

BOLTED

볼트 체결 기술 전문 잡지

ISSUE 2 - 2021

꾸준히 진화하는

재료의 세계

히싱스 교량

예테보리의 새로운 랜드마크

주목할 인물

원자력 발전소 안전 분야에서
얻은 경험, Luisa Moralejo

성공적인 조합

일반적인 가스 터빈 4방향
체결부 누출에 대한 3가지 제품
솔루션

04 히싱스 교량

익스팬더 시스템이 에테보리의 새로운 랜드마크 기반 시설을 고정합니다



20 해양 펜더

세계 2위 상업용 선박 제조 국가의 해양 펜더를 알아봅니다



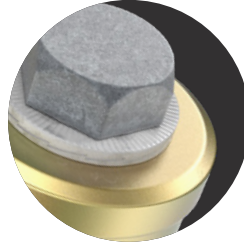
07 산업 통찰

용접일까요, 볼트 체결일까요? 더 나은 교량 건설을 위한 모범 사례를 살펴봅니다.



22 전문가 의견

썬기형 폴리밍 방지 기술을 익스팬더 시스템 피봇 핀과 결합하는 방법을 설명합니다



10 주목할 인물

Luisa Moralejo 씨가 비파괴 테스트 검사관 경력에 대해 이야기합니다



24 LOG MAX

익스팬더 시스템과 노드락 와셔가 까다로운 하베스터 헤드에 적용됩니다



13 4방향 체결부 솔루션

다양한 노드락 그룹 기술을 통해 일반적인 체결부 누출을 해결합니다



20 안전 제일

스피리볼에 대한 이야기와 숨겨진 가치를 노드락 와셔와 함께 알아봅니다



16 재료의 세계

재료의 혁신이 어떻게 엔지니어에게 가능성을 열어주는지 알아봅니다



편집 매니저

Alexander Wennberg
alexander.wennberg@nord-lock.com

편집 보조

Kelvin Slessor-Marriott

아트 디렉터 & 디자인

Gabriel Jacobi

콘텐츠 제작

Nord-Lock Group
Spoon Agency

번역

LanguageWire

인쇄

Exakta

Bolted 잡지는 Nord-Lock Group에서 출판하는 잡지로 견고한 볼트 체결 및 엔지니어링 솔루션과 관련한 다양한 정보를 다루기 위해 최선을 다하고 있습니다. Bolted 잡지는 중국어, 영어, 핀란드어, 프랑스어, 독일어, 이탈리아어, 일본어, 한국어, 스페인어 및 스웨덴어를 포함하여 10개 언어로 연간 2회 출판됩니다.

비 청탁원고는 수락하지 않습니다. 본 발행물에 포함된 자료는 동의 없이 무단 복제할 수 없습니다. 허가 요청서는 편집 매니저에게 제출해야 합니다. Bolted 잡지에 실린 사실 및 견해가 Nord-Lock Group 또는 발행자의 의견과 항상 일치하는 것은 아닙니다. Bolted는 정보 제공의 목적으로 발행됩니다. Bolted에 수록된 기사는 일반적인 정보이기 때문에 특정한 문제를 해결하기 위한 조언으로 받아들여서는 안 됩니다. Bolted에 수록된 정보를 사용할 경우 사용자 본인이 위험을 감수해야 하며 Bolted에 수록된 정보를 사용함으로써 발생하는 어떠한 직간접적, 부수적 또는 결과적 손해에 대해서도 Nord-Lock Group은 책임지지 않습니다.

Bolted 잡지는 파트너사, 유통사를 통한 제품 주문 또는 전시회에서 제출한 정보를 기반으로 발송하고 있습니다.

직접 구독 신청을 하신 경우가 아니라면 제3 출처에서 귀하의 연락처 정보를 받은 경우입니다. 귀하의 연락처 정보는 제품 및 서비스에 대한 최신 정보 제공을 포함한 합법적 관심을 법적 근거로 하여 Bolted 잡지를 제공하기 위한 용도로 처리합니다. 잡지 구독을 희망하지 않으시면 info@nord-lock.co.kr로 연락하시기 바랍니다.

기타 의견이 있으신 분은 노드락코리아로 문의 주시기 바랍니다.



Fredrik Mueller
Nord-Lock Group
최고 경영 책임자

긴 터널의 끝에는 빛이 있습니다.

노드락 그룹은 지속적인 대규모 투자로 2020년 운영 플랫폼을 업그레이드하고 공장 6곳 중 3곳을 현대화했습니다. 보다 생산적이고 안전하며 지속 가능한 제조 시설을 통해 고객의 다양한 요구에 부응할 준비를 함으로써, 전에 없던 강력한 단계의 팬데믹에서 벗어나 확실히 '성장하는 발전' 을 이루었습니다.

세계가 팬데믹에서 점차 회복될 조짐을 보임에 따라 혼란 상태의 많은 부분이 해소되었습니다. 여기 스웨덴의 랜드마크인 히싱스 교량과 같이 최근에 결실을 맺게 된 주목할 만한 공학 프로젝트들을 살펴보고, 교량 설계, 건설 및 유지보수와 관련된 다양한 내용을 알아봅니다. 이번 볼티드 호에서도 관련된 전문 지식을 나눌 수 있게 되어 기쁩니다.

또한, 산업 응용 분야용 재료를 선택하기 위해 물리적 특성, 지속 가능성, 그리고 비용의 완벽한 균형을 찾기 위한 과학자와 엔지니어의 어려운 연구가 이어지고 있는 가운데, 꾸준히 진화하는 재료의 세계를 살펴봅니다.

이전 호에서는 자연 재난과 인재에 대한 복원력을 높여 중요한 기반 시설을 구축해야 한다는 점을 강조했습니다.

후쿠시마 사고가 발생한 지 10년이 지난 지금, 실패가 최악의 참사로 이어질 수 있는 환경에서 중요한 시스템의 구조적 무결성을 유지하는 방법에 대해 원자력 안전 및 검사 전문가인 루이사 씨와 이야기를 나누었습니다.

또한, 발전 부문의 최근 파트너십을 통해 어떻게 가스 터빈의 4방향 체결부 누출에 대한 업계 선도적인 솔루션을 만들게 되었는지 살펴봅니다. 이는 멀티 잭볼트 텐서너, 유압식 클로저 시스템 및 정렬 텐서너의 조합을 통해 인명과 고객의 투자 가치를 보호하는 노드락 그룹의 사명을 잘 보여주는 예입니다.

그리고 남미의 깊은 숲속으로 이동해 Log Max가 어떻게 까다로운 유칼립투스 목재의 수확 과정을 다루는지 알아봅니다. 또한, 노드락은 동요 현상으로 인한 선박과의 충돌로부터 해양 펜더를 고정시켜 한국 항만을 안전하게 보호합니다. 마지막으로, 노드락 빼기형 풀림 방지 와셔로 고정된 스페인 게임인 스피리볼은 이 복잡한 세상에서 가장 단순한 곳에 기쁨이 있다는 사실을 상기시켜 줍니다.

항상 저희 볼티드에서 유용한 정보를 얻어가시기 바랍니다!

랜드마크 교량 건설

텍스트
Hanna Klumbies

사진
Göteborgs Stad
Tomorrow AB
Max Hjalmarsson

예테보리에 있는 새 수직 승개교인 히싱스 교량은 예타강의 북쪽과 남쪽 제방을 연결하면서 선박이 통행할 수 있게 해줍니다. 설계 세부 사항과 기능에 면밀한 관심을 기울여 부품을 조립하는 것 이상의 결과물을 완성할 수 있었습니다.



2021년 5월, 스웨덴 예테보리의 예타강을 가로지르는 히싱스 교량이 개통되었습니다. 차량, 버스, 자전거 및 보행자가 먼저 통행을 시작했고, 트램 레일은 여름에 완성되었습니다.

교량은 예테보리 교통 및 대중교통 당국의 의뢰로 2009년부터 프로젝트 설계를 시작해 2016년에 건설되었습니다. 승객 공간 및 기계 장치의 사양에 있어 필수 요건은 신뢰성과 입증된 기술의 적용이었습니다. Skanska와 MT Højgaard의 합작 투자 회사가 입찰을 받아 프로젝트를 실행했습니다.

2013년 설계 공모에서는 도개교, 선개교, 수직 승개교 등 다양한 유형의 가동교가 제안되었습니다. 수상작은 아르페지오 (Arpeggio)라고 하는 건축 회사와 프로젝트 디자이너로 구성된 컨소시엄에서 설계한 수직 승개교였습니다. 심사 위원단은 실행 가능성, 개발성 및 기능성에 주목해 결정을 내렸습니다.

교량은 도시 특성과 경관이 조화를 이루며 함께 어우러지는 랜드마크로서 예테보리의 상징이 될 것입니다.

아르페지오는 견고하고, 튼튼한 형태와 입증된 기술 솔루션을 설계에 적용했습니다. 도심 스포츠와 보트를 즐기기에 더욱 활기찬 환경을 제공할 수 있는 교량 아래의 개방 구역도 긍정적인 요인이었습니다.

적합한 솔루션을 찾기 위한 제안

히싱스 교량은 440미터 길이의 수직 승개교로 4개의 주탑(철탑)으로 지지되는 중앙 승개 공간이 선박 통과 시에 28미터까지 올라가는 형태입니다. 승개 공간이 올라간 후에는 승개 공간 트램 선로가 도로에 있는 트램 선로와 완벽하게 맞춰지도록 12미터 높이로 정확하게 돌아와야 합니다.

