

## 3D 프린팅 기술 접목 항공부품의 인증 제안

박태진<sup>1</sup>, 최정호<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경남대학교 기계융합공학과 박사과정, <sup>2</sup>경남대학교 기계공학부 교수

### Certification Proposal for 3D Printing Technology Integrated Aviation Parts

Tae-Jin Park<sup>1</sup>, Jeong-Ho Choi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Doctoral Course, School of Mechanical Engineering, Kyungnam University

<sup>2</sup>Professor, School of Mechanical Engineering, Kyungnam University

**요약** 본 연구는 3D 프린팅을 통해 제작된 항공부품 인증에 관한 제안을 하고자 한다. 현재 다양한 산업군에서 여러 방식의 3D 프린터가 활용되고 있다. 그 중 항공분야에서도 무인기나 항공부품 제작을 위하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나, 현재의 3D 프린터 기술 수준 및 이를 활용한 항공부품 적용 등에는 많은 문제점들 및 관련 감항 인증 기준이 미흡한 상태이다. 또한, 적합성과 합치성에 대한 명확한 인증 기준은 제시된 것이 드물다. 따라서, 항공부품으로 적용하기 위한 3D 프린팅 장비의 인증 관련 사항들을 제안하고자 한다. 앞으로 3D 프린팅 장비의 정밀도 향상 및 불량률 저하, 축 처짐 문제, 베드 레벨링 문제 등이 해결될 것으로 기대되고, 이에 대한 인증기준이 명확하게 정립되기를 바란다. 그리고, 3D 프린팅 기술을 적용한 항공부품의 신뢰성이 향상되기를 바라고, 관련 인증 기준들이 더욱 발전되기를 바란다.

**주제어** : 3D 프린터, 항공 부품, 정밀, 광학, 감항인증, 합치성

**Abstract** This study would like to propose a certification of aviation components manufactured through 3D printing. Currently, many types of 3D printers are being used in various industries. Among them, a lot of research is being done in the aviation sector to manufacture drones and aviation components. However, the current level of 3D printer technology and the application of aviation components using it are lacking in many problems and related airworthiness certification standards. Furthermore, clear certification criteria for conformity and coherence are rarely presented. Therefore, we would like to propose matters related to certification of 3D printed equipment for application as aviation components. It is expected that 3D printing equipment will improve precision, reduce defect rate, sagging problem, and bed leveling problem will be solved in the future, and certification standards will be clearly established. In addition, we hope that the reliability of aviation components applied with 3D printing technology will be improved and the relevant certification standards will be further developed.

**Key Words** : 3D print, Aviation parts, Precision equipment, Optics, Airworthiness, Compliance

#### 1. 서론

현재 3D 프린터 및 장비 등은 많은 사람들에게 관심을 받고 있으며 여러 분야에서 응용되고 있다. 그 중 산업체에서 여러 가지 연구 및 시제품 제작을 위해 사용되고

있으며, 항공분야에서도 무인항공기 및 항공부품 개발 분야 등에서 연구가 지속되고 있다[1-3].

Fig. 1과 같은 1m 급 이상의 대형 3D 프린터의 장비 제조 정밀도를 향상시키기 위해서는 노즐부를 지탱하고

\*Corresponding Author : Jeong-Ho Choi(choicaf@gmail.com)

Received August 14, 2021

Accepted December 20, 2021

Revised September 14, 2021

Published December 28, 2021

있는 축 구조물의 처짐 문제와 베드 레벨링 문제를 해결해야한다. 베드 레벨링 문제를 해결하기 위한 장치는 9 포인트 인식장치와 근접센서를 사용하고 있으며 시간적인 부분과 정밀도가 낮은 단점이 있다. 기존 축 처짐 문제를 해결할 수 있는 장비로는 레이저 간섭계가 있으며 공작 기계의 축 보정에 사용되는 이 레이저 간섭계는 초정밀 측정이 가능하지만 실시간으로 측정할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 대형 3D 프린터에 장착된 노즐의 실시간 진직도 측정 장치와 베드 레벨링에 사용할 수 있는 맞춤형 측정 시스템 개발이 필요하다. 이러한 기술들을 항공 부품 생산에 접목을 하는 경우, 정확하게 명시된 인증 기준이 미흡하고 모호한 현실이기도 하다.

