

Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (14) "Mechanismen waarin wrijving een rol speelt" (deel 2)

Citation for published version (APA):

Rosielle, P. C. J. N., Reker, E. A. G., & Koster, M. P. (1993). Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (14) "Mechanismen waarin wrijving een rol speelt" (deel 2). *Mikroniek*, 33(5), 133-137.

Document status and date:

Published: 01/01/1993

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of Record (includes final page, issue and volume numbers)

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.

Mechanismen waarin wrijving een rol speelt (II)

Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren (14)

P.C.J.N. Rosielle, E.A.G. Reker,
M.P. Koster

Mechanismen waarin wrijving een rol speelt

Voorbeelden (vervolg)

Bandrem

Als er volledige slip is over de omspannen hoek α (zie hiervoor de aflevering in de vorige Mikroniek) dan geldt $N^+/N^- = e^{\mu\alpha}$.

De remkracht, $W = N^+ - N^-$ is dan gelijk aan:

$$\begin{aligned} W &= (e^{\mu\alpha} - 1)N^- & (1) \\ W &= (1 - e^{-\mu\alpha})N^+ \end{aligned}$$

In figuur 158a draait de remtrommel (straal r) steeds rechtsom.

In I doseert de veer de kracht N^- . Dan geldt, volgens (1) voor de verhouding tussen het remkoppel $T (= W.r)$ en de bedieningskracht $F (= N^-)$:

$$T/(Fr)_I = (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (2)$$

In II doseert de veer de remkracht N^+ . De veerkracht (V) is gelijk aan $V = N^+$. De bedieningskracht $F = N^-$ en omdat $N^+/N^- = e^{\mu\alpha}$ geldt nu, evenals in (2):

$$T/(Fr)_{II} = (e^{\mu\alpha} - 1).$$

In III doseert de veer ook de remkracht N^+ , maar tevens is de veerkracht de bedieningskracht, dus $N^+ = V = F$. Nu geldt:

$$T/(Fr)_{III} = 1 - e^{-\mu\alpha}.$$

De aanlegdruk van de bandrem in III past zich automatisch aan bij de momentane waarde van de wrijvingscoëfficiënt. Bij een variatie in wrijvingscoëfficiënt van een factor 4 varieert het remkoppel nu circa een factor 1,5 tegen een factor 15 à 30 bij stroppend remmen zoals in I, zie grafiek figuur 158b. Stel bijvoorbeeld de omspannen hoek α op vijf radialen en de wrijvingscoëfficiënt μ op 0,4 nominaal.

Het remkoppel varieert dan in I van 27% tot 850% van de nominale waarde.

Het remkoppel varieert in III slechts van 73% tot 113% van de nominale waarde.

Om remvoeringslijpsel binnen de

trommel te houden is een inwendige rem ontworpen (zie figuur 158c) die, hoewel op druk belast, niet knikt mits hij gelijkmatig rondom door de trommel ondersteund wordt. Zo'n inwendig aanliggende band ontleent zijn drukbestendigheid niet aan het feit dat hij "niet knikt" maar dat hij "al geknikt is, maar niet verder uitwijken kan".

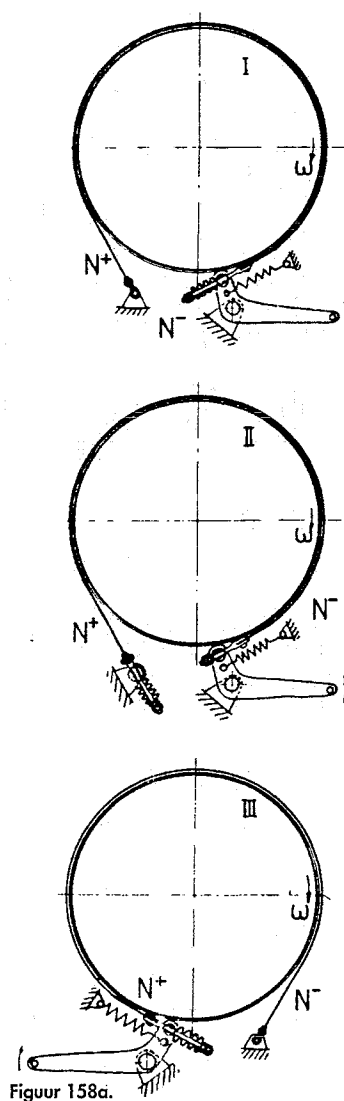
Men kan een remband of remkoord meermalen om een as te slaan. Bij drie slagen om de remtrommel geeft een variatie in wrijvingscoëfficiënt van 0,2

naar 0,4 nog slechts 2,3% variatie in remkoppel en bij tien slagen nog slechts 0,00032%.

