

'26.5.25.~26.05.31. 글로벌 탄소산업 주요 동향

□ UAE Strata Syensqo, 대규모 항공용 복합재 생산 성공(26.5.25.)

※ [Composites World] UAE의 생산 현지화 노력과 숙련된 인력을 바탕으로 Boeing 777X 프로그램 시험 부품용 자재 생산이라는 제조 이정표를 달성했다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/strata-syensqo-joint-venture-in-al-ain-demonstrates-large-scale-aerocomposites-production-success>
 - <https://www.strata.ae/>
 - #UAE #항공우주 #프리프레그 #탄소섬유 #복합소재
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
- Strata Manufacturing PJSC(아랍에미리트 알 아인)와 벨기에의 Syensqo(벨기에 브뤼셀)의 합작 회사인 Strata Syensqo Advanced Materials(SSAM, 아랍에미리트 알 아인)는 Boeing(미국 버지니아주 알링턴)과의 장기 공급 계약에 따라 Boeing 777X 프로그램 시험 부품 제조에 사용될 탄소섬유 프리프레그 소재의 대규모 생산에 성공했음을 입증하는 획기적인 성과를 거두었다.
 - "UAE 내 고부가가치 산업의 현지화 및 강화를 위한 비전에 따라, '에미레이트에서 생산' 이니셔티브의 목표에 발맞춰 국가 산업 및 첨단 기술 전략에 따라 생산 역량을 지속적으로 확대하고 있다."라고 Strata의 사라 압둘라 알 메마리 CEO 대행은 밝혔다.
 - Strata Syensqo의 엔지니어링 및 유지보수 관리자인 칼레드 사이프 알 누아이미에 따르면, 알 아인 시설은 "중동 최초의 시설"이며 고객 측의 특정 부품 제조 공정에 맞춰 다양한 등급의 프리프레그 롤을 생산하도록 설계되었고, 이 합작 투자 시설은 2020년에 완공되었다.
 - 생산은 다섯 가지 주요 단계를 거쳐 진행된다. 첫 번째 단계는 고온의 진공 및 고압 조건에서 산업용 수지를 만드는 것이다. 그 다음, 종이 시트에 초박형 수지층을 코팅한 후 말아서 영하의 온도에서 보관한다. 세 번째 단계에서는 고압 및 고온 조건에서 수지 코팅층 사이에 탄소섬유를 삽입하여 탄소섬유 프리프레그를 만든다. 마지막으로, 고객 맞춤형 크기로 절단한 후 최종 포장 및 냉장 보관을 거쳐 출하 전까지 제품의 품질을 유지한다.
 - 알 누아이미는 Strata Syensqo가 최첨단 기술과 지능형 생산 시스템의 통합을 통해 첨단 제조 분야에서 혁신적인 모델을 제시한다고 강조한다. 모든 제품은 출고 전 알 아인에 위치한 Strata Syensqo 연구소에서 엄격한 품질 검사를 거쳐 최고 수준의 글로벌 표준을 준수한다.

- 그는 또한 이 프로젝트에서 아랍에미리트 인재의 중요한 역할을 강조하며, 숙련된 아랍에미리트 인력이 생산, 품질, 엔지니어링 및 유지보수 전반에 걸쳐 활동하고 있다고 언급했다. 이들 팀은 독일과 영국의 주요 시설에서 전문 교육을 받았으며, 이를 통해 지식 이전을 촉진하고 아랍에미리트 내에서 운영을 주도할 수 있도록 역량을 강화했다.



그림 1. Boeing 777X. 출처 | 게티 이미지

□ 미국 Firefly Aerospace, 달 착륙선 및 궤도선 조립 설비 확장을 위해 텍사스 캠퍼스 규모 두 배로 확장(26.5.25.)

※ [Composites World] 144,000평방피트의 추가 공간, 4배 더 커진 클린룸, 테스트 스탠드 개선 및 로켓 런치 시설 개선을 통해 Firefly는 추진 시스템, 탄소섬유 복합재, 로봇 공학 및 3D 프린팅 사업을 확장한다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/firefly-aerospace-doubles-texas-campus-for-lunar-lander-orbital-vehicle-assembly-expansion>
 - <https://fireflyspace.com/>
 - #미국 #항공우주 #탄소섬유 #복합소재
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
-
- Firefly Aerospace(미국 텍사스주 시더파크)는 증가하는 인력을 지원하고 우주선 생산을 가속화하며 획기적인 우주 기술을 구현하기 위해 새로운 본사로 이전하고 클린룸 공간을 확장했으며 혁신 연구소를 추가했다.
 - 이번 확장에는 Firefly Aerospace의 기존 우주선 시설 옆에 두 개의 신축 건물이 추가되어, 우주선 조립 및 시험, 임무 관제, 항공 전자 장비 및 부품 생산, 엔지니어링 및 사업 운영을 위한 총 144,000평방피트 규모의 견고한 캠퍼스가 조성된다. 새로운 캠퍼스는 Firefly의 기존 시더파크 시설보다 두 배나 크며, 텍사스주 브릭스에 있는 200에이커 규모의 로켓 런치에서 30마일도 채 떨어지지 않은 곳에 위치해 있다. 로켓 런치에서는 Firefly가 6개의 시험대와 217,000평방피트 규모의 발사체 엔지니어링, 제조 및 통합 시설을 운영하고 있다.
 - Firefly Aerospace의 최고운영책임자(COO)인 라몬 산체스는 “텍사스에 사업장을 집중함으로써 Firefly는 급속도로 성장하는 국방, 탐사 및 상업 우주 시장의 수요를 충족하기 위해 대규모로 로켓과 우주선을 생산하고 있다.”라고 말했다. “시더 파크 캠퍼스에 대한 전략적 투자를 통해 성공적인 블루 고스트 달 착륙선을 기반으로 NASA의 달 기지 건설 계획과 더 나아가 상업적인 달 경제를 지원하는 여러 차례의 달 탐사 임무를 위한 생산 라인을 구축할 수 있게 되었다.”
 - 확장된 캠퍼스의 일환으로 Firefly는 기존 클린룸의 4배 규모인 새로운 클린룸 건설에 상당한 진전을 이루었다. 텍사스 우주 위원회의 보조금 지원을 받아 건설된 이 새로운 클린룸은 Firefly의 블루 고스트 달 착륙선과 엘리트라 궤도선 전용 조립 라인을 구축하는 데 사용될 예정이다.
 - Firefly의 새로운 혁신 연구소인 Gloworks는 추진 시스템, 탄소섬유 복합재, 로봇 공학 및 3D 프린팅과 같은 핵심 분야에서 신속한 기술 혁신을 가능하게 한다. 이 신기술 연구소는 Firefly의 발사체, 달 탐사선 및 궤도선의 성능을 향상시키고,

Firefly의 다양한 고객의 증가하는 요구에 부응하는 새로운 분야로 진출하는 데 사용된다. 연구소에는 3D 프린터와 티타늄 프린터, 플라즈마 절단기, 복합재 가공 장비, 용접기 및 자동 밀링 머신을 포함한 첨단 장비가 갖춰져 있다.

- Firefly Aerospace의 CTO인 세아 페링은 "Gloworks를 통해 우리는 미래의 과제들을 해결하기 위한 신속하고 혁신적인 사고방식을 극대화할 수 있다. 달의 밤을 견뎌내는 것부터 수명이 다한 우주선을 효율적으로 궤도에서 이탈시키는 것까지 모든 것을 아우른다."라고 말했다. "이 연구소는 기존 생산 라인에 지장을 주지 않으면서 미래를 뒤흔들 핵심 우주 기술과 차별화 요소를 개발하는 인큐베이터 역할을 한다."
- Firefly는 Rocket Ranch 시설을 대대적으로 개선하고 있으며, 최근 엔지니어링 및 제조 작업 공간을 3만 평방피트(약 2,740제곱미터) 추가하기 위해 두 개의 새로운 메자닌을 증설했다. 또한 자동화된 탄소섬유 복합재 및 추진 장비에 대한 지속적인 업그레이드와 더불어 품질 및 확장성 향상을 위한 생산 및 통합 워크플로우 개선에도 힘쓰고 있다.
- Firefly의 이클립스 엔진 시험대는 여러 엔진을 동시에 시험할 수 있도록 추가적인 업그레이드를 진행하여 시험 속도를 높이고 있다. 알파의 단 시험대 또한 시험 운영을 간소화하고 지상 시스템의 신뢰성을 향상시키기 위한 개선 작업을 거치고 있다.



그림 2. 로켓 랜치 발사체 통합. 출처 | Firefly Aerospace

□ 복합재 소재의 지속가능성 확보: 미래형 공장, TÜV SÜD 인증, 측정 가능한 순환 경제 실현 약속(26.5.25.)

※ [Composites World] Arclin, Teijin Aramid, Armacell 및 Envalior는 EcoVadis, ISCC Plus 및 미래 공장 인증을 획득하며 지속가능성 분야에서 거둔 성과를 축하했다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/composites-sustainability-wins-factory-of-the-future-measurable-commitment-to-circularity>
 - <https://www.arclin.com/>
 - <https://www.compositesworld.com/suppliers/teijin-aramid-bv>
 - #미국 #네덜란드 #룩셈부르크 #모빌리티 #천연섬유 #복합소재 #지속가능성 #인증
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
- 지속 가능한 성능 향상을 통해 복합재 산업에 기여하는 기업들, 예를 들어 Arclin, Teijin Aramid, Armacell 등을 만나보고자 한다.

Arclin 복합재료 생산 시설이 ISCC 플러스 인증을 획득했다.

- 글로벌 소재 과학 기업인 Arclin(미국 조지아주 알파레타)의 리치먼드 스프루언스 제조 공장에 있는 Kevlar, Kevlar Exo, Nomex 생산 시설이 국제 지속가능성 및 탄소 인증 시스템(ISCC Plus, International Sustainability and Carbon Certification System) 인증을 획득했다.
- 스프루언스 공장은 2025년 아스투리아스 제조 공장에 이어 Arclin의 두 번째 ISCC 인증 획득 Aramid 생산 시설로, 지속가능성을 증진하고 지속가능한 원자재로 만든 제품을 제공하기 위한 글로벌 역량을 구축하려는 Arclin의 노력을 보여준다.
- 2022년부터 Kevlar, Kevlar Exo, Nomex 는 연간 운영에 소비되는 에너지량에 맞춰 재생 에너지 크레딧(REC, renewable energy credits)과 원산지 보증서(GO, Guarantees of Origin)를 구매하여 재생 가능한 전력으로 생산되고 있다. Arclin의 아스투리아스 제조 시설은 2025년에 22,000개 이상의 태양광 패널로 구성된 12.6 메가와트 피크 용량의 자체 소비용 태양광 발전 시설을 추가 설치했다.

Teijin Aramid, EcoVadis Platinum 달성, 상위 1% 진입

- 2026년 3월, Teijin Aramid(네덜란드 아르헴)가 EcoVadis 플래티넘 메달을 수상했다. 이 회사는 최신 평가에서 100점 만점에 88점을 획득하여 2025년의 80점에서 8점 상승했다. 이러한 8점 상승은 회사의 모든 지속가능성 성과 영역에서 상당한 진전을 이루었음을 반영한다.
- 플래티넘 메달은 Aramid 재활용, 배출량 감축 및 책임 있는 공급망 관리 분야에서

측정 가능한 진전을 이루었음을 입증한다. 또한, 이는 회사가 순환 경제를 확대하고, 가치 사슬의 투명성을 강화하며, 높은 윤리적 및 사회적 기준을 유지하기 위해 지속적으로 노력하고 있음을 보여준다.

- 이번 새로운 등급 획득을 발판으로 Teijin Aramid는 순환형 Aramid 프로그램을 지속적으로 확대하고, 지속 가능한 생산 기술에 투자하며, 재생 에너지 사용을 늘리고, 공급망 전반에 걸쳐 추적성을 더욱 강화할 것이다.

Armacell, Agoria로부터 '미래형 공장'으로 선정

- Armacell(룩셈부르크)의 티미스터-클레르몽 공장이 Agoria(벨기에 산업기술협회)로부터 '미래형 공장'으로 공식 선정되었다. 이 인 증은 디지털화, 지속가능성, 혁신 및 운영 우수성 분야에서 선도적인 제조 시설에 수여되는 것이다.
- 티미스터-클레르몽 공장은 맞춤형 생산 라인, 3,000개 이상의 실시간 데이터 포인트 및 제조 실행 시스템을 갖추고 있다. 이번 성과는 Armacell의 Industry 4.0 여정에 있어 중요한 이정표가 되었으며, 회사의 순환형 PET 품 기술인 ArmaPET 출시 20주년과도 맞물린다.

TÜV SÜD의 독립적인 비판적 검토를 통해 Envalior의 LCA 제품 데이터가 검증되었다.

- Envalior(독일 뒤셀도르프)는 국제적인 제3자 시험·검사·인증 기관인 TÜV SÜD(독일 뮌헨)에 의뢰하여 자사 4개 제품 라인에 대한 전 생애주기 평가(LCA)를 독립적으로 검토를 완료했다. 이번 LCA 검토는 Durethan PA6(Durethan PA6) 일반 및 재활용 기반 제품, 포칸 PBT(Pocan PBT), 테팩스 다이날라이트 열가소성 복합재(TPC), 자이트론 PPS(Xytron PPS) 제품군의 대부분 제품을 포괄하며, Envalior의 CARES 지속가능성 전략에 있어 중요한 이정표가 될 뿐만 아니라 고객에게 더욱 정확한 기후 정보를 제공하는 데 기여할 것이다.
- 각 LCA(전과정 평가)는 원자재 추출부터 완제품 펠릿 생산에 이르기까지 전 과정에 걸친 환경 영향을 파악하는 전 과정 평가 방식을 채택한다. 평가 항목에는 에너지 소비, 용수 사용량, 자원 고갈, 기후 변화 영향 등이 포함되며, 이는 전체 상류 가치 사슬에 걸쳐 적용된다. Envalior는 이러한 영향 평가를 통해 지속가능성 조치의 효과성을 검증하고 고객과 데이터를 공유할 수 있다.
- TÜV SÜD의 외부 전문가 검토를 통해 LCA 연구 결과를 검증하는 것은 해당 연구 데이터 수집에 사용된 방법론이 ISO 14040/14044 표준의 모범 사례 요건을 충족함을 확인하는 것이다. 또한 적절하고 신뢰할 수 있는 데이터의 사용과 투명하고 균형 잡힌 결과 해석을 보장한다. 이러한 엄격한 과정을 통해 제3자의 검증을 거쳐 데이터의 품질을 확보하고, Envalior의 LCA 계산 결과가 최종 제품의 판매 시점까지의 잠재적 환경 영향을 대표적으로 평가하고 있음을 확인한다. 즉, LCA 연구는 고객의 환경 보고 및 과학 기반 목표 설정에 활용될 수 있다. LCA 데이터는 다

음과 같은 활동에 활용될 수 있다.

- 환경제품선언(EPD, Environmental Product Declaration)
 - 제품별 탄소 발자국(PCF, Product Carbon Footprint)
 - 밸류 체인(Scope 3) 배출량 지도 작성
 - 친환경 설계 및 자재 선정
 - 지속가능성 보고 및 CSRD 정보 공개
- Envalior의 내부 LCA 정책은 참조 데이터가 정기적으로 검토 및 업데이트되도록 보장하므로 LCA 및 PCF 계산은 최신 정보를 반영한다.
- Envalior는 LCA 보고 범위를 확대함에 따라 고객에게 자사 제품의 환경 성능에 대한 더욱 포괄적이고 과학적인 정보를 제공할 것이다.



그림 3. 출처 | 게티 이미지

□ 독일 LEAM Technologies, LED 기술로 복합재 3D 프린팅에서 Z축 층간 인장 강도 30% 향상(26.5.25.)

※ [Composites World] LEAM Technologies의 적층면 재용융 기술은 복합재 프린팅 부품, 샌드위치 구조물 및 복잡한 프레임워크를 향상시켜 설계 유연성과 구조적 안정성을 높여준다. / Article

- <https://www.compositesworld.com/articles/led-technology-improves-the-tensile-strength-of-z-axis-interlayers-in-composite-3d-printing-by-30>
- <https://leam.tech/>
- <https://www.compositesworld.com/topics/additive>
- #아랍에미레이트 #항공우주 #프리프레그 #탄소섬유 #복합소재 #3D 프린팅
- 저자 : 스텐트 미첼

- 대형 적층 제조 (LFAM) 기술은 최근 복합재 툴링, 구조 프로토타입 제작 및 지그 생산 분야에서 실질적인 상업적 입지를 확보했다. 대규모 열가소성 구조물을 막대한 툴링 투자 없이, 거의 완벽한 기하학적 자유도를 가지고 수십 시간 만에 적층할 수 있다는 점은 항공우주, 에너지 및 해양 제조업체들이 외면하기 어려운 매력적인 요소이다. 그러나 이 기술은 업계에서 해결하기 어려운 층간 접착 강도라는 한계에 직면해 왔다.

