

Het zelfcentrerend lijmen van kogellagers*

Dr. Ing. K.J. Schalz, Ernst Leitz Wetzlar GmbH, Wetzlar

Het lijmen van kogellagers als montage techniek wordt veelvuldig toegepast. De gelijmde lagers hebben, ten gevolge van hun elastische inbedding van de binnen- en buitenring, veel voordelen. Deze zijn bijvoorbeeld een lagere wrijving, minder trillingen en een hogere levensduur. Tot nu toe was het echter niet mogelijk lagers tijdens het lijmen uit te richten. Met de in dit artikel beschreven lijmmethode is het mogelijk kogellagers met een zeer hoge precisie uit te richten, waarbij er geen achteruitgang is van de rondloop nauwkeurigheid. Daarbij mag de lijmspleet tussen ring en as of gat zelfs oplopen tot ongeveer $50 \mu\text{m}$.

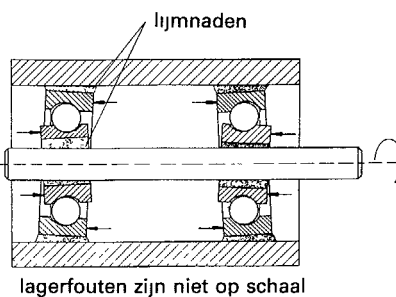
Stand van zaken van huidige lijmtechnieken van kogellagers

Het lijmen van kogellagers is naast inbouwmethoden zoals (lichte) pers- of overgangspassingen, een veelvuldige toegepaste montage techniek van kogellagers in kleine apparaten, bijvoorbeeld in kleine gelijkstroommotoren. Ook wordt deze techniek toegepast in hoogwaardige precisie-constructies, zoals navigatie-gyroscoepen of de lagering van het loopwerk van computer disk drives.

Bij het lijmen blijven de ringen van het lager "rond". Bovendien kunnen zij spelingsvrij worden ingebouwd en vervormen niet door de delen waarin of waarom ze gemonteerd worden. Dit resulteert in een grote verbetering van de kwaliteit van de lageringsconstructie wat betreft het wrijvingsmoment, de trillingsvrijheid en de levensduur. Bovendien zijn geen nauwkeurige toleranties noodzakelijk en worden ook aan de oppervlaktegesteldheid (ruwheid) minder hoge eisen gesteld, waardoor de fabricagekosten aanmerkelijk gereduceerd kunnen worden.

Bij de huidige stand van de techniek worden kogellagers over het algemeen gemonteerd met een kleine speling, axiaal iets voorgespannen en vervolgens gelijmd. Deze lijm kan reeds van te voren zijn aangebracht, maar het is evenzo mogelijk een dunne lijm te gebruiken die door de capillaire werking de spleet tussen de binnenring en as resp. buitenring en huis opvult. Doordat er tot nu toe nog geen technieken be-

kend zijn om te lijmen lagers uit te richten, kan de loopnauwkeurigheid van gelijmde lagerconstructie onvoldoende zijn. Dit is het gevolg van noodzakelijke spelingen, waardoor het mogelijk is dat de binnen- en/of buitenring niet optimaal gepositioneerd zijn t.o.v. de as of het huis. Het verlies in nauwkeurigheid is direct afhankelijk van de dikte van de lijmspleet en van de toevallige stand van de lagerringen.



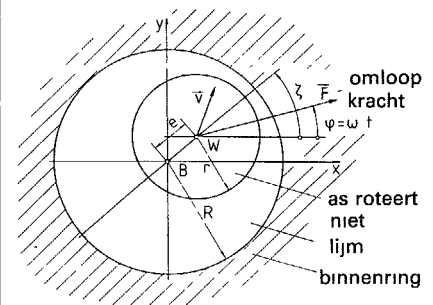
Figuur 1 Axiaal voorgespannen, gelijmde lagerconstructie

De loopnauwkeurigheid van de as bij nauwkeurig uit te richten lagers, zoals dat in figuur 1 sterk overdreven is weergegeven in een constructie met axiale voorspanning, is uitsluitend nog afhankelijk van vormfouten van de kogels en de loopgroeven. Daarbij komt ook nog de fabricagenauwkeurigheid van de as. Met de huidige produktietechnieken zijn nauwkeurigheden haalbaar in de orde grootte van $0,2$ tot $0,3 \mu\text{m}$.