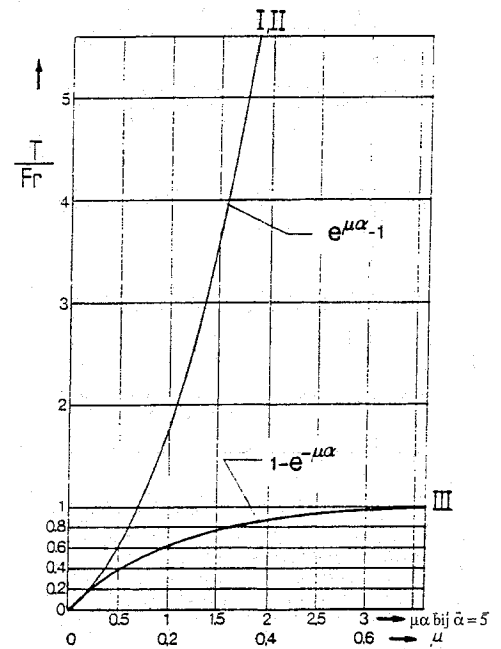
Nu is dus het remkoppel vrijwel uitsluitend bepaald door veerkracht en trommelstraal.

Zo'n "mechanische versterker" werd toegepast om een constant moment T_u te verkrijgen op een uitgaande as (o.a. voor een veeruurwerk), waar een niet constant moment $T_i > T_u$ op de ingaande as ter beschikking stond.

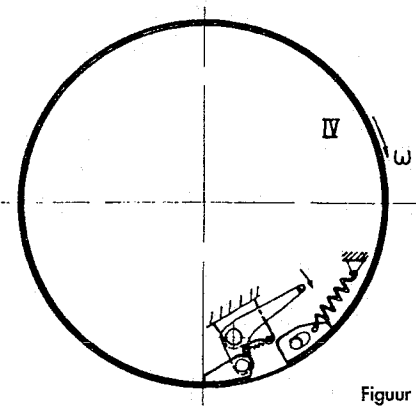
Figuur 159 geeft het principe: de in-



Figuur 158a.



Figuur 158b.



Figuur 158c.

Mechanismen waarin wrijving een rol speelt (II)

gaande as met T_i is gelagerd in een vast aan de wereld bevestigde schijf met straal R .

Het enkele malen om deze schijf geslagen koord koppelt een arm van de uitgaande as met een arm van de ingaande as. Een trekveer met voorspanning V tussen beide armen levert het gewenste koppel T_u . Zodra de uitgaande as gaat draaien valt het minieme tegenkrachtje F_0 op het koord weg en slijpt het koord over de schijf, veer V op lengte en op spanning houdend. De geleverde arbeid op de uitgaande as is $T_u \cdot \phi$; $(T_i - T_u) \phi$ gaat in wrijving verloren.

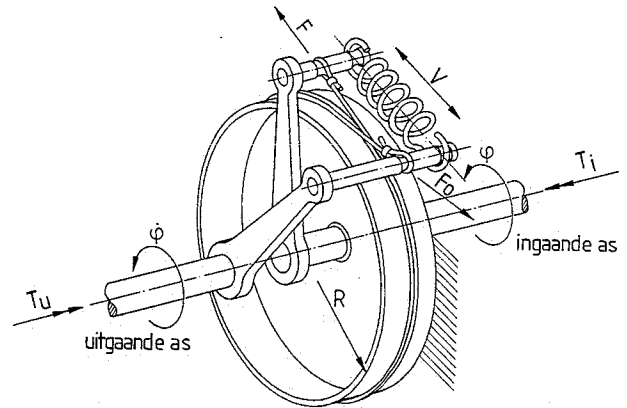
Strengelveerkoppeling

Figuur 160a toont een vrijlooppkoppeling waarbij een dichtgewikkelde schroefveer op een "iets te grote" naaf of bus geschoven wordt.

