



Best Practice Pompsystemen

1. Inleiding

Op een gemiddelde chemielocatie wordt circa 10 tot 15% van de totale investering besteed aan pompsystemen inclusief de kosten voor engineering en opstelling. Er is ook vastgesteld dat de investering voor een compleet opgesteld pompsysteem vijf maal de aanschafkosten bedraagt van de pomp (acht maal, als er een reservepomp bij opgesteld is). Maar één van de opvallendste zaken is dat 30% van het elektriciteitsgebruik in de chemische industrie voor rekening van de pompen komt.

De kostenverdeling voor een pomp na een levensduur van 15 jaar is hieronder vermeld.

Kostensoort	Aandeel in totaal in %
<i>Totale investeringskosten</i>	5
<i>Onderhoudskosten</i>	5
<i>Energiekosten</i>	90

Tabel 1 Kostenverdeling pomp na levensduur van 15 jaar.

Uit deze tabel blijkt dat de energiekosten een veel grotere invloed hebben op de totale kosten dan de kapitaal- en onderhoudskosten. Daarom is het meestal rendabel om een kwalitatief betere (maar ook duurder) pomp te specificeren die aan de korte termijn eisen voldoet. Als na enige tijd de benodigde capaciteit zal toenemen is het efficiënter om de bestaande pomp te vervangen door een grotere, in plaats van een aanvankelijk overgedimensioneerde pomp tijdelijk onderbelast te laten draaien. De energie-efficiency gedurende de levensduur is er dus mee gediend, dat een pomp steeds met het optimale rendement kan functioneren met minimale aanpassing van de capaciteit.

Het werkgebied van pompen is zeer uitgebreid en betreft typen met capaciteiten tot 50.000 m³/h en opvoerhoogten tot wel 1000 mLC (meters vloeistofkolom), materiaalkeuzen voor giftige, corrosieve en slijtende vloeistoffen of slurries en bestendigheid voor temperaturen van -120°C tot + 400°C.

In deze best practice zal de nadruk liggen op de gebruikelijke chemiepompen en wordt ingegaan op:

- pomptechniek;
- pomptypen en -systemen;
- energiegebruik in pompsystemen;
- methoden van capaciteitsregeling; parallelbedrijf van pompen
- verbetering van de energie-efficiency van pompsystemen

Van de beschikbare typen is binnen de chemische industrie de centrifugaalpomp als het meest gebruikte uitvoering te beschouwen, zodat in deze brochure hoofdzakelijk dat type behandeld zal worden. Vacuümpompen zijn reeds behandeld in de best practice "Vacuümsystemen".

Voor wat betreft de mogelijkheden om energie te besparen bij de aandrijving van de pompen wordt verwezen naar de best practice "Capaciteitsregeling roterende apparatuur".

2. Vuistregels

Hieronder worden enige vuistregels gegeven om een energie-efficiënt pompsysteem te ontwerpen:

1. Voorkom het overdimensioneren van pompen. In de [ontwerpfase](#) wordt een pomp vaak ruim gekozen (+10%), waardoor deze tijdens bedrijf onderbelast zal draaien met een laag rendement. Dit heeft een hoger energiegebruik en extra slijtage tot gevolg. Het is efficiënter om pompen voor het verwachte bedrijfspunt te specificeren en bij een toekomstige verhoging van het debiet of de opvoerhoogte een nieuwe, passende pomp (of evt. waaier) te selecteren.
2. Kies een efficiënte [pompregeling](#). Voorkom dat de pompcapaciteit geregeld wordt met een regelafsluiter aan de perszijde of een omloopsysteem. Bij de regelafsluiter gaat daarbij niet alleen

energie verloren, maar draait de pomp zelf ook met een lager rendement. Bij een omloopsysteem wordt altijd het volle vermogen opgenomen. Toerenregeling kan de pompcapaciteit met een hoge energie-efficiency aan de bedrijfssituatie aanpassen.

