

복합재 케이블 덕트용 접착제 자동 도포장비 개발 Development of the automatic adhesive dispensing system for composite cable duct

*이은수¹, 박진용¹, 황동기², 최대근²

*O. S. Lee(leeonsoo@lignex1.com)¹, J. Y. Park¹, D. K. Hwang², D. G. Choe²

¹LIG넥스원 기계연구센터, ²국방과학연구소

Key words : adhesive dispensing system, composite cable duct

1. 서론

유도탄과 같은 고속비행체는 외부의 공력가열과 급 기동을 고려해야 한다. 이런 조건하에서 유도탄의 통신 케이블을 보호하기 위해서 일반적으로 접착제를 사용하여 복합재 케이블 덕트를 금속부에 부착하며, 이 경우 이중 재질 접합에 따른 열팽창 계수 불일치로 인한 응력 발생을 보완하여 체결부에서의 응력집중을 줄일 수 있고, 나사 등 체결재로 인한 무게를 절감할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 결함 발생 시, 보수나 교환이 어렵고, 표면처리 등 공정이 복잡하며, 접착 후 검사가 상대적으로 어렵다. 또한 작업 환경의 영향이나 작업자의 숙련도에 의해 접착강도에 영향을 줄 수 있다는 단점도 있다.¹⁾

본 연구에서는 공압장치 및 PLC제어를 활용하여, 특정 형상을 갖는 복합재 케이블 덕트에 접착제를 균일하게 도포할 수 있는 접착제 자동 도포장비를 개발하였다. 또한 개발된 장비에 실제 접착 대상을 적용한 시험을 수행하여, 제시된 설계 고려사항을 만족함을 확인하였다.

2. 설계 요구조건

접착제 자동 도포장비를 개발함에 있어 고려해야 할 첫 번째 요소는 도포 면적과 도포 두께의 균일화이다. 도포 시 균일한 면적과 도포 두께를 유지하여 일정 수준의 접착 강도를 확보하는 것으로서 작업자의 숙련도를 배제한 작업 완성도를 가늠할 수 있다. 두 번째 요소는 접착제의 과 도포로 인한 낭비를 줄일 수 있어야 한다는 점이다. 자동화된 장비는 균일한 속도와 압력으로 접착제를 배출시켜, 상대적으로 접착제 소모량을 줄임으로써 경

제적인 작업이 가능하게 할 수 있다. 이러한 설계 고려사항을 바탕으로 장비를 설계/제작 하였고, 운용 시험을 통해 이를 검증하였다.

3. 장비 구성

접착제 자동 도포장비는 그림 1과 같이 크게 프레임조립체, 리프트조립체, 이송부조립체, OP박스조립체, 교반기, 공압 펌프, 공압 배선부, 전기 배선부 등으로 구성된다. 공압 펌프, 공압 배선부 및 전기 배선부는 프레임조립체 내부에 고정되며, 나머지 구성품은 프레임조립체 상부에 조립된다.

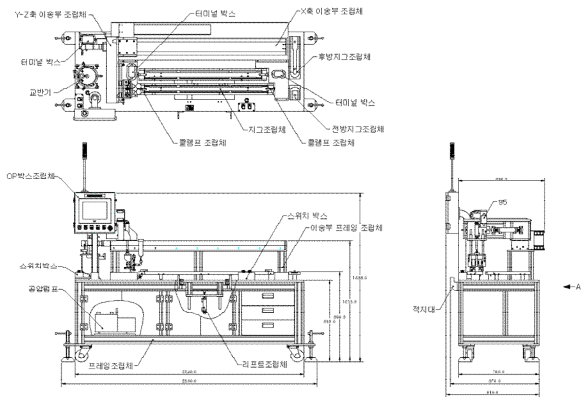


Fig. 1 Construction and major components of the system

4. 설계 및 제작

본 장비에서 사용하게 될 접착제는 RTV560(GE Silicones, Viscosity : 30,000cps)로 유도탄 외부 환경을 고려한 고온에서 사용가능 하지만 점성을 가지는 액체이므로, 적정 유량을 고려한 접착제 배출압력과 노즐의 이송속도를 결정하는 것이 중요하다. 그러나 노즐의 이송속도가 너무 빠를 경우, 순간적

으로 배출되는 유량에는 한계가 있으므로, 압력 조건을 우선 결정 한 후 그에 적합한 유량을 확인하여 이송속도를 결정하였다.

