

# LASER COMMUNITY.

Of people and photons

## 수소의 시대가 오고있다

레이저 기술은 어떻게 새로운 붐을 일으키고 있는가





## 그 과제를 받아들입니다!

제가 1980년대 중반 독일 항공 우주 센터(DLR)에서 CO<sub>2</sub> 레이저를 실험하는 젊은 레이저 연구원이었을 때, 저는 유럽 최초의 수소 구동 자동차가 스핀하는 모습을 자주 목격하곤 했습니다.

그 자동차는 Carl-Jochen Winter교수와 그의 팀이 성공적으로 전환한 레드 BMW였습니다.

이는 대부분의 사람들에게 수소 개척자의 자동차가 자리를 잡으려면 여전히 수십년이 필요하다는 것을 분명히 보여주었습니다. 지금도 갈 길이 남아있지만, 모든 징후는 같은 방향을 가리키고 있습니다. 즉 연구자들, 업계 및 정치인 모두 수소를 미래 에너지 공급의 핵심으로 보고 있습니다.

이것은 TRUMPF와 레이저 기술에 회소식입니다. 연료 전지는 수소 경제의 핵심이기 때문입니다. 이 전지는 수소와 산소의 화학 반응으로부터 에너지를 추출합니다. 이 연료 전지에 대한 기술적 요구 사항은 굉장히 까다로워 레이저 이외에는 대안은 없습니다. 수백 개의 초박형 스테인리스 강관은 모든 두드림을 견디고 안정적으로 전기를 전도하며 완전히 가스가 새지 않도록 하는 방식으로 함께 용접되어야 합니다. 이 스테인리스 강관은 그 두께는 몇 마이크로미터에 불과할 수 있지만 100% 안전해야 합니다! 전지의 아주 작은 구멍조차도 수소 동력 차량에서는 치명적인 결과를 초래할 수 있습니다. 민감한 센서가 장착된 스캐너 기반 용접 레이저는 가스가 새지 않도록 하는 기밀 용접과 관련하여 비용 효율적인 방식으로 정밀도, 속도 및 안전성 측면에서 이러한 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

사실, 이러한 레이저와 DLR 시절의 “내” CO<sub>2</sub> 레이저 사이에는 차이가 있습니다. 그러나 레이저 기술 분야의 혁신은 종종 이미 시간의 시험을 거친 지식을 기반으로 이루어진 것입니다. 기밀 용접도 예외는 아닙니다. 이 요구 사항을 우리가 처음 대면한 것은 심박 조율기 용접에서였습니다. 이후 최초의 자동차 고객이 리튬 이온 배터리용 부품의 기밀 용접에 대한 지원을 원했을 때, 우리는 이러한 경험을 활용할 수 있었습니다. 그리고 그 목표는 전기 자동차에 적합한 산업 솔루션의 신속한 개발이었습니다. 그리고 연료 전지와 함께 모든 것이 새로운 한 걸음을 나아가고 있습니다. 레이저 기술에 대한 수소 개척자들의 요구는 개발자와 엔지니어 모두에게 도전적인 것입니다. 그러나 이러한 요구 사항은 또한 이들이 새로운 단계에 이를 수 있도록 박차를 가하는 것으로서, 더욱 빠르고 정확하게 용접할 수 있게 합니다.

연료기술로서의 수소를 신뢰하는가? 물론이죠! 내년에 완성되는 것도 아니고 목표도 아닙니다. 하지만 수소는 분명 다양한 종류의 차량을 위한 다양한 기술을 제대로 혼합하는 데 있어 그 역할이 있습니다.

**DR.-ING. 크리스티안 슈미트(Christian Schmitz)**

Laser Technology CEO

TRUMPF GmbH + Co. KG 관리위원회 위원

christian.schmitz@trumpf.com

## LASER COMMUNITY. #32

2021년 5월호 **출판** TRUMPF GmbH+Co.KG, Johann-Maus-StraEe 2, 71254Ditzingen, Germany; www.trumpf.com

**콘텐츠 책임자 및 편집장**

AthanasiosKaliudis, Phone +49 7156303-31559, athanasios.kaliudis@trumpf.com

**배포** Phone +49 7156 303-31559, athanasios.kaliudis@trumpf.com, www.trumpf.com/en\_INT/company/press/magazine

**편집** Die Magaziniker GmbH, Stuttgart, Germany; Florian Burkhardt, Martin Reinhardt

**기고** Florian Burkhardt, Wilrid Dubitzky, Sebastian Hecker, Athanasios Kaliudis, Paul Mehnert, Martin Reinhardt, Julia Stolte, Monika Unkelbach

**사진 및 일러스트** Tobias Gerber, Stefan Hobmaier, Timo Muller, Andreas Reeg, Gernot Walter

**디자인 및 제작** Die Magaziniker GmbH, Stuttgart, Germany; Gernot Walter (AD), Martin Reinhardt **번역** Wieners+Wieners GmbH, Ahrensburg, Germany **편찬** ReprotechnikHerzog, Stuttgart, Germany **인쇄** W.Kohlhammer DruckereiGmbH + Co.KG, Stuttgart, Germany

일러스트: Timo Müller, 기밀: Adobe Stock / Konstantin Yugarov

Gernot Walter



### 두 배의 재미

스마트하고 에너지 효율적인 사출 금형을 사용하여 아이들을 위해 지구를 구합니다. 액션 피규어보다 더 나은 것이 있을까요? 사진을 찍은 후 두 작가의 아이들은 장난감 컬렉션에 새로 추가된 흥미진진한 아이들을 가지고 놀았습니다. 6페이지.



### 5명의 교수

잠깐만요, 양자는 한 번에 여러 곳에 존재합니다! 그렇다면 양자 물리학자도 마찬가지로 할 것입니다! 이 아이디어에 영감을 받아 우리는 즉시 이 에베 사진을 다음 방에서 찍기로 결정했습니다. Tobias Gerber는 아이디어에 생명을 불어 넣었습니다. 최고의 물리학자인 Jorg Wrachtrup는 26페이지를 맡았습니다.



### 단순히 아름답습니다

오, 슈퍼 모델처럼 빛납니다! 할인 슈퍼마켓에서 €6.99 위스키 한 병으로 꿈이 이루어집니다. 아트 디렉터 Gernot Walter는 이 못생긴 오리를 아름다운 백조로 바꾸는 빛, 렌즈, 마우스로 마법을 걸었습니다. 31페이지에서 보듯 말입니다.

Martin Reinhardt, Gernot Walter

# 레이저



Stefan Hobmaier, Timo Müller

Andreas Reeg, Tobias Gerber, TRUMPF

# COMMUNITY.

## 특집

### 18 수소에 관한 모든 것!

수소는 21세기를 위한 새로운 에너지원입니다. 다음은 이것이 레이저 기술에 좋은 소식인 이유입니다.

### 6 POWER

프레스 경화 도구 및 사출 금형용 첨가제 구리 도관으로 지구를 구합니다.

### 7 GLORY

LED 혁명가 Shuji Nakamura는 그의 끈기로 Queen Elizabeth Prize를 수상했습니다.

### 8 AHEAD

Heraeus Amloy는 비정질 금속에서 뼈를 만들어냅니다.

### 10 미술

GFH는 레이저 선삭을 고안한 다음 4in1 마이크로프로세싱 기계를 만듭니다.

### 15 치유 특성

60년 전, 처음으로 레이저를 사용하여 눈을 치료했습니다. 그 이후로 많은 일이 있었습니다.

### 16 유리, 유리, 유리

레이저 유리 용접은 이제 대량 생산을 위한 준비를 마쳤습니다.

### 23 i 4.0

좋은 센서는 항상 두 번 보입니다.

### 24 토네이도 파워!

Bergmann & Steffen은 원격 용접의 속도를 높이기 위해 회오리 바람을 사용합니다.

### 26 “저는 불가능에 익숙해졌습니다”

Jorg Wrachtrup 교수는 시스템 공학에서 더 많은 양자 기술을 요구하고 있으며 마음과 기계를 연결하기를 원합니다.

### 30 POP

Dissonance a la Hindenburg.

### 31 WHERE'S THE LASER?

프리미엄 위스키 내에



8 3D 프린팅



24 원격 용접



26 양자 센서



새로운 도구 디자인 덕분에 사출 성형 피규어와 같은 대량 생산 품목들을 이제 훨씬 더 에너지 효율적인 방식으로 생산할 수 있습니다.

## 녹색 도구의 꿈



내부 도관, 레이저 금속 증착 용접을 사용하여 생산, 정확한 장소에서 도구를 냉각

### 레이저는 구리 및 강철 도구에 냉각 도관을 장착하여 환경에 미치는 영향을 개선합니다.

차체 생산이든 기계 공학이든 프레스 경화 및 사출 성형은 널리 사용되는 제조 방법이지만 환경에 미치는 영향은 적습니다. 결국 이 모두 엄청난 양의 열을 생성하고 엄청난 양의 에너지와 냉매를 낭비합니다. 그러나 프레스 경화 및 사출 성형 도구 내의 냉각 도관의 형태로 도움을 받을 수 있습니다. 냉각 도관은 열을 금속으로 전도하여 방출하도록 합니다. 이 과정이 더 효율적으로 수행될수록 더 많은 에너지가 절약됩니다. 전 세계의 공급 업체가 매년 수백만 개의 부품을 생산하기 때문에 최소한의 절감만으로도 효과가 있습니다. 독일 연방 정부도 그렇게 생각하기 때문에 기후 행동 계획을 통해 자원 절약 아이디어를 지원하고 있습니다. 이 분야에서 TRUMPF는 독일 연방 경제 에너지부 (BMW)가 지원하는 “전체론적 평가 방법을 통해 열역학적 스트레스를 받는 도구 생산을 위한 에너지 및 자원 효율적인 프로세스 체인 식별”(reProTools) 프로젝트의 일환으로 여러 파트너와 협력하고 있습니다. 해당 아이디어는 레이저가 기계적 드릴 대신 맞춤형 냉각 채널을 형성한다는 것입니다.

이는 적층 레이저 금속 증착(LMD) 공정을 통해 가능하며 설계 자유의 범위를 보장합니다. 드릴과 달리 도관의 길이에 제한이 없습니다. 어떤 경우에는 굽힘과 반경도 가능합니다. LDM을 사용하면 레이저가 기본 강철 도구에 레이어를 하나씩

증착하여 이상적인 냉각 도관 배열의 도구를 성형합니다. 이 과정에서 도구 표면에 용융 풀을 생성합니다. 노즐이 도구에 분말을 분사한 다음 이 분말이 레이저에 의해 용융됩니다. 냉각 과정에서 첨가제 분말과 가공물은 금속공학적 결합을 형성합니다. 기본 아이디어는 전혀 새로운 것이 아닙니다. LMD를 사용하여 프레스 경화 도구 내에 완성된 냉각 도관을 내장한다는 개념은 2000년대 초반에 널리 알려졌지만 reProTools는 한 단계 더 나아갔습니다.

결국, 이미 적층 공정을 사용하고 있다면 열 전도에 탁월한 두 번째 재료로 채널을 형성하지 못할 이유가 없습니다. 구리는 단순히 티켓일 뿐입니다. 얼마 전만 해도 이 조합은 불가능했습니다. 적외선 레이저는 1,030 나노미터의 파장으로 인해 높은 반사 특성을 나타내기 때문에 구리와 함께 사용되기 어려웠습니다. 이로 인해 스파터가 발생하고 재현성이 떨어지게 됩니다. 산업용 빔 소스는 이제 515 나노미터의 녹색 파장으로 사용할 수 있으므로 구리에 결합하는 데 있어 탁월한 성능을 발휘합니다. reProTools 프로젝트에서 녹색 디스크 레이저는 최적의 냉각 특성을 가진 도구를 생산합니다.

