

3D 금속 프린팅 공정 실시간 모니터링하는 CLAMIR 시스템

엘모트레이딩
www.elmotrade.co.kr

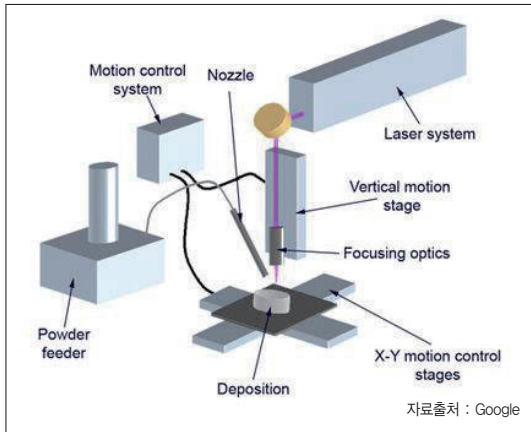


그림 1. 전형적인 3D Metal Printing 공정의 구조

NIT Europe, Spain은 다양한 산업현장에 적용되는 초고속 열화상 카메라를 개발, 제조하는 업체로 핵심기술인 증적외선 초고속 열화상 카메라와 그 동안의 축적된 노하우를 기반으로 최근 3D 프린팅 공정을 실시간 모니터링, 컨트롤하는 CLAMIR 시스템을 라운칭하였다.

본고에서는 NIT Europe의 3D 프린팅 공정을 실시간 모니터링, 자동 컨트롤하는 CLAMIR 시스템에 대하여 소개하고자 한다.

시스템의 핵심과 구성

CLAMIR 시스템이 적용되는 대표적인 공정들은 △AM Cladding 공정(Metal Additive Manufacturing systems) △LMD 공정(Laser metal deposition) △금속 3D Printing 공정 △기타 laser process control 공정 등이다.

이 시스템은 NIT의 초고속 열화상 카메라, 초당 1,000개의 열화상, 픽셀당 열에너지값을 수집한다. 스캔속도는 1,000frame/second, 측정할 수 있는 온도범위는 100~2500℃이다. 시스템이 수집, 연산한 데이터로 실시간 자동으로 Laser power를 컨트롤하여 원하는 Melt pool의 폭과 온도 등의 공정파라미터들을 일정하게 유지할 수 있다. 시스템이 실시간 모니터링하여 수집, 연산하는 파라미터들은 △Melt pool 온도의 최고값과 평균온도값 △Melt pool의 열적(熱的)변화와 특성 △Melt pool에 대한 열등고선과 면적, 길이, 폭 등이다.

CLAMIR 시스템은 핵심하드웨어인 열화상 카메라, 수집한 데이터를 실시간 수집, 연산하는 처리 회로, Laser power를 실시간 연동(Loop control)