In wezen is dit hetzelfde principe als de niet-stroppende bandrem (III): het slijpkoppel in de niet-blokkerende richting is nu bepaald als het koppel, nodig om de veerwindingen open te buigen tot ze net vrij liggen op de bus. Daarbij worden dan precies zoveel windingen "opengebogen" dat de *resterende* veerlengte in combinatie met de optredende wrijvingscoëfficiënt juist een aan het slijpkoppel (= "openbuijkoppel") gelijk *aandrijfkoppel* oplevert. De veer gaat dus slippen bij een vast koppel dat *niet* afhangt van de wrijvingscoëfficiënt. De invloed hiervan vindt men alleen terug in de lengte van het nog op de bus aanliggende veerdeel.

Eén veer vervult hier de functies "lusvormen" (omslagen hoek) en "koppel

Figuur 159
Constant uitgaand
koppel
[A.H. Boerdijk].



bepalen". (Bij de bandrem volgens uitvoering III waren deze functies gescheiden: een relatief buig-slappe remband of remkoord en een aparte voorspanveer.)

Een nadeel is dat het koppel sterk afhangt van toleranties in de wikkeldiameter. Daarom werd ontwikkeld een slijpkoppeling binnenin een bus (zie figuur 160b) die zo was gedimensioneerd dat de veer kan worden verkregen door het *elastisch* oprollen van *recht* ongedeformeerd verenstaaldraad. Nu is het koppel alleen nog afhankelijk van de draaddikketoleranties.

Een variant op figuur 160a is die met een vóórgewikkelde schroefveer, maar met één einde vast op de ene bus en het andere einde zwak conisch gewikkeld en gemonteerd op een eveneens zwak conische tweede bus.

De voorspanning en daarmee het slijpkoppel is dan regelbaar door de veer iets axiaal te verschuiven op de con-

ische bus. Dit wordt bereikt door de cilindrische bus waar de veer vast op zit iets te verdraaien over drie schroeflijn-vormige vlakjes met ribbels die als pal-tandjes fungeren. Zo kan het gewenste slijpkoppel van audio-cassettespelers in massafabricage snel ingesteld worden.

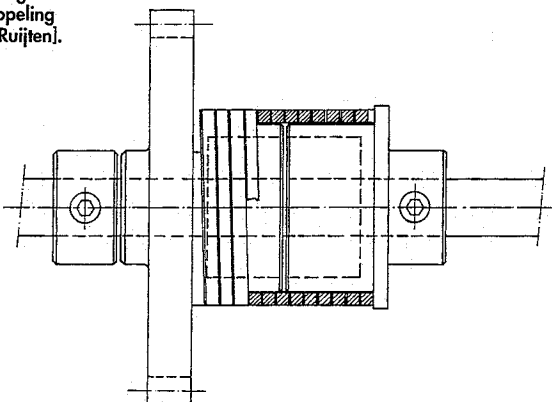
Wrijving in Bowdenkabels

Met $e^{\mu\alpha}$ toenemende wrijving over een omslagen hoek α met de daaruit voortvloeiende trekkrachtreductie (en zelfs stroppen!) treedt ook op in Bowdenkabels, camera-ontspannerkabels en dergelijke.

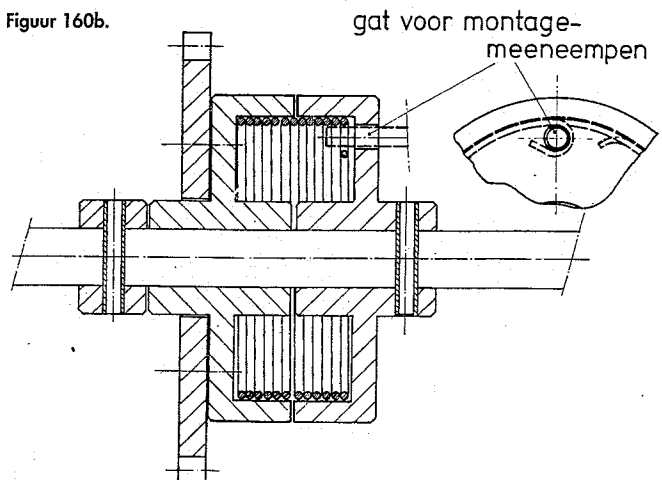
Men moet daar de totale omspannen hoek zoveel mogelijk beperken. Een leuk hulpmiddel hiertoe is geschetst in figuur 161.

