

Des Duivels Prentenboek (DDP). Deel 26

Citation for published version (APA):

Dijk, van, D. M., & Groot, de, J. (1984). Des Duivels Prentenboek (DDP). Deel 26. *Constructeur*, 23(9), 70-74.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1984

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

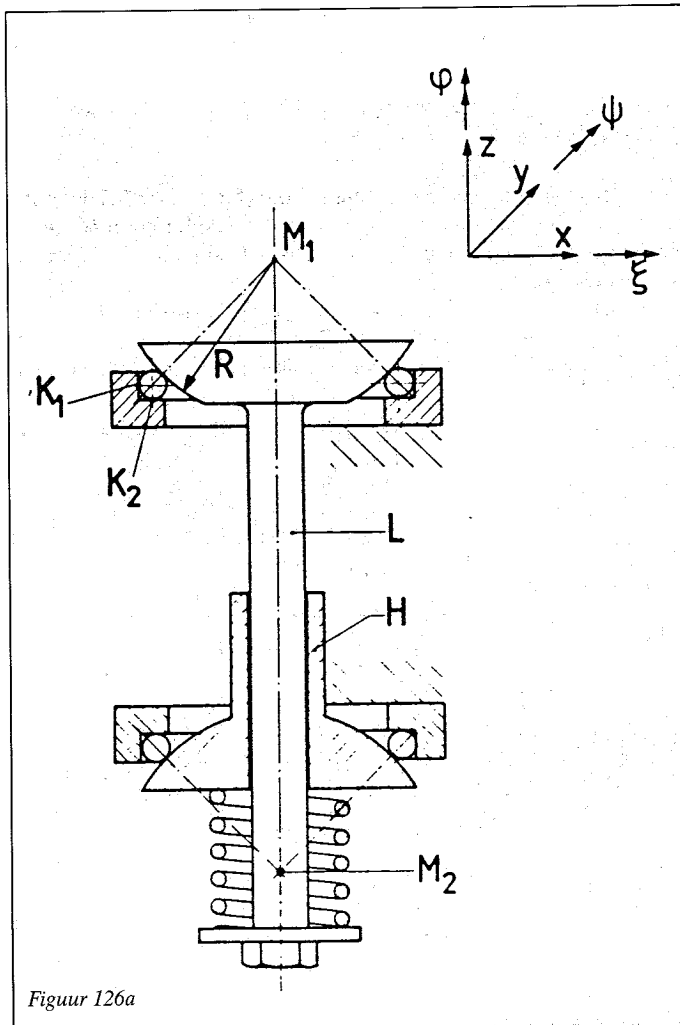
Des Duivels Prentenboek (DDP) (26)

DDP 126

Wil men een schijf of as op afrolling (kogels) lageren met als enige graad van vrijheid de hoekrotatie Φ , dan gebruikt men meestal ingekochte kogellagers. Daarbij steunt men terecht zo op het goede denk- en maakwerk van de kogellagerfabrikant dat men zich zelden gedwongen voelt om zelf het probleem te doordenken. Toch kan dit verhelderend werken.

Stel we willen een roterend lichaam lageren op kogels, liefst statisch bepaald en met beheerste vóórspanning.

Figuur DDP 126a toont een principe schets met boven een vaste loopring met kogels die een bolvlak dragen. De kogels bepalen de ligging van het bolmiddelpunt M_1 en daarmee één punt van de rotatiehartlijn van het te lageren lichaam L . We moeten nu nog twee vrijheidsgraden (de hoeken ψ en ξ) beperken, bij voorbeeld door van een ander punt M_2 van de hartlijn van het lichaam x en de y vast te leggen (niet de z). Dat kan bij voorbeeld met een hulpbol



Figuur 126a

H die zelf gelagerd is door een analoge constructie als bij M_1 , en die zich zonder zijdelingse speling axiaal kan verplaatsen ten opzichte van het te lageren lichaam L . Om op basis van dit principe tot een betrouwbaar werkend geheel te komen, moeten we een aantal principiële deelproblemen oplossen.

De ligging van M_1 zou statisch bepaald zijn door drie kogels onder circa 120° op de loopring. Bij rotatie zou echter de plaats van M_1 voortdurend veranderen ten gevolge van onrondheid van de kogels en axiale en radiale slingering van zowel de vaste loopring als de loopbaan op L .

Deze veranderingen vertonen een grillig patroon; men realiseert zich dat als L 100 omwentelingen maakt, de kogels bij voorbeeld 30 maal hun baan doorlopen, daarbij dus 70 maal door de baan op L overrold worden en tevens enkele honderden malen om hun as draaien.

