

# Beter zicht op tandwielschade door trillingsanalyse

Er zijn van die oude tandwielkasten die onverstoord blijven draaien onder omstandigheden waarin een moderne overbrenging het gevaar loopt haar tanden stuk te bijten. En dat terwijl alles ten opzichte van vroeger veel lichter en goedkoper is geconstrueerd. Het economisch gegeven van lichter en goedkoper fabriceren, stelt heden ten dage veel hogere eisen aan de montage en de zorg van een tandwielkast.

Als een reductor niet vlak staat of als er sprake is van torsie, speling en/of verkeerde smering, dan heeft dat allemaal nadelige consequenties voor een moderne verbanding.

Maar ja, hiermee is nog niet het hele verhaal verteld. Er zijn namelijk exemplaren uit de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw, waarbij de tanden met een vijl zijn bewerkt om een rustigere loop te bewerkstelligen. Een hachelijke onderneming natuurlijk, maar zo'n oude tandwieloverbrenging kon wel tegen een stootje. Spectaculaire rendementsverbeteringen zijn er door de jaren heen niet behaald, in vergelijking met

van energie. Beide tanden ondergaan een microscopisch kleine buiging van de volle belasting (zie figuur 1). Deze buiging vermindert de natuurlijke tandspeling in het eerste moment. Het derde moment is het loslaten uit de tandingrijping. De door de verminderende belasting terugkerende tand neemt de ruimte in van de natuurlijke tandspeling en dit moment geeft eveneens een tik. Deze drie momenten van een tandingrijping vinden tegelijkertijd plaats. Ze zijn te zien in een trillingspectrum van een tandwielkast. We nemen als voorbeeld een as die 600 toeren per minuut draait, dus tien omwentelingen per seconde. Als op deze as een tandwiel zit van tien tanden, zal de tandingrijpfrequentie honderd Hertz zijn. Dit is het eerste moment van de ingrijping. Het tweede en derde moment zijn dan te zien op tweehonderd- en driehonderd Hertz. Bij een goede tandingrijping lopen deze drie amplitudes, qua niveau, af. Problemen in een tandwieloverbrenging laten zich het beste zien onder volle belasting.

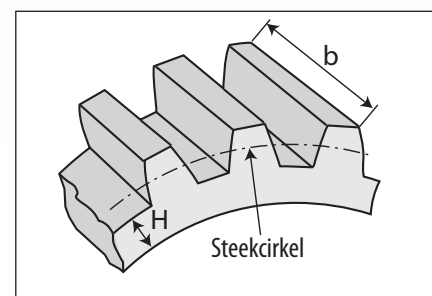
### Scheluw

Voor een goede energieoverdracht is het heel belangrijk dat de assen van de tandwielen met elkaar zuiver in één lijn staan. Tijdens de fabricage worden alle gaten voor de lageringen in één bewerking gemaakt dus 'het lijn staan' is hierbij gegarandeerd. Maar op de plaats van bestemming kan het nog wel eens mis gaan. Omdat moderne kasten veel lichter geconstrueerd zijn dan de zware gietijzeren exemplaren van vroeger, trekken ze makkelijker krom. Het niet vlak staan van een tandwielkast op bijvoorbeeld een scheve fundatie, heeft

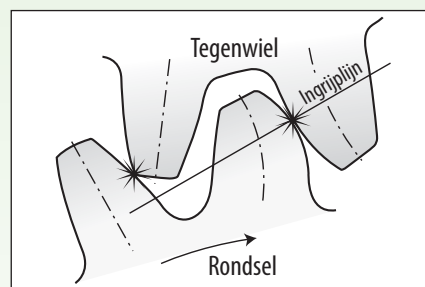
onmiddellijk gevolgen voor de assen van de tandtrappen. Ze staan dan niet meer in één lijn. Een paar honderdste millimeter scheefstelling zorgt er al voor dat de energieoverdracht in plaats van over de volle breedte van de tand, nu slechts over een gedeelte plaatsvindt. Dit is heel ernstig. Als alle belasting tijdens het draaien maar over een kwart tandbreedte gaat, zal dit makkelijker kunnen leiden tot breuk. In de tandingrijping uit ons voorbeeld zal het tweede moment, de tweehonderd Hz. amplitude, dan domineren over het eerste- en derde moment. Het lostrillen van een fundatiebout heeft hetzelfde effect. De tandwielkast gaat op een hoek staan wippen met alle gevolgen voor de paralleliteit van de assen. Het scheluw trekken van een reductor kan ook worden veroorzaakt door een verkeerde uitlijning van de tandwielkast op het werktuig. Dit probleem is hoorbaar door een wisselende geluidsterkte per omwenteling van de uitgaande as van de overbrenging. Vastgeboude motoren op een tandwielkast in onbalans doen een hele kast torderen. Het brengt de ingaande as van de tandwielkast uit lijn met als gevolg een twijfelachtig perspectief voor de tanden van de eerste trap.