따라서 도구의 온도를 더 빨리 제어할 수 있고 냉각 시스템의 작업 부하를 줄이며 더 효율적으로 제조할 수 있습니다. 이는 리소스를 절약하고 생산성을 높일 뿐만 아니라 기후 변화와 사용자 예산에도 좋은 소식입니다. ■

Gernot Walter, TRUMPF

## 빛의 제왕

### LED 분야의 개척자인 Shuji Nakamura는 2021 Queen Elizabeth Prize의 수상자입니다.

2015년은 레이저 커뮤니티에 있어 중요한 해였습니다. 새로 선정된 노벨 물리학상 수상자 Shuji Nakamura는 빛에 대한 그의 사랑을 선언하고 인간 문명에 있어서 빛의 중요성을 찬양하는 More Light이라는 에세이를 잡지에 썼습니다. 그보다 더 적합한 수상자는 없었을 것입니다.

이 일본 엔지니어는 1980년대 후반 내내 자신의 회사 실험실에서 끝없는 일련의 시행 착오 실험을 했습니다. 그의 목표는 발광 다이오드(LED)를 사용하여 청색광을 생성할 수 있도록 하는 고품질 질화 갈륨(GaN) 결정을 개발하는 것이었습니다. 적색, 황색 및 녹색 LED 조명은 이미 존재했지만 청색광 스펙트럼은 완고하게 빛을 내기를 거부했습니다. 그러나 밝고 매우 에너지 효율적인 백색 LED 조명은 청색광을 추가해야만 가능합니다. 세상은 더 밝은 곳이 되었습니다. "1년 반 동안 저는 매일 오전과 오후를 쉬지 않고 리액터를 수정하는 데 보냈습니다"라고 현재 산타 바바라 캘리포니아 대학의 재료 및 전기·컴퓨터 공학 교수인 Nakamura는 설명합니다. Nakamura의 끈기는 결실을 맺었습니다. 그는 최초의 청색 GaN LED를 개발한 다음, 최초의 녹색 인듐 갈륨 질화물 발광 다이오드, 백색 LED, 그리고 결국 청색 레이저를 개발했습니다. 그의 발명으로 인해

에너지 절약형 LED 조명 및 선구적인 디스플레이 기술의 지속적인 성공 스토리가 가능해졌습니다. 이제 Shuji Nakamura는 또한 LED 연구의 4명의 동료 선구자와 함께 권위있는 Queen Elizabeth Prize 공학상의 영광의 수상자입니다. 그 동료들은 다음과 같습니다: Isamu Akasaki, Nick Holonyak, M. George Craford 및 Russel Dupuis. 심사 위원단의 말에 따르면 올해의 수상자는 "[...] LED와 고체 조명에 끼친 세계적인 영향뿐만 아니라 해당 기술의 엄청난 공헌으로도 인정받았으며 앞으로 에너지 소비 절감 및 기후 변화 해결에 있어 기여할 것으로 인정받고 있습니다."

2015년, Nakamura는 잡지에 다음과 같이 썼습니다. "전구와 형광등이 느리지만 확실히 세계 기술 박물관에 맡겨지고 있으며 고체 조명이 세상의 조명을 담당하고 있다는 사실이 기쁩니다. 저는 이 경제적인 조명을 문명을 구동하는 것이자 사실상 문명의 벤치마크로 생각합니다. 조명이 없는 인간 문명을 상상할 수 있으시겠습니까?" 아니요, 상상할 수 없습니다. ■

Shuji Nakamura의 끈기는 오늘날 성과를 거두었습니다. 그의 에너지 효율적인 LED는 우리의 방과 스크린을 밝힙니다.



Matt Perko / USCB

# “당신의 뼈를 프린트합니다”

# AHEAD

Heraeus Amloy는 TRUMPF TruPrint 2000에서 비정질 금속으로 반경 플레이트를 프린트합니다. 3D 프린터로 제작되는 맞춤형 임플란트는 의료 과학 기술에 혁신을 가져올 것입니다. Heraeus Amloy의 마케팅 및 영업 책임자 Valeska Melde는 이를 확신합니다.



**꿈:** 기존 뼈 구조 사이 또는 내부에 정확히 맞고 해당 위치의 실제 뼈와 똑같은 변형을 견딜 수 있는 임플란트. Heraeus Amloy는 이러한 꿈을 실현하고자 합니다.

임플란트를 프린트합니다.

**멋져 보이네요. 비정질 금속은 무엇입니까?**

정상적인 용융 금속에서 원자는 격렬하게 뒹뒹거립니다. 온도가 떨어지면 속도가 느려지고 가장 에너지적으로 유리한 형태, 즉 결정 구조로 배열됩니다. 그러나 용융 금속이 초당 200 켈빈으로 냉각되면 원자는 제자리를 찾을 수 없고 대신 용융 상태에서 동결됩니다. 원자의 형태가 없는 혼란이 단단한 금속에 남게 됩니다. 여기 AMLOY에서는 이 공정을 가능하게 하는 합금을 개발합니다. 덧붙여서, 유리에서도 이같은 현상이 관찰될 수 있기 때문에 비정질 금속을 “금속유리” 라고도 합니다.

**그리고 이것이 어떻게 임플란트 측면에서 도움이 됩니까?**

비정질 금속은 결정 구조가 없기 때문에 “일반” 금속과는 매우 다르게 행동합니다. 예를 들어, 매우 견고하고 유연성이 뛰어나며 놀라울 정도로 마모에 강합니다. 뼈와 마찬가지로 임플란트는 상당한 스트레스와 변형을 견딜 수 있습니다. 그리고 두드림의 형태뿐만 아니라 기타 충격이 있습니다. 턱뼈가 견뎌야 하는 모든 물고 씹는 동작 또는 갈비뼈가 1년에 약 8백만 번의 호흡 동작을 견뎌내야 한다는 사실을 생각해보십시오.

**그리고 3D 프린팅은 비정질 금속을 다룰 수 있습니까?**

충분히 가능합니다! TRUMPF와 협력하여 우리는 매우 미세한 초점과 극히 적은 양의 용융 금속으로 작업할 수 있도록 공정을 개선했습니다. 따라서 열이 빠르게 전도됩니다. 따라서 이는 초당 200 켈빈의 임계 냉각 속도를 촉진합니다. 개별 맞춤형 임플란트가 파워 베드에서 나오고 비정질 구조로 굳어집니다.

**일석이조입니다.**

사실 그 이상입니다! 비정질 금속의 3D 프린팅은 또 다른 결정적인 이점을 제공합니다. 합금과 관련하여 훨씬 더 유연합니다. 우리는 이미 지르코늄 기반 합금을 가지고 있습니다. 동시에 우리는 비정질 티타늄 기반 합금도 작업하고 있습니다.

우리는 3D 프린팅을 위해 이 합금과 다른 모든 합금을 최적화하고 있습니다. AMLOY 비정질 합금은 인간 뼈의 탄성 계수와 유사한 탄성 계수를 그 특징으로 하며, 이는 치유 과정에 도움이 되며 이전에 약해진

신체 부위의 탄력성 측면에서 큰 이점이 되기 때문에 특히 의료 기술 분야에서 요구되고 있습니다. 당사의 합금은 부식에 강하고 생체에 적합합니다.

**언제 첫 번째 프린트된 임플란트를 장착할 수 있습니까?**

이것은 현재 그라츠 대학의 의료용 임상 적응 제조 (CAMed) 프로젝트의 일환으로 우리가 TRUMPF와 같은 파트너와 함께 테스트하고 있는 것입니다. 그 결과는 유망하며, 우리는 이미 고객이 테스트하고 승인할 수 있는 임플란트를 제조할 수 있습니다. 따라서 우리가 당신의 뼈를 프린트한다는 아이디어는 이미 현실입니다. ■

**Melde씨, 현재 우리가 3D 프린팅을 사용하여 정밀 임플란트를 생산하지 못하는 이유는 무엇입니까?**  
무엇보다도 필수사항인 기계적 특성을 들 수 있습니다. 뼈는 매우 가볍고 매우 단단하며 매우 유연합니다. 오늘날의 재료는 이러한 특성 사이의 타협점만 제공합니다. 예를 들어, 금속 재료는 너무 뻣뻣하고 풀리머는 너무 부드럽습니다. 그러나 3D 프린팅을 사용하면 맞춤형 임플란트를 생산할 수 있습니다.

**그러면 바람직한 솔루션입니까?**

그렇습니다. 상황에 따라 외과 의사는 종종 환자의 신체에 직렬 공정으로 생산된 임플란트를 적용하기 위해 즉석에서 필요한 조치를 고안해야 합니다. 그들은 손을 사용하여 최종 형태로 구부리고 나사를 사용하여 제자리에 고정합니다. 그래서 도움이 필요한 것입니다.

**어떻게 얻었나요?**

고유한 재료인 비정질 금속으로 정밀

**회사:** Heraeus Amloy는 비정질 합금을 개발 및 판매하고 이를 사용하여 고객을 위한 부품을 만듭니다. 지르코늄 기반 합금은 이미 사용 가능하며 티타늄 기반 버전은 다음과 같습니다.

**제품:** 비정질 부품은 기계 공학 및 의료 기술 이외의 분야에서도 그 입지가 커지고 있습니다

**비정질 3D 프린팅 브리지**  
블룸/톤 컨트롤은 이미 첫 번째 전기 기타에 사용되었으며 NASA는 우주 로봇에 이 특수 금속으로 만든 드릴 비트를 장착할 계획입니다.



**재료:** 비정질 금속은 용융 금속을 순간 동결하여 생산됩니다. 원자들은 무작위 배열로 응고되고 결정 구조를 형성하지 않습니다.



# 미

왼쪽: 화면에서  
극적으로  
확대되었습니다.

오른쪽: 기계의  
실제 부품 기계식  
산삭은 아주 작은 정밀  
부품을 다룰 때 많이  
사용되지 않습니다.



# 순

Stefan Hübner / Fotogloria

## GFH는 레이저 선삭을 고안합니다.

# D

GFH CEO인 Florian Lendner는“이런, 그가 맞았어”라고 혼잣말을 합니다. 의료 기술 분야의 그의 고객 중 한 명이 레이저를 선삭에 사용할 수 있을 때만 완벽한 도구로 간주될 것이라고 말했던 것입니다. 이 말은 Lendner를 생각하게끔 만듭니다. 지금까지 선삭 가공은 실제 레이저 기반 대안이 없는 유일한 가공 공정이었습니다. 그러나 Lendner는 그것을 바꾸고자 합니다.

선삭하는 동안 공작물은 회전하고 끝이 윤곽을 가로질러 이동하여 재료를 잘라냅니다. 부품에 가해지는 힘을 “절단력”이라고 합니다. 이것이 Lendner가 관심을 두는 것입니다. GFH 기계는 손가락 크기의 밸브나 두꺼운 피스톤을 제조하는 데 사용되지 않습니다. GFH는 마이크로프로세싱 기계를 만들고 있으며 절단력은 마이크로프로세싱 세계와 관계가 없습니다. 그의 고객은 두께가 몇 마이크로미터에 불과한 소형 의료용 겹자, 세련된 미니 시계 바늘 또는 매우 정밀한 전자 모듈을 생산하기를 원합니다. 지나친 절삭력을 가하기 시작하면 변형으로 인한 불량품이 계속해서 발생할 위험이 있습니다. 따라서 GFH 기계는 드릴링, 밀링 및 표면 마무리와 같은 공정을 위해 기계 가공 도구 대신 레이저를 사용합니다. 그러나 레이저는 선삭에 적합하지 않습니다. 이로 인해 마이크로프로세싱 부분의 기계 도구의 오래된 문제가 발생합니다. Lendner는 “선삭 끝이 점점 더 미세해지면 매우 빨리 마모되어 공구를 지속적으로 교체해야 합니다.”라고 설명합니다. “또한 가장 작은 선삭 끝도 결국 물리적 한계에 도달합니다.”

