

info: Unique 'Werkspoor' Slide Rule**keywords:** Slide Rule, Werkspoor, Screw Cutting on the Lathe

Een bijzondere rekenliniaal

Rekenhulpmiddelen op maat

Tegenwoordig – nu veel zaken met behulp van computers bestuurd en geregeld worden – zijn er bedrijven die voor die toepassingen waar standaard software te kort schiet speciale programma's ontwikkelen. Daarnaast zijn er ook nog lieden die voor hele specifieke problemen eigen oplossingen bedenken. In de tijd van de rekenliniaal was dit natuurlijk niet anders. Als de fabricage van een bepaald type rekenliniaal economisch gezien aantrekkelijk was namen fabrikanten als Nestler en Faber-Castell deze in hun leveringsprogramma op. Een mooi voorbeeld hiervan is de betonrekenliniaal systeem Maarschalk ontwikkeld door M.C.M. van Maarschalkerwaart. Ook waren er mensen die voor bijzondere toepassingen in kleine series rekenlinialen ontwikkelden en vervaardigden. Zoenen was P. Matthijssen die voor zeer uiteenlopende toepassingen en in een bijzonder mooie kwaliteit rekenlinialen maakte, waarbij hij een graveermachine gebruikte die hij naar eigen ontwerp had laten maken. Tenslotte waren er vindingrijke personen die voor een toepassing in hun dagelijkse werk een eigen rekenliniaal bedachten. In dit artikel – een uitwerking van een gedeelte van de lezing gegeven tijdens de IM 2003 te Amsterdam/Breukelen – wordt een rekenliniaal van de laatste soort besproken.

Een vreemde 'rekenliniaal-achtige'

Zoals wellicht bekend is schrijver dezes werkzaam als vrijwilliger in het Kromhoutmuseum. In dit museum – van oorsprong een scheepswerf – houden we de herinnering levend aan een rijk industrieel verleden. Met name aan de scheeps- en motorenbouwactiviteiten van de familie Goedkoop die ondermeer een groot aantal verbrandingsmotoren produceerde onder het merk Kromhout.

Een scheepswerf ligt uiteraard aan het water, in dit geval aan de Nieuwe Vaart gegraven in 1650 bij de grote 17^e eeuwse uitbreiding van het toen zeer welvarende Amsterdam. Aan de noordzijde van deze vaart werden 3 eilanden aangeplempt. Op het meest oostelijke van deze eilanden, toepasselijk Oostenburg genoemd, werden de kantoren, scheepswerven en werkplaatsen van de in 1602 opgerichte V.O.C. gevestigd. Kort voor de Franse bezetting van Nederland ging de V.O.C. failliet en kwam alles er verlaten bij te liggen. In 1827 huurde Paul van Vlissingen een deel van het voormalige V.O.C. terrein en begon een bedrijf dat in de loop van de jaren zou uitgroeien tot Werkspoor. Deze bedrijfsnaam was de afkorting van de officiële naam *Nederlandse Fabriek van Werktuigen en Spoorwegmaterieel*. Tot het productieprogramma van dit bedrijf behoorden – kort gezegd – alles dat van metaal gemaakt en met bouten en moeren bij elkaar gehouden moest worden. Dieselmotoren, locomotieven, stoomketels, bruggen, maar ook bouwden men een vliegtuig, ultracentrifuges voor isotopenscheiding en het bewegingswerk van de radiotelescoop in Dwingelo. In 1954 fuseerden men met Stork uit Hengelo tot de Verenigde Machine Fabrieken Stork-Werkspoor; een bedrijf dat nog steeds bestaat onder de naam Machinefabriek Stork.

Ter gelegenheid van de viering van het 125 jarig bestaan van Werkspoor in 1952, werden de nog bestaande 17^e eeuwse kantoorgebouwen van V.O.C. en Admiraliteit aan de Oostenburgergracht gerestaureerd en werd daarin een expositie ingericht met als thema de geschiedenis van Werkspoor.