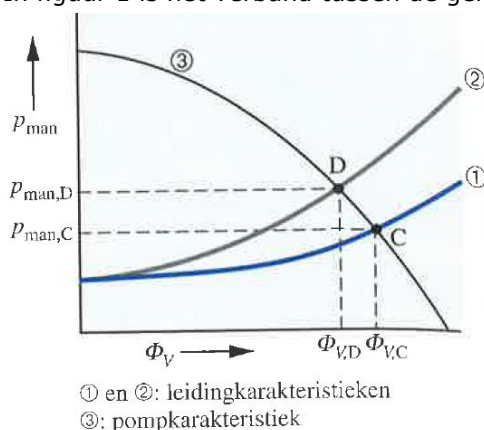
3. Voorkom dat meerdere pompen parallel draaien. Bij het parallel draaien van pompen wordt de gecombineerde pompcurve vlakker en verandert het werkpunt in het P,Q diagram (zie [pompcapaciteit](#)). Het totaal debiet is kleiner dan op grond van de individuele debieten verwacht mag worden, en de persdruk van beide pompen zal stijgen. Bij meer dan twee pompen in parallelbedrijf zal het specifiek energiegebruik per pomp dusdanig toenemen, dat een vervanging door één grotere pomp rendabel is. Voor sommige toepassingen (meerdere bedrijfspunten) is het parallel draaien van meerdere pompen helaas niet te voorkomen.
4. Zorg voor goed onderhoud van pompen. Voorkom slijtage van de pomp door tijdig onderhoud. Door slijtage zal het rendement van de pomp dalen en wordt meer energie opgenomen.
5. Reinig inlaatfilters van pompen. Veel systemen zijn voorzien van metaalgaasfilters in de inlaat van pompen. Bij verstopping van deze filters kunnen problemen ontstaan met de [NPSH](#) (Net positive suction head), waardoor de pomp gaat caviteren met energieverlies en slijtage tot gevolg.
6. Ontwerp leidingsystemen met de optimale vloeistofsnelheid. Tijdens de ontwerpfase van leidingsystemen is het aan te bevelen uit te gaan van de optimale leidingsnelheid, passend bij het type vloeistof en het bedrijfsdebiet. Te lage snelheden leiden tot afzettingsproblemen (en corrosie), te hoge snelheden veroorzaken extreme drukverliezen (en dus pompenergie) en slijtage van leidingonderdelen (erosie).
7. Tracht te besparen op het gebruik van het verpompt medium (bijv. water). Dit is het primaire middel om bij pompsystemen energie te besparen. Bij processen is de vraag om koel of warm water vaak variërend en intermitterend. In koelwatersystemen is het min of meer gebruikelijk om het maximum debiet koelwater over alle gebruikers te handhaven, ook bij buiten bedrijf zijn van procesonderdelen en bij deellast. Automatische afsluiters en temperatuurregelingen kunnen onnodig waterverbruik voorkomen.

3. Pomptechniek

3.1 Capaciteit, opvoerhoogte, energieverbruik en rendement

Pompen is het verplaatsen van een bepaalde hoeveelheid vloeistof door het toevoeren van energie om de weerstanden en het drukverschil tussen zuig- en persvat te overwinnen. De capaciteit of het debiet is meestal bepaald door het proces dat gebruik maakt van die vloeistof of het gas en wordt in het algemeen uitgedrukt in m^3/h of m^3/s . De som van de weerstanden en het drukverschil wordt aangegeven als de opvoerhoogte van de pomp, uitgedrukt in mLC (meters vloeistofkolom), mWK (meters waterkolom), bar of Pa.

In figuur 1 is het verband tussen de genoemde grootheden aangegeven.

