

INDUSTRIJSKA PNEUMATIKA

Studijski program Mehatronika

III SEMESTAR

Nastavni fond: 2+2

Lekcija 6:

AKTUATORI - CILINDRI



Predavač:

Prof. dr Marina Mijanović Markuš



Karakteristike pneumatskih sistema

- *Pritisak vazduha za napajanje je od **1-15 bara** (uobičajeno 6-7 bara)*
- *Radne temperature vazduha od **-10 do 60°C** (maks. oko 200°C)*
- *Optimalna brzina strujanja vazduha - **40 m/s***
- *Kretanje elemenata – **pravolinijsko i rotaciono***
- *Brzina cilindra – **1 do 2 m/s** (max. oko 10 m/s)*
- *Maksimalna ostvariva sila oko **40 kN***
- *Maksimalna snaga oko **30 kW***

10/23/2017

2

Simboli i šeme

✓ *Pneumatski sklopovi i sistemi grafički se predstavljaju pomoću pneumatskih šema, koje se crtaju prema normi DIN/ISO 1219.*

✓ *Neka pravila za crtanje simbola i šema:*

	vod (cijev za vazduh)		mimoilaženje vodova
	spoj vodova		upravljajući vod
	rotacioni uređaj		vratilo, osočina
	ventil, izmjenjivač		zglob na poluzi
	mogućnost podešavanja		
	sklop od više elemenata		

3

Izvršni elementi

Izvršni elementi pretvaraju energiju sabijenog vazduha u mehanički rad.

Prema načinu kretanja mogu se podijeliti na:

- elemente s ograničenim kretanjem
 - translacioni (cilindri)
 - rotacioni (zakretni cilindri, koračni motori)
- pneumatske motore (rotacioni s kontinualnim kretanjem)

10/23/2017

4

4

Tipični pneumatski aktuatori

- **Cilindri:** Pneumatski cilindri pretvaraju energiju pritiska u energiju pokreta. Oni su najzastupljeniji elementi u pneumatici.
- **Pneumatski motori:** Transformišu energiju komprimovanog vazduha u obrtno kretanje.

(Festo je bio prvi proizvođač u Evropi koji je konstruisao pneumatski cilindar još 1956. god.)

10/23/2017

Slide-5



Cilindri

Prema načinu djelovanja cilindri se dijele na:

- *jednoradne*
- *dvoradne*
- *posebne izvedbe (tandem, teleskopski, višepoložajni, udarni)*

Prema izvedbi cilindri se dijele na:

- *klipne*
- *membranske*

Brzina klipa obično je od 1-2 m/s (maksimalno do 10 m/s);

Hod je obično do 2,5 m (maksimalno do 12 m);

prečnik cilindra do 50 cm,

Sila do 40 kN,

Faktor korisnog dejstva $\eta=70-90\%$.

7

Pneumatski cilindri sa klipnjačom

U zavisnosti od primjene mogu biti kompaktni, kratkohodi, ravni, ovalni, minijturni, kertridž cilindri ili cilindri od nerđajućeg čelika.

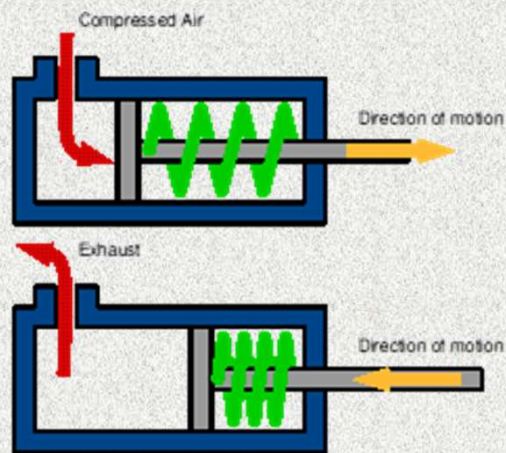
Cilindri proizvedeni u skladu sa ATEX direktivom pogodni su za primjenu u zapaljivom okruženju, ili su izrađeni od nerđajućeg čelika, što ih čini izuzetno jednostavnim za čišćenje.



10/23/2017

Slide-8

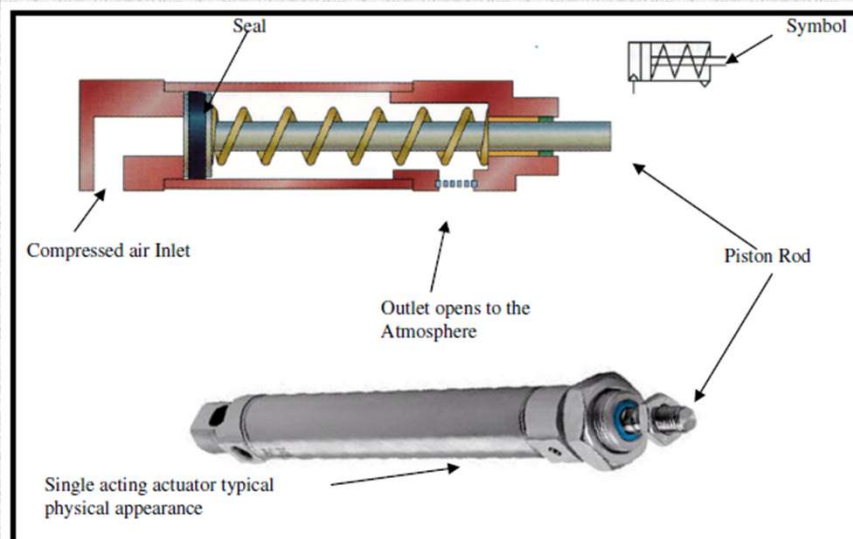
Jednoradni cilindri



10/23/2017

9

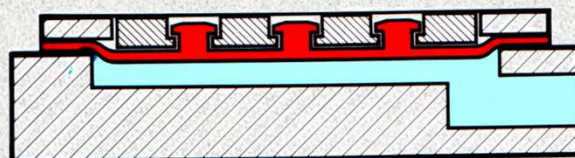
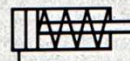
Jednoradni cilindri



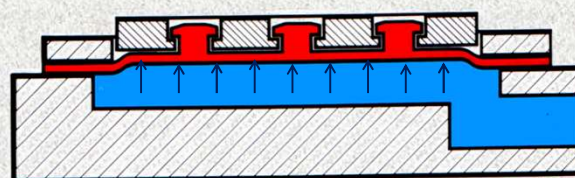
10/23/2017

<http://www.pneumatica.be/>

Jednoradni cilindri



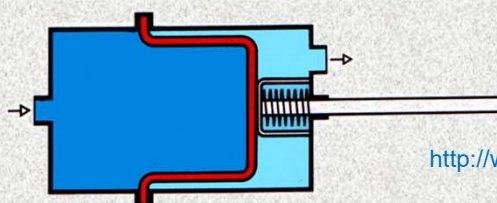
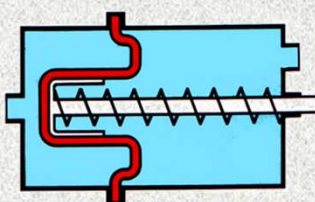
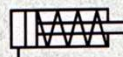
<http://www.pneumatica.be/>



