◎ 해 설

터빈 유량계의 가스 유량 측정 정확도 향상 방안

허재영*

1. 서 론

터빈 유량계(그림 1)는 다른 유량계에 비해 비교적 구조가 복잡한 종류이면서 구동 부위를 가지고 있어서(그림 2 참조) 매우 세심한 주의를 기울이지 않으면 터빈 유량계가 가질 수 있는 최상의 정확도를 유지할 수 없다. 단순히 공정용으로 사용되면서 ± 2~4% 정도만의 불확도를 요구하는 터빈 유량계라 할지라도 최소한의 교정이나 유지 보수를 등한시 한다면 목적을 이룰 수 없다.

가장 기본적인 것이라고 할 수 있는 것은 물론 이물질에 대한 보호와 급격한 유량 변동, 과도 유량 등일 것이다. 토사나 용접 비드와 같은 고형 미립자들은 구동 부위에 끼어 터빈 날개의 회전을 멈추게 할 수 있다. 또 이물질이 유량계 내부를 지나다 고속으로 회전하는 터빈 날개에 부딪히면 터빈 날개가 손상되는 경우가 있을 수 있다. 따라서 이러한 문제점들을 사전에 방지하려면 일반적으로 유량계 상류에 필터나 스트레이너를 설치하는 것이 바람직하며 이물질이 없다라는 보장이 없는 한 이들의 설치는 필수적이다.

밸브를 급격하게 여는 경우 정지해 있던 터빈 날개에 충격을 주어 구동부가 손상되고 이어서 터빈 날개까지 손상시키는 사례는 얼마든지 있으며 매우 조심해야 할 사고이다. 일반적으로는 가능하면 압력 일치를 위한 바이패스 관을 설치하여 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 손상이 발생하더라도 터빈 유량계는 계속 작동하기 때문에 손상을 감지하려면 유량계 운전 상태를 자주 확인하고 유량 측정 결과를 항시 감시해야만 한다. 터빈 유량계의 운전 상태를 확인하는 방법 중 일반적인 것은 청각에 의존하는 것이다. 유량 측정 결과에 대해서는 갑자기 특별한 이유 없이 감소하는 경우에는 손상을 의심해야 한다.

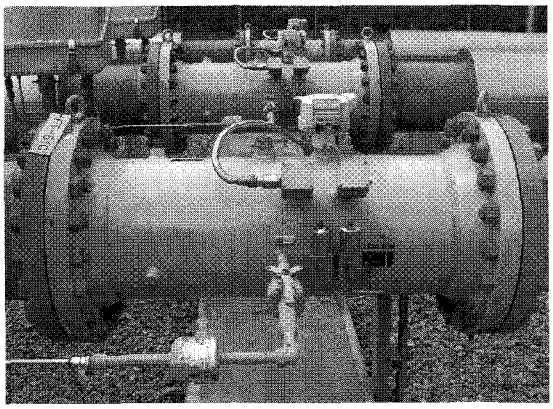

그림 1 터빈 유량계

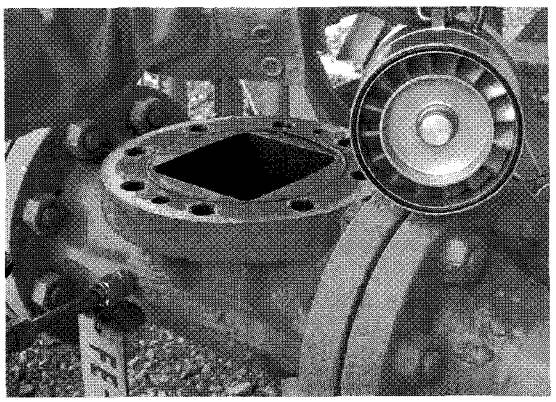

그림 2 몸체에서 분리한 구동부

다음은 올바른 설치에 관한 것이다. 일반적으로는 터빈 유량계 상류에 긴 직관을 설치하고(그림 3) 이 직관부의 일정한 지점에 유동안정기를 설치토록 되어 있다. 터빈 유량계의 측정 원리상 다른 그 어떤 유량계보다도 스월의 영향을 많이 받을 수 있으며 따라서 터빈 유량계를 사용할 때에는 반드시 유동안정기를 설치하도록 되어 있다. 유동안정기는 작은 파이프 여러

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

그림 3 유량계 전단에 설치된 직관부 모습

개를 묶은 것, 다공판 형상 등 여러 가지 형태가 있으며 비정류를 정류에 가까운 유동으로 만들어 주기도 하고 스월이 있는 경우에는 이 스월을 감쇄시켜 주는 역할을 한다.

