 유일한 방법이라는 것이 분명했다. 우리는 하드웨어, 기계, 공정을 표준화하는 방법을 찾기 위해 모든 것을 기록하는 것부터 시작했다." 이후 이는 실시간 데이터 추적, 공장 내 모든 기계 연결, AI 기반 절단 및 적층 위치 보정 기능을 제공하는 자체 개발 소프트웨어 시스템인 FairTrack으로 확장되었다.



그림 8. 입고되는 자재는 종류별로 분류(상단)되고 품질 기준을 충족하는지 확인하기 위해 테스트되며, 해당 데이터는 FairTrack 디지털 시스템(하단)에 저장된다. 출처 | Fairmat

- 이 정도 수준의 디지털화는 복합소재 및 부품 생산 시설에서 아직 흔하지 않기 때문에 매우 인상적이다. 사아다는 "제품이 재활용된다는 사실은 금상첨화이지만, 궁극적인 목표는 천연 자원에 의존하지 않는 고성능 경량 소재에 대한 업계의 요구를 충족하는 것이었다."라고 말한다.

- 원료 조달을 위해 항공우주 산업에서 발생하는 고품질의 대량 생산 폐기물을 활용하는 것이 자연스러운 출발점이었다. 스타트업의 초기 파트너십 중 하나는 탄소섬유 제조업체인 Hexcel Corp.(미국 코네티컷주 스탬퍼드)의 유럽 지사와 체결하여 프리프레그 절단 폐기물을 재활용하는 것이 었다. Fairmat의 낭트 생산 시설은 Hexcel의 옛 공장으로, Fairmat은 2022년 이 파트너십의 일환으로 해당 시설을 임대했으며 현재는 소유하고 있다. 이후 Fairmat은 Airbus, Dassault Aviation, Siemens Gamesa, Syensqo, Tarmac Aerosave 등 고품질 폐기물을 공급하는 여러 탄소섬유 제조업체 또는 OEM과 파트너십을 체결했다.
- 현재 Fairmat는 약 100명의 직원을 고용하고 있으며, 파리 본사 및 연구개발 연구소, 프랑스 낭트의 주요 생산 및 개발 시설, 미국 유타주 솔트레이크시티의 제2 생산 시설, 그리고 중국 단양의 신규 개발 시설 등 4곳의 사업장을 운영하고 있다. 사아다 대표에 따르면, 회사 사업의 약 70%는 유럽에서, 30%는 미국에서 이루어지고 있다.

FairFactory: 폐기물에서 칩, 그리고 최종 제품까지

- 2,000제곱미터 규모의 낭트 생산 시설은 FairFactory라고 불리며, 현장에 54명의 직원이 근무하고 있다. 이 중 절반 이상은 소프트웨어와 메카트로닉스를 관리하는 엔지니어이며, 25대의 로봇을 운영하고 재활용부터 재료 제조, 품질 검사 및 신제품 개발에 이르는 전체 공정을 관리한다.
- 현재 Fairmat은 주로 항공우주 제조 과정에서 발생하는 탄소섬유/에폭시 프리프레그 스크랩을 가공한다. 또한 다른 원료를 활용하는 공정 개발에도 힘쓰고 있으며, 최근에는 탄소섬유와 비닐 에스테르(VE) 또는 폴리에스테르(PE)로 만들어진 풍력 발전 스파 캡에서 추출한 프로파일도 가공하기 시작했다.
- Fairmat의 영업 책임자이자 투어 가이드 중 한 명인 줄리앙 파스칼은 입고되는 폐자재가 본관 외부에 있는 작은 부속 시설에 보관된다고 설명한다. "새로운 공급업체와 거래를 시작할 때, 재료는 먼저 다양한 품질 테스트를 거쳐 파리의 연구소에서 인증을 받아야 한다."라고 파스칼은 설명한다.
- 낭트 공장에 마련된 소규모 시험 연구실에는 필요에 따라 섬유 밀도 및 두께와 같은 입고 자재 매개변수를 측정하는 장비가 갖춰져 있다. 최종 부품이나 칩에 대한 굽힘 및 인장 시험과 같은 기계적 시험도 이곳의 장비를 이용해 수행할 수 있으며, Fairmat는 시험 기능을 강화하기 위해 조만간 추가 장비를 도입할 계획이다.
- 파스칼은 "모든 데이터는 당연히 FairTrack 시스템에 입력되어 시스템 내에서 모든 거래 내역이 추적되도록 한다."라고 강조했다.

재료 준비: 경화 및 절단

- 먼저, 프리프레그 폐기물에서 필름을 제거한다. 그런 다음 폐기물 원료를 사용하는 첫 번째 공정 단계는 프랑스 셸에 위치한 France Etuves 오븐을 통한 경화 단계이다. 이 단계에서 재료 조각들이 하나의 단일 겹 시트로 경화된다.
- 오븐에서 꺼낸 재료는 기술자에 의해 재질 유형 (직조 섬유 대 단방향 섬유, 다양한 유형의 탄소 섬유)별로 분류되어 상자에 담기고, 인쇄된 추적 라벨이 부착된다. 이 라벨은 재료와 함께 이동하며 나머지 공정의 각 단계에서 스캔된다.
- 경화된 단층 시트는 Gunnar(스위스 알트슈타텐)의 Novex AI 최적화 자동 절단기 5대 중 하나로 옮겨져 회사의 표준 칩 크기 매개변수 또는 고객 맞춤형 패치 패턴으로 절단된다.
- 여섯 번째 최신 절단기는 연구 개발용으로 별도로 마련되어 있다. 이 장비는 절단 패턴을 재료에 투사하는 프로젝터와 카메라 시스템을 갖추고 있다. 자체 개발한 절단 소프트웨어로 제어되는 이 시스템은 FairTrack에 데이터를 생성 및 전송하여 절단 공정 효율을 실시간으로 측정한다.
- 파스칼은 이러한 절단 효율성이 핵심이라고 설명한다. 목표는 재활용 재료를 최대한 재사용하는 것이다. 남은 소량의 폐기물은 일반적으로 초기 공정 단계로 다시 투입되어 새로운 칩으로 만들어진다.
- 이 단계에서 칩은 최종 검사를 거쳐 고객에게 배송될 준비가 완료된다. 또는, FairFactory의 다른 구역으로 옮겨져 회사의 페어플라이(FairPly) 제품으로 제조될 수도 있다.



그림 9. Fairmat의 칩 생산을 위한 주요 공정 단계는 유사한 폐자재를 적층 및 경화시켜 단층 라미네이트(상단)를 만든 다음, 이를 칩이나 시트로 절단하여 다른 재료 제품을 만드는 데 사용하는 것이다(하단). 출처 | Fairmat

FairPly 제조

- FairPly 롤 또는 시트는 기본적으로 두 가지 요소로 구성된다. 하나는 rCF/에폭시 칩의 단일층이고, 다른 하나는 지지 기판 재료(일반적으로 유리 또는 탄소섬유)에 접착된 것이다. 기판은 먼저 칩의 접착제 및 결합제 역할을 하는 액체 PE 층으로 처리된다.
- 4개의 로봇 셸에는 각각 2대의 Kuka(독일 아우크스부르크) 픽앤플레이스 로봇이 탑재되어 기판이 놓이는 적층 플랫폼을 지원한다. 로봇은 프로그래밍된 패턴에 따

라 칩을 기판 위에 자동으로 배치하고, 최종적으로 저온 플라즈마 공정을 통해 PE 기반 기판에 접합한다.

- 로봇 셀이 계속 작동하는 동안 사아다는 "로봇 공정의 모든 단계에서 품질 관리가 보장된다."라고 설명한다. 각 셀 상단에 설치된 카메라는 FairTrack에 각 칩의 크기와 각도와 같은 시각 정보를 지속적으로 제공하고, 로봇 팔에 있는 센서는 칩 무게와 같은 정보를 전달한다. 시스템은 이 데이터를 사용하여 재활용 재료의 미세한 불일치를 보정하기 위해 셀의 작동 방식을 지속적으로 조정한다.



그림 10. Fairmat의 소재는 이미 프리프레그 자투리로 제조되기 때문에 가능한 한 많은 소재를 칩 제조에 활용하는 것이 최우선 과제이다. 출처 | Fairmat

- 사아다는 "페어트랙은 공장의 두뇌와 같다."라고 강조한다.
- 칩의 방향, 각도 및 모양은 FairPly 제품의 전체 성능에 매우 중요하다. 표준 6×6cm 및 10×4cm 칩 크기는 섬유를 가장 효율적이고 최고의 성능으로 활용하기 위해 개발되었으며, "가능한 한 많은 섬유 길이를 유지하면서 폐기물을 최대한 줄이기 위한 것"이라고 파스칼은 말한다.
- FairPly 시트는 최종적으로 상온에서 경화된 후, 롤 형태로 말아서 기성품으로 출하하거나 고객 사양에 따라 후가공하여 배송할 수 있다.
- 각 시트의 처리 시간은 특정 크기와 사양에 따라 다르지만, 이 라인에서는 매주 약 77,000개의 칩이 FairPly로 가공된다.
- 마지막으로, 절단기 구역 옆 공장 본관에는 포장 및 출하 전 대표 칩 샘플과 맞춤형 완제품에 대한 최종 검사를 위한 제품 검사대가 마련되어 있다. 크기, 각도, 섬유 배열 및 기타 측정값은 FairTrack 시스템을 통해 기록된다. FairFactory 투어 당시, 이 구역에서는 고객용 신발 깔창의 최종 검사 준비가 진행되고 있었다.

신제품 및 개발 중: FairBoards 및 파이프, 무한 재활용

- 투어는 개발실에서 마무리된다. 이곳은 파리에 있는 본사에 위치한 Fairmat의 전체 연구 개발 시설이 아니라, FairFactory 생산 현장에서 사용할 새로운 기계와 기술을 평가할 수 있는 공간이다.
- 이번 견학 당시, 회사는 낭트 사업장과 다른 시설에서 이루어진 발전 상황을 보여주는 여러 시연회를 마련했다.

- 새로운 제품 기능. 제품 관리자인 클레어 슈네는 현재 중국 Fairmat 공장에서 생산되고 있는 회사의 최신 제품인 페어보드(FairBoard)를 소개한다. 낭트 사업장과 파리 R&D 연구소에도 소규모 개발용 인쇄기가 설치되어 있다.

- 왜 중국 시설일까? 사아다는 "우리가 인수한 대형 인쇄기가 중국에 있기 때문에 물류적인 측면에서 중국에서 개발 작업을 하는 것이 합리적이다."라고 설명한다. 목표는 이 기술을 낭트에도 도입하는 것이다.

- 현재 최대 4x1.6미터 크기로 생산되는 이 패널은 풍력 발전 산업에서 나오는 압출 성형 스파 캡 폐기물인 rCF/PE 또는 탄소섬유/VE를 기반으로 한다. Fairmat은 이러한 스파 캡을 원하는 크기로 절단하는 저에너지 방식을 개발하고 특허를 획득했으며, 절단된 재료는 유리섬유와 새로운 액체 에폭시 사이에 적층된다. 그런 다음 보드는 밀폐된 금형에서 압착된다. Schune은 "유리섬유와 에폭시는 재활용 재료를 더욱 강화하는 역할을 한다. 압출 성형 폐기물의 균열을 메우고 보드의 방수 기능을 유지한다."라고 설명한다. 에폭시는 PE나 VE보다 기계적 강도와 피로 저항성이 뛰어나 고객의 성능 기준을 충족하는 동시에 기존 수지와 호환되고 조립체를 접착하는 접착제 역할을 하기 때문에 선택되었다. 성형 후 FairBoard는 가장자리를 다듬고 도색할 수 있다.

