

## Dossier Aandrijvingen

Wanneer men met behulp van elektrische aandrijvingen rechtlijnige beweging wil realiseren, zijn daar dikwijls hoge kosten en veel onderhoud mee gemoeid.

Zoekt men eenvoudige, gebruiksvriendelijke en goedkopere aandrijvingen, dan bieden lineaire pneumatische aandrijvingen vaak de oplossing. Dergelijke lineaire aandrijvingen worden ook wel pneumatische cilinders of persluchtcilinders genoemd.

In dit dossier bespreken we de meest gebruikte pneumatische aandrijvingen.

**Festo Belgium nv**  
Kolonel Bourgstraat 101  
BE-1030 Brussel

Tel.: +32 2 702 32 39  
Info\_be@festo.com  
[www.festo.com](http://www.festo.com)

## De verschillende types

Pneumatische aandrijvingen zijn onderverdeeld volgens type en functie.

Figuur 1 geeft een overzicht van de verschillende types van pneumatische aandrijvingen.

De meest voorkomende pneumatische aandrijvingen worden in dit dossier besproken.

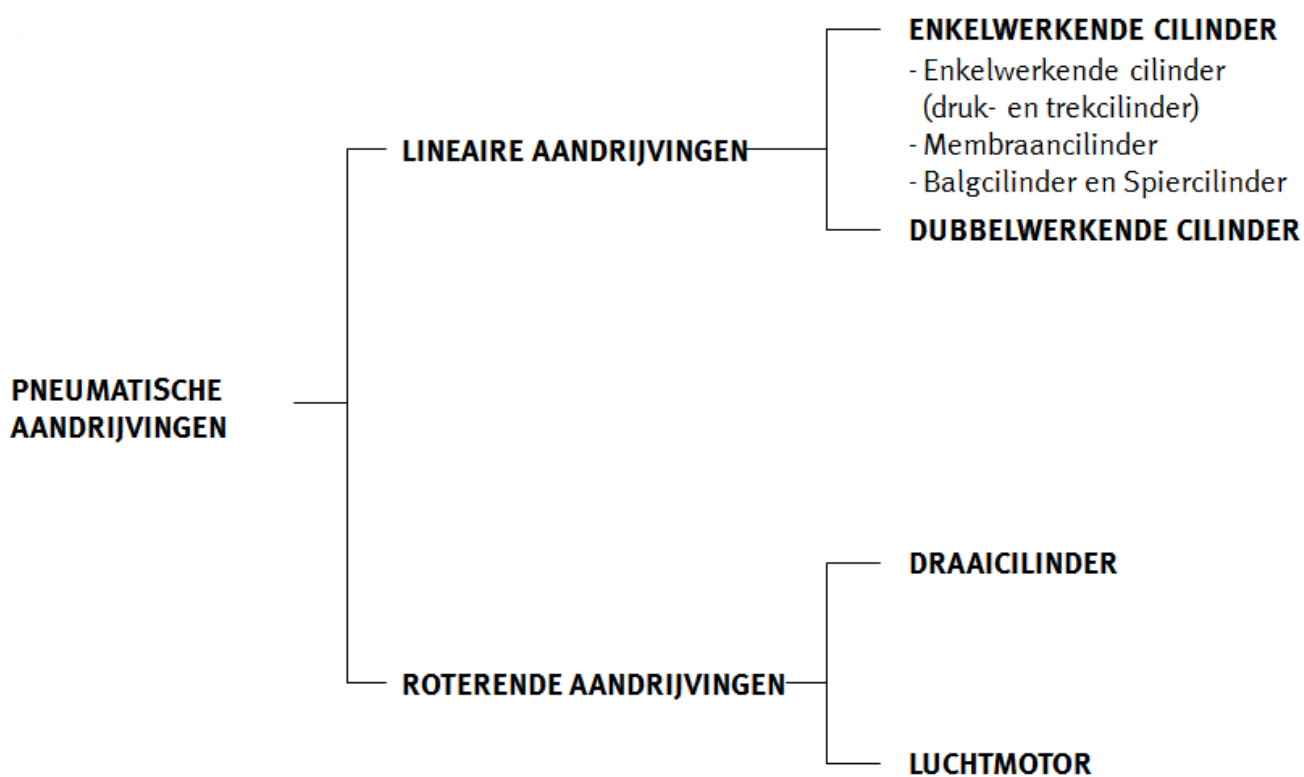


Fig. 1

## Opbouw van een pneumatische cilinder

Hieronder vindt men de opbouw van een traditionele dubbelwerkende cilinder (fig. 2).

De cilinder bestaat uit een cilinderbuis, een bodem- en een lagerdeksel, een zuiger met afdichting, een zuigerstang, een lagerbus en een schraapring. Daarbij komen nog de verbindingselementen en de statische afdichtingen.

De cilinderbuis (1) wordt meestal uit een naadloos getrokken stalen buis vervaardigd. Om de levensduur van de zuigerafdichting te verhogen, wordt het loopvlak van de cilinderbuis fijn bewerkt of gehoond. De cilinderbuis kan ook van aluminium, messing of staal met

hard verchroomde loopvlakken worden gemaakt. Voor bodem (2) en lagerdeksel (3) wordt veelal gietmetaal (lichtmetalen spuitgietwerk) gebruikt. De bevestiging van beide deksels met de cilinderbuis kan door trekstangen, schroefdraad of flenzen gebeuren. De zuigerstang (4) is praktisch altijd van roestvast staal.

