

Compressoren algemeen

NAP/DACE, afd. Webci

1.	Inleiding	Y2080- 3
2.	Compressortypen	Y2080- 4
2.1.	Verdringermachines	Y2080- 4
2.2.	Dynamische machines	Y2080-10
3.	Selectiecriteria	Y2080-13
4.	Begrotingscriteria	Y2080-17

1. Inleiding

De functie van een compressor is het op een hogere druk brengen van een gegeven hoeveelheid gasvormig medium.

Het comprimeren van een gasvormig medium kan voor de volgende doeleinden benodigd zijn:

- a. het transporteren van het medium, waarbij stromingsweerstand moeten worden overwonnen (bijv. aardgasdistributie);
- b. het circuleren van het medium in een processysteem;
- c. het creëren van condities, waarbij gewenste chemische reacties mogelijk zijn;
- d. het leveren van lucht voor verbrandingsmotoren en fornuizen;
- e. het leveren van perslucht voor krachtoverbrenging;
- f. het leveren van perslucht voor instrumentatie doeleinden;
- g. het op een lagere dan atmosferische druk brengen van ruimten door verwijdering van aanwezig of instromend medium (vacuumpomp toepassing).

Voor het comprimeren van gassen zijn in principe de volgende methoden beschikbaar, welke kunnen worden onderverdeeld in die waarbij pulserende of continu stroming plaatsvindt.

Pulserende stroming:

1. Het opsluiten van een hoeveelheid gas in een ruimte, waarvan vervolgens het volume gereduceerd wordt, aldus de druk verhogend, om daarna uit de ruimte te worden geperst.
2. Het opsluiten van een hoeveelheid gas in een ruimte om deze vervolgens naar de uitstroomopening te transporteren, waar het gas, tegen de aanwezige druk in, uit de gesloten ruimte geperst wordt.

Continu stromend:

3. Het door middel van een roterende waaier of rotors, voorzien van bladen, versnellen van een gasstroom, waarbij de snelheid vervolgens door middel van een stationaire diffusor of bladen in druk wordt omgezet.
4. Het door middel van een onder hoge snelheid stromende gasstraal meesleuren van het te comprimeren gas, om vervolgens de hoge snelheid van het mengsel door middel van een diffusor om te zetten in druk.

Compressoren werkend volgens pulserende stroming methode ad 1 en 2 zijn van het verdringer-type.

Y2080-4 Compressoren algemeen

Compressoren werkend volgens continu stromend methode ad 3 zijn in te delen in de groep dynamische machines.

Compressoren werkend volgens continu stromend methode ad 4 zijn bekend als ejectors.

Deze groep zal in het kader van dit artikel buiten beschouwing worden gelaten.

De voornaamste compressortypen zijn in figuur 1 weergegeven.

2. Compressortypen

De compressortypen, zoals in figuur 1 weergegeven, kunnen als volgt worden gedefinieerd:

2.1. Verdringermachines

2.1.1. Reciprocerende compressors zijn verdringermachines, waarbij het medium door middel van een zuiger of plunjer in een cilinder aangezogen, dan wel samengeperst wordt.

Hierbij wordt terugstroming verhinderd door zelfsluitende inlaaten uitlaatkleppen.

Bijzondere uitvoeringen zijn membraancompressoren, waarbij de zuiger of plunjer een vloeistof verplaatst, welke op zijn beurt een membraan voorbeweegt, waardoor het medium gecomprimeerd wordt.

Toepassing vindt voornamelijk plaats bij zeer kostbare gassen en gassen, waarbij lekkage bijzonder gevaar voor de omgeving oplevert.

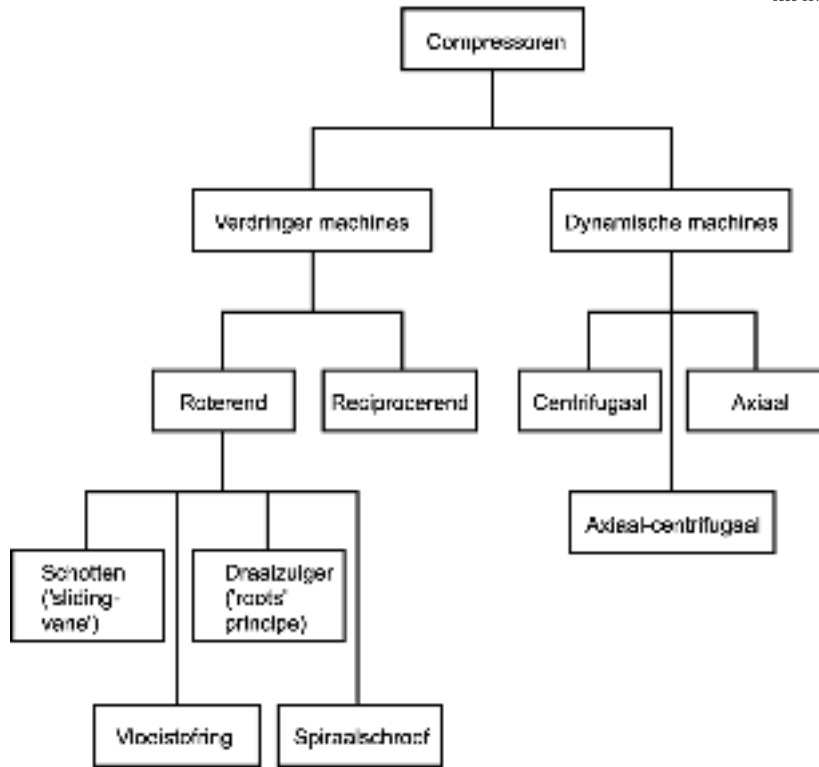
Voor toepassingen met geringe capaciteiten zijn membraancompressoren beschikbaar waarbij het membraan direct mechanisch aangedreven wordt.