최근에는 이 유동안정기를 유량계에 내장하여 유량계와 일체가 되도록 제작되는 경우가 많아지고 있다. 이러한 형태의 터빈 유량계는 좁은 공간에 유량계를 설치하는 것이 불가피하여 긴 직관이나 별도의 유동안정기를 설치하는 것이 불가할 때 비정류나 스월의 영향을 최소화시켜 주기 위한 것이다. 그러나 이러한 설치 방법을 선택하려면 내장 유동안정기의 기능을 보장하는 별도의 테스트 결과를 제작사에 요구해야 하고 원래 설치법보다 큰 오차를 감수해야 한다. 이러한 설치 방법은 불가피할 때 사용하는 최후의 수단이며 유동안정기가 내장된 터빈유량계를 설치하더라도 정해진 길이의 직관과 정해진 위치의 유동안정기를 설치하는 것이 원칙이다.

이러한 설치나 운영 시에 유의해야 할 사항들은 몇 가지 더 있으나 여기서는 다루지 않을 것이며 매우 일반적인 것이어서 쉽게 관련 자료를 습득할 수 있고 또 이미 잘 알려져 있어서 비교적 잘 지켜지고 있는 것들이다. 보다 더 정확한 유량 측정이 요구되는 경우에는 이러한 일반적인 유의 사항보다 훨씬 전문적이고 다소 복잡한 과정들을 거쳐야 한다.

천연가스의 거래와 같이 고정밀도의 가스 유량 측정이 필요할 때 사용하는 터빈 유량계에 대해 가장 많이 사용하고 있는 오차의 요구 조건은 다음과 같으며 상당히 많은 터빈 유량계 제작사가 이 요구 조건을 만족시켜 주고 있다.

- Qmin에서 0.2 Qmax까지 ± 1%
- 0.2 Qmax에서 Qmax까지 ± 0.5%

위의 오차 표기에서 대부분의 카탈로그에는 오차라는 말 대신 정확도(accuracy)라는 말을 사용한다. 이 오차 표기는 대부분의 터빈 유량계 관련 표준규격서에서 채택하고 있는 조건이며 교정 시에 합격 불합격의 기준으로 사용되기도 한다.

위 표기 조건이 나와 있는 카탈로그의 해당 제품을 사서 형식적인 교정을 거치고 모든 설치 조건대로 설치하였다고 해서 설치 후 몇 년 동안 위에 표기된 수치대로 유량 측정이 이루어지는 것은 아니다.

여기서는 교정부터 운영까지 고정밀 가스 유량 측정을 위해 취해 주어야 하는 조치들인 교란 시험(perturbation test), 교정(calibration), 레이놀즈 수 보정(Raynolds number correction), 스핀타임 시험(spin-time test)에 대해 보다 상세히 설명코자 한다.

2. 교란 시험

터빈 유량계의 일반적인 설치 조건은 그림 4와 같이 유량계 상류에 최소 18 D의 긴 직관을 설치하고 상류 5 D 지점에 유동안정기를 설치하는 것이다. 직관부 길이는 여유가 있는 한 최대한 길게 해야 하며 18 D는 최소 요구 조건일 뿐이다. 터빈 유량계에 있어서 스월의 영향은 절대적인 것이어서 스월의 회전 방향이 터빈 날개의 회전 방향과 일치하면 과계량, 방향이 반대이면 미계량이 발생한다. 이런 이유로 스월을 감쇄시켜 주는 기능이 탁월한 유동안정기의 설치는 반드시 필요한 것이어서 불가피한 경우가 아니라면 반드시 설치해 주어야 한다.

