

건축물 외벽 도장을 위한 친환경 자동도장롤러 제안

최제호*, 김승한*, 조윤찬*, 남현우*, 진주완*

*건양대학교 재난안전소방학과

e-mail:wjdgur919@naver.com

Proposal of an eco-friendly automatic painting roller for painting exterior walls of buildings

JeHo Choi*, SeungHan Kim*, YunChan Jo*, Hyunwoo Nam*, JuAn Jin*

*Dept. of Disaster Safety & Fire fighting, Konyang Univ.

요약

도장 공사는 건축 또는 토목 구조물을 외부 환경으로부터 보호하고 건축미를 향상할 목적으로 도료를 칠하는 공사이다. 지난 10년간 아파트 단지 수와 등록 도장 업체는 꾸준히 증가하는 추세이다. 이는 도장 공사가 많아지며 공사에 따른 환경 문제도 같이 증가한다. 대표적으로 스프레이 방식을 사용할 경우 휘발성유기화합물(VOCs) 비산되며 매년 백만 톤 이상이 발생한다. 이에 따라 KCC, 노루페인트, 삼화페인트와 같은 기업들도 친환경 페인트 제품을 제작하는 등 환경에 대한 문제의식이 높아졌다. 본 논문에서는 도장 공사에서 사용할 수 있는 탈부착식 자동도장롤러를 제안한다. 이는 롤러를 활용한 기술로 비산먼지가 절감되고 롤러 헤드에 탈부착식 기술을 활용하여 드럼베이스, 나사산 구조물을 재활용하고 솔만 교체하여 폐기물을 최소화하여 도장 공사에서 발생하는 환경 오염 문제를 해결할 것으로 사료된다.

1. 서론

도장 공사는 건축 또는 토목 구조물을 외부 환경으로부터 보호하고 색채를 통해 건축미를 향상할 목적으로 도료를 칠하는 공사이다[1]. 공동주택 관리법 제29조 제1항에 따르면 5년 주기로 재도장을 권장하며 이는 구조물에 있어 반드시 필요한 공사이다[2]. 전국 아파트 단지 수는 2024년 10월 기준으로 전국 아파트 단지 수는 18,914단지이며 지난 10년간 32% (6,068 단지) 증가했다[3]. 또한, KOSIS 연도별 업종별 등록 현황 2024년 10월 통계에 따르면 11,224개의 도장 업체가 있으며, 지난 10년간 도장습식방수공사에 등록된 업체가 30%(3,744개) 증가했다 [4]. 통계와 같이 아파트가 증가함에 따라 건축물 도장 공사의 수요가 같이 증가하는 것을 알 수 있다. 하지만 도장 공사에 있어 비산먼지, 악취, 폐기물 발생 등의 환경피해 문제가 따르며 이에 따른, 작업 방식 개선 및 폐기물 절감 등의 환경 관리가 필요한 상황이다[5].

스프레이(뿜칠)를 사용하여 작업할 경우 롤러 방식에 비해 작업 속도가 빠르며 일정한 도막을 얻을 수 있다[6]. 하지만 휘발성유기화합물(VOCs, Volatile Organic Compounds)이 비산되어 인체에 피해를 주고 대기 중에 쉽게 증발하여 심각한 환경문제를 일으킨다[7]. 이에 따라, 환경부에서는 휘발성유기화합물의 비산먼지 발생을 줄이기 위해 2022년부터 대기

환경보전법에 따라 스프레이 방식이 금지되어 롤러를 사용하여 도장 공사를 해야 한다[8]. 따라서, 도장 공사에서 발생하는 환경 오염 문제를 해결하기 위해 작업 방식의 개선이 필요하다.

2. 이론적 배경

2.1 도장작업의 환경문제 분석

도장 작업에 사용되는 롤러는 플라스틱, 솔, 철재로 구성된다. 이는 작업 후 도료에 오염되어 재활용할 수 없어 모두 특수폐기물로 취급된다. 또한 스프레이 방식을 이용한 외벽 도장작업은 작업 과정에서 비산먼지를 발생하여 대기환경을 오염시킨다. 환경부 국가 미세먼지 정보센터에 따르면 (17~21년)국가 대기오염물질 중 휘발성유기화합물은 매년 백만 톤 이상 발생하며 이는 건설공사 및 건설 폐기물 재활용으로 인해 발생하는 비산먼지를 포함 수치이다[9]. 이에 따라, KCC, 노루페인트, 삼화페인트와 같은 기업들도, 보유하고 있는 친환경 페인트 제품이 증가하고 있으며 사회적으로 환경에 대한 문제의식이 높아진 것을 알 수 있다[10].

