

# Misuitlijning bedreigt bedrijfszekerheid

**Een belangrijke voorwaarde om pompaandrijvingen bedrijfszeker te laten functioneren, is een correcte uitlijning. Dit betekent dat de hartlijnen van gekoppelde machines in één lijn met elkaar komen te liggen tijdens de normale bedrijfscondities.**

Arie Mol

Een misuitlijning tussen pomp en aandrijfmotor kan resulteren in de reductie van de levensduur van lageringen doordat het trillingsniveau hoger ligt. Het kan ook de oorzaak zijn van thermisch overbelast rubber in elastische koppelingen. Dit kan tijdens bedrijf thermografisch worden vastgesteld. Soms is een grove misuitlijning ook met een stroboscoop aantoonbaar.

## MEETKLOK

Machines kunnen worden uitgelijnd met de aloude meetklok op de kop-

pelingshelften. Een uitlijning met een radiale/axiale nauwkeurigheid van enkele honderdsten millimeters realiseren, is doorgaans geen probleem. Als vuistregel voldoet meestal de '100-regel': product van misuitlijning (mm) en toerental (r/min) = 100. Praktisch betekent dit: een uitlijning binnen 0,03 mm voor 3000 toeren machines, en binnen 0,10 mm voor 1000 toeren machines. Het voordeel van de moderne laser uitlijningsapparatuur is dat de uitlijnprocedure kan worden versneld met behoud van nauwkeurigheid. Daarnaast is het handig dat de actuele misuitlijning op een beeldscherm overzichtelijk is te visualiseren. Een print-out legt het resultaat van de uitlijnprocedure vast.

## CORRIGEREN

Wanneer machines niet goed zijn uitgelijnd, treden er krachten op die trachten de misuitlijning te corrigeren. Als de hartlijnen van twee assen niet in lijn maar parallel ten opzichte van elkaar zijn verschoven, zal de koppeling tijdens het roteren voortdurend trachten de twee assen naar elkaar toe te trekken. Zijn de hartlijnen van twee assen niet in lijn maar staan ze onder een hoek ten opzichte van elkaar dan zal de koppeling trachten dit met een moment te corrigeren. Vrijwel altijd komen de paralleluitlijnfout en de hoekuitlijnfout in combinatie voor. Kenmerkend is een krachtenspel dat zich tweemaal per omwenteling herhaalt. Dit uit zich in het

frequentiespectrum van het signaal van een trillingsopnemer door een nadrukkelijke '2\*RPM' frequentiecomponent, ook wel twee keer toerental component. In de praktijk blijkt deze 2\*RPM trilling meestal slechts in geringe mate aanwezig, zolang de '100-regel' wordt aangehouden. Bedrijfszekerheidsprobleem en door misuitlijning komen dan niet zo vaak voor. Goed uitlijnen is van groot belang, ook bij flexibele koppelingen. Deze kunnen weliswaar grote uitlijnfouten verdragen, maar de krachtwerking op de assen verhoogt de kans op lagerschade of afdichtingschade.