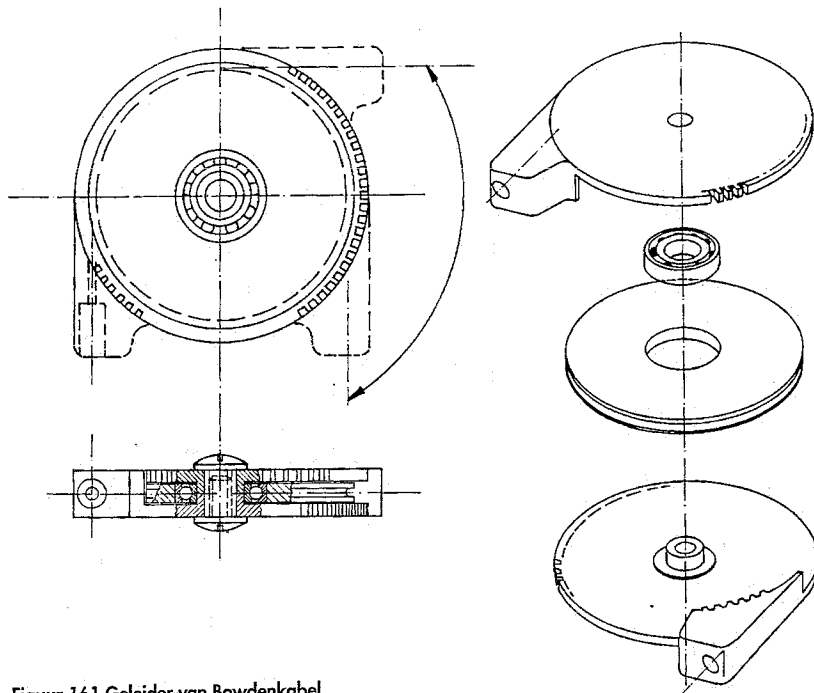
Twee identieke spuitstukken vormden elk een "huisheft" met opvang voor een buitenmantel van de bowdenkabel. Ze zijn getand en kunnen zo in elke stand tussen 90° en 180° op elkaar ge-

Figuur 160a
Strengelveer-
koppeling
[H. Ruijten].



Figuur 160b.





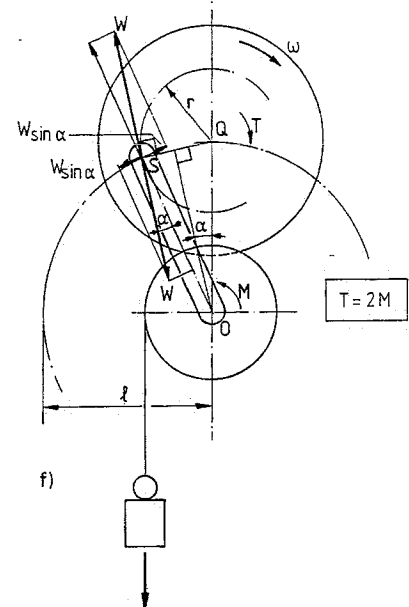
Figuur 161 Geleider van Bowdenkabel
[W.L.L. Lenders, W. v.d. Hoek].

past worden zoals aangegeven met de boog in de figuur. Een centrale verbindingsschroef draagt een kogellager waarop een schijf gelagerd is die de doorgaande binnenkabel draagt en geleidt. De zo omslagen hoek α draagt nu in elk geval niet bij aan de krachtsreductie $e^{\mu\alpha}$.

Van wrijvingscoëfficiënt onafhankelijke rem

In de rem van figuur 162 is het remkoppel (T) op de roterende (ω) schijf constant, omdat de straal (r) waarop de remschoen aangrijpt zichzelf instelt

naar de grootte van de wrijvingscoëfficiënt. Er wordt op de arm (OS) een constant moment (M) uitgeoefend. Voor het momentenevenwicht van de arm om O geldt:
 $W \ell \sin \alpha = M$.
 Voor dat van de schijf geldt:
 $T = W r$.
 Uit de geometrie is te zien $\ell \sin \alpha = r/2$.
 Er volgt nu:
 $T = 2M$.
 Zelfs een plotselinge variatie van μ door het opspuiten van olie wordt snel gecompenseerd doordat de remschoen in een steile spiraal naar buiten draait.