2.2 국내 및 해외 개발 사례

2.3 소결

자동도장 방식에는 롤러 및 기계를 이용하는 방식이 있다. 롤러를 이용한 방식은 도료를 롤러로 공급하여 롤러헤드에 골고루 도포하여 칠하는 방식이다. 기계를 이용한 방식은 페인트를 분사장치로 직접 분사하는 방식이다.

GRACO에서 제작한 압력 롤러 키트는 기존의 스프레이건에 장착할 수 있는 모델로 트레이에 담그지 않고도 연속적으로 작업이 가능하게 되어있다. 롤러 헤드 내부에서 페인트를 분사하여 롤러에 골고루 페인트를 묻히는 방식이며, 기존의 스프레이 건에 키트를 장착할 수 있게 하였다[10]. 레인트에서 제작한 에어리스 롤러 SR100-100은 내부 공급 시스템으로 롤러 전체에 페인트를 고르게 분산시킨다. 건을 당겨 페인트를 공급하는 방식으로 균일한 흐름으로 페인트가 떨어지는 것을 방지하도록 설계되어 있다. 레인트와 GRACO에서 제작한 롤러는 건을 지속적으로 눌러 페인트를 롤러 내부에 분사하는 방식이다[11].

[그림 1]은 국내에서 연구된 스프레이 자동 도장 기계이다. 한국로봇융합연구원에서 개발한 6축 로봇팔을 이용한 도장법은 로봇팔 끝에 페인트 분사 장치를 장착하여 균일하게 페인트가 분사되도록 하였다. 센서를 통해 도장하고자 하는 영역을 인식하도록 하였다[12]. 한국기계연구원에서 발표한 수직 외벽 스프레이 도장 자동화 시스템은 고층 건물에 사용하기 적합하도록 무인 원격으로 조정이 가능하다. 자동 제어 시스템을 통해 외벽 형태에 따라 작업을 진행한다[13]. (주)대화산기에서 발표한 건물 외벽 도장 장치는 고층 건물 외벽 스프레이 도장을 위해 만들어진 것이다. 곤돌라 시스템의 플랫폼에 장착되어 건물 외벽을 일정한 속도로 이동하면서 스프레이를 분사하는 방식이다[14].

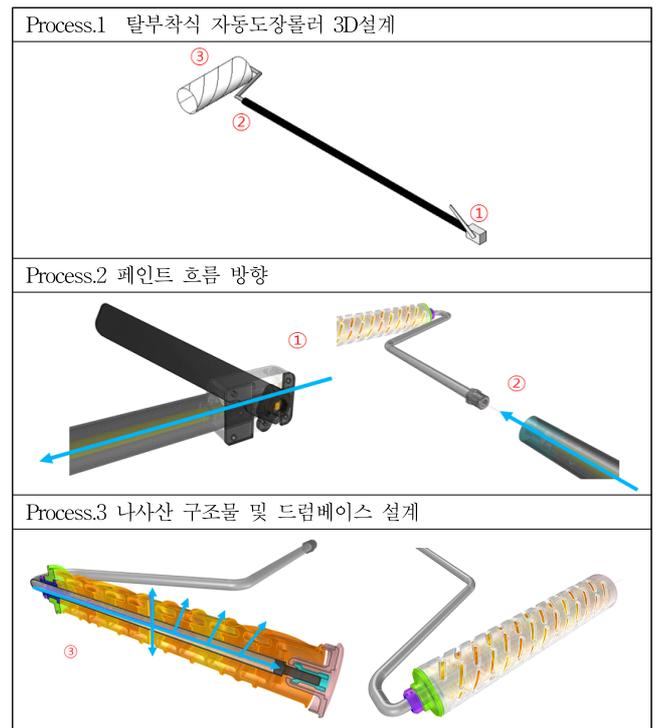
이처럼 자동롤러는 롤러방식과 기계방식이 있다. 하지만 GRACO화 레인트의 자동도장롤러는 건타입 벨브를 작업 중에 수시로 눌러줘야 하며 이는 고층 외벽 작업시 불편한 자세를 요구하게 된다. 또한 기계를 이용한 방식은 사각지대 및 창문 등 섬세한 장소에서 제약이 있을것으로 사료된다.

이에 따라 고층 외벽 도장에 사용 가능한 탈부착식 자동도장롤러를 제안한다.