- 낭트에서 Fairmat팀은 페어플라이(FairPly) 셀과 유사한 개발 규모의 로봇 셀을 활용하여 이 공정을 자동화하고 최적화하는 작업을 진행하고 있다. 슈네는 "페어보드(FairBoards)는 어떻게 보면 더 큰 칩이라고 할 수 있다."라고 말한다. 마찬가지로, 개발 셀에서는 AI 기반 카메라를 최적화하여 적층 공정을 스캔하고 수정하며, 로봇 팔은 유리섬유 층을 적층하는 롤러를 작동시킨다. AI에 최적화된 로봇 수지 증착 시스템 또한 개발 중이다.

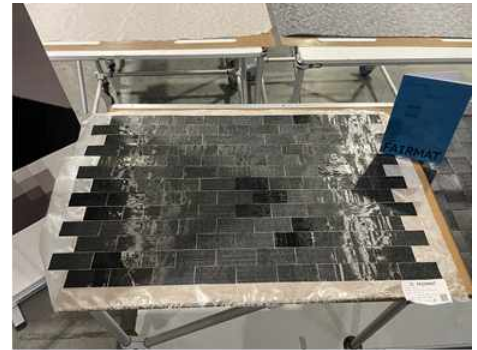


그림 11. FairPly소재(상단) 제조 구역 (FairFactory 투어 중 중간 이미지 참조)은 FairTrack을 통해 정밀한 적층을 위해 최적화된 픽애플레이스 로봇 셀(하단)로 구성된다. 출처 | Fairmat



그림 12. 이 회사의 일반적인 단층 칩 기반 제품과는 달리, FairBoards는 압출 성형 프로파일로 만든 다층 패널이다. 사진 속 샘플은 JEC World 2026에서 전시되었다. 출처 | CW

- 최종적으로 완성된 FairBoard 패널은 조리대, 벽 또는 천장 패널을 포함한 다양한 용도로 사용할 수 있다.
- FairBoard 외에도, 이 회사는 최근 파이프나 기타 튜브형 부품 성형에 최적화된 특수 표면 처리가 적용된 Fairmat Plates 버전을 출시했다. 이 제품은 CW가 JEC World 2026의 FairFactory를 방문하기 며칠 전에 전시되었다.
- 사아다 대표는 "우리의 표면 처리 기술은 플레이트와 칩을 더욱 유연하게 만들어 주며, 적용 분야에는 제한이 없다."라고 말한다.
- **품질 검사.** Fairmat 팀은 칩의 증별 카메라 이미지를 분석하여 칩 사이의 간격, 겹침, 거리를 검사하는 처리 소프트웨어를 포함한 품질 검사 시스템을 지속적으로 최적화하고 있다. 파스칼은 "우리는 항상 로봇의 정밀도를 최적화하고 개선하고자 한다."라고 말한다.
- **인피니티 리사이클링.** 최고 과학 책임자인 마이클 골투아와 재료 엔지니어인 폴린 프루일하크는 Fairmat의 특허 기술인 인피니티 리사이클링 공정을 소개한다. 이 기술은 Fairmat의 요구 사항에 맞게 최적화된 저온 대기압 플라즈마 시스템을 사용하여 칩 자체를 손상시키지 않고 Fairmat 칩 간의 결합을 끊는다.
- 골투아는 "궁극적으로 우리는 공급 파트너로부터 얻은 rCF 원료로 재료를 만들 뿐만 아니라, FairPly 소재로 만든 부품을 회수하여 FairPly 공정에서 칩 사이에 첨가된 새로운 수지를 제거하고 이 부품에 새로운 생명을 불어넣고자 한다."라고 설명한다.

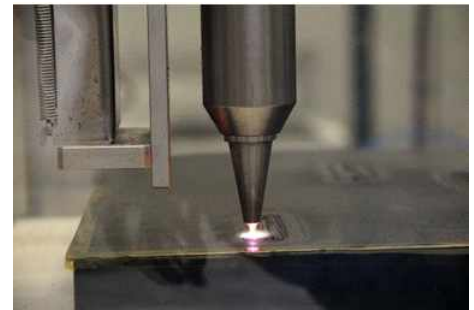


그림 13. Fairmat은 저온 대기압 플라즈마 시스템을 사용하여 FairPly 제품으로 칩을 접합하는 공정과, 이 공정을 역으로 수행하여 수지를 제거하고 개별 칩을 다시 분리하는 공정에 대한 특허를 보유하고 있다. 출처 | Fairmat

라켓, 스키, 신발 등

- FairFactory를 떠난 Fairmat의 고객들은 이러한 소재를 가공하여 특히 스포츠 용품 분야에서 다양한 최종 제품을 만듭니다. 오늘날 재활용된 나무 조각과 판재는 스키, 테니스 라켓, 파델 라켓, 운동화 깔창, 스포츠 헬멧 등 다양한 제품에서 찾아볼 수 있다.
- 이 회사는 건설용 파이프 및 브래킷, 드론 기체와 같은 새로운 시장 분야에 적용하는 방향으로 나아가고 있다.

새로운 투자, 파트너십 및 향후 계획

- 사아다는 재활용 소재 분야에 종사하는 모든 기업에게 자금 조달과 투자가 끊임없는 과제라는 점을 인정한다. "너무 많은 사업들이 시작되면서 투자와 에너지가 분산되는 경향이 있다. 재활용을 위해서는 여러 기술이 필요하지만, 현재 업계는 가장 효과적인 몇 가지 기술에 집중해야 한다."
- 하지만 Fairmat은 투자 유치 및 기타 파트너십 구축에서 성공을 거두었으며, 가장 최근에는 네덜란드 로테르담에 있는 Infinity Recycling이 관리하는 Circular Plastics Fund로부터 1,000만 유로의 지분 투자를 확보했고, 2025년 초에는 5,150만 유로를 추가로 조달할 계획이라고 발표했다.
- 장기적인 원료 공급 확보와 재활용 제품에 대한 관심 증대는 rCF 분야 종사자 모두에게 어려운 과제이다. 예를 들어, 제조 과정에서 발생하는 폐기물을 재활용하거나 rCF를 새로운 용도로 도입하는 주요 동력은 여전히 규제 기관의 인센티브보다는 민간 부문에서 나오고 있다. Airbus, Boeing과 같은 항공기 제조업체를 포함하여 rCF 재활용에 참여하는 기업이 늘어나고 있지만, 사아다 대표는 "당국이 시장을 이 방향으로 좀 더 적극적으로 이끌어야 할 필요가 있다"고 말한다.
- 2026년 3월, JEC World 개최에 맞춰 Fairmat은 원료 공급 기반과 소재 활용 분야를 확장하는 6개의 새로운 파트너십을 발표했다. 여기에는 Syensqo로부터 프리프레그 스크랩 원료를 재활용하는 파트너십 확대, Airbus와 함께 수명이 다한 항공기 부품에서 재료를 회수하는 새로운 방법을 모색하는 연구 개발 이니셔티브, 그리고 건설(Etex), 라켓 스포츠 장비(Babolat), 그리고 맞춤형 신발(Launchpad O&P 및 Billy Footwear)에 사용되는 rCF 소재 공급 계약이 포함된다.
- 사아다 대표는 "우리는 항상 재활용 기업일 뿐만 아니라 스포츠 용품 분야의 고성능 소재 공급업체로서의 입지를 다져왔다."라고 말하며, "이제 스포츠 용품 분야에서 이룬 성과를 건설과 같은 다른 분야로 확장하고, 업계 선두 기업들과 협력하여 우리 소재를 활용하는 것을 목표로 하고 있다. 유럽에서 Etex와 함께 이 첫걸음을 내딛게 되어 매우 자랑스럽고 기쁘지만, 앞으로 더 많은 것을 해낼 수 있다고 확신한다."라고 덧붙였다.
- Fairmat은 원료 및 고객 기반을 확대하는 것과 더불어 단기적으로는 페어보드



그림 14. 일부 스포츠 용품 고객은 Fairmat 소재를 구매하여 직접 새로운 부품을 성형하기도 하고, 페어매트에서 맞춤형 소재(사진 속 신발 깔창처럼)를 제공받기도 한다. 출처 | Fairmat

(FairBoard) 제품 출시에 집중하고, 장기적으로는 특히 중국과 미국을 중심으로 국제적인 입지를 지속적으로 확대해 나갈 계획이다.

- 사아다는 “오랫동안 친환경 혁신은 대부분 비용이 많이 들었고, 우리 사회는 그 두 가지 특징을 연관 짓기 시작했다. 하지만 Fairmat은 그런 것이 아니다. 저는 경제적 합리성이 곧 생태적 합리성이라고 굳게 믿는다. 결국 이산화탄소 배출량을 줄이면 에너지를 절약할 수 있고, 에너지를 절약하면 제품 가격이 궁극적으로 저렴해진다. 경제적 혁신과 생태적 혁신은 자연스럽게 연결된다.
- Fairmat은 우수하고, 기술적으로 스마트하며, 경제적으로 실현 가능하고, 확장 가능한 솔루션을 개발했다. 고객에게 중요한 것은 제품의 품질, 가격, 그리고 성능이다.”라고 말했다.

□ 독일 HZB 연구진, 재료화학은 촉매의 미래('26.06.02.)

※ [Chemie] 새로운 접근 방식은 에너지 변환을 위한 효율적인 촉매 발견과 화학 산업의 탈탄소화를 가속화할 수 있다. /News

- <https://www.chemie.de/news/1188819/materialchemie-gestaltet-die-zukunft-der-katalyse.html>
- <https://www.chemie.de/forschungsinstitute/67315/helmholtz-zentrum-berlin-fuer-materialien-und-energie-gmbh.html>
- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.4318027>
- #독일 #전기촉매 #재료합성 #나노구조 #연구논문

- 미래의 합성 재료화학은 스마트하고 적응력 있는 전기 촉매 개발을 위한 도구로 활용될 수 있다. 이 연구 분야는 현장 분석, 데이터 기반 발견, 자율 로봇 공학 등을 통해 빠르게 발전하고 있다. 이러한 새로운 접근 방식은 미래 에너지 변환 및 화학 산업의 탈탄소화를 위한 내구성이 뛰어나고 효율적인 촉매 개발을 가속화할 수 있다. 촉매 전문가인 프라샨트 메네제스 박사 연구팀이 저명한 학술지인 Angewandte Chemie에 발표한 논문에서 이러한 연구 동향을 개괄적으로 살펴볼 수 있다.
- 지속 가능한 에너지 기술로의 세계적인 전환이 가속화되고 있다. 미래에는 화학 산업 또한 화석 연료를 대체하여 전기 촉매 반응을 통해 생산된 친환경 수소 또는 탄화수소를 사용하여 원하는 제품을 대규모로 생산할 것이다. 그러나 현재 가장 큰 걸림돌은 이러한 공정에 필요한 전기 촉매이다. 전기 촉매는 널리 사용 가능하고 저렴한 재료로 만들어져야 하며, 선택적이고 효율적이며 안정적으로 촉매 기능을 수행해야 한다.

재료 합성을 도구로 활용하기

- "만약 우리가 전기촉매 분야에서 가장 큰 혁신을 이루는 것이 단순히 성능 지표 향상을 추구하는 것이 아니라, 재료를 설계하고 합성하는 방식에 있다면 어떨까?" 라고 HZB(Helmholtz-Zentrum Berlin, 헬름홀츠 베를린 재료·에너지센터) 촉매재료 화학부 부장인 프라샨트 메네제스 박사는 질문한다. 그의 연구팀은 저명한 학술지인 Angewandte Chemie에 리뷰 논문을 발표했다. 이 논문은 고체 합성, 습식 화학 전략, 전기 도금, 계면 성장 기술 등 합성 방법 전반을 다룬다.

속성 및 변환

- "전기촉매 분야에서는 흔히 활성, 선택성, 수명에 초점을 맞추지만, 이러한 특성들은 우연히 생겨나는 것이 아니다. 합성 과정에서 결정되는 것이다."라고 메네제스는 말한다. 물질의 상, 결정성, 결함 밀도, 산화 상태, 형태, 전도성, 국소 배위 환경은 모두 합성 화학에 의해 결정된다. 이러한 특성들은 활성 부위의 형성 방식,

전하와 이온의 이동, 심지어 반응 조건 하에서 촉매가 동적으로 변화하는 방식까지 좌우한다.

