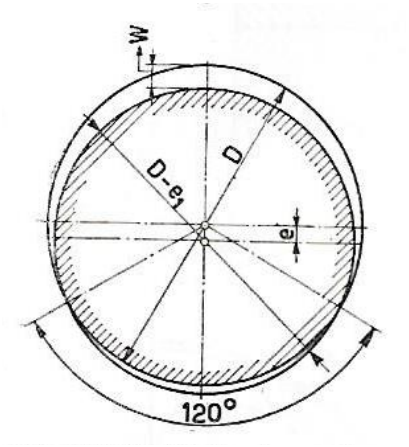
4.14.10 Zuiger, zuigerstang en zuigerveren

Zuigers hebben tot doel de kracht, veroorzaakt door de druk van de stoom, naar buiten toe over te brengen. Zij lopen in de cilinder en zijn gewoonlijk door een zuigerstang met de andere machinedelen verbonden. De gas(stoom)dichte afdichting van de zuiger met de cilinder(wand) vindt plaats met behulp van op de zuiger aangebrachte zuigerveren en wordt aan de zuigerstangzijde gecombineerd met een pakkingbus in de cilinder.

Constructieve aspecten zuigerlichaam

Aan de zuiger voor een stoommachine worden een aantal constructieve eisen gesteld. Zo moet de zuiger zo licht mogelijk, maar sterk genoeg zijn. De heen en weer gaande massa's moeten in het algemeen zo klein mogelijk worden gehouden. Bovendien moet de wrijving zo gering mogelijk zijn ook wanneer de zuiger wordt belast door krachten loodrecht op de cilinder-hartlijn. Dit is de reden dat stoommachines anders dan bij stoommotoren uitgerust zijn met een leibaan die de dwarskrachten van de drijfstang opneemt. Bij horizontale machines worden de dwarskrachten als gevolg van het eigen gewicht van de zuiger gedragen door de zuigerstang of zij worden aan de onderzijde op de cilinderwand overgedragen. We noemen dat een slepende zuiger. Wanneer de zuigerstang de zuiger draagt zal de stang doorbuigen. Men neemt de diameter van de zuiger in dat geval 3 – 4 keer de doorbuiging kleiner dan die van de cilinder. Slepende zuigers worden meestal volgens de hiernaast gegeven afbeelding ten dele excentrisch afgedraaid zodat het onderste deel over 1/3 van de omtrek draagt. Bovendien wordt aan de bovenzijde W mm weggenomen.

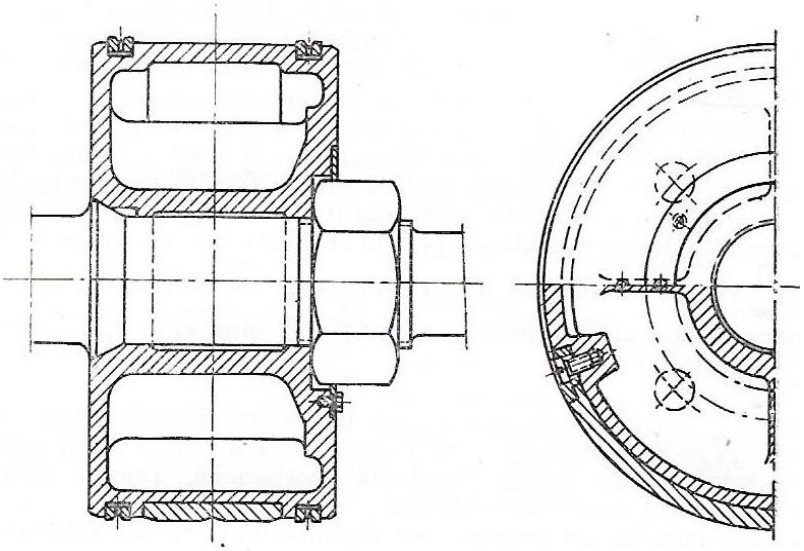


Excentrisch gedraaide zuiger

Wanneer de zuiger wegens een goedkopere bewerking over de gehele omtrek iets kleiner is gedraaid dan de cilinderdiameter, of in zijn geheel excentrisch is gedraaid, dan is aanvankelijk weinig draagvlak voor de zuiger beschikbaar, zodat men deze zuigers voorzichtig moet laten inlopen.

