

'26.06.15.~26.06.21. 글로벌 탄소산업 주요 동향

□ 복합재 최종 시장: 에너지(2026)(`26.06.19.)

※ [Composites World] 복합재료는 새로운 소재와 재활용 가능한 풍력 터빈 블레이드 설치부터 원자력용 CMC 및 해상 석유 파이프라인에 이르기까지 에너지 혁신을 지속적으로 주도하고 있다. /Article

- [https://www.compositesworld.com/articles/composites-end-markets-energy-\(2026\)](https://www.compositesworld.com/articles/composites-end-markets-energy-(2026))
 - <https://www.iea.org/>
 - #풍력/에너지 #탄소섬유 #유리섬유 #복합재료 #시장전망
 - 저자 : 한나 메이슨, CompositesWorld 기술 편집자
- 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency; 프랑스 파리)가 지난 4월 말에 발표한 '2026년 세계 에너지 전망'에 따르면, 전 세계 에너지 수요는 2025년에 1.3% 증가할 것으로 예상되며, 이는 2024년의 2% 증가율보다 상당히 둔화된 수치이다.
 - IEA는 이러한 둔화의 원인으로 동남아시아 등 일부 지역의 냉방 수요 감소, 에너지 효율 개선, 에너지 집약적 산업의 경제 성장 둔화 등을 꼽았다.
 - 그럼에도 불구하고, 태양광, 풍력, 석유, 천연가스, 석탄, 원자력, 고체 바이오에너지, 액체 바이오연료 및 기타 재생에너지를 포함한 모든 연료 유형에 대한 수요는 태양광과 천연가스를 중심으로 다양한 수준으로 증가했으며, 중국이 전 세계 에너지 수요에서 가장 큰 비중을 차지했고 그 뒤를 미국이었다.
 - 전 세계 전력 수요는 약 3% 증가했는데, 이는 전체 에너지 수요 증가율보다 높은 수치이다. IEA는 특히 전기 자동차와 데이터 센터의 수요가 빠르게 증가하고 있다고 지적했다.
 - 복합소재는 금속과 같은 기존 소재에 비해 본질적으로 가볍고 내식성이 뛰어나다는 장점 때문에 풍력 및 조력 터빈의 블레이드부터 해상 석유 및 가스 파이프라인 등 에너지 산업의 다양한 분야에 지속적으로 활용되고 있다.
 - 다음은 모든 내용을 망라하는 것은 아니지만, 지난 한 해 동안 에너지 산업 내 복합재료에 영향을 미친 주요 뉴스 및 기술 개발 사항 중 일부를 간략하게 정리한 것이다.

풍력에너지(Wind Energy): 기록적인 성장, 새로운 기술, 재활용 계획

- 수년간 풍력 터빈 분야는 복합 재료, 특히 경량화 및 점점 더 길어지는 블레이드를 가능하게 하는 유리섬유 복합재와 스파 캡을 보강하는 탄소섬유 복합재를 가장

많이 소비해 왔다.

- 세계풍력에너지협의회(GWEC, Global Wind Energy Council; 벨기에 브뤼셀)가 4월에 발표한 '2026년 세계풍력 보고서'에 따르면, 2025년 전 세계적으로 약 165GW 신규 풍력 발전 설비가 설치될 것으로 예상된다. 이는 새로운 기록이며, 이전 최고치였던 2024년과 2023년의 117GW보다 40% 증가한 수치이다. 이로써 전 세계 누적 풍력 발전 용량은 약 1,299GW(육상 약 1,200GW, 해상 약 92.3GW)에 달할 것으로 전망된다. 이 신규 설비 용량은 육상 풍력 발전 155GW와 해상 풍력 발전 9.2GW로 구성된다.

아시아 태평양 지역은 풍력 에너지 성장을 주도하고 있으며, 중국과 인도의 폭발적인 성장에 힘입어 전 세계 시장 점유율의 80%를 차지하는 것으로 알려져 있다.

- GWEC의 CEO인 벤 백웰은 보고서 요약에서 풍력 산업(그리고 모든 재생 에너지)의 성공과 기회는 '에너지 전환이 기후 변화 대응만큼이나 전략적 필수 과제가 되었기 때문'이라고 설명한다. 그는 특히 중동 지역의 지정학적 긴장이 '화석 연료에 의존하는 경제의 취약성을 다시 한번 드러냈다'며, 풍력 에너지를 도입하는 국가들은 '탈탄소화를 가속화할 뿐만 아니라 점점 더 불안정해지는 세계 정세 속에서 경쟁력을 강화하고 있다'고 말한다.
- 유럽은 독일과 터키의 성장에 힘입어 300GW 이상의 풍력 발전 설비를 보유한 두 번째로 큰 지역 시장이다. 북미는 미국의 전년 대비 71% 증가를 포함하여 여전히 세 번째로 큰 시장이며, 그 뒤를 이어 라틴 아메리카와 아프리카/중동이 있다.
- 향후 전망으로, GWEC는 2030년까지 전 세계 풍력 에너지 용량이 2TW에 달할 것으로 예측했으며, 아시아 태평양 지역에서도 성장세가 지속될 것으로 전망했다.

육상 및 해상 풍력 발전을 지원하는 투자, 용량 증대 및 연구

- 기록적인 성장과 더불어 지난 한 해 동안 풍력 에너지 시장에서 새로운 자금 조달, 시설 확장, 신규 연구 및 파트너십과 관련된 많은 발표가 있었다.

- **공급망: 공구 및 자재 생산 능력 증대.** 풍력 블레이드 제조 시장을 지원하기 위해 많은 공급업체들이 OEM 및 블레이드 제조업체가 사용하는 필수 자재, 공구 및 장비 생산량을 늘리기 시작했다.



- SAERTEX Group(독일 자르베크)의 자회사인 Fiberserve(FBV, 독일 자르베크)는 로터 블레이드 제조를 지원하기 위해 멕시코에 키트 절단 설비를 추가했다.

그림 1. 멕시코에서 Saertex 유리섬유 무크림프 직물(NCF)의 키트 커팅이 증가한 것은 북미 블레이드 제조업체에 대한 호재로 해석된다. 출처 | Saertex