- 본 리뷰 논문은 일반적인 촉매 합성 전략을 소개하고, 이러한 전략이 촉매의 특성과 성능에 미치는 영향을 분석한다. 데바브라타 바그치 박사는 "많은 경우, 우리가 합성하는 촉매가 최종적으로 반응을 수행하는 촉매가 아니다. 실제 활성 물질은 반응 과정에서 현장에서 생성된다."라고 설명한다. 이러한 변화를 이해하고 제어하는 것은 현대 촉매 연구의 핵심 과제이다.

로봇공학과 인공지능을 활용한 새로운 접근 방식

- "또한 현장 분석, 데이터 기반 연구 및 자율 로봇 공학 분야의 새로운 발전을 소개하고, 이러한 기술들이 재료 합성의 이해도, 예측 가능성, 재현성 및 처리량을 어떻게 더욱 향상시키는지 논의할 예정이다."라고 니클라스 하우스만 박사는 말한다. 한 섹션에서는 전기 촉매의 산업적 중요성을 다루고, 합성 화학의 발전이 전해조, CO₂ 환원 반응기 및 기타 전기화학 기술에서 촉매 사용에 어떻게 직접적인 영향을 미치는지 실제 조건에서 설명한다.

촉매의 미래

- 이러한 새로운 접근 방식은 미래 에너지 전환과 화학 산업의 탈탄소화를 위한 지속적이고 효율적인 촉매 개발을 가속화할 수 있다. 메네제스 교수는 "합성 재료 화학은 단순한 준비 단계가 아니라, 스마트하고 적응력 있는 전기 촉매를 목표에 맞춰 개발하는 데 필수적인 도구이다."라고 말한다. "우리는 화학, 최첨단 분석 기술, 자동화, 그리고 인공지능이 융합되는 시대에 접어들고 있다. 촉매의 미래는 단 하나의 기적적인 소재를 발견하는 데 달려 있는 것이 아니라, 작동 조건 하에서 소재와 그 변화를 체계적으로 제어하는 방법을 배우는 데 달려 있을지도 모른다. 바로 재료 화학이 촉매의 미래를 만들어갈 것이다."

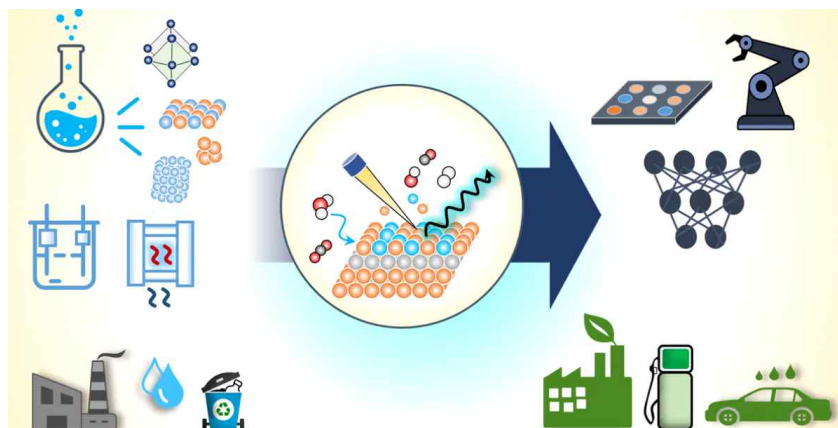


그림 15. 제어된 물질 합성은 전기 촉매의 성능을 향상시킬 수 있다. 왼쪽 그림은 기존 합성 방법을 보여준다. 오른쪽 그림은 데이터 기반 접근 방식과 자동화된 실험실을 활용한 새로운 기술을 나타낸다. 이러한 기술은 화석 연료 이후 시대의 화학 산업에 필요한 고성능 전기 촉매를 목표에 맞게 설계할 수 있는 가능성을 넓혀준다(오른쪽 하단). 출처 | HZB

□ 네덜란드 TPRC, 하이브리드 에폭시-LMPAЕК 복합재 동시 경화 접합부 고려(26.06.03.)

※ [Composites World] 연구진은 리벳이나 접착제와 같은 중간재 없이 열가소성 및 열경화성 복합재를 직접 연결하는 대안으로 동시 경화 방식을 모색하고 있다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/tprc-study-considers-hybrid-epoxy-lmpaek-composite-co-cured-joints>
 - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359836826003483>
 - #네덜란드 #탄소섬유 #복합재료 #에폭시 #수지 #연구논문
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장
-
- 네덜란드 열가소성 복합재 연구센터(TPRC, Thermoplastic Composites Research Center, 네덜란드 엔스헤데)의 박사 연구원인 Liran Katz가 최근 열가소성 복합재와 열경화성 복합재(TPC, TSC; thermoplastic to thermoset composites)의 접합에 관한 논문을 발표했다.
 - 이 논문은 "하이브리드 에폭시-LMPAЕК 복합재 동시 경화 접합: UVO 전처리 및 층간 인성에 미치는 영향 연구(Hybrid epoxy-LMPAЕК composite co-cured joints: A study on UVO pretreatment and its effect on interlaminar toughness)"라는 제목으로 Composites Part B Engineering 저널에 게재되었다.
 - 복잡한 복합 구조물을 제조하려면 종종 서로 다른 재료를 접합해야 하는데, 전통적으로는 리벳이나 접착제와 같은 중간재를 사용하여 접합한다. 흥미로운 대안은 소위 동시 경화 방식을 통해 중간재 없이 TPC와 TSC를 직접 접합하는 것이다. 동시 경화는 중간재 없이 직접적인 연결을 제공하여, 까다로운 응용 분야에서 향상된 기계적 특성을 제공하는 동시에 비용과 무게를 절감할 수 있는 잠재력을 가지고 있다.
 - 본 연구에서 Katz는 LMPAЕК(영국 Victrex 사 공급)와 탄소섬유/에폭시 TSC 간의 접착력을 향상시키는 방법을 조사했다. LMPAЕК는 우수한 열적 및 기계적 특성을 지닌 것으로 알려져 있지만, 화학적으로 불활성인 표면 때문에 다른 재료와의 효과적인 접착이 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Katz는 자외선 오존(UVO, ultraviolet ozone) 조사를 표면 처리 방법으로 사용했다. UVO 처리는 LMPAЕК의 표면 화학적 성질을 변화시켜 표면 반응성을 높이고, 동시 경화 과정에서 에폭시와 더욱 강력한 상호작용을 형성할 수 있도록 했다.
 - 접착 메커니즘을 더 잘 이해하기 위해, 그는 미세구조와 표면 거칠기가 서로 다른 LMPAЕК 시편들을 조사했다. 이를 통해 화학적 결합과 물리적 맞물림 효과를 포함하여 계면 강도에 영향을 미치는 주요 접착 메커니즘을 규명할 수 있었다.

- 연구 결과는 신중하게 최적화된 UVO 전처리가 탄소섬유 강화 LMPAEEK와 탄소섬유 강화 에폭시 복합재 사이의 접착력을 크게 향상시켜 강력하고 안정적인 접착 계면을 형성할 수 있음을 보여준다.

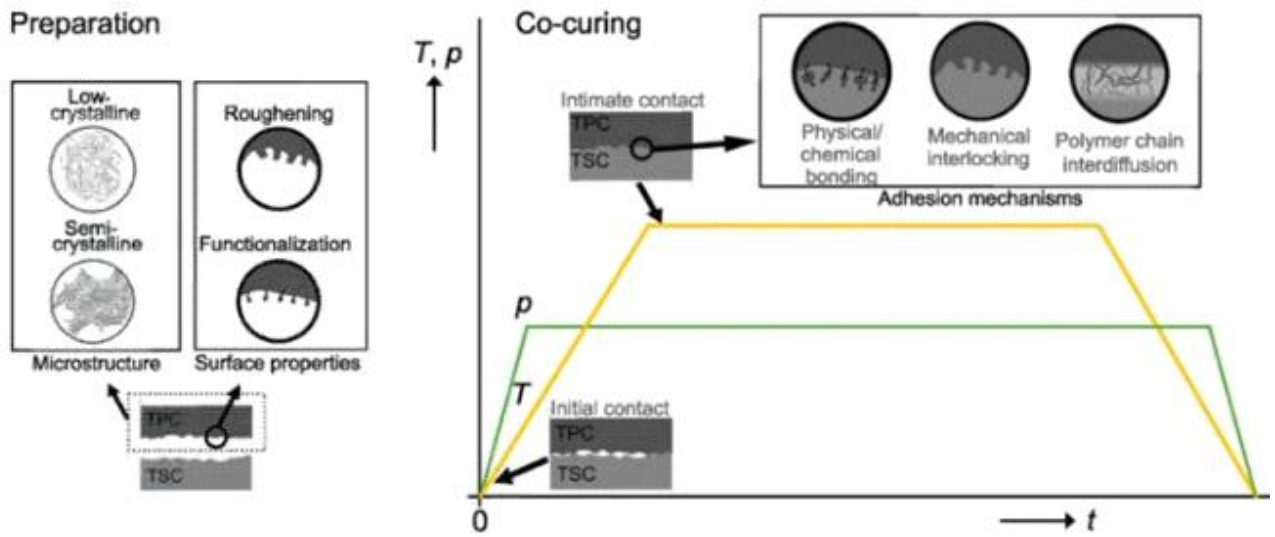


그림 16. 출처 | TPRC

□ 미국 Haddy, Siemens Xcelerator 플랫폼을 활용한 AI 기반의 적응형 적층 제조 마이크로팩토리 확장(26.06.03.)

※ [Composites World] D&M 디지털 스레드와 소프트웨어 정의 제조 방식을 도입하면 Haddy는 가구, 해양 및 방위 산업 분야에서 폴리머 복합재와 같은 순환 소재의 현지 생산 및 사용을 더욱 확대할 수 있을 것이다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/haddy-scales-ai-enabled-adaptative-am-microfactories-with-siemens-xcelerator-platform>
- <https://www.haddy.life/>
- #미국 #방위방산 #적층제조 #탄소섬유 #복합재료 #순환 경제
- 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장

- 적층 제조(AM, additive manufacturing) 기업인 Haddy Manufacturing(미국 플로리다주 세인트피터즈버그)은 Siemens Digital Industries Software(미국 텍사스주 플라노)의 개방형 디지털 비즈니스 플랫폼인 Xcelerator를 도입하여 가구, 해양, 방위 산업을 포함한 다양한 산업 분야에서 순환 경제 소재를 활용한 현지 적층 제조를 확대하고 있다.

- Haddy는 적층 제조(AM) 기술이 지역 생산과 순환형 자재 사용을 모두 지원할 수 있다는 이념을 바탕으로 설립되었다. Haddy는 로봇 적층 제조 공정과 재활용 및 생분해성 소재 (재활용 또는 생분해성 고분자에 유리섬유나 탄소섬유, 삼이나 목재로 보강한 복합재료, 또는 자체적으로 수집한 생산 폐기물을 사용한 소재 포함)를 사용하여 대형 부품을 생산한다. 생산된 부품은 원료로 재가공되어 다시 생산에 사용된다. 모든 자재는 미국 내에서 조달하여 운송 관련 배출량을 줄이고 지역 공급망을 지원한다.



그림 17. Haddy는 Siemens Xcelerator 개방형 디지털 비즈니스 플랫폼을 도입하여 가구, 해양 및 방위 산업을 포함한 다양한 산업 분야에서 순환 소재를 활용한 적층 제조(AM)를 현지에서 확대하고 있다. 출처 | Haddy Manufacturing

- Haddy의 CEO인 제이 로저스는 “우리의 목표는 제품이 필요한 곳과 가까운 곳에서 자재를 사용하고 생산하는 것이다.”라고 말했다. “Siemens Xcelerator를 도입함으로써 설계, 자동화 및 제조를 연결하여 순환 경제, 현지 조달 및 신속한 반복을 지원하는 동시에 데이터와 AI를 활용하여 운영 방식을 지속적으로 개선할 수 있다.”
- Haddy는 디지털 표준화 및 AI 기반 마이크로팩토리 네트워크를 통해 이러한 모델을 구현한다. 제품이 필요한 곳에 더 가까이 생산하고 데이터와 소프트웨어를 활

용하여 모든 사업장에서 일관성을 유지함으로써, 공급망의 복잡성을 줄이는 동시에 더욱 탄력적이고 폐기물이 적은 생산을 지원하는 것을 목표로 한다.

