

# LASER COMMUNITY.

Of people and photons

액정이 깨진 스마트폰? 이제 과거의 얘기일 뿐!  
레이저로 만드는 깨지지 않는 디스플레이.





## LASER COMMUNITY. #34

발행 2022년 봄 출판 TRUMPF SE+Co. KG, Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen, Germany; www.trumpf.com

콘텐츠 책임자 및 편집장 Athanassios Kaliudis

배포 전화 +497156 303-30992, manuel.thomae@trumpf.com, www.trumpf.com/de\_DE/unternehmen/presse/magazine

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

기고 Florian Burkhardt, Boris Hänßler, Athanassios Kaliudis, Dr. Max Kahmann, Julia Stolte

사진 및 일러스트 Tobias Gerber, Daniel Goldhahn, Stefan Hobmaier, Ian McLellan, Propaganda Studio, Gernot Walter

디자인 및 제작 Die Magaziniker GmbH, Stuttgart, Germany; Gernot Walter (AD), Martin Reinhardt 번역 Wieners+Wieners GmbH, Ahrensburg, Germany

편찬 Reprotechnik Herzog, Stuttgart, Germany 인쇄 W. Kohlhammer Druckerei GmbH+Co. KG, Stuttgart, Germany

표지: Gernot Walter; 일러스트 P2: Gernot Walter



## 갑작스럽게 나타나는 것도 있지만, 대부분은 사전에 변화의 신호를 감지할 수 있습니다.

1980년대 후반 제가 지겐대학(University of Siegen)에서 입자물리학을 공부하던 시절에는 관련 기관과 도표 및 공식, 계산을 주고받을 때 연방우편을 이용하거나, 모니터의 도표를 교수님께 빨리 보여드리기 위하여 종이에 옮겨 그린 적도 있습니다. 인터넷이 없었으니까요! 그때 팀 버너스 리(Tim Berners-Lee)가 등장하여, 1989년 World Wide Web의 기반이 된 http 프로토콜을 개발했습니다. 덕분에 측정 데이터를 전자 방식으로 전송하고, 멀리 있는 동료와 실시간으로 얘기를 나눌 수도 있게 되었습니다. 이것은 혁명이었을까요? 아니요, 혼란 그 자체였습니다. 오늘날은 어떨까요? 이제 인터넷이 없는 세상은 상상조차 할 수 없습니다. 현재는 모든 것이 너무나 간편하게 클릭 한 번으로 끝납니다. 얼마나 감사한 일인가요! 이 혼란이 더욱 특별했던 이유는 아무런 대가를 요구하지 않은 진정한 선물이었기 때문입니다. 버너스 리도, 그가 속해 있던 CERN(유럽 입자 물리 연구소)도 아무런 대가를 요구하지 않았습니다.

광자기술(Photonics) 또한 버너스 리가 가져왔던 혼란만큼 믿을 수 없을 정도로 획기적입니다. 특히 이번 호에서 소개하는 TRUMPF 레이저를 통한 깨지지 않은 스마트폰 디스플레이 공정개발은 전도가 유망할 뿐만 아니라 무엇보다도 획기적입니다. 이 기술은 레이저 빔의 초점을 변경하여, 기존의 레이저 빔을 세로로 늘려서 특수한 유형의 유리를 정교하게 절단할 수 있습니다.

TRUMPF는 레이저 기술 도입으로 인해 큰 혼란을 겪은 적도 있습니다. 오랫동안 대표 사업이었던 니블링 머신(nibbling machine)을 대체해야 했을 때였습니다. 당시에는 레이저로 판금을 절단할 수 있다고 생각하는 사람이 거의 없었기 때문에, TRUMPF의 변화는 많은 사람에게 큰 놀라움과 혼란으로 다가왔습니다. 하지만 우려와 달리 레이저는 기존의 기술을 완전하게 대체하였고, 이 혼란은 세상을 바꾸고 기술을 발전시키는데 기여하였습니다.

하지만 이러한 변화가 천천히 온다고 생각하는 경우도 있습니다. 눈앞에 그리고 우리 주위에 변화가 감지되지만 이를 깨닫지 못하는 경우에 그렇습니다. 우리는 고체레이저의 장점을 잘 알고 있었고 매일 그것에 대해 경험하고 있었으며, 심지어 판금 절단에 있어 레이저 절단의 잠재력을 깨달았을 때조차 기체 레이저 대신 고체 레이저를 사용하는 것이 더 나을 수도 있다는 생각은 하지도 못했습니다. 우리는 기체 레이저만 고집했었기 때문에 이를 감지하지 못했던 것 같습니다. 우리는 마침내 우리 앞에 줄곧 있었던 고체 레이저의 가능성과 장점을 인지하였고, 이렇게 시작된 변화는 오늘날의 고체 레이저가 절단 공정을 주도하게 만들어 주었습니다. 결론적으로, 갑작스러운 변화가 혼란을 야기시켜 우리를 당황스럽게 할 수도 있지만, 이러한 변화는 오기전에 미리 우리 주변에서 신호를 보내고 있다는 점입니다. 그러므로 항상 경계를 늦춰서는 안 됩니다.

DR.-ING. 크리스티안 슈미트(CHRISTIAN SCHMITZ)

레이저 기술 최고경영자  
TRUMPF SE + Co. KG 경영진  
christian.schmitz@trumpf.com

Gernot Walter





쉽게!

일러스트레이터이자 자동차 전문가인 티모 뮐러(Timo Müller)에게 레이저 가공업계의 최신 센서 트렌드에 대한 그림을 요청했습니다. 10페이지에 실린 티모의 그림에서는 전기자동차가 일몰을 향해 여유롭게 달리며 오늘날 센서 시스템의 편의성을 보여주고 있습니다.



만세!

마사히로 츄카모토(Masahiro Tsukamoto)는 인터뷰 도중 벌떡 일어나 웃장으로 걸어가더니, 만화 "강철의 연금술사" 주인공을 연상시키는 녹색 가운을 꺼내 입었습니다. 1편을 시작하기 전에 8페이지의 특집 기사를 꼭 한 번 읽어보세요.



저기요!

다행히도 편집팀은 가정적인 사람들로 이루어진 모델 제작팀과 강한 유대감을 형성하고 있습니다. 마리오 바우어(Mario Bauer)는 겨울밤 내내 컨테이너션을 만들었고, 그 덕분에 6페이지에서 3D 프린팅 기술을 보다 잘 설명할 수 있었습니다.

Amami Hussein, Gernot Walter, Timo Müller

# LASER COMMUNITY.



18

디스플레이 생산



26

고속 알루미늄 용접

특집

## 18 GIVE ME A C!

옵틱(Optic)을 바탕으로 한 레이저 빔변형으로 깨지지 않는 스마트폰 디스플레이를 개발하고 있습니다. 이는 불량품 감소 및 후처리 감소, 생산성 향상을 의미합니다.

### 6 POWER

발전을 거듭한 끝에, 탄소강 합금 공구 제조를 위한 적층 제조가 가능해졌습니다.

### 7 GLORY

몽상가부터 선각자까지, 모두가 인정하는 금속 3D 프린팅 발명가 3인을 소개합니다.

### 8 AHEAD

일본 산업계의 청신호: 마사히로 츄카모토(Masahiro Tsukamoto) 교수가 그린레이저의 팬이 된 계기를 설명합니다.

### 10 쉽고 멋지게

레이저 가공에 사용되는 센서가 점점 더 강력해지고 사용 또한 쉬워지고 있습니다. 3가지 트렌드.

### 14 휠의 재발명

하이테크 비접촉 센서보다 좋은 것은 무엇일까요? 바로 낮은 가격대의 하이테크 비접촉 센서입니다.

### 21 원더렌즈

DOE(Diffractive optical elements) 렌즈가 레이저 빔을 분할하고 형상화합니다. 작동방식은 다음과 같습니다.

### 22 “많은 질병이 혈액세포의 미세한 구성을 바꿉니다. 레이저 광선을 이용하면 이를 감지할 수 있습니다.”

바흐람 하비디(Bahram Javidi) 교수가 경제적인 하이테크를 이용한 신속검사를 개발했습니다.

### 26 드럼처럼 꼭 맞게!

대표적인 자동차 공급업체, 벤틀러(Benteler)사가 스테인리스강 배터리 하우징을 위한 새로운 용접공정기술을 개발하여 이를 알루미늄에 적용하고 있습니다.

### 30 POP

파리처럼 윙윙

### 31 WHERE'S THE LASER?

테이크아웃 커피



10 센서 시스템 I



14 센서 시스템 II



22 신속검사

Stefan Hobmaier, Daniel Goldhahn | Fotogloria, TRUMPF

TRUMPF, Tobias Gerber | Fotogloria, Jan McLellan | Fotogloria, Science Photo Library / Alamy Stock Photo



# POWER

이제 컨테이너 무게까지 견딜 수 있는 사출성형용 금형부품을 프린팅 할 수 있습니다.



## HOT AND READY

500°C 예열 및 새로운 기술을 도입하여 적층 가공(3D 프린트)에 탄소강 합금을 사용할 수 있게 되었습니다.



H11강철로 만든 사출 금형 코어: 균열이 없고 99.9% 밀도로 연마성이 뛰어납니다. 내부 냉각 채널 덕분에, 냉각 성능은 구리 코어와 비슷하지만 사용 수명이 훨씬 길습니다.

3D 프린트의 열풍이 이어지며 많은 산업에서 꿈이 실현되고 있습니다. 즉, 어떤 모양이든 한 번의 시도로 양질의 제품을 만들 수 있게 된 것입니다. 공구 및 다이 제조는 이 기술을 이용하여 흐름에 최적화된 내부 냉각 채널로 공구를 제조하는 등, 훨씬 광범위하게 기술의 혜택을 누리고 있습니다. 문제는 이 부문이 일반적으로 H11형 및 H13형 탄소강과 함께 작업이 이루어진다는 것입니다. 해당 소재는 경화되지 않은 상태라면 가공 및 연마에 적합합니다. 반면 적층 제조는 냉각 시간이 짧기 때문에 이러한 소재가 이미 경화된 상태에서 부분적 응고가 나타날 수 있으며, 그 결과 잔류 응력이 경화된 강철에 균열을 일으킬 수 있습니다.

하지만 3D 프린트에 탄소강을 사용할 수 있는 방법이 있습니다. 바로 기판을 500°C로 예열하는 것입니다. 이때는 부품이 보다 서서히 냉각되고 잔류 응력이 감소합니다. 이 방법은 많이 알려져 있으나 실제로 잘 사용되지 않습니다. 대신 제조업체는 기존의 200°C를 고수하고 있습니다. 여기에는 나름의 이유가 있습니다. 부품당 최대 20시간으로 냉각 시간이 길고(이는 곧 기계의 다운타임이 길어진다는 것을 의미) 더 큰 산화(높은 분말 비용)로 인한 분말 재활용의 문제가 있기 때문입니다. 또한 300°C 이상의 온도에서는 온도 조절기가 두 개 이상 필요합니다. 따라서 더 높은 온도에서

작업하는 이점을 살리고 단점은 없애는 새로운 기계 개념이 필요했습니다. 이를 반영한 기계가 바로 TRUMPF의 엔지니어들이 만든 TruPrint 5000입니다.

이 기계에는 빠르게 바뀌는 빌드 실린더가 장착되어 있습니다. 구성요소가 완성되는 순간, 내부 구성요소와 함께 빌드 실린더가 제거됩니다. 이 구성요소는 필요한 만큼의 냉각시간을 가지고, 이어서 새로운 빌드 실린더가 장착된 기계가 다음 구성요소를 생산합니다. 분말 재활용의 문제는 공정이 시작되기 전에 챔버와 실린더에서 아르곤이 충전되면 수분 및 산소 함량이 최소화된다는 것입니다. 따라서, 500°C에서도 분말의 산화는 200°C와 비슷한 수준으로 유지되어, 분말 재활용율도 동일한 수준으로 유지됩니다.

