

중공사 분리막 미세공 측정을 위한 장비의 개발과 표준화

이용상, 선 향, 강혜정
기술표준원 화학부 섬유과

Development for measuring poresize & distribution of H/F membrane and standardization

Yongsang Yi and Hyang Sun and Hye Jung Kang
Agency for Technology and Standards, MOCIE, Seoul, Korea

1. 서 론

오늘날 가정용 정수기, 산업용 필터 산업, 공기정화용 필터 산업등 분리용 장비의 급속한 보급으로 분리막 시장의 수요와 규모가 기하급수적으로 증가하고 있음에도 불구하고, 분리막의 성능을 직접적으로 평가할 수 있는 장비는 부족한 실정이다. 본 연구를 통하여 미세다공성 물질의 미세공 크기 및 분포 측정뿐만 아니라 분리막 사용시의 life time을 예측할 수 있는 장비를 개발하였다. 지금까지의 미세공 측정은 일반적으로 수은을 미세공사이에 통과시켜 그 양이나 흐름속도를 측정하는 장비가 대부분이었으나 본 연구는 비수은계 물질을 사용하여 미세공 측정을 할 수 있는 장비를 개발함으로써 실험의 안정성을 확보하고 품질 관리를 용이하게 하였다.

2. 이 론

본 연구를 통해 개발된 기기는 다기능 입출력보드를 사용하였다. 즉, 아날로그 신호수집, 분석 및 저장, 디지털 신호 제어를 통한 기기 제어에 이용되어 원하는 알고리즘을 수행하는데 사용되었다.

2.1 분석 알고리즘

Bubble point 시험은 시편이 갖는 최대 미세공의 크기를 측정하는데 이용된다. 먼저 표면장력을 아는 침지액에 시편을 충분히 침지시켜 시편에 있는 모든 미세공에 침지액을 채운다. 시편을 시편고정기에 고정시킨 후 시편의 한쪽 면에 공기의 흐름을 일정하게 유지시켜 압력을 증가시킨다. 각 미세공들은 그 크기에 따라 침지액과 이루는 표면장력이 각각 다르며 최대미세공에서 최소 표면장력을 갖고, 최소미세공에서 최대 표면장력을 갖는다. 즉, 증가하던 압력이 최소표면장력보다 커지게 되면 침지액이 미세공밖으로 밀려나면서 공기의 흐름은 증가하고 압력은 감소되는 현상을 보인다. 이때를 Bubble point 라고 말하고 그때의 압력을 측정하여 미세공의 크기를 아래식에 따라 계산한다.

$$d = C \times \frac{\tau}{P}$$

d : 최대 미세공의 지름(μm) C : 침지액에 따른상수

τ : 침지액의 표면장력(dyne/cm) P : Bubble point 압력

미세공의 분포는 동일한 시편을 건조상태에서 압력을 단계별로 증가시켜 압력의 변화에 따른 공기흐름의 변화를 측정하고 이를 Dry curve라고 한다. 그 다음 시편을 표면장력을 아는 침지액에 충분히 침지시킨 후 동일한 방법으로 측정하는데 이를 Wet curve 라고 한다. 이 두 데이터를 이용하여 분포를 계산할 수 있고, 평균 미세공의 크기는 1/2 Dry curve와 Wet curve의 교점을 찾고 그 압력을 이용하여 계산한다.

2.2 데이터 수집 및 기기 제어

개발된 계측기는 Figure 1과 같이 하드웨어인 미세공 측정장비와 이를 제어하는 소프트웨어 그리고 이들을 연결해주는 인터페이스 장비로 구성되어 있다. 하드웨어에는 디지털 입력 신호를 필요로 하는 압력 밸브와 스텝모터가 있고, 전압신호(0~5V)를 출력하는 압력센서 1개와 흐름센서 3개가 있다. 이들 부품들의 제어 및 신호 수집을 위하여 다기능입출력 보드가 필요하고 하드웨어와 보드를 물리적으로 연결하기 위하여 커넥터 블록이 필요하다. 본 연구에서는 아날로그 신호 수집과 스텝모터 제어를 위하여 PCI-6032E를 이용하였고, 압력밸브 제어를 위하여 PCI-6503을 이용하였다. 소프트웨어는 인터페이스 장비(다기능입출력보드 및 커넥터 블록)를 이용하여 하드웨어에 제어신호를 출력하고 하드웨어로부터의 전압측정값을 입력받는다.