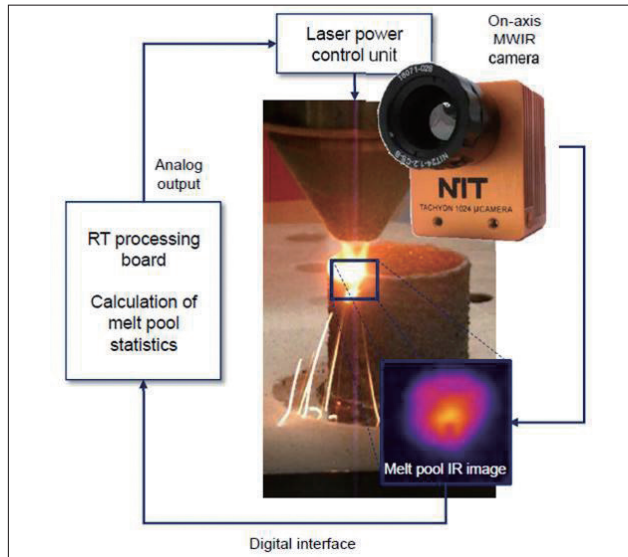


그림 2. 3D 프린팅을 실시간 모니터링, 컨트롤하는 시스템의 구성

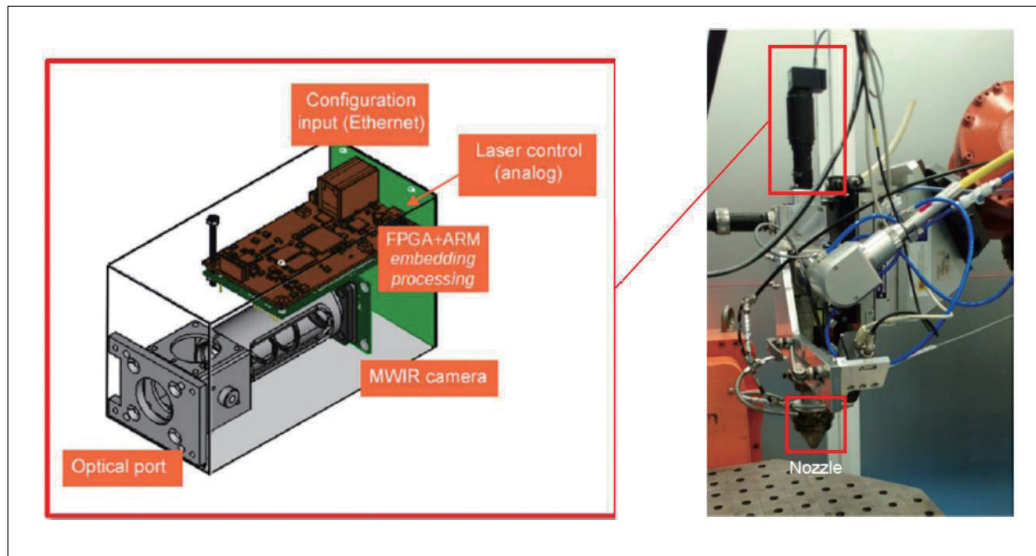


그림 3. 시스템의 핵심인 열화상 카메라는 Laser head의 동축방향(同軸-, Co-axial)으로 설치, 결합된다.

할 수 있는 Analog output(0~10Voltage)과 운영 소프트웨어가 설치된 Host PC와의 통신을 위한 Digital interface 등으로 구성되어 있다(그림 2).

솔루션의 기대효과와 적용사례

3D 프린팅 공정과 레이저 프로세스 컨트롤 (Laser process control) 공정에서 Melt pool의 폭과 공정온도를 실시간으로 모니터링하여 Laser

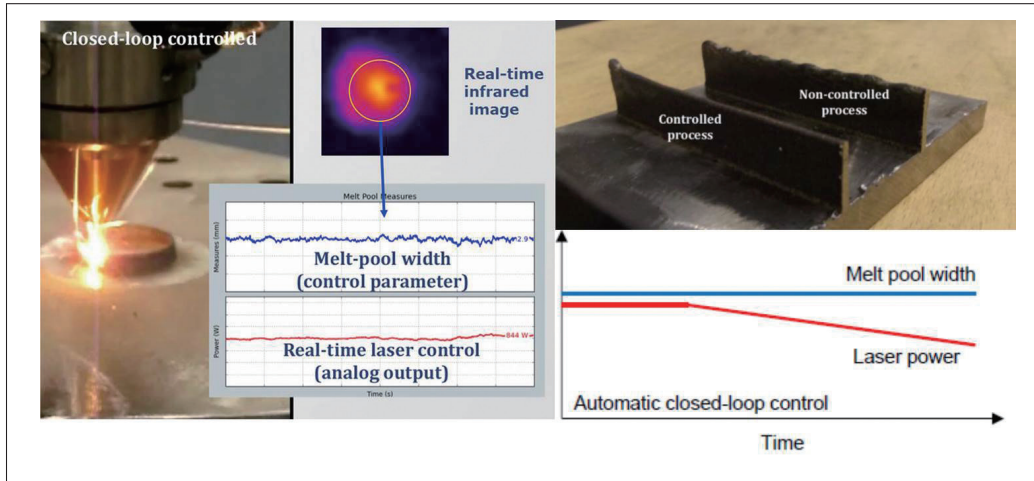


그림 4. 시스템은 Melt pool의 폭을 포함한 공정의 여러 파라미터들을 실시간 수집, 연산하여 자동으로 laser power를 조절한다.

