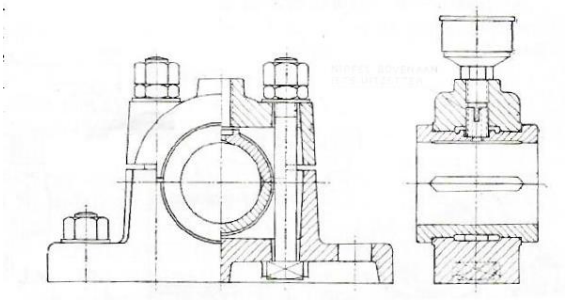
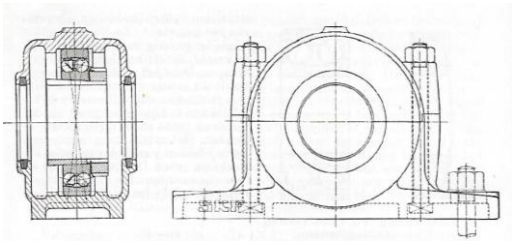
### 4.14.14 Lagers en lagervoeringen

**Kussenblokken**

Kussenblokken of wat we tegenwoordig lagers noemen, dienen voor ondersteuning van draaiende machinedelen. Men kan ze indelen in lagers die in hoofdzaak worden belast door radiaal werkende krachten, en die welke voornamelijk belast worden door axiaal werkende krachten. Afhankelijk van de constructie worden de lagers weer ingedeeld in glijlagers en kogel- of rollenlagers. De laatste categorie lagers wordt niet aangetroffen bij de veelal oude stoommachine installaties van gemalen, maar wel bij de meestal later aan de installaties toegevoegde en modernere (hulp)werktuigen.





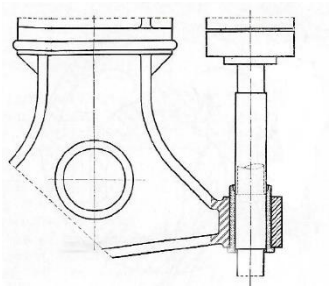
Glijlagers hebben ten opzichte van kogel- en rollenlagers de volgende voordelen:

- Geringe wrijvingsverliezen
- Bestand tegen schokken
- Gemakkelijk te herstellen en nastelbaar uit te voeren
- Geruisloos
- Eenvoudige montage

De voordelen van kogel- of rollenlagers ten opzichte van glijlagers zijn:

- Zeer geringe wrijvingsverliezen
- Geringe slijtage
- Gering verbruik van smeermiddelen
- Betrekkelijk kleine afmetingen in axiale zin

Bij de constructie van een glijlager gaat men uit van de afmeting van de tap dan wel de belasting hiervan. In zijn eenvoudigste vorm is een glijlager een metalen bus met goede loopeigenschappen die in een blok is geperst. Een dergelijke gesloten lagerconstructie treft men bij stoom- machines vaak aan bij de schuifstangen en wordt met oogblok aangeduid.



**Oogblok schuifstang**

Het open lager bestaat uit een bloklichaam met daarin opgenomen het onder- en bovenmetaal, de kap en de bouten waarmee met behulp van de kap de metalen bijeen worden gehouden. De metalen worden ook wel kussens genoemd vandaar ook de naam; kussenblok. Het kussenbloklichaam is bij stoommachines een geïntegreerd onderdeel en bestaat meestal uit hetzelfde materiaal als de machine zelf.

Het materiaal voor de metalen is gegoten ijzer, brons of witmetaal, als voering aangebracht in gegoten ijzeren, stalen of bronzen schalen. In bijzondere gevallen past men gesinterd staal of brons toe dat poreus is en daardoor goed gesmeerd kan worden en een uitstekende restsmering bezit voor het geval dat de toevoer van het smeermiddel stagneert. Ook bezigt men voor de metalen wel eens een zinklegering. Het lagermateriaal moet in het algemeen weker zijn dan het materiaal waar de tap van is gemaakt. Metaal en tap mogen in geen geval van hetzelfde materiaal zijn gemaakt, want dan ontstaat spoedig ”vreten”. Het metaal moet glad en nauwkeurig kunnen worden bewerkt.

**Gietijzer**

Gietijzer is relatief goedkoop en kan gebruikt worden als de omtreksnelheid van de tap gering of het bedrijf intermitterend is, anders wordt de slijtage te groot. De toelaatbare vlaktedruk $\sigma_o$ is 25 – 40 kg/cm², waarbij de hoogste waarde slechts is toegestaan bij geharde en geslepen tappen en geslepen speciaal gegoten gietijzer.

**Brons**

Brons is een legering van 87% koper en 13% tin en soms een weinig zink. Het is duur en omdat het een grotere uitzettingscoëfficiënt heeft dan het gegoten ijzer dat het metaal gewoonlijk omgeeft, moet aan het pasmaken van bronzen metalen bijzondere aandacht worden besteed aan de passing, dat wil zeggen ruimere speling. Brons heeft na bewerking een glad en dicht oppervlak en is geschikt voor het opnemen van stoten. De toelaatbare vlaktedruk $\sigma_o$ is 30 – 60 kg/cm². Bij bepaalde soorten zoals fosfor- en loodbrons laat men een vlaktedruk toe van 80 kg/cm².

**Witmetaal**

Witmetaal, ook wel Babbitt, genoemd naar de uitvinder uit Amerika Isaac Babbitt, is een vooral op tin of lood gebaseerde legering voor glijlager metaal met een lage wrijvingscoëfficiënt. Het kan verschillende samenstellingen hebben zoals in onderstaande tabel wordt aangegeven. Deze (ASTM) tabel is slechts een greep uit een zeer groot scala aan legeringen dat in de loop der tijd ontwikkeld is door de fabrikanten van stoommachines en andere werktuingen.

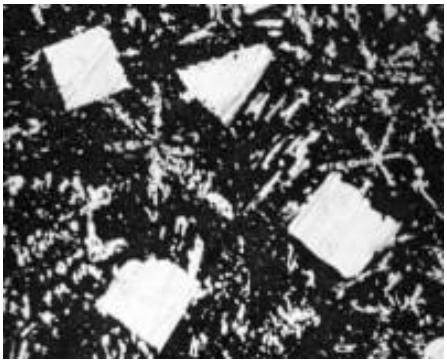
| Aanduiding | Samenstelling % | | | | | | | Hardheid Rockwell 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $S_n$ | $S_b$ | $C_u$ | $P_b$ | Andere toevoegingen | | | 20ºC | 50ºC | 100ºC |
| Lg $P_b$ $S_n$5 | 5 | 15,5 | 1 | 78,5 | | | | 22 | 13 | 6 |
| Lg $P_b$ $S_n$10 | 10 | 15,5 | 1 | 73,5 | | | | 23 | 16 | 9 |
| Lg $S_n$ 80 | 80 | 12 | 6 | 2 | | | | 27 | 20 | 10 |
| | | | | | $C_d$ | $A_s$ | $N_i$ | | | |
| Lg $P_b$ $S_n$5 $C_d$ | 5 | 15 | 1 | 77 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 26 | 21 | 15 |
| Lg $P_b$ $S_n$9 $C_d$ | 9 | 14 | 1 | 74,3 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 29 | 23 | 15 |
| | | | | | $C_a$ | $N_a$ | | | | |
| Lg $P_b$ | - | - | - | 99 | 0,5 | 0,5 | | | | |

**Witmetaallegeringen**

Een legering is een mengsel van twee of meer afzonderlijke metalen. Zij kunnen daarbij ook niet-metalen bevatten; echter allemaal om de eigenschappen van het uiteindelijke materiaal te verbeteren dan wel geschikt te maken voor de beoogde toepassing. De legeringen voor de metalen van lagers zijn overwegend samengesteld uit de elementen Tin ($S_n$), Koper ($C_u$), Lood ($P_b$), en Antimoon ($S_b$), waarbij lood vaak voor een deel het duurdere tin vervangt. Om een grotere hardheid te bereiken worden soms kleine hoeveelheden van de elementen Cadmium ($C_d$), Arseen ($A_s$) en Nikkel ($N_i$) gebruikt. Verder zijn er voorbeelden dat men vanwege tin-schaarste zink ($Z_n$) toepaste of kleine hoeveelheden Calcium (Ca) en Natrium (Na) aan het lood toevoegde om hiermee de voering voor glijlagers te gieten.
Bij een goede samenstelling van het witmetaal en bewerking van het lager komt ''vreten'' ten gevolge van warmteuitzetting minder snel voor dan bij bronzen lagers. Witmetaal wordt in het algemeen gebruikt voor minder zwaar belaste snel draaiende assen, echter door zijn weekheid kan het alleen als relatief dunne voering worden gebruikt en mogen eventuele stoten niet al te groot zijn. De vlaktedruk kan tot 200 kg/cm² bedragen.

**Materiaalstructuur witmetaal**

De structuur van witmetaal bestaat uit harde metallische tin- en antimoondeeltjes, gebed in een zachter grondmetaal. Als het zachtere metaal wegslijt komen de harde kristallen aan de oppervlakte waar de smeerolie tussendoor beweegt. De smeeroliefilm draagt de as. Het witmetaal wordt in de gietijzeren bronzen of stalen lagerschaal aangebracht. De hardheid volgens Vickers van het grondmetaal bedraagt circa 10 kg/mm², de hardheid van de ingebedde kristallen is circa 45 kg/mm².
Bij oververhitting: warmlopen als gevolg van overbelasting, falende smering of een te strakke passing smelt de witmetaal voering en wordt de as tijdelijk opgevangen door de onderliggende hardere schaal zonder dat de machine ernstig beschadigd wordt. Het witmetaal werkt in dat geval dus ook als (smelt)veiligheid. Het fenomeen “warmlopen” voltrekt zich, vanwege de lage smelttemperatuur (~ 140º C) van het witmetaal, in een razend snel tempo en moet daarom onmiddellijk worden opgemerkt dan wel gesignaleerd. De machine moet dan onmiddellijk worden stopgezet en het desbetreffende lager worden vervangen.

