

LEER JE MOLEN KENNEN

De loopvlakken van kammen en staven *(voor een nadere uitleg zie de bijlagen)*

Vroeg of laat ontstaan er op kammen en staven loopvlakken. De vraag is kunnen we van deze loopvlakken iets leren, als het om de kwaliteit van de overbrenging gaat? Het antwoord is zeker wel, we zullen het met voorbeelden aantonen. Wat willen we weten? De mate van wrijvingsverliezen en de slijtage gevoeligheid van het loopwerk. Waar we naar op zoek zijn is de vraag of de krachtoverdracht wel plaats vindt tussen de kop en de voet (tijdens het uitstrijken) na het diepste ingrijppunt, want dan zijn de wrijvingsverliezen het laagst. Of eigenlijk of er praktisch geen krachtoverdracht plaatsvindt tussen de voet en de kop (tijdens het instrijken) voor het diepste ingrijppunt, want dan zijn de wrijvingsverliezen het hoogst. We willen graag kort en laag belaste kammen tijdens het instrijken en lang en hoog belaste kammen tijdens het uitstrijken. En of dat zo is kunnen we vaak aan de loop en slijtagevlakken waarnemen. We zullen dat niet altijd kunnen zien omdat er natuurlijk altijd wel gevallen zijn waarbij de staven en kammen zo zijn toegetakeld dat er geen touw meer aan valt vast te knopen.

De praktijk is vaak niet ideaal te noemen. Is dat zo erg? En wat kunnen we hierdoor verwachten?

- Het verlies aan windkracht door hoge wrijvingsverliezen. (grote gevoeligheid voor windaanbod)
- Extra slijtage van kammen staven en taatsen
- Lawaai door resonanties
- Molenschade door resonanties
- Verstoring van het woongenot (rinkelende kopjes) door resonanties

Tot hoever gaan we nog akkoord. Er zijn natuurlijk grenzen.

Onvolkomenheden bij kamwielen vinden hun oorsprong in twee belangrijke fouten:

- 1 Een verkeerde ligging van de steekcirkel.

De ligging van de steekcirkel op de kammen is bepalend voor de mate waarin het zo gewenste kop/voet kamcontact of het uitstrijken tot stand komt. Een foute ligging is ook het gemeenst, het is alleen oplosbaar door bijvoorbeeld de staven of kammen te verplaatsen, of door voor een andere schijffloop te kiezen.

- 2 Profielfouten.

Als de steekcirkelligging min of meer in orde is dan zijn er minder problemen met de kamprofielen te verwachten. En anders komt het door poetsen en of het inlopen (inslijten) vaak goed. Bij nieuwe kammen geeft het ontwerpen van de kammen natuurlijk meteen de goede oplossing.

Conclusies:

- ***Als de steekcirkelligging niet in orde is heeft het geen enkele zin om de kammen te vervangen!***
- ***Als er werkzaamheden aan de kamwielen moeten plaats vinden, dan is het verstandig dat we de ligging van de steekcirkel kennen door dan eerst de wielen op te meten en door te rekenen!***

Onze belangstelling gaat uit naar:

- a. *De vergelijking van de slijtsproen van de voorkant (het werkzame deel) en de achterkant (het niet werkzame deel) van kammen en staven.*
- b. *De plaats en grootte waar we de loop en slijtagesproen aantreffen.*

a De voor en achterkant van kammen en staven.

Niet goed: *De bovenwielen van een poldermolen.*

Dit moeten we niet normaal gaan vinden.

De inslagen van de niet werkzame staafgedeelten wijzen op profielfouten van de kammen.

De inslagen aan de voorkant van de staven wijzen (zoals we verderop zullen zien) op steekfouten.



b De plaats en grootte waar we de loop en slijtagesporen aantreffen.

