

# 광 페룰 에폭시 자동주입 시스템 설계 및 성능시험에 관한 연구

곽이구\*

(논문접수일 2008. 11. 4, 심사완료일 2008. 12. 9)

## A Study on the Design and Performance Test of Optical Ferrule Epoxy Injection System

Lee Ku Kwac\*

### Abstract

Weakness process can be called ferrule array and epoxy filling process at connector manufacturing process, and a lot of problems happen as think as general manufacturing process at early investment. Wished to improve this and working environment mend of worker on childhood(planning phase) and problem that is happened at done ferrule array and epoxy injection by emphasis target. By ferrule sorting and improvement of epoxy filling process, bring authoritativeness elevation of product by fraction defective decrease of product by sized work along with productivity elevation. On the other hand, working jigs are various in characteristics of optical connector manufacturing line. There have been lots of restriction in practice because the applicability of this system is only for single type model though the network should be smooth between lines. Thus, it is not only needed the recognition of necessity in industrial line but also the development of automation system arraying ferrule and filling epoxy in the manufacturing process. It is found that the present system development enhances productivity fairly and prevents industrial disaster in the optical connector manufacturing system.

**Key Words** : Optical Ferrule(광페룰), Epoxy(에폭시), Optical Element Alignment(광부품 정렬), Optical Connector(광커넥터)

## 1. 서론

최근과 같은 정보화시대에 있어서 광통신, 즉 광섬유를 이

용한 정보 전송 시스템은 장 단거리 통신을 비롯한 항공기, 선박 등의 이동체, 고밀도 배선장치 등에 그 효율성이 입증됨으로서 급속한 기술개발과 실용화가 진행되고 있다. 이와

\* 전주대학교 기계자동차공학과 (kwac29@jj.ac.kr)  
주소: 560-759 전북 전주시 완산구 백마길 45

같이 광통신산업에 있어서 가장 중요한 부품의 하나로 광섬유를 접속하는 광 커넥터를 들 수 있으며, 선진국에서 보다 우수한 성능의 광 커넥터 개발을 위해 많은 연구를 수행하고 있다<sup>(1)</sup>. 그 결과 각각의 용도에 맞는 각종의 광 커넥터가 개발되어 상품화되고 있으며, 최근에는 세라믹을 이용한 페룰 방식의 광 커넥터가 개발되어 최첨단 기술로 자리 잡고 있다. 이처럼 광통신 시스템에서 광 커넥터의 역할이 매우 중요하게 대두되고 있다. 광 커넥터는 타입에 따라 여러가지 제조공정을 거쳐 생산이 되는데 특히 광 페룰에 에폭시 수지를 주입하는 공정은 대부분 수작업을 통해 이루어지고 있다<sup>(2-4)</sup>.

현재 국내의 연구 동향을 살펴보면 M사에서 에폭시 토출장치를 개발하여 생산하고 있지만 광 페룰용 에폭시 주입장치에 대한 연구 및 개발 보고는 전무한 실정이다.

국외동향을 살펴보면 일본 N사에서 개발한 시스템이 있으며, 현재 에폭시 주입공정이 자동화 되어있는 제조공장에는 대부분 사용되고 있다. 광 커넥터의 제조라인의 특성상 워크 지그의 형태가 다양하고, 라인간의 유기적인 네트워크 역할이 이루어져야 하는데 이 시스템은 단일형태의 모델만 적용이 가능하여 실제 적용에 제약이 따르고 있다<sup>(5)</sup>.

본 논문에서는 이러한 산업현장에서의 필요성을 인식하고 이러한 광 커넥터의 제조조립공정 페룰 정렬 공정과 에폭시 수지 주입 공정을 자동화 하여 생산성 향상 및 산업재해 예방을 목적으로 하여 광 커넥터의 에폭시 자동 주입시스템을 개발하였다.

## 2. 설계 및 제작

본 논문에서는 “광 커넥터용 페룰 정렬 및 에폭시 자동주입 시스템”을 두 가지 시스템으로 구분하여 개발하고, 각 시스템을 통합 조합하여 시스템을 완성하였다.