- 이러한 한계의 원인은 적층 제조 기술의 핵심적인 부분임에도 불구하고 많은 적층 제조 엔지니어들에게 골칫거리가 되었다. 압출 기반 적층 제조 방식은 용융된 재료를 비드 형태로, 층별로 쌓아 올린다. 부품이 형태를 유지하려면 각 층이 충분히 빠르게 냉각되고 응고되어 위에 쌓인 층의 무게를 지탱해야 한다. 하지만 각 비드와 다음 비드의 접합은 열에 의해 구동되는 분자 확산 과정이다. 고분자 사슬이 계면을 가로질러 이동하여 물리적으로 얽히려면 열과 시간이 필요하다. 부품을 고정시키는 데 사용되는 급속 냉각은 이러한 사슬의 이동을 방해하는 역할을 한다.

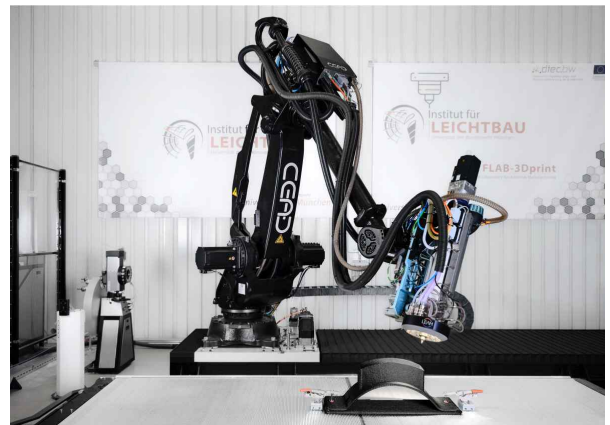


그림 4. 뮌헨 국방대학교 경량공학연구소(Institut für Leichtbau)의 CEAD 로봇 압출기에 장착된 DEMEX 모듈이 LED 보조 인터페이스 가열을 통해 열가소성 부품을 능동적으로 출력하고 있다. 출처 | LEAM Technologies

- 그 결과, 압출 방향인 X축과 Y축으로는 기계적 강도가 높지만, 접합면을 통과하는 Z축으로는 강도가 현저히 떨어지는 소재가 생성된다. 특히 결정화 속도가 매우 중요한 고성능 반결정성 열가소성 수지나 탄소섬유 강화 복합재료와 같은 경우, 이

러한 이방성은 LFAM을 구조용으로 사용하는 것을 완전히 부적합하게 만들 정도로 심각할 수 있다.

접착 품질이 비용 및 규모에 미치는 영향

- 이 문제에 대한 업계의 대응은 최근까지 공정보다는 재료에 초점을 맞춰왔다. 특수 적층 제조용 폴리머는 결정화 속도를 늦추도록 제조되어 접착 가능 시간을 늘리고 폴리머 사슬이 각 계면을 따라 확산될 시간을 더 많이 제공한다. 이러한 방식은 어느 정도 효과가 있지만 상당한 비용이 소요된다.
- 산업 규모 응용 분야에서 적층 제조(AM)용 열가소성 수지는 kg당 8유로에 달할 수 있는 반면, 동일한 표준 사출 성형용 수지는 kg당 0.50유로 정도이다. 비용 외에도 특수 소재조차도 적층 시간 전략에 제약을 받게 되는데, 이는 특정 형상이 생각되는 데 필요한 시간에 따라 인쇄 속도가 제한된다는 것을 의미한다.
- 긴 레이어 둘레를 가진 대형 부품의 경우, 노즐이 전체 회로를 완료하고 돌아오기 전에 기판 온도가 최적 접합 온도보다 훨씬 낮아질 수 있다. 부품이 커질수록 이 문제는 더욱 심각해진다. 예를 들어, 각 레이어의 둘레가 5미터에 달하는 항공기 구조물용 금형은 작은 브래킷보다 냉각 시간이 훨씬 길어지므로, LFAM의 대규모 생산 능력을 가장 잘 활용할 수 있는 응용 분야에서 오히려 열적 한계로 인해 문제가 발생한다.
- LEAM Technologies GmbH (독일 뮌헨)는 뮌헨 공과대학교(TUM) 탄소 복합재학과에서 분사한 기업으로, 바로 이러한 격차를 해소하고자 했다. 2023년 패트릭 Consul, 베노 보클, 팀 왕이 설립한 이 회사는 저분자 적층 제조(LFAM) 열가소성 수지 가공에 대한 박사 연구를 기반으로, 적층 접합 문제가 근본적으로 열 제어 문제라는 데에 주목했다. 증착 시점과 위치에서 열 환경을 정밀하게 제어할 수 있다면, 접합 품질과 치수 안정성 사이의 상충 관계를 단순히 관리하는 것이 아니라 완전히 분리할 수 있다는 것이다.

빛은 공정 변수이다.

- LEAM Technologies가 개발한 DEMEX(Directed Energy Material Extrusion) 솔루션은 기존 대형 압출기의 노즐 근처에 장착되는 추가 모듈로, 프린트 헤드와 함께 이동한다. 핵심 작동 원리는 노즐 바로 앞에 위치한 직경 약 20mm의 기판 표면 영역에 고출력 LED 광을 집중적으로 조사하는 것이다. 이렇게 하면 약 0.5mm 깊이의 국부적인 용융 풀이 생성된다. 이 용융 풀은 아래쪽 재료의 대부분이 차갑고 결정화된 상태로 구조적으로 안정된 상태를 유지할 만큼 얇으면서도, 유입되는 압출물이 차갑고 반결정화 된 표면이 아닌 완전히 용융된 표면에 닿을 만큼 충분히 깊다.
- LEAM Technologies의 CEO이자 공동 창립자인 패트릭 Consul은 “두 폴리머를 응집

력 있게 용접하는 것과 뜨거운 층과 차가운 층을 접착하려는 것의 차이이다.”라고 설명한다. “전자의 경우 두 표면 모두 소성 상태이며 계면을 통한 융합이 제대로 이루어지지만, 후자의 경우 접착은 되지만 구조적 연속성은 유지되지 않다. DEMEX는 압출 계면에서 용접/융합 조건을 제조 공정 전반에 걸쳐 정밀하고 지속적으로 제어한다.”

- 에너지원으로 LED를 선택한 것은 특정 엔지니어링 우선순위를 반영한다. 적외선 램프 시스템과 달리 LED는 즉각적인 전력 변조를 제공하여 활성 인쇄 과정에서 빠르게 변화하는 열 조건을 추적하는 데 필요한 동적 응답을 제공한다. 인쇄 과정에서 기판 온도는 부품 형상, 주변 환경, 적층 시간 및 증착 속도에 따라 동시에 변한다. 레이저와 달리 LED는 가시광선 영역에서 빛을 방출하므로 고가의 레이저 안전 장치가 필요 없으며, 대부분의 제조 환경에서 이미 사용되고 있는 와이어 아크 용접 공정의 안전 요구 사항을 충족한다.
- Consul은 “전체 시스템 비용이 일반적인 레이저 안전 셀보다 낮은 경우가 많다.”라고 언급하며, “이로 인해 통합이 더 쉬울 뿐만 아니라 훨씬 경제적이다.”라고 덧붙였다. 이 시스템은 삼각형 광학 배열로 배치된 3개의 활성 이미터를 사용하여 컴퓨터 지원 제조 경로 계획 시 방향 조정 없이 노즐 주변 360°를 커버한다. 개방형 통신 표준을 통해 통합되며 프로그램을 덮어쓰지 않고 기계 컨트롤러에서 위치 데이터를 직접 읽어오므로 기존 LFAM 하드웨어에 손쉽게 적용할 수 있다.

용융 풀에 대한 정밀한 조정

- DEMEX를 예열 장치와 차별화하는 것은 이미터를 중심으로 구축된 측정 아키텍처이다. 생성된 용융 풀보다 넓은 시야각을 가진 적외선 카메라가 두 영역을 동시에 모니터링한다. 하나는 히터에 의해 생성되는 용융 풀이고, 다른 하나는 바로 앞에 있는 기판 표면이다. 이러한 동시 이중 영역 측정은 접합 온도와 기판 안정성이라는 두 가지 상충되는 요구 사항에 대한 실시간 데이터를 시스템에 제공하며, 각 조건에 독립적인 설정값을 적용할 수 있도록 한다. 시스템은 접합면을 접합 온도까지 올리는 동시에 가압 공기를 사용하여 불안정해지기 쉬운 영역을 냉각함으로써 두 조건을 서로 상충하지 않고 병렬적으로 관리할 수 있다.
- 실제적으로, Airtech international(미국 캘리포니아주 헌팅턴 비치)의 달트람 I-350CF 폴리에테르이미드(PEI)와 같이 탄소 함유가 20% 함유된 열가소성 수지의 경우, 히터 표면 온도는 재료의 권장 용융 온도에 가까운 약 360°C를 목표로 하고, 기판 설정 온도는 재료가



그림 5. 아래에서 본 프린트 헤드는 중앙 노즐을 중심으로 동심원 형태로 배열된 집속형 LED 이미터와 개별 렌즈 어셈블리를 보여주며, 이들은 함께 적층 계면에서 국부적인 용융 풀을 생성한다. 출처 | LEAM Technologies

후속 층을 지탱할 수 있을 만큼 안정적인 유리 전이 온도 부근인 250°C 근처에 위치한다.

- 모든 온도 측정값은 제작 과정 전반에 걸쳐 프린트 헤드의 톨 중심점(TCP) 좌표를 기준으로 기록되어, 완성된 부품마다 공간적으로 해상도가 높은 열 포인트 클라우드를 생성한다. 이 클라우드의 각 지점에는 인쇄 중 해당 위치에서의 접촉면 온도와 기판 온도가 기록된다. 규격 미달 영역은 부품을 절단하거나 후처리 검사를 기다릴 필요 없이 실시간으로 식별할 수 있다.
- 이러한 적응형 온도 제어는 생산성 향상에도 크게 기여한다. Consul은 "기판 온도는 경과 시간보다 더 안정적인 공정 지표이기 때문에 벽 두께 변화, 기하학적 복잡성 및 부품 크기에 영향을 받지 않는다. 따라서 이 시스템은 인쇄 속도를 실제 열 안정성 한계에 더 가깝게 높일 수 있다."라고 설명한다. "적응형 이송 속도 제어만으로도 동일한 형상에서 기존의 고정 레이저 시간 방식보다 인쇄 시간이 약 10% 단축된다."
- 능동 가열, 적응형 이송 속도 및 선택적 냉각을 결합하면 일정한 적층 시간 전략에 비해 전체 인쇄 시간을 약 50% 단축할 수 있으며, 이는 폴리에틸렌 테레프탈레이트 글리콜 변성(PETG) 및 폴리카보네이트(PC) 소재에서 기계적 성능 저하 없이 입증되었다.



그림 6. LED 이미터 링은 압출 메커니즘 바로 아래에 장착되어 기존 장비 구조에 큰 부피를 추가하지 않고도 열 제어 하드웨어를 프린트 헤드에 통합한다. 출처 | LEAM Technologies

측정된 결과

- 초기 사용자들의 기계적 데이터는 DEMEX가 소재 수준에서 제공하는 성능의 규모를 입증한다. 뮌헨 국방대학교 경량공학연구소의 연구원들은 자동차 구조 부품에 널리 사용되는 폴리아미드 6(PA6) 소재에 탄소섬유를 40% 첨가한 샘플을 사용하여, 능동적인 가열 없이 열 안정성 한계에서 인쇄한 샘플과 비교했을 때 층간 인장 강도가 약 30% 향상된 것을 확인했다.
- 처리되지 않은 기준 시편은 평균 인장 강도 42.7 MPa, 파단 신율 0.73%, 탄성 계수 5,895 MPa를 나타냈다. 능동 가열과 제어 냉각을 결합한 결과, 파단 신율은 처리되지 않은 기준 시편 대비 1.04%(+42.5%) 증가했으며, 탄성 계수는 5,783 MPa로 거의 변화가 없었다. Consul은 "탄성 계수에서 가장 중요한 것은 산포 또는 변동성이 감소한다는 점이다."라고 언급하며, "능동 가열과 선택적 냉각의 조합은 모든 시험 구성 중에서 가장 높은 파단 신율과 층 계면을 가로지르는 가장 높은 강성을 모두 달성했다."라고 덧붙였다.

- 이 결과는 모순되어 보일 수 있지만, 두 가지 특성 모두 동일한 근본 원인, 즉 접착 불량으로 인한 취성 파괴 모드 때문에 억제되고 있었다. DEMEX를 사용하여 이러한 계면을 개선하면 강성과 연성이 서로 상충되는 것이 아니라, 두 특성을 제한하던 결함을 제거하여 계면이 파괴되기 전에 변형에 더 오래 저항하고, 갑작스러운 박리가 아닌 응집 파괴가 일어나도록 한다.
- 네덜란드 항공우주센터(NLR, 네덜란드 암스테르담)에서 실시된 또 다른 테스트에서는 항공우주 구조물에 자주 사용되는 Victrex(영국 쏘튼클리블리스)사의 저결정성 폴리아릴에테르케톤(PAEK)을 사용한 연구를 통해 DEMEX가 해결하는 문제의 심각성과 해결 범위를 직접적으로 보여주는 결과가 나왔다.

- "DEMEX가 없었다면 NLR은 비강화 PAEK 소재로 속이 빈 시험편을 전혀 제작할 수 없었을 것이다. 적층 계면의 내부 열 응력으로 인해 부품에 하중이 가해지기도 전에 인쇄 과정 중에 박리와 균열이 발생했기 때문이다."라고 Consul은 설명한다."DEMEX를 사용함으로써 기판 목표 온도를 314°C로 설정했을 때, 압출면 내에서 측정된 96MPa에 비해 층간 인장강도가 약 92MPa에 달했다. 이는 이전에는 이러한 형태로 인쇄가 불가능했던 소재에서 거의 등방성 성능을 달성한 것이다."



그림 7. 오버프린팅 테스트 중 이전에 인쇄된 표면에 열가소성 수지를 직접 증착한 모습. 출처 | LEAM Technologies

- 섬유 강화 PAEK에서, 기판 온도가 약 300°C일 때 Z축 방향 강도가 거의 완벽하게 유지되었으며, 이는 가열하지 않은 기준 샘플에 비해 약 100% 향상된 수치이다. 특히, 가열된 시편의 파손 모드는 층 계면에서의 취성 접착 분리에서 응집성 연성 파손으로 바뀌었는데, 이는 인접한 두 층의 재료가 단순히 벗겨지는 것이 아니라 서로 찢어지는 현상을 의미한다.
- 이러한 변화는 인터페이스가 더 이상 가장 취약한 구조적 요소가 아니라는 것의 의미이며, 이는 구조 부품 인증에 필요한 조건과 정확히 일치한다. 시스템 규모에서 NLR은 DEMEX 기술을 활용하여 이전 최대치보다 5배 더 긴 레이어 둘레를 가진 대형 항공우주 등급 금형을 제작함으로써 그 역량을 입증했다. 첫 번째 금형의 톨패스 길이는 2미터였지만, LEAM Technologies의 대형 섹션에서 사용되는 톨패스 길이는 약 10미터였다. 그럼에도 불구하고 NLR은 전체 출력 과정에서 완벽한 안정성을 유지했다. 또한, 일부 영역의 접착 온도를 기존 버전보다 높였음에도 불구하고, 더 긴 레이어 길이에도 불구하고 최종 부품에서 박리 현상이 전혀 나타나지 않았다.

구조적 목표

- 이 기술이 나아갈 방향은 무궁무진하다." 복합재료 툴링, 오토클레이브 금형, 인퓨전 툴, 트림 지그 등은 이미 LFAM의 상업 시장으로 자리 잡았으며, 특히 긴 레이어 둘레로 인해 열 관리가 가장 어려운 분야이다."라고 Consul은 강조한다."DEMEX는 이러한 문제를 대규모로 해결한다. 특수 적층 제조 재료가 아닌 표준 사출 성형 등급의 재료를 사용할 수 있다는 점은 비용 절감 효과를 가져와 구조용 최종 부품 분야에서 압축 성형과 직접 경쟁할 수 있는 가능성을 열어준다."



