

'26.06.15.~26.06.21. 글로벌 탄소산업 주요 동향

□ 네덜란드 Arceon, 영국 방산 CMC 제조 격차 해소를 위한 영국 자회사 설립('26.06.15.)

※ [Composites World] 네덜란드 스타트업인 이 회사는 창립팀이 보유한 40년 이상의 LSI 공정 전문 지식과 양산 능력을 영국 방위 및 우주 산업 분야에 제공한다. / News

• <https://www.compositesworld.com/news/arceon-launches-uk-subsiary-to-close-british-defense-cmc-manufacturing-gap>

• #네덜란드 #영국 #방위방산 #항공우주 #탄소섬유 #복합재료 #CMC

• 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

○ 액체 실리콘 침투(LSI, liquid silicon infiltration) 공정을 사용하여 세라믹 매트릭스 복합재(CMC, ceramic matrix composites)를 개발 및 제조하는 첨단 기술 스타트업인 Arceon(네덜란드 델프트 소재)은 영국 국방 및 우주 산업 분야를 위한 전담 영국 자회사인 Arceon UK를 설립했다 .

○ 이번 조치는 영국 고객의 증가하는 수요와 영국 방산업계 전반에서 영국 내 CMC 제조 역량에 심각한 격차가 존재한다는 인식에 대한 직접적인 대응이다. 영국 업체들은 LSI 공정을 이용한 CMC 부품의 샘플 및 시연 규모 생산에서 진전을 이루었지만, CMC 기술이 전략적 및 상업적 가치를 온전히 발휘하는 양산 단계에 도달한 영국 내 업체는 아직 없다.

○ CMC 부품은 극한의 열적 및 기계적 환경에서 뛰어난 성능을 발휘하기 때문에 점점 더 많이 사용되고 있다. Arceon의 핵심 제품 포트폴리오인 SRM 노즐, 극초음속 에어로셀 및 제트 베인은 공급망 주권 확보가 필수적인 핵심 부품이다.

○ Arceon의 창립자 겸 CEO인 라홀 시르케는 “영국 방위방산 산업계는 연구실 단계를 넘어 CMC 부품을 대규모로 공급할 수 있는 파트너가 필요하다는 점을 분명히 해왔다. Arceon이 바로 그런 파트너이다.”라고 말하며, “우리는 영국에 실험을 하러 오는 것이 아니라 산업화를 위해 오는 것이다.”라고 덧붙였다.

○ 회사에 따르면 LSI는 고성능 CMC 부품 제조에 있어 가장 확장성이 뛰어나고 비용 효율적인 공정으로 부상했으며, 생산 속도, 수율 및 반복성 측면에서 화학 기상 침투(CVI, chemical vapor infiltration)와 같은 경쟁 방식을 능가한다. 40년 이상의 LSI 공정 전문성을 보유한 Arceon은 이미 유럽에서 실험실 규모 연구에서 양산 단계로 전환하고 있다.

○ Arceon UK는 영국 주요 계약업체, 국방부 프로그램 및 광범위한 우주 및 방위 산

업 기반에서 선호되는 파트너로 자리매김하고 있다. 이 회사는 이미 영국 공급업체와 적극적으로 협력 관계를 구축하고 있으며, 현지 파트너를 제조 공급망에 통합하고 있다.



그림 1. Arceon UK 로고. 출처 | Arceon BV

□ 독일 Mubea Aviation, Airbus Atlantic A350 CFRP 부품 계약 수주 (`26.06.15.)

※ [Composites World] Mubea Aviation은 Airbus 공급망에서 입지를 강화할 수 있는 구조용 복합 소재 부품의 연속 공급 계약을 확보했다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/mubea-aviation-wins-airbus-atlantic-contract-for-a350-cfrp-parts>
- <https://www.mubea.com/en>
- https://www.linkedin.com/posts/mubea_mubea-aviation-receives-contract-from-airbus-activity-7469720362172387329-X0hX/?utm_source=share&utm_medium=member_desktop&rcm=ACoAACAA1Tx8BEqqBflKz5cDVh8RM7oQ64SX-Q2U
- #독일 #항공우주 #탄소섬유 #복합재료
- 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

- 글로벌 항공 산업의 공인 시스템 공급업체인 Mubea Aviation(독일 오버파펜호펜)은 Airbus Atlantic(프랑스 콜로미에)으로부터 A350 프로그램에 사용될 탄소섬유 강화 폴리머(CFRP) 복합재 구조 부품의 양산 계약을 수주했다.
- 이번 수상은 항공 분야의 고성능 복합 소재 기술에 대한 Mubea Aviation의 탁월한 전문성을 인정하는 것이며, Airbus 공급망 내에서 신뢰할 수 있는 파트너로서의 입지를 더욱 강화할 것이다.
- Mubea Aviation의 기업 정보는 자동화된 복합재 적층, 수지 주입 공정 및 금속과 탄소섬유를 결합한 하이브리드 구조에 중점을 두고 있음을 강조한다.
- 이 프로젝트는 Mubea Aviation 시설(터키 에르제네)에서 열린 착수 회의에서 공식적으로 시작되었으며, 이 회의에는 모든 관련 부서의 팀이 한자리에 모였다.



그림 2. Mubea Aviation/Airbus Atlantic 파트너십이 터키 Erzene에서 시작되었다. 출처 | Mubea Aviation

□ 독일 Airbus Helicopters, H145 무인 버전인 U145 공개(26.06.15.)

※ [Composites World] 이 Helicopters는 H145의 기체, 동력, 유효 탑재량 및 베어링이 없는 주 로터 시스템과 무인 항공기(UAS)의 자율성을 결합한 것으로, 2026년 말에 첫 비행을 할 예정이다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/airbus-introduces-uncrewed-version-of-the-h145-the-u145>
 - <https://www.airbus.com/us/en/helicopters.html>
 - #독일 #항공우주 #방위방산 #세라믹메트릭스복합재료
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
-
- Airbus Helicopters(독일 베를린)는 H145 Helicopters의 무인 버전인 U145를 선보인다. 안전 조종사가 탑승한 첫 비행은 2026년 말에 예정되어 있으며, 차세대 초에 실전 배치될 계획이다.
 - Airbus Helicopters의 CEO인 마티유 루보는 "U145를 통해 우리는 고객에게 H145 Helicopters의 검증된 기체, 출력 및 유효 탑재량에 무인 항공기(UAS)의 자율 비행 기능을 결합한 자율 무인 항공기 버전을 제공한다."라고 말했다. "U145와 다목적 무인 항공기로서의 역량을 개발하기 위해 우리는 선도적인 자율 비행 파트너들과 협력하여 유럽의 무인 항공기 생태계를 더욱 확장해 나갈 것이다."
 - H145는 Airbus가 무인 버전으로 개조하는 두 번째 유인 Helicopters로, 앞서 Cabri G2를 기반으로 한 VSR700에 이어 개발되었다. U145는 완전 자율 비행을 위한 특수 센서 시스템과 인공지능(AI)을 탑재할 예정이다. 유인 H145 Helicopters와 비교했을 때, U145는 조종석이 없으며, 접이식 적재 테이블이 포함된 통합형 기수 도어와 전용 화물 적재 공간 등 화물 운송에 최적화된 여러 가지 개조 사항이 적용될 것이다.
 - 최대 이륙 중량(MTOW, maximum takeoff weight)이 3,800kg인 U145는 민간 및 군사 분야, 특히 대용량 화물 수송을 위한 다목적 항공기로 개발되고 있다. 모듈식 설계 덕분에 재난 관리, 소방, 무장 정찰, 감시, 공중 발사 효과를 위한 드론 모션 기능 등 다양한 역할로 확장이 가능하며, Airbus는 MBDA와 협력하여 유인-무인 공동 운용도 추진하고 있다.
 - 미국에서 Airbus U.S. Space & Defense는 파트너사인 Shield AI, L3 Harris, Parry Lab과 함께 미 해병대에 특화된 미국산 MQ-72C를 제공하고 있다. MQ-72C는 UH-72B 라코타 헬기의 완전 자율 비행 변형 모델로, 해병대의 특정 요구 사항에 맞춰 개발되었다.

- 현재 H145 계열 Helicopters는 1,800대 이상 군용, 공공용 및 민간용으로 운용 중이며, 총 비행 시간은 850만 시간을 넘는다.

복합재료는 어디에 있나?

- H145는 2019년에 업그레이드되었는데, 유효 탑재량 증가뿐만 아니라 완전 복합 소재 플렉스 빔과 메인 로터 블레이드로 구성된 5엽 베어링리스 메인 로터 시스템을 탑재했다. 이러한 혁신은 최신 자율 비행 버전에도 분명히 적용되었다.
- 특히, 이러한 개발 덕분에 메인 로터 헤드가 필요 없어졌다. 즉, 로터 마스트에 블레이드를 직접 부착할 수 있게 되어 부품 수가 줄고 무게가 감소하며 유지보수가 쉬워졌다. 또한, 블레이드는 접이식으로 설계되어 테일붐 방향으로 회전시킬 수 있어 설치 공간을 더욱 줄일 수 있다.
- H145 프로그램 책임자인 악셀 훔퍼트는 2019년 버티컬 매거진 에 실린 관련 기사에서 "복합 소재 플렉스 빔이 포함된 컨트롤 커프는 블레이드의 '첨단 기술' 부품"이라고 설명했다. "복합 소재 플렉스 빔은 기존 메인 로터 허브에 있는 모든 베어링을 대체한다. 블레이드의 모든 관성과 피치 변경에 필요한 모든 것을 담당한다."