3. 개발

3.1 하드웨어 개발

제작된 하드웨어는 Figure 2와 같이 구성되어 있다. 일차적으로 air in 밸브를 통과한 공기는 그 흐름 및 압력을 조절하는 레귤레이터와 이것을 정밀하게 제어하기 위한 스텝핑 모터에 의해 제어된다. 이렇게 제어된 공기의 흐름은 흐름센서의 범위에 따라 Bubble point 흐름센서, Low flow 흐름센서, High flow 흐름센서 방향으로 선택적으로 보내지게 된다. 이것은 각 흐름센서 전단에 부착된 솔레노이드 밸브를 선택적으로 구동시킴으로써 가능하다. 이렇게 흐름센서를 통과한 공기는 시편고정기에 이르러 시편에 압력을 가하게 된다. 이 압력은 시편고정기 전단에 위치한 압력센서에서 측정된다. 레귤레이터의 정밀제어에 사용된 스텝핑 모터의 장점은 단위각 움직임이 가능하고 초기 기동토크 또한 DC 모터에 비해 우수한 성능을 보인다. 즉, Bubble point 측정시의 미세한 공기압의 증가에 만족하는 운전조건을 제공하며 제어 또한 기존의 위치지시기에 의존하는 방식을 벗어나 펄스의 개수로 제어함으로써 직접적이고 정밀한 제어가 가능하였다.

3.2 가상계측기의 개발 (소프트웨어 및 인터페이스)

제작된 하드웨어를 제어하는 소프트웨어인 프로그램과 하드웨어와 소프트웨어를 연결시켜주는 MIO Board 및 Digital I/O Board를 통칭하여 가상계측기라고 부른다. 이는 초기 개발단계에서 각 부품의 특성 조사 및 제어 기술 그리고 기본 알고리즘의

개발을 위한 하드웨어와 소프트웨어의 통합된 상태를 말한다. 이를 위하여 National Instrument사의 G(graphical Language) 언어인 LabVIEW를 사용하였다.

3.2.1 제어개념 및 인터페이스

1차적으로 제어대상과 모니터링 대상을 분류한다. 제어대상은 스테핑모터와 각종 밸브류 이다. 모니터링 대상은 흐름센서와 압력센서 이다. 2차적으로 제어대상과 모니터링 대상을 세분화 한다. 제어대상 중 스테핑 모터는 MIO Board의 Counter 기능을 이용한 지연펄스 발생기능을 이용하고, 밸브류는 skinner 밸브와 일반 solenoid 밸브 Two-way Selector 밸브로 세분화 한다. 각각은 Digital I/O Board의 특정 포트 로 각기 다른 이진 패턴을 출력함으로써 제어된다. 모니터링 대상은 모두 0~5VDC 출력을 함으로 별다른 조작 없이 터미널 블록에 연결된다. 전동 밸브의 제어는 Digital I/O(PCI-6503)의 A port를 이용하며, 하나의 port는 8-bit로 구성되어있다. 각각의 밸브들은 한 bit 값을 갖으나 V6,V7은 skinner 밸브이므로2개의 bit씩을 갖는다. 제어시에는 필요한 밸브의 동작 bit를 1(high)로 하고 나머지는 0(low)으로 한다. 일반 솔레노이드 밸브들의 조합인 경우는 간단하지만 본 기기와 같이 skinner 밸브가 공존하는 경우에는 세심한 주의가 필요하다. 일반 normal close 타입의 솔레노이드 밸브의 경우 장시간개방을 원할 경우 단순히 계속적으로 high 상태를 만들기만 하면 된다. 그러나 이러한 제어는 밸브의 열 발생에 의한 오동작과 손상을 초래할 수 있다. 이러한 단점을 보완한 V7이나 V6과 같은 skinner밸브는 열 발생에 의한 오동작 및 손상의 우려가 없는 대신 한 동작이 더 필요하다. 이러한 경우 해당 Bit 모두를 low 상태로 만들어 이러한 문제를 방지한다. 스테핑 모터의 제어는 모터에 연결된 드라이버에 제어신호를 출력하면 드라이버가 모터를 구동함으로써 가능하다. 본 모터에 사용된 드라이버는 2가지 방식의 제어방식을 지원하는데, 그 중 하나는 2펄스 제어방식으로서 각각의 펄스가 각기 다른 회전방향을 갖는 펄스를 드라이버에 입력함으로써 시계방향 반 시계방향의 회전운동을 가능하게 한다. 나머지 하나는 1펄스 1방향 방식이다. 이것은 운동 신호와 방향신호가 분리된 방식으로 원하는 방향으로의 회전을 명령할 수 있는 디지털 입력신호를 지원한다. 두 방식의 차이는 진행하던 방향과 역방향으로 운동을 시킬 때 필요한 시간이다. 2펄스 방식이 1펄스 1방향 방식 보다 20 μ s 빠르게 방향을 전환할 수 있다. 그러나 본 기기에서는 급 역회전 운동이 필요치 않으므로 제어자원을 아낄 수 있는 1펄스 1방향 방식을 채택하였다.