이러한 첨단 기술은 탄소강 합금 계열 적층공정에 긍정적인 효과를 가져오며, 냉각이 완만하게 진행됨에 따라 탄소강 합금 내부의 잔류 응력 균열발생을 방지하는 동시에, 모든 특성이 유지될 수 있도록 하였습니다. 3D 프린트 부품은 기존 제조방식의 부품만큼 튼튼하며, 그만큼 효과적으로 연마 및 경화될 수 있습니다. 이제 공구 및 다이 제조업체가 적층 제조의 잠재력을 최대한 활용할 수 있게 되었고, 우리는 다음 과제에 초점을 맞추고 있습니다. ■

# WELL AGED

25년 전, 금속 적층 제조(3D 메탈 프린트) 발명되었습니다.

1996년 Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT의 연구원 3명은 다음과 같은 질문을 던졌습니다. “그럼 우리가 해볼까요?” 그들의 답은 “그래요, 해봅시다!”였습니다. 전문가들은 그 아이디어를 비웃었지만 그들은 멈추지 않았고 3D 금속 프린팅에 대한 특허를 발원했습니다.

빌헬름 메이너스(Wilhelm Meiners)와 Kurt 비센바흐(Kurt Wissenbach), 안드레스 가세(Andres Gasser)가 이 기술을 개발하기 위해서는 독창성과 끈기만이 아니라 또 한 가지 자질, 바로 자신들의 아이디어에 대한 믿음이 필요했습니다. 처음에는 그 프로젝트에 대한 반응이 고무적이지 않았습니다. 현재 TRUMPF에서 적층 제조 전문가로 일하고 있는 메이너스는 당시를 이렇게 회고합니다. “그때 모든 전문가가 안 될 거라고 말했습니다. 우리말고는 아무도 그 가능성을 믿지 않았습니다.”

첫 번째 프로토타입에서는 스크래퍼 공구를 사용하여 금속 분말을 층층이 도포했습니다. 그리고 레이저 빔이 미리 정한 경로를 따라 이 분말층을 지나가도록 했습니다. 금속 부품을 적층하여 제조한다는 생각은 기존의 수많은 통념을 완전히 뒤집은 것이었습니다. 예를 들면, 생산비용 계산방식

이 바뀌고 복잡한 형태도 가상으로 추가 비용 없이 만들 수 있으며, 재료의 양에 따라서만 실제 비용이 결정됩니다. 3D 프린팅으로 알려져 있으나, 이 적층기술의 영리한 점은 3차원 제조를 2차원으로 줄인다는 것이었습니다. 이에 따라 통합 격자나 바이오닉 형태, 내부 채널 등 완전히 새로운 디자인 세계가 열렸습니다. 그 결과 금속부품은 주조 및 가공, 성형 요건에 더 이상 제한을 받지 않습니다. 대신 원래 의도했던 대로 순수하게 기능적인 형태를 띠게 됩니다.

처음부터 발명가들은 치과 임플란트용 코발트-크롬 합금과 같은 콘크리트 응용분야에 실제로 사용되는 물질을 대상으로 3D 프린팅을 개발했습니다. 의료공학은 3D 프린팅을 실질적으로 사용한 최초의 분야 중 하나였습니다. 항공 우주 등이 그 뒤를 따랐습니다. 오늘날 적층 제조는 2019년 20억 유로라는 추정 수익을 창출하며 모든 산업 분야에 진출하고 있습니다. 1996년에는 헛된 꿈으로 치부되던 일이었습니다. “제품을 완성하려고 할 때는 밤새 남아서 스크래퍼가 멈추지 않는지 살펴봐야 했습니다.”라고 마이너스는 회상합니다. “털이 너무 많았지만 그래도 잘 작동했습니다.” ■

한때는 비웃음을 샀지만, 지금은 당당하게 웃을 수 있습니다. 빌헬름 메이너스와 Kurt 비센바흐, 안드레스 가세, 금속 3D 프린팅 발명가 3인이 최초의 3D 금속 프린터와 함께 포즈를 취했습니다.



Gernot Walter, TRUMPF

Fraunhofer ILT, Aachen

# GLORY



# “지금 이 순간에는 그린레이저가 앞서가고 있습니다”

일본 산업계는 구리 관련 작업에 레이저를 사용하고 있습니다. 마사히로 츄카모토(Masahiro Tsukamoto) 교수에 따르면, 한때는 블루 다이오드가 가장 유망했지만 현재는 그린레이저가 전면에 등장했다고 합니다.

## 초능력이 있다고 들었습니다.

레이저를 다룰 수 있는 동안은 초능력자라고 할 수 있습니다. (웃음) 진짜로요. 제 별명이 “푸른 연금술사”입니다. 일본에서 높은 인기를 누리고 있는 만화 “강철의 연금술사” 주인공에서 유래한 별명입니다.

## 정말인가요?

정말입니다! 제가 다니던 대학의 좀 특이했던 홍보 캠페인에서 이 모든 것이 시작되었습니다. 당시 학과장님이 우리 연구소에서 어떤 연구를 하는지 일반 대중에게 알리면 좋을 것 같다는 생각을 하셨는데요. 지하철에서 강연을 할 수 있도록 자리를 마련해 주셨습니다. 쌀쌀한 3월 저녁, 출퇴근 시간에 지하철 승강장의 작은 무대에 올라가서 지나가는 사람들에게 제 일에 대해 설명했습니다. 가능하면 화려하고 역동적이어야 했기 때문에 파란색 가운을 입고 제가 “강철의 연금술사”와 같다고 말했습니다. 그때부터 이 별명으로 불리게 되었습니다.

## 인터뷰 중에 입은 가운은 파란색이 아니라 초록색 아닌가요?

맞습니다. 새 가운인데 우리 실험실의 레이저처럼 초록색입니다. 연구소에 그린레이저를 설치한 이유는 구리와 같은 비철금속을 가장 잘 가공하는 방법, 즉 접합 및 용접 방법, 적층 제조에 사용하는 방법을 연구하기 위해서입니다. 과거에는 구리에 적합한 블루 레이저 다이오드를 빔 소스로 사용했습니다. 그래서 “푸른 연금술사”라는 별명이 붙었는데요. 하지만 지금은 그린레이저가 비철금속 작업에 매우 좋다고 생각하고 있습니다.

## 그 이유는 무엇인가요?

3가지 이유가 있습니다. 첫째, 블루레이저는 아직 개발 단계에 있습니다. 이미 상당히 좋은 결과를 내고 있고 올바른 궤도에 올라섰다고 생각합니다. 하지만 그린레이저가 더 발전했고 이미 산업에서 사용할 수 있는 단계에 있습니다. 둘째, 그린레이저와 블루레이저는 파장이 다릅니다. 둘 다 구리와 같은 비철금속 접합에 좋습지만, 파장의 정확한 영향과 차이를 면밀하게 살펴볼 필요가 있습니다. 이에 따라 용접 키홀에서 관련 공정을 관찰할 수 있는 특수 X선 시스템을 사용하고 있습니다. 마지막으로 고객을 생각해야 합니다.

## 고객은 어떤 입장인가요?

아직은 잘 모르겠습니다. 우리는 고객이 두 가지 유형의 레이저를 모두 체험할 수 있도록 검사에 참여시킬 계획입니다. 그들이 “우리에게 필요한 것은 안정적 시스템이다. 우리는 그린이든 블루든 상관없다”라고 한다면, 블루레이저 연구를 계속하는 것이 맞는지, 아니면 그린레이저에 대한 연구를 강화할 것인지를 고민하게 될 것입니다.

## 연구를 통해 무엇을 이루고 싶으신가요?

일본의 레이저 기술을 발전시키고 싶습니다. 이는 예를 들어, 레이저 다이오드 제조업체와 시스템 통합업체라는 일본의 2대 주요 기업의 전문지식을 통합하는 것을 의미합니다.

블루 또는 그린?  
마사히로 츄카모토 교수는  
두 가지 색의 가운을  
모두 가지고 있습니다.

「 AHEAD 」

실제로 이는 우리의 참여 없이는 일어나지 않았을 공동 작업으로 이어졌습니다. 독일이나 미국과는 달리, 일본에는 이에 대한 정부 차원의 프로그램이나 계획이 없습니다. 하지만 다양한 기업과 대학의 협업이 매우 중요하다고 생각합니다.

## 왜 그렇게 생각하시나요?

일본은 첨단기술 국가지만 주변의 세상이 빠르게 변하고 있습니다. 전자자동차와 같은 분야에서 새로운 응용분야가 증가함에 따라, 새로운 소재를 가공하는 방법을 찾아야 합니다. 일본 기업이 신기술을 계속 주도하려면, 미래를 위한 스마트한 아이디어가 필요합니다. 제 일은 이러한 아이디어를 찾는 것입니다. 블루레이저나 그린레이저가 이를 달성하는데 도움이 될 것이라고 생각합니다.

## 솔직히 블루인가요, 그린인가요?

어떤 레이저가 최종적으로 선택될지는 우리가 결정할 문제도, 레이저 제조업체가 결정할 문제도 아니라고 생각합니다. 이는 산업에 달려 있습니다. 우리의 일은 기업에 레이저 기술을 할 수 있는 모든 것을 보여주는 것입니다. 보여준다는 것은 말 그대로를 의미합니다. 부품을 제작하고 기업으로 보내서 그들이 보고 만져보도록 합니다. 지금 이 순간에는 그린레이저가 앞서가고 있습니다. 블루가 따라잡을 수 있을지 살펴볼 것입니다. 어쩌면 하이브리드 시스템이 최선의 솔루션이 될 수도 있습니다. ■



## 연구소

일본 오사카 대학의 접합용접연구소는 적층 제조(LMD) 및 구리 용접을 위한 레이저 시스템을 개발하고 있습니다. 과거에는 블루 다이오드에 초점에 맞춰 연구가 진행되었습니다. 하지만 이제 곧 TRUMPF의 그린레이저를 사용한 검사가 시작될 예정입니다.

## 미션

마사히로 츄카모토 교수와 접합용접연구소는 새롭고 효율적인 제조기술을 일본 산업에 도입한다는 공통의 목표를 추구하고 있습니다. 그들은 스스로를 일본 산업계의 파트너이자 조력자로 보고 있습니다.



## 응용분야

마사히로 츄카모토 교수의 연구는 부품 용접 이외에도 스테인리스강 부품에 대한 구리 코팅을 포함하고 있습니다. 예를 들어, 문 손잡이에 구리 코팅을 하면 단시간 내에 병원균을 죽일 수 있습니다.





Timo Müller

TRUMPF

제조산업의 지속적 자동화에 관심이 있는 사람이라면 최근의 e-모빌리티의 붐이 반가울 것입니다. 이는 레이저 가공에 사용되는 센서 기술의 새로운 발전으로 이어지고 있습니다. 그 결과가 바로 정교함과 편의성을 동시에 갖춘 차세대 센서 시스템입니다. 3가지 주요 트렌드를 소개합니다.

# {1}

## 사용자 친화적인 인터페이스

전기차의 수요가 급격히 증가함에 따라 대량생산을 위해 세계 각지에 새로운 공장투자가 늘어나고 있습니다. 이러한 변화는 단기간에 최대한 정확하고 빠르게 제품을 생산할 수 있도록 요구하고 있습니다. 신규 공장의 상당수가 신규직원에 의존하고 있으며, 신규 직원들은 다양한 생산공정을 다루기 위해 여러가지 인터페이스를 다루고 있습니다. 따라서 사용자의 편의성을 증가시키기 위한 요구도 늘어나고 있으며, 이는 느리지만 확실하게 영향을 미치고 있습니다. 신규공장의 생산능력 향상을 위하여 생산 설비의 운영은 보다 쉬워지고 단순해지고 있습니다. 이는 수많은 혁신과 변화를 만들어 오류를 줄이고 운영을 위한 교육시간 또한 줄이는데 기여하고 있습니다.

다양한 계층이 산업용 인터페이스를 사용하며, 그들은 관심사와 경험, 업무, 교육 수준이 모두 다를 수 있습니다. 이는 실험실 엔지니어와 발전소 운영자, 발전소 감독 등을 모두 포함합니다. 하지만 각각의 관계자는 해당 업무를 수행하는데 필요한 장비를 제대로 작동시킬 수 있어야 합니다. 그리고 TRUMPF가 패러다임으로 선택한 것이 바로 이러한 형태의 메뉴 탐색입니다.

