

mbo

Pneumatiek

Hydrauliek en pneumatiek



TECHNIEKSTAD



COLOFON

©2019 Kenteq, Hilversum

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand dan wel openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname, of enige andere wijze, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Kenteq
Postbus 81
1200 AB Hilversum

info@techniekstad.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding in de pneumatiek	7
1.1	Waarom wordt pneumatiek toegepast?	8
1.2	Waar wordt pneumatiek toegepast?	9
1.3	Samenvatting	10
1.4	Antwoorden	11
2	Productie en verzorging van perslucht	13
2.1	Druk en volume	14
2.2	Manometer	16
2.3	Compressoren	17
2.4	Reinigen van lucht	24
2.5	Drogers	25
2.6	Drukschakelaar	29
2.7	Veiligheidsventiel	31
2.8	Terugslagventiel	32
2.9	Luchtvaten	34
2.10	Aanzuigfilters	35
2.11	Waterafscheiders in luchtvaten	36
2.12	Samenvatting	38
2.13	Antwoorden	39
3	Leidingnet	41
3.1	Leidingen	42
3.2	Buizen, leidingen en slangen	43
3.3	Koppelingen	44
3.4	Ringleidingsysteem	47
3.5	Samenvatting	52
3.6	Antwoorden	53
4	Persluchtconditionering	55
4.1	Reduceerventiel	56
4.2	Filter-waterafscheider	59
4.3	Olieafscheiders	60
4.4	Olie-verzamelfilters	62
4.5	Olievernevelaar	63
4.6	Aanloopventiel	65
4.7	Lagedrukbeveiliging	66
4.8	Conditionering bij de gebruiker	68
4.9	Samenvatting	69
4.10	Antwoorden	70
5	Cilinders	71
5.1	Cilinders in de pneumatiek	72
5.2	De dubbelwerkende cilinder	72
5.3	Dubbelwerkende cilinder met eindbuffering	76
5.4	Enkelwerkende cilinders	77
5.5	De regelcilinder	79

5.6	(Enkelwerkende) membraancilinder	81
5.7	De zuigerstangloze cilinder	82
5.8	De positioneercilinder	83
5.9	De driestandcilinder	84
5.10	De draaicilinder	84
5.11	Overige cilinders	86
5.12	Sensoren voor positiemeting	87
5.13	Samenvatting	90
5.14	Antwoorden	91
6	Ventielen	93
6.1	Soorten ventielen	94
6.2	3/2 ventielen	95
6.3	5/2 ventielen	96
6.4	5/3 ventielen	98
6.5	Mechanisch bediende ventielen	100
6.6	Pneumatisch bediende ventielen	102
6.7	Elektro-pneumatisch bediende ventielen	103
6.8	Constructies van ventielen	106
6.9	Relaisventielen	107
6.10	E/P-omvormers	108
6.11	Samenvatting	112
6.12	Antwoorden	113
7	Pneumatische besturingselementen	115
7.1	Wisselventiel	116
7.2	Tweedrukventiel	117
7.3	Snelontluchtventiel	119
7.4	Gestuurde terugslagventiel	120
7.5	Snelheidsregelventiel	121
7.6	Overstroomventiel	124
7.7	Samenvatting	127
7.8	Antwoorden	128
8	Randapparatuur	129
8.1	Vacuüm	130
8.2	Geluiddempers	133
8.3	Pneumatische sensoren	134
8.4	Samenvatting	138
8.5	Antwoorden	139
9	Symbolen pneumatiek	141
9.1	Soorten symbolen	142
9.2	Samenvatting	148
9.3	Antwoorden	149
10	Vragen	151
10.1	Vragen Inleiding in de pneumatiek	151
10.2	Vragen Productie en verzorging van perslucht	152
10.3	Vragen Leidingnet	168
10.4	Vragen Persluchtconditionering	173

10.5	Vragen Cilinders	179
10.6	Vragen Ventielen	185
10.7	Vragen Pneumatische besturingselementen	192
10.8	Vragen Randapparatuur	200
10.9	Vragen Symbolen pneumatiek	205

BRUNNEN

INZELDE

1 Inleiding in de pneumatiek

Inleiding

Pneumatiek is dat deel van de aandrijftechniek, waarbij samengeperste lucht als aandrijvende kracht wordt gebruikt.

