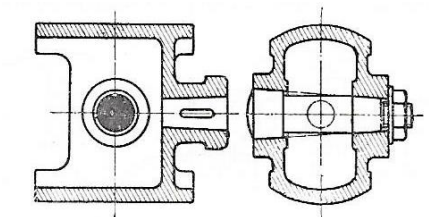
4.14.11 Kruishoofd en drijfstang

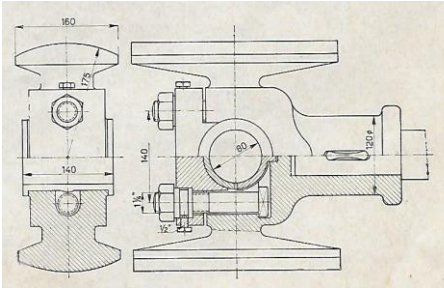
Kruishoofdconstructies

De scharnierende verbinding van de zuigerstang en de drijfstang die nodig is om de lineaire beweging om te zetten in een roterende beweging, verkrijgt men met behulp van het kruishoofd. Voor de rechtgeleiding is dit kruishoofd voorzien van één of twee leisloffen die langs een cirkelvormige of vlakke baan bewegen. De zuigerstang is één geheel met het kruishoofd of is hiermee met een spie-koppelbus verbonden. Ook wordt vaak een konusverbinding toegepast zoals hierna in de linker figuur van het dubbele kruishoofd is weergegeven. De drijfstang is, zoals hierna nader aangegeven wordt, scharnierend met het centrale deel van de het kruishoofd verbonden. Het materiaal van het kruishoofd is bij kleine stoommachines gegoten ijzer of gegoten staal. Bij grote machines past men meestal gegoten staal of smeedstaal toe waarbij de tappen soms worden ingezet en gehard. De sloffen zijn van gegoten ijzer, soms met witmetaal gevoerd, gegoten staal of smeedstaal. In de laatste twee gevallen past men om reden van de slechte loopeigenschappen van deze materiaalsoorten altijd een witmetalen voering toe. Hier naast is een eenvoudige constructie van een kruishoofd voor een horizontale machine afgebeeld



Enkel kruishoofd voor kleine machine

De vorm van het kruishoofd hangt er hoofdzakelijk van af of de tap in het kruishoofd is bevestigd en de drijfstang om de tap scharniert, of dat de gevorkte drijfstang de tap vasthoudt, dan wel om de tappen scharniert. Het eerste geval noemt men een enkel kruishoofd. Het tweede geval. waarbij men altijd is aangewezen op een constructie met een gevorkte- of gaffeldrijfstang, noemen we een dubbel kruishoofd. De hier naast afgebeelde tekening laat een dubbel kruishoofd zien waar de lagering van de drijfstang in de zogenoemde dobbelsteen is ondergebracht. Verder komt het er op aan of de leibaan rond of vlak is en het kruishoofd aan één of twee zijden de dwarskrachten overdraagt.

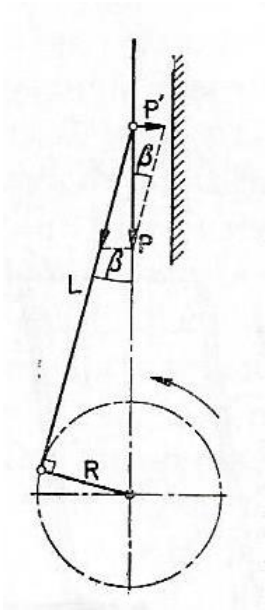


Dubbel kruishoofd voor grote machine

De afmetingen van de leibaan en de leisloffen hangen af van de daarop uitgeoefende kracht. Men rekent deze kracht het grootst als de kruk loodrecht op de drijfstang staat. Is daarbij β de hoek.die de drijfstang met de verticale of de horizontale hartlijn van de machine maakt, dan is P' de ontbondene van de zuigerstangkracht P die op de leislof en de leibaan werkt. Een en ander wordt voorgesteld door:

$$P' = P.\,\mathrm{tg}\,\beta = P.\frac{R}{L}$$

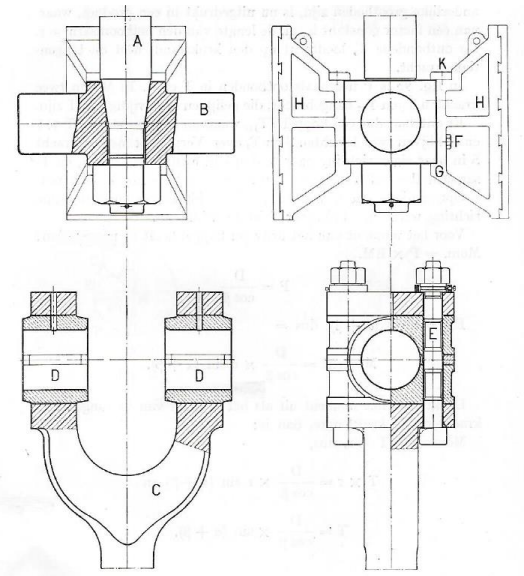
Men neemt het oppervlak van de leislof zo groot dat de door de kracht P' veroorzaakte druk niet meer dan 3,5 a 4,5 kg/cm² bedraagt.



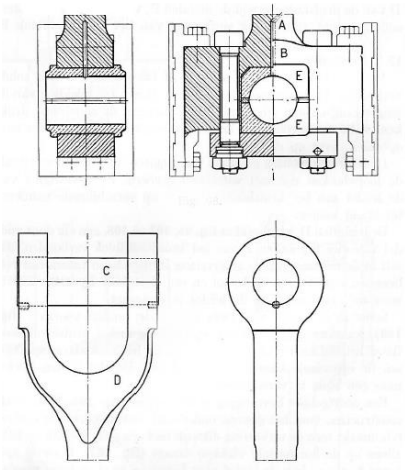
Is bijvoorbeeld de stangkracht van een liggende tandem-compoundmachine 32150 kg en is de krukstang vierenhalf keer zo lang als de kruk dan drukt de slof met een kracht van 7145 kg tegen de leibaan. Als het eigengewicht van het kruishoofd wordt verwaarloosd en de toegestane vlaktedruk 4 kg/cm² bedraagt dan moet de leislof een oppervlak hebben van 1786 cm². Is de breedte van de slof 35 cm dan moet de lengte 51 cm bedragen. Bij een buisvormige leibaan is dit de geprojecteerde breedte van de cirkelboog. Om schranken te voorkomen neemt men de lengte meestal 1,2 tot 1,5 keer de breedte.

Grootste leibaankracht

De hierna volgende figuren tonen kruishoofden met afzonderlijke vlakke leisloffen. De dobbelsteen die grote krachten moet overbrengen kan dan van gegoten staal of gesmeed staal worden gemaakt en de sloffen, al of niet gevoerd met witmetaal, van gegoten ijzer dat minder de neiging heeft tot vreten.