Het nieuwe centreerprincipe

Figuur 2 toont een viskeus gelagerde astap in een boring; beide delen roteren niet. In het getekende geval is de combinatie in de richting van de grote spleet elastischer dan in de richting van de

enge spleet. Een aan de astap aangrijpende radiale en ronddraaiende kracht zal daarom per tijdseenheid de astap in de richting van de grote spleet méér naar het midden van de boring bewegen dan deze kracht hem in de richting van de kleine spleet van het midden af beweegt. Hieruit valt te concluderen dat de astap bij elke rotatie van de kracht iets naar het midden van de boring toe beweegt.

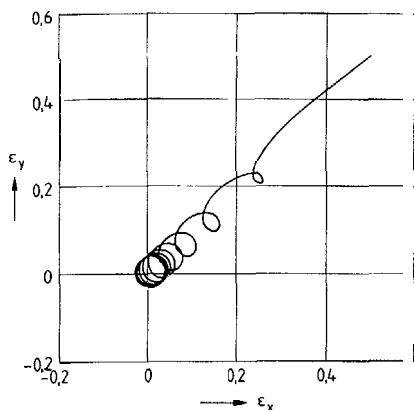


Figuur 2 Vrij bewegelijke as in een boring, belast door een omlopende kracht

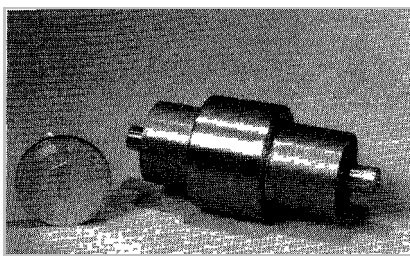
Dit effect neemt echter af naarmate de excentriciteit minder wordt. Het eindresultaat van deze centreermethode is een centrische cirkelbaan van het middelpunt van de astap rond het middelpunt van de boring. Hierbij is de restexcentriciteit afhankelijk van de omloopfrequentie van de kracht en de viscositeit van het medium (lijm) in de spleet. Deze onder gelijke uitwendige omstandigheden optredende restexcentriciteit wordt kleiner naarmate de viscositeit van het medium toeneemt.

Omdat hier het medium een visceuze lijm is wordt ernaar gestreefd dat de lijm uithardt op het moment dat de maximale centriciteit wordt bereikt. In figuur 3 wordt een voor deze centreermethode berekende typische baan getekend van het middelpunt van de astap in een boring gedurende het centreerproces. In figuur 4 is de uitvoering weergegeven van het lijmen van de binnenring van een lager op een as. Door de rotatie van de as ervaart de lijmspleet bij een vaste radiale kracht een omloopkracht. Hierdoor wordt de lijmspleet, zoals in het voorgaande werd beschreven, gecentreerd en de radiale slag van het lager op de astap vermindert tot nul.

* Dit artikel is eerder verschenen in Feinwerktechnik und Messtechnik jaargang 95 (1987) 8, uitgegeven door de Carl Hanser Verlag Munchen.