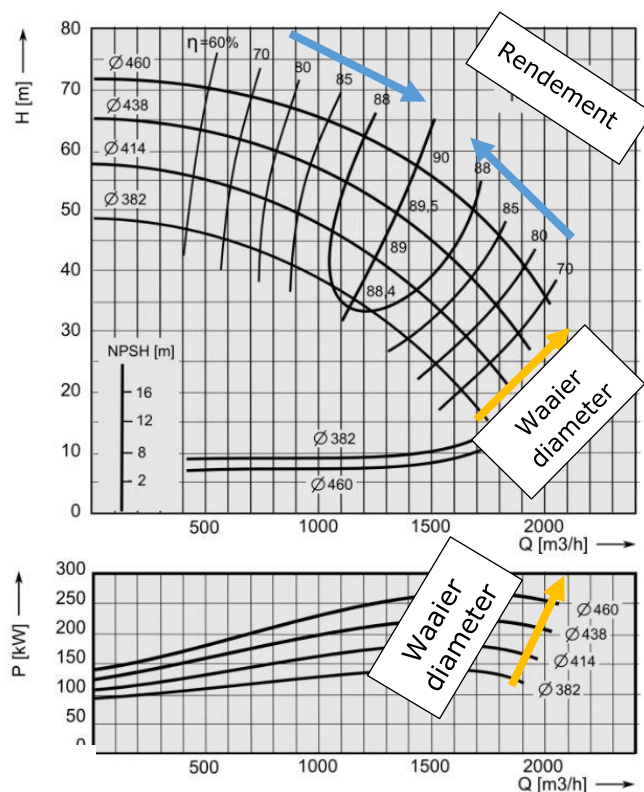


Figuur 1. Verband tussen de Q-P (equivalent van Q-H) kromme van een pomp en de curve van de systeemweerstand [11].

De Q-H kromme geeft het verband weer tussen de capaciteit Q en de opvoerhoogte H van de pomp. Het punt waar beide krommen elkaar snijden wordt het werkpunt van de pomp genoemd.

Om bij het selecteren van pompen tevens inzicht te verkrijgen in het rendement en het mechanisch vermogen worden door de fabrikanten naast de Q-H kromme ook die gegevens in de vorm van curven vermeld, figuur 2. Met behulp van deze gegevens is een optimale keuze te maken voor een bepaalde pompcapaciteit. Bij de evaluatie van diverse pomptypen kan gebruik gemaakt worden van het specifiek energiegebruik in kWh/m³.

Indien er een onderdruk in het zuigvat heerst of de benodigde zuighoogte is relatief groot, dan is er een kans dat in de pomp de dampspanning van de vloeistof bereikt wordt. Dit effect wordt tevens beïnvloed door het type vloeistof (vluchtige stoffen) en door de snelheid in de zuigopening van de pomp. Het overschrijden van die grens uit zich in cavitatie binnen de pomp, erosie en schade aan de pompwaaier. Om de pomp dus bedrijfszeker te laten functioneren is een minimale toeloophoogte (c.q. maximaal benodigde zuighoogte) vast te stellen, beter bekend als de Net positive suction head of NPSH, uitgedrukt in mLC.

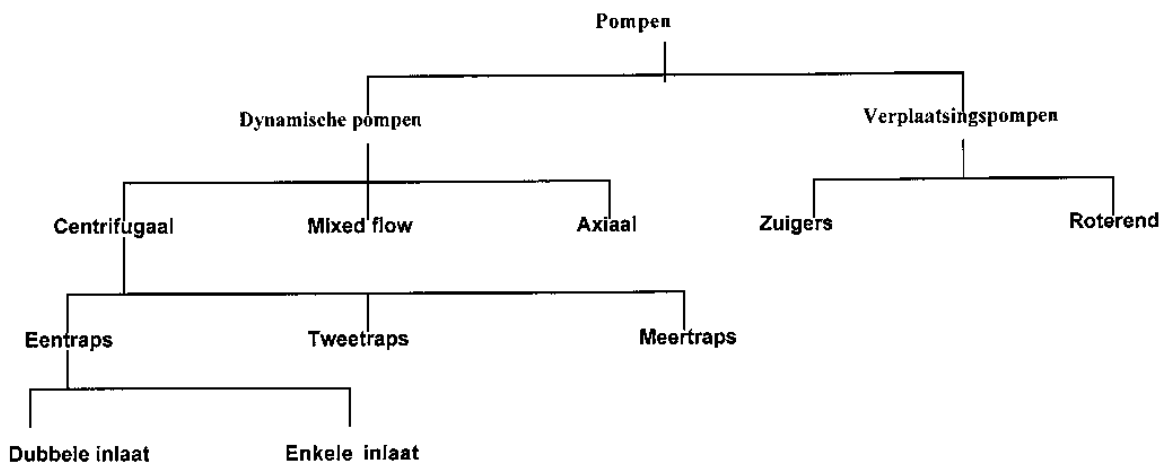


Figuur 3. Relatie tussen Q-H kromme, mechanisch vermogen en rendement voor centrifugaalpomp [7].