Verder te noemen zijn speciale compressoren waarbij de zuiger(s) en stang(en) voorzien zijn van een labyrint afdichting.

Deze machines zijn bijzonder geschikt voor het comprimeren van gassen waarbij geen smeermiddel mag worden toegepast (bijv. zuurstof).

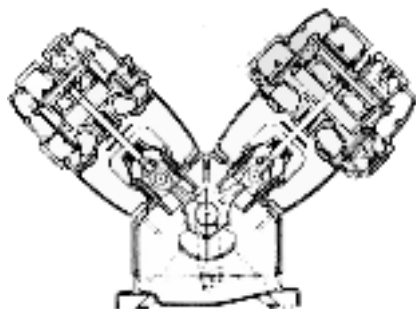
De cilinders worden bij deze machines verticaal opgesteld.

Voorbeelden van reciprocerende compressoren zijn weergegeven in figuur 2 t/m 6.



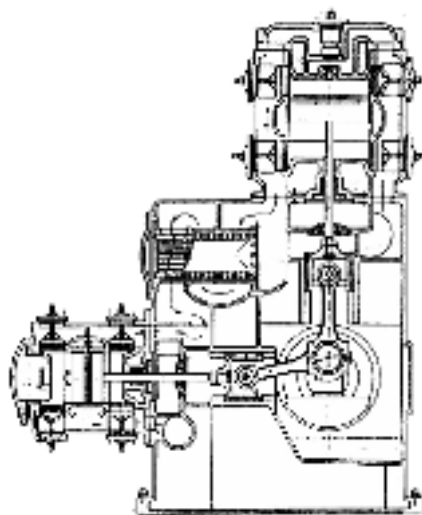
Figuur 1. Indeling compressortypen.

0838-0595



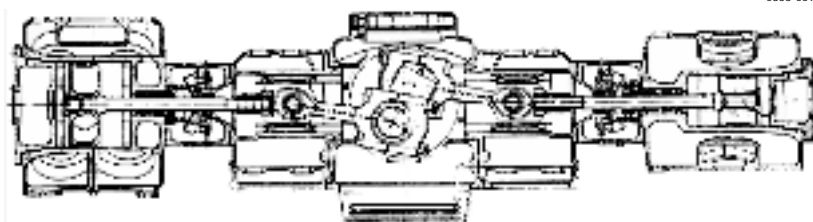
Figuur 2. Tweetraps zuigercompressor voor centrale perslucht voorziening. Capaciteit tot circa 0,5 m³/s bij 1000 kPa.

0838-0596



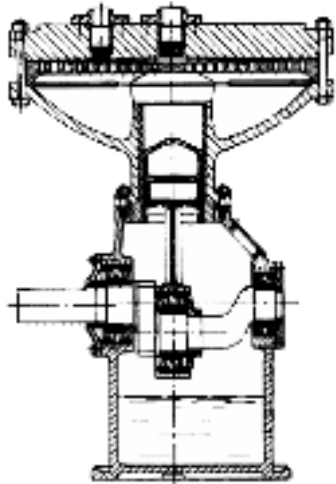
Figuur 3. Tweetraps zuigercompressor voor centrale perslucht voorziening. Capaciteit tot circa 1,5m³/s bij 800 kPa.

0838-0597



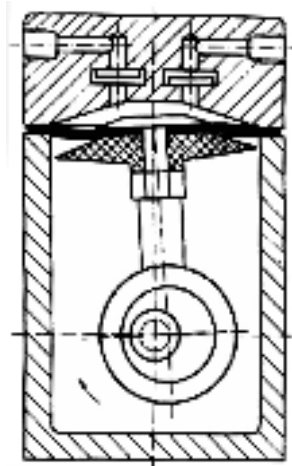
Figuur 4. Meertraps zuigercompressor in horizontaal gebalanceerde uitvoering (Boxer type) voor alle gassen. Drukken tot 330 MPa; vermogens tot 18 MW.