따라서 Lendner와 그의 팀은 지난 20년 동안 해온 일을 정확히 수행했고 그들은 기계 도구를 USP(초단파 펄스 레이저)로 대체할 수 있는 방법을 고안하였습니다. 마이크로 수준의 텍스처링, 커팅 및 드릴링 측면에서 이미 이러한 업적을 달성했습니다. 하지만 그게 다가 아닙니다. GFH는 세 가지 USP 레이저 가공 프로세스를 결합된 기계로 통합하므로 공작물을 다시 클램핑할 필요도 없습니다. Lendner는 이를 자랑스러워하지만, 의료 기술 분야의 고객이 와서 갑자기 레이저 선삭을 원합니다.

**새로운 활력** “USP 레이저는 범용 도구입니다. 그 빛은 공작물에 닿거나 가열하지 않습니다. 마이크로미터 정밀도로 제거하고자 하는 재료를 정확하게 제거합니다. 따라서 레이저 펄스를 선삭에 사용하지 못할 이유는 없습니다.”라고 Lendner는 말합니다.

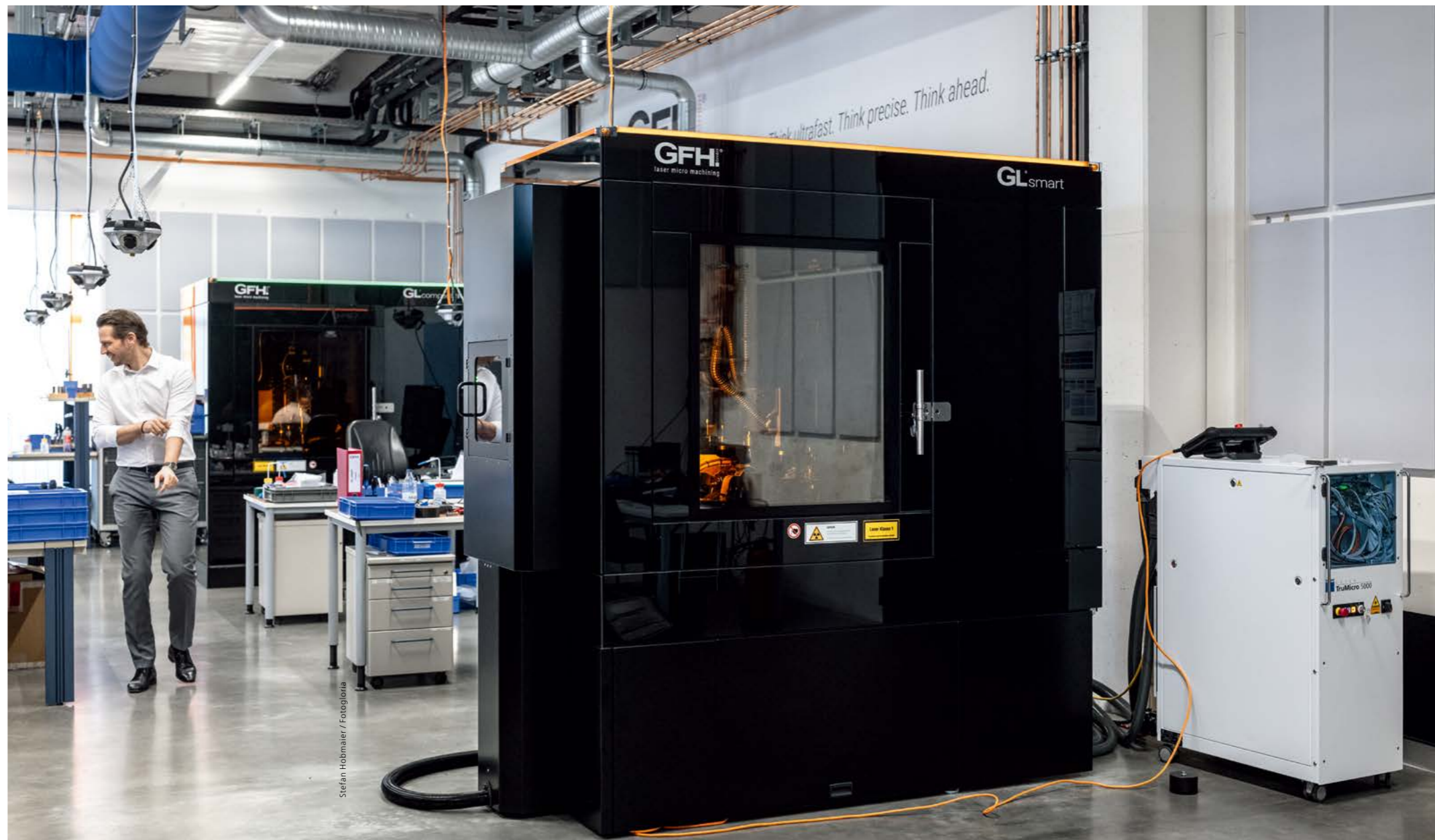
그러나 현실은 생각했던 것보다 힘들었습니다. 샘플 부품에 수행한 초기 시도에서부터 완전한 전문 지식을 필요로 했으며 팀의 좌절감을 견뎌야 했습니다. Lendner: “모든 노력이 그만한 가치가 있는지 회의를 느끼는 한계에 도달했습니다. 따라서 레이저 선삭에 관심이 있는 사람이 있는지 확인하기 위해 초기 결과를 발표했습니다.” 반응은 엄청 났고 의료 기술 분야를 훨씬 뛰어넘었습니다. “우리는 수요가 존재하고 우리가 정말로 해낼 수 있다는 것을 알게 되었습니다!” 이것은 새로운 활력을 얻은 GFH 팀의 열정을 복돋아 주었습니다.

GL.smart는 절단, 드릴링, 텍스처링 및 선삭의 네 가지 USP 레이저 가공 프로세스를 마이크로 수준에서 결합합니다. 공작물은 다시 클램핑할 필요 없이 시스템을 통과할 수 있습니다. 특허받은 트레패닝 광학 요소는 공작물이 완성될 때까지 각 공정 단계에서 원활하게 작동합니다.

## 머신 뒤의 결정적인 아이디어: 레이저도 회전시키자!

**회전을 위해 두 가지가 필요해!** 그들은 아직 수년간의 개발을 앞두고 있었기 때문에 이 에너지가 필요했습니다. 주요 문제는 처리 속도였습니다. “회전 부품이 있는 경우 레이저는 표면의 좁은 스트립, 즉 현재 광학 요소를 향해 회전하는 스트립만 처리합니다. 따라서 핵심 요소는 기계가 표면의 새롭고 처리되지 않은 부분을 빛으로 얼마나 빨리 회전시킬 수 있는지입니다.” 고정밀 에어 베어링 회전축 덕분에 공작물은 분당 최대 3,500회 회전할 수 있습니다. 육안으로는 엄청나게 빠르게 보이지만 피코초의 속도로 펄스를 내는 레이저에 비해서는 구불구불한 슬로우 모션처럼 느껴집니다. 레이저는 라인을 자르고, 커피 한두 잔을 마시고, 책을 읽고, 점심 시간을 갖고, 스타워즈 3부작의 감독판을 보고 다시 이것이 필요한지 확인할 수 있습니다. “이 속도에서는 재료 마모가 너무 느려 효율적이지 않습니다.”

그러나 팀에게 깨달음의 순간이 왔습니다. 모든 종류의 물리적 제약이 회전하는 금속 조각에 적용되지만 실제 빛에는 그러한 제약이 없습니다. 이를 염두에 두고 개발자는 레이저 빔을 번개의 속도로 회전시키기 시작했습니다. 회전하는 공작물에 빔을 적용하면 반대 회전을 통해 처리 속도가 크게 증가합니다.



Stefan Höbmaier / Fotocoloria

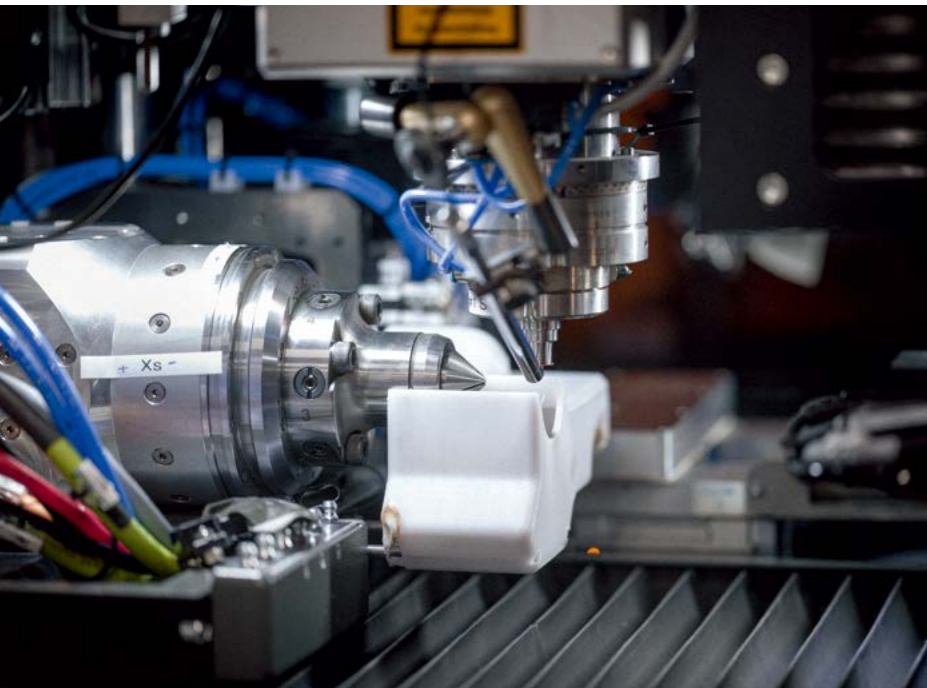
이 신선한 아이디어는 세 번째 새로운 활력을 가져옵니다. GFH 엔지니어는 이제 다른 프로젝트를 위해 실제로 개발한 트레패닝 광학을 활용합니다. 트레패닝 광학 장치의 중심에는 회전하는 원통형 렌즈가 있으며, 매우 정밀하게 균형잡힌 정밀 스피들에 둘러싸여 있습니다. 이 장치를 사용하면 초점이 1분에 최대 30,000회에 걸쳐 공작물을 원을 그리며 번개처럼 빠른 초단파 펄스를 발사할 수 있습니다. 첫 번째 단계인 거친 기계 가공에서 빛은 상당한 에너지 입력으로 가능한 한 많은 재료를 증발시킵니다. 후속 미세 가공 단계("마무리")에서는 에너지가 덜 사용되고 최종 표면 마감이 달성됩니다. "레이저 선삭" 미션이 완료되었습니다.

또 다른 승리 트레패닝 옵틱의 슬리브가 훨씬 더 많습니다. 빔이 다양한 각도에서 표면에 닿아 공작물을 원형으로 돌릴 수 있다면 마이크로 수준의 절단 및 드릴링에도 더 효과적입니다. "이제 절단 및 드릴링 홀의 벽 각도를 정밀하게 결정할 수 있으며 아래쪽으로 확장되는 홀가공도 생성할 수 있습니다"라고 Lendner는 설명합니다. "기계식 드릴로 해보십시오!"

그리고 희망했던 대로 사파이어 글래스, 세라믹, 다이아몬드를 순식간에 가공할 수 있다는 것이 명백해지면서 팀은 새로운 차원의 행복감을 느끼게 되었습니다. 이러한 재료는 모든 기계 보정 공정에 있어 항상 심한 저항력을 제공하고 도구를 하나씩 완성하는 재료입니다. Lendner는 이를 좀 더 실제 용어로 표현합니다. "이는 기존 제조 공정에 비해 레이저 기술의 주요 이점을 보여줍니다. 공작물에 변형을 가하지 않으며 공구가 마모되지 않습니다. 이는 이 기술이 비용 효율적인 이유입니다."