**EASY IS BEST!** 사전 지식이 없는 초보 사용자, 말하자면 어린 아이도 스마트폰의 기본 기능을 직관적으로 이해하고 사진을 찍거나 전화를 겁니다. 이는 누구나 쉽게 할 수 있는 일입니다. 안타깝게도 레이저 가공 시스템의 운영자들에게는 다른 이야기입니다. 일반적인 메뉴탐색으로는 충분한 정보를 제공할 수 없습니다. 최선의 방법은 사용자 설명서를 참조하는 것입니다. 또한 장비 고장을 사전에 예방 및 방지하기 위한 경고 및 알람 시스템이 부족합니다 (“정말...하시겠습니까?”). 그리고 사용자가 새로운 기능을 설정하거나 추가하고 싶다면, 모든 공정을 스스로 생각해야 하는 어려움 또한 있습니다.

TRUMPF의 개발팀은 이를 염두에 두고 비전라인(VisionLine) 포지셔닝 센서를 위한 인터페이스를 설계했습니다. 이는 신규 작업을 설정할 때 단계별 지원을 제공하는 기본 수직형 마법사 기능을 갖추고 있습니다. 또한 명확하게 구조화된 수평형 메뉴를 상세 내역과 함께 포함하고 있습니다. 따라서 한 단계도 누락되지 않습니다. 마지막으로 전체 설정이 자동으로 자체 설명 이름 아래 저장됩니다. 이미지 처리에 대한 지식이 없는 사람도 비전라인(VisionLine) 인터페이스를 통해 쉽고 빠르게 결과를 얻을 수 있습니다.



### 접근성

- 명칭:** 비전라인(VisionLine)
- 업무:** 카메라 기반 영상 처리 // 구성요소의 위치 결정 // 그에 따른 용접 또는 표시 레이저 조정
- 선도적 기능:** 직관적인 사용자 인터페이스

# NICE & EASY

전기자동차의 인기가 레이저 가공을 위한 센서 기술의 개발에 어떤 영향을 미치고 있을까요?



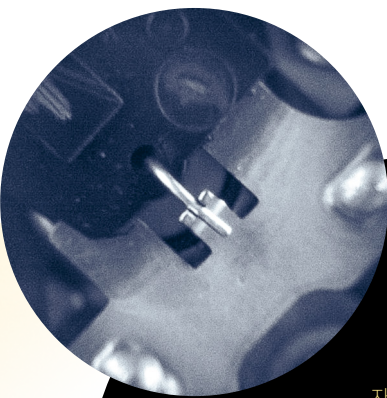
# 자동 센서 설정

누군가가 왜 공정에 특화된 센서 파라미터 설정이 중요하냐고 묻는다면, 그들에게 이렇게 되묻기 바랍니다. 왜 공작새는 꼬리를 흔드는 걸까요? 바로 진화 때문입니다.

올바른 매개변수를 결정하는 작업은 사고와 경험, 그리고 시행착오의 결합을 의미합니다. 만약 설정해야 할 파라미터의 수가 3개 이상 있다면, 개인의 역량으로 최적의 값을 찾아내는 것은 결국 한계에 부딪히게 됩니다. 그리고 우리가 비대칭적이고 다차원적인 매개변수 공간에 있다는 사실을 발견하게 됩니다. 특히 e-모빌리티 분야에서 사용되는 제조 공정은 이러한 유형의 복잡한 측정을 처리하고 파라미터 설정을 쉽게 할 수 있는 센서가 필요합니다.

**그린 "A"가 필요한 경우** 스테이터(stator)의 헤어핀 용접을 모니터링하는데 사용되거나 제어장치에 설치되는 OCT 센서의 이미지 조정을 예로 들어보겠습니다. OCT 센서에서 이미지 문제가 발생할 수 있는 방법은 여러 가지가 있으며, 윤곽선이 끊기거나 복수의 반사가 이미지를 방해하거나 선이 희미해지거나 그냥 사라질 수 있습니다. 그 결과 이미지가 명확하지 않아서 만족스러운 측정값을 얻을 수 없게 되며, 해당 센서의 프로그램이 용접 심이 올바른 위치에 있는지 적절한 품질 인지 판단할 수 없게 된다는 것을 의미합니다. 그렇다면 어떻게 선명한

{2}



구성요소 상황의 카메라 이미지: 분기 홀더의 와이어 (좌측). OCT 센서가 자동으로 설정되며 상단 뷰에서 높이 차이를 감지 합니다.



**유용성**

- 명칭:** OCT 센서
- 기능:** 3D 스캐너 용접에서 용접심 모니터링 및 조정 // 헤어핀 용접 등의 과정에서 접합 부품의 플러시 (flush) 여부를 감지
- 선도적 기능:** 진화형 AI를 사용한 카메라 자체 보정

이미지를 만들 수 있을까요? 고성능 SLR 카메라와 마찬가지로, OCT 센서는 노출 시간과 임계값, 주파수, 환산계수, 기준값 등을 수동으로 설정할 수 있는 매개변수가 있습니다. 전체적으로 22개의 매개변수가 있으며, 일부 파라미터는 수백 개 단위로 세밀하게 조정이 가능합니다.

22개의 파라미터를 이용하여 해당 공정 및 소재에 따른 최적의 OCT 파라미터 값을 정의할 수 있습니다. 하지만 그건 어디일까요? SLR 카메라는 이 상황에 대한 그런 "A" 설정, 즉 안정적으로 좋은 결과를 생성하는 자동설정을 가지고 있습니다.

TRUMPF는 동일한 접근방식을 채택하고 소위 진화 알고리즘의 도움을 받아 OCT 센서에 대한 그런 "A" 설정을 만들었습니다. 이는 생명의 탄생 이래, 자연이 훨씬 더 작은 규모로 계속 해왔던 것입니다. 자연은 개체가 서로 경쟁하고 번식하고 무작위로 돌연변이를 일으키도록 하며, 항상 일어나는 일을 지켜보고 있습니다. 수백만 년의 진화를 거쳐, 예를 들어 공작새가 탄생합니다. 다행스럽게도 OCT 알고리즘의 경우에는 훨씬 더 짧은 시간, 즉 15초가 걸립니다.

**생존을 위한 싸움** OCT 이미지 매개변수 22개의 무작위 집합이 개체를 구성합니다. 그리고 이 매개변수 집합을 기반으로 이미지가 생성됩니다. 이는 TRUMPF가 개발한 평가 프로그램을 통해 확인되며, 매개변수

집합이 자연서식지에서 얼마나 잘 '생존'하는지를 결정합니다. 다음의 무작위 매개변수 집합이 경기장으로 들어갑니다. 매개변수 집합 중 적자가 자손을 형성하고 다음 세대에 각각의 장점을 혼합하여 전달합니다. 그리고 다시 진화게임이 시작되며 여러 세대를 걸쳐 계속됩니다. 하지만 이러한 방식이 이어진다면, 점점 더 극단적이고, 따라서 오류가 생기기 쉬운 자손으로 이어질 것이며, 즉 매개변수 값은 국소 최소값으로 기울어지고 진화적 교착 상태에 빠질 것입니다. 따라서 때로는 알고리즘이 특정 범위 내에서 무작위로 돌연변이를 일으킬 수도 있습니다. 이는 진화 과정을 다시 활성화하고 혼합에 새로운 조합의 가능성을 제시합니다. 그 결과 인간이 구상하지 못한 매개변수의 조합이 만들어지고, 어떤 경우에는 소수점 이하의 값으로 정의되기도 합니다. OCT 센서를 사용하는 작업자는 모든 개별 매개변수 집합 간의 생존을 위한 투쟁, 즉 경쟁 및 생식, 돌연변이를 인지하지 못합니다. 작업자가 버튼을 클릭하고 15초만 기다리면 진화 과정이 완료되고 시스템이 현재 구성요소 위치에 대한 최적의 카메라 설정을 제공합니다.

이것이 실제로 최적의 설정입니다. SLR 카메라에서는 그런 "A"가 아마추어 사진작가가 좋은 사진을 찍을 수 있도록 도와줍니다. 반면, 전문가의 수동 조절을 선호합니다. OCT 센서는 경우가 다릅니다. 여기서의 진화 알고리즘은 주기적인 마우스 클릭으로 전문가를 능가합니다.

센서가 복잡해질수록 센서의 사용이 점점 쉬워지고 있습니다.

**자율성**

- 명칭:** 온라인 심 제어장치
- 기능:** 조인트 캡의 비접촉 모니터링 // 레이저 용접 중 심 위치 조절, 예: 헤어핀 용접
- 선도적 기능:** 유리한 시점 파악 // 불필요한 불량품 방지



센서가 불량품 감지 오류와 과도한 후처리의 필요성 사이에서 관련절차를 조율합니다.

{3}

# 자율적 매개변수

현재 전기자동차 제조업체는 달레마에 직면해 있습니다. 레이저 용접은 주로 공정의 마지막 단계에 적용되며 배터리 셀 및 모듈 고정 및 스테이터 제작이 대부분입니다. 이 단계에서 발생하는 구성요소의 불량품은 최종단계에서 발생하기 때문에 매우 많은 비용이 듭니다. 이때, 최악의 상황은 100분의 1의 이음 간격이 절대적으로 완벽하지 않다는 이유로 "빠! 꺼내서 다시 작업하십시오!"라고 과도하게 반응하는 센서의 오류를 지속적으로 보고하는 것입니다. 전기자동차산업의 생산량을 감안하면, 단 1%의 오류로도 공정이 멈출 수 있습니다. 그러한 상황에서는 잠시 물러나서 호흡을 가다듬는 것이 좋습니다. 결국 제조업에서도 일상생활에서의 마찬가지로 완벽의 추구가 일을 방해할 수 있습니다. 때로는 "충분히 좋다"는 것만으로도 충분합니다.

이는 TRUMPF가 염두에 두고 있는 가르침입니다. 비전라인(Vision Line) 또는 심라인 프로(SeamLine Pro) 등의 센서 시스템이 이음 간격과 같은 다양한 파라미터 속성을 모니터링하고 그에 따라 시스템 파라미터를 조율합니다. 이를 통해 생산 관리자는 불량품 감지 오류와 과도한 후처리 요구사항의 필요성 사이에서 관련절차를 조율합니다. 센서 기술의 최신 트렌드는 액티브 프로세스 로직(APL)입니다. 이는 불량으로 인식된 제품도 양품으로 바꿀 수 있습니다.

**충분히 좋다** APL은 오픈루프 제어의 원칙에 따릅니다. 예를 들어, 200회의 용접이 필요한 구성요소에서는 센서가 각 스폿 용접 전에 이음 간격을 측정합니다. 필요한 경우에는 센서 시스템이 측정 결과에 따라 특정 지점에서 용접을 조율합니다. 예를 들어, 센서가 함께 용접할 두개의 구리 사이에서 수평 또는 수직으로 부적절한 정렬을 감지한 경우, 레이저 시스템을 조율하고 레이저 에너지를 수정하며 두 개의 추가 패스 또는 다른 패턴 등을 명령합니다.

사용자는 실험실 검사를 통해 표준 용접 또는 비정상 용접에서 어떤 전략이 '충분히 좋은' 결과로 이어지는지 알아볼 수 있습니다. 그리고 해당 값을 표에 기록하고 각 측정에서 센서 소프트웨어를 참조하여 기준값을 추출합니다.

APL에 기초한 이러한 업스트림 품질 보증이 전기자동차산업의 표준 관행이 되고 있으며, 불량품을 없애고 생산량을 극적으로 높이는데 도움이 되고 있습니다. 위의 두 가지 트렌드(사용자 친화적 운영 및 자동 센서 설정)와 마찬가지로, 다른 산업에서도 신기술이 생산성 격차를 줄이는데 도움이 될 수 있다는 사실이 확인되고 있습니다. ■

**연락처:** 마틴 스타트케(Martin Stambke), 광학 및 센서 시스템 제품 매니저. 전화: +49 7422 515 - 8906; martin.stambke@trumpf.com



모든 유형의 생산  
공정에서 레이저 센서로  
속도와 위치를  
측정할 수 있습니다.  
물론 문제는 가격입니다.  
Sick AG의  
헤이코 크렘스는  
기존의 관행을 거부했고  
결국 자신이 옳았음을  
입증했습니다.