오리피스 유량계와 비교하면서 터빈 유량계에서 균일한 속도 분포의 중요성이 경시되는 경향이 있으나 터빈 유량계라고 해서 일그러진 속도분포에 전혀 영향을 받지 않는 것은 아니다.

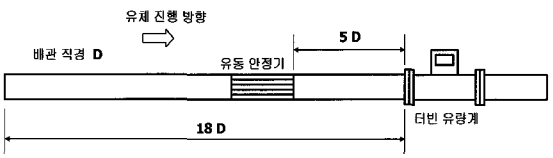

그림 4 터빈 유량계의 일반적인 설치 조건

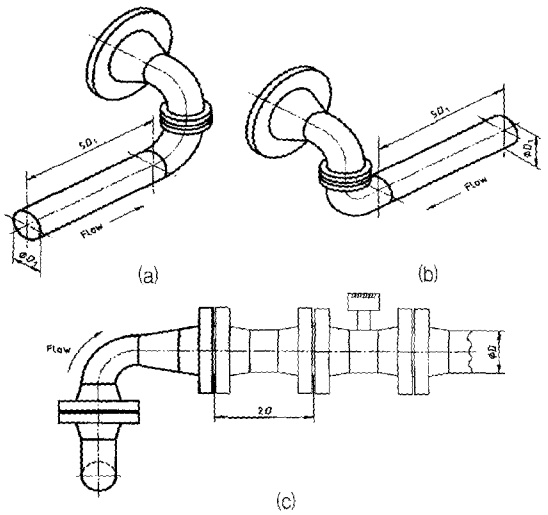

그림 5 교란시험에 사용되는 배관 조합

만약 설치 위치의 여건이 좋지 않아서 직관부 길이 확보나 유동 안정기 설치가 어려울 경우에는 추가적인 오차를 감수해야 하며 이러한 경우에도 오차의 추가를 최소화하는 방법이 교란시험 결과를 확인하여 설치하는 것이다.

교란시험에 대한 시험 방법이나 기준은 터빈 유량계에 대한 OIML이나 ISO의 규격서에 잘 나와 있으며 이 교란시험을 통과하면 원래 오차의 1/3 만큼 오차가 추가되는 것으로 간주된다. 그림 5에서 a)와 b)의 배관 조합이 고위 교란시험 (high level perturbation test)에 사용되는 것이고 c)의 배관 조합이 저위 교란시험 (low level perturbation test)에 사용되는 것이다.

이러한 교란시험을 한번 하려면 많은 준비와 비용이 들어가므로 교정과 같이 유량계 개개를 모두 하는 것은 아니며 일반적으로는 상사성이 유지되는 한가지 모델 내에서 두 개의 배관직경에 대해 태스트를 하여 합격 여부를 결정한다. 합격이 되면 다른 직경에 대해서는 상사성이 유지되어 같은 결과가 나오는 것으로 간주하되 제작사에서 상사성이 유지됨을 증명하는 서류를 제출하여야 한다.

이렇게 한 모델에서는 두 개의 직경이 다른 유량계에 대해 시험을 하는 것으로 그 모델로 제작되는 모든 유량계를 대표하기 때문에 유량계 제작 업체에서는 교란시험 결과를 가지고 있는 것이 일반적이며 이런 이유로 교란시험 결과를 구매자가 요구할 때에는 별도의 추가 요금이 발생하지 않으며 서류의 사본 확인으로 끝난다. 교정의 경우는 모든 유량계에 대해 다 실시하는 것이므로 별도의 교정 비용을 구매자가 부담해야 한다.

일반적으로 교란 테스트를 지정된 오차 내로 통과하려면 터빈 유량계 입구 부분에 특별히 고안된 별도의 유동안정기 유사 장치가 부착되어 있어야 하며 일부 제작사에서 이러한 제품을 생산하고 있다.