Bij het bepalen van de middellijn van de zuiger is rekening gehouden dat tijdens bedrijf de zuiger een hogere temperatuur heeft dan de cilinderwand. De zuiger moet om die reden dus een kleinere diameter hebben dan de cilinder. In koude toestand mag de zuiger dan niet precies in de cilinder passen.

Een andere belangrijke constructieve eis is dat de zuiger zo smal als mogelijk moet zijn bij een goede afdichting. Een bredere zuiger maakt een langere cilinder en dus een grotere machine noodzakelijk. Een slepende zuiger moet echter zo breed zijn dat hij niet kan kantelen en de vlaktedruk niet te groot wordt. Dit laatste is de reden dat men zware zuigers aan de onderzijde met extra draagsloffen uitrust. De sloffen zijn met bouten op de zuiger bevestigd en kunnen in geval van overmatige slijtage eenvoudig door nieuwe vervangen worden.



Dooszuiger met draagsloffen

De zuigerstang is voorzien van een kleine inlegspie om te voorkomen dat de zuiger bij revisie-werkzaamheden verkeerd gemonteerd wordt.

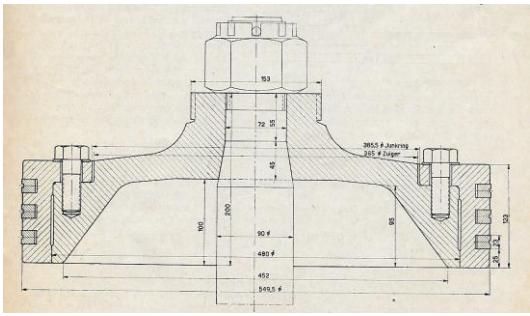
Zuigerveer bevestiging

De zuigerveren die voor de afdichting in de cilinder zorgdragen moeten gemakkelijk kunnen worden gemonteerd, nagezien en verwisseld. Zuigers worden daarom vaak van een deksel (of in het Engels junkring) voorzien. De zuigerveren worden in de veergroeven van de junkring geplaatst of als een pakket met een afstandsring door de junkring op zijn plaats gehouden. Een en ander zoals bij respectievelijk de voorbeelden van de enkelwandige en de dubbelwandige zuiger is te zien. De uitvoering met een junkring is zwaarder en als gevolg van het grotere aantal losse delen en boutverbindingen minder veilig omdat deze onderdelen los kunnen raken.

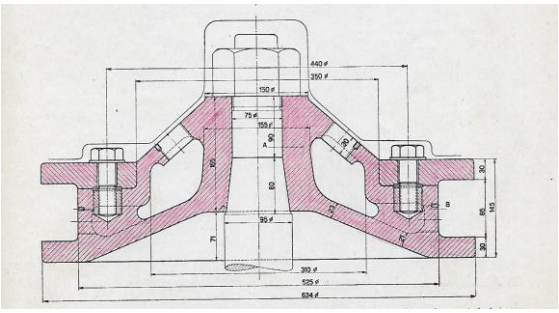
Junkring constructies

Het zuigerlichaam is van gietijzer of gietstaal gemaakt en kan enkel- of dubbelwandig zijn om op gewicht te besparen. In gegoten ijzer gebruikt men geen tapbouten wanneer deze geregeld losgenomen moeten worden of past men, zoals de rechter figuur van de junkring constructie laat

zien, bronzen invoegers of draadbussen toe. Gietijzer brokkelt namelijk snel af, een euvel dat men bij gietstaal niet tegenkomt. Door de toepassing van bronzen invoegers voorkomt men tevens dat de bouten vast roesten.