# 휠의 재발명

헤이코 크렘스(Heiko Krebs)는 다음과 같은 질문을 던졌습니다. “첨단 비접촉 센서보다 좋은 것은 무엇일까요? 답은 간단합니다. 바로 낮은 가격대의 첨단 비접촉 센서입니다. 하지만 그게 가능한 일일까요?” 크렘스는 독일 남부 도나우에싱엔(Donaueschingen)에 위치한 센서 전문업체 Sick의 제품 관리 수석 부사장입니다. 그의 업무는 표면을 굴러가며 지나가는 제품의 속도나 치수를 측정하는 작은 측정 휠을 중심으로 이루어집니다. 산업 시스템의 센서 기술에 관심이 있다면 누구라도 크렘스에게 연락할 수 있습니다.

모든 업계에서 그를 찾아옵니다. 그리고 그들과 생산 및 공정 장비의 자동화에 관한 내용을 공유하고 있습니다. 그들이 필요로 하는 것은 공장 제어 및 품질 보증을 위한 실제적이고 신뢰할 수 있는 생산 데이터의 지속적 공급입니다. 바로 다음의 유형에 대한 질문에 답하는 데이터입니다. 모든 판금/폴리스티렌/포장재가 적절한 길이 및 폭으로 절단되어 있나요? 얼마나 빨리, 어느 위치에서, 어떤 간격으로 컨베이어를 따라 이동하나요? 이를 위하여 수백만 개는 아니더라도 수십만 개의 측정 휠이 사용됩니다.

Tobias Gerber / Fotografin



측정 휠 인코더가 회전 수를 계속하고 이를 기반으로 이동 물품의 속도 및 위치를 계산합니다. 알다시피, 레이저를 사용하여 물품을 스캔하고 동일한 정보를 생성하는 비접촉 센서 시스템은 오래 전부터 존재했습니다. 하지만 기술적으로 정교해서 비쌌습니다. 더욱이 3등급 레이저의 사용을 요구하는데, 이는 안전장비의 설치 및 특별 교육을 받은 인력이 필요하다는 것을 의미했습니다. 이는 발전소 운영자들에게는 매우 번거로운 일이었습니다. 그리고 대부분의 영역에서 이미 완벽하게 작동할 수 있는 솔루션, 즉 앞에서 언급한 측정 휠 인코더가 이미 존재하고 있었습니다.

**왜 휠을 재발명해야 할까요?** 측정 휠은 잘 작동할 뿐만 아니라 비용도 저렴합니다. 크렘스는 이 상태를 유지할 수 있었습니다. 그럼에도 불구하고, 센서와 물체의 접촉 없이 정확한 측정이 가능하다면 더 좋지 않을까요? 여기서는 광자의 교환만이 필요했습니다.

크렘스는 망설였습니다. “측정 휠 인코더가 이미 확실하게 시장에서 입지를 구축하고 있었습니다. 믿을 수 있고 비용도 저렴했습니다. 하지만 단점도 존재했습니다.” 그는 10년 전에 문제가 공론화되지 않았다는 사실을 깨달았습니다.

모든 질문에는 양면성이 있습니다. 측정 휠의 단점은 접촉이 반드시 필요하다는 것이었습니다. 이것이 문제가 되지 않을 때가 많지만 문제가 되는 경우도 존재합니다. 휠은 필름이나 호일과 같은 부드러운 소재에 흠을 남길 수 있습니다. 또는 폴리스티렌이나 절연재에서는 접촉력이 떨어져 미끄러지며 부정확한 측정값을 제시할 수 있습니다. 또한 접촉은 마모를 야기

**컴퓨터 마우스처럼** 크렘스는 저렴한 레이저 인코더에 대한 비전을 제시할 수 있는 전문가 및 유용한 팁을 제공할 수 있는 관계자를 찾기 시작했습니다. 그때 만난 사람이 바로 에인트호번 출신의 랄프 구데(Ralph Gudde)였습니다. 당시 랄프 구데는 필립스의 포토닉스 부서에서 일하고 있었습니다. 이는 2019년 TRUMPF 그룹의 일부가 되었고 현재는 TRUMPF Photonic Components라는 이름으로 독립적으로 운영되고 있으며, 구데가 마케팅 및 영업 부사장을 맡고 있습니다. 회사는 스마트폰과 사무용 프린터, 컴퓨터 마우스와 같은 소비자 제품에 사용되는 작고 간편한 레이저 다이오드 및 포토다이오드를 생산하며, 대량생산으로 합리적 가격을 제시하고 있습니다. 구데는 크렘스에게 렌즈 및 회로와 더불어 통합 포토다이오드를 바탕으로 시장 출시를 앞둔 소형 VCSEL을 보여주었습니다. 그 순간 크렘스는 이를 통해 3등급 레이저의 안전 문제를 해결할 수 있음을 깨달았습니다. 컴퓨터 마우스를 사용하는 데에는 특별한 교육이 필요하지 않습니다.

문제는 ‘레이저 다이오드가 가능한가’였습니다. 구데는 측정이 당시의 표준 관행과 다른 방식으로 이루어진다면 가능할 것이라고 여겼습니다. 그의 아이디어는 이동거리를 측정하는 대신 레이저 광파의 간섭, 즉 자기 혼합 간섭(SMI)를 측정하는 것이었습니다. 여기서 VCSEL은 금속 또는 플라스틱, 기타 물질로 이루어진 이동 물품의 표면에 적외선 레이저 빔을 비춥니다. 광학공명기(Optical resonator)는 레이저 빔의 반사를 포착하여 공명기의 빛과 혼합합니다.

## 이 센서는 1등급 레이저를 장착하여 컴퓨터 마우스만큼이나 위험하지 않습니다.

합니다. 시간이 지남에 따라 마모가 측정 휠의 지름 및 정확도를 바꿀 수 있는데, 레이저 기반 비접촉 센서는 본질적으로 마모가 예방됩니다. “모두가 너무 비싸고 수요가 충분하지 않다고 말했습니다”라고 크렘스는 회상합니다. “하지만 우리는 더 좋은 걸 알고 있었습니다.”



그리고 포토다이오드가 그에 따른 간섭을 측정하여 시스템이 주파수 차이에 기초하여 이동 속도를 계산할 수 있도록 해줍니다. 따라서 이동 방향은 파장 변조를 통해 추론될 수 있습니다. 다시 말하면, 센서가 물체의 속도 및 방향을 감지하고 위치 및 변위를 간접적으로 식별하는 것입니다.

Tobias Gerber | Fotogloria



갑자기 고객들이 헤이코 크렘스에게 연락하여 압출기에서 나온 여전히 뜨거운 플라스틱의 측정 등, 새롭고 여전히 불가능한 요청을 하기 시작했습니다. 비접촉 레이저에서는 가능한 일이었습니다.

이를 위해서는 가볍지만 매우 적은 전력이 필요했습니다. 실제로 무해한 1등급 레이저가 이 목적에 완벽하게 부합했습니다. 크렘스는 회의실을 나서며 걸음을 재촉했습니다.



**부드러운 물체에 대한 접촉력** 곧 개발이 시작되었습니다. “신호 품질을 빠르고 매우 정밀하게 평가하는 프로세스 알고리즘을 함께 고안했습니다.”고 크렘스는 설명합니다. “초속 10

미터의 속도에서도 여전히 4마이크로미터의 해상도 및 0.1%의 측정 정확도를 가집니다. 이는 우리가 1미터를 1밀리미터의 정확도까지 측정할 수 있다는 것을 의미합니다. 가격적인 측면에서도 현재 시장에 출시되어 있는 다른 솔루션보다 저렴한 접촉 솔루션에 훨씬 가까웠습니다.”

측정 휠 인코더를 보다 정확한 레이저 센서로 교체하려는 고객에게는 희소식이라 할 수 있었습니다. 크렘스는 기존 기술로는 정확한 데이터를 확보할 수 없었던 고객들의 의견을 듣기 시작했습니다. 그 중에는 압출기에서 바로 나온 제품이 너무 부드러워서 측정 휠의 접촉력이 떨어지는 플라스틱 제조업체도 있었습니다. 또한 측정 휠의 정확도에 항상 문제가 있었던 케이블 제조업체도 있었습니다. “이전에는 생각지도 못했던 응용분야에 대한 요청이 많았습니다.”고 크렘스가 웃으며 말합니다. “이러한 고객 모두가 기존 센서 기술로는 어려웠던 물품을 측정할 수 있게 되었습니다. 무엇보다 이러한 비접촉 공정은 특정 요건에 맞춰 쉽게 조정할 수 있습니다. 그냥 소프트웨어만 수정하면 됩니다. 따라서 더 많은 고객에게 다가갈 수 있을 뿐만 아니라 고객의 니즈에 보다 맞춘 서비스를 제공할 수 있습니다.” 그는 만족스러운 표정으로 손바닥 위에 초콜릿 바 크기의 레이저 인코더, 스피텍(Speetec)을 올려 놓았습니다. “가격이 저렴하고 다용도로 쓰입니다.” ■

**연락처:** SICK AG, 헤이코 크렘스(Heiko Krebs), 제품관리 수석 부사장. 전화 +49 771 807 - 351, heiko.krebs@sick.de



# GIVE MMA C!

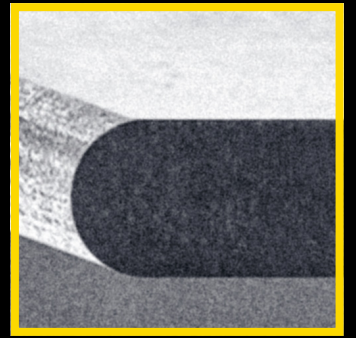
“혼란(Disruption)”은 무슨 의미를 담고 있을까요? 이 경우에는 획기적인 무언가를 의미합니다. 홀로그래픽 분할은 유리 가장자리를 완벽하게 둥근 C자형으로 만들 수 있도록 하는 기술입니다. 순식간에 기존의 모든 유리 절단 공정이 쓸모가 없어서 이는 디스플레이 제조업체에게 있어서 이는 실질적으로 더 많은 처리량, 파손에 대한 더 높은 저항성, 더 적은 후처리, 최소한의 불량품 발생을 의미했습니다.

저자: 맥스 카만 박사  
(DR. MAX KAHMANN)

스마트폰을 바닥에 떨어뜨리면 디스플레이가 깨집니다. “젠장, 이게 몇 번째야!”라는 외침이 들려옵니다. 전문가의 설명에 따르면 충격의 모든 힘이 디스플레이의 내각에 집중되고 작은 부피에 깨지기 쉬운 물질을 통해 전달되기 때문에 균열이 일어난다고 합니다. 오늘날과 같은 고릴라 글래스와 슈퍼하드 표면의 시대에 스마트폰이 이러한 추락에서 살아남을 수 있을 것인가는 전적으로 유리 디스플레이의 얇은 가장자리로 떨어지느냐 아니냐에 달려 있습니다. 스마트폰 디스플레이의 가장자리는 두 개의 각도, 즉 유리표면이 가장자리와 만나는 외각인 알파( $\alpha$ )각과 그와는 반대로 유리 표면이 가장자리와 만나는 내각인 베타( $\beta$ ) 보각을 가집니다.  $\alpha$ 가  $\beta$ 를 결정하고  $\beta$ 의 크기에 따라 가장자리가 응력에 얼마나 강한지가 결정됩니다.  $\beta$ 가 크면 충격이 큰 부피를 통해 빠르게 확산하며 손상이 발생하지 않습니다.  $\beta$ 가 작으면 이 힘이 작은 부피에 집중되어 이 지점에서 유리가 깨지게 됩니다. 그때가 바로 “젠장!”을 외치게 되는 순간입니다.

끝없는 후처리 디스플레이 유리를 절단한 후에는 상당한 수준의 후처리가 필요합니다. 유리를 절단하기 위해서는 먼저 금을 긋고 이 선을 따라 제어된 방식으로 절단이 이루어집니다. 요즘에는 신속한 레이저 절단 공정으로 전환하는 제조업체가 늘어나고 있습니다. 하지만 이 또한 끝없는 후처리를 동반하는데, 그라인딩 및 폴리싱, 코팅, 경화, 러프닝, 본딩 등이 디스플레이 전체 제조 작업의 90%를 차지합니다. 디스플레이는 스테이션 사이를 이동하며, 각 단계 후에 기계적으로 가공되고 뒤집어지며, 또 다시 기계적으로 가공되고 세척됩니다. 최악의 상황은 이러한 각 단계에서 웨이퍼 두께의 유리가 대량으로 깨지는 것입니다.