2020년부터 GL.smart 마이크로프로세싱 머신은 의료 기술 부문 (아이디어가 시작된 부문)을 포함하여 여러 고객의 현장에서 사용되고 있습니다. 이는 드릴링, 텍스처링, 절단, 그리고 이제 선삭 등 4가지 가공 프로세스를 모두 마이크로 수준으로 결합한 최초의 레이저 시스템입니다. "초단파 펄스 레이저를 사용할 때 실제로 그것을 '가공'이라고 할 수는 없지만 '기화'라고 할 수는 있습니다. 하지만 모두가 당신이 의미하는 바를 알고 있습니다"라고 Lendner는 미소를 지으며 말합니다. ■

연락처 : Florian Lendner, CEO, 전화: +49 991 29092-113, florian.lendner@gfh-gmbh.de



**"여태껏!  
가장 미세한 선삭  
끝이 결국  
물리적 한계에  
도달합니다.  
레이저 광선은  
이 한계를 뛰어 넘는  
유일한 방법입니다."**

Florian Lendner,  
GFH의 CEO

레이저 회전의 원리: (왼쪽으로) 공작물을 고정하는 공기 베어링 회전축, 트레패닝 장치는 위에서 작동합니다. 공작물은 분당 3,500 회전의 속도로 회전하며 초점은 분당 30,000회 회전합니다.

Stefan Hobmaier / Fotogloria

**작동 핵심  
메커니즘**



**가열:**  
레이저가  
분자 진동을  
자극합니다.  
조직은  
제어된 가열을  
겪습니다.



**부식:**  
레이저는  
방대한 에너지를  
전달하여  
조직을 직접  
파괴하고  
기화합니다.



**절제:**  
레이저 펄스는  
매우 미세한  
플라즈마 폭발을  
만듭니다.  
충격파는  
색선을 분리하거나  
조직의 층을  
분리합니다.



**광역학적 요법:**  
초기에는 무해한  
물질이 본체로  
투입됩니다.  
물질이 작동 영역에  
도달하면  
레이저 광이  
분자를 공격적인  
에이전트로  
포깁니다.



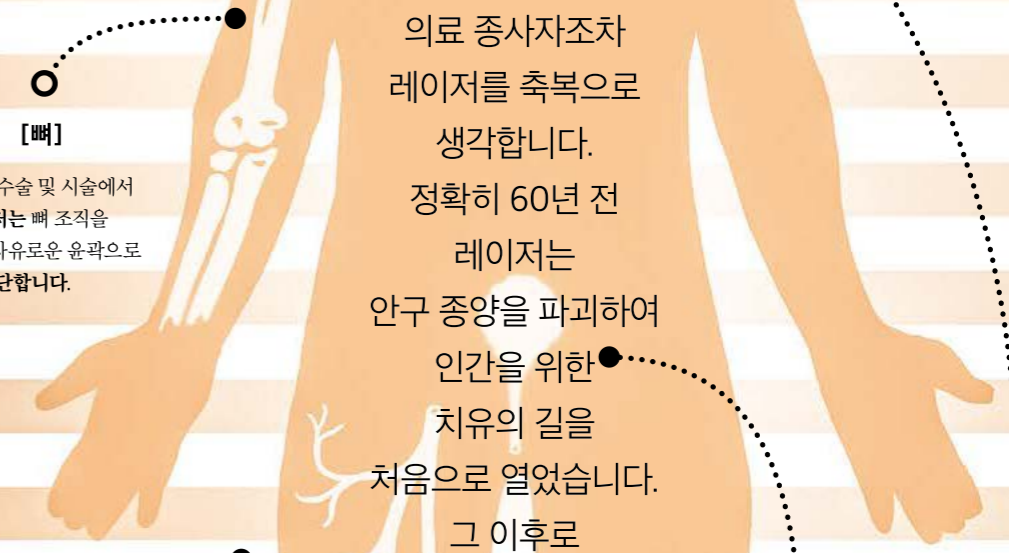
**[눈]**

망막 박리에서 레이저 광선은 선택적으로 망막을 가열하여 흉터를 유발합니다. 이러한 방식으로 구멍을 막고 눈의 내부 벽과의 연결을 강화합니다.

굴절 각막 수술에서 레이저는 각막의 미세한 층을 제거하여 굴절 오류를 교정합니다.

**[눈]**

녹내장에 대한 세 가지 레이저 요법은 안구의 과도한 압력을 줄입니다. 레이저는 눈에서 체액을 생성하는 특정 세포를 죽이고 자연적인 유출을 넓히며 흉터를 통해 새로운 유출 경로를 뚫습니다.



**[뼈]**

외과적 수술 및 시술에서 레이저는 뼈 조직을 정밀하고 자유로운 윤곽으로 절단합니다.

의료 종사자조차 레이저를 축복으로 생각합니다. 정확히 60년 전 레이저는 안구 종양을 파괴하여 인간을 위한 치유의 길을 처음으로 열었습니다. 그 이후로 많은 일이 있었습니다.

**[전신]**

레이저 유도 요법은 종양 및 기타 비정상적인 성장을 선택적으로 과열하여 사멸시킵니다.

**[혈관]**

부상 시 레이저 광선은 조직에 상처를 주어 찢어진 조직과 구멍이 닫히게 합니다.

고에너지 레이저 펄스는 혈전 및 침전물에 미세 충격파를 생성하여 이들을 혈관벽에서 분리합니다.

**[심장]**

특정 순환기 질환에서 레이저는 좌심실에 미세한 구멍을 뚫습니다. 이것은 혈액이 심실에서 심장 근육의 정맥으로 직접 흐르게 합니다.

**[방광 및 요관]**

레이저 펄스는 비뇨기 및 방광 결석에서 마이크로플라즈마 폭발을 유발합니다. 열 스트레스 및 충격파로 인해 결석이 분해되어 배출될 수 있게 합니다.



BY SEBASTIAN HECKER

# 유리 유리 유리

스마트폰 카메라 및 디스플레이는  
유리와 유리를 결합시키는 빠르고  
안정적인 방법을 필요로 합니다.  
이것은 생산 규모에서  
유리의 레이저 용접에 가능한 많은  
응용 분야 중 하나일 뿐입니다.

## 완전 자동화된 품질 관리로 양산 규모의 유리 레이저 용접의 길이 열렸습니다.

유리 및 사파이어와 같은 투명 및 반투명 재료의 양산 규모 접착은 가전, 자동차, 건축, 광전지, 기술 광학 및 의료 기기 부문을 포함한 많은 산업에서 공통적으로 요구되는 사항입니다. 유리를 유리에 접착하는 한 가지 방법은 초단파 펄스 레이저 기술을 사용하는 것입니다. 이 방법은 수년 동안 생산 준비가 되어 왔으며 고품질 결과를 제공하지만 지금까지는 소량 생산에만 국한되었습니다. 그럼에도 불구하고 이 방법은 빠르고 생산성이 매우 높아질 가능성이 있습니다.

현재 많은 산업 분야에서 기존의 대량 생산에 적합한 접착 공정의인 접착제 공정에 의존하고 있습니다. 시간이 지남에 따라 제조업체는 접착제 공정 기술을 점진적으로 최적화했지만 접착제 공정 자체와 직접 관련된 단점과 품질 문제는 여전히 발생하고 있습니다.

접착제 사용의 근본적인 문제 중 하나는 접착제가 필요하다는 기본적인 사실입니다! 이로 인해 제조 공정에 통합되어야 하는 또 다른 재료가 추가됩니다. 기계나 작업자는 접착제를 바르고 접합할 부품을 함께 누르지만, 그 효과는 즉각적인 것은 아닙니다. 접합부가 유지되도록 충분히 견고해지기 전에 접착제가 굳어야 하기 때문입니다. 레이저 용접은 추가 재료의 필요성을 제거하며 즉시 최대 강도의 용접 이음새를 생성합니다. 접착제에는 다른 단점도 있습니다. 예를 들어, 그들의 화학적 및 기계적 특성이 결합되는 부품의 특성과 다르다는 사실입니다. 이것은 중대한 결과를 초래할 수 있습니다. 접착제는 제품을 오염시킬 위험이 있는 가스를 방출할 수 있습니다. 또한 노화되고 부서지기 때문에 잠재적으로 제품의 서비스 수명이 단축됩니다.



**세바스찬 헤커**  
**(SEBASTIAN HECKER)**는  
SCHRAMBERG에 있는  
TRUMPF LASER의  
박사 과정 학생이었습니다.  
그는 2020년에 완성한  
슈투트가르트 대학  
박사 학위 논문에서  
유리 용접을 자동으로  
모니터링하는 방법을  
고안하고 이 방법을  
실제로 적용하는  
시스템을 개발했습니다.

또한, 접착제로 접착된 조인트는 가스와 액체를 제한적으로 차단하고 비교적 짧은 시간 동안만 효과적입니다. 이와 대조적으로, 초단파 레이저 펄스는 위에 설명된 문제없이 접합할 부품 간 내구성 있는 결합을 만들 수 있습니다. 게다가 레이저 용접은 제품을 보다 컴팩트하게 만들 수 있습니다. 이음새 강도가 높기 때문에 접착제만큼 큰 접착면이 필요하지 않습니다. 레이저 용접은 접합 표면의 형상과 관련하여 더 유연하므로, 부품 설계자에게는 창의적인 솔루션을 찾을 수 있는 더 넓은 범위가 제공됩니다.

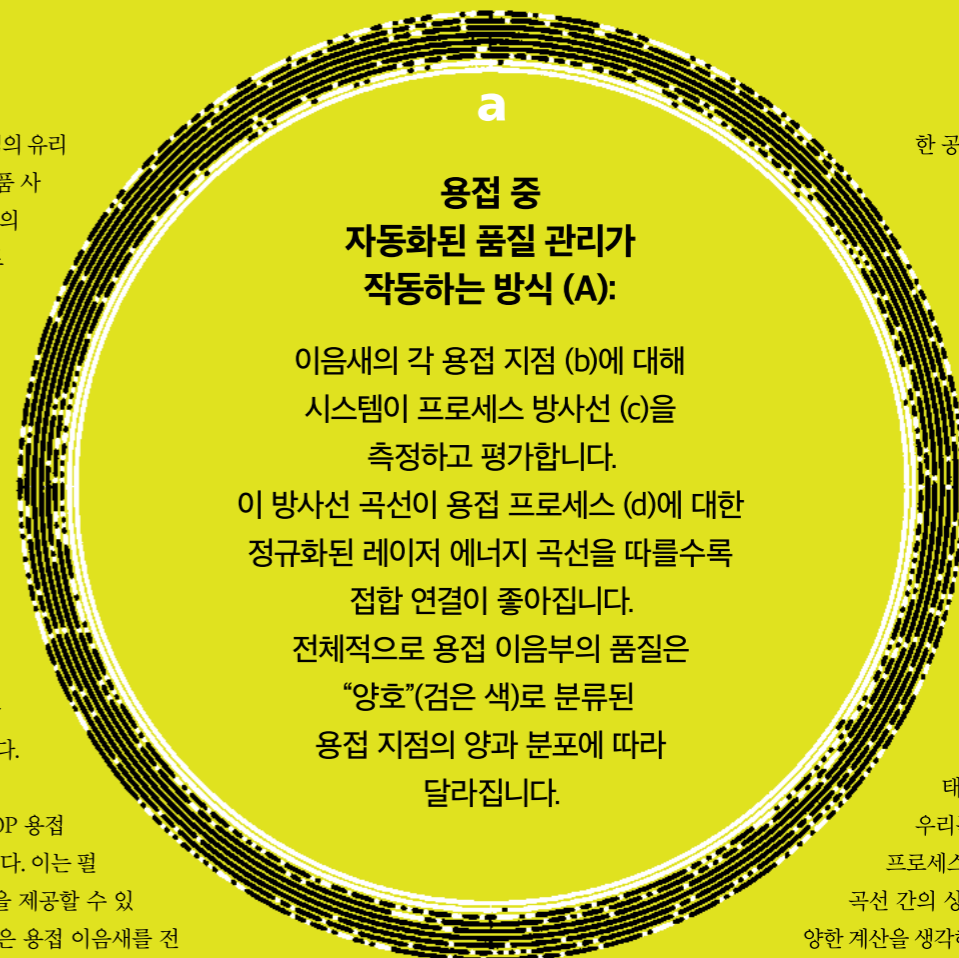
그러나 이러한 엄청난 장점에도 불구하고 레이저 유리 용접은 두 가지 주요 단점, 즉 고품질 접합 표면의 필요성과 자동화된 용접 품질 관리 시스템의 부족으로 인해 생산에 적용하기가 어려웠습니다. 다행히 이제 우리는 이 두 가지 문제에 대한 해결책을 가지고 있습니다.