10/23/2017

11

Jednoradni membranski cilindri sa tzv. putujućom membranom

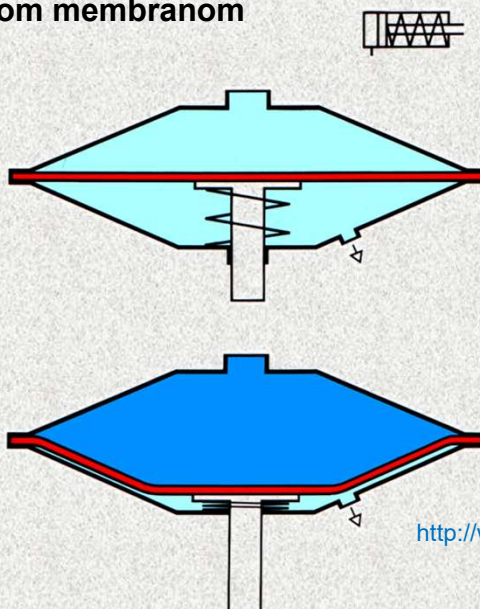


<http://www.pneumatica.be/>

10/23/2017

12

Jednoradni membranski cilindri sa tanjirastom membranom

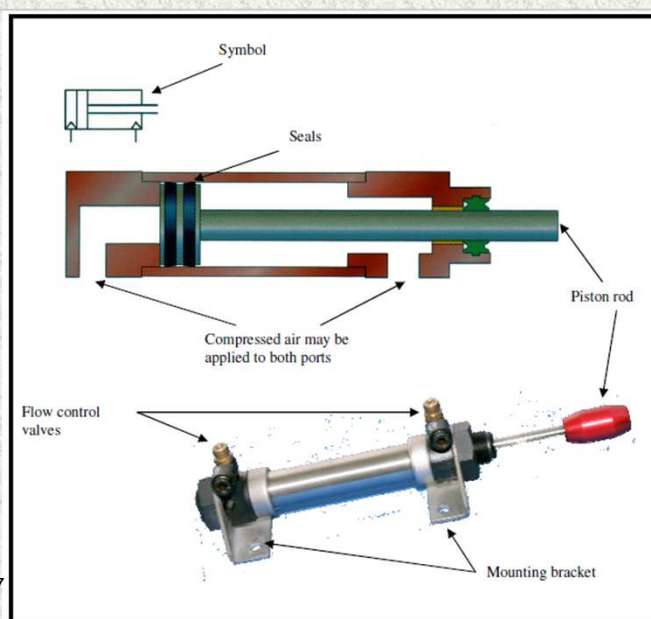


<http://www.pneumatica.be/>

10/23/2017

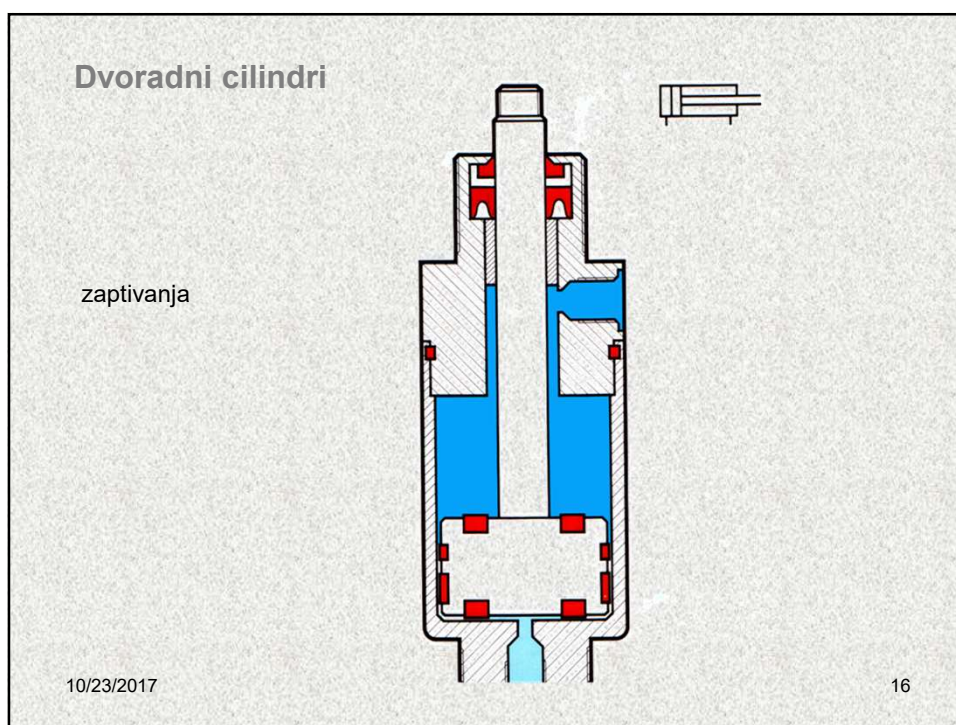
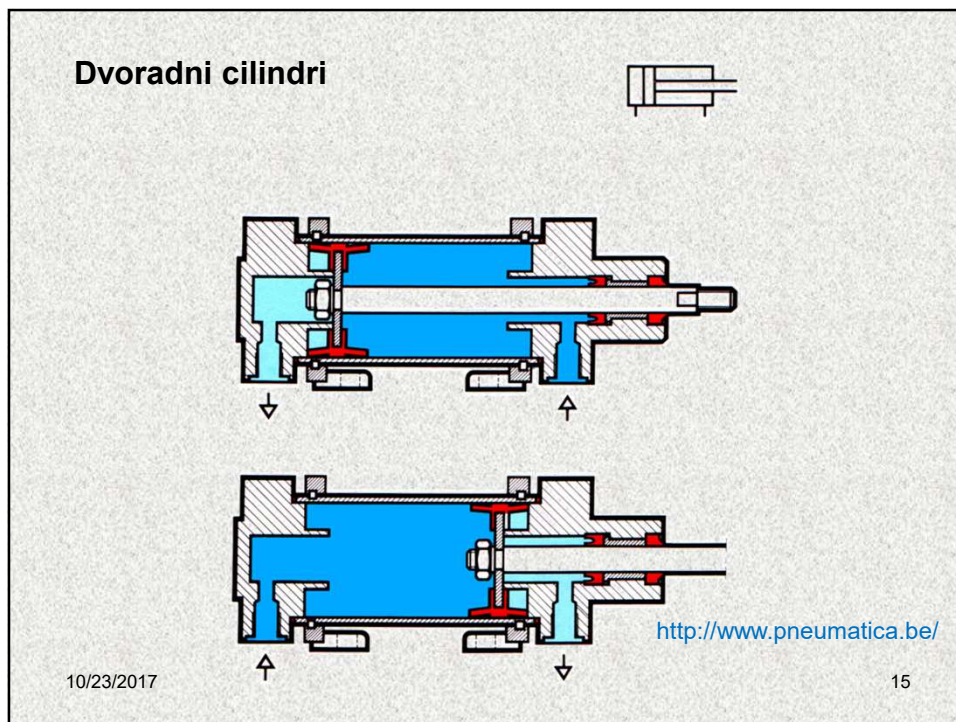
13