3.2 Componenten van pompsystemen

De pomp

Binnen de chemische industrie worden vele typen pomp toe gepast, te verdelen in verplaatsingspompen en dynamische pompen. De indeling binnen deze twee groepen is in figuur 4 schematisch weergegeven.



Figuur 4. Typen pompen.

De diverse pomptypen hebben ieder min of meer hun specifieke toepassingsgebied:

Dynamische pompen:

- a) centrifugaalpomp, algemeen type voor vloeistoffen en slurries;
- b) schoepen-vloeistofringpomp, voor gedeeltelijk of vol vacuüm;
- c) wormpomp, slurries en hoog viskeuze vloeistoffen;

Verplaatsingspompen:

- d) tandwielpomp, hoog viskeuze vloeistoffen en doseren;
- e) plunjerpomp, hoge drukken en doseren;
- f) membraanpomp, doseren;
- g) slangenpomp, doseren en lage debieten.

In de chemie is de centrifugaalpomp het type dat het meest voorkomt, van de kleinste capaciteit tot capaciteiten van 20.000 m³/h en groter.

Pompregeling

Het regelen van het debiet van een pomp kan zeer effectief geschieden met een regelafsluiter aan de perszijde van de pomp, maar het is de minst efficiënte methode als het op energiegebruik aankomt. Bij pompsystemen die continu met ongeveer hetzelfde debiet opereren, kan een dergelijke regelafsluiter efficiënt zijn. Maar bij systemen die regelmatig aanpassing van het debiet vereisen, is een meer energie-efficiënte regeling aan te raden. Als het debiet aan de perszijde geregeld wordt omdat de pomp overgedimensioneerd is, zal de pomp dientengevolge continu met een lager rendement functioneren dan het optimale.

In de genoemde gevallen kan een toerenregeling de energie-efficiency aanzienlijk verbeteren. Een oplossing die daarop gebaseerd is, vormt het pompsysteem waarbij het debiet in de pomp zelf gemeten wordt [1]. De eigenschappen van deze zogenaamde zelfregelende pompsystemen zijn:

- dat de regeling de pompcapaciteit precies aanpast aan de systeemcondities;
- dat de pomp altijd met het laagst mogelijke toerental en bij het optimale bedrijfspunt werkt;
- dat de regeling voorziet in een droogloopbeveiliging, doordat de pomp stopt als de vloeistoftoevoer gestoord is, of als de perszijde geblokkeerd wordt;
- dat de pomp met de regeling geschikt is voor vloeistoffen in de buurt van het kookpunt.

De voordelen van deze zelfregelende pompen zijn:

- de investeringskosten zijn lager, omdat er geen regelafsluiter of aparte debietmeting nodig is;
- de installatiekosten zijn lager, omdat er minder leidingwerk en bedrading nodig is door het ontbreken van regelafsluiters, extra debietmeting en omloop met afsluiters voor de minimumdebiet beveiliging;
- lagere energiekosten, omdat de pomp optimaal functioneert en door minder drukverlies tengevolge

- van het ontbreken van regelafsluiter, omloop en debietmeter;
- minder onderhoudskosten doordat er minder componenten zijn en omdat de pomp niet altijd met het hoogste toerental draait.

Er zijn echter ook nadelen aan een toerenregeling. Indien een pomp wordt bedreven in een vast werkpunt, zal een toerenregeling een nadeling effect hebben op het rendement van de pomp. De frequentieomvormer veroorzaakt een klein maar onnodig verlies (2-4%, zie [2]). Ook dient men goed naar pompcurve en leidingweerstand te kijken, niet elk leidingstelsel heeft baat bij een toerengeregelde pomp, denk hierbij aan een leidingcurve die vlak is met een hoge statische hoogte (zie leidingcurve 2 in figuur 5). In dit geval is de marge een toerenregeling zo klein geworden dat hierbij geen voordelen te behalen zijn.