3. 교 정

터빈 유량계는 구조도 복잡하고 구동 부위가 있는 유량계이므로 다른 어떤 유량계보다도 교정이 중요하다. 해당 제품이 위에 명기된 오차 범위에 들어오는지를 확인키 위해 모든 제품에 대해 교정 성적서 (calibration certificate)가 있어야만 한다. 교정 성적서에는 다음과 같은 내용들이 명시되어 있어야 하며 유량계 구매 시 반드시 점검해야 할 사항들이다.

- 각 유량에서의 오차
- 교정설비의 명칭 및 소재지
- 교정 방법
- 교정 방법의 불확도
- 유체의 정체 및 온도, 압력, 밀도 조건
- 유량계 설치 상태 (수평, 아래 흐름 방향, 위 흐름 방향)

일반적으로는 교정 성적서에 다음과 같이 6개의 유량값에 대한 실험 결과치가 수록되어 있다.

- Qmin, 0.1 Qmax, 0.25 Qmax, 0.4 Qmax, 0.7 Qmax, Qmax

교정 시에 유량값을 이렇게 기본적인 값인 6 개로 할 것이냐 아니면 중간에 몇 개 값을 더 집어넣을 것이냐는 순전히 구매자 요구에 달려 있다.

교정을 할 때에 가장 신중하게 고려해야 할 사항은 교정시의 실험 조건과 실제 유량계를 사용하는 조건을 가능하면 최대로 일치시켜 주어야 한다는 것이다. 그 중에서도 압력과 사용 유체는 매우 중요한 사항으로 가능하면 사용 압력 하에서 천연가스를 사용하여 교정을 받도록 하는 것이 바람직하다.

터빈 유량계의 교정에 있어서 가장 중요하고 또 자주 논의의 대상이 되는 것은 교정 시의 유체 압력이

표 1 EN 12261 규정의 교정 압력 기준

<table>
<tr><td>표시압력</td><td>교정압력</td><td colspan="2">운전 압력</td></tr>
<tr><td>계기 압력으로 0.4 MPa 이하일 때</td><td>대기압 근처 압력</td><td colspan="2">0에서 0.4 MPa</td></tr>
<tr><td rowspan="2">계기 압력으로 0.4 MPa을 초과할 때</td><td rowspan="2">P_{test}</td><td>1 개 교정압력 P_{test}에서 교정했을 때</td><td>0.5 · P_{test}에서 2 · P_{test}</td></tr>
<tr><td>2 개 교정압력 $P_{test,min}$과 $P_{test,max}$에서 교정했을 때</td><td>0.5 · $P_{test,min}$에서 2 · $P_{test,max}$</td></tr>
</table>

단, 모든 경우에 최대허용오차, Shift, Slope(linearity) 조건을 만족해야 함.

최대허용오차 :

$Q_{min} \leq Q < Q_t$일 때 ± 2 %, $Q_t \leq Q \leq Q_{max}$일 때 ± 1 %

Shift 조건 :

두 개 이상의 압력에서 교정할 때에 해당, 교정압력의 구분 없이 $0.25 \cdot Q_{max} \leq Q \leq Q_{max}$의 범위 내의 모든 결과에 대해 가장 큰 오차와 가장 작은 오차와의 차이가 공칭직경이 100 mm보다 크면 0.5 %, 100 mm보다 작으면 1.0 %를 넘으면 안된다.

Slope(linearity) 조건 :

각각의 교정압력에서 가장 큰 오차와 가장 작은 오차와의 차이가 다음 표의 값을 넘으면 안된다.

<table>
<tr><td colspan="3">$0.25 \cdot Q_{max} \leq Q \leq Q_{max}$의 범위 내의 결과에 대해</td></tr>
<tr><td rowspan="2">공칭 직경</td><td colspan="2">교정 압력</td></tr>
<tr><td>0.4 MPa 이하</td><td>0.4 MPa 초과</td></tr>
<tr><td>100 mm 이하</td><td>1.0 %</td><td>0.5 %</td></tr>
<tr><td>100 mm 초과</td><td>1.0 %</td><td>0.3 %</td></tr>
</table>

운전 시의 유체 압력과 같아야 한다는 것이다. 예를 들어서 850 kPa에서 운전할 터빈 유량계를 100 kPa에서 교정하였다면 그 교정 결과는 사용할 수 없는 것이다.

