

화력발전소 흡입필터 세정용 급속 배기 밸브의 개발

정찬세⁺, 이형욱⁺⁺, 정영만⁺⁺⁺, 이창돈⁺⁺⁺⁺, 양순용^{*}
(논문접수일 2010. 2. 17, 심사완료일 2010. 6. 1)

Development of the Quick Exhaust Valve to Blowing the Intake Filter for the Thermal Power Plant

C. S. Jeong⁺, H. U. Lee⁺⁺, Y. M. Jeong⁺⁺⁺, C. D. Lee⁺⁺⁺⁺, S. Y. Yang^{*}

Abstract

The air suction filter of the power plant decrease the dust and impurities of suction air that reduce the life and efficiency of the boiler. The suction efficiency of the air filter falls with the dust and impurities when the time of use comes to be long. Therefore, the various contaminant of the filter must remove periodically. This paper presents a developed quick exhaust valve to use in the thermo-electric power plant. to removing contaminants on the filter, the blowing is done shortly by air pressure. The Air flowed out to the out side from the inside of the filter. The performance test of the developed valve is done by making a test-bench according to JIS and KS standards. The efficiency is found higher than the existing related valve.

Key Words : Air Filter(공기필터), Solenoid valve(솔레노이드 밸브), Diaphragm valve(다이어프램 밸브), Compressor(압축기), Cleaning system(세정시스템), Quick exhaust(급속배기), Pneumatic valve(공압 밸브)

1. 서론

발전소의 공기흡입 필터는 흡입 공기의 미세먼지를 걸러 발전용 보일러에 공급하여 보일러의 수명과 효율을 높인다.

흡입 공기 필터는 사용 시간이 길어지면 필터에 걸러진 미세 먼지와 불순물들로 인하여 흡입효율이 떨어지게 되어 정기적으로 필터의 각종 오염물질은 제거하여야 한다.

현재 국내의 화력발전소용 공기필터의 세정은 공기압으

+ 울산대학교 대학원 기계자동차공학과
++ (주)홍성정공
+++ (주)MS정밀
++++ 한구기계연구원
* 교신저자, 울산대학교 기계자동차공학부
주소: 680-749 울산광역시 남구 무거동 대학로 93

방로 Blowing 하여 오염 물질은 제거하게 되며, 이는 급속 배기 밸브를 이용하여 공기를 필터 내부에서 외부로 방출하고 공기의 충격 에너지를 이용하여 오염물질을 제거하게 된다. 국내의 경우 대부분의 발전설비가 원자력에 의존하고 있어 원자력 발전에 관련된 안전방출밸브 개발과 용량인증에 대한 연구 등이 활발하게 진행되고 있지만 화력발전소의 경우 설비가 노후되고 발전소의 위치가 해변에 위치하여 그에 따른 부식과 공기 누설 등의 문제가 발생하게 된다. 국내 관련 밸브 시장의 경우 대부분의 밸브를 수입에 의존하고 있고 소수의 경우 OEM주문에 의한 주문생산하고 있는 실정이다.^(1,2)

본 개발에서는 화력발전소 흡입필터 세정용 급속배기밸브의 제작과 관련하여 밸브 구조와 오리피스스의 크기에 따른 동작을 시뮬레이션 하고 JIS 및 KS 규격에 따라 성능 시험기를 제작하여 이를 기반으로 기존 제품의 성능 평가를 실시함으로써 높은 성능을 가진 제품을 개발하였다.

2. 모델링 및 설계

2.1 형상 설계

급속배기 밸브 몸체는 밸브에 작용되는 압력이 높더라도 누설이 없어야 하며 안정적으로 작동해야 한다. 이러한 조건을 고려하여 밸브 몸체의 단면도는 Fig. 1과 같다.