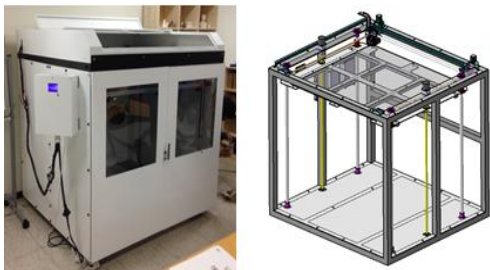


Fig. 1. Develop 3D printers of 1 meter or higher [8]

앞으로 가까운 미래에는 플라잉 카, UAM(Urban Air Mobility), UTM(UAS Traffic Management), PAV(Personal Air Vehicle), 등의 신기술 및 드론 등이 주도적으로 항공 기술을 이끌어 갈 것으로 예상되므로, 빠른 시일 내에 3D 프린팅 기술을 적용한 항공용 부품에 대한 인증 기준을 정립해야 할 것으로 생각된다[4-7].

따라서, 본 논문은 3D 프린팅 기술에 대한 문제점들 및 국내 인증관련 사항들을 제시하고자 한다.

## 2. 항공부품 인증규정 및 절차

항공기 인증이란 항공기의 항행안전성을 확보하기 위하여 설계 생산, 운용의 전 과정에서 비행안전성 요구 사항에 대한 적합성을 기술적으로 판단하고 평가하는 것을 말한다. 항공기 부품으로는 기술표준품을 제외한 구성요소나 기술표준품을 구성하는 부품이 있다.

인증개요는 각 품목에 따른 형식, 설계 승인, 제작증명, 생산승인이 필요하다[9]. 이후 감항증명을 통해 인증이 진행된다. 이때 감항 증명이란 각각의 항공기가 승인된 형식설계와 일치하고 안전한 작동 상태에 있음 등을

평가하는 것이다. 감항 기준은 각국 정부가 항공기의 안전성과 신뢰성의 확보를 보장하기 위하여 항공기의 성능, 강도 및 구조의 특성, 장비의 정도 등에 대하여 기준을 잡고 항공기가 안전성을 확보하여 항행하는데 요구되는 최소한의 기술 기준을 감항 기준이라 한다.

국내 항공기, 엔진, 프로펠러 및 부품에 대한 항공기 인증은 형식증명, 부가형식증명, 기술표준품 형식 승인, 부품등제작자증명, 제작 증명이 있으며 수입 항공기, 엔진, 프로펠러 및 부품에 대한 항공기 인증으로는 형식증명 승인이 있다[9]. 부품인증을 위해서 부품등제작자증명이 필요하며 이는 항공기, 엔진, 프로펠러의 형식설계에 해당되는 장비품 또는 부품을 제작하려는 자에 대하여 개조 및 교환 품목의 설계 및 생산 승인을 의미한다. 부품 등제작자증명을 소지한 사람은 형식증명 항공기, 엔진, 프로펠러에 장착을 목적으로 해당 품목을 제작하여 판매 가능하다[9-15].

항공 부품등제작자 증명을 위해서는 부품등 제작자 증명 인증절차가 필요하다[16]. 3D 프린팅을 통해 항공 부품을 제작하기 위해서는 위와 같은 부품 인증절차와 비슷한 출력 장비의 인증절차가 필요하다. 인증을 위해서 정밀도를 향상시킨 3D 프린터 개발이 우선적으로 선행되어야 할 것으로 여겨지나, 인증절차에 대한 핵심사항은 미리 결정되어 큰 틀을 구성해 놓아야 한다고 생각된다.

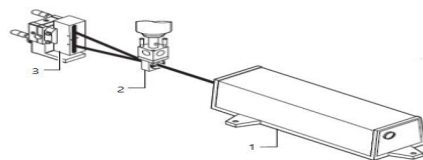


Fig. 2. The principle of authenticity [8,17]

## 3. 제품 향상을 위한 보정장치 측정원리

### 3.1 레이저 간섭계

기존 진직도 측정방법은 고가의 레이저 간섭계를 이용하여 측정하였다. 측정 원리로는 Fig. 2와 같은 원리이며 레이저에서 출력된 광이 축의 스피indle에 장착되어 있는 간섭계를 지나면서 2개의 광으로 분리가 된다. 분리된 광은 뒤면에 고정되어 있는 거울에 반사되어 다시 간섭계를 지나 레이저로 돌아오게 된다. 이때 출력된 빛의 량과 돌아온 빛의 량의 차이를 통해 간섭을 통한 임계 변위를  $\mu$ 단위로 파악이 가능하다. 하지만 기존 측정

장치는 1억 원 이상의 고가의 장비이며 실시간 측정이 어렵다.