- Gruit(스위스 취리히)는 아시아 태평양 지역의 풍력 터빈 제조업체에 맞춤형으로 설계된 압출 성형 유리섬유 블레이드 뿌리 보강재를 공급하는 새로운 다년간 계약을 발표했으며, 풍력 터빈 OEM 업체에는 옵티코어 키트를 공급하는 계약을 체결했다.
- 공구 및 복합재 부품 제조 회사인 DFS Composites Ltd.(영국 페어햄)는 멕시코 시우다드 후아레스에 위치한 30만 평방피트 규모의 풍력 터빈 블레이드 공구 제조 시설을 인수했다. DFS Composites는 이번 인수를 통해 영국, 인도, 중국에 있는 기존 공장과 더불어 주요 글로벌 고객과 인접한 핵심 지역에 전략적으로 자리매김하게 되었으며, 미국, 멕시코, 남미 지역의 증가하는 수요에 대응할 수 있게 되었다.
- 복합재 압출 전문업체인 Exel Composites(핀란드 반타)와 Kinenco Group(인도 고아)의 합작 투자 회사인 Kinenco Exel Composites India(인도 고아)는 풍력 터빈 블레이드 스파 캡 및 기타 보강재에 사용되는 대량 탄소섬유 평판 생산을 목표로 2024년에 완공된 인도 반다 공장이 본격적인 양산 단계에 진입하여 고객에게 부품을 출하하기 시작했다고 발표했다.
- 연구 개발 분야에서는 국립복합소재센터(NCC National Composite Center; 영국 브리스틀)가 Vestas(덴마크 오르후스)를 설립 파트너로 하여 대형 구조물 혁신 센터(LSIC, Large Structures Innovation Centre; 영국 화이트섬)를 설립할 계획이라고 발표했다. LSIC는 대형 고성능 복합 구조물의 개발, 실증 및 산업화를 지원하기 위해 설계된 개방형 국가 시설로, 초기에는 풍력 에너지 산업에 중점을 둘 예정이다. NCC는 LSIC의 공식 출범을 2027년으로 예상하고 있다.
- **해상풍력 개발 지원.** 육상풍력이 설치량과 현재 가동 중인 발전량 면에서 여전히 우위를 점하고 있지만, 특히 아시아와 유럽에서 해상풍력 발전소가 성장하고 있다.
- 이를 지원하기 위해 Vestas(덴마크 오르후스)는 영국과 유럽의 해상풍력 수요를 충족하기 위해 스코틀랜드에 새로운 나셀 및 허브 공장을 설립할 계획을 발표했다.
- 또한 노르웨이 해상풍력공사(NOW, Norwegian Offshore Wind; 노르웨이 하우게순드)와 독일-노르웨이 상공회의소, 프랑스 해상재생에너지 협회는 각각 필요한 공급망과 정책 입안자들을 연결하여 해당 지역의 해상풍력 성장을 지원하는 데



그림 2. 덴마크 Vestas 나크스코브 블레이드 공장의 V236-15.0MW 블레이드 금형. 출처 | Vestas A/S

중점을 둔 파트너십을 발표했다. 영국에서는 Crown Estate(영국 런던)가 해당 지역의 해상풍력 성장을 지원하기 위해 최대 4억 파운드를 투자할 계획을 발표했다.

- 연구 분야에서는 Navacel(스페인 에란디오)이 주도하고 2025년에 시작된 3년짜리 하이제코(HAIZEEKO) 프로젝트가 지속가능성, 에너지 효율성 및 내구성 향상에 중점을 두고 해상풍력 발전에 필요한 기술을 개발하는 데 주력하고 있다. 연구 대상 기술에는 재활용 가능한 블레이드 소재, 세라믹 보호 코팅, 예방 유지보수 모니터링 기술 등이 포함된다.
- Navacel과 함께 Argolabe Ingeniería(스페인 에란디오), Mecanizados Ekimen(스페인 아비디아노), Global Factor(스페인 빌바오), Innomat Coatings(스페인 산세바스티안), Innovation Tree(스페인 산세바스티안), Manutención y Manipulación Eraman(스페인 아비디아노), Kera-Coat(스페인 에란디오) 및 Mandiola Composites(스페인 엘고이바르)가 프로젝트 컨소시엄을 구성한다.
- HAIZEEKO 프로젝트에는 Cidetec Surface Engineering(스페인 산세바스티안)과 Tecnalía(스페인 데리오)가 RVCTI 에이전트로 참여하며, Basquenergy Cluster(스페인 빌바오)와 협력한다.

점점 더 자동화되고 디지털화된 현장 검사 및 수리 기술

- 기존 풍력 터빈 블레이드 수리에도 상당한 투자와 지속적인 혁신이 필요하다는 점에 주목할 필요가 있다. 시장 조사 및 컨설팅 전략 회사인 IntelStor(미국 텍사스주 휴스턴)에 따르면, 2025년 미국 풍력 산업은 풍력 터빈 수리에 29억 2천만 달러 이상을 지출할 것으로 예상된다. 이 중 블레이드 수리가 약 37%를 차지하며, 낙뢰 손상이 가장 비용이 많이 드는 수리 유형이고, 그 다음으로 블레이드 뿌리 파손이 뒤를 잇는다.
- 전통적으로 풍력 터빈 블레이드 수리는 비용이 많이 들고 기술자들이 수행하기 어려운 작업이었지만, 최근에는 이러한 과정을 지원하는 여러 신기술이 개발되었다.
- **로봇을 이용한 수리 패치 기술.** EDP Renewables(포르투갈 리스본)가 주도하는 ROMAIN 프로젝트는 복합재 풍력 터빈 블레이드의 구조적 수리를 자동화하는 로봇 시스템을 개발하고 현장 검증을 완료했다. Tecnalía(스페인 산세바스티안)에서 개발한 이 시스템은 로봇 어플리케이션이 터빈을 따라 이동하며 진공 압축 및 제어된 현장 열 경화 방식을 사용하여 미리 제작된 프리프레그 패치를 부착한다. 이 연구는 현재 진행 중이지만, Tecnalía는 지금까지 수리 시간을 약 50% 단축하는 데 성공했으며 두 가지 프리프레그 시스템을 평가했다.
- **증강현실(AR) 기반 검사.** Spiral Science and Technology Inc.(미국 매사추세츠주 보스턴)의 로보스코프(Roboscope)는 풍력 터빈 블레이드 품질 관리를 지원하고

종이 기록을 대체하도록 설계된 증강현실(AR) 검사 플랫폼이다. 검사자는 아이폰의 LiDAR를 사용하여 블레이드 표면의 결함 부위에 AR 마커를 직접 배치하고, 마커는 결함 유형, 공간 좌표, 치수 데이터, 검사자 ID 및 타임스탬프를 기록한다.



그림 3. EDP의 라 카바냐 풍력 발전소에서 진행된 수리 검증 시험 중, 테크날리아 패치 적용기가 통합된 에어로네스 로봇 배치 시스템의 전경. 출처 | ROMAIN 프로젝트

- **현장 블레이드 뿌리 수리.** 로터 블레이드 전문업체인 We4Ce(W4C, 네덜란드 알멜로)와 정밀 가공 전문업체인 CNC Onsite(덴마크 베일레)는 블레이드 뿌리 부상의 느슨함을 현장에서 수리하는 'Re-FIT'이라는 재제조 방식을 공동 개발했다. 이 방식은 블레이드를 외부로 운송하거나 블레이드를 폐기할 필요가 없다.
- **디지털 방식의 풍력 터빈 블레이드 앞전 형상 검사.** 3D 표면 검사 기술 기업인 8tree(독일 콘스탄츠 및 미국 캘리포니아주 란초 쿠카몽가)는 풍력 터빈 블레이드 앞전 형상 검사를 위해 수동 측정 방식과 계측기를 대체하도록 설계된 디지털 광학 검사 제품인 profileCHECK을 출시했다. 이 시스템은 측정 정확도를 향상시키고 디지털 트레이싱 기능을 제공한다.

단일 날개 또는 날개 없는 터빈을 포함한 새로운 설계들이 개발 중이다.