De lagerbus (5) dient om de zuigerstang te geleiden en is van sinterbrons of van kunststof.

Vóór de lagerbus bevindt zich een schraapring met geïntegreerde lippenring (6). De schraapring verhindert het binnendringen van stof en vuil, de lippenring zorgt ervoor dat de afdichting

tussen zuigerstang en lagerdeksel gewaarborgd is. De zuiger (9) is eveneens voorzien van een lippenring (7) die de afdichting tussen beide cilinderkamers verzekerd en een geleidingsband (8).

De vorm van cilinders verschilt van constructeur tot constructeur. Dat betekent dat er veel verschillende types van cilinders kunnen voorkomen. Om die reden hebben normalisatieorganisaties standaardcilinders genormeerd in de ISO-VDMA norm. In deze norm worden naast de inbouwmaten en de diameter van cilinders eveneens de schroefdraad van de zuigerstang en persluchtaansluitingen vastgelegd.

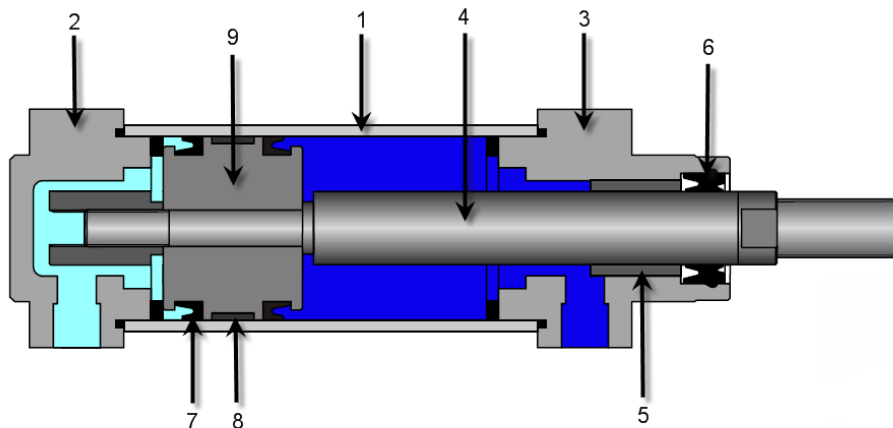
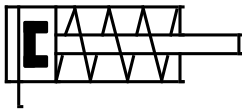


Fig. 2.

- 1- Cilinderbuis
- 2- Bodemdeksel
- 3- Lagerdeksel
- 4- Zuigerstang
- 5- Lagerbus
- 6- Schraapring
- 7- Lippenring
- 8- Geleidingsband
- 9- Zuiger

## De enkelwerkende cilinder

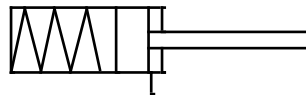
De enkelwerkende cilinder wordt zo genoemd, omdat de perslucht slechts op één zuigerzijde een kracht uitoefent. De perslucht duwt tegen één zijde van de zuiger die zich in beweging zet door uitgevoerde kracht.



**Fig. 3: symbool van een enkelwerkende drukcilinder met magneetzuiger.**

We spreken van een drukcilinder (fig. 3) als de perslucht de uitgaande verplaatsing

veroorzaakt en van een trekcilinder (Fig. 4) als de perslucht de ingaande verplaatsing tot stand brengt. De zuiger keert terug naar zijn uitgangspositie door middel van een inwendige veer of een externe kracht.



**Fig. 4: symbool van een enkelwerkende Trekcilinder.**

De slaglengte van enkelwerkende cilinders met ingebouwde terugbrengveer

wordt begrensd door de inbouw lengte van de veer. Daarom worden ze gewoonlijk gemaakt met een slaglengte van maximaal 50 mm.

Enkelwerkende cilinders worden hoofdzakelijk gebruikt voor het klemmen, uitwerpen en inpersen van onderdelen.

We onderscheiden volgende enkelwerkende cilinders:

- A zuigercilinder
- B membraancilinder
- C balgcilinder
- D spiercilinder

## A. De zuigercilinder

### De zuigercilinder als drukcilinder (Fig. 5)

De zuigercilinder als drukcilinder is de meest gebruikelijke uitvoering van enkelwerkende cilinders.

De perslucht oefent een kracht op de zuiger uit waardoor deze zich beweegt en de zuigerstang uitduwt, bij wegvallen van de persluchtdruk zorgt de interne veer ervoor dat de cilinder in zijn rustpositie weerkeert (Fig. 5).

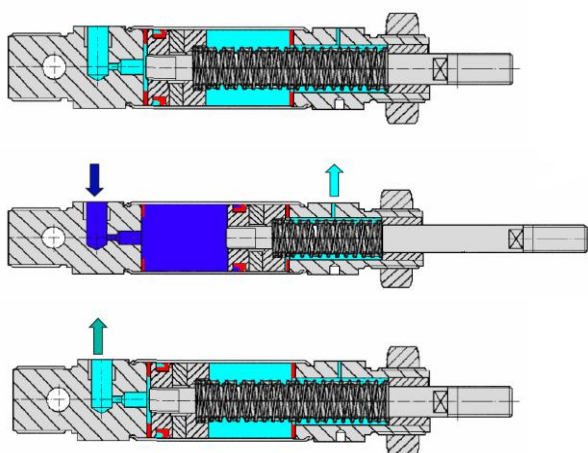


Fig. 5



[Animatie ESNU](#)



Afbeelding drukcilinder FESTO type [ESNU-20-50-P-A](#)

- [Documentatie](#)
- [Informatieblad](#)
- [Accessoires](#)
- [CAD](#)

### De zuigercilinder als trekcilinder (Fig.6)

Dit type wordt vooral gebruikt als remcilinders bij vrachtwagens. Bij het wegvallen van de perslucht treden de remcilinders onder veerdruk in werking, waardoor de veiligheid verhoogt!