C컷은 연마가 필요하지 않을 정도로 완벽하게 매끈한 가장자리를 남깁니다.

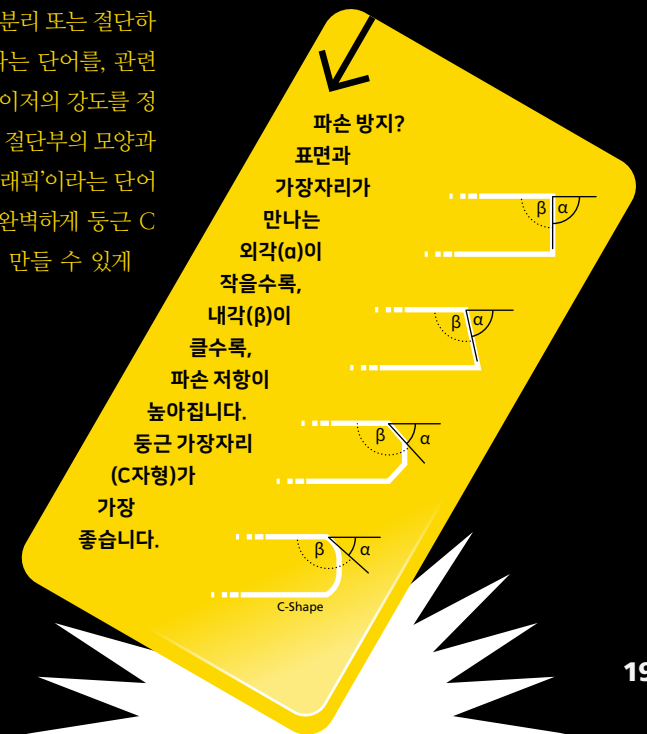


제조업체는 후처리로 인하여 상당한 낭비와 끝없는 작업에 직면해 있습니다.

디스플레이 딜레마 제조업체는 이 엄청난 낭비를 수용하기로 선택할 수 있습니다. 또는 디스플레이가 파손에 더 강해지면 후처리의 필요성이 줄어들고 소비자에게 이득이 된다는 사실을 확인할 수 있습니다. 과거에는 디스플레이 가장자리를 가공하여 베벨(그라인드, 폴리시)을 만들거나 그 이상으로 상단과 하단 모따기(그라인드, 폴리시 / 턴오버 / 그라인드, 폴리시)를 적용했습니다. 하지만 이는 끝없는 후처리에 또 다른 단계를 추가하는 것이었습니다. 더욱이 파손에 더 강한 가장자리를 만들기 위하여 이 방법을 사용함에도 불구하고, 많은 디스플레이 액정이 여전히 불량 판정을 받고 있습니다.

이와 같은 불만족스러운 상황을 해결하기 위하여, TRUMPF는 혁신적인 초단파 펄스 레이저 공정을 도입하여 파손에 강한 디스플레이를 만들고 공정 단계의 수를 줄여서 노동력 및 낭비를 줄이고 있습니다. 이를 “홀로그래픽 분할”이라고 하는데, 빛이 유리와 홀로그래픽을 분리 또는 절단하는데 사용되기 때문에 ‘분할’이라는 단어를, 관련 공정이 공간의 다른 지점에서 레이저의 강도를 정밀하게 조정하여 3차원 모두에서 절단부의 모양과 윤곽을 조절하기 때문에 ‘홀로그래픽’이라는 단어를 사용하고 있습니다. 그 결과 완벽하게 둥근 C자형 가장자리를 단일 단계에서 만들 수 있게 되었습니다.

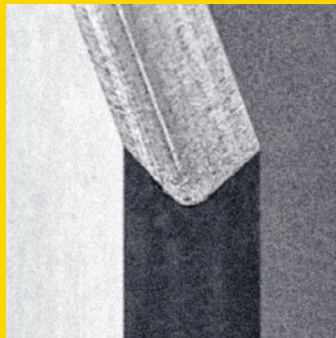
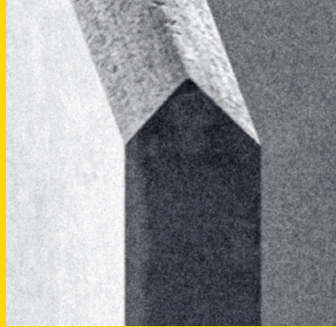
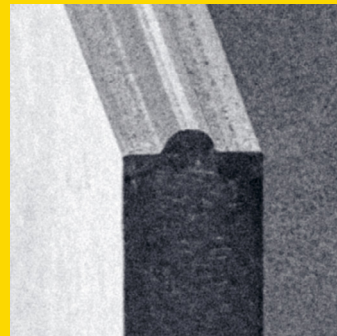
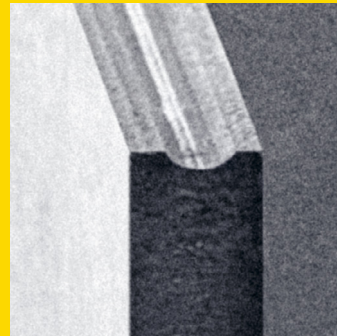
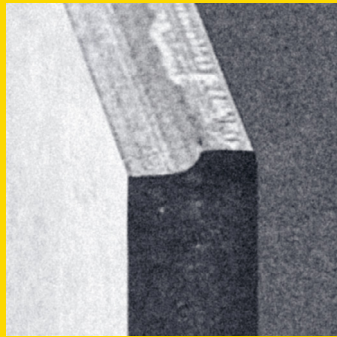
← C자형 절단 레이저의 강도 분포.





옵틱(Optic)을 통해 유리 및 기타 투명물질에서 모든 윤곽선의 가장자리를 만들 수 있습니다.

스마트폰 디스플레이용 접착제를 사용하지 않는 접합을 위한 단면 (하단)



추가 옵션은 디스플레이 및 글레이즈드 표면을 위한 은 촉붙임 (tongue and groove) 및 기타 접합을 포함 합니다.

C컷의 경우,  $\alpha$ 각이 정확한 크기입니다. 실제로 유리 가장자리의 파손 저항력을 높이는 것은 불가능합니다.

이 기술은 물리적 관점에서는 맞지만 수학적 관점에서는 극도로 복잡한 빛 개념에 근거합니다. 여기서 빛은 레이저 가공 분야에서 대부분의 용도에 적합하도록 단순화된 빔이 아니라 전파의 연속으로 간주됩니다. 가장 중요한 결과는 레이저의 초점이 이제 스폿이 아니라 강도의 수정 가능한 영역으로 간주된다는 것입니다. 올바른 계산법 및 적절한 기술 수단(반대 페이지 참조)으로 이 초점을 3차원 공간 내로 자유롭게 분산시킬 수 있습니다. 이는 늘어나거나 찌그러지거나 구부러지거나 여러 개의 개별 영역으로 분할될 수 있습니다. 예를 들어, 유리 절단 시 초점 영역은 절단되는 유리의 두께에 해당하는 길이로 연장됩니다. 이 공정은 과거의 기술이므로 현재 업데이트를 진행한 상태입니다. 초점 영역은 더 이상 직선이 아니며 C자형으로 구부러집니다. 렌즈가 유리를 지나가기 때문에 레이저 빛이 위에서 내려오며, 따라서 유리를 뒤집을 필요 없이 내부의 수직 C자형 폴트라인이 형성됩니다. 그 다음에 부식액에 넣으면 유리가 가장자리를 따라 매우 깔끔하게 절단되므로 추가 연마작업이 필요하지 않습니다. 완벽한 C컷!

**더욱 좋게!** 홀로그래픽 분할을 사용하는 디스플레이 제조업체는 더 짧은 시간에 더 많은 디스플레이를 생산할 수 있습니다. 중간에 여러 번의 세척이 요구되는 복잡한 후처리 단계가 줄어들며 이전 공정보다 더 나은 결과를 얻을 수 있습니다. 이러한 파손 저항력 강화는 소비자에게 매력적인 기능일 뿐만 아니라 제조업체에도 이익이 됩니다. 각 디스플레이는 시작부터 보호력이 높은 C자형이기 때문에 추가 제조 및 취급 단계에서도 그 상태가 유지됩니다. 이는 불량품의 수를 획기적으로 줄일 뿐만 아니라 그리퍼 및 기타 취급 장비가 그렇게 민감할 필요가 없다는 것을 의미하므로, 제조 시스템의 복잡성을 줄일 수 있습니다.

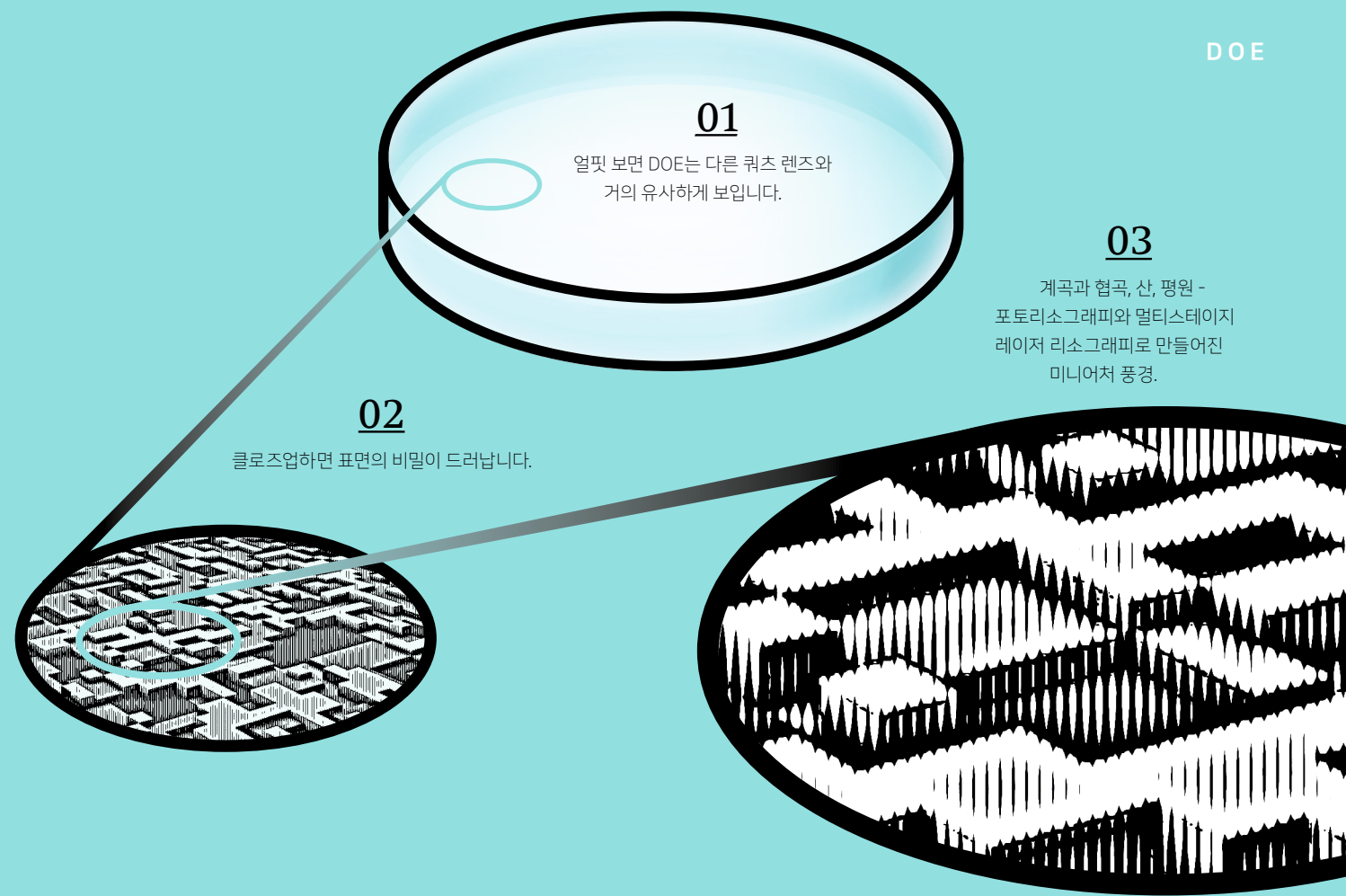
또한 이러한 유형의 절단은 C자에 국한되지 않습니다. 원칙적으로 모든 형태나 윤곽의 가장자리를 보다 투명하고 부서지기 쉬운 물질로 생산할 수 있습니다. 예를 들어, TRUMPF는 현재 유리에 모티스 홈(mortise groove)을 만드는 작업을 통해 스마트폰 디스플레이를 접합하지 않고도 제자리에 고정할 수 있도록 하고 있습니다. 이는 생산 단계를 줄이고, 두께를 몇 마이크로미터 더 얇게 하고, 무게를 몇 밀리그램 더 줄이고, 오류 원인을 더 줄이고, 수명이 더 길어진다는 것을 의미합니다. 그리고 이는 파동공학이 유리로 만들어낼 수 있는 것의 시작에 불과합니다. ■



**맥스 카만 박사(Dr. Max Kahmann)**  
TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH, 첨단 개발 레이저 응용분야 책임자. 유리 절단 및 기타 USP 레이저 응용분야의 전문가입니다.