그림 8. 네덜란드 항공우주센터(NLR)의 DEMEX 시스템은 열가소성 소재를 출력하고 있으며, 출력 영역에서 LEAM Technologies LED의 발열 빛이 보인다. 출처 | NLR

- 그는 이어서 "DEMEX 장비를 사용한 모든 프린팅 과정에서 생성되는 공간적으로 기록된 열 데이터 세트는 또 다른 전략적 자산이다. 항공우주 및 방위 산업 인증 체계에서 적층 제조 공정에 특화된 표준을 개발하기 시작하면서, DEMEX가 생성하는 것과 같은 연속적이고 위치별 공정 증거는 공정 인증 심사에서 요구하는 바로 그러한 형태이다."라고 말했다.
- 이 동시 이중 영역 측정은 시스템에 접합 온도와 기판 안정성이라는 두 가지 상충되는 요구 사항에 대한 실시간 데이터를 제공하며, 각 요구 사항에 독립적인 설정 값을 적용할 수 있도록 한다.
- NLR에서 진행된 열가소성 소재를 탄소섬유 복합 패널 기판에 직접 증착하는 오버프린팅 연구와 탄소섬유/PAEK 검증 결과는 연속 섬유 및 장섬유 동시 가공이 논리적인 다음 단계임을 시사한다. DEMEX는 이미 단섬유 분야에서 가장 까다로운 조건에서도 검증되었으며, 압출된 열가소성 수지와 기존 복합재 표면 사이의 계면에서 구조적 결합을 형성할 수 있음을 보여주었다. 이러한 공정에 연속 섬유 시스템을 통합하는 것이 다음 단계이며, 기존 연구는 이를 위한 토대가 될 것이다.
- DEMEX는 학계와 산업계 간의 격차를 해소하고 혁신적인 제조 공정을 개발 및 검증하는 독립적인 연구 기술 기관인 영국 코번트리 소재 제조기술센터 (MTC) 에서 추가 테스트를 거칠 예정이다. MTC는 데이터 로깅 및 공정 모니터링 시스템 업그레이드와 함께 2026년에 DEMEX를 자체 LFAM 셀에 통합할 계획이다.
- 리브, 플랜지, 보강 요소와 같은 보강 형상을 열가소성 복합 패널에 직접 오버프린팅할 수 있는 기능은 기존 공정으로는 불가능했던 방식으로 LFAM과 구조용 복합재 분야를 연결하는 새로운 제조 경로를 열어준다. Consul은 "올해 이러한 응용 분야 중 첫 번째 사례가 실제로 양산으로 전환되기를 기대한다."라고 말하며, "에너지 및 해양 부문이 2026년 양산 전환이 가장 유력한 시장으로 꼽히는 분야이다."라고

덧붙였다.

- 해양 분야에서의 3D 프린팅 기술 도입은 이미 진행 중이다. IMPACD Boats(네덜란드 우젠드)는 DEMEX 기술을 활용하여 전문적인 용도의 해양 구조 부품 및 완성 보트를 생산하는 데 앞장서고 있다. IMPACD는 재활용 폴리프로필렌을 사용하여 대형 출력물의 지속가능성을 향상시키고 있으며, 이러한 출력물은 즉시 수상에서 사용할 수 있다. 복합소재를 사용하지는 않지만, IMPACD는 사업성을 입증했으며, CEAD, Dutch Boat Factory 등 다양한 기업들과 함께 레저용, 상업용, 방위용 선박 분야에서 3D 프린팅 기술을 발전시키는 네덜란드 생태계의 일원이다. IMPACD Boats의 CEO이자 공동 창립자인 마리케 데 보어는 "우리는 단순한 시범 사업을 하는 것이 아니다. 이전에는 존재하지 않았던 새로운 응용 분야를 만들어내고 있다." 라고 말한다.



그림 9. 전문 해양용 대형 부품 제조업체인 IMPACD에서 재활용 폴리프로필렌으로 제작한 대형 곡선형 선체 부품. 출처 | LEAM Technologies

□ 독일 HESTIA 프로젝트, 무공해 항공기를 위한 열가소성 복합재 동체 기술 발전(26.5.26.)

※ [Composites World] Fraunhofer IWS는 CONTIjoin, 비트리머, 드레이프성 및 LSP 관련 연구를 중점적으로 다루며, IVW는 정렬된 불연속 섬유를 사용하여 rCF로 강화된 열가소성 창틀을 시연한다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/hestia-project-advances-thermoplastic-composite-fuselage-tech-for-zero-emission-aircraft>
 - <https://www.iws.fraunhofer.de/en/technologyfields/cutting-and-joining/bonding/hestia.html>
 - #독일 #항공우주 #재활용 #열가소성수지 #탄소섬유 #복합소재 #지속가능성
 - 저자 : 진저 가드너, CompositesWorld 편집장
-
- Fraunhofer IGCV, Fraunhofer IFAM, 그리고 Fraunhofer IWS는 3년(2023-2026) 동안 진행되는 HESTIA 프로젝트, 즉"미래의 무공해 항공기를 위한 초고효율, 지속가능한 열가소성 섬유 강화 복합재 동체"에 참여하고 있다.
 - 독일 연방 경제에너지부(BMW)의 지원을 받는 이 공동 연구는 차세대 기후 중립 항공기를 위한 경량화 및 자원 효율적인 동체 기술 개발에 중점을 두고 있다.
 - 상호 연관된 6개 파트너 프로젝트 중 하나인 HESTIA는 차세대 무공해 추진 시스템과 관련된 추가 중량을 상쇄하도록 설계된 열가소성 복합재(TPC) 동체 구조 개발을 목표로 한다. 구조적 무게를 줄이고 제조 효율성을 향상시킴으로써, 이 프로젝트는 보다 지속 가능한 항공기 생산 및 운영을 지원하는 것을 목표로 한다.
 - HESTIA 프로젝트를 통해 개발되는 기술은 확장 가능한 제조를 지원하기 위한 것이다. 프로젝트 참여자들은 개발 중인 레이저 기반 제조 방식이 항공우주 산업을 넘어 다른 산업 분야의 복합재 반제품 및 부품에도 적용될 수 있다고 언급한다.
 - 이 프로젝트와 관련하여 Fraunhofer IWS는 다음과 같은 추가 파트너를 명시하고 있다.
 - Airbus 오퍼레이션즈 GmbH(컨소시엄 주도 기업)
 - Airbus Aerostructures
 - CirComp GmbH
 - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.(DLR)
 - Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe GmbH.(IVW)
 - Fraunhofer IWS는 자동화된 공정 및 다기능 복합재 통합을 중심으로 세 가지 주요 연구 분야를 발전시키고 있으며, Fraunhofer IGCV와 Fraunhofer IFAM은 HESTIA

프로젝트에 부분적으로 기여하는 다른 주제들을 연구하고 있다. 예를 들어, IFAM은 비트리머 개발을 담당하고 있으며, IGCV는 레이저 파장의 영향에 대한 비교 연구를 공동으로 수행하고 있다. 이러한 노력들은 제조 기술 및 재료 효율성과 같은 측면을 강조하며 기후 중립 항공기를 위한 혁신적인 솔루션 개발에도 기여하고 있다.

CONTIjoin, AFP 및 비트리머

- 본 프로젝트의 주요 목표 중 하나는 열가소성 다방향 적층 반제품 접합을 위한 CONTIjoin 공정의 추가 개발이다. 클린 에비에이션 MFFD 프로젝트에서 상부 및 하부 동체 쉘의 오른쪽 접합부에 적용된 이 공정은 현재 다양한 단방향(UD) 테이프는 물론, 열경화성 수지처럼 가공되지만 열가소성 수지처럼 재가열, 재생형 및 재활용이 가능한 비트리머를 포함한 다양한 소재 시스템에 적용되고 있다.
- 기존의 적층 시스템은 주로 탄소섬유에 흡수되는 고체 레이저 또는 다이오드 레이저를 사용하는 반면, CONTIjoin 공정은 폴리머 매트릭스에 직접 흡수되는 CO₂ 레이저 방사선을 사용한다. 이로 인해 접합 공정 중 열 공정 제어가 향상되는 것으로 알려져 있다.

드레이핑성 및 통합 LSP

- HESTIA 연구진은 섬유 강화 복합재 반제품에 적용할 수 있는 대체 천공 방법도 연구하고 있다. 천공은 AFP(아날로그-플라스틱 성형) 및 열 성형 공정 중 드레이프성을 향상시키기 위해 탄소섬유 보강재를 국부적으로 절단하는 데 사용된다. 현재의 기계적 천공 방법은 공구 마모가 심각하여 비접촉식 레이저 기반 대체 방법에 대한 관심이 높아지고 있다.
- 세 번째 연구 분야는 통합 낙뢰 보호 시스템(LSP)의 전기적 연속성을 다룬다. 본 프로젝트는 동체 접합부 또는 수리된 부분에 위치한 구리 메쉬 층의 불연속부를 전기적으로 연결할 수 있는 자동화된 공정 체인을 개발하고 있다. TPC의 레이저 표면 기능화 후, 열 스프레이 방식을 사용하여 전도성 구리 층을 도포하고 기존 LSP 메쉬 재료와 유사한 격자 패턴으로 구조화한다.

rCF를 사용한 IVW 창틀

- 또 다른 파트너는 카이저슬라우테른 공과대학교 산하 비영리 복합재료 연구소인 라이프니츠 복합 재료 연구소(IVW)이다. IVW는 재활용 탄소섬유(rCF)로 만든 TPC 소재를 사용하여 항공기 창틀의 재료 및 에너지 효율을 높이는 것을 목표로 하고 있다(프로젝트 지원 번호 20W2203E). 스테이플 섬유의 특성적인 성질을 특정 방식으로 활용하여 창틀 구조의 기계적 특성을 최적화한다. 이 혁신적인 소재의 도입은 항공기 부품 생산 과정에서 CO₂ 배출량을 크게 줄이는 동시에 재료 효율성과 경량 구조 품질을 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

- 창틀의 원료는 폴리아릴에테르케톤(PAEK) 필라멘트와 rCF로 구성된 길이 50mm 이상의 스테이플 섬유사이다. 이 섬유사는 IVW에서 특별히 개발된 함침 및 연신 설비를 통해 테이프 형태로 성형된다. 그 결과, 배향되고 불연속적인 보강 섬유를 포함하는 견고한 rCF 테이프가 생성된다. 이러한 형태는 섬유의 슬라이딩으로 인해 굴곡 없이 배치될 수 있도록 해주며, 창틀과 같이 복잡하고 곡선적인 형상의 부품을 생산할 때에도 안정적인 배치를 가능하게 한다. 또한 곡선 하중 경로를 따라 정렬함으로써 구조적 효율성을 극대화한다.
- 하중 지지 구조는 오버몰딩을 통해 기능화되어 외부 하중이 구조 삽입물로 최적으로 전달되도록 한다. 이는 하중 분산을 개선할 뿐만 아니라 전체 구조의 내구성과 신뢰성을 크게 향상시킨다. 유한 요소 모델링(FEM)을 사용하여 섬유 경로와 힘 전달 형상을 최적화하고, 시제품 창틀을 제작한 후 실제 테스트를 통해 시뮬레이션 및 설계를 검증한다.
- IVW에는 Airbus Operations GmbH, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt eV, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung, Airbus Aerostructures GmbH 및 Albany International을 포함한 추가 파트너가 있다.

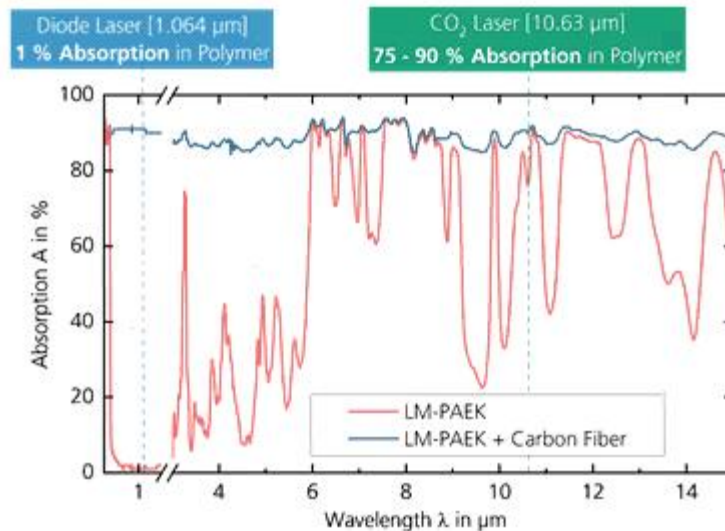


그림 10. 탄소섬유 보강재 유무에 따른 고성능 열가소성 폴리머의 FTIR 스펙트럼은 다이오드 레이저 파장대에서는 기지 폴리머의 흡수율이 낮고 CO₂ 레이저 파장대에서는 흡수율이 높은 것을 보여준다. 출처 | Fraunhofer IWS

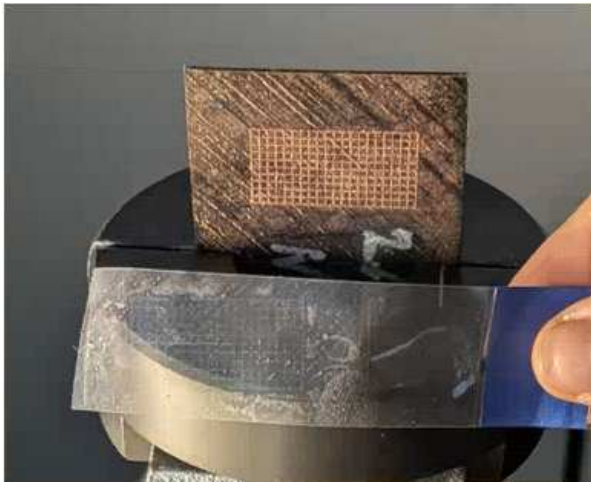


그림 11. 테이프 테스트 결과, 격자형 구리 코팅이 탄소섬유/열가소성 기판에 강력하게 접착됨이 확인되었다. 출처 | Fraunhofer 연구소

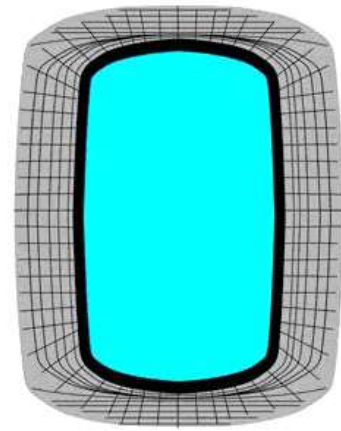


그림 12. 열가소성 복합재(TPC) 항공기 창 프레임을 위해 모델링된 토폴로지 최적화 섬유 배향이다. 출처 | 라이프니츠 IVW 연구소

□ 독일 Envalior, 지속 가능한 Tepex 변형 제품으로 동일한 성능 제 공과 탄소발자국 50% 감소(26.5.27.)

※ [Composites World] Envalior의 LCA 및 외부 중요 검토를 통해 새로운 Tepex 복합재가 자동차 분야에서 기존 제품과 동일한 성능을 발휘하며 복합재 공정에 바로 적용 가능하다는 것이 입증되었다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/sustainable-ervalior-tepex-variant-delivers-identical-performance-50-reduced-carbon-footprint>
 - <https://www.ervalior.com/en-us/home>
 - #독일 #모빌리티 #유리섬유 #복합소재 #지속가능성
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
-
- 열가소성 복합재(TPC) 제조업체인 Envalior(독일 뒤셀도르프)는 최근 자사의 Tepex 제품군에 속하는 널리 사용되는 복합재인 Tepex dynalite 104-RG600(x)/47%에 대한 수명주기 평가(LCA)를 수행했으며, 이 평가는 국제 시험 및 인증 회사인 TÜV SÜD(독일 뮌헨)의 심층적인 검토를 거쳤다.
 - 원래 Tepex 소재는 연속 유리섬유 로빙으로 보강된 폴리프로필렌(PP) 매트릭스로 구성된다. 주로 경량 자동차 구조, 예를 들어 차량 하부 및 프론트 엔드 캐리어, 시트 팬과 같은 안전 관련 구조 부품에 사용된다.
 - Envalior의 소재 개발 프로젝트 매니저인 리사 툴레 박사는 “이번 TÜV SÜD의 핵심 인증을 통해 우리는 대부분의 경쟁사보다 한 단계 더 나아갔다.”라고 말했다. “자동차 및 전기/전자 산업 분야의 OEM 업체들이 제품의 지속가능성을 최적화하기 위해 전 생애주기 분석을 실시하려는 추세에 발맞춰, 우리는 원자재 제조업체로부터 필요한 정보를 확보하고자 한다.”
 - Envalior는 LCA연구 외에도 지속 가능한 원료만을 사용하여 Tepex dynalite 104-RG600(x)/47%의 변형 제품을 개발했으며, 이를 통해 탄소 발자국을 약 50% 감소시켰다. [회사 주: Tepex dynalite 104-RG600(x)/47% 기존 버전과 지속 가능한 대체 버전의 생산부터 출하까지(생물학적 흡수 포함) 탄소 발자국 값을 비교한 것이다.]
 - ISO 14040/44에 기반한 LCA 분석 결과는 아직 맞춤 제작되지 않은 반제품 복합 시트 1kg의 환경 영향을 보여준다. 토양, 수질, 기후 변화, 자원 및 인체 건강에 미치는 영향 등 복합재가 Envalior 공장을 떠날 때까지 발생하는 모든 영향을 전 과정 평가(cradle-to-gate assessment)를 통해 고려했다.
 - 100% 지속 가능한 원료로 만들어진 새로운 Tepex 변형 제품은 유리 폐기물에서 생

산된 연속 유리섬유 70%로 구성된다. 나머지 30%는 바이오 순환형 PP에서 유래되었다. 모든 원료의 지속 가능한 원산지는 국제 지속 가능성 및 탄소 인증(ISC) 플러스 표준에 따른 인증된 물질수지 방식을 통해 검증되었다. 이 복합재는 순수 화석 연료 기반 제품과 완전히 동일하다. 동일한 화학적, 물리적, 가공 특성 및 품질을 가지므로 재인증 없이 동일한 기술 사양 및 인증을 충족한다.

