

소방배관 흔들림 방지 버팀대 자동화 공정 기술 개발

조진표*, 김도훈**, 현승균*, 김광희*
*인하대학교 제조혁신전문대학원
**(주)엔에스브이
e-mail : realwind@inha.ac.kr

Development of Automated Process Technology for Sway Brace Device for Fire Fighting Pipe

Jin-Pyo Cho*, Do-Hoon Kim**, Seung-Gyun Hyun*, Kwang-Hee Kim*
*Manufacturing Innovation School, Inha University
**NSV.CO.,LTD

요 약

본 연구에서는 소방시설 내진 제품인 흔들림 방지 버팀대의 생산 공정에 대한 자동화 공정 기술을 개발하였다. 인력 투입이 많은 수작업 조립공정의 제조 방식의 문제점을 도출하였다. 수작업 조립공정의 주요 품질 문제는 조립 불량에 의한 부품의 망실 또는 불량 부품 조립으로 인한 조립 불량 문제로 파악되어, 문제점 개선을 위한 자동조립 비전 검사등을 자동으로 수행하는 자동화 설비 설계 제작하여 결과를 분석하였다.

수작업 조립공정에서 일일 생산량은 3,840세트/8h이며, 자동화 시스템 도입 후 일일생산량은 5,630세트/11h로 46.6%의 생산성 향상이 되었다. 비전 시스템 검사를 통한 불량 부품 자동 배출로 불량 조립이 방지 되었으며, 조립의 자동화와 조립 후 비전검사로 부품 망실 및 조립 불량으로 인한 공정 불량을 검토했던 결과 수작업은 0.20%, 자동화 시스템 도입 후 공정 불량률 0.00%로 품질 안정성이 높아졌다.

또한 반복 작업, 장시간 작업 등으로 작업자들의 피로 누적으로 발생할 수 있는 안전사고를 예방하고 고중량의 부품 운반으로 발생할 위험이 있는 근골격계질환을 예방하여 안전한 작업장을 구축하였다.

1. 서론

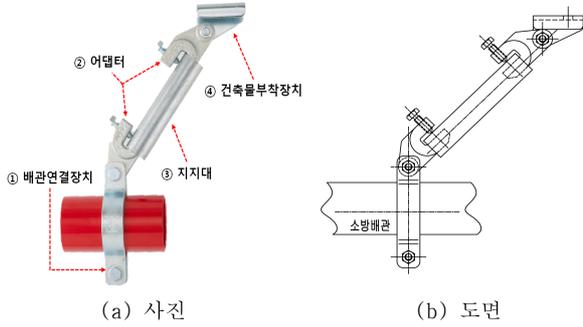
무분별한 개발과 도심 집중화 가속화로 인하여 지구온난화 및 이로 인한 자연재해의 발생이 증대되고 있으며, 특히 지진으로 인한 피해는 그동안 구축해 놓은 인프라를 회생 불능의 상태로 파괴하여 한 국가 존립의 위태성까지 몰아가고 있다. 현재 우리나라의 경우도 이러한 심각성을 인식하여 2015년에 건축법 시행령을 통해 구조물의 내진설계 기준이 강화되고 있어 건축물에 지진 피해 방지를 위한 다양한 기술이 접목되어 있다.

그러나 건축물 내부에 설치된 각종 비구조물에 대한 기준은 구조 안전 및 내진설계는 그보다 늦은 2018년에 추가 되었으며 비구조물의 손상이 건축물 내부에 다양한 피해를 가져온다는 심각성을 인식하게 되었다.