**작동 방식** 솔루션을 제시하기 전에 작동 방식의 기본 원리를 간략하게 설명하겠습니다. 주요 요구 사항은 반복률이 높고 피코초 범위 이하의 펄스 지속 시간을 갖는 펄스 적외선 레이저 광입니다. 유리 부품 중 하나를 다른 것 위에 배치하는 것으로 시작합니다. 그런 다음 상단 부품을 통과하도록 레이저 빔을 발사하여 초점이 하단 부품 내부에 있도록 합니다. 레이저 펄스는 초점에서 재료를 녹이고 이 용융된 재료의 방울은 위쪽 부품으로 위로 퍼집니다. 용융된 재료가 응고되어 연동 연결이 생성됩니다. 각 용접 경로에 대해 이 프로세스를 수천 번 반복합니다. 수 초 내에 수천 개의 용접 지점이 결합되어 내구성 있는 접착력을 얻을 수 있습니다.

**더 많은 공차** 이전에는 최적의 유리 대 유리 레이저 용접은 부품 사이의 간격을 유지하는 데 의존했습니다. 1~4 마이크로미터 영역에서 결합되었지만 그 이상은 아닙니다. 이 간격 크기를 초과하면 용융된 재료가 간격의 측면으로 흘러나와 접착은 실패하게 됩니다. 하지만 산업 규모에서 이러한 한도 내를 유지하는 데 있어 그 요구사항은 매우 까다롭습니다. 그래서 우리는 그 공차를 증가시키기 위한 방법을 모색하기 시작했습니다.

그 첫 번째 단계는 TOP 용접으로 전환하는 것이었습니다. 이는 펄스에 확장된 빔 프로파일을 제공할 수 있는 광학 장치입니다. 이것은 용접 이음새를 전체적으로 더 크게 만드는 이점이 있으며, 연결해야 하는 간격에 대한 공차를 즉시 두 배로 늘립니다. 그러나 두 가지 측면에서 정말로 중요한 돌파구가 되는 것은 다음 단계입니다. 핵심은 각 용접 지점에 대해 레이저 에너지를 변조하는 것입니다. 즉, 각 용접 지점에 대한 레이저 펄스의 에너지가 급증하도록 허용한 다음 즉시 다시 떨어질 수 있도록 합니다. 이렇게 하면 간격 브리징 공차가 30% 더 높아집니다. 그리고 브리징 가능한 최대 간격 크기를 50%까지 늘립니다. 이러한 개선 사항은 생산 규모에서 현실적으로 충족될 수 있는 공차를 제공합니다.

**자동 모니터링** 에너지 변조의 또 다른 혜택은 마침내 자동 품질 관리의 문을 열었다는 점입니다. 이전에, 우리에게서는 공정 완료 후 이음새를 검사하는 방법 밖에 없었습니다. 광학적 방법 또는 무작위 단면 샘플 현미경 검사 방법 중 하나였습니다. 이는 비용이 많이 들고 만족스럽지 못한 접근법이었습니다. 그러나 에너지 변조의 도입은 갑자기 우리에게 공정 내의 새로운 공지값을 제공했습니다. 지금 우리에게 필요한 것은 두 번째로 측정 가능



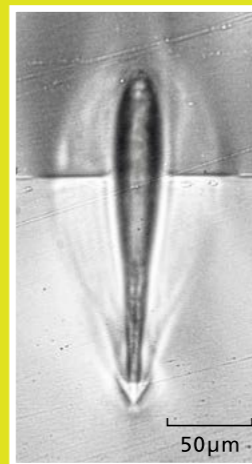
한 공정으로부터의 신호였습니다.

하지만 그것은 프로세스와의 직접적인 상관 관계에 따라 변하는 것이어야 했습니다. 우리는 이러한 측정치를 에너지 변조 수치와 비교할 수 있다고 생각했습니다.

이를 통해 이음새의 각 개별 지점이 성공적으로 용접되었는지 여부를 판별하는 것입니다. 우리는 각 용접 지점에서 용융된 재료에 의해 방출되는 프로세스 방사선의 형태로 필요한 신호를 찾았습니다. 우리는 광다이오드를 사용하여 이 프로세스 방사선을 측정하고 두 신호 곡선 간의 상관 관계를 설정하기 위한 다양한 계산을 생각해냈습니다. 우리가 이미 가지고 있는 변조된 에너지 수치와 측정된 프로세스 방사선 강도 사이의 관계입니다.

그 결과값은 각 용접 지점의 강도에 대한 신뢰성 있는 지표를 제공합니다. 우리는 실제로 98.6 퍼센트의 정확도로 각 개별 용접 지점의 품질을 예측할 수 있습니다! 용접 이음새는 보통 수천 개의 용접 지점으로 이루어집니다. 성공한 모든 용접 지점의 합계를 계산하고 전체 용접을 따라 분포를 분석함으로써 용접 프로세스가 전체적으로 얼마나 성공적이었는지 자동으로 계산할 수 있습니다. 자동화된 품질 관리는 산업 생산을 향한 경로에서 큰 진보입니다. 심지어 용접 결함을 교정할 수 있기 때문에 폐기될 조각을 구해 낼 가능성도 열어줍니다.

자동 모니터링을 통한 레이저 용접은 성숙하고 생산적이며 신뢰할 수 있는 방법이며 업계에 유리 및 기타 투명 재료를 결합하는 실행 가능한 대체 수단을 제공합니다. ■



TRUMPF, Gernot Walter

# 수소에 관한 모든 것

**H<sub>2</sub>**

**T**

그 신호는 분명합니다. 시간이 다가왔습니다. 수소는 에너지 공급의 새로운 핵심 요소입니다. 최근 몇 년 동안 선진국들은 일본, 독일, 호주, 한국, 네덜란드, 이탈리아 및 유럽 연합 전체를 포함한 야심차고 구속력 있는 수소 전략을 발표했습니다. 전기, 난방, 산업 공정 및 차량의 핵심 에너지원으로서 수소에 대한 개념은 수십년 동안 선구적인 과학자와 엔지니어의 마음 속에 자리잡고 있었습니다. 그리고 그렇게 하고자 한다면 저자이자 전문적인 선지자인 Jules Verne을 인용할 수 있습니다. 그의 1874년 소설 *The Mysterious Island*에서 그는 수소를 “미래의 석탄”으로 묘사합니다. 그는 다음과 같이 기술합니다: “내일의 에너지는 인류에 의해 분해되는 물질입니다.” 그리고 다음과 같이 말합니다: “이러한 방식으로 분해된 물의 요소인 수소와 산소는 가까운 미래에 지구 에너지 공급을 확보할 것입니다.” 그가 거의 150년 전에 이 글을 썼다는 것을 염두에 두었을 때, 왜 갑자기 이제 이 아이디어를 실현할 수 있습니까?

상황은 심각해지고 있습니다:  
수소는 21세기를 위한 새로운 에너지원입니다.  
그리고 레이저 기술은 연료 전지, 파이프 및  
탱크 생산에 도움이 되고 있습니다.

**누가 돈을 버는가?** 과거에는 특히 수소의 꿈을 가로막는 한 가지 난제가 있었습니다. 석탄, 석유 및 천연 가스와 같은 다른 에너지원의 사용은 매우 단순하게도 저렴하며 수익성이 더 높았습니다. 그러나 기후 위기의 영향은 이제 “저렴하다”라는 것이 상대적인 용어라는 것을 절대적으로 모든 사람에게 분명히 보여줍니다. 이미 시작된 지구 온난화에 대처하는 데 드는 비용과 노력을 정확하게 예측하기는 어렵습니다. 그러나 매우 클 것이라는 데 광범위하게 동의하고 있습니다.

그러나 새로운 위기감은 수소 경제를 촉진하는 것에 대한 매우 논리적인 이유가 있기 때문에 기후 정책의 필수 사항입니다. 이 단순한 가스를 에너지원으로 사용하는 이점은 간과할 수 없습니다. 수소 생성을 위한 주요 원료인 물은 풍부하며 이용 가능합니다. 더욱이 천연 가스와 같은 기존 자원은 특정 상황에서 깨끗한 수소 생산에 적합합니다(수소 색상 코드 상자 참조). H<sub>2</sub>, 즉 수소는 탄소가 없는 연료이므로 연소되면 유용한 에너지와 새로운 물의 “노폐물”만 방출합니다. 수소는 전기 에너지를 저장하고 운

## 레이저 기술을 사용하는 회사들은 수소 붐을 전면적으로 수용할 수 있습니다.

반할 때 절대적으로 이상적입니다(“전력 대 가스”). 이것은 풍력 및 태양광 발전과 같은 녹색이지만 불규칙한 기술의 판도를 바꾸는 역할을 할 것입니다. 또 다른 장점은 로켓 엔진과 자동차, 버스 및 기차의 연료 전지에서와 같이 수소 사용이 수년 동안 그 장점을 입증했다는 사실에 있습니다. 화학 엔지니어들은 H<sub>2</sub>에 대한 다년간의 실제 경험을 가지고 있습니다. 그들은 비료용 암모니아 추출, 다양한 산용 메탄올, 플라스틱용 에틸렌 및 프로펜 추출과 같은 무수한 공정의 기본 재료로 오랫동안 H<sub>2</sub>를 사용해 왔습니다. 수백 킬로미터에 달하는 파이프라인을 통한 수소 수송조차도 오랫동안 표준 관행이었습니다. 새롭지만 친숙한 영역인 것입니다. 따라서 점점 더 많은 선진국들이 미래를 보장하는 수소 인프라의 개발 및 건설에 수십억 유로를 기꺼이 투자하는 것은 놀라운 일이 아닙니다.

누가 수소 메가 프로젝트에 참여할까요? 이미 떠오르는 붐을 수용할 의향이 있고 앞으로 다가올 모든 전해조, 파이프, 탱크 및 연료 전지를 구축하는 데 필요한 최첨단 기술을 갖춘 모든 기업들입니다. 참여하기 위해서는 기업에게는 예지력, 약간의 기업가적인 용기 및 레이저 기술이 있어야 합니다.

**연료 전지의 레이저** 모든 수소 경제의 핵심은 수소와 산소 사이의 반응에서 에너지를 추출하는 갈바닉 전지인 연료 전지입니다. 연료 전지는 수소 경제가 애초에 효율적으로 운영될 수 있는 바로 그 이유입니다. 수소와 산소의 반응은 엄청난 양의 에너지를 가지고 있습니다. 그러나 대부분의 다른 고 에너지 화학 반응과 달리 연료 전지는 제어된 방식으로 이를 수행하는 기술적 방법을 제공합니다. 그리고 이러한 반응의 에너지는 연소열, 터빈 또는 유사한 기술을 통해 비교적 직접적으로 전기로 변환될 수 있습니다.