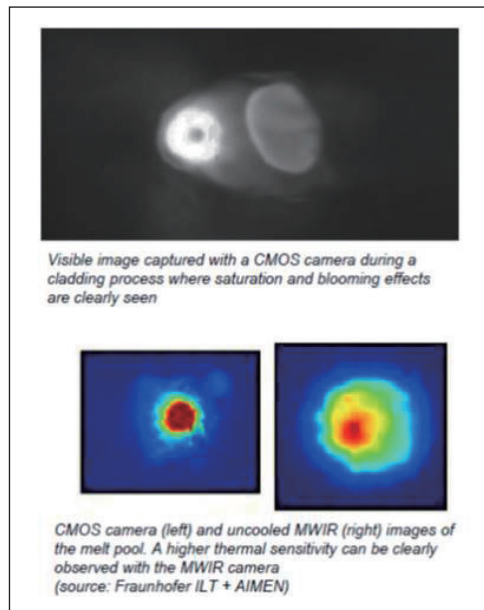


그림 5. NIT의 중적외선 카메라(아래 오른쪽) vs 기존의 CMOS 카메라(아래 왼쪽)

power를 실시간 Loop control한다. 이로써 공정에서 발생할 수 있는 결함들이 감소하여 시간과 경비, 유지보수비용 등을 절약할 수 있다. 실제 적용사례에서 살필 수 있는 특징점은 다음과 같다.

(1) 3D 프린팅공정의 결함 발생 방지

3D 프린팅공정에서 변함없이 일정한 Laser power는 불안정한 cladding 공정과 컨트롤되지 않은 Heat input으로 tube 끝의 과열과 불균일한 coating을 초래할 수 있다. NIT의 솔루션은 일관된 레이어(Layer)층들, 일관된 wall