0838-0598



Figuur 5. Enkeltraps membraancompressor met hydraulisch gedreven membraan. Capaciteit tot circa 1,5 m³/s. Drukken tot circa 300 MPa.

0838-0599



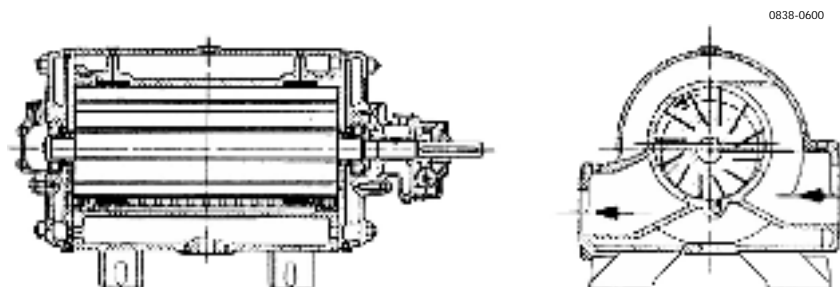
Figuur 6. Enkeltraps membraancompressor met mechanisch gedreven membraan (principe schets). Capaciteit circa 0,3 liter/s. Drukken tot 1,2 MPa (enkeltraps).

2.1.2. Roterende verdringercompressoren zijn machines, waarbij het medium verplaatst en samengeperst wordt door de verdringende werking van rotor(s).

2.1.2.1. Een schottencompressor is een roterende verdringercompressor, waarbij radiaal verschuifbare schotten in een rotor geplaatst zijn, welke excentrisch ten opzichte van een cilindrisch huis opgesteld is.

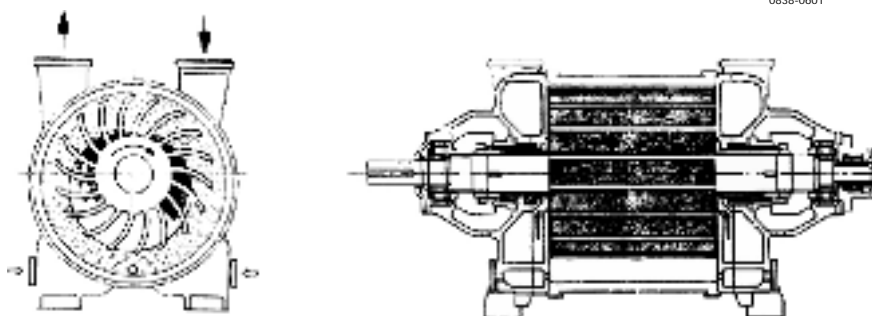
Tussen de schotten opgesloten gas wordt door de ronddraaiende beweging van de rotor samengeperst.

Een voorbeeld van een schottencompressor is weergegeven in figuur 7.



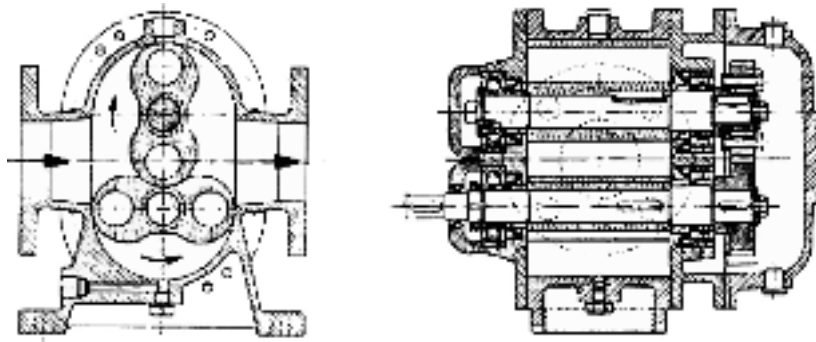
Figuur 7. Schottencompressor voor alle gassen. Drukken tot 700 kPa, onderdrukken tot 8,6 kPa. (Enkeltraps uitvoering.)

2.1.2.2. Vloeistofringcompressoren zijn roterende verdringercompressoren, waarbij een exentrisch gemonteerde rotor, voorzien van radiaal bladen, ronddraait in het compressorhuis, zonder contact te maken met de wanden. Een afdichtingsvloeistof in het huis vormt een ring die met de rotor meedraait, waardoor intredend medium in de aldus gevormde kamers gecompriemd wordt en ontwijkt door de persopening. Een voorbeeld van een vloeistofringcompressor is weergegeven in figuur 8.