철탑과 도로를 설계한 건설 엔지니어 ELU는 승개 공간 기계 장치 개발을 위해 Tikab Strukturmekanik Ab에 의뢰했습니다. Tikab의 기계 설계 엔지니어이자 네트워크 관리자인 피터 씨와 그의 팀은 이 기계 장치를 함께 설계했습니다.

피터 씨는 히싱스 교량이 그의 가장 어려운 연구 과제 중 하나였다고 말합니다. Ⓞ



Peter Lassfolk
기계 설계 엔지니어 겸 네트워크 관리자, TIKAB

히싱스 교량 HISINGSBRON

개통 2021	최종 고객 예테보리시	
총 길이 440미터	설계 TIKAB	솔루션 익스팬더 시스템

이점
간편한 조립, 늘어난 사용 수명과 최소한의 유지 보수



“가장 큰 어려움은 제한된 공간에 맞춰 기계를 개발하는 것이었습니다. 복잡한 부분이라 현재 솔루션을 결정하기 전에 몇 가지 다른 솔루션을 면밀히 조사해 보았습니다.”

승개 경간의 복잡한 시스템

무게가 800톤에 달하는 37미터 폭의 승개 경간을 빠르게 들어 올리고 내리는 것이 중요합니다. 이는 각 모서리 4개에 16개의 케이블로 고정됩니다. 케이블은 철탑 상부에 있는 케이블 휠로 올라갔다가 균형추로 내려갑니다. 4개의 얇은 케이블은 균형추를 당기는 기계 장치에 연결됩니다.

승개 경간이 올라가면 실제로는 균형추가 아래로 움직입니다. 승개 경간이 내려가면 승개 경간의 하중이 아래에 정지할 수 있도록 인양력이 제거됩니다. 각 철탑에는 잭을 통해 승개 경간을 아래로 당겨 인양력을 제거하는 두 개의 대형 후크가 있는데, 이러한 후크에 익스팬더 시스템이 적용됩니다.

Tikab이 설계하고, SH Group이 기계 제조와 테스트를 담당했습니다. Tikab은 익스팬더 시스템의 사용을 제안했고 SH Group도 이것이 최선의 솔루션이라고 동의했습니다. 익스팬더 시스템은 세 가지 주요 부품, 중간 핀과 두 개의 확장 슬리브로

구성되며, 기존 기계 마운팅에 직접 설치할 수 있는 리그 마모에 대한 솔루션입니다. 한쪽에서 화스너를 체결하면 확장 슬리브가 핀의 테이퍼진 끝부분까지 압축되고, 슬리브가 확장되면서 마운팅에 맞춰집니다.

신뢰성과 긴 사용 수명

“맞춤형 초대형 익스팬더 축을 사용하고 있습니다.” 라고 피터 씨는 설명합니다.

“주요 이점은 조립을 수월하게 해주는 방법에 있습니다. 큰 부품을 다소 협소한 공간에 설치해야 했지만, 익스팬더 시스템을 활용하여 원활하게 할 수 있었습니다.”

또한 익스팬더 시스템을 통해 유지 보수를 최소화하면서 사용 수명을 연장할 수 있습니다. 일반적으로 축 움직임은 리그 마모를 유발하여 시간 경과에 따라 리그 홀에 큰 변형을 발생시킵니다.

“익스팬더 시스템은 이러한 작용을 방지합니다.” 라고 노드락 그룹 덴마크 및 스웨덴 관리자인 브라이언 씨는 말합니다. “핀은 홀보다 작아야 통과할 수 있습니다. 그러나 확장 슬리브가 홀 직경과 핀 직경 사이의 간격에 맞춰집니다.”

탁월한 기타 대안

한쪽의 볼트나 너트를 조이면 샤프트의 테이퍼진 부분이 슬리브의 안쪽을 밀면서 홀 내부에서 확장됩니다. “그러면 문제 요인 없이 다른 대체 솔루션을 능가하는 안전한 체결이 보장됩니다.” 라고 브라이언 씨는 말합니다.

피터 씨는 수년 동안 다양한 설계에 익스팬더 시스템을 적용했습니다. “히싱스 교량 프로젝트에 이 솔루션을 선택한 건 매우 당연한 일이었습니다. 고품질의 제품을 분명히 사용하고 싶기 때문이지요” 라고 그는 결론짓습니다.



Brian Troest

노드락 그룹
덴마크 및 스웨덴 관리자

이 기사는 노드락 그룹의 백서 **교량 설계, 건설 및 유지 보수: 급변하는 부문을 위한 통찰력 및 모범 사례(2021)**에서 발췌한 내용입니다.

70페이지 분량의 백서를 읽고 다운로드하려면 nord-lock.com/bridge-construction을 방문하세요.

유럽의 많은 교량들은 20세기 중반에 지어진 노후화된 기반 시설로 이루어져 있습니다. 유지보수가 시급하지만, 증가하는 교통량을 수용하기 위하여 새로운 교량이 필요합니다. 역사, 지역색, 교량 유형등이 모든 주요 상황적 요인들이 교량 건설과 유지 보수에 쓰이는 접합 시공법에 영향을 미칩니다.

더 나은 교량 건설을 위한 모범 사례



접합 시공법 비교:

용접과 볼트 체결 방법

교량부를 접합 시공하기 위해 용접 또는 볼트 체결 여부를 결정하려면 고려해야 할 많은 요소가 있습니다. 기존 선호도에 따라 결정될 수도 있지만, 최선의 결정을 내리려면 각 프로젝트에 따라 개별적으로 고려하는 것이 중요합니다.

어려운 선택

역사상 금문교와 같은 교량과 기타 강철 구조물은 리벳으로 고정시켰습니다. 여기에는 리벳을 열처리하고 단조 작업한 뒤, 어닐링을 통해 냉각시키는 공정이 포함됩니다. 개별 리벳은 그다지 강하지 않으므로, 구조물의 안전을 보장하기 위해 많은 리벳을 사용해야 합니다. 이러한 번거로운 공정은 더 이상 교량 건설 분야에서 사용되지 않습니다.

하지만, 리벳 교량이 더 이상 건설되지 않는다 하더라도 리벳을 사용하는 기존 교량은 계속 관리되어야 합니다. 볼트는 마모된 리벳을 대체하는데 자주 사용되며, 특히 고강도 볼트는 리벳과 유사하도록 특별하게 설계됩니다. 용접은 교량 자재의 노후화로 인해 오래된 교량의 접합을 유지하기 위한 옵션으로 적절하지 않으며 이는 안전한 방법이 아닙니다.

교량부를 접합 시공하는 데 가장 널리 사용되는 두 가지 방법은 볼트 체결과 용접입니다. 어떤 방법을 사용할 것인가에 관해서는 콘크리트와 강철 간의 결정만큼이나 논쟁의 여지가 많고 국가별로 다를 수 있습니다. 또한 일부 국가의 용접 자격 수준이 매우 높다는 점을 감안한다면, 선호하는 시공법에서 국가적 맥락이 어떻게 작용할 수 있는가를 보여주는 예가 될 것입니다. Ⓣ

교량 유형

국가 선호도의 영향 외에도, 부품을 용접해야 할지 볼트로 체결해야 할지 결정할 수 있는 몇 가지 중요한 요소가 있습니다. 그중 하나는 건설 중인 교량의 유형입니다. 다음의 인포그래픽을 참조하세요.

대형 교량의 경우 비틀림 응력을 매우 잘 흡수하는 중공 형재 (Hollow section)가 자주 사용되며 부식 방지를 계획할 때 외부만 고려하면 됩니다. 중공 형재 사용 시 단점은 한쪽에서만 접근할 수 있기 때문에 볼트 연결을 사용하기 어렵다는 점입니다. 따라서 용접이 가장 적합한 사용 방법입니다. 공차 및 오프셋 보상은 대형 구조물에 적합합니다. 볼트가 기존 홀에 정확히 맞아야 하므로 볼트 체결 시 허용 마진은 없지만 용접은 필요한 경우 오프셋을 보정할 수 있으므로 훨씬 융통성 있는 방법입니다.

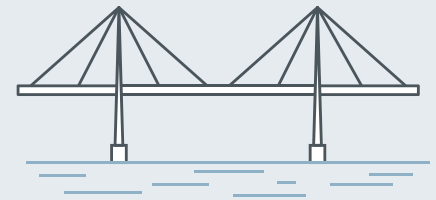
반면 트러스교는 서로 맞물리는 삼각형 구조기 때문에 볼트로 잘 체결할 수 있습니다. 단, 교량의 사이즈가 적용 기준이 될 수 있고, 작은 트러스교의 경우는 생산처에서 함께 용접하여 전체 형태로 건설 현장까지 운송될 수 있습니다. 그러나 연결 방법으로 용접이 선호된다 할지라도, 볼트 체결은 교량 전체에 여전히 널리 사용되는 방법입니다. 난간 및 소음벽과 같은 2차 구조물이 보통 볼트로 고정되기 때문입니다. 이러한 기본 구조물(예: 케이블 클램프, 베어링, 트랜지션 조인트 구조물)도 교량의 움직임을 보상하기 위해 동적 하중을 고려 합니다.

가설 교량은 몇 년마다 해체되고 다른 곳에 재시공되기 때문에 거의 대부분 볼트로 고정됩니다. 볼트 체결은 영구적인 접합 시공법이 아니기 때문에 이러한 체결부를 쉽게 분리할 수 있으며 볼트와 와셔 자체를 재사용할 수 있습니다. 용접은 영구적인 접합부를 만들게 되므로 가설 교량 시공에 사용하기 매우 복잡하고 비용과 시간이 많이 소요됩니다. 용접부를 먼저 만들고 나서 분리하려면 많은 노력을 기울여야 하는데 반해, 볼트 체결은 훨씬 더 효율적이고 유리한 사용 방법입니다.

