

Voorkomen is beter dan genezen

Geluid en trillingen bij pompen

Geluid en trillingen kunnen storend zijn en onnodige kosten veroorzaken. Als het om pompen gaat, zijn overlast en kosten als gevolg van geluid en trillingen vaak wel te voorkomen. Met de pompfabrikant kan per geval worden bekeken wat de beste oplossing is. Eén universele oplossing is er niet. Wel zijn er een aantal basisregels om geluids- en trillingsklachten bij pompen te voorkomen. In dit artikel passeren deze regels de revue.

R. (Rob) van Roijen, senior sales engineer KSB Nederland

Om een goede en trillingvrije werking van een centrifugaalpomp te garanderen, moet er in eerste instantie in het ontwerp aandacht worden besteed aan de bepaling van een goed werkpunt en het belastingsprofiel. Het werkpunt van de pomp kan worden bepaald aan de hand van een goede weerstandberekening van de installatie bij de benodigde capaciteit en afname. Bij de uiteindelijke selectie van de pomp moet dit werkpunt op een zo hoog mogelijk rendementspunt op de pompgrafiek worden gekozen.

Het punt waar het werkpunt van de pomp het hoogste hydraulische rendement heeft, wordt het 'Best Efficiency Point' (BEP) genoemd. Op of zo dicht mogelijk bij dit punt zit de pomp 'het lekkerste in zijn vel'. Wanneer een pomp niet optimaal is geselecteerd of de weerstandberekening te ambitieus is gemaakt, komt het werkpunt in de praktijk verder van het BEP te liggen.

Het exact afstemmen van de pomp op de vraag van het proces zorgt allereerst voor energiebesparingen.

Bij meer of minder debiet zal een minder fraaie stroming in de waaier van de pomp optreden, waardoor de waaierschoepen niet alleen meer drukgolven (stootverlies) geven maar ook extra geluid en meer hydraulisch rendementsverlies veroorzaken. In het ISSO-

handboek Installatietechniek hoofdstuk 3.1.1 is meer terug te vinden over deze stootverliezen. Daarnaast wordt zo ook een langere levensduur van een pomp gerealiseerd. Mechanische componenten, zoals lagers, mechanische asafdichting en waaier, worden immers aanzienlijk minder belast en bereiken dan ook een langere levensduur. Kortom, een goed geselecteerde pomp veroorzaakt minimale trillingen, bespaart energie en gaat ook nog eens substantieel langer mee.

■ INBOUWFORM

Nadat het werkpunt goed is bepaald, moet een keuze worden gemaakt over de inbouwvorm van een pomp. Afhankelijk van het werkpunt, de installatie en de beschikbare ruimte kan worden gekozen uit een inline-, bloc- of fundatieplaatpomp. Als het om de bouwvorm van de pomp gaat, zijn er meerdere wegen die tot een goede oplossing leiden. Ieder type pomp heeft specifieke voor- en nadelen. Zo is een inline-pomp prima te gebruiken bij kleinere leidingdiameters en bij kleinere vermogens. Dit type pomp kan immers eenvoudig in een verticale leiding op een verdeler worden ingebouwd. Bij grotere leidingdiameters en vermogens >7,5 kW gaat het gewicht van de pomp een grote rol spelen. Niet goed ondersteunde en zware inlinepompen gaan 'hangen' in het leidingwerk

waardoor er naast ontoelaatbaar meer trillingen ook geluidsklachten kunnen optreden. Grote inlinepompen zijn bovendien erg service-onvriendelijk. Bij bedrijfspunten waar een motorvermogen van >7,5 kW voor nodig is, valt de keuze voor een blocpomp te overwegen. Dit type pomp moet echter meestal op de vlakkegrond worden geplaatst. Door het eigen gewicht van de pomp af te steunen op de grond zal deze niet gaan 'hangen'. Omdat de instroming in het pomphuis nu axiaal is, zal het leidingwerk echter wel een extra bocht moeten maken. Daar staat tegenover dat de blocpompen kort inbouwen en weinig plaats innemen op de grond. Ten slotte geniet de fundatiepomp door zijn servicevriendelijkheid de voorkeur wanneer de benodigde motorvermogens voor de berekende werkpunten groter zijn dan circa 15 kW.