Tussen dit Werkspoormuseum en de museumwerf 't Kromhout bestaan goede contacten en tijdens een van die contacten kwam de rekenliniaal ter sprake. In een van de vitrines lag een rekenliniaal-achtige, met als enig opschrift – naast de schaal aanduidingen en het Werkspoorlogo – GER.MAKERIJ; de bij Werkspoor interne aanduiding voor Gereedschapmakerij. Verder was er niets bekend over toepassing en gebruik van deze liniaal, behalve dan, dat het iets met tandwielen te maken zou kunnen hebben.

De nauwkeurigheid waarmee gereedschap wordt gemaakt, moet groter zijn dan de nauwkeurigheid van de producten die met dit gereedschap vervaardigd moeten worden.

De conservator van het museum was zo vriendelijk om mij de liniaal voor enige tijd mee te geven zodat ik een poging kon wagen om er achter te komen waarvoor deze liniaal gebruikt werd. Een eerste aanwijzing vormde de aanduiding GER.MAKERIJ. Eertijds waren er in de grotere machinefabrieken aparte werkplaatsen – 'gereedschapmakerijen' – waar de voor de normale productie benodigde gereedschappen, voor zover deze niet in de handel verkrijgbaar waren, gemaakt werden. Doorgaans waren in de gereedschapmakerij de beste vaklieden werkzaam, omdat de nauwkeurigheid waarmee gereedschap gemaakt moet worden groter moet zijn dan de nauwkeurigheid van de

ALD

OPLOSSINGEN EN AANZETTEN VOOR
AUTOLOCK type „S“
SPIEGELUUFREZEN EN
F.C. 3-FREZEN
WAARIN BEWERKINGEN
OP MAAT

DIAM. FREES	STAAL C 45	STAAL C 45	GREY LEZER 45	STAAL C 35	Messing en
Ø	810	1270	1070	1650	2550
m/m	90	60	70	50	30
	KG	KG	PROG. MOTOR	KG	SLAB. TOEM
	25	57	55	81	225

Deze Spiegelfreeswaarden zijn gebaseerd op:
FREESDIEPTÉ – HALVE DIAMETER FREES.
Voor frezen, lang model, bevingenoemde aanzetten
halveren

Clarkson
SCHUIFTABEL VOOR
FREESBEWERKINGEN
Clarkson-Holland b.v.
1120 AA LANDSMEER* Telefoon (020) 3120 21
Postbus 6 Tries, 1441B
* Gevestigd: Sluisdijkweg 21, 1033 TT Amsterdam

152 138
42 38
13 33 32 42 130
10 27 26 34 110

Waarden voor Clarkson Spiegelfrezen en F.C. 3

fig. 1 – schuiftabel

producten die met dit gereedschap vervaardigd moeten worden. Tot de producten die in zulke werkplaatsen vervaardigd werden behoorden onder meer frezen en ruimers. Ruimers zijn verspanende gereedschappen waarmee geboorde gaten nauwkeurig ($\pm 0,02$ mm) op maat gemaakt kunnen worden. Om een mooi rond en glad gat te kunnen maken zijn deze ruimers voorzien van schroeflijnvormige groeven. Na lang nadenken, handboeken nalezen en proberen, bleek de liniaal gebruikt te kunnen worden voor het instellen van de machines waarmee deze groeven in het werkstuk worden aangebracht.

De draaibank

Verspanende bewerking

Voor een goed begrip zullen eerst enige termen uit de verspanende metaalbewerking verduidelijkt worden, onder verspanende metaalbewerking wordt verstaan die vorm van metaalbewerking waarbij door het wegnemen van materiaal, in de vorm van spanen, het werkstuk in de beoogde vorm wordt gebracht. De oudste hiervoor gebruikte machine is de draaibank waarbij het op de een of andere manier vastgeklemde werkstuk in rotatie wordt gebracht. Met een al of niet met de hand vastgehouden beitel worden spanen van het werkstuk gesneden net zolang tot het werkstuk in de gewenste vorm is gebracht. Het met de hand vasthouden van de beitel is natuurlijk alleen mogelijk bij geringe krachten en komt in de metaalbewerking nauwelijks meer voor, maar bij houtdraaien nog steeds gebruikelijk.