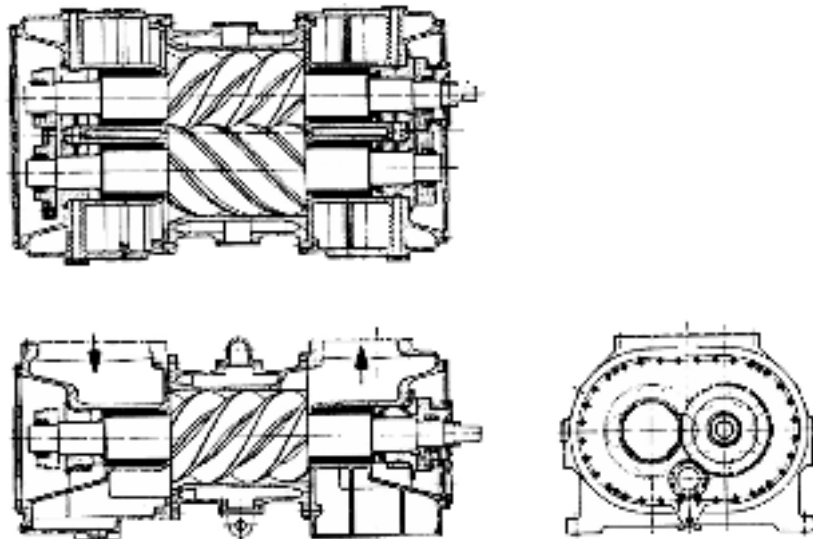
Figuur 8. Vloeistofringcompressor voor alle gassen. Drukken tot 500 kPa, onderdrukken tot 4 kPa. (Enkeltraps uitvoering.)

2.1.2.3. Draaizuigercompressoren zijn roterende verdringercompressoren, waarbij twee tegengesteld aan elkaar draaiende rechte rotors, voorzien van lobben, een gashoeveelheid in het compressorhuis opsluit en naar de uitlaat verplaatst. Compressie vindt vervolgens plaats doordat het verplaatste medium, tegen de aanwezige druk in, uit de compressor gedrukt wordt. Bij dit type compressor vindt geen inwendige compressie plaats. Een voorbeeld van een draaizuigercompressor is weergegeven in figuur 9.



*Figuur 9. Draaizuigercompressor voor alle gassen. Drukken tot 250 kPa.
(Enkeltraps uitvoering.)*

2.1.2.4. Een spiraalschroefcompressor is een roterende verdringercompressor, waarbij twee in elkaar draaiende spiraalvormige rotors een in het compressorhuis tredende hoeveelheid medium opsluit, om vervolgens door verder draaien van de rotors in de steeds kleiner wordende kamers te worden gecomprimeerd tot de einddruk bereikt is. Een voorbeeld van een spiraalschroefcompressor is weergegeven in figuur 10.



*Figuur 10. Spiraalschroefcompressor voor alle gassen. Drukken tot 700 kPa.
(Enkeltraps uitvoering).*

2.2. *Dynamische machines*

2.2.1. Dynamische compressoren zijn machines waarbij het medium door sneldraaiende waaier(s) of rotors in snelheid verhoogd wordt waarna de dynamische druk gedeeltelijk in het roterende element en gedeeltelijk in stationaire diffusor(s) of bladen omgezet wordt in statische druk.

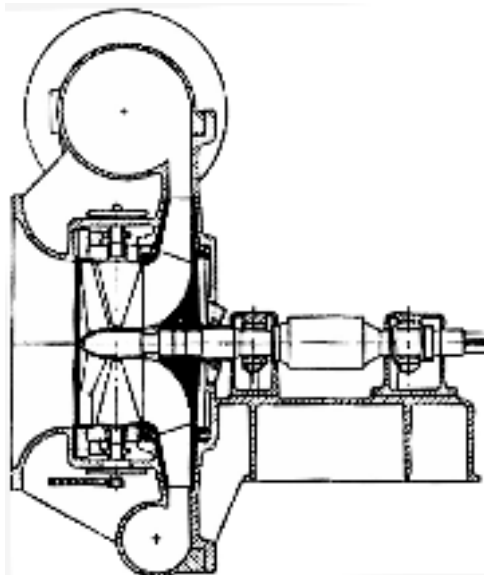
2.2.1.1. Centrifugaalcompressoren zijn dynamische compressoren waarbij één of meer ronddraaiende waaiers, welke aan de zijde(n) gesloten zijn, de gasstroom versnellen en voor een deel in druk verhogen. Verdere omzetting van snelheid in druk vindt plaats in de stationaire diffusors en/of het slakkenhuis die na de waaier in het compressorhuis opgenomen zijn. De stroming van het medium is voornamelijk radiaal.

Bijzondere centrifugaalcompressoren zijn de compact gebouwde hoge toeren – lage capaciteit-units welke bijzonder geschikt zijn voor hoge einddrukken en grote drukverhoudingen per trap.

Verder te noemen zijn enkeltraps centrifugaalcompressoren welke gezamenlijk in 3 tot 5 trappen door één gezamenlijke tandwielkast worden aangedreven.