Nu we weten dat de kop/voet overdracht voor de kamkrachten zo belangrijk is komt de vraag naar voren waar vinden we de kop en de voet van kammen en staven? Daarvoor gaan we even terug naar wrijvingswielen, cilindrische of kegelvormige lichamen met rolcirkels die wegens slippen geen grote kamkrachten kunnen overbrengen. Om dat wel te kunnen doen voorzien we de buitenomtrek van het drijvende wiel van obstakels (uitsteeksels) en het gedreven wiel met uitsparingen waar de uitsteeksels in passen. Nu hebben we een kop/voet overbrenging voor een bepaalde richting van belastingoverdracht. De andere richting voet/kop doen we liever niet. Alles wat boven de rolcirkel uitsteekt is de kop, alles wat er onder ligt is de voet. Bij onze molenwielen is de steekcirkel de rolcirkel. Dus als we weten waar de steekcirkel ligt dan weten we ook waar we de kop en de voet kunnen vinden. Bij een schijfloep is het duidelijk, de steekcirkel ligt in het hart van de staven. De koppen van de staven liggen dus buiten de steekcirkel, de voeten liggen binnen de steekcirkel. Bij een spoorwiel is het ook duidelijk, de hartlijn ligt in de voet van de kammen. Kammen van een spoorwiel hebben dus geen voet en kunnen dus ook niet aangedreven worden. Bij kroon en varkenswielen wordt het moeilijk, we kunnen wel aan de hand van de slijtsporen een inschatting maken. Als we het precies willen weten dan kunnen we beter de wielen opmeten en de zaak doorrekenen met een rekenprogramma. Weten we wat de kop en wat de voet is dan kunnen we aan de hand van de volgende 5 toepassingen onderzoeken wat de loop en slijtvlakken ons kunnen leren.

1. *Samenwerkende kamwielen.*
2. *Spoorwiel drijvend.*
3. *Spoorwiel gedreven.*
4. *Kroonwiel drijvend.*
5. *Kroonwiel gedreven.*

1. samenwerkende kamwielen.

Goed: *De paltrok houtzaagmolen De Poelenburg (1904) te Zaandam.*

Is en was een kop/voet overdracht van de kamkrachten werkelijk zo belangrijk? Om een molen zo lang mogelijk in bedrijf te houden moesten de molens, bij weinig windaanbod, nog zo lang mogelijk blijven functioneren. Daarom was naast een windgevoelig wiekensysteem ook een verliesarm gaande werk van groot belang. In de Zaanstreek viel de keuze op kammen voor de bovenwielen omdat daarmee gemakkelijk het kop/voet contact was te realiseren. Dit kon door eenvoudig een steekvergroting van het drijvende wiel toe te passen, of een van de wielen ten opzichte van de ander te verplaatsen. Hoe groot de betekenis is geweest van het kop/voet contact van de kammen voor het succes van de industriële revolutie van de Zaanse molens is moeilijk in te schatten, maar moet wel erg groot zijn geweest.

De paltrok houtzaagmolen.

Bovenwiel 66 kammen, varkenswiel 26 kammen.

Het is heel bijzonder dat in een periode dat vele molens gebukt gingen (en nog gaan) onder de zware wrijvingsverliezen van hun gaande werken (en daar zijn veel voorbeelden van) en dat dan de paltrok houtzaagmolen een krukasaandrijving heeft die praktisch geheel verliesvrij is. Dit is een voorbeeld hoe perfect samenwerkende kamwielen kunnen functioneren.

Er vindt duidelijk een kop/voet en een voet/kop krachtoverdracht plaats met een groot loopvlak. De achterkanten van de kammen zijn zo goed als maagdelijk. Ondanks de bezwaren van een paltrok als houtzaagmolen moet deze uitgelezen aandrijving van de krukas een van de redenen geweest zijn waarom de paltrok molen in het verleden zo populair was.