소프트웨어 제품 디자인.

- Haddy는 Siemens Xcelerator를 사용하여 일관된 디지털 스레드를 통해 제품 설계, 제조 계획 및 자동화를 연결한다.
- 이러한 접근 방식을 지원하기 위해 Haddy는 Siemens Xcelerator를 사용하여 일관된 디지털 스레드를 통해 제품 설계, 제조 계획 및 자동화를 연결한다. Siemens의 Designcenter 소프트웨어는 적층 제조(AM)를 통해 생산되는 대형 부품을 설계하고 로봇 생산을 위한 설계를 준비하는 데 사용된다. Teamcenter 소프트웨어는 여러 사업장에서 제품 데이터와 구성을 관리하며, Siemens의 CNC 제어 플랫폼(주로 공작기계용)인 Sinumerik은 산업용 로봇 통합을 포함하여 작업 현장에서 고정밀 모션 제어 및 실행을 제공하는 데 사용된다. Haddy의 마이크로팩토리에서 Sinumerik은 CNC 기반 경로 제어와 산업용 로봇 운동학을 결합하여 로봇 적층 제조 시스템을 조율하며, 여기에는 CEAD(네덜란드 델프트)의 대형 로봇 압출 플랫폼이 포함된다.

- 이번 도입의 일환으로 Haddy는 분산형 생산 모델을 확장함에 따라 Siemens 소프트웨어 사용도 확대하고 있다.
 - 이 회사는 대규모 제품의 최적화 및 검증을 지원하기 위해 Simcenter Optistruct 소프트웨어를 도입했다.
 - 이와 더불어 Haddy는 클라우드 기반 제조 솔루션인 NX X Manufacturing을 활용하여 복잡한 대형 로봇 적층 제조 공정의 빌드 전략을 수립하고, NC 프로그래밍, 시뮬레이션 및 실행을 지원하고 있다.



그림 18. Haddy 는 Siemens Xcelerator를 사용하여 일관된 디지털 스레드를 통해 제품 설계, 제조 계획 및 자동화를 연결한다. 출처 | Haddy Manufacturing

- Haddy는 고급 컴퓨터 지원 가공(CAM) 부품 프로그래밍, 시뮬레이션 및 검증 기능을 제공하는 동일한 툴셋을 사용하여 생산 공정의 일부로 절삭 CNC 가공을 활용한다.
- NX X Manufacturing을 통해 Haddy는 신발 상자 크기의 부품부터 보트 전체에 이르기까지 정밀하고 고품질의 부품을 생산할 수 있으며, 클라우드 접근성이 뛰어나 IT 운영 비용을 최소화하면서 빠르게 확장하는 비즈니스 요구 사항을 충족할 수 있다. 또한 가치 기반 라이선스 토큰을 사용하여 추가 소프트웨어 기능을 통해 생산을 확장할 수 있다.

□ 캐나다 NordSpace, 로봇식 AFP 시스템을 설치하고 발사체 연료 탱크 및 주요 구조물 제작 진척(26.06.03.)

※ [Composites World] 요약: 애드컴프(Addcomp) 장비와의 수직적 제조 통합은 Tundra(Tundra) 및 타이탄(Titan) 발사체를 통해 캐나다의 우주 주권 확보를 위한 발판을 마련한다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/nordspace-installs-robotic-afp-systems-progresses-build-of-launch-vehicle-tanks-and-primary-structures>
 - <https://www.nordspace.com/>
 - #캐나다 #항공우주 #압력용기 #프로세스 #시장
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장
-
- 캐나다 기업인 NordSpace(캐나다 마크햄)는 신속한 궤도 발사체, 휴대용 우주항 및 터키 위성을 위한 수직 통합 솔루션을 개발하고 있으며, 캐나다에서 고도로 발전된 복합재 압력 용기 및 구조물을 제조하는 과정에서 중요한 이정표를 세웠다. 바로 최초의 AFP(Advanced Fire Protection) 부품 생산이다.
 - NordSpace는 항공우주용 첨단 제조 연구소(AMA Lab, Advanced Manufacturing for Aerospace Lab)의 수직 통합 제조 역량을 대폭 확장하는 일환으로, Tundra 발사체의 경량 연료 탱크와 주요 구조물을 자체 대규모 로봇 AFP(Advanced Fuel Processing) 기술로 제조하고 있다. 또한, 중형 발사체인 Titan에도 이 기술을 적용할 수 있도록 기반을 마련하고 있다.
 - NordSpace는 AFP 시스템 통합을 위해 Bespline(캐나다 퀘벡주 셔브룩)의 장비 사업부인 Addcomp와 협력했으며, BDC(캐나다 퀘벡주 몬트리올), Addcomposites(핀란드 에스포), Investissement Québec(캐나다 퀘벡주 몬트리올), Sherbrooke Innovante(캐나다 퀘벡주 셔브룩)등의 비즈니스 파트너로부터 지원을 받았다.
 - NordSpace의 보고서에 따르면 이러한 역량은 캐나다에 가장 강력하고 가볍고 안전하며 반응성이 뛰어난 궤도 발사체를 제공할 뿐만 아니라 항공 및 방위에서 에너지 및 운송에 이르기까지 다양한 분야에서 캐나다 산업에 새로운 가능성을 열어줄 것이다.
 - NordSpace는 링크드인 게시물에서 "모든 궤도 발사 프로그램, 특히 여유 공간이 매우 적은 경량 탑재체 개발 프로그램의 목표는 태양 동기 궤도(SSO)와 같은 유용한 궤도에 탑재할 수 있는 페이로드 용량을 극대화하는 것이다."라고 밝혔다. 이러한 첨단 복합재 제조 기술을 자체적으로 도입함으로써 가능한 한 최소한의 건조 질량과 최대한의 추력 대 중량비를 유지하는 것은 Tundra 뿐만 아니라 NordSpace가 중형 타이탄 발사체와 Tundra+ 구성으로 신속하게 규모를 확장할

수 있는 기반을 마련한다."

- 경량 발사체 단계에서 올바른 기본 차량 구조, 엔진 사이클, 재료 및 추진제를 선택하는 것은 캐나다가 자체 우주 발사를 통해 가치를 창출하고 세계적으로 경쟁력을 확보하는 데 필요한 재사용 가능한 중형 발사체 시대를 구현하는 데 매우 중요하다.
- NordSpace는 캐나다 국립연구위원회(NRC, National Research Council Canada)와 협력하여 다음과 같은 여러 분야에서 연구 개발을 추진하고 있다.
 - 복합재 압력 용기는 상당한 크기와 규모(길이 최대 15미터, 직경 수 미터)
 - 복합재료 내부에서 극저온 추진제를 섬유 손상 없이 다루는 방법
 - AFP를 사용하여 차량의 건조 중량을 더욱 줄이기 위해 전체가 복합재로 제작된 라이너리스 Type V 탱크
 - 엔진 재킷, 중간 단, 추력 구조물, 페어링 등 NordSpace 로켓의 다른 사용 사례에도 동일한 기술 적용
- NordSpace는 조만간 비행 규모의 궤도용 연료탱크 첫 번째 시리즈를 생산할 예정이며, LinkedIn을 통해 진행 상황을 지속적으로 공유할 것이다.

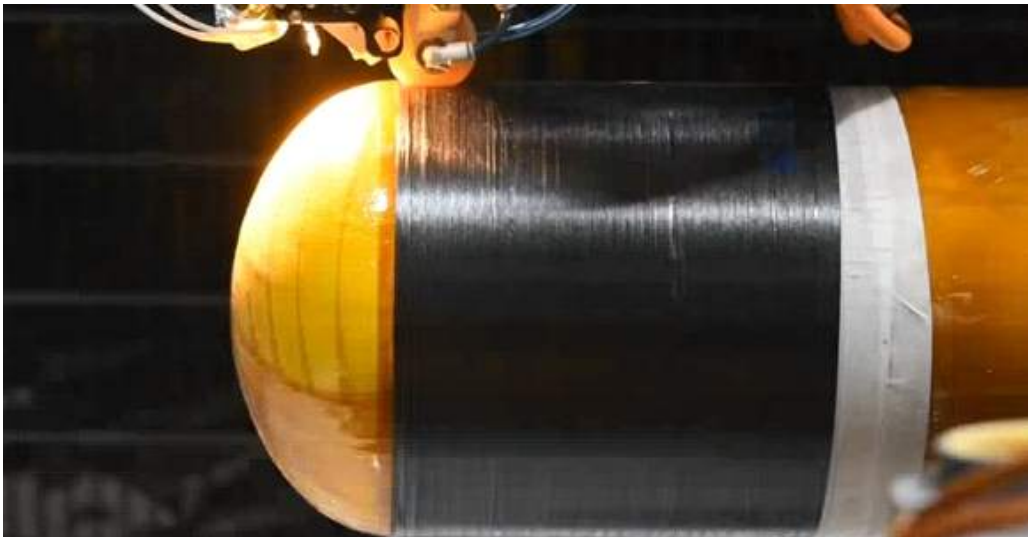


그림 19. 출처 | NordSpace

□ 미국 Cambium, 1억 달러 자금 조달 전략과 복합재 규모의 만남 (26.06.03.)

※ [Composites World] Cambium의 1억 달러 투자 유치와 SHD 인수는 AI 기반 소재 혁신과 검증된 복합재 제조 전문성을 결합한 과감한 전략을 보여준다. /Article

- <https://www.compositesworld.com/articles/cambiums-100-million-play-fundraising-engineering-meets-composites-scale>
- <https://www.cambium-usa.com/>
- #미국 #항공우주 #복합재료 #스타트업 #시장 #투자
- 저자 : 야닉 빌레민, Catalysium 사장

○ 복합재료 분야에서는 기술적 통합, 즉 섬유, 수지, 형태, 장비 및 가공 방식이 어떻게 조화를 이루어 실용적인 제품을 만들어내는가에 대해 많은 시간을 할애한다. 하지만 재정적 통합에 대해서는 상대적으로 적은 시간을 투자한다. 그러나 때로는 가장 흥미로운 혁신은 화학이나 제조 공정뿐만 아니라 기업이 시장의 요구에 맞춰 자본, 자산, 인력을 어떻게 활용하는가에 있다. 그래서 우리는 Cambium에 관심을 갖게 되었다.

○ 첨단소재 기업 Cambium(캘리포니아주 엘세군도)은 2026년 1월 8VC가 주도하는 1억 달러 규모의 시리즈 B 투자를 유치했다고 발표했다. 불과 몇 주 전, Cambium은 첨단 복합재 제조업체 인 영국 SHD Group을 인수했다고 발표했으며, SHD Group은 현재 "Cambium 산하의 SHD"라는 이름으로 운영되고 있다.

○ 각각의 발표는 개별적으로도 주목할 만했지만, 종합적으로 보면 더욱 전략적인 의미를 내포하고 있음을 알 수 있다.

○ Cambium은 국방, 항공우주 및 기타 고성능 분야의 난제 해결에 주력하는 첨단 소재 혁신 기업으로 자리매김해 왔다. Cambium은 공개적으로 인공지능(AI) 기반 소재 발굴과 기존 화학 물질의 재조합이 아닌 새로운 단량체 및 중합체 개발에 중점을 두고 있다고 강조한다.