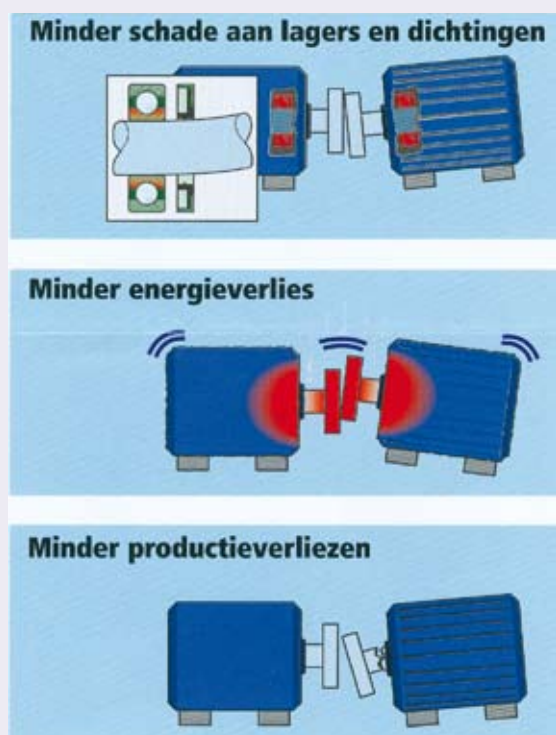
## FOUTE DIAGNOSES

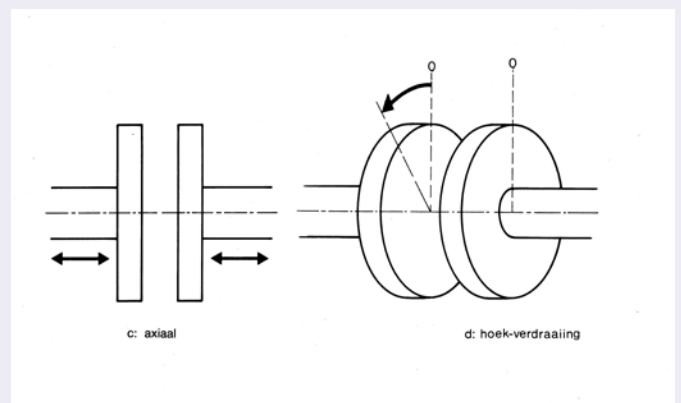
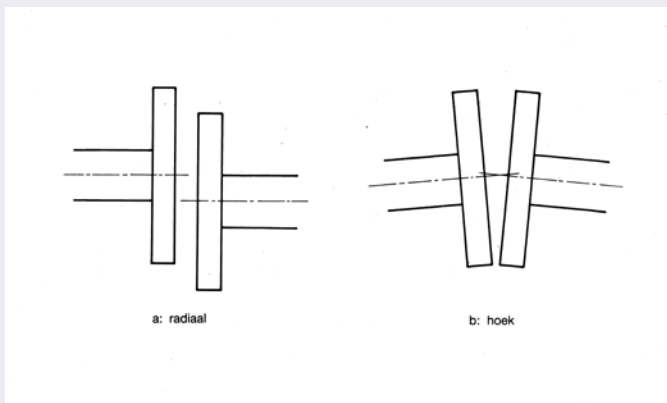
Omgekeerd komt het voor dat er een relatief hoge 2\*RPM frequentiecomponent aanwezig is, die de trillingsanalist (meestal niet dezelfde persoon als de uitlijntechnicus) volgens het boekje wordt toegeschreven aan misuitlijning. Dit is alleen vaak een onjuiste diagnose, en dat leidt tot verwarring bij diegene die heeft uitgelijnd. Die meent zeker te weten correct te hebben uitgelijnd, opnieuw en opnieuw. Uiteindelijk gaat hij of zij onterecht aan de apparatuur of aan zichzelf twifelen. Wat zijn de valkuilen? Vijf voorbeelden laten zien dat een foute diagnose in een klein hoekje zit.

## 100 HZ

Bij tweepolige elektromotoren ('3000 toeren' motoren) komt het vaak voor dat er een frequentiecomponent in het trillingspec-

Misuitlijning kost geld. (Foto: Prüftechnik)





Bewegingen in flexibele koppelingen

trum aanwezig is gelijk aan twee maal de netfrequentie, dus 100 Hz. Omdat het toerental bijna 3000 r/min ( $50 \text{ r/sec} = 50 \text{ Hz}$ ) bedraagt, is de  $2 \times \text{RPM}$  component bijna 100 Hz. Het lijkt misuitlijning, maar dit is het niet: de 100 Hz component is van elektromagnetische oorsprong. De trilling verdwijnt zodra de motor wordt uitgeschakeld. Hoogtoerige pompen hebben vaak glijlagers; het effect van de oliefilm(dikte) moet worden meegewogen. Hoogtoerige aandrijfmotoren kunnen uitgerust zijn met een overkritische rotor, dat wil zeggen dat het kritisch toerental lager ligt dan het bedrijfstoerental. De doorbuigende as kan dan nooit 'in lijn' liggen met een starre pompas.