효율성 및 사용 편의성

효율성과 사용 편의성도 용접이나 볼트 체결 방법에서 고려해야 할 중요한 요소입니다. 연결을 공장에서 할지 또는 현장에서 할지에 대한 결정도 내려야 합니다. 용접 시에는 주로 공인된 용접 기사와 고급 공구가 필요하며 고온을 가하는 위험한 작업으로 간주됩니다. 따라서 모든 것이 이미 갖춰져 있는 공장에서 이 작업을 수행하는 것이 더 빠르고 쉽습니다. 또한 공장에서 용접하면 비용을 절감할 수 있지만, 현장에 용접 및 테스트 시설을 설치하게 되면 비용이 높아질 뿐만 아니라 교량 설치 시간도 길어지게 됩니다.

실제로 현장에서 연결해야 할 경우, 볼트 체결이 가장 쉽고 효율적인 사용 방법이 될 수 있습니다. 이는 볼트 체결이 훨씬 더 관리가 수월한 작업이고 건설 환경에서 불필요한 위험을 초래하지 않기 때문입니다. 또한 부품을 사용하는 데 특별한 장비가 필요하지 않으므로 운송과 설치가 수월합니다. 대부분의 경우 간단한 휴대용 토크 렌치만 있으면 조작할 수 있습니다. 볼트 체결은 용접과 달리 영구적이지 않다는 추가 이점이 있습니다. 즉, 예기치 않은 문제가 발생했을 경우 더 빠르고 쉽고 저렴한 비용으로 수리할 수 있습니다.



사장교

유명 예
미요교(Millau Bridge), 프랑스

⊕ 장점

- + 매력적인 외관
- + 현수교보다 빠르고 경제적으로 건설 가능
- + 높은 강성

⊖ 단점

- 다른 교량 유형 대비 높은 건설 비용



현수교

유명 예
金門교(Golden Gate Bridge), 미국

⊕ 장점

- + 매력적이고 상징적인 외관
- + 장대교에 이용
- + 아래로 대형 선박 통과 가능
- + 우수한 강도

⊖ 단점

- 높은 건설 비용
- 긴 시공 기간
- 진동에 취약한 구조

아치 석교에서 초현대식 교량으로

교량 유형은 시공 중에 용접 또는 볼트 체결 여부를 결정하는 데 매우 중요한 요소입니다. 교량의 유형은 매우 다양하며, 변형된 여러 형태를 가질 수 있습니다. 6가지 일반적인 교량 유형과 각각의 장단점은 다음과 같습니다.



아치교

유명 예
카렐교(Charles Bridge), 체코

⊕ 장점

- + 다양한 용도로 사용할 수 있는 우수한 강도
- + 다양한 자재로 건설 가능

⊖ 단점

- 높은 건설 비용
- 긴 시공 기간
- 진동에 취약한 구조



형교

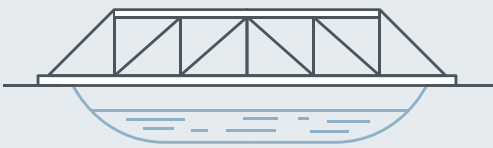
유명 예
톈진교(Tianjin Grand Bridge), 중국

⊕ 장점

- + 간단한 설계
- + 다른 교량 대비 경제적인 건설 비용

⊖ 단점

- 흔하고 단순한 외관
- 넓지 않은 경간
- 교각 필요



트러스교

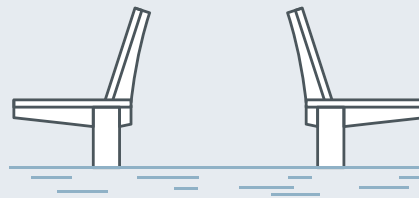
유명 예
스카이 게이트 브리지 R(Sky Gate Bridge R), 일본

⊕ 장점

- + 우수한 강도
- + 조립하여 시공 가능
- + 낮은 구조

⊖ 단점

- 가설 및 유지 보수의 어려움
- 트러스 부재수가 많아 부식에 취약



가동교

유명 예
런던 타워 브리지(London Tower Bridge), 영국

⊕ 장점

- + 고정교 형식을 사용하기 어려운 경우의 대안

⊖ 단점

- 다리가 움직일 때 교량 위 통행 중단

루이사 씨는 20여 년 전, 원자력 산업 분야에서 비파괴 테스트(NDT) 검사관으로서의 경력을 시작했습니다.

이후 그녀는 제조 및 가동 중 검사(ISI)에서 원자력 부품에 대한 NDT 검사와 감독을 수행했으며, NDT 교육관이기도 합니다. 최근 루이사 씨는 스페인의 원자력 발전소에서 ISI 중 NDT를 감독하고 있습니다.

원자력 분야와 비파괴 테스트(NDT)에 관심을 갖게 된 계기가 있나요?

원자력 분야의 제 첫 직장은 스페인 북부 부르고스에 있는 Santa María de Garoña 원자력 발전소였는데, ISI 중 NDT 작업 팀을 돕는 역할을 했습니다. 몇 주 정도 진행된 첫 업무였지만, 그 경험은 20년 이상 제게 남아 있습니다. 저는 공장의 운영, 각 시스템의 기능, 모든 프로토콜의 논리와 검사 과정 등 모든 것을 이해하고 싶은 호기심에 사로잡혔습니다.

*“모든 것이 제게 매력적으로 다가왔고
지금도 여전히 마찬가지입니다.”*

요즘은 NDT 감독관이자 직원 교육관으로 일하고 있습니다. 가르침을 주는 것은 매우 기쁜 일입니다. 저는 제 지식을 공유하고 NDT에 대해 학생들의 관심을 일깨우는 것이 매우 만족스럽습니다.

비파괴 테스트란 무엇인가요? 이러한 테스트가 원자력 발전소에서 사용되는 방법과 이유가 있을까요?

NDT는 용접, 구성품 또는 시스템에 대해 수행됩니다. 테스트는 어떠한 재료에 어떠한 영향도 주지 않으면서 재료의 상태를 분석할 수 있게 해줍니다. 균열, 마모 및 파손, 두께 손실 또는 기타 결함과 같은 손상을 식별하고 평가할 수 있기 때문에 원자력 발전소의 예측 관리와 교정 유지 보수에 필수적인 부분입니다. NDT는 발전소 운영, 유지 보수 중단 또는 설계 변경 중에 수행됩니다. 발전소의 일상적인 가동에 있어 또 다른 특징이라고 보셔도 됩니다. ②



LUISA MORALEJO





원자력 발전소의 급유가 중단되면 어떻게 되나요?

원자력 발전소는 연료를 보급하기 위하여 정지해 있는 동안 유지 보수 작업과 ISI를 계획합니다. 짧은 시간 내에 많은 작업을 완료해야 하므로 한 작업이 다른 작업에 방해가 되지 않도록 신중하게 계획합니다. 일반적으로 각 작업을 수행하는 시간대가 정의되어 있습니다.

직원들은 이러한 상황에 맞춰 일하는 데 익숙하고 시간 내에 잘 수행해 냅니다. 다만 예측하지 못한 문제는 불가피하게 발생하기 때문에, 일정이 틀어지게 되면 진행해 나가면서 변경 사항을 조정해야 합니다.

항상 긴장을 놓칠 수 없지만, 재미있는 순간들을 공유하기도 합니다. 일상적인 가동 중단 동안 원자력 전문가들은 업계 외부의 사람들은 이해하기 어려운 수많은 농담을 주고 받습니다.

후쿠시마 원전 사고가 발생한 지 10년이 지났습니다. 그 이후로 무엇이 달라졌고, 무엇을 배웠을까요?

후쿠시마 사고 이후 모든 유럽 원자력 발전소는 소위 스트레스 테스트를 통해 안전 마진을 재평가하도록 요청 받았고, 그 사고로 얻은 교훈을 평가했습니다. 이 평가는 발전소를 더욱 견고하게 만들고 극단적인 자연 현상을 견딜 수 있도록 일련의 조치 시행으로 이어졌습니다. 또한 새로운 대체 비상 제어 센터의 구현, 개선된 냉각 시스템, 그리고 무엇보다도 사고 결과를 완화할 후대용 장비를 확보하게 되었습니다.

국제 핵융합 실험로(ITER) 프로젝트는 35개국이 협력하여 세계 최대 규모의 토카막(tokamak)을 건설하기 위한 것으로, 이 자기장을 이용한 융합 장치는 순 에너지를 전달하는 최초의 장치가 될 것입니다.

장치의 어떤 점이 흥미롭나요?

ITER 프로젝트는 환경 오염이 없고 안전하며 적은 비용이 드는 에너지를 구하는 데 있어 과학적인 이정표이자 전례 없는 기술적 성과입니다. 수년 전, 저는 ITER용 NDT 프로세스 개발에 참여했는데, 특히 원자로 진공 용기 부문의 용접 접합부를 평가하기 위한 초음파 테스트의 개발이었습니다. 그 작업으로 ITER과 관계를 맺게 되어 진행 상황을 관심 있게 지켜보고 있습니다.

이름

Luisa Moralejo

직책

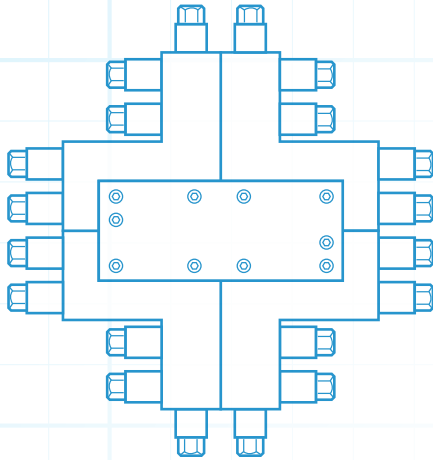
엔지니어 및 NDT Level 3

경력

Santa María de Garoña NPP에서 10년, Vandellòs II NPP에서 10년을 포함하여 원자력 NDT 분야 20년 경험. 현재 프리랜서 NDT 감독관 겸 직원 교육관으로 일하고 있습니다.