Zouden we (aanzienlijk) méér kogels invoeren en de lagering zóver voorspannen dat de elastische inverting groot genoeg is om alle kogels altijd tot meedragen te nopen, dan zou de invloed van axiale en radiale slingering van de beide loopbanen tot nul zijn gereduceerd.

(Pas op: bij vóórgespannen complete kogellagers houdt men slingering, maar die is tussen loopvlak en passing op de as respectievelijk in het huis.) Men houdt alleen de invloed van onrondheid van de kogels, maar die is gering en door het grote aantal statistisch goed uitgemiddeld.

De eis is nu dat enerzijds de lagering als geheel stijf genoeg is, maar dat anderzijds de stijfheid per kogel (2 Hertz contacten in serie - voor de stijfheid daarvan zie onder andere DDP 77 - en eventueel een extra elasticiteit in de loopringen) laag genoeg om de gezamenlijke vormtoleranties te overbruggen bij een belasting die bij de gewenste levensduur toelaatbaar is. Men komt zo gauw tot hoge eisen aan de vormnauwkeurigheid van de loopbanen.

Toch lijkt de oplossing met voorspanning op veel kogels beter dan de 'statisch bepaalde' met drie kogels: M_1 is zo beter gedefinieerd en de stijfheid is (door het grote aantal kogels die bovendien voorgespannen zijn, dus extra stijf (DDP 77)) aanzienlijk groter. Kogellagers zijn een propositie sinds de bewerkingsnauwkeurigheid de toelaatbare (Hertze) inverting overtreft.

Met op buiging verende rolbanen vindt men ze reeds in Hollandse windmolens en later in bruggen en kranen; met 'starre' loopbanen (cups) pas sinds de fiets in massafabricage kwam.

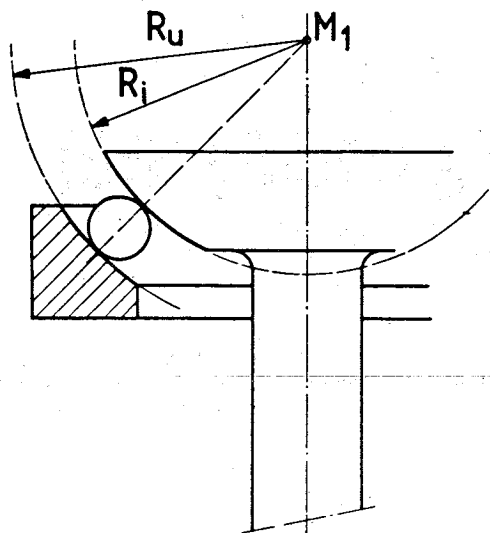
Het volgende deelprobleem is de loopbaan. In de uitvoering volgens figuur DDP 126a rollen de kogels zich af om de lijn door de contactpunten K_1 en K_2 .

In de contactpunten treedt niet alleen afrolling op doch ook 'tollen' en dat geeft extra slijtage en rolweerstand.

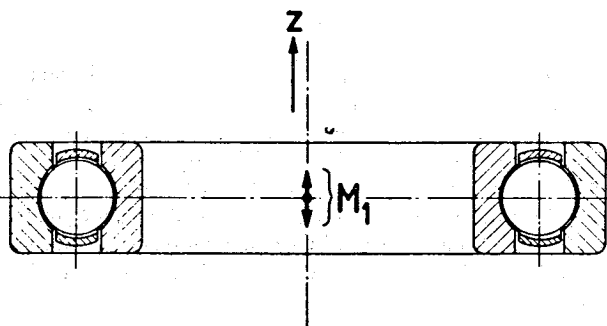
(Een tollende kogel, straal R mm, belasting Q kgf, straal van het contactvlak a mm heeft een tolmoment $M = \frac{1}{3} \mu Qa$; in een constructie als die van figuur DDP 126a leidt dat tot een extra tegenwerkend moment op de as:

$$M_{as} = \frac{\mu}{50} \cdot R_{as} \left(\frac{Q^2}{R}\right)^{2/3} \text{ kgf mm}$$

wat in de praktijk neerkomt op een extra rolweerstand van circa 0,002).



Figuur 126b



Figuur 126c

Het voordeel is de goede plaatsbepaling van de kogelbaan. In die baan kan men de kogels zich vrij laten verdelen, of men kan de verdeling bewerkstelligen met een kogelkooi of om en om een gewone en iets kleinere kogel.