In figuur 7 wordt de doorsnede van een enkelwerkende trekcilinder weergegeven. Die werking is precies het tegenovergestelde van die van de enkelwerkende drukcilinder.

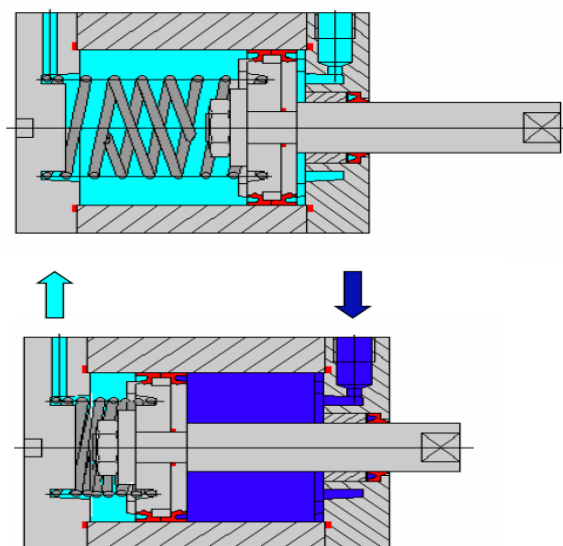


Fig. 6



Afbeelding trekcilinder FESTO type [Compacte cilinder AEN-20-50-P-A](#)

- [Documentatie](#)
- [Informatieblad](#)
- [Accessoires](#)
- [CAD](#)

## B. De membraancilinder

Bij dit type cilinder neemt een ingebouwde membraan de functie van de zuiger over. Wanneer de cilinder onder druk wordt gezet vervormt het membraan zich (Fig. 8). Deze cilinders worden omwille van hun beperkte slaglengte hoofdzakelijk gebruikt voor het klemmen van werkstukken. Voordeel van deze klemcilinder is zijn beperkte inbouwmaat.

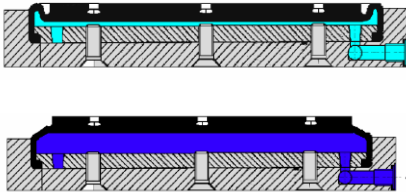
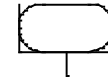


Fig. 8.



Symbol membraancilinder



Afbeelding membraancilinder FESTO type EV-20/75-5

-  [Documentatie](#)
-  [Informatieblad](#)
-  [Accessoires](#)
-  [CAD](#)

## C. De balgcilinder




Ook de balgcilinder is enkel werkzaam in één richting. We gebruiken de balgcilinder voornamelijk voor het klemmen, persen en heffen van producten. Door het grote werkzame oppervlak en het ontbreken van wrijvingsverliezen tussen zuiger en cilinderbuis kan de balgcilinder een grote drukkracht leveren



Symbol balgcilinder



Afbeelding Balgcilinder FESTO type EB-250-185

-  [Documentatie](#)
-  [Informatieblad](#)
-  [CAD](#)

## D. De spiercilinder

De spiercilinder lijkt, wat constructie betreft, veel op de balgcilinder. Hij is echter veel langer en smaller waardoor de werking tegengesteld is. Bij toevoer van perslucht zet de cilinderwand uit, waardoor een trekkracht ontstaat tussen de beide eindkappen (Fig. 9).

De spiercilinder kan een zeer grote trekkracht ontwikkelen, zijn verplaatsing is proportioneel met de voedingsdruk.



Fig.-9.



Symbol spiercilinder



Afbeelding pneumatische spier FESTO type Fluidic Muscle DMSP-40- -

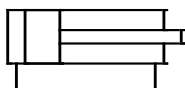
-  [Documentatie](#)
-  [Informatieblad](#)
-  [Accessoires](#)
-  [CAD](#)



[Animatie MAS](#)

## De dubbelwerkende cilinder

Bij de dubbelwerkende cilinder is het de persluchtcracht die de zuiger in beide richtingen beweegt.



Symbol dubbelwerkende cilinder

Dubbelwerkende cilinders worden toegepast waar in beide richtingen een kracht moet worden uitgeoefend of waar grotere slaglengtes gewenst zijn (Fig. 10).

Zowel bij de uitgaande als bij de ingaande zuigerslag wordt een kracht ontwikkeld die proportioneel is aan de geleverde persluchtdruk en het werkzame zuigeroppervlak.