Twee bewegingen

Uit het voorgaande volgt dat men bij verspanende bewerkingen in wezen twee bewegingen kan onderscheiden te weten: A - de snijbeweging, bij de draaibank veroorzaakt door het roteren van het werkstuk en B - de voedingsbeweging of aanzet, bij de draaibank veroorzaakt door de beweging van de beitel ten opzichte van het werkstuk. De snijbeweging wordt uitgevoerd met een snijsnelheid v , uitgedrukt in m/min, deze snijsnelheid is zeer sterk afhankelijk van de soort en eigenschappen van werkstuk- en beitelmetaal. De optimale snijsnelheid in relatie met de aanzet wordt empirisch bepaald en de resultaten van talloze proefnemingen worden door de gereedschapsfabrikant op de een of andere manier aan de industrie ter beschikking gesteld. In onze verzamelingen vindt men ze wel in de vorm van schuifkaarten (zie fig. 1).

De voedingsbeweging wordt bij het draaien uitgedrukt in mm/omw. en bij het frezen in mm/tand. Bij de metaal draaibank wordt de voedingsbeweging afgeleid van de roterende hoofdspil waaraan op de een of andere wijze het werkstuk gekoppeld is.

Tandwieloverbrenging

Dit gebeurt met een tandwieloverbrenging, (zie fig. 2); het in deze figuur met transporteur aangeduide onderdeel noemen we verder 'draadspil'. Deze draadspil drijft via een loskoppelbare verbinding, de 'transportmoer', de slede met de daarop bevestigde (draadsnij)beitel aan. Het wordt uit de figuur duidelijk dat verandering van de overbrengingsverhouding een verandering van de aanzet met zich meebrengt. Bij een juiste keuze van deze overbrenging en gebruik van een in de juiste vorm geslepen beitel kan de draaier óf spiegelgladde oppervlakken draaien óf schroefdraad snijden. Bij het snijden van een schroefdraad wordt de uiteindelijke vorm in meerdere stappen bereikt. Omdat, zeker bij enkelstuks productie, het toerental van het werkstuk niet al te hoog kan zijn, ook in verband met de reactiesnelheid van de draaier, is dit een tijdrovend proces. In het algemeen ligt het toerental rond de 80 à 100 omw/min, wat betekent dat de optimale snijsnelheid, zeker bij kleiner diameters, bij lange na niet gehaald wordt. Daarnaast is het zo dat bij schroefdraden met een spoed groter dan die van de aandrijvende draadspil de versnellings- en