■ LEIDINGWERK EN APPENDAGES

Naast de opstellingsinstructies, die zijn omschreven in het bedrijfsvoorschrift van de pompleverancier, zijn ook de wijze van aansluiten van het leidingwerk en het juiste gebruik van appendages van belang voor het trillings- en geluidsgedrag van de pomp. Hierover wordt veelal niets vermeld in de bedrijfsvoorschriften van de pompfabrikanten. Een bedrijfsvoor-

schrift heeft immers betrekking op de pomp als component en is geen basiscursus installatietechniek. Trillingen kunnen ook worden veroorzaakt door het verloop en de ondersteuning van het leidingwerk en het gebruik van appendages, compensatoren en filters direct voor en na de pomp. Hier gaat het regelmatig mis, zo blijkt uit de jarenlange ervaring van pompfabrikanten.

ZUIGZIJDE

Om luchtinsluiting aan de zuigzijde van de pomp te voorkomen, moet aan de zuigzijde een excentrisch verloop worden gemonteerd. Bij de montage moet erop worden gelet dat de bovenkant van de leiding vlak is en de onderkant niet te steil toeloopt (zie foto 1). Eventuele compensatoren moeten aan de zijde met de grootste diameter (dus voor het verloop) worden geplaatst en dus niet direct op de zuigflens. Wanneer de compensatoren direct op de zuigflens van een pomp worden geplaatst, veroorzaken deze hevige turbulentie aan de intredende zijde. Als resultaat lopen de hydraulische prestaties van de pomp terug. Ook vlak voor de pomp geplaatste afsluiters, haakse bochten en filters geven een verhoogde turbulentie van de waterstroom. Naast een verminderd hydraulisch rendement, kan hierdoor cavitatie (imploderen van gasbellen in het medium) worden veroorzaakt. Er wordt dan ook geadviseerd om aan de zuigzijde van de pomp zoveel mogelijk rekening te houden met een homogene, rechte, instroming van het medium. Advies is hier om ca. 5x de DN-maat aan te houden. Dit geldt eigenlijk voor alle typen centrifugaalpompen. Houd er ook rekening mee dat filters die in de zuigleiding van de pomp zijn gemonteerd, vervuilen en absoluut cavitatie veroorzaken. De turbulente waterstroom naar de pompen toe veroorzaakt hevige trillingen met geluidsklachten tot gevolg.

PERSZIJDE

Aan de perszijde is het advies om direct op de pompflens een conisch verloop te maken van minimaal één diameter groter dan de persflensaansluiting van de pomp. De grootte van het verloop is daarbij afhankelijk van de snelheid en weerstand in de persleiding. In de utiliteit is het gebruikelijk om een mediumsnelheid in de leidingen van 2 m/s aan te houden. Compensatoren of afsluiters dienen pas na het conisch verloop te worden geplaatst. Bij het gebruik van compensatoren met dezelfde diameter als de DN-maat van de pomp ontstaat aan de perszijde van de pomp veel weerstand (=drukverlies). Dit weerstandsverlies kan, zonder dat men het goed in de gaten heeft, oplopen tot wel 50 kPa of hoger.



-Foto 1- Correct gemonteerd excentrisch verloop met compensator aan de zijde met de grootste diameter



-Foto 2- Onder spanning geplaatste compensator die op den duur zal scheuren

Dit verlies laat zich in de pomp direct vertalen tot energieverlies. Ook appendages die direct op de persflens van de pomp zijn geplaatst, geven een extra weerstandsverlies en een verhoogde waterstromingssnelheid. Het resultaat is dat het werkpunt van de pomp verschuift naar voorin de pompgrafiek en het hydraulisch rendement afneemt. Ook hierdoor ontstaan trillingen en geluidshinder, en wordt onnodig energie verspild.