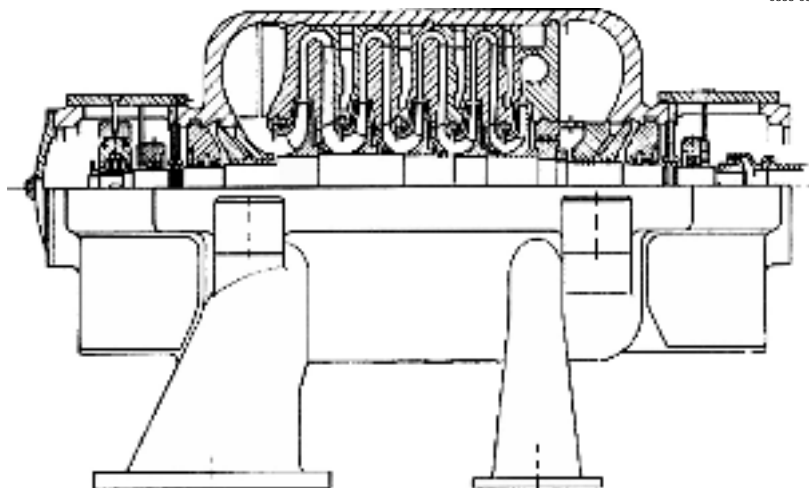
Voorbeelden van centrifugaalcompressoren zijn weergegeven in figuur 11 t/m 13.

0838-0604



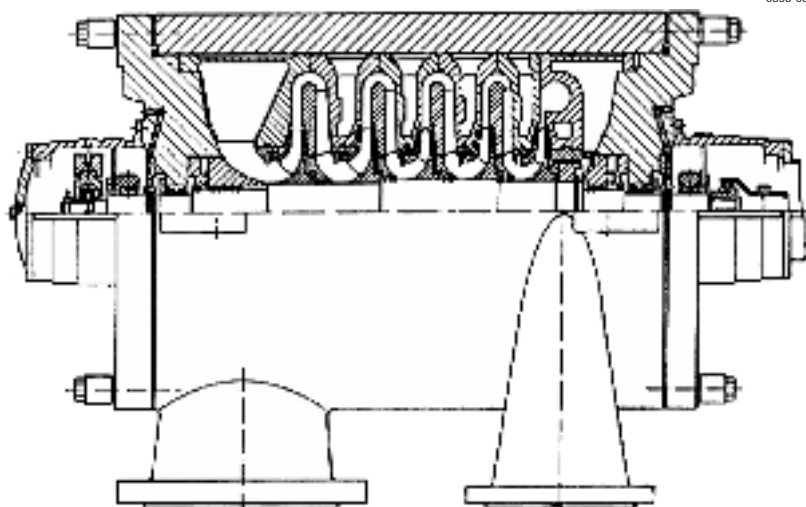
Figuur 11. Enkeltrapscompressor voor lage drukken tot circa 300 kPa.

0838-0605



Figuur 12. Meertrapscompressor met horizontaal gedeeld huis. Drukken tot circa 7 MPa.

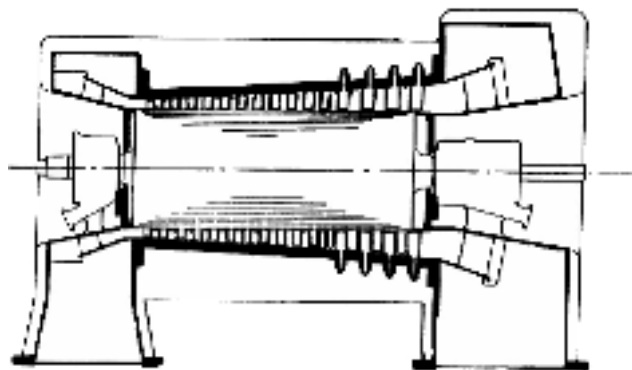
0838-0606



Figuur 13. Meertrapscompressor met verticaal gedeeld huis. („Barrel-type“). Drukken tot circa 60 MPa.

2.2.1.2. Axiaalstroomcompressoren zijn dynamische compressoren waarbij de gasstroom door middel van elkaar opvolgende rotors voorzien van bladen en stationair in het compressorhuis opgestelde bladen in snelheid en druk verhoogd wordt. De rotorbladen ver-

oorzaken snelheids- en drukverhoging, de statorbladen zetten de verkregen snelheid om in druk.
De stroming van het medium is voornamelijk axiaal.
Een voorbeeld van een axiaalstroomcompressor is weergegeven in figuur 14.

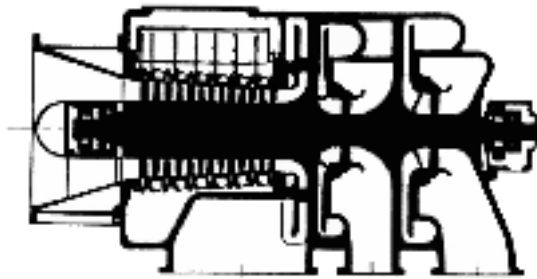


0838-0607

Figuur 14. Axiaalcompressor voor drukken tot circa 500 kPa.