그림 3. 출처 | Airbus Helicopters

□ 뉴질랜드 Pultron, GFRP 보강재로 공중 산불 진화용 버킷지지 (`26.06.15.)

※ [Composites World] IMS 뉴질랜드는 항공 산불 진압에 중요한 역할을 하는 문순 버킷의 안전성과 내구성을 향상시키기 위해 Pultron의 복합 소재 제품을 선택했다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/pultron-gfrp-battens-sustain-aerial-forest-fire-fighting-buckets>
 - <https://www.imsheli.com/>
 - #뉴질랜드 #항공우주 #복합재료 #유리섬유 #GFRP
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
-
- Pultron Composite Ltd.(뉴질랜드 기즈번)의 유리섬유 강화 폴리머(GFRP) 배튼은 IMS New Zealand Ltd.(뉴질랜드 호크스베이)의 차세대 클라우드버스트 소방 버킷(문순 버킷)의 필수 구성 요소이며, 이 버킷은 헬리콥터를 이용한 공중 소방관들이 사용한다.
 - 이러한 버킷은 항공 산불 진압이라는 매우 위험하고 스트레스가 심한 환경에서 사용되므로 안전이 설계의 핵심 요소이다. Pultron은 자사의 특수 보강재가 중요한 구조적 지지력을 제공하고 내구성을 향상시킨다고 밝혔다.
 - **비행 안전.** 지지대는 버킷이 비어 있을 때에도 형태를 유지시켜 준다. 이는 안정적인 비행 역학을 보장하고 항공기를 불안정하게 만들 수 있는 로터 후류로 인한 위험한 흔들림을 방지한다.
 - **튕림 방지 기능.** 이 기능은 작업 중 나무 사이를 끌려갈 때 버킷이 손상되는 것을 방지하며, 나뭇가지나 막대기에 스치는 충격을 막아 버킷의 내구성을 유지한다.
 - **극한의 내구성.** 이 널빤지는 거친 착륙과 강바닥의 바위 위로 끌려가는 급유 작업의 혹독한 환경을 견뎌낸다. 이러한 조건에서는 기존 재료는 빠르게 손상된다.
 - **가벼우면서도 강한 내구성.** Pultron의 수지 배합은 일반 수지에 비해 높은 견고성과 피로 저항성을 제공하여, 탑재 용량을 제한하는 과도한 무게 증가 없이 필요한 강도와 강성을 확보한다.
 - **내화학적 및 내식성.** GFRP는 소방 작업에 사용되는 화학 물질 및 발포 첨가제는 물론, 물통을 채우는 데 흔히 사용되는 염수 및 염소 처리된 물에도 본질적으로 내성이 있다.

- 최고 품질의 장비를 공급하기 위해 노력하는 IMS는 항상 제품 개선을 위해 끊임 없이 노력하고 있다.
- Pultron의 GFRP 복합 소재 배튼을 선택한 것은 산불이 지역 사회를 위협하고 헬리콥터가 진화 및 진압을 위해 투입되는 전 세계 모든 지역의 소방 작전을 지원하겠다는 IMS의 의지를 보여주는 것이다.



그림 4. 출처 | Pultron Composites Ltd.

□ 유럽 TURBO 컨소시엄, 복합재 주입 공정에서 실시간 수지 모니터링 및 인라인 공정 제어 기술 시연('26.06.15.)

※ [Composites World] Synthesites의 공정 모니터링 기술과 통합되어 NCC 및 Siemens Gamesa 시설에서 진행된 복합재 주입 시험 중 수지 흐름 및 온도를 성공적으로 추적하여 머신러닝 기반 인라인 공정 제어가 가능했다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/turbo-consortium-demonstrates-real-time-resin-monitoring-in-line-process-control-in-wind-turbine-blade-infusion>
- #유럽 #풍력/에너지 #터빈 블레이드 #센서 #프로젝트
- 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

- TURBO(Towards Turbine Blade Production with Zero Waste) 컨소시엄 회원들은 최근 NCC Operations Ltd.(영국 세지필드)와 Siemens Gamesa Renewable Energy(덴마크 올보르)에서 운영하는 시설에서 실시한 시험을 통해 복합재 주입 과정 중 실시간 공정 모니터링에 대한 진전을 보고했다.

- 이번 시연은 영국 세지필드에 위치한 프로세스 혁신 센터(CPI, Centre for Process Innovation)에서 개발한 무선 센싱 플랫폼을 중심으로 진행되었으며, 이 플랫폼은 수지 주입 공정 중 수지 흐름과 온도를 추적했다. 컨소시엄 구성원들에 따르면, 통합 및 시험 활동을 통해 플랫폼이 실시간으로 모니터링 데이터를 전송할 수 있음을 검증했으며, 이는 풍력 터빈 블레이드 생산에서 제조 일관성을 향상시키고 결함을 줄이기 위한 적응형 공정 제어 방식을 지원한다.

- TURBO는 유럽연합의 호라이즌 프로그램(Horizon Europe)에서 자금을 지원하는 연구 사업으로, 수지 주입 및 코팅 공정을 통해 생산되는 대형 복합재 풍력 터빈 블레이드 제조 과정에서 발생하는 폐기물과 결함을 줄이는 데 중점을 두고 있다.

- 이 프로젝트 컨소시엄에는 덴마크 공과대학교(DTU, Danmarks Tekniske Universitet), Siemens Gamesa Renewable Energy, 스페인 발렌시아 공과대학교, Synthesites(벨기에 우클레), Norblis ApS(덴마크 코펜하겐), 독일 Vivid Components Germany UG, Arditec(프랑스 파리) 등 7개 수혜 기관과 협력 기관인 NCC 및 CPI가 참여하고 있다.

- 본 프로젝트의 기술적 범위는 크게 세 가지 영역에 걸쳐 있다.
 - 결함 발생을 최소화하기 위한 공정 시뮬레이션
 - 생산 라인 및 생산 후 비파괴 검사(NDT)
 - 디지털 트윈 기반 공정 제어

- 시뮬레이션 분야에서 DTU는 블레이드 제조 공정의 다중 스케일 모델링을 주도하

고 있으며, 수치 시뮬레이션과 센서 데이터를 결합하여 제조 매개변수를 실시간으로 정의하고 조정한다.

- 프로젝트 웹사이트에 따르면, 이 연구는 모델 차수 축소 및 머신러닝(ML)을 포함한 고급 인공지능(AI) 기술을 활용하여 생산 의사결정 지원 시스템을 위한 물리 기반 예측을 생성한다.
- Synthesites의 시스템은 공정 중 모니터링을 위해 주입 과정 중 최대 56개 지점에서 수치 유입량을 측정하고, 수치 점도와 겔화 시간을 실시간으로 계산하며, 블레이드 전체에 걸쳐 유리 전이 온도 변화를 추적한다. 이 모든 데이터는 실시간으로 전송되어 제어 신호에 반영된다. 유연한 기판에 제작된 CPI의 내장형 무선 센서 시스템은 LoRaWAN을 통해 금형 내부에서 수치 유입량과 온도 데이터를 전송함으로써 Synthesites의 시스템을 보완한다.
- 비파괴검사(NDT) 분야에서 Norblis ApS는 컨소시엄이 설명하는 바와 같이 블레이드 코팅의 표면 아래 결함을 감지하기 위한 최초의 산업 규모 열화상 및 중적외선 광학 간섭 단층촬영(OCT) 스캐너를 개발하고 있다. DTU는 기존의 근적외선 OCT 시스템보다 더 깊이 침투할 수 있는 약 4마이크론의 중적외선(IR) 파장까지 확장되는 초연속 광원을 개발했으며, 발렌시아 공과대학교는 OCT 및 열화상 이미지 모두에 YOLO 객체 탐지 기술을 적용한 머신러닝 기반 결함 탐지 알고리즘을 개발했다.
- NCC는 실시간 공정 및 센서 데이터를 머신러닝과 물리 기반 시뮬레이션과 결합하여 제조 품질에 대한 통찰력을 제공하고 교정 피드백 루프 제어를 가능하게 하는 프로젝트의 디지털 트윈 프레임워크 개발을 주도하고 있다.
- Siemens Gamesa Renewable Energy는 궁극적으로 TURBO 기술의 발전된 기능을 자사의 알보르그 공장의 주입 및 제어 시스템에 통합할 예정이며, 80미터가 넘는 대형 블레이드 부분이 이 프로젝트의 실물 크기 실증기로 사용될 것이다.
- 지속가능성 평가 활동은 Arditec이 주도하며, ISO 14040/14044에 따른 LCA, 수명주기 비용 분석 및 사회적 LCA를 포함한 표준화된 수명주기 평가 방법론을 사용하여 현재 블레이드 제조 공정과 비교하여 TURBO 접근 방식의 환경적, 경제적 및 사회적 이점을 평가한다.
- TURBO 프로젝트에 대한 자세한 정보는 turboproject.eu 에서 확인할 수 있다 .

