

터빈 유량계의 스피타임시험

허재영* · 이승준**

1. 서 론

터빈 유량계는 구조도 복잡하고 또 구동 부위가 있기 때문에 사용 중에 특성이 변할 수 있으며 이러한 이유로 세심한 주의를 기울여 운영을 해야 하고^{(1),(2)} 적정한 주기의 교정을 통해 지속적으로 성능을 입증하여야 한다. 교정 주기가 길 경우에는 교정 이외에 현장에서 유량계의 이상 유무를 수시로 확인하는 작업이 필요하다.

유량계의 성능을 점검하는 방법 중 각종 국제규격에

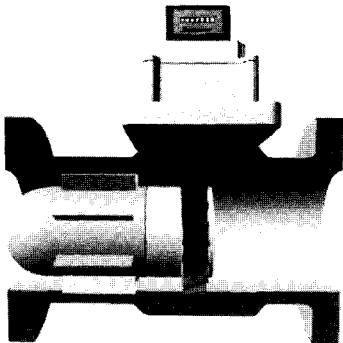


Fig. 1 터빈 유량계의 구조

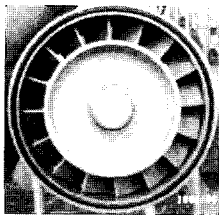


Fig. 2 터빈 날개

그 개념이 수록되어 있고, 비교적 간단한 방법으로 활용할 수 있는 것이 스피타임시험으로, 낮은 유량 통과 후 유량계의 동작이 완전히 멈출 때까지의 시간을 측정함으로써 유량계의 기계적 마찰 특성을 점검하는 절차이다.

제작사 별로 또 같은 제작사라 하더라도 모델 별로 시험 절차와 결과가 모두 다르므로 통일된 기준을 적용할 수 없음을 물론이고, 주의를 기울이지 않을 경우 잘못된 방법의 적용으로 인해 잘못된 결과를 얻게 되어 소기의 시험 목적을 달성하지 못할 우려가 크다. 따라서 이의 방지를 위해서는 스피타임시험 전반에 대한 정리를 통해 시험 방법 및 판정 기준을 정립하는 것이 반드시 필요하다.

여기서는 먼저 스피타임시험과 관련된 국제 규격과 제작사 자료 전반을 검토하고 시험에 영향을 미치는 여러 가지 인자들에 대한 실험을 통해 그 영향의 정도를 규명하고, 그 결과를 토대로 시험 절차에 대한 일체의 내용을 소개함으로써 터빈 유량계의 스피타임시험의 체계를 확립코자 하였다.

2. 표준규격서의 관련 내용

터빈 유량계의 표준규격서에 규정되어 있는 스피타임시험의 관련 내용을 요약하면 다음과 같다.

2.1. ISO 9951⁽³⁾

스피타임시험은 이전에 수행되었던 검사와 비교하여 유량계 내에 존재하는 기계적 마찰의 변화 여부를 판명할 수 있다. 만약 기계적인 마찰이 크게 변하지 않았거나 유량계 주변이 청결하거나 유량계 내부에 손상이 없을 때 유량계는 정확도면에서 변화가 없다. 기계적인 마찰이 심각할 정도로 증가하면 저속에서 유량계의 정확도는 감소한다. 회전시간의 대표적인 값은 구매자의 요구에 따라 제작사가 제공한다.

* 한국가스공사 연구개발원
E-mail : jyher@kogas.or.kr
** 한국가스공사 연구개발원

스핀타임시험은 정상운전 위치에서 측정기구에 통풍이 없는 곳에 실시한다. 터빈 날개는 적절한 속도로 회전한다. 대략적으로 최대유량에 상응하는 정격 속도의 1/20 이상이어야 하며 시간은 처음 회전할 때부터 터빈 날개가 정지할 때까지 측정한다.

스핀타임시험은 최소 3번 반복 실시하고 평균시간을 채택한다. 회전시간이 감소하는 일반적인 이유는 터빈 날개의 축 베어링 마찰이 증가하기 때문이다. 과도히 기름을 친 베어링, 낮은 주위온도, 통풍, 부속품의 부착 등은 기계적 마찰에 영향을 준다.