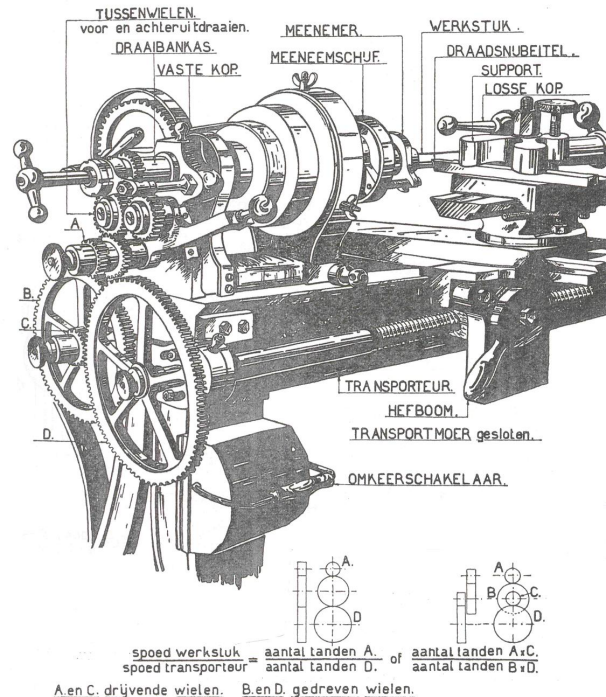
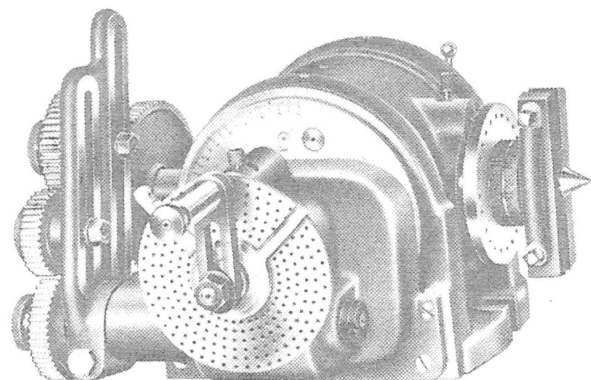


fig. 2 - draaibank



3 Verdeelkop met handaandrijving en mogelijkheid van mechanische aandrijving

vertragingkrachten op de diverse onderdelen van de draaibank onaanvaardbaar groot worden, er moet dus een andere wijze van aanbrengen van schroeflijnen met een grote tot zeer grote spoed gebruikt worden. Voor seriereproductie van bijv. boren maakt de fabrikant gebruik van een methode waarmee de groeven in het verhitte werkstuk gewalst worden. Voor het maken van een enkel ruimer of boor kan men deze methode niet toepassen en moeten de groeven dus verspanend vervaardigd worden. Dit gebeurt nu op een freesbank met gebruikmaking van een verdeeltoestel of verdeelkop; een apparaat dat het mogelijk maakt een werkstuk in exact gelijke stappen rond te laten draaien (zie fig. 3).

Schroeflijn

Allereerst bekijken we schroeflijn. Als we de beitel in aanraking brengen met het draaiende werkstuk zonder dat deze gekoppeld is aan de draadspil, ontstaat er een groef in het werkstuk. Koppelen we nu de beitel aan de draadspil en laten het werkstuk een omwenteling maken dan zie we een stukje van een schroeflijn ontstaan. Na deze ene omwenteling is het verschil tussen het einde van het stukje schroeflijn en de rondlopende groef gelijk aan de spoed van de schroefdraad.

Slaan we de aldus gevormde figuur neer in het platte vlak dan ontstaat er een rechthoekige driehoek die door twee grootheden te weten de spoed van de schroeflijn en de diameter bepaald wordt (zie fig. 4).

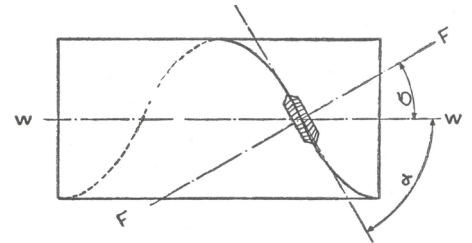


fig. 4 - schroeflijn

Het snijgereedschap moet ingesteld worden op de spoedhoek α , wat bij het werken met de draaibank gebeurt door de beitel schuin te stellen (zie fig. 5). Op de freesbank gebeurt dit door het vlak waarin de frees roteert onder het complement van deze hoek te stellen (zie fig. 6).

Bij een freesbank voert de frees de snijbeweging uit en het werkstuk de aanzetbeweging. Dit verspaningsproces is veel beter te beheersen. Ook kan men de snijsnelheid beter optimaliseren; deze kan hoger zijn dan bij het draaien omdat een freestand onderbroken snijdt en er dus meer gelegenheid is de ontstane warmte af toe voeren.