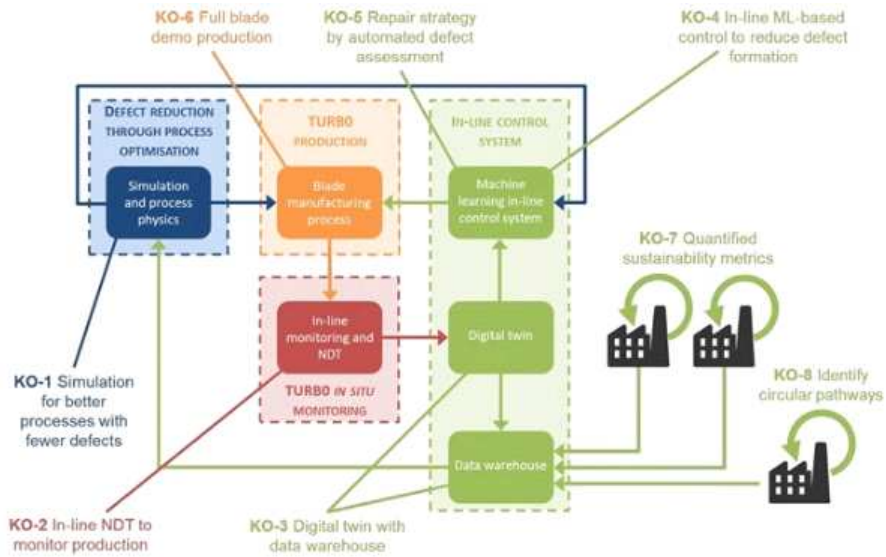


그림 5. 출처 | TURBO 프로젝트

□ 독일 함부르크 공대, 물, 점토와 탄소로 지속 가능한 에너지 저장으로 가는 새로운 길 개발('26.06.16.)

※ [Chemie] 연구진은 6만 회 이상의 충전 주기 동안 안정성을 유지하는 완전 수성 슈퍼커패시터를 개발했다. / News

- <https://www.chemie.de/news/1188944/wasser-ton-und-kohlenstoff-ein-neuer-weg-zur-nachhaltigen-energiespeicherung.html>
- <https://www.chemie.de/news/102246/bauanleitung-fuer-nanolampen.html>
- #독일 #에너지저장 #슈퍼커패시터 #나노구조 #ESS

- 물이 전기 에너지를 저장할 수 있을까? 함부르크 공과대학교(TUHH) "블루멧 - 물 기반 소재" 연구 클러스터의 바실리 아르테모프 박사가 이끄는 연구팀이 이것이 가능하다는 것을 입증했다. 연구팀은 점토 광물 내 나노미터 크기의 채널에 물을 가두어 전기 에너지를 효율적으로 저장하고 전달할 수 있는 슈퍼커패시터를 개발했다.
- 이번 발견의 특별한 점은 순수한 물을 전해질, 즉 전기 전하를 전달하는 매개체로 사용한다는 것이다. 기존의 배터리와 슈퍼커패시터는 일반적으로 염, 산 또는 기타 화학 전해질을 첨가하여 만들어진다. 반면, 이 새로운 시스템은 그러한 첨가제가 필요 없으며, 자연적으로 풍부하게 존재하는 물질인 물, 점토, 탄소만을 기반으로 한다.
- "저희 목표는 복잡한 화학 화합물이 아닌 흔히 구할 수 있는 원료를 기반으로 더욱 안전하고 지속 가능한 에너지 저장 기술을 개발하는 것이다."라고 이번 연구의 주저자인 바실리 아르테모프는 말한다. "이 시스템은 에너지를 효율적으로 저장하고 방출하며, 수중 시스템으로서 비교적 높은 전압에서 작동하고, 수만 번의 충전 주기 동안에도 안정적으로 유지된다."

나노 스케일의 물

- 이 새로운 장치는 슈퍼커패시터라고 알려진 에너지 저장 기술의 한 종류이다. 화학 반응을 통해 에너지를 저장하는 배터리와 달리, 슈퍼커패시터는 전하를 분리하여 에너지를 저장한다. 이 때문에 충전 및 방전 속도가 매우 빠르며, 수명이 매우 긴 경우가 많다.
- 연구진은 자신들의 시스템을 "블루 커패시터"라고 부른다. 이 기술의 핵심은 폭이 약 1나노미터, 즉 사람 머리카락보다 약 10만 배나 가는 미세한 채널이다. 이 아주 작은 공간 안에서 물은 일반적인 물에서는 찾아볼 수 없는 특성을 나타내며, 전하를 효율적으로 전달할 수 있다. 이러한 효과를 활용하기 위해 연구진은 점토 광물과 전도성이 매우 높은 탄소 형태인 그래핀을 결합했다. 이 두 물질이 결합하

여 수백만 개의 미세한 채널을 형성하고, 이 채널들은 물로 채워진다. 아르테모프는 "이번 연구 결과는 나노 구조에 갇힌 물이 실용적인 에너지 저장 장치에서 활성 전해질 역할을 할 수 있음을 보여준다."라고 말한다.

안정적이고 내구성이 뛰어남

- 실험실 테스트에서 블루 커패시터는 6만 회 이상의 충방전 주기 동안 안정적인 성능을 보였다. 또한 이 시스템은 최대 1.6볼트의 전압에서 작동했는데, 이는 수계 에너지 저장 시스템으로서 비교적 높은 값이다. 연구진은 이를 통해 나노 규모에서 물의 고유한 특성을 실용적인 응용 분야에 활용할 수 있다는 증거로 보고 있다. 이 실험은 세계적인 입자 가속기 연구 센터 중 하나인 DESY의 PETRA III 시설에서 수행되었다. 공동 저자인 패트릭 후버 교수는 "DESY의 뛰어난 X선 발생 장치인 PETRA III 덕분에 점토 구조 내 개별 물 분자의 초박막 층을 시각화할 수 있었다."라고 덧붙였다.

가능한 응용 분야

- 이 기술은 아직 개발 초기 단계에 있으며, 상용화되기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다. 하지만 연구진은 이 개념이 미래 에너지 저장 기술에 실질적인 길을 열어줄 수 있다고 믿는다. 잠재적 응용 분야로는 태양광 및 풍력 발전과 같은 재생 에너지 저장, 전력망 지원, 잦은 충방전이 필요한 기기 전원 공급 등이 있다. 에너지 저장 외에도, 이번 연구 결과는 나노 규모에서 물의 특이한 성질을 활용하는 첨단 센서, 생체 모방 시스템, 신경 형태 컴퓨팅 등 새로운 기술 개발에 영감을 줄 수 있다. 아르테모프 연구원은 "이번 연구는 물과 같은 익숙한 물질조차도 나노 규모에서 보면 예상치 못한 특성을 드러낼 수 있음을 보여준다."라며, "이러한 특성을 이해하면 완전히 새로운 기술 응용 분야를 개발할 수 있을 것이다."라고 말했다.

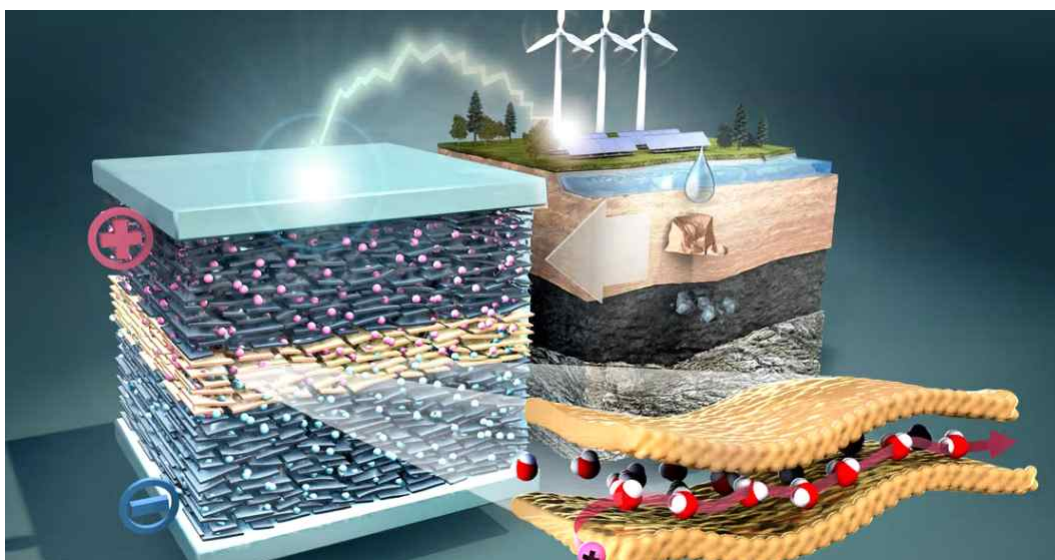


그림 6. 이 새로운 에너지 저장 시스템은 물, 점토, 그래핀과 같이 자연적으로 풍부한 원소를 기반으로 하며, 효과적이고 지속 가능한 에너지 저장을 가능하게 한다. 출처 | 마틴 쿤스팅

□ 프랑스 CWS, 실물 크기의 Airfin350 강성 날개 프로토타입 시험 캠페인 완료(26.06.17.)

