

특화교육

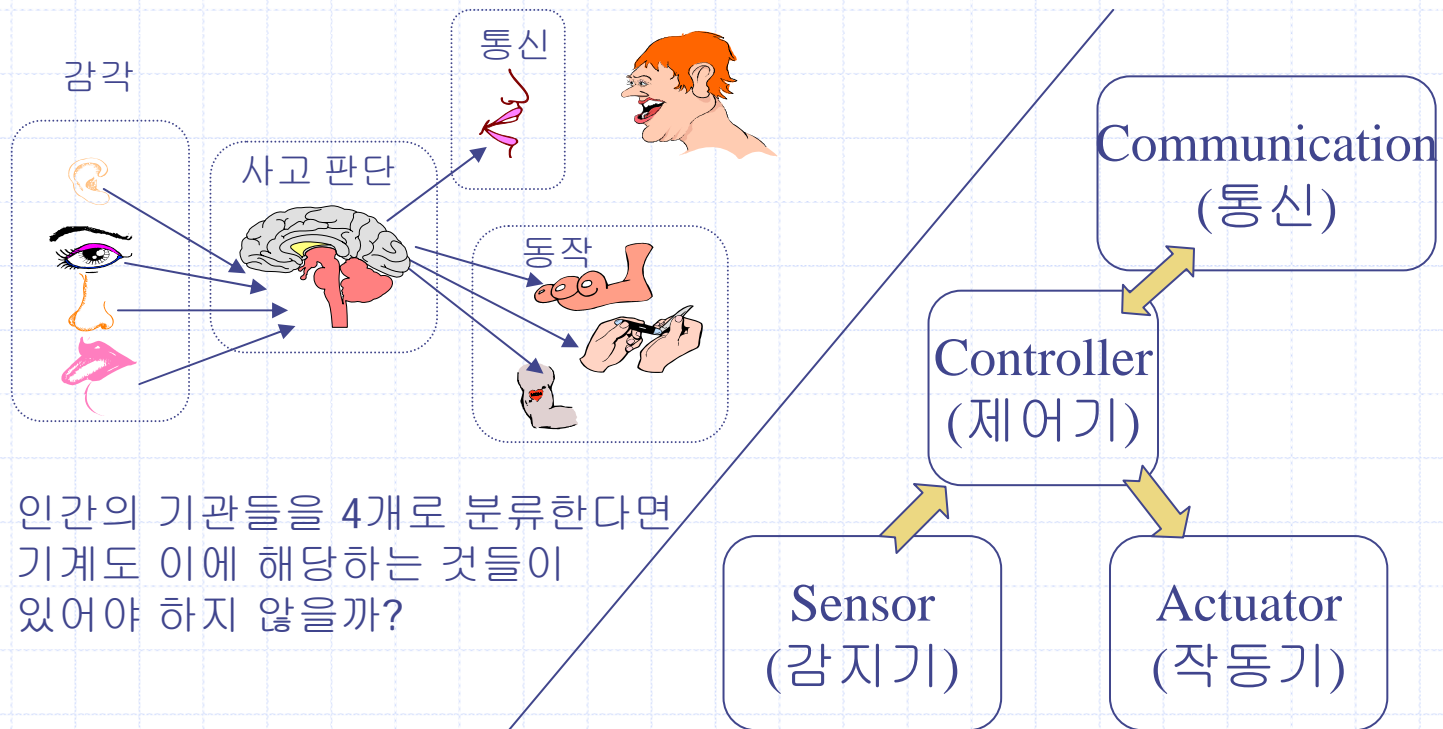
액추에이터 Actuator

윤명종

SpaceRobotic & Mechatronics Lab.

Actuator?

- 인간에 비유하면 손이나 발에 해당, 동력처리기구의 총칭
ex : 실린더, 모터, 솔레노이드



인간의 기관들을 4개로 분류한다면
기계도 이에 해당하는 것들이
있어야 하지 않을까?

Actuator의 분류

◆ 운동형태에 따른 분류

- 왕복형 (선형운동) 과 회전형 : 회전운동

◆ 동력원에 따른 분류

- 공압식, 유압식, 전기식, 기타

◆ Actuator의 조건

- 빈번한 기동-정지, 정 역회전 혹은 왕복운동을 할 수 있을 것
- 지령 신호나 검출 신호에 따라 쉽게 제어할 수 있고 응답성도 양호할 것
- 회전부분이나 운동부분의 관성이 작으면서 발생하는 힘이나 토크가 클 것
- 소형, 경량이며 설치, 보수 작업이 용이할 것

최근의 actuator의 동향

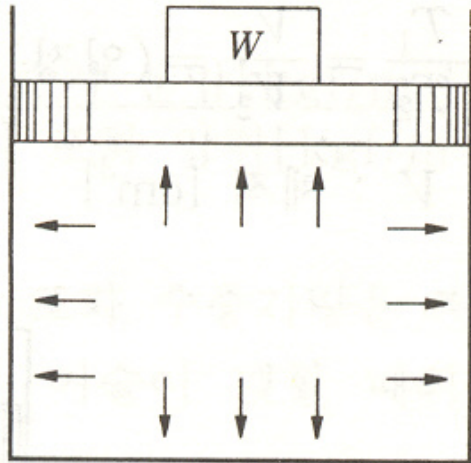
- 소형화와 복합화 :
 - 극소형 actuator에서 공기압이나 유압은 점성영향으로 에너지 전달능력이 떨어짐
 - 솔레노이드나 형상기억합금은 소형이 가능
 - 대출력용 actuator는 복합방식을 주로 이용
(구동은 공유압, 제어는 전기방식 : 전동-유압 시스템)
 - 다기능을 발휘할 수 있도록 제어시스템의 부가로 인하여 actuator 기구의 복합화 추진
 - 산업용 로봇 관절에는 스테핑(Stepping) 모터가 주로 사용

각종 actuator의 특징

종류	특징	용도	비고(구성)
유압 actuator	고출력 누유 및 이 관리	건설기계, 공작기계 산업용 robot	pump•압축원 •배관 • servo valve
공기압 actuator	고속이동 압축성, 안전, clean	공기압 hand 전차 door	compressor•배관• servo valve
전자력 motor	사용이 용이 clean, 제어성 좋음	용도 다수	전원, motor driver
형상기억합금	구조체를 겸함 응답성이 조금 느림	안경 frame, joint 등	가열, 냉각
초음파 motor	경량, 소형, brake 불필요	camera lens 구동 등	압전 ceramics

유압 actuator

기본 원리

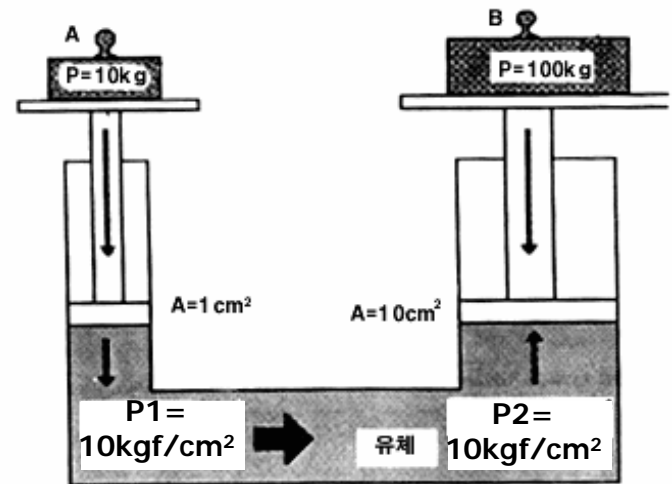


- 파스칼의 원리: 밀폐된 용기 속에 정지 유체에 가해지는 압력은 유체의 모든 부분에 동일한 힘으로 동시에 전달된다

- 압력전달의 원리 : 실린더 안에 액체를 채우고 피스톤 단면적 A_1 , A_2 에 F_1 및 F_2 의 힘이 가해졌을 때, 이들 사이에 마찰이 없고 이 부분으로부터 누설도 없으며, 또한 전달에 의한 에너지 손실도 없다고 하면, 두 개의 실린더 내에 발생하는 압력은

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$

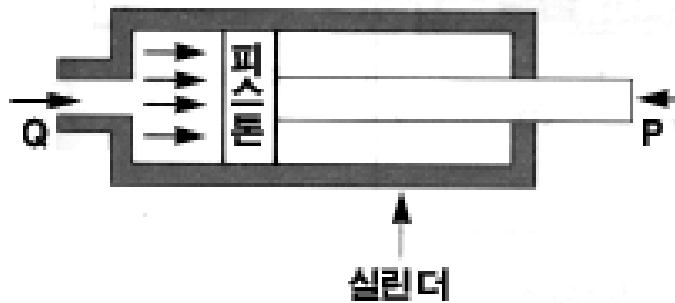


$A_1 < A_2$, $F_2 > F_1$ 이는 유압 프레스나 수압기의 원리

유압 actuator

기본 원리

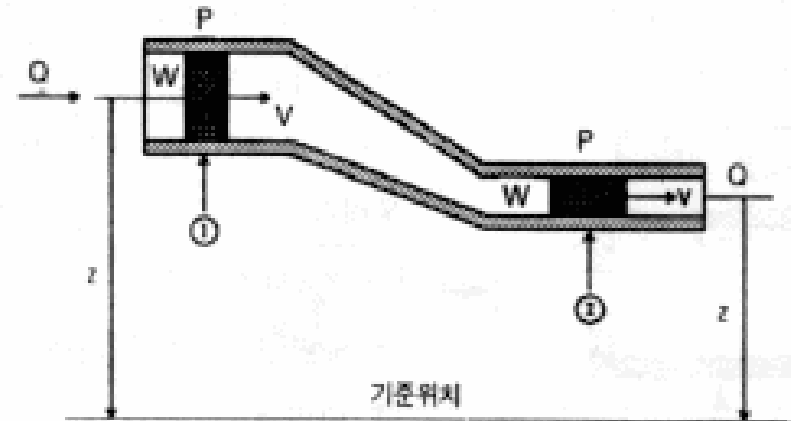
- 연속의 법칙 : 출구와 입구 사이에 질량유량이 일정함을 이용



Mass flow rate is constant
 $(\rho VA)_{\text{inlet}} = (\rho VA)_{\text{outlet}}$

Incompressible ($\rho = \text{const.}$)
 $Q = VA, Q_{\text{inlet}} = Q_{\text{outlet}}$