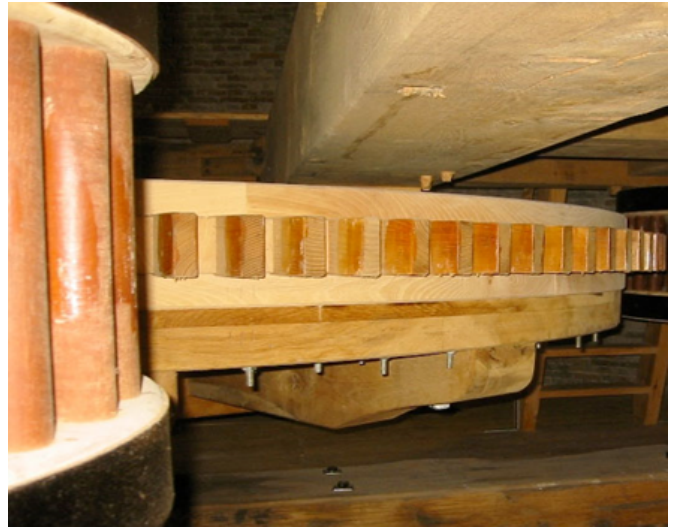


2 spoorwiel drijvend.:

Goed: *De Seismolen (1728-1954) Middelburg.*

Spoorwiel 121 kammen, schijfloop 35 staven.

Dit is een voorbeeld om stil van te worden. De wielen zijn in bedrijf ook bijzonder stil. Hier klopt werkelijk alles. De steek of rolcirkels raken elkaar. (zie voor meer uitleg de bijlagen). Het kamprofiel is zuiver (zonder te poetsen) en alleen voor dit schijfloop ontworpen. En niet voor een schijfloop met net een iets ander aantal staven, en al helemaal niet voor het kleine schijfloop voor een pelwerk dat zoveel meer energie vraagt. Dat pelwerk kan beter aangedreven worden door een extra kamwiel op het spoorwiel, als een gescheiden aandrijving. Verder zien we brede loopvlakken op het werkzame staafgedeelte binnen de steekcirkel van de staven. (de enige mogelijkheid overigens). Die brede loopvlakken wijzen op de zuivere kamprofielen met een lange ingrijpduur of ingrijpweg van de kammen. De loopsporen van de kamkoppen laten dat ook duidelijk zien.



Niet goed: *De Leeuw (1863-1995) Aalsmeer.*

Spoorwiel 79 kammen, schijfloop 33 staven.

Fout zijn de smalle loopvlakken op de staven en zijn de niet werkzame achterkanten van den staven ingeslagen. Deze zijn instrijkend in botsing gekomen met de achterkant van de kammen, met rammelen en wrijvingsverlies tot gevolg. Bij het nameten en doorrekenen van de afgebeelde wielen blijkt dat de steekcirkel van de staven en dus ook

van de kammen veel te klein is en raken de steekcirkels elkaar niet. De staven moeten 16 mm naar buiten! Meten is weten!

3 spoorwiel gedreven. (steenwiel).

Goed: *Oliemolen De Zoeker (1670) Zaandam*

Steenschijfloop 15 staven, steenwiel 72 kammen.

Dit is normaal een voet/kop aandrijving met puur instrijken en als zodanig onbruikbaar. Met een steekvergroting van 3% van de staven wordt het instrijken vermeden en vindt er na het diepste punt een pulserend uitstrijken op de tandvoet plaats. De onregelmatig gang van het steenwiel is voor de aandrijving van een kollergang geen enkel bezwaar. Nevenstaande foto toont de gladde loopvlakken van de meer dan 100 jaar oude kammen als bewijs van een enige goede oplossing. Om de pulserende aandrijving van de kollergang te vermijden moeten we het steenwiel met een bovenwiel aandrijven. Deze oplossing is niet eenvoudiger.



4 kroonwiel drijvend; (bovenwiel).

De kammen van een bovenwiel van een poldermolen.

Goed: *De Blokker (1630-2001) Kinderdijk.*

Bovenwiel 70 kammen, schijfloop 38 staven.

Deze kammen van een bovenwiel bestaan voor 85% uit kamkoppen en voor 15% uit kamvoeten. De steekcirkel op de kammen ligt dus vrij ver naar binnen. Daarbinnen is de kleine holle kamvoet nauwelijks zichtbaar. Dit is een ideale kamvorm voor een bijna volledige kop/voet overdracht van de kamkrachten met een nagenoeg volledig uitstrijken. Het kamprofiel is zuiver en door ontwerpen tot stand gekomen. Let op: het kamprofiel is niet rond maar opgebouwd uit rechte lijnen!



