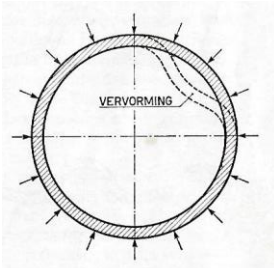
4.9 Stookinrichting (vuurgang, vuurhaard en roosters)

4.9.1 Vuurgangen

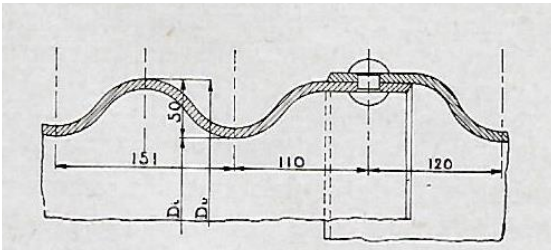
De vuurgang is een cilindrische buis die aan uitwendige druk is onderworpen. Terwijl de stoomdruk de afwijking van de cilindervorm van de romp tegenwerkt wordt de vervorming van de vuurgang juist groter, ten gevolge van de radiaal gerichte krachten op de buitenzijde. De einden van een vuurgang zijn aan het voor- achterfront dan wel de vlamkast met elkaar verbonden en kunnen tot op enige afstand van die verbinding niet vervormen. Hieruit volgt dat onder overigens gelijke omstandigheden een lange vuurgang eerder bezwijkt dan een korte. Behalve de spanningen, veroorzaakt door de stoomdruk , treden er in de vuurgang nog andere spanningen op, die ontstaan door de temperatuurverschillen in het materiaal. De warmte die de hete gassen aan de vuurgang afgeven wordt door de wand heen aan het water overgedragen.



Vervorming vuurgang

De rookgaszijde heeft een hogere temperatuur dan de waterzijde. Het temperatuurverschil tussen de twee vlakken is recht evenredig met de dikte van de wand en de hoeveelheid warmte die per vierkante meter wordt overgedragen. Bij een wanddikte van 16 mm is dit temperatuurverschil op willekeurige plaats circa 20º C. De hete vuur- of rookgaszijde van de wand tracht uit te zetten maar wordt hierin belemmerd door de relatief koude waterzijde. Het gevolg is, dat aan de warme zijde een drukspanning ontstaat en aan de koude zijde een trekspanning. Temperatuurverschillen tussen de verschillende delen van de vuurgang ontstaan door een andere oorzaak. De bovenzijde van de vuurgang krijgt namelijk doordat het water niet evenwijdig aan de verhitte wand stroomt een hogere temperatuur dan de zijkanten. Als gevolg van de nabijheid van de relatief koude ketelromp en de gebrekkige circulatie aan de onderkant van de vuurgang is de temperatuur van het vuurgang-materiaal daar lager dan aan de zijkanten.

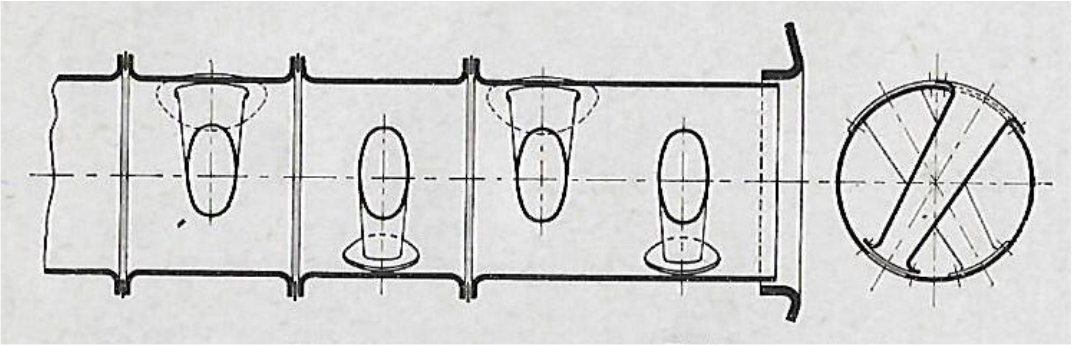
Vuurgangen worden over het algemeen gegolfd uitgevoerd. Dit heeft het grote voordeel dat ze door de golvingen elastisch zijn in lengterichting, zodat bij temperatuurverschillen tussen de vuurgang en de romp geen grote materiaalspanningen in de vuurgang en de fronten kunnen optreden. In radiale richting zijn de gegolfde vuurgangen sterker dan de gladde. Voorin elke vuurgang vindt de verbranding plaats van de brandstof, de rookgassen hebben een hoge temperatuur waardoor het materiaal thermisch zwaar wordt belast. De hoge temperatuur bij de verbranding van de brandstof zorgt namelijk voor afname van de sterkte van het toegepaste vuurgangmateriaal. Andere voordelen van gegolfde vuurgangen zijn dat door de golvingen het verwarmd en daarmee ook het verwarmend oppervlak groter is (15 - 20%) dan van een gladde buis. Ook zorgen de golvingen voor wervelingen in de rookgassen stroom en daarmee voor een betere warmte overdracht.



Gegolfde vuurgang

Vóór de ontwikkeling van de gegolfde vuurgang werden stoomketels vaak uitgevoerd met gladde vuurgangen welke de hiervoor genoemde voordelen misten. Typerend voor dit soort vuurgangen waren de zogenoemde Galloway buizen die hierin werden aangebracht. Deze conische uitgevoerde buizen worden in de vuurgang achter het rooster met de wijde opening naar boven en de nauwe opening naar beneden gericht opgesteld. De benaming Galloway verwijst naar de ketelfabrikant W&J Galloway uit Manchester.

De op elkaar volgende buizen werden om en om geplaatst, dat wil zeggen evenveel hellend naar links als naar rechts.



Gladde vuurgang met Galloway-buizen en Adamsonringen

Bij vlakke vuurgangen wordt vaak, zoals op de bovenstaande tekening is te zien, als verstijving een ring tussen de vuurgangdelen geklonken. Deze zogenoemde Adamson-ringen zijn vooral op hun plaats ter hoogte van het rooster waar geen Galloway-buizen kunnen worden aangebracht. De vuurgang delen worden daartoe voorzien van een felsrand die samen met de ringen de nodige stijfheid geven aan het geheel.

De voordelen van de inrichting van de vuurgang met Galloway-buizen zijn:

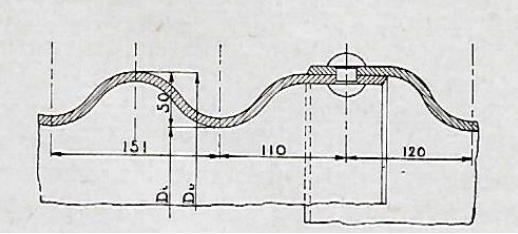
- Door het grote drukverschil tussen de buiten- en de binnenkant van de vuurgang bestaat er kans dat deze in radiale richting samengedrukt wordt. Dit verschijnsel zal eerder optreden naarmate de temperatuur van de vuurgang hoger is, omdat boven de 250 a 350º C de vloeigrens van het materiaal lager komt te liggen. Deze temperatuur zal bereikt kunnen worden wanneer de vuurgang aan de waterzijde bedekt is met een laagje ketelsteen, dat de warmtedoorgang belemmert. De buizen verstijven de vuurgang in radiale richting en voorkomen dat deze wordt samengedrukt.
- De om en om geplaatste buizen zorgen voor een turbulente stroming van de rookgassen wat de warmte overdracht ten goede komt.
- Het water in de buizen wordt verwarmd en stijgt samen met eventueel gevormde dampbellen op en wordt gevolgd door het relatief kouder water. Hierdoor wordt de circulatie in de ketel bevorderd.
- De buizen vergroten het verwarmd oppervlak waardoor de ketelinstallatie kleiner kan worden.

