

# 공기압 구동 원주 할출 기구의 개발에 관한 연구

## A Study on the Indexing Table by the Pneumatic Operation

오진안(한양대 대학원), 강인각((주)주강로보테크), 한창수(한양대 기계공학과)  
Changsoo Han(Hanyang Univ.), Inkak Gang(Jukang Robotech), Jinan Oh(Graduate School, Hanyang Univ.),

### ABSTRACT

In this study, we developed the indexing table operating by pneumatic actuation. We doubled the torque of index table by using specially designed air pipe and two pistons. And by locating two pistons symmetrically about rotating axis, the efficiency of space is maximized. We perform several tests and this results is written below.

Key Words : index table, torque, pneumatic actuation

### 1. 서론

본 연구에서는 새로운 방식의 공기압 구동 원주 할출 기구를 설계하였다. 본 연구에서 개발된 원주 할출 기구는 기존의 공기압을 이용한 원주 할출 기구와 달리 2개의 피스톤을 사용하였으며 특수하게 제작된 관로를 따라 압축 공기를 전달하여 추력을 증대시킬 수 있는 방법을 새롭게 개발하였다.

### 2. 기구의 구조 및 원리

본 연구에서 개발한 공기압 원주 할출 기구의 구동부의 개념도는 Fig. 2.1과 같다.

그림과 같이 피스톤 A, B에는 직선의 랙이 가공되어 있고, 편하중으로부터 피스톤 패킹을 보호하기 위한 웨어링(Wearing)이 부착되어 있다. 기존의 공기압 구동 원주 할출 기구는 한 개의 피스톤으로 회전력을 발생시키는데 반하여, 본 연구에서 개발한 할출 기구는 A, B 2개의 피스톤으로 구성되어 있다. 즉, 피스톤 A에서 공급되는 압축 공기는 특수하게 제작된 관로를 따라 몸체와 커버를 통과하여 B 피스톤의 한 쪽에 공급되므로 2배의 추력을 얻을 수 있으며, 이 2개의 피스톤은 회전축을 중심으로 대칭으로 배열되어 있어 공간 효율이 극대화되어 있다.

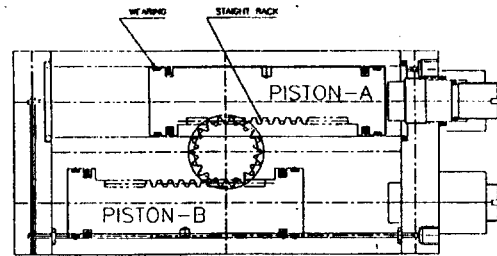


Fig. 2.1 Schematic of Rotary Actuator

2개의 피스톤에서 생성된 직선 운동은 할출 기구 중심에 위치한 피니언에 의하여 회전력으로 바뀌어 볼트로 연결된 내축 축(Inner Shaft)에 동력이 전달되게 된다. 내축 축과 턴 테이블(Turn Table)사이에는 클러치 베어링이 위치하게 되며, 클러치 베어링의 역할은 한 쪽 방향으로 회전할 때에는 내륜과 외륜의 구름 운동을 담당하는 롤러가 테이블이 있는 리테이너(Retainer)에 삽입되어 브레이크 역할을 하게 되어, 단속적인 단방향 회전력을 발생시키게 된다. Fig. 2.2에 개념도가 나와 있다.

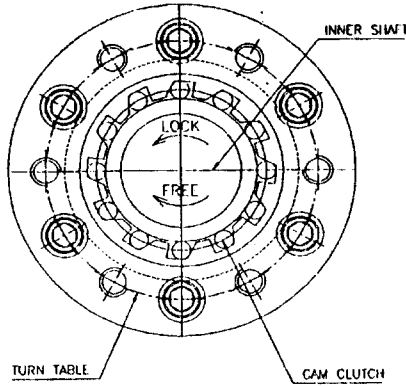


Fig. 2.2 Cam Clutch

원하는 회전 각도는 피스톤 A, B의 행정에 의해 결정되며, 이 두 개의 피스톤은 피니언에 의하여 동기운동을 하게 되므로 피스톤 A의 전진은 피니언을 거쳐서 피스톤 B의 우측단에 설치된 스톱퍼(Stopper) B에 의해 제어되고 또한 피스톤 A의 후진은 스톱퍼 A에 의하여 제어된다. 그러므로 2개의 스톱퍼 만으로 피스톤의 행정 거리 즉 회전 각도는 쉽게 제어가 가능하다. 그러나 원하는 회전각은 스톱퍼의 미세 조정 만으로는 정확한 설정이 불가능하며, 클러치 베어링의 무부하시의 슬립(Slip) 현상도 무시할 수가 없으므로, 일종의 독크(Dock) 장치를 부착하여 부하 구동시에는 위치 결정으로 활용하고 무부하 구동시에는 브레이크 역할을 할 수 있게 함으로써 정확한 회전각을 얻을 수 있으며 Fig. 2.3과 같다. 그림 상으로는 독킹 실린더(Docking Cylinder)의 끝단이 원형으로 되어 있으나 실제로는 쉘기 형상을 하고 있어야 정확한 회전각을 얻을 수 있다.