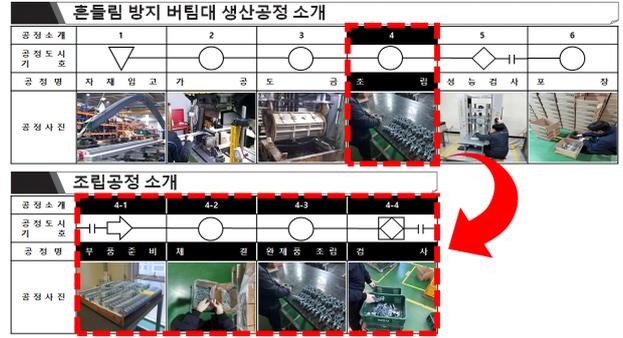
건축물 비구조 요소는 가스, 소방, 전기, 소방배관등 지진

발생 후에도 정상적인 기능을 해야 하는인 프라적인 요소와 가구, 전자 제품등 지진 발생시 재실자의 2차 피해가 예상되는 구조물로 나눌수 있다. 특히 소방시설의 경우 지진 발생 후 화재진압, 식수 등의 문제로 인하여 내진 안정성 유지에 대한 중요성 또한 높아지고 있다.

소방 배관은 구조물에 고정되어 있어 지진이 발생할 경우 구조물의 파손이 발생되고 배관의 이격이 발생하여 파손된다. 소방 배관을 지진에 의한 흔들림을 방지하기 위해 사용되는 제품이 흔들림 방지 버팀대이다. 흔들림 방지 버팀대는 지진의 충격을 흡수하는 댐핑 역할을 하는 장치로 배관을 잡아주는 어댑터와 클램프로 구성되어 있다. 클램프와 어댑터는 볼트와 너트로 체결하여 고정하는데 공장에서 출하시 볼트너트 체결 불량으로 인한 부속품 망실로 출하된 제품의 반품이 발생되고 있어, 조립공정의 자동화를 통한 출하 품질 확보가 필요하다.



[그림 1] 흔들림 방지 버팀대



[그림 2] 흔들림 방지 버팀대 생산공정

본 연구에서는 기존 수작업 가공 공정의 문제점을 분석하였고, 출하 품질 안정성을 높이기 위해 조립 공정 자동화 시스템을 적용하여 품질 안정성을 분석하고자 한다.

2. 기존 수작업 및 자동화 생산공정

2.1 흔들림 방지 버팀대 구성

흔들림 방지 버팀대는 그림 1에 부속품 및 설치 형태가 나타나 있다. 주요 부품으로는 배관연결장치, 어댑터, 지지대로 구성되어 있다. 배관연결장치는 지지대와 연결해 배관과 결합하는 장치로 클램프 구조의 제품에 볼트 너트를 연결 조립한다. 배관연결장치는 SS275 재질의 평철(폭 : 32mm, 두께 : 6mm)을 사용하였으며, 호칭은 32A~100A이다. 또한, 배관을 고정해주는 조립볼트 2EA, 너트 2EA로 구성된다. 어댑터는 주물타입으로 제조되며 전단볼트(M10*35L)와 체결되어 구성된다.

지지대는 배관연결장치와 건축물부착장치를 연결하는 배관용 탄소 강관 파이프이다. 호칭은 25A이며, 사용할 수 있는 최대길이는 3.28m이다.

건축물부착장치는 버팀대의 지지대와 연결하여 건물 구조물에 버팀대를 안전하게 부착할 수 있는 장치로 조립볼트와 너트로 구성되며, 어댑터와 체결하여 설치된다. 재질은 철판을 프레스 설비로 가공하여 제작한다.