De onderkant van een vuurgang bevindt zich, zoals hier voor is aangegeven, dicht bij de romp, die tengevolge van de gebrekkige circulatie een vrij lage temperatuur heeft en daardoor minder uitzet

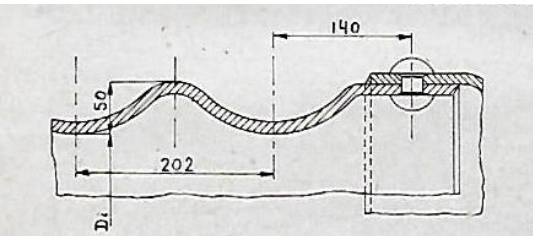
dan de veel warmere bovenkant zodat deze naar boven toe doorbuigt. Het is daarom wenselijk een vuurgang dun en enigszins elastisch te maken.
Voor de berekening van de wanddikte van Fox en Morison vuurgangen geldt de volgende formule:

$$s = \frac{p.D}{1200} + 2\ [\mathrm{mm}]$$

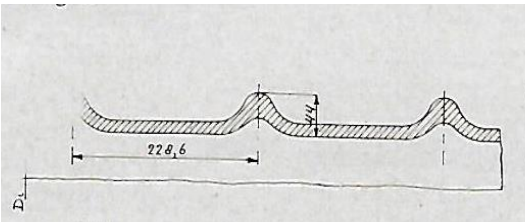
Hier is s de wanddikte van de vuurgang in mm, p de keteldruk in kg/cm² en D de gemiddelde diameter van de vuurgang. Voor een ketel met een druk van 12 kg/cm² en een gemiddelde vuurgangdiameter van 950 mm betekent dit een wanddikte van 11,5 mm.
Bij een te grote wanddikte wordt de flexibiliteit van de constructie teniet gedaan; dit is de reden dat voor een veilige bouw van stoomketels de maximale wandikte op $^{13}/_{16}$" of 20,6 mm wordt gesteld. Gegolfde vuurgangen zijn sterker dan gladde en kunnen daarom met een dunnere wand worden uitgevoerd.
In de loop der tijd is door verschillende, voornamelijk Engelse, ketelfabrikanten een aantal gegolfde vuurgang types ontwikkeld. Zo kennen we de hierna afgebeelde vuurgangen van Fox, Morison, Purves, en Deighton. Die van Fox en Morison worden het meest toegepast; de eerste is in langsrichting zeer elastisch, die van Morison is door de flauwere golving gemakkelijker schoon te maken.



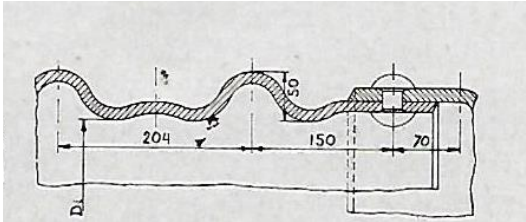
Fox-vuurgang



Morison-vuurgang



Purves-vuurgang



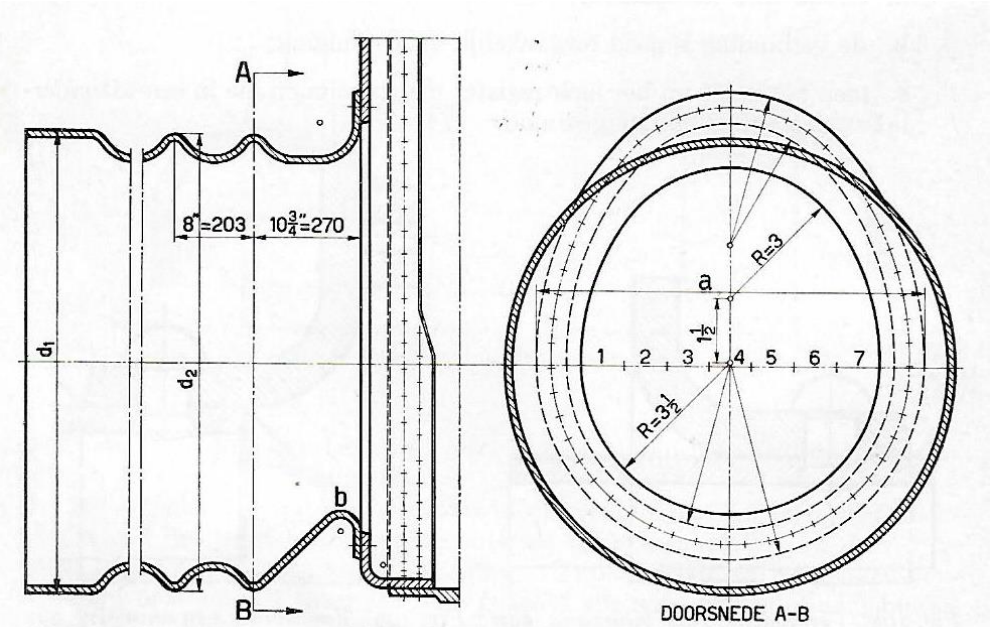
Deighton-vuurgang

De verbinding van de vuurgang bij geklonken ketels komt tot stand door de felsranden die aan het voorfront naar buiten en bij het achterfront naar binnen zijn gebogen. Op deze wijze kan het vuurraam waarop de roosters liggen eenvoudig worden aangebracht; echter de klinknaad ter plaatse kan men maar aan één zijde koken (zie 3.1.14). Verder heeft deze constructiewijze als gevolg dat er een nauwe opening ontstaat waarin zich vuil verzamelt dat daar aantasting van het ketelmateriaal veroorzaakt. Aan deze plek moet daarom bij ketelinspecties extra aandacht worden besteed. Behalve bij de Purves vuurgang bedraagt het verschil tussen in- en uitwendige diameter 100 mm. Door het aanbrengen van de golven wordt het V.O. met 15 - 20% vergroot ten opzichte

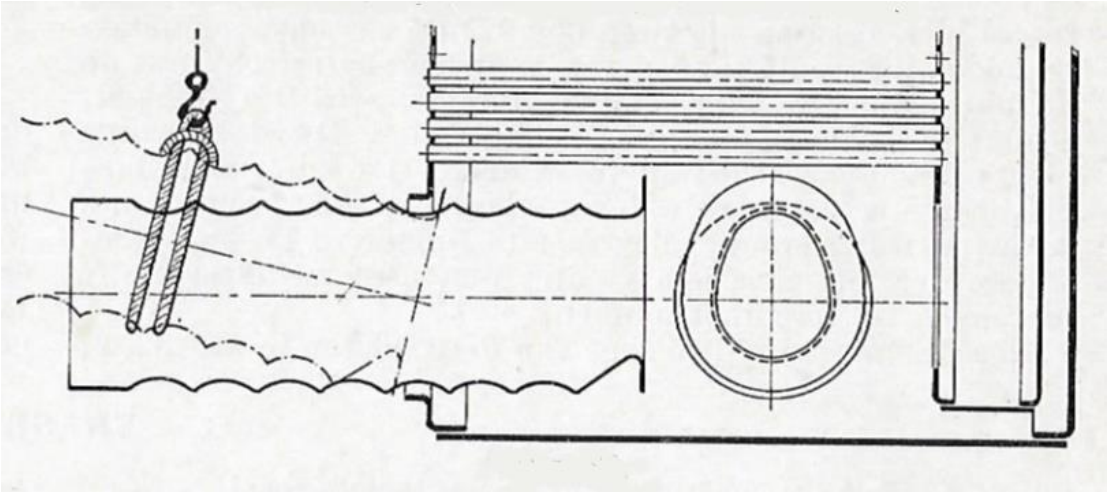
van een gladde vuurgang. De Purves-vuurgang is stijf tegen de uitwendige druk maar in lengterichting weinig elastisch. Die van Deighton verenigt de eigenschappen van Fox en Morison.

Detail bevestiging vuurgang aan voorfront links en achterfront rechts

De verbinding van de vuurgang bij geklonken vuurgangvlampijpketels, zoals de Schotse ketel, komt bij het stookfront op dezelfde wijze tot stand als hier voor aangegeven en toegepast bij de Cornwall en Lancashire ketels. Bij de vlamkast van dit type ketel past men zoals is te zien in onderstaande tekening een afwijkende constructie toe.



Aan het eind van de vuurgang is een rondgaande flens geperst die tegen de waterzijde van de pijpplaat in de vlamkast kan worden geklonken. Deze flens ligt ten opzichte van de vuurgang uit het midden en heeft ongeveer de samengestelde vorm van een halve cirkel en een halve ellips. Voor de naar de vlamkast trekkende rookgassen is er zo voldoende doortocht, terwijl de breedte van de flens a kleiner is dan de middellijn van de opening d1 bij het stookfront.