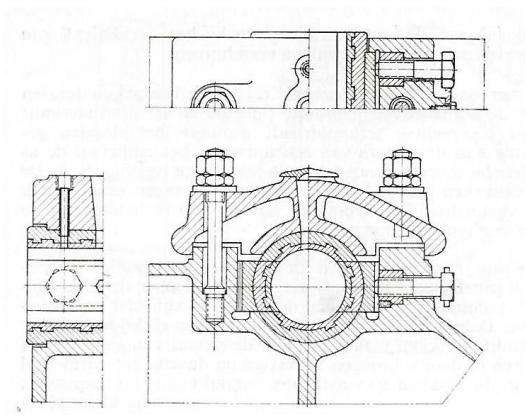


**Kristalstructuur witmetaal**

**Algemene constructie aspecten voor kussenblokken**

- Een kussenblok moet zo sterk zijn uitgevoerd dat het voldoende weerstand kan bieden aan de krachten die er op werken, zonder dat er schadelijke vormveranderingen optreden.

- Omdat de oppervlakteruwheid van grote invloed is op de slijtage moeten de metalen zo glad als mogelijk zijn bewerkt. Verder moeten zij de tap, rekening houdend met de nodige speling voor een smeeroliefilm, nauwkeurig omsluiten zonder dat plaatselijk hoge vlaktedrukken ontstaan. Ten einde na slijtage de juiste speling weer in te kunnen stellen, maakt men bij onvolkomen smering soms het blok nastelbaar. Een en ander zoals in de doorsnedes van de figuur hiernaast is weergegeven. De metalen moeten op de scheidingsvlakken nauwkeurig op elkaar aansluiten om het wegvloeien van de smeerolie te voorkomen. De schalen mogen niet om de tap klemmen, zelfs al worden de moeren van de kap abusievelijk te sterk aangehaald.



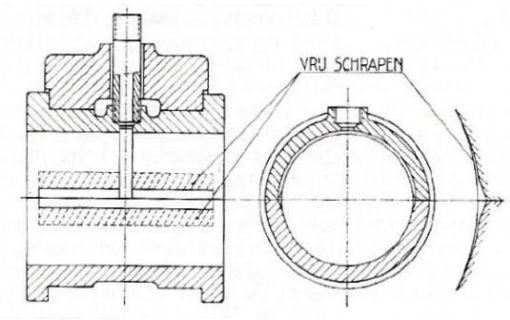
**Verstelbaar hoofdlager stoommachine**

Om er zeker van te zijn dat de metalen goed op elkaar rusten mag de kap via de metalen op de fundatie rusten. Door gebruik te maken van vulstukken tussen de twee metaalhelften is het mogelijk om de verlangde sluiting op de sluitvlakken te verkrijgen en later de slijtage in de metalen te compenseren zonder de scheidingsvlakken opnieuw te moeten bewerken.

- De metalen mogen niet kunnen draaien of in axiale richting kunnen verschuiven. Het eerste wordt belet door een aangegoten nok van het metaal die met enige speling in de bovenkap past. Deze methode heeft als nadeel dat een deel van het buitenvlak van het metaal niet bewerkt kan worden. Daardoor valt een deel van het steunvlak kleiner uit en wordt de warmteafvoer verminderd. Voor hetzelfde doel bezigt men ook wel pennen, oliepijpjes of aangeschroefde plaatjes. Bij deze constructie is door de constructeur reeds rekening gehouden met de mogelijkheid van de- en montage van de metalen, ook als de as slechts zeer weinig gelicht kan worden. In het ondermetaal zal men dus geen nokken of iets dergelijks aantreffen. Het verschuiven van de metalen wordt belet door kragen aan de einden of in het middengedeelte.

- De olie moet in de metalen worden aangevoerd op plaatsen, waar geen of slechts weinig vlaktedruk heerst. Bij ”volkomen” smering zijn dan alleen smeergroeven nodig voor de verdeling van de olie in axiale richting, cirkelvormig of halfcirkelvormig. De groef wordt in het metaal gekotterd, gestoken of gehakt en daarna met een schraapstaal vloeiend bijgewerkt. Eén en ander zoals om de hierna te noemen redenen, in de hiernaast afgebeelde figuur is aangegeven. Van belang hierbij is de juiste plaats en de vorm van de groef. Vooral vroeger werden in dit opzicht fouten gemaakt en hakte men groeven naar plaatsen die hoog belast werden. De door de draaiing van de tap opgebouwde oliefilmdruk valt dan weg, juist op de plaats waar deze het meest nodig is. Verder mag nergens de olie door scherpe kanten van de glijvlakken worden afgeschraapt. Dit is ook de reden voor het vrijschrapen van de oliegroef.

De oliegroef mag overigens niet doorlopen tot de einden van de lagers omdat dan de olie onbelemmerd kan wegvloeien. De plaats van de scheidingsvlakken van de metalen wordt daarom zo gekozen dat de grootste vlaktedruk niet in de nabijheid hiervan ligt. Het vloeiende verloop van de oliegroeven naar het loopvlak zorgt er tevens voor dat de olie uit de groef gemakkelijk wordt meegenomen door de astap.




**Plaats en vorm smeeroliegroef**

- De moeren van de kussenblok bouten mag men niet meer dan nodig aandraaien teneinde de kap zo min mogelijk te verbuigen. De moeren worden dus niet steeds door de wrijving tussen de schroefdraad vlakken voldoende vastgehouden en moeten dus worden geborgd. Dit geschiedt gewoonlijk door contramoeren of door een reeds eerder in deze leidraad behandelde Penn'se zekering. Bij ongelijke moerhoogte wordt de hoogste moer bovenop gelegd. Men maakt de bouten zo lang als constructief mogelijk is zodat ze bij voorkomende schokken zoveel mogelijk veren en niet breken. Ook het afdraaien van de bouten tot de kerndiameter van de schroefdraad zorgt voor een gelijkmatige verdeling van de rek en voorkomt breuk. Tapeinden worden bij kussenblokken vermeden ook al om de reden dat ze bij breuk moeilijk te verwijderen zijn. Bij brede kussenblokken brengt men aan weerszijden twee of soms meer bouten aan. Bij gebruik van 4 kapbouten deelt men de kap ook wel volgens een vlak loodrecht op de as in tweeën om scheef aandrukken te voorkomen.

- Gewoonlijk heeft het kussenblok een ontbondene van de reactiekracht evenwijdig aan het scheidingsvlak van de metalen en loodrecht op de hartlijn van de as en is de kap in het blok gepast of grijpt er omheen. De kap moet daarom zo sterk zijn dat zij bij het aandraaien van de moeren en gedurende het bedrijf slechts zeer weinig doorbuigt, anders zou het boven metaal vervormd kunnen worden en de tap warmlopen. De metalen moeten daarom met tot het juiste moment aangehaalde moeren in het werk pas gemaakt worden.

**Smering**

Bij de diverse kussenblokconstructies van stoommachines of andere werktuigen wordt met de volgende aspecten rekening gehouden:

- Dat voldoende veiligheid bestaat op grond van sterkteberekening, tegen het afbreken, en bij lange assen tegen het doorbuigen van de tap.
- Dat de vlaktedruk tussen de tap en het metaal niet te groot is, dus dat de blokken goed gedimensioneerd zijn. Is P de kracht in kg, die de tap belast, en f het geprojecteerde oppervlak in $cm^2$ van de tap op een vlak loodrecht op de kracht P, dan is de gemiddelde vlaktedruk:

$$\sigma_o = \frac{P}{f}\ [kg/cm^2]$$

Voor een cilindrische tap met een diameter van d cm en een lengte van l cm die belast wordt loodrecht op de hartlijn van de as is:

$$f = l\,.\,d\ [cm^2]$$

| **Constructie glijvlakken** | **Vlaktedruk** kg/cm² |
|---|---|
| Gehard staal, lopend op gehard staal | ≤ 150 |
| Gehard staal, lopend op brons of witmetaal | ≤ 90 |
| Ongehard staal, lopend op brons of witmetaal | ≤ 60 |
| Gegoten ijzer, lopend op brons | ≤ 30 |
| Staal, lopend op gietijzer | ≤ 25 |
| Staal, lopend op pokhout bij watersmering | ≤ 25 |

**Tabel voor glijvlakconstructie versus vlaktedruk**

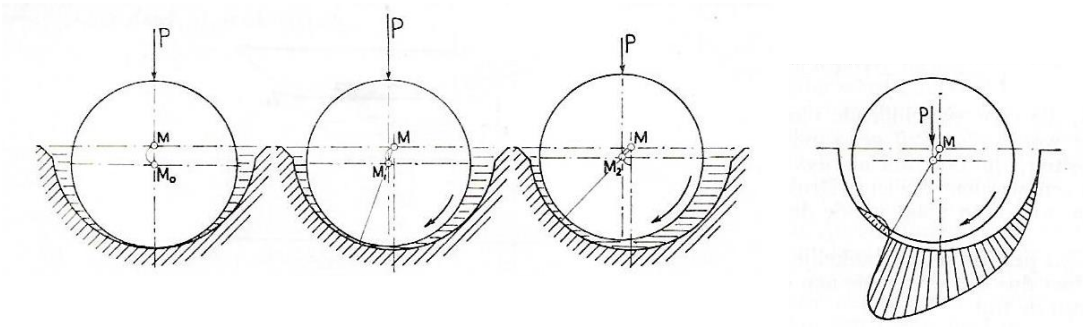
Deze gemiddelde vlaktedruk zou alleen dan overeenkomen met de in werkelijkheid optredende vlaktedruk als de druk op het halve oppervlak van de tap overal even groot zou zijn. Dit is echter nooit het geval. Wordt de waarde van $\sigma_o$ te hoog , dan treedt abnormale slijtage , wrijving en dientengevolge zeer sterke warmteontwikkeling op, zodat er gevaar voor ''warmlopen'' en ''vreten'' ontstaat.