De praktijk laat helaas zien dat de prijs van appendages, filters en zelfs het leidingwerk de leidende factor is. Een kleinere diameter is immers goedkoper dan één of twee maten groter. Om oneffenheden in de prefab-leidingen op te vangen worden compensatoren gebruikt. Deze komen daardoor onder spanning te staan en zijn vaak scheef geïnstalleerd. Hierdoor komen grote krachten op de pompflenzen te staan met alle gevolgen van dien. Zo kunnen compensatoren scheuren en kan de uitlijning van pompen buiten de tolerantie vallen (zie foto 2). Dit veroorzaakt trillingen die schade aan het lager en de mechanische afdichting veroorzaken. Kortom de stand-tijd van de pompen wordt aanzienlijk verkort.

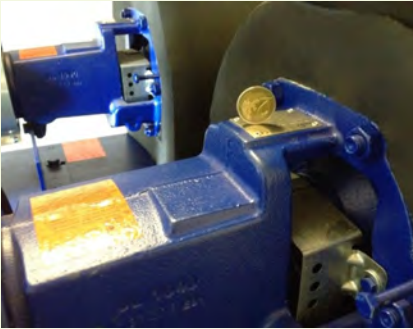
GOED ONDERSTEUND LEIDINGWERK

Pompfabrikanten investeren veel in research en ontwikkeling om met zo energiezuinig

mogelijke pompen op de markt te komen. Hoe zuinig en energievriendelijk de pompen ook zijn, zonder goed gedimensioneerd leidingwerk is alle moeite voor niets. De investering in hoogrendementspompen met energiezuinige motoren worden in één keer teniet gedaan door verkeerde appendages en leidingdiameterkeuzes. In de praktijk komen regelmatig grote weerstandsverliezen (1-2 bar) en hoge stromingssnelheden (ruim boven 4 m/s) voor. Hierdoor ontstaan trillingen en stromingsgeluiden zonder dat de pomp daar aanleiding voor geeft. Daarnaast wordt geadviseerd om toeloop- en persleidingen goed te beugelen en te ondersteunen. De gewichten van (volle) leidingen dienen te worden afgesteund naar de grond. Het afsteunen van de leidingen naar de pomp moet worden voorkomen. Ook het gewicht van de persleiding met bovenliggende verdeler kan het beste worden afgesteund naar de grond. Daarbij is het de kunst om het spel tussen dynamische (reactiekracht van de waterstroom) en statische krachten in de leidingen op te vangen. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van een fundatieplaatpomp moet de opstelling van het aggregaat gebaseerd worden op massa. Daarbij geldt: hoe meer massa hoe minder trillingen. Overeenkomstig de opstellingsinstructies uit het bedrijfsvoorschrift, moet een fundatieplaatpomp op een vaste en stabiele (niet beweegbare) ondergrond waterpas worden



-Foto 3- Afbeelding van een pomp op een massaveerstysteem



-Foto 4- Op een trillingsarme pomp, zelfs als deze op 60Hz draait, blijft een muntstuk moeiteloos op zijn kant staan

DIN ISO 10816-7	Category 1		Category 2		
Pump type	Rotodynamic pumps with high reliability, availability or security requirements.		Rotodynamic pumps for general or less critical applications.		r < 600 rpm 0.5 rpm 1.0 rpm 2.0 rpm
Power	< 200 kW	> 200 kW	< 200 kW	> 200 kW	
Velocity v_{eff}	7,6	D	9,5	D	Displacement s_{pp} 130 80 50 μm
10-1000 Hz $r > 600$ rpm	6,5		8,5		
	5,0	C	6,1	C	
2-1000 Hz $r < 600$ rpm	4,0		5,1		
	3,5	B	4,2	B	
2,5		3,2			
mm/s rms	A		mm/s rms	A	
A Newly commissioned machines		B Unrestricted long term operation		C Restricted long term operation	
				D Vibration causing damage	