3. 탈부착 도장 롤러 방식 제안

3.1 탈부착식 자동도장롤러 설계

[그림 2]는 본 연구에서 제안하는 탈부착식 자동도장롤러의 구조이다. Process. 1 은 롤러의 전체 모습이다. Process. 2 는 에어리스 펌프가 호스를 통해 ①건타입 유량 조절기로 도료를 유입시켜 ②롤러대 안에 있는 호스를 타고 롤러 헤드로 전달된다. Process. 3 에서는 ②로부터 유입된 도료를 ③나사산 구조물로 전달하여 도료가 한쪽으로 고이지 않게 하는 역할을 한다. 또한, 나사산 구조물을 감싸는 드럼베이는 도료가 일정하게 도포할 수 있도록 한다.



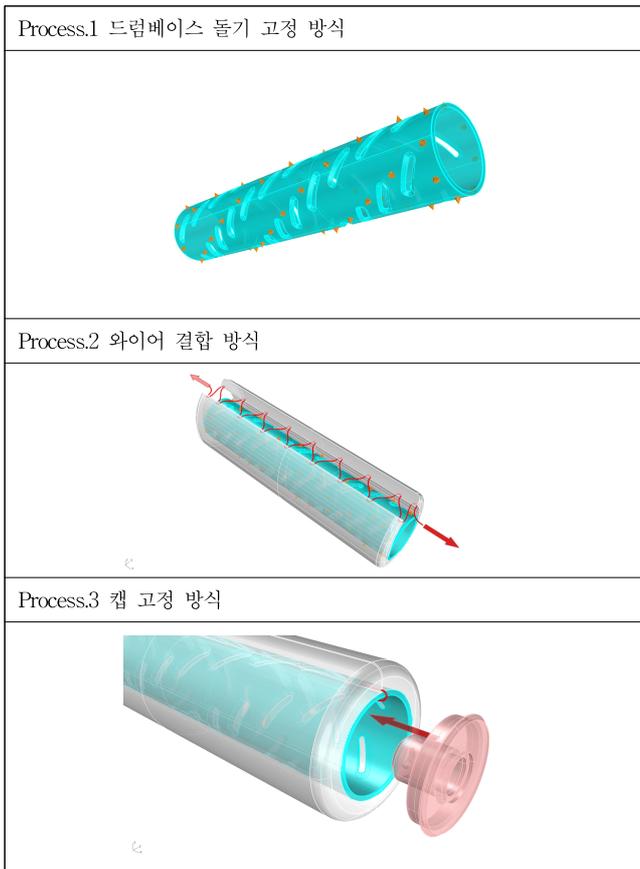
[그림 2] 탈부착식 자동도장롤러 3D설계

한국로봇융합연구원-6축로봇팔[12]	
한국기계연구원-수직 외벽 스프레이 도장 자동화 시스템[13]	
(주)대화산기-일렬분사용 건물 외벽 도장장치[14]	

[그림 1] 국내 스프레이 자동 도장 기계

3.2 탈부착 기술 구현

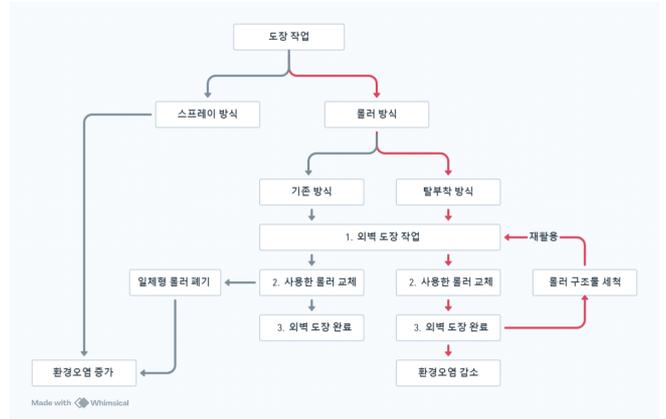
[그림 3] 탈부착식 롤러 헤드의 설계도이다. Process.1은 드럼베이스의 돌기가 솔과 얽여 1차 적으로 고정을 해준다. Process.2는 2차 적으로 솔을 와이어로 묶어 작업 중에 헛돌지 않도록 해준다. 이후 와이어를 드럼베이스 안으로 넣어 양 옆을 캡으로 고정하여 솔이 빠져나오지 않게 고정하여 탈부착 방식을 구현하였다.