Een andere oplossing is de zogenaamde proportionele druk-regeling. Dit betekent dat de opvoerhoogte automatisch wordt aangepast aan het gevraagde debiet. Als de vraag afneemt en daarmee het debiet in het systeem, neemt ook de leidingweerstand af, waardoor de pomp minder energie zal opnemen.

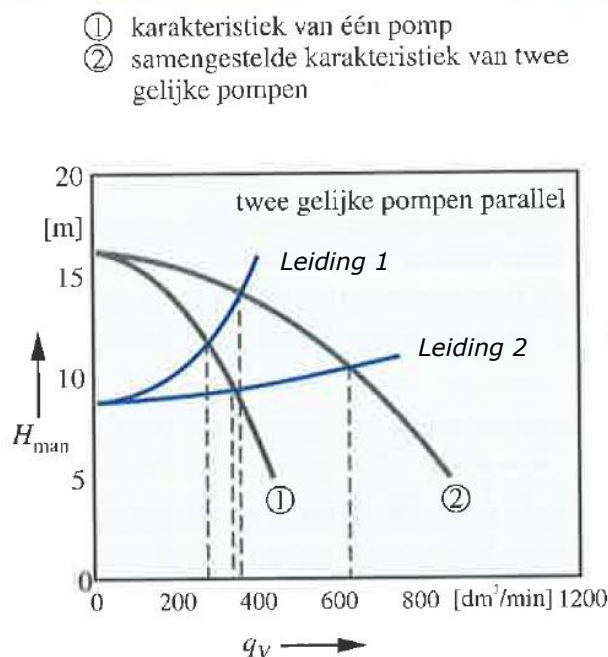
Een nieuwe ontwikkeling vormen diverse pompmonitoring equipment. Deze apparatuur wordt op de pomp gemonteerd en biedt inzicht in de actuele prestaties van de pomp. Een van de methoden is om continu de zuig- en persdruk van de pomp te meten en via de verschildruk en een ingeprogrameerde pompcurve het bedrijfspunt van de pomp te bepalen. Dit wordt vervolgens grafisch op een display weergegeven.

Pompconfiguratie

Voor het opstellen van pompen zijn de volgende systemen gebruikelijk:

- één pomp met opgestelde reserve of een reservepomp in het magazijn, de capaciteit komt overeen met het maximaal gewenste debiet;
- twee of meerdere pompen in parallelbedrijf, afhankelijk van het vereiste debiet worden pompen bij- of afgeschakeld.

Voor de enkele pomp gelden de capaciteitsgegevens zoals die blijken uit de Q-H kromme. Bij een beschouwing van de karakteristieken voor twee parallelle pompen, dienen de individuele Q-H krommen opgeteld te worden, zie figuur 5.



Figuur 5. Parallel bedrijf van twee pompen [7].

Er van uitgaande dat het leidingsysteem geschikt is voor het debiet van twee pompen, wordt duidelijk dat:

- de opvoerhoogte bij parallelbedrijf hoger wordt dan bij een pomp in bedrijf;
- het debiet in vergelijking met één pomp niet verdubbelt bij twee pompen in bedrijf;
- het totale debiet wel evenredig is verdeeld over de twee pompen;
- het rendement per pomp enigszins wijzigt afhankelijk van de leidingcurve; voor leidingcurve 1 (steil) in figuur 5 is de gepresenteerde Q-H karakteristiek van een enkele pomp een betere keuze en voor leidingcurve 2 (vlak) is een parallel schakeling beter geschikt. Voor leiding 2 kan natuurlijk ook een enkele pomp worden gekozen met een vlakkere karakteristiek.

Bij meer dan twee pompen in parallelbedrijf dienen de individuele Q-H krommen eveneens bij elkaar opgeteld te worden. Omdat door het bijschakelen van meerdere pompen de leidingweerstand toeneemt (blauwe curve in figuur 5), blijkt tevens uit figuur 5 dat de tweede bijgeschakelde pomp nauwelijks nog bijdraagt aan vergroting van het debiet. Daardoor daalt de energie-efficiency uitgedrukt in kWh/m³.

