

Mysterieuze oorzaak lagerschade

Een centrifugaalpomp wordt opgestart en na enkele minuten worden plotseling beide kogellagers van de pomplagering totaal verwoest. Er is geen enkele waarschuwing vooraf. Wat is hier aan de hand?

Arie Mol

De plotselinge destructie van de kogellagers van een pomplagering zorgde voor de nodige hoofdbrekens. Weliswaar had de pomp al een tijdje een verhoogd onbalans trillingsniveau, maar dat was niet ontoelaatbaar hoog. Ook was er een begin van buitenring gerelateerde lagerschade, maar ook dit was geen verontrustende trend in de schadeontwikkeling. De schade bleek te zijn veroorzaakt door een mechanisme dat zich lawine-achtig kan ontwikkelen. Geen enkel mo-

nitöringsysteem geeft hiervoor een 'early warning'.

VERKLEMMINGSVERSCHIJNSELEN

De oorzaak van de plotselinge verwoesting van de lagers ligt bij verklemming. De passing tussen buitenring- en lagerhuisboring is tijdens bedrijf langzaam maar zeker te ruim geworden. De buitenring kan dan een enigszins scheve stand innemen. Door thermische expansie na het opstarten (en krimpen na uit bedrijf nemen)

moet de buitenring in axiale richting een beetje kunnen schuiven. Bij een juiste schuifpassing (en een niet te laag trillingsniveau!) gaat dit schuiven probleemloos, maar bij een te ruime passing en een gekantelde buitenring kan deze klem komen te zitten in de boring van het lagerhuis. Dit is een zeer kritieke situatie. Bij verdere thermische expansie kunnen de enorme thermische krachten een kogellager binnen enkele seconden totaal verwoesten.

SCHUIFPASSING

Het is de vraag waarom de passing te ruim is geworden. Een standaard toepassing met een overhangende centrifugaalwaaier en horizontale as-opstelling heeft doorgaans twee kogellagers. Eén kogellager heeft zowel op binnen- als op buitenring een vaste passing, waarmee de pompas met waaier ten opzichte van de stationaire delen ruimtelijk wordt gefixeerd. Het andere lager moet een schuifpassing krijgen om thermische expansie mogelijk te maken; de as kan immers warmer en langer worden dan de lagerbehuizing. Die schuifpassing kan op de buitenring of op de binnenring gekozen worden, afhankelijk van de 'rotatieverhouding'. Bepalend hierbij is de verhouding tussen (roterende) rondlopende kracht en (stationaire, unilaterale) eenrichting kracht. Een rondlopende kracht is bijvoorbeeld waaieronbalans of magnetische onbalans in de luchtspleet van een elektrische

Afbeelding 1. Rotatieverhoudingen, Leerboek wentellagers SKF

o Losse passing	Roterende binnenring Stilstaande buitenring	Stilstaande binnenring Roterende buitenring
Stilstaande belasting	<p>1</p>	<p>2</p>
Roterende belasting	<p>3</p>	<p>4</p>
• Vaste passing	Stilstaande buitenring Roterende binnenring	Roterende buitenring Stilstaande binnenring

Waaier is gebalanceerd volgens onbalans kwaliteit Q [mm/s]
 Voor Q geldt : $Q = \epsilon * \omega$ [m/s]
 Verder geldt : $\epsilon * M = m * r$ [kgm]
 en
 Onbalanskracht : $F = m * r * \omega^2$ [N]
 en
 Reactiekracht waaier massa : $F_w = M * g$ [N]
 Met:
 ω [rad/s] : hoeksnelheid ($\omega = 2 * \pi * N/60$)
 N [rpm] : toerental
 ϵ [μ m] : excentriciteit
 M [kg] : waaiergewicht
 m [gram] : restonbalans
 r [mm] : radius waaier
 F [N] : rondlopende onbalanskracht
 F_w [N] : reactie kracht waaier massa
 g [m/s²] : versnelling zwaartekracht ($g = 9.81$ m/s²)

Berekengegevens rotatieverhouding

machine. Een eenrichting kracht is bijvoorbeeld het rotorgewicht, radiale hydraulische kracht of riem-trek.

waarom is de rondlopende kracht groter dan het rotorgewicht?

$$\text{Hieruit volgt : } R = \frac{F}{F_w} = \frac{Q * \omega}{g} \quad [-]$$

Rotatie verhouding R is onafhankelijk van waaier massa!