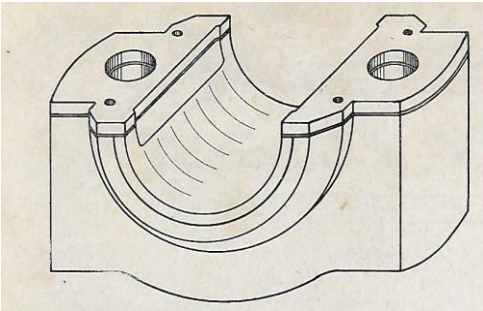


Dubbel kruishoofd scharnierpennen aan de dobbelsteen



Dubbel kruishoofd scharnierpen in de drijfstang

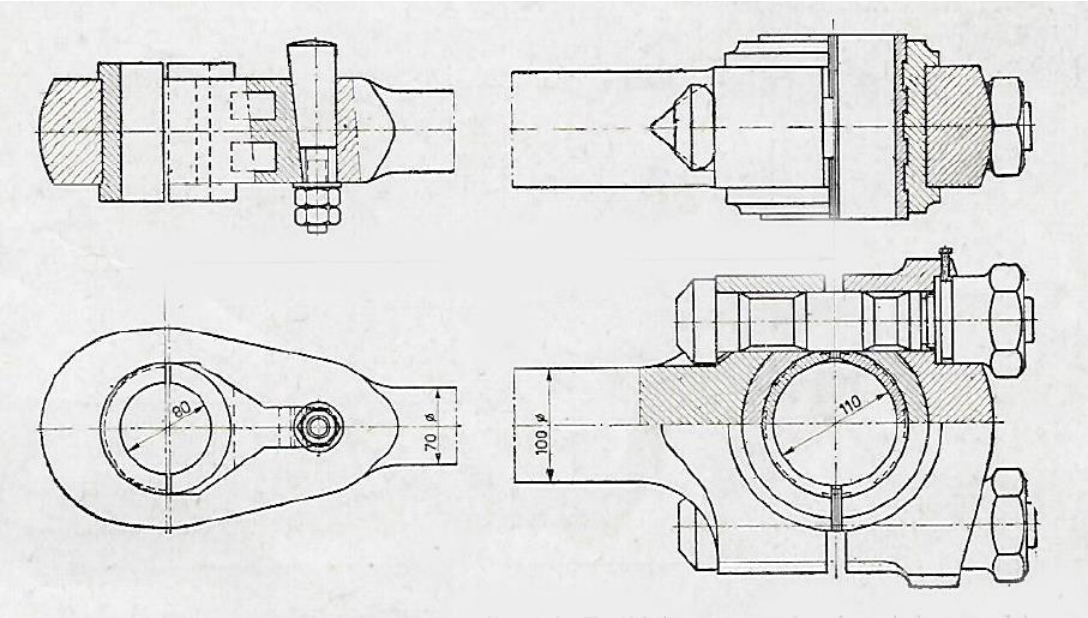
Ondanks de smering van de verschillende draaipunten en glijvlakken slijten de metalen van het kruishoofd en de drijfstang. Hoe beter de smering, des te geringer de slijtage. De door slijtage veroorzaakte speling maakt dat de machine gaat stoten. De nominale speling moet dan weer worden teruggebracht.
Wanneer de sloffen als gevolg van slijtage versteld moeten worden kan onder de voeten van de sloffen een plaatje latoenkoper aangebracht worden. Dit zal echter zelden voor komen omdat de slijtage bij de overwegend lage vlaktedrukken uiterst gering is.
Bij metalen onderdelen kan men het opnieuw pasmaken bereiken door van de scheidingsvlakken van de metaalhelften iets af te nemen en ze opnieuw te schrapen. Om dit pasmaken gemakkelijker te kunnen uitvoeren heeft men de metalen op het scheidingsvlak voorzien van een zogenoemde vulling. Een dergelijke vulling bestaat uit een dikke plaat en een aantal dunne plaatjes messing (latoenkoper). Het latoenkoper is daarvoor speciaal in de handel in platen met diktes van 0,05, 0,10 en 0,15 mm en kan met een (plaat)schaar op maat worden geknipt. Gaten worden met behulp van een holpijp aangebracht. Een paar pennetjes in een van de twee metaalhelften voorkomt het verschuiven van de flinterdunne plaatjes en de dikke vulplaat. Men neemt van de kant die naar de as of de pen is gekeerd over een groot gedeelte van de lengte iets af waardoor een smeerolie- kamer gevormd wordt. Om te voorkomen dat de scherpe randen van de metaalhelften de olie van de as of de pen schrapen, voorziet men deze van een schuine kant waardoor een wigvormige ruimte ontstaat waar de olie in geperst wordt .



