

# 스크류기어 유량계의 정밀 성능평가

## Precise Performance Evaluation of The Screw-Geared Flowmeter

윤나영<sup>1</sup>, \*#황종대<sup>2</sup>, 정윤교<sup>3</sup>, 이상렬<sup>4</sup>

N. Y. Yoon<sup>1</sup>, \*#J. D. Hwang(hjd2123@korea.com)<sup>2</sup>, Y. G. Jung<sup>3</sup>, S. R. Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 창원대학교 기계공학과 학부, <sup>2</sup> 창원대학교 TIC, <sup>3</sup> 창원대학교 기계공학과, <sup>4</sup> 아산텍(주)

Key words : Screw Geared Flowmeter, Calibration Factor(K-factor), Flow Measuring Accuracy

### 1. 서론

오늘날 유량계는 유체기계 관련 산업에서 없어서는 안 되는 중요한 계측기로서 최근에는 그 사용 범위가 더욱 광범위해지고 있을 뿐만 아니라 에너지 절약과 유체기계의 효율을 극대화하기 위한 노력의 결과로 더욱 더 정밀한 유량측정 정밀도를 요구하고 있다.

최근 각광받는 유량계 중에서도 Fig. 1과 같은 스크류기어 유량계는 정교한 기어치형을 갖는 압, 수 스크류간의 회전수를 픽업센서에서 읽어내어 유량측정에 이용하므로 여타 유량계에 비하여 높은 측정 정밀도 특성을 가질 뿐만 아니라 맥동의 영향이 적고 설치위치 및 유체점도의 영향을 적게 받는 등 다양한 장점을 가지고 있다. 그러나 스크류기어 유량계의 이러한 장점에도 불구하고 정교한 압, 수 스크류의 회전을 위해서는 스크류기어 치형에 대한 설계 및 해석과 치형에 대한 가공기술 및 유량측정 정밀도 평가 기술 등 다양한 기술적 과제를 안고 있어 국산화 개발이 지연되고 있는 실정이다.

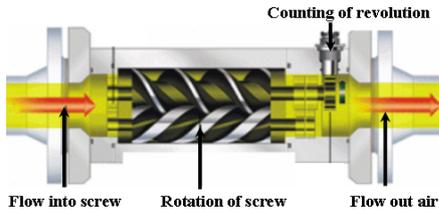


Fig. 1 Measuring mechanism of screw type flow meter

따라서 이전 연구<sup>1</sup>에서는 Kobold 사 제품을 Master Model로 설정하여 역공학 기술과 5축복합가공 기술<sup>2</sup> 등 관련 기술을 활용함으로써 독자적인 스크류기어 유량계 모델을 개발한 바 있다. 그러나 개발품에 대한 간이 성능평가 결과 신뢰성 있는 유량계측 정밀도를 얻지 못하였다.

본 보에서는 이전 연구에서 개발한 유량계의 간이성능평가 시 제기된 문제점을 해소하기 위한 정밀 성능평가 장치 개발을 통하여 신뢰성 있는 유량측정 정밀도를 얻고자 하며 이를 바탕으로 기존에 개발한 유량계의 문제점을 파악, 보완하고자 한다.

### 2. 정밀 성능평가 장치의 개발

개발한 유량계의 유량측정 정밀도를 평가하기 위한 정밀 성능평가 장치의 설계도는 Fig. 2와 같고 성능평가 장치를 구성하는 각 부품의 역할과 유체이동 경로 및 성능평가 원리는 Table 1과 같다. Table 1에 제시한 바와 같이 Pump에서 토출된 유체는 Constant tank와 유량계를 통과하여 Load cell이 부착된 Weight tank에 집수되며 유체의 시간당 통과 유량은 Solenoid valve가 부착된 Flow control valve와 Load cell에서 카운팅 되어 제어반으로 보내진다. 유량계에서는 시간당 통과 유량에 따라 스크류의 회전수를 Pulse 수로 읽어들이어 오실로스코프에서 카운팅한다. 따라서 유량계에서 출력한 Pulse 수와 제어반에서 출력한 시간당 유량의 관계를 이용하여 선형적인 보정계수를 찾고 이를 통하여 유량계의 유량 측정값을 알 수 있으며 이 값과 집수된 실제 유량을 비교함으로써 개발한 유량계의 유량측정 정밀도를 평가할 수 있다.