Dvoradni cilindri



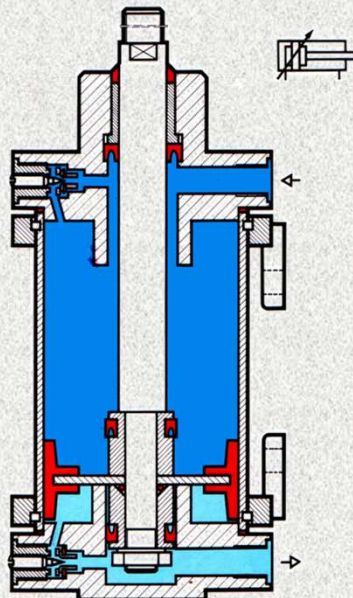
10/23/2017

14



Dvoradni cilindri sa podesivim ublažavanjem udara

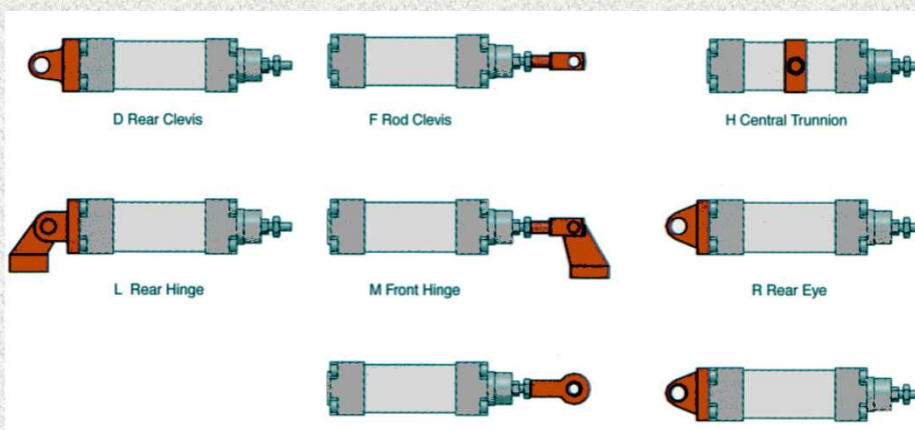
Zbog potrebe izbjegavanja udara klipa s prednjim ili zadnjim poklopcem, cilindrima se ugrađuju podesivi prigušivači (amortizeri) udara. Pri kraju hoda klipa, manji klip zatvara protok vazduha prema priključku za odzračivanje, pa se taj vazduh, koji služi kao ublaživač, mora polako odzračivati preko podesivog prigušenja. Postojanje ublaživača s jedne i druge strane znači postojanje manjih klipova na jednoj i drugoj strani, što se ucrta i na simbolu. Mogućnost podešavanja na simbolu se prikazuje strelicom preko klipa.



Pogledajte animaciju:

https://www.youtube.com/watch?v=dp_X6EaR4fw

17

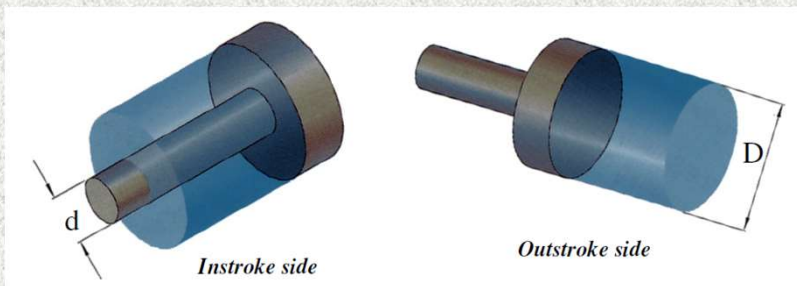


Načini montiranja velikih aktuatora

10/23/2017

18

Proračun:



- Izlazna sila je određena sa:
 - prečnikom ili poluprečnikom
 - pritiskom

10/23/2017

- Teorijska sila na klipnjači:

– **Sila guranja:**

$$F_1 = R^2 \times \pi \times p$$

– **Povratna sila:**

$$F_2 = (R-r)^2 \times \pi \times p$$

PRIMJER 1:

Naći teorijsku silu na klipnjači cilindra, ako je klip prečnika 20mm, a klipnjača 6mm; radni pritisak vazduha je 5 bara. Izračunati silu za oba pravca kretanja klipa.

PRIMJER 2:

Naći teorijsku silu na klipnjači cilindra, ako je klip prečnika 50mm, a klipnjača 12mm; radni pritisak vazduha je 8 bara. Izračunati silu za oba pravca kretanja klipa.

PRIMJER 3:

Za određeni zadatak potrebno je ostvariti silu od 112 kg. Komprimovani vazduh se isporučuje pod pritiskom od 6 bara. Koristiće se aktuator sa hodom od 100mm. Koliki je potreban prečnik cilindra za ovaj zadatak?

$$F = A \times P$$

$$F = R^2 \pi P$$

$$D = 48.75 \text{ mm}$$

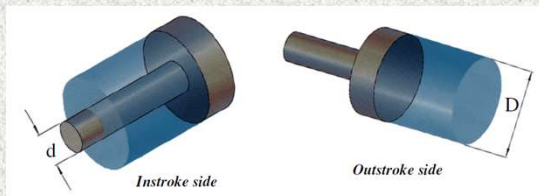
$$(1 \text{ bar} = 0.01 \text{ kg/mm}^2)$$

(traži se prečnik cilindra od 48.75 mm; 50mm je najbliža veličina cilindra.)