Figuur 3 Relatieve beweging van de te verlijmen delen bij de omloopkrachtmethode



Figuur 5 Volledig gelijmde lagerconstructie

De functionele kwaliteit van gelijmde en gecentreerde lagers

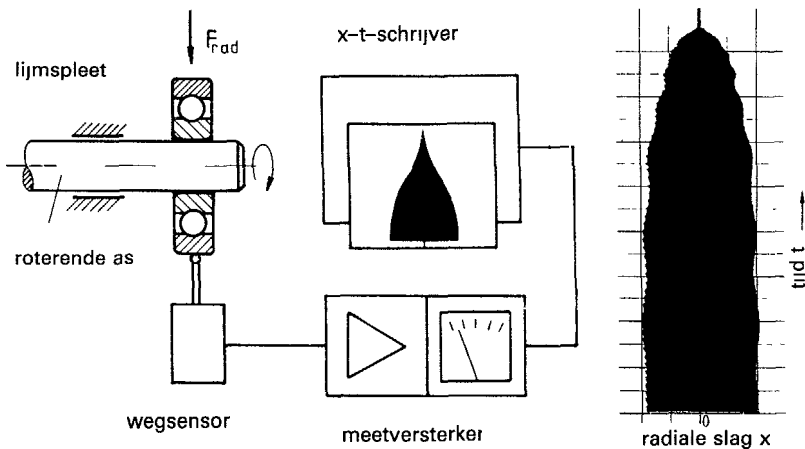
Figuur 5 toont een geheel (vier lijmnamen) gelijmde, axiaal voorgespannen lagerconstructie. Voor het controleren van de lagereigenschappen van deze constructie wat betreft het wrijvingsmoment, de rondloopnauwkeurigheid, de stijfheid en het stoofrequentiespectrum (trillingen) werden twee zeer nauwkeurige referentie-lagerconstructies gebouwd van dezelfde geometrie en uitvoeringsvorm. Deze waren echter voorzien van ingeperste kogellagers en bezaten met betrekking tot de loopnauwkeurigheid de hoogst bereikbare kwaliteit.

De samenvatting van de onderzoeksresultaten van de kwaliteitsvergelijking tussen de gelijmde en geperste lagerconstructie geven de figuren 7 tot en met 9.

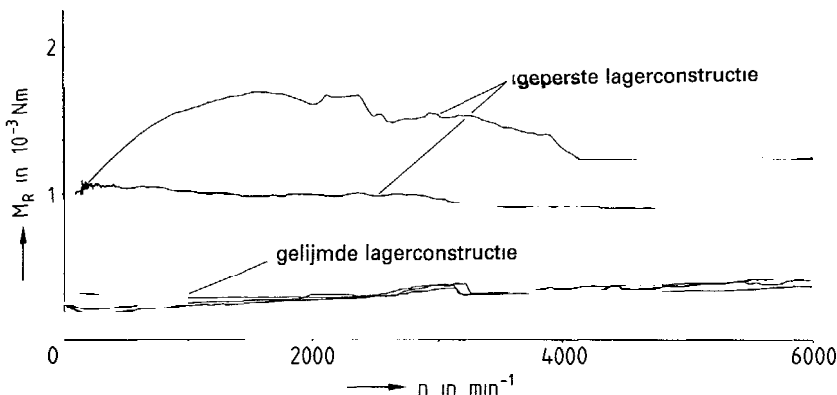
Literatuur

[1] Schalz, K.J.: Selbstausrichtendes Klebverfahren für Kugellager. 1. Präzisions-Kugellager-Kolloquium Universität Kaiserslautern, Mai 1986.

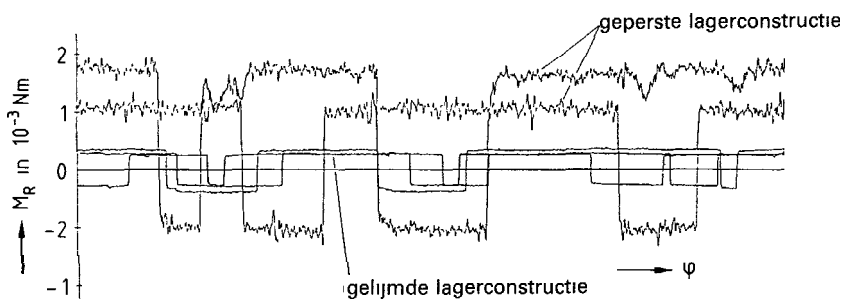
[2] Schalz, K.J.: Hochgenaue Schlag- und Reibmomentmessung sowie selbstausrichtendes Klebverfahren zur Qualitätssteigerung von Präzisions-Kugellagerungen. Dissertation Universität Kaiserslautern, Fortschritt-Bericht-VDI. Reihe 1 Nr. 147, VDI-Verlag Düsseldorf 1986