-Tabel 1- Bron : Mainttech - Zweden

opgesteld. Hierdoor wordt voorkomen dat het pompaggregaat meteen scheef op de leidingen aansluit. Afhankelijk van het soort en type fundatieplaat, moet de fundatieplaat na het opstellen veelal worden volgestort met krimprijke betonmortel. Op deze manier krijgt het gehele aggregaat voldoende stijfheid. Kleinere fundatieplaatpompen worden vaak op een zogenaamd UNP-profiel gemonteerd. Deze hebben van zichzelf voldoende stijfheid en hoeven dan ook niet te worden volgestort. Na het monteren en volstorten moeten de pomp- en motoras goed worden uitgelijnd. Hierna kunnen de leidingen spanningsvrij worden aangesloten. Alleen zo kan jarenlang een goede, probleemloze en trillingvrije werking van de pomp worden gegarandeerd. Als het beton onder de pompen circa 1,5 x de massa van het aggregaat bedraagt en de pomp goed is uitgelijnd, zullen er vrijwel geen trillingen vanuit het pompaggregaat worden overgebracht naar het omliggende gebouw. Niet goed uitgelijnde pompaggregaten genereren echter onnodig veel trillingen. Over het monteren van trillingsdempers (massaveerstysteem) onder de fundatieplaat en compensatoren in de leidingen zijn de meningen verdeeld. Er moet worden voorkomen dat het pompaggregaat als het ware in de leidingen 'hangt'; de pomp heeft een constructie met een vast montagepunt nodig. De actie van de trillingsdempers veroorzaakt ook weer

een reactie, waardoor er eigenlijk alleen maar meer trillingen ontstaan. Lagerschade en zelfs as-brek kunnen het gevolg zijn. Er zijn echter ook zeer veel goede voorbeelden van het gebruik van massaveersystemen. Hierbij is de keuze voor slappe of stugge vering van groot belang. Dit moet per situatie worden beoordeeld. Daarbij geldt als vuistregel dat pompen met een motorvermogen <22 kW vast op het beton worden bevestigd; bij grotere vermogens moet een massaveerstysteem per situatie worden bekeken. Pompenfabrikanten zijn overigens niet tegen een massaveerstysteem maar een goede pompstelling en pompinstallatie vereisen in dat geval extra aandacht m.b.t. de juiste keuze van het veersysteem.

■ BEOORDELINGSCRITEERIA

In de ISO 10816 zijn beoordelingscriteria vastgelegd voor mechanische trillingen bij pompen met een roterende beweging voor industriële toepassingen en een nominaal vermogen groter dan 1 kW. Twee criteria zijn daarbij voor verschillende machineklassen van belang. Het eerste criterium heeft betrekking op de hoogte van de trillingsnelheid; het tweede op de eisen aan de piek-piek waarde van het trillingsniveau voor frequenties van 0,5, 1 en 2 maal de as-frequentie. Hierbij is een onderverdeling gemaakt in twee pompcategorieën. Categorie I omvat

pompen waaraan hoge eisen worden gesteld met het oog op bedrijfszekerheid, veiligheid, etc. Categorie II omvat de overige pompen waarvan het functioneren minder kritisch is. In welke categorie een pomp valt, moeten gebruiker en producent overeenkomen. De ISO-norm zegt daarmee eigenlijk alleen iets over de ontwerpcriteria van machines. Bovendien zijn omgevingscondities niet in de norm opgenomen en juist deze moeten in de praktijk ideaal zijn om trillingen zoveel mogelijk te beperken. Ook houdt de norm geen rekening met de materiaalkeuze van het leidingwerk: een stalen leiding dempt immers beter dan een leiding van polyethyleen.

■ JUISTE POMPSELECTIE

Een pomp is een investering waar gebruikers zoveel mogelijk profijt van willen hebben en geen of zo min mogelijk overlast van willen hebben. Om dat te bereiken is een juiste pompselectie in het engineeringstraject van groot belang. Bij het maken van de juiste keuze zal het bedrijfspunt van de pomp op of in de directe nabijheid van het 'Best efficiency Point' liggen, waarbij rekening wordt gehouden met de juiste appendage- en leidingwerkdiameter alsook met de juiste ondersteuning en beugeling. Wanneer aan deze criteria wordt voldaan, kan de pomp vele jaren probleemloos binnen de toelaatbare trillings- en geluidstoleranties optimaal functioneren.