※ [Composites World] 화물선의 탄소 배출량 감축을 위해 개발된 길이 40미터의 탄소 섬유강화폴리머(CFRP) 접이식 날개형 돛이 첫 상업 설치에 앞서 낭트-생나제르 항에서 실제 환경 시험에 들어갔다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/cws-computed-wing-sail-completes-full-scale-airfin350-rigid-wing-prototype-test-campaign>
 - <https://computedwingsail.com/en/>
 - #프랑스 #해양선박 #탄소섬유 #복합재료
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
- 특허받은 자동 강성 날개형 해상 추진 시스템 개발업체인 CWS(Computed Wing Sail, 프랑스 몽투아르드브르타뉴)는 실물 크기의 Airfin350 프로토타입을 조립 단계에서 프랑스 낭트-생나제르 항으로 옮겨 실제 시험 운항을 시작함으로써 해당 기술 개발에 있어 중요한 이정표를 세웠다.
 - CWS에 따르면, 40미터 길이의 Airfin350 프로토타입은 최근 실제 바람 조건에 노출된 항만 지역에서 첫 현장 시험을 성공적으로 마쳤다. 이 항만 지역은 바람 노출이 좋은 곳으로 선정되었다. 이 날개는 항공기 날개 형상을 본뜬 비대칭 공기역학적 프로파일을 특징으로 하며, 특허받은 접이식 및 뒤집기 시스템을 통해 필요에 따라 공기 저항을 줄이면서 효율적인 방향 전환이 가능하다.

구부러진 형태의 단단한 날개.

- Airfin350의 탄소섬유강화폴리머(CFRP) 구조는 이전에 CW에서 SMM Composites (프랑스 라네스터)에 대해 자세히 다룬 바 있다. SMM Composites는 6개의 캐비티가 있는 수지 주입 금형과 대형 3D 프린팅 가공 지그를 사용하여 3개의 날개 세일 유닛에 사용되는 54개의 CFRP 오메가 단면 보강재를 제작했다. CWS에 따르면 이 시스템은 IMO EEDI, EEXI 및 CII 규정은 물론 유럽 배출권 거래제(ETS) 및 FuelEU 요건에 부합하는 연료 절감 및 CO₂ 배출량 감소를 제공 하도록 설계되었다.
- 시제품 테스트가 완료됨에 따라 CWS는 Windcoop(프랑스 로리앙)과 협력하여 첫 번째 상업 프로젝트를 진행 중이라고 발표했다. 이 프로젝트에서 CWS의 선박인 Miraka호는 마르세유와 마다가스카르 간 운항을 위해 Airfin350 자동 고정식 날개 3개를 장착할 예정이다.



그림 7. Montoir de Bretagne의 CWS 고정 날개. 출처 | Franck Badaire와 CWS

□ 독일 연구 컨소시엄, PulPro-SMC 프로젝트를 통해 단일 프레스 공정으로 용접 없는 복합재 철도 차량 접합부 구현('26.06.17.)

※ [Composites World] 요약: HÖRMANN Vehicle Engineering이 주도한 3년간의 연구 개발 협력을 통해 별도의 접합 하드웨어가 필요 없고 기존 강철 구조 대비 무게를 20% 줄이는 압출 성형-SMC 접합 방식이 개발되었다. / News

• <https://www.compositesworld.com/news/pulpro-smc-project-achieves-weld-free-composite-rail-vehicle-joints-in-single-pressing-step>

• <https://www.hoermann-engineering.de/en>

• #독일 #모빌리티 #대중교통 #압출성형 #시장 #프로젝트

• 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

- 3년간 진행된 독일 연구 컨소시엄이 압출 성형 프로파일과 시트 성형 복합재 (SMC) 노드 사이에 단일 프레스 공정으로 재료 접착 연결을 구현하는 작동 가능한 시연 장치를 개발하여 PulPro-SMC 프로젝트를 완료했다. 이는 복합 구조물을 결합할 때 일반적으로 필요한 별도의 접합 기술을 없애준다.
- 2026년 6월 중순에 열린 프로젝트 최종 회의에는 컨소시엄에 참여한 5개 파트너사가 모두 모여 개별 결과 발표, 실제 압착 시험, 그리고 철도 차량용 측벽 세그먼트 시연품을 공개했다. 프로젝트 주도사인 HÖRMANN Vehicle Engineering GmbH(독일 켐니츠)에 따르면, 접합 방식은 기존 강철 구조에 비해 무게를 20% 줄였으며, 시험 중 측정된 기계적 특성은 유한 요소법(FEM) 계산 결과를 뛰어넘었다.
- PulPro-SMC 프로젝트는 2023년 10월부터 2026년 6월까지 진행되었으며, 독일 연방경제에너지부의 KoPa4Mobility프로그램의 지원을 받아 TÜV Rheinland Forschungs- und Innovationsmanagement에서 관리했다. 이 프로젝트의 핵심 목표는 기존의 강철 프로파일 용접 방식을 대체할 수 있는 인발 성형 섬유 복합재 프로파일을 사용하여 소재 결합 프레임 구조를 개발하는 것이었다. 프로젝트 설명에 따르면 이러한 구조는 "경량 구조, 충돌 안전성 및 비용 효율성"의 균형을 요구했다. 또한 이 프로젝트는 SMC 부품에 재활용 탄소섬유(rCF)를 사용하는 데 중점을 두었다.
- PulPro-SMC는 복합재 구조물 제작에서 오랫동안 해결되지 않았던 접합 문제를 해결한다. 접착제를 사용한 접합은 견고하지만 접합면에 변동성이 발생하고, 나사와 같은 기계적 체결 방식은 접합부의 섬유 배향을 약화시킨다. PulPro-SMC 방식은 단일 프레스 공정에서 압력과 온도를 가하여 압출 성형 프로파일과 SMC 노드를 접합함으로써, 별도의 접합 부품이 필요 없고 이로 인한 응력 집중 현상도 발생하지 않는다.

- 컨소시엄 전체에 걸쳐 지속적인 노력이 필요했던 기술적 과제 중 하나는 화재 방지였다. 철도 차량 내부에 적용되는 표준인 HL2 R1 화재 등급을 달성하기 위해 이 프로젝트는 난연제로 수산화알루미늄(ATH)을 사용했다. HVE에 따르면, ATH는 압출 성형 및 SMC 프레스 공정 모두에서 가공을 복잡하게 만들었으며, 이러한 어려움을 해결하기 위해서는 모든 파트너 간의 협력적인 작업이 필요했다.
- 컨소시엄의 역할은 기술 분야별로 나뉜다.
 - Fraunhofer IWU(독일 켐니츠): 폴트루전 공정의 개발 및 테스트 주도
 - Polynt Composites Germany GmbH(독일 미흘렌): SMC 소재 개발 담당
 - Conbility GmbH(독일 헤르초겐라트): 토우프레그 제조 및 공정 규모 확장 기여
 - Modellbau Roth GmbH & Co. KG(독일 테우마)는 유연한 폴트루전 금형 개발
 - LSE-Lightweight Structures Engineering GmbH(켄니츠)는 프레스 금형 제작 및 가공 공정 전반 관리
 - 협력 파트너 사: 아우디 AG , 헌츠먼 코퍼레이션, 줄텍 등이 프로젝트에 참여
- HVE가 제시한 다음 단계에는 비용 절감을 위해 공정 체인을 상호 연결하고 자동화하는 것, 차량 내 프로토타입 테스트, 그리고 경량 구조 성능이 요구되는 도로 차량 및 버스 차체 구조와 같은 다른 응용 분야로 기술을 이전할 수 있는 잠재력을 평가하는 것이 포함된다.



그림 8. 출처 | HÖRMANN Vehicle Engineering GmbH

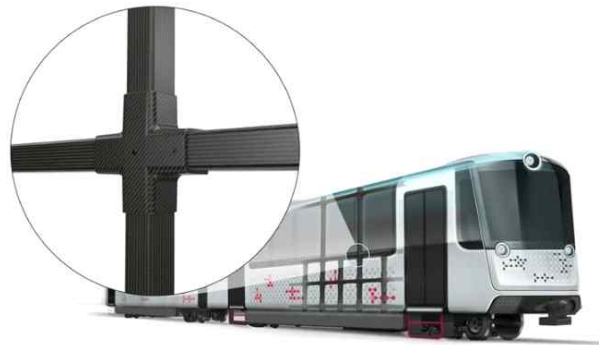


그림 9. 출처 | HÖRMANN Vehicle Engineering GmbH

□ 독일 Fraunhofer IFAM, 극저온 탄소섬유강화플라스틱 수소 탱크 HYTANK 연구 완료('26.06.17.)