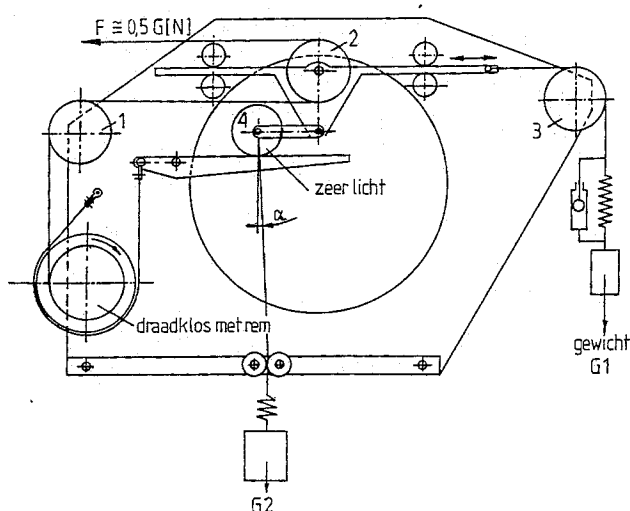
Figuur 162 Van wrijvingscoëfficiënt onafhankelijke rem [E.M. Schmidt].

Geremde aflopers voor draad en band
 Het bewerken en verwerken van band en draad vraagt een trekkracht die relatief weinig afwijkt van een ingestelde waarde.

Figuur 163 toont een mechanisme waarbij de draadspanning op listige wijze de rem bedient. De van de klos komende draad wordt via een omleidrol 1 over een horizontaal verschuifbare katrol 2 geleid. Aan deze katrol hangt via een omleidrol 3 een gewicht G_1 (met veer en demping). Aan de verschuifbare katrol 2 is een schalm met een gewicht G_2 bevestigd met daaraan rol 4 die langs een horizontale remhefboom afrolt. Bij verplaatsing naar rechts van de verschuifbare katrol (hoek α blijft klein) zal het remkoppel groter worden, bij verplaatsing naar links kleiner. De draadspanning stelt zich nu automatisch in op ca. $0,5 G_1$ [N].

Wrijving in kogelbanen en geleidegoten

Ook in geleidegoten voor losse producten, bijvoorbeeld bij onderdelen-toevoerinrichtingen of in retourbanen van kogelomloopmoeren en dergelijke, is sprake van een " $e^{\mu\alpha}$ -effect". Precies passend kan de goot niet zijn, dan klemmen de producten zich vast. Maakt men de goot evenwel te wijd dan



Figuur 163 Draadafloper [Driessens].

Mechanismen waarin wrijving een rol speelt (III)

gaan de produkten zig-zag in de rij staan en sluiten zij per drie stuks een hoek in (figuur 164) die over de totale goot kan sommeren tot een grote "omslagen" hoek α .

Bij een gegeven configuratie is zo een maximaal toelaatbare breedte te definiëren om stroppen te beperken tot gevallen met gebroken of onvolledige produkten of vuil.

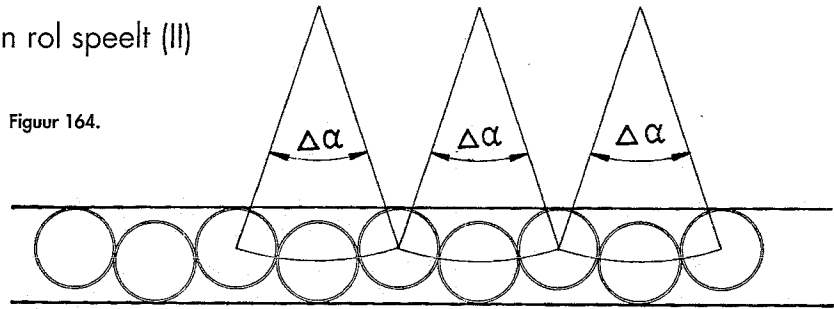
Arbeidsopname in wrijving

Vaak verdient het aanbeveling de kinetische energie van de door een arrêt of aanslag te stuiten massa niet op te vangen in elastische doorbuiging van de aanslag zelf, maar door middel van een daarvoor geschikte constructie op de beste wijze om te zetten in wrijvingswarmte.