- Dat de hoeveelheid warmte, waar het grootste deel van de wrijvingsenergie in wordt omgezet, niet meer bedraagt dan de hoeveelheid warmte, welke terzelfder tijd door het kussenblok en de tap wordt onttrokken. Hieruit volgt dat als het niet anders kan, de warmte op kunstmatige wijze, bijvoorbeeld met de smeerolie moet worden afgevoerd.

Om de wrijving te verminderen tussen de tap of as en de metalen van het kussenblok moet men zorgen, dat er een voldoende hoeveelheid van een passend smeermiddel aanwezig is. Hiervoor gebruikt men tegenwoordig in hoofdzaak een minerale olie. Voor langzaam draaiende of schommelende tappen komt consistentvet in aanmerking.
Tussen de tap en het metaal moet dus ruimte zijn voor dit smeermiddel. Een ashals zal dus altijd iets kleiner zijn dan het bijbehorende metaal. Hoe groot deze speling moet zijn is van allerlei omstandigheden afhankelijk. Tegenwoordig zal men zich houden aan de maattolerantie voor een lopende passing, die voor een "lopende passing" bij een diameter van 100 mm een gemiddelde speling van 87 micron oftewel 0,08 mm bedraagt. Deze speling neemt, zoals uit onderstaande formule kan worden afgeleid, ongeveer evenredig toe of af met de derde macht van de diameter.

$$i = 0{,}45\ \sqrt[3]{D} + 0{,}001\ D\ \ [micron]$$

De tolerantie-eenheid i bedraagt 2,1889 voor een as van 100 mm die, als deze wordt vermenigvuldigd met de basistolerantie 40 welke hoort bij het kwaliteitscijfer 8 voor deze constructies, de eerder genoemde speling van 0,08 mm oplevert. Tegenwoordig kan aan de hand van de belasting, de bedrijfstoestand en de wijze van smering en met behulp van ervaringscijfers de speling nauwkeurig worden berekend.
De assen en de lagers van een groot aantal stoommachines in gemalen zijn gemaakt voordat er een genormaliseerd passingstelsel en nauwkeurige meetinstrumenten bestonden. De metalen in de kussenblokken en tappen werden veelal met behulp van een liniaal, krom- en steekpasser in het werk pasgemaakt. De uiteindelijk gehanteerde speling hing af van de ervaring van de vakman die de machine maakte. Het kan daarom voorkomen dat de ene tap en de bijbehorende lagering van bijvoorbeeld een kruishoofd enkele tienden van millimeters groter is dan het andere. Bij reparaties aan oude stoommachines dient daarmee dan ook terdege rekening gehouden te worden.
Hoe de astap wordt gedragen en hoe de hiervoor benodigde oliefilm tot stand komt en de druk in de oliefilm wordt opgebouwd, wordt geïllustreerd met de onderstaande figuren. . De stilstaande as zal aanvankelijk, overdreven voorgesteld, in het ondermetaal rusten zoals in de linker figuur is te zien. Nemen we aan dat de ruimte van de speling geheel met olie gevuld is, en dat aan de tap ook verder olie in overvloed wordt toegevoerd, dan zal de tap als hij gaat draaien door de adhesie en de wrijving olie met zich meevoeren in de wigvormige ruimte tussen tap en metaal. Het gevolg is dat de olie de tap van het metaal licht. De oliefilm draagt de tap en neemt de tap druk op, hetgeen met de tweede figuur van links wordt aangegeven. Hoe sneller de tap draait des te meer olie wordt er meegenomen en des te dikker wordt de oliefilm op de nauwste plaats bij een gelijkblijvende belasting P van de tap. Het hart van de as verplaatst zich volgens een cirkel om het hart van het lager vanuit de positie $M_0$ via $M_1$ naar $M_2$. Een en ander zoals in de derde figuur van links voorgesteld wordt.

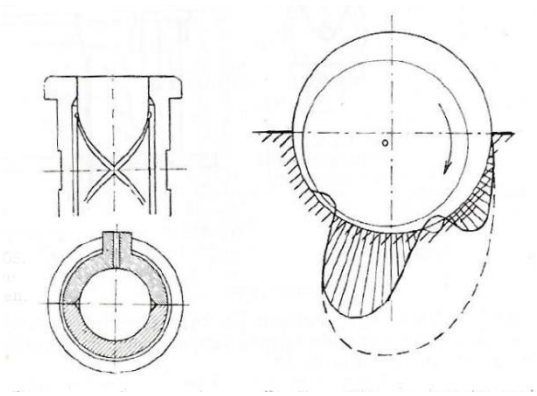



**Ligging van de as en druk in de oliefilm**

De as, dan wel de belasting hierop, kan door de oliefilm worden gedragen omdat de olie onder druk staat. De rechter figuur geeft het verloop van deze druk bij een draaiende tap aan. Deze straalsgewijs uitgezette druk blijkt in de richting van de draairichting toe te nemen tot dicht bij het nauwste punt. In dat punt is de statische druk nul om daar voorbij, als gevolg van het omzetten van druk in snelheid, zelfs negatief te worden.
De kracht veroorzaakt door de resultante van deze drukken maakt evenwicht met de belasting P van de tap.

Is de beschreven toestand ingetreden dan is er geen contact meer tussen het materiaal van de as en het lager. De enige wrijving die overblijft is die tussen de vloeistoflagen van de smeerolie; immers aan de omtrek van de tap heeft deze de snelheid van de tap terwijl die bij het metaal nul is. Daartussen neemt de snelheid toe van nul naar de omtreksnelheid. We hebben hier dus te maken met vloeistofwrijving. Evenals bij droge wrijving, dus wrijving tussen het as- en lagermateriaal, of vochtige wrijving, een combinatie van droge en natte wrijving, wordt de wrijvingsenergie omgezet in warmte. Deze warmte moet worden afgevoerd.

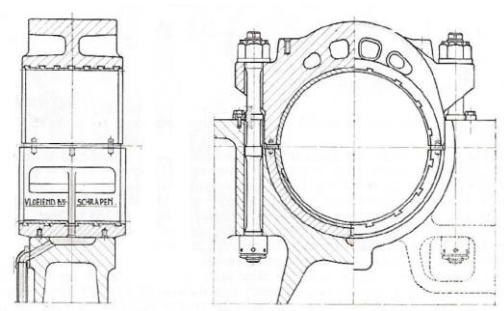
Uit het voorgaande kan worden afgeleid dat de juiste plaats en de vorm van de oliegroeven in de metalen van groot belang zijn voor de smering en dientengevolge de levensduur van het lager. De oude gedachtegang dat waar de grootste belasting optreedt de smeerolie moet worden toegevoerd is pertinent onjuist en wordt met de hiernaast staande figuur nadrukkelijk geïllustreerd. Het gedeelte waar de olie onder hoge druk is gekomen wordt namelijk door de oliegroef in verbinding gebracht met een gedeelte in het metaal waar de olie onder lage druk staat. De druk bij de oliegroef is dus laag waardoor de olie in de volgende spleet opnieuw onder druk gebracht moet worden. In plaats van de olie toe te voeren aan het te smeren oppervalk voert de groef de olie daarvan af. Het verloop van de druk wordt door het gearceerde gedeelte weergegeven. Als de oliegroef niet zou zijn aangebracht zou de drukopbouw volgens de stippellijn zijn verlopen



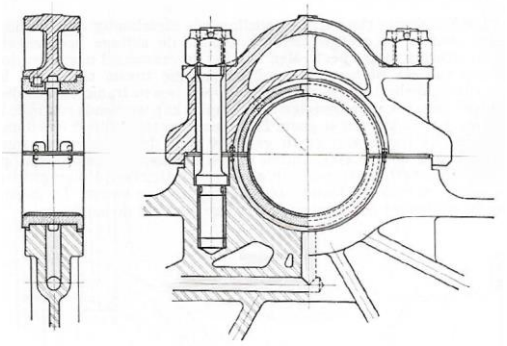
**Invloed van verkeerd aangebrachte oliegroef**

Onder overigens dezelfde omstandigheden kan als gevolg van oppervlakte vermindering door de olie groeven het kussenblok minder tap druk opnemen. Bij gelijkblijvende tap druk neemt de kans op vochtige wrijving en daardoor slijtage toe.