인적 자질

“세심하고 체계적인 성격이 제 경력 발전에 큰 도움이 되었다고 생각합니다. 이는 원자력 검사와 같은 중요한 프로세스에서 일관성과 품질을 준수해야 하는 사람이 갖추어야 할 필수 자질입니다.”



가스 터빈의 누출은 강제 중단 및 중요 장비의 손상을 유발할 뿐만 아니라 심각한 안전 위험을 초래할 수 있습니다. 노드락 그룹은 여러 제품과 기술을 결합해 일반 501F 가스 터빈 4방향 체결부 누출을 해결하기 위한 솔루션 조합을 모색했습니다.

4방향 체결부 솔루션

텍스트 Nic Townsend 사진 Chris Fogler

가스 터빈의 4방향 체결부 누출은 일반적으로 시간이 지남에 따라 극심한 온도 변화와 시동으로 인해 터빈 실린더가 뒤틀리고 변형되기 때문에 발생합니다. 누출은 플랜지 표면이 적절한 밀봉을 보장하는 데 필요한 최대 접촉면을 유지하지 못해 발생하기 때문에 실린더 정렬이 잘못되면 문제가 더욱 악화됩니다.

누출은 터빈 기기와 절연체에 심각한 손상을 입힐 수 있으며 운영 및 작업장 안전을 위협할 수 있습니다. 최근 노드락 그룹은 20년 넘게 이러한 누출을 경험한 501F 가스 터빈 선주와 협력 관계를 맺고, 더 나은 솔루션을 찾기 위한 공동 연구개발 프로젝트를 진행했습니다.

보다 영구적인 솔루션의 필요성

“기존에 선주가 사용할 수 있는 해결책은 사실상 일시적인 것이거나 누출을 막는 것보다는 억제하는 것으로 구성되어 있었습니다.” 라고 노드락 그룹의 발전 사업 개발 관리자인 제레미 씨가 말합니다.

널리 사용되는 격납 해결책은 리크 박스를 용접하는 것입니다. 그러나 누출을 막지 못하는 것 외에도, 중단 중에 분리 및 재설치 작업이 필요하므로 운영 중단 일정에 시간과 비용이 추가됩니다. >



Jeremy Hersom
발전 사업 개발 관리자,
노드락 그룹

“또한 기존의 해결책은 누출 문제를 해결하기 위해 단 하나의 원인에 집중하는 경향이 있었습니다.” 라고 제레미 씨는 말합니다. “반면, 당사의 솔루션은 제품 포트폴리오 전반에 걸쳐 여러 제품과 기술을 결합하여 누출의 여러 원인을 해결합니다.”

프로젝트를 진행하는 동안 노드락 그룹 발전 전문가는 선주의 터빈에 대한 개방형 액세스를 통해 실린더 구성과 누출 원인을 연구할 수 있었습니다.

“501F 가스 터빈에 대한 개방형 액세스는 누출의 원인이 되는 여러 요소들을 성공적으로 진단하는 데 매우 중요합니다.” 라고 제레미 씨는 말합니다.

“이를 통한 여러 솔루션의 개발과 테스트 과정은 시간이 경과함에 따라 중요한 학습 경험이 되었습니다.”

독창적인 기술 조합

종합적인 테스트를 거친 후, 가장 효과적인 솔루션은 여러 노드락 그룹 제품과 기술의 조합이었습니다. 먼저 볼타이트 유압 클로저 시스템(HCS)을 사용하여 실린더가 정렬되고 4방향 체결부가 조여지도록 잠정적으로 빠르게 확인합니다. 실린더를 HCS로 압착한 후에도 볼트 홀 또는 플랜지가 계속 정렬되지 않으면, CamAlign 텐서너 시스템을 사용하여 실린더를 재정렬합니다. 이렇게 하면 내부 간극을 2~4mm로 좁힐 수 있으므로, 최소한의 간극을 유지할 수 있습니다.

HCS는 4방향 체결부 주변의 터빈 실린더를 동시에 균일하게 압착하여 영역을 격리하도록 가압됩니다. 여러 유압 텐서너가 압력을 유지하면서 내외부 간극 측정값을 기록하고 실린더 정렬을 점검합니다.

이러한 조정이 완료되고 4방향 체결부가 올바르게 정렬되면 HCS를 사용하여 체결부를 다시 압착하고 하중을 슈퍼볼트 기계식 멀티 잭볼트 텐서너로 전달하여 체결부에 영구적으로 장력을 가할 수 있습니다. HCS는 하중에 움직임을 줄 수 있는 장력을 각 볼트마다 한 번씩 가하는 대신 전체 체결부를 고정하여 각 볼트가 장력을 받을 때 완전한 안전성을 유지합니다.

마지막으로, 연소기 실린더와 터빈 섹션이 만나는 영역에 추가적인 보호 층으로 내부 씰이 설치됩니다. 실린더의 재정렬을 통해 예측할 수 없는 누출을 방지합니다.

업계 최고의 솔루션

멀티 잭볼트 텐서너, 유압 클로저 시스템 및 정렬 텐서너를 포함한 노드락 그룹 솔루션의 조합은 선주의 운영 환경에서 테스트와 시험을 거치면서 4방향 체결부 누출 방지에 효과적인 것으로 입증되었습니다. 기기 또는 절연체 손상으로 인한 강제 중단이 없었으며 터빈 인클로저 내에서 보다 안전한 작업 환경을 제공했습니다.

터빈 선주의 전반적인 의견은 “현재 시중에 나와 있는 4방향 체결부 누출에 대한 최상의 솔루션” 이라는 것입니다.

이 특별한 솔루션은 501F 선주와 특정 터빈에만 한정되는 것이지만, 여기서 얻은 지식과 경험은 장차 노드락의 가치로 입증될 것입니다.

“터빈은 공통 원리를 공유하는데, 휠이나 로터의 회전을 통해 동력을 생성한다는 것입니다.” 라고 노드락 그룹의 지역 영업 이사인 피터씨는 설명합니다. “발전 전문가들이 배운 교훈은 우리의 전문성을 높이고 유사한 누출 문제를 해결하는데 적용할 수 있습니다.”



볼타이트 유압 클로저 시스템은 정렬에 필수적이었습니다.



Peter Miranda
지역 영업 이사,
노드락 그룹



슈퍼볼트 멀티-잭볼트 텐서너는 높은 축력이 요구되는 곳에, 너트 몸체를 통과하여 체결되는 잭볼트를 사용하여 체결가능한 토크로 분산시킵니다. 표준 육각 볼트에 비해 더 큰 크기에서도 설치가 용이합니다.

꾸준히 진화하는

재료의 세계

텍스트 Brian Cloughley
삽화 Gabriel Jacobi

모든 기계 또는 토목 공학 프로젝트의 경우, 재료의 선택은 항상 트레이드 오프를 수반합니다.

물리적 특성, 비용, 지속 가능성 등 수십 가지의 변수가 있기 때문에 어떤 작업에서도 완벽한 재료는 존재하기 어렵습니다. 그러나 엔지니어와 과학자들은 꾸준히 찾고 있습니다.



특정 산업 또는 건설 분야에 적합한 재료를 찾는 것은 복잡한 과정이 될 수 있습니다. 이른바 Ashby 차트, 다기준 분석 또는 인공 지능에 힘입은 의사 결정 프로세스의 공통된 맥락은 목적과 제약의 균형을 찾는 것입니다.

최근 수십 년 동안 엔지니어가 사용할 수 있는 다양한 재료는 폭발적으로 증가하고 있습니다. 트레이드 오프에 대한 근본적인 필요성은 변하지 않았지만, 제약보다 목적이 더 중요해지면서 이러한 균형에 미묘한 변화를 가져왔을지도 모릅니다.

다른 말로 하면, 변수의 제약을 생각하는 것보다 원하는 바에 따라 재료를 선택할 가능성이 더 높아집니다.

아래에서 재료 설계의 혁신이 어떻게 옵션을 확장하고 엔지니어에게 가능성을 열어주는지 알아봅니다.

섬유 강화 복합 재료

항공, 운송, 에너지, 토목 공학, 기계 제작 등 거의 모든 산업에서 새로운 재료를 고려한다고 하면, 반드시 복합 재료라는 개념에서 시작해야 합니다. 복합 재료는 두 가지 이상의 재료를 조합하여 구성하는 것으로, 다른 특성을 발현하도록 설계되기 때문에 재료라기보다는 분류 단위에 가깝습니다. 그러나 일반적으로 대부분의 산업에서 '복합 재료'는 고분자 재료와 강화 재료의 조합을 의미합니다.

개념적으로 이러한 유형의 복합 재료는 새로운 것이 아닙니다. 불포화 폴리에스터 수지를 강화하는 데 유리 섬유가 사용된 섬유 강화 복합 재료는 1930년대에 발명되었습니다. 그 후 수십 년 동안 탄소 섬유와 에폭시 수지 사용과 같은 혁신으로 이 기술은 군사 및 해양 응용 분야에 사용되었습니다. 하지만 그 영향이 진정으로 변화를 촉발한 것은 1970년대였습니다.

유가가 상승하면서 탄소 섬유 강화 고분자 복합 재료(CFRP)의 고강도 대 중량 특성이 항공 산업에 큰 매력으로 다가왔습니다. 항공기의 경량화는 경제적 경쟁력으로 이어졌고 CFRP의 개발 및 상용화를 가속화했습니다.