광페룰 자동 정렬장치는 광 페룰 공급장치, 워크지그 광페룰 정렬 로봇 및 자동수량판별시스템 등으로 구성된다. 무작위로 생산되는 광 커넥터의 수량을 정확하게 확인할 수 있고, 광 커넥터 제조 중 생산라인의 일률적인 관리를 할 수 있도록 설계하였다. 에폭시 자동주입장치는 에폭시 자동토출 장치, 워크지그 이송장치, 에폭시 주입구 이송장치 및 광 커넥터 타입별 워크지그 형태별 사용자 인터페이스 시스템 등으로 구성된다. 다양한 워크 지그의 적용을 가능하게 하여 워크 지그의 교환과 프로그램 전환만으로 형상, 재질, 사이즈 등이 다른 다양한 페룰에 융통성 있게 대응할 수 있도록 설계하였다. 또한 에폭시 접착제의 점도 변화에 따라 토출압력을 조절할 수 있는 디스펜서를 채용함으로써 토출량의 불

규칙함을 최소한으로 억제할 수 있게 하여 에폭시 수지의 주입량을 균일화 할 수 있도록 설계하였다. 시린지 부에 가열 냉각 온도 조정 기구를 탑재함으로써 작업 환경 온도 변화에 의한 접착제의 점도 변화를 최소한으로 억제할 수 있게 설계하였다. 기존 수작업 제조공정에서는 에폭시 수지 주입 시간은 광 커넥터 1개당 지그 배열 1초, 주입시간 5초 등 총 6초의 시간이 소요되어 8시간 작업시 약 4,800개가 생산되는 반면 본 시스템 개발 적용시 소요 예상 시간은 2초 정도이며 8시간 작업시 약 14,400개의 생산이 예상되어 약 300%의 생산성 향상을 가져올 수 있을 것이다. 광 커넥터용 페룰 정렬 및 에폭시 자동 주입 시스템의 구성 내용을 살펴보면 광 페룰의 정렬 장치에서 워크지그에 광 페룰을 투입하여 자동 정렬 시켜준다. 여기서 페룰 공급장치로부터 공급된 광 페룰은 X축 워크지그 이송장치와 페룰 정렬장치 Z축의 이송장치 및 공압에 의해 워크지그에 투입되며, 투입과 동시에 수량판별작업을 한다. 그 후에 에폭시 자동주입장치가 작동하게 되고, X축 워크지그의 이송장치와 자동주입장치 Z축 및 에폭시 자동 토출장치에 의해 광 페룰에 에폭시가 주입된다. 이렇게 광 페룰에 에폭시의 주입 공정을 수행하게 되며, 메인 컨트롤러에서는 워크지그의 형태와 광 커넥터의 타입에 따라 사용자 인터페이스가 가능하여 에폭시 주입간

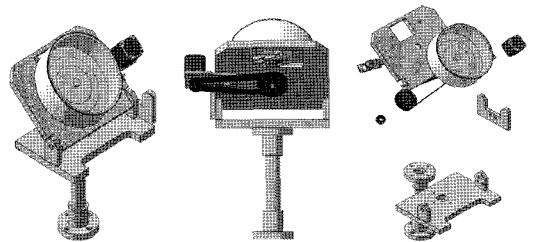


Fig. 1 3D modeling of automation provision apparatus for optical ferrule

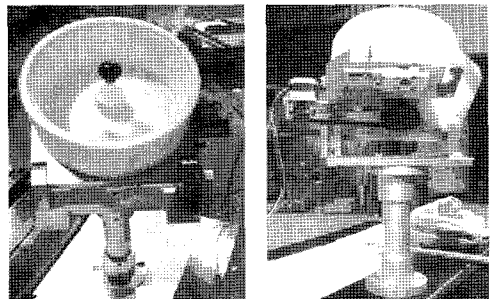


Fig. 2 Automation provision apparatus for optical ferrule

격, 주입방법 및 주입량 등을 편집하여 작업 코드를 작성할 수 있다. 이러한 자동화 과정에서도 에폭시의 유해성분이 공기 중에 분산 될 가능성이 있기 때문에 장비는 밀폐 시키고 집진장치를 설치하여 작업 중 연속적으로 환기가 가능하게 한다.

광 페룰 자동정렬장치의 주요 구성 부품에 대한 설계 및 제작관련 사진등을 아래 Fig. 1에서 Fig. 10까지 나타내었다.