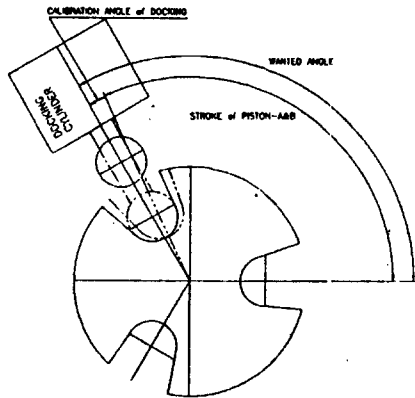


Fig. 2.3 Position Setting

전체적인 형상은 Fig. 2.4와 같다.

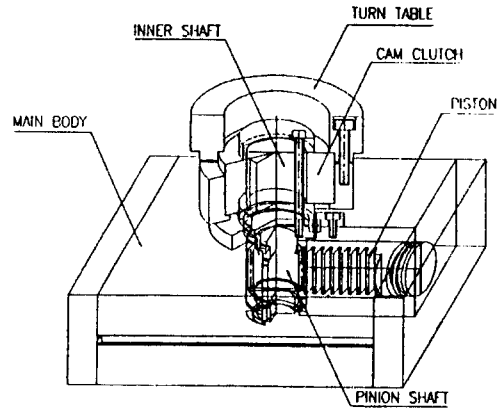


Fig. 2.4 Composite Drawing

### 3. 구성 부품의 재질과 특성

구성 부품의 기능과 용도를 고려한 재질과 특성을 요약하면 다음과 같다.

#### 3.1 원자재

Table 1.에 원자재의 품명, 재질, 규격과 수량 및 처리종류를 정리하였다.

품명	재질	규격	수량	후처리
rotary body	A6061	48*88*148	1	경질아노다이징
piston	SUS304	∅30*100	2	
driving gear	SCM	∅40*47	1	고주파 처리
bearing cover	A2024	∅72*8	1	흑색아노다이징
turn table	A2024	∅72*20	1	백색아노다이징
back cover A	A6061	16*46*88	1	흑색아노다이징
back cover B	A6061	16*46*88	1	흑색아노다이징
stopper	SM45C	∅20*51	2	아연도금
stopper	SM45C	∅20*51	2	아연도금
stopper nut	SM45C	23*20	2	크롬도금
stopper	M/C nylon	∅17*7	2	

Table 1. Raw Material

### 3.2 원재료

소요되는 원재료의 품명, 규격, 수량 등은 Table 2. 에 정리하였다.

품명	규격	수량	비고
wrench bolt	M5*15	10	
wrench bolt	M4*8	4	
o-ring	P4	4	
piston packing	PSD30	4	
wearing	∅30*1.5T*3mm	4	
magnet	∅4*3	2	
wrench bolt	M5*20	6	
ball bearing	6807ZZ(∅35*∅47*7)	1	90° 용
ball bearing	6804ZZ(∅20*∅32*7)	1	180° 용
o-ring	G30	2	
o-ring	G30	2	
wrench bolt	M3*12	2	
o-ring	P18	2	
ball	∅2.5	6	

## 4. 기기의 성능 시험

### 4.1 작동 시험

작동 시험은 저압 시험과 고압 시험으로 나눌 수 있으며, 저압 시험이란 정, 동마찰력을 이기고 운동이 이루어지는 최소의 압력을 기기에 공급하여 이때의 동작 상태를 체크함으로써 가공 정도, 조립 상태 등을 검사하는 방법이다. 고압 시험은 일반적인 공압 사용 압력을 초과하여 9kg/cm<sup>2</sup>의 공압을 공급하여 취부된 쿠션의 완충 역할 및 볼트의 풀림 상태, 부품의 초기 마모, 공기의 누설 등을 검사하는 방법이다.

#### 4.1.1 저압 시험

턴테이블에 렌치홈을 가공한 부속 장치를 제작 부착하고 토오크 렌치를 사용하여 초기 동작이 이루어질 수 있는 최저 공기압을 검사하며 이때의 압력은 0.5kg/cm<sup>2</sup> 이내이어야 한다.

저압 시험은 압력 게이지를 조절하여 1kg/cm<sup>2</sup>의 공압이 공급되는 조건하에서 동작 상태를 육안 검사하도록 한다. 이때 동작은 연속적으로 정속한 상태에서 이루어 지도록 하며 저압에서 피스톤에 의한 행정거리를 확인한 후에 고압 상태에서의 행정거리와 비교한다. 저압과 고압상태의 행정거리의 변화는 완충역할을 담당하는 쿠션 재질의 탄성에 의한 것이며 이때의 범위는 0.05mm를 초과하지 않아야 한다.