Ondermetaal met vulling

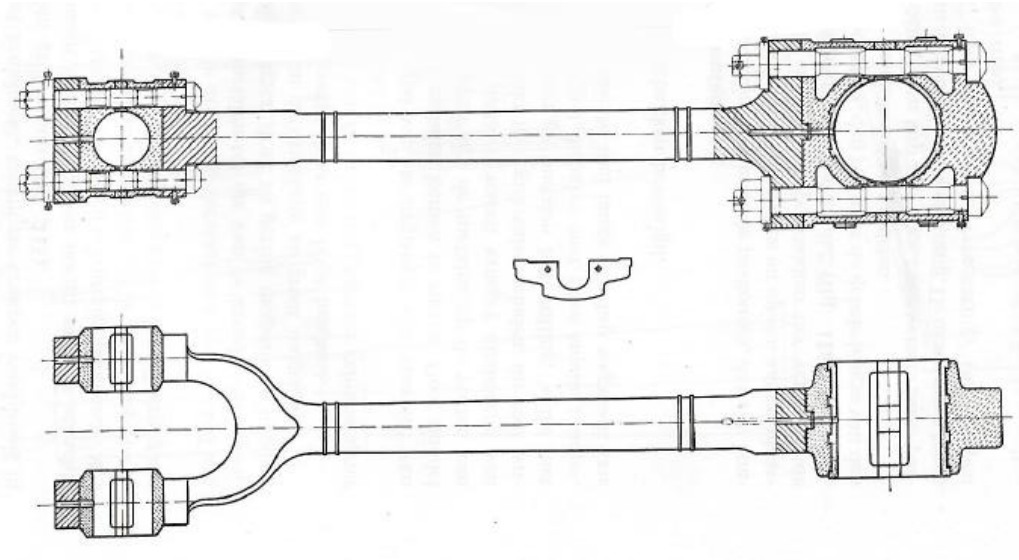
Drijfstangconstructies

De drijfstang vormt de verbinding van het kruishoofd met de kruk. Het einde van de drijfstang dat aan het kruishoofd zit noemt men de kleine kop , het andere einde de grote kop van de drijfstang. Drijfstangen zijn in de regel van staal vervaardigd. Het gedeelte van de stang tussen de beide koppen noemen we de schacht.
De kleine kop van de drijfstang is, zoals hier na is aangegeven, plat of heeft de vorm van een vork en wordt uit één blok gesmeed.



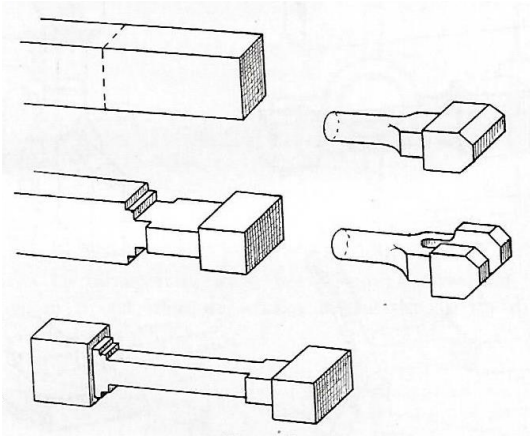
Drijfstang met een platte kleine kop

Als de kleine kop van de drijfstang bij een enkel kruishoofd, is uitgevoerd zoals hier voor is aangegeven dan noemen we dat een gesloten kop. Bij een dubbel kruishoofd, dus uitgevoerd met een gevorkte drijfstang, worden aan de wangen van de kleine kop platte voeten gesmeed, waarop de metalen komen te rusten. Deze uitvoering noemen we een open kop.
De grote kop van de drijfstang bestaat uit een voet waaraan de uit twee delen bestaande krukpenmetalen zijn bevestigd. Een en ander zoals hieronder is afgebeeld.
Onder de lengte van een drijfstang wordt verstaan de afstand tussen de krukpenmetalen en het kruishoofd. Gewoonlijk is de lengte van de drijfstang ongeveer gelijk aan vierenhalf keer de krukstraal.

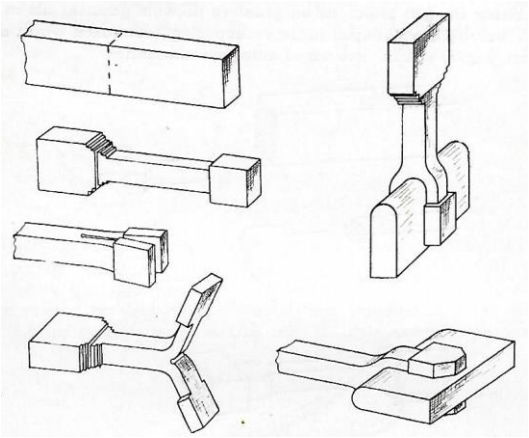


Drijfstang met gevorkte kleine kop

Het smeden van een drijfstang kan op twee manieren worden uitgevoerd. Meestal worden de kopschacht en de voet volgens de hoofdmaten ruw voorgesmeed en daarna geboord, geschaafd of gestoken en gefreesd. De vork wordt bij kleine stangen altijd, en bij grotere meestal gemaakt zoals hier onder in de linkerfiguur wordt weergegeven. Hierbij wordt het materiaal in de vork-opening, het tussenstuk, verwijderd door boren zagen, steken, frezen of autogeen snijden.