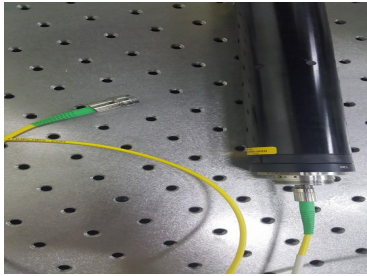


Fig. 3. Parallel light emitting system using fiber optic and collimating lenses [8,17,18]

기존 방식의 문제점을 해결하기 위해 CCD 카메라를 이용한 실시간 임계 변위 모니터링이 가능한 측정센서를 사용하면 부품 비용 절감이라는 경제적 이점이 생기게 된다. 이 방식은 이미지 센서를 이용한 측정 장치를 이용하여 평행광 발생일 가능한 레이저가 필요하다[3]. 그래서 우리는 평행광을 발산하기 위하여 평행광 발산이 어려운 반도체레이저와 콜리메이팅렌즈를 접목시켜 Fig. 3와 같은 평행광 발생 광원부 장비를 제작하였다. 이 평행광 발생 광원부를 통해 평행광을 만들어 CCD카메라로 구성된 촬영장비에 평행광을 발산하여 측정이 이루어진다 [4]. 측정원리로는 평행광 발산 레이저를 이용하여 평행광을 CCD카메라의 렌즈 중심으로 발산하고 광원의 중심 위치 변화량을 바탕으로 Fig. 4과 같이 픽셀의 움직임 변화량을 계산할 수 있어 실시간으로 3차원 왜곡을 감지할 수 있게 된다.

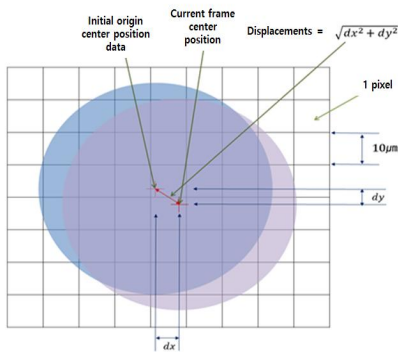


Fig. 4. Principle of calculating the positional displacement of the image sensor [18]

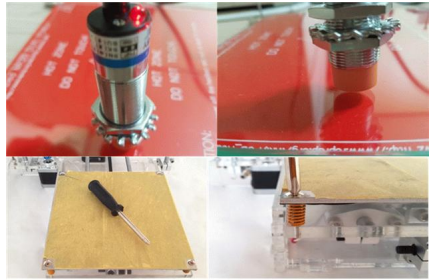


Fig. 5. Manual Leveling Unit[8]

### 3.2 베드 레벨링 장치

기존 FDM 방식 3D 프린터의 레벨링 방식은 수동방식과 자동방식 2가지가 있습니다. 우선 수동방식은 Fig. 5과 같이 엔드스톱 센서나 위치, 거리 센서를 이용하여 노즐과 베드사이의 거리를 측정하고 수동으로 베드의 레벨링을 조절하는 방식이다.



Fig. 6. Automatic Leveling System [8]

자동방식은 Fig. 6과 같이 베드의 9개의 포인트를 인식한 이후 레벨링 작업을 진행하는 방식이다. 현재 두 방식 같은 경우 레벨링 시간이 오래 걸리며 정밀도가 낮다. 이런 문제점을 해결하기 위해 기존의 베드 레벨링 방식과 달리 광학과 중력을 이용한 베드 레벨링 방식을 고안하였다. 이 방식은 베드 레벨링 작업을 단순화하고 빠르게 작업을 진행할 수 있다.