Een alternatief met (nog wel geen zuivere maar toch veel) betere afrolling, tussen twee concentrische bolvlakken, geeft figuur DDP 126b. Hieris echter een kogelkooi (met eigen borging tegen kanteling) noodzakelijk.

Kogellagerfabrikanten kozen voor een derde alternatief (DDP 126c).

De kogelkooi ontleent zijn borging tegen kantelen aan de kogels zelf. Het Hertzse contact is gunstig omdat de loopringen de kogel met een negatieve kromtestraal omhullen.

Het punt M_1 uit figuur 126a is in eerste instantie in het middendeelvlak van het kogellager gekomen. Van dat punt worden de x en y goed vastgelegd als althans de fabrikant voor de goede voorspanning heeft gezorgd en als in de praktijk die voorspanning ongeacht lager (pers)passingen, temperatuurverschillen en slijtage ongewijzigd gehandhaafd bleef. Aan de voorspanning is immers niets na te stellen!

De z wordt veel minder goed vastgelegd; het is in eerste instantie een 'indifferent evenwicht'. Zodra axiale belasting optreedt, stellen de kogels zich anders in, kiezen als het ware een nieuw punt M_1 en leggen nu daarvan de x , de y , en naarmate M_1 verder uit het middendeelvlak ligt steeds beter, ook de z vast.

De axiale kracht wordt opgenomen onder een zeer ongunstige hoek, het lager zou snel overbelast raken. Daarom geven de meeste kogellagerfabrikanten hun groefkogellagers bewust enige positieve speling.

De hoek waaronder de axiale belasting wordt opgenomen, wordt nu gunstiger en het axiale draagvermogen is dan ook groter naarmate de speling groter is. Het 'uitmiddelen' van de fouten van baan en kogels in x en y richting gaat nu echter verloren zodra de axiale belasting daarvoor ontoereikend is.

Het standaard enkelrijig diepgroefkogellager komt zo uit de bus als een aantrekkelijk relatief hoog belastbaar en door de massafabricage toch zeer goedkoop en verrassend nauwkeurig constructieelement dat evenwel voor exacte plaatsbepaling niet optimaal is.

Opgemerkt moet worden dat de fabrikanten in de loop der jaren hun assortiment hebben uitgebreid met verscheidene typen als kegellagers, tonlagers, hoekcontactlagers en vierpuntscontactlagers, waarbij de voorspanning vaak wel in- en nastelbaar is.

Om van het principe van DDP 126a een betrouwbaar werkend geheel te maken, moet nog een spelingsvrije axiale lagering van de hulpbol H op de te lagere as L gevonden worden en een verende voorspanning. Voor de hand ligt dan een lage ring op vlakke membranen onder de gewenste voorspanning.

Voor een goede axiale lagering zijn twee evenwijdige membranen nodig die op twee plaatsen een x en y van de hartlijn vastleggen.

We willen in ons geval echter alleen in punt M_2 de x , y van H vastkoppelen aan de x , y en L . We kunnen dus met één membraan volstaan mits dit ligt in het vlak van het bolmiddelpunt M_2 .

G.W.B. van den Berg, THE, groep WP ontwierp zo een lagering voor een preparaat-rotatietafel in een elektronenmicroscop (figuur DDP 126d).

M_1 is hier in het beeldpunt gekozen. Voor een op straal R en straal r ingeklemd membraan, dik δ uit materiaal met elasticiteitsmodulus E en dwarscontractiecoëfficiënt ν (staal: $\nu = 0,3$) geldt:

$$\text{zakking } z = \frac{3F_{ax}(1-\nu^2)}{4\pi E\delta^3} \left[R^2-r^2 - \frac{4R^2r^2}{R^2-r^2} \left(\ln \frac{R}{r} \right)^2 \right]$$

en

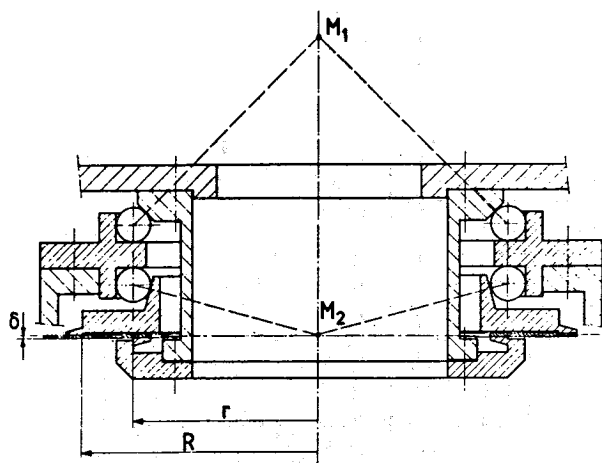
$$\sigma_{max} = \frac{3F_{ax}}{2\pi\delta^2} \left[1 - \frac{2R^2}{R^2-r^2} \left(\ln \frac{R}{r} \right) \right]$$

De vering mag ook in de buitenbaan zitten (figuur DDP 126e) mits het vlak van het membraan maar door het bolmiddelpunt M_2 gaat.