#### RESONANTIEVERSTERKING

Een tweede voorbeeld is van toepassing op een verticale pomp aandrijving. Bij een verticale pompstelling kan het voorkomen dat de resonantiefrequentie van de massa van de motor en de stijfheid van de motorondersteuning samenvalt met de  $2 \times \text{RPM}$  component. Bij een '1000 toeren' motor is de toerental frequentie bijvoorbeeld  $1 \times \text{RPM}$ , ca. 16.5 Hz. Is de resonantiefrequentie van de opstelling nabij 33 Hz, dan zal een relatief geringe misuitlijning zich door resonantie versterking wel tien- of twintigvoudig kunnen manifesteren. Het is onbegonnen werk om te trachten dit door fijnuitlijning te corrigeren. Als resonantie de uitlijningstechnicus parten speelt, kan dit eenvoudig worden vastgesteld met

een bump-test of Anschlagversuch, oftewel het aanslaan van de constructie en dan met een frequentiespectrumanalyser meten met welke resonantiefrequentie deze uittrilt. Verificatie is mogelijk door toerentalvariatie wanneer een frequentieregelaar wordt toegepast.

#### SOFT FOOT

Een derde voorbeeld houdt verband met een verschijnsel dat soft foot wordt genoemd. Elke werktuigbouwer weet dat je een stijve as niet op drie punten (statisch onbepaald) moet ondersteunen. Minder bekend, maar om dezelfde reden, mag je een star vlak niet op vier punten ondersteunen. Sommige dieselmotorfabrikanten passen daarom driepunt ondersteuning toe. Een merkwaardig feit is dat vrijwel alle roterende machines op vier voeten staan; sommige typen centrifugaalpompen staan zelfs op vijf ondersteunende voeten. De vierde/vijfde voet kan onder extra spanning staan, of juist helemaal niet. In het eerste geval vervormt de behuizing en kan de 'dynamische' (bij bedrijfstoerental en bedrijfstemperatuur) uitlijning heel anders uitpakken dan de 'statische' uitlijning (bij stilstand). Dit blijkt dan uit trillingsanalyse. In het laatste geval (geen spanning) wordt gesproken van een soft foot. Kenmerkend is dat de poot 'rammelt' tegen de fundatie. Dit wekt een sterke  $2$  (of meer)  $\times \text{RPM}$  frequentiecomponent op, wat weer gemakkelijk als uitlijnfout kan worden opgevat. Overigens kan

resonantie in de opstelling hierbij ook een rol spelen, bijvoorbeeld resonantie bij  $2 \times \text{RPM}$ . Door een van de vier (of vijf) voeten te lossen, kan soms de resonantiefrequentie net voldoende worden verschoven, maar de kans bestaat ook dat het trillingsniveau juist toeneemt.

#### HOT-COLD EN HARMONISCHEN

Een vierde voorbeeld van diagnosevalkuilen betreft hot-cold alignment. Sommige pompen of compressoren kunnen aan de aandrijfszijde veel warmer worden dan aan niet-aandrijfszijde. Tijdens verschillende bedrijfsomstandigheden wijzigt zich dan onvermijdelijk de uitlijning, ten goede of ten kwade. Op deze onbeheersbaarheid van de uitlijning onder actuele bedrijfscondities kan alleen worden ingespeeld door een spacer-type lamellenkoppeling. Ook is het mogelijk een bewuste misuitlijning uit te voeren in koude conditie die dan – berekend – goed zou moeten uitpakken in warme conditie. De vijfde en laatste valkuil treedt op wanneer een pomp wordt aangedreven door een verbrandingsmotor. Het trillingsspectrum van motor en pomp wordt gekenmerkt door een groot aantal harmonischen van toerental frequentie bij een tweetaktdiesel; bij een viertakt diesel gaat het om harmonischen van  $0,5 \times$  toerental frequentie. De  $2 \times \text{RPM}$  component kan dan prominent aanwezig zijn in het frequentiespectrum van de trillingsopnemer, maar dat betekent nog niet dat er sprake is van misuitlijning.