10/23/2017

20

Proračun:



Stvarna sila na klipnjači:

– **Sila guranja:**

$$F_1 = A_1 \cdot p_r - A_2 \cdot p_2 - F_T \Rightarrow F_1 = R^2 \cdot \pi \cdot p_r - (R-r)^2 \cdot \pi \cdot p_2 - F_T$$

– **Povratna sila:**

$$F_2 = A_2 \cdot p_r - A_1 \cdot p_1 - F_T \Rightarrow F_2 = (R-r)^2 \cdot \pi \cdot p_r - R^2 \cdot \pi \cdot p_1 - F_T$$

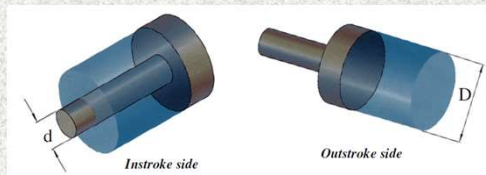
gdje su:

p_1, p_2 – zaostali pritisak u komori koja se odzračuje;

p_r – radni pritisak (u radnoj komori);

F_T – sila trenja.

Proračun:



Stvarna sila na klipnjači:

– **Sila guranja:**

$$F_1 = A_1 \cdot p_r - A_2 \cdot p_2 - F_T$$

Povratna sila:

$$F_2 = A_2 \cdot p_r - A_1 \cdot p_1 - F_T$$

Mogu se prihvatiti sledeća pojednostavljenja:

$$A_{1,2} \cdot p_{1,2} = (0,3 - 0,4) \cdot A \cdot p_r$$

i da je

$$F_T = (0,1 - 0,2) \cdot A \cdot p_r$$

odakle uvrštavanjem

$$F = k \cdot A \cdot p_r$$

gdje je:

$$k = 0,4 - 0,6 \text{ (u krajnjem položaju } k = 1)$$

A = korisna površina klipa [m²].

Proračun:

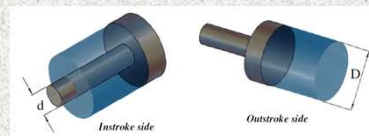
Primjer 4:

Potrebno je izračunati prečnik dvoradnog cilindra, ako je potrebna sila na klipnjači $F = 300 \text{ N}$, a radni pritisak iznosi $p_r = 0,6 \text{ MPa}$ ($= 6 \text{ bar}$).

$$F = k \cdot A \cdot p_r \text{ [N]}$$

$$F = \frac{0,5 D^2 \pi}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^6$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 300 \text{ N}}{0,5 \cdot \pi \cdot 0,6 \cdot 10^6 \text{ Pa}}} = 0,0357 \text{ m} = 3,57 \text{ cm}$$



$$1 \text{ N} = \text{kg} \times \text{m} \times \text{s}^{-2}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ Pa} &= 1 \text{ N/m}^2 = \\ &= 1 (\text{kg} \cdot \text{m/s}^2) / \text{m}^2 = \\ &= 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2 = 0,01 \text{ milibar} = \\ &= 0,00001 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar}$$

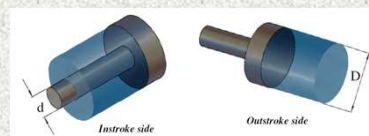
$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 10^5 \text{ Pa}$$

Proračun:

$$D = 3,57 \text{ cm}$$

Bira se standardna veličina cilindra $D_c = 40 \text{ mm}$. Da bi se kod tog prečnika dobila tražena sila, treba vrijednost radnog pritiska p_r podesiti:

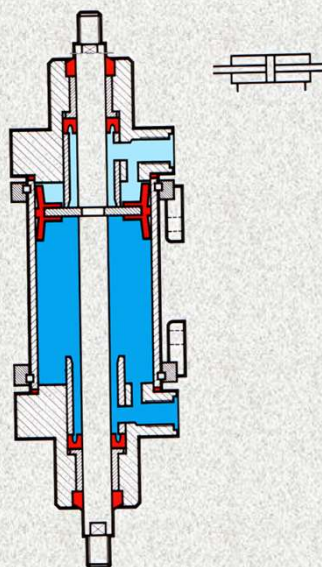
$$p_r = \frac{F_1}{k \cdot A_1} = \frac{300 \text{ N}}{0,5 \cdot 0,001256 \text{ m}^2} = 0,48 \text{ Mpa} = 4,8 \text{ bar}$$



POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Dvoradni cilindar s dvostranom klipnjačom

Cilindar ima klipnjaču s obje strane klipa. Sile su na jednoj i drugoj strani klipa jednake. Koristi se kod malog ugradnog prostora.



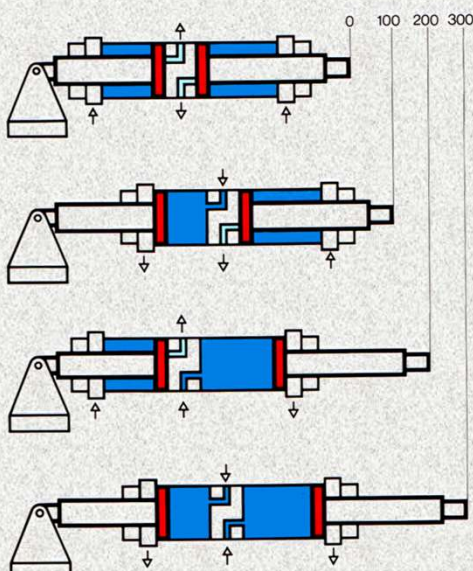
10/23/2017

25

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Dvoradni cilindri Višepoložajni

To je cilindar sastavljen od najmanje dva dvoradna cilindra. Oni su spojeni svojim stražnjim poklopcima. Cilindri s različitim hodovima mogu ostvariti 4 položaja vrha klipnjače. To se ostvaruje različitim aktiviranjem pojedinih ili oba cilindra. Posebne izvedbe višepoložajnih cilindara mogu imati i do 12 položaja.



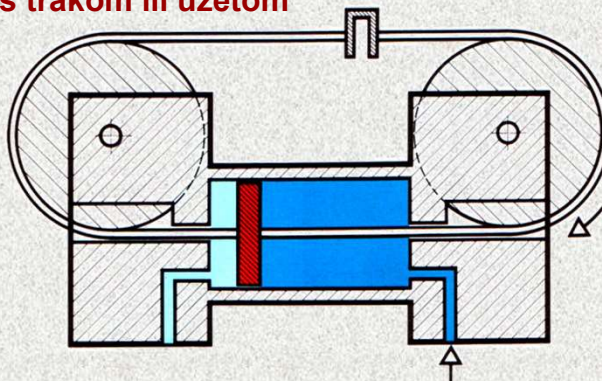
10/23/2017

26

Animacija na <http://www.pneumatica.be/>

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Cilindar s trakom ili užetom



Pneumatski dvoradni **cilindar s trakom ili užetom** ima klip vezan na čeličnu traku ili uže umjesto klipnjače. Sila se na klizač prenosi pomoću trake (užeta) preko odgovarajućih kotura. Gubici propuštanja kroz zaptivke za traku (uže) relativno su veliki.