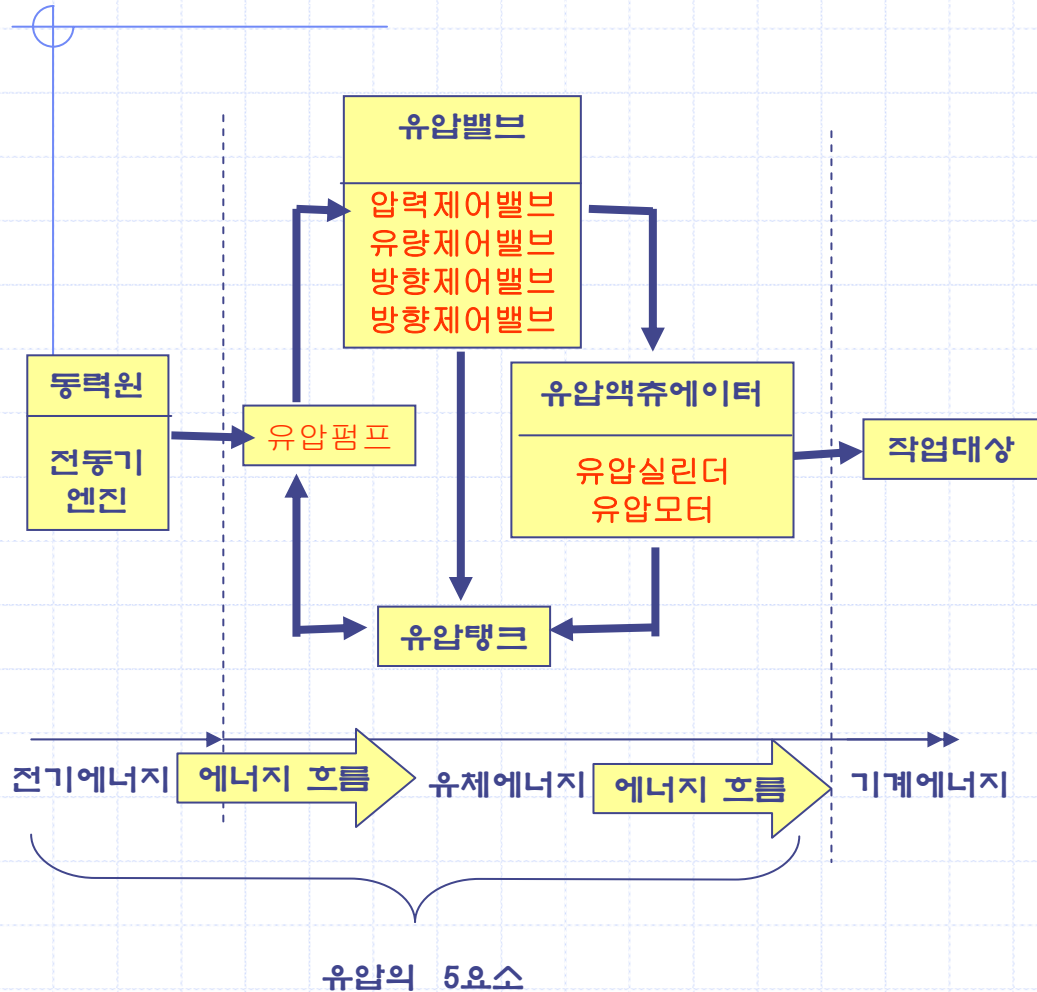
- 베르누이 방정식 : 관속에서 에너지 손실이 없다고 가정하면 에너지 보존 법칙으로부터 유도



$$\frac{V_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + gz_1 = \frac{V_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + gz_2$$

유압 actuator

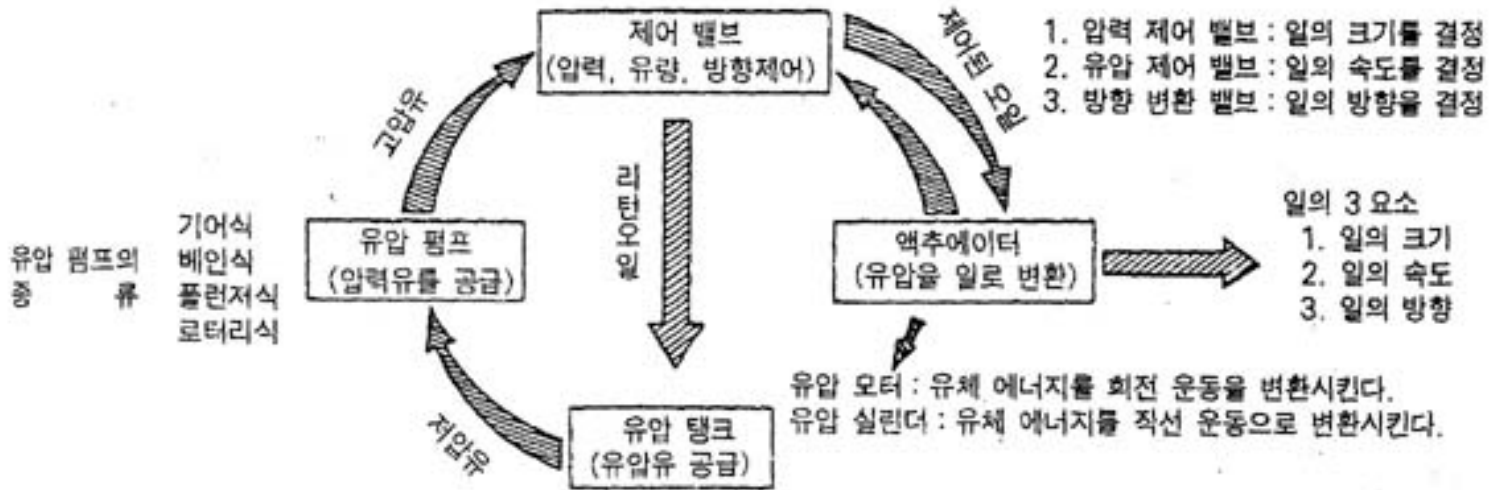
유압의 구성요소와 에너지 흐름



유압 펌프	유압을 발생시키는 부분으로서 구조에 따라 회전식과 왕복식이 있으며, 기능에 따라서는 정 용량형과 가변 용량형으로 구분된다.
유압 제어 밸브	제어하는 종류에 따라 압력 제어 밸브, 유량 제어 밸브, 방향 제어 밸브 등이 있다.
액추에이터	유압 실린더와 유압 모터 등이 있다.
부속 기기	기타의 기기를 말하며, 기름 탱크, 필터, 압력계, 배관 등이 있다.

유압 actuator

유압의 특징



유압 기기의 관계 운동

(1) 장 점

- ① 미세한 조작이 용이하다.
- ② 원격 조작이 가능하다.
- ③ 진동이 작고 작동이 원활하다.

(2) 작동유 (유압유)의 주요 기능

- ① 동력을 전달한다.
- ② 마찰열을 흡수한다.
- ③ 움직이는 기계 요소의 마모를 방지한다.
- ④ 필요한 요소 사이를 밀봉한다.

(3) 작동유(유압유) 노화 촉진의 원인

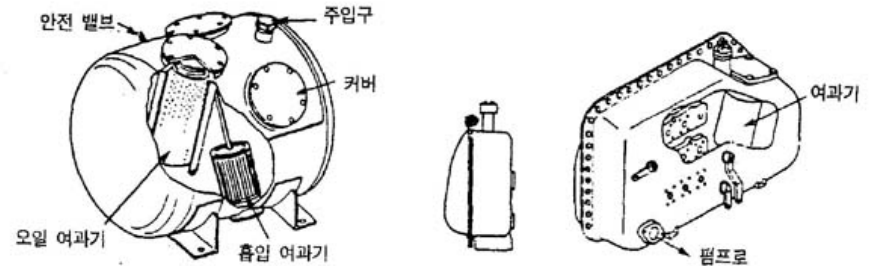
- ① 오일의 온도가 80℃ 이상으로 높을 때.
(정상온도 : 40 - 60℃)
- ② 다른오일과 혼합하여 사용할 때.
- ③ 유압유에 수분이 혼입되어 있을 때.

유압 actuator

유압 장치의 기본 요소

(1) 유압 탱크

- ① 유압 회로 내의 필요한 유량을 확보.
- ② 오일의 기포 발생 방지와 기포의 소멸.
- ③ 작동유의 온도를 적정하게 유지.



(a) 둥근형 탱크

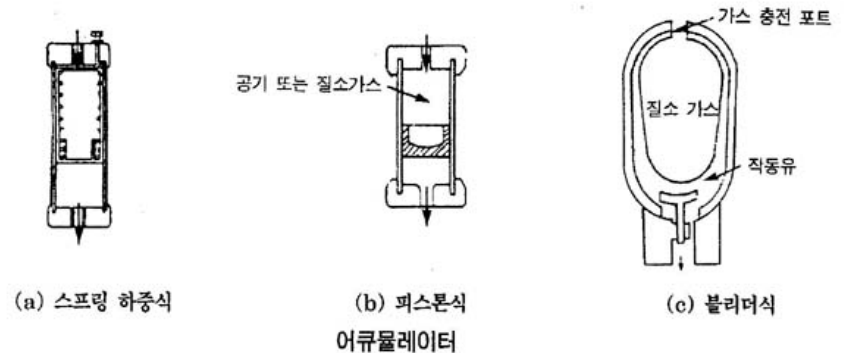
(b) 사각형 탱크

유압 탱크

(2) 어큐뮬레이터

- 유체 에너지를 축적 시키기 위한 용기로서 내부에 질소 가스가 봉입되어 있으며, 다음의 역할을 한다.

- ① 유체 에너지를 축적시켜 충격 압력을 흡수한다.
- ② 온도 변화에 따르는 오일의 체적 변화를 보상 한다.
- ③ 펌프의 맥동적인 압력을 보상한다.
- ④ 유체의 맥동을 감쇄 시킨다.