Andere vormen van aandrijftechniek zijn:

- elektrotechniek
- hydrauliek
- mechanische aandrijftechniek.



Monteur met luchtsleutel

Leerdoelen

Je kunt:

- uitleggen wat pneumatiek is en waar het wordt toegepast.

1.1 Waarom wordt pneumatiek toegepast?

- Het is een schone, veilige en breed toepasbare aandrijftechniek.
- Je kunt perslucht vrij eenvoudig opwekken (met een compressor) en transporteren.
- Met pneumatiek kun je relatief eenvoudig rechtlijnige bewegingen maken.
- Pneumatiek kan onder gevaarlijke of agressieve omstandigheden worden toegepast.
- De componenten zijn eenvoudig en daardoor bedrijfszeker.
- Je kunt pneumatiek zeer goed combineren met andere aandrijftechnieken.



Compressor

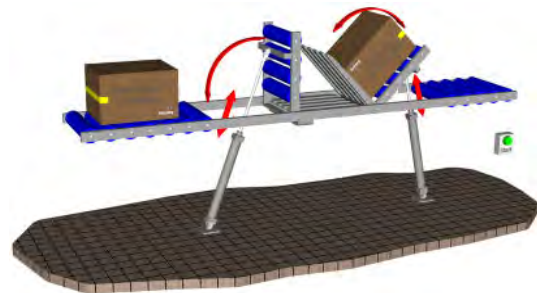
Voorbeelden van toepassingen

- Het aandrijven van persluchtgereedschap in garage's en bij de vliegtuigbouw. Bijvoorbeeld:
 - schroevendraaiers
 - moersleutels
 - handboormachines
 - blindklinkgereedschap.



Persluchtgereedschap

- Het mechaniseren van handelingen. Mechanisatie = het overnemen van spierkracht:
 - openen en sluiten van bus- en treindeuren
 - het bedienen van hef- en kleminrichtingen
 - bedienen van wisselventielen bij intern transport.



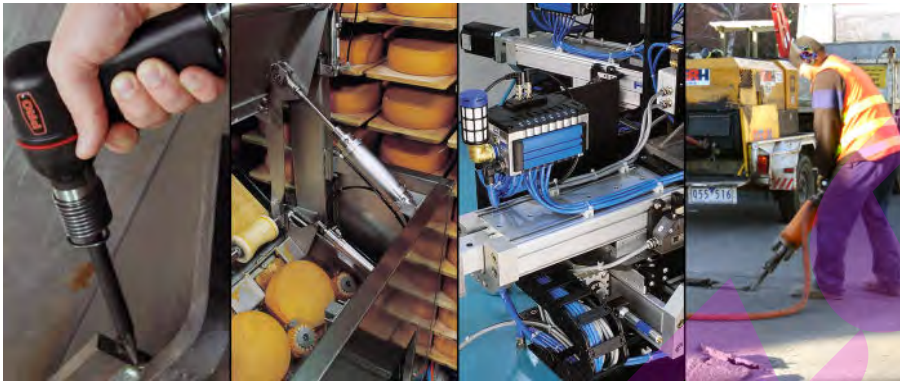
D.m.v. luchtcilinders omdraaien van een doos

- Het automatiseren van handelingen. Automatisering is een verdergaande vorm van mechanisering, zoals besturings- en controlewerkzaamheden (gaat dikwijls samen met elektronische besturingen)
 - verpakkingsmachines
 - montagelijnen.

1.2 Waar wordt pneumatiek toegepast?

Deelmarkten waar de pneumatiek wordt toegepast zijn:

- algemene industrie:
 - mechanisatie en automatisering in elke vorm
- scheepvaart, visserij en off-shore:
 - motor- en lierbedieningen
- in bedrijven:
 - klein pneumatisch gereedschap
- in de transportsector: beremming van vrachtwagens, treinen en metro's;
- in de wegenbouw en mijnbouw: groot pneumatisch gereedschap.