2.2. AGA Report No.7⁽⁴⁾

스핀타임시험으로부터 유량계 구동부의 기계적 마찰에 대한 변화 여부를 알 수 있다. 스핀타임시험 결과가 유량계의 정확도를 나타내지는 않는다. 기계적인 마찰이 심각할 정도로 증가하면 저속에서 유량계의 정확도가 감소한다. 유량계의 최초 스핀타임시험 결과는 제작사가 제공한다.

스핀타임에 변화가 생기는 일반적인 이유는 구동부 베어링의 마찰이 증가하기 때문이다. 하지만 주목할 것은 스핀타임에 영향을 끼칠 수 있는 다른 부속품들, 즉 기어나 판독장치가 존재한다는 것이다.

부속품이 설치되었을 때, 과도한 마찰이 발생하지 않도록 주의를 기울여야 한다. 부과된 부하를 결정하기 위한 좋은 방법은 모든 부속품을 설치한 후 스핀타임시험을 실시하는 것이다. 스핀타임시험 결과가 제작사의 규정 범위에 벗어나면 부속품을 제거하여 스핀타임시험을 재실시한다. 설치 초기에 그리고 사용 중에 주기적으로 스핀타임시험을 실시하여 기록된 스핀타임과 비교하여야 하며, 이를 통해 부속품이 장착된 전체 구성 상태의 기계적 마찰을 확인하여야 한다.

스핀타임시험을 하기 전에 윤활유를 주입할 수 있는데 이때에는 과도한 오일이 없어도 수 분간 운전시켜야 한다. 윤활유를 주입하는 방법은 여러 가지가 있다. 가장 선호되는 방법은 공급압력 이상으로 압력을 주어 주입하는 것이다. 압력 시스템이 없는 경우에는 윤활유의 자중을 이용하는 방법도 사용할 수 있다.

2.3. EN 12261⁽⁵⁾

ISO 9951의 내용과 같음.

3. 제작사 별 시험 방법

공장에서 출하될 때 제작사 별로 각기 다른 방법으로 시험을 진행하여 시험 결과를 제공하며 나중에 이 시험 결과와 비교해야 하기 때문에 같은 시험 방법을 사용해야 한다. 여기서는 몇 개 사의 시험 방법이나 제작사 별 특이 사항을 정리하여 시험이 어떤 방식으로 진행되었는지 개략적으로 소개하고자 한다.

3.1. A 사

A사에서 제시하는 절차는 AGA Report No. 7 section 9.3에 의거한 절차에 따른다.

- ① 유량계를 배관으로부터 분리하여, 바람의 영향이 없는, 수평한 곳에 놓는다. 이때, 유량계 입구 쪽과 출구 쪽은 적어도 1.5m의 열린 공간이 있어야 한다.
- ② 유량계 터빈 날개의 속도를 에어건을 이용하여 천천히 증가시킨다. 에어건을 쏘는 지점은 그림과 같으며 에어건의 조건은 다음 표와 같다. 유량계의 속도가 더 이상 증가하지 않으면 그 상태에서 약 1분간 더 압축공기를 공급하여, 일정한 속도가 되도록 한다.

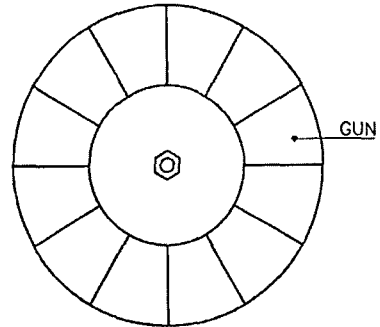


Fig. 3 에어건의 위치

Table 1 에어건의 조건

공급압력	0.7 MPa
에어건의 입구 직경	2 mm
에어 호스의 내경	6 mm

터빈 유량계의 스피타임시험

- ③ 압축공기의 중단과 동시에 시간을 재기 시작한다.
- ④ 터빈 날개가 돌던 방향으로 완전하게 멈출 때 시간 재기를 멈춘다.
- ⑤ 상기 ②~④번을 3회 반복하여 평균을 구한다.