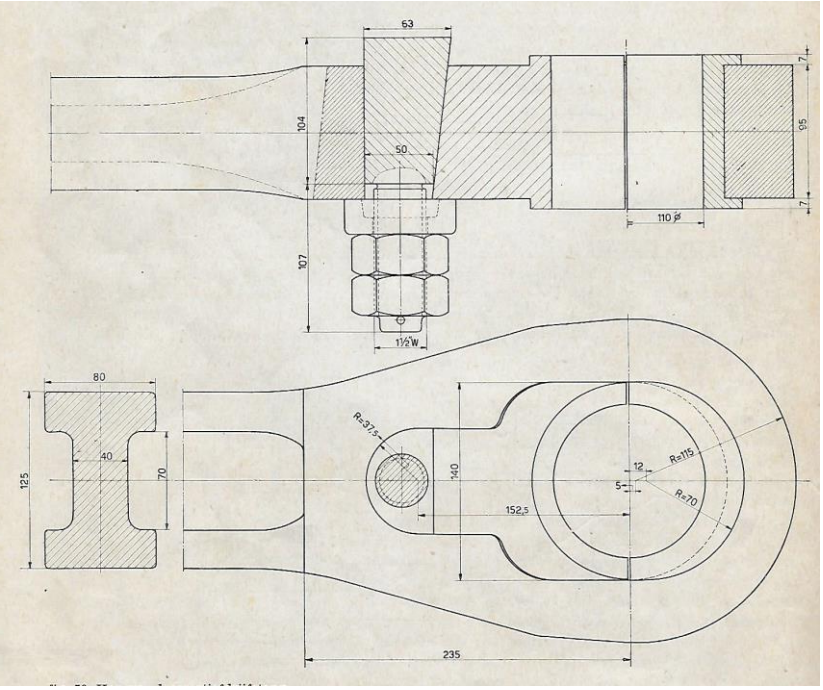
Drijfstang smeedmethode 1



Drijfstang smeedmethode 2

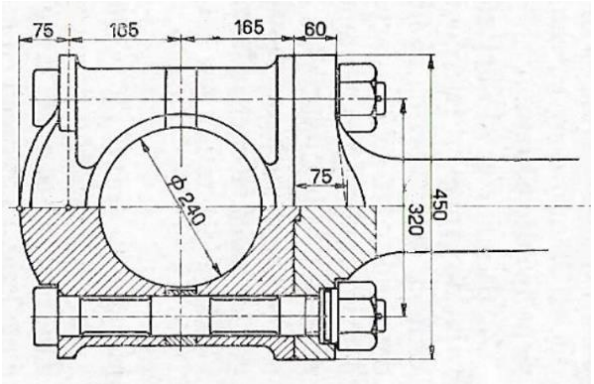
Is het tussenstuk te groot en wil men op materiaal besparen dan worden de wangen aan de vork gesmeed op de wijze zoals in de rechterfiguur is aangegeven. Op de plaats waar de benen van de vork zich spreiden wordt eerst een gat geboord en vervolgens naar het uiteinde toe onder de smeedhamer gekloofd. Bij het buigen en verder opsmeden van de vork wordt gebruik gemaakt van een speciaal daarvoor gemaakte vulder, mal. Anders dan bij het machinaal verwijderen van het tussenstuk wordt de draad van het materiaal niet doorgesneden en is de volgens deze methode vervaardigde vork sterker. Evenals bij de eerste smeedmethode worden de verschillende ronde vormen opgesmeed en met behulp van verschillende werktuigmachines afgewerkt.

Een veel toegepaste manier voor het bevestigen van het metaal in de kleine kop bij een platte- en gesloten drijfststang is die met een trekspie, zoals op de volgende bladzijde is afgebeeld.
De lagering bestaat uit twee metalen schalen waarvan de ene schaal is voorzien van een uitstekende brug waar de spie tegenaan rust en de andere schaal aan beide zijden van een borst die het uitbreken moet voorkomen. De twee metaalhelften worden hierbij in de sleufvormige opening van de kop geplaatst en aangedrukt met een in doorsnede maanvormige en in lengterichting enkel hellende spie. De spie is voorzien van een draadeind, een drukring, een moer en een contramoer om het geheel te borgen. Bovendien wordt de contramoer nog een keer geborgd tegen loslopen met een splitpen. Al naar gelang de helling van de spie kunnen grote (druk)krachten op de constructie worden uitgeoefend en deze vervormen dan wel laten bezwijken. De helling van de getoonde spie bedraagt 1 : 8 De moer moet bij voorkeur met een zogenoemde momentsleutel worden aangehaald.