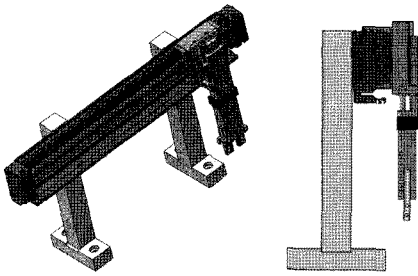


Fig. 3 3D modeling of optical ferrule alignment apparatus

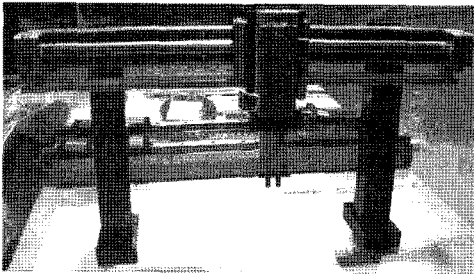


Fig. 4 Optical ferrule alignment apparatus

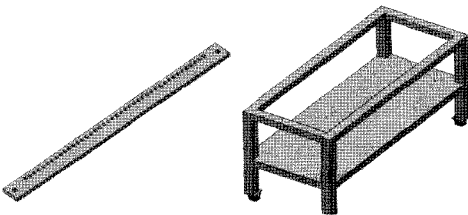


Fig. 5 3D modeling of work jig and work table for system integration



Fig. 6 Work jig of optical connector

Fig. 11은 “광 커넥터용 페룰 정렬 및 에폭시 자동주입 시스템”의 3차원 모델링을 나타내었으며, 3D 모델링 설계를 기초로 하여 제작된 시제작품은 Fig. 12와 같다.

광 커넥터용 페룰 정렬 및 에폭시 자동주입 시스템을 제어하기 위한 컨트롤러는 페룰자동공급장치와 및 페룰정렬을 위한 로봇위치제어, 에폭시 자동 주입을 위한 시린지 유닛과

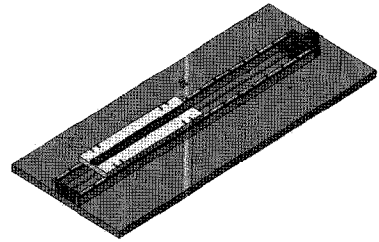


Fig. 7 3D modeling of work jig feeding apparatus



Fig. 8 Work jig feeding apparatus

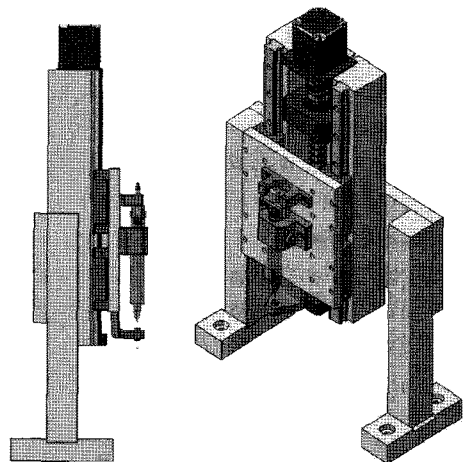


Fig. 9 3D modeling of feeding apparatus for epoxy injection

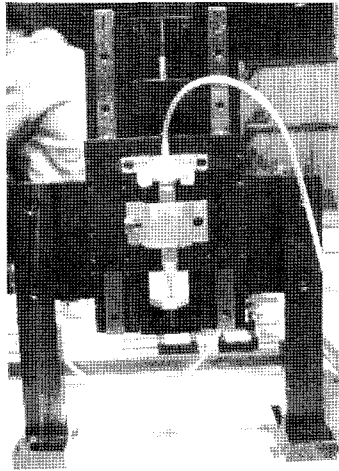


Fig. 10 Feeding apparatus for epoxy injection

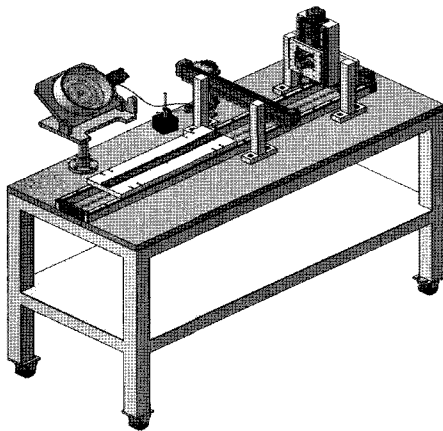


Fig. 11 3D modeling of optical ferrule alignment and auto epoxy injection system for optical connector