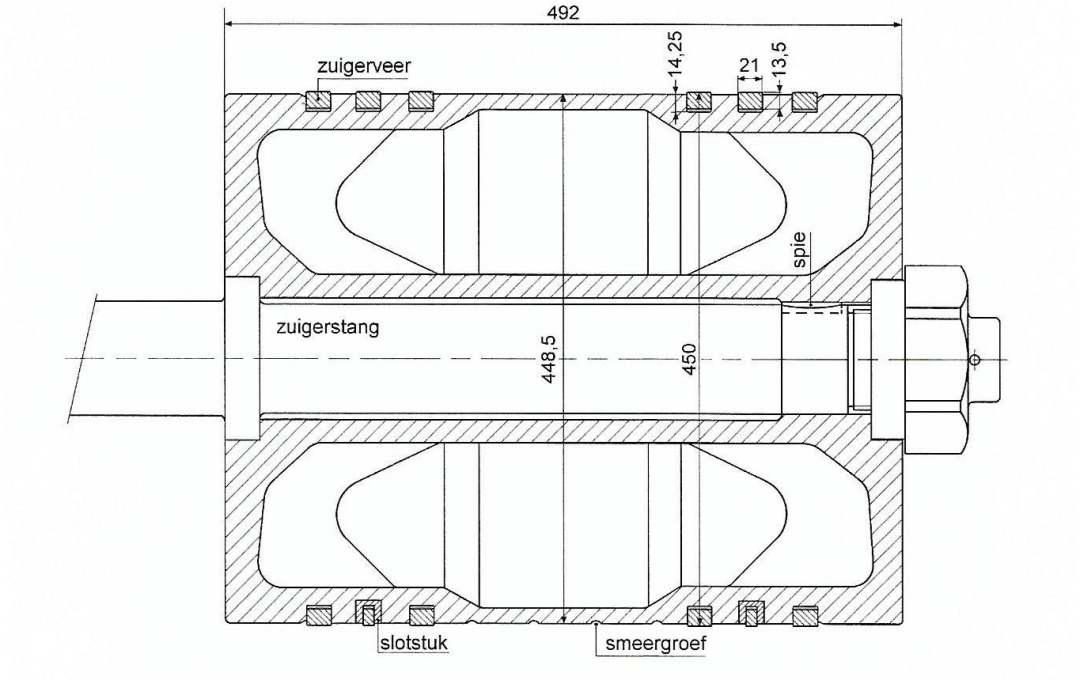
Enkelwandige zuiger met junkring



Dubbelwandige zuiger met junkring

De bouten waarmee de ring wordt vastgezet moeten goed worden geborgd want als de bouten loswerken zouden ze tegen de cilinderdeksel kunnen stoten met als mogelijk gevolg het breken van het deksel of kromdrukken van de zuigerstang. Het meest past men een uitgegloeide koperen ring onder de bout kop toe. Het relatief zachte koper zorgt er voor dat de bout kop over het gehele vlak goed draagt, enigszins hiermee verkleeft en daardoor zelden of nooit losraakt.
De dubbelwandige zuiger is als gietstuk minder geschikt voor gegoten staal. Bovendien is de doosvormige constructie , die bovendien nog door ruggen verstijfd is, ook van gietijzer op zich al sterk genoeg.