Aanbrengen vuurgang

Op de hier boven getekende wijze kan de vuurgang bij nieuwbouw, maar eventueel ook later een nieuwe vuurgang, worden ingebracht. Aan de bovenzijde is de klinknaad vuurzijdig enigszins onttrokken aan sterke verhitting en waterzijdig wordt de naad vrij goed gekoeld door de opwaartse stroming van het water

4.9.2 Fabricage vuurgang

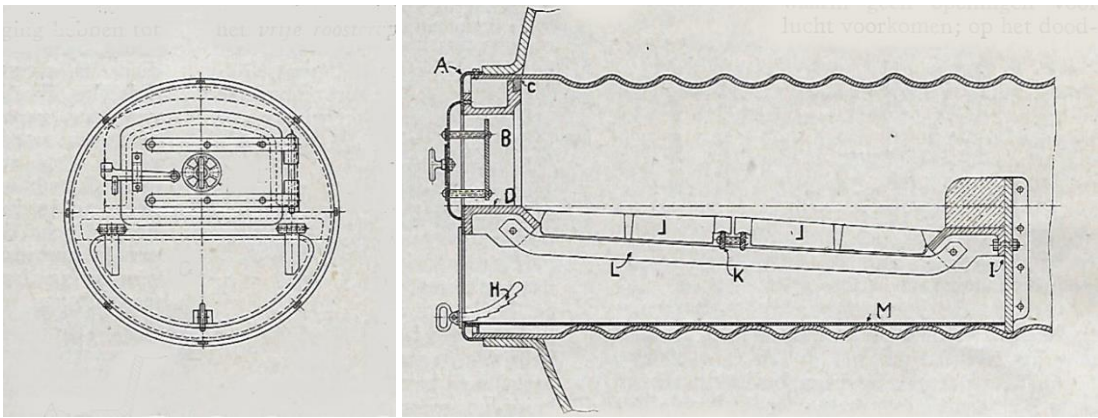
Vuurgangen worden gewoonlijk uit verschillende delen samengesteld waarvan de lengte tot 6 meter bedraagt. De golven worden met profielwalsen in een aanvankelijk gladde buis aangebracht. De flenzen en de delen waarmee de vuurgang aan bijvoorbeeld de vlamkast wordt bevestigd worden gesmeed. De buis waaruit de vuurgang is vervaardigd is naadloos en wordt (vóór het elektrische lastijdperk) verkregen door platen met enige overlap in cilindrische vorm te walsen en vervolgens aaneen te wellen. Ter plaatse van de overlap worden daartoe de platen aan de einden over een kleine lengte met watergasbranders, niet te verwarren met acetyleen, verhit en door smeden of persen gehecht. Daarna worden de plaateinden over de volle lengte van de (lap)naad met watergasbranders verhit en door rollen onder grote druk of hameren aaneen gesmeed. Vervolgens worden de golven in de buis gewalst en het geheel uitgegloeid. Voor de aldus met watergas gelaste buis mag een sterktepercentage van 90 % worden aangenomen. Een andere methode is om de buis uit een staalblok te maken. Hiertoe wordt de kern uit een rond gesmeed blok staal geperst en tot de gewenste wanddikte uitgesmeed dan wel gewalst.
Door de introductie van elektrisch lassen en verbeterde controle technieken wordt tegenwoordig de uit plaatstaal opgebouwde vuurgang elektrisch gelast dan wel wordt deze uit fabrieksmatig vervaardigde naadloze buis gemaakt,

4.9.3 Vuurhaarden

Naar de plaats van de vuurhaard in de ketel onderscheidt men een voorvuurhaard, een binnen vuurhaard en een onder vuurhaard. Stoomketels met voor-vuurhaarden die, zoals de literatuur aangeeft, geschikt zijn voor minderwaardige brandstoffen zijn voor zover bekend bij stoomketelinstallaties van gemalen niet toegepast.
De binnen vuurhaard zoals bij de Cornwall, Lancashire en Schotse ketel en de onder vuurhaard bij de B&W sectieketel daarentegen wel.

Binnenvuurhaard

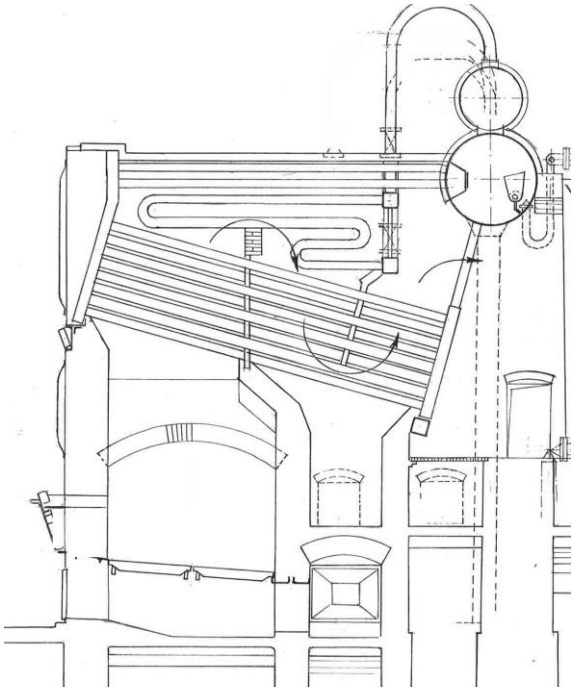
De binnenvuurhaard is geheel omgeven door een groot deel van het VO zodat de warmteafgifte door straling groot is. (20- 25% van de totale hoeveelheid). Daardoor is de temperatuur in de vuurhaard betrekkelijk laag en is de vuurhaard niet geschikt voor brandstoffen met een lage stookwaarde en brandstoffen die de neiging hebben te roeten. De warmteafgifte aan de omgeving is gering en de vuurhaard neemt, omdat zij in de ketel is ingebouwd, geen afzonderlijke ruimte in. Een nadeel is dat het roosteroppervlak afhankelijk is van de afmeting van de ketel, te weten de diameter van de vuurgang en de lengte van ongeveer 1,90 meter nodig voor het nog makkelijk met de hand opwerpen van de steenkool.



Binnenvuurhaard met vlak rooster

Ondervuurhaard

De eigenschappen van de onder vuurhaard liggen tussen die van de voor vuurhaard en die van de binnen vuurhaard in. Dit type vuurhaard wordt meestal voor waterpijpketels toegepast. Door het VO meer of minder om het rooster heen te bouwen kan men de warmteoverdracht door straling groter of kleiner houden en op deze wijze bereiken dat de temperatuur in de vuurhaard binnen bepaalde grenzen blijft.

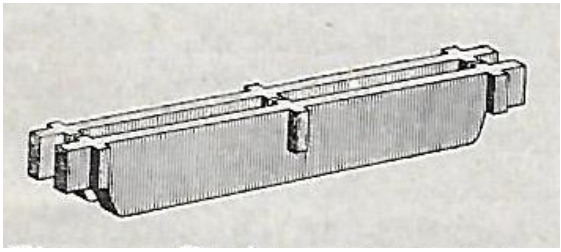


Ondervuurhaard waterpijpketel

Door de afstand van het verwarmde oppervlak tot het rooster oppervlak voldoende groot te nemen kan men er voor zorgen dat volkomen verbranding plaats vindt vóór de afkoelende werking van de rookgassen door de aanraking met het VO zich doet gelden.

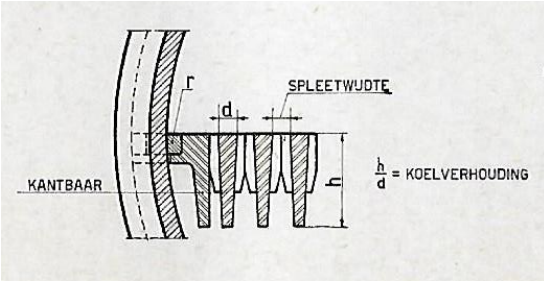
4.9.4 Kolen-stookinrichting

Vaste brandstof wordt bij stoomketelinstallaties van gemalen in de vuurhaard verstookt op roosters. Het eenvoudigste type rooster is het gewone vlakke rooster zoals in de figuur hiernaast is afgebeeld. Het bestaat uit meerdere secties van een aantal naast elkaar gelegen gietijzeren staven, zogeheten roosterbaren, die door nokken op een onderlinge afstand gehouden worden, zodat spleten ontstaan, waardoor de voor de verbranding benodigde lucht wordt toegevoerd. Het gezamenlijke oppervalk van deze spleten noemt men het vrije roosteroppervlak (R.O.)



Roosterbaren

De naast en achter elkaar geplaatste secties zijn opgebouwd uit twee of drie roosterbaren met een lengte van niet meer dan 500 – 1000 mm om kromtrekken bij het gieten, het transport en gedurende het bedrijf te voorkomen. De dikte is zo gering als voor het gieten noodzakelijk is en bedraagt 10 – 15 mm, De doorsnede is taps, zodanig dat de spleten naar beneden toe wijder worden en niet door de koolas verstopt kunnen raken. De hoogte van de staven is veelal $^{1}/_{10}$ van de lengte van de baar.