밸브몸체의 내압은 상부쪽으로 부터 플런저에 압력을 가하고 플런저가 배기구를 막게 된다. 따라서 압력이 높으면 높을수록 기밀성은 좋아지게 되며 낮은 압력에서도 안정적인 동작이 가능하도록 하였다. 또한 플런저의 개폐에 요구되

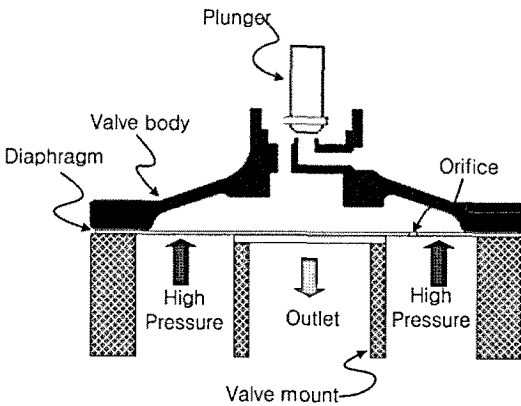


Fig. 1 A sectional view of valve body

는 힘이 작아 솔레노이드의 동작시 발생하는 소요 전력을 절감토록 하였다.

밸브의 유량특성은 유효단면적으로 나타낸다. 유효단면적은 유체가 오리피스를 통과할 때 실제 단면적보다 축소되는 면적을 말하며 식 (1)과 같이 계산할 수 있다.(KS B6347-1987)

$$S = \left\{ 12.9 \cdot V \cdot \frac{1}{t} \log_{10} \left(\frac{P_o + 1.03}{P + 1.03} \right) \right\} \sqrt{\frac{273}{T}} \quad (1)$$

- S 유효단면적[mm²]
- V 공기탱크용적[dm³]
- P_o 방출전탱크압력[MPa]
- P 방출후탱크압력[MPa]
- t 방출시간[s]
- T 방출전탱크내온도[K]

이를 통해 설계한 밸브의 사양은 표. 1과 같다.

2.2 회로 모델링

급속배기 밸브의 효율적이고 안정적인 동작을 위해서 밸브의 회로를 모델링 하였다. 밸브의 회로는 밸브몸체의 내압이 배기구를 막고 있는 플런저에 압력을 가함으로써 공기의 누설을 최소화 하고 솔레노이드의 소비전력을 최소화 하도록 하였다. Fig. 2는 밸브의 공압 회로도 이다.

급속배기 밸브는 다이어프램과 밸브몸체의 두 개의 오리피스가 동작 성능을 결정한다.