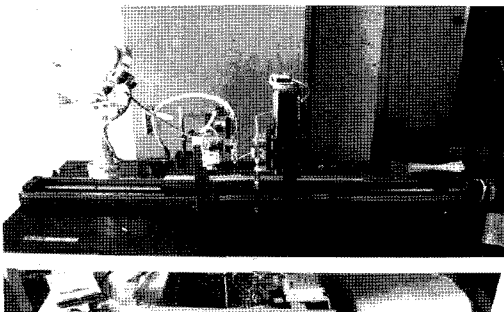


Fig. 12 Prototype product of optical ferrule alignment and auto epoxy injection system for optical connector

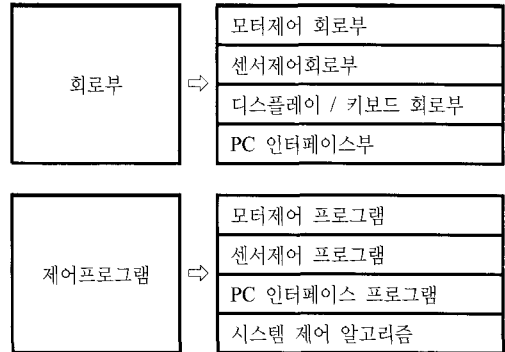


Fig. 13 Block diagram of system controller

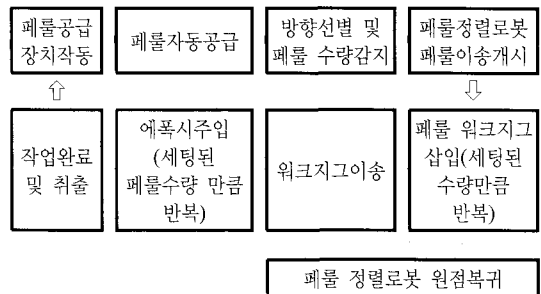


Fig. 14 Flow chart of system control

워크지그 위치제어 및 정량주입장치를 제어하게 된다. 아래 Fig. 13은 시스템 컨트롤러의 구성도를 나타내었다. 또한 광 커넥터용 페룰 정렬 및 에폭시 자동주입 시스템의 컨트롤러 작동 순서도를 Fig. 14에 나타내었다.

### 3. 시운전 결과

“광 커넥터용 페룰 정렬장치 및 에폭시 자동주입 시스템”의 트리블 슈팅 및 생산공정에 배치하기 위하여 시운전을 실시하였다.

페룰 자동공급장치에 장착되어 있는 원형 호퍼내에 적재된 페룰이 원활하게 공급되는지를 확인하는 시험을 수행하였다. 시운전 결과 회전하는 원형호퍼 하단부에 있는 솔레노이드 작동에 따라 페룰의 공급이 설계된 의도대로 작동하였으며, 아래 Fig. 15에 나타난 바와 같이 페룰의 방향을 선별하기 위하여 제작된 페룰 방향선별장치의 기구학적 설계가 유효함을 확인하였다.

페룰 자동공급장치의 원형호퍼에 적재되어 있는 페룰이 자동으로 공급되어 페룰 방향선별기를 통과하여 페룰 정렬

을 위한 스톱퍼에 페룰이 안착되면 워크지그 광 페룰 정렬로봇이 페룰을 그립핑(gripping)하여 워크지그에 삽입하게 된다. 따라서 워크지그 광페룰 정렬로봇은 Y축 이송 및 Z축 이송을 수행하게 되는데 시운전을 통하여 작동 상태를 파악하고자 하였다. 아래 Fig. 16과 같이 시운전 결과 설계의도대로 작동됨을 확인하였다.