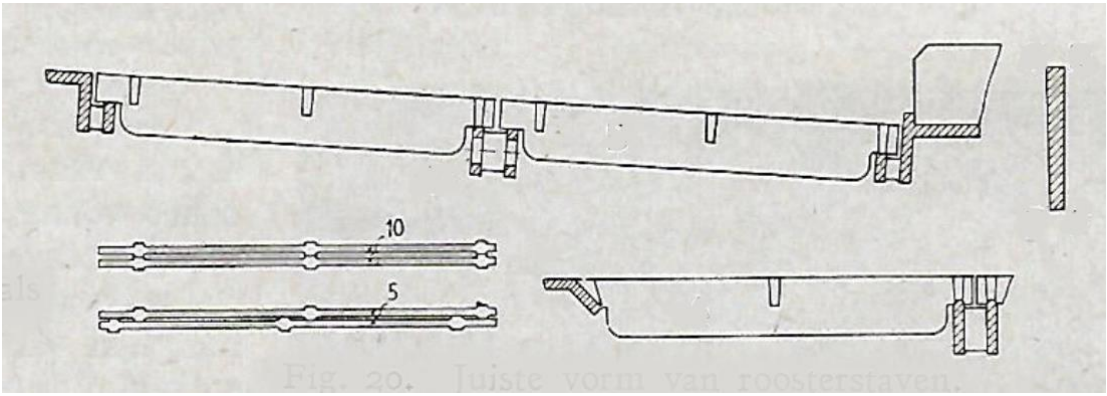


Oplegging roosterbaren

Geen enkele roosterstaaf zou tegen de hitte van het vuur bestand zijn indien hij niet werd gekoeld door de voor de verbranding benodigde lucht. De lucht wordt daarbij verwarmd wat een goede verbranding bevordert. Voldoende afkoeling van de roosterstaven verkrijgt men als de verhouding tussen het gekoeld oppervlak en het verwarmd oppervlak groter is dan 12. Als we hierbij de versmalling van de onderkant van de staven buiten beschouwing laten betekent dit:

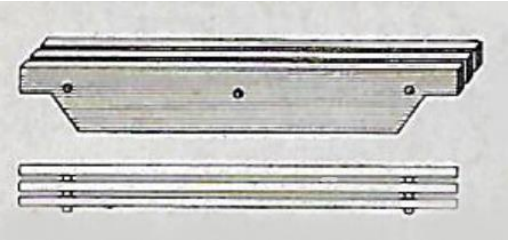
$$\frac{2lh}{ld} > 12 \quad \text{of} \quad \frac{2h}{d} > 12$$

Bij een klein vrij R.O. is de luchtsnelheid hoog en zullen de staven goed gekoeld worden, echter dit gaat ten koste van de trek. De luchtsnelheid tussen de staven bedraagt bij een goede koelverhouding tussen de 2 – 4 m/sec. Wanneer bij een fel brandend vuur de lucht toevoer plotseling door het sluiten van de demper wordt afgesneden of wanneer plaatselijk het rooster door een dun vloeibare slak verstopt is, dan wel de gloeiende kolenlaag wordt afgedekt met een dikke laag brandstof, waardoor tevens de uitstraling van het vuur minder wordt, kan verbranding van de roosterstaven het gevolg zijn.
De totale lengte van het rooster is in verband met de bediening maximaal 1,90 m. de spleetwijdte voor bakkende steenkool is ongeveer 7-10 mm, voor niet bakkende soorten ongeveer 5-7 mm en voor zogenaamde fijnkolen slechts 2-3 mm.



Oplegging en details roosterbaren

Door de staven, zoals in de bovenstaande figuur is aangeven, om en om te rangschikken kan men met een en dezelfde soort staaf twee verschillende spleetafstanden bereiken. Soms worden de voorste rooster- secties in een vuurgang van een ketel met een nauwe en de achterste met een dubbel zo brede spleetwijdte uitgevoerd. De stoker kan dan met de stukgrootte van de op te scheppen steenkool spelen door ze voor of achter op het rooster te verstoken.
Met het oog op uitzetting door verhitting, de zogenoemde groei, zijn de staven aan een zijde schuivend opgelegd. De roosterstaven die moeten aansluiten op de vuurgang volgen de vorm van de gegolfde vuurgang.
Het materiaal voor de roosterstaven is meestal gegoten ijzer, dat arm aan fosfor en zwavel moet zijn en vaak direct na het gieten aan de bovenkant met water wordt afgeschrikt om het materiaal harder te maken. Hierdoor is het beter bestand tegen slijtage door het stookgereedschap, de hoge temperatuur en aantasting door de slak. De onderkant is door deze behandelwijze minder bros waardoor de kans op breuk kleiner is. Ook worden wel speciale bijmengselen aan het materiaal toegevoegd of wordt een laag aluminium op de staaf aangebracht die bij oxidatie een vuurvaste huid vormt, en de levensduur van de staaf verhoogt. Dit laatste noemen we caloriseren. Staven van staal dat speciaal met een trapeziumvormige doorsnede gewalst is, hebben het voordeel dat ze dunner gemaakt kunnen worden dan staven van gegoten ijzer. Ze hebben verder het voordeel dat bij nauwe spleten toch een groot vrij R.O. verkregen kan worden. Stalen roosters worden vaak uit 4 of 5 staven opgebouwd waardoor ze vaster liggen en minder gemakkelijk kromtrekken. Een groot nadeel is dat zij minder goed bestand zijn tegen het vuur dan roosters met gegoten staven



Stalen roosterbaren

Omdat op vlakke roosters de verse brandstof ontstoken wordt door de reeds aanwezige gloeiende laag kunnen er ook moeilijk brandende zeer as- en vochtrijke kolen op verstookt worden. Afhankelijk van de kolen soort is bij natuurlijke trek een zogenoemde roosterbelasting te bereiken van 80 – 120 kg kolen per m² R.O. per uur.

4.9.5 Olie-stookinrichting

Door de roosters uit een kolen gestookte ketel te verwijderen en in het stookfront een brander te plaatsen maakt men deze geschikt voor het verstoken van een vloeibare brandstof (stookolie of zware-olie). Uiteraard is er een aantal hierna nader aan te duiden randvoorzieningen nodig om het verstoken van olie mogelijk te maken. Wat beide soorten brandstof gemeen hebben is dat de uiteindelijke verbranding in dezelfde soort vuurhaard plaats vindt.
Het verstoken van olie geschiedt in tegenstelling tot de op roosters verstookte steenkool nagenoeg geheel gemechaniseerd en vindt veelal ook geautomatiseerd plaats. De verbrandingssnelheid van de stookolie is vele malen groter dan die van steenkolen zodat olie in zelfs betrekkelijk kleine vuurhaarden volledig kan verbranden waardoor de voor een bepaalde stoomproductie vereiste vuurhaard- ruimte kleiner kan zijn.

Vergelijkt men het stoken van olie met het stoken van steenkool op een rooster dan ziet men:

- De brandstof wordt voortdurend en in fijn verdeelde toestand in de vuurhaard gevoerd, zodat de lucht- overmaat klein kan zijn en daarmee tevens het schoorsteenverlies.
- De capaciteit van ketels die uit de hand met kolen gestookt zouden kunnen worden, wordt door het gebruik van olie circa 20 % groter.
- Het transport van de brandstof geschiedt mechanisch, en de regeling van de stoom productie kan op eenvoudige wijze geautomatiseerd plaatsvinden. Hierdoor kan aanzienlijk op personeel bespaard worden.
- Bij de introductie begin 20^{e} eeuw speelden de brandstofkosten nog een rol. Steenkool was toen duurder dan de toentertijd geproduceerde stookolie. Heden ten dage spelen niet meer de kosten maar de verkrijgbaarheid van een voor de stoominstallatie geschikte steenkoolsoort een belangrijke rol.

Steenkool versus stookolie

Hier onder is een aantal opmerkelijke verschillen weergegeven tussen kolen- en olie gestookte stoomketels. Bij nieuw geconstrueerde ketels is hiermee door de fabrikant reeds rekening gehouden. Bij omgebouwde ketels moet met een aantal van de genoemde aspecten alsnog terdege rekening worden gehouden.

- De verbrandingssnelheid van olie is groter dan die van steenkool, zodat de warmteontwikkeling plaats heeft in het begin van de weg die de rookgassen afleggen. Bij een vuurgangketel is dat in de vuurgang direct achter het stookfront.
- De hoeveelheid rookgassen is per gegeven warmteproductie bij olie kleiner dan bij kolen en is een tweede reden waardoor de temperatuur aan het begin van de rookgasstroom hoger en aan het einde daarvan lager is dan bij kolen. Bij de toepassing van een oververhitter die is geplaatst in de convectie zone, dus meer naar achteren in de gasstroom, zal dit leiden tot een lagere temperatuur van de oververhitte stoom Het zwavelgehalte van zware olie is gewoonlijk aanmerkelijk hoger dan dat van steenkool. Zwavel verhoogt het dauwpunt. De massa aan waterdamp in de rookgassen is per kg verstookte brandstof bij olie twee maal zo groot als bij kolen.
- Uit de drie hiervoor genoemde verschillen volgt dat er bij olie meer kans is op condensatie en in de lage temperatuur zones meer kans is op de vorming van het corrosieve zwavelzuur waardoor de ketel- materialen, de rookgaskanalen en de schoorsteen worden aangetast.
- De hoeveelheid as van zware olie is slechts $^{1}/_{100}$ van die bij het verstoken van steenkolen. De as van steenkolen veroorzaak bovendien een aanzienlijk sterkere vervuiling vooral op de oververhitterpijpen.
- Metaaldelen die via de rookgassen een hoge temperatuur aannemen, zoals de ondersteuningen van de oververhitter, kunnen ernstige corrosie gaan vertonen als gevolg van deze asafzettingen.