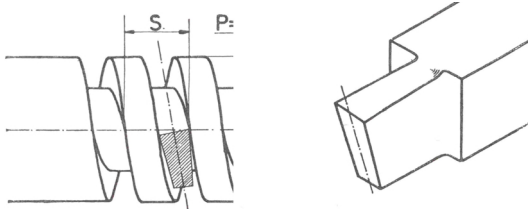


fig. 5 – beitel instelling

Het frezen van een schroeflijnvormige groef op een freesbank gebeurt als volgt: Het werkstuk wordt concentrisch vastgeklemd aan de spil van de verdeelkop en eventueel aan het andere einde ondersteund. Via een tandwieloverbrenging wordt de wormas van de verdeelkop gekoppeld aan de draadspil van de tafel van de freesbank. Deze tafel is onder het complement van de spoedhoek van de te frezen groef schuingesteld en bij een juiste keuze van de tandwieloverbrenging kan nu de gewenste groef gefreesd worden.

Het bepalen van de overbrenging

Standaard heeft de inwendige worm/wormwieloverbrenging van de verdeelkop een verhouding van 1:40, dat wil zeggen dat men de wormas 40 omwentelingen moet laten maken om de spil en daarmee het werkstuk 1 omwenteling te laten maken. De gebruikelijke spoed van de draadspil van de freestafel is 6 mm of bij machines van Amerikaans of Engels fabrikaat 4 gangen/1". Bij een tandwieloverbrenging van 1:1 tussen de draadspil van de freestafel en de wormas van de verdeelkop, is de tafel en daarmee het werkstuk 240 respectievelijk 254 mm opgeschoven. Als de frees op de juiste diepte is ingesteld en het werkstuk roteert dan wordt er een schroeflijnvormige groef gefreesd met een spoed van 240 of 254 mm. Het zal duidelijk zijn dat door verandering van de tandwieloverbrenging tussen wormas en draadspil er verschillende spoeden gefreesd kunnen worden.

Men moduleert als het ware op de standaard spoed van 240 of 254 mm. Om de overbrengingsverhouding te kunnen wijzigen zijn er een stel zogenaamde wisselwielen bij de machine aanwezig. Meestal ook een wiel met 127 tanden (immers 1" is 25,4 mm en $5 \times 25,4$ is 127). Dit tandwiel maakt het mogelijk om op een Engelse bank metrische spoeden te frezen en omgekeerd. Het bepalen van de vereiste overbrengingsverhouding was voor de niet theoretisch onderlegde vakman nogal lastig en in alle leerboeken voor verspanende metaalbewerking worden er dan ook vele bladzijden aan gewijd. Kennelijk kreeg iemand met meer theoretisch inzicht 'n keer genoeg van al dat gereken en maakte hij zijn eigen rekenliniaal. Klaarblijkelijk was zijn uitgangspunt dat hij, met als gegevens de diameter van het

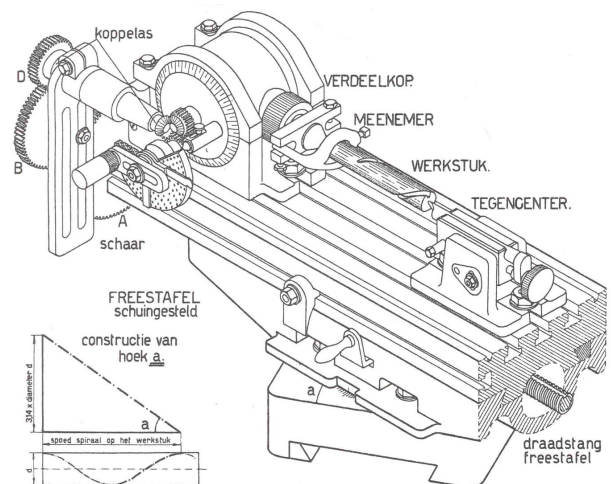


fig. 6 – freesbank

werkstuk en de gevraagde spoed, met één schuifbeweging het complement van de spoedhoek, hier met α aangeduid, en de benodigde wisselwielencombinatie wilde kunnen bepalen. Daarnaast moest de liniaal universeel zijn, met andere woorden, hij moest gebruikt kunnen worden met Engelse en metrische maten.