Lager bevestiging met trekspie

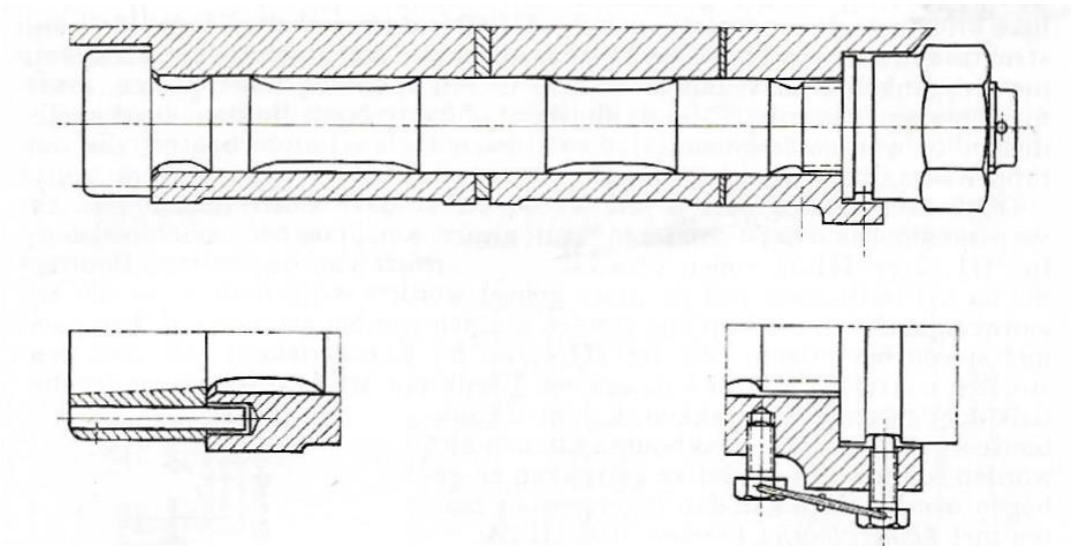
Een andere manier voor bevestigen van de metalen in zowel de kleine als de grote kop bij een open drijfstang is hier onder aangegeven. Deze manier van bevestigen kan vanwege het ruimtebeslag alleen bij grotere machines worden toegepast. Het metaal bestaat uit twee delen en is met een sleuf in de voet en een rug op de ene helft van het lagerblok tegen verschuiven in dwarsrichting van de stang-hartlijn geborgd. De verschuiving in langsrichting van de kruk- of de kruishoofdpen geschiedt door pasbouten. De bevestigingsbouten zijn verschraald uitgevoerd. De bouten, die in de glad geruimde gaten zijn pas geslepen en op twee plaatsen tussen de raakvlakken van de verschillende metalen, op de kerndiameter van de schroefdraad afgedraaid. Het doel dat men hiermee beoogt, is de rek gelijkmatig over de gehele lengte van de steel te verdelen waardoor deze beter de veranderende krachten kan opnemen en deze minder makkelijk breekt



Krukpen metaal bevestiging met verschraalde bouten

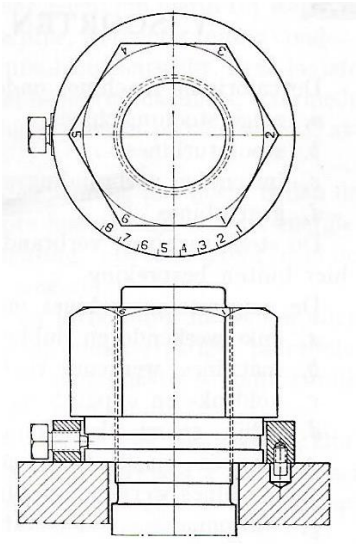
De moeren van de pasbouten van de kruishoofd -, krukpen- en hoofdasmetalen zijn vaak met een zogenoemde Penn'se zekering geborgd zoals op de volgende bladzijde is afgebeeld. De bout met de cilindrische kop wordt met een kerfstift geborgd. Hiervoor wordt een blind gaatje in de kap gemaakt en een doorlopend gaatje in de cilindrische boutkop waar de kerfstift in wordt geslagen.