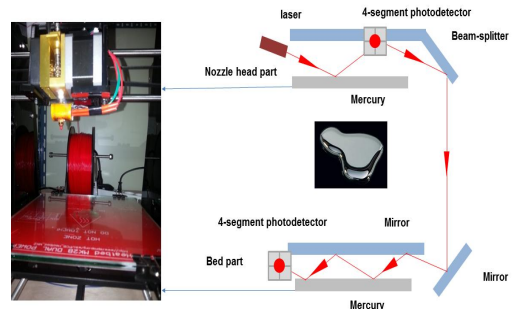


Fig. 7. Optical Horizontal Measuring Device Principles [8]

광학식 수평 조정 장치의 원리는 Fig. 7과 같으며 조정 순서는 다음과 같다. 첫째, 상단 장치에 설치된 레이저 광을 수은에 반사시킨다. 둘째, 수은에서 반사된 광은 빔스플리터를 통해 두 개의 광으로 나뉘게 된다. 셋째, 하나의 광은 상단 4분할 광 검출기로 위치하고 나머지 하나의 광은 하단 장치로 향한다. 넷째, 거울을 사용하여 상단 장치에서 나오는 빛을 다시 수은으로 반사시킨다. 다섯째, 수은에 반사된 빛은 하단의 4분할 광 검출기로 향한다. 여섯째, 2개의 4분할 광 검출기가 인식한 4분면의 빛 수치 총 8개의 수치값을 컴퓨터를 통해 확인하고 분석이 가능하다.

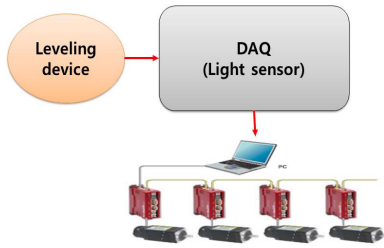


Fig. 8. Motor Control Principles [8]

Fig. 8의 원리로 분석한 수치값을 통해 베드의 수평 여부를 판단하고 수평이 아닐 시 모터제어 장치를 구동하여 베드 레벨링을 수정한다. 모터제어 장치의 구동 원리는 Fig. 8 와 같으며 베드 레벨링 측정 장치 분석을 통해 수평이 아닐시 베드의 4지점에 위치한 모터를 구동하여 베드 레벨링을 재조정하는 방식이다.

위의 두 가지 원리를 이용하여 기존 기술보다 정밀하고 정확한 3D 프린팅이 가능한 장비를 개발하여 항공 부품 출력이 가능하게 하고 실험을 통해 원리를 증명하고자 한다.

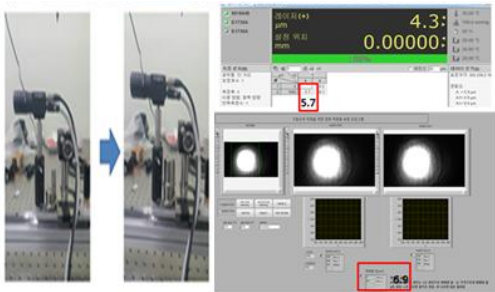


Fig. 9. Experimental equipment using image sensors [8]

## 4. 구동 실험

### 4.1 기존 레이저 간섭계와 이미지센서 수치 비교

레이저 간섭계와 이미지 센서를 사용하여 측정 장치에 물체를 놓고 임계 범위 값을 확인하였다. Fig. 9 와 같은 환경에서 레이저 간섭계와 이미지 센서를 이용한 측정 장치를 10회 이상 반복 측정을 진행하였다. 측정 결과 약 4 $\mu$ m 단위의 처짐량을 확인 가능하였다.

### 4.2 분할 광 검출기 수치 실험

4분할 광 검출 실험을 위해 Fig. 10와 같이 LabVIEW 프로그램을 구성하였다. 이 프로그램은 4분할 광 검출기에서 검출된 수치를 나타내고 모터를 구동할 수 있게 프로그램이 구성되어 있다.

두 실험을 통해 원리를 증명하고 항공 부품 출력을 위해 정밀도가 향상된다.