#### 4.1.2 고압 시험

9kg/cm<sup>2</sup>의 공기를 공급하여 다음과 같은 여러 항목을 검사한다.

-공기의 누설여부는 오일을 도포한 후 기포의 발생 유무를 1차적으로 검사한다.

-정밀한 누설 여부의 검사는 오일 탱크에 1m이상의 깊이에 제품을 침적시켜 1000회 이상의 동작시험을 실시한 후 공기의 누출, 오일의 혼입 여부를 검사한다. 이때 침적된 제품 상부의 오일 유면아래에 발생되는 기포를 수집할 수 있는 투명 용기를 설치하며, 이 투명 용기는 눈금을 표시하여 누출된 공기의 양을 측정한다. 또한 이때 오일의 압력에 영향을 받지 않기 위해서는 유면 바로 아래에 용기가 위치하여야 하며 누출된 공기의 양은 공기 소비량의 1/1000이하 이어야 한다.

검사 결과 포집된 공기의 양은 0.1ℓ로 공기의 누출 성능은 합격하였다.

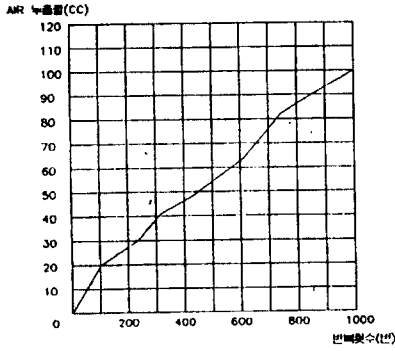


Fig. 4.1 Leakage Air Volume

위의 그래프를 분석해 보면, 100회 이내의 초기 동작시에는 공기의 누출량이 비교적 급경사를 이루고 있으나 이는 공기 배관 주변과 제품에 붙어있던 공기가 충격이나 진동 등에 의해 분리된 것으로 해석할 수 있다.

#### 4.2 내압 시험

4.1항의 고압 시험과 더불어 진공도 600mmHg이상의 밀폐된 공간에 제품을 넣고 100회 이상 동작 시험을 한다. 또한 대기압 하에서 제품 내부에 진공 호스를 연결하여 배압 동작을 100회 이상 실시한다. 이때에는 봉입된 윤활제의 외부 누출 여부 및 각종 패키지의 변형 여부를 검사한다.

#### 4.3 온도 시험

공기압 실린더의 온도 조건은 실 재료의 온도 조건에 의해 결정되어진다. 사용 온도 조건은  $-30^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 로 규정되어 있으며 특수한 재질을 사용할 때에는  $-55^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 까지도 가능한 한계조건이나 통상적으로  $-10^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 에서 사용하는 것이 보편적이다.

온도의 변화에 따른 봉입된 윤활제의 화학적 변화와 점도 변화는 통상 온도하에서 제품의 성능에 미치는 영향이 작으므로 특수한 환경을 제외하고는 고려의 대상이 아니다.

단열재료 외부의 온도와 차단된 챔버를 만들어 제품을 넣고 전열선을 사용하여 내부의 온도를 상하, 좌우 4지점에서 동시 측정하여  $80 \pm 5^{\circ}\text{C}$  이내로 유지되게 한 다음 1000회 동작시험을 한다. 동작상태등을 점검후 24시간후에 실재료의 변형과 윤활제의 점성 등을 확인한다.

#### 4.4 회전 추력 시험

이론상의 회전 추력은 피스톤의 단면적 X 공급압력 X 피스톤과 피니언 축과의 중심거리가 되므로  $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 공기압이 공급될 때 제품의 치수에 적용하여 보면  $155.5\text{kg}\cdot\text{cm}$ 가 된다. 턴테이블의 취부용 랩에 회전용 암을 제작하여 이 암의 거리는 10cm가 되게 한다. 암의 끝단에는 설치된 로드셀과 접촉시 수직을 이루도록 힌지구조를 제작한다. 공기의 압력을  $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서  $9\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지 단계적으로 변환시키고 이때에 로드셀에 기록된 힘을 측정한다.