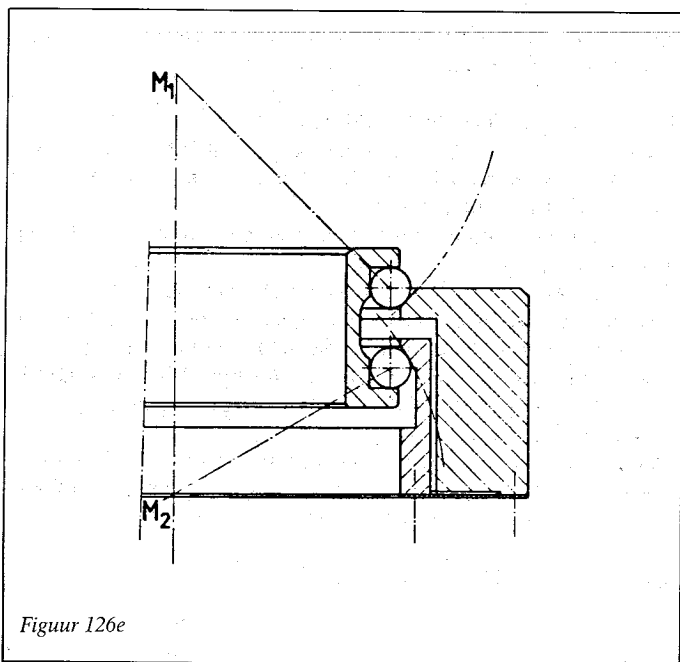
In principe kan men met één kogelkrans volstaan. DDP 126f geeft hiervan een voorbeeld.

Beschouwen we nu het in DDP 28 besproken draadkogellager.

Zo'n lager moet na inlopen vast afgesteld worden en is dan erg gevoelig voor uitzettingsverschillen. Men mag zo'n lager niet