(a) 스프링 하중식

(b) 피스톤식 어큐뮬레이터

(c) 블리더식

유압 actuator

유압 장치의 기본 요소

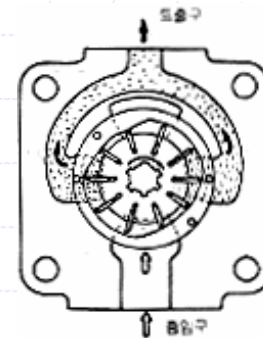
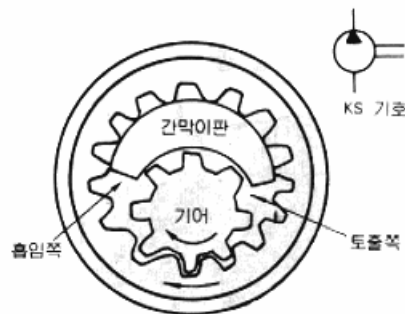
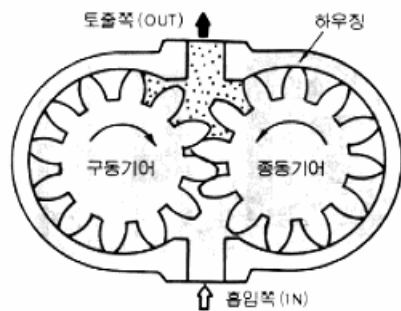
(3) 유압 펌프

- ◆ 유압펌프는 전동기나 엔진 등에 의하여 얻어진 기계적 에너지를 받아서 기름에 압력과 유량의 유체 에너지를 주어 유압 모터나 실린더를 작동시키는 유압 장치의 기본 동력이다.
- ◆ 펌프에는 정 용량형 펌프(1회전당의 토출량을 변동할 수 없는 펌프)와 가변 용량형 펌프(1회전당의 토출량을 변동할 수 있는 펌프)가 있으나 일반적으로 정 용량형 펌프가 사용된다.
- ◆ 정 용량형은 밀폐된 유실의 용량 변화에 의해 기름을 흡입, 토출하며 흡입과 토출쪽은 격리되어 있어서 부하가 변동하여 펌프의 토출 압력이 변화하여도 펌프의 토출량은 거의 일정하여 유압 장치에 적합하다.

1) 기어 펌프: 외접기어 펌프, 내접 기어 펌프

2) 베인 펌프: 1단 베인 펌프, 2단 베인 펌프, 각형 베인 펌프, 가변 베인 펌프, 2련 베인 펌프(복합 베인 펌프)

3) 피스톤 펌프: 액셜형 피스톤 펌프, 레이디얼형 피스톤 펌프, 리시프트형 피스톤 펌프



유압 actuator

유압장치의 기본 요소

(4) 오일 냉각기

- ① 작동유의 온도를 40 - 60℃ 정도로 유지시킨다.
- ② 작동유의 온도 상승에 의한 슬러지 형성을 방지한다.
- ③ 작동유의 온도 상승에 의한 열화를 방지한다.
- ④ 작동유의 온도 상승에 의한 유막의 파괴를 방지한다.

(5) 오일 씰(패킹)

- 오일 씰은 각 오일 회로에서 오일이 외부로 누출되는 것을 방지하는 역할을 한다.
(U 패킹, O 링, 더스트 씰)

유압 actuator

유압 actuator

특징 :

- 온도변화에 따른 유체의 점도 변화가 심해짐.
- 낼 수 있는 최대속도가 **0.5m/s**로 매우 느리므로 빠른 속도가 요구되는 곳에는 부적합.
- 작동유 회수를 위한 귀환라인이 필요.
- 작동유의 산패현상 (오염)으로 인하여 주기적인 교환이 필요.
- 작동유 자체가 윤활유 역할을 수행하므로 별도의 윤활유가 필요 없음.
- 압력의 응답속도가 **1000m/s**로 공압의 **50-70m/s**보다 빠르기 때문에 응답성이 좋음.

종류 :

(1) 유압 선형 액추에이터

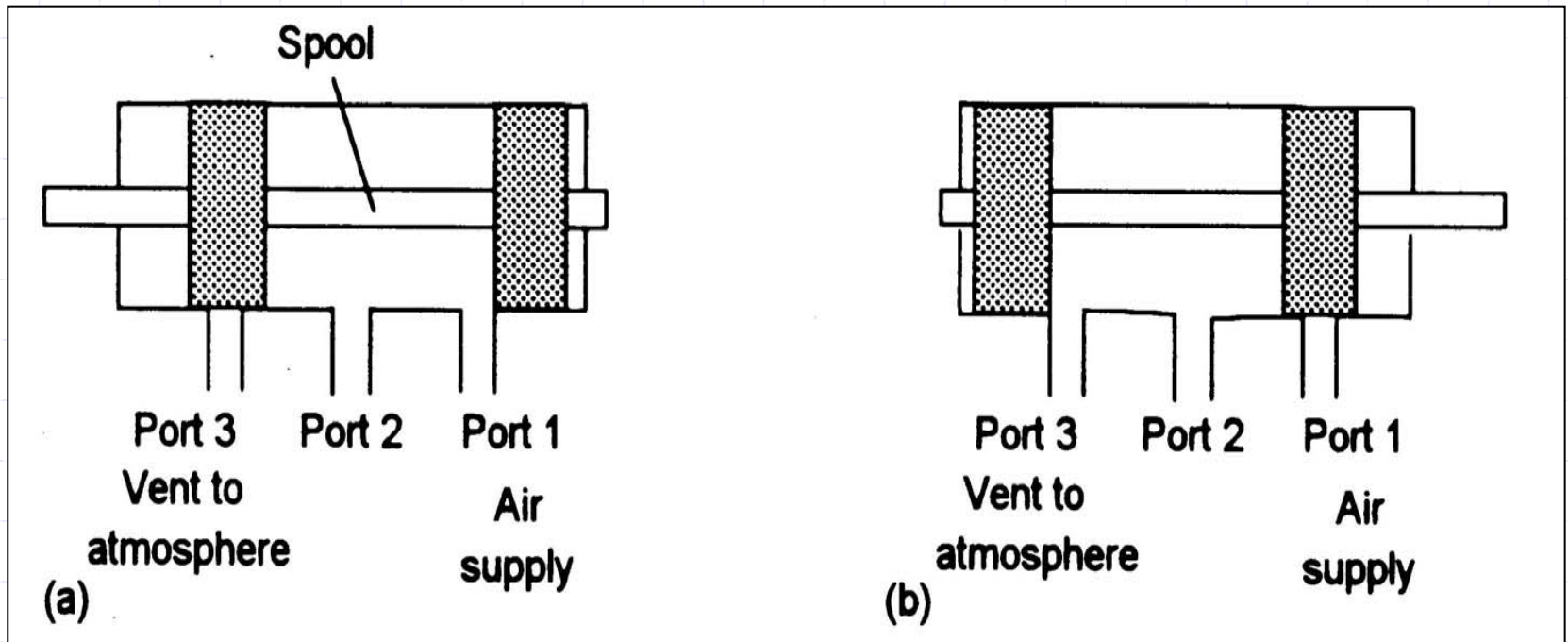
- 단동 실린더 : 피스톤형 실린더, 램(플랜저)형 실린더
- 복동 실린더 : 차동 실린더, 양로드 실린더, 쿠션내장형 실린더, 텔레스코프 실린더, 탠덤 실린더

(2) 유압 회전형 액추에이터

- 요동형 유압 모터
- 유압 모터

유압 actuator

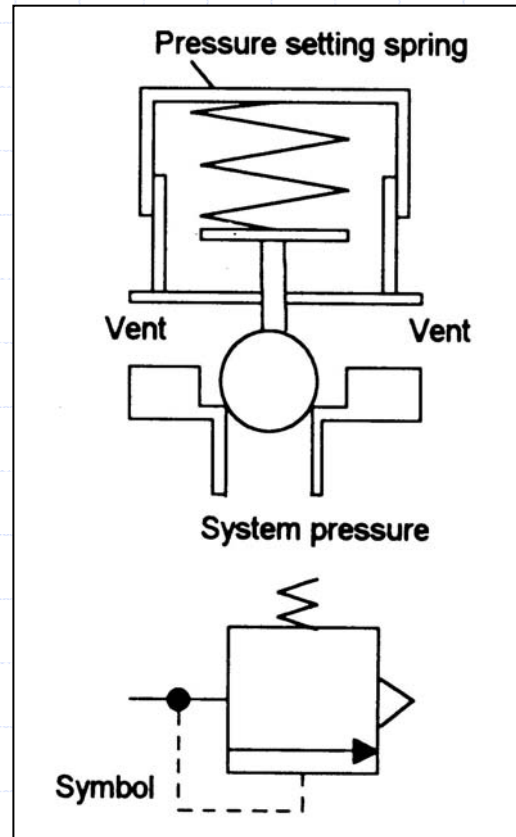
방향제어 밸브



스풀 밸브(spool valve)