Verskillende pneumatische toepassingen

?

1. Noem een toepassingsmogelijkheid van pneumatiek bij het mechaniseren van handelingen.

?

2. Kun je twee voorbeelden noemen van persluchtgereedschap?

1.3 Samenvatting

- Pneumatiek is dat deel van de aandrijftechniek, waarbij samengeperste lucht als aandrijvende kracht wordt gebruikt.
- Pneumatiek wordt gebruikt voor het aandrijven van persluchtgereedschap, het mechaniseren van handelingen en het automatiseren van handelingen.

BRUNNEN

1.4 Antwoorden

Antwoord 1

Pneumatiek kan handelingen mechaniseren, bijvoorbeeld het openen en sluiten van bus- en treindeuren of het bedienen van hef- en kleminrichtingen.

Antwoord 2

Bijvoorbeeld:

- schroevendraaiers
- moersleutels
- handboormachines
- blindklinkgereedschap.

INLEIDING

2 Productie en verzorging van perslucht

Inleiding

Voor het aandrijven van motoren, machines en gereedschappen kun je perslucht gebruiken. Perslucht is samengeperste lucht. Dit samenpersen gebeurt in een compressor.



Compressorinstallatie

Leerdoelen

Je kunt:

- uitleggen hoe een compressor werkt
- uitleggen wat luchtdruk is
- een manometer aflezen
- verschillende soorten compressoren beschrijven
- uitleggen hoe de perslucht wordt gereinigd en ontvochtigd
- uitleggen hoe een drukschakelaar werkt
- uitleggen hoe een veiligheidsventiel werkt
- uitleggen hoe een terugslagventiel werkt
- uitleggen hoe luchtvaten en waterafscidders in luchtvaten werken
- uitleggen hoe aanzuigfilters werken.

2.1 Druk en volume

Om met lucht kracht uit te kunnen oefenen, persen we de lucht waarin we leven samen tot perslucht. Dit doen we in een compressor.



Compressorinstallatie

Een compressor is een pomp die lucht uit de omgeving aanzuigt en samenperst. Er ontstaat dan perslucht die door een leiding naar een persluchtvat of luchttank wordt getransporteerd.

In een luchttank kunnen we de perslucht opslaan tot we hem willen gebruiken. De luchttank is dus te vergelijken met een elektrische accu.

In de lucht zit ook stof, vuil en waterdamp. Deze verontreinigingen horen niet in perslucht thuis. Ze leiden tot een minder goed functioneren van de persluchtapparatuur en tot storingen. Waterdamp zal na afkoeling gaan condenseren tot water.

Deze waterdamp kunnen we er met een droger uithalen. Stof en vuil kunnen we er met filters uithalen.

Atmosferische druk

De luchtdruk (atmosferische druk) op aarde is ongeveer 1 bar (1013 mbar). De atmosferische druk ontstaat door de massa van de lucht en hangt af van de dichtheid en de hoogte van de lucht.

De SI-eenheid van druk is 'pascal'. Eén pascal = één newton per vierkante meter ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$). Bij pneumatiek wordt meestal de eenheid 'bar' gebruikt. $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ N/m}^2 = 100 \text{ kPa}$.



De luchtdruk op aarde is ongeveer 1 bar

De atmosferische druk is niet constant. Als je naar de weerberichten op de televisie kijkt, zie je dat de luchtdruk schommelt rondom de 1013 millibar (= circa 1 bar) en van plaats tot plaats kan variëren.

Deze verschillen in luchtdruk veroorzaken wind en storm - de lucht verplaatst zich van gebieden met hoge luchtdruk naar gebieden met lage luchtdruk.

In een gebied met hoge luchtdruk (de luchtdichtheid is dan groot) is de massa van de lucht groter dan bij lage luchtdruk.

Hoe de gemiddelde druk met de hoogte afneemt is in de tabel aangegeven.

