

건식분말화/혼합장치의 모듈화 설계

김영환*·진재현*·윤지섭*·정재후*·홍동희*

Modular Design for the Dry Pulverizing/Mixing Device

Y. H. Kim, J. H. Jin, J. S. Yoon, J. H. Jung, D. H. Hong

Abstract

The authors have settled general modular design by analyzing related literatures, but general modular design are too massive to be applicable to all process devices. So, the common parts have to be selected, applied, and modified for the devices. We have chosen the dry pulverizing/mixing device for example. We have selected the target modules of this device such as flange, hinge, bolt, nut coupling. The remote assembling and disassembling possibilities of the selected modules have been analyzed from the viewpoints of visibility, interference, approach, weight and so on. We have presented final modular design proper to the target modules. The modular designs which have adopted the modular property been analyzed. The modular design points are comprised of common and unique points. Some points are common for several devices, such as bolt, flange and so on. Others are unique for each device, such as power transmission coupling. The experimental devices have been modified by these modular design points and the design drawings have been presented.

Key Words : the dry pulverizing/mixing device, modular requirements, modular design

1. 서 론

일반적으로 핫셀내에서 운용되는 장치는 고온과 고방사선의 영향을 받게 된다. 이러한 환경에서 동작하는 장치들을 설계할 때에는 장치의 고유기능 뿐만 아니라 유지·보수에 대한 요구사항도 고려하여야 한다. 모듈은 단순하게 정의하면 “여러 가지 부품들이 부위별로 정리되어 조립된 부품의 집합체”라고 할 수 있으며, 모듈화 설계는 실제적인 장치를 설계함에 있어서 부품들을 몇 개의

모듈로 구분(Grouping)하고, 이를 분해·조립의 최소 취급단위로 하는 기계적 형상을 설계하는 방법이다. 매니플레이터나 원격 조작기로 모듈의 분해·조립 작업을 수행할 수 있도록, 모듈들의 형상, 중량 및 결합부품을 원격작업에 적합하게 설계하는 방법이 모듈화 설계에 핵심이다. 매니플레이터의 끝단은 주로 집게 형태의 그리퍼(Gripper)가 달려있는데, 이것으로는 일반적인 형상의 물체를 파지(把持)할 수 없다. 그래서 매니플레이터가

* 한국원자력연구소 사용후핵연료기술개발팀

작업할 수 있는 형상을 갖도록 모듈의 형상을 설계해주어야 한다. 본 연구에서는 이러한 요건을 파악하고 장치 설계에 적용하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 본 론

본 연구에서는 건식분말화 혼합장치의 설계에 모듈화 설계안을 제시하는 것을 목표로 한다. 일반적인 모듈화 요건을 바탕으로 장치에 적용 가능한 모듈화 설계 방안을 제시한다. 본 연구를 수행하는 전체 연구흐름은 그림 1과 같다.

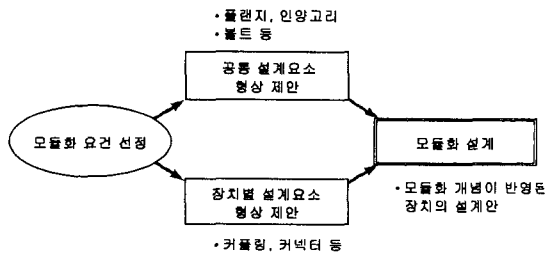


그림 1 모듈 설계안

건식분말화/혼합장치에 대한 고려대상 기준은 다음과 같이 공통적인 설계요소와 장치별 설계요소에 대한 설계안을 제시한다. 공통 설계요소는 장치마다 공통적으로 가지는 설계요소를 의미하며, 플랜지, 볼트, 너트, 커넥터 등에 대하여 원격 분해·조립을 고려한 설계안을 제시한다. 장치별 설계요소는 장치별로 지지용 브라켓등의 고유하게 갖는 설계요소를 파악하고 이에 대하여 모듈화 요건을 적용하여 원격 분해·조립이 가능한 설계 형상을 제안한다. 설계요소 파악을 위해서 본 절에서는 모듈설계에 있어서 고려해야 할 세부적인 내용을 다룬다. 먼저, 공통적으로 적용될 수 있는 설계 포인트를 정리하였으며, 다음으로 각 장치에 적용될 수 있는 세부적인 사항을 정리하였다.