- "따라서 고객은 이 솔루션을 기존 생산 공정에 바로 적용하여 화석 연료 기반 제품을 대체할 수 있다."라고 톨레는 말한다."기존 가공 설비를 동일한 공정 조건에서 사용할 수 있기 때문에 교체에 많은 노력이 필요하지 않다."
- Envalior의 소재에 대한 정보는 고객이 소재를 찾고, 선택하고, 평가하는 데 사용할 수 있는 디지털 도구와 서비스를 제공하는 MaterialAdvisor에서 확인할 수 있다.



그림 13. 출처 | Envalior

□ 이탈리아 Xenia Materials, 열가소성 복합재 포트폴리오로 대형 금형 생산(26.5.27.)

※ [Composites World] 대규모 적층 제조에 사용되는 다양한 강화 펠릿 복합재는 고성능 툴링에 필요한 열 안정성과 치수 정확도를 제공한다. /Product

• <https://www.compositesworld.com/products/xenia-materials-thermoplastic-composites-portfolio-enable-large-format-tooling-production>

• <https://www.xeniamaterials.com/en/>

• #이탈리아 #금형/공구 #적층제조 #설계툴링 #탄소섬유 #복합소재

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

○ Xenia Materials(이탈리아 비첸차)는 툴링 애플리케이션용 신제품 소재 포트폴리오 출시를 발표했다. 특히 대규모 적층 제조(LSAM)에 맞춰 설계된 이 포트폴리오는 내열성, 내구성, 경량성을 갖춘 툴링 솔루션에 대한 증가하는 수요를 충족하도록 제작된 강화 펠릿 기반 소재를 선보인다.

○ 펠릿 압출 3D 프린팅 시스템용으로 개발된 Xenia 컴파운드는 지그, 라미네이션 마스터, 열성형 금형 및 마스터 모델과 같은 툴링 생산을 가능하게 하여 기존 제조 공정에 대한 신뢰할 수 있는 대안을 제공한다.

○ LSAM 소재는 상온부터 최대 260°C에 이르는 사용 온도 범위에서 최적의 성능을 발휘하도록 설계되었으며, 인쇄 및 오토 클레이브 공정 중 열 변형을 최소화한다. 낮은 열팽창 계수, 높은 강성 및 구조적 안정성의 조합으로 대형 부품에서도 최적의 치수 정확도를 구현한다.

○ 이 제품군은 다양한 고분자 매트릭스를 포함하며, 각각 특정 성능 요구 사항 및 산업 응용 분야에 맞게 설계되었다.

• **PETG(탄소섬유/유리섬유 강화).** 화학적 내구성, 자외선 저항성 및 충격 강도가 균형 있게 조화된 다용도 소재로, 대형 기능성 부품 및 툴링에 적합하다.

• **ABS-CF.** 기계적 강도와 경량성을 결합하여 시제품 제작, 트리밍 지그 및 산업용 공구에 적합하다.

• **PC-CF.** 고급 공구 제작 분야에 적합하도록 설계되었으며, 최대 약 140°C의 높은 내열성과 Otto Aviation클레이브 공정과의 호환성을 갖추고 있다.

• **PC-HT-CF.** 열 성능이 향상되었으며, 높은 인성과 개선된 인쇄성을 갖추어 까다로운 자동차 및 항공우주 분야 툴링에 적합하다.

• **PEI-CF.** 높은 강성과 내열성을 갖추고 있어 항공우주 및 방위산업 분야의 고온 공구 및 구조 부품에 적합하다.

• **PESU-CF.** 산업 환경의 정밀 공구에 최적의 열 안정성, 난연성 및 내화학성을 제공한다.

- **PEEK-CF.** 극한 환경에서도 매우 우수한 기계적 및 열적 성능을 제공하며, 고급 응용 분야에서 금속을 대체할 수 있는 경량 소재이다.
 - **PEKK-CF.** 고온 환경에서 연속적으로 사용되는 응용 분야에 적합한 열 안정성과 기계적 강도를 제공한다. PEEK에 비해 가공이 용이하며, 제어된 후경화 처리를 통해 결정화도를 조절할 수 있다.
- 이 포트폴리오는 항공우주, 자동차 및 모터스포츠, 방위산업, 해양, 건설, 에너지 및 운송을 포함한 광범위한 산업 분야에서 대형 공구 및 구조 부품 응용 분야에서 서비스를 제공하도록 설계되었다.



그림 14. 출처 | Xenia Materials

□ 영국 PRF, 2026 국제 복합재 서밋(ICS) 단독 메인 스폰서로 선정 (26.5.27.)

※ [Composites World] PRF 복합재료는 이번 야심찬 행사에서 핵심적인 역할을 수행하며, 복합재료 산업 관계자들에게 ICS의 가치를 부각할 것이다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/prf-named-exclusive-forum-headline-sponsor-for-international-composites-summit-2026>
 - <https://internationalcompositessummit.com/>
 - #영국 #제조/솔루션 #복합소재 #행사
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
- PRF Composite Materials(영국 도싯주 풀)가 2026년 국제 복합재 서밋(ICS, International Composites Summit)의 단독 포럼 헤드라인 스폰서로 선정되었다.
 - 2026년 12월 1~2일에 영국 웹블리 스타디움 The Drum에서 개최되는 ICS 2026은 OEM, 1차 협력업체, 소재 공급업체, 제조업체, 연구원, 투자자 및 신형 기술 기업들이 2일 동안 기술 교류, 전략적 논의 및 가치 있는 네트워킹을 위해 한자리에 모이는 자리이다.
 - PRF는 첨단 프리프레그 기술, 툴링 시스템 및 고성능 복합소재 분야에서 세계적으로 인정받는 기업으로, 항공우주, 자동차, 모터스포츠, 해양, 산업 및 신형 분야 전반에 걸쳐 혁신을 지속적으로 지원하고 있다. PRF는 급속 경화 시스템, 툴링 기술 및 재활용 탄소섬유 소재 개발을 포함하여 기술적 우수성과 실용적인 제조 솔루션을 결합하는 데 있어 탄탄한 명성을 쌓아왔다.
 - PRF는 단독 포럼 헤드라인 스폰서로서 ICS 컨퍼런스 프로그램 및 참가자 경험에 있어 핵심적인 역할을 수행할 것이다. 이번 파트너십에는 포럼장 전역에 걸친 프리미엄 브랜딩, 기술 세션 좌장직 수행 기회, ICS 마케팅 캠페인 전반에 걸친 통합적인 홍보, 그리고 참가자들과의 직접적인 소통 기회가 포함된다.
 - PRF의 마케팅 이사인 한나 쿠사이노바는 "ICS는 엔지니어, 제조업체, 연구원 및 의사 결정권자들이 한자리에 모여 전시업체와 방문객 모두에게 진정으로 가치 있는 경험을 제공하는 고도로 집중된 환경을 조성했다."라고 설명한다. "특히 우리에게 매력적이었던 것은 행사 자체에 담긴 야심찬 비전이었다. 더욱 집중적인 포럼, 명확한 방문객 참여, 강력한 네트워킹 기회, 그리고 혁신과 토론을 위한 전용 공간을 마련하는 것이었다."
 - 뻘뻘한 행사 일정 속에서 사람들이 행사의 가치를 이해하고 적극적으로 참여할 수 있도록 돕는 것은 매우 중요하며, ICS는 바로 그러한 점을 염두에 두고 발전하고

있다.”

- 여성 복합재 산업인 협회와 미디어 파트너인 CompositesWorld는 2026년 프로그램을 지속적으로 지원하고 있다.



그림 15., 영국 웬블리의 The Drum. 출처 | ICS

□ 미국 Otto Aviation, Phantom 3500 인테리어 개발을 위해 F/List GmbH 선정(26.5.27.)

※ [Composites World] 기존 레이아웃에 얽매일 필요 없이, 이 비즈니스 제트기의 경량 초호화 객실은 F/List의 복합소재, 바이오 기반 소재 및 대담한 디자인 전문성을 바탕으로 공동 설계되고 있다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/otto-selects-flist-gmbh-to-develop-phantom-3500-interiors->
 - <https://ottoaviation.com/>
 - #미국 #항공우주 #탄소섬유 #복합소재
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing의 수석 편집장
-
- Otto Aviation(미국 텍사스주 포트워스)는 F/List GmbH (오스트리아 토마스베르크)와 협력하여 팬텀 3500의 내부를 개발했다. 완전히 새롭게 설계된 이 초고효율 비즈니스 제트기는 층류 공기역학과 탄소섬유 복합소재를 활용하여 현행 슈퍼미드사이즈 항공기 대비 연료 소비량을 61% 절감한다.
 - 이번 계약에 따라 상업용 항공기, 비즈니스 제트기, 개인 제트기 및 주택용 고급 인테리어 분야의 글로벌 공급업체인 F/List는 초기 설계 단계부터 Otto와 긴밀히 협력하여 항공기 내부 가구 및 내장재 개발 및 생산을 주도할 예정이다. F/List의 첨단 탄소섬유 복합재 구조 및 프리미엄 객실 제작 전문성은 항공기 성능 설계에 완벽하게 부합하는 경량 인테리어를 개발하고자 하는 Otto Aviation의 목표를 뒷받침한다.
 - Otto Aviation의 인테리어, 가구 및 장비 담당 수석 엔지니어인 올리비에 카피스트란은 “팬텀은 완전히 새로운 설계의 항공기이기 때문에 내부 디자인은 기존의 레이아웃이나 시스템에 제약받지 않다.”라고 말하며, “F/List와 이 단계에서 협력함으로써 인테리어 디자인을 항공기 구조에 직접 통합할 수 있으므로 객실 경험이 플랫폼이 제공하도록 설계된 성능과 효율성을 그대로 반영하게 된다.”라고 덧붙였다.
 - 기존 공급업체 모델처럼 콘셉트가 확정된 후 표준 RFI/RFP 주기로 공급업체를 선정하는 방식이 아닌, Otto Aviation와 F/List는 처음부터 요구사항을 함께 정의한다. 이를 통해 항공기 내부가 구조 및 시스템과 완벽하게 통합되어 엔지니어와 디자이너는 무게를 줄이고 효율성을 높이는 동시에 더욱 창의적이고 미래지향적이며 조화로운 객실 경험을 제공할 수 있다.
 - F/List의 고객 관계 및 영업 그룹 이사인 아니타 그라드볼은 회사가 바이오 기반 소재 제작에 대한 전문성을 활용하고 혁신적인 개념을 통합하고 있다고 말한다.

- 팬텀 3500은 현재 개발 중이며, 첫 비행은 2027년, 실전 배치는 2030년으로 목표하고 있다.



그림 16. 출처 | Otto Aviation

□ CW Talk 56화 : Bcomp CEO 크리스티안 피셔 인터뷰('26.5.27.)

※ [Composites World] Bcomp의 CEO는 천연섬유 복합소재가 어떻게 파우더 스키에서 BMW 시리즈 자동차에까지 적용되었는지, 그리고 모빌리티 분야에서 지속 가능한 소재의 미래는 어떻게 될지에 대해 이야기한다. / Podcast

- <https://www.compositesworld.com/podcast/episode/episode-56-christian-fischer-bcomp>
- <https://www.compositesworld.com/suppliers/bcomp>
- #스위스 #모빌리티 #천연섬유 #복합소재 #지속가능성
- 저자 : 스콧 프랜시스, 가드너 비즈니스 미디어 편집장

- 이번 CW Talks에서는 자동차, 모터스포츠, 해양, 항공우주, 심지어 위성 분야에까지 고성능 천연섬유 복합재를 전문으로 하는 Bcomp(스위스 프리부르)의 CEO이자 공동 창립자인 크리스티안 피셔를 만나 천연섬유 복합재의 세계 와 지속 가능한 경량화 분야에서 점점 더 중요해지고 있는 그 역할에 대해 알아본다.

- 경량 스키 개발에 초점을 맞춘 차고 프로젝트로 시작된 Bcomp의 기술은 이제 BMW M과의 협력을 통해 양산에 들어갈 정도로 수상 경력에 빛나는 기술로 발전했다. 피셔는 Bcomp의 "레이스에서 도로로" 전략, 까다로운 시장에 맞춰 천연섬유를 대량 생산하는 데 따르는 기술적 난제, 그리고 아마 기반 복합재가 전체 복합재 시장에서 어떤 위치를 차지하고 어떤 위치를 차지하지 못하는지에 대해 이야기한다.



그림 17. 크리스티안 피셔, Bcomp CEO 겸 공동 창립자. 출처 | Bcomp

CW: Bcomp의 초창기로 돌아가서, 회사가 어떻게 시작하게 되었나?

- 크리스티안 피셔(CF): 사실 회사가 설립된 2011년보다 훨씬 이전으로 거슬러 올라간다. 공동 창업자 중 한 명인 줄리앙과 저는 스위스 연방 공과대학의 복합재료 연구실에서 경량 스키를 연구하는 박사 과정 학생이었다. 그곳에서 공동 창업자가 된 두 사람을 만났고, 파워 스키와 프리투어링 스키를 더 가볍게 만들겠다는 열정에서 모든 것이 시작되었다. 스키 무게의 대부분이 코어에 숨겨져 있다는 것을 알고 있었기에, 코어 소재로 폼을 사용하기 시작했고, 나중에는 발사나무를 사용하게 되었다.
- 발사나무의 전단 강도를 강화해야 한다는 필요성에서 우리는 중요한 사실을 깨달았다. 아름다운 천연 소재인 발사나무를 탄소나 유리섬유 같은 합성 섬유로 보강할 수는 없다는 것이었다. 대부분의 스키 제조업체는 제재 과정에서 발생하는 목재 폐기물을 공장 난방에 사용하기 때문에 합성 섬유로 오염되어서는 안 된다. 그래서 우리는 발사나무 코어를 셀룰로오스 섬유로 보강하는 것이 더 세련된 방식이

라고 생각했다. 당시 학계에서는 천연섬유에 대한 관심이 매우 높았고, 특히 벨기에 루벤대학교(KU Leuven)가 선두 주자였기에, 우리는 시중에 나와 있는 최초의 아마 섬유 복합소재를 구해 차고에서 연구를 시작했다.

CW : 천연섬유 복합재를 일찍부터 도입한 기업으로서 극복해야 했던 주요 과제는 무엇인가?

- CF: 스키 코어 보강재로 주로 아마섬유를 사용한 것은 (구조 내부에 숨겨진 소재임에도 불구하고) 시장 진출과 공급망 구축의 초석을 다지는 데 도움이 되었다. 천연섬유의 고질적인 문제점, 특히 수분 흡수 문제를 사실상 해결할 수 있었기 때문이다. 몇 년 동안 시장에서 가장 가벼운 스키 목재 코어를 보유하며 경량화에 집중하던 업계의 흐름을 제대로 탔다.
- 하지만 틈새시장인 스키 시장을 넘어 훨씬 더 큰 잠재력이 있다는 것을 깨닫고 나니, 우리는 진정한 도전 과제에 직면해야 했다. 섬유를 제대로 보호하지 않으면 결국 구조가 수분을 흡수하고 색이 변하며 표면 외관이 변형된다. 모터스포츠처럼 광학적 특성이 중요하지 않은 분야에서는 이러한 문제가 용인될 수 있지만, 자동차 대량 생산을 고려하기 시작하면 광학적 안정성과 장기적인 안정성이 매우 중요해진다. 바로 이 지점에서 천연섬유 고유의 문제점을 해결해야 한다.

CW : Bcomp는 자동차, 모터스포츠, 해양, 심지어 위성에 이르기까지 천연섬유 복합재 분야의 선두주자가 되었다. 이러한 소재의 제품-시장 적합성에 대해 어떻게 생각하는가?