여러 유용한 특성

고강도 대 중량 비율은 이러한 복합 재료의 우수한 품질로 중추적인 역할을 하지만, 더욱 이상적인 특성을 가질 수도 있습니다. 사용되는 고분자 재료에 따라 다르지만, 일반적으로 CFRP는 높은 내열성 및 전기 전도성, 내식성, 인장 강도 및 강성을 갖습니다. 다른 강화 재료를 조합하면 이러한 특성이 크게 달라집니다. 예를 들어 탄소 대신 아라미드(강력한 합성 섬유)를 사용하면 복합 재료의 탄성, 내구성 및 비전도성이 높아집니다.

이러한 다양한 특성은 복합 재료가 수많은 산업 및 응용 분야에서 꾸준히 사용되는 이유를 설명해 줍니다. 최근의 혁신을 통해 CFRP는 사장교의 케이블로 사용되고 있으며, 감쇠 특성으로 빠르게 움직이는 산업용 기계 부품에도 사용됩니다.

복합 재료를 더욱 광범위하게 사용하는 데 있어 주된 장벽은 생산 비용이었습니다. 게다가, 여러 재료를 사용하여 다양한 기지 재료(matrix)에 강화 섬유를 조합하는 것은 구조적 복잡성을 높이고 기계적 거동과 마모 예측을 더 어렵게 만들 수 있습니다. 안전하고 견고한 체결부를 고안하는 것 또한 많은 산업에서 직면한 과제였으며, 노드락 X 시리즈 와셔와 같은 첨단 볼트 체결 기술의 개발로 이어졌습니다. 이 기술은 두 가지 고분자 재료를 체결할 때 볼트 처짐(slackening)이 발생하지 않도록 스프링 메커니즘을 사용합니다. ⊙

생물 고분자 재료와 복합 재료의 잠재력

산업 응용 분야에 사용되는 대부분의 고분자 재료는 여전히 화석 연료에서 추출되어 지속 가능성 문제를 제기합니다. 최근 들어 재생 가능 자원을 공급 원료로 사용하는 생물 고분자 재료에 대한 관심이 급증하고 있습니다.

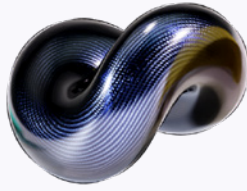
스웨덴 국영 독립 연구소 RISE의 부서 관리자인 피터 씨는 고분자 재료와 복합 재료의 환경적 영향을 다루는 연구에 종사합니다.

“저희의 목표는 경량 응용 분야를 위한 지속 가능한 솔루션을 찾는 것입니다.” 라고 그는 말합니다. “가장 많이 사용되는 복합 재료인 탄소 섬유와 플라스틱은 모두 화석유에서 비롯됩니다. 저희는 그것들을 재생 가능 자원으로 대체하고 싶습니다. 즉, 환경에 영향을 끼치는 공급 원료를 대체하기 위하여 우리가 보유하고 있는 사용가능한 빌딩 블록으로 새로운 재료를 구축하는 것입니다.”

피터 씨의 팀은 원재료용 임업 및 농업 잔류물을 조사했지만 특히 한 가지 재료에 관심을 보였습니다. “갈뿔은 습지에서 자랍니다. 그래서 식량 재배에 필요한 땅을 이용하지 않고도 재배할 수 있습니다. 중요한 점은, 이 풀을 다양한 방법으로 활용하여 복합 재료를 만들 수 있다는 것입니다.”

가장 간단한 방법은 줄기와 나무 같은 재료를 강화 섬유로 사용하는 것입니다. 이 복합 재료의 조합은 비교적 응용 분야가 제한적이긴 하지만 실내 사용에는 충분히 견고합니다. 보다 의욕적인 방법으로는 풀을 사용하여 탄소 섬유를 만드는 것입니다.

“RISE는 수년 동안 리그닌을 이용하여 섬유를 만든 다음 탄화시키는 방법을 연구해 왔습니다.” 라고 피터 씨는 설명합니다. “또한 생물량의 두 가지 기본 성분인 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스로 이 연구를 수행할 수 있습니다. 풀에서 추출한 리그닌은 섬유를 만드는 데 사용되며, 상당히 복잡한 과정을 거쳐 탄화됩니다.



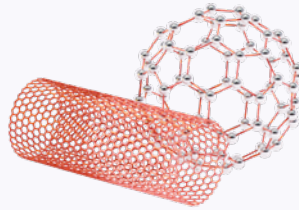
탄소 섬유



아라미드



생물 고분자 재료



나노 복합 재료

“탄소 섬유는 현재 우리가 보유하고 있는 섬유 중 강도가 가장 뛰어나며, 이러한 특성으로 인해 고성능 응용 분야에서 복합 재료로 널리 쓰입니다.”

화석 기반 재료 대체

물론, 이것은 탄소 섬유 복합 재료의 성분 중 하나를 언급한 것에 불과합니다. 피터 씨는 갈뿔이 고분자 재료 생산에도 사용될 수 있다고 낙관합니다.

“생물 재료로 만들어진 저품질 플라스틱은 예를 들면 비닐봉지로 이미 시중에 나와 있습니다.” 라고 피터 씨는 말합니다. “저희는 자동차 및 항공 분야에서 사용되는 에폭시와 열경화성 수지를 대체할 수 있는 생분해성 플라스틱을 만드는 방법을 연구하고 있습니다. 이는 리그닌을 분자 수준으로 분해하고 결합하여 현재 화석유에서 비롯된 것과 동일한 재료를 만들기 위한 것입니다.”

일부 회사가 리그닌을 사용해 탄소 섬유를 만드는 실험을 하고 있지만, 피터 씨가 설명하는 작업의 대부분은 아직 연구 단계에 있습니다.

“이것들이 저희가 실험실 수준에서 할 수 있는 전부입니다.” 라고 그는 설명합니다. “현재로서는 분자를 추출하고 플라스틱과 섬유를 만드는 과정이 화석유로 만드는 것보다 훨씬 더 많은 비용이 듭니다. 따라서 이러한 제품이 상업적으로 사용되는 시점까지 이르려면 법률과 소비자의 추진력이 결합되어야 합니다.”



Peter Mannberg

부서 관리자,
스웨덴 연구소



Guan Gong

선임 과학자,
스웨덴 연구소

맞춤형 솔루션

RISE는 응용 연구에 중점을 둔 연구소로서 수년 동안 엔지니어링 재료의 미래로 여겨져 온 나노 복합 재료를 통한 보다 실현 가능한 프로젝트에도 참여하고 있습니다.

나노 복합 재료는 다양한 재료를 포괄할 수 있는 또 다른 용어입니다. 나노 입자로 구성 소재를 강화하는 모든 복합 재료를 설명할 수 있습니다. 나노 입자는 적어도 한 차원이 100 나노미터(nm), 즉 천만분의 1미터 이하인 입자입니다. 이 크기의 입자를 합치면 재료의 물리적 특성을 근본적으로 제어할 수 있습니다.

RISE의 선임 과학자인 공 씨는 나노 물질을 이용하여 특정 산업의 요구 사항에 맞게 복합 재료의 특성을 조정하는 작업을 합니다.

“저희는 최종 사용자가 원하는 바에 따라 나노 물질을 사용해 다양한 특성을 강화하거나 조정하는 데 관심을 두고 있습니다.” 라고 그녀는 설명합니다.

“예를 들어 고객이 ‘전기 전도성과 열 전도성을 개선하고 싶습니다, 아니면 열 전도성을 더 크게 개선하고 싶습니다.’ 또는 ‘산소나 여러 기타 성분에 차단 특성을 가진 복합 물질을 원합니다’ 라고 요청할 수 있습니다. 이러한 요구 사항을 바탕으로 나노 물질을 선별하여 뛰어난 품질을 가진 물질을 찾아낸 후 솔루션을 고안하고 검증합니다. 저희의 일반적인 방법론은 먼저 무엇이 필요한지 묻는 것입니다. 고객이 찾고 있는 가장 중요한 특성은 무엇일까요?”

까다롭고 도전적인 프로세스

이는 당연히 몇 개의 표를 찾아보는 일처럼 그리 간단하지 않습니다. 광범위한 물리적 특성과 함께 비용, 에너지 효율성, 생산 용이성과 같은 요소를 고려할 때, 나노 물질, 복합 재료 및 프로세스의 올바른 조합을 찾기란 매우 복잡한 일입니다. 공 씨는 나노 변형 복합 재료가 보편화되는 데 있어 이것이 유일한 장벽은 아니라고 설명합니다.

“주요 기술적 장벽은 입자 분석의 어려움입니다. 나노 물질의 뛰어난 특성을 복합 재

료로 변환하려면 복합 재료 내 입자를 성공적으로 분산해야 합니다.” 라고 공 씨는 말합니다. “여러 기술력을 적용할 수 있지만, 특히 섬유 강화 물질이 있는 경우 원하는 분산 상태를 얻기란 여전히 매우 어렵습니다. 나노 변형 복합 재료의 산업적 활용을 위해서는 아직 많은 연구가 필요합니다.

“탄소 나노 튜브와 그래핀과 같은 대부분의 나노 물질은 고가입니다. 이 문제를 해결하는 방법은 매우 적은 양의 나노 물질을 사용하는 것이지만, 분산하는 일이 정말 어렵기 때문에 반드시 필요한 양 이상의 나노 물질을 사용해야 합니다.”

또한 나노 물질을 만들거나 취급할 때는 엄격한 안전 수칙을 따르는 것이 중요합니다. 그렇지 않으면 인간의 건강과 환경에 위협이 될 수 있습니다.