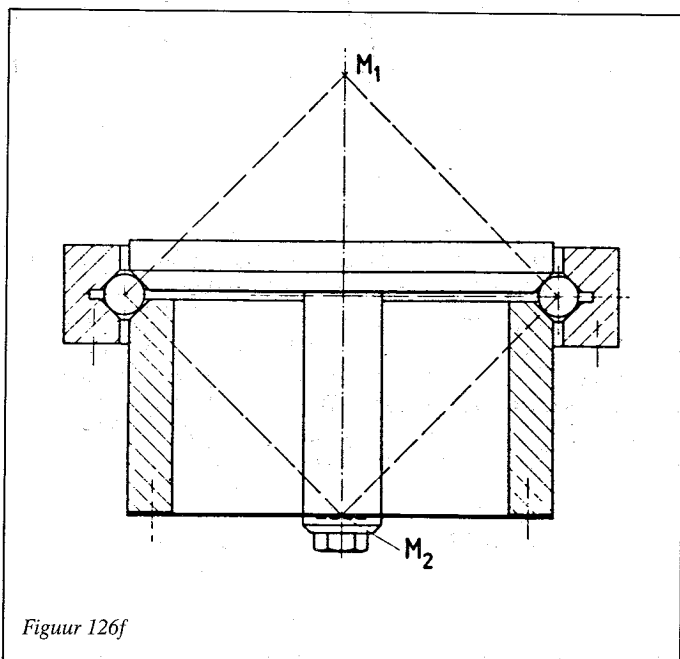


Figuur 126d

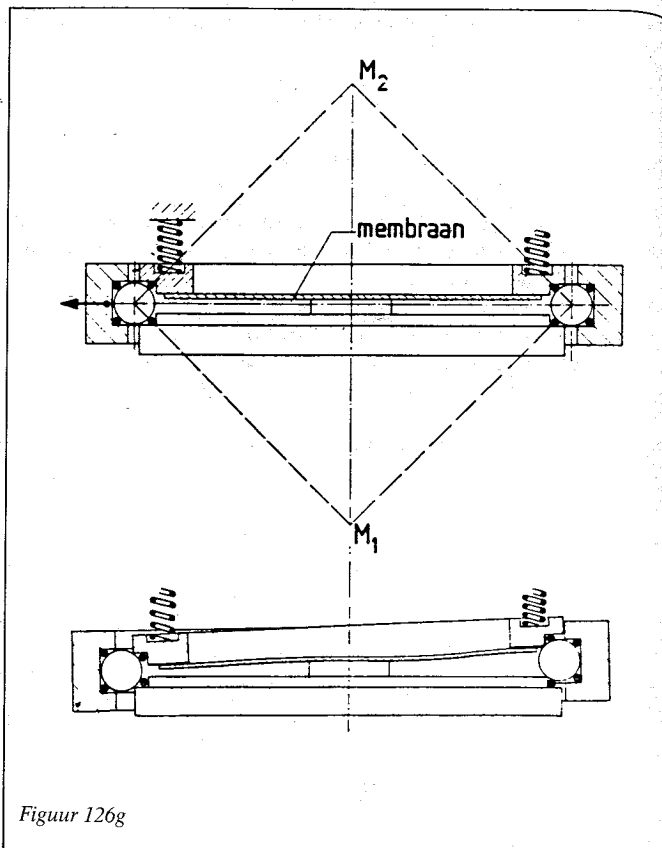


Figuur 126e

verend voorspannen door bij voorbeeld de gedeelde binnenring verend aan te drukken, want zo'n lager is dan van huis uit instabiel, zelfs als we de verende ringhelft, bij voorbeeld door middel van een membraan goed gecentreerd houden ten opzichte van de vaste ringhelft.

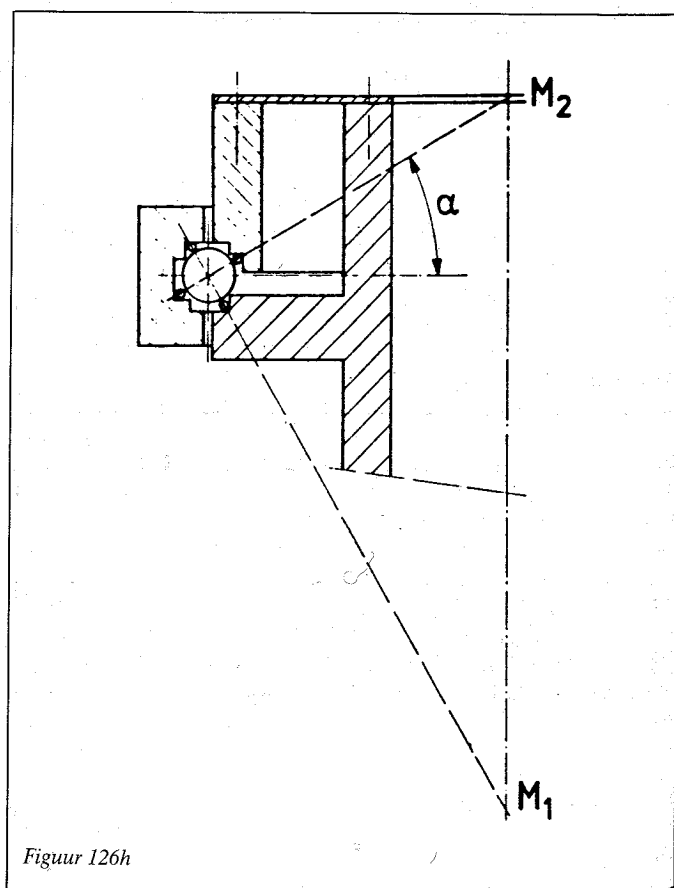


Figuur 126f



Figuur 126g

In figuur DDP 126g kan men zien hoe de buitenring reeds bij een kleine, bij voorbeeld constant naar links gerichte kracht na verloop van tijd naar links uitwijkt tezamen met de kogelkrans, terwijl dan de binnenring links dicht- en rechts (aanvankelijk evenveel en later door de ronding van de kogel zelfs minder) opengaat.



Figuur 126h

Onze principeschets DDP 126a en in het bijzonder de uitvoeringsvorm DDP 126f geven echter de oplossing aan: we moeten zodanig verend aandrukken dat M_2 zich ten opzichte van de vaste wereld niet verplaatsen kan.

Een uitvoeringsvorm als DDP 126h met één membraan ter hoogte van M_2 voldoet. Hierbij is hoek α kleiner dan 45° gekozen om bouwhoogte te winnen. Al te ver kan men hiermee niet gaan in verband met eisen aan diametertoleranties, ongelijke kogelbelastingen en zelfremmendheid.