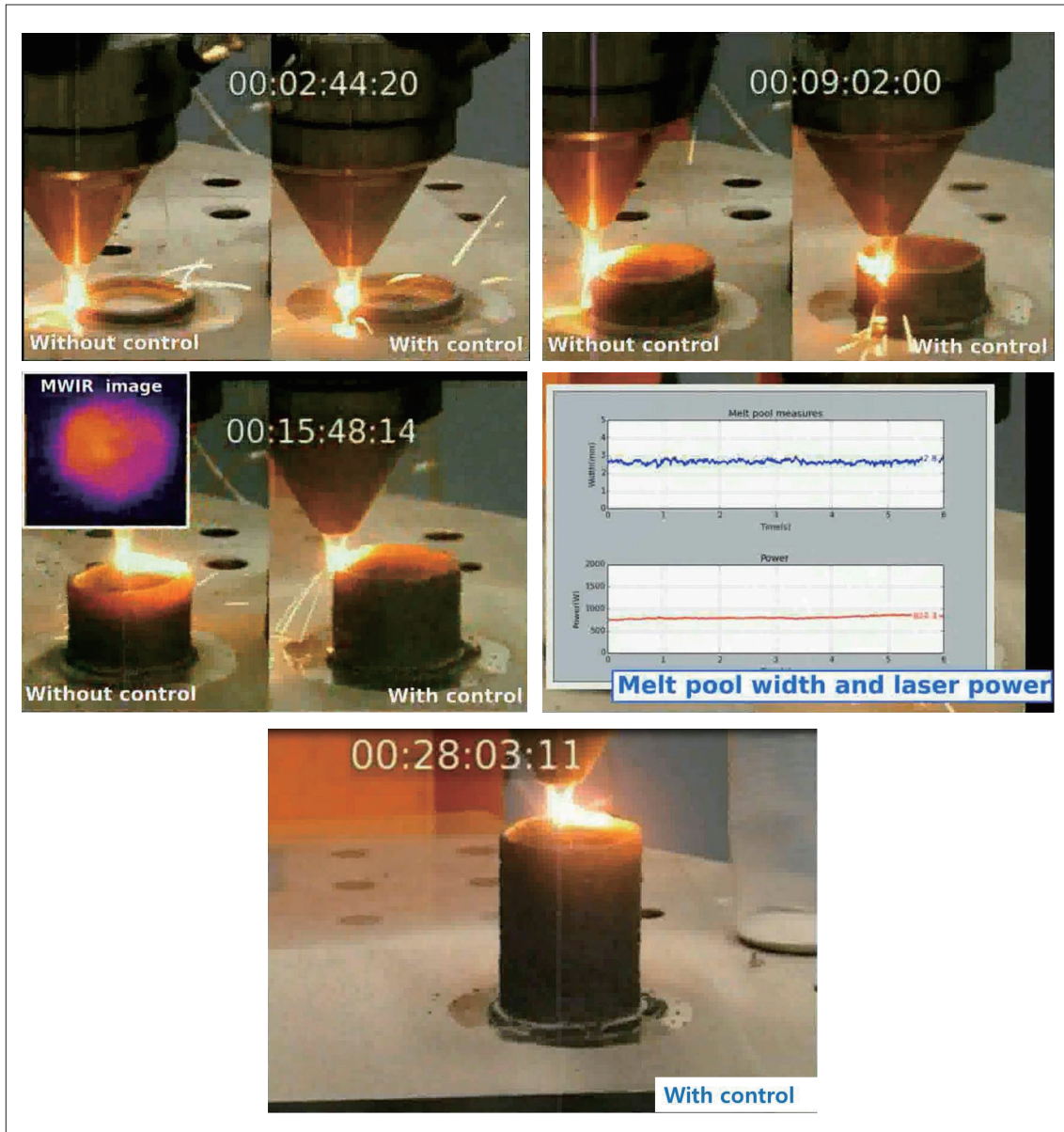


그림 6. CLAMIR 시스템의 레이저 콘트롤에 의해 레이어가 결함 없이 적층되는 단계(동영상 캡처)

thickness와 base plate로 부터 낮은 박리(Lower delamination)를 구축해 결함발생을 방지한다.

(2) 공정에 최적화된 NIT의 중적외선 카메라 적용
Laser control 공정에서 가시광선영역을 감지하는 CMOS 카메라는 단지 이미지형상만으로 모

니터링해서 열의 강도와 분포를 알 수 없다. 이에 반해 NIT의 중적외선 열화상 카메라는 열의 분포와 유동(流動)을 정확하게 모니터링할 수 있다.

또한 CMOS 카메라는 900℃ 이상의 열을 감지하지 못하지만 NIT의 중적외선 카메라는

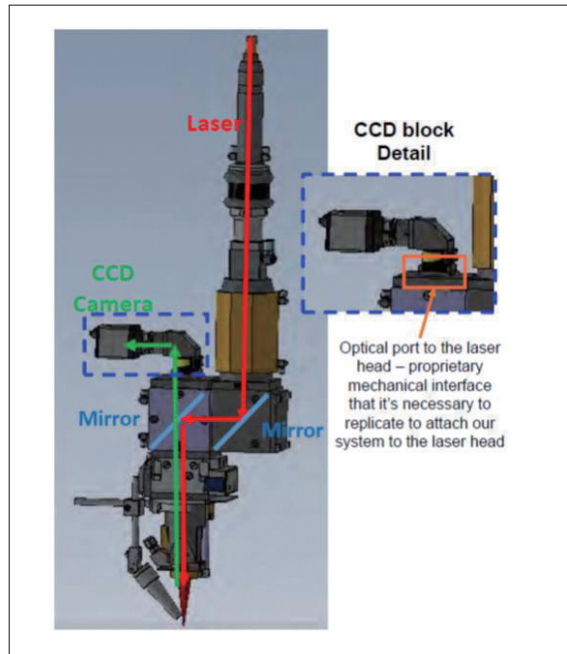


그림 7. CLAMIR의 설치를 위해서 점선으로 표시한 부분을 제거한다. CCD 카메라와 CLAMIR시스템 모두 사용하는 하이브리드(Hybrid) 방법도 검토될 수 있다.

100~2,500℃의 열을 감지한다. CMOS 카메라가 강한 Laser에 의해 악영향을 받아서 Saturation이나 Blooming effect와 같은 현상이 나타나지만 (단면적이 커지고 이미지가 흐려지거나 초점이 맞지 않는다) 매우 높은 해상도를 갖는 CMOS 카메라는 Laser power를 실시간으로 컨트롤하는데 큰 의미가 없다.