※ [Composites World] Airbus Operations GmbH가 주도한 이 프로젝트는 항공 분야에 적용될 대형 이중벽 액체 수소 탱크 구조물에 대한 표면 전처리, 차단 코팅 및 자동 조립 공정을 개발했다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/pulpro-smc-project-achieves-weld-free-composite-rail-vehicle-joints-in-single-pressing-step>
- <https://www.hoermann-engineering.de/en>
- #독일 #항공우주 #탄소섬유 #복합재료 #자동화 #압력용기
- 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

- Fraunhofer 제조기술 및 첨단소재 연구소(IFAM, 독일 브레멘)는 무공해 항공 분야에 잠재적으로 사용될 수 있는 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 소재의 대형 이중벽 액체수소(LH₂) 탱크 제조 및 접합 기술들을 개발하는 HYTANK 프로젝트를 완료했다. 연구 결과는 ILA 2026에서 발표되었다.
- 이 프로젝트는 공식적으로 "배출가스 없는 비행을 위한 CFRP 액체 수소 탱크 제조를 위한 코팅, 접합 및 조립 공정 개발"이라는 제목으로 독일 연방 경제에너지부(BMW)의 LuFo VI-3 프로그램의 자금 지원을 받아 진행되었으며, Airbus Operations GmbH(독일 함부르크)가 주도하고 Broetje-Automation GmbH(독일 라스테데), the German Aerospace Center(DLR, 독일 쾰른), Fiber Institute Bremen eV(독일 브레멘), FFT Produktionssysteme GmbH & Co. KG(독일 풀다), the Fraunhofer Society for the Advancement of Applied Research eV 그리고 the Dresden University of Technology가 참여했다.
- Fraunhofer IFAM에 따르면, 액체수소(LH₂)는 미래 상용 항공기의 유력한 추진제 후보이지만, 저장 조건이 까다롭다. 탱크는 영하 253°C의 저온에서도 구조적으로 견고하고 누출이 없어야 하며, 기계적 및 열적 하중을 견뎌야 한다. 탄소섬유강화플라스틱(CFRP)은 이러한 구조물에 적합한 경량성을 제공하지만, 극저온, 압력 변화 주기, 그리고 이종 재료의 사용으로 인해 맞춤형 설계 및 공정 솔루션이 필요하다.
- HYTANK 컨소시엄은 표면 전처리, 차단 코팅 개발 및 자동 조립이라는 세 가지 병행 연구 분야에 걸쳐 이러한 요구 사항을 해결했다.

표면 전처리

- 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 표면에서 안정적인 접착을 얻는 것은 제조 공정에서 남은 이형제 잔류물로 인해 복잡해진다. 본 프로젝트에서는 진공 흡입 분사, 대기

압 플라즈마 처리, 진공 자외선(VUV) 조사 및 레이저 처리의 네 가지 전처리 방법을 평가했으며, 그중 세 가지가 근본적으로 적합한 것으로 나타났다.

- Fraunhofer IFAM은 최적의 방법 선택이 부품 형상, CFRP 재질 유형, 이형체의 종류 및 양 등 여러 요인에 따라 달라진다고 지적한다. 건식 비접촉 공정이 특히 유망한 것으로 나타났는데, 대기압 플라즈마 처리는 기판에 상당한 열적 또는 기계적 스트레스를 가하지 않고 습윤성과 접착력을 향상시켰고, 극자외선(VUV) 조사는 극성 작용기 삽입을 통해 표면을 활성화시켰으며, 레이저 처리는 정밀한 세척 및 표면 활성화를 가능하게 했다.

배리어 코팅

- Fraunhofer IFAM은 고분자 기반 탱크 구조물의 가스 투과성을 줄이기 위해 설계된 차단 코팅 시스템을 개발했다. 이 시스템은 수소의 외부 투과를 제한하고 산소 및 습기와 같은 대기 가스의 유입을 차단한다. 코팅은 차단 안료가 통합된 고분자 바인더를 기반으로 하며, 다층 구조는 가스 분자의 확산 경로를 길게 하여 투과를 감소시킨다. 성능은 투과 측정, 극저온 순환 시험 및 주사 전자 현미경(SEM) 분석을 통해 평가되었다.
- Fraunhofer IFAM은 이 코팅이 기존의 스프레이 도포 공정을 사용하여 복잡한 형상에도 적용할 수 있어 산업 생산으로의 전환 가능성을 뒷받침한다고 밝혔다.

자동 조립

- 조립 작업을 위해 Fraunhofer IFAM은 내외부 탱크 셸, 통합된 내부 구조 및 단열재를 포함하는 길이 약 6미터의 이중벽 탱크에 대한 접근 방식을 개발했다. 대형 부품, 비강성 CFRP 실린더, 엄격한 공차 및 긴 접착제 경화 시간으로 인해 확장 가능하고 정밀하게 조정되는 조립 개념이 필요했다. 이 프로젝트는 병렬 처리 및 접합 작업을 지원하는 선형 축 기반 모듈식 조립 시스템을 채택했다.
- 구조적 접착 거동, 겹침 및 간격 비율, 접합 파트너 압축 등 주요 접합 변수를 연구하기 위해 선형 이동식 장착 시스템을 갖춘 검증 플랫폼을 구축하고 계측학적으로 검증했다. 자동 접착제 도포 과정에서 곡면 접합면에서 노즐 거리를 일정하게 유지하기 위해 롤러 가이드와 스프링 메커니즘을 갖춘 로봇 유도 엔드 이펙터를 개발했다. 접착제 도포 후, 접합 파트너는 레일 시스템을 통해 자동으로 위치 조정되고 접합되며, 가열 매트를 사용하여 경화 속도를 높였다.

Fraunhofer IFAM의 기타 프로젝트 및 활동

- HESTIA 프로젝트는 무공해 항공기를 위한 열가소성 복합재 동체 기술을 발전시킨다.
- 스마트 & 지속가능 RTM 4.0 프로젝트는 대형 복합 구조물의 고속 생산을 발전시킨다.

- OptiBlade 프로젝트는 로터 풍력 블레이드 생산 효율을 향상시킨다.
 - SCABAEGO 프로젝트는 골절 치유를 돕는 생체 활성 복합 소재를 개발한다.
 - Fraunhofer IFAM은 대형 복합 구조물을 위한 자동화 및 로봇 공학 개발을 선도한다.
- Fraunhofer IFAM은 대형 CFRP LH₂ 탱크 구조물에 대한 자동 가공, 위치 지정 및 접착 공정이 기본적으로 가능하며, 산업적 구현을 위해서는 공차 관리 전략, 재현 가능한 간격 조정 및 공정 신뢰성이 확보된 접착제 적용에 대한 추가 개발이 필요하다고 보고했다.
 - 더욱이 HYTANK 프로젝트를 통해 개발된 기술은 항공 분야를 넘어 해양 및 수소 인프라 분야 등 다양한 분야에서 활용될 가능성이 있다.



그림 10. 탄소섬유강화플라즈마(CFRP) 표면의 비접촉식 대기압 플라즈마 전처리. 출처 | Fraunhofer IFAM



그림 11. 항공기 운용을 위한 경량 탄소섬유강화폴리머(CFRP) 수소 탱크의 양산 가능성을 향한 중요한 이정표 — 유연하고 모듈식이며 자동화된 조립 시스템. 출처 | FFT Produktionssysteme GmbH & Co. KG 및 Fraunhofer IFAM

□ 유럽 IMPLICIT 프로젝트, 보조 복합재 제조 폐기물 재활용을 위한 새로운 길 제시(26.06.17.)