In de inleiding is reeds opgemerkt dat het energiegebruik tijdens de levensduur van een pomp de grootste kostenfactor is. Dit feit [3], tezamen met bovenstaande effecten van het parallelbedrijf, geeft aan dat het raadzaam is om het parallel bedrijven van meerdere pompen te vermijden. Het is efficiënter om voor elke bedrijfssituatie een passende pomp te selecteren, zodat het rendement en het energieverbruik optimaal zijn.

4. Overige energiebesparende maatregelen

Voor het verpompen van vloeistoffen wordt energie voor pompsystemen op diverse plaatsen gebruikt. De belangrijkste plaatsen waarvoor energie gebruikt wordt, zijn:

- de regelafsluiter ten behoeve van de pompcapaciteit; deze zijn voor het grootste deel te verminderen, 25 – 30% van het opgenomen vermogen.
- de hydraulische verliezen; deze zijn inherent aan de centrifugaalpomp en mogelijke verbeteringen vallen in het niet ten opzichte van de overige verliezen, 1 à 2% van het opgenomen vermogen.
- de aandrijfmotor; het rendement van de aandrijfmotoren is te verbeteren met 0,5 tot 4%.
- de asafdichting; de magnetisch gedreven pomp en de pomp met busmotor, de energieverliezen van deze aandrijvingen zijn vrij hoog.

De wijze waarop de genoemde verliezen te verminderen zijn, wordt in de volgende paragrafen aangegeven.

4.1 Hydraulische verliezen

De hydraulische verliezen van een centrifugaalpompe bedragen afhankelijk van de capaciteit (20 – 100 m³/h) 25–30% van het opgenomen vermogen. Deze lage rendementen worden veroorzaakt door in- en uitlaatverliezen, wrijvingsverliezen in het pomphuis en hydraulische verliezen door de beperkte afdichting van de waaier(s) in het pomphuis. Bovendien komt hier nog bij dat het bedrijfspunt van de pomp meestal niet overeenkomt met het punt met het maximale rendement.

Relatief kleine verbeteringen zijn mogelijk door bij nieuwe pompen een gesloten waaivorm (verbetering 3 tot 4%) te kiezen en door de binnenwand van het pomphuis gladder af te werken (verbetering 1 tot 2%).

Door de gesloten waaivorm worden de hydraulische verliezen beperkt, doch dit is sterk afhankelijk van de grootte van de pomp.

Het gladder afwerken van de interne pomphuiswand leidt tot minder wrijvingsverliezen. Dit kan uitgevoerd worden met een coating op basis van glasvlokken (goede hechting, dikte 1,5 tot 2 mm) of met een coating op basis van een polymeer (geen wijziging van de hydraulische eigenschappen, zeer dunne laag mogelijk). Voor nieuwe pompen is het polymeer aan te raden, voor enigszins oudere (versleten) pompen is de dikkere glasvlokkencoating beter.

4.2 Aandrijfmotor

Bij het selecteren van een aandrijfmotor zal de keus meestal vallen op een kooi- of kermotor. De standaardmotoren hebben, bij een toerental van circa 2900 omw./min, rendementen die variëren van 80% voor een 1,1 kW motor tot 95% voor een 110 kW motor.

De fabrikanten van elektromotoren zijn er sinds enige jaren in geslaagd om in de serie van 2,2 tot 185 kW

motoren een rendementsverbetering van respectievelijk 4 tot 1,5% te bereiken bij gelijkblijvende investeringskosten. De verbetering is gerealiseerd door toepassing van nauwkeuriger ontwerpprogramma's, vermindering van de ijzerverliezen door gebruik van andere materialen en door optimalisering van de spleetverliezen.

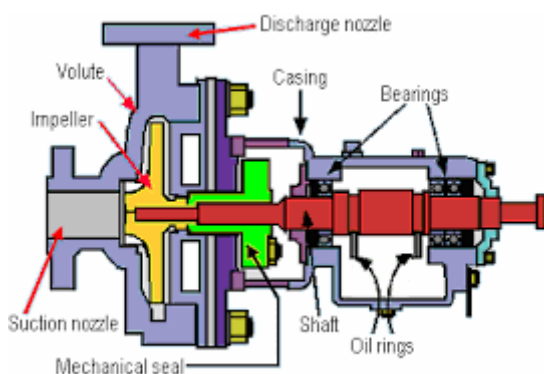
De rendementen van elektromotoren zijn in een "European Guideline" vastgelegd volgens vier klassen, IE - 1, -2 -3 en 4 (voorheen bekend als EFF). De rendementsverbeteringen van IE-4 motoren zijn vooral zichtbaar in het deellast-bereik.