ROTATIEVERHOUDINGEN

De mogelijke rotatieverhoudingen zijn weergegeven in afbeelding 1 (SKF). Bij een standaard toepassing met horizontale as-opstelling en kogellagers is doorgaans de rondlopende onbalanskracht kleiner dan de eenrichting kracht van het rotorgewicht. De schuifpassing moet dan tussen buitenring en lagerhuisboring gekozen worden. Zo niet, dan dient de schuifpassing tussen binnenring en as gekozen te worden. Is echter bij een standaard toepassing met schuifpassing bij de buitenring de rondlopende onbalanskracht groter dan de eenrichting gewichtkracht dan kan de buitenring gaan afrollen of rondwalsen in de boring. Is de boringdiameter 200 mm en de passing speling 0,02 mm, dan bedraagt de afrolling $\pi * 0.02$ mm = 63 μ m per omwenteling. Bij 3000 r/min is de buitenring na 1 minuut 188 mm afgerold (3,1 mm/s). Na 200 seconden is de buitenring een hele omwenteling afgerold over de lagerhuisboring. Dit afrollen vindt plaats met metaal-op-metaal contact zonder enige vorm van smering. Hierin schuilt een ernstige ondermijning van de bedrijfszekerheid van de lagering: de lagerhuisboring wordt langzaam maar zeker uitgehoond, dat wil zeggen dat de passing steeds ruimer wordt. Maar

RONDWALSEN

Het antwoord is onbalans. Als de onbalans te groot wordt door slijtage van de waaier kan er uithonen van de lagerboring optreden. Een getallenvoorbeeld volgens de berekengegevens uit afbeelding 2: Pompwaaiers worden doorgaans gebalanceerd volgens balanceer kwaliteit Q = 2.5 of Q = 6.3 [mm/s]. Bij toerental 3000 r/min wordt de rotatieverhouding R = 0,08 resp. R = 0,20. R is nu kleiner dan 1, er zal dus geen uithonen door rondwalsen plaatsvinden. Echter indien de onbalans te groot wordt en R > 1, dan kan wel rondwalsen optreden. Vervolgens hoort de lagerboring uit, de buitenring krijgt ruimte voor scheefstelling en uiteindelijk kan het lager plotseling verklemmen.

AANDACHTSPUNTEN

Verklemmen kan voorkomen worden door aandacht te schenken aan een aantal aspecten.

- Visuele inspectie: Een gedemonteerd lager met een fraai glimmend buitenringoppervlak wijst op rondwalsen, de passingroest is weggepoetst;
- Verticale pompen hebben uiteraard een zeer ongunstige R factor maar meestal een axiaal draaglager en rollager combinatie met vaste passingen;
- Low-budget revisie: Een lager

vervangen maar een uitgehoond lagerhuis niet verbussen of niet vervangen is het recept voor herhaling;

- Houd er rekening mee dat rondwalsen lastig is vast te stellen met trillingsanalyse;
- Een werkpunt ver verwijderd van Best Efficiency Point geeft de waaier een sterke hydraulische radiale kracht, wat een gunstig effect heeft op factor R, mits deze de zwaartekracht niet tegenwerkt. Dit is wel het enige voordeel van een werkpunt buiten BEP;
- Een te ruime passing van buitenring geeft ook geen goede warmteafvoer van lagerwrijvingswarmte naar het lagerhuis. De buitenring zal uitzetten totdat een thermisch evenwicht wordt bereikt met een bepaalde passing.

WELKE POMPEN LOPEN VERHOOGD RISICO?

- Hoog toerental pompen, er mag niet bezuinigd worden op balanceerkwaliteit.
- Pomp met stevige fundatie, waardoor het trillingsniveau niet alarmerend is.
- Horizontale as-opstelling met kogellagers.
- Start-stopbedrijf met temperatuurruclyci.
- Een werkpunt nabij het Best Efficiency Point.