(3) 광범위한 온도 감지와 빠른 반응속도로 데이터 수집

〈그림 6〉은 동일한 공정조건에서 NIT 솔루션을 적용했을 때(With control)와 적용하지 않은 상태들(Without control)을 시간진행에 따라서 보여준다. CLAMIR 시스템의 Laser control에 의해 Layer가 결함없이 적층되는 단계들을 보여준다.

NIT 솔루션에 적용된 중적외선 카메라는 100~2,500℃의 광범위한 온도를 감지할 수 있

며, 1,000frame/sec의 초고속 데이터 수집과 빠른 반응속도로 공백없이 데이터를 수집한다. 또한 Zero-defect 생산량을 Full production으로 높일 수 있다.

기계적인 설치와 소프트웨어 환경 설정

(1) 기계적인 설치

CLAMIR 설치는 Laser head의 동축방향(同軸方向, Co-axial)으로 설치, 결합한다. 이는 고객의 3D 프린터의 광학시스템에 결합이 용이하다. CLAMIR 설치를 위해서는 파란 점선으로 표시된 기존 카메라 시스템부분을 제거해야 한다. 대부분 CCD Camera를 위한 BK7 렌즈가 설치되어 있는데 적외선을 투과하지 못하므로 제거하는 것이다. 통상적으로 Laser의 초점을 맞추기 위한 추가렌즈(Mirror, 노즐에 더 가까운 쪽의 렌즈) 쪽에 설

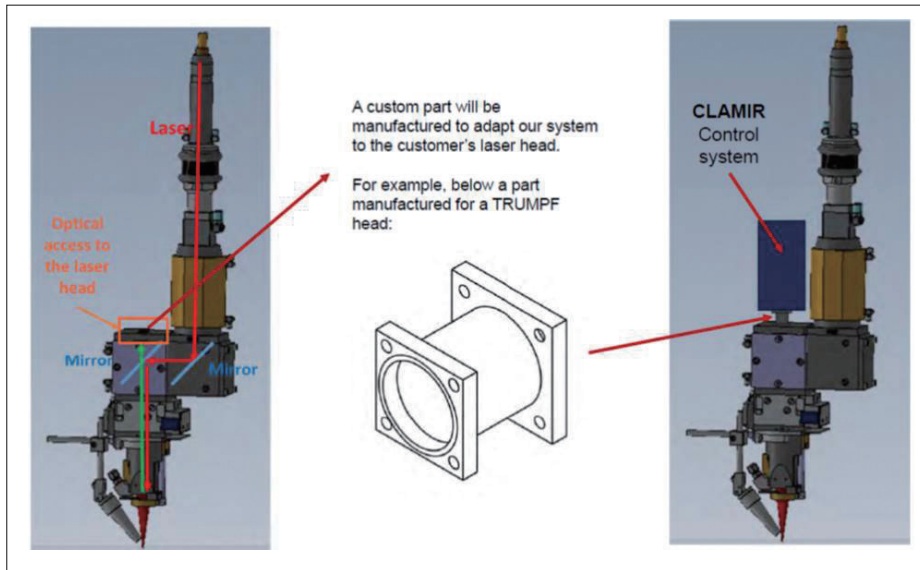


그림 8. 기계적인 연결부분의 제작. 한 쪽은 Laser head에, 반대 쪽은 CLAMIR 시스템의 하드웨어에 맞도록 디자인된다.

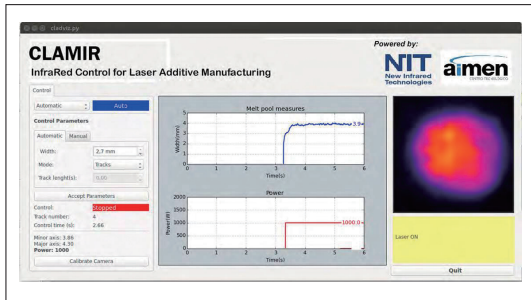


그림 9. CLAMIR의 운영 소프트웨어 메인 화면

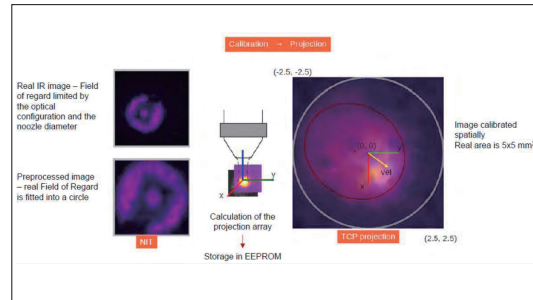


그림 10. 광학적인 보정작업

치해서 열화상을 수집한다.