Beschrijving rekenliniaal

Het lichaam van de liniaal en de schuif, zijn vervaardigd van hardhout, de van Resopal vervaardigde schalen zijn er opgelijmd. De forse afmetingen zijn; lang 700 mm, breed 102 mm en dik 19 mm. Aan de onderzijde is de liniaal verstevigd door 2 opgeschroefde, galvanisch verzinkte, stalen stripjes, er is geen looper en aan de linker- en rechterkant zijn een paar rode resp. zwarte haarlijnen aangebracht. Van elk paar is de linkse haarlijn voorzien van de aanduiding 254 en de rechtse van de aanduiding 240. Aan de bovenzijde van de liniaal zijn, met een logaritmische schaalverdeling de overbrengingsverhoudingen van alle, met de beschikbare en rechtsboven vermelde wisselwielen, mogelijke tandwielcombinaties vermeld. Deze uitkomsten hebben ook een volgnummer gekregen, dit nummer staat ook aan de bovenkant van de schuif, ook weer met een logaritmische verdeling.

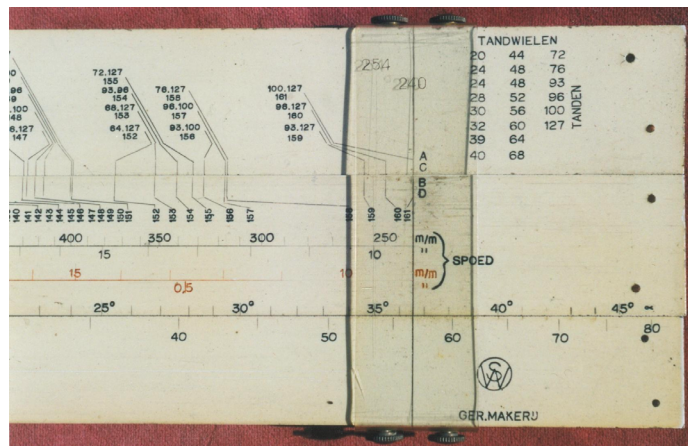


fig. 7

Verder bevat deze schuif nog drie schalen.

- Van boven naar beneden een zwarte, oplopend van rechts naar links, van 240 mm tot meer dan 6000 mm, resp. van $\approx 9,5''$ tot 250". Deze schaal wordt gebruikt in combinatie met de zwarte haarlijnen rechts op de liniaal.
- Een rode schaal, ook lopend van rechts naar links, van minder dan 10 mm en $\frac{1}{2}''$ tot 240 mm resp. $\approx 9,5''$. Deze schaal moet gebruikt worden met de rode haarlijnen links op de liniaal. De aanduiding, boven elkaar, 240 in rood en 250 in zwart zorgden aanvankelijk voor wat hoofdbreken bij het doorgronden van de opzet van deze liniaal, ook al omdat het "-teken niet meteen herkend werd als de aanduiding voor de Engelse duim.
- De onderste schaal op de schuif is een gradenverdeling, in wezen een tangensschaal, terwijl de onderste schaal op de liniaal een diameterschaal is, feitelijk een $\pi \times D$ schaal.

Deze laatste schalen vormen samen een paar waarmee uitgaande van de diameter en de gevraagde spoed de instelhoek voor de tafel van de freesbank mee bepaald kon worden, terwijl alle andere schalen dienden voor het bepalen van de overbrengingsverhouding tussen draadspil van de freestafel en wormas van de verdeelkop. Omdat het bij het frezen van schroefvormige groeven meestal geen grote nauwkeurigheid van de spoed noodzakelijk was werden de schalen voor de spoed niet met een fijne onderverdeling aangebracht, hetzelfde geldt voor de hoek waaronder de freestafel gesteld moest worden.