27

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Pneumatski cilindri bez klipnjače

Pneumatski cilindri s klipnjačom zahtijevaju povećani prostor za ugradnju radi izvlačenja klipnjače. Kod cilindara bez klipnjače ta povećana dužina nije potrebna, zato se oni sve češće koriste.

Pneumatski cilindri bez klipnjače su kompaktni linearni pogoni sa i bez vođica. Mogu biti mehanički spregnuti, koji su pogodni za jednostavnu ugradnju zbog malih dimenzija, i magnetno spregnuti cilindri koji se koriste kada se zahtijeva nula curenja iz sistema.



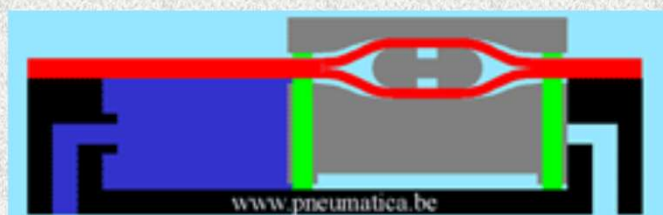
10/23/2017

28

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Pneumatski cilindri bez klipnjače

Za pomicanje tereta imaju spoljni klizač, a često i vođice za njega. Omogućavaju posebno duge hodove klipa odnosno pomake, do 12 metara; prečnici cilindra do 50 mm (to su max preporučene dimenzije cilindra).



Animacija na <http://www.pneumatica.be/>

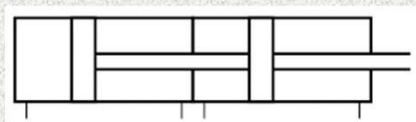
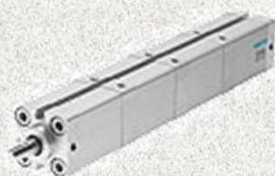
10/23/2017

29

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Tandem cilindri

Tandem cilindri se primjenjuju kada je potrebna veća sila u odnosu na klasične pneumatske cilindre. Tandem cilindri se dobijaju vezivanjem 2, 3, ili maksimalno 4 cilindra sa istim prečnikom cilindra i dužinom hoda u serijsku vezu.



Dva cilindra i dva klipa koriste istu klipnjaču, pa se uz isti hod povećava sila.

10/23/2017

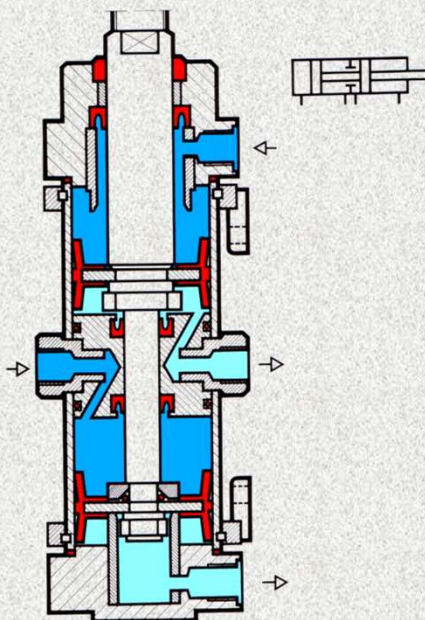
30

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Tandem cilindri

Sila na klipnjači je gotovo dvostruko veća od sile samo jednog cilindra. Proizvod pritiska i površine (to je = sila) oba klipa se sabiraju. Izlazna klipnjača je zbog toga malo pojačana.

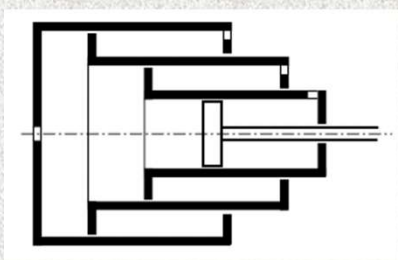
Koriste se na mjestima gdje nema prostora za povećanje prečnika cilindra, a za proces rada je potrebna veća sila.



31

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Teleskopski cilindar



10/23/2017

Teleskopski cilindri se koriste kad je potreban dugi hod klipnjače.

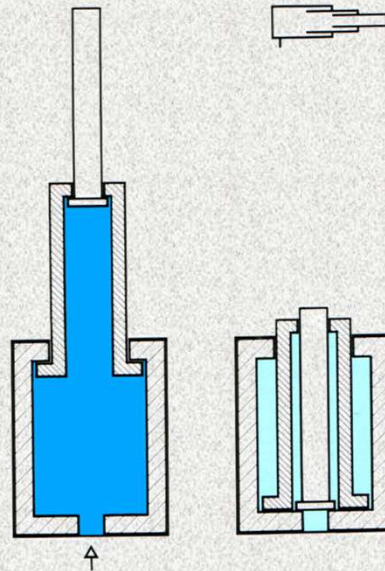
Oni se sastoje od više cilindra koji su smješteni jedan unutar drugoga.

Prvo se izvlači cilindar s najvećim presjekom, jer na njega djeluje najveća sila ($F=p \cdot S$), a nakon njega i ostali cilindri s manjim presjecima.

32

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Teleskopski cilindri



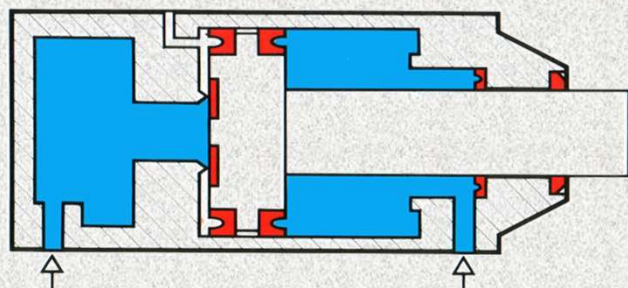
10/23/2017

33

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Udarni cilindri

Pneumatski udarni cilindri koriste se u brojnim tehnološkim operacijama, kod kojih je potrebno ostvariti udarno djelovanje (prosijecanje, markiranje, probijanje otvora, kovanje, zakivanje, utiskivanje i sl.).