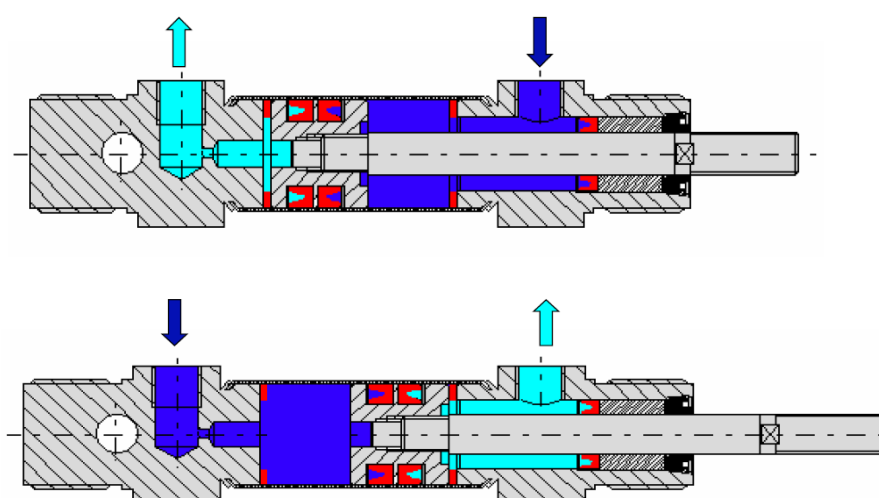






Fig. 10.  [Animatie DSNU](#)

In principe is de slaglengte van de dubbelwerkende cilinder onbegrensd. Men moet bij grote lengtes echter wel rekening houden met het mogelijke doorknikken of doorbuigen van de zuigerstang. Zoals al besproken kunnen standaardcilinders aan een specifieke constructienorm voldoen.



### Afbeelding dubbelwerkende cilinder (ISO-VDMA genormeerd)

FESTO type DSBC-32-100-PPVA-N3

-  Documentatie
-  Informatieblad
-  Accessoires
-  CAD

## De dubbelwerkende cilinder met instelbare eindbuffering

Zuigers die met een te grote snelheid tegen de eindflens botsen, kunnen de machines en cilinders beschadigen. Daarom is het aan te raden om een zuiger bij het bereiken van zijn eindstand af te remmen.

Om die reden gebruiken we cilinders met pneumatische buffering (Fig. 11).

Deze cilinders zijn uitgerust met een “bufferzuiger” (1) die vóór het einde van de zuigerslag de hoofduitgang van de lucht verspert (Fig. 12).

De lucht die nog in de cilinderkamer aanwezig is moet door de instelbare smoring (2) ontluchten (Fig. 13), indien deze smoring goed ingesteld is zal een luchtkussen ontstaan die een kracht uitoefent op de zuiger waardoor deze afremt.

Wanneer de zuiger zich in tegenovergestelde richting beweegt (Fig. 14), kan de perslucht via een terugslagventiel (3) ongesmoord in de cilinderruimte stromen, hierdoor kan de zuiger weer onmiddellijk met volle kracht en snelheid werken.

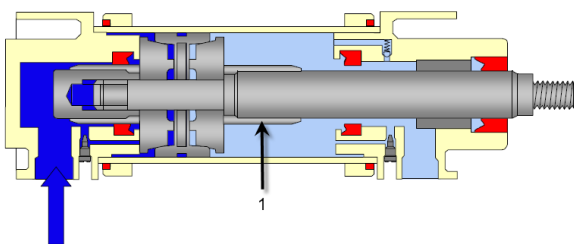


Fig. 11.

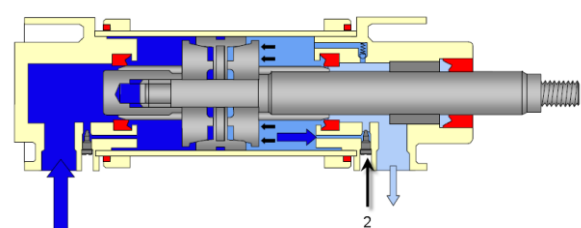


Fig. 13.

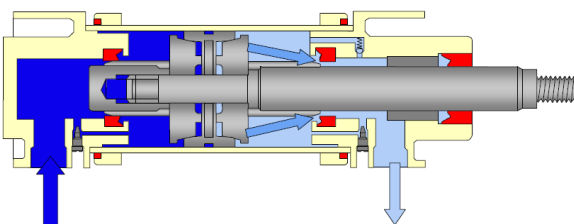


Fig. 12.

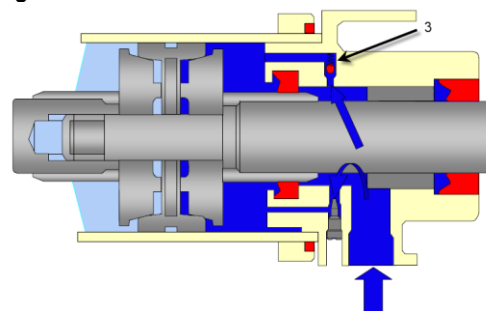
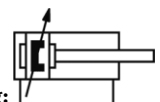


Fig. 14.



[Animatie PPV](#)

Symbol van een cilinder met instelbare eindbuffering:



## De dubbelwerkende cilinder met zelfinstellende eindbuffering

De afstelling van een eindbuffering is afhankelijk van de snelheid en de massa-traagheid van de cilinder.

Hierdoor gebeurt het dikwijls dat de eindbufferingen slecht afgesteld staan op de machines of regelmatig moeten bijgesteld worden.

Cilinders met zelfinstellende buffering (Fig. 15) bieden het voordeel dat de eindbuffering niet moet worden afgesteld.