그림 20. Cambium은 20개 이상의 다양한 자금 출처로부터 지원을 받고 있다. 출처 | 게티 이미지

○ 반면 SHD는 확립된 프리프레그 플랫폼, 글로벌 사업망, 그리고 첨단 복합소재 제조 분야에서 수십 년간 축적된 노하우를 보유하고 있다. Cambium은 이번 인수를 통해 합병 회사가 미국, 영국, 슬로베니아에 걸쳐 혁신적이고 항공우주 분야에 인증된 제조 기반을 확보하게 되었다고 밝혔다.

○ 이 지점에서 이야기는 일반적인 스타트업 투자 유치보다 훨씬 더 흥미로워진다.

JEC World에서 현재 SHD와 Cambium Composites의 사장인 브렛 슈나이더는 그 논리를 매우 직설적으로 설명했다. "소재 업계는 자산 집약적인 경향이 있는데, 어떻게 기업 규모를 확장할 수 있을까?" 그의 대답 또한 명확했다. "두 회사를 Cambium의 새로운 복합재 제조 부문 아래 통합하는 것이 매우 합리적인 선택이었고, 새로운 화학 기술의 상용화를 가속화할 수 있었다."

- 이는 자금 조달의 역할을 재정립한다는 점에서 주목할 만하다. 많은 스타트업 이야기에서 자본은 일종의 검증으로 여겨지지만, 여기서는 산업 디자인과 같은 의미를 지닌다.
- 슈나이더는 그러한 논리를 뒷받침할 수 있는 믿을 만한 인물이다. 그는 첨단 소재, 자동화 및 산업 리더십 분야에서 30년의 경력을 보유하고 있다. 2025년 Cambium 이사회에 합류하기 전에는 Hexcel에서 주요 직책을 맡았고, Carbon Conversions의 회장 겸 CEO를 역임했으며, Arsenal Capital에서 운영 파트너로 근무했다. 다시 말해, 그는 복합재 사업 운영 방식뿐만 아니라 산업 플랫폼 구축 방식까지 이해하고 있다. 그것이 바로 Cambium-SHD 구조가 특이하면서도 영리하게 느껴지는 이유일 지도 모른다.
- 슈나이더는 대화에서 두 회사의 관계가 위탁 생산으로 시작되어 문화적, 전략적 적합성이 매우 뛰어나다는 것을 인식하면서 발전하게 된 과정을 설명했다. 그는 "두 회사를 합병하는 것이 당연하다는 결론에 도달했다."라고 말했다.
- '문화'라는 단어는 거래 과정에서 부드럽게 들릴 수 있지만, 복합재료 산업에서는 매우 중요하다. 소재 사업은 소프트웨어 사업이 아니다. 암묵적인 노하우, 프로세스 규율, 고객 신뢰, 그리고 품질 저하 없이 개발에서 생산으로 전환할 수 있는 능력에 의존한다. 바로 이러한 이유 때문에 이번 거래는 단순한 생산 능력 증대 이상의 의미를 지니는 것으로 보인다.
- 인터뷰에서 슈나이더는 간과하기 쉬운 또 다른 가치, 즉 데이터에 주목했다. 그는 이번 인수를 통해 Cambium이 수천 개의 검증된 레시피에 접근할 수 있게 되었으며, 이를 활용하여 알고리즘을 학습시킬 수 있다고 설명했다. 그는 "결국, 이제 저는 거의 비할 데 없는 데이터베이스를 확보했고, 이를 AI 시스템에 입력하여 더욱 빠르게 작업을 수행할 수 있게 되었다."라고 말했다.
- 우리는 이 부분이 이야기가 단순히 Cambium만을 넘어서는 더 큰 의미를 갖게 되는 지점이라고 생각한다. 많은 스타트업 이야기에서 자본은 검증의 수단으로 제시된다. 하지만 여기서는 산업 디자인처럼 보인다.
- 우리는 흔히 금융 공학을 추상적이거나 산업적 가치 창출과는 동떨어진 것으로 생각한다. 하지만 Cambium이 하고 있는 일은 다르다. 오히려 자금 조달 공학이라고

부르는 것이 더 적절할 것이다. 자본을 단순히 자금 운용 기간을 늘리는 데 사용하는 것이 아니라, 새로운 소재의 목표 시장 진출을 가능하게 하는 보다 빠른 상용화 시스템을 구축하는 데 활용하고 있는 것이다.

- JEC World에서 슈나이더는 두 회사가 합병된 지 불과 몇 달 만에 이미 연구 개발 단계에서 실제 적용 단계로 제품을 옮기고 있다고 밝혔다. 그는 또한 제품 생산량 확대를 위해 대형 포맷 생산 라인을 가동하는 등 SHD의 설비 역량이 빠르게 확장되고 있다고 설명했다. SHD는 합병 후 장기 성장 전략의 일환으로 2026년 2월에 이러한 확장 계획을 공식 발표했다.
- 물론 이러한 전략이 위험 부담이 없는 것은 아니다. 인수합병은 가치를 창출하는 만큼이나 쉽게 가치를 파괴할 수도 있다. 특히 벤처 투자를 받은 젊은 혁신 기업이 기존의 제조 문화와 결합할 때는 통합이 결코 자동으로 이루어지지 않다. 하지만 성공적으로 이루어질 경우, 이는 자본 집약적인 산업 분야에서 활동하는 첨단 소재 스타트업에게 매력적인 모델을 제시한다.
- 수년간 내부적으로 모든 역량을 구축하기 위해 기다리는 대신, 인수 대상 기업의 운영 문화와 고객 기대치를 존중한다는 전제 하에 혁신과 인수를 결합할 수 있을 것이다.
- 이번 거래에는 조용하지만 중요한 사실이 하나 더 있다. 공개적으로 Future Materials Group(FMG, 영국 케임브리지)은 SHD Composites의 Cambium 매각 거래에서 매도 측 M&A 자문사 역할을 단독으로 수행했다고 밝혔다. 이는 주목할 만한 사실인데, 이번 거래는 단순한 인수인계가 아니었기 때문이다. 시기, 역량, 자본이 구조적으로 결합된 거래였으며, 첨단 소재 거래에 특화된 자문사가 제공할 수 있는 시장에 대한 깊은 이해가 필수적이었다.
- Cambium의 이야기는 아직 진행 중이다. 하지만 이미 복합재 시장에 유용한 신호를 보내고 있다. 이 산업에서 자본은 단순한 자금 조달 수단에서 산업 조립의 도구로 진화하고 있을지도 모른다. 그리고 이는 주목할 만한 발전이다.
- 브렛 슈나이더가 Cambium, SHD 및 더 광범위한 확장 전략에 대해 자세히 설명하는 내용을 듣고 싶으신 독자분들은 Catalysium이 새롭게 개설한 유튜브 채널 @CompositesCatalyst에서 JEC World에서 녹화된 전체 인터뷰를 시청할 수 있다.



그림 21. 브렛 슈나이더(왼쪽)가 The Composites Catalyst와의 인터뷰에서 AI 소재 기업의 규모 확장에 대해 논의하고 있다. 출처 | 야닉 빌레민

□ 독일 cylib, Vianode과 배터리용 흑연의 순환경제 구축 협력 (`26.06.03.)

※ [Chemie] cylib과 Vianode는 배터리용 흑연의 순환 경제를 구축하기 위해 협력하고 있다. /News

- <https://www.chemie.de/news/1188834/cylib-und-vianode-buendeln-ihre-kraefte-um-den-kreislauf-fuer-batteriegraphit-zu-schliessen.html>
- https://www.chemie.de/news/batterierecycling/order_t/
- #독일 #노르웨이 #배터리 #순환경제 #지속가능성

- 지속 가능한 배터리 재활용 및 흑연 회수 전문 기업인 cylib(독일 아헨)과 첨단 배터리 소재 전문 기업인 Vianode(노르웨이 오슬로)는 차세대 배터리용 재활용 흑연 개발 및 공급에 대한 협력을 명시한 양해각서(MoU)를 체결했다. 본 협약에 따라 cylib은 고품질 재활용 흑연 농축액을 공급하고, Vianode는 파일럿 규모 테스트를 통해 양극재에 재활용 흑연을 활용하는 방안을 개발 및 검증할 예정이다.
- 이번 의향서에 따라 양사는 cylib의 독자적인 OLiC(최적화된 리튬 및 흑연 회수) 기술을 사용하여 생산된 회수 및 생산 흑연 농축물을 Vianode의 차세대 양극재 생산에 통합하는 방안을 검증할 예정이다. 이번 협력은 유럽의 배터리 생산 원자재 수입 의존도를 줄이고 배터리 가치 사슬 전반에 걸친 탄소 발자국을 낮추는 것을 목표로 한다.

순환을 마무리하다

- cylib은 재활용 배터리 소재로부터 고품질 흑연 농축액을 회수 및 생산하는 데 집중하고, 양극재 생산에 필요한 품질 및 순도 요건을 충족하는 견고한 공급망을 구축할 것이다. Vianode는 재활용 흑연을 사용한 양극재 배합을 개발 및 테스트하고, 상업적 규모에서의 성능을 평가하기 위한 시범 프로젝트를 수행할 것이다.
- Vianode(노르웨이 오슬로)는 첨단 양극재 전문 기술을 제공하고, 우리는 검증된 재활용 소재를 제공한다."라고 cylib의 공동 CEO 겸 공동 창립자인 릴리안 슈비히 박사는 말한다. "우리는 함께 순환 경제가 타협을 의미하는 것이 아니라 오히려 유럽에 경쟁 우위를 제공한다는 것을 보여주고 있다."
- Vianode의 CEO인 부르크하르트 슈트라우베는 "진정으로 지속 가능한 가치 사슬을 구축하려면 배터리 소재의 순환 경제를 완성해야 한다."라고 말하며, "cylib과의 협력을 통해 재활용 흑연을 첨단 양극 소재에 통합함으로써 배터리 흑연의 순환 경제를 강화하고, 1차 원자재 의존도를 줄이며, 탄력적이고 저탄소 배터리 생태계를 구축하려는 EU의 목표를 지원하고자 한다."라고 덧붙였다.

- 추가 평가 및 성공적인 결과를 전제로, 양측은 재활용 흑연 농축물의 지속 가능하고 경쟁력 있는 공급을 위한 상업적 계약을 협상할 의향이 있다.

검증된 기술

- Vianode의 합성 양극 흑연은 현재 표준 소재 대비 이산화탄소 배출량을 약 90% 절감하면서 주요 전기 자동차 및 배터리 제조업체의 성능 요구 사항을 충족한다. Vianode는 재활용 흑연을 통해 2030년까지 흑연 1kg당 이산화탄소 환산 배출량 1.0kg 달성이라는 중요한 목표를 향해 나아가고 있다.
- cylib의 수성 OLiC(최적화된 리튬 및 흑연 회수) 기술은 리튬, 흑연, 니켈, 코발트 및 망간에 대해 90% 이상의 재활용 효율을 달성하며, 1차 추출 방식 대비 CO₂ 배출량을 80% 감소시킨다. 이 기술은 다양한 배터리 화학 물질을 처리하며 산업 규모에서 순환형 물질 흐름을 가능하게 한다.



그림 22. 출처 | 생성형 AI

□ 프랑스 Daher, 구조 벤치 테스트에서 극한 하중을 견뎌낸 CFRTP 날개 리브 개발 성공(26.06.04.)