Hoogte (m)	Druk (mbar)
0	1013
500	955
1000	899
2000	795
5000	540
8000	356

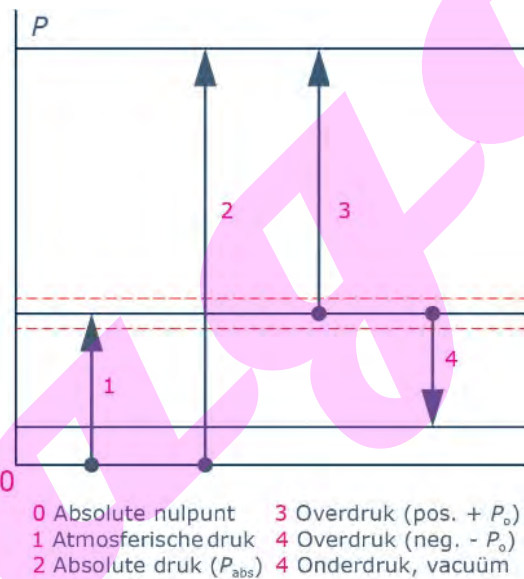
Tabel Hoogte en druk

Overdruk

In de pneumatiek wordt met de 'druk van de perslucht' meestal een overdruk bedoeld. Overdruk (het woord zegt het al) is een druk die hoger is dan de atmosferische druk.

Bijvoorbeeld:

Perslucht met een overdruk (3) van 6 bar heeft een druk die 6 bar hoger is dan de atmosferische druk (1). Dit is gerekend vanuit het absolute nulpunt (0). De absolute druk (2) dus $6 + 1 = 7$ bar.



Manometers in de pneumatiek geven altijd de overdruk aan.

In de vacuümtechniek wordt niet met overdruk, maar met onderdruk gewerkt. De vacuümdruk wordt altijd in procenten vacuüm aangegeven.

Bijvoorbeeld:

Vacuüm van 95% betekent dat 95% van de atmosferische druk (= 0,95 bar) is weggezogen. De absolute druk is dan 0,05 bar.

1. Hoe hoog is de absolute druk bij perslucht van 7,5 bar?

2.2 Manometer

Druk aflezen

Op een manometer kun je de overdruk van de perslucht in het systeem aflezen. De '0' op de manometer is dus niet gelijk aan het absolute nulpunt.

Manometers worden ergens geplaatst waar deze makkelijk af te lezen zijn. Bijvoorbeeld op een controlepaneel van het systeem.



Manometer

Toepassing

Bij een compressorinstallatie hoort altijd een manometer. Dit is doorgaans een analoge klokmanometer met een wijzerplaat. Er zijn ook digitale manometers, deze worden hier niet behandeld.

De manometer wordt op het luchtvat gemonteerd. We weten dan welke druk er voor het persluchtsysteem beschikbaar is. Op machines waarin pneumatiek wordt gebruikt, zit meestal een manometer samen met een reduceerventiel.

Werking

De meeste analoge manometers werken als volgt: De lucht komt in de manometer in een ovale buis, die cirkelvormig is gebogen. Aan het einde is deze buis afgesloten. De buis werkt als een veer. Als de luchtdruk stijgt, wil de buis zich strekken en wordt de diameter van de cirkel groter. Als de luchtdruk zakt, wordt de diameter van de cirkel kleiner.

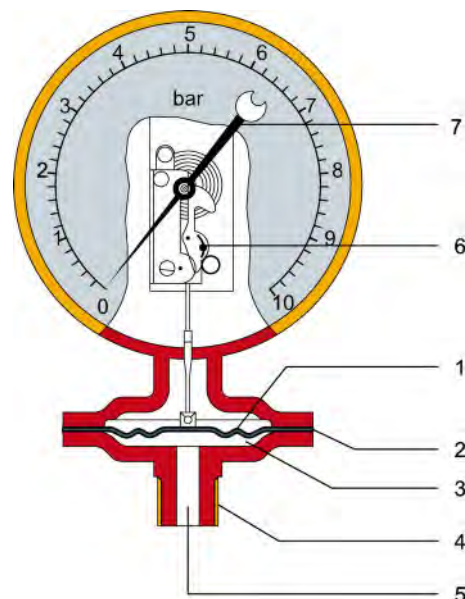
Die verandering van de cirkeldiameter wordt op de naald overgebracht. De naald wijst de druk aan die in het cirkelvormige buisje heerst.