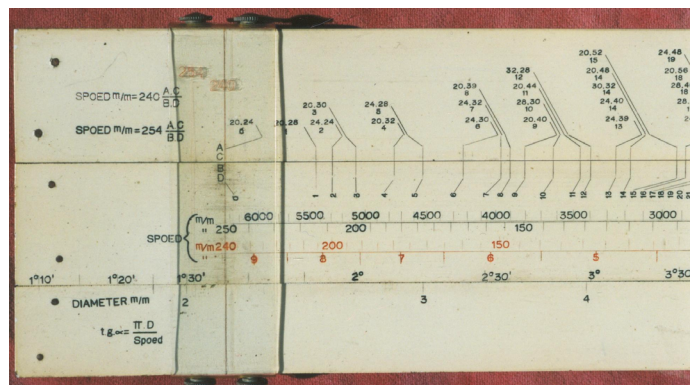


fig. 8

Gebruik van de rekenliniaal

Stel er moet een groef gefreesd worden met een spoed van 240 mm op een machine met een draadspil met een spoed van 6 mm, de diameter van het werkstuk is 76,5 mm. De tangens van de spoedhoek is $240/\pi \times 76,5 = 1$ de spoedhoek is dus 45° en het complement hiervan – de hoek waaronder de freestafel moet worden ingesteld – dus ook 45° (zie fig. 7).

De overbrengingsverhouding tussen de wormas van het verdeeltoestel en de draadspil van de freesbank moet dus zijn: $40 \times 6 : 240 = 1$. In principe zijn dus alle tandwielcombinaties bruikbaar immers $(20 \times 28) : (20 \times 28) = 1$, omdat uit de lijst van beschikbare tandwielcombinaties blijkt dat alleen wielen met 24 resp. 48 in tweevoud aanwezig zijn, moet dus de combinatie 19-19 (zie afb. 8) gekozen worden.

Stel er moet een groef gefreesd worden met een spoed van 480 mm op dezelfde machine. De spoed is groter dan 240 mm, de combinatie zwarte schaal-zwarte haarlijn moet dus gebruikt worden. De waarde 480 wordt onder de 240 gemerkte haarlijn geplaatst. Er kan nu afhankelijk van de diameter van het werkstuk de instelhoek afgelezen worden op de onderste schaal van de schuif. De overbrengingsverhouding tussen wormas en draadspil is 480 :

240 = 2. Omdat de fabricagenauwkeurigheid van de liniaal niet bovenmatig groot is, lijken er een aantal tandwielcombinaties mogelijk. Bij narekenen blijken de overbrengingsverhoudingen te variëren tussen 1,992 tot 2,08. Slechts de combinatie 60-19 blijkt exact 2 op te leveren. De combinatie 60 (zie afb. 9) kan met de voorhanden zijnde tandwielen op 2 verschillende manieren bereikt worden; met 2 tandwielen van 48 of met 1 tandwiel van 24 en 1 van 96 tanden. In beide gevallen is het product van de tandentallen, 2304. Er zijn echter maar 2 tandwielen met 48 tanden aanwezig zodat de combinatie 24 x 96 gekozen moet worden.