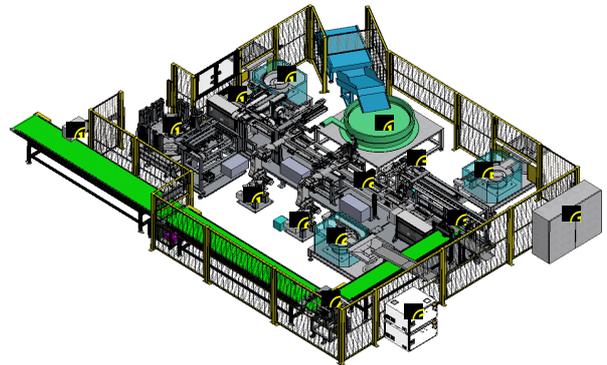
2.2 기존 수작업 흔들림 방지 버팀대 생산 공정

그림 2에는 흔들림방지 버팀대의 생산 공정을 도식화 하여 나타내었다. 흔들림 방지 버팀대의 생산 공정은 평철, 주물제조 제품, 볼트, 너트등의 자재를 입고한다. 입고된 평철은 호칭별 설계된 길이로 절단하며, 클램프 모양을 만들기 위한 절곡, 클램프에 볼트가 체결되기 위한 홀가공 공정 순서로 진행된다. 가공이 완료된 이후 부식방지를 위한 아연도금 작

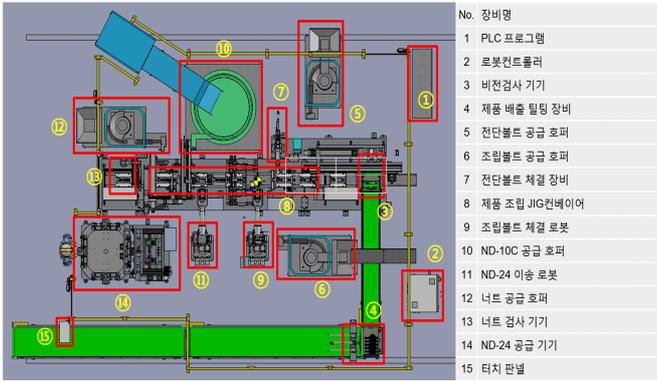
업을 하며, 도금이 완료된 부품들은 조립공정 진행 후 샘플링 검사 방법으로 시료를 채취한다. 채취 시료는 성능시험을 진행하고 통과한 로트는 제품에 표시사항을 부착한다. 이후 포장 작업을 진행하고 출고 대기한다.

흔들림 방지 버팀대 생산 공정은 10개의 공정으로 첫 번째 단계는 각 부품을 작업공간으로 이동하는 단계로, 이 공정은 주로 운반작업이다. 배관연결장치, 조립볼트, 너트 등의 자재를 작업공간으로 이동하여 다음 작업을 위해 준비를 한다. 두 번째 단계는 체결 공정으로, 어댑터에 전단볼트를 체결하는 작업이다. 그중 제품 조립공정은 2인의 작업자가 작업을 수행하며 세부 공정은 4가지 단계로 구성되어 있다. 각 부품을 조립하는 과정으로 배관연결장치와 어댑터를 볼트와 너트로 조립하며 이 공정에서 완제품이 생산된다. 마지막 단계는 완제품 작업 후 검사 공정이다. 검사 공정은 수량 파악과 완제품의 체결상태를 작업자가 확인한다. 조립공정의 특성상 작업자의 의존도가 높아 2023년 기준 연 20건 이상의 볼트, 너트 등의 부품 누락이 발생하는 사례가 있고, 수량 파악의 착오가 발생하여 고객사의 불만이 발생하는 사례가 있어 자동화를 통한 품질 안정이 필요하다.