Animacija na <http://www.pneumatica.be/>

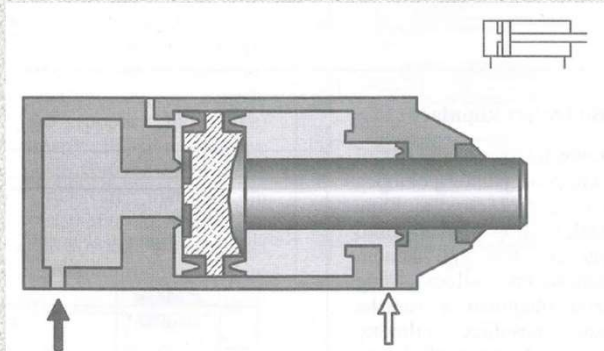
10/23/2017

34

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Udarni cilindri

Konstruiran je tako da omogući brzo kretanje klipa, kako bi se koristila i kinetička energija klipa s klipnjačom (zajedno s alatom).



U cilindar je ugrađena pretkomora sa suženjem prema cilindru. U njoj pritisak raste do određene vrijednosti, a kada se klip odmakne od zaptivača, vazduh naglo prodire u cilindar. Taj vazdušni udar ubrzava kretanje klipa, tako da on postiže brzine kretanja i do 10 m/s. Povratni hod klipa je isti kao i kod standardnih dvoradnih cilindara.

10/23/2017

35

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Zaustavni cilindri

Zaustavni cilindri se primjenjuju za zaustavljanje ili separaciju djelova na transportnoj traci. Karakteriše ih glatko, bešumno i pouzdano zaustavljanje.

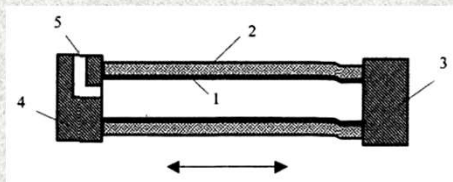


10/23/2017

36

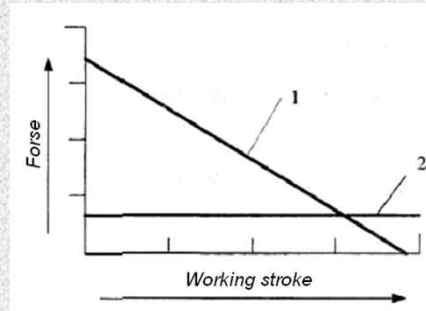
POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Pneumatski mišić



Pneumatski mišić:

- 1 - interno elastično crijevo;
- 2 - pletena obloga;
- 3, 4 – poklopci;
- 5 – kanal za napajanje



Komparativne karakteristike izlazne snage cilindra i pneumatskog mišića:

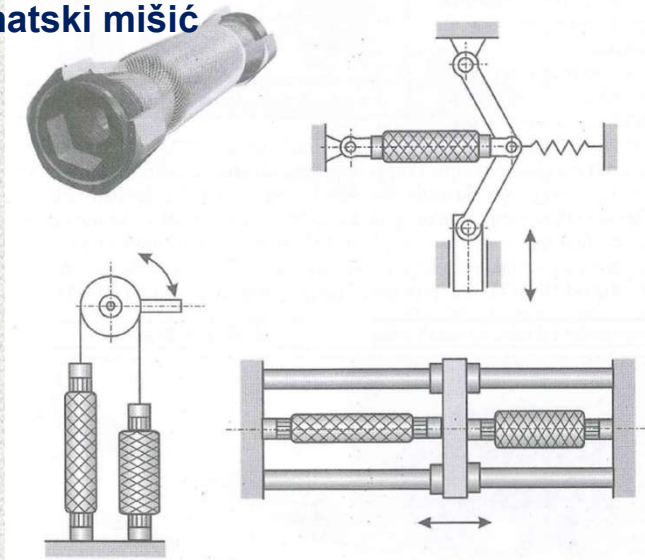
1 - cilindar; 2 – pneumatski mišić

37 10/23/2017

37

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Pneumatski mišić



Pneumatski mišić, različiti slučajevi primjene

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Pneumatski mišić

Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=Oggr2lo0fGQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=2iG1ybuchx0>

10/23/2017

39

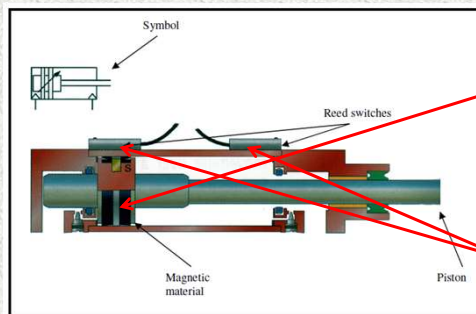
POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

Aktuatorima se mogu dodati i druge komponente kako bi se obezbijedile informacije od senzora, odnosno povratne informacije u cilju upravljanja radom pneumatskog kola.

10/23/2017

40

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA

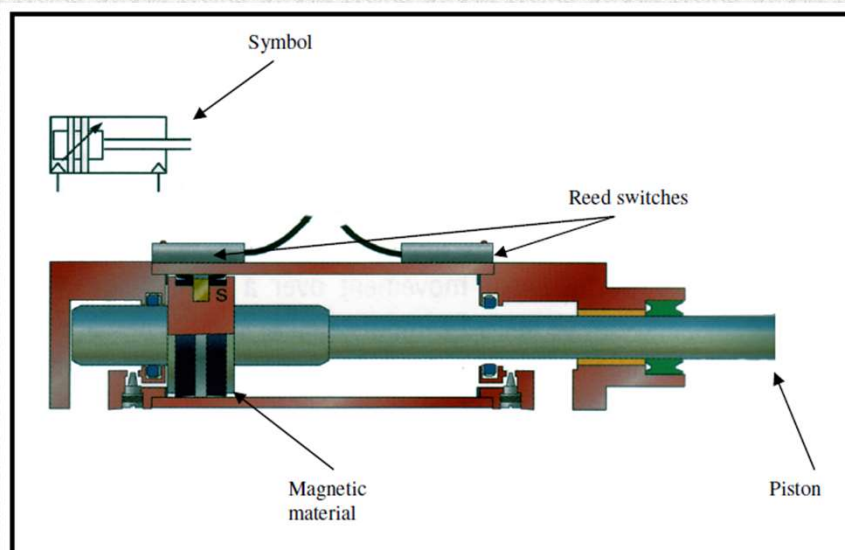


Na slici po obodu klipa je postavljena traka od magnetnog materijala. Cilindar je napravljen od nemagnetnog materijala. Na jedan ili oba kraja klipa su postavljeni magnetni prekidači, koji se aktiviraju pri svakom krajnjem položaju klipa.