De staven van een bovenschijfloop van een poldermolen.

Niet goed, goed fout: *Het bovenschijfloop van de Pendrechtse poldermolen. (1731-1993) te Barendrecht.*

Bovenwiel 55 kammen, bovenschijfloop 26 staven.

Wat we hier zien is wel heel bijzonder. Een lang en breed loopspoor de voorkant de staven. Het is de kop van de staven, het staafgedeelte buiten de steekcirkel van de staven en het instrijkgedeelte van een bovenwiel. Liever hadden we een kort en smal spoor gezien in verband met de wrijvingsverliezen. Met een breed en lang spoor weten we al dat de steekcirkeldiameter van de staven te groot is maar met een loopspoor van deze afmetingen moet wel iets bijzonder aan de hand zijn. Dan blijkt dat de staven van het schijfloop 42 mm te ver naar buiten staan en de steekcirkel van de kammen niet in het midden op de kammen maar liefst 57 mm buiten de kammen ligt. De kammen bestaan dan alleen uit kamvoeten en hebben het zwaar te verduren door tegen de vezelrichting in volledig in te moeten strijken. We kunnen de volgende conclusies samenvatten:

- Als de kammen met alleen maar kamvoeten volledig instrijken dan heeft het geen zin aan de kammen te poetsen, ze blijven altijd volledig tegen de vezelrichting in instrijken.
- Het is opmerkelijk dat deze bijzondere afwijking van de steekdiameter met grote kamkrachten en hoge wrijvingsverliezen als gevolg niet eerder werd opgemerkt en schijnbaar nog goed loopt. En nog betrekkelijk stil is ook. Vermoedelijk is dat het werk van de pokhouten staven.
- Uitstrijkende kamprofielen die zijn ontworpen maken het gebruik van pokhout overbodig!
- Een grote steekafwijking is een gemeen probleem, alleen oplosbaar door het schijfloop te vervangen.
- Dat bovengenoemde fouten van de steekligging uit een recente restauratie stammen, verklaard veel.
- De lange instrijkvlakken op de staven hebben wel een positief effect op de loopeigenschappen, doordat de belasting verdeeld wordt over een langere ingrijpweg en meerdere kammen.



5 kroonwiel gedreven: (onderwiel).

De staven en kammen van de onderwielen van een poldermolen.



Goed: *Onderschijfloop Pendrechtse Molen (1731-1993).*

Onderschijfloop 21 staven, onderwiel 80 kammen.

De koppen van de staven (het staafgedeelte buiten de steekcirkel van de staven) hebben een mooi glad en breed uitstrijkloopvlak.

Het instrijkloopvlak binnen de steekcirkel als voet van de staaf valt bijna niet op en dat is maar goed ook.

Goed: *Het waterwiel van de Pendrechtse Molen. (1731-1993)*

Onderschijfloop 21 staven, onderwiel 80 kammen.

Aan de grote ingesleten holle kamprofielen te zien hebben de kammen een grote voet en dus een gunstig kop/voet contact. Volgens de metingen ligt de steekcirkel op 24 mm binnen de buitenomtrek van de kammen en is dus 76% van het loopvlak kamvoet (85% van de kamvoet is ideaal).

De wielen zijn niet voldoende stil, vermoedelijk zijn de kamprofielen niet hol genoeg ingesleten of staan de staven te diep in zijn werk.

Een ontwerp van het kamprofiel zal dat moeten uitwijzen.



Ten slotte:



Niet goed: *De bovenwielen van Poldermolen M (1635) Zuid Schermer.*

Bovenwiel 49 kammen, bovenschijfloop 23 staven.