**원자:** 수소는 우주에서 가장 작고 단순하며 가장 흔한 원소입니다. 그리고 대략 모든 원자의 90%를 차지합니다. 수소는 하나의 양성자와 하나의 전자로 구성됩니다.

**분자:** 수소는 거의 대부분 두 원자가 합쳐진 분자 형태(H<sub>2</sub>)입니다. 모든 분자 중 가장 작은 분자입니다.

**물리적:** 일반적인 조건 하에서, 수소는 무색무취의 가스입니다. 모든 가스 중 가장 경량입니다.

**화학적:** 수소는 가연성이며 공기 및 기타 산화 gas와 결합될 때 폭발성 혼합물을 형성합니다.

**기술적:** 수소는 심지어 아주 작은 틈새도 스며듭니다. 따라서 천연가스 등에 사용되는 파이프나 탱크의 경우보다 더 단단히 용접되어야 합니다.

연료 전지는 에너지 변환기일 뿐만 아니라 유연합니다. 연료 전지는 자동차와 선박에 전력을 공급할 수 있을 뿐만 아니라 건물과 산업 시설에도 전기를 공급합니다.

연료 전지는 1838년에 처음으로 만들어진 이래로 많은 경험을 쌓았습니다. 그러나 지금까지 생산된 모든 연료 전지는 향후 10년 동안 생산될 엄청난 수에 비해 미미할 것입니다. 따라서 고효율 전지를 연이어 생산할 공장과 공정에 대한 모색이 시작되었습니다.

적용 영역에 따라 연료 전지의 기술적 설계가 달라집니다. 당연히, 건물에 에너지를 공급하는 고정식 연료 전지는 자동차나 트럭의 이동식 연료 전지와 효율성, 단기 에너지 공급 및 크기 측면에서 완전히 다른 사양을 가지고 있습니다.

모바일 응용 분야에서 가장 큰 잠재력을 가진 유형은 저온 양성자 교환 멤브레인 연료 전지(또는 줄여서 “저온 PEM 전지”)입니다. PEM 전지는 그 부피 및 무게에 있어서 작동 중 충격을 잘 견디며, 차량 가속에 필요한 뛰어난 출력 밀도를 자랑합니다. PEM 전지의 핵심은 수백 개의 바이폴라 플레이트로 구성된 스택으로, 각 멤브레인을 둘러싸는 두 개의 바이폴라 플레이트가 있습니다.

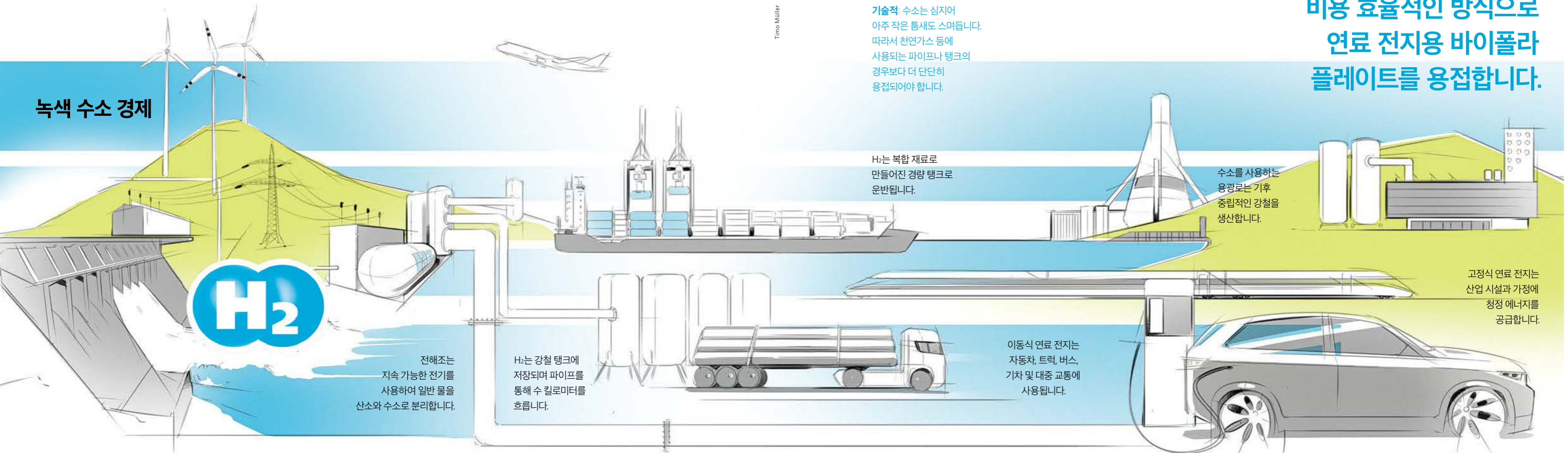
바이폴라 플레이트는 함께 용접된 두 개의 스테인리스 스틸 하프 셸로 구성됩니다. 두께는 75-100 마이크로미터이며 표면에 얇은 채널이 있습니다. 수소와 산소는 섬유막에 반응하여 물과 에너지를 생성하기 전에 이 채널의 반대쪽 끝에서 서로를 향해 흐릅니다.

이 전체 아이디어는 두 개의 웨이퍼 두께 하프 셸과 각 개별 채널의 벽이 매우 단단하게 용접된 경우에만 작동합니다. 바이폴라 플레이트의 아주 작은 구멍이라도 있으면 전체 스택은 실패할 수 있습니다. 각 스택의 누적 용접 이음새는 수 킬로미터 길이까지 이어질 수 있습니다.

스탠드, 스캐너 기반 레이저 용접은 비용 효율적인 방식으로 정밀도, 속도 및 안전 측면에서 요구사항을 충족할 수 있는 유일한 프로세스입니다. 스캐너 광학 장치는 요구되는 공정 신뢰성을 보장하는 센서를 사용하여 공작물 전체에서 지점을 안내합니다.

고정형 연료 전지는 더 조용한 수명을 제공하므로 사춘적인 이동식보다 바이폴라 플레이트가 적합합니다. 여기서 바이폴라 플레이트는 일반적으로 함께 결합된 흑연 필름 층으로 구성됩니다. 여기서 레이저는 접착 지점에서 먼지를 방지하기 위해 흑연을 청소해

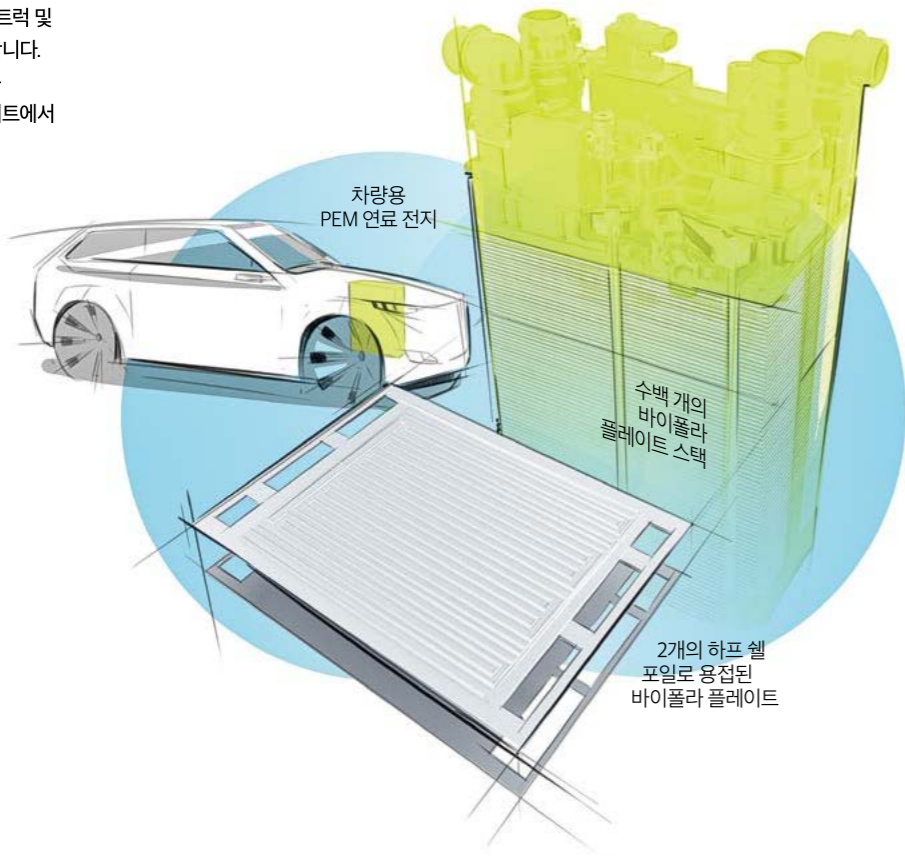
## 레이저만이 비용 효율적인 방식으로 연료 전지용 바이폴라 플레이트를 용접합니다.



Timo Müller

## 연료 전지의 핵심

PEM 연료 전지는 자동차, 트럭 및 기타 차량용 전기를 생산합니다. 수소와 산소는 스택에 있는 수백 개의 바이폴라 플레이트에서 에너지와 물로 변환됩니다. 얇은 바이폴라 플레이트를 결합하는 유일한 경제적인 공정은 레이저 용접입니다.



## 한 가지 분명한 사실은: 수소가 많을수록 더 많은 레이저 기술이 사용됩니다.

야 하므로 공정에서 사용됩니다. 레이저는 먼지와 그리스를 흡입하고 접합 공정을 위해 표면을 준비합니다.

**탱크 및 파이프** 레이저 기술은 연료 전지의 대량 생산을 가능하게 합니다. 그러나 상호 연결된 수소 경계를 뒷받침하는 전체 인프라를 고려하면 상황은 정말 흥미로워지기 시작합니다(20 페이지의 그래픽 참조). 기업들은 오늘날보다 더 많은 연료 전지를 만들 뿐만 아니라 수킬로미터의 스테인리스 스틸 파이프와 수천 개의 수소 탱크를 만들 것입니다. 차량에 장착된 탱크와 육지와 해상에서 수소를 수송하는 데 사용되는 탱크의 경우 무게가 중요한 역할을 합니다. 이것이 제조업체가 레이저를 사용하여 가공하는 경량 복합 재료를 선호하는 이유입니다. 레이저는 항만과 주유소에서 볼 수 있는 대형 고압 강철 수소 용기에서 빠르고 밀폐된 용접 접합부를 보장합니다.

그리고 궁극적으로 H<sub>2</sub> 여정의 방향이 무엇이든 간에 수소는 최고 품질의 스테인리스 파이프를 통해 흐를 필요가 있습니다. 수 킬로미

터에 달하는 새로운 파이프 라인에 대한 계획도 있습니다. 이것은 수 년 동안 가장 비용 효율적인 파이프 용접 방법으로 확립된 레이저에 직접 작용합니다. 용접 조인트의 기밀성 측면에서 증가된 요구 사항은 레이저를 더욱 지지하게 합니다. 결국 수소는 세계에서 가장 작은 분자(예: 천연 가스보다 훨씬 작음)이며 아주 작은 틈새도 통과할 수 있습니다. 즉, 더 많은 수소는 더 많은 레이저를 의미합니다.

계획이 마련되었으며 정부 자금이 이미 수소에 투자하는 회사에 투입되고 있습니다. 그리고 우리가 Jules Verne을 염두에 두든 아니든, 레이저 기술은 수염난 이 프랑스 작가가 달 착륙, 잠수함 여행, 네온 사인, 초고층 건물, 계산기에 흥미를 보였던 것처럼 수소에 관심이 있었던 것을 우리에게 증명해줄 것입니다. ■

**연락 담당자:**  
Isabel Thome, TRUMPF 연료전지 산업 관리부,  
전화: +49 7156 303-30116, isabel.thome@trumpf.com

수소와 관련하여 색상이 언급될 때, 색상은 가스 그 자체와는 연관이 없으며, 가스 생성 방식과 연관이 있습니다.