그럼에도 불구하고 공씨의 부서는 항공, 해양, 자동차, 임업 및 에너지 산업 등 많은 민간 부문 회사들과 이 분야에서 성공적인 협력을 이어오고 있습니다.

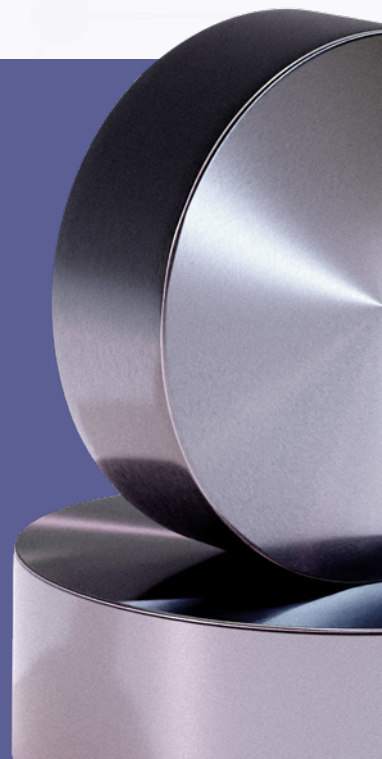
티타늄 장점과 단점

고분자 재료, 복합 재료 및 나노 물질이 과학 잡지에서 더 많은 헤드라인을 장식할 수 있음에도 불구하고, 기존 재료에 대한 혁신적인 적용 역시 꾸준히 고안되고 있습니다. 티타늄과 티타늄 합금은 높은 강도 대 중량 비율과 내식성으로 인해 수십 년 동안 사용되어 왔습니다. 심지어 매우 높은 용점을 가지고 있다는 점에서 고분자 복합 재료보다 더 유리합니다.

티타늄 성분을 사용할 때의 주요 단점 중 하나는 제조에 겪는 어려움입니다. 밀링은 시간이 많이 걸

리고 낭비되는 부분이 많은 반면 용융 및 몰딩은 원소의 높은 용점으로 인해 더 높은 에너지 투입이 필요합니다. 그러나 최근 몇 년간 티타늄 3D 프린팅이 현실화되었습니다.

미군 연구 단체인 DARPA는 약 15년 전 티타늄 분말을 생산하는 새로운 방법을 고안해내기 시작하면서 티타늄 3D 프린팅의 잠재력을 인식했습니다. 이 연구 결과, 티타늄 분말은 비록 고가긴 하지만 쉽게 구할 수 있게 되었고, 고급 스포츠카와 의료용 임플란트 같은 실제 응용 분야에 이미 사용되고 있습니다. 이제 보잉과 에어버스 모두 새로운 항공기에서 3D 프린팅된 티타늄 부품을 사용합니다.





해양 펜더 충격의 완화

텍스트 Ulf Wiman 그림 조성민/화승코퍼레이션

선박과 항만 시설 간의 충돌은 심각한 피해를 야기할 가능성이 있습니다. 해양 펜더는 충격력을 줄이기 위한 믿을 만한 솔루션이지만, 안전하게 설치되어야 합니다. 노드락 썰기형 폴립 방지 와서는 한국에서 그 완벽함을 입증했습니다.

매년 수백 척의 선박이 장관을 이루며 정박하는 동안 부두나 선창에 선박들이 충돌하는 것 역시 매우 일반적입니다. 이러한 사고는 일반적으로 속도나 풍력의 계산 착오와 같은 잘못된 계획으로 인해 발생합니다. 예를 들어 선박의 교량 팀과 도선사 간의 의사소통 부족도 문제가 될 수 있습니다.

사고가 발생하면 선박과 항만 시설에 심각한 피해를 입힐 수 있어 큰 비용이 들고, 최악의 경우, 인명 피해도 발생할 수 있습니다. 인적 오류를 최소화하는 것이 바람직하지만, 이는 너무나도 어려운 과제입니다.

정박하는 동안 충돌을 피하는 데에도 관련된 변수가 너무 많습니다. 따라서 항상 안전성을 높이고 충격력을 줄이기 위해 적극적으로 노력하는 것이 중요합니다. 이러한 충격을 흡수하기 위해 해양 펜더를 사용하는 아이디어는

아마도 정박 역사만큼 오래되었을 것입니다. 현재는 일반적이거나 더 구체적인 요구 사항에 맞춘 다양한 재료, 모양 및 크기의 광범위한 해양 펜더가 있습니다.

조선 기술 경쟁력

한국은 삼면에 걸쳐 바다를 접한 국가로, 3,000여 개에 이르는 다양한 규모의 항만을 보유하고 있습니다. 한국이 중국에 이어 세계 2위의 상업용 선박 제조 국가라는 점을 감안할 때, 해양 펜더 제조 분야에서도 두각을 나타내는 점은 놀라운 일이 아닙니다.

화승 코퍼레이션은 한국 조선 업계에 다양한 종류의 펜더를 공급하고 있습니다. 2020년 세계 4대 조선사인 현대 중공업, 삼성 중공업, 대우 조선 해양 및 STX 조선 해양 등이 주요 고객입니다.

화승 코퍼레이션은 아치 펜더, 해양 펜더, 공압 펜더 및 잠수함 펜더 등 다양한 펜더를 개발 및 제조하고 있습니다. 원자재는 회사의 고무 부서에서 공급합니다.

진동으로 인한 볼트 풀림 현상

해양 팬더는 많은 진동을 일으키는 충격을 흡수해야 합니다. 화승 코퍼레이션이 기존에 사용하던 평와셔와 스플릿 링 와셔는 볼트가 느슨해지는 경우가 많았습니다. 중대한 사고는 발생하지 않았지만, 이 문제로 인해 유지 보수 작업 시간이 늘어났고, 최종 사용자들은 불만을 토로했습니다.

노드락 그룹 한국 총괄 관리자인 금동진 대표는 이전에 화승 코퍼레이션에서 근무한 경험으로 이 상황을 파악하고 있었습니다. 그는 화승 코퍼레이션에 연락하여 팬더를 보호하기 위한 탁월한 솔루션으로 썬기형 풀림 방지 와셔를 제안했습니다.

“화승과 최종 사용자에게 동시에 다가갔습니다.” 라고 그는 말합니다. “결국 몇 번의 방문과 프로모션을 거쳐 노드락 와셔가 설계에 포함되었습니다. 물론 화승의 옛 동료들과 좋은 관계를 맺는 것도 도움이 되었습니다.”

이례적 선택이 가져온 성과

“와셔가 좋은 솔루션이 될 것으로 생각했습니다.” 라고 화승 코퍼레이션의 조성민 차장은 말합니다.

“이제 저희는 업계 최고의 풀림 방지 솔루션 중 하나를 채택했다고 말할 수 있습니다.”

솔루션에는 TR 팬더라고 하는 특정 팬더의 임계점에 있는 대형 N152ss 썬기형 풀림 방지 와셔가 포함되었습니다. 금동진 대표는 그것이 이례적 제품 선택으로 보일 수 있다고 말합니다. “이 와셔가 스플래시 존에 부적합할 수 있다는 점을 화승에 전달하고 부식 위험에 대해 설명했습니다.” 라고 그는 말합니다.

“하지만 이제 와셔를 설치한 지 1년 반이 지났고 부식 문제는 발생하지 않았습니다.”

노드락 와셔의 설치로 볼트 풀림 문제가 거의 해결되었습니다. 그리고 예상대로 유지 보수 효율성도 향상되었습니다. “스플릿 링 와셔에 비해 볼트 체결부를 자주 확인하지 않아도 되므로 많은 시간을 절약할 수 있습니다.”

전보다 우수한 솔루션

화승 코퍼레이션은 전반적으로 이 솔루션에 만족하고 있습니다. “당연히 풀림 방지 효과는 스플릿 링 와셔와 같은 이전 솔루션보다 오래 지속됩니다.” 라고 조성민 차장은 말합니다. “이 적용 분야의 조건은 열악합니다. 노드락 와셔가 이 문제를 완벽하게 해결할 수 있다면 노드락 그룹은 또 다른 대형 시장에 진입할 가능성이 있습니다.”

그는 최종 사용자들도 긍정적인 의견을 나타냈다고 전하며 향후 해양 팬더 및 기타 적용 분야에 노드락 와셔를 사용할 계획이라고 말했습니다.

“금동진 대표가 2018년 저희 회사에 방문하여 노드락에 대해 처음 알게 되었습니다. 노드락 그룹은 저희가 우려하던 바를 잘 설명해 주었고 의구심을 확신으로 바꿔주었습니다. 이를 통해 노드락 그룹과 상호 신뢰를 구축했다고 생각하며 이제는 노드락 와셔를 저희 계열사에 자신 있게 추천하고 있습니다.”