In deze cilinders is de bufferzuiger uitgerust met groeven (1) die er voor zorgen dat er automatisch een geleidelijke afremming is van de cilinder als hij in zijn bufferzone komt

De enige beperking is dat een cilinder met zelfinstellende eindbuffering minder kinetische energie kan absorberen in zijn bufferzone dan een cilinder met instelbare eindbuffering.

Bij cilindertoepassingen met kleine cilinderdiameters voldoet dit type buffering echter in de meeste gevallen.

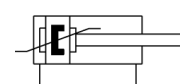
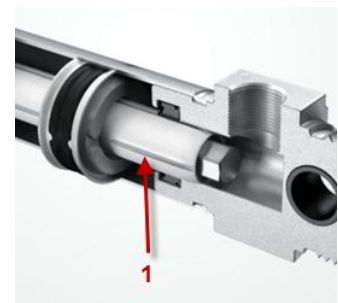


Fig. 15.



## Cilinders met doorlopende zuigerstang

Bij een cilinder met doorlopende zuigerstang doorloopt de zuigerstang beide eindflenzen.

Hierdoor heeft deze cilinder twee lagerdeksels waardoor de zuigerstang op twee lagerbussen steunt (Fig. 16), hierdoor is de geleiding beter. De kracht die door de perslucht uitgeoefend wordt, is in beide bewegingsrichtingen even groot vermits de zuigeroppervlakte even groot is aan beide zijden.

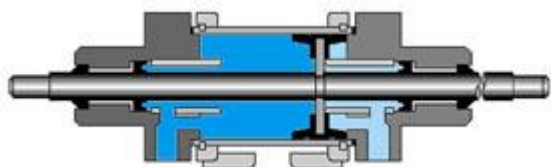
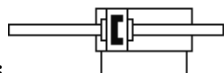


Fig. 16.



Symbool:



Afbeelding cilinder met doorlopende zuigerstang FESTO type Compacte cilinder ADN-32- -

-  Documentatie
-  Informatieblad
-  Accessoires
-  CAD

## Zuigerstangloze cilinder

De zuigerstangloze cilinder bestaat uit een buis of profiel waarin een zuiger door perslucht wordt aangedreven. Deze beweging drijft een meenemer aan die zich aan de buitenkant van de buis of het profiel bevindt.

Daar waar bij een traditionele cilinder de mechanische beweging door een zuigerstang gegeven wordt die uit de cilinder schuift wordt hier de beweging gegeven door de meenemer. Hierdoor kan men cilinders vervaardigen met grote slaglengtes en beperkte inbouwmaten.

Naargelang de manier waarop de meenemer in verbinding staat met de zuiger onderscheid men zuigerstangloze cilinders met magnetische koppeling (Fig. 17) en zuigerstangloze cilinders met mechanische koppeling (Fig. 18).

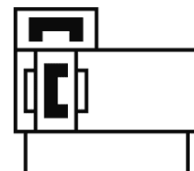


Fig. 17.

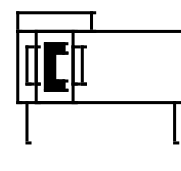
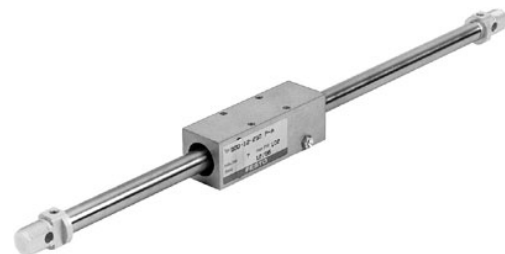






Fig. 18.

### A. De zuigerstangloze cilinder met magneetkoppeling

In deze constructie wordt de meenemer magnetisch gekoppeld aan de zuiger (Fig. 19). In een buis (1) is een zuiger (2) aangebracht. Deze zuiger is voorzien van ringmagneten (3). Over de buis loopt een meenemer (4) die eveneens van ringmagneten (5) is voorzien. Hierdoor worden meenemer en zuiger magnetisch met elkaar gekoppeld waardoor de meenemer steeds de verplaatsing van de zuiger volgt. Verplaatst de zuiger zich naar links dan zal de meenemer deze beweging dus volgen. Voordeel van deze constructie is dat er geen lekverliezen kunnen ontstaan door de buis vermits er geen mechanische verbinding bestaat tussen zuiger en meenemer. Nadeel van deze constructie is dat de magneten zich kunnen ontkoppelen waardoor de meenemer los komt te staan.



Afbeelding zuigerstangloze cilinder met magneetkoppeling  
FESTO type DGO-25-PPV-A-B