- 풍력 터빈과 관련 풍력 발전 시스템을 재설계하는 것을 목표로 하는 다양한 개발 계획이 있으며, 여기에는 터빈 블레이드의 일부(또는 전부)를 제거하여 비용을 절감하는 것을 목표로 하는 계획도 포함된다.
- 스타트업 기업인 TouchWind B.V.(네덜란드 아인트호벤)는 파트너사인 We4Ce(네덜란드 알멜로) 및 Kleizen(네덜란드 헹겔로)과 함께 단일 로터 방식의 자가 조절식 부유식 풍력 터빈을 개발했다. 이 터빈은 심해에서도 지속적으로 가동될 수 있도록 설계되었으며, 기존의 3엽 터빈보다 설치 간격을 좁혀 비용을 절감할 수 있다. 현재 시제품은 We4Ce가 개발한 혁신적인 원샷 주입 공정을 통해 유리 섬유 강화 에폭시로 제작되었으며, Kleizen이 제작한 복잡한 금형을 사용했다.



그림 4. 해양에 설치된 1엽 풍력 터빈 시연기. TouchWind의 단일 로터 자가 조절식 부유식 풍력 터빈으로 구성된 풍력 발전 단지의 조감도. 출처 | TouchWind BV

- 복합소재 기둥을 사용하는 다양한 유형의 블레이드리스 풍력 터빈(BWT, Bottom-Based Water Turbine)은 일반적으로 도심 지역에 적합한 소형 시스템으로, 개발 초기 단계에 있지만 기존의 다중 블레이드 터빈만큼의 효율을 달성하는

것은 어려운 과제이다. 스코틀랜드 글래스고 대학교(GU, 영국 글래스고)의 엔지니어들은 설계 프로세스를 최적화하고 BWT 기술을 확장하기 위해 컴퓨터 모델링 기술을 활용하여 수천 가지 설계 변형에 대한 성능을 시뮬레이션하고, 발전량과 구조적 강도의 균형을 맞춘 설계를 도출하는 연구 결과를 발표했다.

- '미래에는 BWT가 기존 풍력 터빈의 활용도가 낮은 도심 환경에서 풍력 발전을 하는데 매우 중요한 역할을 할 수 있을 것이다. BWT는 기존 풍력 터빈보다 소음이 적고, 공간을 적게 차지하며, 야생 동물에 미치는 위험도 적고, 움직이는 부품도 적어 정기적인 유지 보수도 덜 필요할 것이다.'라고 논문의 저자 중 한 명인 글래스고 대학교 제임스 와트 공과대학(영국 글래스고)의 릭 말릭 박사는 설명한다.
- 다양한 크기와 날개 수를 가진 지상형 터빈 외에도, 연을 비롯한 복합소재를 활용하는 공중 풍력 에너지(AWE, airborne wind energy) 시스템이 여러 가지 있다. 헬륨으로 부양되는 비행선에 통합형 풍력 터빈을 장착하여 지상 터빈보다 더 강하고 안정적인 고고도 바람을 활용하는 약 2,000미터 상공 고고도 시스템도 있다.

- 중국 스타트업 Beijing Linyi Yuanchuan Energy Technology(중국 베이징)가 개발한 이 시스템은 S2000 공중 풍력 발전 시스템으로 불리며, 터빈 날개, 본체, 대형 덕트 구조물, 에어백, 계류/테더 케이블 등에 탄소섬유와 케블라 복합소재를 혼합하여 사용하는 것으로 알려져 있다.



그림 5. 비행 중인 S2000 공중 풍력 발전 시스템. 출처 | Tao Mingyang/Global Times

풍력 산업에 최적화된 탄소섬유 연구

- 소재 분야에서도 주목할 만한 연구 개발이 활발히 진행되고 있는데, 새로운 낙뢰 보호 솔루션부터 바이오 기반 수지 또는 섬유의 활용에 이르기까지 다양한 연구가 이루어지고 있다.
- 오크리지 국립연구소(ORNL, Oak Ridge National Laboratory; 미국 테네시주 오크리지)가 샌디아 국립연구소(미국 뉴멕시코주 앨버커키) 및 몬태나 주립대학교(MSU, 미국 몬태나주 보즈먼)와 협력하여 진행 중인 탄소섬유 설계 프로젝트가 있다. 이 연구팀은 지난 몇 년간 탄소섬유의 압축 강도를 높이는 동시에 생산 비용을 최대한 낮추는 새로운 방법을 연구해 왔다.
- 미국 에너지부(DOE, U.S. Department of Energy)의 지원을 받는 이 연구는 초기에는 풍력 발전 블레이드 스파 캡과 같은 풍력 에너지 분야에 적용될 예정이며, 3개

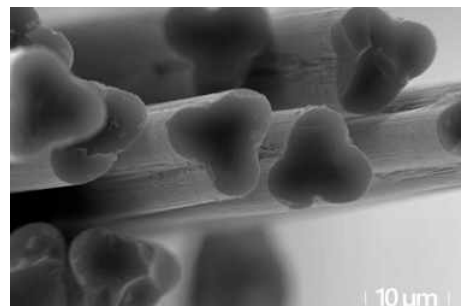


그림 6. 국립 연구소와 대학 연구진이 주도하는 탄소섬유 설계 프로젝트는 풍력 발전 및 기타 분야에 적용 가능한 압축 성능을 갖춘, 산업 현장에 바로 사용 가능한 저비용 탄소섬유 개발을 목표로 하고 있다. 출처 | 오크리지 국립 연구소(ORNL)

의 로브로 구성된 단면 직경과 특수 제조 공정을 통해 최적화된 섬유를 개발하고 궁극적으로 상용화하는 것을 목표로 하고 있다.

풍력 터빈 날개 재활용

- 풍력 발전 산업에서는 수명이 다한 풍력 블레이드의 유리섬유와 탄소섬유를 재활용하거나 용도를 변경하는 솔루션을 지속적으로 우선 과제로 삼고 있다.
- **기계적 또는 시멘트 소성로 공동 처리.** 가장 쉽게 이용 가능한 상업적 솔루션으로는 풍력 터빈 블레이드를 기계적으로 파쇄하거나 분쇄하여 그 조각을 충전재 또는 사출 성형 펠릿에 사용하거나 시멘트 생산에서 화석 연료를 대체하는 방식이 있다.
- 이러한 서비스를 상업적으로 제공하는 기업으로는 Veolia(미국 미주리주 루이지애나 및 프랑스 파리)가 있다. Veolia는 GE Renewable Energy(미국 보스턴)와 협력하여 2020년에 미국에 풍력 터빈 블레이드 재활용 시설을 설립하여 시멘트 공동 처리를 지원하고 있다.
- Regen Fiber(미국 아이오와주 페어팩스)는 2024년에 콘크리트 및 아스팔트 강화 첨가제 생산 시설을 개설했다. Isodan Engineering ApS(덴마크 홀레비)는 이동식 기계 기반 풍력 터빈 블레이드 재활용 장치를 개발했으며, 이 장치는 Greater Renewable of Iowa(미국 아이오와주 오그던)에 납품되었고, 교대 근무당 약 20,000파운드의 재료를 처리할 수 있다.
- 수명이 다한 풍력 터빈 블레이드 재활용이 가장 주목받지만, 제조 과정에서 발생하는 폐기물, 특히 스파캡에 사용되는 고부가가치 탄소섬유 복합재를 처리하는 다양한 솔루션도 마련되어 있다는 점에 주목할 필요가 있다.
- 재활용 탄소섬유(rCF) 소재 공급업체인 Fairmat(프랑스 파리)는 JEC World 2026에서 재활용 스파캡 생산 폐기물을 활용한 신제품을 선보였다. Fairmat의 최신 FairBoard 제품은 최대 4 x 1.6미터 크기의 패널로, 풍력 에너지 산업에서 수거한 압출 성형 스파캡에서 발생하는 rCF/PE 또는 VE 폐기물을 기반으로 제조된다.