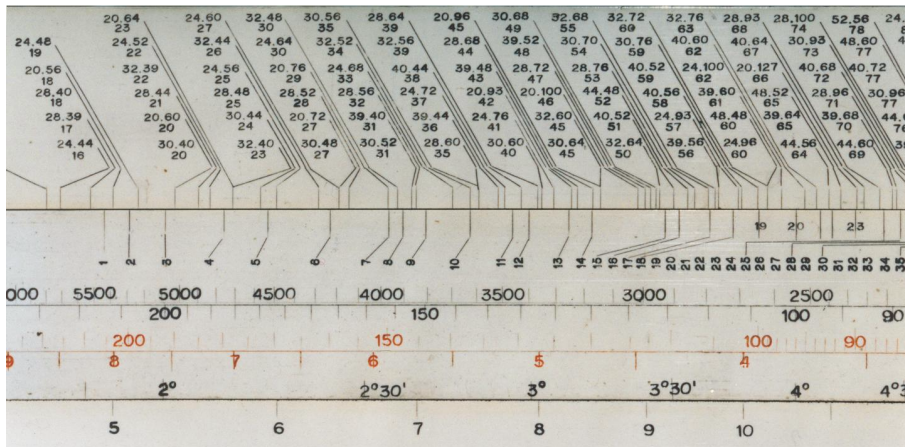


fig 9

is meestal voor het besproken soort werkzaamheden, te weten het frezen van schroeflijnvormige groeven in verspanende gereedschappen als frezen en ruimers, geen probleem.

Omdat er bij de beschikbare tandwielen een tandwiel met 127 tanden aanwezig is kan de liniaal ook voor een machine met een draadspil met een spoed uitgedrukt in gangen/" waarop een groef met mm maten gemaakt moet worden. Ook kan voor het vervaardigen van een groef met een spoed uitgedrukt in gangen/" een machine met een metrische draadspil gebruikt worden. In het eerste geval moet de haarlijn met de aanduiding 254 gebruikt worden terwijl in het tweede geval de spoed uitgedrukt in " onder de haarlijn met de aanduiding 240 gebracht moet worden. Als ook de diameter van het werkstuk in " is aangegeven moet deze afmeting omgerekend worden naar mm. Dit levert echter in vrijwel alle gevallen geen problemen op omdat het meetgereedschap, in dit geval de schuifmaat, voorzien is van zowel een Engelse als van een metrische schaalverdeling.

mm ↔ inches?
tandwiel met 127 tanden!

Samenvatting

Samenvattend kan gezegd worden dat de maker van deze liniaal een goede oplossing heeft gevonden voor het, voor de praktische geschoolde vakman moeilijke, berekenen van overbrengingsverhoudingen van wisselwielen. Hij heeft deze oplossing gegoten in de vorm van een eenvoudige en robuuste rekenliniaal die met een enkele schuifbeweging en met de vereiste nauwkeurigheid de gegevens leverde voor de juiste instelling van de freesmachine. Wellicht droeg hij kennis van het werk van F.J. Vaes, zie pag. 30 e.v. in ¹⁾ of van andere publicaties op het onderhavige vakgebied.

Bronnen

- 1) Rekenen op liniaal en schijf. Ir. IJ. Schuitema en ir. H. van Herwijnen 2000 uitgegeven in eigen beheer.
- 2) Cirkelverdelen en schroeflijnen. Educaboek Culemborg 1978
- 3) Gereedschappen. Th.H. Hermans P. Out n.v. Koog a/d Zaan z.j.
- 4) Verdeeltoestellen, 2^e bewerkte druk. L.P. Michels Uitgeverij De Techniek Antwerpen-Amsterdam z.j.

Met dank aan Mevr. Drs. Heleen Stevens-Hardeman, conservator van het Werkspoomuseum, voor het geruime tijd ter beschikking stellen van de beschreven rekenliniaal.

Uit het bovenstaande komt naar voren dat, en door de onnauwkeurigheid van de aflezing en door het beperkte aantal beschikbare tandwielen, het gebruik van de liniaal niet altijd de exact juiste wisselwielcombinatie oplevert, maar dat er vaak benaderingen gegeven worden waarvan onderzocht moet worden of deze realiseerbaar zijn met behulp van de aanwezige tandwielen.

Het niet in alle gevallen zeer nauwkeurig berekenen van de gevraagde spoed