공통 설계요소들은 다음과 같다. 플랜지는 배관이나 축이음에 유용하게 사용되는데, 원격취급을 편리하기 위해서 변형이 필요하다. 그림 2는 이러한 변형을 종합한 것이며, 상세한 내용은 다음과 같다. 플랜지 볼트는 이탈방지 특성을 갖도록 하고 가능하다면 스프링 하중이 작용하도록 설계한다.

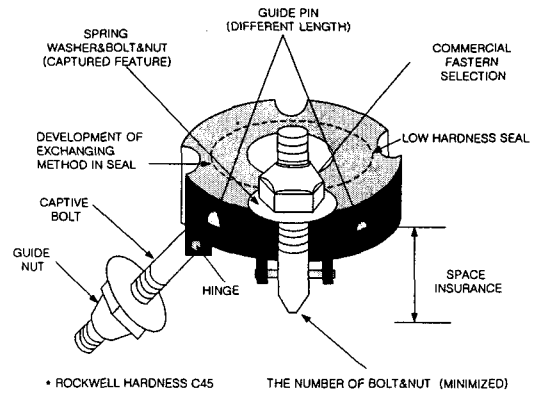


그림 2 플랜지 설계 제안

스프링 하중은 다른 볼트가 풀어지는 동안 진동 때문에 이전에 풀어진 볼트의 나사산 손상을 예방한다. 2개의 플랜지 접촉면의 원격 접속을 위해서는 가이드 핀이 필요하다. 2개의 가이드 핀의 길이는 서로 다르게 하는 것이 바람직하다. 상부에 볼트 헤드를 갖는 수평접속 플랜지는 수직접속 플랜지에 비해 원격취급이 용이하다. 만약 수직접속 플랜지가 필요하다면 적절한 위치에 점퍼/플랜지를 지지하는 방법을 갖춘다. 가이드 핀은 수직접속 플랜지를 적절한 위치에 지지하는데 사용되지는 않는다. 플랜지는 주기적으로 교체하여야 하는 쉘을 가지고 있으므로 쉘 혹은 쉘 접촉면을 손상시키지 않는 교체방법이 필요하다. 플랜지에는 볼트의 수를 최소화하는 것이 바람직하다. 고도의 기밀을 요하는 결합이 아니라면 3개의 볼트를 사용하는 것도 가능하다. 또한, 세부적인 체결절차 및 정교한 토크를 필요로 하는 볼트는 피한다.

인양고리는 단순한 고리를 통해서도 쉽게 취급이 가능하기 때문에 매우 중요한 요소이다. 또한, 하중이 큰 모듈은 크레인 작업만이 가능하기 때문에 더욱 중요해진다. 그림 3은 실제적인 인양고리의 적용예시이다.

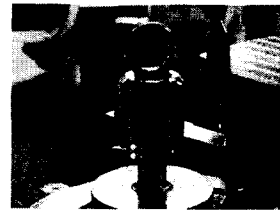


그림 3 인양고리 적용예시

그림 4, 그림 5 들은 인양고리의 여러 가지 형상을 보인 것이다. 이러한 기본형상을 바탕으로 필요에 따라 응용 및 변형 적용한다면 유용한 요소가 될 것이다

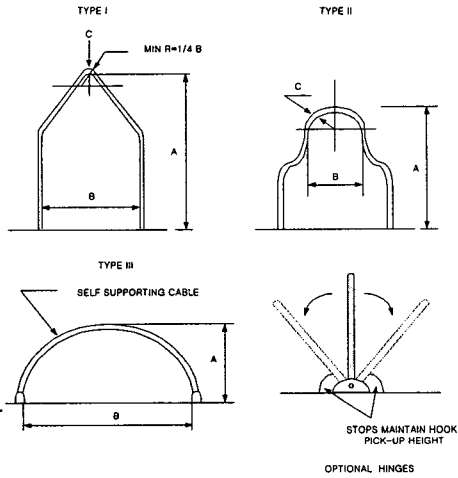


그림 4 인양고리 설계형상 예시(1)