그림 7. 위쪽 이미지는 Regen Fiber의 아이오와 재활용 생산 라인을 보여줍니다. 아래쪽 이미지는 GRI에 설치된 (Isodan Engineering의 컨테이너형 재활용 공장을 보여줍니다. 출처 | Regen Fiber (위), Isodan Engineering (아래)



그림 8. 풍력 터빈 날개 끝부분을 재활용하여 만든 판자. FairBoards는 재활용 풍력 터빈 블레이드 스파캡과 같은 압출 성형 프로파일로 만든 다층 패널로 JEC World 2026에서 전시. 출처 | CW

- Fairmat는 이러한 스파 캡을 원하는 크기로 절단하는 저에너지 절단 방식을 개발 및 특허 출원했으며, 절단된 소재는 유리섬유와 새로운 액체 에폭시 층 사이에 적층된다. 보드는 밀폐된 금형에서 압착된 후 다듬고 도색하여 조리대, 벽 또는 천장 패널로 사용할 수 있는 최종 제품을 만든다.
- **용매분해 및 열분해/열분해.** 화학적(용매분해) 또는 열적(열분해 또는 열분해) 방식으로 섬유를 수지에서 분리하는 기술이 풍력 산업을 비롯한 여러 산업 분야에 널리 활용되고 있다. 풍력 터빈 재활용 솔루션에 주력하는 기업으로는 풍력 터빈 블레이드 및 선박 선체와 같은 기타 GFRP 부품에 대한 상용 열분해 공정을 제공하는 Carbon Rivers Inc.(CRI, 미국 테네시주 녹스빌)와 유리 및 탄소섬유를 포함한 풍력 터빈 블레이드 소재의 열분해 재활용 기술을 개발한 Gjenkraft AS(GJK, 노르웨이 회양에르)가 있다.
- 2025년 가을, Gjenkraft는 연간 처리 용량 2,800톤 규모의 첫 번째 산업 플랜트 건설 자금을 확보했다고 발표했으며, 유럽 전역으로 사업을 확장하여 2035년까지 총 10만 톤의 처리 용량을 달성할 계획이라고 밝혔다. 많은 재활용 기업과 마찬가지로 젠크라프트는 제조 과정에서 발생하는 폐기물 재활용에도 참여하고 있으며, 특히 2025년 가을에는 Original Composites & FiberGlass(미국 오하이오주 톨레도)와 폐기물을 새로운 유리섬유 생산에 다시 통합하는 폐쇄 루프 시스템 구축을 위한 협약을 체결했다.
- **REFRESH 컨소시엄: 모든 주요 재활용 유형 발전.** 연구 분야에서 주목할 만한 프로젝트로는 REFRESH가 있다. 2023년에 시작된 이 3년짜리 EU 지원 프로젝트 및 컨소시엄은 마무리 단계에 접어들었으며, 2026년 5월 총회에서 스마트하고 순환적인 GFRP 풍력 터빈 블레이드 재활용 시스템 구축이라는 목표를 향해 상당한 진전을 이루었다고 발표했다.
- 이 프로젝트는 기계적(Gees Recycling, 이탈리아 아비아노), 열적(Gjenkraft) 및 마이크로파 보조 열분해(CIRCE 기술 센터, 스페인 사라고사) 재활용 공정의 개발 및 규모 확대를 비롯하여 재활용 재료의 다양한 새로운 응용 분야, 추적 기술 및 지속가능성 평가를 포함했다.
- 2025년 REFRESH는 기계적, 열분해 및 마이크로파 보조 열분해(MW-열분해) 공정에 대한 전 생애 주기 평가(LCA) 결과를 발표하여 GFRP 재료 소각 대비 전반적인 환경 영향 감소를 보고했다. 최근에는 풍력 터빈 블레이드에서 얻은 재활용 유리



그림 9. REFRESH 컨소시엄의 진공 주입식 블레이드 끝단 프로토타입은 다른 풍력 터빈 블레이드에서 추출한 재활용 유리섬유(rGF) 매트를 일부 사용하여 제작되었다. 출처 | Gjenkraft AS

섬유(rGF) 매트릭스로 만든 진공 주입 블레이드 팁 프로토타입을 개발했으며, 그 기계적 특성이 순수 유리섬유 재료와 동등하다고 주장했다.

- **풍력 발전기 날개를 재활용하여 다리 및 가구 제조**, 날개를 매립지에 버리는 대신 에너지 소비를 최소화하고 접근성을 높이는 가장 손쉬운 해결책 중 하나이다. 여러 연구 그룹과 기업들이 날개를 활용하여 새로운 보행자 다리, 야외 가구, 쌍동선 시제 장치 등을 제작하고 있다.

- 2025년, 5개 대학의 교수진, 직원, 학생들이 힘을 합쳐 설립한 리와인드 네트워크 그룹(Re-Wind Network Group, RWN)은 미국 조지아주 애틀랜타에 세 번째 블레이드브리지(BladeBridge) 보행자 다리를 완공했다고 발표했다(첫 번째와 두 번째 다리는 아일랜드에 위치). 이 다리는 약 15미터(50피트) 길이이며, Siemens Gamesa(스페인 사무디오)에서 기증된 폐기된 풍력 발전기 블레이드 두 개를 활용하여 건설되었다.



그림 10. 풍력 터빈 블레이드를 재활용하여 만든 다리 하부 및 풍력 터빈 날개로 만든 보트 (위) 미국 조지아주 애틀랜타에 최근 설치된 블레이드브리지(BladeBridge)의 아랫면으로 기증받은 풍력 발전기 블레이드를 재활용하여 중앙 지지대로 사용했고, (아래) 인도 스타트업 아크보트란시로 테크(Akvotransiro Tech)가 개발한 낚시용 쌍동선 출처 | Joseph Taylor, Re-Wind USA(위), Akvotransiro Tech(아래)

- 2026년 초, Re-Wind는 연구 파트너들과 공동으로 폐기된 풍력 터빈 블레이드로 만든 트레일 교량과 강철, 목재, FRP 교량의 기술경제적 및 수명주기 영향을 분석 및 비교한 논문을 발표했다고 밝혔다. 연구 결과에 따르면 BladeBridge는 시중에 판매되는 세 가지 교량보다 생산 비용이 훨씬 저렴하고 환경으로 배출되는 CO₂e(즉, 지구 온난화 잠재력)도 적은 것으로 나타났다.