4. 결과 및 결론

레귤레이터 제어 특성은 다음과 같다 (Figure 3). 위의 결과는 0.18°의 단위각을 갖는 스테핑 모터를 레귤레이터에 1:1의 기어비로 연결시키고 단위각으로 회전을 시켰을 때의 압력 변화이다. 위에서 보이는 바와 같이 단위각 회전에 따른 평균 공기압 증가는 0.04 psi 였고 그 표준변차는 0.0073으로서 스테핑 모터에 의한 정밀한 제어가 가능함을 보여준다. 또한, 변화의 선형성 역시 mse(Mean Square Error)의 값이 작으로 높은 선형성이 증명된다. 그러므로, 이를 이용한 분리막의 시험은 보다 높은 정밀도와 재현성을 보일 것을 기대하고 있으면 표준 시편을 이용한 실험 및 calibration 작업을 통해 표준화된 시험 방법을 제정할 것이다.

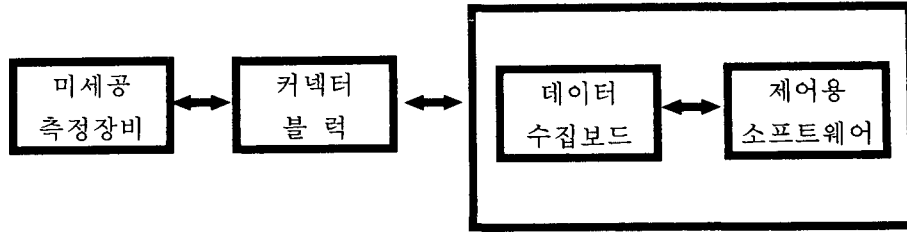


Figure 1. 미세공 측정 장비 전체 구성도

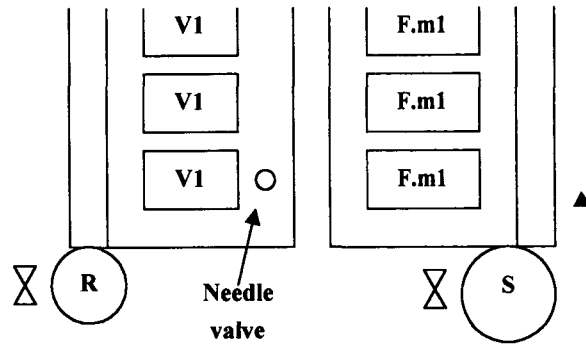


Figure 2. 하드웨어 구성도

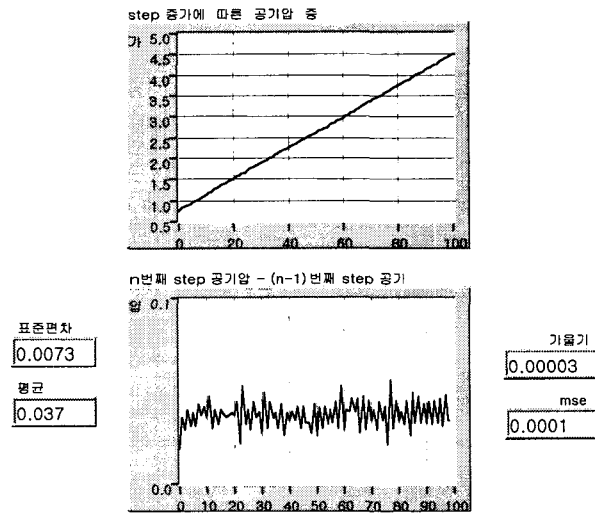


Figure 3. 레귤레이터 제어특성 실험결과