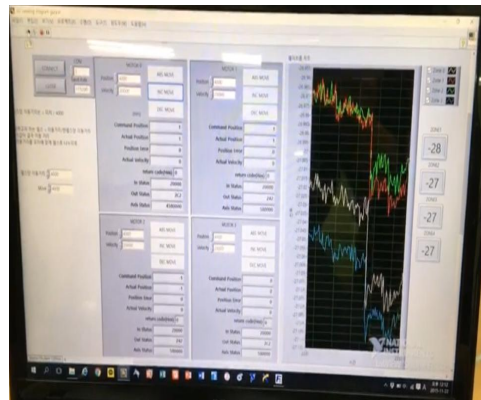


Fig. 10. Measurements with LabVIEW Program[8]

## 5. 항공인증 제안

항공 인증은 최근 들어 품질강화를 위해 초기 설계 단계부터 항공 기준에 맞게 진행되는지를 확인하는 철저한 관리를 요구하고 있는 상황이다. 더욱이 드론이나 무인 항공기, 플라잉 카 등 새로운 기술들이 빠른 속도로 발전을 해 나가는 상태이기도 하다. 이러한 보수적이고 강화된 항공 산업의 기준에 부합하기 위해 3D 프린팅 기술을 접목한 생산품에 대한 명확한 기준이 제시되어야 한다고 생각된다. 즉, 크게 항공부품은 기계, 전기/전자, 배관, 기타로 분류되어, 분류된 부분들에 맞게 군용규격, 상용규격, 회사 자체 규격 등으로 체계화를 이루어 문서,

도면, 규격 등에 대한 통합관리 PLM 시스템화로 유지관리를 하고 있다. 따라서, 항공용으로 적용하기 위한 3D 프린팅 기술에 대해서도 기존의 PLM(Product Lifecycle Management) 시스템과 ENOVIA (the Product Lifecycle Management software that enables your innovators to benefit from the true rewards of collaboration) 시스템 등을 적용한 통합 시스템 관리체제로 구성되어야 할 것이며, 각 분야별 기계, 전기/전자, 배관, 기타 등으로 3D 프린팅과 관련된 장비의 부품들 및 적용 가능한 부품들에 대한 상세한 기준이 정립해야 할 것으로 생각된다.

## 6. 적합성과 합치성

항공 인증은 적합성 (Compliance)와 합치성 (Conformity)을 기본으로 한다. 적합성은 설계단계부터 제작, 운용 등에 대해 문서로서 증명을 하는 사항이고, 합치성은 문서와 실제 제품이 제대로 유지 및 관리가 되는지를 증명하는 것으로 문서, 도면, 규정, 실제 제품이 항상 동일하게 유지되는지를 증명한다. 따라서, 적합성과 합치성을 통해 항공부품에 대한 신뢰성이 확보가 되어야 항공인증을 한다는 것이다. 즉, 항공인증은 국가가 승인하는 사항으로 해외에서는 철저한 관리로서 신뢰성을 증명하고 있다. 그러므로, 3D 프린팅 기술로 제작된 항공부품에 대한 적합성과 합치성의 증명이 되어야 한다는 것이다.

## 6. 결론

본 연구는 3D 프린팅 기술을 이용한 항공부품 제작 인증을 고려하여 3D 프린터 장비의 노즐부 처짐량을 실시간으로 파악하고, 처짐을 조정할 수 있는 측정 장비와 베드 레벨링 오차를 측정으로 정확히 파악하여 수정할 수 있는 장비의 시험을 하였다. 이를 통해 정밀 작업이 가능한 3D 프린터를 개발할 수 있는 가능성을 확인하였다. 따라서, 기존 3D 프린터 보다 정확하고 저렴한 대형 항공용 3D 프린터 개발의 가능성을 기대할 수 있을 것으로 여겨지며, 새로운 장비의 개발로 항공부품 생산이 보다 더 효율적으로 이루어 질 수 있을 것으로 예상된다.