- 이 그룹은 또한 아일랜드 코크(첫 번째 다리가 건설된 곳)에 블레이드브리지(BladeBridge)라는 스타트업을 설립하여 블레이드를 활용한 디자인 프로젝트를 계속 진행하고 있으며, 아일랜드에 본사를 둔 에너지 회사인 에네르지아 리뉴어블스(Energia Renewables, ERN, 아일랜드 코크)와 협력하여 폐기된 블레이드로 침터와 휴식 공간을 건설하는 프로젝트도 추진하고 있다.

- **재활용성을 고려한 설계.** 기존 블레이드 재활용 솔루션을 넘어, 풍력 블레이드 설계 초기 단계부터 재활용성을 고려하는 추세가 점차 확대되고 있다. 블레이드 수명이 다한 후 섬유를 재사용할 수 있도록 화학적으로 분리되도록 설계된 다양한 수지 시스템이 개발되었다. 현재 풍력 시장에서 사용되는 상용 수지로는 Aditya Birla Advanced Materials(인도 뭄바이)의 재활용 에폭시 수지인 Recyclamine(대만 난터

우)의 재활용 에폭시 및 열경화성 수지 제품군인 EzCiclo, 그리고 Arkema(프랑스 콜롱브)의 액상 열가소성 수지인 Elium 등이 있다.



그림 11, 덴마크 서해안에서 개발 중인 1.1GW 규모의 해상 풍력 발전 단지인 토르(Thor)에는 최대 15MW 용량의 풍력 터빈 72기가 설치될 예정이다. 이 중 40기는 재활용 가능한 블레이드를 장착할 것이다. 출처 | RWE/Niklas Marc Heinecke

- 이러한 소재를 사용하여 풍력 터빈 블레이드를 상용화한 최초의 기업은 Siemens Gamesa(스페인 사무디오)로, 2021년 자사의 첫 해상 풍력 터빈용 재활용 블레이드(RecyclableBlade)를 출시했다. 이 블레이드에는 기존 제조 공정에서 바로 대체 가능한 Recyclamine 에폭시가 적용되었다. Siemens Gamesa는 현재까지 이 블레이드에 대한 여러 건의 주문을 받았으며, 일본가와사키의 해상 풍력 발전소에도 설치되었다.
- 2026년 4월에는 에너지 기업 RWE(독일 에센)가 덴마크 해안에 설치 중인 1.1GW 규모의 토르(Thor) 해상 풍력 발전소에 재활용 블레이드가 장착된 터빈 40기(총 120개 블레이드)를 사용할 것이라고 발표했다. 2025년 가을에는 Swancor(대만 난터우)가 G가 RWE의 영국 소피아 풍력 발전소에 설치될 해상 터빈 50기에 자사의 이지시클로(EzCiclo) 수지를 사용할 것이라고 발표했다.
- 다른 여러 블레이드 제조업체, OEM 및 연구 기관들도 재활용을 고려한 유사한 설계 방안을 연구하고 있다. Reitewind(이탈리아 비피테노)는 LS20.X 풍력 블레이드의 수지 시스템 및 접착제로 Recyclamine을 선정했다고 발표했다. 2026년 4월 현재, 첫 번째 시제품이 생산에 들어갔다.
- 열가소성 수지와 유사한 재가공 및 수리성을 특징으로 하는 열경화성 플라스틱인 비트리머는 또 다른 잠재적으로 매력적인 대안이다. EU 자금 지원으로 2024년에 시작된 EOLIAN 연구 프로젝트는 기존 GFRP(유리섬유 강화 플라스틱)와 비교하여 재활용 가능하고 바이오 기반 소재로 풍력 블레이드를 개발하는 것을 목표로 하며, 바이오 기반 비트리머에 현무암 섬유를 주입한 독특한 조합을 연구하고 있다.
- 2026년 2월, 프로젝트 파트너인 Propplast(이탈리아 알레산드리아)와 밀라노 공과대학교(POLIMI, 이탈리아)는 Tekniker(스페인 기푸스코아)에서 합성한 60% 바이오 기반 비트리머와 현무암 섬유로 만든 시험 적층재의 첫 번째 주입 시험에 성공했다고 발표했다. 수지 배합, 구조 건전성 모니터링 기술 등에 대한 연구는 계속 진행 중이다.
- EU 자금 지원을 받는 BLADE2CIRC 프로젝트는 풍력 블레이드의 순환 경제 설계 솔루션으로 비트리머와 바이오 소재를 연구하고 있다. 2023년에 시작되어 스페인 사라고사에 위치한 Aitiip 기술 센터(스페인 사라고사)가 주도하는 이 42개월 컨소시엄 프로젝트는 재활용성을 향상시킨 동적 비트리머 시스템, 리그닌 섬유 기반 직물,

풍력 산업에 도입될 신소재의 표준 평가 방법론, 재활용 효소 등 다양한 기술을 연구하고 있다. 프로젝트 기간의 절반이 지난 2026년 4월, BLADE2CIRC는 2단계에서 검증 및 실증에 더욱 집중할 것이라고 발표했다.

- **재활용 소재의 새로운 활용법.** 풍력 터빈 날개에서 고품질 소재를 회수하는 것은 단지 첫걸음일 뿐이다. 이렇게 회수한 소재를 새로운 용도로 활용하는 것 또한 매우 중요하며, 많은 사람들이 이 과제에 매진하고 있다. 궁극적인 목표는 아마도 순환 경제, 즉 풍력 터빈 날개 소재를 재사용하여 새로운 날개를 제조하는 것일 것이다.

- 이러한 목표를 달성하기 위해, rGF(재생 유리섬유)로 만든 부직포 제조업체인 Beretex(스위스 로잔)와 소형 풍력 터빈 및 하이브리드 독립형 시스템 제조업체인 Raize Energy(스페인 카스탈라)는 Beretex의 100% rGF 부직포가 라이즈의 기존 공정이나 공구를 변경하지 않고도 현행 기준을 충족하면서 풍력 터빈 블레이드 제조에 사용되는 기존의 순수 유리섬유 직물을 완벽하게 대체할 수 있음을 입증하는 시범 연구를 완료했다.



그림 12. Verretex의 재활용 유리 소재를 사용한 Ryse 블레이드와 사용하지 않은 블레이드의 시각적 비교. 출처 | Verretex, Ryse Energy

- 이번 시범 연구의 성공에 힘입어 Beretex는 고객 수요를 충족하고 비용을 업계 표준에 맞추기 위해 생산량을 확대할 계획이라고 밝혔다. Raize Energy Global은 궁극적으로 이러한 소재를 자사 생산 모델에 통합할 예정이다.

복합재료를 사용하는 기타 재생 가능 및 저배출 에너지 기술: 조력, 태양열, 지열

- 풍력 에너지만이 복합소재를 활용하는 유일한 재생 에너지원은 아니다. 복합소재는 내식성, 경량성, 그리고 특정 소재 및 용도의 경우 고온 내성까지 갖추고 있어 조력 터빈 블레이드, 파력 발전기 선체 및 기타 구조 부품, 태양광 패널 셀 부품, 지열 발전소용 열 저장 파이프 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.

- 특히 국제에너지기구(IEA)는 2025년 전 세계 에너지 시장에서 태양광이 '가장 큰 단일 성장 동력'이 될 것이며, 태양광, 풍력, 원자력, 수력 및 기타 재생 에너지를 모두 합하면 전 세계 에너지 수요 증가분의 거의 60%를 차지할 것이라고 보고했기 때문에 이러한 복합소재의 활용은 더욱 중요하다.