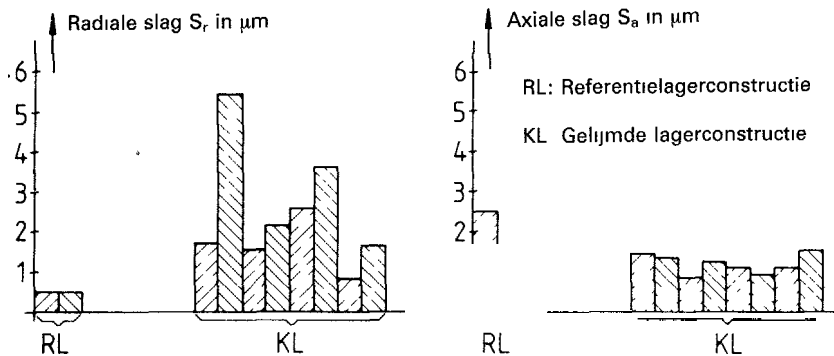
Figuur 4 Opstelling voor het lijmen en centreren van een binnenring (boven) alsmede de opgetekende radiale slag van het meetinstrument (rechts)



Figuur 6 Wrijvingsmoment als functie van het toerental van een complete lagerconstructie met ingeperste lagers c.q. gelijmde R3 lagers (De axiale voorspanning bedraagt 20 N)



Figuur 7 Wrijvingsmoment als functie van de verdraaiingshoek van een complete lagerconstructie met ingeperste c.q. gelijmde R3 lagers met omkerende draairichting. (De axiale voorspanning is 20 N, het toerental waarbij gemeten werd is 0,5 omw/min)

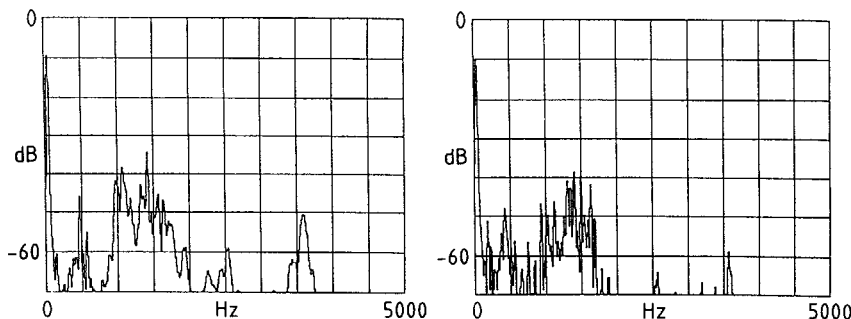


Figuur 8 Radiale- en axiale slag van geperste en gelijmde lagerconstructies

Noot van de redactie

De hier voorgestelde lijmmethode van lagers biedt enkele zeer interessante mogelijkheden. Waar de auteur in deze bijdrage niet over schrijft is dat deze methode een bepaalde gevoeligheid heeft als de as onbalans vertoont. In dat geval is er t.o.v. de astap een stilstaande kracht, die ook roteert tijdens de montage. Hierdoor zal de restexcentriciteit groter worden.

Ook schrijft de auteur niet over de manier hoe lagers in een huis kunnen worden uitgericht. Naar onze mening zou het mogelijk zijn door in dat geval een bepaalde onbalans in de constructie te creëren (al is het maar tijdelijk) en dan de roterende omloopkracht op deze manier te simuleren voor de buitenring. Ook is het natuurlijk zo dat tijdens het montage t.g.v. de "smerende werking" van een viscuzie lijm de binnen- of buitenring niet ten



Figuur 9 Stoorfrequentiespectrum van een geperste (links) en van een gelijmde lagerconstructie (rechts)

opzichte van de as c.q. huis gaat roteren. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij lagers met een hoog statische wrijving of als de lagers

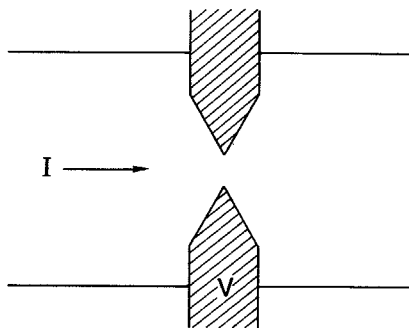
nieuw zijn. Dit geldt met name als de lagers gebruikt worden met een geperfectioneerde afdichting (RS-lagers)