- CF: 모든 것은 본질적인 기계적 특성을 이해하는 것에서 시작된다. 우리 섬유는 무게 대비 강성이 매우 높고 밀도가 낮아 얇은 벽 구조의 비구조 또는 반구조 용도에 적합하다. 스포츠 및 레저 분야를 발판 삼아 2015~2016년경 모터스포츠 분야를 유망한 분야로 파악했다. 모터스포츠는 설계 주기가 짧고 혁신이 빠르게 도입되는 역동적인 틈새시장이며, 무엇보다 모든 자동차 제조업체가 혁신 및 마케팅 도구로 활용하는 모터스포츠 부서를 보유하고 있기 때문에 OEM 업체와의 접촉 기회를 얻을 수 있다는 점이 중요하다.
- 우리 소재는 충격 시 파편이 튀지 않는다는 안전 기능도 갖추고 있다. 충돌 사고 시 탄소섬유 부품의 파편이 타이어에 구멍을 내어 심각한 결과를 초래할 수 있지만, 천연섬유 복합재는 그렇지 않다. 부러뜨려도 모서리에 손가락이 베일 염려조차 없다. 전 세계 GT4 레이싱을 관장하는 SRO 모터스포츠 그룹은 안전상의 이유뿐만 아니라 모터스포츠의 지속가능성 전략 재고 필요성을 반영하여 차체 패널에 천연섬유 사용을 의무화하는 규정을 제정했다.
- 우리가 모든 탄소섬유를 대체하겠다고 주장하는 것은 아니다. 그건 너무 순진한 생각이죠. 우리는 배의 선체나 동체를 만드는 것도 아니다. 중요한 것은 제품과 시장의 적합성을 파악하고, 거기에 추가적인 기능을 더하는 것이다. 예를 들어 내부 부

품의 디자인과 색상 유연성, 공정 간소화, 그리고 지속가능성을 통해 시장 진출의 기회를 열어가는 것이죠.

CW: JEC Composites Innovation Awards 자동차 부문 1위 수상을 축하하며, BMW M과의 협업에 대해

- CF: BMW는 우리의 레이싱카에서 일반 도로용 차량으로의 전환 전략을 보여주는 훌륭한 사례이다. 우리는 BMW와 포물러 E 차량용 부품 하나를 시작으로 DTM, 그리고 GT4 차량까지 협력 범위를 넓혀갔다. 동시에 BMW 그룹 자체와도 협력하여 이러한 소재를 양산차에 적용하는 데 열정을 가진 인재들, 제가 '사내 기업가'라고 부르는 사람들을 발굴하기 시작했다. 대기업에는 어느 정도 위험을 감수 할 의지가 있는 사람들이 필요하다.
- 이 프로젝트는 4년 반에서 5년 전에 시작되었다. 2023년에 우리는 Bcomp를 자동차 산업에 맞게 재편성하면서 구매, 물류, 연구 개발 및 품질 관리 분야의 담당자들과 팀을 연결했다. 고객 요구 사항 충족, 공급망 구축, 자체 생산 구축이라는 세 가지 목표를 동시에 달성해야 했다. 이로 인해 Bcomp 시스템은 상당한 압박을 받았지만, JEC 어워드 수상과 향후 몇 달 안에 시작될 양산으로 결실을 맺게 되어 매우 보람을 느낀다.

CW: 지속 가능한 소재 분야에서 활동하는 다른 스타트업들에게 조언

- CF: 우선, 진입 장벽이 낮고 출시 기간이 짧은 시장을 찾아야 한다. 자동차 시장은 매우 까다롭기 때문에 신중해야 한다. 초기 투자자, 직원, 그리고 더 넓은 스타트업 생태계의 신뢰를 구축하려면 신속하게 사업 타당성 검증(Proof of Concept)을 확보해야 한다. 가장 효율적인 방법은 제품-시장 적합성을 입증할 수 있는 소규모 틈새시장에서 첫 고객을 확보하는 것이다.
- "우리가 모든 탄소섬유를 대체하겠다고 주장하는 것은 아니다. 그건 순진한 생각이죠. 중요한 건 제품과 시장의 적합성을 파악하고 거기에 추가적인 기능을 더하는 것이다."
- 둘째, 첫 공급업체를 설득하는 것은 첫 고객을 설득하는 것만큼이나 중요한 영업 활동이라는 점을 인식해야 한다. 공급업체는 당신과 거래해도 몇 달 또는 몇 년 동안은 수익을 낼 수 없다는 것을 알고 있으므로, 당신의 이야기에 진심으로 공감해야 한다.
- 마지막으로, 시작점보다 훨씬 더 큰 비전을 가져야 한다. 우리는 모빌리티 분야에서 강력한 제품-시장 적합성을 가지고 있다는 것을 알고 있었지만, 처음부터 대량 생산에 들어갈 수는 없다는 것을 잘 알고 있었다. 기술적인 난관을 해결하고 공급망을 구축해야 했는데, 솔직히 말해서 그 공급망은 고대 이집트 시대부터 섬유 산업, 특히 아마포 산업을 위해 개발된 것이었다. 우리는 적합한 파트너를 선정하고, 그

들을 교육하고, 자동차 산업에 적합하게 만들어야 했으며, 동시에 우리 자신도 자동차 산업에 적응해야 했다.

CW : 앞으로 천연섬유 복합재가 어떤 분야로 확장될 것으로 예상하나?

- CF: 우리는 천연섬유 복합재가 모든 이동 수단, 즉 움직이는 모든 분야에 강력한 잠재력을 가지고 있다고 확신한다. 특히 항공우주 분야에 집중하고 있는데, 경량화가 핵심 동력이며 이는 탈탄소화와 직결되기 때문이다. 항공기의 이산화탄소 배출량 대부분은 운항 단계에서 발생하므로 무게를 줄이면 연료 소모량을 줄일 수 있다. 여기서 가장 큰 과제는 난연성과 열 방출이다. 우리는 실험실 규모에서는 이 문제를 해결했고, 이제 산업 규모에서 이를 재현해야 한다.
- 인프라 분야는 우리에게 더 많은 기회를 제공해 왔다. 네덜란드에서 몇몇 교량 건설 프로젝트를 진행했죠. 하지만 인프라 분야에서는 경량화가 항상 필수적인 것은 아니며, 천연섬유 복합재는 가격이 높아 시장이 그 가격을 항상 지불해 주지는 않는다.
- 단기적으로 가장 집중해야 할 분야는 자동차 부문이며, 크게 두 가지 영역으로 나눌 수 있다. 하나는 고성능 차량용 외장 부품으로, 표면 품질과 장기적인 색상 안정성 측면에서 복합소재의 최고봉이라고 할 수 있다. 다른 하나는 내장 부품으로, 소재 자체뿐 아니라 공정 단계를 줄여 탄소 배출량을 직접적으로 줄이는 등 매우 지속 가능한 솔루션을 개발했다.



그림 18. Bcomp의 ampliTex와 powerRibs는 자동차 내부 패널에 적용되었다. 출처 | Bcomp



그림 19. Bcomp는 JEC World 2026에서 자동차 부문 JEC Composites 혁신상을 수상했다. 출처 | CW

□ 베를린, 뛰어난 첨단 기술 기업들을 선정하여 시상('26.5.27.)

※ [Chemie] 베를린, 뛰어난 첨단 기술 기업들을 선정하여 시상 / News

- <https://www.chemie.de/news/1188773/berlin-zeichnet-herausragende-deep-tech-unternehmen-aus.html>
- <https://www.chemie.de/news/1179875/kuenstliche-intelligenz-und-automatisierung-start-ups-setzen-state-of-the-art-technologien-innovativ-ein.html>
- #독일 #인공지능 #3D프린팅 #스타트업 #섬유복합재료

- 인공지능 기반 허위 정보 검증, 근육 조직 재생을 위한 혁신적인 세포 치료법, 지속 가능한 3D 프린팅, 그리고 분산형 위성 통신: 2026년 5월 20일, 베를린 시 경제·에너지·공공기업부는 베를린의 우수 기업 5곳에 딥테크 어워드를 수여했다. 11년 연속으로 수여되는 이 상은 실용성, 사회적 관련성, 그리고 부가가치 측면에서 뛰어난 베를린의 기술 및 연구 기반 혁신을 인정하는 상이다. 프란치스카 기페이 경제부 장관과 미하엘 비엘 경제부 차관이 참석한 가운데, 시상식은 베를린 빌헬름 스튜디오에서 열린 딥테크 모멘텀 컨퍼런스의 일환으로 처음으로 개최되었다.
- 프란치스카 기페이 베를린 시장 겸 경제·에너지·공공기업 담당 시의원은 "베를린을 유럽 최고의 혁신 허브로 만들고자 한다. 오늘 수상 기업들은 최첨단 기술 연구를 실용적인 응용 분야로 전환하고 현재의 과제에 대한 해결책을 제시하고 있다. 이들은 베를린의 엄청난 혁신 역량을 인상적으로 보여주고 있다. 딥테크 어워드를 통해 우리는 창업자들의 용기와 탁월함을 인정한다. 또한, 딥테크 모멘텀 컨퍼런스와의 새로운 파트너십은 베를린의 가장 뛰어난 인재들을 업계 파트너 및 국제 투자자들과 더욱 긴밀하게 연결하는 플랫폼을 구축할 것이다. 이는 베를린의 지속 가능한 성장과 기술 주권을 보장한다."라고 밝혔다.
- 딥테크 어워드는 총 5만 유로의 상금이 걸려 있으며, "첨단 제조", "바이오 및 헬스케어 기술", "인공지능", "양자 기술, 광자 및 마이크로일렉트로닉스", "웹3 및 분산원장 기술(DLT)"의 다섯 부문에서 시상된다. 84건이 넘는 지원서 중에서 전문가 심사위원단이 5개 기업을 선정했으며, 각 기업은 1만 유로의 상금을 받게 된다.
- 딥테크 어워드가 딥테크 모멘텀에 처음으로 통합됨에 따라, 이 상의 국제적 위상이 더욱 강화되었다. 딥테크 모멘텀은 딥테크 스타트업과 기업 및 투자자를 연결하는 유럽 최고의 플랫폼 중 하나로 손꼽힌다. 이번 새로운 파트너십은 베를린에서 가장 혁신적인 기술 기업을 발굴하는 것을 넘어, 유럽 혁신 생태계와 더욱 긴밀하게 연결하고자 하는 어워드의 야심을 보여준다. 올해는 또한 특별히 "딥테크 혁신 모멘텀상"이 신설되었다. 이 상은 뛰어난 과학적 혁신과 탁월한 성장 잠재력을 겸비한, 딥테크 모멘텀이 엄선한 유럽 스타트업을 대상으로 한다.

2026년 딥테크 어워드 수상자

- 첨단 제조 부문 딥테크 수상자: Endless Industries GmbH: Endless Industries는 3D 프린팅 솔루션을 통해 탄소섬유가 결합 수지에 내장된 소재인 섬유 강화 복합재의 제조 방식을 혁신하고 있다. 이를 통해 복잡하고 비용이 많이 드는 제조 공정을 대체하고 폐기물을 줄일 수 있다.
- 바이오 및 헬스케어 기술 부문 딥테크 수상자: MyoPax GmbH: MyoPax는 근육 조직 재생을 위한 혁신적인 세포 치료법과 유전자 편집 기술 개발에 주력하고 있다. 특히 심각한 근육 손상 및 질환에 대한 치료법을 제시하며 환자들에게 유망한 새로운 치료 옵션을 제공하고 있다.
- 인공지능 부문 딥테크 수상자: 그레첸 AI GmbH: 그레첸 AI는 딥페이크와 가짜 뉴스를 탐지하고 유포 이력을 재구성하는 최첨단 AI 기술을 개발한다. 이를 통해 대형 미디어 기업들은 동일한 신뢰도를 유지하면서 최대 6배 더 빠른 속도로 사실 확인을 수행할 수 있으며, 이는 공공 정보 공간을 보호하는 데 매우 중요한 기여이다.
- "양자 기술, 광자학 및 마이크로일렉트로닉스" 부문 딥테크 수상자: Xavveo GmbH: Xavveo는 내비게이션 및 측정 기술, 예를 들어 자동차의 환경 인식 분야에서 새로운 기준을 제시하는 광자 레이더 센서를 개발한다. 이 기술은 전례 없는 정밀도를 제공하며 광범위한 산업 분야에서 기존 센서 솔루션을 근본적으로 대체할 잠재력을 가지고 있다.
- "웹3 및 분산원장기술(DLT)" 부문 딥테크 수상자: Decen Space UG: 스타트업 Decen Space는 위성과 지상국 간 데이터 스트림의 안전하고 효율적인 동기화를 위한 소프트웨어 및 하드웨어 구성 요소의 분산형 조정 네트워크를 개발한다. 이 솔루션은 훨씬 낮은 비용으로 더 높은 데이터 전송 속도를 제공하며, 위성 운영자가 위성과 더 많은 통신 시간을 확보할 수 있도록 한다.
- 특별상"딥테크 혁신상" 수상자: Six Robotics AS. Six Robotics AS는 무인 항공기(UAV) 편대를 위한 자율 소프트웨어 개발을 전문으로 하는 노르웨이 기업이다. 이 소프트웨어는 혁신적인 군집 지능 알고리즘과 실시간 임무 제어 아키텍처를 기반으로 하여 항공기의 높은 자율성과 효율성을 보장한다. 이를 통해 드론은 지능형 팀처럼 임무를 조정하고 수행할 수 있으며, 현대 방위 작전에서 네트워크 기반 자율 시스템의 활용을 발전시킨다.



그림 20. 출처 | 생성형 AI

□ 독일 NeMo.bil 프로젝트, 시제품 차량에 완전한 수소 파워트레인 탑재 완료(26.5.28.)

※ [Composites World] 파트너사인 Avanco Composites, Poppe + Potthoff GmbH 및 Aspens GmbH는 완전한 H2 파워트레인 시운전에 참여하여 TCU의 센서 데이터 수집, 안전 개입 및 차량 제어 장치와의 CAN 기반 통신을 검증했다. / News

- <https://www.compositesworld.com/news/nemobil-project-commissions-complete-h2-powertrain-in-prototype-vehicle>
 - #독일 #철도/대중교통 #압력 용기 #수소 #시장트렌드 #프로젝트
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
-
- NeMo.bil 프로젝트는 상용 시제 차량에 완전한 수소(H₂) 동력 전달 시스템의 통합 및 시운전을 완료했다. 모든 H₂ 구성 요소(Type IV형 복합재 탱크 저장 및 압력 조절 장치부터 연료 전지 및 배터리 시스템까지)는 Poppe + Potthoff GmbH(독일 베르터), Avanco Composites(독일 헤르포드), Aspens GmbH(독일 하노버) 와 협력하여 성공적으로 공동 작동 테스트를 거쳤다.
 - 이 시스템의 핵심은 프로젝트 파트너와 공동 개발한 탱크 제어 장치(TCU, tank control unit)입니다. TCU는 전원 공급을 관리하고 CAN 인터페이스를 통해 차량 제어 장치(VCU, vehicle control unit)와 통신한다. 또한 수소 공급 시스템의 모든 센서 신호를 수집 및 처리하고, 이러한 측정값을 기반으로 고압 조절 장치(HPRU, high-pressure regulation unit)를 포함한 액추에이터를 제어한다. TCU에서 수집된 데이터는 운전자와 차량 관리자 모두에게 제공되어 운영 최적화 및 유지 보수 계획 수립의 기초 자료로 활용되며, 궁극적으로 차량 운영 비용 절감을 목표로 한다.
 - 차량 시운전에 앞서 TCU는 프로젝트 파트너와 함께 HiL(high-pressure regulation unit) 테스트를 거쳤다. 프로젝트 팀의 지시에 따라 전용 시뮬레이션 환경에서 다양한 작동 조건과 오류 시나리오가 자동으로 실행되어 시스템 기능을 검증했다. 센서 값이 사전 정의된 임계값에 도달하면 TCU는 솔레노이드 밸브나 HPRU를 작동시키는 등 시스템 안전의 핵심 요소로서 직접 개입할 수 있다.
 - Avanco Composites는 TCU를 열가소성 복합재(TPC) 4형 수소 저장 시스템에 직접 통합하는 데 협력 했으며 , 프로젝트 팀은 이 단계가 모든 구성 요소의 원활한 통합에 중요하다고 설명한다.
 - 주요 기능 검증 측면은 다음과 같다.
 - 열가소성 수소 저장 시스템을 차량 콘셉트에 통합
 - 저장 장치, 압력 조절 장치 및 차량 시스템 간의 상호 작용 검증

- 다양한 작동 및 안전 시나리오 테스트
 - 탱크 충전량 및 전력 요구량 변화에 대한 평가
 - 안전 차단 절차 검증
- Aspens GmbH는 NeMo.bil 프로토타입용 연료 전지를 개발했으며, 수소 관련 프로젝트 파트너 중 세 번째 기업으로서 시운전 및 시스템 통합 테스트에 참여 했다 .
 - 시운전 중에 수집된 모든 측정 데이터는 현재 분석 중이며, 이를 바탕으로 운전자와 차량 운영자에게 관련 시스템 매개변수를 투명하게 시각화하여 제공하는 스마트 분석 기능과 대시보드가 개발될 예정이다.