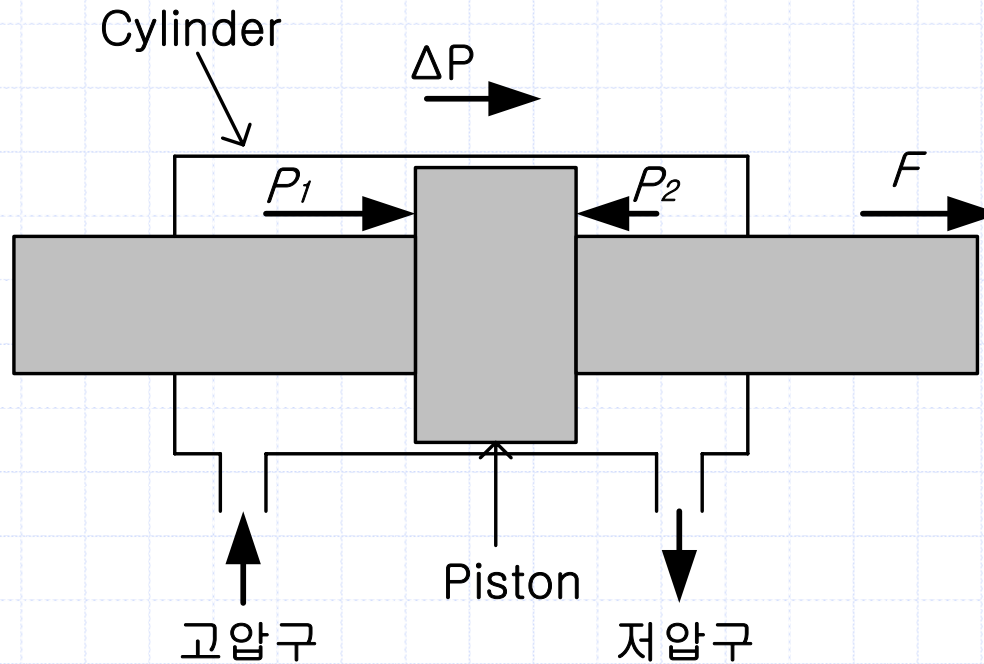
유압 actuator

압력제한 밸브



유압 actuator

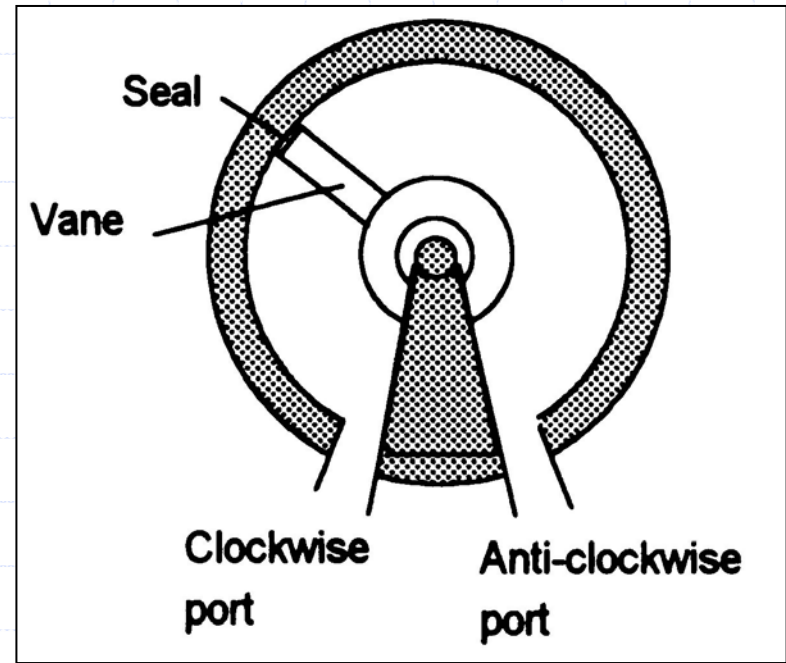
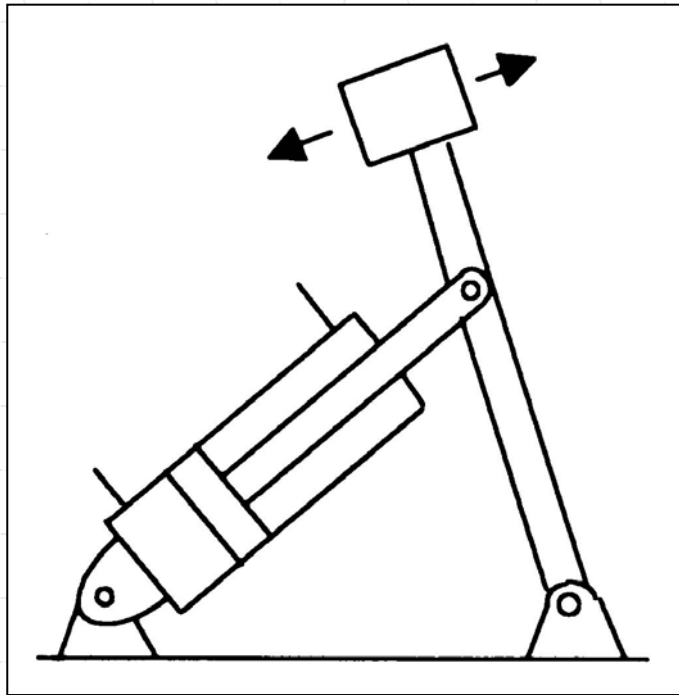
유압 actuator 예



Piston cylinder의 구조

유압 actuator

유압 actuator 예



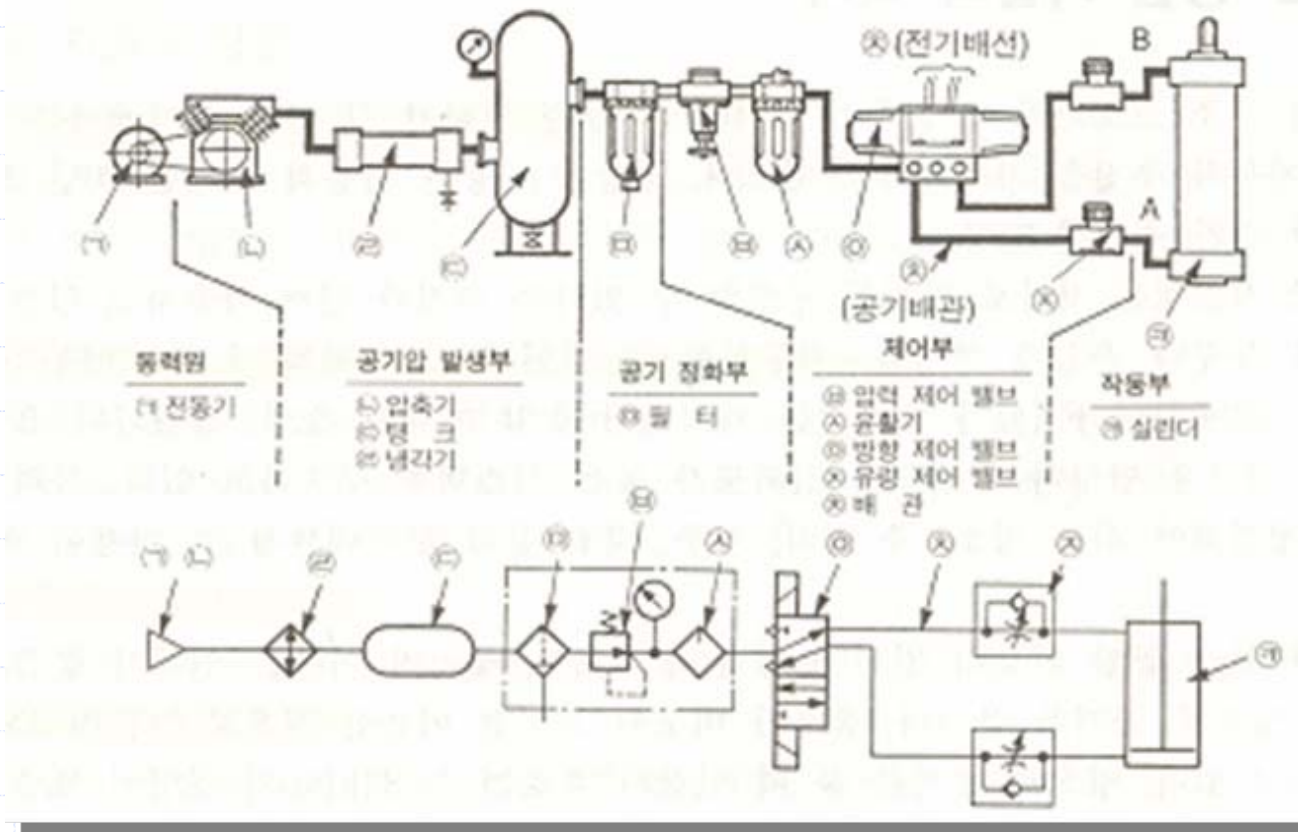
회전운동을 유도하기 위해
이용된 직선 실린더

베인형 세미로터리 액추에이터

공기압 actuator

공압의 구성요소

전동기나 내연기관으로 부터
(기계적 에너지를 압력에너지로 변환)



전형적인 공압
시스템의 구성도

공기압 actuator

공압의 특징

장점 : (1) 동력원인 압축 공기를 간단히 얻을 수 있음. (에너지원의 무한성)

(2) 힘의 전달이 간단하고 어떤 형태로도 전달이 가능.

- 배관만 있으면 어느 곳이든 가능하고 구동축의 일치 및 방향에 무관하게 자유로이 전달 가능.

(3) 힘의 증폭이 용이.

- 공압 실린더의 용량을 증가함에 따라 같은 공압에서도 파워 증가.

(4) 속도 변경이 가능.

- 공기량 변경에 따라 액추에이터의 속도 조절 ($Q=VA$)

(5) 제어가 간단.

- 압력 및 유량조절의 제어가 비교적 간단.

(6) 취급이 간단

- 유출의 위험이 없음.

(7) 인화의 위험이 없음.

(8) 탄력이 있음. - 완충작용을 하며, 차량 등의 공기 스프링에 사용됨.

(9) 에너지 축적이 용이 - 압축이 가능하므로 압력에너지의 축적이 용이.

(10) 저가로 장치 구성 가능, 유압에 비해 청결(식품, 의료 등의 분야에 적용 확대)

단점 : (1) 큰 힘을 얻을 수 없음.

- 압축성(밀도) 공압 기기의 내구성으로 인하여 10kgf/cm² 까지가 한계.

- 유압기기는 압력 70 – 300 kgf/cm²까지 가능.

(2) 효율이 나쁨.

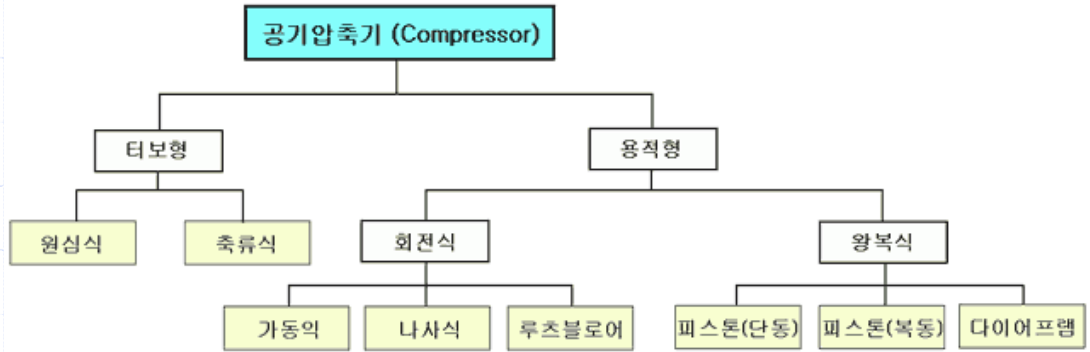
- 부하 변동시 작동 속도가 영향을 받기 때문에 정밀제어가 어려움.