De moer wordt met een boutje geborgd tegen verdraaien. Daartoe is aan de moer een borst gedraaid die iets kleiner in diameter is dan de sleutelwijdte van de moer. In het cilindrische gedeelte van de moer is een groef gestoken waarin de stift van de borgbout past.



Penn'se zekering

Hiermee wordt voorkomen dat er bramen aan het cilindrische gedeelte van de bout ontstaan. Het loswerken van het borgboutje wordt voorkomen door deze te voorzien van een klein gaatje in de kop en met een gegloeid ijzerdraadje te verbinden met een precies eender uitgerust boutje. Beide boutjes zijn op korte afstand in de voet van de drijfstang of de kap van het lagerblok aangebracht. Bij revisie werkzaamheden wordt het ijzerdraadje doorgeknipt en vervangen. Een andere uitvoering is die waar om de aangedraaide borst een ring wordt gelegd. De ring wordt ten opzichte van de kap of voet geborgd met een pennetje. De uiteindelijke borging van de moer vindt op dezelfde als de hier voor aangegeven wijze plaats.



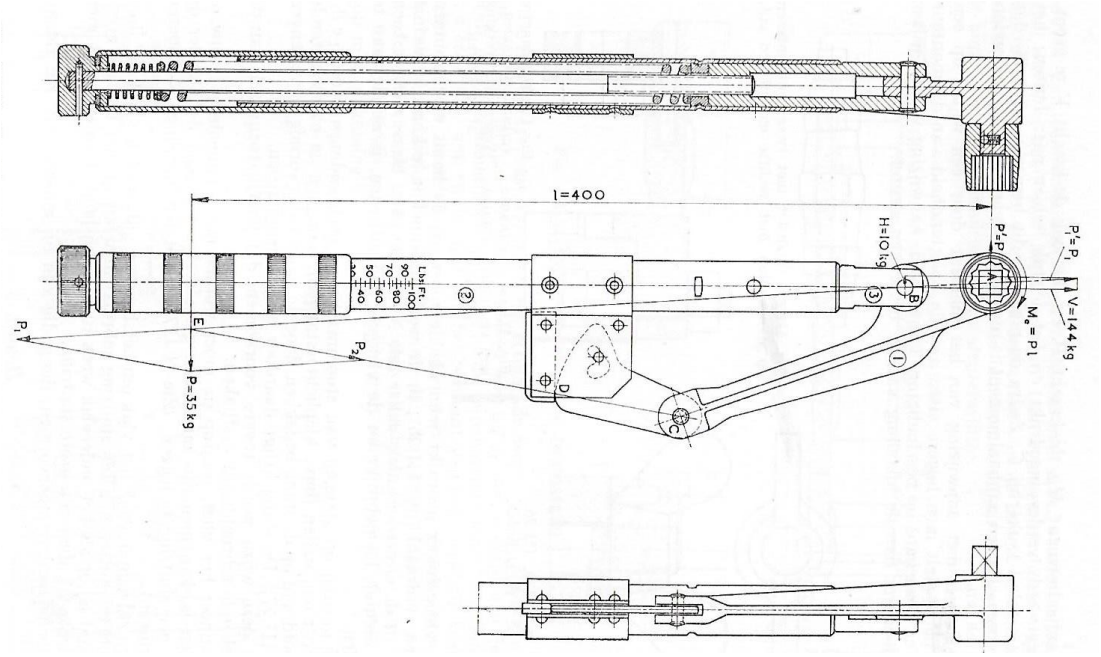
Bij grote lager constructies zijn de hoekpunten van de moer genummerd en is op de ring een cirkelboog-verdeling aangebracht met het doel de stand van de moeren te kunnen noteren voordat ze bij een revisie van de metalen losgenomen worden. Als de metaalvullingen niet zijn gewijzigd kan men na de revisie de moeren tot hetzelfde merkteken weer vastslaan om hetzelfde aanhaalmoment te bereiken. In andere gevallen kan men aan de hand van de spoed van de boutschroefdraad en de gewijzigde vullingdikte uitrekenen hoeveel meer of minder de moer moet worden aangeslagen.