2.2.1.3. Axiaalcentrifugaal (mengstroom) compressoren zijn dynamische compressoren samengesteld uit een aantal axiaal trappen, gevolgd door enige centrifugaal trappen met het doel de gunstige eigenschappen van beide typen in één machine te combineren. Het werkgebied van deze compressor ligt tussen die van de bovengenoemde modellen.

Een voorbeeld van een axiaalcentrifugaalcompressor is weergegeven in figuur 15.



0838-0608

Figuur 15. Axiaalcentrifugaalcompressor voor drukken tot circa 1 MPa.

3. Selectiecriteria

De selectie van een compressor voor een gegeven toepassing is van vele variabelen afhankelijk.

Kenmerkend voor verdringermachines zijn de ruime werkgebieden en goede rendementen.

Dynamische machines zijn, op een enkele bijzondere uitvoering na, vooral geschikt voor grote capaciteiten.

Het comprimeren van verontreinigde en/of verzadigde gassen levert bij dynamische machines meestal weinig problemen op.

Bij verdringermachines moeten voor deze omstandigheden bijzondere maatregelen worden getroffen om schade te voorkomen.

Gebruikelijke werkgebieden voor verdringermachines en dynamische machines zijn in respectievelijk figuur 16 en 17 als een functie van effectieve inlaatstroom en absolute einddruk weergegeven.

Compressoren kunnen tevens worden onderverdeeld in groepen volgens toepassing, te weten:

- compressoren voor persluchtinstallaties;
- compressoren voor proces-technische installaties zoals chemische fabrieken en raffinaderijen.

Groep 1. Compressoren voor persluchtinstallaties

Compressoren voor centrale persluchtinstallaties worden in het algemeen toegepast met een effectieve werkdruk van 700 kPa of 1000 kPa.

Voor bijzondere toepassingen zijn tevens luchtcompressoren met effectieve werkdrukken van 2 MPa tot 30 MPa als serie model leverbaar (verdringertypen).

De keuze van het toe te passen type machine wordt enigszins beperkt door de gewenste capaciteit van de installatie.

Verdringertype compressoren zijn leverbaar met capaciteiten van enige liters per seconde tot circa 5,5 m³/s.

Dynamische compressoren zijn leverbaar als centrifugaal machines met capaciteiten van circa 0,3 m³/s tot circa 60 m³/s en als axiaal machines met capaciteiten van circa 0 m³/s tot circa 350 m³/s.

De keuze wordt verder bepaald door onder andere:

- de beschikbare vloerruimte;
- de benodigde fundatie voorzieningen;
- de toelaatbaarheid van smeeroilie (sporen) in de persluchtstroom;
- de belastingsfactor;
- de onderhoudskosten.

Groep 2. Compressoren voor proces-technische installaties

Procescompressoren worden toegepast voor een breed scala van werkdrukken en capaciteiten.

De mogelijkheden worden in het algemeen begrensd door maximum te installeren vermogens en effectieve werkdrukken en zijn in zekere mate leverancier gebonden.

Procescompressoren worden in verband met de hoge investeringskosten in het algemeen als enkele machine uitgevoerd, (er wordt zelden of nooit een „spare” machine geïnstalleerd), welke voor langere tijd continu in bedrijf moeten zijn.

Zware constructies en hoogwaardige utiliteits- en bewakingsvoorzieningen liggen voor de hand.

De keuze van het toe te passen type compressor wordt voor een belangrijk deel bepaald door de benodigde capaciteit en effectieve werkdruk. De invloed van de samenstelling en eigenschappen van het te comprimeren gas kunnen echter van doorslaggevende betekenis zijn.

De actuele verschildruk over de compressor bepaald in grote trekken het benodigde aantal compressie trappen welke sterk de kostprijs beïnvloeden.

Een gas met geringe dichtheid vereist meer compressie trappen dan een gas met een hoge soortelijke dichtheid.