Nieuw fysisch verschijnsel bij geleiding door een nauw contact

In een onderzoek dat in nauwe samenwerking werd uitgevoerd door de internationale Philips Research, de Technische Universiteit Delft en de Stichting Fundamenteel Onderzoek der Materie is een nieuw verschijnsel gevonden bij elektronengeleiding in halfgeleiders. Het treedt bij zeer lage temperaturen op in een dunne halfgeleiderlaag die de eigenschap heeft dat elektronen daarin veel vrijer kunnen bewegen dan normaal het geval is. Het bleek dat het geleidingsvermogen van een zeer smalle verbinding tussen twee gebieden in een dergelijke laag bij afnemende breedte van die verbinding niet gelijkmatig verandert, zoals men zou verwachten, maar in zeer regelmatige stappen. De hoogte van de stappen hangt alleen af van fundamentele natuurconstanten en niet van materiaaleigenschappen of van de vorm van de verbinding. Inmiddels is bekend geworden dat de hier vermelde resultaten in een onafhankelijk onderzoek in het Cavendish Laboratorium van de universiteit van Cambridge (U.K.) zijn bevestigd.

De metingen zijn gedaan aan galliumarseen waarop zeer zuiver aluminiumgalliumarseen zeer dun is aangebracht. In het grensgebied tussen beide stoffen bevindt zich de genoemde dunne laag met een zeer grote beweeglijkheid voor elektronen. De "vrije weglengte" van

elektronen in de laag, dat is de afstand tussen twee botsingen in het materiaal, bedraagt bij temperaturen net boven het absolute nulpunt (ca. -272°C) vele micrometers. Een dergelijke dunne laag waarin de elektronen een zeer grote beweeglijkheid hebben, noemt men een tweedimensionaal elektronengas.

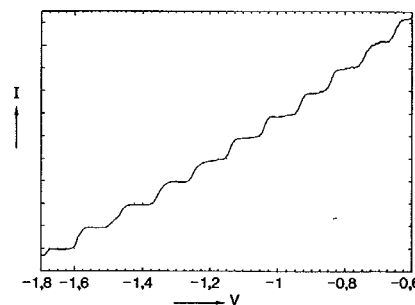


Figuur 1

Op het aluminiumgalliumarseen zijn voor het onderzoek twee geïsoleerde metalen elektroden aangebracht, zie figuur 1, waartussen een zeer nauwe opening van 0,25 micrometer is vrijgelaten. Met een elektrische spanning op deze elektroden kan het elektronengas er onder worden beïnvloed. Bij een negatieve spanning van $-0,6\text{ V}$ zullen zich onder de elektroden geen elektronen meer bevinden en bij verder verlagen van de spanning zal het "ontvolkte" gebied zich tot buiten de elektroden uitbreiden. Op die manier ontstaat een regelbare, vrijwel puntvormige verbinding tussen de elektronengas-gebieden aan weerszijden. In dit onderzoek is men er in geslaagd dergelijke regelbare zeer smalle contacten te maken.

De metingen aan de geleiding van zo'n contact lieten zien dat bij een geleidelijk

ke verkleining van de contactbreedte het geleidingsvermogen stapsgewijs vermindert, waarbij de hoogte van de stappen uitsluitend afhangt van natuurconstanten (nl. de elektronlading en de constante van Planck). Figuur 2 toont de meetresultaten. De gevonden verschijnselen zijn te verklaren uit het "golfkarakter" van elektronen.



Figuur 2

Dit onderzoek is mogelijk dankzij recente technische ontwikkelingen. Er is gebruik gemaakt van technieken voor het vervaardigen van zeer dunne lagen van zuivere materialen met behulp van moleculaire-bundelepitaxie. Hiermee kan men op een kristal van het ene materiaal een dun laagje van een ander materiaal aanbrengen, waarbij de kristalstructuur ongestoord van het ene materiaal in het andere doorloopt. Van minstens even groot belang is geweest dat men erin is geslaagd om met een uiterst fijne elektronenbundel de elektronenstructuren te maken met detailafmetingen die in de buurt komen van de golflengte van elektronen in halfgeleidermateriaal. Deze technieken zijn voortgekomen uit die voor het maken van vastestof-diodelasers en moderne geïntegreerde schakelingen.