3.2. B 사

스핀타임시험 결과는 유량계 선적에 앞서 제작사에 의해 수행되고 기록되어진다. 유량계를 설치하기 직전에 다시 시험하여 결과를 비교하고 기록한다. 시험은 상대적으로 통풍이 없는 환경조건에서 수행한다.

시험 절차는 다음과 같다.

- ① 내부 메카니즘을 유량계로부터 분리하여 주위 온도와 동일할 때까지 놓아둔다.
- ② 스톱와치를 터빈 날개에 빠른 회전이 주어짐과 동시에 작동시킨다.
- ③ 터빈 날개가 완전하게 멈출 때까지의 시간을 "Spin down time"이라 한다.
- ④ 베어링에 결함이 생기거나 베어링에 때나 슬러지가 쌓이면 상당한 시간 손실이 생긴다.

Spin down time에 손실이 생겨도 이 유량계가 반드시 더 이상 정확하지 않다는 것은 아니다. 이것은 유량비가 감소되었거나 최소 유량에서 정확도가 떨어진다 것을 의미한다.

3.3. C 사

스핀타임시험은 최대 유량의 30% ~ 50%에서 터

빈 날개를 회전시키고 나서 완전히 멈출 때까지의 시간을 측정한다. 통풍이 없는 곳에서 수행해야 하고 유량계의 온도는 20℃~30℃ 이어야 하며 유량계는 수평을 유지해야 한다.

스핀타임시험은 현장에서 터빈 유량계를 손쉽게 빨리 검사할 수 있는 방법으로 손상 여부를 확인할 수 있다. 그럼에도 불구하고 입증된 교정 성적서를 대치할 수 있을 만큼 충분히 정확하지는 않다. 이 시험은 EN 12261의 절차에 따라 진행된다.

3.4. D 사

시험 위치는 통풍이 없는 대기압 조건으로 온도는 15℃~30℃이어야 하며 HF pulser (터빈 유량계에는 자기진단기능용으로 회전수에 비례하는 2개의 펄스 신호가 발생하도록 제작한다. 펄스 수가 큰 것을 HF, 작은 것을 LF라 한다.)가 장착된 터빈 유량계이어야 한다. 시험 절차는 다음과 같다.

- ① 터빈 날개를 최대유량의 20%까지 압축공기를 이용하여 회전시킨다. 유량 모니터나 Scope (터빈 매뉴얼상의 최대유량에서 주파수 값)를 이용해서 유량을 조절한다.
- ② 터빈 날개가 완전히 멈출 때까지 시간을 측정한다. 스피타임이 최소 시간보다 길면 유량계는 정상적으로 작동됨을 의미하며, 최소 시간보다 짧으면 주 베어링이 손상되었으므로 검사해야 한다.

Table 2 국제 규격에서 제시한 기준과 각 제작사 별 절차 비교

규격 및 제작사	국제 규격	A 사	B 사	C 사	D 사
회전 부가 방법	구체적 언급 없음	압축공기	손가락	압축공기	구체적 언급 없음
주위 온도	"낮은 주위 온도" 방지	구체적 언급 없음	구체적 언급 없음	15℃ ~ 30℃	20℃ ~ 30℃
최대 회전 속도	최대 유량에 상응하는 정격 속도의 최소 1/20	최대 유량의 10% 또는 그 이상	구체적 언급 없음	최대 유량의 20%	최대 유량의 30% ~ 50%
관련 규격	· ISO 9951 · AGA R. No. 7 · EN 12261	AGA R. No. 7 절차	-	-	· EN 12261 절차 · ISO 9951 절차
스핀 타임 결정	최소 3번 반복 실시 후 평균시간 채택	최소 3번 반복 실시 후 평균시간 채택	구체적 언급 없음	구체적 언급 없음	최소 3번 반복 실시 후 평균시간 채택

4. 스피너임시험에 미치는 요인

4.1. 회전 부가 방법

각 제작사가 제시하고 있는 회전 방법을 보면 질소나 공기의 압축된 기체, 손가락 힘을 사용하는 등 다양한 방법이 제시되고 있고, 회전 속도도 다양하다.