Figuur 165a geeft drie standen van een periodiek geheven en weer teruggetrokken aanslag. De oorspronkelijke massieve pen gaf te grote botskrachten en ernstige slijtage in het gearreëerde mechanisme. In de geschetste uitvoering wordt de stootenergie opgevangen in wrijvingskracht maal remweg van het bovenste propje. Dit glijdt over de rand van de in de rechtgeleiding opgesloten holle pen. De wrijvingskracht is zo gekozen, dat de remweg toelaatbaar klein blijft. Bij terugtrekken van de pen wordt het propje in het conische gat weer gecentreerd.

Figuur 165b geeft een pneumatische of hydraulische snelheidsafhankelijke demping: de stoot wordt opgevangen en als er een zekere stuwdruk aanwezig blijft komt de massa tenslotte nauwkeurig in

Figuur 164.



de eindstand terecht. Ook figuur 165c is bij aanhoudende stuwdruk de eindstand exact, maar er is grote kans dat de botsing zich een aantal malen herhaalt, totdat de energie geheel in wrijving is gedissipeerd, terwijl de massa in elk geval de uiteindelijke ruststand even voorbij is geschoten.

Figuur 166 geeft een aardig voorbeeld van het opvangen van stootenergie in wrijvingskracht maal remweg.

Schets I toont de oorspronkelijke constructie: een draadgeleidingsslede van een kruisslagwikkelmachine.

De hartschijf zit geklemd tussen twee op de slede bevestigde kogellagers.

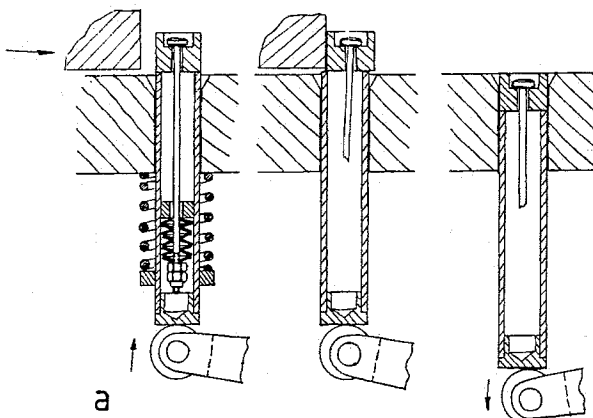
In het omkeerpunt treden uiteraard grote stoten op als gevolg van de aangeboden snelheidssprongen.

De bovenste lijn in de grafiek (kromme I) geeft voor deze constructie het verloop van de stootkracht als functie van het toerental, de inzetten geven het opgenomen verloop van de sledesnelheid v en de sledeverplaatsing x bij 1000 en bij 2000 omw/min (v op andere tijdbasis dan x).

Schets II geeft de gewijzigde constructie. In de eerste plaats is de slede aanzienlijk lichter gemaakt. De asjes van de looprollen zijn aan elkaar bevestigd door middel van een zeer lichte beugel 1. Deze beugel, die uit twee staalplaat-

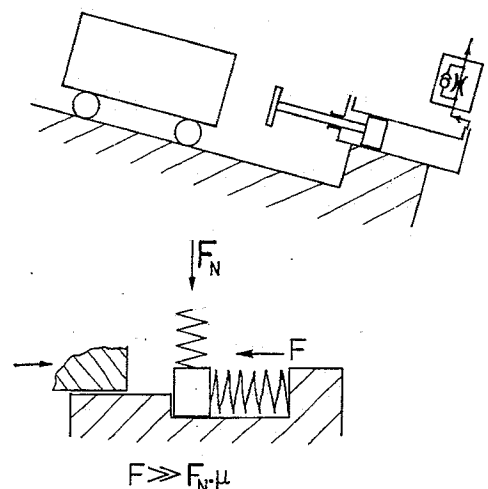
jes bestaat, staat onder voorspanning en klemt de hartschijf vast tussen beide rollen. Vast op de asjes zitten bronzen wrijvingsplaatjes 2, die door schotelveren 3 tegen de slede worden gedrukt. Overtreft de stootkracht de wrijvingskracht, dan zal de resterende energie door een (geringe) verschuiving in warmte worden omgezet. Twee scharnierplaatjes 4 zorgen voor de "rechtgeleiding" van deze verschuiving van de beugel ten opzichte van de slede (scharnierend om de looprolasjes en om vaste pennen 5 op de slede vormen ze een parallellogram). Een rechte nippel (dat is een gehard stalen pen) 6 dwars door beide scharnierplaatjes gestoken, maakt bezwaar tegen buiging in S-bochten en verzorgt zo een zekere oorsprongzoekende of terugstelkracht, zodat het heen en weer schuiven symmetrisch gebeurt ten opzichte van de nominale plaats. Daarbij werd verwacht dat het krachtverloop aanvankelijk kromme I in de grafiek zou volgen, om dan bij het bereiken van de verschuifkracht (ingesteld was 140 N) horizontaal af te buigen, om bij grote toerentallen (dus bij relatief grote verschuivingen) iets op te lopen ten gevolge van de terugstelkracht van de nippel.