Rechts onder in het beeld kijken we recht op de kop van de staaf (het gedeelte buiten de steekcirkel van de staven) met diepe staafbeten. Die zijn veroorzaakt door een te grote steekcirkeldiameter van kammen en staven. Op de kammen zien we een holle voet en een vlakke kop van ongeveer dezelfde grootte. In het grensgebied van die vlakken kunnen we de ligging van de steekcirkel verwachten. Dat klopt met de meting, de steekcirkel ligt op het midden van de kammen. (knap van de molenmaker). Willen we een Blokker kamprofiel met 85% uitstrijken dan moeten we

de staven van het schijfloop 16 mm naar binnen verplaatsen.

Het slijtagebeeld dat we hier aantreffen is voor de bovenwielen van poldermolens geen uitzondering.

DE MACHT VAN HET SCHIJFLOOP.

Spoorwiel met schijfloop

Het lijkt op het eerst gezicht een eenvoudige moleneigen oplossing de aandrijving van een schijfloop door spoorwiel maar dat is het niet. De steek of roldiameter van het schijfloop is namelijk onveranderlijk, met de steek of roldiameter van het spoorwiel kan nog iets (plus/min 1cm) gemarchandeerd omdat de ingrijpdiepte van de staven kan variëren. Kiest men echter voor het zuiver kamprofiel dan is dat ook niet meer mogelijk en zijn de twee roldiameters hard. Het probleem is dat de verhouding tussen die twee harde roldiameters precies gelijk moet zijn aan de kam/staaf verhouding van de wielen. De roldiameters moet elkaar raken, doen ze dat niet dan rammelen de staven, overlappen ze elkaar dan lopen de wielen zwaar. Een mogelijkheid om het voor elkaar te krijgen kan zijn om eerst het spoorwiel met zuivere kammen en een vaste ingrijpdiepte te maken, die op te meten en dan de staven op de goede steekdiameter te zetten. Dat het in de praktijk vaak niet in orde is behoeft geen bezwaar te zijn, draaien doet het altijd wel. Wordt het te gek dan kan men altijd het spoorwiel opmeten en de staven op de goede plaats zetten.

Kroonwiel met schijfloop

Wat leren de slijtsporen van de kammen en staven ons over ligging van de steek en rolcirkel op de kammen?

1. Voor het kroonwiel geldt dat binnen de steekcirkel van de kammen het slijtvlak hol is terwijl het gedeelte buiten de steekcirkel meer vlak is. Op het grensgebied kunnen we de ligging van de steekcirkel verwachten.
2. Bevatten de staafkoppen (buiten de steekcirkel van de staven) van een bovenschijfloop opmerkelijke diepe beten, dan zijn van beide wielen de steek en rolcirkeldiameters van de kammen en de staven te groot.
3. Bevatten de staafkoppen (binnen de steekcirkel van de staven) van een onderschijfloop opmerkelijke diepe beten, dan zijn van beide wielen de steek en rolcirkeldiameters van de kammen en de staven te klein.

De steekcirkel is een denkbare cirkel op de kammen waarbij de steekafstand tussen de kammen precies gelijk is aan de steekafstand van de staven. Dus niet de verdeelcirkel van de molenmaker die men soms op de kammen aantreft. Daar buiten is de steekafstand van de kammen groter, daar binnen is de steekafstand kleiner. De grootte van de steekcirkeldiameter wordt bepaald door de grootte van de steekcirkeldiameter van de staven vermenigvuldigd met de omzet verhouding.

De eigenschap van de steekcirkel is dat buiten de steekcirkel de kammen uit koppen bestaan en binnen de steekcirkel de kammen uit voeten. De kamvoeten zijn duidelijk herkenbaar aan de ingesloten holle profielen. Molenmakers plannen de steekcirkel midden op de kammen. Nu zou je denken dat een steekcirkel midden op de kammen de gunstigste ligging zou zijn, maar dat is niet het geval. Voor het bovenwiel is een kleinere steekcirkeldiameter met een grotere kamkop beter. Voor het onderwiel is een grotere steekcirkeldiameter met een grotere kamvoet beter.