4.9.6 Stookinstallatie onderdelen

Bij het verstoken van vloeibare brandstof wordt deze samen met de verbrandingslucht in fijn verdeelde toestand in de vuurhaard gebracht. Voor de uiteindelijke verbranding kan beginnen moet zij net zo als bij vaste brandstoffen verdampen, ontleden en in de gasvorm zijn overgegaan. Voor

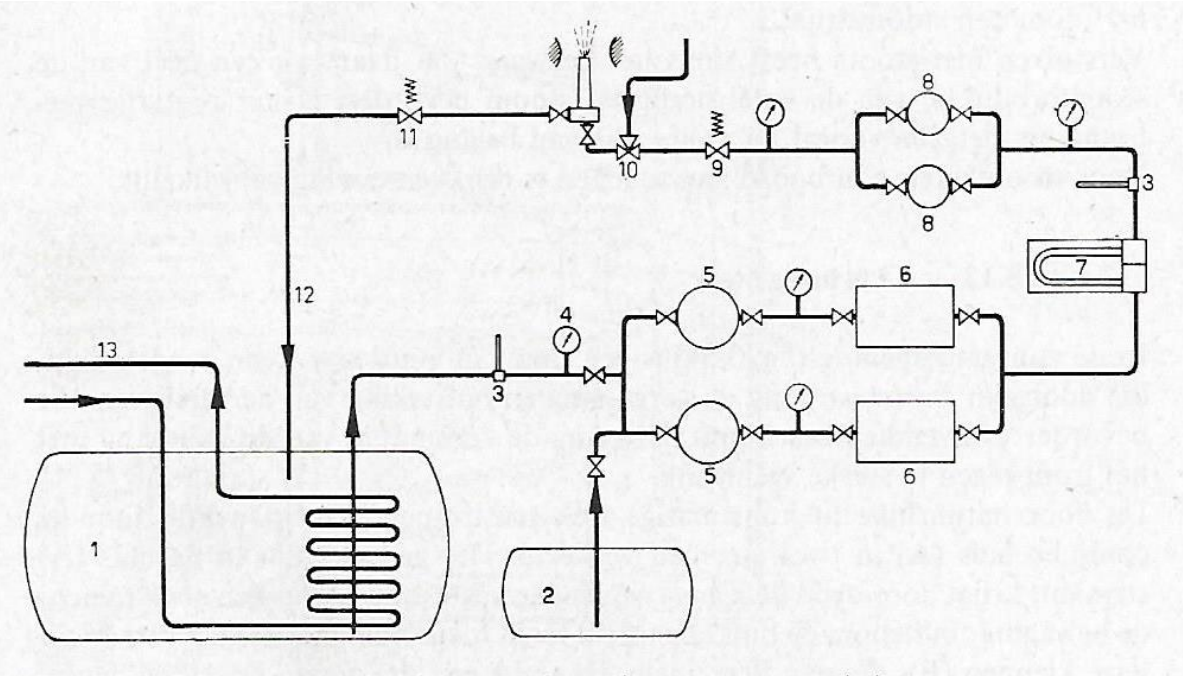
de opslag het transport en het creëren van de juiste condities voor de verbranding van de brandstof is een aantal toestellen en apparaten nodig; zij vallen onder de verzamelnaam stookinrichting en worden in het volgende schema weergegeven. In dit schema zijn de volgende onderdelen opgenomen:

1. Opslagtank voor zware olie.
   In deze grote meestal stalen opslag tank wordt de zware olie voorraad opgeslagen. Deze dik vloeibare olie, met een viscositeit tussen de 245 – 1500 cSt (centi Stokes) bij een omgevingstemperatuur van 15º C, moet voordat ze verpompt kan worden tot ongeveer 50º C worden opgewarmd. Hiertoe is op de tankbodem een stoomspiraal aangebracht. Er moet dus eerst stoom geproduceerd worden voordat de tankinhoud kan worden verwarmd en verpompt. De tank heeft een naar het midden toe aflopende bodem waar zich het condensaat verzamelt. Dit condensaat ook wel slob genoemd moet regelmatig worden afgetapt met de daarvoor aangebrachte voorziening. De tank is meestal in een vloeistofdichte tankkuil buiten het gemaal opgesteld zodat bij eventuele lekkage geen vloeistof in de bodem kan weglekken .

2. Opslagtank voor lichte olie
   In deze opslagtank wordt meestal dieselolie of huisbrandolie opgeslagen voor het opstarten van de stoomketel. De viscositeit van deze brandstof ligt in de orde grootte van 1,3 – 2,4 cSt en is uitstekend verpompbaar en te verstuiven bij kamertemperatuur. De voorraad olie die in deze tank wordt opgeslagen is aanzienlijk kleiner dan die van de zware-olie. Ook deze tank is voorzien van een aftapvoorziening om het condenswater af te voeren en staat in een vloeistofdichte tankkuil opgesteld.

3. Thermometer
   De thermometer dient om de temperatuur van de verwarmde olie te kunnen meten om de verpompbaarheid vast te kunnen stellen.

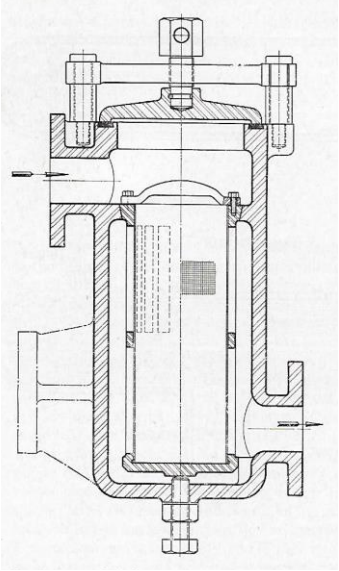
4. Manometer
   Met de manometer wordt de zuigdruk afgelezen. Als de olie onvoldoende is opgewarmd zal deze een lage waarde aangeven.



Schema stookinrichting voor zware-olie

5. Zuigfilters

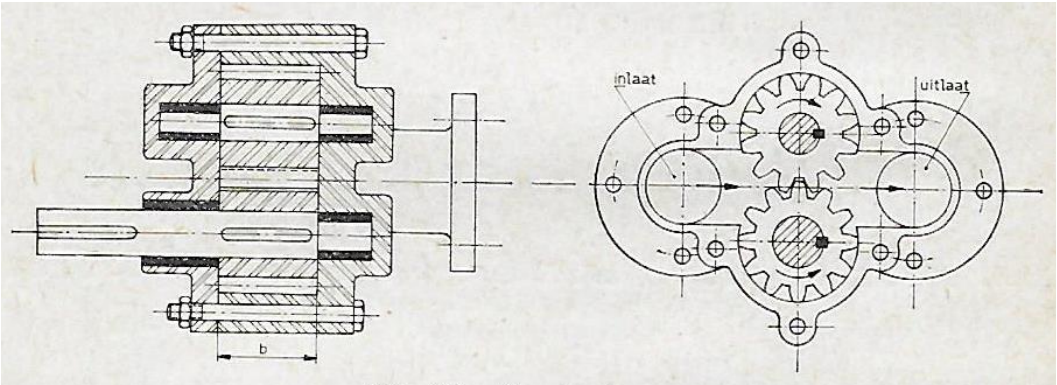
In het zuigfilter wordt de stookolie van de grove vaste verontreinigingen, zoals roestschilvers, zand, en eventuele pakkingresten ontdaan. Het filter dient om beschadiging van de erachter geplaatste pomp te voorkomen. De filters zijn in duplo uitgevoerd zodat bij vervuiling van een filter overgeschakeld kan worden naar een schoon filter en het vervuilde filter kan worden schoongemaakt. De vervuiling van het filter kan worden afgeleid uit een groot zuigdrukverschil dat wordt aangegeven door de voor- en achter de filters geplaatste manometers. Het filter bestaat uit een huis met twee pijpaansluitingen waarin zich een gegoten ijzeren trommel, voorzien van rechthoekige gaten bevindt. De trommel is inwendig voorzien van een gaaskorf met grove mazen voor een zuigfilter en van fijne mazen voor een persfilter. Door de richting waarin de olie stroomt, is de druk in de zeeftrommel groter dan daarbuiten, zodat het gaas tegen de korf wordt gedrukt. Het vuil verzamelt zich in de gemakkelijk uitneembare korf.