공기압 actuator

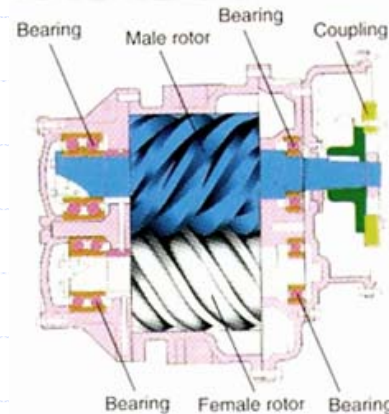
공압 장치의 기본 요소

(1) 공압 발생 장치(압축기) - 압축기는 압축을 이루는 방식에 따라 용적형과 터보형으로 분류

- ① 용적형 압축기 : 체적의 감소를 통해 압력을 증가 시키는 압축 방식
- ② 가스의 운동에너지를 압력에너지로 변환시켜 압축

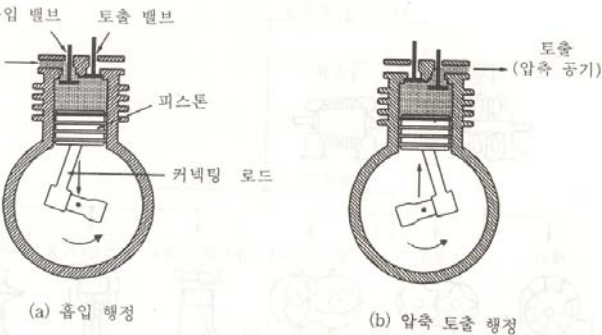


나사공기압축기



회전식 압축기 특징 :

- 암수 두개의 나사의 회전으로 공간의 용적이 축 방향으로 압축
- 고속회전이 가능하고 저주파 소음이 없음



왕복식 압축기 특징 :

- 크랭크축을 사용하여 피스톤이 왕복 하므로 진동은 비교적 큼.
- 밸브, 링크 등 접동부가 많고 회전도 느려 저주파성 소음이 많음.
- 벨트 조절, 바닥기초 등 설치가 어려움.

공기압 actuator

공압 장치의 기본 요소

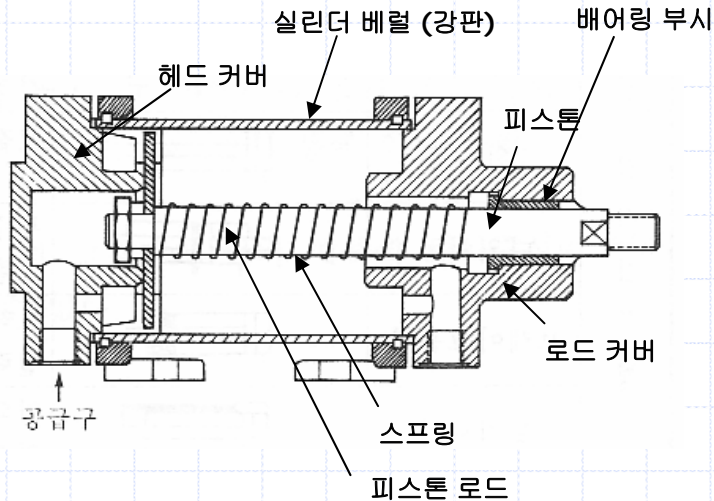


공압 실린더

공기압 actuator

공압 actuator 예

피스톤 실린더

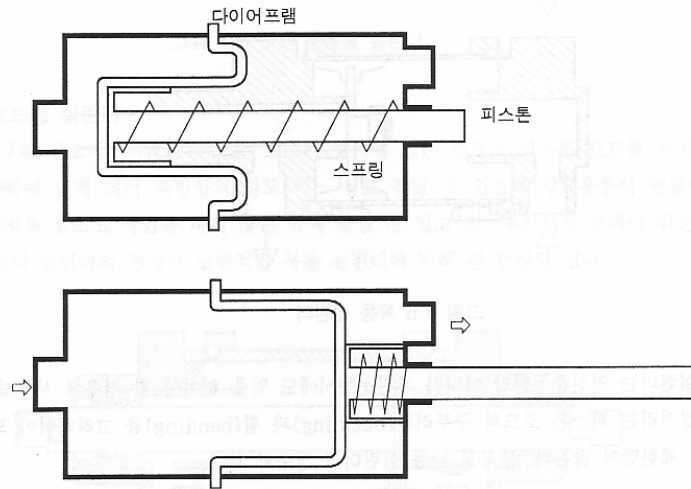


- 피스톤 : 실린더 튜브안에서 미끄럼 운동
충분한 강도와 내마모성 요구
피스톤과 튜브 사이에 패킹(일반적으로 단일체)
재질은 회주철, 강, 플라스틱, 알루미늄 등
- 피스톤 로드 : 충분한 강도와 내마모성 요구
충격과 굽힘 모멘트 주의
- 베어링 부시 : 피스톤의 움직임 안내
- 로드 및 헤드 커버 : 피스톤의 행정의 위치 결정
완충장치가 내장된 경우 주로
헤드 및 로드커버에 설치

공기압 actuator

공압 actuator 예

롤링격판 실린더



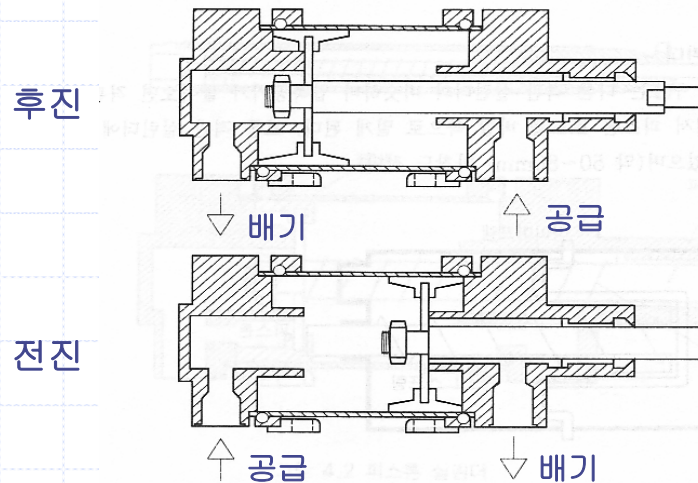
- 압축공기가 들어오면 격판이 실린더 내벽을 따라 부풀어서 피스톤 로드를 바깥 쪽으로 밀게 됨.
- 피스톤같이 베어링의 마찰손실이 없음.
- 격판의 재질과 탄성을 고려하여 선택

공기압 actuator

공압 actuator 예

공압 복동 실린더

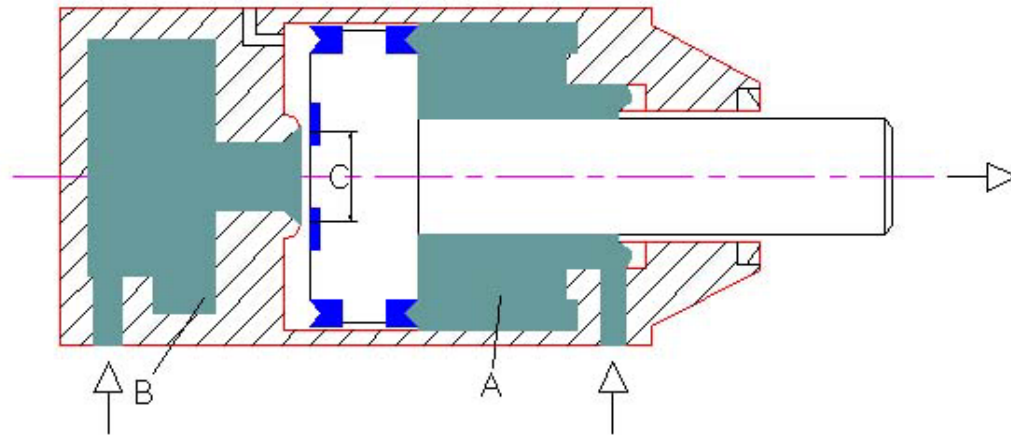
압축공기에 의한 힘으로 피스톤의 전진, 후진운동을 행함.
(전진과 후진시 모두 일을 할 수 있음)



공기압 actuator

공압 actuator 예

충격 실린더



- 일반적인 복동 실린더는 성형(Forming)작업에 사용하기에는 추력(thrust force)이 제한을 받음.
- 큰 운동에너지(kinetic energy)를 얻게 설계된 것이 충격 실린더이며, 큰 충격 에너지를 얻는 가장 좋은 방법은 속도를 증가 시키는 것.

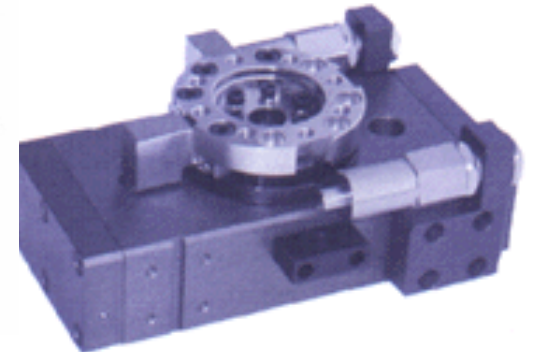
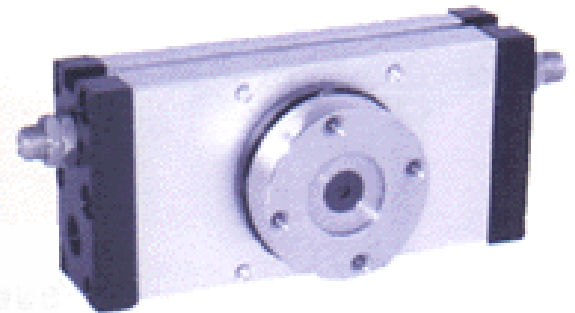
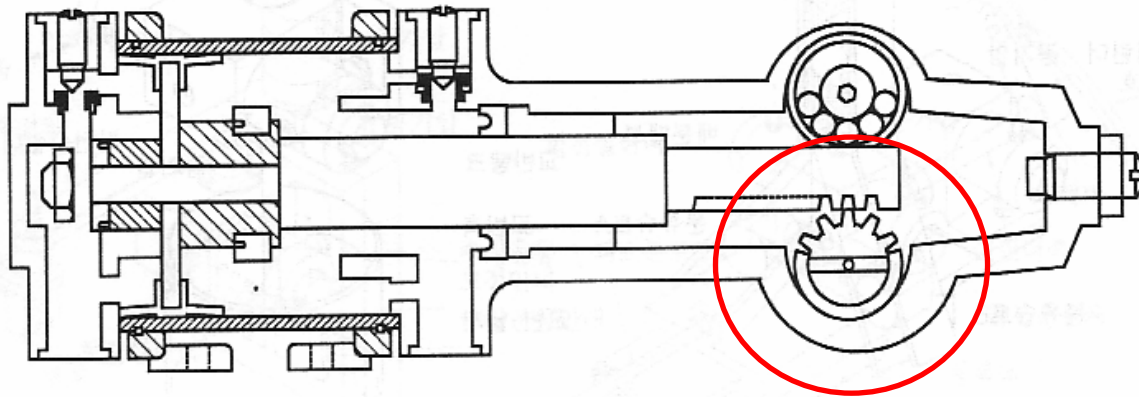
공기압 actuator

공압 actuator 예

회전 실린더

피스톤 로드가 기어의 형상을 하고 있으며, 기어를 구동시켜서 직선운동을 회전운동을 변환.