2.3 흔들림 방지 버팀대 자동화 시스템 적용



[그림 3] 흔들림 방지 버팀대 자동화 시스템



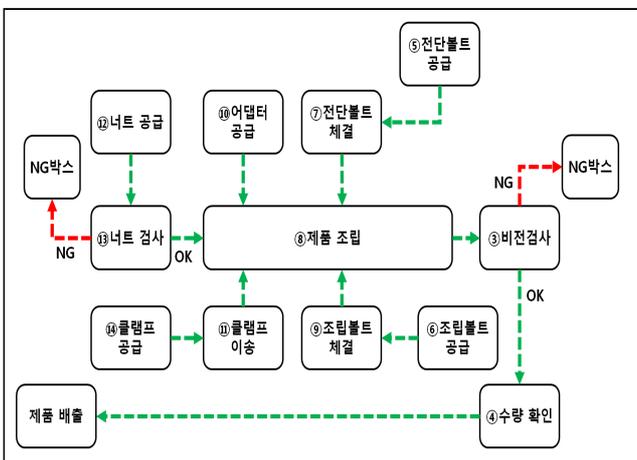
[그림 4] 자동화 설비의 구성

그림 3과 그림4에 흔들림 방지 버팀대 자동화 생산 시스템을 도식화 하여 표시하였다. 자동화 생산시스템은 주요부품을 자동 공급하는 장치 5대(클램프, 어댑터, 전단볼트, 조립볼트, 너트)가 있고, 각 부품을 이송하는 컨베이어 3대, 체결 기기가 2대, 완제품 검사장비(비전기기)가 2대, 로 구성된다.

그림 5에는 자동화 시스템의 공정 흐름도를 나타내었다. 자동화 시스템은 크게 3가지 공정으로 구성되어 있는데, 먼저, 너트, 어댑터, 전단볼트 등의 부품이 초기 설정 위치로 이동되는 부품 공급처가 있다. 여기서 너트는 비전검사를 하여 지그 위 위치가 부적합일 경우는 NG박스로 이동하며 이상이 없을 시 제품 조립설비로 이동된다. 어댑터, 전단볼트, 조립볼트 등은 이송로봇을 통하거나, 즉시 조립설비로 이동한다.

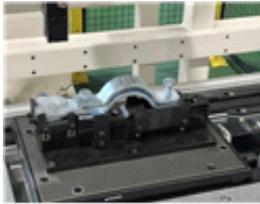
다음은 조립단계로 제품조립 라인에서 취합된 부품들을 조립한다. 공급된 어댑터와 전단볼트 체결을 가정 먼저 진행하며, 클램프 사이에 어댑터를 조립이 가능하도록 설정한다. 공급된 조립볼트로 제품을 조립하여 작업을 마무리한다.

마지막 단계로 비전검사를 수행한다. 비전검사는 조립된 완제품이 볼트나 너트 체결에 이상 유무를 판단한다. 이상 발생 시 NG박스로 이동하고 양품은 컨베이어 벨트로 운송한다. 운송된 제품의 수량은 작업자가 모니터링이 가능하도록 설계



[그림 5] 자동화 시스템의 공정 흐름도

[표 1] 조립 수작업 공정 자동화 공정 비교

구 분	수작업	자동화 설비
어댑터 + 전단볼트 체결		
	- 작업시간 : 4.5초/EA - 작업인원 : 2인	- 작업시간 : 5.88초/EA - 작업인원 : 0인
조립 공정		
	- 작업시간 : 13.01초/EA - 작업인원 : 2인	- 작업시간 : 12.08초/EA - 작업인원 : 0인
수량 및 조립상태 검사		
	- 작업시간 : 0.75초/EA - 작업인원 : 2인	- 작업시간 : 7.30초/EA - 작업인원 : 0인

되어 있다.

3. 조립공정 자동화 시스템

3.1 조립공정 자동화 시스템 도입 전/후 비교

표 1에는 조립 공정과정의 수작업과 자동화 과정을 비교하여 작업시간, 작업인원 비교하여 분석 하였다.

수작업 조립공정에서 일일 생산량은 3,840 세트/8h이다. 자동화 시스템 도입 후 일일 생산량은 5,630 세트/11h 이다. 자동화 설비를 통한 생산량 향상은 식사 시간, 쉬는 시간 등의 휴게 시간에도 인력을 투입하지 않고 작업이 가능하여 기본 8시간 보다 3시간을 추가로 작업하여 생산량 증대 효과가 있었다.