그런데 실제로는 구매 일정에 따르고 유량계 소요 시기를 따르다 보면, 또 굳이 이러한 일정 문제가 아니라 하더라도 정확하게 운전 압력에서 교정할 수 있는 설비를 보유한 기관을 찾는 것은 대개의 경우 쉽지가 않다. 따라서 사전에 교정 압력이 운전 압력과 어느 정도 틀려도 수용할 것을 염두에 두어야 하며 이것에 대한 일정 기준을 상당한 근거를 가지고 제시해 두어야 한다. 흔히 참고가 되는 기준이 유럽에서 사용되는 EN 12261 규정이며 이 규정에 의한 기준 조건은 표 1과 같다.

다른 계측기에서 교정을 하면 영점이나 스판을 조정해 주는 것이 일반적이다. 즉 교정이라는 행위는 단순히 테스트의 개념이나 합격 혹은 불합격 여부를 따지는 검사로 끝나는 행위가 아니라 테스트 후 그 결과를 토대로 지시치를 조정해 주는 행위까지를 포함한다. 터빈 유량계도 이 점에서 다른 계측기와 조금도 다르지 않다.

각 유량에서의 오차에 대한 조정 처리는 두 가지로 나뉘어져 이루어진다. 측정 불확도의 평균을 미터계수에 반영하는 경우가 있고 유량컴퓨터에 측정 불확도를 입력하는 방법이 있다. 첫 번째 방법을 사용할 때에는 평균 산정 시 유량의 크기가 가중치로 쓰여야 한다. 두 번째 방법은 유량값과 그에 해당하는 측정 불확도를 입력하는 방법인데 모든 유량값에서 보간법을 사용하여 오차 보정이 이루어지며 이렇게 하면 보다 정확한 유량 측정이 이루어질 수 있다.

4. 레이놀즈 수 보정

각 유량에서의 오차에 대한 조정 처리 시에 교정 압력이 두 개일 경우에는 유량과 오차에 대한 자료가 두 세트 나오게 된다. 레이놀즈 수 보정이란 이럴 때 사용하는 처리 방법이며 유량계 내의 유동이 레이놀즈 수가 같을 때 그 유동 특성이 상사성을 갖는다는 유체역학적 특성을 이용한 것이다.

예를 들어 운전압력이 0.9 MPa인 터빈 유량계를 교정 받으려 하는데 해당 운전압력에서 교정하는 설비를 찾지 못해 부득이 대기압 근처와 1.769 MPa에서 교정을 받아 표 2와 같이 교정 결과를 얻었다고 하자. 이 교정 결과를 유량이 아닌 레이놀즈 수가 횡축인 그래프로 그리면 그림 6과 같이 두개의 선으로 표현된다.

운전압력이 0.9 MPa이라고 한다면 교정압력이 각각 0.1 MPa과 1.769 MPa로 운전압력과 다르지만 만약 운전압력에서 교정을 하였다면 그 결과는 그림 6의 두개의 선 위에 놓일 것이다라는 것이 레이놀즈 수 보정의 개념이다. 이 두개의 선을 연결하는 또 다른 선을 구하고 이 새로 구한 선 상에서 운전압력에 해당하는 유량을 구하면 되는데 두개의 선을 연결하는 선을 어떻게 구할 것인가는 정해진 것이 없다. 경우에 따라 커브 피팅을 하거나 아니면 직관에 의해 임의로 선을 연결해도 무관하다.