### Spling

De energieoverdracht van een verbanding gebeurt op het raakvlak van de steekcirkels van het ronsel en het tegenwiel (zie figuur 2). Het contactvlak tussen de tanden schuift naar het nulpunt toe en er vandaan. Dit schuifgebied is groter naarmate de diameters van beide tandwielen meer verschillen. De kromming van de tand moet dan groter zijn. 'Evolvente' heet dit met een vakkundige term. Hoe groter dit schuifgebied, hoe hoger de temperatuur. Olie moet de draagvlakken van de tanden scheiden en koelen. Als de olietemperatuur ter



Figuur 2



Figuur 1

moderne overbrengingen. Uiteindelijk ging het altijd maar om enkele procenten energieverlies wat een reductor in de regel kost. Vroeger werd daarom omwille van de veiligheid een kast dikwijls overbemeten. Vaak wel tot meer dan vier keer toe. Tegenwoordig is een servicefactor van 1:1,2 heel normaal.

### Tandingrijping

Iedere tandwielkast kent één of meerdere trappen. Een trap heeft een ronsel, een tegenwiel en een overbrengverhouding. Elke tandingrijping uit een trap bestaat uit drie gebeurtenissen. De eerste is het moment van ingrijpen. De natuurlijke speling tussen beide tandwielen is er dan nauwelijks meer. Het eerste moment van ingrijpen geeft daarom een tik. Het tweede moment bestaat uit de overdracht



plekke van de energieoverdracht naar de twaalfhonderd graden oploopt, ontstaat er 'pitting'. Op de draagvlakken laten stukjes metaal uit de geharde laag los. Deze hoge temperaturen zijn gemakkelijk te bereiken. Bijvoorbeeld bij overbelasting als de energie maar over een gedeelte van de tandbreedte gaat, het klapperen van de verbanding of als de olie versleten is en de drukken niet meer kan verdragen. De olie wordt dan gekraakt en er ontstaan roetdeeltjes. Een jaarlijkse olieanalyse van ongeveer tachtig euro is hierom beslist een aanrader. Het schuifgebied in de tandingrijping wordt ook groter als de hartlijnen van beide wielen van elkaar verwijderen. Dat gebeurt bij speling. De soorten spelingen kunnen verschillen maar de meest voorkomende zijn versleten lagers van de assen in de tandwielkast. De tanden slijten dan sneller. In een trillingspectrum is de slijtage vast te stellen aan het derde moment van de tandingrijping uit het genoemde voorbeeld. De driehonderd Hertz amplitude domineert sterk over het

eerste en tweede moment, de honderd en tweehonderd Hz. Dit komt omdat de buiging van de tanden in het tweede moment, de natuurlijke tandspeling niet meer opheft.

### Torsie

In situaties waar een tandwielkast wordt aangedreven door V-snaren, zal een onjuiste uitlijning van de pulley's op elkaar wisselende krachten veroorzaken in de transmissie. De scheve pulley heeft ten opzichte van de andere pulley een iets langere omtrek. Dit 'meer' aan omtrek wordt uit het trekkende deel van de V-snaar gehaald en verliezer is het niet trekkende deel. Dit deel gaat vervolgens staan klapperen en veroorzaakt trillingen in de hartafstand tussen beide pulley's. De ingaande as van de tandwielkast maakt daar een oneenparige draaiing van en gaat rammelen in de speling van het lager. Een uitlijnfout zorgt voor een variërende input naar de tandwielkast en komt voor rekening van de levensduur van de tanden. Frequentiegeregelde

motoren kunnen ongenode effecten brengen. Vooral als de motor op of aan een tandwielkast gebout zit. Bij een ongunstige afstelling van een frequentieregelaar kan de motor oneenparig gaan draaien. Deze schokken gaan de tandwielkast in. De vertraging via de verschillende tandtrappen zorgt dat de uitgaande as niet zal schokken. Ergens dus verdwijnt deze oneenparige draaisnelheid in de verbanding als geklapper. Het veroorzaakt ernstige overbelasting voor de verbanding met snelle vermoeiing tot gevolg. Als sommige tanden het genoeg vinden en hun wiel verlaten, wordt nogal eens onterecht de kwaliteit van de kast in twijfel getrokken. Door het alsmat lichter construeren van nieuwe tandwielkasten ontstaan er ook moderne kwellingen, de eigen frequenties komen steeds dichterbij de natuurlijke frequenties uit de reductor. Resonantie is dan het gevolg. Maar dat is een verhaal op zich. ■

www.mtd.nl