DDP 126i toont een uitvoering met parallelgeleiding door middel van twee membranen. Nu is men in bouwhoogte niet gebonden aan de ligging van M_2 . Voorwaarde is hier dat het parallelgeleide deel beschouwd kan worden als een star lichaam. Aan deze eis is niet licht te voldoen: de bij draadkogellagers gebruikelijke ringen zijn relatief 'slank' (afmetingen van ringdoorsnede klein ten opzichte van ringdiameter) zodat in de uitvoering van DDP 126i de parallel-

geleide linkerdoorsnede gemakkelijk op een andere hoogte kan komen dan de rechterdoorsnede.

Uiteraard kan men in alle gevallen de voorspanning desgewenst ontlenen aan aparte aangebrachte eventueel instelbare veerpakketten in plaats van aan de membranen.

De wellicht elegantste uitvoeringsvorm is gegeven in figuur DDP 126k. Hij berust op relatieve schroefbeweging van de verende ringhelft ten opzichte van de vaste ringhelft, afgedwongen door elastische deformatie van twee kransen van verende pennen. Ook hierbij wordt punt M_2 in de vaste hartlijn gehouden.

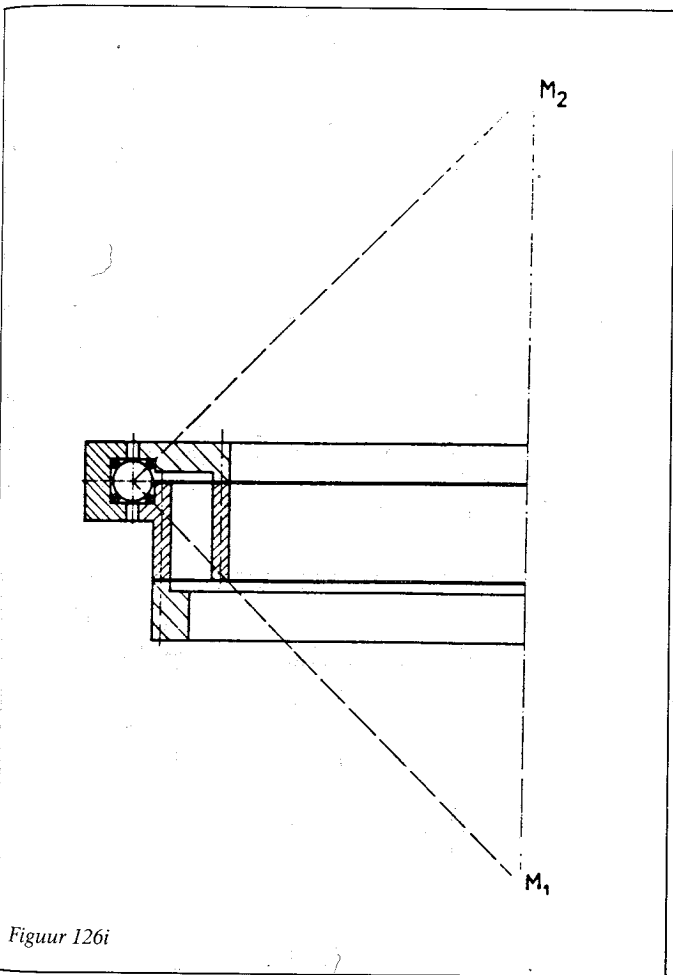
In ontspannen toestand staan de pennen van de ene krans zuiver radiaal gericht en koppelen zo de beide ringhelften.

De pennen van de andere krans lopen onder 45° , met een axiale en een tangentiële richtingscomponent.

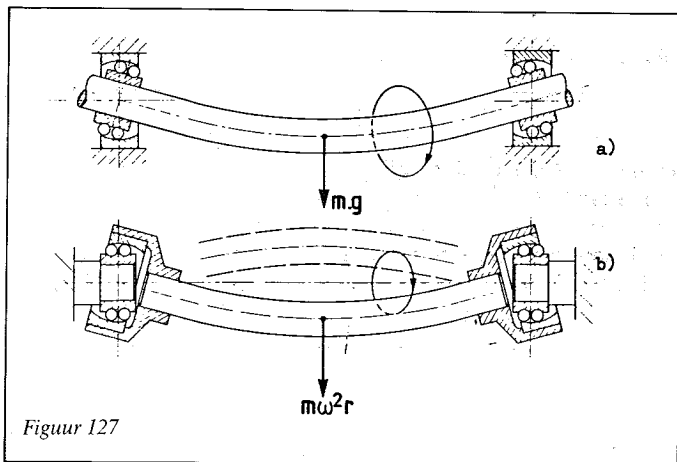
Op de volgende pagina is de bewerkingsvolgorde voor deze constructie aangegeven.