Bij druksmering leidt een half cirkelvormige groef de smeerolie naar een oliekamer. De tap neemt dan de olie mee naar het dragende deel van het metaal. De groef bij het metaal van het kussenblok, in de linker figuur loopt door het draagvlak en vermindert het dragend vermogen. Zij verbetert echter de olietoevoer achter het nauwste deel van de spleet en verhindert daarmee het toetreden van lucht. Soms maakt men de groef cirkelvormig. De smeerolie onder druk kan dan uit het hoofdblok via een doorboring van de krukas naar het krukpenlager stromen.

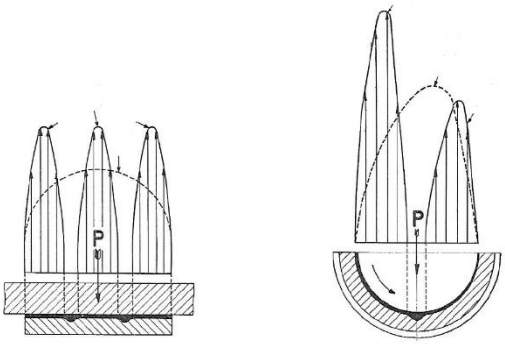


**Druksmering via groef in ondermetaal**



**Druksmering via groef in bovenmetaal**

Hier voor is uiteengezet dat als gevolg van de vloeistofwrijving tussen het metaal en de tap er druk wordt opgebouwd in het smeermiddel, welke nul bedraagt waar de olie niet is opgesloten. Met andere woorden aan de einden van de metalen en ter plaatse van de olie-groeven. Op andere plaatsen vertoont het drukverloop een parabolisch karakter, dus zoals in de figuur hiernaast is aangegeven. De som van alle drukken maakt evenwicht met de belasting P. Vervallen de oliegroeven dan worden de oliedrukken kleiner en wel ongeveer zo als is aangegeven met de gestippelde lijn, immers de som van deze oliedrukken is weer gelijk aan de belasting P. Het is duidelijk dat de oliegroeven onvermijdelijk tot gevolg hebben, dat de drukken in de oliefilm aanzienlijk toenemen naarmate het loopvlak verder verdeeld is door deze groeven



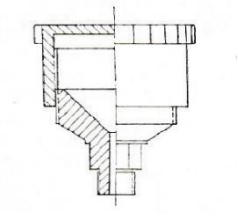

**Drukverloop tussen oliegroeven**

### Smeermethodes voor lagers en geleidingen

Voor het smeren van lagers en geleidingen is in de loop der tijd een aantal methodes ontwikkeld. Van een aantal hiervan wordt hierna de toepassing in samenhang met het smeermiddel, en de werking uiteengezet

### Vetsmering

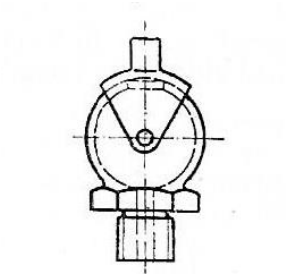
Voor de smering van glijblokken gebruikt men behalve smeerolie ook wel Consistentvet. Dit vet kan door het aanschroeven van het deksel van de vetpot of door middel van een pompbeweging van de vetspuit met een daartoe in het machinedeel bevestigde nippel op de as worden gebracht. Ook worden vetpotten toegepast, waaruit het vet doormiddel van een door een veer aangedrukte zuiger op de as geperst wordt. Als het reservoir leeg is moet bij deze systemen het vet handmatig worden bijgevuld. Deze smering wordt slechts toegepast voor machinedelen die langzaam of slechts nu en dan draaien. De smeerpunten zijn afhankelijk van regelmatige bediening en moeten te allen tijden goed en op een veilige manier bereikbaar zijn.



**Stauffer vetpot**

## Oliesmering

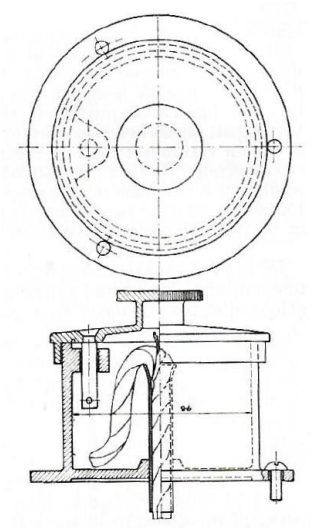
Bij kleine machinedelen, bijvoorbeeld stangen die in een slingerende beweging zijn, wordt vaak voor oliesmering van de tappen een oliepotje gebruikt zoals hier onder is afgebeeld. De olievoorraad moet met een olie-spuitkan regelmatig worden bijgevuld. Het cilindervormige reservoirtje is met een verdraaibaar deksel afsluitbaar, zodat geen stof of andere ongerechtigheden kunnen toetreden.



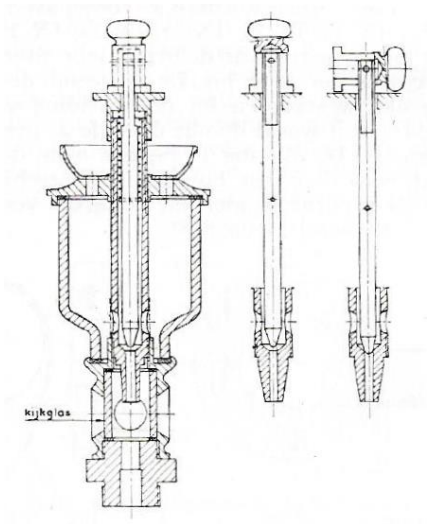
Als de tappen grotere afmetingen hebben dan is de olievoorraad te klein en wordt een meer geautomatiseerde smering toegepast zoals door middel van een lampenkatoen (petroleumlamp) waarvan op deze bladzijde een voorbeeld wordt gegeven.

**Klein smeeroliepotje**

Voor deze oliepot geldt dat deze op een goed toegankelijke plaats moet staan opgesteld om het met een oliekan bij te kunnen vullen. Het katoentje hangt in de olie en zuigt deze op als gevolg van de capillaire werking van het katoen, en laat deze druppelsgewijs los op de as. Het katoentje werkt als hevel terwijl de dikte van de streng en de hoogte van het olieniveau ten opzichte van het einde van de streng bepalend zijn voor de hoeveelheid olie die aan het metaal wordt toegevoerd. Deze smering is eenvoudig maar heeft het nadeel dat de olietoevoer door het na verloop van tijd verharsen van de olie minder wordt. Ook kan de streng vervilten als het einde hiervan over de as strijkt. Als dit niet wordt opgemerkt zal de as drooglopen. Voor de controle op de olievoorraad en het bijvullen moet het deksel op de pot iets gelicht en verdraaid worden. Een en ander vereist permanente aandacht van de dienstdoende machinist.



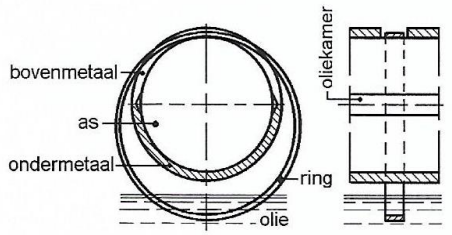
**Oliepot met lampenkatoen**



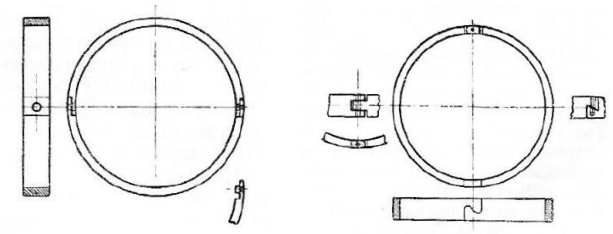

**Druppel-oliepot**

De stoommachines die we in gemalen tegenkomen zijn vaak uitgerust met de druppel- oliepot zoals in de rechter figuur hierboven is afgebeeld. Is de naald in de hoogste stand van de zitting gebracht dan stroomt olie uit de glazen voorraadpot via een fijn messing-gaasje via enige openingen in de standbuis tussen naald en zitting door naar het lager. Door de naald met behulp van de schroefdraad op het einde van de stand buis met de stelschroef hoger of lager te stellen kan men het aantal druppels olie per tijdseenheid regelen. Een kijkglaasje beneden in de oliepot biedt de mogelijkheid de druppels te tellen. Met deze oliepot is goed zicht mogelijk op de olievoorraad en de toevoer naar het lager. De naald wordt met een spiraalveer in de richting van de zitting gedrukt. Als de machine buiten bedrijf wordt gesteld kan door het lichtmechanisme bovenop de naald te knikken de olietoevoer naar het lager worden afgesloten en treedt geen olieverlies op. De oliepot wordt aan de bovenzijde afgesloten door een komvormige vizierschijf. Om het reservoir bij te kunnen vullen moet eerst de kom zover worden verdraaid dat de boringen in de kom en de grondplaat tegenover elkaar komen te liggen.

Bij een aantal museale stoominstallaties van gemalen zijn de kussenblokken uitgerust met ringsmering. Men onderscheidt hierbij smering met een losse om de as gedrapeerde ring of ketting en die waarbij een deelbare ring vast op de as wordt geklemd. De losse ring sleept op de as en wordt door de wrijving meegenomen waarbij hij olie uit het onderliggende reservoir meeneemt naar de bovenkant van de ashals. De olie wordt dan door oliegroeven over de gehele taplengte verdeeld.