Na taj način veliki dio operacije može biti djelimično ili potpuno automatizovan. Prekidači mogu direktno kontrolisati pneumatsko kolo ili mogu upravljati solenoidnim prekidačem u cilju obavljanja istog posla.

41

POSEBNE IZVEDBE CILINDARA



10/23/2017

42

ROTACIONI IZVRŠNI ELEMENTI

Pneumatski rotacioni aktuatori se koriste kada je potrebno energiju pritiska pretvoriti u rotaciono kretanje. To su kompaktni moduli koji zahtijevaju malo prostora za ugradnju i imaju mogućnost podešavanja ugla zakretanja. Pogodni su za upotrebu u zapaljivoj atmosferi.



10/23/2017

43

ROTACIONI IZVRŠNI ELEMENTI

Rotacioni izvršni elementi mogu ostvariti neprekidno obrtanje ili samo ograničeni broj okretaja ili dijela jednog okretaja. Zato se dijele na:

- ✓ zaokretne cilindre
- ✓ rotacione pneumatske motore.



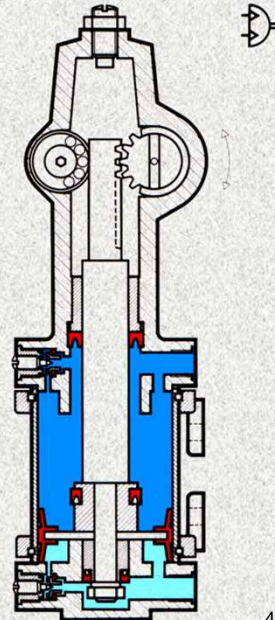
10/23/2017

44

ZAOKRETNI CILINDRI

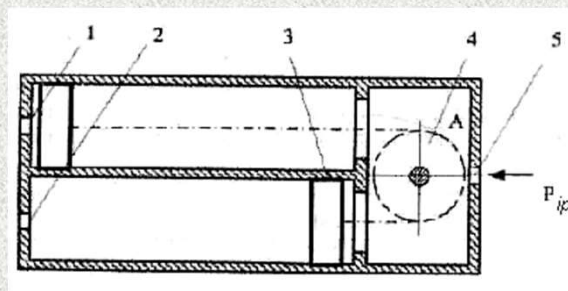
To su cilindri čiji je radni hod pretvoren u zaokret izlaznog vratila za veći broj krugova ili samo dio kruga.

Na dijelu klipnjače dvoradnog cilindra izvedena je ozubljena letva koja je u zahvatu sa zupčanikom. Pomjeranje klipa prenosi se na okretanje zupčanika i izlaznog vratila na kojem je montiran, a time i ugla zakretanja vratila. Takvi cilindri imaju najviše dva puna okreta vratila unutar maksimalne dužine hoda klipa.



45

ZAOKRETNI CILINDRI



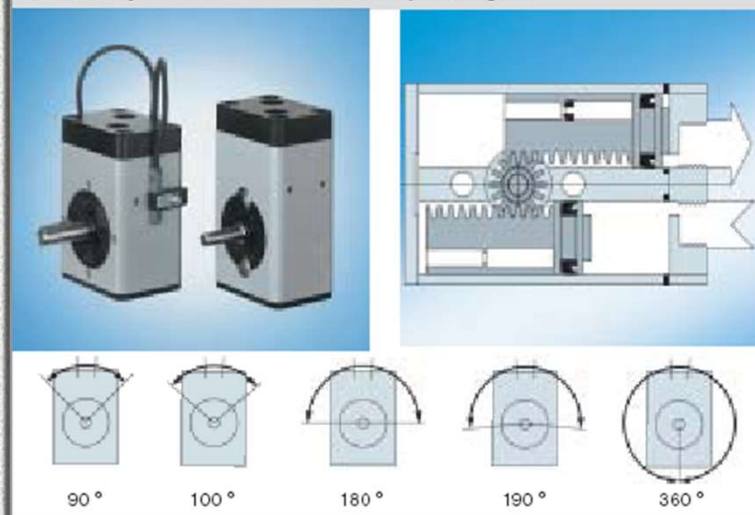
Obrtni pneumoaktuator:

- 1, 2, 5 - kanali;
- 3 - klip;
- 4 – lančani prenos;
- A - komora;
- Pip - pritisak

46

ZAOKRETNI CILINDRI

RAP rotary actuator with rack and pinion gear

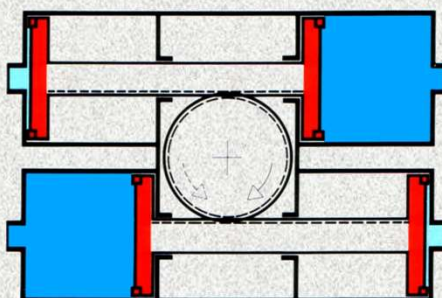
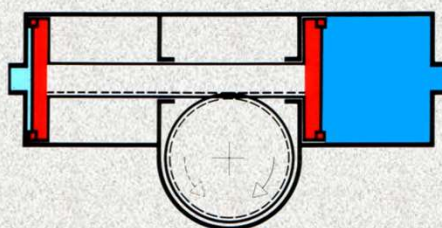


47

ZAOKRETNI CILINDRI



Postoje i druge verzije sa dva ili sa četiri klipa, kojima se povećava moment zaokreta.

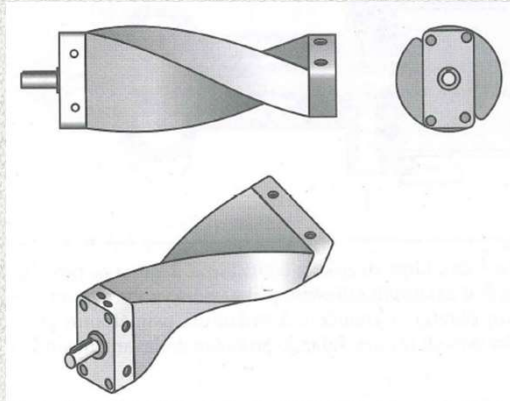


10/23/2017

48

Spiralno-zaokretni cilindar

Kućište cilindra je spiralno rotirano za 90° . Tokom svog kretanja klipnjača cilindra se zarotira za 90° . Ovo je jedna od novijih konstrukcija cilindra za ostvarivanje zaokretnog kretanja.



10/23/2017

49

ROTACIONI PNEUMATSKI MOTORI

Pneumatski rotacioni uređaji pretvaraju potencijalnu energiju vazduha pod pritiskom u mehaničku energiju obrtanja.

Prema konstrukcijskim rješenjima dijele se na:

- klipne rotacione uređaje
- lamelaste rotacione uređaje
- rotacione uređaje s više rotora
- vazdušne turbine.