Zuigers vormen in de cilinder de scheidingswand tussen de verse en de afgewerkte stoom. Het temperatuurverschil tussen deze twee is oorzaak van warmteverlies. Dit warmteverlies is groter bij een enkelwandige- dan bij een dubbelwandige zuiger. De enkelwandige zuiger is lichter dan de dubbelwandige zuiger. Als de zuiger van gietstaal is gemaakt kan men vanwege de grotere sterkte de wanddikte geringer maken. Om voldoende stijfheid te krijgen maakt men de zuigers vaak kegelvormig. De cilinderbodem en het cilinderdeksel krijgen dan een daarop aansluitende vorm.
De zuiger van een gelijkstroom stoommachine heeft, omdat hij ook de stoomafvoer moet regelen, een langgerekte vorm en is altijd dubbelwandig uitgevoerd. Bij dit soort zuigers, ook wel dooszuigers genoemd, zijn de veergroeven in de zuiger gestoken. De langgerekte zware zuiger met een relatief groot wrijvingsvlak is tussen de twee zuigerveerpakketten aan de onderzijde van smeergroeven voorzien. Ook hier zijn de zuigerstang en de zuiger voorzien van een spie die een verkeerde montage van de zuiger moet voorkomen. Verkeerde montage van de zuiger zal lang onopgemerkt kunnen blijven en leiden tot ernstige schade aan de zuiger, de cilinder en de pakkingbus van de onderhavige stoommachine.



Dubbelwandige zuiger voor gelijkstroommachine

Zuigerstang bevestiging

De verbinding van de zuiger met de zuigerstang geschiedt in het algemeen door middel van een borst en een moer. De borst is soms conisch en wordt dan ingeslepen. De halvekegel tophoek bedraagt 30 of 45**°.** De tophoek van de verbinding met een spitse kegel bedraagt 15°.mm. De spitse kegel heeft het voordeel dat de zuiger beter wordt gecentreerd. In de hier voor getoonde afbeelding van een lange dubbelwandige zuiger is de zuigerstang en de bijbehorende borgmoer uitgevoerd met een cilindrische borst.

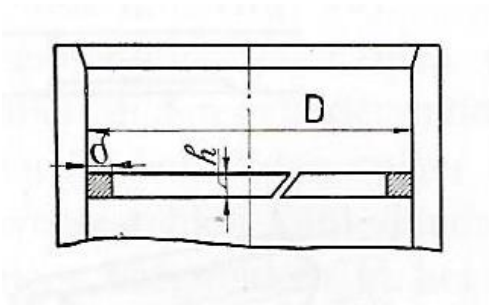
Voorbeelden van kegelvormige borst op zuigerstang

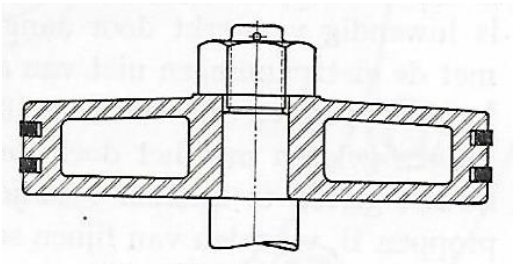
De zuigermoer, gewoonlijk gemaakt van brons of bij oververhitte stoom uit staal, moet tegen loswerken worden geborgd door een koperen splitpen.

Zuigerveren

De stoomdichte beweging van de zuiger in de cilinder wordt verkregen door een metallieke zuigerpakking. Deze pakking bestaat uit één of meerdere, afhankelijk van de druk, gegoten ijzeren of soms stalen, gespleten ringen (veren), die zuiver rond afgedraaid, op een uitwendige diameter

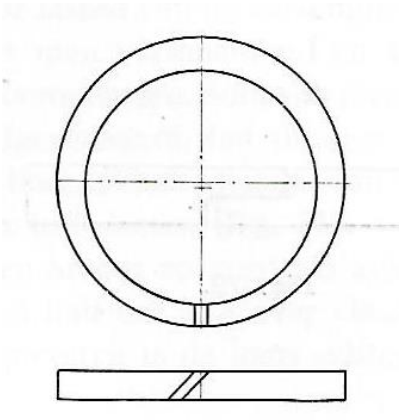
gelijk aan de inwendige diameter van de cilinder verend tegen het loopvlak van de cilinder aanliggen. De zuigerpakking welke verreweg het meest is toegepast bestaat uit gegoten ijzeren verende ringen van rechthoekige doorsnede. Het zuigerlichaam is hiertoe van groeven (sponningen) voorzien of van een speciale construktie waarin ze zijn ondergebracht.