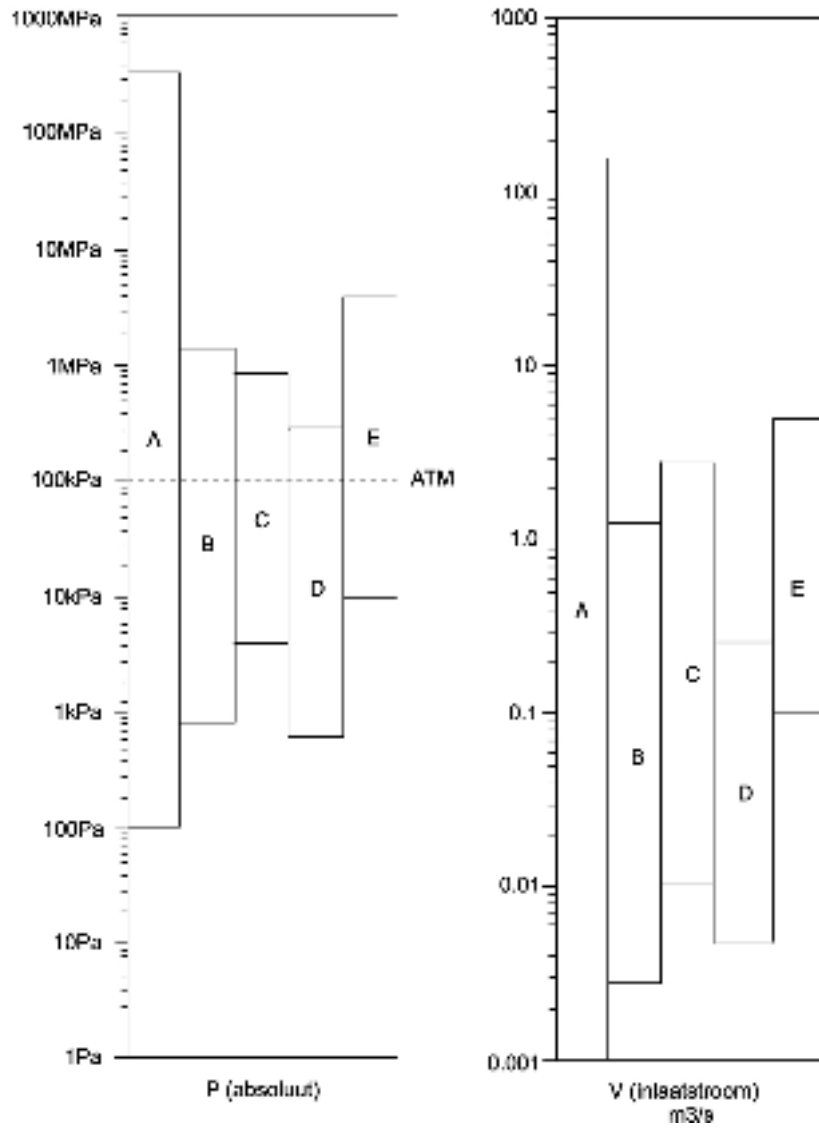
Dynamische machines zijn vooral geëigend voor grote capaciteiten en kunnen zonder veel problemen gassen met hoge- en lage temperaturen circuleren.

Voor effectieve werkdrukken hoger dan 60 MPa zijn uitsluitend reciprocerende machines toepasbaar.

In alle gevallen dienen, om een deugdelijke selectie van de toe te passen machine mogelijk te maken, de volledige gascondities aan de zuig- en perszijde beschikbaar te zijn.

Mogelijk optredende variaties in de gascondities en samenstelling kunnen een belangrijk effect hebben op de keuze van de machine en het te installeren vermogen.

- A = Ringvormige Compressoren
- B = Schotben Compressoren
- C = Vleestafing Compressoren
- D = Draaizuiger Compressoren
- E = Spiraalschroef Compressoren