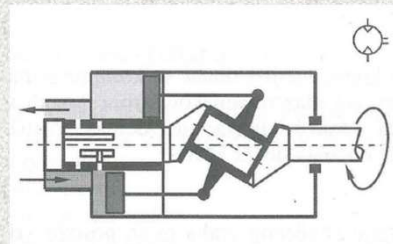
10/23/2017

50

Klipni rotacioni uređaji

Djelovanjem pritiska vazduha na klip, on se kreće naprijed-nazad. Pomjeraj se prenosi na koljenasto vratilo. Zamajac omogućava ravnomjerniji rad. Ugrađuje se više cilindara radi jednoličnijeg rada, većih brzina i većih momenata.

Izvedbe su radijalne i aksijalne, što zavisi od smještaja i djelovanja klipova.



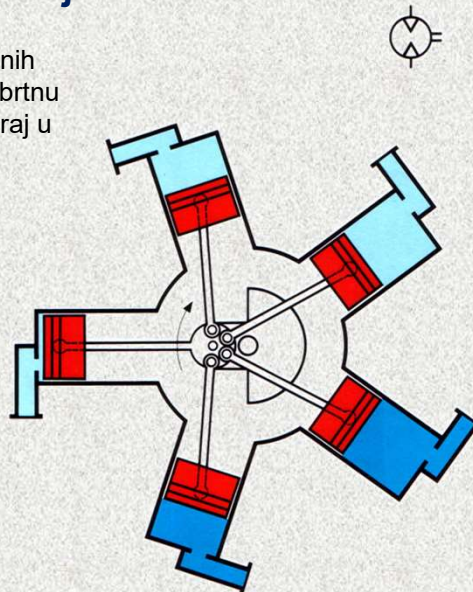
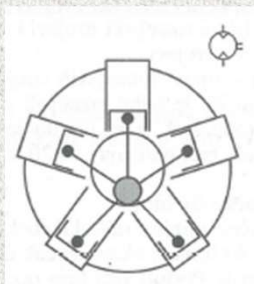
Radijalni rotacioni uređaj

10/23/2017

51

Klipni rotacioni uređaji

Kod **aksijalnih** obrtnih klipnih mašina klipovi djeluju na obrtnu ploču, koja pretvara pomjeraj u okretanje glavnog vratila.



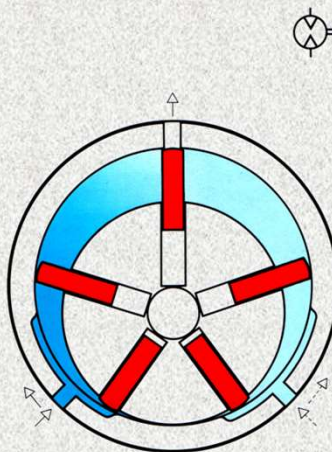
10/23/2017

52

Lamelasti rotacioni uređaji

Konstruktivsko rješenje lamelastih pneumatskih mašina je isto kao rješenje lamelastih kompresora. Proces je samo suprotan. Sabijeni vazduh koji ulazi u prostor ograničen dvijema lopaticama, kućištem i rotorom, djeluje na lopaticu veće površine većom silom, što uzrokuje okretanje rotora sa lopaticama.

Ove rotacione mašine postižu brzine obrtanja do 50.000 o/min i snagu do 15 MW. U njih se ugrađuju automatski regulatori brzine obrtanja. Najčešća im je primjena u ručnim alatima (brusilice i bušilice) gdje je povoljan odnos snage u odnosu na težinu, što je podesno za rad.



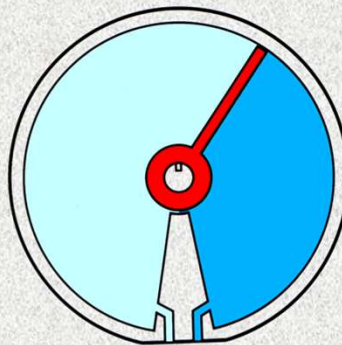
10/23/2017

53

Pneumatski motor

Pneumatski motor ili pneumomotor
ili pneumatski cilindar sa zaokretnom pločom

Svi ti tipovi rotacionih mašina po konstrukciji si isti kao kompresori, osim što je radni postupak suprotan. Na ulaz rotacione mašine dovodi se vazduh pod pritiskom, a na vratilu se odvodi obrtanje i odgovarajuća snaga. Postižu visok broj obrtaja, i do 20.000 o/min i snagu do 22 MW.



10/23/2017

54

Pneumatski motor

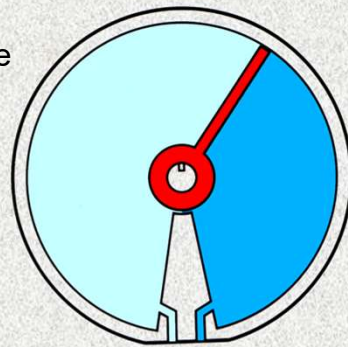
Pneumatski motor ili pneumomotor ili pneumatski cilindar sa zaokretnom pločom



Ovaj cilindar malo podseća na pravi cilindar. Kod njega se pritiskom vazduha zakreće ploča, a zaokret se prenosi na izlazno vratilo.

Ovi pneumomotori imaju zaokret unutar jednog kruga, s malim izlaznim momentom.

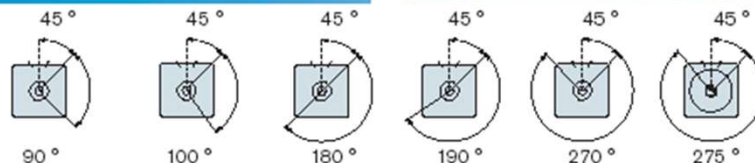
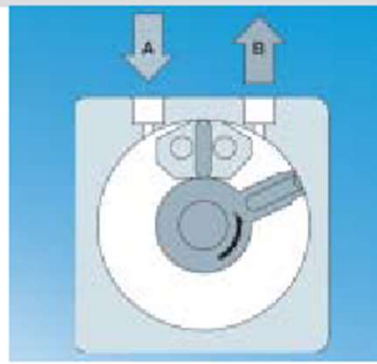
Dosta se koriste, jer se jednostavno podešava ugao zakretanja, a na svom putu mogu uključivati različite tipove senzora.



55

Pneumatski motor

RAN rotary actuator with vane cell technology



Pogledajte animacije:

<https://www.youtube.com/watch?v=pqrjzqukQ48>

<https://www.youtube.com/watch?v=0vkHEER7GRw>

<https://www.youtube.com/watch?v=0vkHEER7GRw>

10/23/2017

57



10/23/2017

58