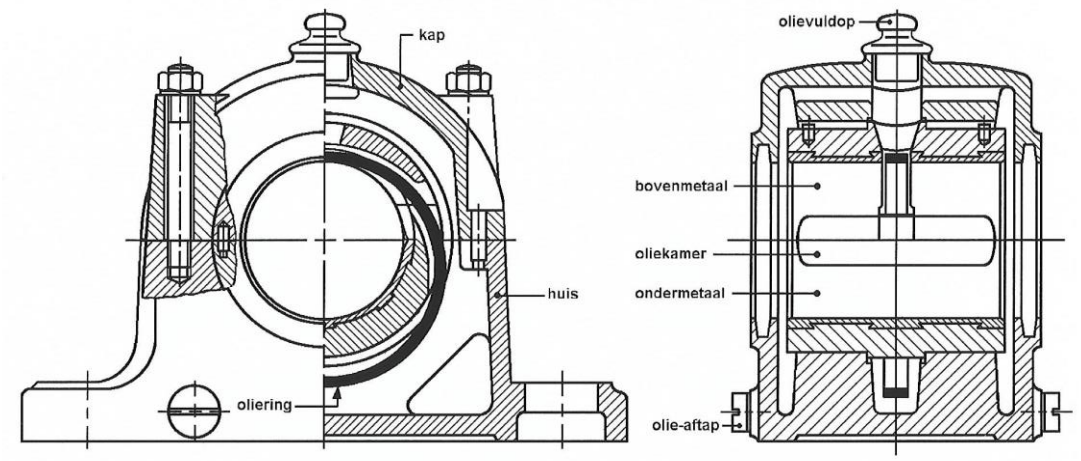



**Principe ringsmering**



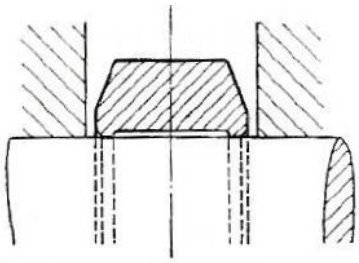
**Olieringen uit twee delen**

De olieringen worden van gietijzer, staal of messing gemaakt. De ringen worden soms uit één stuk maar meestal uit twee delen gemaakt om ze te kunnen vervangen zonder de as te hoeven lichten. De wijze waarop de delen zijn samengevoegd is in de bovenstaande figuren aangegeven. Om het gevaar te vermijden dat de ring aan de zijkanten van de sponning blijft kleven, geeft men de ringdoorsnede wel afgeronde hoeken of een trapeziumvorm waardoor tevens het aflopen van de olie wordt bevorderd. Ook wordt voor dit doel wel een klein nokje aan de sponningranden gegoten.

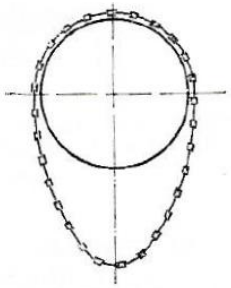



**Kussenblok met ringsmering**

Voor langzaam draaiende assen en voor assen met een kleine middellijn wordt de oliering uitgevoerd volgens de linker figuur op de volgende bladzijde. Deze ring loopt op slechts twee zeer smalle ringoppervlakken zodat de druk tussen ring en as is verhoogd waardoor deze minder slipt en een grote olieopbrengst wordt bereikt.
In plaats van een ring wordt ook wel een olieketting toegepast. Hierdoor kan het blok smaller worden uitgevoerd hetgeen de sterkte van de constructie ten goede komt. Deze methode heeft als nadeel dat de ketting door korstvorming van de olie stijf kan worden, de as onder de ketting doordraait en het blok droogloopt. Men kan dit voorkomen door op gezette tijden de ketting los te nemen en uit te wassen in petroleum of wasbenzine.

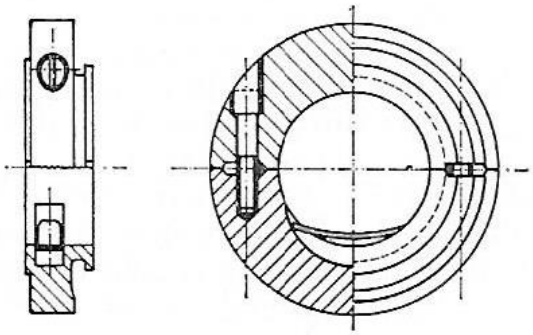


**Oliering met randen**



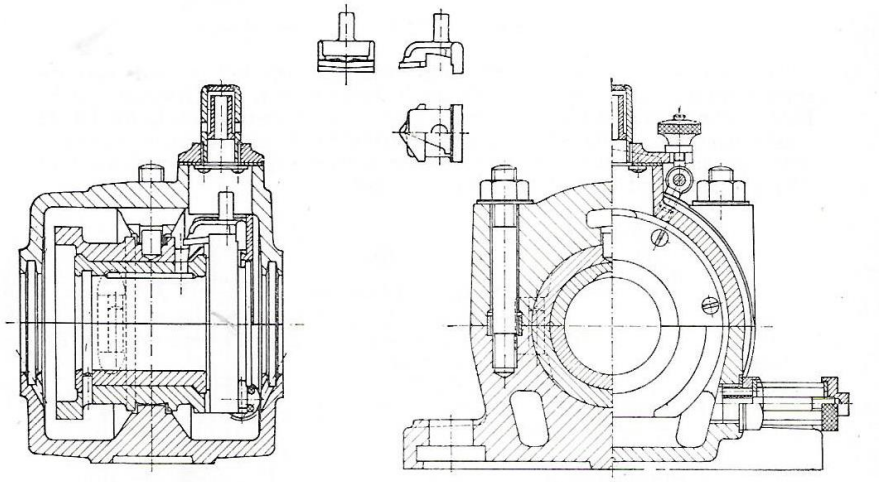
**Olieketting**

De onderstaande figuur laat een voorbeeld zien van een vaste oliering. De ring bestaat uit twee delen die met schroeven aan elkaar zijn vastgemaakt en met een bladveer tegen de as wordt gedrukt. De oliering wordt aan het uiteinde van de metalen geplaatst. Het draagvlak van de metalen wordt, voornamelijk in de bovenkap, dus niet onderbroken hetgeen met het oog op de draagkracht van de oliefilm en dus het lager van belang is. Bovenop de oliering rust een olieschraper. De door de ring opgevoerde olie wordt tegen de wand, die ten opzichte van de as scheef is opgesteld, van deze schraper opgestuwd en zijwaarts afgeleid. Ze stroomt vervolgens in de toevoer opening van de oliekamer, die zich bevindt in het bovenmetaal, midden boven de as.



**Vaste oliering**

De vorm van de oliekamer bevordert de toevoer van de olie in de speelruimte tussen as en metalen. De oliefilm die zich in deze speelruimte vormt komt in het bijzonder daar, waar de as tegen de metalen wordt gedrukt en deze niet door smeergroeven onderbroken is. Is de tapdruk naar boven gericht dan zal de oliekamer aan de onderzijde van de metalen worden aangebracht en de olie om de schaal heen hier naar toe worden geleid.



**Kussenblok met vaste oliering**

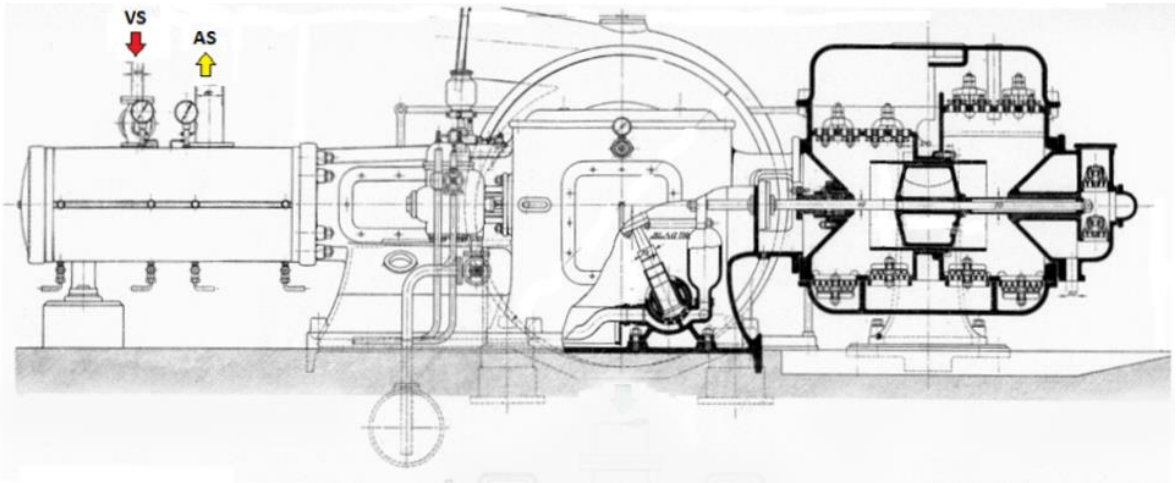
Boven de schraper bevindt zich een controle-opening met deksel. Aan de zijde van de oliering is voor de afdichting een plaat aangebracht in de vorm van een halve ring. De doorgangen van de as door de blokken zijn door middel van viltringen stofdicht afgesloten. De viltringen beletten ook het uittreden van de olie in enige mate. Tegenwoordig worden hiervoor al of niet in combinatie met de viltringen, speciale oliekeerringen gebruikt. Deze worden met Simmerringen aangeduid.
De vaste olieringen worden voor langzaam lopende assen of bij dik vloeibare oliesoorten toegepast. In deze gevallen zou een losse ring of ketting een onvoldoende hoeveelheid olie opbrengen.