조립 공정에서 불량 유형은 작업자의 수량 착오로 발생하는 제품 누락과 조립 시 체결 불량으로 발생하는 부품 누락 등의 사례가 있는데, 자동화 시스템 도입 후 비전 검사 기기로 제품의 조립상태를 점검하여, 부적합품 발생 시 불량으로 배출되어 작업자가 즉각적인 대처를 할 수 있어 불량 발생을 미연에 방지 할 수 있다. 또한 제품 배출 킬딩 장비에서 설정

[표 2] KPI 결과

No.	항목	단위	수작업	자동화 설비
1	일일 생산량	세트	3,840	5,630
2	공정 불량률	%	0.20	0.00
3	작업자	인	2	0.5
4	인건비	천원	65,000	16,250

한 수량으로 부품을 카운팅 하여 배출함으로 제품 누락을 방지할 수 있다.

3.2 조립공정 자동화 개선공정의 성과

흔들림 방지 버팀대의 제조 공정 과정에서 노출된 문제점을 분석하여, 자동화 장치 투입 이후 공정을 비교하여 결과 값을 측정 하였다. 제조 공전 단위당 생산되는 시간을 측정하였고, 투입되는 작업 인원 시간을 측정하여 제조 원가를 측정 하였다. 자동화 공정에서 작업자의 투입은 2인에서 무인으로 전환되었고, 부품 준비를 위한 시간이 0.5인 인건비로 계상하여 측정 하였다. 자동화 시스템 도입 후에는 연간 약 48,750천원 이상의 절감을 예상한다.

또한, 부품 망실 및 조립 불량으로 인한 공정 불량률을 검토한 결과 수작업은 0.20%, 자동화 시스템 도입 후 공정 불량률 0.00%로 품질 안정성이 높아졌다.

4. 결론

본 연구에서는 소방시설 내진 제품인 흔들림 방지 버팀대의 생산 공정에 대한 자동화 공정 기술을 개발하였다. 인력투입이 많은 수작업 조립공정의 제조 방식의 문제점을 도출하였다. 수작업 조립공정의 주요 품질 문제는 조립 불량에 의한 부품의 망실 또는 불량 부품 조립으로 인한 조립 불량 문제로 파악되어, 문제점 개선을 위한 자동조립 비전 검사등을 자동으로 수행하는 자동화 설비 설계 제작하여 결과를 분석하였다.

수작업 조립공정에서 일일 생산량은 3,840세트/8h이며, 자동화 시스템 도입 후 일일생산량은 5,630세트/11h로 46.6%의 생산성 향상이 되었다. 비전 시스템 검사를 통한 불량 부품 자동 배출로 불량 조립이 방지 되었으며, 조립의 자동화와 조립 후 비전검사로 부품 망실 및 조립 불량으로 인한 공정 불량률 검토한 결과 수작업은 0.20%, 자동화 시스템 도입 후 공정 불량률 0.00%로 품질 안정성이 높아졌다.

또한 반복 작업, 장시간 작업 등으로 작업자들의 피로 누적으로 발생할 수 있는 안전사고를 예방하고 고중량의 부품 운반으로 발생할 위험이 있는 근골격계질환을 예방하여 안전한 작업장을 구축하였다.

[후기]

본 논문은 인하대학교 제조혁신전문대학원 석사학위 프로젝트 진행과 학위논문 제출을 위해 발표한 논문입니다.

참고문헌

- [1] 이태호, 임의방향 진동의 감쇠기능을 갖는 면진형 배전반에 관한 연구, 2018년
- [2] 김길중, 비정형 구조물 배관의 내진해석 및 평가에 관한 연구, 2021년
- [3] 박시효, 공동주택 소방시설의 내진설계 개선에 관한 연구, 2017년
- [4] 오수연, 4방향흔들림방지버팀대의 구조 안정성 및 내진 성능 연구, 2022년
- [5] 한국소방산업기술원, 흔들림 방지 버팀대의 성능인증 및 제품검사 기술 기준, 2023년
- [6] 소방청, 소방시설 내진설계기준 해설서, 2022년
- [7] 국토교통부, 건축물 내진설계기준 (KDS 41 1700), 2019년