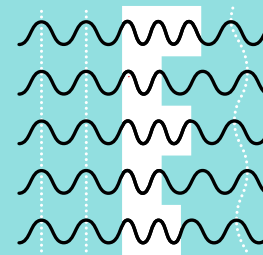
**연락처:**  
전화: +49 7156 303 - 35696  
max.kahmann@trumpf.com



# 원더렌즈

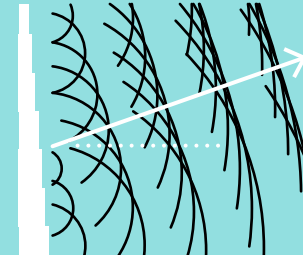
DOE(Diffractive optical element) 방식은 레이저 가공의 세계에 옵틱(Optic)을 도입했습니다. 레이저 빔의 초점이 어떤 형태로든 분할 및 형성될 수 있습니다.

상변화



광파는 렌즈를 통해 다른 거리를 이동합니다. 이는 위상이 서로에 대하여 변화하도록 합니다.

방해



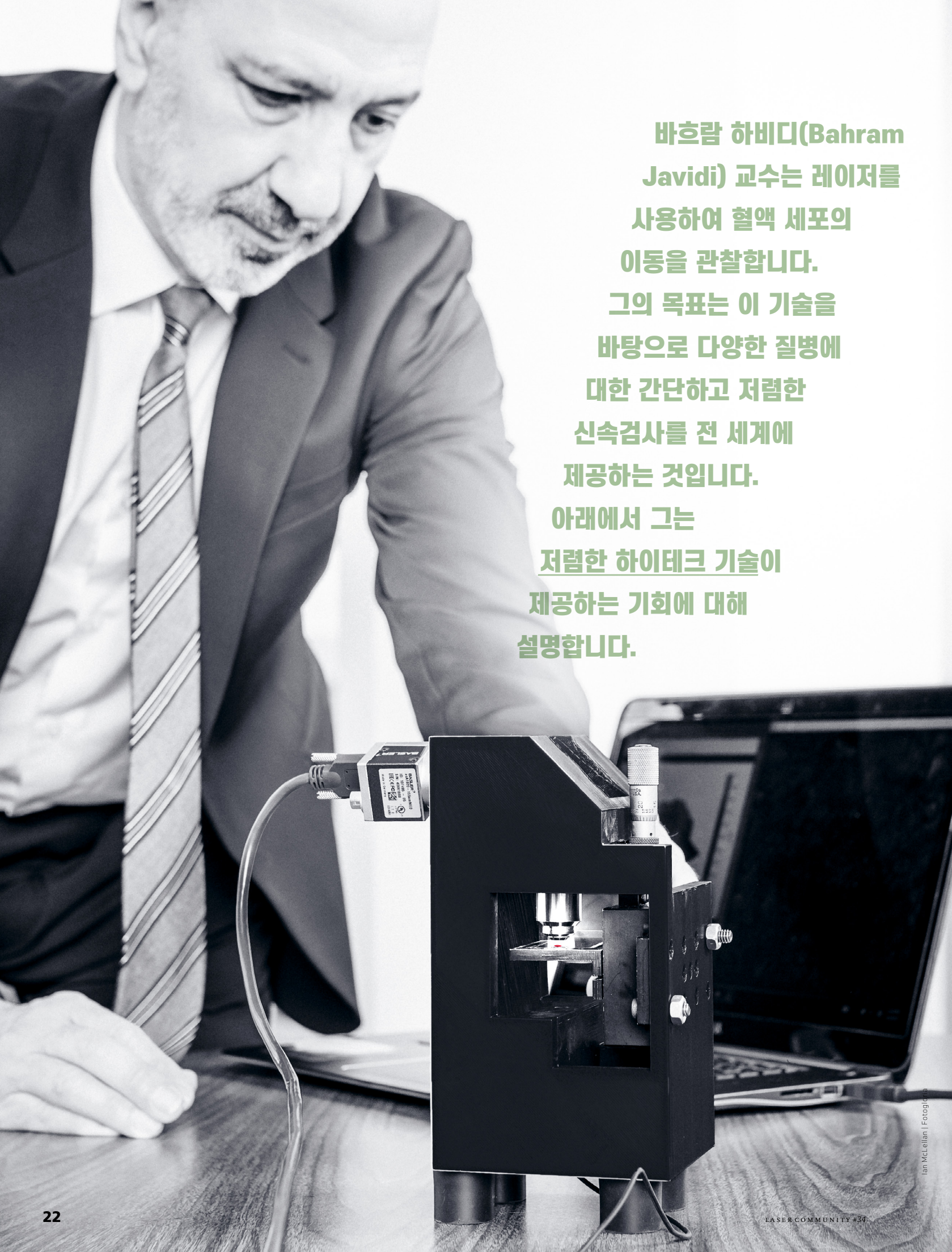
위상 변화의 결과로 광파가 서로 간섭합니다. 이는 미리 결정된 패턴을 형성합니다.

초점 형태



목표 지점에서 이 간섭 패턴이 강도의 변조 영역을 초래하며, 즉, 레이저의 초점이 어떤 형태로든 분할 및 형성될 수 있도록 합니다.





바흐람 하비디(Bahram Javidi) 교수는 레이저를 사용하여 혈액 세포의 이동을 관찰합니다. 그의 목표는 이 기술을 바탕으로 다양한 질병에 대한 간단하고 저렴한 신속검사를 전 세계에 제공하는 것입니다. 아래에서 그는 저렴한 하이테크 기술이 제공하는 기회에 대해 설명합니다.

“많은 질병이 혈액세포의 미세한 구성을 변화시킵니다. 레이저 광선을 이용하면 이를 감지할 수 있습니다.”





# P

## 하비디(Javidi) 교수님, 미래에는 어떻게 질병을 진단하게 될까요?

일부 경우에는 디지털 홀로그래픽 현미경을 사용하게 될 것입니다.

## 마치 SF 소설처럼 들립니다. 좀 더 자세하게 설명해주세요!

아이디어는 정보 광학 분야에서 나왔습니다. 이는 넓은 지평선 내의 객체를 식별하는데 사용되는 기술을 포함합니다. 빛은 물체에 대한 많은 정보를 전달할 수 있습니다. 이것이 더 작은 규모에서도 작용할 것으로 생각하고, 따라서 생물학, 구체적으로는 진단에 이를 적용했습니다. 많은 질병이 우리 안에서 발견되며 혈액세포의 미세한 구성을 바꿉니다. 레이저 기술을 통해 그러한 변화를 감지할 수 있고 그에 따라 환자가 특정 질병을 앓고 있는지 확인할 수 있습니다.

## 정말 놀랍네요! 그렇다면 체내의 세포를 어떻게 검사합니까?

검사에는 혈액 한 방울만 있으면 됩니다. 혈액을 유리 슬라이드나 유사한 기구에 주입하고 레이저를 비춥니다. 이 과정을 카메라로 기록하고, 자체 알고리즘을 통하여 감염 여부를 판단합니다. 현재 사용되는 검사보다 빠릅니다.

## 디지털 홀로그래픽 현미경이 어떻게 작동하는지 궁금합니다.

매우 간단합니다. 먼저 레이저 다이오드의 빛으로 적혈구를 비추고 현미경의 대물렌즈가 이를 확대합니다. 레이저의 빛이 유리 슬라이드의 앞면과 뒷면에서 반사됩니다. 이 반사된 두 개의 빛이 서로 중첩되며 디지털 홀로그램을 형성합니다. 이것이 우리가 기록하는 정보입니다. 이

를 통해 광학 경로의 길이와 굴절률을 알 수 있습니다. 그 다음에 소프트웨어 프로그램으로 이 회절의 디지털 반전을 시행합니다. 이것이 셀의 공간 모델, 즉, 3D 이미지를 형성합니다. 그리고 소프트웨어가 이 홀로그램을 분석하여 질병 징후를 확인합니다.

## 어떤 신호가 포착되나요?

먼저 세포의 특성 중 변형될 수 있는 것이 무엇인지 알아야 합니다. 세포의 부피 및 표면적, 원형과 길이의 비율 등, 다양한 가능성이 존재합니다. 기계학습 방법을 사용하여 더 많은 특성을 추출할 수 있습니다. 이 중 일부는 매우 수학적이며, 나머지는 얼핏 반직관적으로

**“혈액세포는 사람과 같아서 모든 것이 좋을 때는 고유의 리듬을 가지지만 무언가 잘못되면 느려집니다.”**

보이지만 매우 실용적인 것으로 입증되고 있습니다. 예를 들어, 코로나19의 경우에는 코로나 바이러스가 적혈구의 부피를 변화시킨다는 사실을 발견했습니다. 이는 매우 쉽게 측정할 수 있습니다. 그리고서 의대를 다니는 아들에게 이를 설명할 수 있는지 물어보았습니다. 아들은 코로나19가 세포의 산소를 빼앗고 그것이 부피 변화의 원인이 아닐까 추측했습니다. 또한 세포의 동적인 면을 관찰하는데 도움이 됩니다.

## 동적인 면이요?

그렇습니다. 적혈구를 촬영하면 훨씬 더 많은 특징을 볼 수 있습니다. 세포는 작은 심장과 같지만 나노 크기입니다. 건강한 적혈구와 비교하여, 코로나19에 감염된 세포처럼 병든 세포는 변화된 경직성을 보일 수 있으며 시간의 경과에 따라 다르게 변화할 수 있습니다. 이는 흥미로운 발견이었습니다. 혈액 세포는 사람과 같아서 모든 것이 좋을 때는 고유의 리듬을 가지지만, 무언가 잘못되면 느려집니다.

## 지금까지 어떤 질병을 감지할 수 있었습니까?

코로나19와 말라리아, 당뇨병, 유전성 혈액 질환인 겸상 적혈구 빈혈을 실험했습니다.

## 이 방법이 쉽다고 계속 말하고 있는데, 그 점이 왜 중요할까요?

현재 실험실에서 이 기술을 계속 다듬고 있습니다. 하지만 신속검사는 일상에서의 사용에 적합해야 하며 휴대성과 저렴한 가격이 보장되어야 합니다. 말라리아에 대한 검사를 완료했는데, 잘 갖추어진 실험실에



검사 스트립에 피 한 방울만 떨어뜨리면 됩니다.



이 기기가 샘플에 질병 징후가 있는지 검사합니다.

Ian McLellan / Fotogloria

Ian McLellan / Fotogloria

서만 효과가 있다면 해당 방법은 쓸모가 없다고 봐야 합니다. 기억해야 할 점은 질병이 의료 수준이 낮은 오지에서 더 기승을 부린다는 점입니다. 물론 산업화된 국가도 코로나19와 같은 경우에는 이 검사의 혜택을 누릴 수 있습니다.

## 그럼 병원이나 진료소가 필요하지 않다는 뜻인가요?

꼭 그렇지는 않습니다. 의자나 책상에 해당 기기를 그냥 올려 둘 수 있습니다. 물론 전원이 필요하겠지만, 필요한 경우에는 노트북이나 휴대폰 배터리를 활용할 수도 있습니다. 중요한 것은 기술이 최대한 저렴하고 간단하게 유지되어야 한다는 것입니다.

## 배낭에 들어가는 휴대용 홀로그래픽 현미경이라...가격대가 결코 낮을 것 같지 않은데요.

아닙니다. 우리는 부품을 최대한 간단하고 저렴하게 만들기 위하여 많은 노력을 기울이고 있습니다. 그렇지 않으면 개발도상국에서는 이를 이용하지 못할 테니까요.