Uit het oogpunt van lage wrijvingsverliezen zijn in de praktijk de steek en rolcirkeldiameters van de kammen en staven van de bovenwielen bijna altijd te groot en die van de onderwielen bijna altijd te klein.

Het schijfloop beheerst dus de kameigenschappen van het kamwiel tussen twee uitersten: een volledige kamvoet met de steekcirkel radiaal gezien op de buitenrand van de kammen, of een volledige kamkop met de steekcirkel radiaal gezien op de binnenrand van de kammen. Of alles er tussenin. Dit is het wat dit soort aandrijvingen zo bijzonder maakt maar tegelijk een valkuil is voor diegenen die het niet goed door hebben. Door alleen al de steekcirkeldiameter van de staven te variëren kunnen we voor de meest ideale eigenschap van het kamprofiel kiezen. En problemen oplossen, zoals die van de dwarskrachten op de wielen!

Als de staven zich tussen de kammen bevinden of tussen de kammen verwijderd worden treden er nauwelijks dwarskrachten op de wielen op. Alleen bij het inschuiven of invoegen van de staven tussen de kammen kunnen de staven vroegtijdig in aanraking met de kammen komen.

Voor het bovenwiel zal de voet van de kammen de kop van de staven treffen.

Voor het onderwiel zal de voet van de staven de kop van de kammen raken.

Onder belasting ontstaan dan grote dwarskrachten op de wielen met veel wrijvingsverlies en slijtage.

De oplossing is eenvoudig, houdt de voet van het bovenwiel en de kop van het onderwiel klein.

En daar is nou de juiste steekcirkeldiameter van de staven goed voor. De macht van het schijfloop.

Voor meer informatie en een rekenmodule zie de handleiding KAMWIELEN ISBN 9 789083 026503.

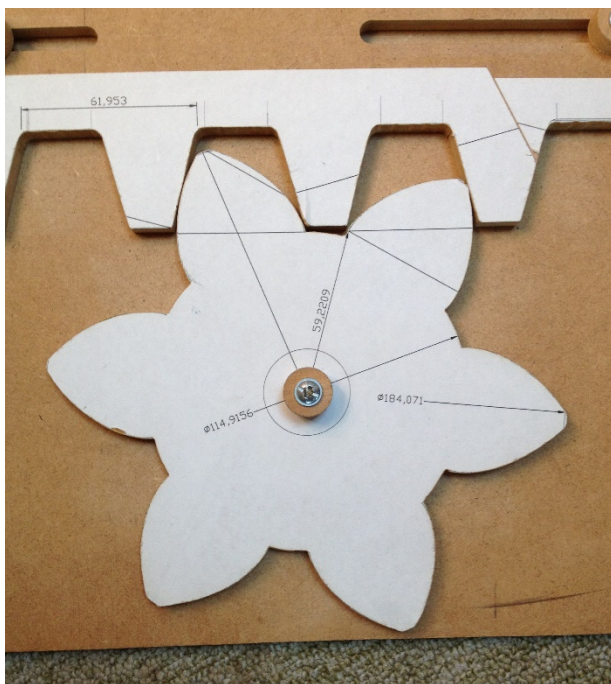
Uitgever: Drukkerij RAD te Dordrecht. mail adres: info@drukkerij-rad.nl.

Bijlage 2

Gebruikte Begrippen en definities.