그림 13. 일본의 AR1100-1.1MW 조력 터빈은 일본 최초의 메가와트급 조력 발전 시스템으로 알려져 있다. 출처 | Proteus Marine Renewable

- **새로운 조력 터빈 블레이드 인증 및 연구 개발.** 최근 이 시장의 주요 동향으로는 Proteus Marine Renewables(영국 브리스틀)의 AR1100-1.1메가와트

(MW) 조력 터빈이 일본 경제산업성(METI, Ministry of Economy, Trade and Industry)의 인증을 획득한 것을 들 수 있다. 이는 2025년 초에 설치되었으며 일본 최초의 MW급 계통 연계형 조력 발전 시스템으로 알려진 이 터빈이 이제 국가 전력망으로 전력을 공급하고 있음을 의미한다.

- AR1100 조력 터빈 발전기(TTG, tidal turbine generator)는 수평축 로터에 3개의 탄소섬유 복합재 블레이드를 장착하고 있으며, 이 블레이드들은 터빈 허브에 내장된 전기 기계식 피치 제어 시스템으로 독립적으로 제어된다. 이러한 설계 덕분에 실시간 제어가 가능하여 에너지 포착량을 극대화하고 유체역학적 부하를 최소화할 수 있다.
- Proteus에 따르면, 조력 터빈 제조 공정은 여러 단계를 거친다. 먼저 주요 부품들을 금형에 넣고 레진을 주입하는데, 일반적으로 한 번의 주입 공정으로 완료된다. 일부 부품은 정밀도를 높이기 위해 가공되고, 로터 허브에 정확하게 부착될 수 있도록 f-정렬 고정 장치를 사용하여 접착된다. 접착 부위를 강화하기 위해 수작업 마감 단계가 필요하다. 마지막으로, 부품들은 보호 및 미관을 위해 도색된다.
- 연구 개발 단계에서도 다양한 발전이 이루어지고 있다. 대형 적층 제조(LFAM, large-format additive manufacturing) 장비 공급업체인 Thermwood Corp.(미국 인디애나주 데일), 퍼듀 대학교 LSAM 연구소(미국 인디애나주 웨스트 라파예트), 셰필드 대학교(영국 셰필드), 옥스퍼드 대학교(영국 옥스퍼드)는 2미터 길이의 조력 터빈 블레이드를 생산하기 위한 양면 대형 적층 제조(LSAM, large-scale additively manufactured) 금형의 공동 개발 및 시연을 통해 조력 에너지 제조 기술 발전을 목표로 협력하고 있다.

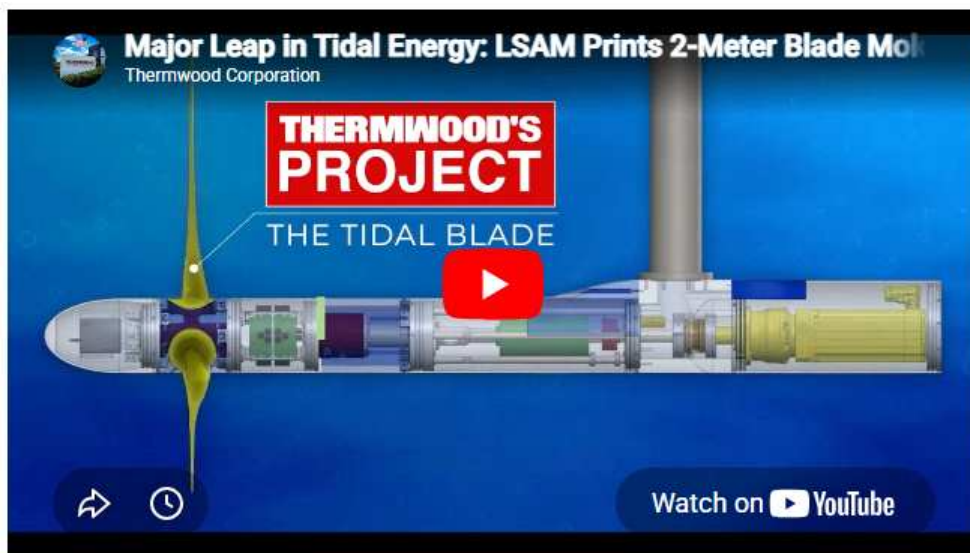


그림 14. 출처 | Thermwood 유튜브 채널(<https://youtu.be/vP8NjLHp0VY>)

- **태양광 발전 분야에서 열 및 무게 문제를 해결.** 복합소재는 태양 에너지 응용 분

야에서 다양한 잠재력을 가지고 있으며, 그중 가장 간단한 예는 패널 지지 구조용 경량 소재이다. EconCore(네덜란드 루벤)는 태양광 설치물의 무게를 최대 65%까지 줄일 수 있는 복합소재 및 벌집 구조의 옥상 태양광 패널 제품을 출시했으며, 스타트업 Levante(이탈리아 바리)는 경량성과 강성을 극대화하기 위해 rCF, 열가소성 수지 및 실리콘 태양 전지를 통합한 표준화된 휴대용 태양광 패널 시리즈를 개발했다.

- 또한 집광형 태양열 발전소(CSP) 개발의 주요 과제 중 하나는 고온 문제이다. CSP는 거울과 같은 헬리오스타트를 사용하여 햇빛을 집중시켜 용융염을 가열하고, 이 용융염이 에너지를 저장하는 방식으로 작동한다. 이 과정에서 발생하는 온도는 700°C를 초과할 수 있으며, 금속과 같은 기존 소재를 손상시킬 수 있다. 복합재료, 특히 세라믹 매트릭스 복합재료(CMC)는 이러한 문제에 대한 해결책을 제시한다.
- SRI(미국 캘리포니아주 멘로파크)는 기존 금속에 비해 고온 및 용융염 환경에서 내구성과 내식성이 향상된 CMC를 생산하는 공정을 개발했으며, 제조 비용은 기존 CMC 대비 50% 절감했다.
- 이러한 기술은 우주 분야에도 적용될 수 있으며, 복합소재는 위성용 태양광 패널의 경량화 및 성능 향상에 사용된다. 대형 위성을 대체하는 위성군이 점차 늘어나면서 경량화 및 낮은 열팽창 계수(CTE)를 포함한 고성능을 유지하면서도 생산 속도를 높이고 비용을 절감해야 하는 과제가 대두되고 있다.
- 이러한 목표를 달성하기 위해 수지, 프리프레그 및 코어 소재 공급업체인 Patz Materials and Technologies(미국 캘리포니아주 베니시아)는 Rock West Composites(미국 캘리포니아주 샌디에이고) 및 편조 전문업체인 A&P Technology(미국 오하이오주 신시내티)와 협력하여 Patz의 셀룰러 코어와 A&P의 QISO 탄소섬유 편조를 결합하여 RWC의 Strato 라인 태양광 패널 기판 및 기타 위성 소재의 표면 시트와 구성 요소를 제작했다.
- RWC에서 제작 및 테스트한 결과, 이 패널은 압축 강도, 압축 탄성률, 인장 탄성률 및 평면 인장 강도와 같은 측면에서 금속과 같은 기존 소재와 동등한 성능을 훨씬 저렴한 비용으로 구현할 수 있다.
- 최근 특정 복합재료의 유연성을 활용한 또 다른 사례로는 첨단 기술 기업인 Suzhou Zenix Composites Co. Ltd.(중국 쑤저우)가 있다. 이 회사는 스마트 복합 재료를 사용하여 궤도상에서 최대 30%의 변환/발전 효율을 달성할 수 있는 말아올릴 수 있는 유연한 태양광 패널을 개발했다고 주장한다.