4.3 Asafdichting

De asafdichting bij pompen heeft de volgende functies:

- het vormen van een barrière tussen de te verpompen vloeistof en de omgeving;
- het voorkomen van slijtage van de pompas.

Asafdichtingen zijn uit te voeren met pakkingbus of mechanical seal, al of niet voorzien van een aansluiting voor spervloeistof of afvoer van lekvlloeistof. Omdat een pakkingbus vloeistof moet lekken om de pakking te smeren en omdat de pakkingbus meer onderhoud nodig heeft, worden in de chemische industrie tegenwoordig nagenoeg uitsluitend mechanical seals toegepast, zie figuur 8.



Figuur 8. Mechanical seal met spervloeistofaansluiting (KSB [8]).

Met een juiste constructie en correcte toepassing vertonen mechanical seals geen lekkages en hebben weinig toezicht nodig. Ze zijn echter zeer gevoelig voor vloeistoffen die "harde" verontreinigingen bevatten en lekken enigszins bij vluchtige vloeistoffen, waardoor in die situaties speciale uitvoeringen gekozen worden:

- seals met een spervloeistof. Ze worden toegepast bij toxische vloeistoffen of vloeistoffen met vaste deeltjes, maar ook als het seal koel moet blijven;
- dubbele of tandem seals. Wanneer absoluut geen lekkage is toegestaan, bijvoorbeeld bij vluchtige of anderszins gevaarlijke vloeistoffen.

Het energieverlies van een mechanical seal ontstaat op de contactvlakken van de afsluitende ringen.

Een interessante ontwikkeling vormen de mechanical seals met een gasslot, deze vertonen geen lekkage meer en hebben een energieverlies dat minder is dan 2% van het energieverlies van een conventioneel dubbel mechanical seal met vloeistofafdichting. In vergelijking met een busmotorpomp of pomp met magnetische aandrijving verbruikt een pomp met mechanical seal en gasslot 25% minder energie. Een nadeel is het feit dat dit type gevoeliger is voor verontreinigingen dan een standaard mechanical seal.

De afdichting kan bij dit type seal verzorgd worden door stikstof met een druk die 2 bar hoger is dan de maximaal in de afdichtingskamer optredende druk. Naast de hogere energie-efficiency van dit type seal, is er tevens geen lekkage van de te verpompen vloeistof naar de omgeving.

4.4 Magnetisch gedreven pompen

De magnetisch gedreven pomp heeft geen afdichting in de vorm van pakkingbus of mechanical seal, maar de verpompte vloeistof wordt volledig afgescheiden van de omgeving. De pomp wordt aangedreven door een aantal magneetparen, waarvan de ene helft verbonden is met de pompwaaier en een concentrisch stel is verbonden met de aandrijfas. De magneetparen vormen op deze wijze een zogenaamde synchrone koppeling. De magneetparen zijn van elkaar gescheiden door een drukvaste behuizing (containment),

waarbinnen zich de verpompte vloeistof bevindt.

De aandrijvende magneten bevinden zich buiten die behuizing en de magneten verbonden met de waaier, binnen de behuizing. Magneetgedreven pompen hebben verliezen die veroorzaakt worden door de magnetisatie en hydraulische verliezen tengevolge van een groter roterend oppervlak dat in contact is met de verpompte vloeistof. Deze verliezen zijn onafhankelijk van de (variërende) belasting en bedragen 10 – 15% van het maximum over te brengen vermogen. Deze verliezen dienen nog vermeerderd te worden met de elektromotorverliezen.

4.5 Busmotorpompen

De busmotorpompen zijn eveneens pompen zonder afdichtingen op de as en bijzonder geschikt indien emissies van de vloeistof naar de omgeving vermeden dienen te worden. Bij dit type is de waaier direct op de motoras gemonteerd en het geheel bevindt zich in een drukvaste behuizing. De rotor van de elektromotor draait dus in de te verpompen vloeistof mee. Tussen de rotor en de stator van de elektromotor is een vloeistofdichte bus als scheiding aangebracht, vandaar de naam: busmotor, zie figuur 9.