표 2 교정 결과 사례

Pressure (MPa)	Density (kg/m3)	Flow Rate (m3/h)	Error(%)
0.1	0.8	503.62	0.200
		970.30	0.230
		2487.73	0.150
		3873.36	0.020
		6895.40	-0.160
		9615.86	-0.220
1.769	14	506.00	-0.250
		996.80	-0.197
		2503.44	-0.193
		4023.41	-0.175
		4989.74	-0.161
		6492.92	-0.237

* 배관 직경은 400 mm, 점성계수는 1.0E+05 Pa s

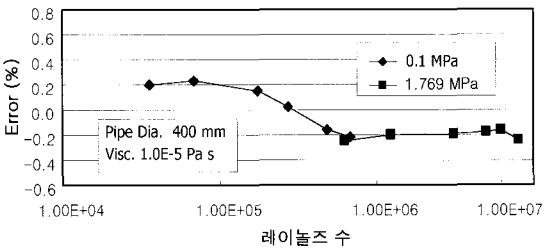

그림 6 교정 결과 사례

표 3 레이놀즈 수 보정 사례

Calibration				Error(%) Adj.	Operating Condition	
Pressure(MPa)/ Density(kg/m3)	Flow rate(m3/h)	ReD	Error(%)		Pressure(MPa)/ Density(kg/m3)	Flow rate(m3/h)
0.1/0.8	503.62	3.56E+04	0.200	0.200	0.9/7	0
	970.30	6.87E+04	0.230	0.230		0
	2487.73	1.76E+05	0.150	0.150		0
	3873.36	2.74E+05	0.020	0.020		443
	6895.40	4.88E+05	-0.160	-0.160		788
	9615.86	6.81E+05	-0.220	-0.235		1099
1.769/14	506.00	6.27E+05	-0.250	-0.235		1012
	996.80	1.23E+06	-0.197	-0.197		1994
	2503.44	3.10E+06	-0.193	-0.193		5007
	4023.41	4.98E+06	-0.175	-0.175		8047
	4989.74	6.18E+06	-0.161	-0.161		0
	6492.92	8.04E+06	-0.237	-0.237		0

* 배관 직경은 400 mm, 점성계수는 1.0E+05 Pa s

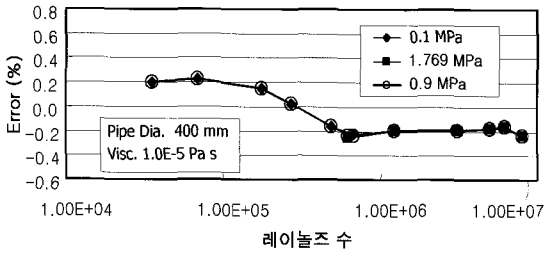

그림 7 레이놀즈 수 보정 사례

표 4 레이놀즈 수 보정 후 유량컴퓨터에 입력하는 최종 결과

Flow rate(m^3/h)	Error(%) Adj.
443	0.020
788	-0.160
1099	-0.235
1012	-0.235
1994	-0.197
5007	-0.193
8047	-0.175

표 3의 경우에는 각각의 압력에서 얻어지는 오차값을 그대로 사용하였고 단지 중첩되는 구간에서만 임의로 두 값을 평균하는 방식을 사용하여 선을 구하였다. 이 선을 그래프로 나타내면 그림 7과 같다. 최종적으로 유량컴퓨터에 입력할 자료는 표 4와 같다.

이 레이놀즈 수 보정이라는 방법은 유체역학적으로 완벽하게 정당화되는 개념은 아니다. 또 실제로 이 방법을 사용하여 두개의 곡선을 하나의 곡선으로 만들다 보면 대개의 경우 레이놀즈 수가 중첩되는 구간에서 각각의 압력에서 구한 오차가 일치되지 않아 난감해지는 경우가 많이 생긴다.

그러나 분명한 것은 운전압력에서 교정을 하지 못할 경우에 대한 차선의 방법인 것은 확실하다. 특히 앞서 소개한 EN 12261의 기준과 같이 교정압력에 대한 일정 기준을 만족시키지 못할 경우에는 더욱이 이 방법이 유효하다.

교정압력에 대해 가장 좋은 이상적인 것은 첫 번째가 운전압력과 일치시키는 것이고, 두 번째가 EN 12261의 기준과 같은 기준을 정해서 실시하는 것이며 가장 최후의 방법이 이 레이놀즈 수 보정 방법이다.