-  Documentatie
-  Informatieblad
-  Accessoires
-  CAD

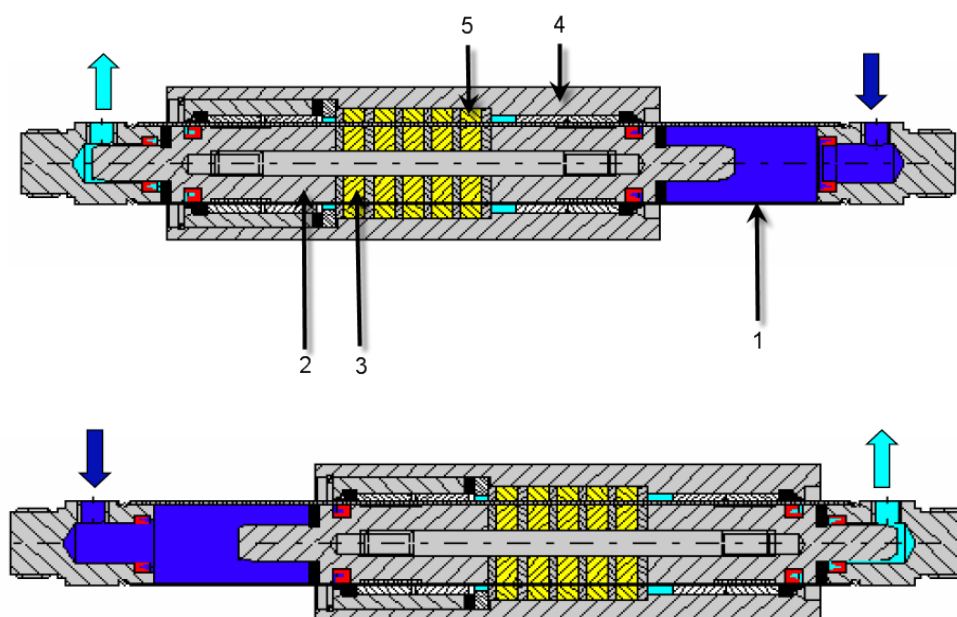


Fig. 19.

## B. De zuigerstangloze cilinder met mechanische koppeling en externe slede

In deze constructie wordt de meenemer mechanisch gekoppeld aan de zuiger (Fig. 20)

Bij een mechanische koppeling zit de zuiger (1) in een profiel (2). De zuiger is verbonden met de meenemer (3) die een afzonderlijke slede (4) aandrijft. Deze constructie heeft tot gevolg dat er over de volle lengte van het profiel een sleuf is die tijdens de beweging van de zuiger continu moet worden afgedicht, dit gebeurt aan de hand van een kunststoffen afdichtingstrip (5) die tussen beide eindflenzen (6) opgespannen is. Opdat het externe vuil niet in de cilinderkamers terecht komt wordt de buitenzijde van de sleuf afgedicht door een afdichtingband (7). De zuiger is voorzien van lippenringen (8) die ervoor zorgen dat de perslucht niet kan ontsnappen via de verbinding zuiger - meenemer.

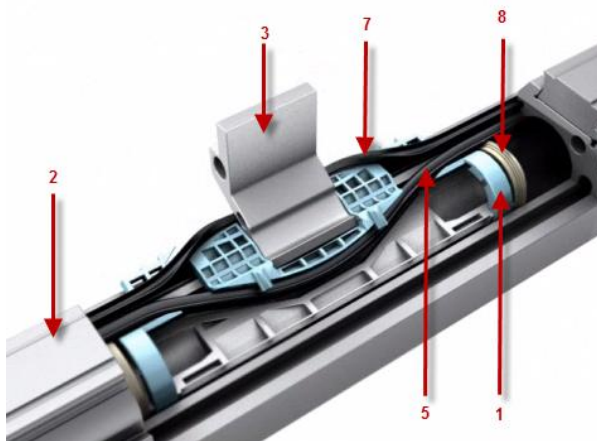


Fig. 20a

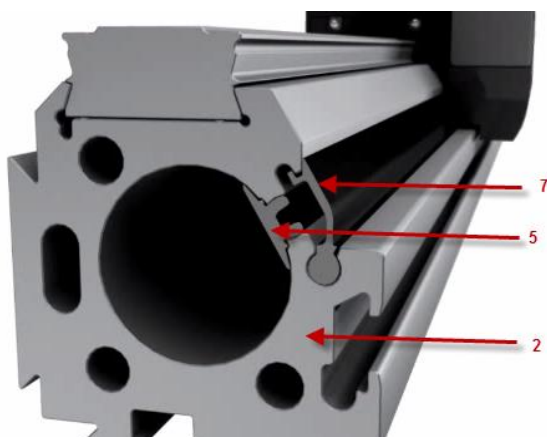


Fig. 20b

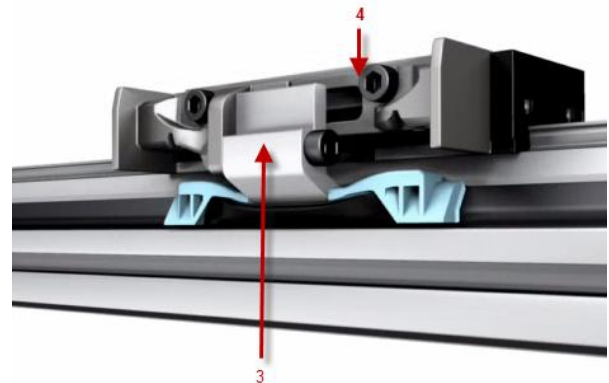
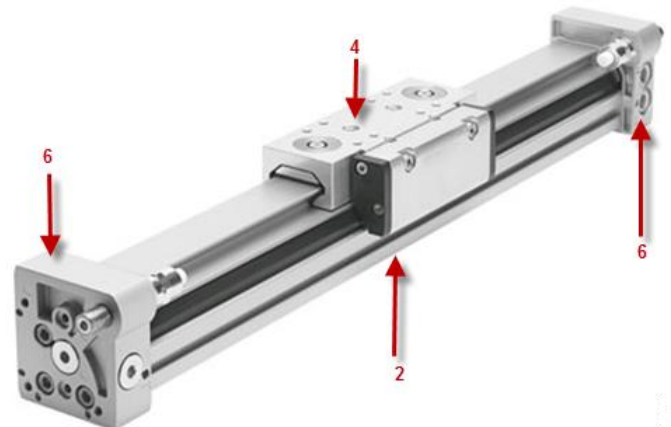


Fig. 20c

Voordeel van deze constructie is dat de meenemer mechanisch verbonden is met de zuiger.