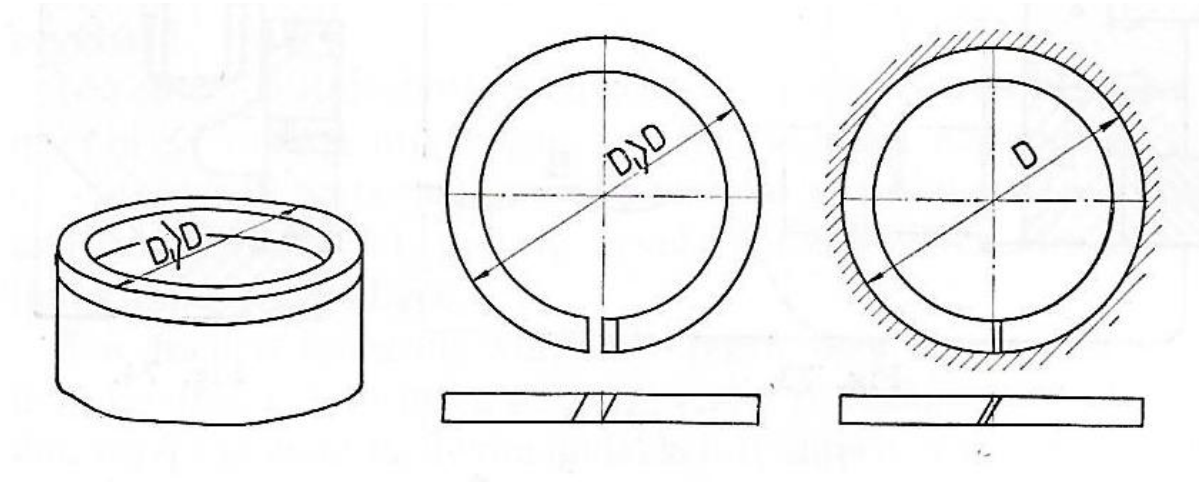
Zuigerpakking d.m.v. metalen veren

De hoogte van de groef moet nauwkeurig gelijk zijn aan de dikte van de zuigerveer. De diepte van de groef daarentegen is iets groter dan de breedte van de veer. Dit laatste is om de volgende redenen nodig.
Ten eerste moet de zuiger zijdelings kunnen bewegen zonder de veren tegen de cilinderwand te drukken. Ten tweede moeten de veren zich bij het passeren van een oneffenheid , naar binnen kunnen bewegen. De zuigerveer dient langs de gehele omtrek met een even grote specifieke druk tegen de cilinder aan te liggen. Dit laatste bereikt men door de horizontale doorsnede de vorm te geven van twee excentrische cirkels zoals hiernaast is afgebeeld. De vlaktedruk, waarmee de veren tegen de cilinderwand aandrukken bedraagt minder dan 0,25 kg /cm², bij uitzondering 0,5 kg /cm².
Voor de vervaardiging van deze rechthoekige, ook wel Ramsbottom genoemde, zuigerveren giet men een bus , waarvoor het materiaal is verkregen door wit ruwijzer te smelten met oud gietijzer en afval zoals draaikrullen van smeedbaar ijzer. Dit harde, fijnkorrelige gietijzer bezit een grote taaiheid en is zachter dan de cilinderwand waardoor de relatief goedkope veren meer slijten dan de cilinderwand.