회전 부가 방법에 따라 회전 속도가 올라가면 회전이 지속되는 시간도 늘어나리라는 것은 누구나 예상할 수 있는 만큼, 스피너임시험은 회전시간이 최종 결과로 나타나는 시험이므로 이러한 회전 부가 방법은 다른 모든 요인들에 앞서 신중하게 검토되어야 할 항목이다.

Table 3은 에어건 분사를 위한 압축 질소 조절압력, 스피너임을 측정하기 시작했을 때의 펄스(A), 최대유량 일 때의 펄스(B), B에 대한 A의 비율, 시험 결과를 나타낸다. 표에서 볼 수 있는 것과 같이 에어건 분사 속도를 빠르게 하여 초기 회전속도를 높여도 시험 결과에는 큰 영향을 주지 않는다.

이것은 터빈 유량계에 흐름이 있다가 갑자기 멈출 경우 어느 정도 주파수까지는 매우 빠른 속도로 회전수가

감소하며, 그 이후부터는 감소 속도가 줄어드는 특성을 보이기 때문이다. Fig. 4는 이러한 특성을 보여주는 실험 결과이다.

4.2. 유량계 경사도

각종 규격서 및 제작사의 절차서에 따르면 회전지속 시간 시험은 유량계를 수평으로 설치한 상태에서 이루어져야 한다. 그러나 실제로 현장에서 시험을 진행할 경우에는 현장여건에 따라 수평 유지에 어려움이 있을 수 있다. 물론 시험 시에는 최대한 수평유지를 위하여 노력하여야 하지만 불가피한 경우에 대비하기 위하여 유량계의 경사에 의한 시험 결과의 영향을 파악할 필요가 있다.

Table 4는 일정한 높이의 받침목을 이용하여 전단 및 후단에 각각 6°의 경사를 부여하여 실험한 결과이다.

시험 결과를 보면 수평을 유지한 경우와 전단을 6° 높여 경사를 부여한 경우는 스피너임이 유사하게 나타

Table 3 회전 부가 방법 시험 결과

질소 압력	시작시점 펄스(Hz)	최대유량 펄스(Hz)	펄스비율 (%)	시험 결과 (s)
0.7 MPa	319.67	1195.667	26.74	343
0.8 MPa	342.00	1195.667	28.60	343
2 MPa	532.00	1195.667	44.49	344

Table 4 유량계 경사도 시험 결과

구 분	시작시점 펄스(Hz)	최대유량 펄스(Hz)	펄스비율 (%)	시험결과 (s)
수평 유지	319.67	1195.667	26.74	343
전고 경사	308.33	1195.667	25.79	347
후고 경사	304.00	1195.667	25.43	324