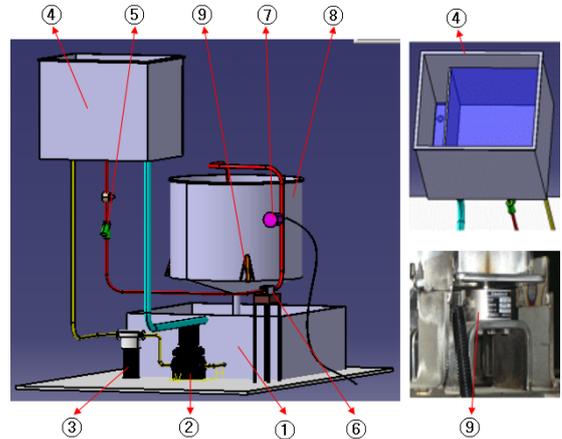


Fig. 2 Design of the precise performance evaluator for the flowmeter

Table 1 Composition of the precise performance evaluator

Part No.	Part Name	Function
①	Reservoir	유체저장 탱크로서 용량 1,100liter
②	Pump	Reservoir의 유체를 Constant tank로 토출
③	Filter	Pump에서 토출되는 유체의 불순물 여과
④	Constant tank	일정압력의 유체를 유량계로 토출함. Fig. 2의 우측상단그림과 같이 일정체적 이상의 유체는 Reservoir로 귀환.
⑤	Strainer	Constant tank에서 토출되는 유체의 여과
⑥	Flowmeter	통과유체의 압력에 의한 스크류기어 회전수를 픽업센서에서 Pulse 수로 카운팅.
⑦	Flow C/V	유량을 제어하며 함께 구성된 Solenoid valve는 유체 통과 시간 제어
⑧	Weight tank	계측시스템을 통과한 유체의 집수조
⑨	Load cell	Weight tank의 유체중량 측정

정밀 성능평가 장치의 유체계측 시스템과 설계 결과를 바탕으로 Fig. 3과 같이 제작하였다. 이전의 간이 성능 평가 장치와 달리 유량계에 투입되는 유체의 압력이 직접적인 Pump 압력이 아니라 Constant tank에서 자중에 의하여 주어지는 일정 압력이므로 정숙한 환경에서 측정이 가능하며 Solenoid valve와 Load cell등 요소를 컴퓨터 제어반과 연결하여 육안검사에서 발생할 수 있는 오차를 제거하였다.



Fig. 3 Precise performance evaluator for the flowmeter

### 3. 주파수 안정성 평가

유량측정 정밀도를 평가하기 앞서 스크류기어의 가공상태를 확인하기 위한 주파수 안정성 평가를 수행하였다. 유량계의 출력 주파수 범위가 안정적인 진폭을 보인다면 저항이 적게 걸림을 의미하고 이는 양호한 스크류기어임을 입증할 것이다. Flow control valve를 20%에서 100%까지 각 Part flow rate로 고정한 상태로 600(sec)동안 유체를 통과하면서 유량계에서 읽어내는 Pulse를 제어반의 오실로스코프에서 출력한다. 이와 같은 방식으로 각 Part flow rate에 대한 진폭을 출력한 결과를 MM(Master model, Kobold 사 유량계)과 RM(Reverse model)에 대하여 Table 2에 정리하였다. Pulse range가 상이한 이유는 서로 다른 스크류기어 Profile을 가지기 때문이다. 전체적으로 MM과 RM의 진폭이 1Hz 범위에서 비슷한 양상을 보였으며 이 결과로부터 스크류기어의 가공상태는 비교적 양호한 것으로 예상하였다.

Table 2 Comparison of the pulse range between MM and RM

Flow Rate	Master model(Hz)		Reverse model(Hz)	
	Pulse range	Amplitude	Pulse range	Amplitude
20%	37.5~40.5	3	34.5~36	1.5
40%	80.5~83	2.5	78~80.5	2.5
60%	118.5~121	3.5	117~119.5	2.5
80%	158~161	3	158~160.5	2.5
100%	197~202.5	5.5	191.5~195	3.5
Average		3.50		2.50

### 4. 유량측정 정밀도 평가

유량측정 정밀도 평가를 위한 프로세스는 Fig. 4와 같다. 즉 유량계의 픽업센서에서 읽어들이는 Pulse 수와 그 때의 유량과의 상관관계로부터 식 (1)과 같은 보정계수,  $k$ 를 구할 수 있으며 주 유량측정 범위인 30%~80%까지의 평균보정계수 값,  $K$ 를 사용하여 디지털 인디케이터에 식 (2)와 같은 연산 프로그램을 로딩한다. 식 (2)에서 평균보정계수,  $K$ 는 상수이므로 주파수,  $f$ 만 읽어들이면 유량,  $Q$ 를 출력할 수 있게 된다. 이때 읽은 도시 유량과 Load cell에서 읽은 유체 중량을 체적으로 환산한 실제 유량과의 비교값으로부터 유량측정 정밀도를 평가할 수 있다.