Om de manometer tegen drukstoten te beschermen, is er een smoring in opgenomen.

Op plaatsen waar trillingen regelmatig optreden (schepen, machines) gebruiken we manometers die met glycerine (een vloeistof) zijn gevuld. Door deze vloeistof worden de trillingen gedempt, zodat de druk gewoon kan worden afgelezen.

Let op!

De manometer geeft overdruk aan. Als de manometer 6 bar aangeeft, betekent dat dus dat de absolute druk gelijk is aan: 6 bar + de atmosferische druk = 7 bar.



Membraan manometer

2.3 Compressoren

In de pneumatiek gebruik je bijna altijd compressoren die werken volgens het verdringingsprincipe. Bij dit principe wordt de aangezogen lucht in de compressor gedwongen een kleinere ruimte in te nemen. Daardoor neemt de luchtdruk toe, er ontstaat perslucht. Compressoren worden meestal aangedreven door een elektromotor of een verbrandingsmotor.



Compressorinstallatie

Type compressor

Je kunt deze compressoren verdelen in:

- Zuigercompressoren:
 - ééntraps zuigercompressor
 - meertraps zuigercompressor.
- Rotorcompressoren:
 - schroefcompressor
 - schottencompressor.

Keuze type compressor

De keuze van het type compressor is afhankelijk van de gestelde eisen:

- Hoeveel perslucht is er nodig?
- Welke werkdruk is er nodig?
- Waar wordt de compressor geplaatst?

Zuigercompressoren hebben door hun heen en weer gaande slag een ongelijkmatige persluchtproductie. Ze worden door hun goede prijs/prestatieverhouding echter veel gebruikt voor kleinere installaties.

Rotorcompressoren worden voor grotere installaties gebruikt.

De voordelen zijn:

- De rotor draait met een constante snelheid rond. Hierdoor is de persluchtproductie zeer gelijkmatig en rustig.
- Ze hebben weinig bewegende delen (zoals kleppen en zuigers), waardoor ze onderhoudsvriendelijk zijn.
- Meestal is er ook veel aandacht besteed aan de geluidsisolatie.

Voor een economisch gebruik van een compressor is het belangrijk dat:

- de werkdruk in het drukvat minder dan 80% van de maximaal te leveren druk van de compressor is; (hoe dichter de compressor bij zijn maximum komt, hoe meer vermogen dit kost)
- de werkdruk van de pneumatische apparatuur minder dan 80% van de druk in het drukvat is; (om ook bij piekafname een stabiele werkdruk te houden)

Als standaard werkdruk voor pneumatische apparatuur wordt een druk van 6,3 bar geadviseerd.



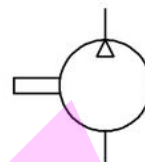
2. Als voor je werkzaamheden de druk in het drukvat 6,3 bar moet zijn, is het economisch gezien dan handig om hiervoor een compressor te gebruiken die maximaal 7 bar druk kan leveren? Leg je antwoord uit.

Eentraps zuigercompressor

Algemeen

Zuigercompressoren worden veel gebruikt. De eentrapscompressor is de eenvoudigste uitvoering.

Bij eentrapscompressoren treden bij hogere drukken zeer grote warmteverliezen op. De temperatuur van de samengeperste lucht in de compressor kan onder slechte omstandigheden tot ver boven de 100°C oplopen, wat zeer nadelig is.



Symbol compressor

Eentrapscompressoren kunnen tot 8 á 10 bar worden gebruikt. Ze worden gebruikt tot maximaal 1000 liters aangezogen lucht per minuut.

Deze compressoren zijn laag geprijsd en bedrijfszeker. Voor het onderhoud is geen speciale kennis nodig. De kwaliteit van de perslucht is echter matig en het geluidsniveau is dikwijls hoog.

In de ruimte waarin de krukas zich bevindt, moet voldoende smeerolie zijn. De smeerolie moet regelmatig met behulp van de peilstok worden gecontroleerd.