De ringsmering geeft ten opzichte van andere hiervoor besproken smeermethodes met verbruikssmering een grote besparing. Bovendien is deze smering buitengewoon zindelijk. De olie die aan de einden uit de metalen lekt, vloeit weer terug in het oliereservoir , bezinkt daar en wordt opnieuw ingezet. Het bezinksel in de oliereservoirs moet op gezette tijden worden verwijderd. De reservoirs moeten daarbij gereinigd worden door ze uit te spoelen met een speciale dunne oliesoort. Het laagste deel van het kussenblok is daartoe voorzien van een aftap plug of -kraantje.

**Druksmering**

Bij sommige installaties worden de kussenblokken en in het verlengde daarvan de krukpen en de smeerpunten van het kruishoofd onder druk gesmeerd. Ook bij kleine compact samengebouwde stoom- machines, bijvoorbeeld blaasmachines, wordt bij de lagers druksmering toegepast. Meestal wordt de smering onder druk verkregen door de fundatie van de machine in te richten als opvangbak en oliereservoir en daarin een door de machine zelf aangedreven plunjer- of tandwielpomp onder te brengen die via filters en eventueel een oliekoeler de olie naar de verschillende smeerpunten voert. De olie stroomt dan uit de lagers terug in de opvangbak. De machine moet dus (spat)oliedicht zijn uitgevoerd. De persdruk van de pomp wordt geregeld met behulp van een veiligheid en bedraagt tussen de 1 … 1,5 kg/cm². Met behulp van een manometer kan de druk worden ingesteld en tijdens bedrijf worden gecontroleerd. De in de persleiding opgenomen veiligheid zal bij in goede conditie verkerende lagers de olie-overmaat terug storten in het reservoir. Ten gevolge van slijtage van de lagers zullen deze steeds meer olie doorlaten en zal de gewenste persdruk niet bereikt worden. Dit betekent dat de kussenblokken te veel speelruimte hebben of dat de pomp defect is. Meestal wordt bij druksmering naast de door de machine gedreven pomp, een eenvoudige handpomp toegepast. Met deze handpomp, bijvoorbeeld een vleugelpomp, moet bij het opstarten van de installatie de machine worden voorgesmeerd. Deze handpomp kan ook worden gebruikt om lekkages in het smeersysteem of defecte lagers op te sporen.

Sommige stoommachine-installaties zijn uitgerust met een apart opgestelde verzameling van hulpwerktuigen die door een kleine stoommachine worden aangedreven. In geval van druksmering is de smeeroliepomp voor de lagers van de hoofdmachine en het smeerolie reservoir ondergebracht in deze hulpinstallatie.

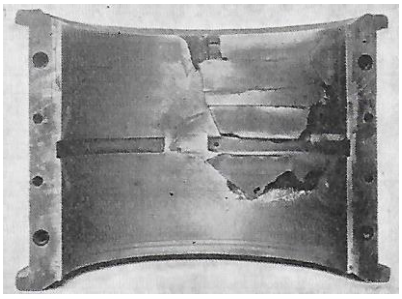



**Hulpwerktuigen opstelling ir D.F. Woudagemaal**

In de figuur op de voorgaande bladzijde is in het midden van de krukkast de schuin opgestelde plunjerpomp voor de lagers van de Jaffa hoofdmachine van het Woudagemaal te zien.
De plunjer van de pomp is met een excentriek gekoppeld aan de krukas en maakt met het cilindrische en draaibare pomphuis een oscillerende beweging. De toe- en afvoer van de pomp wordt geregeld door de schuifwerking van de beweegbare kop van het pomphuis. Deze plunjerpomp heeft dus geen kleppen en is daardoor minder onderhoudsgevoelig. De luchthelm om de drukgolven van de pomp af te vlakken is in de krukkast ondergebracht, die tevens dienst doet als opslag voor de smeerolie voorraad.

**Witmetaal lagervoeringen vernieuwen**

Onvermijdelijke slijtage aan lagers en schade als gevolg van warmlopen en falende smering noodzaken de gebruiker van de machine de metalen te vernieuwen. Ook schade aan het draagvlak van de metalen veroorzaakt door het op een onjuiste manier ingieten leidt vroeg of laat tot vervanging hiervan. De metalen moeten daartoe uit de machine genomen worden en opnieuw worden ingegoten en pasgemaakt. Hierbij moeten de originele maat-toleranties en bewerkingswijze in acht genomen worden.



**Beschadigd krukpenmetaal**

De meeste van de stoommachines en daarvan de lagerconstructie van museale gemaal-installaties zijn vaak met zeer eenvoudige hulpmiddelen zoals krom- en voetjespasser gemaakt. Het inzicht maar bovenal het vakmanschap met betrekking tot het ingieten en pasmaken van lagers, zo blijkt uit terugkerende schadegevallen, is in een aantal praktijkgevallen niet te ondervangen door moderne en uiterst nauwkeurig werkende bewerkingsmachines. Daarom een opsomming van

aandachtspunten in deze leidraad met betrekking tot het vernieuwen van witmetaal- of Babbitt-lagers, op de oude en beproefde wijze.

**Voorbereidende werkzaamheden**

- Het defecte lager moet uit de machine worden genomen en voor zover dat bij eerdere reparaties niet is gebeurd op onderdeel-niveau en positie worden gemarkeerd met slagletters en of -cijfers. Ook moet, voor zover niet beschikbaar, een tekening worden gemaakt van het lager en de as of de pen waarbij de as- of pendiameter, de hartmaat van de boring en de lengte van het lager nauwkeurig in kaart moeten worden gebracht. Bij het inmeten van het lager moet ook aandacht worden besteed aan een eventuele scheefstand van lageronderdelen als gevolg van bewerkingsonnauwkeurigheden uit het verleden. Niet zelden werd in het verleden zo'n scheefstand gecompenseerd door het metaal ook scheef te bewerken. Bij het vervaardigen van een nieuw lager zal dan dezelfde afwijking moeten worden aangebracht.

- Als gevolg van vreten kan de as ter plaatse van het lager beschadigd zijn. Ook kunnen rondgaande ribbels, als gevolg van voortdurende slijtage op de as zijn ontstaan. De as moet dan ter plaatse worden opgezuiverd met behulp van een zoetvijl en schuurlinnen. De omgeving van de te bewerken ashals of pen moet bij die bewerking zorgvuldig worden afgedekt met pluisvrije poetsdoeken om te voorkomen dat ijzervijzel in het smeersysteem of op andere ongewenste plaatsen terecht komt.

- De uit twee delen bestaande lagers of schalen moeten vervolgens uit elkaar genomen worden en leeggehaald worden door middel van draaien of kotteren. Hierbij zorgt men ervoor dat de vertinde laag niet, dan wel zo min mogelijk, aangetast wordt. Ook het witmetaal in de zwaluwstaartvormige sponningen moet zorgvuldig worden geruimd. De bewerkingsmachines die voor het leeghalen worden gebruikt moeten voorafgaand aan de bewerking zorgvuldig zijn schoongemaakt en ontdaan van draaikrullen en spanen van andere materiaalsoorten. Het bij het leeghalen vrijgekomen witmetaal kan opnieuw worden gebruikt bij het ingieten van de nieuwe metalen.

- Het leeggehaalde en opnieuw te gieten lager moet met betrekking tot de vlakken waarop het metaal moet hechten zorgvuldig worden schoongemaakt. Met name olie- of vetresten moeten door afbranden en of beitsen verwijderd worden. Voor het beitsen kan verdund zoutzuur (HCl) worden gebruikt. Hiervoor verdunt men 5 liter zoutzuur (HCl) met 1 liter water ($H_2O$).

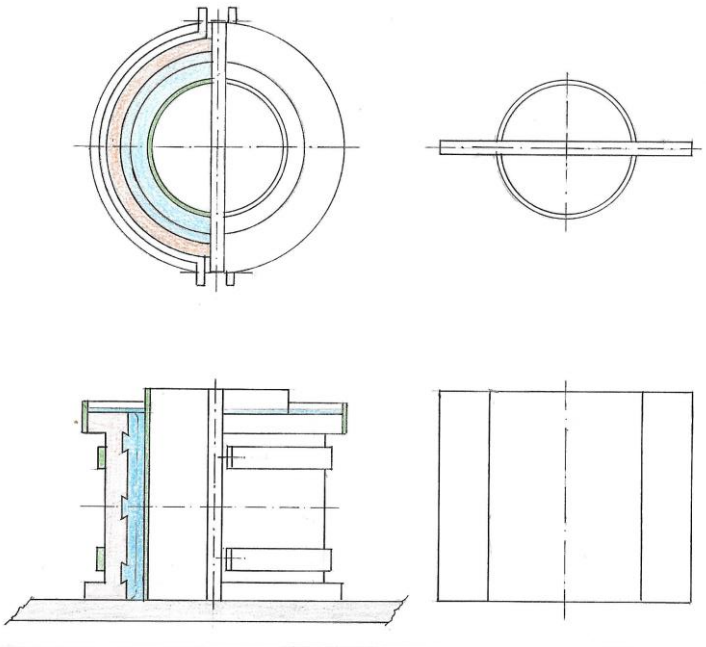
- Voor een goede hechting van het witmetaal aan de schaal moet deze voor het gieten worden vertint dan wel de eventueel beschadigde tin laag worden bijgewerkt. Gietijzeren schalen die zich minder makkelijk laten vertinnen zijn voor dit doel vaak gegalvaniseerd oftewel van een zinklaag voorzien. Kleine beschadigingen van deze verzinkte laag kunnen door middel van vertinnen hersteld worden.