접착제 배출을 위한 공압 회로는 그림 2와 같이 설계하였다.

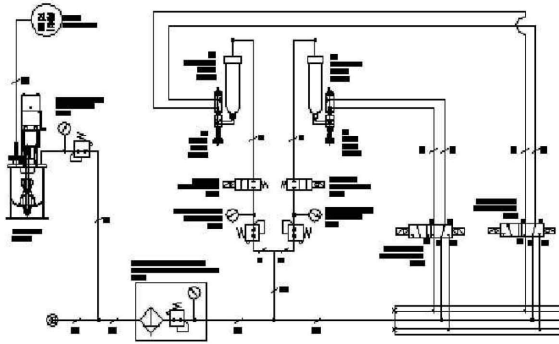


Fig. 2 Diagram of Pneumatic Piping for exhaust

배출압력이 적절히 조절되지 않을 경우, 접착제가 연속적으로 배출되지 못해 부분적으로 접착부의 결함을 생성할 가능성이 있으므로, 시험을 통해 이를 확인하였다. 시험 결과, 접착제 용기의 압력 조건은 6kgf/cm² 일 때 노즐을 통해 연속적으로 충분한 접착제 배출이 가능함을 확인하였다.

노즐 이송속도가 빠를 경우 충분한 유량 확보 불가로 결함 발생가능성이 높아지며, 느릴 경우 과 배출된 접착제로 인해 케이블 조립 시 영향을 받을 가능성이 있다. 결정된 유량에 따라 접착면에 균일한 유량을 도포할 수 있는 이송속도를 시험을 통해 결정하였고, 0.83cm/s 일 때 도포 면적과 두께가 일정한 결과를 나타내었다.

또한 이를 바탕으로 식 1을 적용하여 계산한 대상 도포 면적 대비 적정 유량은 0.267 cm³/s 로 계산되었다.

$$Q = \frac{\pi \Delta P d}{128 \mu L} \quad (1)$$

Q: 유량, ΔP: 압력 변화량, d: 노즐 직경, μ: 점성계수, L: 배관 길이

Table 1 Results of optimal test data

유량	배출압력	노즐 이송속도
0.267 cm ³ /s	6 kgf/cm ²	0.83 cm/s

제시된 결과를 적용하여 그림 3과 같이 투입 유량 대비 전체 접착면에 대해 고른 도포가 이루어져 도포 두께와 면적이 보장됨을 확인할 수 있다.



(a) By hands (b) By the system

Fig. 3 Working status of each method

접착제 소모량은 1회 작업 시 사용되는 양을 바탕으로 일반적인 수작업 시 소모량과 자동화 장비 사용 시의 소모량을 비교하였다. 자동화 장비는 여유를 고려하여 120%의 양을 적용하였다. 수작업 시 도포량 대비 자동화 장비 도포량의 감소율은 약 84.8%로 자동화 장비의 사용이 접착제 소모량 절감에 도움이 됨을 확인하였다.

Table 2 Comparison of adhesive usage

수작업 시 도포량	자동화 장비 도포량	소모량 감소율
704 ml	107ml	84.8%

4. 결론

본 연구에서는 특정 형상을 갖는 복합재 덕트에 점성을 갖는 접착제를 자동으로 도포할 수 있는 자동화 도포 장비를 개발하였다. 개발된 장비를 활용하여 시험 수행 결과, 요구된 접착제 도포 두께 및 면적의 일정함과 도포량의 감소를 통해 장비의 유용성을 확인하였으며, 이를 바탕으로 작업자의 숙련도가 배제된 균일한 품질의 신뢰성 있는 제품 생산이 가능하다고 판단된다. 추후 도포 면적의 변화나 사용되는 접착제의 종류가 변경될 경우에도, 도포 장비의 수정 보완 없이 운용 소프트웨어의 수정만으로 새로운 대상물에 적용 가능하다.

참고문헌

1. 송민규, 권진희, 최진호, 김효진, 송민환, 신상준, 변재현, "고온습도 및 저온 환경이 복합재 접착 체결부 강도에 미치는 영향 연구" 한국항공우주학회지, v.38 no.2, 119-128, 2010.