**녹색 수소**는 물의 표준 전기 분해를 통해 생성됩니다. 이 공정의 에너지는 풍력과 같은 재생 가능한 자원에서만 발생하며 CO<sub>2</sub>를 배출하지 않습니다.

**회색 수소**는 천연 가스를 소위 수증기 개질기로 가열하여 생성됩니다. 수소 및 폐기단계 CO<sub>2</sub>로 전환됩니다. 이 공정은 전기 분해보다 매우 저렴하지만 환경에 유해합니다.

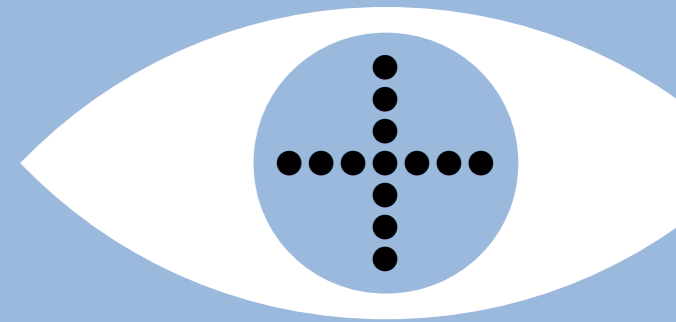
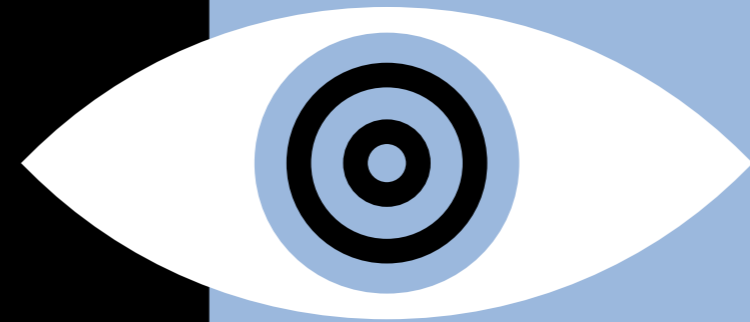
**블루 수소**는 또한 수증기 개질기에서 천연 가스를 사용하여 생성됩니다. 이 때, CO<sub>2</sub>는 포착되어 지하 깊이에 매장됩니다. 고갈된 천연 가스 부지 등에 매장됩니다.

**청색 수소**는 천연 가스에서 추출됩니다. 방식은 에너지 집약적인 고온 메탄 열분해 방식입니다. 이 공정에서도 고체 탄소가 생성되며 다른 곳에 사용될 수 있습니다. 이 공정은 존재하는 여분의 열이 공정의 목적을 위해 사용될 수 있을 때에만 기후 친화적입니다.

**유색 수소**는 기타 수소 생성 방식을 아우르는 포괄적 용어입니다. 하지만 아직 산업적 사용을 위해 준비된 공정은 없습니다.

i4.0

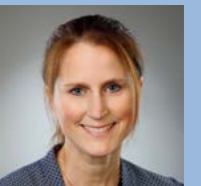
## 더블비전!



스마트 제조에서, 센서의 눈은 매우 중요합니다. 더 정확히 말하자면 두 눈입니다.

기계가 눈을 멀었다면 어떻게 공장이 지능적일 수 있겠습니까? 예를 들어 전기 모터의 머리핀 용접을 봅시다. 여기서 구리선(헤어핀)의 끝은 서로 용접되어 전기가 흐르게 되는 모터의 코일을 형성합니다. 이것은 차례로 전기 모터를 시동하는 자기장을 생성합니다. 따라서 모든 것은 각 개별 용접의 품질에 달려 있습니다. 문제는 핀의 위치입니다. 모든 구리선이 같은 높이로 밀착되어 단단히 용접될 수 있는 것은 아닙니다. 레이저 옵틱은 카메라와 함께 제공되며 용접 전에 보기가 있습니다. 그러나 두 개의 구리 표면만 볼 수 있으며 둘 사이의 높이 관계는 추론할 수 없습니다.

따라서 우리는 OCT(Optical Coherence Technology) 기반 센서로 문제를 해결했습니다. 이 센서는 또한 레이저 광학을 통해 헤어핀을 봅니다. 측정 빔을 공작물로 안내하고 궤적을 기준 빔과 비교하며 핀의 높이 프로파일을 생성합니다. 따라서 OCT 센서는 두 표면-머리핀의 끝이 실제로 같은 높이에 있는지 여부를 확인합니다. 카메라는 또한 핀의 위치를 감지합니다. 두 센서는 함께 와이어가 기계 내에 배치되는 방식에 대한 정확한 그림을 제공합니다. 이 데이터로 무장한 스마트 팩토리는 이제 작업을 수행할 수 있습니다. 이 데이터를 용접 프로세스에 활용하고 후속 품질 관리를 위해 저장할 수 있습니다. 또한 알고리즘이 일반적인 오정렬을 인식할 수 있는 데이터베이스에 입력하여 기계가 자동으로 상응하는 조정을 수행할 수 있도록 합니다. 스마트 팩토리는 데이터를 유용하게 사용합니다. 센서가 많을수록 데이터가 많아집니다. 그리고 차갑고 단단한 제조 공정의 공장에서 가져온 데이터의 품질이 좋을수록 공장은 더 스마트해집니다. 그 이유는 다음을 반영하도록 프로세스를 조정할 수 있기 때문입니다.



**Wilrid Dubitzky**  
TRUMPF 펄스 레이저의 제품 관리 수석.

# 토네이도 파워!

기계 엔지니어링 회사 Bergmann & Steffen은 스캐너 광학 주변에 작은 회오리 바람을 만들어 원격 레이저 용접의 성능을 향상시킵니다.

하나의 스캐너 광학보다 두 배 빠른 것은 무엇일까요? 두 개의 스캐너 광학입니다. 그러나 나란히 용접하면 렌즈 앞쪽에 미세한 분말이 쉽게 날려 용접 공정을 방해할 수 있습니다. 일반적으로 크로스 젯은 스캐너의 작업 영역에 증기 및 용접 스패터가 없도록 유지하기 위해 레이저 빔에 수직인 수평 공기 흐름을 방출합니다. 그러나 점점 더 자주 우리는 스캐너 장치의 왼쪽과 오른쪽 영역이 빈 공간이 아니라 두 번째 광학 장치로 채워지는 것을 보게 됩니다. 기계 엔지니어링 회사인 Bergmann & Steffen은 과도한 분말 문제에 대한 명쾌한 해결책을 찾았습니다. 그리고 거의 우연히 발견했는데, 왜냐하면 그들은 실제로 완전히 다른 작업을 하던 중이었기 때문입니다.

**압력 완화** CEO Uwe Bergmann는 원격 레이저 용접의 선구자 중 하나입니다. 20년 동안 그는 자동차 공급업체에 이런 종류의 레이저 시스템을 공급해왔습니다. 그리고 줄곧 한 가지 생각에 사로잡혀 있었습니다. “크로스젯용 압축기는 너무 많은 에너지를 소비한다. 그리고 불필요하게 시스템의 운영 비용을 증가시킨다.” 크로스젯은 압력 수준 2.5-10바에서 작동합니다. “시스템의 서비스 수명 동안 고객의 압축 공기 비용이 증가합니다.” 뿐만 아니라, 크로스 젯은 에너지 집약적인 공기 흐름에도 불구하고 모든 스플래시가 광학 장치에 김을 서리게 하는 것을 방지하지 못합니다. 그 결과 보호 유리가 결국 너무 더러워져 교체해야 하므로 생산 공정이 중단되고 추가 비용이 발생합니다. “대체로 적은 비용으로 더 나은 결과를 얻을 수 있어야 한다고 생각했습니다.”라고 Bergmann은 말합니다.

TRUMPF와 협력하여 Bergmann & Steffen은 3년 동안 문제를 조사했습니다. 기본 아이디어는 매우 간단합니다. 압축기에서 압축 공기를 측면 분사하는 대신 보호 유리 주위의 단순한 고리 모양 소용돌이가 베이의 과도한 분말을 막아줍니다. Bergmann: “우리는 시스템의 공기 흐름에 대한 광범위한 경험을 가지고 있습니다.” 따라서 문제 해결의 비결이 회오리 바람에 있다는 것이 곧 명백해졌습니다. 기류 시스템은 움직임의 작업 축을 따라 미니 토네이도를 생성하여 스패터를 측면에서 아래쪽으로 전환합니다. Bergmann & Steffen은 새로운 제품을 “토네이도 블레이드”라고 적절하게 명명했습니다. 또한 움직임과 공작물 사이의 거리가 상당히 멀기 때문에 과도한 분말을 전환하는 데 단 0.3바만 있으면 됩니다.

**좋은 이웃** “우리의 토네이도는 레이저가 항상 깨끗한 환경에서 작동하도록 합니다. 용접 결과가 최적화되었을 뿐만 아니라 회오리 바람이 작업 빔을 둘러싸고 광학의 모든 움직임에 따라잡기 때문에 처리 속도를 높일 수 있었습니다.”라고 Bergmann은 말하며 토네이도의 이점을 설명합니다. 바로 모든 TRUMPF 스캐너 광학 장치와 호환되며 개장될 수도 있다는 점입니다. 또한 보호 유리의 수명을 상당히 증가시킵니다. 또한 의도하지 않게 주변 광학 장치의 과도한 분말 문제도 해결합니다. 토네이도 덕분에 작업 공간에도 분말 잔여물이 없습니다. ■

연락처: Bergmann & Steffen GmbH, Uwe Bergmann, CEO, 전화: +49 5225 8786 - 15, u.bergmann@bergmann-steffen.de

광학 주변의 원형 제트는 작업 빔을 둘러싸는 토네이도 같은 소용돌이를 생성합니다. 이는 광학 장치에서 증기와 스패터를 방지하고 깨끗하고 신속한 용접 프로세스를 용이하게 합니다.

“압축 공기 비용이 증가합니다. 적은 비용으로 더 나은 결과를 얻을 수 있다고 생각했습니다.”

Uwe Bergmann, CEO



**Uwe Bergmann,** 독일 중부에 위치한 기계 엔지니어링 회사인 Steffen & Bergmann의 CEO는 원격 레이저 용접의 선구자 중 한 명입니다.



**Bergmann & Steffen**

자동차 공급업체에 원격 용접기를 제공합니다. 여기에 표시된 시스템은 시트 구조를 용접하며 회사의 베스트셀러 중 하나입니다.

“

Jörg  
Wrachtrup 교수는  
기계 공학에서 더 많은  
양자 역학을 요구하고  
있습니다. 우리는 그와  
초정밀 센서와 마음과  
기계를 연결하는 것에  
대해 이야기했습니다.

“저는  
불가능에  
익숙해졌습니다”



실제 상황에서  
한 물리학자가  
동시에 한 군데 이상의 장소에  
존재하는 것은 불가능합니다.  
그러나 그의 양자는  
이 능력을 가지고 있습니다.  
그리고 이것은 이제 센서  
기술에 혁명을 일으키고  
있습니다.

Tobias Gerber / ITN / J. Wrachtrup



**Wrachtrup 교수님,  
양자 물리학을 이해하십니까?**

다음과 같이 설명해보겠습니다. 저는 그것에 익숙해졌습니다. 양자 물리학은 제 일상의 일부입니다. 실험을 통해 일에서 양자 물리 현상을 관찰합니다. 그러므로 저는 예를 들어 양자 물리학에는 국소성의 원리가 존재하지 않는다는 것을 알고 있습니다. 즉, 저는 이 의자에 앉아 있습니다. 이것은 한 번에 여러 개의 의자에 앉아 있는 양자에는 적용되지 않습니다. 이것이 우리 모델이 예측하는 것입니다. 그리고 우리는 정확한 정확도로 그것을 측정할 수 있습니다. 요약하자면 바로 자연의 방식입니다. 저는 그것을 이해합니다. 그리고 우리는 이제 이 지식을 활용하여 기계용 센서를 구축하고 있습니다.

**어떤 종류의 센서들입니까?**

매우 감도가 높은 것들입니다. 가장 미세한 나노 센서라도 조만간 열적 또는 기술적 잡음으로 인해 신호가 손실됩니다. 그러나 양자 센서를 사용하면 개별 전자의 자기 모멘트를 표시하는 것도 가능합니다. 그 정도로 감도가 높습니다. 기술적으로 말하자면, 우리는 소위 질소 공공 센터와 같은 다이아몬드의 개별 원자 결함을 사용하고 있습니다. 간단히 말해서 이것은 순수한 탄소 케이지에 갇힌 개별 질소 원자로 구성됩니다. 잘 제어된 레이저 광은 스피노와 같은

양자 현상 및 실온에서 광학적 분석을 가능하게 합니다.