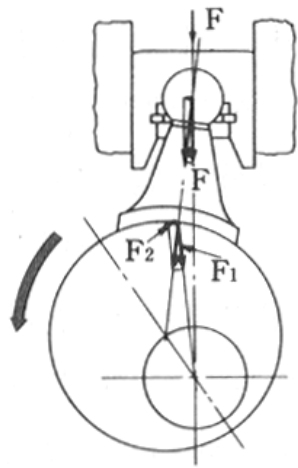
- 상업화 된 회전 범위는 45, 90, 290 에서 720의 한정된 각도를 사용.
- 부착된 조절나사를 사용하여 피스톤의 행정거리를 조절할 수 있고 회전 각도도 조절 가능.



공기압 actuator

공압 actuator 예

피스톤 모터



1행정 원심식 피스톤 모터



4행정 원심식 피스톤 모터

공기압 actuator

공압근육(Air Muscle, McKibben Artificial Muscle)

- 공기압 근육이란?

공압 근육은 일반 생명체의 근육과 비슷한 방식으로 작동

끌어당기는 힘, 즉 수축력을 간편하고 저렴하게 제공

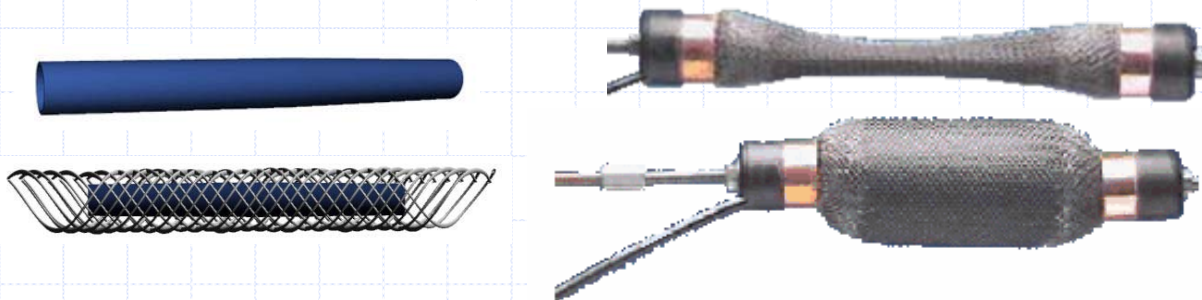
압축공기를 공급하면 힘을 발생하며 정상 크기의 약 40%까지 수축

- 제작방법

1) 공기압 근육의 내부에 수축, 팽창이 가능한 고무 재질의 튜브를 넣고

2) 고무 튜브의 바깥 부분은 강력한 플라스틱 그물이 감싼다.

3) 양 끝 단에 고정 고리 장착 (물론 1, 2 번 과정에서부터 양단 고정을 고려해야 한다.)



- 의학적인 관점에서 실제 인간의 팔의 골격, 근육, 신경계 등을 최대한 비슷하게 복제하는 것을 목적



공기압 actuator

공압과 유압의 차이

1. 공압

공기의 미는 힘을 이용하여 물체를 움직일 수가 있는데, 이를 공압이라고 정의.



(풍선의 현상 원리)

풍선 속에 가득차 있던 공기들의 작은 입구로 빠져 나오는 부분의 압과 바깥 공기의 압이 서로가 다르기 때문에 이러한 현상이 생기는 것입니다.

2. 유압

유압은 공압의 원리와 유사하며, 단지 공압에서는 공기(기체) 유압에서는 물, 기름과 같은 (액체) 라는 물질의 차이.



(물총의 현상 원리)

방아쇠를 당길 때 물의 압이 바깥의 압보다 크게 됩니다. 그러면 물은 압이 낮은 곳으로 나오려고 하는 원리에 의해서 작은 입구를 통해 물이 빠져 나오는 것이죠.

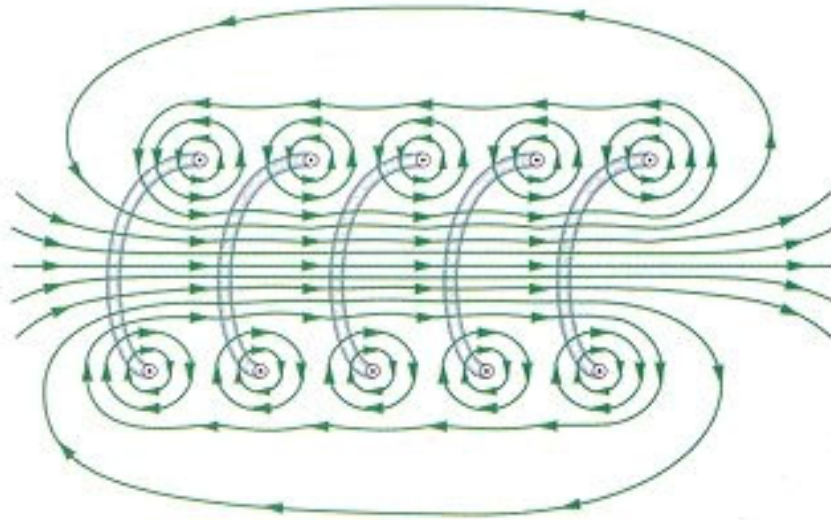
3. 유압과 공압의 차이 (비압축성과 압축성의 차이)

공기(기체) : 쉽게 부피가 줄었다 늘었다 하는 성질이 있으며, 빠른 움직임이 필요한 곳에 사용.
물(액체)는 부피가 쉽게 변하지 않는 성질을 가지고 있으며, 공기의 비해 조금 변하기 때문에 그 만큼 정밀한 움직임이나 더 큰 힘이 필요한 곳에 쓰일 수 있음.

전기 motor

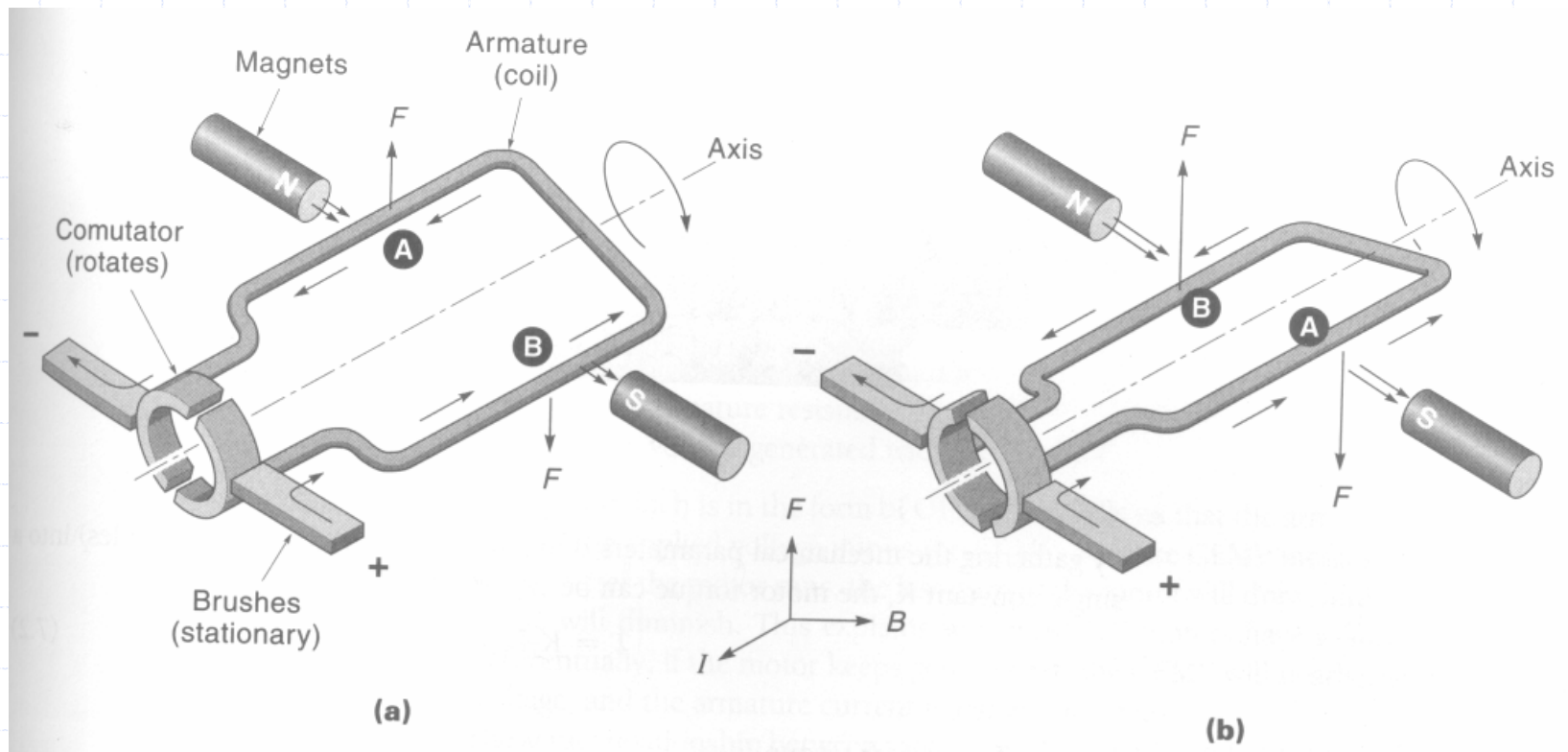
솔레노이드(solenoids)

원통형으로 길게 감은 코일에 전기를 흘려주면 자기장이 형성됨.