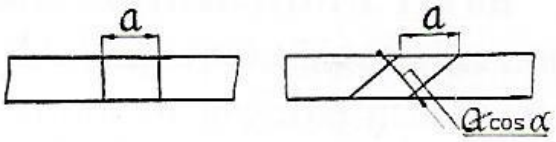
Excentrisch gedraaide zuigerveer

De bus wordt inwendig schoon gedraaid en uitwendig afgedraaid op een diameter, die afhankelijk van de middellijn van de cilinder, enkele milimeters groter is dan deze. Vervolgens worden de veren afgestoken en wordt een stuk uit de veer genomen. Daarna buigt men de veer in de klauwplaat van een draaibank naar binnen zodat de doorsneden op elkaar komen te liggen. Vervolgens soldeert men de einden aan elkaar De veer, die nu onrond is, wordt daarna nauwkeurig op de cilinderdiameter afgedraaid. Wenst men veren van gelijke breedte dan wordt gelijktijdig ook de binnenomtrek uitgeboord.



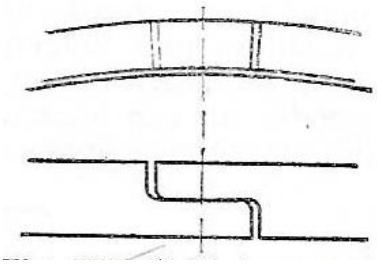
Bewerkingsvolgorde Ramsbottom zuigerveer

De veer past nu nauwkeurig in de cilinder. Maakt men de las los, dan heeft de veer in de cilinder enige spanning. Buiten de cilinder is de veer onrond, spaningsvrij en ligt de las over een betrekkelijk groot stuk open. Na de de laatste bewerking van de veer neemt men nog een klein stukje van de las weg zodat deze zich naar binnen kan bewegen bij het passeren van oneffenheden in de cilinderwand en bij ongelijkmatige verwarming en dientengevolge uitzetting. De las maakt men meestal schuin waarmee men voorkomt dat er ribbels in de cilinderwand ontstaan.

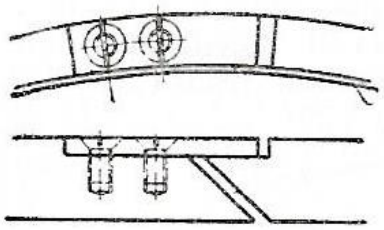


Rechte en schuine las

De lassen van de verschillende zuigerveren in een en dezelfde zuiger legt men verschervend en aan de overkant van eventuele stoompoorten. Als men bij een veer met schuine las een vervorming van a mm wil bewerkstelligen dan dient de las een ruimte te bezitten van a cos α .
Om lekkage tegen te gaan past men bij grote zuigers en dus dikke zuigerveren een lipconstructie toe. De lippen hebben de halve dikte van een veer en breken makkelijk. Vanwege dit breukgevaar kan deze constructie niet worden toegepast bij zuigers met dunne veren.