페룰 자동공급장치를 통하여 광 페룰을 자동으로 공급받아 워크지그에 페룰을 자동 정렬하거나 에폭시를 충전하기

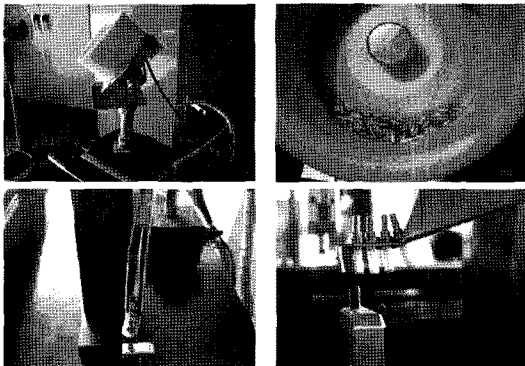


Fig. 15 Trial test of Auto provision apparatus for optical ferrule

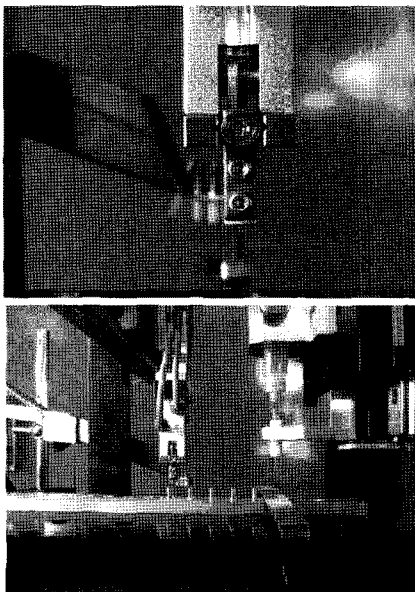


Fig. 16 Trial test of auto optical ferrule alignment apparatus

위하여 X축방향으로 이송하는 위치제어 유닛으로 이송테이블과 워크지그, 워크지그 고정 브라켓으로 구성되어 있다. 광 페룰의 직경이 0.8mm 이하이므로 정확한 위치제어가 필수적이어서 반복정밀도 및 위치정밀도를 레이저 인터페로메터(Renishaw ML10)을 사용하여 측정하였다. Fig. 17과 18에서 보는 바와 같이 측정 결과 10 $\mu$ m의 안정된 위치 분해능을 지닌 것으로 나타나 만족할만한 성능을 나타내었다. Fig. 19는 시운전을 하고 있는 페룰 자동공급장치의 사진을 보여주고 있다.

광 페룰 정렬장치에 의하여 워크지그에 페룰 정렬이 완료되면 워크지그 이송장치에 의하여 에폭시 주입장치로 X축 방향으로 이동된다. 이때 에폭시 주입장치에 의하여 페룰 상부에 시린지가 Z축 방향으로 하강하면서 삽입되어 에폭시를 정량 충전하게 된다. 따라서 에폭시 정량주입유닛과 에폭시 주입구 위치제어유닛의 작동상태를 시운전을 통하여 성능을 확인하였다. Fig. 20은 에폭시 자동주입장치의 시운전 사진을 보여주고 있다.

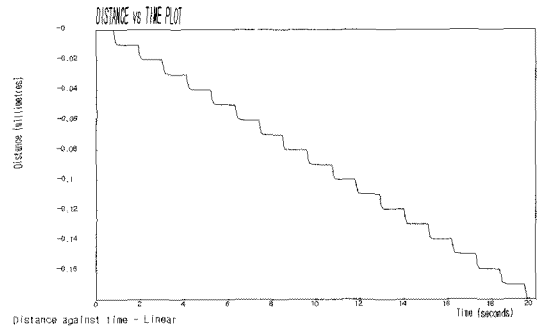


Fig. 17 Positioning test of work jig feeding apparatus (10 $\mu$ m Step)

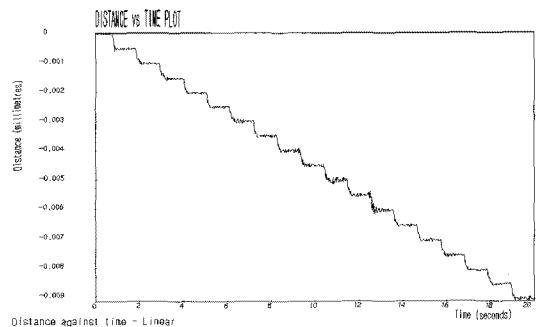


Fig. 18 Positioning test of work jig feeding apparatus (5 $\mu$ m Step)