Nadeel van deze constructie is dat er lekverliezen kunnen optreden langs de afdichtingband.

De slede kan uitgerust zijn met een basisgeleiding, een glijgeleiding of een kogelomloopgeleiding in functie van de toepassing en de op te nemen externe krachten.



Afbeelding zuigerstangloze cilinder met mechanische koppeling en slede FESTO type Lineaire aandrijving DGC-25 - - [Animatie en doorsnede product](#)

Documentatie

Informatieblad

Accessoires

CAD

## Draaicilinders

### A. De draaicilinder met tandwieloverbrenging

Dit is een bijzondere uitvoering van de dubbelwerkende cilinder (Fig.21).

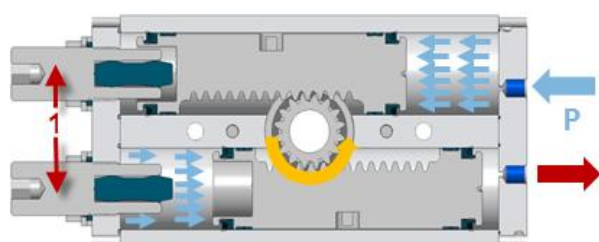
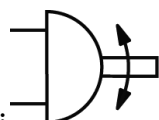


Fig. 21:

Twee zuigers zijn uitgevoerd als tandlat en drijven een rondsel aan. Hierdoor wordt de rechtlijnige beweging van de zuigers omgezet in een draaibeweging. De standaarduitvoeringen hebben een draaihoek die met behulp van stelschroeven (1) kan ingesteld worden tussen 0-200 °.



Symbol van een draaicilinder:

Het draaimoment is afhankelijk van druk, zuigeroppervlak en de overbrengingsverhouding tussen tandlat en rondsel.

De draaicilinder met tandwieloverbrenging wordt aangewend waar men grotere draaimomenten nodig heeft.



Afbeelding draaicilinder met tandwieloverbrenging FESTO type

[DRRD-20-180-FH-PA](#)

[Animatie en doorsnede product](#)

[Documentatie](#)

[Informatieblad](#)

[Accessoires](#)

[CAD](#)

### B. De draaivleugelcilinder

Bij dit type zwaai aandrijvingen werkt de perslucht in op een draaivleugel die een rotatiebeweging tot stand brengt (Fig. 22).

Bij een draaivleugelcilinder is de draaihoek meestal beperkt tot ca. 270° en mechanisch instelbaar aan de hand van vergrendelbare aanslagen.

Voordeel van dit type zwaai aandrijving is zijn kleine inbouwmaat en zijn eenvoudige en goedkope constructie.

Het draaimoment van draaivleugelcilinders is meestal beperkt tot 20 Nm.

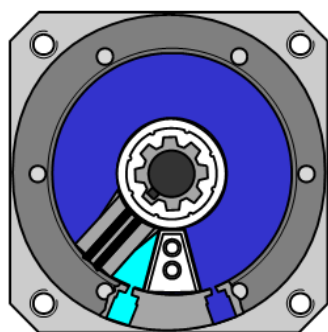
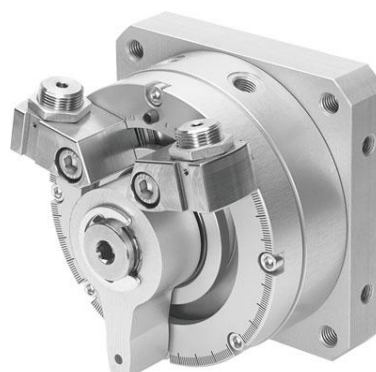


Fig. 22:



Afbeelding draaivleugelcilinder FESTO type [DSM-25-270-P-A-B](#)

[Animatie en doorsnede product](#)

[Documentatie](#)

[Informatieblad](#)

[Accessoires](#)

[CAD](#)

## Cilinderbevestigingen

De wijze waarop we cilinders monteren wordt bepaald door de machine of installatie.

Met diverse standaard bevestigingselementen is het mogelijk om cilinders eenvoudige manier te monteren.

Het is belangrijk om bij de keuze van een cilinder rekening te houden met de gewenste bevestigingsmogelijkheid, alle cilinders bieden immers niet dezelfde bevestigingstoebehoren.

Figuur 23 geeft een overzicht van de standaard montage mogelijkheden op genormeerde cilinders.

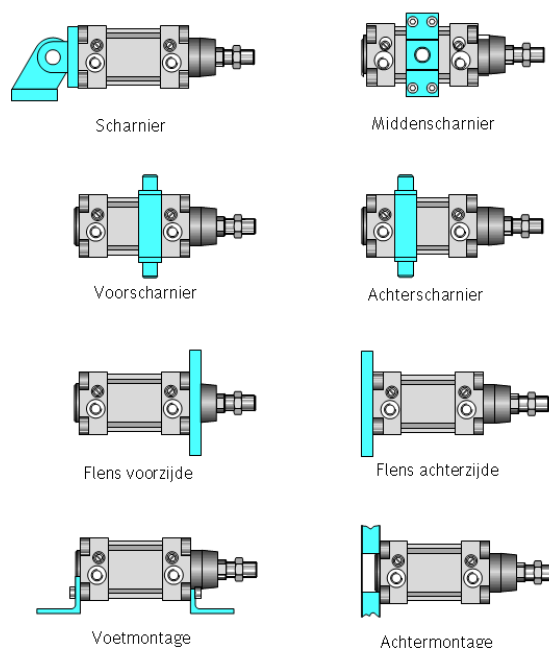


Fig. 23.