5. 스핀타임 시험

오염물이 심하게 많은 곳에서는 필히 주기적으로 세척해 주어야 하고 주기를 기록 관리해야 한다. 오염물 세척을 위해 분해 청소를 할 때마다 교정을 다시 해줄 필요는 없으며 그 대신 스핀 타임 테스트(spin time test)를 실시한다. 스핀 타임 테스트란 터빈 날개가 특정 회전 속도에서 유체가 흐르지 않는 상태로 두었을 때 터빈 날개가 완전히 멈출 때까지의 시간을 측정하는 실험이다. 이 스핀 타임 테스트를 실시하려면 초기 설치 시에 제작사로부터 스핀 타임 테스트 결과를 제공받아야 한다.

터빈 유량계의 교정 주기는 일반적으로 2년에서 6년 정도로 길기 때문에 중간에 터빈 유량계의 정상 작동이 의심스러워 정기적인 스핀타임 시험을 할 수도 있다. 따라서 교정 주기, 세척 주기, 스핀타임 시험 주기 등을 적정하게 정하여 운영해야 하는데 일반적으로는 세척과 스핀타임 시험을 동시에 하고 교정 중간에 1회 혹은 2회 실시한다.

스핀타임 시험은 유량계 내에 존재하는 기계적 마찰의 상대적 정도를 판명할 수 있다. 만약 기계적인 마찰이 크게 변하지 않았거나 유량계 주변이 청결하거나 유량계 내부에 어떤 손실이 없다면 유량계는 정확도면에서 변화가 없을 것이다. 기계적인 마찰이 심각할 정도로 증가하면 특히 저속에서 유량계의 정확도는 현저히 감소한다. 유량계의 스핀타임 시험 결과는 구매자가 요구할 경우 제작사에 의해 제공된다.

스핀타임 시험은 바람이 없는 실내에서 실시하는 것이 원칙이고 현장의 여건이 허락하지 않는 경우에는 간단하게 설치할 수 있는 텐트(그림 8) 혹은 바람막이 등을 이용한다. 터빈 날개는 최대 유량에 상응하는 속도의 1/20 이상까지 돌아야 하며 시간은 압축공기 분사를 멈춘 때부터 터빈 날개가 정지할 때까지 측정한다. 터빈 날개 속도를 정확하게 어느 값까지 돌려야 하는지는 중요하지 않다. 이것은 압축공기 분사를 멈춘 순간 터빈 날개의 회전 속도가 급격하게 순간적으로 떨어진 후 서서히 멈추기 때문이다. 그림 9는 이러한 스핀타임 시험 특성을 보여준다.

스핀타임 시험은 최소 3번 반복 실시하고 평균시간을 채택한다.

장기간 운전하지 않은 유량계의 스핀타임 시험 결과가 제작사의 최소 스핀타임 시험 결과를 만족하지 못할 경우 새로 윤활유를 주입하고, 주입한 후 다시