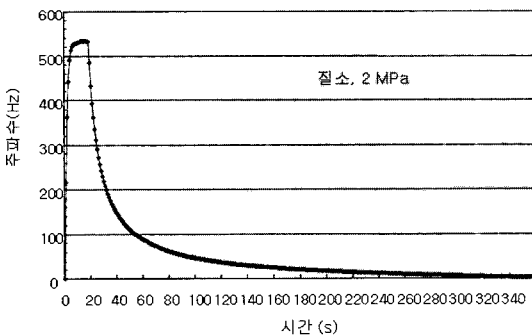


Fig. 4 시간에 따른 회전수 변화

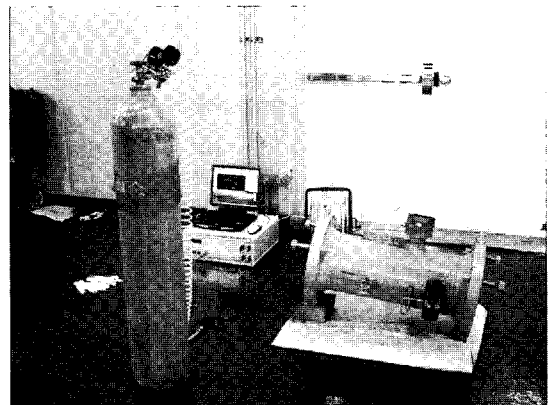


Fig. 5 전단 경사 실험

났지만, 후단을 6° 높여 경사를 부여한 경우는 스피타임이 19s 줄어드는 경향을 보였다. 또 표에는 나타나 있지 않으나 경사가 있는 경우는 수평이 유지된 상태보다 여러 차례 수행된 스피타임시험 결과가 일정치 못하다는 것이 관찰되었다. 이러한 실험은 여러 제작사의 터빈 유량계를 대상으로 실시하여 모두 유사한 경향의 결과를 얻었다. 따라서 유량계의 수평을 유지하지 않은 상태에서 시험하는 것은 스피타임에 영향을 줄 수 있으므로 최대한 수평을 유지하도록 노력하여야 한다.

4.3. 스피타임시험 공간

일부 제작사의 규격서에 의하면 시험 시에는 유량계 전 후단에 충분한 공간을 확보하도록 되어있다. 현장에서 시험 시에는 주위 공기흐름의 영향을 방지하기 위하여 정압실, 콘트롤룸에서 시험하거나, 임시 천막 등을 설치하여 시험하고 있는데, 이 경우에는 전후 공간을 충분히 확보하는 것이 어려울 수 있다. 따라서 유량계 전 후단 공간이 시험 결과에 미치는 영향을 파악할 필요가

Table 5 스피타임시험 공간 시험 결과

구 분	시작시점 펄스(Hz)	최대유량 펄스(Hz)	펄스비율 (%)	시험결과 (s)
후단공간 (1.5 m)	319.67	1195.667	26.74	343
후단공간 (0.5 m)	313.00	1195.667	26.18	334

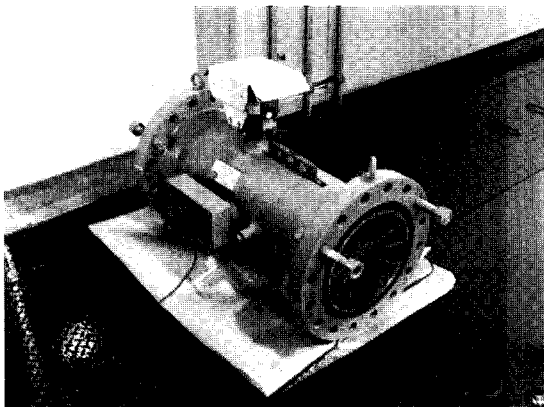


Fig. 6 유량계 전후단 공간 영향 실험

있다.

Table 5는 전·후단 각각 1.5m 이상의 공간을 확보한 경우와 유량계 후단 0.5m 지점에 벽이 위치한 경우에 대하여 결과를 비교한 사례이다.

위 사례에서 스피타임은 유량계 후단 공간이 넓게 확보된 경우보다 협소할 때 9s 정도 작게 관찰되었다. 이러한 스피타임 감소는 후단 벽면이 공기 흐름을 방해하고, 또 벽면에 부딪친 공기가 반사되어 영향을 준 것으로 추정된다. 이 실험 사례로부터 시험 장소에서 유량계 후단의 공간 선정은 에어컨 분출압력에 의한 공기 흐름이 차단되지 않도록 충분한 공간(유량계 전 후단 1.5m 이상)을 확보하는 것은 민감하지는 않지만 가능한 지켜주어야 하는 조건임을 알 수 있다.