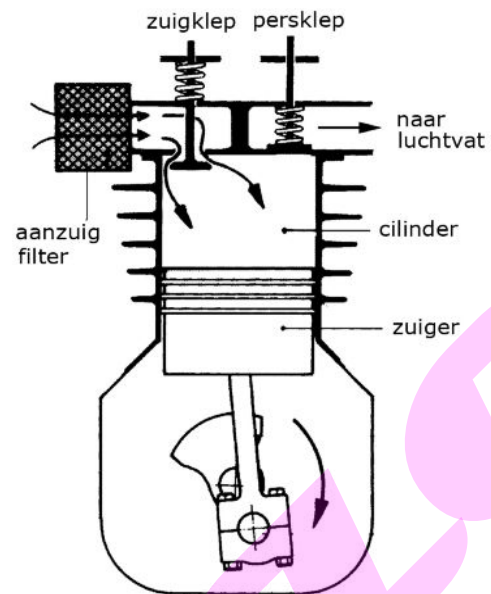
De smeerolie heeft twee functies:

- smeren
- koelen.

Zuigslag

Door het draaien van de krukas wordt de zuiger naar beneden bewogen. In de cilinder ontstaat nu een ruimte met onderdruk. Hierdoor wordt de zuigklep geopend en stroomt de buitenlucht door het aanzuigfilter en de zuigklep de cilinderkamer in. Dit is de zuigslag.

De persklep wordt door een veer samen met de onderdruk in de cilinderkamer op zijn plaats gehouden.



Eéntraps zuigercompressor

Persslag

De persslag vindt plaats als de zuiger naar boven beweegt. De ruimte boven de zuiger wordt nu kleiner. De lucht in die ruimte wordt dan samengeperst. De veer sluit de zuigklep. De persklep wordt geopend als de druk in de cilinderkamer hoger is dan die in het luchtvat. Via de persklep wordt de lucht naar het drukvat getransporteerd.

Let op!

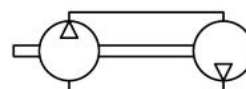
Zuigercompressoren hebben veel bewegende delen (kleppen, zuiger, krukas) en zijn daardoor nogal onderhoudsgevoelig.

Tweetraps zuigercompressoren

Bij een ééntrapscompressor ontstaat de werkdruk in één keer.

Wil je een hogere druk dan circa 8 bar, dan moet je de lucht in twee of meer stappen comprimeren (= samenpersen).

Hiervoor gebruik je tweetrapscompressoren, drietrapscompressoren enz.

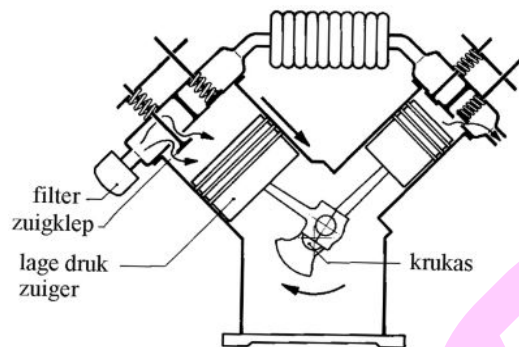


Symbol tweetrapscompressor

Bij een tweetrapscompressor wordt de aangezogen lucht in de eerste cilinder samengeperst. Vervolgens wordt de lucht gekoeld, waarna de lucht in een tweede cilinder tot een hogere druk wordt samengeperst.

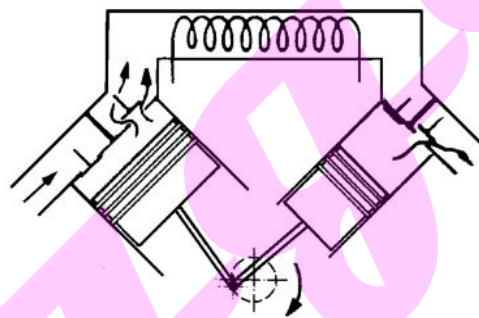
Werking in de lage druk cilinder

De krukas trekt de lage druk zuiger naar beneden. Hierdoor ontstaat er een onderdruk in de cilinder. Er wordt nu door het aanzuigfilter en de zuigklep buitenlucht aangezogen. Als de krukas verder draait en de zuiger omhoog wordt gedrukt, sluit de zuigklep. Als er een druk van 4 á 6 bar in de cilinder is bereikt, gaat de persklep open.