## 어떻게 부품 가격을 저렴하게 유지할 수 있었습니까?

제조업 부문에서 무엇이든 더 작게 만드는 방법을 배웠습니다. 예를 들면, 하우징은 3D 프린터로 제작됩니다. 이를 통해 부품을 매우 작게 만듭니다. 렌즈는 제작이 간단하고 레이저는 표준 장치입니다. 그리고 광전자공학 및 옵틱(Optics)의 발전으로 카메라 부품 가격이 크게 떨어졌습니다. 20년 전과는 완전히 다릅니다. 당시 코닥의 CCD 카메라를 구입했는데 거의 30,000달러가 들었습니다. 당시로서는 상당한 거금이었습니다. 하지만 지금은 카메라가 웹캠만큼 저렴합니다.

## 어디에서 이 기술을 추가적으로 활용할 수 있을까요?

의약품 검사에도 상당한 잠재력이 있다고 생각합니다. 우리가 세포의 변화를 기록하고 관찰할 수 있다면, 의약품이 세포에 미치는 영향도 확인할 수 있을 것입니다. 신약이 유해

하지 않다는 사실을 입증하는데도 도움이 될 것입니다. 아직 시도해본 적은 없지만 적용할 수 있을 것 같습니다. 또한 코로나 팬데믹이 바이러스 돌연변이의 중요성을 깨닫게 했습니다. 이는 홀로그램 기술이 도움이 될 수 있는 또 다른 분야입니다.

## 어떻게요?

돌연변이가 발생하는 경우, 현재 보유하고 있는 화학적 기반의 신속검사가 갑작스럽게 신뢰성 및 효과가 떨어질 수 있으며, 이는 새로운 검사가 최대한 빨리 개발되어야 한다는 것을 의미합니다. 우리의 기술이 계속 유효하다고 가정하면, 물론 그 반대도 가능하지만, 돌연변이가 발생할 경우에 소프트웨어 업데이트를 프로그래밍하기만 하면 됩니다. 사실, 우리의 세포 측정 시스템이 여전히 효과적이라면, 새로운 매개변수를 기반으로 기존 소프트웨어를 재구축하는 것만으로 충분할 수 있습니다. 다시 말하면, 기다릴 여유가 없는 국가에서 새로운 검사 키트가 도착할 때까지 검사를 중단할 필요가 없다는 것입니다. 우리가 이메일로 새로운 매개변수를 보낼 수 있습니다. 이를 다운로드하면 검사가 이전처럼 가능할 것입니다. 하지만 이는 모두 우리가 좀 더 상세하게 살펴보아야 하는 가정들입니다. ■



바흐람 하비디는 코네티컷 대학교 전기컴퓨터공학과 교수입니다. 그는 광학 이미징의 혁신적

접근방식에 대한 선도적인 연구로 유럽 물리학회(QEOD) 및 Optica(구 광학회(OSA))의 Joseph Fraunhofer 어워드 / Robert M. Burley 상 등, 다수의 상과 인정을 받고 있습니다.

**“바이러스 변이가 발생하는 경우, 간단한 소프트웨어 업데이트만으로 이를 충분히 감지할 수 있습니다.”**





# 드림처럼 꼭 맞게!

전기차: 금속가공 전문업체인 벤틀러(Benteler)는 스테인리스강을 위한 새로운 레이저 용접 방법을 개발했고, 이후 이를 알루미늄에 적용했습니다.

←  
고속 기밀 용접:  
배터리 하우징용  
냉각 플레이트의  
이음 부분을  
완전하게 밀폐하여  
가스가 통과하지  
못하게 합니다.

금속 하우징은 전기차 배터리에서 가장 덜 드러나는 부품이지만 예상보다 중요한 역할을 합니다. 배터리 하우징이 정상 작동 시에는 내부의 민감한 전자장치를 습기와 기타 기상 조건으로부터 보호하여 지속적으로 높은 성능을 보장하고, 충돌 시에는 가연성 및 독성 물질의 누출을 방지하기 때문입니다. 이러한 배터리 하우징의 주요 기능이 바로 가스를 밀폐하는 용접 이음입니다. 가스 밀폐를 위해서는 구멍과 개재물(inclusion)이 없어야 합니다. 이상적으로는 이러한 하우징을 고속으로 제작할 수 있어야 합니다. 여기서 벤틀러는 공식을 도입합니다.

**알루미늄은 가볍지만 비쌉니다** 크리스티안 부세는 독일 파더보른(Paderborn)에 위치한 주요 자동차 공급업체, 벤틀러의 자동차 부서에서 R&D 팀의 리더를 맡고 있습니다. 그와 그의 팀은 매일 금속가공 공정을 개선할 수 있는 방법을 연구합니다.

“e-모빌리티 부문은 여전히 개선의 여지가 많다는 것이 장점이다”라고 그는 설명합니다. “따라서 새롭게 살펴볼 수 있는 분야가 많습니다.” 그리고 이는 배터리 하우징을 개선하는 방법을 포함합니다. 현재는 하우징 기밀에 마찰 교반 용접이 사용되고 있습니다. 이 과정에서 회전 공구가 접합되는 부품에 힘을 가합니다. 이는 마찰을 일으키고 열을 발생시킵니다. 대량 생산 환경에서는 고통스러운 정도로 느린 공정이지만, 일반적으로 작업이 힘들기로 유명한 알루미늄 합금으로 하우징을 만들기 때문에 이 방법이 사용되고 있습니다. 그런데도 관련 업계에서 알루미늄이 합리적인 선택인 이유는 전기차에 좋은 속성, 즉 가볍기 때문입니다.

“하지만 고객들이 알루미늄의 대안으로 강철이나 하이브리드 디자인의 하우징을 찾고 있다는 사실을 알게 되었습니다”라고 부세는 설명합니다. “그래서 스테인리스강을 선택했습니다.”



개발자 크리스티안 부세 (Christian Buse)는 자동차 공급 업체 벤틀러 (Benteler)를 위하여 새로운 용접 전략을 고안했습니다.



“이제 배터리 하우징을 두 가지 우수한 공정으로 강철과 알루미늄에 대해 용접할 수 있습니다. 어느 쪽이든 우리는 준비가 되어 있습니다!”

여기에는 여러 가지 이유가 있습니다. 예를 들어, 스테인리스강은 부식에 강하고 녹는점이 높아서 차량 화재 시에 생명을 구할 수 있는 가능성이 높습니다. 그렇다고 문제가 없는 것은 아니었습니다. “스테인리스강은 레이저 용접이 매우 쉽고, 레이저 공정이 신속하게 믿을 수 있는 결과를 제공하며 기밀 이음을 위한 기준을 충족한다는 사실을 알고 있었습니다.” 하지만 처음에는 부세도 그 아이디어를 어떻게 발전시킬 수 있을지 알지 못했습니다.

**두 가지 모두에 충분히 좋습니다** 먼저 부세는 TRUMPF에 연락을 취했습니다. 두 회사는 오랫동안 개발 파트너십을 통해 강력한 관계를 형성해왔습니다. 완전히 자동화된 벤딩 공정이 제안되었고, 이는 용접 공정을 가속화하는 핵심 과제로 전환되었습니다. TRUMPF 엔지니어는 이를 위해 BrightLine Weld의 사용을 권고했습니다. 이 시스템의 초점 광학은 디스크 레이저의 빔을 레이저 케이블의 링과 코어 사이로 분할하여 높은 용접 속도에서도 스파터를 실질적으로 제거하는 것이었습니다. 스파터를 줄이면 강력한 용접 이음새를 형성하는 충분한 물질이 확보됩니다. “그리고 후처리의 필요성을 줄여준다”라고 부세는 설명합니다. “무엇보다 중요한 점은 이음새가 밀폐되어 있다는 것입니다.”

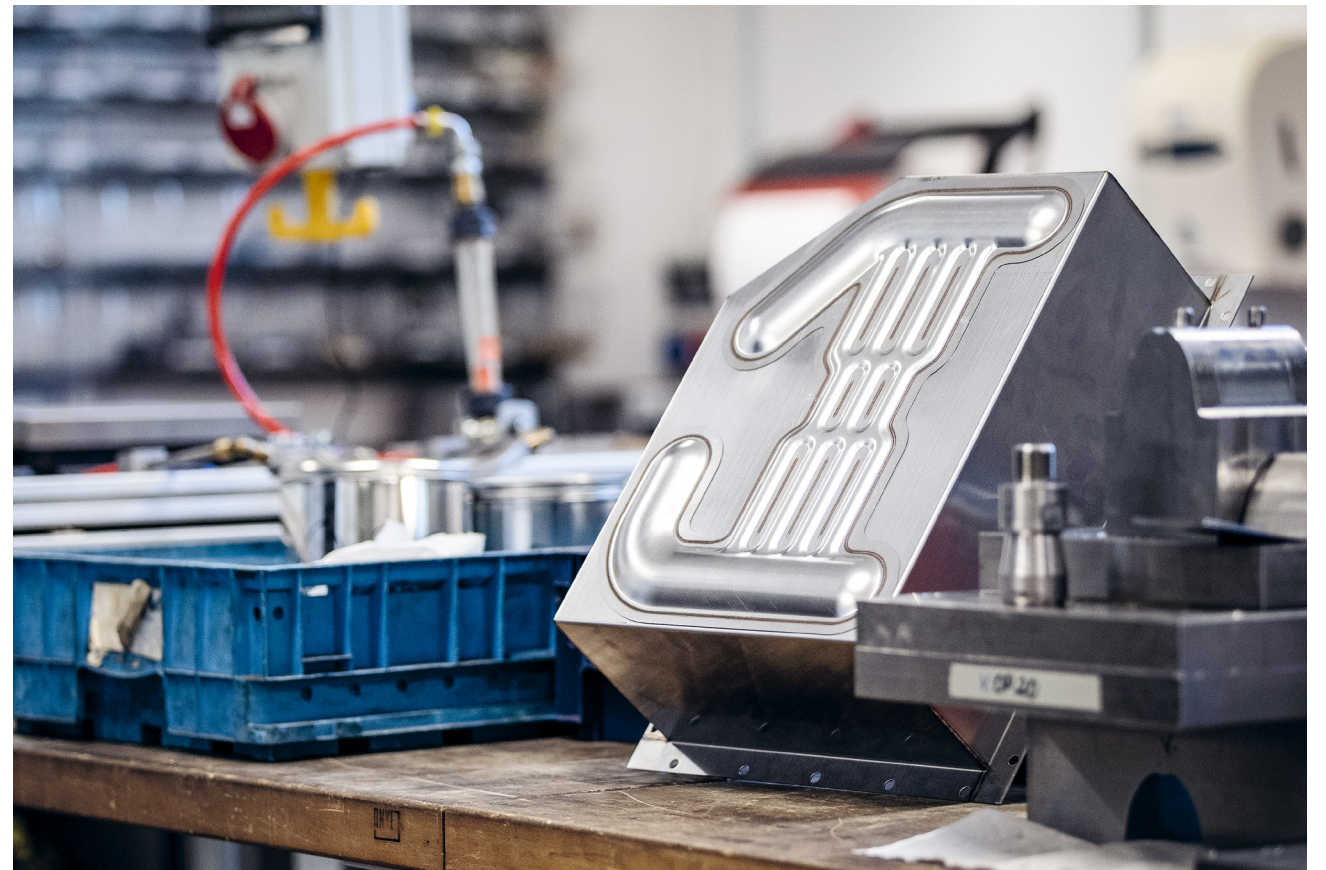
스테인리스강 용접 공정의 성공은 부세와 그의 팀이 알루미늄을 다시 한번 살펴보도록 했습니다. “우리는 새로운 스테인리스강 배터리 하우징에 대한 개념을 기밀 표준에 대한 알루미늄 레이저 용접에도 사용할 수 있음을 직감했습니다. 이를 통해 추가적으로 무게를 줄일 수 있으며, 알루미늄은 전기차 제작, 특히 우리의 고객 사이에서 인기가 높은 소재였습니다. 그래서 한 번 해보자는 생각이 들었습니다.”