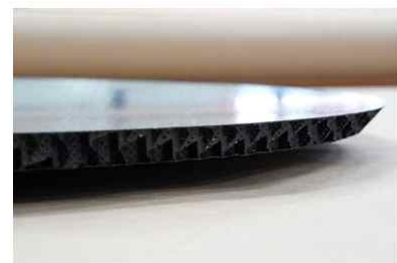


그림 15. 반사판 가장자리. Patz의 고탄성률(HM) 탄소섬유 코어로 제작된 패널은 기존 가공 공정을 사용하여 가공했을 때 우수한 결과 보인다. 출처 | RWC

- 이 보고서에 따르면, Zenix Composites는 이 시스템이 스마트 변형 가능 복합재료를 기반으로 제작되었으며, 포드형 또는 C자형 폼으로 구성할 수 있다고 설명한다. 이러한 구조는 발사 시 충격을 최소화하고 긴 이완 스트로크를 제공하여 발사 시 소형 보관과 궤도 진입 후 제어된 전개를 가능하게 하는 간단하고 가벼운 구조를 제공하도록 설계되었다.

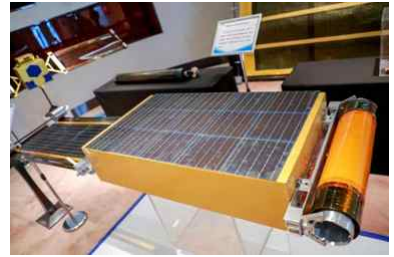


그림 16. 이 유연하고 말아서 보관 가능한 태양광 패널은 스마트 복합소재와 풍력 및 인장 공정을 활용한다. 출처 | Suzhou Zenix Composites

- 이 유연한 태양 전지 시스템은 감고 늘리는 메커니즘으로 구동되며, 기존의 경질 태양 전지보다 2~3배 높은 전력 대 질량비를 달성할 수 있다. Zenix Composites는 이 기술이 이미 위성에 적용되었으며, 향후 더 큰 규모의 상업용 항공우주 분야 및 기타 우주선 구조물에도 적용할 계획이라고 밝혔다.

- 이러한 응용 분야에서 복합재료의 또 다른 장점은 맞춤 제작이 가능하고 비교적 얇고 가벼운 소재로 강도 및 기타 기계적 성능 요구 사항을 충족할 수 있다는 점이다. 스페인 무르시아에 위치한 Kerberos Engineering(스페인 무르시아)은 스웨덴 보라스에 있는 TeXtreme(스웨덴 보라스)의 초박형 0/90 직조 탄소섬유 스프레드 토우 직물을 사용하여 전개식 위성 태양광 패널 구조물을 제작한다. 이 직물은 필요한 자원을 90%까지 절감하는 동시에 적층 정밀도와 제품 전체의 견고성을 향상시키는 것으로 알려져 있다.

- **지열 에너지 저장용 GFRP 파이프.** 복합재 제조업체인 Exel Composites(핀란드 반타)는 2025년 8월, 지열 기술 전문 기업인 QHeat(핀란드 헬싱키)와 폐기물 소각장에서 발생하는 잉여 열에너지를 저장하는 데 사용할 유리섬유 복합재 튜브 개발 연구 프로젝트를 완료했다고 발표했다.

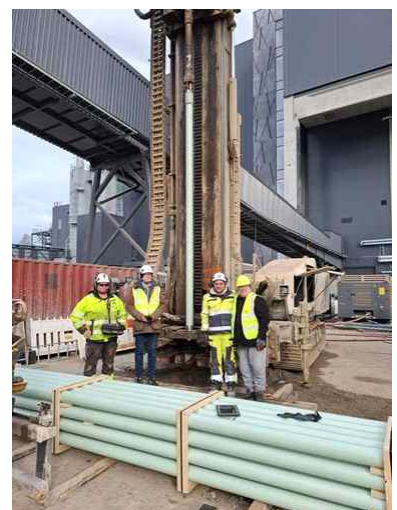


그림 17. Exel Composites의 GFRP 튜브(앞쪽의 녹색 부분)가 열 저장에 도움을 주는 Lounavoima 지열 발전소. 출처 | Exel Composites, QHeat

- Exel Composites에 따르면, 이 발전소는 일반적으로 과잉 열을 대기 중으로 방출하기 때문에 겨울철에 추가 난방 비용을 지불해야 하지만, 지하 압력 및 온도 요구 사항을 충족하도록 설계된 GFRP 튜브는 지하 2km 깊이의 지하 우물에 14기가와트시의 열을 저장할 수 있다.

고온 원자로 및 건설 현장에 필요한 복합재료

- IEC는 2025년에 3GW의 신규 원자력 발전 용량이 가동될 것이라고 보고했다(총 420GW, 30개국 이상에서 원자로 가동 중). 신규 용량 증가는 중국, 인도, 러시아

가 주도할 것으로 예상되며, 이들 국가는 각각 신규 원자로 건설을 완료한 것으로 알려져 있다.

- 원자력 발전소 부품에 CMC(세라믹 매트릭스 복합재료)를 사용하는 사례가 증가하고 있으며, 특히 개발 중인 차세대 핵분열 및 핵융합 원자로의 고온 요구 사항을 충족하기 위한 움직임이 두드러진다.
- 예를 들어, General Atomics Electromagnetic Systems (GA-EMS, 미국 캘리포니아주 산디에고)는 핵연료봉 피복재 및 기타 응용 분야를 위해 탄화규소(SiC) 복합재, 특히 자사의 첨단 엔지니어링 CMC인 SiGA를 개발하고 있다.

- GA-EMS의 원자력 기술 및 재료 부문 부사장인 크리스티나 A. 백 박사는 'SiGA 고온 피복재는 섬유와 매트릭스 모두 결정질 베타상 SiC(β -SiC)로 구성되어 있는데, 이는 원자로에서 중성자에 의한 취성을 방지하기 때문'이라고 설명했다. '현재 원자로 환경에서는 지르칼로이 금속 연료봉을 5년 이내에 교체해야 한다. 하지만 우리가 개발 중인 첨단 가스냉각로에서는 중성자 손상에 대한 저항성이 탁월한 SiC/SiC 피복 연료봉을 헬륨 냉각재 환경에서 30년 동안 사용할 수 있다.'라고 말했다.