그림 21. 드론으로 촬영한 시험 현장 사진. 출처 | Poppe + Potthoff GmbH

□ 뉴질랜드 Fabrum, 탄소섬유 없는 복합 액체 수소 탱크 개발 (26.5.28.)

※ [Composites World] Fabrum은 초전도 시스템용 복합재료 분야에서 20년의 경험을 보유하고 있으며, 특허받은 3중 구조 탱크를 사용하여 빠른 충전과 20시간 이상의 유희 시간 동안의 밀폐 성능을 입증했고, 인증을 향해 계속 나아가고 있다. /Article

- <https://www.compositesworld.com/articles/composite-liquid-hydrogen-tanks-without-carbon-fiber>
- <https://www.compositesworld.com/search?q=Fabrum>
- #뉴질랜드 #항공우주 #풍력/에너지 #압력용기 #수소 저장 #시장 트렌드
- 저자 : 진저 가드너, CompositesWorld 편집장

- 액체 수소(LH₂) 저장을 위한 복합재 탱크 개발은 계속 진행 중이며, JEC World 2026에서 여러 프로젝트가 발표되었을 뿐만 아니라, 최근 CW의 수소 저장 용 탄소섬유 및 복합재 보고서에는 LeiWaCo, COCOLIH2T, H2ELIOS, OVERLEAF, PHOEBUS, fLHYing Tank, Lufo UpLift 등을 포함하여 무려 22개의 프로젝트가 등재되었다.
- 2025년 말, Fabrum(뉴질랜드 크라이스트 처치)은 업계 요구 사항을 충족하는 5와트 미만의 열 손실로 액체 수소(LH₂)를 저장하는 복합재 탱크의 고속 재충전 시연에 성공했다. 이 재충전은 크라이스트 처치 공항에 있는 Fabrum의 전용 LH₂ 시험 시설에서 성공적으로 완료되었다. 이 블로그 는 Fabrum의 공동 창립자이자 기술 이사인 휴 레이놀즈와의 인터뷰를 바탕으로, 회사의 복합재 LH₂ 탱크 개발 현황과 탄소섬유 및 복합재를 이러한 탱크에 적용할 전망에 대해 자세히 알아보는 내용을 담고 있다.

복합재료부터 초전도체, 그리고 LH₂ 시스템 까지

- Fabrum은 스스로를 개발 및 제조 회사라고 소개한다. 레이놀즈는"이러한 특징 덕분에 다양한 분야에 걸쳐 시너지 효과를 낼 수 있는 응용 분야를 확보하고, 새로운 기술을 배우고, 적용하고, 테스트할 수 있다."라고 말한다.
- 기계공학을 전공한 그는 금속 및 복합재료 제조 분야에서 수년간 근무한 후 초전도 응용 분야 연구를 위해 Fabrum을 공동 설립했다. 그는"이러한 시스템에 사용되는 매우 차가운 액체와 재료는 비전도성 용기, 일반적으로 보온병에 사용되는 것과 같은 진공 플라스크를 필요로 하는데, 단 비자성이고 밀봉되어 있어야 하며 관련된 압력을 견딜 수 있어야 한다."라고 설명한다.
- 이 회사는 캔터베리 대학교(뉴질랜드 크라이스트 처치)와 협력하여 세계 최초의 초전도 변압기 중 하나를 제작하는 등 초전도용 복합재 장비 개발에 15년간 매진해

왔다. 레이놀즈는 "복합재가 제대로 만들어지지 않으면 얼마나 다공성이 될 수 있는지, 심지어 어느 정도 잘 만들어졌더라도 마찬가지로는 것을 많은 것을 배웠다." 라고 말하며, "우리가 개발한 많은 기술은 바로 그 연구에서 비롯되었다." 라고 덧붙였다.

- "그러다가 코로나19 사태 직전, 사람들이 대체 연료 및 에너지 시스템으로 수소에 관심을 갖기 시작했을 때..." 그는 말을 이었다. "우리는 우리 기술이 항공기용 경량 액체수소(LH₂) 탱크를 만드는 데에도 사용될 수 있다는 것을 깨달았다. 또한 수소 액화를 위한 극저온 냉각 시스템도 개발했다." Fabrum은 소형 수소 액화 시스템, 분배 시스템, 기체 탑재용 복합재 저장 탱크, 연료 전지로의 LH₂ 공급 시스템을 포함한 전체 연료 시스템 공급을 제안하며 여러 회사에 접촉했다. "그 과정에서," 레이놀즈는 말했다. "이런 일을 어떻게 할 수 있을지에 대한 논의는 많았지만, 6~7년 전 당시에는 실제로 실행하고 있는 사람은 거의 없었다는 것을 알게 되었다."
- 이후 Fabrum은 호주의 한 광산 회사로부터 연락을 받았다. "그들은 탈탄소화를 원했고, 액체수소(LH₂)를 이용해 메가와트급 연료 전지를 가동하는 매우 야심찬 프로젝트를 가지고 있었다." 라고 그는 설명한다. "덕분에 우리는 이 모든 것을 실제 산업 현장에 적용할 수 있는 훌륭한 기회를 얻었다." 그 결과 탄생한 저장 시스템은 보다 전통적인 금속 듀어 구조였으며, 10,000리터라는 매우 큰 규모였다. "금속으로 만든 이유 중 하나는 사용 중 손상을 방지하기 위해서였다." 라고 레이놀즈는 말한다. "트레이에는 250톤의 암석이 적재되는데, 탱크의 외피가 트럭 바퀴 사이에 위치하기 때문에 손상될 가능성이 매우 크다. 그래서 우리는 외피를 10mm 두께의 중장력강으로 제작했다."

LH₂ 용 최초 복합재 탱크의 과제: 빠른 충전을 위한 3중 외피 구조

- Fabrum의 역사를 이해하는 것은 현재 회사의 위치를 파악하는 데 필수적이라고 그는 강조한다. "이 기술에 대한 필요성이 없다면 개발에 시간을 투자하지 않을 것이다. 수소 동력 항공기에 대한 진정한 상업적 수요는 불과 5년 전부터 생겨났다. 따라서 5년 전에 복합재 액체 수소 탱크 개발을 시작했다면 경험은 5년밖에 되지 않는다. 하지만 우리는 초전도체에도 똑같은 기술을 적용하고 싶었기 때문에 20년 동안 이 분야에 매진해 왔다."
- 그러므로 Fabrum이 최초로 완벽하게 작동하는 복합재 LH₂ 탱크를 시연한 것은 놀라운 일이 아니다. "기동성을 위한 기존의 금속 LH₂ 탱크는 있었고, 복합재 탱크가 LH₂ 를 저장할 수 있음을 보여주는 소규모 시험도 있었지만, 연료 공급 시스템을 갖춘 완전한 복합재 탱크를 실제로 지속적으로 작동할 수 있도록 시연한 회사는 제가 아는 한 Fabrum이 유일하다."

전통적인 LH₂ 탱크 디자인

- 액체 수소(LH₂) 를 끓는점인 -253°C 이하로 유지하기 위해 일반적으로 사용되는 탱크는 진공 및 다층 단열재(MLI)로 분리된 내외부 원통으로 구성된 듀어형 구조이다. MLI는 알루미늄 호일 층 사이에 비전도성 스페이서(예: 유리섬유/섬유 또는 고분자 필름)를 사용하여 만들어진다. 탱크는 종종 스테인리스강으로 제작되며, 최대 40겹의 MLI가 내부에 있고, 유리섬유 강화 폴리머(GFRP)와 같은 비전도성 재질로 만들어진 베어링이나 지지대에 의해 고정된다. 또한 압력 방출 밸브와 안전 밸브가 내장되어 있다.



그림 22. 네덜란드의 AeroDelft를 위해 맞춤 제작된 Fabrum의 이중 구조 LH₂ 복합 연료 탱크 (왼쪽)가 Fabrum의 기존 이중 구조 (중앙) 및 삼중 구조 (오른쪽) LH₂ 복합 연료 탱크 옆에 놓여 있다. 출처 | Fabrum LinkedIn 게시물

- 레이놀즈는 "Fabrum은 열 충격, 수소 누출 방지, 진공 누출 방지 등 여러 가지 주요 과제를 극복해야 했다. 특히 탱크 사이 공간의 진공이 깨지지 않도록 해야 했다. 게다가 그런 시스템을 구축하고 가격까지 감당할 수 있어야 했다."라고 설명했다.
- "우리가 이미 갖추고 있지 않았던 한 가지는 바로 고속 충전 능력이었다."라고 그는 말을 이었다. 관련된 문제점을 파악한 후, Fabrum은 특허받은 3중 구조 설계로 이어지는 해결책을 개발했다. "고속 충전 중 발생하는 열 충격을 견딜 수 있도록 특수 구조로 제작된 액체 격납 용기가 압력 용기 내부에 있다."라고 레이놀즈는 설명한다. "하지만 이 격납 용기는 압력 부하를 견딜 필요가 없으므로 액체 격납과 열 충격을 압력 성능과 분리할 수 있다. 이것이 핵심이었으며, 외부 용기의 진공이 손실되는 사고가 발생할 경우에도 안전장치를 제공한다. 진공을 사용하는 이유는 가장 가볍고 효과적인 단열 메커니즘이기 때문이다. 하지만 진공이 손상되면 내부 용기에 매우 높은 열 부하가 가해지고 액체 수소(LH₂)가 매우 빠르게 끓게 된다."
- "삼중 외피 구조는 이러한 열 전달을 다시 한번 차단하여 LH₂로 전달되는 열 부하를 25% 이하로 줄여준다. 이는 비상시 압력 상승을 방지하기 위해 필요한 배기량을 크게 줄여준다는 의미이다. 실제 작동 조건에서 LH₂를 사용한 테스트 결과, 비행 중 진공이 손실되더라도 비행을 계속하는 데 아무런 문제가 없다는 것을 확인했다. 이는 여러 드론 및 소형 항공기용 시스템 인증을 향해 나아가는 데 있어 중요한 이정표였다."

탄소섬유가 없는 복합소재 LH₂ 탱크?

- Fabrum은 탄소섬유를 사용해 왔지만, "초전도 시스템을 연구해 온 오랜 경험을 통해 시스템 수명에 매우 주의해야 한다는 것을 알게 되었다."라고 그는 말한다. "탄소섬유의 높은 강성은 이러한 극저온 시스템의 냉각 과정에서 매트릭스 균열을 일으킬 수 있다. 따라서 우리는 이러한 문제를 피하기 위해 다른 재료로 적층재를 특별히 설계한다."
- 레이놀즈는 "Fabrum의 탱크는 내부 지지 구조까지 모두 복합재로 만들어졌지만, 금속 부품과 특수 접합 시스템을 사용하여 복합재에 안정적으로 연결할 수 있다. 또한, 경제성이 없으면 가치가 없기 때문에 특별한 제조 기술을 개발했다. 이러한 기술을 통해 적층재를 통한 누출이 발생하지 않는 매우 높은 진공 밀폐성을 확보할 수 있다. 예를 들어, 탄소섬유는 섬유 다발에 기포가 생기는 것으로 악명이 높다. 섬유 다발이 매우 가늘기 때문에 수천 개의 섬유 다발 전체에 수지를 주입하는 것이 매우 어렵다."라고 설명한다. 대신 Fabrum은 수십 년간의 개발과 개선을 통해 효과가 입증된 특수한 방식으로 유리섬유와 에폭시 수지를 사용한다.

항공기용 LH₂ 탱크는 복합소재로 만들어지고 가격도 저렴해야 한다.

- 2025년 말에 시연된 고속 연료 주입 작업에는 8~10kg의 액체 수소(LH₂)를 저장할 수 있는 180리터 탱크가 사용되었다. Fabrum은 이제 최대 6인승 일반 항공기용으로 각각 10~20kg을 저장할 수 있는 약간 더 큰 날개 끝 탱크 두 개를 설계했다. 레이놀즈는 "이 크기의 탱크는 현재 헬리콥터, 수직 이착륙기, 자율 비행 항공기에 장착하고 있는 것과 같은 크기이다."라고 말했다. "항공기에 대한 간단한 연구를 통해 20리터 탱크 두 개를 사용하면 예비 연료를 고려했을 때 1~1.5시간의 비행 시간을 확보할 수 있다는 것을 확인했다."
- 채굴 차량 및 지상용으로 개발한 시스템에 비해 항공기용 탱크는 크기가 작다. "하지만 우리는 이러한 모든 응용 분야에 동일한 기술과 경험을 활용하고 있으며, 채굴 시스템의 내부 용기를 복합소재로 전환할 계획을 이미 세워 두었다. 이를 통해 저장 용기 하나당 약 1.5톤의 무게를 줄일 수 있을 것으로 예상된다."
- 레이놀즈는 항공기의 경우 복합소재가 유일한 선택지인 이유는 바로 이러한 무게 절감 효과 때문이라고 지적한다. "이미 일부 유럽 항공우주 기업들은 무게 부담이 너무 커서 알루미늄 연료 탱크 개발을 포기했다. 복합소재는 사용된 재료와 구조에 따라 우수한 단열재가 될 수 있지만, 알루미늄은 단열 효과가 뛰어나다는 단점이 있다."
- 하지만 이러한 복합소재 LH₂ 탱크는 정말 저렴할까? 레이놀즈는 "당연히 저렴해야 한다."라고 말한다. "우리는 산업 현장 출신이라 고객의 비용 목표를 잘 이해하고 있다. 혁신적인 기술을 도입하거나 항공우주 산업 수준의 비용 구조를 적용하려는

것이 아니며, 탄소섬유를 사용하지 않는 것이 그 목표 달에 도움이 된다."

끓임 및 체류 시간

- 수송용 LH₂ 탱크의 핵심 과제는 작동 중뿐 아니라 차량이 정지해 있을 때에도 온도와 압력을 관리하는 것이다. Fabrum의 복합재 LH₂ 탱크는 증발 및 정지 시간 측면에서 어떤 차이가 있을까? 레이놀즈는 "탱크를 사용하여 LH₂ 연료를 공급받을 때는 증발 에너지가 연료 전지나 가스 터빈으로 전달되어 압력을 유지할 수 있기 때문에 문제가 없다." 라고 말한다."우리는 일반적으로 12bar 미만의 설계 압력에서 작동한다. 모든 탱크의 핵심 문제는 연료를 공급받지 않고 정지해 있을 때 발생한다. 이러한 상황에서는 우리 시스템의 매우 낮은 열 손실률이 필수적이다."
- Fabrum은 자사의 복합재 탱크가 끓어오른 수소 가스를 배출해야 할 압력에 도달하기 전까지 20시간 동안 정체 또는 공회전 상태를 유지할 수 있음을 입증했다." 하지만 40~60시간까지 늘어날 것으로 예상한다."라고 그는 말한다. "탱크의 유지 시간이 길어지면 불필요하게 무거워지거나 비용이 많이 들 수 있기 때문에, 상세 설계와 실제 필요한 조건에 따라 많은 것이 달라진다."
- 자주 논의되는 또 다른 문제는 모든 액체 수소 연료 라인을 단열해야 한다는 점이다. 레이놀즈는 "탱크에서 액체, 기체 또는 혼합물을 사용하든 상관없이 연료 전지에 필요한 온도까지 가열해야 한다."라고 말한다." 따라서 극저온 수소는 어떤 종류의 열교환기로 보내야 하며, 우리는 항상 그 열교환기로 연결되는 라인을 단열한다. 광산용 시스템을 포함한 모든 상용 시스템의 경우 이러한 단열은 비교적 쉽게 구현할 수 있으며, 시스템이 작동하는 동안 온도는 항상 어느점 이상으로 유지된다."

개발 일정 및 인증

- Fabrum은 향후 12개월 이내에 복합재 LH₂ 탱크를 장착한 세 가지 종류의 항공기를 운항할 예정이다. Fabrum은 호주 시드니의 AMSL Aero와 협력하여 전기 수직 이착륙(eVTOL) 항공기인 Vertiia H₂를 개발하고 있으며, Stralis Aircraft(호주 브리즈번)와도 협력하여 Beech Bonanza의 개조용으로 인증받고 있는 H₂ 전기 추진 시스템용 LH₂ 연료 시스템을 공급하고 있다. 레이놀즈는 "헬리콥터 회사를 포함한 몇몇 다른 파트너사들도 기존의 압축 수소 가스 시스템에서 LH₂ 로 전환하는 것을 검토하고 있다"고 밝혔다.
- 다음 단계는 최대 19석 규모의 소형 통근 항공기이다. 이러한 항공기는 인증을 위해 상당한 작업이 필요하지만, 70~100석 규모의 항공기보다는 훨씬 적은 노력이 필요하다. 레이놀즈는 "제로아비아를 비롯한 많은 수소 추진 및 항공기 개발 업체들이 19석 미만 규모의 항공기 개발에 집중하는 이유가 바로 이것이다."라고 말한다."실제로 액체수소(LH₂) 탱크 개발은 인증 획득에 필요한 작업의 극히 일부분에 불과하다. 대부분은 연료 전지를 포함한 시스템의 다른 모든 부품이며, 모든 부품

에 다중 안전장치를 갖춰야 한다. 우리는 인증 과정을 엄두에 두고 탱크를 설계했으며, 전체 시스템을 공급하고 있다. 탱크, 액체수소를 예열하는 열교환기, 그리고 압력과 온도가 제어된 예열 가스를 연료 전지 또는 연소 엔진에 공급하는 시스템을 모두 우리가 제작 한다. 고객은 일반적으로 시스템 통합업체로서 예열 가스 공급 이후의 모든 부분을 담당한다."