Table 1 Specification of Valve

<i>K_v</i> (flow coefficient)	31m ³ /h
<i>S</i> (effective area)	610mm ²

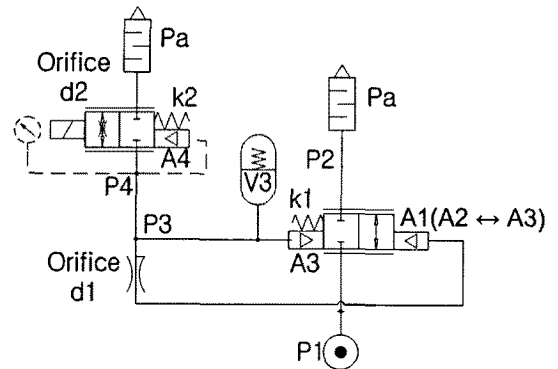


Fig. 2 Circuit diagram of valve

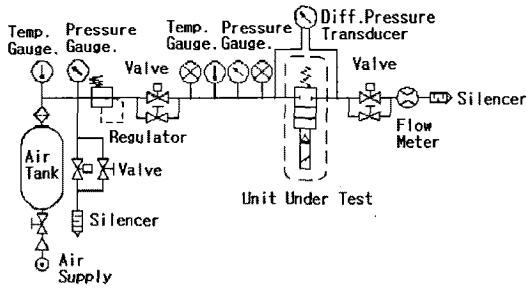


Fig. 3 Circuit of test bench

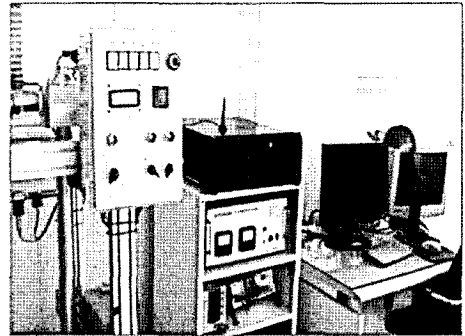


Fig. 5 Micro controller and PC

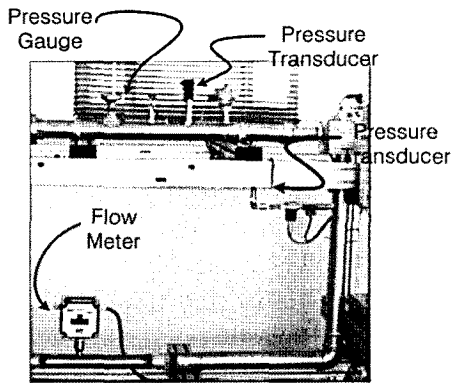


Fig. 4 Test bench

급속배기 밸브는 다이어프램 오리피스의 영향으로 몸체 내부의 압력과 밸브입구의 압력이 동일한 상태가 된다. 이때 솔레노이드에 전기가 인가되면 밸브 몸체내부의 압력이 급격히 낮아지면서 다이어프램이 상부로 움직이게 되고 밸브 입구와 출구사이 공간으로 공기가 방출되게 된다. 솔레노이드에 인가된 전류가 차단되면 플런저 스프링의 장력과 밸브 몸체내부의 압력이 높아지면서 발생하는 플런저를 누르는 힘으로 인하여 플런저가 배기구를 막게된다. 따라서 밸브 몸체 내부의 압력은 증가하고 다이어프램은 밸브 출구를 막게 되어 밸브가 닫히게 된다.

2.3 성능 시험기의 설계 및 제작

제품의 성능은 작동시험, 유량특성시험, 동작성능시험, 내압성시험, 내구성시험으로 나누어 수행하였다. 유량특성시험은 급속배기밸브의 특성상 밸브를 통해 배출되는 유량의 특성을 시험하고 분석하는 것이다. 또한 내구성 시험은 실제 사용 환경을 구현하여 반복적으로 작동함으로써 밸브의 내

구성을 검증하는 것이다. 이와 같은 시험을 수행하기 위해 성능 시험기를 설계하였으며, 성능시험기의 회로도도 제작된 성능시험기는 각각 Fig. 3, 4와 같다.⁽³⁾

성능 시험기는 공기 탱크와 배관 및 압력센서, 차압센서, 온도센서, 유량계로 구성되며 마이크로 컨트롤러를 이용하여 제어하고 PC를 통해 데이터를 수집하였다.

마이크로 컨트롤러는 성능 시험기의 모든 운용을 제어하는 것으로 각각의 운용 모드에 따라 자동으로 실행한다. 또한 PC는 LabVIEW를 기반으로 하여 시험과정 동안 각 센서로부터 출력되는 데이터를 수집하여 분석하는 역할을 한다. 성능시험기의 마이크로 컨트롤러와 PC는 Fig. 5와 같다.^(4,5)

마이크로 컨트롤러의 운용 모드는 수동과 자동으로 나눌 수 있다. 자동모드는 내구성 시험시 공기탱크의 압력과 밸브의 개폐 횟수를 계산하여 저장하고 탱크의 압력이 낮을 경우 시험을 중단하고 공기탱크의 압력을 충전한다. 수동 모드는 사용자가 원하는 조건에 따라 솔레노이드 밸브를 개폐하여 시험을 할 수 있다.

공기탱크의 용량은 JIS B 8390:2000 의 부속서 E에 따른 유량특성을 나타내는 유효단면적(S)의 시험을 위한 최소 탱크 용량이 821(liter) 이므로 한국산업안전공단에서 인증된 1000(liter)의 탱크로 선정하였다.

3. 시뮬레이션

급속배기 밸브의 동작에 가장 큰 영향을 주는 인자는 밸브 몸체와 다이어프램의 오리피스 직경이다. 따라서 시뮬레이션 프로그램을 통하여 각 오리피스의 직경에 따른 급속 배기 밸브의 개폐시간 및 동작을 AMESim 으로 모델링하여 시뮬레이션 하였다. Fig. 6은 AMESim의 모델링회로도 이다.