Het gemeten verloop volgens kromme II is nog aanzienlijk gunstiger. De ondersnijding op de top van de hartschijf

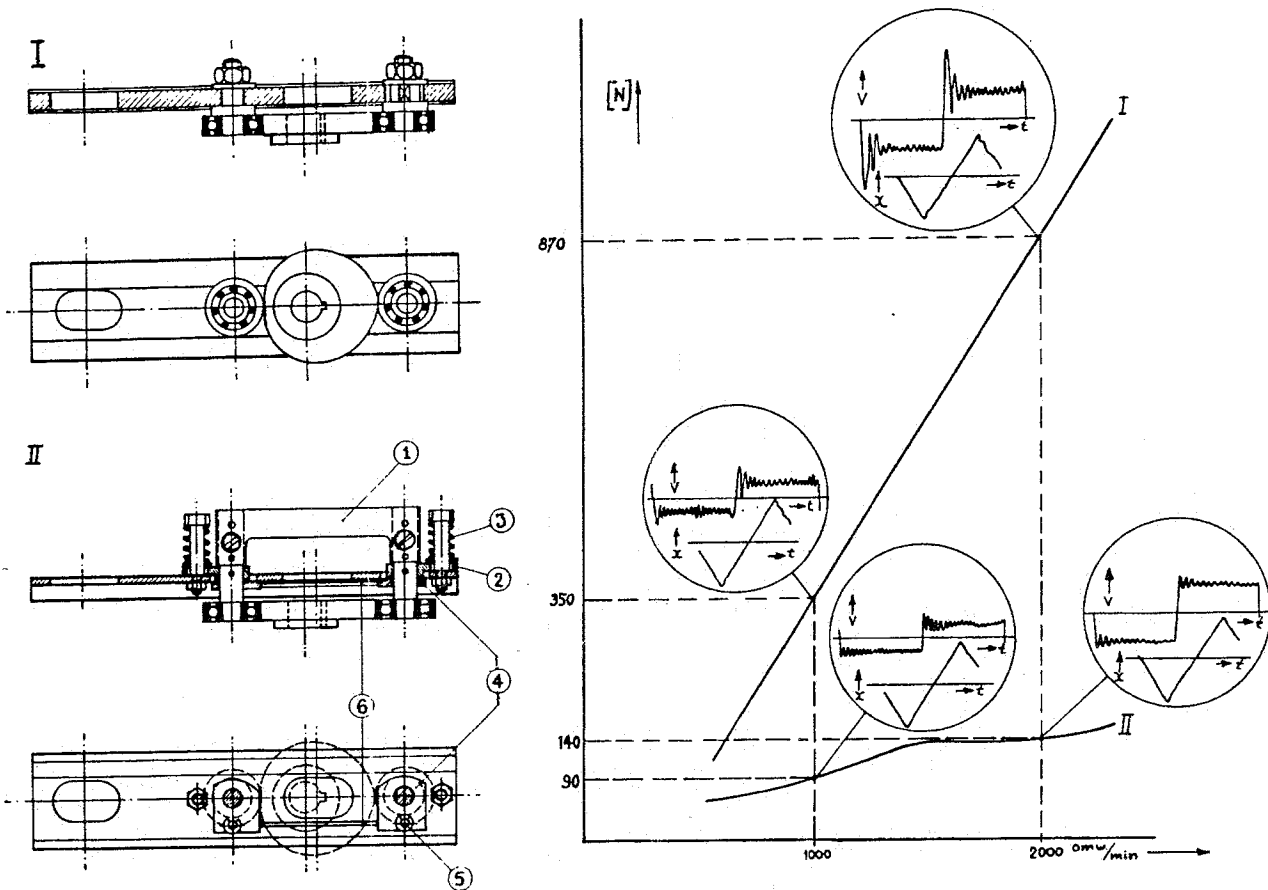


Figuur 165a.