Alex Keum
한국 총괄 관리자,
노드락 그룹



조성민
차장,
화승 코퍼레이션

고객
화승 코퍼레이션

설립
1978

위치
부산, 한국

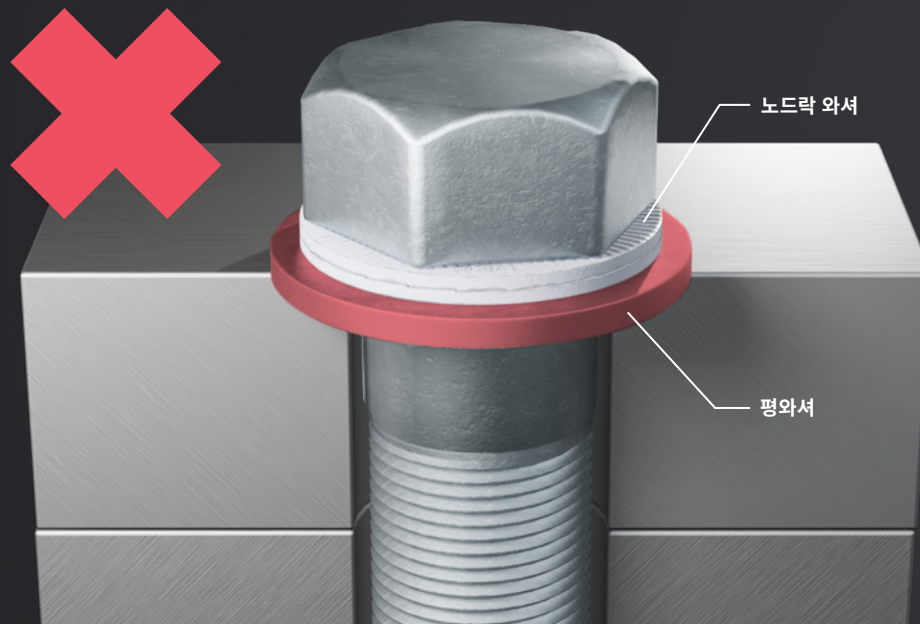
적용처
공압 및 해양 팬더

솔루션
노드락 썬기형 풀림 방지 와셔, NL52ss

노드락 썬기형 풀림 방지 와셔를 익스팬더 시스템에 적용할 수 있나요?

볼트 체결 기술에 대한 문의 사항이 있으면 experts@nord-lock.com으로 문의하세요.

노드락 어셈블리의 경우 회전할 수 있는 평와셔와 노드락 와셔의 사용은 권장하지 않습니다. 그 이유는 다음과 같습니다.



평와셔에 볼트를 고정시키는 것은 노드락 와셔지만 어셈블리의 고정을 결정하는 것은 빨간색 평와셔와 접촉면 사이의 마찰이기 때문입니다. 노드락은 빨간색 평와셔와 접촉면 사이의 마찰을 제어할 수 없기 때문에 체결부의 풀림 방지를 보장할 수 없습니다. 그러나 일부 익스팬더 시스템 고객은 이러한 방식으로 노드락 와셔를 성공적으로 사용하여 썬기형 풀림 방지 또는 마찰력 증가로 익스팬더 시스템을 보호합니다.



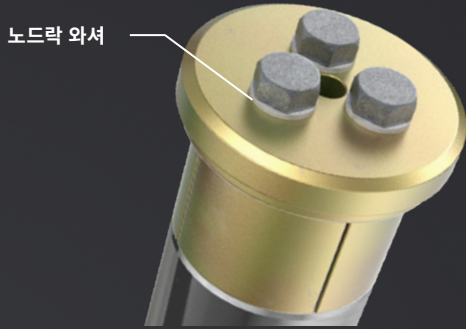
Sonny Halberg

애플리케이션 및 영업
엔지니어,
노드락 그룹



Jonny Wiberg

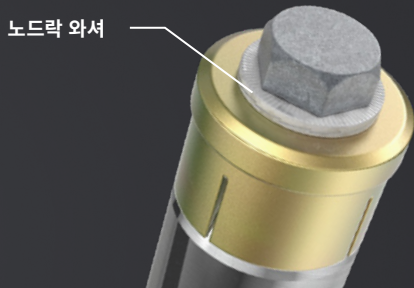
엔지니어,
익스팬더 부서
노드락 그룹



노드락 와셔

100% 빼기형 풀림 방지

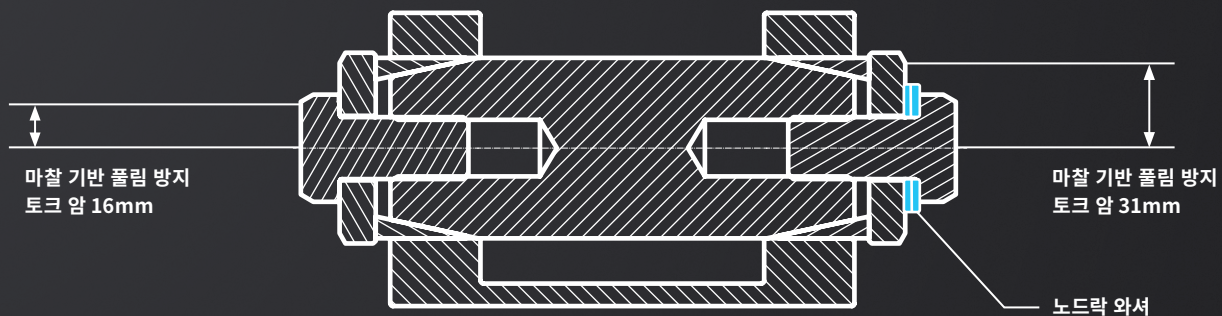
100% 빼기형 풀림 방지의 경우 노드락 와셔 아래에 미끄러지는 표면이 없어야 합니다. 이 요구 사항을 적용하는 경우, 익스팬더 시스템은 압력 와셔가 회전하지 않도록 일반적으로 멀티 볼트 디자인으로 설계됩니다. 이 경우 어셈블리는 회전할 수 없는 표면에 조립되는 노드락 와셔의 일반적인 장착 권장 사항을 충족합니다. 노드락 와셔는 볼트의 풀림 방지를 보장합니다.



노드락 와셔

개선된 마찰 기반 풀림 방지

개선된 풀림 방지 솔루션이 적용에 충분하다고 판단될 경우, 노드락 와셔를 익스팬더 시스템에 추가하면 볼트 풀림과 회전을 방지할 수 있습니다.



예를 살펴보겠습니다. 익스팬더 시스템 좌측의 토크 볼트는 볼트 헤드와 압력 와셔 사이의 마찰에 의해 제자리에 고정됩니다. 마찰력은 체결력 x 마찰과 같으며 마찰력은 16mm의 토크 암에서 작용합니다.

우측의 볼트에는 노드락 와셔가 포함되어 있어 볼트와 압력 와셔 사이에 100% 빼기형 풀림 방지가 가능합니다. 이러한 방식으로 볼트는 압력 와셔와 슬리브 사이의 마찰에 의해 제자리에 고정됩니다. 마찰력은 31mm의 토크 암에서 작용합니다.

모든 마찰 기반 풀림 방지에 언급된 토크 암은 필수 매개변수입니다. 토크 암을 두 배로 늘리면 볼트 풀림과 회전이 두 배로 방지

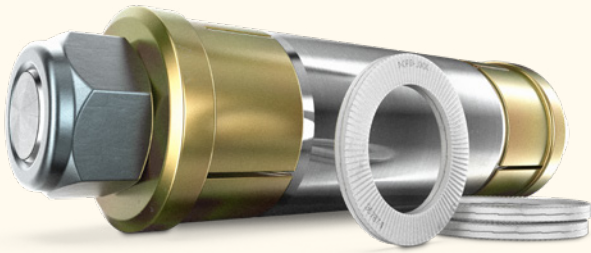
됩니다(다른 모든 매개변수가 동일할 경우). 이 예에서 토크 암은 $31/16=1.93$ 배로 증가하므로 마찰 기반 풀림 방지가 약 2배 개선됩니다.

볼트 헤드와 압력 와셔 사이에서 압력 와셔와 슬리브 사이로 회전 지점을 이동할 수 있는 또 다른 이점이 있습니다. 볼트 헤드는 슬리브보다 단단하므로 볼트 헤드와 압력 와셔 사이의 마찰 계수는 압력 와셔와 슬리브 사이의 마찰 계수보다 낮습니다. 마찰이 높고 볼트의 회전축 또는 중심선에서 거리가 멀어질수록 볼트 풀림과 회전이 방지됩니다.

안전 제일

가장 험난한 산림에서의 신뢰성





산림 수확은 장비의 사용 환경이 매우 힘들고, 주로 멀리 떨어진 작업장에서 기계 수리를 기다리는 동안 생산 중단 일정이 며칠씩 늘어날 수 있습니다. 익스팬더 시스템과 노드락 와셔를 통해 Log Max 주요 장비의 가동 시간을 유지하도록 지원합니다.

임업 산업에 종사하는 사람이라면, 내구성이 뛰어나고 신뢰할 수 있으며 효과적인 장비의 중요성을 이해합니다. 산림 지역은 멀리 떨어져 있고 힘든 장소이며, 벌목을 할 때 기계 오작동과 생산 중단을 허용할 여지가 전혀 없습니다. 또한 작업자나 장비 안전을 위협하는 모든 사건이나 사고를 피하고 싶습니다.

숲속에서 고장 난 기계를 작업장으로 옮기고, 수리하고, 반환하는 것과 관련된 모든 번거러움, 좌절 및 시간 낭비에 대해서는 상기할 필요조차 없습니다. 이와 같은 이유로 피하고만 싶은 지연이 발생한다면 생산성과 그로 인한 수익성이 전부 사라지게 됩니다.

선도적인 임업 장비 제조업체

스웨덴 기업 Log Max는 견고하고 혁신적인 임업 장비를 제공하는 회사로 이름을 알렸습니다. 대형 트랙터, 굴착기, 로그 로더 또는 특수 제작된 임업 기계와 같은 운반 설비에 장착되는 싱글 그립 하베스터 헤드를 제공합니다. Log Max는 스웨덴 임업 지구 중앙에 위치한 Grangärde의 작은 마을에서 전 세계 시장에서 강력한 입지를 구축했습니다. 매년 생산되는 약 500개의 하베스터 헤드 중 약 70%는 주로 유럽, 북남미 및 러시아에 수출됩니다. 이 회사는 2012년부터 Komatsu Group의 일부가 되었습니다.