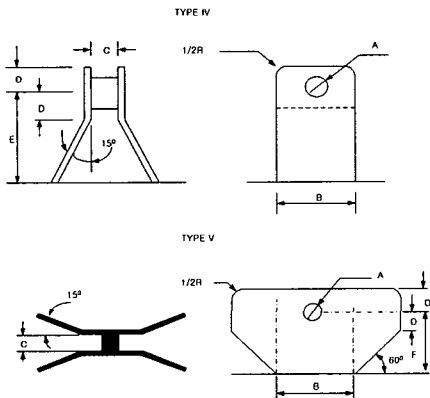


그림 5 인양고리 설계형상 예시(2)

체결용 볼트는 결합을 위해서 필수적인 요소이다. 표준화된 상용제품을 사용하는 것도 필요하지만, 원격 유지·보수 업무의 특성도 고려하여 설계하는 것도 중요하다. 그림 6과 같이 볼트는 이탈방지 특성(captive or captured)을 보유해야 한다. 즉, 체결전이나 해체후에도 볼트가 모듈에 붙어있어야 함을 의미한다. 이러한 특성이 없는 경우에는 체결전에는 모듈 이동후에 볼트를 하나씩 가져와야 하고 해체 후에는 하나씩 관리해야 한다. 플랜지에서 설명한 것처럼 볼트가 모듈(부품)

에 붙어있다면 이러한 비효율성을 제거할 수 있다.

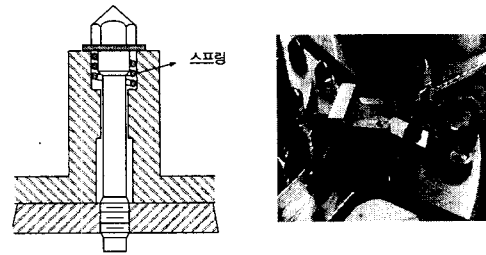


그림 6 이탈방지 특성을 보유한 볼트의 예시

건설분말화/혼합장치에 고유한 설계요소를 파악하고, 이에 대해 설계안을 제시한다. 몸체부에 부착된 공기 흡·배기 파이프와 Air vibrator는 압력계통과 연결되는데, 이 연결 커넥터를 쉽게 탈·착이 가능하도록 해야한다. 그림 7과 같은 윈터치 커플러형 커넥터는 이러한 요구사항에 적합하다.

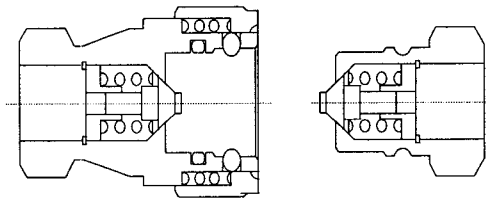


그림 7 윈터치 커플러형 커넥터

지지부에 부착된 브래킷은 몸체부의 위치를 안내 및 지지하는 역할을 하는데, 몸체부의 형상에 맞게 설계한다면 보다 안정적으로 몸체부를 지지할 수 있다.(그림 8 참고)

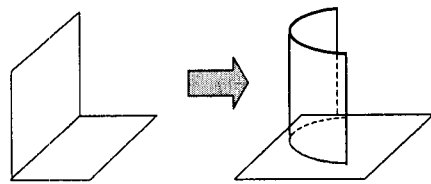


그림 8 지지 브래킷의 변형

몸체부 상단 플레이트의 열변형이 발생하기 때문에 이를 흡수할 수 있는 형상이 필요하다. 그래

서 그림 9 처럼 플레이트의 볼트체결에 의해 발생하는 구속조건을 완화시키는 형상이 필요하다.