기계적인 인터페이스는 고객의 Optical port에 맞도록 NIT에서 디자인, 공급한다(그림 8 중앙).

(2) CLAMIR 시스템 소프트웨어 환경

- 사용환경 : 프로세서 유형 i5 이상, Windows 7 이상, 8GB RAM 권장
- 실시간 디스플레이되는 파라미터들 : Melt pool의 폭, laser power(Curves), 2차원 열화상에 의한 열적인 유동상태

- Configuration 파일에서 설정, 저장되는 파라미터들
 - Closed-loop control parameters: K_p , K_i , K_d .(PID filter)
 - Laser power 의 최고값과 최소값 설정
 - Default laser power
 - CLAMIR이 전송하는 Analog output value(0-10V)를 laser power의 Span(0-Max)과 동기화(in Watts). 예) 0V일 때

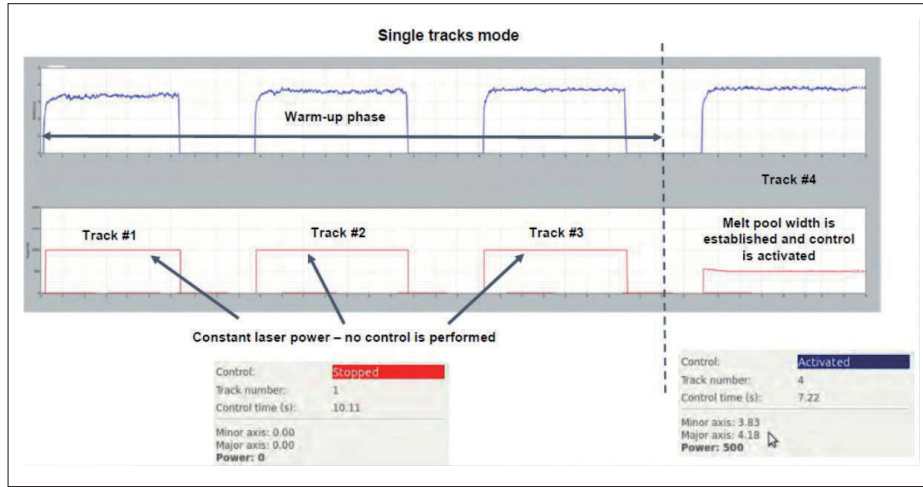


그림 11. CLAMIR 시스템의 소프트웨어 실행 화면

최소 Laser power(Watt), 10V일 때 최고 Laser power(Watt)

(3) Spatial calibration ; 광학적인 보정작업

광학적으로 보정작업을 하는 이유는 픽셀 단위의 면적을 실제 mm² 단위의 면적으로 동기화하기 위해서다. CLAMIR에 내장된 열화상 카메라의 렌즈와 별개로, 레이저 헤드는 자체 광학 시스템 렌즈를 가지고 있으므로, 이 광학 시스템의 렌즈와 열화상 카메라의 렌즈의 조합으로 최종 배율을 부여한다.

(4) 소프트웨어 실행

시스템의 Warm-up 단계가 끝나면서 소프트웨어는 Melt pool의 Dimension을 실시간으로 모니터링, 반영한다. 동시에 시스템은 이제 Laser power를 자동으로 컨트롤한다. 이제 실시간으로 Melt pool의 크기(타원의 가로축, 세로축 길이로

표시)를 디스플레이 한다. 컨트롤 되고 있는(변하고 있는) Laser power, Track 번호, 시간 등이 디스플레이 된다.

맺는말

NIT Europe의 3D 프린팅 모니터링, 컨트롤 시스템은 연구소 내 또는 생산공정에 있는 3D 프린팅 공정에서 Melt pool에 대한 여러 파라미터들을 초고속으로 수집, 연산하여 공정진행 중 발생할 수 있는 결함을 제거하여 생산성을 높이고 경비절감을 극대화할 수 있다.

앞으로 계속 증가할 국내 금속 3D 프린팅 공정들에 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

문의 : 070)8806-3039