※ [Composites World] 본 프로젝트는 진공 포장 백, 필름, 기능성 직물과 같은 일회용 보조 폐기물을 자동차, 기능성 섬유 및 도시 가구 분야에 활용할 수 있도록 가치를 부여하는 것을 목표로 한다. / News

• <https://www.compositesworld.com/news/implicit-project-opens-pathways-to-recycle-auxiliary-composites-manufacturing-waste>

• <https://www.aimplas.es/>

• #유럽 #기금 #지속가능성 #재활용 #복합재료 #프로젝트

• 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

- IMPLICIT 프로젝트는 유럽의 순환 경제 목표에 맞춰 복합 부품 및 구조물 제조 및 생산 과정에서 발생하는 플라스틱 폐기물, 특히 진공 백, 이형 필름, 흡수성 직물과 같은 일회용 보조 재료에 대한 패러다임 전환을 제안하는 연구 이니셔티브이다.
- 이 사업은 플라스틱 가치 사슬의 다양한 연결 고리를 대표하는 8개 기업으로 구성된 컨소시엄을 결성했다. 참여 기업으로는 Solteco(프로젝트 리더), Birziplastik(스페인 발마세다), Faperin(스페인 오닐), Industrias Alegre(스페인 알발), 기술 센터로는 Aimplas(기술 리더, 스페인 파테르나), Eurecat(스페인 바르셀로나), Tecnalia(스페인 데리오), Leartiker(스페인 마르키나-헤메인)가 참여한다. 또한, 스페인 복합재료 협회인 AEMAC와 항공우주 제조 공정에서 발생하는 실제 폐기물을 제공하는 전략적 파트너인 Airbus의 지원으로 사업이 추진되었다.
- 파트너들은 기계적(파쇄, 분리 및 압출), 물리적(선택적 용해 기반) 및 화학적 기술(예: 용매 분해)을 결합한 다중 모드 재활용 전략 개발을 통해 이러한 폐기물 문제를 해결하고자 한다. 이 전략은 주로 PA, PET, PE 및 PP와 같은 열가소성 폴리머로 제조된 재료를 최대한 높은 순도로 회수하고 산업적으로 재사용할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 자동차 부품, 기능성 섬유 및 도시 가구 요소와 같은 고부가가치 응용 분야에 사용할 수 있는 새로운 재활용 원자재를 생산하는 것을 목표로 한다.
- 이 프로젝트는 또한 폐기물의 이질성과 수지 오염과 같은 주요 과제를 해결하기 위해 고급 오염 제거, 혼합 및 첨가제 배합 공정을 통해 재활용 재료의 기계적 특성을 개선하고 산업적 활용성을 확보하는 것을 목표로 한다.
- "IMPLICIT 프로젝트는 그동안 재활용 전략에서 배제되어 왔던 보조 재료의 재활용 문제를 해결함으로써 복합재 산업의 지속가능성을 향한 결정적인 발걸음을 의미한다"

다.”라고 Aimplas의 화학 재활용 연구원인 파우 만클루스는 말한다. “기업, 기술 센터, 산업 협회 간의 협력을 통해 이 프로젝트는 복잡한 폐기물을 유용한 자원으로 전환하여 재료의 수명주기를 완성하고 주요 산업 분야의 환경 영향을 줄이는 것이 가능하다는 것을 입증할 것이다.”

- 본 프로젝트의 핵심 목표 중 하나는 실제 산업 시연을 통해 재활용 소재의 유효성을 검증하는 것이다. 이를 위해 회수된 소재는 자동차 부품, 도시 가구용 프로파일, 기능성 섬유용 멀티필라멘트와 같은 새로운 제품으로 재탄생할 것이다. 나아가 본 프로젝트는 첨단 재활용 및 지속 가능한 제조와 관련된 새로운 사업 기회를 창출하여 산업 경쟁력 강화에 기여할 것으로 기대된다.
- 전 생애 주기 평가(LCA) 및 전 생애 주기 비용(LCC) 분석을 통해 개발된 솔루션의 환경적, 경제적, 기능적 영향을 평가할 수 있다.
- IMPLICIT(참조 번호 CPP2023-010867)는 스페인 과학혁신부 산하 산업기술혁신센터(CDTI)와 유럽 지역개발기금(ERDF)의 2024년 공공-민간 협력 프로젝트 프로그램의 지원을 받아 추진되었다.



그림 12. 이 사진은 PA66으로 만들어진 통기성 직물(진공 포장 백의 통기성 층) 충전재의 배합 공정을 보여준다. 이 소재는 분쇄, 압축 과정을 거쳐 30%의 유리 섬유와 혼합되어 펠릿 형태의 재활용 소재로 만들어진다. 출처 | Aimplas

□ 독일 Fraunhofer IKTS, 수소 및 화학 제품의 효율적인 생산 (26.06.17.)

※ [Chemie] 혁신적인 고온 전기분해 스택에 대한 공로로 2026년 요제프 폰 Fraunhofer 상을 수상했다. / News

- <https://www.chemie.de/news/1188946/effiziente-herstellung-von-wasserstoff-und-chemischen-produkten.html>
 - <https://www.chemie.de/news/1162724/innovationspreis-fuer-effizientere-und-langlebige-wasserstoff-elektrolysezellen.html>
 - #독일 #에너지저장 #고성능소재 #전기화학 #재료연구
- 녹색 수소는 산업 탈탄소화를 위한 핵심 기술로 여겨진다. 그러나 지금까지 녹색 수소 생산의 획기적인 발전을 가로막는 요인은 효율성, 비용, 그리고 생산 규모 확대였다.
 - Fraunhofer 세라믹 기술 및 시스템 연구소(IKTS, 독일 드레스덴)의 미하일스 쿠스네초프 박사, 스테판 메겔 박사, 그리고 신디 모쉬 박사는 새로운 기준을 제시하는 고온 전기분해 스택을 개발했다. 이 스택은 전례 없는 효율로 수소를 생산할 뿐만 아니라 연료 전지로도 활용 가능하며, 산업적 대량 생산을 위해 설계되었다. 이러한 업적을 인정받아 세 연구자는 2026년 요제프 폰 Fraunhofer 상을 수상했다.
 - 고온 전기분해는 수소 생산에 매우 효율적인 방법이다. 이 공정에서는 전기분해조에서 수증기가 수소와 산소로 분해된다. 고온을 이용하기 때문에 산업 폐열을 분해 공정에 필요한 에너지로 직접 활용할 수 있다는 장점이 있다. 이는 값비싼 전기를 절감하고 전기화학 반응 속도를 높여 효율을 최적화한다.

Fraunhofer IKTS의 새로운 과학적 및 방법론적 접근 방식

- 20년이 넘는 세월 동안 Fraunhofer IKTS 연구진은 매우 야심찬 비전을 추구해 왔다. 바로 고온 연료 전지와 전해조를 매우 효율적이고 견고하며 경제적으로 만들어 에너지 전환을 지원할 뿐만 아니라 크게 가속화하는 것이다. Fraunhofer IKTS의 재료 및 부품 부서 책임자이자 에너지 사업부 책임자인 미하일스 쿠스네초프 박사는 "우리의 목표는 처음부터 전자와 분자를 연결하는 다리를 놓는 것이었다." 라고 말한다.
- Fraunhofer IKTS 연구팀의 접근 방식은 많은 경쟁사와는 상당히 다르다. 전해조와 연료 전지에 대해 각각 다른 개념을 추구하는 대신, 두 가지 작동 환경에 모두 적합한 시스템을 개발했다. 쿠스네초프 박사의 설명처럼 "연료 전지는 낮은 저항과 높은 전압을 필요로 하는 반면, 전기분해는 장기간 안정적이고 사실상 열중립적인 작동, 그리고 최소한의 온도 변화만을 요구하기 때문에 이는 매우 어려운 과제이

다."

대량 생산 가능하고 범용적으로 적용 가능한 스택

- 연구실에서 연구원들은 전해질과 전극용 신소재를 개발하고, 미세구조를 최적화하여 고성능 전지를 제작했다. Fraunhofer IKTS의 인쇄 시스템용 소재 연구 그룹 소속 신디 모쉬 박사는 "수많은 전지를 조합해야만 시스템의 핵심인 '스택'이 만들어진다. 이를 통해 산업 규모로 수소를 생산하는 데 필요한 규모 확장이 가능해진다."라고 설명한다.
- 이러한 기술적 돌파구는 소재 혁신, 설계 최적화, 그리고 지속적인 산업화의 결합을 통해 궁극적으로 달성되었다. 모쉬 박사는 "우리는 전기화학적, 열적, 기계적 효과를 하나의 완전한 시스템으로 생각해야 했다. 미세구조, 소결 거동, 보호층의 정밀한 상호 작용을 통해서만 가혹한 전기분해 작동 환경과 연료 전지 모드 모두에서 수년간 안정적으로 작동하는 전지를 개발할 수 있었다."라고 덧붙였다.
- Fraunhofer IKTS 스택은 750°C에서 850°C에 이르는 넓은 온도 범위에서 안정적으로 작동하며, 이는 전해질의 수명에 매우 중요한 요소이다. 이 작동 온도 범위 내에서는 수증기와 이산화탄소를 전기분해를 통해 합성가스로 전환할 수 있을 뿐만 아니라, 천연가스, 바이오가스, 메탄올, 에탄올, 심지어 친환경 암모니아와 같은 다양한 연료를 연료전지 모드로 사용하여 발전시킬 수 있다.