Markering Penn'se zekering

Een andere manier, maar met hetzelfde doel, is het met een koudbeitel of centerpons en slagletters een markering op de boutsteel en de moer aan te brengen. De onhebbelijkheid die zich hierbij

voordoet is dat er na verloop van tijd een veelvoud aan merktekens ontstaat en men door de bomen het bos niet meer ziet. Het is daarom in voorkomende gevallen beter gebruik te maken van een momentsleutel dan om af te gaan op het gevoel en het gehoor van de werktuigkundige. Door de moer te vast te draaien wordt de bout overrekt, verliest daardoor zijn sterkte en breekt. Een onvoldoende aangetrokken bout heeft, ondanks de borging, het loswerken van de desbetreffende moer tot gevolg. Ook ontstaan dan te grote sprongen in de belastingwisselingen van het boutmateriaal wat tot breuk leidt. Beide gevallen kunnen tot grote schade aan de machine leiden.

Bij het handmatig aantrekken of aanslaan met een slagsleutel van moeren van boutconstructies ontbreekt elke controle op het aanhaalmoment. Ervaren machinisten kunnen door met een hamer tegen de moer te tikken aan de hand van de toonhoogte van het aldus veroorzaakte geluid voorspellen of de moer voldoende is aangehaald echter niet met welk moment. Heel lang werd dit voldoende geacht. Tegenwoordig hebben we de beschikking over speciale sleutels waarmee het moment van het koppel waarmee de moer wordt aangehaald nauwkeurig kan worden bereikt. Een dergelijke sleutel is hieronder afgebeeld.



Momentsleutel (schaal in Lbs.ft)

De sleutel kan men door het verdraaien van de moer achterop het gekartelde handvat instellen voor het aanhalen van een moer met een bepaald moment. Bij de sleutel horen een aantal doppen voor moeren van een aantal standaard boutafmetingen. De getoonde momentsleutel heeft een schaal in lbs.ft. (spreek uit ”voet-ponden”) en heeft een maximum bereik van 100 lbs.ft, wat overeenkomt met ongeveer 14 kg.m. Immers de afgeleide Angelsaksische eenheid van 1 lbs.ft = 0,1383 kg.m daarentegen is 1 kg.m = 7,232 lbs.ft. In de figuur is bij het handvat de kracht P getekend, die nodig is om het grootste aanhaalmoment van 14 kgm te kunnen leveren. De lengte l = 0,40 m , dus is P 35 kg.

Op de moersleuteldop moeten bij A voor evenwicht de kracht P' = P en het tegenwerkende koppel M_a werken. Op de hefboom l werken behalve de kracht P' en het koppel M_a nog een kracht P_2 met werklijn C D en een krach P_1 op punt B. Daar P' en M_2 evenwicht maken met P en dit eveneens met de krachten P1 en P2 moeten doen, moet P de resultante van P_1 en P_2 zijn. Hieruit volgt de constructie van deze krachten.

De hefboom l oefent dus een kracht P_1' gelijk maar tegengesteld aan P_1 op het leistuk 3 uit. Ontbindt men de kracht P_1' in H en V dan blijkt dat H wordt opgenomen door de geleiding van buis 2 en V door de spiraalveer in deze buis, die men door het verdraaien van het handvat meer of minder spant. Trekt men harder dan de gewenste kracht P aan de hefboom dan worden het aanhaalmoment Ma en de kracht P_1 en dus ook de kracht V te groot, de veer wordt ingedrukt en het leistuk knikt naar buiten bij draaipunt C. Zodra dit plaatsvindt is de moer met het ingestelde moment aangehaald en moet men stoppen met verder aantrekken. Sleutels met aanwijzing op een wijzerplaat stellen hogere eisen aan de oplettendheid van de monteur of machinist en is er kans op overrekken van de bout. Echter de aanwijzing van de wijzer is nauwkeuriger dan de afstelling met de besproken momentsleutel die met een spiraalveer is uitgerust.

In de praktijk zet men moeren meestal eerst hand vast, waarna in twee of drie stappen en over en weer de bouten op spanning gebracht worden. De lagerkappen worden zodoende gelijkmatig aangetrokken. Het verdient sowieso aanbeveling ook het lossen van de moeren over en weer en in meerdere stappen te laten plaatsvinden om scheve belasting en dus kromtrekken van de pasbouten te voorkomen.