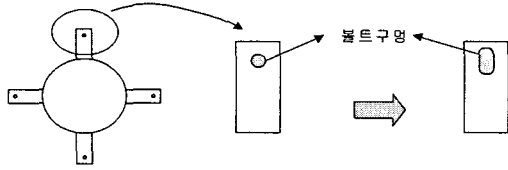


그림 9 열변형 흡수 형상

그림 10은 건식분말화/혼합장치 구성도이며, 원격 분해·조립을 위해 모듈화 요건의 적용이 필요한 몸체부의 설계요소 결과이고, 그림 11은 이에 대한 설계도면이다.

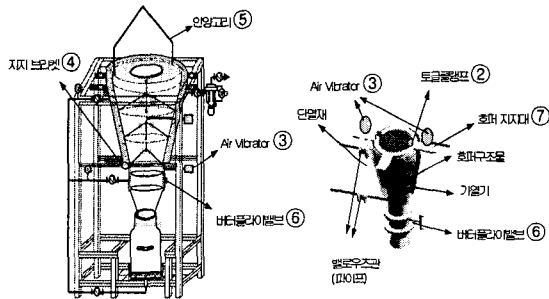


그림 10 원격 분해·조립을 위해 모듈화 요건의 적용이 필요한 몸체부의 설계요소

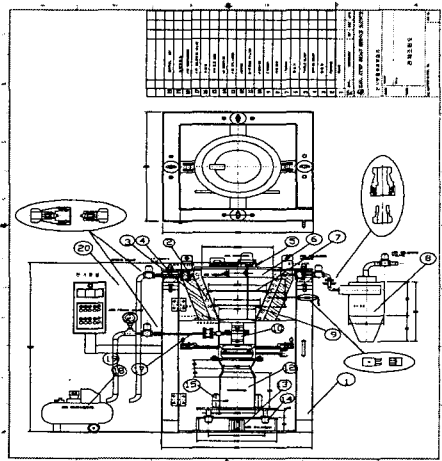


그림 11 모듈화 요건을 적용한 몸체부의 설계도면

3. 결론

선진 유지보수기술의 연구사례 분석을 통해서 건식분말화 혼합장치 장치의 모듈화설계에 필요한 일반적인 대상부품을 선정하였고, 실제로 적용될 건식분말화 혼합장치 장치의 주요부품에 대한 분석을 통해서 접근성, 열변형 특성, 분해/조립성 등을 분석하였다. 또한, 일련의 구조분석을 통해서 유지·보수작업에 필요한 특성을 도출하고 이에 대해 모듈화를 위해서 기본적으로 갖추어야 할 규약 조건들을 분석 제시하였다. 설정된 대상부품에 대한 동작 및 구조특성 결과를 건식분말화 혼합장치 장치의 모듈설계에 적용하였다. 공통적이며 기본적인 설계요소에 대해 제시된 모듈설계방안은 핫셀내의 다른 장치의 설계에도 유용하게 사용될 수 있다. 또한 반응시험 및 반응조건 도출을 목적으로 설계·제작된 시험장치의 여러 가지 설계요소들에 대해서, 보편적으로 적용 가능한 새로운 설계안을 제시하였다.

참고 문헌

1. 이호희, 이종렬, 윤지섭, 박성원, 노성기, 원격 유지보수 장비의 설계지침 (Design guidelines for remotely maintained equipment, ORNL, 1988), 한국원자력연구소, 기술보고서, KAERI/TS-32/97, 1997.
2. 서중석, 이호희, 오승철, 박성원, 노성기, 고방사능 차폐시설의 설계지침(I) (Design guidelines for radioactive material handling facilities and equipment), 한국원자력연구소, 기술보고서, KAERI/TS-25/97, 1997.
3. Peckner, D. and Bernstein, I., *Handbook of Stainless Steels*, McGraw Hill, 1977, p.18-5
4. 정재후, 김영환, 홍동희, 윤지섭, 진재현, 박기용, 서중석, 건식분말화/혼합장치 개발, 한국원자력연구소, 기술보고서, 2002.
5. C.T. Kring and S.L. Schrock, "Remote maintenance lessons learned on prototypical reprocessing equipment," *Proceedings of 38th Conference on Remote Systems Technology*, pp.23-27, 1990.