**연락처:** Benteler Automobiltechnik GmbH, 크리스티안 부세(Christian Buse), 구조적 기술 R&D 팀 리더.  
전화: +49 5254 81 - 303245; christian.buse@benteler.com

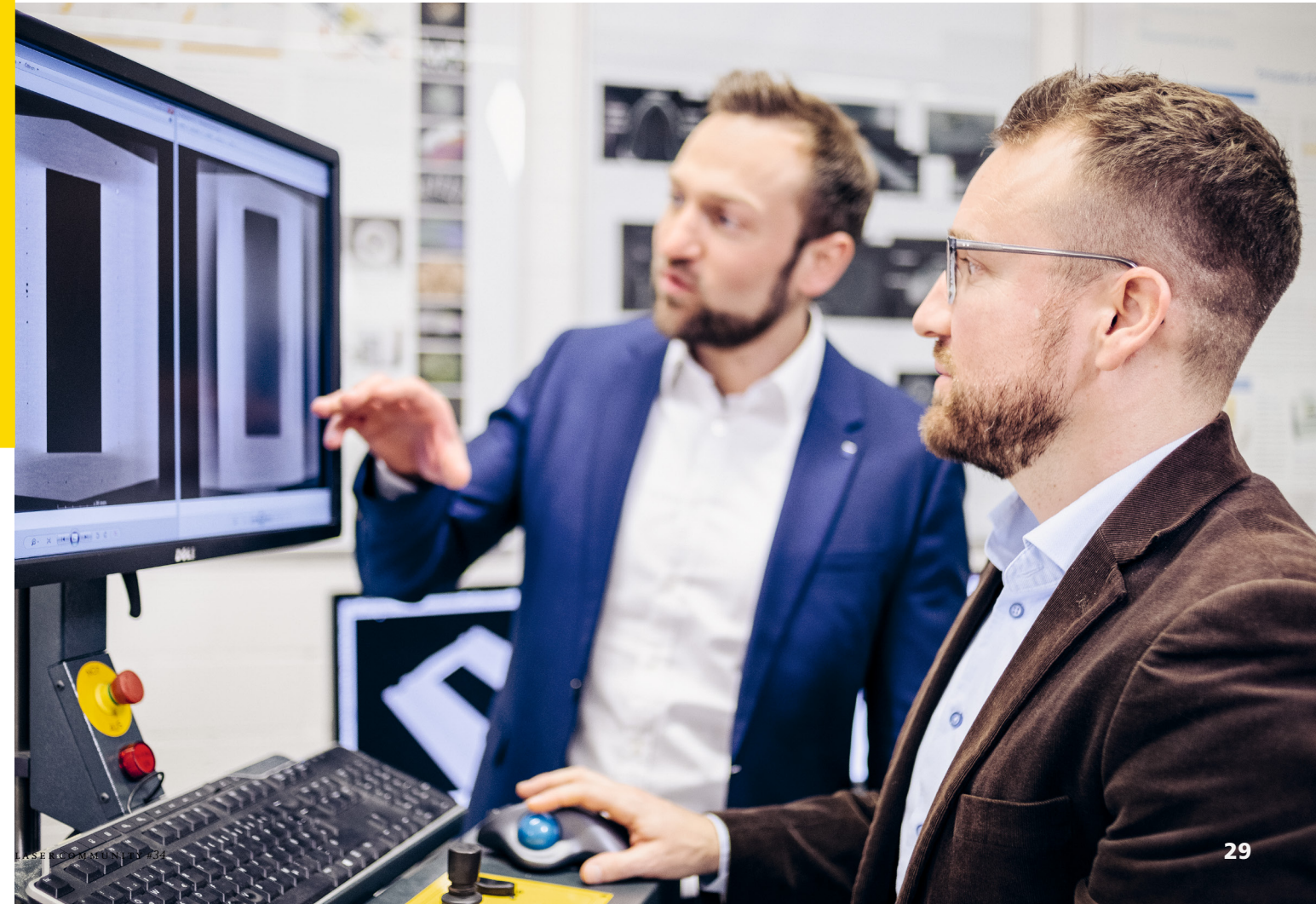
**알루미늄으로 도전!** 부세는 다시 TRUMPF에 연락을 취했습니다. 하지만 이번에는 고속으로 기밀 이음새를 제공하는데 BrightLine Weld보다 많은 시간이 걸렸습니다. 부세의 팀은 키폴을 좀 더 오래 열어두면 오염물질이 기화하여 빠져나갈 수 있는 충분한 시간을 제공할 수 있다고 생각했습니다. 또한 알루미늄으로 용접을 할 때마다 문제가 되었던 증기 배출 채널이 붕괴하여 기공이 형성되거나 가스가 채워지는 것을 막을 수 있었습니다.

이 문제를 해결하기 위하여 TRUMPF의 엔지니어들은 레이저 빔을 4개의 스폿으로 분할하는 새로운 다초점 시스템을 구축했습니다. 먼저 BrightLine Weld가 링과 코어 사이에서 빔을 분할하는데, 스테인리스강으로 이 공정을 보다 빠르게 만들었습니다. 다음으로 다초점 광학장치가 링 코어 빔을 4개의 스폿으로 분할하고 모두 용접 풀에 위치하도록 배치합니다. 이렇게 하면 키폴이 열린 상태로 유지됩니다. 마지막 불순물을 제거하기 위하여, 레이저가 몇 가지 다른 매개변수를 기반으로 또 다른 통로를 만듭니다. 이를 통해 구멍이나 개재물이 없는, 따라서 기밀 상태인 용접이 형성됩니다.

부세와 그의 팀은 자신들의 행운을 믿을 수가 없었습니다. 그들은 안전을 위하여 일련의 검사를 진행했습니다. 결과는 명확했습니다. 그들이 알루미늄으로 레이저 용접 기밀 이음새를 위한 고속 공정을 개발한 것입니다. “이제 배터리 하우징을 두 가지 우수한 공정으로 강철과 알루미늄에 대해 용접할 수 있습니다”라고 부세는 말합니다. “어느 쪽이든 우리는 준비가 되어 있습니다!” ■



**위:** 스테인리스강 배터리 하우징에 대한 새로운 레이저 용접 접근방식이 매우 효과적이어서 벤틀러는 다루기 힘들지만, 시장에서 입지를 구축하고 있는 알루미늄에 대해서도 이를 시도해보기로 결정했습니다.  
**아래:** 다소 수정된 알루미늄 공정을 부세(우측)가 비판적인 시선으로 살펴보고 있습니다.



Stefan Hobmaier, Daniel Goldhahn | Fotogloria



## 파리처럼 윙윙

획기적인 혁신 - 새로운 버즈워드가  
우리의 삶을 변화시킬 수 있을까요?  
하지만 레이저로 해결할 수 없는 몇 가지 문제가 있습니다.

2007년 1월, 샌프란시스코: 스티브 잡스가 무대에 올라 세상에 처음으로 아이폰을 선보였습니다. 이는 현대 스마트폰의 탄생이자 키패드 휴대폰의 종말이었습니다. 획기적인 혁신? 그렇습니다!

SF 소설에는 획기적 발명품이 가득합니다. 제가 좋아하는 것 중 하나가 순간이동입니다. 버튼 하나만 눌러서 슈투트가르트에서 뉴욕까지 공간을 넘나들지 않고 바로 이동할 수 있다면 얼마나 멋진가요? 비행기나 기차, 자동차가 더 이상 필요하지 않은 세상! 그야말로 획기적인 혁신입니다.

하지만 안드레 델람브레(André Delambre)가 몸소 확인한 바와 같이, 순간이동은 쉽지 않은 문제입니다. 1957년 플레이보이 잡지에 처음 소개되었던 단편소설 “플라이(The Fly)”에서 작가 조지 랭겔런(George Langelaan)은 연구 과학자 델람브레의 공간이동 시험을 묘사하고 있습니다. 수많은 실패를 거듭한 끝에 성공을 거두자 그가 직접 실험에 자원했고 이는 치명적인 결과로 이어집니다. 실험 도중 파리한 마리가 그와 함께 송신기 포트에 들어가게 된 것입니다. 그 결과 두 개의 하이브리드, 즉 파리의 머리를 가진 인간과 인간의 몸을 가진 파리가 생겨납니다.

이 과정을 되돌리기 위한 시도에서 파리 머리를 가진 생

명체가 이전 실험의 송신기 포트에서 사라졌던 고양이과의 일부 속성을 얻기도 합니다. 결국 델람브레의 아내는 유압 프레스를 이용하여 이 기형적인 과학자를 죽일 수밖에 없었습니다. 파리로 처음에는 탈출했으나 두 개의 돌 사이에 끼어 죽습니다. 다행스럽게도 이는 SF 소설 속 이야기입니다.

현재 레이저 기술을 기반으로 이 문제에 대한 솔루션을 연구하는 일부 연구소가 존재합니다. 하지만 순간이동의 꿈은 여전히 SF 소설 속 이야기에 불과합니다. 델람브레의 운명을 생각해보면 그래야 하는지도 모릅니다.

스티브 잡스가 레이저를 좋아했는지는 모르겠지만 그가 이 잡지를 읽었다면 그랬을 것이라고 확신합니다. TRUMPF의 새로운 개발이 SF 소설처럼 들릴 수도 있겠지만, 깨지지 않는 스마트폰 디스플레이를 만드는 혁신적 과정(22 페이지) 등도 획기적인 기술의 전형적인 예라고 할 수 있습니다. 정말 놀랍지 않나요?

잡지도 획기적 이벤트의 대상이 될 수 있습니다. 이번이 *Laser Community*의 마지막 “POP” 칼럼입니다. 하지만 빛의 속도보다 빠르게 다른 은하로 발사하면 새로운 콘텐츠를 위한 공간이 생길지도 모릅니다. ■



이제까지 아타나시오스 칼리우디스(Athanassios Kaliudis)가 *Laser Community*의 편집장으로서 대중문화에서 레이저의 역할에 대한 글을 기고했습니다. 이 글이 그의 마지막 칼럼입니다.

→ 향후에  
여기에서  
어떤 주제에 대한  
글을 읽고싶으세요?  
저희에게 알려주세요.  
media@trumpf.com

Gernot Walter

Adobe Stock | George Doljikh

# 레이저는 어디에?

**테이크아웃 커피:** 거래 인증번호 및 이중 인증, 개인 비밀번호와 같은 다양한 프로토콜을 통해 안전하게 휴대폰 결제를 합니다. 하지만 단순히 카페라떼 한 잔을 결제하는 경우라면 이것조차 불편할 수 있습니다. 그렇다면 항상 우리와 함께 있는 것, 예를 들어 얼굴로 거래를 인증하는 것이 훨씬 쉽지 않을까요? 하지만 이를 위해서는 휴대폰 디스플레이 아래에 보이지 않게 배열된 레이저 다이오드가 필요합니다. 이 다이오드가 얼굴에 수십 개의 레이저 광선을 비추고, 고유의 형태를 포착하는 3D 그리드를 만들고, 이 정보를 휴대폰 칩으로 전송합니다. 하지만 어떻게 이 기술을 대량 생산에 적용할 수 있을까요? 어렵지 않습니다. 바로 레이저 다이오드를 칩에 직접 올리고 반도체 소재에 렌즈와 광학을 통합하는 것입니다. 다시 말하면, 시력에 무해한 ViBO (VCSEL with integrated Backside Optics)를 사용하는 것입니다. 또한 이 시스템은 사실상 전력을 소비하지 않으므로 커피를 즐길 수 있는 돈과 시간이 더 많이 생깁니다. ■



## 일 킬로미터

지구의 표면과 지구의 대기를 분리하는 대기 경계층의 평균 높이는 1km입니다. ESA는 남극의 콩코디아 연구소에서 두개의 LIDAR(light-detection and ranging) 장비를 사용하여 이 경계층의 바람 및 에어로졸, 구름을 조사하고 있습니다. 겨울에는 펄스 레이저가 5분에 한 번씩 60초 동안 밤하늘을 향하여 수직으로 발사됩니다. 그린레이저의 빛은 경계층의 입자에 의해 반사되고 센서가 산란광을 감지합니다. 이 데이터는 남극의 기후 및 기후변화에 대한 단서를 제공합니다.

**TRUMPF**

**LASER COMMUNITY. 35호**는 2022년 가을에 출간됩니다.  
지금 구독하여 최신 이슈를 받아보세요. [trumpf.com/s/lc-abo](https://trumpf.com/s/lc-abo)