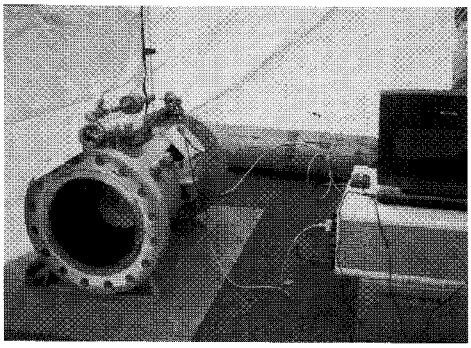

그림 8 현장에서 텐트를 친 후 스핀타임 시험 준비를 끝낸 모습

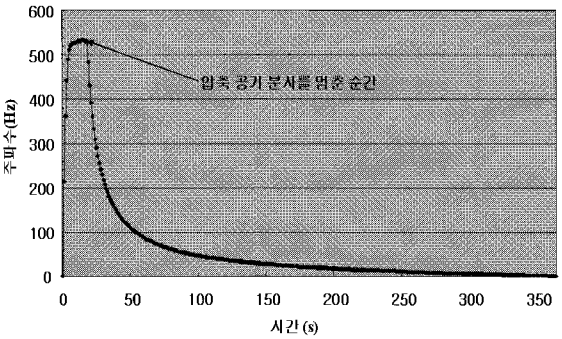

그림 9 터빈 날개 회전 속도와 시간과의 관계

스핀타임 시험을 하기 전에 수분 간 운전시켜야 한다. 계속된 스핀타임 시험 결과가 만족하지 못할 경우 문제를 확인하기 위해 체계적으로 분해하면서 여러 단계에서 스핀타임 시험을 시행한다. 청소나 문제 발생 부속품의 교체가 필요할 수도 있다. 유량계에 따라 터빈 유량계의 교정 정확도에 영향 없이 베어링, 축 또는 기어 부분을 교체할 수 있다. 구체적인 사항은 제작사의 도움을 받는 것이 좋다.

최초 사용 전에 새 유량계의 윤활에 관해서, 사용 중 정기적인 윤활에 관해서 제작사의 권고사항이 적용된다. 윤활하는 방법은 여러 가지가 있다. 선호되는 방법은 공급압력 이상으로 압력을 주입하는 것이다. 이것은 확실한 윤활방법이며 로터의 축 베어링을 세척한다. 가압 방법이 없으면 중력 윤활 방법도 사용할 수 있다.

스핀타임 시험의 결과가 절대적인 것은 아니며 유량계의 상태를 점검할 수 있는 근거이지 교정 성적서와 같은 효력은 없다. 특히, 스핀타임 시험은 현장에서 실시하는 경우가 많기 때문에 그 결과에 대한 충분한 검증이 필요하다.

스핀타임 시험의 일반적인 절차는 다음과 같으며 구체적인 방법이나 관련 수치 등은 제작사가 스핀타임 시험 결과를 제출하기 위해 최초의 스핀타임 시험을 했을 때와 동일한 것이어야 하므로 제작사의 권고에 따른다.

1) 유량계를 배관으로부터 분리하여, 바람의 영향이 없는, 수평한 곳에 놓는다. 이때, 유량계 입구 쪽과 출구 쪽은 충분한 열린 공간이 있어야 한다.
2) 압축공기를 이용하여 터빈 날개의 속도를 천천히 증가시킨다. 유량계의 속도가 최대 속도에 다다르면 정해진 시간동안 최대 속도로 회전토록 한다.
3) 압축공기의 중단과 동시에 시간을 재기 시작한다.
4) 터빈 날개가 돌던 방향으로 완전하게 멈출 때 시간 재기를 멈춘다.

표 5는 국제 규격에서 제시한 기준과 각 제작사 별 절차를 나타낸 것이다.

표 5 스핀타임 시험에 대한 국제 규격 기준과 각 제작사 별 절차

	국제 규격	A 사	B 사	C 사	D 사
회전 부가 방법	구체적 언급 없음	압축 공기	손가락	압축 공기	구체적 언급 없음
주위 온도	"낮은 주위 온도" 방지	구체적 언급 없음	구체적 언급 없음	15 ℃ ~ 30 ℃	20 ℃ ~ 30 ℃
최대 유량	최대 유량의 1/20	최대 유량의 10 % 이상	구체적 언급 없음	최대 유량의 20 %	최대 유량의 30 ~ 50 %
관련 규격	ISO 9951 AGA 7 EN 12261	AGA 7	-	-	EN 12261 ISO 9951
스핀 타임 결정	최소 3번 실시 후 평균	최소 3번 실시 후 평균	구체적 언급 없음	구체적 언급 없음	최소 3번 실시 후 평균

참고문헌

(1) ISO 9951, 1993, "Measurement of Gas Flow in Closed Conduits – Turbine Meters" ISO
(2) Jos G. M. van der Grinten, 1990, "Eror Curves of Turbine Gas Meters" Report of NMi, Netherland
(3) BS EN 12261, 2002, "Gas Meters – Turbine Gas Meters" BSi, UK.