Figuur 9. Busmotorpomp (KSB [8]).

Bij busmotorpompen wordt een deel van het vloeistofdebiet als koelmiddel voor de elektromotor toegepast. Deze pomp/motor combinatie heeft echter geen hoge energie-efficiency: voor motorvermogens van 2 tot 100 kW varieert het rendement van 70 tot 85%. Boven 100 kW loopt het rendement op van 80 naar 90%. Het rendement is gemeten van kabel aansluiting tot pompas.

5. Aandachtspunten bij nieuwe installaties of renovaties

Bij nieuwe investeringen of renovatie van een bestaand systeem is het raadzaam om de volgende punten na te gaan of te overwegen:

- Draait de pomp in het optimale (ontwerp-)werkpunt? Indien nee, is dit te wijzigen, of is vervangen van de pomp(waaier) een optie?
- Is de pompconfiguratie nog actueel en geschikt voor de huidige toepassing?
- Is er sprake van sterk wisselende belastingen? Mogelijk kan een frequentie omvormer met een proportionele drukregeling toegepast worden.
- Is mogelijk de elektromotor oud en aan vervanging toe? Kan deze worden vervangen door een IE-3 of IE-4 uitvoering? (Alleen de IE4 efficiency klasse komt in aanmerking voor de Energie-investeringsaftrek www.rvo.nl/eia).
- Bij aanschaf van een nieuwe pomp kan voor een geringe extra investering monitoringequipment worden aangeschaft, wat het actuele bedrijfspunt van de pomp inzichtelijk maakt.

6. Referenties

Dit is een publicatie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl).

In de periode 2000 - 2002 heeft de VNCI een reeks brochures uitgebracht onder de verzamelnaam "Leidraad voor energie-efficiency". In de reeks worden dertig verschillende bestaande praktische toepassingen beschreven van energiebeheer in chemische bedrijven. Deze publicatie, 'Best Practice Pompsystemen' is een actualisering van het document 'Leidraad voor energie efficiency, Pompsystemen', ee19.

De huidige actualisering van de Best Practice is tot stand gekomen in het kader van meerjarenaafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE. Als onderdeel van de samenwerking met de VNCI is besloten het merendeel van deze Best Practices geactualiseerd opnieuw te publiceren. Deze Best Practice Pomp Systemen is geactualiseerd met medewerking van Tebodin (www.tebodin.nl) .

De meerjarenaafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE zijn overeenkomsten tussen de overheid en bedrijven, instellingen en gemeenten. Het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koningsrijksrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) stimuleren met deze afspraken het effectiever en efficiënter inzetten van energie. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) is verantwoordelijk voor de uitvoering van de meerjarenaafspraken.

Meer informatie over pompsystemen is beschikbaar via onderstaande bronnen.

1. <http://www.ksb.com/fluidfuture-en/operation/pumpdrive>
2. [http://www08.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/ab22cf21c367d260c12573e9004d88a4/\\$file/efficiency_calc_guide.pdf](http://www08.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/ab22cf21c367d260c12573e9004d88a4/$file/efficiency_calc_guide.pdf)
3. http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech_assistance/pdfs/38945.pdf
4. Akzo Nobel, AMC Special Report Issue No. 23, Pumps, 1994
5. GPG 249, Good Practice Guide, Energy savings in industrial water pumping systems, ETSU 1998.
6. R&D Profile 50, Higher efficiency induction motors ETSU 1997
7. www.ksb.nl
8. www.grundfos.nl
9. www.wilo.nl
10. Toegepaste Energietechniek deel 1, J. Ouwehand e.a., 3e herziene uitgave, 2014 figuur pag. 332 fig. 7.6b.

Colofon

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag
T +31 (0) 88 042 42 42
F +31 (0) 88 602 90 23
E info@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koningsrijksrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M)

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juli 2015

Publicatienummer: RVO-116-1501/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken.

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld kan RVO.nl geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.