- 레이놀즈는 소형 항공기 인증의 첫 단계가 2030년까지 달성될 수 있다고 믿는데, 이는 Airbus, 아치투리, 아에르노바, 다헤르 Aerospace, GKN Aerospace, IATA, 레오나르도, MTU, 롤스로이스, 사프란, 주요 항공사 및 공항, 산업 협회, 규제 기관 등 200개 이상의 회원사를 보유한 무공해 항공 연합 (AZEA) 이 2026년 4월에 발표한 "유럽 내 하이브리드, 전기 및 수소 항공편 도입 로드맵"과 일치한다. 이 로드맵은 2040년까지 최대 100인승 상용 여객기의 운항 개시와 2050년까지 2만 대의 하이브리드, 전기 및 수소 동력 항공기 운항을 목표로 하고 있다.



그림 23. AMSL Aero의 Vertiia eVTOL(위)과 Stralis Aircraft의 일반 항공기용 연료 전지 추진 개조 시스템(아래)은 LH₂와 Fabrum의 복합재 탱크를 사용하여 배출가스 제로 비행으로 훨씬 더 긴 항속 거리 제공. 출처 | AMSL Aero, Stralis Aircraft

- 그는 Fabrum이 이미 인증 검토에 착수했다고 언급하며, "인증받을 수 없는 기술 개발 경로를 택할 이유가 없기 때문이다. 우리 팀은 이미 Airbus용 제트 A1 시스템 인증을 완료했으며, 그 경험과 접근 방식을 바탕으로 현재 액체 수소(LH₂) 연료 시스템의 상용화를 추진하고 있다."라고 덧붙였다.

우주용 탱크, 열가소성 수지, 대량 생산을 위한 라이선스

- 액체수소(LH₂) 탱크를 오랫동안 사용해 온 또 다른 산업 분야는 우주 발사체이며, 우주 발사체에는 종종 탄소섬유가 사용된다."하지만 열 순환은 항공기와는 완전히 다르다."라고 레이놀즈는 말한다."우리는 이러한 응용 분야에 대한 연구를 진행해 왔고, 재사용 로켓의 경우에도 100~200회 정도의 열 순환을 볼 수 있다. 하지만 이는 수년간 매일 운항하는 항공기와는 완전히 다른 경우이다. 임무 프로파일과 장비 사양 자체가 완전히 다르다."
- 극저온에서 탄소섬유를 사용할 때 발생하는 미세 균열을 방지하기 위해 열가소성 복합재의 강도를 활용하는 것은 어떨까?"열가소성 폴리머를 사용하는 데에는 많은 어려움이 있다고 생각한다. 해결 가능한 문제들이지만, 상용 여객기에 적용할 수 있도록 인증을 받을 수 있을지가 관건이다. 실험실에서 할 수 있는 것과 항공기

연료 시스템을 비행에 적합하게 인증받고 상용 운항에 투입하는 데 필요한 것은 완전히 다르다. 그래서 현재 우리는 열경화성 복합재 기술을 사용하고 있다. 다른 방법이 없어서가 아니라, 그러한 대안들을 사용하는 데에는 기술적 어려움과 인증 절차가 상당히 복잡하기 때문이다. 우리는 탄소섬유가 액체 수소(LH₂)의 주요 격납 용기에 적합한 소재라고 생각하지 않다."

- AZEA 로드맵에 따르면, 경량의 저렴한 복합소재 LH₂ 탱크에 대한 수요는 향후 10~15년 동안 크게 증가할 수 있다. Fabrum은 증가하는 생산량에 대응하기 위해 접근 방식을 바꿔야 할까? 레이놀즈는"우리는 뉴질랜드에서 대규모로 공급하고 출하할 수는 없다는 것을 알고 있다."라고 말한다."Tier 1 기업들과 협력하면서 필요한 곳에 위탁 제조업체를 설립하기 위한 라이선스 계약에 대해 논의했다. 우리 시스템은 값비싼 특수 소재에 의존하지 않고, 실용적이고 경제적인 독창적인 설계와 공정을 사용한다. 우리가 하는 일 중에는 전 세계 어느 곳에서도 하지 않는 기술도 있는데, 이러한 기술을 라이선스 계약을 맺은 파트너에게 이전할 수 있으며, 파트너는 주요 탄소섬유 공급업체와 제휴할 필요도 없다."

LH₂를 넘어선 Fabrum 복합재료

- Fabrum은 복합소재를 사용하는 다양한 작업을 수행하지만 LH₂와는 관련이 없다. 레이놀즈는"우리는 특정 제품군만 생산하는 회사가 아니라, 광범위한 분야에 적용할 수 있는 기술을 보유하고 있다."라고 말한다. 그는 심해 잠수정 및 기타 응용 분야에 사용되는 자기 기어박스를 제작하는 유럽의 한 고객사를 예로 들었다. 페라이트가 내장된 이 기어박스는 구동 시스템을 밀폐하여 수 킬로미터 깊이의 해저에서도 완벽하게 방수 및 방누출 기능을 제공한다.

Fabrum은 복합재료를 사용하여 초전도 기술을 개발했다.

- "우리는 MagniX (미국 워싱턴주 에버렛)의 모터 생산을 포함하여 전기 모터 관련 기업들을 위해 누출 방지 헬륨 시스템도 제작한다." Fabrum은 초전도 시스템 분야에서도 활동하며, 핵융합을 위해 강력한 자기장을 사용하여 플라즈마를 가두는 장치에 비자성 복합재 격납 용기를 사용한다. 레이놀즈는"이러한 장치들은 모두 고자기장 자기 장치를 필요로 하며, 지지 구조에 많은 복합재를 사용한다."라고 말한다.
- 그는 이어서 "우리는 초전도 변압기도 제작했다. 현재 진행 중인 초전도 열차 프로젝트와 자기부상 극저온 장치에도 이 변압기를 공급할 예정이다. 전 세계에서 복합재료로 초전도 장비를 제작하는 유일한 상업 회사라고 자부할 수 있다."라고 말했다.
- 특히 Airbus는 수소 동력 항공기인 ZEROe의 기술 로드맵에 초전도 시스템을 포함시켰다. 레이놀즈는"초전도는 차세대 혁명이며, 초전도 테이프를 저렴하게 생산할 수 있게 되면 널리 보급될 것이다. 그때가 되면 우리가 만드는 이러한 복합소재

시스템에 대한 수요가 증가할 것이다."라고 말했다.

- 레이놀즈에 따르면, 이러한 제품들은 정전기를 방출하기 위해 소량의 탄소섬유를 사용하지만, 대부분은 유리섬유로 구성된다. 그는 또한 "열경화성 수지는 열팽창 계수가 훨씬 높아서 치수 안정성이 떨어지는데, 이는 이러한 용도에 필요한 정밀도에 매우 중요하기 때문"이라며, 열경화성 수지가 선호된다고 설명한다. 이 회사는 Aramid 섬유, 티타늄 및 기타 금속을 포함한 다양한 재료를 사용할 예정이며, 자체적으로 광범위한 제조 및 가공 능력을 개발했다.

업계의 LH₂ 탱크 위험 완화

- Fabrum이 충전, 비우기, 재충전은 물론 정지 상태에서도 비행 성능을 발휘하는 복합소재 LH₂ 탱크를 시연했는데도 왜 유럽의 수많은 그룹들이 여전히 자체적인 LH₂ 복합소재 탱크를 개발하고 있는 걸까? 레이놀즈는 "그러한 프로젝트들은 지역 산업을 지원하는 데 목적이 있다."라고 말한다. "우리도 그 점을 이해하고 있으며, 현재 유럽에 팀을 구성했다. 물론 어려운 과제이다. 하지만 우리는 이러한 시스템의 위험을 줄이는 데 도움을 줄 수 있다고 생각한다. 우리는 엔드 투 엔드 솔루션을 갖추고 있으며, 특히 LH₂의 경우 각 단계에서 실수를 하면 다음 단계에 악영향을 미치기 때문에 이는 매우 중요하다."
- 그는 광산 트럭을 예로 들면서, Fabrum이 이 분야에서 아무도 시도하지 않던 시스템을 개발했는데, 이 시스템은 최대 600kg의 액체 수소(LH₂)를 사용하여 복잡한 분사 방식을 요구하는 1.2메가와트급 연료 전지를 구동한다고 설명했다. "당시에는 금속 탱크를 사용했지만, 말씀드렸다시피 이제는 복합소재로 교체할 준비가 되었다."
- Airbus와 항공 산업이 9G 충돌 하중 요건을 어떻게 충족할 것인지에 대해 레이놀즈는 탄소섬유가 필요할 것이라는 점을 기꺼이 인정했다. 그는 "우리의 접근 방식은 입증해야 할 핵심 부분, 즉 액체 수소(LH₂) 연료 처리에 집중하는 것이었다."라고 덧붙였다. "구조 통합 등 다른 문제들을 해결할 수 있는 업계의 지식은 이미 존재한다. 하지만 LH₂ 연료 처리가 필요한 대로, 안정적으로, 그리고 경제적이고 가벼운 시스템으로 작동하도록 하는 것이 핵심이었다. 우리는 소형 항공기용 복합재 탱크를 통해 이를 입증했을 뿐만 아니라, 최소한의 손실로 최단 시간 내에 500kg의 LH₂를 이송하는 방법도 알고 있다. 효율적인 재급유와 무공해 추진을 위해 이러한 시스템을 계속해서 확대하고 인증 절차를 진행할 것이다."



그림 24. Fabrum은 무공해 항공 분야를 위한 경량 복합소재 액체 수소(LH₂) 탱크를 개발했으며, 5와트 미만의 열 손실로 빠른 충전이 가능하다는 것을 입증했다. 출처 | Fabrum

□ 공정 중 비파괴 검사, 복합재료 제조 품질 평가 방식 변경('26.5.29.)

※ [Composites World] 부품의 복잡성, 품질 기대치, 디지털 데이터의 존재 및 기타 거시 경제적 영향으로 인해 공정 중 비파괴 검사 기술은 필연적인 필수 요소로 자리 잡고 있다. / Article

• <https://www.compositesworld.com/articles/how-in-process-ndt-could-reshape-quality-assessment-in-composites-manufacturing>

• <https://adaptix.com/>

• #영국 #비파괴검사 #시장

• 저자 : 브린 휴즈, Adaptix Ltd. 비파괴 검사 수석 과학자

○ 복합재 부품이 대량 생산되기 시작한 이래로 지배적인 품질 관리 모델은 동일했다. 즉, 부품을 제조한 후 검사하는 것이었다. 수십 년 동안 최종 단계에서의 비파괴 검사(NDT)는 불량품과 적합품을 구분하는 주요 메커니즘이었으며, 부품 크기가 비교적 작고 생산량이 적었던 시절에는 최종 단계에서의 불량품 발생 비용이 상업적으로 감당 가능한 수준이었다.

○ 하지만 현재 복합 구조물은 과거보다 더 커지고, 구조적으로 더욱 중요해지고, 더 복잡해지고 있으며, 더 광범위한 산업 분야에서 더 많은 양으로 생산되고 있다.

○ 풍력 터빈 블레이드는 정기적으로 80미터를 넘고, 복합소재를 많이 사용하는 항공기 프로그램은 점점 더 까다로운 생산 속도를 목표로 하며, 자동차 산업은 탄소 및 유리섬유 복합 구조물을 소량 생산 틈새시장에서 주류 구조로 확대하고 있다. 이러한 확장과 함께 심각한 품질 문제가 발생하고 있다. 생산 공정의 마지막 단계에서야 결함이 발견된다면, 해당 부품 제조에 소요된 모든 비용은 이미 지출된 상태이다.

○ 적층 과정에서 발견되는 박리나 섬유 정렬 불량은 비교적 적은 비용으로 해결할 수 있지만, 경화 후 또는 제조 공정 후반에 발견되는 동일한 결함은 훨씬 더 큰 비용을 초래할 수 있다. 많은 경우, 해결책은 단순히 부품을 폐기하는 것이다.

○ 복합재 부품은 생산 과정에서 많은 에너지가 소모되고 재활용이 어렵기 때문에 이는 지속가능성 문제에도 영향을 미친다.

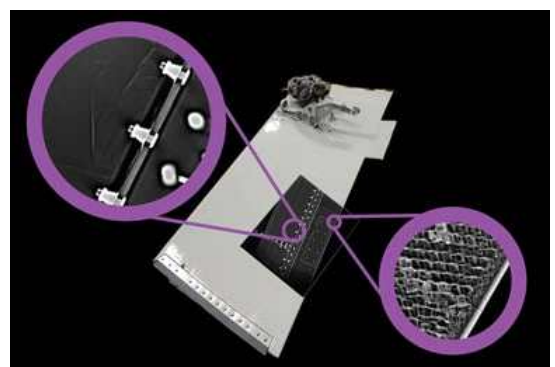


그림 25. 별집형 금속 구조로 이루어진 이 비행기 날개 플랩은 AdaptixNDT3D가 구현한 이미지 디테일을 잘 보여준다. 출처 | Adaptix Ltd.

기존 방법 및 과제

- 기존의 복합 비파괴 검사 기술 자체가 반드시 비효과적인 것은 아니지만, 다른 시대에 맞춰 설계된 것이다.

*필요한 것은 주변 공정을 방해하지 않고 생산 환경에서
생산 속도로 작동할 수 있는 비파괴 검사 기술이다.*

- 초음파 검사(UT)는 복합재 부품, 특히 항공우주 주요 구조물(날개 및 스파 등) 검사에 있어 여전히 주요 품질 보증 방법이다. 숙련된 작업자가 필요하고 상대적으로 시간이 오래 걸리지만, 자동화된 위상 배열 시스템은 상당한 발전을 이루었다. 예를 들어, 영국 케임브리지에 있는 용접 연구소(TWI)의 로봇 검사 시스템은 곡면 탄소섬유 복합재 부품 검사 시간을 수동 검사 방식에 비해 크게 단축시키는 것으로 나타났다. 그러나 자동화된 UT조차도 접촉식 또는 준접촉식 검사 방식이므로, 검사 매체의 정확한 접촉, 표면 준비 및 설정 시간이 필요하다. 즉, 자동화된 UT는 실제 생산 환경보다는 개별적인 검사에 최적화되어 있다.
- 적외선 열화상 및 전단 변형률 측정법은 넓은 표면적을 신속하고 비접촉 방식으로 측정할 수 있으며, 복합재료에 대한 생산 공정 내 적용 가능성이 매우 높다. 그러나 이러한 기술의 한계는 깊이에 대한 민감도이며, 구조용 적층재가 두꺼워질수록 민감도가 크게 저하된다는 점이다.
- 대안으로, 컴퓨터 단층 촬영 (CT)은 검사 대상 부품의 재구성된 3D 이미지를 제공할 수 있으며, 부품의 기하학적 구조 전체에 걸쳐 상당한 3D 세부 정보를 포함한다. 그러나 CT는 전통적으로 방사선 차폐 기능을 갖춘 고가의 장비와 긴 이미지 획득 시간으로 인해 크기 제약이 있었으며, 이러한 문제로 인해 제조 환경에서 일상적으로 사용하기 어려웠다.

복합 부품 생산을 위한 새로운 비파괴 검사법

- 현재 필요한 것은 주변 공정을 방해하지 않고 생산 환경에서 생산 속도로 작동할 수 있는 비파괴 검사(NDT) 기술이다. 다행히 이러한 격차를 해소할 수 있는 다양한 신기술이 개발되고 있다.
- 공기 결합 초음파는 공정 중 초음파 검사(UT) 통합의 핵심 장벽 중 하나인 접촉 매체의 필요성을 제거한다. 침지 탱크나 워터젯이 필요한 기존 시스템과 달리, 공기 결합 시스템은 부품 표면과의 근접성 외에는 아무것도 필요하지 않으므로 생산 라인 통합이 훨씬 용이하다. 레이저 초음파(LUS) 및 레이저 여기 음향 (LEA) 기술은 비접촉 원리를 더욱 발전시켜 펄스 레이저를 사용하여 물리적 접촉 없이 초음파를 생성하고 감지한다. 따라서 이러한 기술은 새로 제작된 복합재 프리폼, 복잡한 형상 또는 고온에서 작동하는 부품과 같이 접촉이 불가능한 환경에 매우 적합할 수 있다.