- Het vertinnen gebeurt met zuurvrij soldeerwater en strooi-tin of soldeertin, respectievelijk in de vorm van korrels of platte stangen. Het soldeerwater kan men bereiden door:

a) een ½ kg ammoniumchloride, salmiak, ($NH_4Cl$, wit kristallijn poeder) op te lossen in een ½ l water;
b) 1 kg zinkchloride ($ZnCl_2$, wit poeder) op te lossen in een ½ l kokend water;
c) deze mengsels bijeen te voegen;
d) nog 2 liter zuiver water bij te mengen

- Voor het vertinnen wordt de te vertinnen schaal met een schone kwast met soldeerwater bestreken en worden de bestreken oppervlakken met strooi-tin bedekt. Men legt vervolgens de lagerschaal zolang met de rug op een matig brandend smidsvuur, dat het strooi-tin begint te smelten. Afhankelijk van de tin - loodverhouding van het te gebruiken zachtsoldeer ligt dit tussen de 213 en 230º C. De schaal of het blok wordt uit het vuur gehaald en het te vertinnen oppervalk met een staalborstel uitgebersteld. Er ontstaat dan bij goede hechting een mat zilverkleurig oppervlak. Het verwarmen kan uiteraard ook in een oven of tussen vuurvaste stenen met een gasgestookte warmstookbrander. Plaatsen waar het tin onvoldoende hecht moeten schoon worden geschraapt en opnieuw worden vertint. Hierbij is het gemakkelijker om gebruik te maken van een brander en stangen tinsoldeer. Na het vertinnen moeten de blokken of schalen met schoon water worden afgespoeld of 12 uur in kalkwater worden gelegd om alle zuren te verwijderen c.q. te neutraliseren zodat deze het materiaal van de schalen of lager-blokkenmetalen niet aantasten.

- De metalen worden met de lange zijde in verticale positie gegoten. Bij het gieten wordt gebruik gemaakt van een uit staal vervaardigde mal. Een en ander zoals in de figuur hier onder is aangegeven.



**Gietopstelling en mal voor witmetaal lagerschalen**

De mal, bestaande uit een in langsrichting doormidden gezaagde stalen buis en een stalen plaat ter dikte van de vulling van de lagers die aan elkaar zijn gelast, wordt tussen de uitgehaalde en vertinde lagerhelften geklemd. Voor het samenvoegen van de helften zijn hier kapbeugels getekend, maar hiervoor kan natuurlijk ook de originele boutconstructie van het lager of ketelklemmen worden gebruikt. Aan de bovenkant wordt rondom het lager nog een band gespannen om een kleine overvloed aan metaal af te kunnen gieten om het nazuigen ten gevolge van krimp te compenseren. De uitstulping die op deze wijze ontstaat wordt bij het bewerken van het lager verwijderd. Hiermee worden de eventuele slakken en andere lichte verontreinigingen buiten het uiteindelijk bewerkte metaal gehouden.

**Gietvoorschriften**

- Het smelten van legeringen dus ook van witmetaal gebeurt bij voorkeur in een met een deksel afgedekte kroes om nadelige verontreinigingen uit de brandstof te voorkomen. De smeltkroes, gemaakt van een mengsel van grafiet en vuurvaste klei, en de ijzeren gietlepel moeten voor gebruik van eventuele slakken en metaalresten worden ontdaan. Kleinschalig gietwerk gebeurt meestal in een gasgestookte kachelvormige oven waarbij het witmetaal in een bij passende gietijzeren gietpan wordt gesmolten.

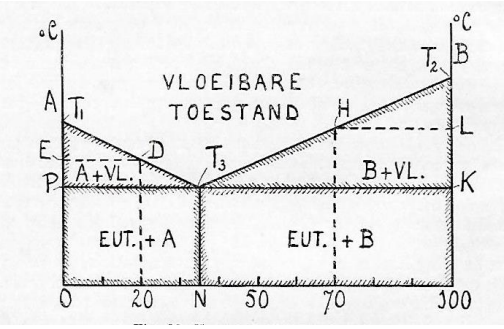
**Voorbeeld kleine oven met gietpan**

- Het witmetaal in de vorm van schuitjes, broodjes en draaikrullen uit leeggehaalde oude dan wel nieuwe bewerkte lagers moet op een matig vuur zolang worden verhit tot het dun vloeibaar is. In oude vakliteratuur wordt de vloeibaarheid vergeleken met afgeroomde melk. Bij gietwerk van metalen wordt dit meestal tussen 150 - 200º C boven de smelttemperatuur van het toegepaste metaal verwarmd. Deze temperatuur verschilt om de volgende redenen van metaal tot metaal.

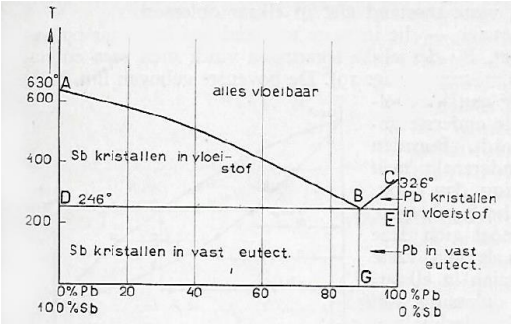
Bij legeringen, een mengsel van verschillende metalen en soms ook niet-metalen, is de ene stof in oplossing bij de andere stof en heeft daarom geen vast smeltpunt. Deze temperatuur is afhankelijk van de samenstelling en kan , zoals hierna wordt aangetoond, beduidend lager liggen dan die van de afzonderlijke smelttemperaturen van de bestanddelen van het te gieten witmetaal.

Met het hierna afgebeelde toestandsdiagram kan een voorstelling worden gemaakt hoe het smeltpunt van een legering wordt beïnvloed. Het diagram is eenvoudshalve getekend voor twee willekeurige metalen, het metaal A met het smeltpunt $T_1$ en metaal B met het smeltpunt $T_2$. Op de horizontale as zijn de gewichtsprocenten van de stoffen aangegeven en op de verticale as leest men de temperatuur af. Voegt men aan het metaal B gaandeweg het metaal A toe dan zal het smeltpunt dalen. De temperatuurdaling wordt aangegeven door de lijn $T_2$ H. Bestaat de legering bijvoorbeeld uit 70% metaal B en 30% metaal A, dan geeft het punt H loodrecht boven de 70 het punt aan waarbij het stollen begint. Bij L leest men dan de temperatuur af. In dit punt gaan deeltjes van de stof B over in vaste toestand, terwijl in de overgebleven vloeibare rest het gehalte van het metaal A toeneemt.

Gaat men uit van het metaal A en voegt men daaraan meer en meer toe van het metaal B dan daalt ook daarvan het smeltpunt. Het verloop van die temperatuurdaling wordt weergegeven met de lijn $T_1$ D. Bestaat de legering bijvoorbeeld uit 20% metaal B en 80% metaal A dan geeft D loodrecht boven de 20 het punt aan waar het stollen begint. De temperatuur leest men af bij E. In dit punt gaan deeltjes van A over in vaste toestand terwijl in de overgebleven vloeibare rest het gehalte van het metaal toeneemt.




**Toestandsdiagram willekeurige legering**




**Toestandsdiagram antimoon(Sb) - lood(Pb)**

De doorgetrokken lijnen $T_1$D en $T_2$H zullen elkaar snijden in een punt $T_3$. Trekt men hier de loodlijn T3N dan geeft N het aantal procenten van het metaal B aan. Het gehalte van het metaal A is dan (100–N)%.

Bij het punt T3 gaat het mengsel geheel in vaste toestand over. Men noemt T3 het eutectische punt en de legering een eutectische samenstelling. Een voorbeeld van de enkelvoudige legering van lood en antimoon als bestanddeel van de meervoudige legering witmetaal wordt in de rechter figuur hierboven gegeven. In het diagram is te zien is dat het mengsel van ongeveer 12% antimoon en 88% lood met een smelttemperatuur van respectievelijk 630º C en 326º C, leidt tot een stollings- smelttemperatuur van 246º C.

- Voor gieten moet met behulp van de tekening van het lager met een mal het volume en aan de hand daarvan het gewicht aan gietmateriaal worden bepaald. Hierbij moet rekening worden gehouden met gietverlies bij het afschenken van de slakken en de extra hoeveelheid gietmateriaal dat bij het model wordt geschonken voor de krimp. De smeltkroes wordt hiermee zover mogelijk gevuld en vervolgens in de oven geplaats. Kan de kroes niet in één keer worden gevuld dan voegt men het resterende materiaal later toe. De snelheid waarmee het later toegevoegde materiaal smelt is een maat voor de hoogte van de temperatuur van het gesmolten materiaal. Om het oxideren tijdens het smelten tegen te gaan moet het metaalbad steeds met houtskoolpoeder worden bedekt.

- Voor het uitgieten moet het metaalbad met een houten spatel goed worden omgeroerd. Soms beveelt men een dikke groene tak aan om te roeren. Als het hout daarbij vlam vat is dit een bewijs dat de juiste giettemperatuur is bereikt.

- Het samengestelde lager wordt op een dikke en vrij-opgestelde staalplaat geplaatst. De mal en eventueel andere delen die niet aan het witmetaal mogen hechten worden met water aangelengd grafiet bestreken. Deze onderdelen kunnen, en met hetzelfde effect, ook beroet worden met een sterk gereduceerde gasvlam. Omdat het gietmateriaal dun vloeibaar is, moeten alle reten en kieren met behulp van klei worden dicht gemaakt. De klei moet voor het gieten met een vlam drooggestookt worden zodat tijdens het gieten geen stoom of een ander gas in het gietwerk kan worden opgesloten. De dikke staalplaat helpt om de warmte gelijkmatig te verdelen.