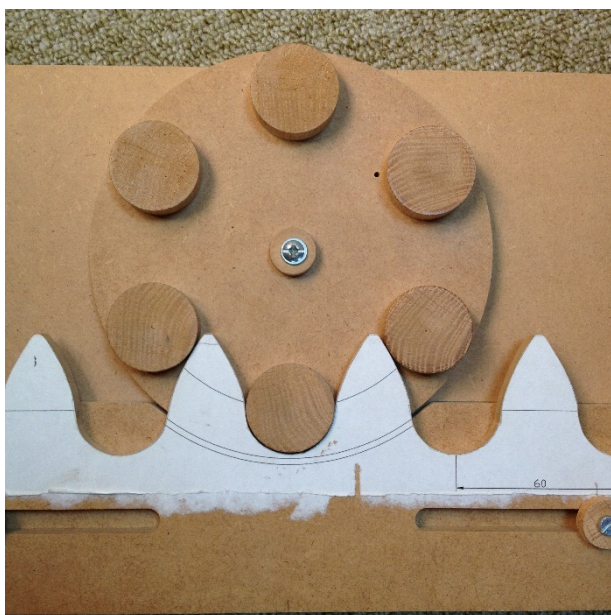
De steekcirkel:	de steekcirkel is identiek aan de rolcirkel bij wrijvingswielen.
Het instrijken:	de kammen en staven onder belasting in elkaar schuiven (liever niet doen!).
Het uitstrijken:	de kammen en staven onder belasting uit elkaar schuiven (zoveel mogelijk nastreven!).
Krachtoverdracht:	bij voorkeur kop/voet krachten overdracht na het diepste ingrijppunt.
Het invoegen:	de kammen en staven onbelast in elkaar schuiven.
Staafkop:	het staafgedeelte buiten de steekcirkel van de staven. (voorkant).
Staafvoet:	het staafgedeelte binnen de steekcirkel van de staven. (achterkant)
Beetcultuur:	het traditioneel aanbrengen en inslijten van staafbeten om de wielen lopend te maken.
Instrijk beet:	op de voorkant van een staaf bij bovenwielen en de achterkant bij onderwielen. (slechte beet)
Uitstrijkbeet:	op de achterkant van een staaf bij bovenwielen en de voorkant bij onderwielen (goede beet)..
Zuiver kamprofiel:	de basis voor een maximum aan kamvolume en kamsterkte en een eenparige gang van de wielen.
Kamontwerp:	wetenschappelijke benadering van kamprofielen waardoor maximaal uitstrijken mogelijk wordt.

Werkende demonstratie modellen



Samenwerkende lamwielen

Dit model van werkende kamwielen is een bijzonder geval. Een rondsel met 6 kammen drijft een heugel (een kam wiel met een oneindig grote diameter) aan. Het rondsel bevat alleen kamkopen. De rol en steekcirkel ligt in de voet van de kammen. De heugel bevat alleen uitsparingen of kamvoeten. De rol en steekcirkel, hier een rechte lijn, liggen op de top van de kammen. Duidelijk is te zien dat het rondsel alleen drijvend kan zijn door het uitstrijken van de kammen en het kop/voet contact. Maken we nu het rondsel groter met meer kammen en het oneindig grote kamwiel kleiner met minder kammen dan krijgt het rondsel voeten en het grote wiel koppen met als gevolg meer instrijken door voet/kop contact. Dan wordt het tijd om de kamsteek van het drijvende wiel te vergroten om het instrijken om te zetten in invoegen. Daarmede ontstaan wel fluctuaties in de gang van de wielen een reden om de steekvergroting klein te houden.



Spoorwiel drijvend

Dit model van een drijvend spoorwiel is ook een bijzonder geval. Het schijfloop met 6 staven wordt aangedreven door een heugel (in dit geval een spoorwiel met een oneindig grote diameter). Spoorwielen bevatten allen kamkoppen. De rol en steecirkel van de heugel, in dit geval een rechte lijn loopt door het hart van de staaf in het diepste punt. De rol en steekcirkel van de staven ligt op het hart van de staven. De rol en steekcirkels van beide wielen raken elkaar in het diepste ingrijppunt van de staven. Duidelijk is te zien dat alleen uitstrijken mogelijk is op de staafvoet of de achterkant van de staven. Dus dat gedeelte dat alleen binnen de steekcirkel van de staven ligt. Staven hebben dus ook een voet!

Spoorwiel gedreven.

Gaan we met een schijfloop een spoorwiel aandrijven wat eigenlijk niet aan te raden is, dan hebben we alleen te maken met het instrijken en een voet/kop contact. We kunnen om in te voegen dan nog wel met een steekvergroting van de staven met ca 3% nog wel een kollergang mee aandrijven..