Buitenlucht wordt aangezogen

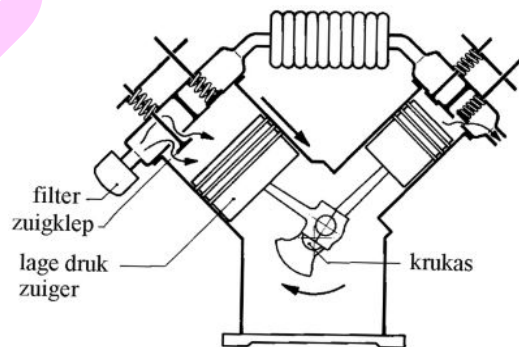
De temperatuur van de samengeperste lucht die langs de persklep stroomt, is door het samenpersen opgelopen tot ongeveer 100°C. De lucht passeert nu een tussenkoeler waar de temperatuur wordt teruggebracht tot iets boven de omgevingstemperatuur. Hierdoor verbetert het rendement van de compressor.



Lucht passeert een tussenkoeler

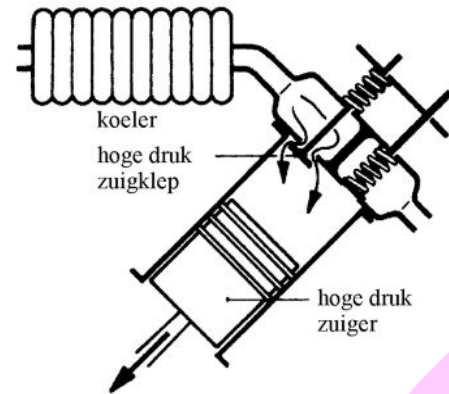
Werking in de hoge druk cilinder

Het volume van de hoge druk cilinder is kleiner dan het volume van de lage druk cilinder. De lucht is in de lage druk cilinder al flink samengeperst en heeft nu niet meer zoveel ruimte nodig. Bij een tweetraps compressor is de verhouding van de volumes ongeveer 2:1.



Het volume van de hoge druk cilinder is kleiner dan het volume van de lage druk cilinder

Als de hoge druk zuiger naar beneden wordt getrokken, stroomt de lucht via de tussenkoeler door de hoge druk zuigklep de hoge druk cilinder in. Als de krukas verder draait en de zuiger omhoog duwt, wordt de lucht (nog steeds 4 á 6 bar) samengeperst tot 12 á 15 bar. Dit is de maximale druk die met een tweetrapscompressor kan worden bereikt. De persklep wordt geopend als de druk in de cilinderkamer hoger is dan die in het drukvat. Via de persklep wordt de lucht naar het drukvat getransporteerd.



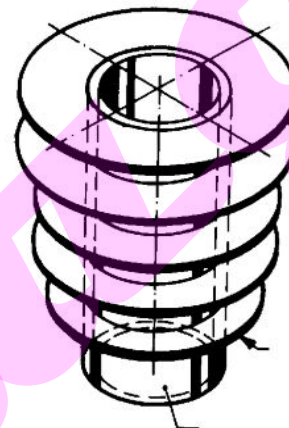
Lucht stroomt de hoge druk cilinder in

Koeling van zuigercompressoren

Koelribben

Luchtgekoelde compressoren, hebben aan de buitenkant van de cilinders en de cilinderkoppen koelribben.

De koelribben zorgen voor een groter oppervlak, waardoor er meer warmte kan worden afgegeven. Je moet ze daarom goed stofvrij houden en niet schilderen.