$$k = \frac{f}{Q} \quad (1)$$

$$Q = \frac{f}{K} \quad (2)$$

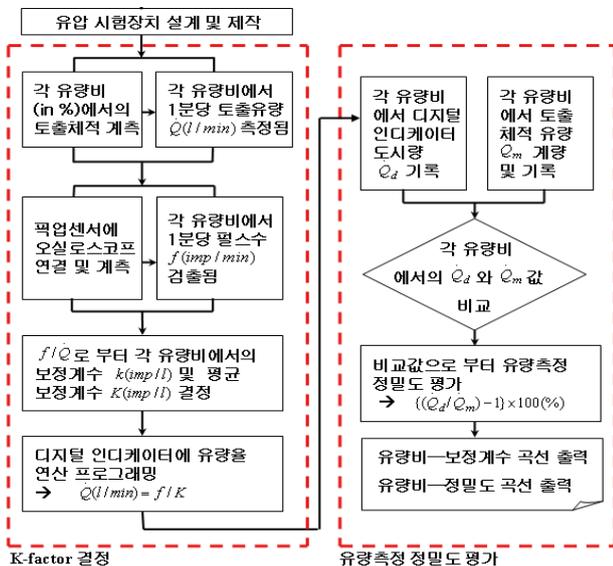


Fig. 4 Evaluation process of the flow measurement

Table 3은 MM과 RM의 각 Flow rate에서의 k-factor를 구하여 평균보정계수  $K$ 를 구한 결과이다. 이 값을 사용하여 도시 유량을 구하고 Load cell을 이용하여 실측 유량을 구하여 정밀도를 계산한 결과 Table 4 및 Fig. 5와 같이 MM에 비하여 RM의 정밀도가 0.2%정도 떨어짐을 알 수 있었다.

Table 3 K-factor data of the MM and RM

FR	Measured flow, $Q(l/sec)$		Frequency, $f(imp/sec)$		K-factor, $k(imp/l)$	
	MM	RM	MM	RM	MM	RM
10%	0.984	0.792	19.387	15.300	1182.134	1159.091
20%	1.996	1.544	39.892	30.400	1199.158	1181.347
:	:	:	:	:	:	:
90%	8.884	8.464	179.738	169.000	1213.899	1198.015
100%	9.736	9.612	200.937	193.632	1238.313	1208.689
Average K-factor, $K$					1215.320	1197.468

Table 4 Comparison of the accuracy between MM and RM

FR	Measured flow, $Q(l/sec)$			Frequency, $f(imp/sec)$		K-factor, $k(imp/l)$	
	MM	RM		MM	RM	MM	RM
10%	0.984	0.792		0.957	0.767	2.731	3.205
20%	1.996	1.544		1.969	1.523	1.329	1.346
:	:	:		:	:	:	:
90%	8.884	8.464		8.874	8.468	0.116	0.046
100%	9.736	9.612		9.920	9.720	1.893	0.937
Average accuracy						0.178	0.380

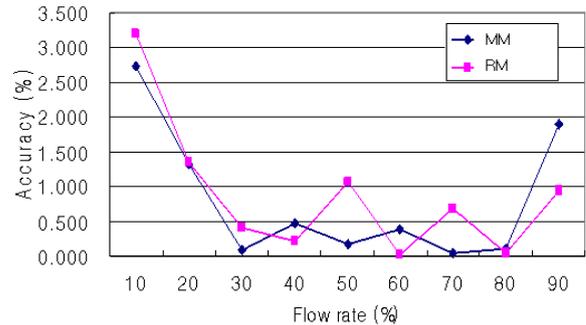


Fig. 5 Comparison chart of the accuracy between MM and RM

### 5. 결론

1. 정밀 성능평가 장치를 개발하여 유량측정 정밀도를 평가한 결과 이전 연구에서 수행한 간이성능평가 결과인 0.87%(MM)와 0.97%(RM)과 달리 0.18%(MM)와 0.38%(RM)로 나왔다. 이는 MM인 Kobold 제품의 카탈로그에서 제시한 정밀도인 0.1%에 상당히 근접한 값으로서 개발한 정밀 성능평가 장치의 신뢰성이 확보된 것으로 파악할 수 있다.

2. MM에 비하여 RM의 정밀도가 0.2%정도 낮았으며 그 이유는 스크류기어 치면의 표면조도가 저하된 것으로 파악되며 향후 치면에 대한 기어연삭을 통하여 성능을 향상시킬 계획이다.

### 후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

- 황종대, 정종윤, 이상렬, 정운교 "스크류유량계 개발에서의 역공학 및 성능평가에 관한 연구," 한국 기계가공학회지, 제4권 제2호, 24-30, 2005.
- 최병규, 전차수, 유우식, 편영식, 정연찬 "CAD/CAM 시스템과 CNC 절삭가공," 사이텍 미디어, 348-358, 2001.