Bewerkingsvolgorde voor DDP 126k:

1. voorgedraaide ringhelften op aanslag op elkaar vastschroeven
2. inboren met penmaat; één krans van gaten radiaal, één krans onder 45° axiaal / tangentiiaal
3. demonteren en opboren van binnenuit (ruimte voor vering van de pennen)
4. pennen monteren en fixeren (achtereinden lijmen of lassen)
5. de nu nog aanwezige vrijheidsgraad (relatieve schroefbeweging) tijdelijk blokkeren door de ringhelften op elkaar vast te schroeven op een nieuwe aanslag, die zoveel hoger is dan de eerste dat de gewenste lagervoorspanning is opgewekt
6. loopgroef nadraaien
7. ringhelften losschroeven en aanslag wegnemen
8. draadlager monteren (buitenring hiertoe voorzien van losse doch bij montage strak vast te zetten zijflens).



Figuur 126i



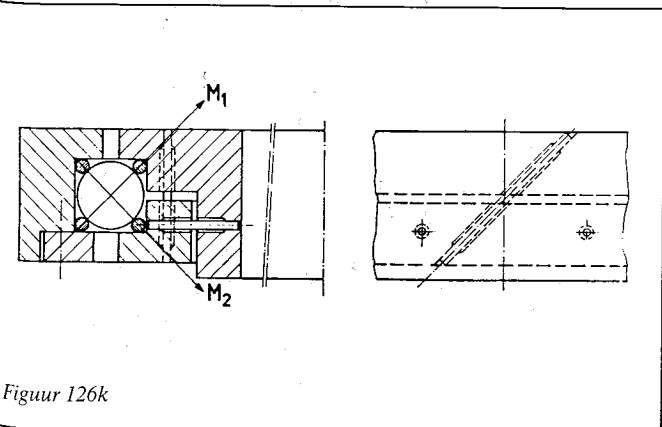
Figuur 127

DDP 127

Wil men een schijf of as op afrolling (kogels of rollen) lagere met als vrijheidsgraden de asrotatie en (in beperkte mate) de twee kantelhoeken dan neemt men gewoonlijk standaard 'zelfinstellende' kogel- of rollagers. Meestal hebben die een inwendig bolvormige buitenring. Inzicht in de juiste toepassing leidt er dan toe de opstelling volgens figuur DDP 127a te prefereren voor roterende assen die gebogen worden door een stationaire kracht (het eigengewicht) en die van figuur DDP 127b voor assen met buiging door roterende belasting (bij voorbeeld onbalanskrachten).

Er is een analogie met het gestelde in DDP 49, 57-9 en 122: 'Het lichaam dat ten opzichte van de krachtsvector niet roteert moet het lichaam dat dat wel doet omhullen'.

DDP 15d geeft hiervoor nog een fraai alternatief met niet zelfinstellende (dus in het geval van kogellagers aanzienlijk hoger



Figuur 126k

Hiermee is in principe elke gewenste elegante overgang in le-
 plaatsnelheid V_c te bereiken van de volle stempelsnelheid V_A van
 de aan het bovenstempel bevestigde strip A tot volledige stilstand
 tegen de op de bedplaat vastgezette strip B .

In DDP 130 rolt de telefoonkluiw met een vaste straal r' af op A
 respectievelijk B maar met een 'verlopende' straal C .

De meetkundige plaats van de krommingsmiddelpunten is met een
 streeplijn aangegeven. Het middelpunt van r' ligt ook op deze lijn.
 Elastische scharnieren nemen de bij het afrollen optredende
 relatieve dwarsverplaatsingen op. Botsing treedt alleen op tussen
 A en B en de relatief lichte en stijve telefoonkluiw; de zeer veel
 grotere massa C wordt zonder slag of stoot elegant afgeremd en bij
 de teruggaande slag weer op snelheid gebracht.