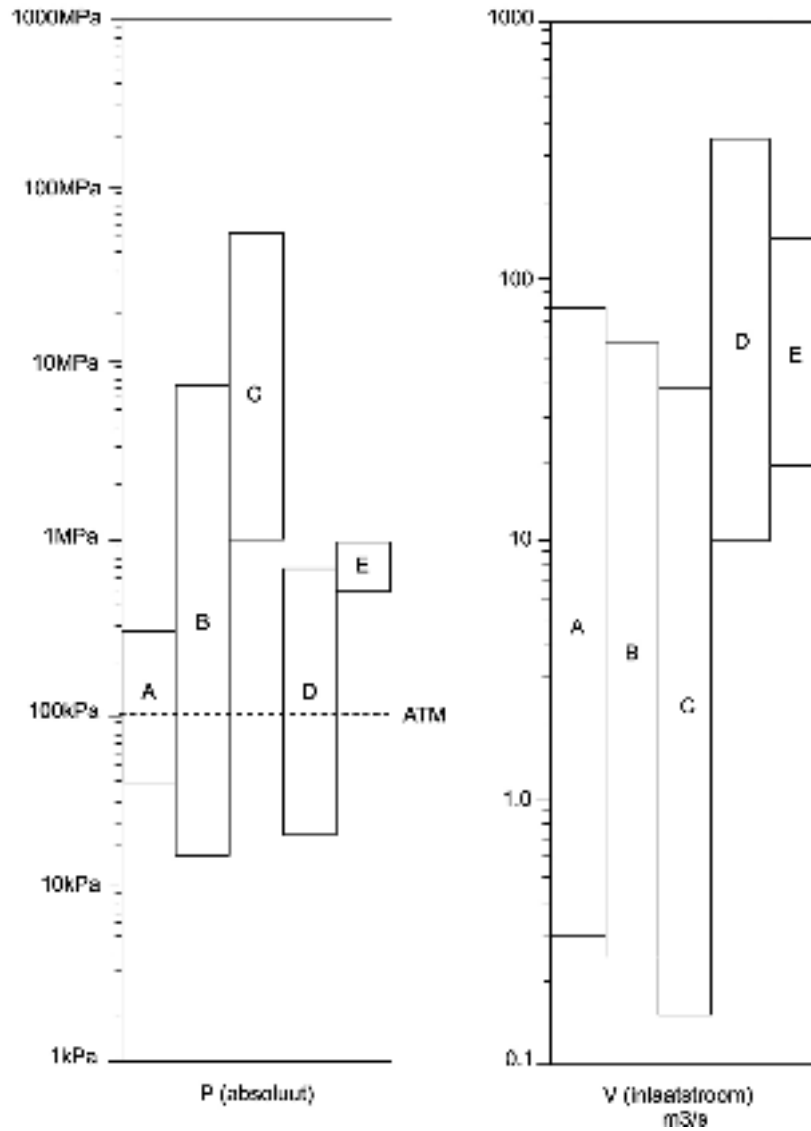


Figuur 16. Werkgebieden verdringermachines.

Y2080-16 Compressoren algemeen

0838-0610

- A = Enkeltraps Centrifugaal Compressoren
- B = Meertraps Centrifugaal Compressoren - horizontaal gedeeld
- C = Meertraps Centrifugaal Compressoren - vertikaal gedeeld
- D = Axiaal Compressoren
- E = Axiaal - /Centrifugaal Compressoren



Figuur 17. Werkgebieden dynamische machines.

4. Begrotingscriteria

De te volgen procedure voor het begroten van compressoren is afhankelijk van de toepassing van de machine, het geïnstalleerde vermogen en de gewenste nauwkeurigheid van de begroting.

4.1. Compressoren voor persluchtinstallaties met capaciteiten tot 5 m³/s bij effectieve werkdrukken tot 1000 kPa kunnen worden gerekend tot standaardapparatuur welke in serie vervaardigd wordt. Kostprijzen voor standaarduitvoeringen kunnen op zeer korte termijn van leveranciers worden verkregen en zijn in het algemeen niet aan grote schommelingen of onderlinge afwijkingen (bij gelijke machinetypen) onderhevig.

4.2. Bij het begroten van compressoren voor procestechnische installaties is de nauwkeurigheid van de begroting afhankelijk van het beschikbaar zijn van voldoende gegevens en eisen welke aan de compressor zullen worden gesteld.

Voor „orde-van-grootte” kostenbepaling van compressorinstallaties kan op basis van algemene gegevens zoals capaciteit, persdruk, asvermogen, materiaalgroep en compressortype met behulp van gepubliceerd – en/of door middel van een databank verzameld referentiemateriaal een aanvaardbare waarde worden vastgesteld.

Ten behoeve van kostenramingen als onderdeel van een projectstudie dienen tenminste de volgende gegevens en/of van toepassing zijnde eisen te worden gedefinieerd:

- a. volledige procesgegevens;
- b. beschikbare utiliteiten (koelwater, stoom, spanning, etc.);
- c. compressor-type en aantal compressietrappen;
- d. installatie-eisen (gevaarzone-indeling, max. geluidsniveau, etc.);
- e. constructiematerialenselectie (hoofdcomponenten);
- f. type aandrijving (electromotor, stoomturbine, gasturbine, etc.);
- g. te installeren vermogen;
- h. controle- en regelvoorzieningen.

Op basis van voldoende referentiemateriaal kunnen kostencurven voor de individuele compressortypen worden samengesteld, waarbij de kostprijs van compressoren, exclusief aandrijving, koelers, pulsatiedempers, leidingwerk, (smeer)olievoorzieningen en instrumentatie wordt uitgezet tegen het aan de as opgenomen vermogen.

Op deze wijze verkregen (budget)prijzen, eventueel gecorrigeerd met een factor voor materiaalkeuze en aangevuld met separaat bepaalde

Y2080-18 Compressoren algemeen

(budget)prijzen voor aandrijving en overige voorzieningen kunnen een nauwkeurigheid bereiken van circa 20%.

In verband met de diversiteit van compressortypen, alsmede de complexiteit van de apparatuur met voorzieningen, wordt het in het kader van dit artikel „Compressoren algemeen” ongewenst geacht prijsinformatie in de vorm van tabellen en grafieken bij te voegen. Ten behoeve van begrotingen, benodigd voor het verkrijgen van budget-goedkeuring voor de uitvoering van een voorgenomen project, dienen volledige specificaties te worden samengesteld zodat met behulp van offertes van leveranciers, welke gebaseerd zijn op deze specificaties, budgetprijzen kunnen worden vastgesteld.

Verder van belang kunnen zijn de kosten van assemblage in de fabriek („packaging”), kosten verbonden aan het testen van de installatie en kosten voor transport en installatie.

Vooraf bij grote vermogens kunnen deze posten van een belangrijke invloed op de totale investeringskosten zijn.