4.4. 유량계 주위 온도

국제규격 ISO 9951, AGA Report No. 7, EN 12261에 따르면 유량계 주위 온도가 낮을 경우 터빈 날개의 회전 시간에 영향을 미친다고 하였다. 또한 일부 유량계 제작사의 매뉴얼에는 스피타임시험조건으로 유량계 주위 온도 범위를 제시하기도 하였다. 실내의 온도가 제어되는 공간에서 10 °C, 17 °C, 24 °C의 세 경우에 대한 시험 결과를 비교한 것이 Table 6이다.

실험결과에서 온도 10 °C에서 17 °C로 변화하면 스피타임이 29s 증가하고, 17 °C에서 24 °C로 변화하면 스피타임이 32s나 증가하는 것을 볼 수 있다. 스피타임은 낮은 주위 온도보다 높은 주위 온도로 갈수록 증가하므로 영향을 끼치는 낮은 주위 온도에서 현장 스피타임시험을 실시하는 것은 피해야 할 것으로 보인다. 이러한 경향은 모든 제작사의 터빈 유량계가 비슷한 경향을 보이며 이렇게 온도가 시험 결과에 영향을 미치는 이유는 윤활유의 점도 변화 때문이다.

Table 6 유량계 주위 온도 시험 결과

주위 온도(°C)	시작시점 펄스(Hz)	최대유량 펄스(Hz)	펄스비율 (%)	시험결과 (s)
10	151.33	288.854	52.4	215
17	148.33	288.854	51.4	244
24	144.50	288.854	50.0	276

Table 7 이물질 부착 상태 시험 결과

이물질 부착	시작시점 펄스(Hz)	최대유량 펄스(Hz)	펄스비율 (%)	시험결과 (s)
제거 전	240.50	988.402	24.3	410
제거 후	266.67	988.402	27.0	413

4.5. 이물질 부착 상태

ISO 9951에는 유량계 주변이 청결하거나 유량계 내부에 어떤 손실이 없을 때 유량계는 정확도면에서 변화가 없는 것으로 명기되어 있다. 이것은 회전날개에 부착된 이물질이 유량계 정확도 및 스피타임시험에 영향을 미칠 수 있다는 것으로 해석된다. 따라서 이물질 부착 정도가 눈에 띄게 많거나 오랜 사용 기간동안 세척이 이루어지지 않았다면 회전날개에서 이물질을 완전히 제거하고 스피타임을 시행하는 것이 옳은 방법이며 이를 확인하고자 스피타임시험에서 회전날개의 이물질 제거 전과 후의 스피타임 차이를 확인하였다.

Table 7의 실험 결과는 실제로 사용 중이던 터빈 유량계에 대해 세척 전과 세척 후의 시험 결과를 비교한 것이다. 시험 결과는 3회 실시한 평균 결과이며 표에서 볼 수 있듯이 어느 정도의 이물질 부착은 시험 결과에 민감하게 영향을 미치지 않는다. 다만 분명히 시험 결과가 달라지는 경향이 보이기 때문에 세척을 한 후에 시험을 실시하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

5. 결 론

표준규격서에 제시된 스피타임시험의 일반 사항을 정리하고 제작사 별 스피타임 시험 방법을 소개하였다. 일반적으로 스피타임시험 결과에 영향을 미치는 요인 별로 실험을 하여 그 영향이 어느 정도 되는지를 정리하였다.

스피타임시험 시의 유량계 경사도, 시험 공간 확보, 유량계 주의 온도 등은 시험 결과에 영향을 크게 미치는 인자들로 이에 대한 세심한 주의가 필요하다.

참고문헌

- (1) 하영철, 허재영, 2004, “차압을 이용한 터빈유량계 성능 진단”, 유체기계 연구개발 발표회논문집, pp. 153~159.
- (97) 허재영, 2005, “터빈 유량계의 가스 유량 측정 정확도 향상 방안”, 유체기계저널, 제8권, 제2호 (통권 29호), pp. 39~46.
- (3) ISO 9951, 1993, “Measurement of Gas Flow in Closed Conduits - Turbine Meters”
- (4) AGA Report No.7, 1981, “Measurement of Fuel Gas by Turbine Meters”
- (5) EN 12261, 2002, “Gas Meters - Turbine Gas Meters”