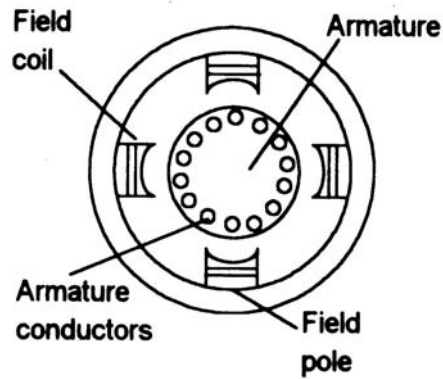
전기 motor

DC motor



전기 motor

DC motor

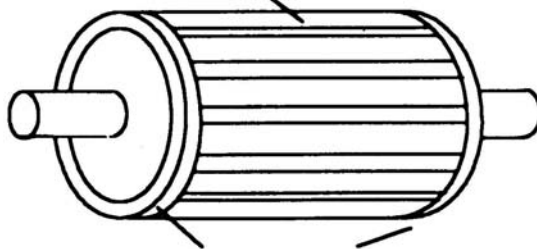


(a)

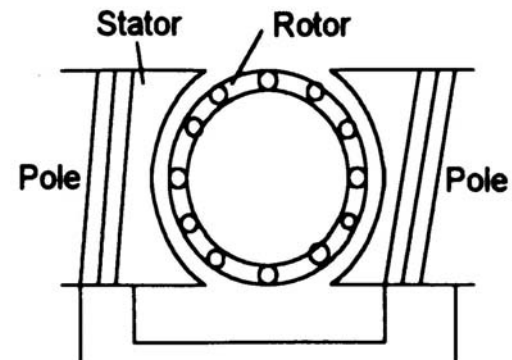


(b)

Rotor conductors giving the squirrel cage



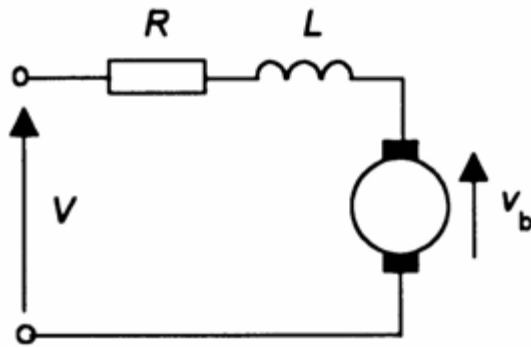
End rings connecting the ends of all the conductors to give the circuits in which currents are induced



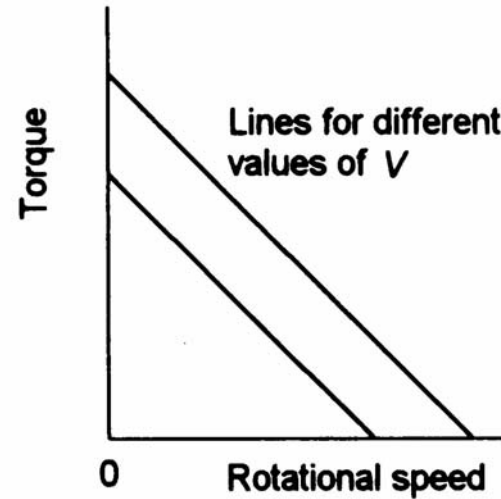
End view of squirrel cage

전기 motor

DC motor



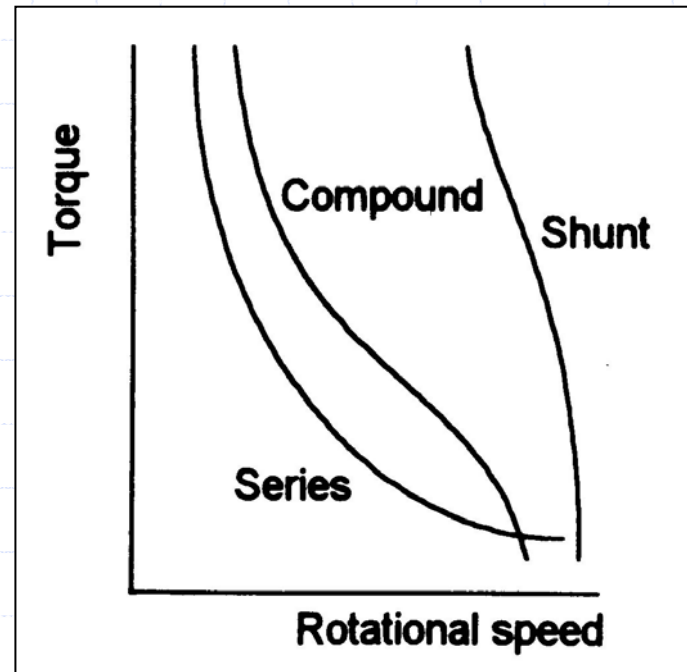
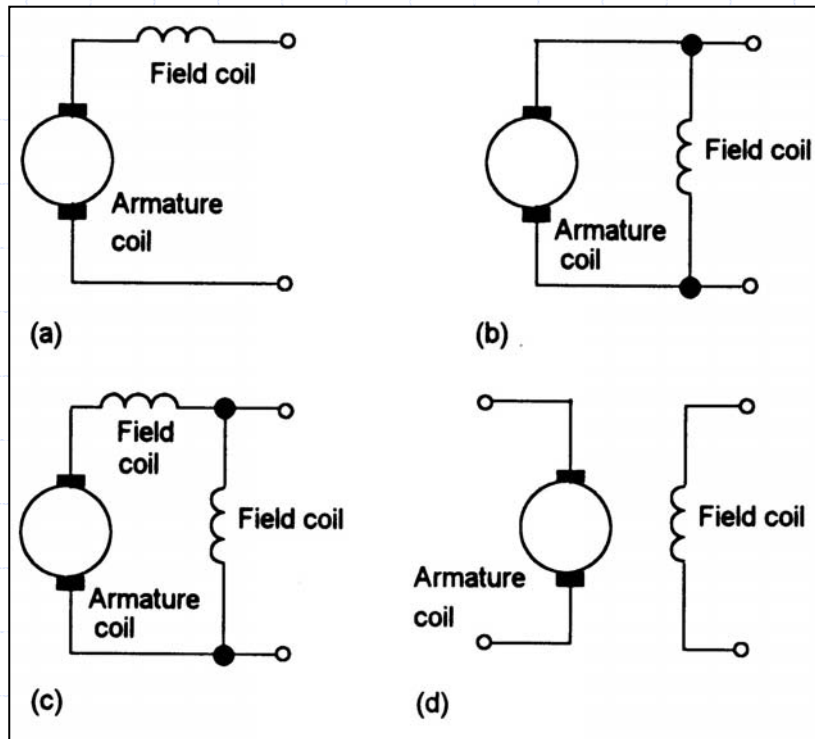
등가회로



토크-속도 특성

전기 motor

DC motor 종류



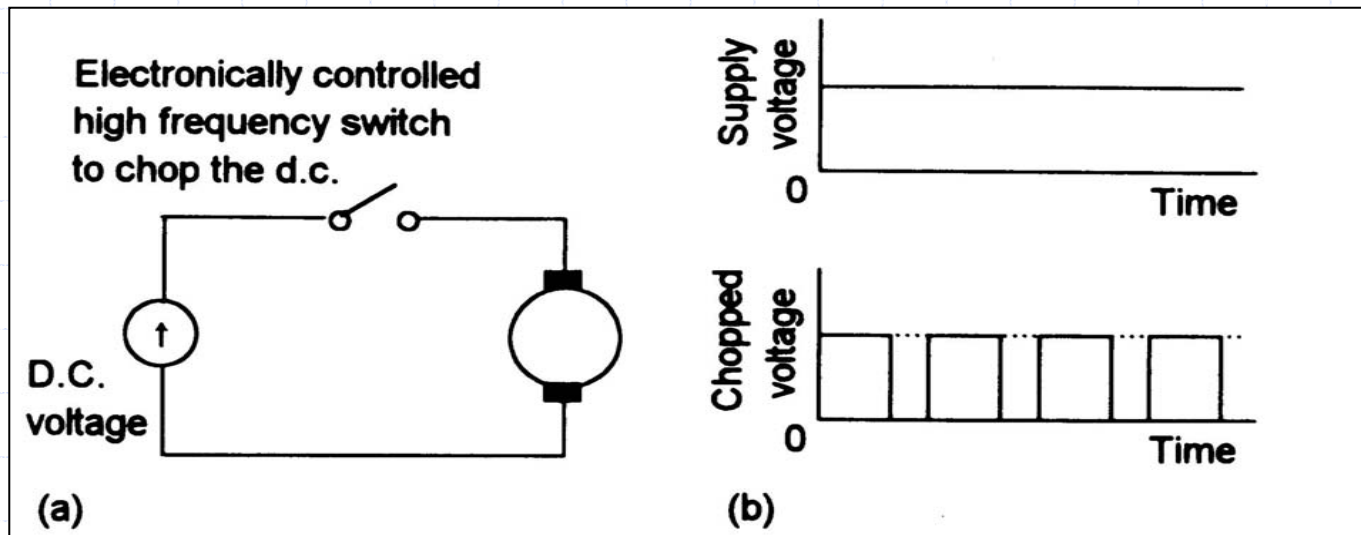
(a) 직권형 (b) 분권형 (c) 복권형 (d) 타려형

토크-속도 특성

전기 motor

DC motor의 제어

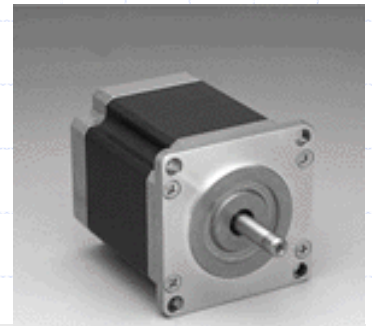
- PWM(Pulse Width Modulation, 펄스 폭 변조)를 이용한 모터 속도 제어



(a) PWM회로의 기본 (b) 전기자 평균전압

전기 motor

Stepping motor



* 스텝핑 모터 (stepping motor)

1) 펄스에 의한 제어로 일정한 각도의 회전이 용이한 모터이다.