결과적으로 주변 자기장에 대한 추론을 도출할 수 있습니다. 이것은 자기 공명 영상, 자율 항법 및 신경 자기 보철물 제어와 같은 영역의 개선을 촉진합니다.

**양자 물리학이 기계 공학에  
제공할 수 있는 것은 무엇입니까?**

조정밀 측정 측면에서 완전히 새로운 개념입니다. 이것은 온도와 전기장 또는 자기장에서 지리적 위치에 이르기까지 다양합니다. 기계 엔지니어는 항상 다음과 같은 질문에 대한 답을 알고 싶어합니다.

“지금 로봇 팔은 어디에 있습니까?” 그리고 “이 두 부품은 서로 어떻게 상호 작용합니까?” 기계 공학 분야에서 거리, 길이 및 위치의 정확한 측정에 대한 요구 사항은 수년 동안 증가했습니다. 마이크로 칩 생산 측면에서 EUV 리소그래피에 대해 생각해보십시오. 몇 나노 미터만으로 큰 회로 구조의 가능성을 열어줍니다. 앞으로 이러한 종류의 스케일을 다룰 때 다음 질문이 점점 더 자주 등장할 것입니다.

“필요한 수준의 정밀도를 달성할 수 있는 장비의 전통적인 기술 항목을 여전히 찾을 수 있습니까?” 점점 더 대답은 “아니요”이며 양자 센서가 필요하게 될 것입니다.

**“뇌파를 사용하여  
기술 장치를 작동하는 것-  
그게 충분히 혁신적입니까?”**

자기장 센서는 오랫동안 사용되어 왔지만 거대하고 특별히 견고하지 않으며 측정 정확도는 상대적으로 부정확합니다. 그런 점에서 우리 센서는 “단지” 더 나은 버전입니다. 그러나 그 결과는 엄청납니다. 즉 마음과 기계를 연결하는 능력입니다. 인지 과정을 추적하고 이를 사용하여 기계를 제어하는 것이 갑자기 가능해졌습니다. 사람들이 뇌파를 사용하여 의족과 통신하거나 다른 복잡한 기술 장치를 조작할 수 있게 되었습니다. 충분히 혁명적입니까?

**물론이죠! 이것이 전부일까요?  
아니면 더 많을까요?**

분명 그렇습니다. 완전히 새로운 응용 분야가 펼쳐집니다. 제 동료들은 현재 지구의 중력장을 측정할 센서를 연구하고 있습니다.

**왜 필요합니까?**

이를 사용하여 발 아래의 질량 분포를 결정하고 바위, 동굴, 금속, 일반적인 지리적 구성 등 어디에 무엇이 위치하는지 알아낼 수 있습니다. 건설 현장 분석이나 잠수함의 심해 향해 장치에 대해 생각해보십시오.

**양자 센서 개발에 대한 아이디어를  
연계 된 계기는 무엇입니까?**

우리 과학자들은 엔지니어들과는 다르게 생각하는 것 같습니다. 기계 엔지



**Jörg Wrachtrup**은 슈투트가르트 대학의 물리학 교수이자 Max Planck 고체 연구소의 연구원입니다. 물리학 세계에서 그는 다이아몬드 양자 센서에 대한 연구로 유명합니다. 그는 현대에서 가장 많이 인용된 물리학자 중 한 명입니다.



**양자 물리학에  
끌린 이유는 무엇입니까?**

저는 모든 물리학자들이 양자 물리학에 매료되었다고 생각합니다. 왜냐하면 자연은 양자 물리학 스케일에서 평범한 방식으로 작동하지 않기 때문입니다. 제가 말했듯이 저는 불가능에 익숙해졌습니다. Niels Bohr와 다른 사람들이 제시한 이론 중 일부는 너무 미친 것처럼 들려서 종종 이론적 구성으로서 무시당했습니다. 지적인 공상에 지나지 않는 것으로 치부되었습니다.

이 아이디어를 실험실에서 계속 연구하고 실험을 통해 현실로 만들고 싶습니다. 현재 가정의 한계는 무엇입니까? 그리고 기존 모델 위에 어떻게 구축해야 합니까? 이들이 제 질문입니다.

**답을 찾으셨습니까?**

많이 찾았습니다! 유레카의 많은 순간을 되돌아 볼 수 있다는 것을 기쁘게 생각합니다. 이는 마치 등산과 비슷합니다. 하나의 정상에 도달하자마자 다음으로 가장 높은 봉우리를 볼 수 있으며 그곳도 정복하고 싶게 됩니다. 그리고 지난 20년 동안의 모든 실험은 이제 놀라운 양자 센서와 같은 실제 응용 분야에서 성숙해지고 있습니다! ■

니어는 다음과 같이 생각합니다. “어기에 1 마이크로미터의 정확도로 이것을 배치해야 합니다.

어떤 센서를 사용할 수 있으며 비용은 얼마입니까?” 이와는 대조적으로 우리는 스스로에게 묻습니다. “양자 현상을 어느 정도까지 활용할 수 있는가? 이론적인 정확도에 얼마나 근접할 수 있는가?” 연구원으로서 저는 항상 과학적 응용에 대해 생각하는 것에서 시작한다는 것을 거리낌없이 인정합니다.

기본적으로 우리는 센서를 스스로 만들고 사용합니다.

예를 들어, 완전히 새로운 재료를 검사하는 데 사용합니다. 그리고 나서 우리는 “그것들을 사용하여 뇌의 자기장 또는 입자를 더 정확하게 측정할 수 있을 것이다”와 같은 아이디어를 떠올리게 됩니다. 이 시점에서 우리는 기계 공학 분야의 파트너가 필요하게 됩니다.

**그렇다면 당신은 연구와 실제 응용  
사이의 일종의 인터페이스입니까?**

그렇다고 말할 수 있습니다. 특히 최근 몇 년 동안 우리는 중소기업과 긴밀히 협력하여 아이디어를 제공하고 프로토타입 개발을 돕고 있습니다. 프로토타입이 제작되면 우리는 점차 프로젝트에서 물러납니다. 양자 물리학자들의 기준에 따르면 이것은 매우 실용적인 작업을 나타냅니다.

Tobias Gerber / Fotogloria

# DISSONANCE À LA HINDENBURG

## 수소가 사회 심리학 이론에 도전할 수 있는 이유와 변화를 위해 레이저가 꺼진 이유.

화학적 경이로움의 요소로서의 역사에서 수소는 그 기복이 상당히 많았습니다. 수소를 둘러싼 과대 광고는 에너지원으로서 “물을 구성하는 부분으로 분해”하는 것은 19세기 SF 작가 Jules Verne으로 거슬러 올라갑니다(18페이지 참조). 수소가 엄청난 에너지를 보유하고 있다는 사실은 1937년 뉴저지주 레이크 허스트에 예정된 착륙 직전에 화염에 휩싸인 비행선 Hindenburg에 의해 비극적으로 묘사되었습니다. 비행선은 수소로 가득 차 있었습니다.

무언가 잘못되었음을 느낄 수 있습니까? 너무나 많은 희망과 노력이 수소에 투자되었지만 그 결과가 기대에 미치지 못한다는 사실을 깨닫게 되었습니다. 미국 사회 심리학자인 Leon Festinger는 이러한 종류의 불쾌한 감정을 정확하게 설명하기 위해 1957년에 “인지 부조화”라는 용어를 만들었습니다. 1969년 영국 록 밴드 Led Zeppelin의 앨범 커버 덕분에 대중 문화에 입성한 사진인 힌덴부르크에 담긴 치명적인 재앙은 비행선 여행의 막을 내리게 했을지 모르지만 수소에 투자한 꿈은 아니었습니다. 결국, 재난의 원인을 다른 원인으로 돌리는 것과 같이 부조화를 찾아낼 수 있습니다(우리의 예를 고수). Hindenburg가 기술적 결함, 순전히 불운 또는 고의적인 방해 행위로 인해 화염에 휩싸였는지 여부는 정확

히 판명되지 않았습니다.

그것이 사라졌다고 가정해볼 때, 수소는 이제 전통적인 전기 자동차의 대안으로든 에너지 전환의 맥락에서 재생 가능 에너지를 위한 저장 매체로든 그 어느 때보다 더 관심의 중심에 위치하고 있습니다. 그러나 인지 부조화는 지속됩니다. 수소는 여전히 대부분 화학 연료에서 공급되며, 이는 탄소 발자국이 많이 남아 있다는 것을 의미합니다. 우리는 모순을 어느 정도 낮추고 수소의 잠재력과 영광스러운 미래를 지적함으로써 이러한 부조화를 해소합니다. 덧붙여서 테슬라의 선구자인 Elon Musk는 전기 자동차에 대한 그의 꿈과 “오래된” 자동차 세계 사이에 부조화를 느꼈을 것입니다. 그는 이제 자신의 꿈을 반영하기 위해 현실을 적용하여 자신의 부조화를 해결하고 있습니다.

이 칼럼이 레이저를 직접적으로 언급하지 않는다는 사실은 개인적인 인지 부조화입니다. 그 점이 저는 조금 불편합니다. 그리고 저는 어떻게 해결할까요? 단순히 부정하는 것입니다! 결국, 이 칼럼은 항상 레이저에 관한 것이어야 한다고 누가 말씀했습니까? ■



Laser Community의  
아타나시오스 칼리우디스  
(Athanassios Kaliudis)  
편집장은 대중문화의  
주제인 레이저에 대해  
정기 칼럼을 기고하고  
있습니다.

National Archive @ Flickr Commons / Sam Shere; Illustration: Gernot Walter

Gernot Walter

# WHERE'S THE LASER?

## 한 병의 프리미엄 위스키 안에.

가진 모든 돈으로 무엇을 해야 할지 궁금하다면 100만 유로에 희귀한 위스키를 사지 않으시겠습니까? 자신의 즐거움을 위해 또는 특별한 투자로서 말입니다. 하지만 조심하십시오. 가짜가 많이 있습니다. 병의 내용물이 실제로 라벨에 있는 내용과 일치하는지 어떻게 알 수 있습니까? 스코틀랜드의 세인트 앤드류스 대학의 연구원들은 이 질문에 대한 답을 찾기 위해 Raman 레이저 분광법을 사용했습니다. 레이저 빔은 개봉하지 않은 병을 통해 이동합니다. 액체 분자는 방정식에서 나온 유리로 인한 왜곡이 있는 다른 과정에서 빛을 다시 산란시킵니다. 각 프리미엄 위스키는 연구원 데이터베이스에 고유한 특성 프로필 즉, 일종의 “지문”이 있습니다. 따라서 왕겨에서 밀을 분리하는 데 몇 초 밖에 걸리지 않습니다. 하지만 그들은 여전히 위스키의 맛이 좋은지 아닌지 잘 모릅니다. ■

어떤 기술에서 부조화를 느껴본 적이 있습니까?  
→ 이메일로 알려주세요! athanassios.kaliudis@trumpf.com



우주에서  
230,000,000KM

화성 탐사차  
Perseverance의 네임  
배지는 TRUMPF 레이저를  
사용하여 쓰여졌습니다.  
따라서 이 레이저는 독일  
디칭엔에서 가장 먼  
거리를 이동한 공작물 중  
하나입니다. 적어도 우리가  
아는 한 그러합니다.  
우리의 먼 후손들이 언젠가  
화성 박물관에서 그것을  
보고 감탄하게 될까요?

**TRUMPF**



LASERCOMMUNITY.33호는 2021년 가을에 발행됩니다.  
지금 가입하여 최신 이슈를 놓치지 마십시오: [trumpf.com/s/lc-abo](http://trumpf.com/s/lc-abo)