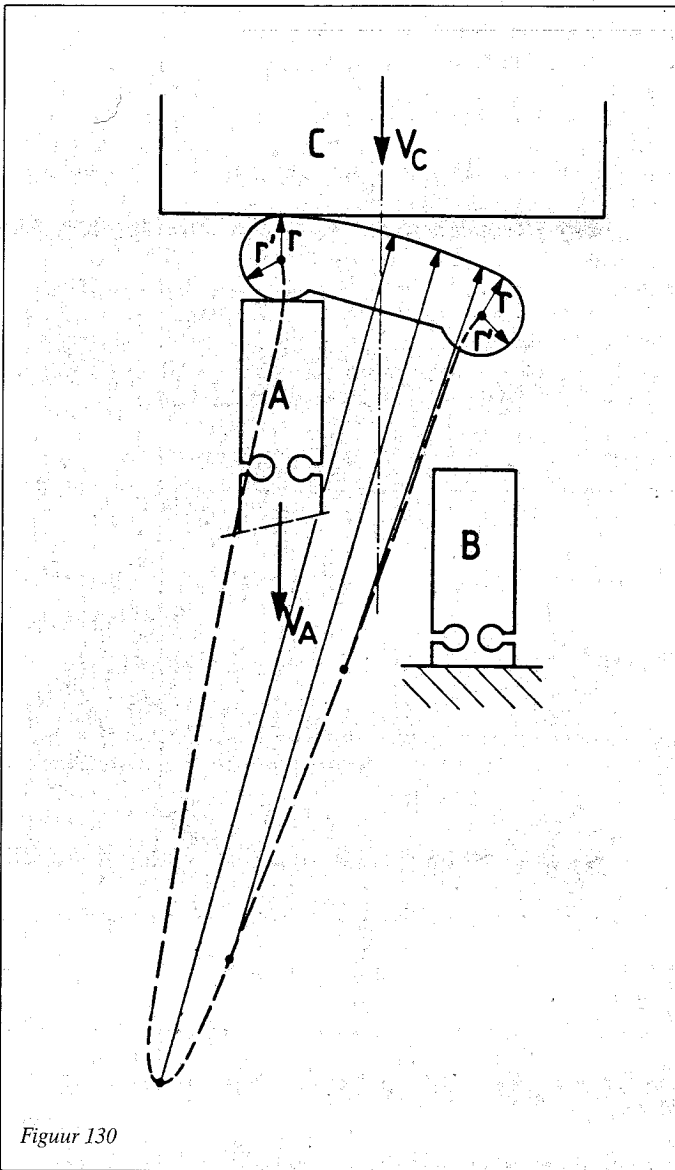
Het principe (en dezelfde computerprogramma's voor de afrol-
 curve) zijn toepasbaar in tal van andere situaties. Zo kan C een
 stootblok zijn, A een aankomende slede en B een 'vertrekkende
 slede'.

Men koestere niet de illusie dat hiermee de weg geopend is naar
 beheerste (dat wil zeggen in de tijd uitgesmeerde en in kracht sterk
 verlaagde) botsing en biljartachtige impulsoverdracht, bij voor-
 beeld zodanig dat de aankomende A juist stil ligt en de stilliggende
 B de oorspronkelijke snelheid van A overneemt.

Immers: de krachten op A en B en dus de impuls zijn op bijna elk
 moment niet aan elkaar gelijk. Bij afwezigheid van demping en
 vloeit zal een eventuele botsing zo verlopen dat de telefoonkluiw op
 Hertzse contactspanning en op buiging tijdelijk arbeid opslaat, A
 met een (lagere) snelheid terug stuitert en B met een eveneens
 relatief lage snelheid vertrekt. Het met de onderhavige uitvinding
 beoogde effect wordt wel bereikt, doch essentieel daarbij is de
 uitwendige 'sturing' van twee van de drie bewegingen (één van die
 twee mag snelheid nul voorgeschreven krijgen) en dus krachts-
 doorleiding naar en arbeidsafgifte of opname door de omgeving.
 'Botsing' veronderstelt een relatief verwaarloosbare invloed vanuit
 de omgeving en die aanname is nu niet meer geldig!

In onderstaand staatje zijn in de tekst genoemde DDP's vermeld
 met verwijzing naar de betreffende nummers van de Constructeur
 waarin ze gepubliceerd zijn:

- DDP 15 - Constructeur nr. 10, oktober 1978
- DDP 49 - Constructeur nr. 4, april 1979
- DDP 57 - Constructeur nr. 3, maart 1982
- DDP 77 - Constructeur nr. 9, september 1982
- DDP 122 - Constructeur nr. 10, oktober 1979



belastbare) lagers in elastische frameplaten die elk alleen x en y
 vastleggen.

DDP 130

In vervolg op werk van Reyneveld c.s. (Philips Drachten) aan het
 reduceren van leiplaatlawaai bij metaalwarenpersen door het
 beheerst afremmen van de leiplaat door middel van 'kantelblok-
 jes', ontwierp C.D. van Dijk (THE, groep WP en Philips, PMF)
 een kantelblokje in de vorm van een telefoonkluiw volgens figuur
 DDP 130.