“저희는 운반 설비를 제공하는 회사는 아니지만 전 세계적으로 매우 유명합니다.” 라고 설계 부서의 책임자인 에릭슨 씨는 말합니다.

철저한 개발 프로세스

Log Max는 매년 최소 2개의 신제품이나 업데이트된 제품 모델 출시를 목표로 합니다. 현 제품군에는 14개 모델을 비롯한 전용 제어 시스템도 포함되어 있습니다. Log Max는 응용 분야에 맞게 나이프를 조정하여 목재 품질을 개선하고 연료 소비를 줄이는 자주식 마찰 제어 시스템과 같은 여러 특허를 보유하고 있습니다.

에릭슨 씨는 많은 개발과 테스트를 거쳐 신규 모델을 출시한다고 설명합니다. 지속적인 제품 개선을 위한 긴 목록이 이를 입증하지만, 많은 시간이 소요되는 비즈니스일 수밖에 없습니다. “제품은 오랜 개발 프로세스를 거칩니다.” 라고 그가 말합니다.

“우리가 출시하는 모든 제품이 최고의 품질을 갖추어야 하기 때문에 매우 철저합니다.”

열악한 환경과 까다로운 응용 분야를 위한 솔루션을 제공하는 수많은 제조업체와 마찬가지로, Log Max는 노드락 썬기형 폴림 방지 와셔를 사용하여 볼트 체결부의 고장 위험을 줄입니다. 기계 엔지니어인 앤더슨 씨는 그가 20년 전 일하기 시작했을 때부터 Log Max가 이를 사용했다고 말합니다. 현

재 노드락 썬기형 폴림 방지 와셔는 설계에서 기정사실로 간주됩니다.

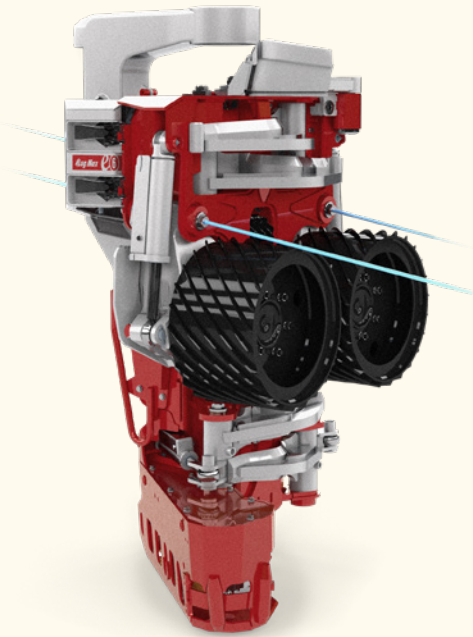
“저희 강철 프레임에는 볼트 체결부에 너트가 없는 나사산이 많은 홀이 있습니다.” 라고 앤더슨씨는 말합니다. “노드락 와셔 설계는 볼트가 풀리는 것을 방지합니다.”

매우 까다로운 임업에 중요한 익스팬더

Log Max는 유지 보수 중 서비스와 수리 방법으로 익스팬더 시스템을 광범위하게 사용합니다. 익스팬더 시스템은 주로 남미 시장을 대상으로 하는 유칼립투스 나무용 Log Max E6 하베스터 헤드에도 공장 표준으로 장착됩니다.

유칼립투스 나무를 수확하는 것보다 더 열악한 조건의 벌목은 드물 것입니다. 장비의 사용 환경이 매우 거친 분야이기 때문에, Log Max는 요구 사항을 충족하기 위해 E6 헤드를 개발했습니다. 통나무 회전을 돕는 특수 피드 롤러와 함께 목재 껍질을 벗기고 제거하기 위한 5개의 나이프를 갖추고 있습니다.

“기존의 수확과 달리 유칼립투스 통나무를 앞뒤로 움직이면서 회전시켜 보다 효율적으로 껍질을 벗기고 제거하는 작업을 할 수 있습니다.” 라고 에릭슨 씨는 설명합니다. “추가 가공을 위해 통나무를 보낼 때 나무에 껍질이 남아 있어서는 안 됩니다.” ☺



유칼립투스가 땅에서 나무껍질로 모래를 흡수한다는 사실은 이 작업을 더욱 어렵게 만듭니다. 실제로 앤더슨 씨는 “그것은 마치 기계가 사포 작업을 하는 것처럼 엄청난 연마성으로 마모와 균열을 가중시킵니다” 라고 말합니다.

E6 헤드에 노출되는 부담과 스트레스는 Log Max의 다른 하베스터 헤드와는 전혀 다릅니다. 익스팬더 시스템을 표준 사양에 포함하여 제작하기로 한 결정은 고객을 위한 것이었다고 앤더슨 씨는 말합니다.

“익스팬더 시스템은 내구성이 매우 뛰어나 유지 보수를 위한 특별한 도구가 필요하지 않습니다.” 라고 그는 말합니다.

“유지 보수와 관련된 모든 작업, 예를 들면 나이프를 자주 연마해야 하는 일 등을 간소화하여 고객의 시간과 비용을 절약할 수 있습니다.”

강력한 현지 및 글로벌 입지

스웨덴의 작은 마을에서 남미의 숲까지는 먼 거리로 보일 수도 있지만, Log Max는 계속해서 이 마을을 중요하게 여기고 있습니다. 최근에는 작업장 확장으로 생산 능력이 크게 증가했습니다.

“지역 환경에 기여하는 저희의 방식을 자랑스럽게 생각합니다.” 라고 에릭슨 씨는 말합니다. “본사는 여전히 Grangärde에 있으며, 이곳에 설계 및 개발, 생산 및 주요 영업 사무소뿐만 아니라 주요 예비 부품 창고도 위치해 있습니다.” 협력 업체도 대부분 현지 업체입니다. Komatsu가 이곳에서 사업 확장을 하게 되어 다행입니다. 이는 오랜 고객들에게 큰 의미가 있다고 생각합니다.”

텍스트
Ulf Wiman

사진
Thanakorn Hongphan/Shutterstock
Thomas Jenkins/Log Max



Johan Ericson
설계 책임자,
LOG MAX



Per Andersson
기계 엔지니어,
LOG MAX

고객
LOG MAX AB

위치
GRANGÄRDE, 스웨덴

설립
1980

직원 수
85

주요 제품
임업 산업용
자주식 하베스터

주요 시장
유럽, 북남미, 러시아

노드락 그룹 솔루션
노드락 썬기형 풀림 방지 와셔, 익스팬더 시스템 피벗 핀



스피리볼 게임

때론 삶에서 단순한 것들이 최고라고 말하지만, 적어도 스피리볼에서는 사실처럼 여겨집니다. 공, 기둥과 로프로 만들어진 이 소박한 솔루션의 개발은 현재 많은 스페인 사람들에게 즐거움을 가져다주었습니다.

“스피리볼” 이야기는 1920년대 스페인 남부의 그라나다에서 시작되었습니다. 발타사 씨는 11명의 자녀들이 가지고 놀 수 있는 단순한 기구를 만들었습니다. 그는 테니스공을 로프로 기둥에 연결했고, 그렇게 새로운 스포츠가 발명되었습니다.

약 50년 후, 발타사씨의 손자 중 한 명이자 “스피리맨”으로 더 잘 알려진 켄델 씨가 이것을 상품화했습니다. 의사인 켄델 씨는 젊은이들의 좌식 생활방식을 걱정했습니다. 그는 특히 소외된 청소년들을 위한 게임으로서 스피리볼의 잠재력에 주목했습니다.

켄델 씨는 학교를 중심으로 스포츠를 장려하고 사회적 어려움을 겪는 젊은이들을 지원하는 스피리볼 재단을 설립했습니다.

단순하지만 효과적인 구조

스피리볼 게임을 하려면 공을 기둥 주위로 던져 회전시켜야 합니다. 공이 노란 기둥에 닿을 수 있도록 로프를 끝까지 돌리는 플레이어가 이깁니다. 스피리볼의 받침대는 받침대와 받침

대 기둥 연결 피스 사이에 위치한 한 쌍의 노드락 와셔의 연결로 기둥 장치에 결합됩니다.

“노드락 와셔는 현재 스피리볼 모델에서 필수적인 부분입니다. “게임 중 기둥과 받침대가 안정적으로 유지되는 것은 이러한 부품들 덕분입니다” 라고 스피리볼의 기관 활동 총괄 코디네이터이자 스피리볼 재단의 이사장인 헤르베라 씨는 설명합니다.

두 가지 가치 있는 목표

켄델 씨는 2020년에 폐암 진단을 받았습니다. 신체 운동의 치유력을 굳게 믿고 있는 그는 스피리볼 재단의 활동을 확장하여 종양학 환자 지원 부서를 위한 기금을 마련했습니다.

“스피리볼은 두 가지 목표를 가진 연대 스포츠입니다. 신체 운동을 장려하고 긍정적인 사회적 영향을 미치기 위한 것입니다.” 라고 헤르베라 씨는 말합니다. “스피리볼은 모든 연령과 체력의 사람들이 어디에서나 즐길 수 있기 때문에 가족을 더 화목하게 만들고 사회적 결속을 높일 수 있는 게임입니다.”

텍스트 Isabelle Klinger 그림 Spiribol

회사
SPIRIBOL FOUNDATION

위치
그라나다, 스페인

솔루션
스피리볼은 받침대, 기둥, 로프와 공으로 구성됩니다. 받침대는 한 쌍의 노드락 와셔의 연결로 기둥 장치에 결합됩니다.

제품
NL18sp 뿔기형 폴림 방지 와셔