Een moeilijk geval

We hebben hier eigenlijk te maken met een aandrijving van kegelwielen zoals we die ook bij de aandrijving van een vijzel kennen. De kammen van het spoorwiel zijn nog wel in die kegelvorm in te passen maar een cilindervormig lichaam met staven al helemaal niet. Wie heeft ooit zoiets kunnen bedenken? Om over het uit twee delen bestaand onvoorspelbaar complexe kamprofiel maar te zweigen. En dan de opstelling van de staven in het schijfloop. Moeten ze in cilindervorm, conisch met de top naar boven of naar beneden? Simon Stevin wist het ook niet met zijn verkeerd geplaatste staven (met de kegeltop naar beneden) van het onderschijfloop. Vermoedelijk is zijn molenproject in IJsselstein hierop mislukt. In de praktijk kom je nog wel eens conisch opgestelde staven tegen, maar naast een moeilijke constructie levert het niets op. In tegendeel het kan alleen maar slechter uitpakken. Traditioneel heeft men het probleem van het moeilijke kamprofiel trachten op te lossen door het invoeren van staafbeten met poetsen en smeren maar nog wel met een ligging van de steekcirkel in het midden van de kammen.

Een werkend model voor kroonwielen

Het werkend model bestaat uit een kamsegment en een staafsegment. De buitendiameters van de segmenten verhouden zich als de overbrengingsverhouding. De segmenten zijn voor hun beweging gekoppeld met koorden, daartoe is het linker kamsegment met een koord verbonden met het rechter staafsegment en andersom het rechter kamsegment met de linker staafsegment. De staaf beweegt zich contactloos met een minimale speling bij het verdraaien van de segmenten tussen de kammen door. Door een werkend model met wielsegmenten kunnen we het ontstaan de van zuivere kamprofielen voor boven en onderwiel laten zien.

De toepassing van het zuivere kamprofiel is absoluut subliem en universeel in combinatie met een correcte ligging van de steekcirkel. In de werkplaats wordt een kammodel op ware grootte op een dergelijke methode gemaakt en is er geen enkele reden te bedenken om van het zuivere kamprofiel af te wijken.

Het bovenwiel drijvend rechtsom draaiend (afbeelding boven)

We vinden de steekcirkel van het bovenwiel op de scheiding van de twee verschillende kamprofielen, het binnen en het buitenprofiel. Het belangrijke uitstrijkgedeelte voor bovenwielen buiten de steekcirkel moet bij voorkeur 85% zijn en dat klopt redelijk. Let op het lijncontact met de staaf. Duidelijk is te zien dat het uitstrijken plaats vindt aan de achterkant (de voet) van de staaf. Keren we de draairichting van het bovenwiel om, dan zien we dat het instrijken van het kamgedeelte binnen de steekcirkel op de buitenkant (de kop) van de staaf plaats vindt. Dit gedeelte houden we dus graag klein.

Het onderwiel gedreven linksom draaiend (afbeelding beneden)

Het voor onderwielen zo belangrijke holle kamgedeelte binnen de steekcirkel is geen 85% van de kambreedte dus veel te klein.

De kamblokken moeten dus als geheel naar binnen geschoven worden waardoor het buitenprofiel met dezelfde maat kleiner wordt als het binnenprofiel groter. De kamprofielen moeten dan opnieuw vastgelegd worden. Let ook weer op de rechte contactlijnen. Duidelijk is te zien dat het uitstrijken plaats vindt met voorkant (de kop) van de staaf en het instrijken met de achterkant (de voet) van de staaf. .

Waarom ontwerpen?

Door het ontwerpen van de kamprofielen is volledig uitstrijken mogelijk geworden met vollere kammen, bredere kammen, een eenvoudige kamvorm (alleen rechte lijnen), lijncontacten in plaats van puntcontacten, geen staafbeten meer, lagere kam en taatskrachten, minder wrijvingsverliezen, langere levensduur, geen inloopp problemen en een mogelijke toepassing van kamwerk met een grovere kamsteek. Kan het nog mooier?