[그림 3] 탈부착 방식 롤러 헤드 설계도

3.2 작업 프로세스

[그림 4]는 탈부착식 자동 도장 롤러를 사용했을 경우 도장 작업의 프로세스이다. 도장 작업 방식은 스프레이 방식과 롤러를 사용한 방식이 있다. 기존 방식은 외벽 도장 작업 후 사용한 롤러를 폐기하고 새로운 롤러를 교체하여 작업을 완료한다. 탈부착식 자동도장롤러는 기존 롤러 방식과 프로세스는 같지만, 사용된 롤러는 솔만 교체 후 롤러 헤드의 드럼베이스, 나사산 구조물을 세척하여 다시 작업장으로 가게 되어 폐기물을 절감시킨다.



[그림 4] 도장 작업에서 발생하는 환경오염 프로세스

4. 결론

전국 아파트 단지 및 도장 업체는 지난 10년간 계속 증가하는 추세이며 도장 작업의 수요가 계속 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 증가 추세에 따라 도장 작업 중 배출되는 대기 오염물질 또한 증가하고 있으며, 이에 대한 환경 관리가 필요한 상황이다.

도장 공사는 롤러를 사용하는 방식과 스프레이를 사용하여 작업을 한다. 두 방식은 도장 작업에 있어 반드시 사용해야 하지만 롤러를 사용할 경우 특수폐기물 처리 등의 환경적인 문제가 발생하며 스프레이 방식은 휘발성유기화합물이 비산되어 인체 피해를 주고 대기 중에 쉽게 증발하여 심각한 환경 문제가 발생한다. 따라서 이를 해결할 새로운 작업 방식을 고려해야 한다.

이에 본 논문에서는 도장 작업에 필요한 탈부착식 자동 도장 롤러를 제안한다. 건타입 유량 조절기를 통해 작업자가 필요한 만큼 도료를 자동으로 공급하여 일정한 품질과 작업의 효율성이 향상한다. 또한 카본 재질의 롤러 대는 무게를 낮춰 작업자의 피로도가 감소하여 작업 중 안전을 고려했고 롤러 헤드의 탈부착 방식으로 드럼 베이스와 나사산 구조물은 세척 후 재활용하여 환경오염을 최소화할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 고용노동부, “안전보건 실무 길잡이 건설업(도장공사)”
- [2] 공동주택 관리법, 제29조, 제1항
- [3] K-apr 공동주택 관리 정보시스템, “관리비 공개 의무단지 현황”
- [4] KOISIS, “연도별 업종별 등록현황”
- [5] 환경부, “비산먼지 저감을 위한 건물 외벽도장방식 연구”, pp. 36, 7월, 2020년
- [6] 함영복, “스프레이 도장용 고압 도료 펌프”, 유공압건설기계학회 학술대회논문집, pp. 173-174, 4월, 2014년

- [7] 서봉국, “휘발성 유기 화합물(VOCs) 처리 기술”, 한국환경과학회지, 12권, 제7호, pp.825-833, 7월, 2003년
- [8] 대기환경보전법 시행규칙, 별표 14, “비산먼지 발생을 억제하기 위한 시설의 설치 및 필요한 조치에 관한 기준”
- [9] e-나라지표, “대기오염물질 배출량”, 2021년
- [10] 장유하, “친환경 라인업 확대’R&D 투자 늘리는 페인트 업계”, 파이낸셜뉴스, 7월, 2023년,
<https://www.fnnews.com/news/202307121806018221>,
10월, 2024년
- [10] RAIN-T, “에어리스 롤러 roller SR100-100”,
<https://raints.co.kr/product/%EC%97%90%EC%96%B4%EB%A6%AC%EC%8A%A4-%EB%A1%A4%EB%9F%AC-roller-sr100-100/39/category/53/display/1/>,
10월, 2024년
- [11] GRACO, “압력 롤러 키트”,
<https://www.graco.com/kr/ko/homeowner/product/244512-graco-pressure-roller.html>, 10월, 2024년
- [12] 강민석, “6축 로봇팔을 이용한 건축물 내/외벽 도장 방법”, 대한기계학회 동역학·제어·로봇부문 2024년도 춘계 학술대회 초록집, pp. 204-205, 4월, 2024년
- [13] 함영복, “수직 외벽 스프레이 도장 자동화 시스템”, 한국생산제조시스템학회 2014 춘계학술대회 논문집, pp. 196, 4월, 2014년
- [14] 김대명, “건물 외벽 도장장치의 성능에 관한 연구”, 한국정밀공학회 2013년도 춘계학술대회 논문집, pp. 723-724, 5월, 2013년