(ex : 디지털 펄스 1개에 1스텝 당 1.8°)

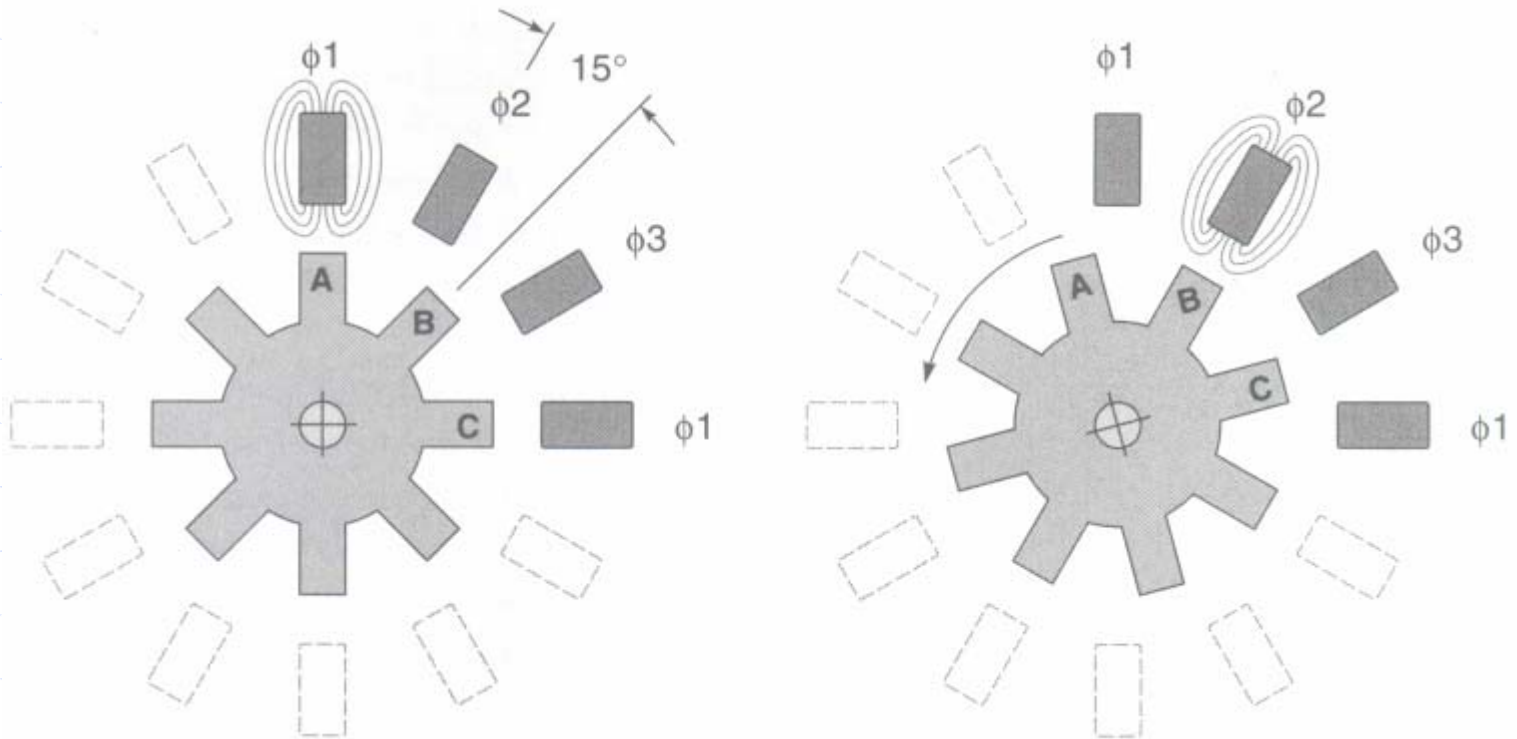
2) 디지털 신호로 제어하므로 컴퓨터로 사용하기에 용이하다.

* 스텝핑 모터(Stepping motor) 의 특징

- 디지털 신호에 의해 일정한 각도를 돌릴 수 있는 모터이다.
- 모터의 총 회전각은 입력수의 총수에 비례하고, 모터의 속도는 1 초당의 입력 펄스 수에 비례한다.
- 회전각 오차는 스텝(step) 마다 누적되지 않는다.
- 유지비가 적다.
- 특정 주파수에서 진동, 공진이 발생하기 쉽고 관성이 있는 부하에 약하다.
- 고속 운전시 탈조(출력이 입력 속도를 따라가지 못해 중간중간 펄스가 빠지며 심한 경우 정지해버리는 현상)하기 쉽다.

전기 motor

Stepping motor



신소재를 이용한 actuator

SMA(Shape Memory alloy)

특징 :

- 형상을 회복할 때 복원력이 발생하므로 재료 그 자체가 구동력을 발생시키는 액추에이터
 - ▶ 기구의 간소화 및 소형화 유리

효과 :

- 형상기억효과 : 일정한 온도에서 형상을 기억시키면 형상기억온도보다 낮은 온도에서 변형을 시킨 경우, 형상회복온도까지 가열을 하면 다시 원래의 형태로 돌아가는 특성.
- 초탄성효과 : 형상회복온도보다 높은 온도에서 크게 구부려도 힘을 빼면 다시 원래의 형태로 돌아오는 특성이다.

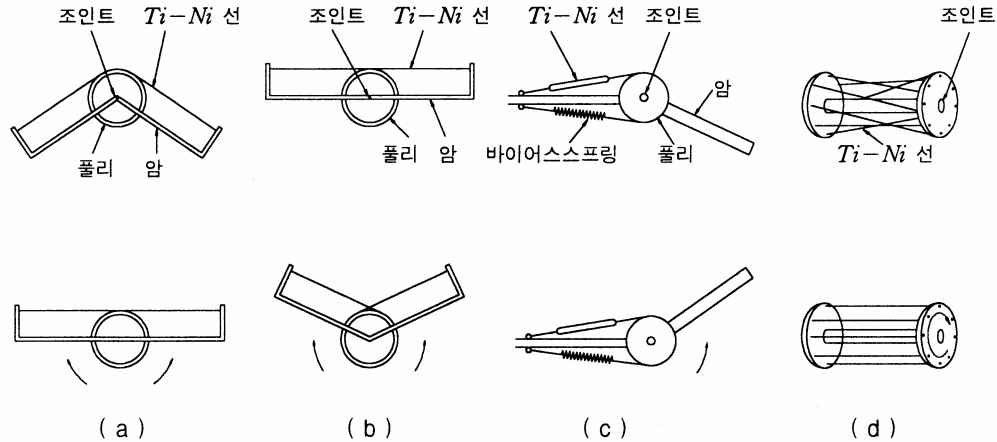
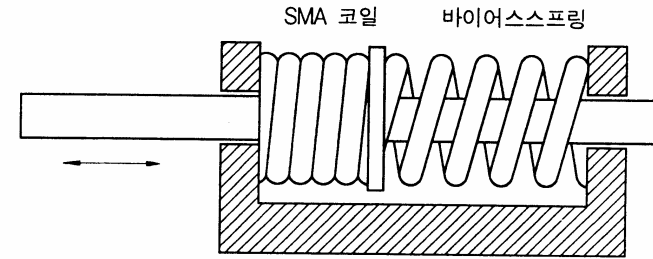
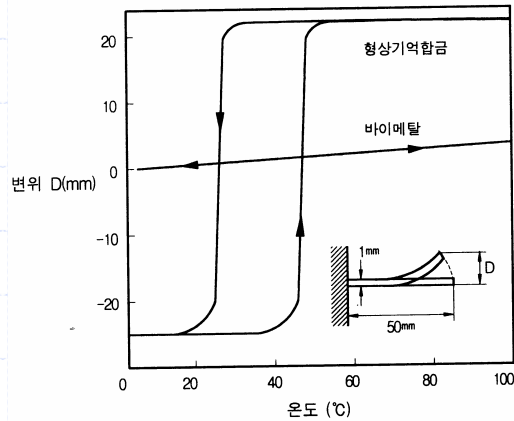
종류 :

- **ON- OFF** 동작 액추에이터 : 전자단자부나 케이블외장의 과열감지기 등
- 연속동작 액추에이터 : 각종 로봇 액추에이터

※ Ni-Ti합금은 형상회복온도보다 고온에서 오스테나이트相이라고 하는 결정구조를 취합니다. 이것을 냉각하면 마르텐사이트相으로 형태가 변합니다.이 相은 외부의 힘으로 간단하게 변형시킬 수 있습니다.변형되면 결정구조는 변형 마르텐사이트相으로 변하고 이것에 열을 가하면 구조가 오스테나이트相으로 되돌아가기 때문에 Ni-Ti합금의 형상도 원래의 형태로 돌아가게 되는 것입니다.

신소재를 이용한 actuator

SMA(Shape Memory alloy)



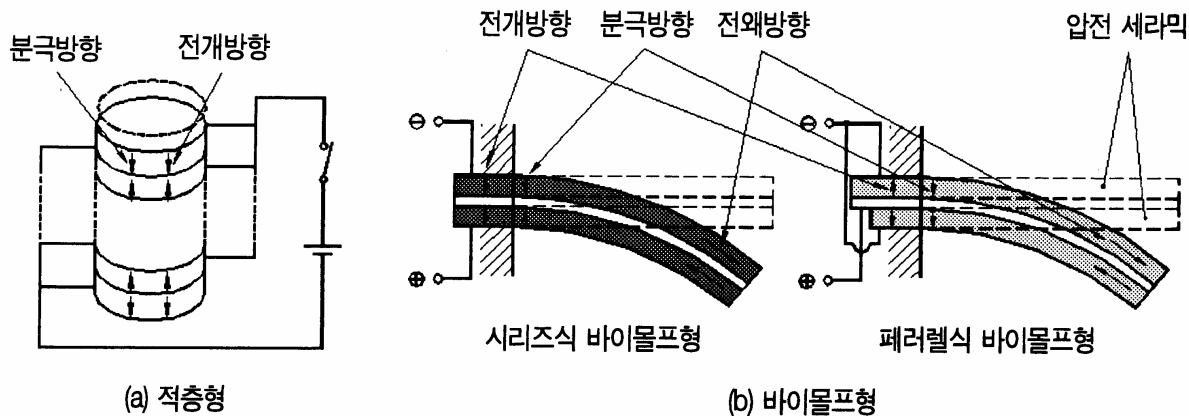
◎ 위의 그림은 형상회복전의 상태, 아래 그림은 형상회복후의 상태

◎ (a), (b), (d)는 바이어스스프링이 생략되어 있음.

신소재를 이용한 actuator

압전 actuator

- 압전 재료는 압력이 가해졌을 때 전압을 발생하고, 전계가 가해졌을 때 기계적인 변형이 일어나는 소자로서 기계적인 에너지를 전기에너지로, 전기에너지를 기계적인 에너지로 상호 변환이 가능하며 변환효율이 매우 높은 재료이다. (교류전압을 사용한 경우에 진동에너지로 변화가능)



신소재를 이용한 actuator

초음파(ultrasonic) motor

- 압전 모터 (piezoelectric motor)

기존 모터와 달리 전자파나 고조파 등의 영향을 받지 않아
정밀제어를 요하는 로봇·과학장비·의료장비·반도체장비·카메라·
군사무기 추진 체계 구동용 모터 등에 사용됨