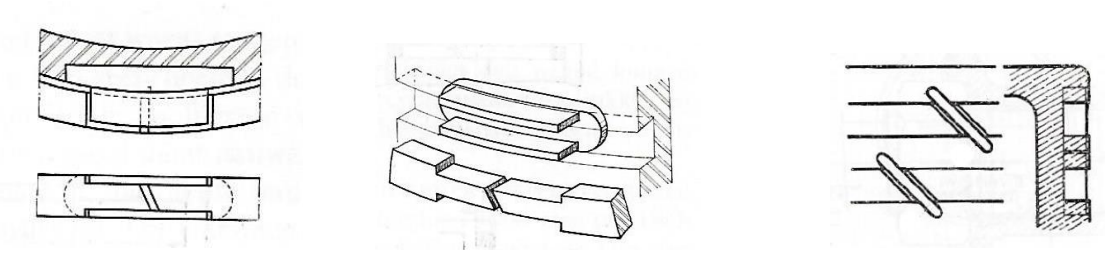


Zuigerveer met liplas



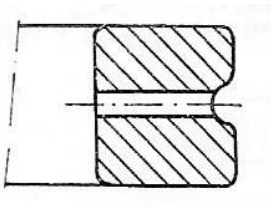
Zuigerveer met slotplaatje

Een andere veel toegepaste methode om lekkage over de veren tegen te gaan is de veer aan drukzijde van een messing plaatje te voorzien. Het plaatje wordt met twee verzonken schroefjes vastgezet en met de centerpons tegen loswerken geborgd. Bij montage van de veer moet er op worden gelet dat deze op de juiste wijze wordt gemonteerd.
Bij sommige zuigeruitvoeringen voorkomt men met behulp van borgnokken of pennen het draaien van de veren om het zuigerlichaam. De borgnokken dienen dan tevens om de doortocht van de stoom over de las te beletten.



Borgnok constructies

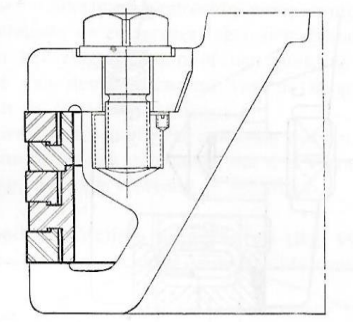
De aan roestvorming onderhevige nokonderdelen worden meestal van messing gemaakt en in de daarvoor in de zuiger gemaakte uitsparingen gestempeld. In brede zuigerveren brengt men wel eens een groef aan om de smering te bevorderen. Deze groef moet niet tot het veerslot doorlopen omdat dan de stoom er in kan binnendringen.Past de veer met enige ruimte -als gevolg van slijtage- in de sponning, dan kan bij het begin van de slag stoom achter de veer komen en deze naar buiten drukken, waardoor de druk tussen de veer en de cilinderwand zo kan toenemen dat beschadiging optreedt. Om dit te voorkomen boort men in de omtrek van de veer op regelmatige afstand kleine gaatjes , die in de groef uitkomen, waardoor de druk in de groef gelijk wordt aan de druk achter de veer. Vooral bij oververhitte stoom past men dit toe.



Zuigerveer met oliegroef

Limietveren

Limietveren volgens het Ramsbottom systeem zijn voorzien van een opstaande rand waarmee zij tegen een masieve ring van gegoten ijzer komen te liggen. Door een groot stuk uit de zuigerveer te nemen , geeft men deze veer iets meer spanning dan de gewone Ramsbottom veer, hetgeen in eerste instantie niet van betekenis is omdat de veer door de opstaande rand van de tussenring beperkt wordt in het uitbuigen. Geeft men de veren aanvankelijk de juiste spanning dan zullen na het inlopen de veren juist pas en nagenoeg zonder wrijving langs de cilinderwand lopen.

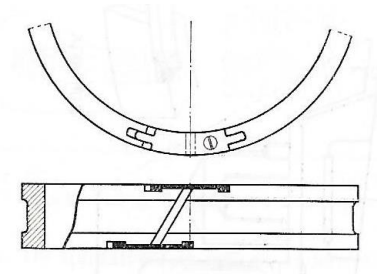


Limietveer Sytsteem Ramsbottom

Mocht nu later blijken dat de veren lekken dan kunnen door de opstaande rand te verruimen door middel van afdraaien of vijlen, de veren weer op de juiste spanning worden gebracht.