## REFERENCES

- [1] Y. I. Jang. (2017). *GE's Aviation Component Made by 3D printer*, Electronic newspaper, <https://eiec.kdi.re.kr/publish/naraView.do?cidx=10940>
- [2] D. J. Lee. (2020). *Healthcare 3D Printing Technology Trends*, BRIC VIEW 2020-T38. <https://www.ibric.org/myboard/read.php?Board=report&id=3624>
- [3] I. B. Seung, H. S. Baek & J. H. Park. (2018). Overseas Case Study of 3D Printing Technology for Construction and Commercialization Plan in Korea, *The Korean Society of Industry Convergence* 21(6), 279-284. DOI : 10.21289/KSIC.2018.21.6.273
- [4] J. H. Choi & Y.M. Choi. (2020). Prerequisites for Realizing Urban Air Traffic (UAM) and Personal Air Vehicle (PAV). *Journal of the Korea Convergence Society*, 11(12), 147-153. DOI : 10.15207/JKCS.2020.11.12.147
- [5] C. H. Choi. (2021). Personal Air Vehicle(PAV), KISTEP Technology trend brief, Korea Institute of S&T Evaluation and Planning 2021-05.
- [6] E. H.Lim, H. Y. Hwang, J. Y. Cha, S .B. Kim & B. W. Park. (2017). The Overseas Research Trends for the On Demand Mobility and Domestic Application Plan Using PAV. *Journal of advanced navigation technology*, 21(4), 313 -324 DOI : 10.12673/jant.2017.21.4.313
- [7] K. R. Oh. (2019). Trends in Development of UTM Service Provision and Airspace Integration Technology, *Aerospace Industrial Technology Trends*, 17(2), 39-44. <http://library.kari.re.kr>
- [8] W. K. Jeon, T. J. Park, B. C. Kim, W. S. Lee & S. J. Park. (2017). Development of intelligent 3D Printer, *The 7th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology*, Seoul, Korea, November 14-17.
- [9] Comparison of Airworthiness Certification System between Korea and U.S. (2008). *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, 36(3), 298-305. DOI : 10.5139/jksas.2008.36.3.298
- [10] K. Y. Lee, B. J. Yi, H. G. Chung & C. K. Ryoo. (2014). A Study on Certification Procedures for Aircraft Parts Manufacturer Approval, *Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, 42(12), 1073-1079.



DOI : 10.5139/JKSAS.2014.42.12.1073

- [11] European Aviation Safety Agency. (2010). *CS-E : Certification Specification for Engine, Amendment 3*, Hoofddrop, Netherlands.
- [12] Joint Aviation Authorities. (1994). *JAR-E: Joint Aviation Requirements Engines*, Hoofddrop, Netherlands.
- [13] J. H. Kim, Y. W. Jung, G. C. Moon, S. Y. Park & M. H. Kim. (2017). Comparative Study of Engine Type Certificate Criteria, *Proc. of KSPE Spring Conference*, Jeju, Korea.
- [14] J. G. Kim, S. S. Yoon, K. M. Ko & S. Y. Park. (2017). Evaluation of Time Between Overhaul in Civil Helicopter Engine Co-developed with Light Armed Helicopter, *Proc. of KSPE Fall Conference*, Pusan, Korea.
- [15] K. M. Ko, M. H. Kim, S. S. Yoon, S. Y. Park & S.C. Kang. (2017). A Study on Selection of Turbo-shaft Engine Rating Structure for Rotorcraft, *Proc. of KSAS Fall Conference*, Jeju, Korea.
- [16] Aircraft Certification. (2020). *Korea Institute of Aviation Safety Technology(KIAST)*. <https://www.kiast.or.kr/>
- [17] G. H. Khim, T. H. Keem, H. Lee & S. W. Kim. (2005). Compensation of the straightness Measurement Error in the Laser Interferometer, *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, 22(9), 69-76.
- [18] B. K. Kim, J. Y. Choi, H. J. Kang, Y. S. Ro. (2004). Development of Automatic Hole Position Measurement System using the CCD-camera, *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, 22(9), 16-19.

박 태 진(Tae-Jin Park)

[정회원]



- 2016년 2월 : 경남대학교 기계공학부 (이학사)
- 2018년 2월 : 경남대학교 메카트로닉스 공학부(공학석사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 경남대학교 기계융합공학과 재학(박사수료)

- 2018년 3월 ~ 현재 : 경남대학교 기계공학과 강사
- 관심분야 : 3D 프린터, 빅데이터
- E-Mail : taejin-0361@hanmail.net

최 정 호(Jeong-Ho Choi)

[정회원]



- 2005년 5월 : 미국 엠브리리들 항공대학교 우주항공공학과(공학석사)
- 2010년 12월 : 호주 뉴사우스웨일즈대학교 우주항공공학과(공학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 경남대학교 기계공학부 교수

- 관심분야 : 고체역학, 다공질구조, 복합재, 경량화 소재
- E-Mail : choicaf@kyungnam.ac.kr