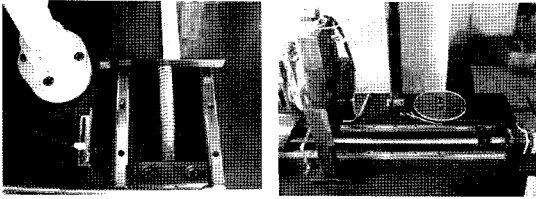


Fig. 19 Trial test of work jig feeding apparatus

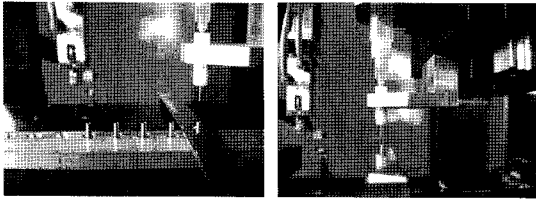


Fig. 20 Trial test of feeding apparatus for epoxy injection

#### 4. 결론

각 장치들의 시운전을 통하여 장치별 트러블 슈팅(Trouble Shooting)을 거친 후 컨트롤러의 작동 상태 및 전체 시스템의 작동상태를 파악하기 위하여 시스템 운전을 실시하였다. 시운전 결과 정상적으로 작동되어 생산라인에 설치하여 시스템 성능 평가를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 기존의 수작업 의존도가 100%이었던 광 페룰 정렬작업과 에폭시 충전 작업을 광 페룰 자동공급장치, 워크지그 광 페룰 자동정렬 로봇, 워크지그 이송장치, 에폭시 주입구 이송장치, 에폭시 정량주입장치, 시스템 컨트롤러를 개발 적용함으로써 공정통합 및 단순화를 도모하여 작업자의 수작업 의존도를 낮추어 줌으로써 작업편의성 및 생산성향상을 도모하였다.
- (2) 기존 페룰 정렬 및 에폭시 수지 주입 소요시간이 페룰 1개당 6초 소요되었던 것을 본 사업에서 개발된 광 커넥터용 페룰 정렬 및 에폭시 자동 주입 시스템을 이용할

경우 페룰 1개당 2초가 소요되어 생산성이 300% 로 향상되었다.

- (3) 에폭시 자동 주입장치 적용으로 기존 주사기를 이용하여 수작업으로 수행하면서 에폭시의 직접적인 피부접촉과 호흡기에 흡입된 유해 성분으로부터 작업자를 원천적으로 차단함으로써 산업재해 및 직업병 발생요인을 해소하였다.
- (4) 제작된 광 커넥터용 페룰 정렬 및 에폭시 자동 주입 시스템을 생산현장에 적용하면서 에폭시 수지의 유해성분이 작업장내의 공기가 오염되는 것을 방지하기위하여 시스템을 밀폐하고 집진설비를 설치함으로써 쾌적한 작업장 구현이 가능하였다.

#### 참고 문헌

- (1) Kim, J. Y. and Lim, J. H., 2007, "Development of Monitoring System for Inspection of Polarization Optical Fiber," *Korea Society Machine Tool Engineers*, Vol. 16, No. 5, pp. 145~150.
- (2) Kim, S. H., Beak, K. Y., Park, N. S., Jeong, S. H., and Yang, I. Y., 2004, "The Nondestructive Evaluation of the Ferrule and Ball Lens by Resonant Ultrasound Spectroscopy," *The Korean of Society Automotive Engineers*, Vol. 12, No. 5, pp. 108~117.
- (3) Jeong, S. H. and Kim, K. h., 2006, "A Study on the Optical Element Alignment Automation using Multi-Axis Ultra Precision Stage," *Korea Society Machine Tool Engineers*, Vol. 15, No. 6, pp. 64~70.
- (4) Kim, J. A., Hong, S. N., and Park, I. H., 1996, "Development of Stereolithography system using X-Y robot," *Korea Society Machine Tool Engineers*, Vol. 5, No. 4, pp. 18~25.
- (5) Lee, E. d., Sim, J. H., Ahn, K. H., and Park, I. H., 2003, "Improvement for Recoating Process of Stereolithography System," *Korea Society Machine Tool Engineers*, Vol. 12, No. 1, pp. 16~23.