※ [Composites World] 적외선 용접으로 제작된 64겹 열가소성 보강재는 Cetim의 시험 시설에서 25톤의 압축 하중과 25톤의 전단 하중을 견뎌냈으며, 이는 단일 통로 날개에 적용되는 주요 하중 조건을 검증한 것이다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/daher-cfrtp-wing-rib-survives-ultimate-load-without-failure-in-structural-bench-test>
- <https://www.compositesworld.com/search?q=%2BDaher%20thermoplastic>
- #프랑스 #항공우주 #탄소섬유 #복합재료 #CFRP #열가소성수지 #용접
- 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장

- Daher(프랑스 낭트)는 용접된 탄소섬유 강화 열가소성 수지(CFRTP) 날개 리브 시제품의 핵심 구조 검증을 완료했다. Cetim(프랑스 생테티엔) 시설에서 실시된 시험 결과, 해당 부품은 단일 통로 항공기 날개를 대표하는 복합 하중 조건에서 최대 하중을 초과하여도 파손 없이 견뎌낸 것으로 확인되었다.
- Daher에 따르면, 해당 리브는 Daher와 공동으로 설계하고 Cetim이 이 프로그램을 위해 특별히 제작한 시험대에서 25톤의 압축력과 25톤의 전단력을 동시에 받았다. 이 결과는 항공기 등급의 하중 요구 사항을 충족하는 용접 열가소성 복합재(TPC) 구조 부품을 설계할 수 있는 팀의 능력을 입증하는 것으로, 향후 단일 통로 항공기 프로그램에 적용하는 데 중요한 진전이다.
- 이 리브는 Victrex plc(영국 클리블리스) AE 250 UD 테이프 로 제작되었으며, 두 가지 특허 공정을 사용하여 생산된다. 하나는 Daher의 직접 스탬핑 공정으로, 적층과 스탬핑 사이의 접합 단계를 없애 생산 시간과 비용을 절감한다.
- 다른 하나는 룩셈부르크 과학기술연구소(LIST, Luxembourg Institute of Science and Technology 룩셈부르크 에슈쉬르알제트)의 적외선 용접 공정으로, 두 개의 L자형 CFRTP 요소를 기계적 고정 장치 없이 T자형 리브로 접합한다. 이 리브는 최대 64겹(12mm) 두께로 제작되어 고하중을 받는 날개 위치의 구조적 요구 사항을 충족한다.

CORAC 프로젝트 팀

- 이 프로그램은 프랑스 민간항공국(DGAC, Direction générale de l'aviation civile)의 자금 지원을 받는 CORAC 프로젝트로, Victrex, LIST, AniForm Engineering BV (네덜란드 엔스헤데), Cetim과 협력하여 진행된다. Daher는 시험 테스트에서 얻은 분석 결과를 바탕으로 차세대 단일 통로 항공기에 적용하기 전에 추가적인 중량 및 비용 최적화 기회를 파악할 것이라고 밝혔다.

- 2021년에 공개된 고하중 열가소성 날개 리브 시연기는 2026년 파리에서 열린 JEC World 2026에서 발표된 11개 수상작 중 하나로, 항공우주 부품 부문에서 JEC 복합재 혁신상을 수상했다.
- CW는 이전에 직접 스탬핑 및 적외선 용접 기술을 통해 64겹 리브를 구현한 이 프로그램의 제조 혁신에 대해 자세히 다룬 바 있다. 해당 프로그램의 연구 결과에 따르면 용접 리브 설계는 알루미늄 대비 22%의 무게 감소, 15%의 조립 비용 절감, 볼트 조립 방식 대비 25%의 생산 주기 단축을 제공하며, 단일 통로 항공기 수명 동안 리브당 약 12.5톤의 CO₂ 배출량 감소 효과를 가져 올 것으로 예상된다.



그림 23. 출처 | Daher



그림 24. 출처 | Daher

□ 독일 베를린 컨소시엄, 위성용 차세대 리튬-황 배터리 개발 (26.06.04.)

※ [Chemie] Theion, Space Structures GmbH 및 베를린 공과대학교는 수십억 달러 규모의 위성 시장을 위한 혁신적인 배터리 모듈을 개발하고자 한다. /Article

- <https://www.chemie.de/news/1188841/berliner-konsortium-entwickelt-lithium-schwefel-batterie-der-naechsten-generation-fuer-satelliten.html>
- #독일 #항공우주 #배터리 #ESS #리튬황배터리 #이온
- 세계 위성 산업이 급속한 성장기에 접어들면서 경량 고성능 에너지 저장 시스템에 대한 수요가 급증하고 있다. 위성 시장은 2025년 156억 8천만 달러 규모에서 2031년 467억 9천만 달러로 성장할 것으로 예상되며, 이는 연평균 약 17%의 성장률을 의미한다. 특히 소형 위성 부문은 2024년 60억 5천만 달러에서 2032년 205억 8천만 달러로 성장할 전망이다.
- 이러한 성장을 이끌어갈 핵심 기술 중 하나는 신뢰할 수 있고, 가볍고, 고에너지 용량의 온보드 에너지 저장 시스템이다.
- 독일 연방 연구·기술·우주부(BMFTR, Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt, 독일 본)는 산하 프로젝트 관리 기관인 DLR을 통해 이러한 과제 해결을 위해 260만 유로의 자금을 지원하는 "Spacebox" 프로젝트를 공동으로 추진하고 있다. 2026년 6월 1일에 시작된 이 프로젝트는 30개월 동안 진행되며, 베를린 소재의 세 파트너사인 배터리 혁신 기업 Theion, 베를린 공과대학교(TU Berlin), 그리고 Space Structures GmbH가 참여한다.
- 이 프로젝트의 혁신성은 세 가지 상호 보완적인 강점의 결합에 있다. Theion은 기존 리튬 이온 배터리보다 훨씬 높은 중량 에너지 밀도를 제공하도록 설계되었으며 특히 항공우주 분야에 특화된 결정질 리튬-황 기술을 제공한다. 회사에 따르면, 이 기술은 최대 3배의 에너지 밀도를 목표로 하며 니켈과 코발트를 사용하지 않는다. 대신 널리 구할 수 있는 원료인 황을 사용하기 때문에 무게 증가 없이 더 높은 성능을 원하는 위성 운영자에게 매력적인 선택지가 될 수 있다.
- "유럽 우주 산업은 성능을 향상시키면서 무게를 줄이는 기술을 필요로 한다. 리튬-황 배터리는 이러한 전환에 핵심적인 역할을 할 잠재력을 가지고 있다. '스페이스 박스' 프로젝트를 통해 우리는 배터리 기술, 위성 기술, 경량 구조 분야의 상호 보완적인 전문성을 결합하여 미래 우주 임무를 위한 고도로 통합된 에너지 저장 솔루션을 개발하고 있다."라고 Theion의 CEO인 올리히 에메스 박사는 말했다.
- 베를린 공과대학교는 위성 개발 및 첨단 탑재 전자 장치 분야의 전문성을 제공한

다. 이는 소형 통신 장치와 궤도상 우주선 지지 구조에 에너지 저장 장치를 통합하는 기술을 성공적으로 선보인 InnoCube 프로젝트와 같은 사례를 통해 입증되었다.

- "Spacebox" 프로젝트에서는 이러한 노하우를 활용하여 우주의 극한 환경에서도 리튬-황 전지의 안전하고 안정적인 작동을 보장하는 배터리 관리 시스템(BMS)을 개발 및 통합하고 있다.
- Space Structures GmbH는 경량 구조 및 열 설계 분야에서 검증된 전문성을 바탕으로 우주 분야에 기여하고 있다. 베를린에 본사를 둔 이 회사는 위성 플랫폼, 탑재체 및 공동 발사체에 사용되는 고성능 주요 구조물을 개발 및 제조하며, 우주 임무의 엄격한 기계적 및 열적 요구 사항을 충족하면서 무게를 최소화하는 데 주력하고 있다.
- 전 세계 위성 산업이 급속한 성장기에 접어들면서 경량 고성능 에너지 저장 시스템에 대한 수요가 크게 증가하고 있다.
- "Spacebox"를 통해 세 파트너들은 위성 배터리 모듈을 위한 완벽하게 통합된 접근 방식을 개발하고 있다. 고성능 리튬-황 전지, 지능형 배터리 관리 시스템, 경량 구조 설계가 처음부터 하나의 시스템으로 구상되었다. 위성의 경우, 무게가 임무 수행 능력과 발사 비용에 직접적인 영향을 미치기 때문에 이러한 조합은 더욱 효율적이고 강력한 우주 시스템을 위한 새로운 가능성을 열어주고, 첨단 위성 전력 기술 분야에서 독일의 입지를 강화한다.



그림 25. 출처 | 생성형AI

□ 네덜란드 Bambooder, 대나무섬유 복합재를 활용한 자동차 전동화 시작(*26.06.05.)

※ [Composites World] Bambooder의 천연, 유기농 및 CO2 네거티브 반제품은 강철, 알루미늄, 유리 또는 탄소섬유와 같은 화석 기반 소재가 지배적인 시장에서 무한한 활용성을 제공한다. /Article

- <https://www.compositesworld.com/articles/post-cure-initiating-automotive-electrification-with-bamboo-fiber-composites->
 - <https://www.bambooder.com/technology>
 - #네덜란드 #자동차 #천연섬유 #복합재료
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장
- 이 전기 자동차(EV) 부품들은 알루미늄을 대나무 섬유 강화 소재로 대체할 수 있는 방법을 보여준다. 여기에는 100% 바이오 기반 수지(가운데 검은색 부분) 또는 부분적으로 바이오 기반인 폴리에스터 수지(맨 오른쪽)가 포함된다.
- 검은색 부품은 탄소 네거티브(제품 1kg당 약 -2kg의 CO₂ 배출량)이며, 두 가지 대체 부품 모두 EMC 차폐 및 내열성을 포함한 동일한 성능을 유지하면서 기존 알루미늄 부품 대비 무게를 50% 줄였다.
- 해당 구성 요소는 Bambooder Biobased Fibers BV(네덜란드 암스테르담)의 BambooSheet Pro 200-400 LF를 사용하여 제작되었으며, NPSP BV(네덜란드 델프트) 에서 배합 및 성형 작업을 진행했다.



그림 26. NPSP에서 개발한 알루미늄, 퓨란 및 폴리에스터 대체 소재. 출처 | Bambooder Biobased Fibers BV

□ 미국 Apex Space & Defense Systems, 미국 내 복합재 제조 사업 확장을 위해 Oak Engineering 인수('26.06.05.)

※ [Composites World] Oak Engineering and Manufacturing은 Apex의 네 번째 사업 부로, 우주, 방위, 항공우주 및 무인 플랫폼을 위한 국내 복합재 및 CNC 가공 역량을 강화할 것이다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/apex-space-defense-systems-acquires-oak-engineering-for-us-composites-manufacturing-expansion>
 - <https://www.compositesworld.com/suppliers/apex-space-defense-systems>
 - #미국 #항공우주 #방위방산 #복합재료
 - 저자 : 그레이스 스티븐스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장
-
- 우주, 방위 및 임무 수행에 필수적인 인프라 분야를 위한 경량 복합재 솔루션 제조업체인 Apex Space & Defense Systems(미국 캘리포니아주 로스앤젤레스) 무인 항공기(UAV, uncrewed aerial vehicles) 및 무인 수상정(USV, uncrewed surface vehicles)을 포함한 무인 시스템 시장에 제품을 공급하는 복합재 제조업체인 Oak Engineering and Manufacturing(Oak, 미국 플로리다주 게인즈빌)을 인수했다.
 - Oak는 습식 적층, 주입, 프리프레그 및 성형 공정을 통해 탄소섬유, 케블라 및 유리섬유를 사용하여 무인 플랫폼용 복합 부품과 정밀 CNC 가공 부품을 생산한다. Oak의 팀은 설계부터 시제품 제작, 그리고 양산에 이르기까지 방위산업 주요 업체와 무인 플랫폼 개발 업체를 지원한다. Oak는 AS9100D 및 ISO 9001 인증을 보유하고 있어 주요 우주 및 방위 프로그램의 엄격한 품질 요구 사항을 충족할 수 있는 역량을 입증한다.
 - Oak 인수를 통해 Apex는 지리적 범위를 확장하고 무인 항공기(UAV), 무인 수상정(USV) 및 지상/해상 시스템에 사용되는 복합 구조물의 국내 생산 능력을 강화할 수 있게 되었다. 국방 및 항공우주 분야 고객들은 주요 제조 허브를 모두 지원할 수 있는 충분한 생산 능력과 지리적 범위를 갖춘 확장 가능한 미국 기반 제조 파트너를 점점 더 요구하고 있다.
 - "Oak는 무인 플랫폼용 복합재 및 CNC 제조 분야에서 풍부한 전문 지식을 보유하고 있으며, 엔지니어링 및 품질 관리팀을 통해 Apex의 신제품 개발(NPD)팀을 직접적으로 강화하고 고객에게 제공할 수 있는 역량을 향상시킨다."라고 Apex의 CEO인 트레이시 글렌드는 말했다.
 - 게인즈빌 시설은 Apex 플랫폼의 일부로서 경영진과 직원들이 그대로 유지된 채 계속 운영될 예정이다.