- Voor het ingieten moeten de kussenblokken tot een temperatuur van ongeveer 230º C worden voor- gewarmd. Bij de aangegeven temperatuur begint de vertinde laag in de schalen te zweten hetgeen is waar te nemen doordat de dof geborstelde laag begint te glinsteren. Evenals bij het vertinnen moet er hierbij op worden toegezien dat dit langzaam en gelijkmatig gebeurt om geen warmtespanningen in de blokken te creëren. De dikke staalplaat helpt hierbij om de warmte gelijkmatig te verdelen.

- Het gieten zelf gebeurt door om de smeltkroes een klembeugel aan te brengen en deze met behulp van een verrijdbare kraan uit de oven te lichten en boven het te gieten voorwerp te brengen. De klembeugel is aan beide zijden voorzien van een stang met twee handvatten waarmee de kroes kan worden gekipt. Bij het gieten moet worden voorkomen dat er lucht wordt ingesloten; bijvoorbeeld door het vloeibare metaal via een stalen gootje naar de bodem van de gietholte te leiden. Verder moet het uitgegoten metaal aan de oppervlakte het langst vloeibaar worden gehouden om bij het stollen, en dus krimpen van het metaal, te kunnen nagieten. Dit kan men bereiken door het te gieten voorwerp tussen vuurvaste stenen op te stellenen deze stenen mee voor te warmen. Verder bij het gieten tocht te vermijden. De eventueel gevormde luchtinsluitingen kunnen worden verwijderd door een voorverwarmde ijzeren staaf in de vloeibare massa op en neer te bewegen, het zogenoemde pompen.

- Bij grote kussenblokken mag het volgieten met witmetaal niet ineens plaatsvinden. Om een gelijkmatig en volkomen dicht gietwerk te verkrijgen, moet men eerst een laag van ongeveer 5-10 cm ingieten en zoals hiervoor is aangegeven met een goed verwarmde ijzeren staaf net zolang pompen, tot alle luchtbellen verwijderd zijn. Het ingieten kan nu met een regelmatige straal plaats vinden en zal versneld moeten worden, als uit het pompen met de ijzeren staaf blijkt dat het vast worden van het metaal begonnen is.

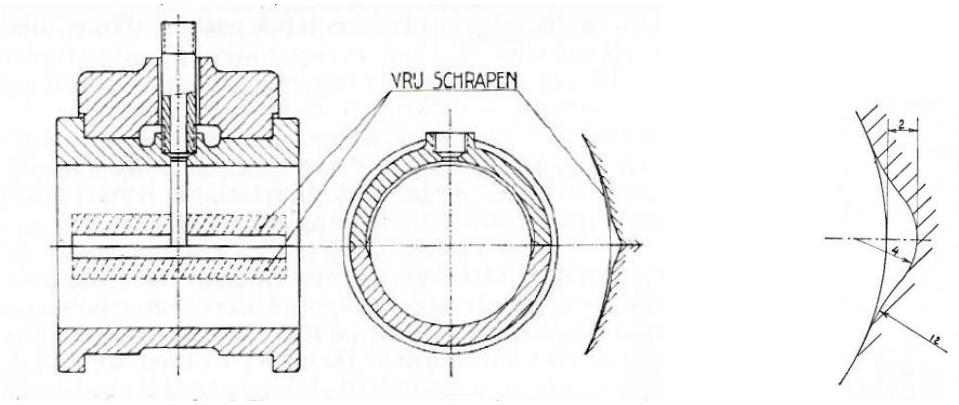
- Om het metaal de nodige hardheid en sterkte te geven, verdient het aanbeveling het ingegoten metaal snel af te koelen. Deze afkoeling kan het beste geschieden door het gegoten blok op een natte doek of jutezak te plaatsen en in zijn geheel onder te dompelen in een waterbad. Bij grote lagers wordt weleens het loopvlak verdicht waardoor grotere sterkte wordt verkregen. Het verdichten gebeurt door voor de laatste bewerking, dus na het ruwe voordraaien of kotteren, het loopvlak minutieus met een bolhamer te bekloppen. De bankwerker gebruikt hiervoor in elke hand een niet al te zware bolhamer. Het aldus gebutste oppervlak wordt bij het op maat maken van de schalen weggedraaid dan wel gekotterd en geschraapt.

- Nadat het gietstuk voldoende is afgekoeld kunnen de helften door het losnemen van de kapbeugels worden gescheiden en de mal eruit worden genomen. Hierbij moet men er op letten dat er geen stukken metaal uit het verse gietwerk worden getrokken. Het gietwerk moet dan visueel worden gecontroleerd op slak- of luchtinsluitingen. Men kan ook met een hamer tegen het metaal tikken en aan de hand van het geluid de kwaliteit van het gietwerk vaststellen; een goed ingegoten lager zal helder klinken.

**Pasmaken lagers**

- Na het verwijderen van eventueel uitgelopen gietmateriaal moeten de pasvlakken met een vijl worden glad gemaakt, de vulstukken worden aangebracht en het lager worden samengesteld en opgespannen op de draaibank of kotterbank. Hierbij moet de gewenste hartlijn, met behulp van de tekening van het lager, nauwkeurig worden ingesteld. Het lager moet vervolgens met inachtname van de gewenste speling nauwkeurig en glad worden bewerkt. Het gebruik van schuurpapier is hierbij niet toegestaan. Bij voldoende ruim bemeten lagers kunnen na deze bewerkingsgang met een ritsbeitel ook de smeergroeven worden aangebracht.

- Na de voorgaande bewerking wordt het lager uiteengenomen, worden de eventuele dichtgelopen smeerolie gaten uitgeboord en de smeeroliegroeven, voorzover nog niet machinaal aangebracht, door middel van hakken aangebracht en met een schraapstaal bijgewerkt zodat er geen scherpe randen meer aanwezig zijn.




**Voorbeeld van vrijschrapen oliegroef en vorm van de oliegroef**

Voor het hakken van oliegroeven gebruikt men een halfrond geslepen ritsbeitel. Voor het pasmaken en vrijschrapen van de oliegroeven gebruikt men bij lagers met een relatief kleine diameter en dus klein te bewerken oppervlak meestal een schraapstaal in de vorm van een driehoek of lepel. Bij grote lagers maakt men gebruik van een relatief lang getordeerd mes. De schraper wordt gemaakt van een 3 – 4 mm dikke plaatstrook van gereedschapsstaal, dat voordat het getordeerd wordt in een rechte hoek is gezet. Door de hoek die het mes heeft krijgt deze twee snijkanten en buigt zij niet door tijdens gebruik. Beide snijkanten worden met behulp van een speciale opspaninrichting op een bepaalde cirkeldiameter geslepen. Door de spiraalvorm van de schraper wordt een uitstekende snijdende werking verkregen en kan in één beweging een groot vlak worden bestreken.
Het ene been van het mes wordt gebruikt als handvat bij het schrapen waarbij er op gelet moet worden dat men zich niet verwond aan de scherpe rand.

**Voorbeelden van een ritsbeitel en schraapstalen voor het bewerken van metalen**

- Vervolgens wordt het lager in het werk pas gemaakt. Hiertoe plaatst men eerst het onderlager met de voorbewerkte schaal in de machine, en smeert het zichtbare deel van de ashals in met Pruisisch-blauw (blauwe kunstschildersverf). Door nu de machine een halve slag te tornen wordt het draagbeeld op het lager afgetekend. Na het uitnemen van het lager wordt het draagbeeld duidelijk en zal door het wegschrapen van de eventuele te hoge (blauwe) punten verbeterd moeten worden. Deze handeling herhaalt men net zolang tot het lager over de volle lengte en een groot deel van de breedte draagt. In totaal dient dit ongeveer 80 % te bedragen. Het schrapen dient in kruisslag te worden uitgevoerd zodat een egaal patroon ontstaat van minuscule verhogingen en verlagingen waartussen de olie wordt geperst, die de draaiende as draagt. Het pasmaken van het loopvlak van het bovenlager gebeurt op min of meer dezelfde wijze als dat van onderlager, met dit verschil dat de afdruk van het draagvlak niet wordt verkregen door de as te draaien maar door de lager kap te kantelen. Hierbij zijn de vullingen niet aangebracht. Als ook bij de boven kap een voldoende draagbeeld is verkregen wordt in de omtrek met consistentvet op drie plaatsen een looddraadje geplakt van 0,3 mm. Vervolgens wordt het lager met de bij het uitdraaien gebruikte vulling op het onderlager geplaatst en met de originele pasbouten vast-gezet en aangehaald. De zachte looddraadjes worden als gevolg van het aandraaien van de moeren geplet. De dikte van de geplette draadjes is een maat voor de speling van het

lager en wordt bepaald met een micrometer nadat de boven kap is losgenomen. Al naar gelang het verschil tussen de gemeten en de gewenste speling dienen er vullingplaatjes te worden toegevoegd of weggelaten. Vervolgens wordt op dezelfde wijze als hier voor beschreven de speling gecontroleerd en desgewenst verder gecorrigeerd maar dan met behulp van schrapen. Na het bereiken van de juiste speling worden de indrukkingen van de looddraadjes door middel van schrapen verwijderd.