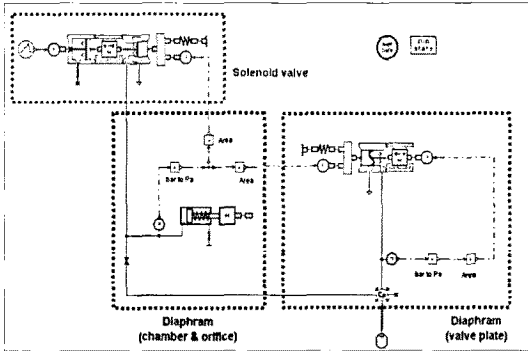
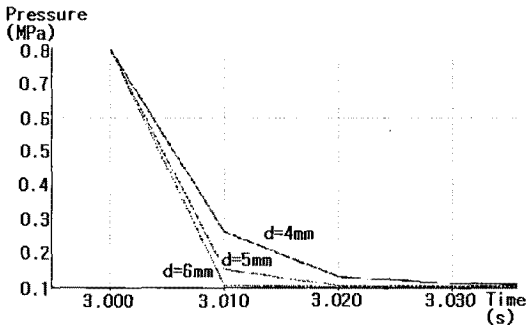


Fig. 6 Circuit diagram of AMESim modeling



(a) Opening time of valve for various orifice : d2

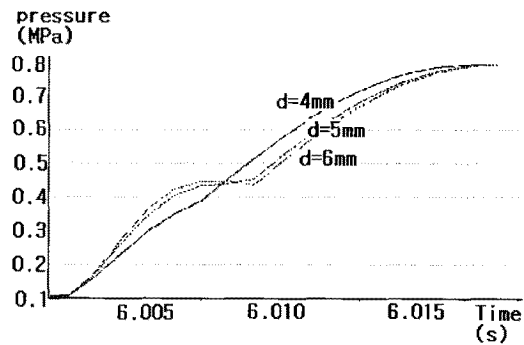
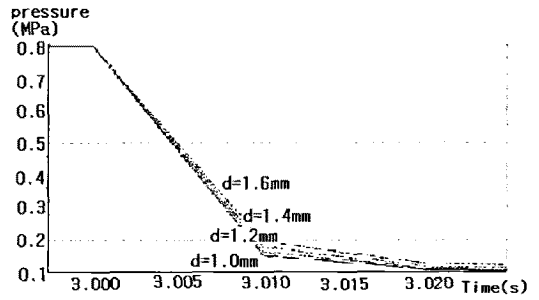


Fig. 7 (b) Closing time of valve for various orifice : d2

밸브바디의 오리피스의 직경은 그 직경이 클수록 밸브의 열리는 시간은 짧지만 닫히는 시간이 길다. Fig. 7은 밸브바디의 오리피스의 직경에 따른 밸브의 개폐시간을 시뮬레이션 한 결과이다.

밸브의 개폐에 따라 밸브 전후의 차압을 시뮬레이션 하여 밸브바디의 오리피스 직경이 클수록 밸브가 열릴 때 차압을



(a) Opening time of valve for various orifice : d1

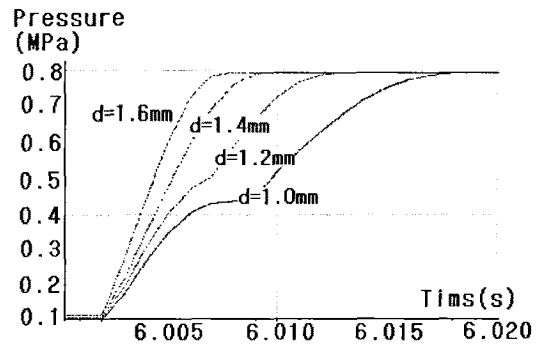


Fig. 8 (b) Closing time of valve for various orifice : d1

나타내는 그래프의 경사가 급하게 나타나고 이는 급격한 공기의 방출을 의미하므로 세정효과는 뛰어나지만 이후 닫힐 때는 밸브가 늦게 닫히므로 그에 따른 공기 손실이 발생함을 알 수 있었다.

다이어프램의 오리피스에 대한 시뮬레이션은 Fig. 8에 나타내었다. 다이어프램의 오리피스 직경이 크면 밸브는 늦게 열리고 빨리 닫히는 것을 알 수 있다.