- Apex의 사업 부문은 이제 Advanced Composite Products & Technology(ACPT), All American Racers(AAR), Unitech Composites(UCI), Oak Engineering and Manufacturing(Oak)으로 구성되어 Charger Investment Partners의 지원을 받는 4개 사업부로 이루어진 복합재 제조 플랫폼을 형성한다.
- Apex는 사업 부문 전반에 걸쳐 60년 이상의 경험, 400명 이상의 숙련된 팀원, 그리고 40만 평방피트 규모의 제조 시설을 보유하고 있다.



그림 27. 정보, 감시 및 정찰(ISR) 포드의 조립 모습. 출처 Apex Space & Defense Systems



그림 28. 복합재 외피 압력 용기(COPV). 출처 Apex Space & Defense Systems

□ 미국 Plug and Play, FIB3R Call4Innovation 프로젝트로 재생 탄소 섬유 개발 목표(26.06.05.)

※ [Composites World] Plug and Play가 주도하는 이 계획은 Hera Group의 이몰라 공장에서 rCF(재생 탄소섬유) 생산량을 향상시킬 혁신적인 산업 프로젝트를 수집하는 것을 목표로 한다. 신청 마감일은 2026년 7월 19일이다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/call4innovation-project-launch-targets-regenerated-carbon-fiber-development-at-fib3r-plant>
 - <https://www.plugandplaytechcenter.com/>
 - #미국 #탄소섬유 #복합재료 #rCF #재활용
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장
-
- 글로벌 개방형 혁신 플랫폼인 Plug and Play(미국 캘리포니아주 서니베일)는 Hera Group(이탈리아 볼로냐)이 주도하고 유럽 혁신 생태계를 대상으로 하는 이니셔티브인 FIB3R Call4Innovation을 출범했다. 이 이니셔티브의 목표는 Hera Group(이탈리아 이몰라) 시설에서 생산되는 재생 탄소섬유의 새로운 산업적 응용 분야를 발굴하는 것이다.
 - 이번 공모는 스타트업, 기업, 연구 센터, 대학 및 디자인 스튜디오를 대상으로 하며, 산업 폐기물에서 회수한 탄소섬유를 자동차, 항공우주, 스포츠, 디자인 및 토목 공학을 포함한 다양한 응용 분야에서 새로운 제품 및 솔루션으로 변환할 수 있는 구체적이고 확장 가능하며 고도의 기술력을 갖춘 프로젝트 아이디어를 모으는 것을 목표로 한다.
 - 이 프로젝트는 산업 폐기물 회수 및 처리 업체이자 FIB3R 플랜트의 소유주인 Herambiente Group(이탈리아 볼로냐)이 Hera Group의 오픈 이노베이션 팀 및 플러그 앤 플레이의 운영 지원과 함께 개발한다. Plug and Play는 이 프로젝트를 국제적인 스타트업 및 혁신가 생태계와 연결하여 가장 유망한 솔루션을 발굴하는데 도움을 줄 것이다.
 - 이 계획의 핵심은 이몰라에 위치한 FIB3R 공장으로, 혁신적인 열분해 가스화 공정을 통해 높은 기계적 성능을 유지하면서 환경 영향을 줄이는 동시에 산업 규모로 탄소섬유를 재생할 수 있는 첨단 기술 플랫폼이다.
 - FIB3R Call4Innovation은 이러한 소재의 가치를 더욱 높여 순환 경제 모델과 새로운 생산 사슬을 가능하게 하는 중요한 발걸음이다. 이는 Hera Group의 광범위한 전략의 일환으로, 첨단 기술 자산과 전문성을 활용하여 지속 가능한 생산 모델로의 전환을 가속화하고, 산업 혁신과 외부 협력을 촉진하는 데 기여한다.

- 참가자들은 전용 플랫폼을 통해 프로젝트를 제출하고 체계적인 평가 및 선정 과정을 거치게 된다. 우수 솔루션은 Herambiente Group과 직접 협력하여 유연하고 확장 가능한 파트너십 모델을 통해 구체적인 산업 협력을 시작할 기회를 얻게 된다. 또한, 선정된 프로젝트는 유럽의 녹색 및 순환 경제 관련 행사 중 하나인 Ecomondo 2026에서 발표될 예정이다.

Call4Innovations에 제출하는 방법

- 지원 마감일은 2026년 7월 19일이다.
- 위원회는 기술적 품질, 혁신 수준, 시장 잠재력 및 산업적 확장성을 기준으로 제안서를 선정한다. 최종 선정된 세 프로젝트에는 솔루션의 산업적 개발을 지원하기 위한 광섬유 공급 관련 특별 조건이 포함된 장기 상업 계약을 체결할 기회가 제공된다. 또한, 최우수 프로젝트 세 곳에는 다음과 같은 혜택이 주어진다.
- 총 4만 유로 이상의 FIB3R 재생 탄소섬유 공급 (1위 프로젝트에 1,000kg, 2위 프로젝트에 500kg, 3위 프로젝트에 250kg). 또한 공식 웹사이트에 게시된 규정에 따라 현금 상품이 지급될 수 있다.



그림 29. 출처 | Plug and Play

□ 미국 Voltage Vessels, 복합재 RHIB 프로토타입 3D 프린팅 성공으로 차세대 Eclipse X9 복합재 도입위한 후속 단계 착수(26.06.05.)

※ [Composites World] 미국 하와이의 스타트업 기업과 네덜란드 CEAD는 LFAM을 활용한 시연 플랫폼을 개발했으며, 이는 Voltage Vessels의 현무암 섬유 강화 PETG 소재 개발에 중요한 정보를 제공하고 있다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/voltage-vessels-3d-prints-composite-rhib-prototype-seeks-next-steps-with-eclipse-x9-composite>
 - <https://www.linkedin.com/company/voltagevessels/>
 - #미국 #네덜란드 #방위방산 #천연섬유 #복합재료 #열가소성수지 #적층제조
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 의 수석 편집장
-
- 스타트업 기업인 Voltage Vessels(미국 하와이 마우이)는 미국 해상 방위 평가를 위해 6미터 길이의 3D 프린팅 고무보트(RHIB, rigid hull inflatable boat) 시제품을 제출했다.
 - 이 선체의 기술적 구현은 CEAD(네덜란드 델프트)가 주도했으며, CEAD의 대형 적층 제조(LFAM, large-format additive manufacturing) 시스템(여러 방위산업체가 선체 규모의 복합재 생산에 사용하는 산업용 프린터)과 HDPro 열가소성 복합재 (TPC) 소재를 사용했다.
 - "목표는 인증된 상업용 선박을 제작하는 것이 아니었다."라고 Voltage Vessels의 창립자 겸 CEO인 샘 영은 강조한다. "실물 크기의 해상 시연선을 만들어 업계가 선박 선체를 실제 크기로 출력하는 것의 현실적인 어려움을 더 잘 이해할 수 있도록 돕는 것이 목표였다. 이 선박은 해상용 LFAM(저강도 적층 제조)의 어려운 부분, 즉 출력 전략, 슬라이싱, 비드 균일성, 열 제어, 재료 특성, 표면 마감, 취급, 수리 전략, 그리고 궁극적으로는 혹독한 해양 환경에 특화된 재료의 필요성을 드러내는 데 도움이 되었다."
 - RHIB는 Voltage Vessels의 소재 플랫폼 중 하나인 Eclipse X9의 개발에 중요한 역할을 했다. Eclipse X9는 재활용 PETG 열가소성 수지와 화산 현무암에서 추출한 잘게 자른 현무암 섬유를 결합한 소재이다. 현무암은 하와이에 풍부하게 매장되어 있지만, 현재 Voltage Vessels는 현무암 섬유를 해외에서 조달하고 있으며, 향후 하와이 채석장 폐기물에서 현무암을 정제하여 현지 섬유 원료로 전환하는 방안을 모색하고 있다.
 - Voltage Vessels에서 의뢰한 별도의 제3자 테스트 결과, 해당 소재의 인쇄 방향을 따른 인장 강도는 약 108MPa로 측정되었으며, 이는 벤치마크로 사용된 HDPro 복합재의 약 49MPa보다 훨씬 높은 수치이다. 또한 Eclipse X9는 장기간 해수 침지

후에도 강도의 90% 이상을 유지했으며, 수분 흡수율은 0.4% 미만이었다. 메인대 학교 첨단 구조 및 복합재 센터(UMaine ASCC)에서 수행된 추가 테스트(프로젝트 ID UM-TC-23-1008)에서도 해당 소재의 기계적 성능이 검증되었다.

- Eclipse X9의 플랫폼에 구애받지 않는 특성 덕분에 LFAM(대형 적층 제조) 업체, 선박 건조업체, 부표, 무인 수상정, 인프라, 공구 및 기타 응용 분야에서 주목을 받고 있다.
- 현무암 섬유는 비전도성이며 금속/탄소섬유 시스템에 비해 레이더 반사율이 낮을 가능성이 있다. 또한 PETG 열가소성 수지는 재가공이 가능하므로 수명이 다한 프린팅 구조물을 분쇄하여 원료로 재사용할 수 있어 Eclipse X9의 지속가능성 측면을 강화한다. 이는 회사의 '회수, 재처리, 재건, 재사용'이라는 핵심 경영 방침에 부합하는 중요한 요소이다.
- 더 넓은 관점에서 보면, 이 전략은 자재뿐 아니라 물류적인 측면도 포함한다. Voltage는 프린터 용량, 검증된 워크플로우 및 고객 수요가 성숙해짐에 따라 분산형 해양 제조를 지원할 수 있는 확장 가능한 원료 생산 경로를 개발하고 있다.
- "RHIB는 CEAD의 기술과 팀, 그리고 메인 대학교를 비롯한 LFAM 생태계 전반의 선구자들이 수년간 기울인 노력 덕분에 가능했다. 이들은 대규모 적층 제조(AM) 기술이 가구, 공구, 건축을 넘어 해양 구조물까지 확장될 수 있음을 입증했다."라고 영은 덧붙였다. "최초로 제작된 RHIB는 우리에게 무엇이 가능한지 이해하는 데 도움을 주었다. Eclipse X9는 우리가 다음 단계로 나아가기 위한 발판이다."



그림 30. 출처 | Voltage Vessels

□ 주목해야 할 기술: 3D 프린팅과 민첩한 제조 혁신(26.06.05.)