Figuur 165b.



Figuur 165c.



Figuur 166 Draadgeleidingslede van de kruisslagwikkelmachine [D.C. Reddering-Lammens].

maakt dat er ten gevolge van de voorspanning van de beugel ook bij lage toerentallen toch reeds een verschuiving van de wrijvingsplaatjes ten opzichte van de slede optreedt. Aanvankelijk zal deze verschuiving vrijwel symmetrisch zijn (bijvoorbeeld +5 μm en -5 μm).

Bij toenemend toerental wordt dit bijvoorbeeld +6 μm en -4 μm , wat neerkomt op een resulterende gemiddelde verschuiving van 1 μm , dus een stootenergie-opname van 140 N. μm = 0,14

N.mm. Er wordt dus al energie in warmte omgezet lang voordat de stootkracht de waarde van de ingestelde wrijvingskracht heeft bereikt!

De inzetten tonen hoeveel beter het verloop is van snelheid en verplaatsing met de tijd.

Scheef slijten van remblokken

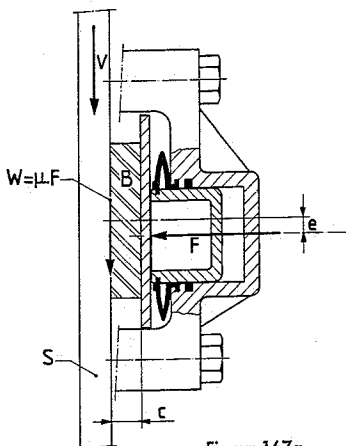
Bij remblokken zoals die bijvoorbeeld bij schijfremmen voor auto's gebruikt worden, treedt gemakkelijk ongelijke slijtage op en dus op den duur scheef-

stand van de blokken en schranken van de aandrukcyinders. De wrijvingskrachten treden op in het vlak van de schijfrem en men kan de blokjes moeilijk precies in dat vlak afsteunen.

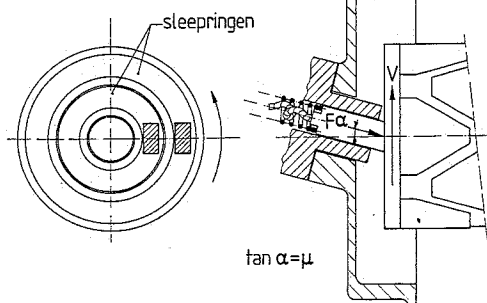
Ondersteuning op de afstand c buiten het remvlak leidt tot een koppel $c \cdot \mu F$ dat alleen kan worden opgevangen door de aandrukkracht F op een afstand $e = \mu c$ buiten het midden van het blok te laten aangrijpen, zie figuur 167a.

Wel ontstaan er afwijkingen tijdens de levensduur omdat bij het slijten van het remblok de waarde c afneemt.

Men ondervindt dit bij een analoog probleem door het "remblok" (in dit geval een koolborstel van een wisselstroomgenerator) scheef uit te voeren volgens figuur 167b met $\tan \alpha = \mu$. Schranken tredt nu niet meer op, zodat het contact met de rotor beter behouden blijft.



Figuur 167a.



Figuur 167b Koolborstelconstructie [M.R. de Wilde].

"Constructies voor het nauwkeurig bewegen en positioneren" is een selectie uit de verzameling constructieprincipes die op initiatief van prof. ir. W. v.d. Hoek in 1962 is opgezet en die nog steeds wordt uitgebreid. Door ir. P.C.J.N. Rosielle en E.A.G. Reker (TU-Eindhoven) is speciaal voor de lezers van *Mikroniek* een selectie gemaakt die in 18 afleveringen wordt gepresenteerd. Bijdragen van lezers als kritiek, suggesties of eigen ervaring worden door de auteurs op prijs gesteld.