Zuigfilter

6. Stookpomp

De stookpomp bestaat uit een zogenoemde verdringer pomp waarmee een hoge persdruk kan worden bereikt. Vroeger gebruikte men hiervoor door stoom aangedreven plunjerpompen, tegenwoordig past men elektrisch aangedreven tandrad- of wormpompen toe. De druk in het systeem bedraagt, afhankelijk van het type brander, tussen de 4 – 20 bar. Tussen de pers- en de zuigafsluiter van deze verdringerpompen is altijd een veerbelaste ontlastklep aanwezig om te voorkomen dat er, door welke oorzaak dan ook, een te grote druk in het persgedeelte ontstaat. Een te hoge druk ontstaat vaak bij het opstarten als bijvoorbeeld het systeem nog gevuld is met achtergebleven koude stookolieresten. Deze ontlastklep is niet in het principeschema voor de oliestookinrichting aangegeven.



Tandwielpomp

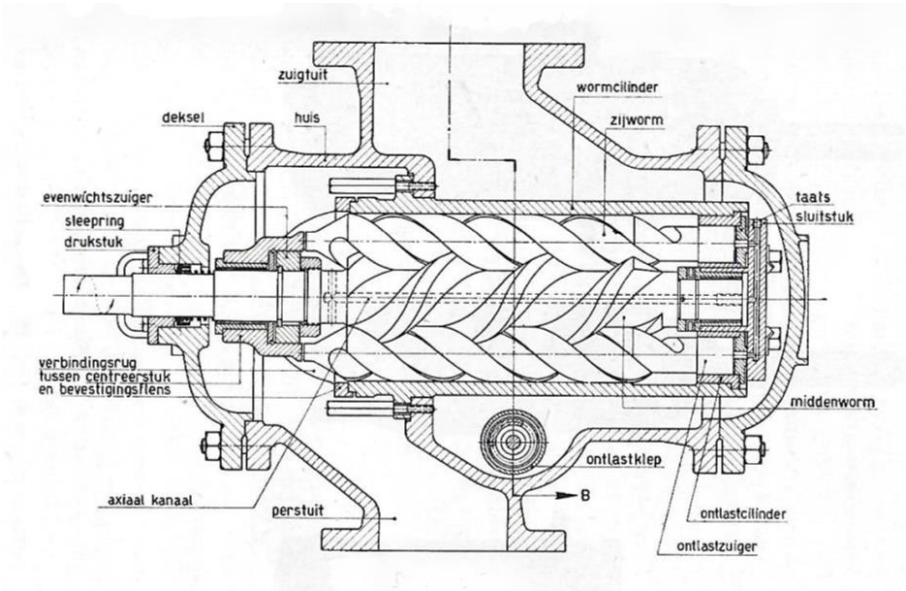
6.1 Tandwielpomp

Tandwielpompen worden bij bemalingsinstallaties voor het verpompen van verschillende soorten olie gebruikt. Men past ze toe als smeeroliepomp maar ook zoals hier voor is aangegeven als trempomp en als stookpomp. Als smeeroliepomp wordt deze meestal direct aan de machine gekoppeld. Bij toepassing als trempomp of stookpomp wordt gebruik gemaakt van een elektromotor als aandrijving.. In de onderstaande figuur wordt de constructie van een dergelijke pomp weergegeven. De toppen van de tanden van de beide tandwielen passen nauwkeuring in de half cilindrische delen van het pomphuis. De eindvlakken van de tandwielen sluiten eveneens nauwkeurig aan op de deksels van de pomp. Loodrecht op de asrichting en in het midden van de tandwielen heeft het pomphuis aan de ene zijde een zuigtuit en aan de andere zijde een perstuit. In het getekende voorbeeld draait het tandwiel met de aandrijfas linksom. Op zijn beurt geeft dit tandwiel het andere een rechtsom draaiende beweging. Als de ruimte bij de inlaat gevuld is met bijvoorbeeld stookolie dan zal bij een draaiende pomp deze via de tandkuilen van de tandwielen worden meegenomen naar de perszijde. Terugvloeien wordt voorkomen door de in elkaar grijpende tanden. De aldus uit de tandkuilen verdrongen brandstof zal via de perstuit worden afgevoerd. Omdat er geen volledige afdichting over de toppen en de zijvlakken van de tanden is te verkrijgen, zal er steeds een kleine hoeveelheid olie tegen de draairichting in terugstromen. Deze lekverliezen zijn groter naarmate het drukverschil toeneemt. Ook de nauwkeurigheid waarmee de pomp is afgewerkt speelt een rol bij de lekverliezen. Tandwielpompen kunnen zelf aanzuigen tot over een hoogte van 6 - 7 mwk

waardoor vooral bij zware olie een storingsgevoelige voetklep in de zuigleiding in de meeste gevallen achterwege gelaten kan worden.

6.2 Wormpomp

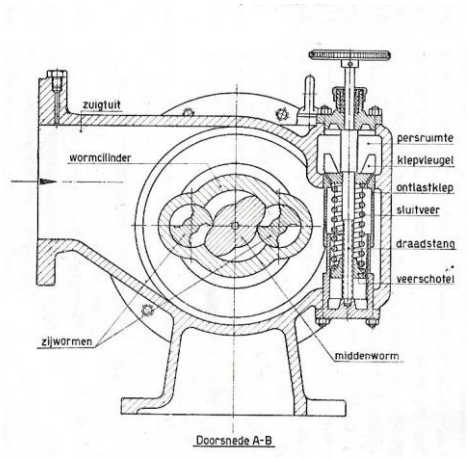
Hieronder is een wormpomp weergegeven van het fabricaat IMO uit Zweden. Deze pomp heeft drie wormen waarvan de middelste worm de andere twee aandrijft. Hiervoor is het nodig dat de wormen een grote spoed bezitten wat de reden is dat men dubbelgangige wormen moet toepassen. De wormtanden van de middelste worm grijpen in die van de beide zijwormen en omgekeerd. Indien de zuigruimte geheel met olie is gevuld zullen aan de rechterzijde de wormkuilen van de wormen zich met olie vullen tot de plaats waar de wormtand van de tegenwerkende worm de wormkuil afsluit. Draait men vervolgens de middelste worm dan drukken de wormtanden van de tegenwerkende wormen de olie in de wormkuilen naar links, de perszijde van de pomp, waar deze wordt afgevoerd via de perstuit.



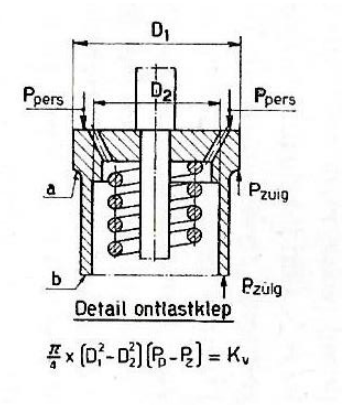
Wormpomp

Als gevolg van de drukopbouw ondervinden alle wormen een naar rechts gerichte axiaalkracht. Voor het opheffen van de resultante van deze krachten die op de midden worm werken is deze voorzien van een evenwichtszuiger. Deze evenwichtszuiger met dezelfde diameter als de buitendiameter van de wormtanden, past nauwkeurig in een cilinder die men heeft ondergebracht in een centreer bus die de midden worm aan de perszijde ondersteunt en centreert. De achterzijde van de evenwichtszuiger staat door een leiding in verbinding met de zuigruimte waardoor de axiaal- krachten worden opgeheven. Ook de zij wormen, in dit geval aan de rechterzijde, zijn voorzien van ontlastzuigers die zijn ondergebracht in het sluitstuk van

de wormcilinder. Tijdens bedrijf kan de persdruk die nodig is voor de ontlasting zich voortplanten via het kanaaltje in de midden worm. Gevuld met vloeistof is deze pomp ook zelf aanzuigend.