- 로봇 자동화 초음파 탐상 검사(UT) 는 다채널 위상 배열 초음파 탐상 검사에 디지털 트윈 통합 및 인더스트리 4.0 연결성을 결합한, 비교적 성숙한"신흥" 기술 중 하나이다. 이를 통해 복잡한 복합 구조물의 자동 검사가 가능하며, 현재 여러 고부가가치 항공우주 분야에 활용되고 있다.
- 디지털 단층촬영(DT)은 복합재료의 공정 중 검사를 가능하게 하는 또 다른 중요한 신기술이다.
- 2D 방사선 촬영과 일반 CT의 중간 단계에 위치하는 DT는 여러 각도에서 저선량 X선 투영 영상을 연속적으로 촬영하고 알고리즘을 통해 단면 영상을 재구성한다. 이를 통해 기존 영상 촬영 방식보다 훨씬 짧은 시간 안에 이미 있는 3D 구조 데이터를 얻을 수 있으며, 기존 CT에 비해 방사선량도 매우 낮다. 결과적으로 차폐 요구 사항이 줄어들고 이동성이 향상되어 소규모 작업장을 포함한 기존 생산 환경에 처음으로 DT를 도입할 수 있게 되었다.



그림 26. Adaptix의 비파괴 검사(NDT) 기술이 복합소재 헬리콥터 프로펠러 블레이드에 적용된 모습이다. 출처 | Adaptix Ltd.

- Adaptix Ltd.(영국 옥스퍼드)는 산업용 비파괴 검사(NDT)에 이 기술을 적용하는 데 앞장서고 있으며, 기존의 체적 검사 방식으로는 불가능한 프리폼 단계에서도 이미징이 가능한 소형 디지털 영상(DT) 시스템을 개발하여 제조 과정에서 더 빠른 초기 검사를 가능하게 한다. 이 회사는 영국 항공우주기술연구소(ATI)의 지원을 받아 크랜필드 대학교(영국 베드퍼드)와 협력하여 DT와 로봇 공학을 통합한 대형 복합재 항공우주 부품용 확장 가능한 3D X선 검사 시스템을 개발했다. 같은 연구 프로그램에서는 인공지능(AI)을 활용한 결함 탐지 기술도 탐구하여 거의 실시간에 가까운 자동 검사 가능성을 크게 향상시킬 수 있는 잠재력을 발견했다.

차세대 복합재 비파괴 검사가 중요한 이유

- 제조업체들이 이러한 신기술에 대한 관심을 높이는 시기는 우연의 일치가 아니다. 거시적인 환경 요인들이 비파괴 검사(NDT) 혁신에 대한 투자를 촉진하고 있기 때문이다. 예를 들어, 항공우주 산업에서 생산 속도 목표가 높아짐에 따라 최종 공정에서의 병목 현상이 상업적으로 점점 더 감당하기 어려워지고 있다. 동체 패널이나 날개 부품이 AFP(자동 파편 검사) 후 며칠 만에 폐기될 경우, 기계 가동 시간, 에너지 비용, 생산 조립 계획 비용까지 손실이 발생한다.
- 풍력 에너지 분야에서는 블레이드와 구조 부품이 크고 생산 비용이 많이 드는데, 폐기율을 낮추는 것은 재정적 손실과 지속가능성 손실이라는 두 가지 측면을 모

두 수반하며, 이 둘을 분리하기는 어렵다. 복합 재료 또한 생산 과정에서 에너지 집약적이며, 수명이 다한 후 재활용이 어렵다. 따라서 배출량 규제가 엄격한 제조 환경에서는 생산 폐기물 감소가 전략적 우선순위가 되고 있다.

- 디지털 전환 또한 중요한 역할을 한다. 제조 환경이 더욱 데이터 중심으로 변함에 따라, 공정 중 검사 시스템의 결과물은 더욱 가치 있게 된다. 이는 단순히 이전보다 더 이른 단계에서 문제를 발견하는 것을 넘어, 디지털 트윈과 디지털 스레드 구축에도 기여하기 때문이다. 이러한 요소들은 공정 제어 시스템을 개선하고, 설계 반복 작업을 지원하며, 규제 준수에 필요한 추적성 기록을 구축하는 데 핵심적인 역할을 한다.
- 복합재 부품의 공정 중 검사를 가능하게 하는 비파괴 검사(NDT)에 대한 지속적인 요구는 제조업체에게 실시간, 비용 및 수익 측면에서 중요한 영향을 미친다. 이러한 접근 방식에 투자하는 기업은 불량률 감소, 생산성 향상, 품질 데이터 강화와 같은 운영상의 이점을 얻을 뿐만 아니라, 복합재 부품이 점점 더 보편화되고 품질 기대치가 높아짐에 따라 공정 중 검사는 시장 차별화 요소에서 기본 요구 사항으로 자리 잡을 가능성이 높다. 따라서 공정 중 검사를 위한 NDT 투자는 선택 사항에서 필수 사항으로 빠르게 전환되고 있다.

저자 소개 - 브린 휴즈



- 브린 C. 휴즈 교수(FREng)는 영국 국방 및 안보 분야에 중점을 둔 정부 연구 개발 분야에서 뛰어난 경력을 쌓은 저명한 과학자이자 엔지니어이다.
- 그는 전자 및 기계 공학 분야 전반에 걸쳐 폭넓은 경력을 쌓았다. 해양의 혹독한 환경에 적합한 새로운 센서 개발을 담당했고, 중앙 정부와 협력하여 국가 핵심 기반 시설을 전자 공격으로부터 보호했으며, 정부 내 첨단 제조 시설 개발을 주도했다. 그는 국방 과학기술 분야는 물론 정부 전반에 걸쳐 풍부한 경험을 보유하고 있다.
- 영국 공학기술협회(IET), 영국정보기술협회(BCS), 영국 왕립공학한림원(FREng)의 회원인 휴즈는 공공 및 민간 부문에서 최첨단 기술 개발에 대한 자문을 지속적으로 제공하고 있다. 어댑틱스에서 그는 비파괴검사(NDT) 수석 과학자로 재직 중이다.

□ 네덜란드 Strohm, TCP 송유관 계약 체결로 이집트 시장 진출 (26.5.29.)

※ [Composites World] Strohm은 이집트에서 첫 계약을 수주했으며, 수심 600미터의 WDDM 해상 프로젝트에 2,000미터 길이의 탄소섬유 강화 PA12 TCP 유동관을 공급하게 되었다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/strohm-enters-egyptian-market-following-tcp-flowline-contract>
- <https://www.compositesworld.com/suppliers/strohm>
- #네덜란드 #이집트 #풍력/에너지 #송유관 #탄소섬유 #복합소재 #수지
- 저자 : 스콧 프랜시스, 가드너 비즈니스 미디어 편집장

- 열가소성 복합 파이프(TCP, Thermoplastic composite pipe) 제조업체인 Strohm(네덜란드 이즈무이덴)이 이집트 해상에서 Burullus Gas Co.(EGAS, Shell, Petrona 삼자 합작 투자회사)가 운영하는 서부 델타 심해 해양(WDDM, West Delta Deep Marine) 프로젝트 중 하나에 2,000미터 길이의 송유관을 공급하는 계약을 체결했다. 이번 계약은 네덜란드 제조업체인 Strohm이 이집트에서 수주한 첫 번째 계약이다.
- 탄소섬유 강화 PA12 TCP 송유관은 설계 압력이 5,000psi이며 DNV-ST-F119 표준을 충족한다. 이 송유관은 Oceaneering International(미국 텍사스주 휴스턴)에서 수심 약 600m 해저에 설치될 예정이며, 기존의 강철 송유관을 대체한다. 다목적 선박을 활용할 수 있고 특수 설치 선박이 필요 없는, 유연성이 뛰어나고 비용 효율적인 수평 부설 공법을 사용하여 설치된다. Strohm에 따르면, 이는 해당 지역에서 사용되는 최초의 TCP 솔루션이다.
- Strohm의 아프리카 사업 개발 담당 매니저인 노먼 렌츠는 “이집트 현지 시장 진출은 통신 사업자들이 당사의 TCP 제품, 풍부한 실적, 그리고 일관된 품질과 성능을 제공하는 능력에 대해 갖고 있는 신뢰를 보여주는 것이다.”라고 말하며, “이번 계약은 당사에게 중요한 이정표가 될 것이다.”라고 덧붙였다.



그림 28. Strohm의 TCP 유동관은 가스 생산에 사용될 예정. 출처 | Strohm

□ 미국 Nano Dimensions, MarkForged를 Stratasys에 매각('26.05.29.)

※ [Composites World] 4,250만 달러 규모의 이번 인수 거래를 통해 MarkForged의 연속 탄소섬유 적층 제조 기술, 소재 및 리셀러 네트워크는 Strata시스의 복합소재 제품군에서 부족했던 부분을 채울 것이다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/nano-dimensions-sells-markforged-to-stratasys>
 - <https://www.compositesworld.com/suppliers/stratasys>
 - <https://www.compositesworld.com/suppliers/markforged>
 - #미국 #적층제조 #인수 #탄소섬유 #3D 프린팅
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
-
- 3D 적층 제조(AM) 솔루션 기업인 Stratasys Ltd.(미국 미네소타주 미네통카)는 Nano Dimension(미국 매사추세츠주 월섬)으로부터 MarkForged Inc.(미국 매사추세츠주 월섬)를 4,250만 달러에 전액 현금으로 인수하는 최종 계약을 체결했다.
 - Nano Dimension는 Metal Binder Jetting 제품 라인을 유지하고, 하드웨어, 소프트웨어, 재료 및 리셀러 네트워크를 포함한 나머지 모든 사업 부문은 Stratasys로 이 전한다. 이번 거래는 규제 당국의 승인 및 일반적인 거래 완료 조건이 충족되는 대로 2026년 하반기에 마무리될 것으로 예상된다.
 - MarkForged의 제품을 Stratasys의 기존 제품 및 역량에 추가함으로써 Stratasys는 다음과 같은 여러 측면에서 발전할 것으로 예상된다.
 - Stratasys는 MarkForged의 연속 탄소섬유(CCF) 기술 분야로 사업 영역을 확장한다. MarkForged의 차별화된 소재 기술은 자사의 광범위한 FFF(Fused Filament Fabrication) 3D 프린터 포트폴리오 전반에 걸쳐 활용되며, 특히 항공우주 및 방위 산업 분야에서 공구, 고정 장치, 지상 지원 장비 및 특정 생산 부품에 적용될 것으로 기대된다. 이 기술은 기존 제조 방식을 보완하는 기계적 성능과 속도를 제공한다.
 - 이러한 맥락에서 Stratasys는 이제 광범위한 고성능 폴리머 및 금속 필라멘트를 확보하게 되어 고객 기반을 더욱 확대할 수 있는 기회를 얻게 되었다.
 - 상호 보완적인 소프트웨어 기능. 이번 거래를 통해 Stratasys의 소프트웨어 제품군도 강화될 것으로 기대된다. MarkForged의 광범위한 소프트웨어 플랫폼은 시뮬레이션 및 검사와 같은 고성능 기능을 포함하여 제조 워크플로우 및 원격 인쇄에 이상적으로 적합하며, 보안을 최우선으로 고려한다. 또한 MarkForged는 고객 중심 워크플로우 및 통합 생태계에 대한 풍부한 전문성을 보유하고 있어 디지털 제조

이니셔티브를 더욱 가속화할 것이다.

- Stratasys의 시장 진출 네트워크 범위와 지리적 입지를 재편한다. MarkForged의 파트너 및 리셀러 네트워크를 Stratasys와 통합함으로써 Stratasys의 파트너 네트워크를 강화하고 교차 판매 기회를 창출하여 고객에게 더 다양한 선택권과 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.
- VoxelMatters에 따르면, Nano Dimension의 Markforged 매각은 수년간 지속된 공격적인 인수 전략이 거의 완전히 무너지는 과정의 가장 최근 단계이다. Stratasys에 대한 적대적 인수 시도가 실패하고, 이후 Desktop Metal을 인수했지만 곧바로 매각을 시작하여 결국 파산 절차를 밟게 된 Nano Dimension은 기존의 핵심 사업인 AME(Advanced Manufacturing Engineering) 사업과 Fabrica 마이크로 적층 제조(micro-AM) 사업부도 한때 가치 있었던 금액의 극히 일부에 불과한 가격으로 매각했다. Nano Dimension은 MarkForged 매각을 연간 약 1,500만 달러의 현금 소진을 줄이기 위한 광범위한 자산 유동화 단계의 일환으로 설명하고 있다.
- 2025년 Markforged는 약 7천만 달러의 매출을 올렸다. Stratasys는 인수 완료 후 1년 이내에 총마진 증가와 상당한 비용 시너지 효과, 그리고 긍정적인 EBITDA 기여를 기대한다.



그림 29. 출처 | 게티 이미지

□ 미국 Stratview Research 백서, 복합재 제조 분야의 AI 전환 분석 (26.05.29.)

※ [Composites World] 복합재료 가공 공정의 상당 부분이 여전히 수작업으로 이루어 지지만, 이 무료 백서에서는 AI가 재료 낭비, 시대에 뒤떨어진 추적 시스템, 비효율성 등 여러 문제점을 해결하고, 나아가 AI의 발전을 저해하는 요소들을 분석한다. /News

- <https://www.compositesworld.com/news/nano-dimensions-sells-markforged-to-strat-asy>
 - #미국 #적층제조 #인수 #탄소섬유 #3D 프린팅
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
- Stratview Research(미국 미시간주 디트로이트)가 Composites 플랫폼에서 무료로 제공하는 최신 백서 " 복합재료 제조 분야의 인공지능 (AI)"을 발간했다. 이 보고서는 세계에서 가장 첨단적인 응용 분야에 사용되는 부품을 생산함에도 불구하고 여전히 수작업 공정에 크게 의존하는 복합재료 제조 산업에서 AI의 진화하는 역할에 대한 심층적인 분석을 제공한다.
 - 본 백서에는 다음과 같은 내용이 포함되어 있다.
 - (핵심 기여 영역 파악) AI가 효율성(AFP에서 폐기물 80% 감소), 설계 속도(동체 부분 금형 설계 속도 80% 향상) 및 생산 품질(최초 생산 성공률 96%) 전반에 걸쳐 어떻게 엄청난 성과를 이끌어내는지 분석.
 - (업계 동향) 복합재 가치 사슬의 다양한 단계에 있는 25개 이상의 기업 전문가들을 대상으로 AI 도입에 가장 중요한 기능 영역, 도입 일정 등을 파악하기 위한 설문조사를 실시
 - (기업 역량 분석) 본 연구는 복합재 산업을 위한 다양한 AI 솔루션 제공업체의 시장 포지셔닝 개괄적 제시
 - (미래 전망) 현재 통합을 늦추는 주요 장애물, 즉 전문 기술 부족, 인식 부족 및 향후 시장 성장에 영향을 미치는 기타 요인에 대한 논의
 - 산업 전반에 걸쳐 AI 도입률이 2017년 약 20%에서 2024년 75% 이상으로 급격히 증가하고 있는 가운데, 보고서는 제조업, 특히 복합재 산업은 여전히 AI 도입률이 낮아 혁신을 위한 상당한 기회가 있다고 강조한다.

백서에서 강조된 핵심적인 통찰은 "글로벌 최적화 격차"의 출현이다.

- 본 연구는 복합재 제조 과정에서 발생하는 주요 운영상의 병목 현상을 파악한다. 여기에는 종이 기반 추적 시스템에 대한 의존, 재료 낭비(20~40%에 달하는 경우가 많음), 그리고 생산 전 설계 분석의 비효율성이 포함된다. 또한, 인공지능(AI)이 지능형 재료 추적, 설계 최적화, 예측 유지보수, 시뮬레이션 개선 등의 응용 분야

를 통해 이러한 문제들을 어떻게 해결해 나가고 있는지 살펴본다.

- 이 보고서는 AI 애플리케이션을 크게 세 가지 부문으로 분류한다.
 - **자산 추적 및 자재 정보 분석** 현재 가장 빠르게 성장하고 투자 수익률(ROI)이 가장 높은 분야
 - **설계 및 프로세스 최적화** 장기적으로 더욱 심층적인 가치 제공
 - **AI가 통합된 하드웨어** 스마트 제조 및 검사 시스템 포함
-
- 이 연구는 Hexcel, Plyable, Convergent Manufacturing Technologies, AddComposites와 같은 기업 및 학계 대표를 포함한 업계 주요 전문가들의 직접적인 관점을 반영하여 도입 일정, 과제 및 미래 기회에 대한 현실적인 시각을 제공한다.
-
- 보고서에는 주요 결과, 도입 장벽, 그리고 향후 발전 방향에 대한 전망 등 흥미로운 추가 정보가 담겨 있습니다. 백서는 다음에서 무료로 다운로드할 수 있다 .

<https://www.composights.com/composights-portal/ai-in-composites-manufacturing>



그림 30. AI 홀로그램. 출처 | 게티 이미지