다이어프램 오리피스의 직경에 따른 밸브의 열림시간은 큰 차이를 보이지 않지만 닫힘 시간이 큰 차이를 보인다. 이는 다이어프램의 오리피스가 클수록 밸브가 닫히기 시작했을 때 밸브 바디 내부의 압력은 급격히 증가하게 된다.

4. 실험결과

선정된 용량을 통해 밸브를 설계하여 그에 따른 성능 시험을 실시하였다. 시험은 밸브의 작동에 따른 차압 및 배관압을 측정하여 분석하고 반복 작동을 통한 내구성 시험을 실시하였다.

밸브 특성 시험은 밸브 작동에 따른 밸브 몸체의 내압과

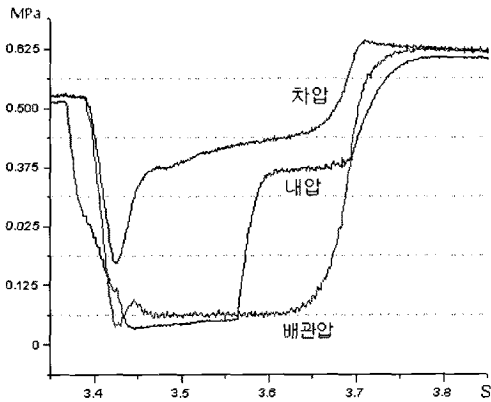


Fig. 9 Result of valve characteristic test

밸브 전후의 차압, 입구의 배관압을 측정하여 분석하였다. 압력에 따른 전류의 출력을 측정하여 밸브의 작동에 따른 각 데이터를 수집하였다. Fig. 9는 수집된 데이터를 기반으로 그래프로 나타낸 것이다.

밸브의 열림시간은 36ms로 이 같은 수치는 필터의 오염 물질을 제거하기에 충분한 공기의 용량이 된다. 닫힘 시간은 180ms 로 열림시간에 비하여 상대적으로 5배 정도 지연되었다. 이것은 다이어그램의 공간을 충전하는 시간이 포함된 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구를 통하여 화력발전소 흡기 공기필터 세정용 급속 배기밸브에 대한 기초개념과 성능시험설비 구축방안을 제시 하였고 용량인증기관 및 용량인증제도 방안이 제대로 정립 되지 못한 단계에서 기초 지식 및 관련규정을 확립할 기반을 구축한 성과와 함께 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 화력발전소 흡기 공기필터 세정용 급속 배기밸브의 성능 평가에 대한 각종 설비를 구축하였고 제작하였다.
- (2) 시뮬레이션을 통하여 밸브의 거동특성을 살펴 보았다.
- (3) 특성실험을 통하여 설계된 밸브는 열림시간 36ms, 닫힘 시간 180ms 임을 확인하였다.

참고문헌

- (1) Kim, C. S., Roh, H. S., Kim, K. T., Kim, J. H., and Kim, J. S., 2005, "Experience for Development and Capacity Certification of Safety Relief Valves," *Korean Fluid Machinery Association*, Vol. 8, No. 5, pp. 16~25.
- (2) Kim, C. S., Kim, K. T., Kim, J. H., Jang, K. J., and Hong, K. S., 2003, "The Development of Safety Relief Valve for Nuclear Service," *The Korean Society of Mechanical Engineers, Annual Spring conference*, pp. 629~636.
- (3) Kim, D. J., Kim, M. K., and Hong, M. S., 2004, *Engineering of Air Pressure*, Books-Hill, Seoul, pp. 189~258.
- (4) Kwack, D. Y., 2008, *LabVIEW Easy Powerful Open*, Ohm, Seoul, pp. 255~408.
- (5) Kim, H. G., Chung, W. J., Ju, J. H., and Cho, Y. D., 2008, "Development of a Measurement System for High-Speed Spindle Displacement," *Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 17, No. 6, pp. 8~13.
- (6) Yun, S. N., Ryu, J. S., Han, Y. B., and Jo, J. D., 2003, "A study on Characteristics Improvement of On-Off Solenoid for Pneumatic," *The Korean Society of Automotive Engineers, Annual Spring conference*, pp. 1152~1157.