그림 18. GA-EMS의 CMC(화학, 제조 및 가공) 작업은 원자력 기술 구현을 위해 다양한 형태로 이루어지며, 여기에는 이 유동 채널 삽입 프로토타입(왼쪽 상단)과 같은 SiC/SiC 부품, 최대 12피트 길이의 SiGA 연료 피복재(오른쪽 상단), 자동 광섬유 배치로 제작된 SiC 프리폼(오른쪽 하단) 및 SiC 광섬유(왼쪽 하단)가 포함된다. 출처 | GA-EMS

- GA-EMS는 온도 범위 확대를 목표로 SiC 매트릭스에 탄소섬유를 사용하거나 고온 매트릭스에 지르코늄 카바이드 섬유를 사용하는 연구도 진행하고 있다.
- GA-EMS는 현재의 핵분열 응용 분야와 미래의 핵융합 발전소 모두에 사용될 원자력 등급 SiC/SiC 섬유 및 SiC 품의 미국 공급망을 발전시키고 확대하는 데 기여하고자 한다.
- 또한 LFAM과 같은 제조 방법과 결합된 복합재료는 원자력 발전소 건설 속도를 높일 수 있는 기회를 제공한다. Kairos Power(미국 캘리포니아주 알라메디아)는 테네시주 오크리지에 있는 헤르메스 저출력 실증 원자로에서 핵분열 기술을 시연하기 위해 인근 오크리지 국립연구소(ORNL, 미국 오크리지)와 함께 미국 에너지부(DOE, 미국)의 자금 지원을 받은 프로젝트를 진행하여 원자로 용기를 둘러싸는 복잡한 42피트 높이의 콘크리트 생물 차폐 구조물을 건설했다.
- 이 프로젝트의 1단계에서 ORNL의 제조 시연 시설(MDF, 미국 오크리지)은 3D 프

린팅 파트너인 Haddy 및 Additive Engineering Solutions(AES)와 협력하여 복잡하고 적층 가능한 10×10피트 크기의 지그재그형 탄소섬유/ABS 구조물의 시연 버전을 설계, 시뮬레이션, 제작 및 조립했다.



그림 19. 카이로스 파워는 3D 프린팅된 고분자 복합재(검은 색 구조물)를 사용하여 핵분열 원자로의 생물학적 차폐막용 기둥을 신속하고 정확하게 현장 타설 방식으로 제작했다. 출처 | Kairos Power

- 이 구조물은 최종적으로 제작될 40피트 높이의 기둥을 타설하는 데 필요한 압력 조건을 충족했다. 1단계의 성공에 힘입어 파트너들은 비용 절감과 더욱 큰 구조물 제작을 최종 목표로 삼고 공정을 지속적으로 발전시키고 최적화하고 있다.

석유 및 가스: 새로운 해상 파이프라인, 수리 기술

- 내식성 복합소재는 다양한 석유 및 가스 분야에서 금속을 대체하는 데 사용되어 왔다. 특히, 열가소성 복합 파이프(TCP)는 해양 석유/가스 시추 시설의 유동관, 라이저, 점퍼 등에서 내식성 강철을 대체하는 주요 소재로 자리 잡았으며, Airborne Oil & Gas(2020년 Strohm으로 사명 변경, 네덜란드 이즈무이덴)와 Magma Global Ltd.(영국 포츠머스, 2021년부터 TechnipFMC 소유)가 주도하고 있다.

- 2025년 중반, Strohm(네덜란드 이즈무이덴)은 가이아나 해상에 위치한 엑손모빌의 옐로테일 유전에 13개의 TCP 점퍼를 설치 완료했다고 발표했다. 이는 Strohm의 '주문형 점퍼(Jumper on Demand)' 개념의 일환으로 진행된 첫 번째 프로젝트로, 현장에서 필요한 길이로 절단할 수 있는 연속 파이프 릴 형태로 점퍼를 공급함으로써 대량 생산 속도를 높이는 것을 목표로 한다.



그림 20. 열가소성 복합 파이프(TCP)는 릴에 감겨 공급될 수 있다. 출처 | Strohm

- 2026년 현재까지, 이 회사는 동말레이시아 해상 설치를 위한 절연 탄소섬유/폴리아미드 12 TCP 생산 점퍼 2개 공급 계약과 에너지 기술 회사인 Baker Hughes(미국 텍사스주 휴스턴 및 영국 런던)와 초심해 라이저 및 플로우라인 용도에 사용되는 하이브리드 유연 파이프(HFP) 개발 및 품질 보증을 위한 양해각서(MOU)를 발표했다.

- 이 HFP 솔루션은 Strohm의 TCP 기술과 Baker Hughes의 연성 파이프 시스템(일반적으로 복합재와 금속 소재를 결합)을 결합한 것이다. Strohm에 따르면, 공동 개발 중인 HFP는 경량(Strohm은 기존 연성 파이프보다 약 50% 가볍다고 주장)이며 내식성이 뛰어난 솔루션으로, 수심 3,000미터 이상의 해저 유송관 및 입상관에 적용할 수 있다. 이 통합 솔루션은 2028년부터 상용화될 예정이다.

- 2025년 12월, 복합재 기술 전문 기업인 Signetec Texcomp(영국 노스위치)는 맨체

스터 대학교(Manchester University, MU, 영국)와 공동 개발한 고속 로봇 다축 와인더(Multi-Axis Winder)가 캐나다 파이프라인 기술 회사인 Total Containment Inc.(TCI, 캐나다 알버타)로부터 기존 석유 및 가스 파이프라인 업그레이드에 사용될 예정이라고 발표했다.



그림 21. 다축 와인더는 기존 파이프라인을 탄소섬유로 감싸 누출 위험을 줄이고 안전성과 성능을 향상시키는 데 사용될 예정이다. 출처 | Cygnet Tekimp

- 이 장비는 파이프를 탄소섬유로 감싸 누출 위험을 줄이고 전반적인 성능을 향상시키는 데 사용될 것이다. 이를 위해 TCI의 다축 와인더는 'TCI-크롤러'라고 불리는 특수 설계된 보강 박스 내부에 설치될 예정이며, 이 박스는 파이프라인, 장비 및 작업자를 보호하는 동시에 와인딩 작업에 최적의 환경을 조성하기 위해 파이프라인 매설 구덩이에 내려질 것이다.
- **수소 운송.** Strohm을 비롯한 여러 기업들이 수소 운송용 TCP를 적용하고 있다는 점도 주목할 만하다. Strohm은 독일 Tüv-Süd(독일 뮌헨)에서 수소 운송용 TCP 테스트 프로그램을 완료했다고 발표했으며, Hive Composites(영국 러프버러)는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 내층과 외층 모두에 사용하고 유리섬유 강화 폴리머(GFRP) 및 기타 특수 차단재를 보강한 수소 전용 TCP 시스템을 개발했다.



그림 22. 에너지 이미지 모음. 일부 에너지 관련 복합재 기술은 열가소성 복합재 파이프(TCP) 및 재활용 가능한 풍력 터빈 블레이드와 같이 지속적으로 발전하고 새로운 영역으로 확장되고 있으며, 새로운 풍력 터빈 소재 및 설계부터 원자력 에너지를 가능하게 하는 새로운 소재 및 제조 방법에 이르기까지 수많은 혁신이 이루어지고 있다. 출처 | Strohm, TouchWind BV, Kairos Power, RWE/Niklas Marc Heinecke(왼쪽 위부터 시계 방향)