연구실에서 공장으로: 아른슈타트에서의 시범 생산

- 이와 동시에 연구팀은 산업적 규모 확대를 위해 금속 바이폴라 플레이트를 단일 프레스 공정으로 효율적으로 생산할 수 있도록 재설계하고, 전극은 물론 접촉층과 보호층에 적용할 수 있는 확장 가능한 코팅 공정을 개발했다.
- Fraunhofer IKTS의 세라믹 에너지 변환기 그룹 리더인 스테판 메겔 박사는 "기술이 실험실에서만 작동하는 것이 아니라 공장에서 작동해야만 에너지 전환에 기여할 수 있다는 것은 분명했다."라고 강조한다.
- 기술의 산업적 성숙도 또한 업계의 신뢰를 얻었다. thyssenkrupp nucera는 개발된 스택이 고온 전기분해 분야에서 특히 효율적이고 유망한 솔루션이라고 평가했다.
- Fraunhofer IKTS는 산업 파트너인 thyssenkrupp nucera(독일 도르트문트)와 함께 불과 14개월 만에 아른슈타트 사업장에 최초의 반자동 파일럿 생산 라인을 구축하여 향후 규모 확장의 기반을 마련했다. 스테판 메겔 박사는 "파일럿 생산을 통해 우리 스택이 과학적으로 선도적일 뿐만 아니라 산업적으로 관리 가능하고 경제적으로 생산 가능하며, 기가와트급 공장까지 확장 가능하다는 것을 입증했다."라고 말했다.

산업 탈탄소화를 위한 핵심 기술

- Fraunhofer IKTS의 스택 개발은 효율성과 기술적 유연성 측면에서 새로운 기준을 제시했을 뿐만 아니라, 고효율 수소 및 합성가스 생산을 위한 전기 및 폐열의 산업적 활용 기반을 마련했다. 이를 통해 Fraunhofer IKTS 팀은 글로벌 에너지 전환에 직접적으로 기여하는 동시에 독일의 비즈니스 경쟁력 강화에도 일조하고 있다.



그림 13. 2026년 요제프 폰 Fraunhofer 상 수상자: Fraunhofer IKTS의 스테판 메겔, 신디 모쉬, 미하일스 쿠스네초프(왼쪽부터) 출처 | Fraunhofer

□ 미국 JetZero, 그린즈버러 공장 착공식 및 본사 설립 계획 공개 (26.06.19.)

※ [Composites World] CFRP 소재를 집중적으로 사용한 Z4 기체는 연료 효율이 최대 50% 향상될 것이며, Deloitte The Smart Factory에서 얻은 정보를 바탕으로 설계된 가장 효율적이고 적응성이 뛰어난 디지털 트윈 공장에서 생산될 것이다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/jetzero-breaks-ground-on-greensboro-factory-reveals-hq-plans>
- <https://www.jetzero.aero/>
- #미국 #항공우주 #탄소섬유 #복합재료 #CFRP
- 저자 : 진저 가드너, CompositesWorld 편집장

○ JetZero(미국 캘리포니아주 롱비치)는 6월 15일 미국 노스캐롤라이나주 그린스보로에 첫 번째 제조 및 최종 조립 캠퍼스 착공식을 가졌다.

○ 600에이커가 넘는 부지에 800만 평방피트 규모로 건설되는 이 시설에서는 제트제로의 Z4 블렌디드 윙 바디(BWB, blended wing body) 항공기를 생산할 예정이다. 향후 10년간 14,500개의 일자리가 창출될 것으로 예상되는 이 프로젝트는 트라이애드 지역에 47억 달러를 투자할 것이다. 그린스보로 캠퍼스 건설은 즉시 시작되며, 시설 가동에 따라 향후 10년에 걸쳐 단계적으로 채용이 확대될 예정이다.



그림 14. 제1공장 제조 및 최종 조립 스마트 공장 렌더링 이미지. 출처 | JetZero

○ 250명의 승객을 수용하고 최대 5,000해리(약 8,000km)의 항속 거리를 갖춘 Z4는 상용 항공기 시장의 미개척 분야를 겨냥하여 설계되었으며, 동급 동체 항공기보다 최대 50% 더 높은 연료 효율을 제공하고, 향상된 승객 경험을 선사하며, 현대 공항 인프라에 쉽게 통합될 수 있도록 설계되었다고 한다.

복합재료 활용

- 기체는 동체와 날개 구조에 탄소섬유 강화 폴리머(CFRP) 복합재를 사용한다.
- Hexcel(미국 코네티컷주 스탬퍼드)은 FAA의 FAST 프로그램에 따라 전체 날개 구조 실증에 필요한 탄소섬유 및 수지 주입 기술 포트폴리오를 검증하고 있다. FAST 프로그램은 높은 생산 속도로 첨단 비원통형 압력 용기 설계를 지원할 수 있는 복합재 제조 기술에 중점을 두고 있다.

- 3M(미국 미네소타주 세인트폴) 또한 JetZero에 투자했으며, 낙뢰 보호, 구조 조립 및 열음향 솔루션 전반에 걸쳐 재료 과학 전문 지식을 제공하고 있다.

- Collins Aerospace(미국 노스캐롤라이나주 샬럿)는 Boeing 787, Airbus A350, A320neo, A220 제작 경험을 바탕으로 엔진 나셀 구조물(흡입구, 팬 카울, 팬 덕트, 페어링 및 엔진 지지 구조물)을 설계 및 제작할 예정이다. 또한, 기체 전체에 광섬유 센서를 내장하여 구조 건전성 모니터링(SHM)을 실시함으로써 상태 기반 유지보수를 구현하고 비용을 최대 30%까지 절감할 수 있도록 설계했다.



그림 15. 공장1. 출처 | JetZero

- BWB 실증기는 Northrop Grumman(미국 폴스처치)과 자회사인 Scaled Composites(미국 모하비)가 제작 중이며, 첫 비행은 2027년으로 목표하고 있다.

디지털 우선, AI 기반 스마트 공장

- JetZero의 그린즈버러 공장은 Siemens Digital Industries Software(미국 텍사스주 플라노) 및 Deloitte(미국 뉴욕주 뉴욕)와 협력하여 개발한 첨단 디지털 및 AI 기반 플랫폼을 사용하여 설계될 예정이다. 이러한 플랫폼과 도구를 통해 엔지니어는 콘크리트를 타설하기 전에 공장의 완벽한 디지털 트윈을 구축하여 기계, 사람, 자재가 건물 내에서 어떻게 이동할지 시뮬레이션하고, 현장 작업이 아닌 화면에서 변경 사항을 적용할 수 있다. 이러한 유연성은 항공우주 제조 분야에서는 드문 것으로 알려져 있으며, 그린즈버러 공장을 효율적이고 적응력이 뛰어난 시설로 만들어 줄 것이다.
- Deloitte의 최고 고객 책임자(Chief Client Officer)인 켈리 헤로드는 “첨단 AI와 디지털 도구를 당사의 풍부한 운영 및 산업 경험과 결합하여 JetZero가 제조 속도, 품질 및 규모 면에서 새로운 기준을 세우도록 지원하고 있다.”라고 말했다. “JetZero와의 협력을 통해 당사는 Deloitte The Smart Factory(미국 워치타)에서 얻은 경험을 바탕으로 자동화 및 AI 기술과 데이터 전략을 결합하여 설계, 생산 현장 및 인력을 연결한다.”

그린즈버러 신규 본서 '더 허브' 리모델링 계획

- JetZero는 또한 Z4 생산 및 최종 조립 캠퍼스를 보완하는 108,000평방피트 규모의 본사 건물인 '더 허브(The Hub)'의 리모델링 계획을 발표했다. 1988년에 지어진 3층 건물인 더 허브는 세계적인 인재를 유치하고 새로운 상용 항공기를 시장에 출시하는 데 필요한 빠른 혁신 속도를 지원할 수 있도록 협업 중심의 업무 공간으로 재설계될 예정이다. 리모델링은 2026년 6월에 시작하여 2027년 초에 완료될 것으로 예상된다.

로 예상된다. CW는 앞서 JetZero가 그린스보로 부지를 선정했다는 소식을 보도한 바 있다.

- 이 디자인은 개방형 협업 환경, 집중 업무 공간, 프로젝트실, 혁신 구역, 임원 브리핑 공간 및 사교 공간의 균형을 이루고 있다. 건물 전체에서 직원과 방문객은 JetZero의 사명, 기술 및 문화를 기념하는 동시에 투명성과 부서 간 협업을 촉진하는 업무 환경을 경험하게 될 것이다.
- 건물 문화의 중심 역할을 하는 웅장한 3층 높이의 로비 아트리움은 직원, 파트너, 고객, 투자자 및 미래의 채용 후보자들에게 잊지 못할 첫인상을 선사하며, 이러한 경험의 중심이 된다.



그림 16. The Hub는 JetZero의 새로운 본사이다. 출처 | JetZero

□ 미국 ORNL, 복합재료를 이용한 3D 프린팅 방식은 금형 없이 종이 접기에서 영감을 받은 구조물 제작 지원(26.06.19.)