※ [Composites World] 대형 적층 제조를 둘러싼 상당한 제도적 추진력과 미국 국방 분야의 신속한 생산 요구는 복합재 3D 프린팅 분야 전반에 걸쳐 유사한 움직임을 보이고 있다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/on-the-radar-3d-printing-and-the-agile-production-imperative>
 - <https://3dprintingindustry.com/news/us-navy-outlines-additive-manufacturing-expansion-with-aml3d-in-letter-of-intent-241563/>
 - #미국 #네덜란드 #방위방산 #적층제조
 - 저자 : CW 편집팀
-
- 대형 적층 제조(LFAM)는 더욱 빠르고 분산된 생산에 대한 요구가 증가함에 따라 복합재 및 광범위한 첨단 제조 분야에서 주목을 받고 있다.
 - 이러한 변화는 특히 국방 분야에서 두드러지게 나타나고 있는데, 미 국방부는 2026 회계연도 예산안에서 적층 제조(AM) 관련 프로젝트에 33억 달러를 배정했다. 이는 전년 대비 83% 증가한 수치로, 신제품 개발과 기존 차량 및 장비 유지보수에 모두 사용될 예정이다.
 - 해군 분야에서는 미 해군이 2025년 중반 AML3D Ltd.에 최대 100대의 대형 금속 3D 프린터를 해군 산업 기지에 설치할 계획을 담은 의향서를 전달했다. 부품 생산량은 2026 회계연도의 약 400개에서 2030년까지 연간 약 1,600개로 증가할 것으로 예상된다.
 - 이러한 투자 프레임워크는 중앙 집중식 시설, 긴 공급망 및 고정된 툴링에 의존하는 기존 제조 모델이 현대 작전 요구의 속도와 지리적 특성에 점점 더 부적합해지고 있다는 광범위한 제도적 인식을 반영한다.
 - 2026 회계연도 국방 예산 분석에서 지적했듯이, 3D 프린팅 기술은 생산 라인을 최전선에 더 가깝게 이동시키고 있으며, 미 육군은 적층 제조된 부품을 기존 제조업체에서 완제품을 교체하는 비용의 일부만으로 생산할 수 있는 사례를 언급했다. 복합재 응용 분야의 경우, LFAM(레이어 적층 제조)은 또 다른 변수를 제공한다. 기존 제조 방식에 필요한 금형, 적층 툴링 및 경화 인프라 없이 섬유 강화 열가소성 수지로 크고 구조적으로 복잡한 형태를 인쇄할 수 있다는 것이다.
 - 최근 해양 및 방위 산업 분야에서 이러한 역량을 보여주는 구체적인 사례들이 잇따라 발표되었으며, CW는 그중 일부를 자세히 다룬 바 있다. 이러한 사례들은 LFAM의 현재 적용 범위가 얼마나 넓은지 보여준다. 다자간 연구 생태계부터 단일 기업의 단기 프로젝트 생산, 전략적 물류 문제를 해결하기 위한 분산 제조 방안에

이르기까지, LFAM은 국방 분야뿐만 아니라 다양한 관련 산업 분야에도 적용될 수 있다.

- CW 에서 추적한 최근 LFAM 해상 사례는 다음과 같다.
 - **Haddy**(미국 플로리다주)는 LPUSV 해상 프로젝트를 통해 민첩한 LFAM 생산 방식을 시연했다. Haddy는 HavocAI Inc.(미국 로드아일랜드주)에서 개발한 탄소섬유 강화 저상 무인 수상함의 선체를 LFAM 방식으로 3D 프린팅했으며, 이 선박은 설계부터 해상 시험까지 단 9일 만에 완료되었다.
 - **SeaRush 프로젝트**는 네덜란드의 방위산업체, 연구기관, 그리고 기업계의 협력으로 무인 수상함을 개념 설계에서 해상 시제기까지 단 5개월 만에 완성시킨 프로젝트이다.
 - CEAD(네덜란드 델프트)와 협력한 스타트업 **Voltage Vessels**(미국 하와이)는 실물 크기의 RHIB 해상 시연기를 개발했다. 6미터 길이의 3D 프린팅 된 강성 선체 고무보트(RHIB)는 물류 측면에서 중요한 의미를 지닌다. 인도-태평양 지역의 생산 거점에서 디지털 파일을 이용해 선체를 프린팅할 수 있으므로, 교체 소요 기간을 몇 주에서 며칠로 단축할 수 있을 것으로 기대된다.
 - 복합재 3D 프린팅 스타트업 **Perseus Materials**(미국 테네시주)는 Lockheed Martin의 투자 유치로 국방 및 해양 분야에서 산업 규모의 복합재 3D 프린팅 기술 개발에 한 걸음 더 다가섰으며, 팀 규모 확대 및 사업장 확장도 계획하고 있다.

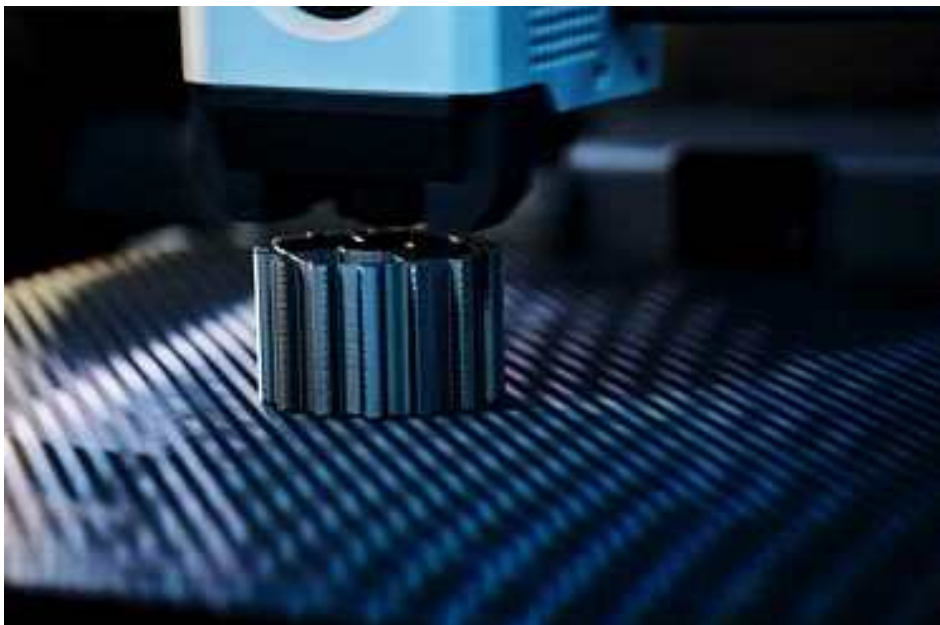


그림 31. 출처 | 게티이미지

□ 영국 노팅엄 대학교, 원자력 구조 개편은 기록적인 수소 생산 촉매 개발의 길 개척('26.06.05.)

※ [Chemie] 광범위한 응용 분야에 적용 가능한 촉매 개발을 위한 새로운 전략을 제시한다. / Article

- <https://www.chemie.de/news/1188857/atomare-umstrukturierung-ebnet-den-weg-fuer-rekordverdaechtige-katalysatoren-zur-wasserstoffherzeugung.html>
- <https://www.chemie.de/news/1160788/chemische-reaktionen-per-licht-antreiben.htm>
- #영국 #수소생산 #촉매 #나노입자 #연구논문

- 연구진은 원자를 동일한 실험 내에서 혼합, 분리 및 재조립할 수 있다는 사실을 발견했으며, 이는 친환경 수소 생산을 위한 획기적인 촉매 개발의 길을 열었다.
- 이번 연구에서 연구팀은 수십 개의 백금 및 니켈 원자로 구성된 나노 크기 입자를 만들어 공간에서 실시간으로 특이한 동적 거동을 관찰했다. 두 금속이 계면을 유지하면서 분리될 때, 전기화학적 물 분해에 매우 활성적인 상태가 되어 효율적인 수소 발생으로 이어진다.
- 이 프로젝트는 노팅엄 대학교가 주도하고 버밍엄 대학교, the Diamond Light Source, 독일 울름 대학교가 공동으로 진행했다. 연구 결과는 학술지 'Advanced Materials'에 게재되었다.
- 이번 연구를 이끈 노팅엄 대학교 화학과의 제수암 알베스 페르난데스 박사는 "이번 발견의 가장 흥미로운 점은 원자 수준에서 직접 관찰하면서 입자의 구조를 가역적으로 조절할 수 있다는 것이다. 이는 다양한 응용 분야에 적용 가능한 맞춤형 촉매를 개발하는 새로운 전략을 제시한다."라고 말했다.
- 커피에 우유를 넣으면 두 물질은 쉽게 섞이고 저절로 분리되지 않는다. 이러한 현상은 분자와 원자의 행동을 지배하는 열역학 제2법칙에 따른 것으로, 엔트로피(무질서도의 척도)의 증가를 초래한다.
- 노팅엄 대학교 화학과에서 실험을 이끈 에머슨 콜라우쉬 박사는 "전자 현미경으로 백금-니켈 나노입자를 관찰했을 때, 처음에는 합금에서 예상되는 것처럼 두 종류의 원자가 섞여 있는 것을 보았다. 하지만 불과 몇 초 후, 두 금속이 눈앞에서 분리되기 시작했다. 이는 기존의 열역학적 법칙과 모순되는 것처럼 보였기 때문에 매우 놀라운 관찰이었다."라고 말했다.
- 전자 현미경으로 물질을 관찰하려면 원자들이 고속 전자빔과 상호작용해야 한다. 이 전자빔은 원자에 에너지를 전달하여 입자 내부의 원자 배열을 변화시키고 새

로운 위치를 차지하게 한다. 백금-니켈 금속 혼합물의 경우, 이러한 변화는 금속 분리로 이어진다.

- 니켈이 백금에서 분리되면 주변의 산소 원자를 흡수하여 산화물을 형성한다. "그 결과, 원자 수준으로 구분된 경계면으로 분리된 백금 금속과 니켈 산화물, 두 부분으로 구성된 나노입자가 생성된다. 우리는 새로운 유형의 하이브리드 입자를 만들고 있으며, 전혀 없는 방식으로 실시간으로 그 형성 과정을 관찰하고 있다."라고 화학 반응 시각화에 전자 현미경을 활용하는 연구를 주도하는 노팅엄 대학교 나노소재학과 안드레이 클로비스토프 교수는 말한다.
- 연구팀은 이전에 전자빔을 이미징 도구이자 화학 반응의 에너지원으로 활용하여 화학 결합의 파괴와 형성, 그리고 결정 핵 생성 과정을 실시간으로 관찰한 최초의 사례를 보여주었다. 울름 대학교에서 이러한 실험을 위한 특수 현미경을 개발한 SALVE 프로젝트를 이끈 우테 카이저 교수는 "개별 원자의 위치를 추적할 수 있는 조건을 만드는 것이 중요하다. 이를 위해 나노입자를 지지하는 물질로 가능한 한 가장 얇은 물질인 그래핀 층을 사용하고 전자빔의 에너지와 플럭스를 정밀하게 제어했다."라고 말했다.
- 놀랍게도, 조건이 바뀌면 금속들이 다시 섞여 합금을 만들 수 있으며, 이 과정을 여러 번 반복할 수 있다. 에머슨 콜라우쉬 박사는 "이 입자들은 딱딱한 고체처럼 행동하는 것이 아니라 주변 환경에 반응하는 생명체처럼 행동한다. 이러한 점이 우리가 촉매 작용에 이 입자들의 역동성을 활용하도록 영감을 주었다."라고 말했다.
- 연구진은 전기화학적 물 분해를 통한 수소 생산을 위해 백금-니켈 입자를 조사했다. 그들은 전자 현미경으로 관찰한 금속 증착 과정이 반응 조건에서도 일어난다는 것을 보여주었다. 헤수무 알베스 페르난데스 박사는 "이 입자들이 매우 효과적인 이유는 분리 후 두 물질 간의 상호 작용 때문이다. 백금과 산화니켈은 각각 물 분해에서 서로 다른 역할을 수행하며, 공유된 원자 경계면이 두 물질 간의 궁극적인 상호 작용을 가능하게 한다."라고 말했다.
- 협력 효과는 물로부터 수소 생산량을 증가시켜 이 물질을 물 분해에 가장 효과적인 촉매 중 하나로 만든다. 수소 생산 외에도 이러한 연구 결과는 향후 에너지 변환, 화학 생산 및 지속 가능한 산업 공정을 위한 촉매 설계에 영향을 미칠 수 있다.

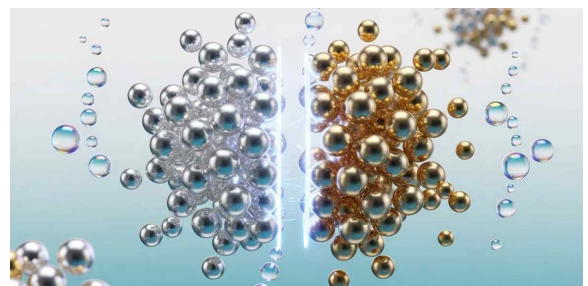


그림 32. 출처 | 게티이미지