## Zuigerstangbevestigingen

Om de zuigerstang op de machine te bevestigen zijn eveneens standaard montage toebehoren beschikbaar.

De meest courante zijn de scharnierkop (Fig. 24), de gaffelkop (Fig. 25), de flexokoppeling (Fig. 26) en de koppelingsflens (Fig. 27).



## De geleiding van cilinders

Persluchtcilinders zijn gemaakt om axiale krachten op te nemen. Dwarskrachten op de zuigerstang hebben als gevolg dat dichtingen en geleidingsbussen sneller gaan lekken en de cilinder vroegtijdig vervangen moet worden. Indien er toch dwarskrachten optreden is het aan te raden de cilinder te voorzien van een externe geleiding met kogellagers of glijbussen.



Afbelding geleidingseenheid FESTO type FENG-32--

## Krachtberekening van een cilinder

De kracht die de zuiger van een cilinder kan uitoefenen is afhankelijk van het zuigeroppervlak en de werkdruk.

De theoretische zuigerkracht kan men als volgt berekenen.

$$F_{th} = p \times A$$

In de praktijk is de effectieve kracht aan de zuigerstang van belang.

Om deze te berekenen moeten we rekening houden met de optredende wrijvingskracht in de cilinder en deze aftrekken van de theoretische zuigerkracht.

Bij normale bedrijfsomstandigheden (werkdruk 0,4 tot 0,8 MPa) bedraagt de wrijvingskracht ongeveer 10% van de theoretische zuigerkracht.

De effectieve kracht aan de zuigerstang kan men voor dubbelwerkende cilinders als volgt berekenen:

$$F = F_{th} - F_w = p \times A - F_w$$

Bij de uitgaande slag is het effectieve zuigeroppervlak

$$A = \pi \times D^2 / 4$$

Bij de ingaande slag is het effectieve zuigeroppervlak kleiner omwille van de zuigerstang

$$A = \pi \times (D^2 - d^2) / 4$$

In de voorgaande formules is:

$F$  = de effectieve kracht aan de zuigerstang

$F_{th}$  = theoretische zuigerkracht

$F_w$  = wrijvingskracht = 10% van  $F_{th}$

$p$  = werkdruk

$A$  = effectieve zuigeroppervlak

$D$  = zuigerdiameter

$d$  = zuigerstangdiameter

## De zuigersnelheid.

De gemiddelde zuigersnelheid bij standaardcilinders ligt tussen 0,1 m/s en 1,5 m/s (6,0 m/min . . . 90 m/min).

Een pneumatische cilinder heeft zijn maximale snelheid in onbelaste toestand. Naarmate men de belasting laat toenemen, daalt de zuigersnelheid (Fig. 28). Bij maximale belasting staat de zuiger stil en krijgt men een zuiver statische kracht.

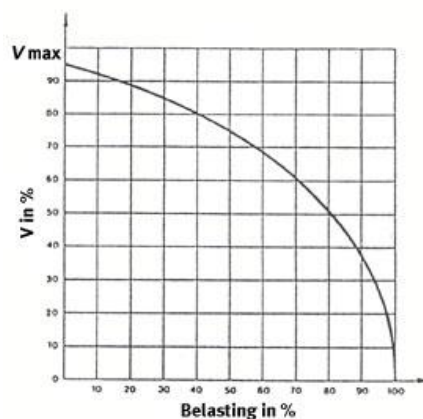


Fig. 28.

Als richtwaarde kunnen we aanhouden dat de externe belasting niet meer dan 70 % van de door de cilinder geleverde kracht mag bedragen.

$$F_{dynamisch} = F_{statisch} / 0,7$$

Bij deze belasting verkrijgen wij een zuigersnelheid die ongeveer 60 % van de maximale cilindersnelheid bereikt.

De cilindersnelheid kan berekend worden via een [engineeringsoftware](#), Selecteer "Engineering" boven de productionen en selecteer "Pneumatische simulatie".

## Het luchtverbruik

Om te kunnen bepalen welk debiet nodig is om een cilinder te voeden is het belangrijk om het luchtverbruik van deze cilinder te kunnen bepalen.

Het luchtverbruik kan gevonden worden via een [engineeringsoftware](#), Selecteer "Engineering" boven de producticonen en selecteer "Luchtverbruik".

Het luchtverbruik van een dubbelwerkende cilinder kan ook berekend worden met de volgende formule:

$$Q = A \times l \times (n \times 2) \times (p + 1)$$

In de voorgaande formule is:

$Q$  = debiet (cm<sup>3</sup>/min)

$A$  = zuigeroppervlak (cm<sup>2</sup>)

$l$  = slaglengte (cm)

$p$  = werkdruk (kg/cm<sup>2</sup> = bar)

$n$  = het aantal cycli per minuut

Nadien kan het debiet omgerekend worden naar l/min. (1 l/min = 1.000 cm<sup>3</sup>/min)