※ [Composites World] 특허 출원 중인 이 하이브리드 방식은 금형 보관 문제를 해결하고, 신속한 설치를 가능하게 하며, 섬유 보강재를 통합한 평면형에서 접이식 구조물로 생산을 90% 비용 절감하는 효과를 제공한다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/ornl-3d-printing-method-with-composites-enables-origami-inspired-structures-without-a-mold>
 - <https://www.compositesworld.com/suppliers/oak-ridge-national-laboratory>
 - #미국 #금형/공구 #적층제조 #탄소섬유 #유리섬유 #복합재료 #에폭시 #수지
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
-
- 미국 에너지부(DOE) 산하 오크리지 국립연구소(ORNL Oak Ridge National Laboratory, 미국 오크리지)의 제조 시연 시설(MDF) 연구진이 종이접기에서 영감을 받은 3D 프린팅 기술과 다양한 보강재가 혼합된 하이브리드 복합재료를 결합한 혁신적인 기술을 개발했다. 금형 없이 부품을 제작할 수 있게 됨으로써 경량화, 비용 효율성 향상, 제작 시간 단축, 그리고 뛰어난 적응성을 갖춘 구조물 생산이 가능해졌다.
 - ORNL의 이 방법은 금형 없이 적층 공정을 통해 하이브리드 소재를 사용하여 유연한 구성 요소와 견고한 구성 요소를 하나의 디자인으로 결합한 평면에서 접이식으로 변형 가능한 구조물을 제작한다. 이 프로젝트의 책임 연구원인 ORNL의 스티븐 구조력은 "이 방법은 재료 과학과 혁신적인 디자인 원리를 융합한 것이다."라고 설명한다. "종이접기에서 영감을 받은 원리를 하이브리드 복합재에 적용함으로써 대형 구조물 제조의 효율성과 확장성을 향상시키고 기존의 적층 방식으로는 불가능했던 형태를 구현하고 있다."
 - 이 공정은 유연한 직물 기반 표면에 재료를 증착하는 방식으로 작동하며, 이를 통해 재료의 형태와 강도를 정밀하게 제어할 수 있다. 이러한 유연성 덕분에 금형이나 복잡한 후처리 없이도 접을 수 있는 3D 형태를 만들 수 있다.
 - 이러한 구조는 나일론, 유리섬유 또는 수지 함침 복합 섬유와 같은 고강도 직물 기판으로 구성되며, 그 위에 호환성과 접착력을 위한 폴리우레탄과 같은 통합 또는 접착층이 형성된다. 보강층은 경량 구조 성능을 위한 탄소섬유 강화 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS) 또는 향상된 강성, 형상 제어 및 내구성을 위한 스티렌 또는 에폭시 기반 수지와 같은 열경화성 조성물을 포함한 증착 복합 재료를 사용하여 적용된다. 재료들은 분자 수준에서 결합하여 격자와 외부층 사이에 강력한 연결을 형성한다.

- 구조렉은 이러한 결합의 핵심은 재료 선택에 있다고 말한다. "재료 과학을 이해함으로써 효과적으로 결합되어 진정으로 통합된 부품을 만들어낼 수 있는 재료를 선택했다."
- 연구진은 시험 인쇄를 통해 기존의 금형 기반 복합재 제조 방식과 비교했을 때, 금형을 제거함으로써 독특한 디자인을 인쇄하는 데 걸리는 시간을 95%, 비용을 90% 절감할 수 있음을 발견했다.
- 구조렉은 "우리의 목표는 이 혁신을 확장 가능하게 만들어 다양한 산업 분야의 제조업체들이 그 잠재력을 활용할 수 있도록 하는 것이다."라고 덧붙였다. ORNL은 특허를 출원했으며, 연구팀은 향후 라이선스 계약을 위해 혁신 기술을 준비하는 과정에 있다.
- 구조렉 외에도 연구팀에는 ORNL 제조과학부의 아흐메드 아라비 하센, 케이티 코펜하버, 던컨 프레이저, 브라이언 포스트, 타일러 스미스가 참여하고 있다.



그림 17. ORNL의 스티븐 구조렉은 연구소의 하이브리드 3D 프린팅 방식을 시연하고 있다. 이 방식은 유연한 나일론 직물 위에 통합층과 복합 재료를 직접 적층하여 금형 없이 평평하게 접을 수 있는 구조물을 만들어 생산 비용을 절감하고 설계 유연성을 높인다. 출처 | 에이미 스모더만 버지스/ORNL, 미국 에너지부

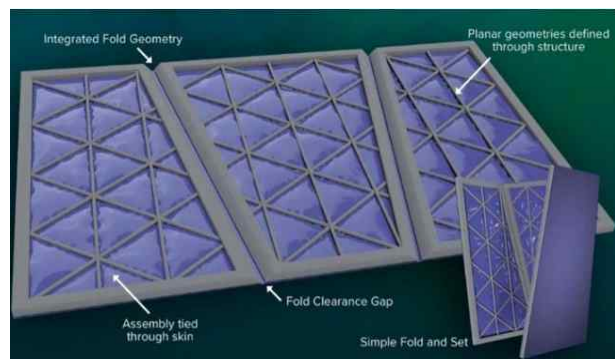


그림 18. 접힘 구조와 구조적 보강 패턴이 통합된 이 종이접기에서 영감을 받은 복합 소재는 평면 패널에서 3차원 형태로 변형될 수 있다. 출처 | Andrew Sproles/ORNL, 미국 에너지부

□ 독일 BMW, X5 최종 테스트 단계 진입으로 2028년형 출시 준비 (`26.06.19.)

※ [Composites World] BMW X5는 양산에 앞서 최종 주행 테스트를 진행 중이며, iX5 EV와 iX5 수소 버전은 고전압 배터리와 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 연료탱크를 탑재하여 출시될 예정이다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/bmw-x5-enters-final-test-phase-prepares-for-2026-2028-series-rollout->
 - <https://www.bmwgroup.com/>
 - #독일 #모빌리티 #전기자동차 #수소차 #CFRP
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
-
- BMW 그룹(독일 뮌헨)은 BMW X5 스포츠 액티비티 차량(SAV) 라인업의 새로운 발전을 발표했다.
 - BMW의 새로운 X5(휘발류 및 하이브리드)가 개발 프로그램의 최종 단계에 접어들어 현재 미국 스파르탄버그 BMW 그룹 공장에서 최종 주행 테스트를 진행하고 있다. X5는 BMW 양산 모델 중 최초로 5가지 구동 시스템 기술을 선택할 수 있는 모델로 출시될 예정이다.
 - BMW는 iX5 EV로 첫 번째 순수 전기차를 데뷔할 예정이며, 2028년에는 BMW 최초의 수소 연료 양산 모델인 BMW iX5 수소차가 출시될 예정이다. 또한 48볼트 마일드 하이브리드 기술이 적용된 휘발류 및 디젤 모델과 플러그인 하이브리드 모델도 제공될 예정이다.
 - **완전 전기차인 BMW iX5.** 이 전기차는 원통형 셀과 800볼트 기술을 적용한 고전압 배터리 콘셉트를 특징으로 하는 6세대 BMW eDrive 기술을 기반으로 한다. BMW에 따르면, 미국 기준 144kWh, 유럽 기준 141kWh(순용량)의 가용 에너지 용량을 갖춘 BMW iX5 60 xDrive는 현재까지 BMW 순수 전기 모델에 탑재된 고전압 배터리 중 가장 큰 용량을 자랑한다. 구동력은 전륜과 후륜에 각각 하나씩 장착된 전기 모터가 BMW xDrive 사륜구동 시스템과 결합하여 제공한다.
 - **BMW iX5 수소.** 이 수소 동력 BMW 양산 모델은 연료 전지 시스템, BMW 수소 평면 저장 시스템, 고전압 배터리로 구성된 파워트레인을 갖추고 있다. 3세대 연료 전지 시스템은 컴팩트한 설계, 높은 출력 및 효율성을 위한 기반이 된다. 평면 탱크 시스템은 서로 병렬로 연결된 7개의 고압 4형 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 압력 용기로 구성된다. 이 용기들은 견고한 금속 프레임에 통합되어 있다. 이러한 구조는 시스템 공간을 최적으로 효율적으로 활용하여 실내 공간 손실을 최소화한다. 또한 연료 전지 기술이 적용된 모델은 다른 구동 시스템 유형과 동일한 생산 라인에서 생산할 수 있다는 장점도 있다.

- 모든 버전에는 BMW 그룹이 자체 개발한 다이내믹 퍼포먼스 컨트롤(DPC) 주행 제어 시스템이 탑재되어 있다. BMW 그룹에 따르면 이 시스템은 기존 시스템보다 10배 빠른 속도로 작동하여 파워트레인, 브레이크, 스티어링 하위 기능, 충전 및 회생 제동을 단 몇 밀리초 만에 조정할 수 있다. 그 결과, 차량 조작 시 민첩성과 정밀성을 제공한다.
- 이제 최대 23인치 직경의 더 큰 휠을 선택할 수 있으며, 기본 사양인 혼합 사이즈 타이어는 편안함, 안정성 및 역동성을 더욱 향상시킨다. 이 밖에도 차세대 주행 보조 시스템이 추가되었으며, BMW는 이에 대한 자세한 내용을 여기에서 확인할 수 있다.



그림 19. 미국 사우스캐롤라이나주 스파르탄버그에서 시험 주행 중인 BMW X5 프로토타입. 출처 | BMW 그룹