Ontlastklep bij wormpomp



Detail ontlastklep

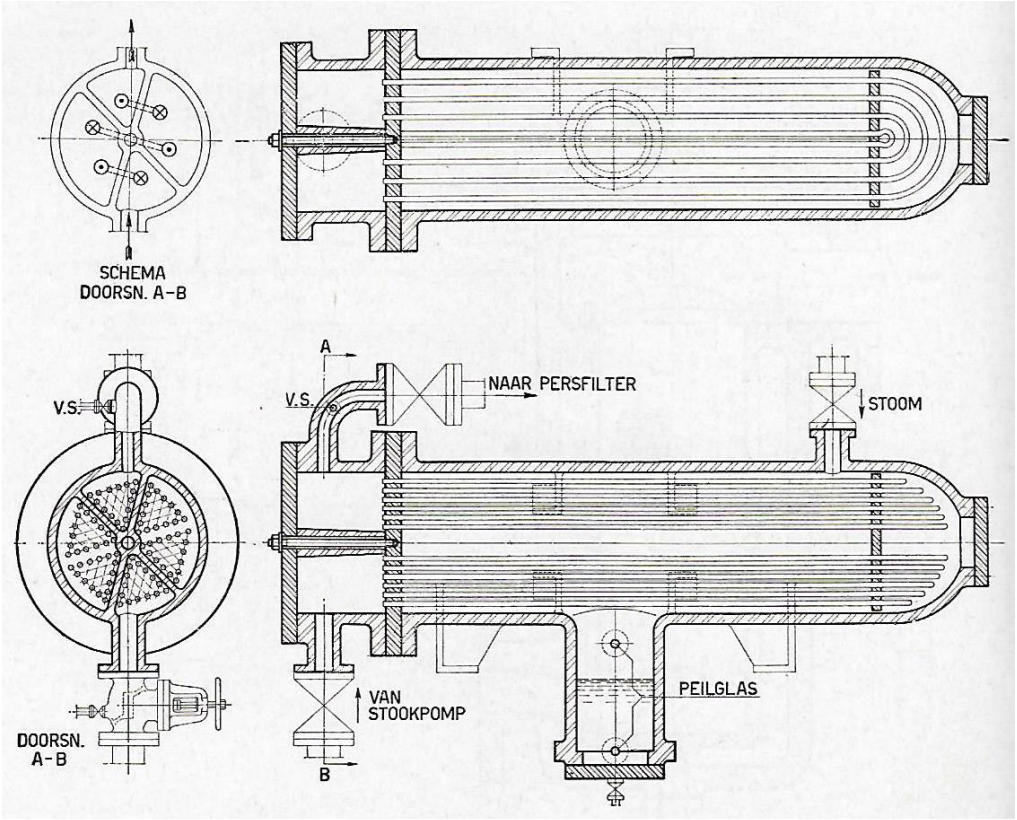
6.3 Ontlastklep

Teneinde een te hoge druk in de pomp en het daaraan gekoppelde leidingsysteem te voorkomen is een ontlastklep tussen de pers- en de zuigruimte van de pomp aangebracht. In de bovenstaande figuur is de doorsnede hiervan getekent. De persdruk staat zowel op als in de klep, zodat de cilinder met de diameter D_1, als gevolg van de oliedruk in evenwicht is. De persdruk oefent dus op het oppervlak , begrenst door de diameters D_1 en D_2 een omlaag gerichte kracht uit. Deze kracht wordt in evenwicht gehouden door enerzijds de spanning van de spiraalveer en anderzijds door de zuigdruk die op het klepoppervlak bij a wordt uitgeoefend. Stijgt nu de persdruk boven de ingestelde persdruk dan wint de omlaag gerichte kracht het van de omhoog gerichte krachten waardoor de klep opent. Door het samendrukken van de spriraalvormige drukveer stijgt hiervan de spanning en stelt zich een nieuwe evenwichtssituatie in waarbij continu een hoeveelheid vloeistof wordt teruggevoerd. Daalt de persdruk weer tot een normale waarde dan vindt het omgekeerde plaats. Met behulp van het handwiel bovenop de klep kan men de drukveer meer of minder spannen en zodoende de druk instellen.

De asafdichting van de pomp bestaat uit een mechanical seal oftewel een meedraaiende sleepring die met behulp van een slappe veer tegen een stilstaand sluitvlak aangedrukt wordt. Een dergelijke afdichting voorkomt het inslijten van de ashals ter plaatse van de pakkingkamer. Het bijzondere van deze pomp is dat zij ook als motor gebruikt kan worden en bij het stoppen terugloopt tot de persdruk voldoende is gedaald. Dit type pomp is geschikt voor een hoog toerental en wordt meestal rechtstreeks door een elektromotor aangedreven.

7. Olievoorwarmer

In de voorwarmer wordt de stookolie op de ontstekingstemperatuur van de brandstof gebracht. Deze temperatuur bedraagt voor zware-olie die bij stoomketels wordt toegepast ongeveer145°. De olie is dan dun vloeibaar en laat zich gemakkelijk verstuiven.



Olievoorwarmer

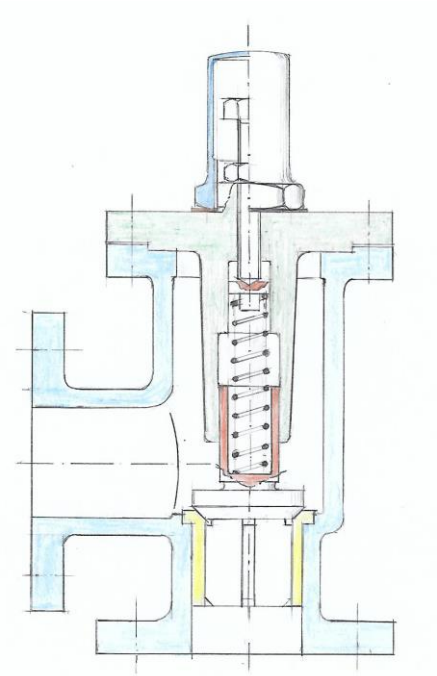
De stoomvoorwarmers voor stookolie worden uitgevoerd met pijpen die recht, spiraalvormig gewonden, of U-vormig gebogen zijn. Hierbij stroomt de olie een aantal malen door bundels van relatief kleine pijpen die omringd zijn door stoom. In het schema in de hier boven getekende voorwarmer is de loop van de te verwarmen olie aangegeven. De olie doorloopt telkens 1/3 van het totale aantal pijpen. Om de verlangde temperatuurverhoging van de olie te bereiken is het nodig dat de verwarmingsstoom condenseert. Bovendien is het stoomverbruik dan laag. De vorming van condensaat kan gecontroleerd worden met het peilglas op de aangegoten pot onderaan de voorwarmer. Het condensaat wordt afgevoerd met behulp van een zelfwerkende condenspot. De temperatuur van de stoom wordt geregeld door de stoomtoevoer handmatig dan wel mechanisch meer of minder te knijpen. Als de olie toe- en afvoerafsluiters gesloten zijn, kunnen de verwarmingspijpen met stoom worden doorgeblazen c.q. gereinigd. Op de aanvoerafsluiter is daartoe een aftapkraan onder de klepzitting, en op de afvoerbocht een aansluiting voor stoom aangebracht.

8. Persfilters

In het persfilter worden de fijne vaste verontreinigingen uit de olie verwijderd. Dit gebeurt in een gelijksoortig filter als het zuigfilter met dien verstande dat de korf voorzien is van fijnmazig gaas.

De stookolie is als gevolg van het opwarmen dun vloeibaar en passeert daardoor het filter gemakkelijk. Het filteren van de stookolie is met name belangrijk bij branders met drukverstuiving omdat een gedeeltelijk verstopte brander een slechte verbranding en daardoor een (ernstige) vervuiling van de ketel tot gevolg heeft. Het filter moet schoongemaakt worden zodra er een te groot drukverschil is ontstaan tussen de aan- en de afvoerzijde hiervan.

9. Ontlastklep
   De ontlastklep in dit deel van de leiding dient voor de afvoer van de stookolie als er geen afname is omdat het stookbedrijf wordt onderbroken of stopgezet, bijvoorbeeld omdat het ketelwaterniveau te laag is. De olie wordt dan teruggevoerd naar de voorraadtank via een retourleiding.



Ontlastklep (haakse uitvoering)

10. Beveiliging
    Als het waterpeil in de ketel onder het laagst toegestane niveau dreigt te geraken wordt deze beveiliging geactiveerd. De beveiliging bestaat uit een mechanisch bediende klep die de olietoevoer naar de desbetreffende stoomketel afsluit.

11. Regelklep
    Bij elke ketel bevindt zich een aftakking op de persleiding, voorzien van een afsluiter voor elke brander, een manometer en een thermometer. De persleiding loopt langs de ketel. Via een zogenoemde tegendrukafsluiter of regelklep loopt de olie terug naar de voorraadtank of, hier niet getekend, de aanzuig van de stookpomp. Met behulp van deze klep kan voor het opstoken de olie worden rondgepompt en opgewarmd.

12. Retourleiding
    Met de retourleiding wordt de stookolie teruggevoerd naar de voorraadtank voor zware-olie. Deze leiding wordt gebruikt bij het rondpompen en de afvoer van het teveel aan olie in het systeem bij deellast van de stoomketel.

13. Verwarmingsstoom
    In de zware-olie opslagtank is een stoom verwarmingsspiraal aangebracht. De spiraal ligt zo dicht mogelijk in de buurt van de zuigmond van de pomp zodat niet noodzakelijkerwijs de gehele olievoorraad opgewarmd hoeft te worden om deze te verpompen.