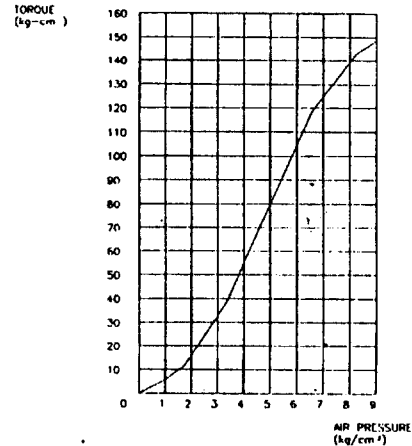


Fig. 4.2 Torque Test Result

그래프를 분석해 보면 저압에서는 그래프의 기울기가 둔화되어 있고 이는 초기 마찰에 의한 저항이 있었음을 나타낸다. 또한 고압에서의 완만한 기울기는 피스톤이나 기타 부품에 축하중을 비롯한 편심력이 마찰력으로 작용해 효율을 둔화시킨 것으로 볼 수 있으며 일반적인 사용압력인  $3 \sim 6\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지의 압력에서는 일정한 기울기를 유지하고 있어 적정상태임을 나타내준다.

#### 4.5 분할 정지 정밀도 시험

저압하에서 100회의 동작 시험을 한 후 피스톤에 의한 행정거리를 5회 측정하여 평균을 산출한 후 다시 1000회의 동작 시험 후에 행정거리를 5회 측정하여 평균을 산출한다. 공급압력을  $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 상승시켜 1000회의 동작 시험후 행정거리를 5회 측정하여 평균을 산출한다. 고압하에서 1000회의 동작 시험후

에 행정거리를 5회 측정하여 평균을 산출한다.

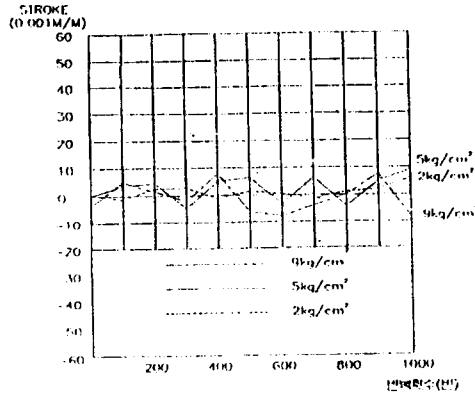


Fig. 4.3 Fatigue Deformation

그래프의 자료를 분석해 보면, 고압일때는 충격에 의한 스트로크의 변화가 많은 기록을 갖고 있었고, 저압에서는 산포도가 일정하여 정밀도의 관련 요소가 충격력임을 알 수 있다. 그럼에도 스트로크의 반복 정밀도가 0.02m/m 이내인 점은 제품의 안정화를 나타내는 척도가 된다.

### 5. 문제점 및 결론

본 연구에서는 2개의 피스톤을 사용하여 특수하게 제작된 관로를 따라 압축 공기를 전달하여 추력을 증대시킬 수 있는 방법을 새롭게 개발하였으며 이를 인덱스 테이블에 적용하였다. 또한 제작된 프로토타입에 대해서 여러 가지 검사를 행하였다.

개발시 나타난 몇가지 문제점들은 다음과 같다.

- 1) 현재 국내 공압 제품에 대한 표준화가 이루어지지 않아 검사 기준이 성립되어 있지 않아 대부분의 검사 기준을 국내 제작업체의 자가 검사 기준과 외국 제품의 카다로그에 의존해야 했다.
- 2) 시제품 제작시 이에 요구되는 특수한 성상의 제품이 필요되나 기계가공을 제외한 사출 부품은 원하는 제품을 얻을 수 없어 원하는 성과를 얻기에 미흡함이 많았다.
- 3) 득크 실린더의 로드에서 표면 균열현상이 발생하였으며 이는 정위치 셋팅시에 무리한 축하중을 받은 것으로 추정되어 이에 대해 실린더 로드에서 별도의 축하중 방지 장치 부착을 고려하고 있다.
- 4) 고속운전시 턴테이블에 적재된 물체의 관성으로 인한 피스톤과 실린더 사이에 급속 충격음이 발생하여 분해한 결과 충격방지용 스톱퍼의 끝단에 취부된

우레탄 댐퍼에 무리한 충격이 가해졌음을 확인할 수 있었으며 이 스톱퍼 자리에 유압 충격완충기를 취부 검토중이며 나사산사이에 기밀을 유지할 수 있는 특수한 패킹의 개발이 요구된다.

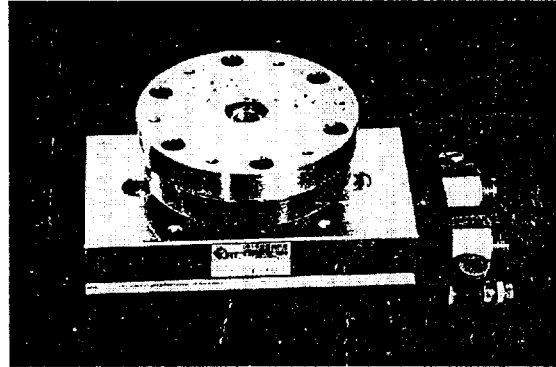


Fig. 5.1 Picture of Prototype