Koelribben aan de buitenkant van de cilinder

Tussenkoeler en nakoeler

Tussen de verschillende compressietrappen zijn tussenkoelers gebouwd. Je hebt al een paar keer gelezen, dat de temperatuur tijdens de persslag tot zo'n 100°C kan oplopen. Als dat de begintemperatuur van de volgende zuigslag zou zijn, levert de volgende persslag nog hogere temperaturen op. Dat mag niet!

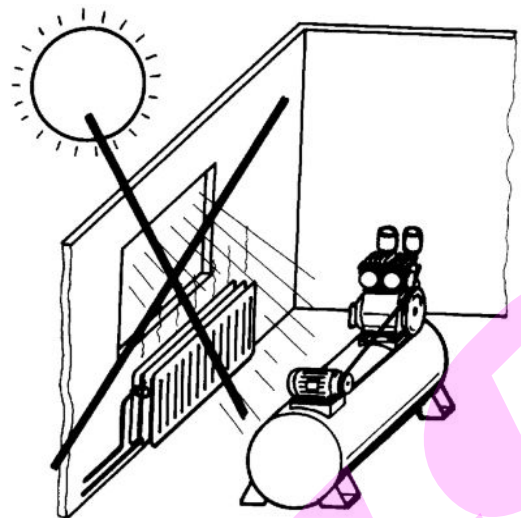
Een tussenkoeler is noodzakelijk. Soms wordt er aan de uitgang van de compressor ook nog een nakoeler geplaatst. Net als de cilinders hebben de tussenkoelers en de nakoeler koelribben.



Tussenkoeler

Ventilator

Op de compressorset zit een ventilator voor de luchtkoeling. Deze ventilator wordt door de motor van de compressorset aangedreven en blaast omgevingslucht langs alle koelribben zodat de warmte snel kan worden afgevoerd. De lucht in de ruimte waarin de compressor staat, moet zo koel mogelijk zijn.

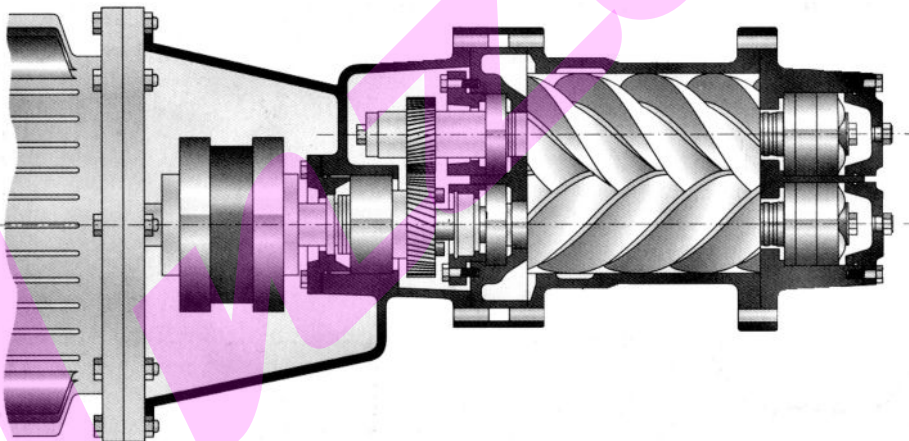


De lucht in de ruimte waarin de compressor staat, moet zo koel mogelijk zijn

Schroefcompressoren

Schroefcompressoren hebben een andere constructie en werking dan zuigercompressoren. Een schroefcompressor heeft twee schroefvormige rotoren: de hoofdrotor en de nevenrotor. De vorm van de nevenrotor is tegengesteld aan de vorm van de hoofdrotor.

Een schroefcompressor kan een continu stroom perslucht leveren. Door deze gelijkmatige opbrengst is dit type compressor veel stiller dan een zuigercompressor.



De schroefcompressor heeft twee schroefvormige rotoren

Er zijn twee soorten:

- de olievrije schroefcompressor
- de oliegesmeerde schroefcompressor.

Olievrije schroefcompressoren worden bij grote opbrengsten en lage drukken gebruikt (3 bar bij 10.000 omwentelingen/minuut). Omdat 3 bar in de pneumatiek te weinig is (meestal is de werkdruk circa 6,3 bar), moeten we gesmeerde schroefcompressoren gebruiken.