Dokveren

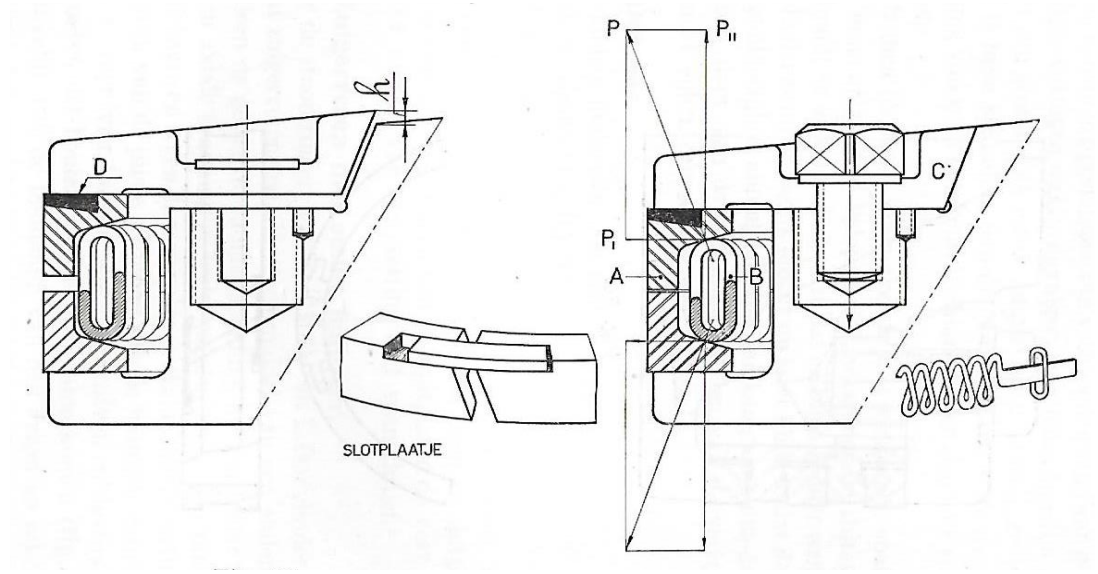
Een ander type limiet veer die veel wordt toegepast bij gebruik van oververhitte stoom is de hiernaast afgebeelde dokveer. Bij deze veerconstructie wordt het ontspannen beperkt door twee sluitplaatjes in de vorm van halters. De halters doen tevens dienst als sluitplaatje. Voor het pasmaken van de halters wordt gebruik gemaakt van een ketting en spanschroef die men in de uitsparing van de veer aanbrengt. Het spreekt voor zich dat limietveren uitsluitend met behulp van een junkring constructie op de zuiger kunnen worden aangebracht.



Dokveer

Zuigerveren met hulpveer

Voor de stoomzuigers van de L.D cylinders past men vaak zuigerveren toe die door middel van een stalen hulpveer zowel in radiale als in axiale zin worden aangedrukt. Het verenpaket bestaat uit twee gietijzeren ringen en een uit zichzelf terugkerende stalen spiraalveer met ovale windingen.



Zuigerveren met hulpveer

De veerspanning die wordt opgewekt door het aanschroeven van de junkring veroorzaakt een kracht, loodrecht op de schuine rand van de zuigerveer. Deze kracht kan worden ontbonden in twee loodrecht op elkaar staande componenten, waarvan de kleinste de zuigerveer tegen de cilinderwand en de grootste de zuigerveer tegen het zuigerlichaam dan wel de junkring drukt. De schuinte van de binnenrand van de zuigerveer bepaalt de grootte van de beide ontbondenen. Aan

de hulpveer kan een grotere spanning worden gegeven door op de plaats van de las een vulplaatje in de vorm van een ovale sluitring over de veertong te schuiven. Men overtuigt zich in de praktijk van de juiste spanning van de hulpveer door de junkring aan te schroeven en door het lossen van de bouten deze weer op te laten komen. Afhankelijk van de doorsnede van de zuiger en het gewicht van de junkring bedraagt de afstand dat deze omhoog komt 1 tot 4 mm.
In de loop der tijd is een aantal zuigerveer-systemen ontwikkeld die met de naam van de uitvinders hiervan worden aangeduid. De constructies van die systemen zijn op kleine details na, nagenoeg hetzelfde. In de bovenstaande figuur is het steem van Buckley weergegeven. Hier is de spiraalveer in een rechthoekige uitsparing aangebracht. Bij die van Lockwood & Carlisle, hier niet getoond, is de spiraalveer in een ovale kamer aangebracht.