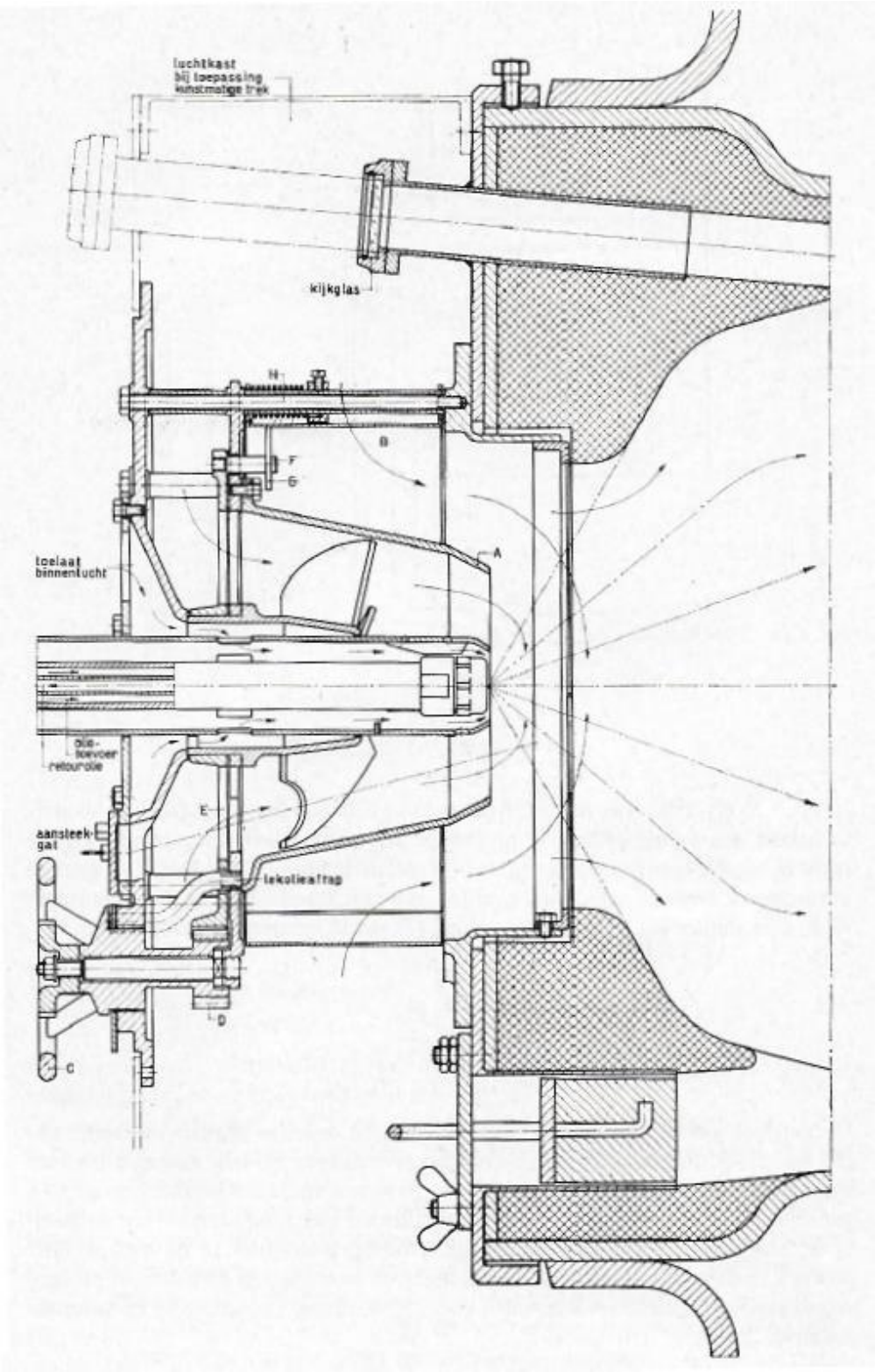
Bij het opstoken van de stoomketels, dus als er nog geen (verwarmingsstoom) aanwezig is, wordt de dun vloeibare stook- of dieselolie gebruikt. Zodra er voldoende stoom is gegenereerd worden de tankverwarming en de stookolievoorwarmer bijgezet. Wanneer de zware-olie in de voorraadtank warm genoeg is wordt geleidelijk overgeschakeld van de lichte- op de zware-olie. Bij het stoppen van het bemalingsbedrijf wordt in omgekeerde volgorde gehandeld zodat de leidingen altijd gevuld zijn met onder alle omstandigheden goed verpompbare lichte- olie. Mocht om de een of andere reden, bijvoorbeeld een storing, het bemalingsbedrijf voortijdig afgebroken worden dan moet met behulp van de regelklep en de retourleiding het systeem gespoeld worden met de lichte-olie. In dat geval stelt men handmatig de regelklep in op een lagere druk.

4.9.7 Luchtregister

Er bestaat een aantal luchtregisters om het verstoken van vloeibare brandstoffen mogelijk te maken. De registers zijn afgestemd op het type brander en de soort trek waar men gebruik van maakt. De registers hebben zonder uitzondering tot doel de lucht met de ingespoten brandstof zodanig te vermengen dat een optimale verbranding kan plaatsvinden. In dit hoofdstuk van deze leidraad zal slechts één register worden besproken.
In de vuurgang opening van de gegolfde vuurgang of het front van een onder vuurhaard is een ring van vuurvaste steen aangebracht die door zijn warmtestraling de vergassing en de ontsteking van de verstoven ollie bevordert. Bovendien beschermt de ring het uit plaatstaal samengestelde front tegen te sterke verhitting. De door natuurlijke of kunstmatige trek toestromende lucht wordt door de conische buis A in twee stromen verdeeld. Het gedeelte lucht dat in de buis A binnenstroomt, krijgt door de in deze buis geplaatste vaste schroefvlakken een draaiende beweging. Buitenom de buis A wordt lucht toegelaten met behulp van verstelbare kleppen B die aan deze lucht eveneens een draaiende beweging geven doch in tegengestelde richting. Op deze wijze ontstaan in de ruimte bij de branderkop hevige wervelingen en wordt een goede vermenging van de verstoven olie en de verbrandingslucht bewerkstelligd. Direct voor de branderkop zouden de wegschietende oliedruppels een onderdruk kunnen veroorzaken. Om daar, door een tekort aan verbrandingslucht, cokes-vorming te voorkomen, voert men een kleine hoeveelheid zogenoemde binnen- lucht langs de brander toe.

Van de buitenste luchtstroom kan men de hoeveelheid regelen met de verstelbare kleppen. Door middel van het handwiel C onderaan het register en het daarmee verbonden rondsel D kan men de

plaat E verdraaien. De in deze plaat bevestigde pennen grijpen in de scharen van de kleppen De kleppen zijn om de bouten draaibaar zodat deze in een meer of minder geopende stand kunnen worden gezet.
De brander wordt ontstoken met een in petroleum gedrenkte fakkel die via een speciaal luikje en uitsparing in één van de verstelbare luchtkleppen wordt ingebracht.
.



Luchtregister bij oliestookinrichting

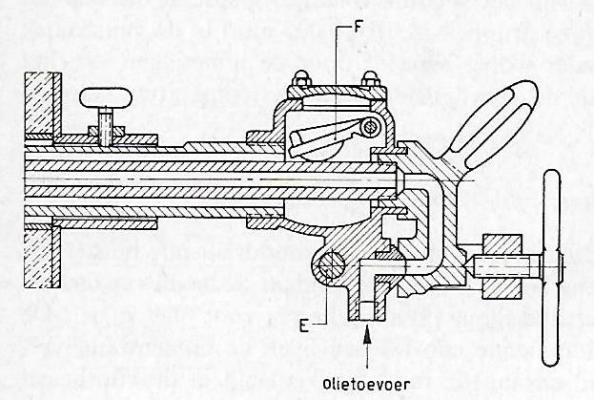
Tegenwoordig maakt men ook wel gebruik van een gasbrander om de brandstof aan te steken. Dwars door de ring van vuurvaste stenen is een buis met een kijkglas aangebracht. Met behulp hiervan kan men de kleur van de vlam waarnemen en controle uitoefenen op de verbranding. In geval van geforceerde trek wordt om het register een luchtkast gebouwd. Onder in het register is een lekolieleiding aangebracht die de eventueel gelekte olie tot buiten het register in een bakje met scherp zand afvoert. Bij een eventuele brand in een register stopt men de brandstoftoevoer en sluit men met de verstelbare kleppen de luchttoevoer af waarna de brand vanwege zuurstoftekort vanzelf dooft.

4.9.8 Oliebranders

Voor een goede verbranding moet de stookolie fijn verdeeld en met enige snelheid in de vuurhaard gebracht worden. De fijne verdeling dient om een zo'n groot mogelijk contactoppervlak voor de verbrandingslucht te krijgen terwijl de snelheid nodig is om de op elke druppel olie gevormde gasmantel eraf te stropen en met de lucht te vermengen. Bij een aantal soorten branders wordt de olie onder hoge druk ingevoerd. Zij komt gewoonlijk door tangentiaal geplaatste kanaaltjes met vrij grote snelheid in een cilindrische ruimte (de rotatiekamer), waarin de olie snel ronddraait en zich van de omtrek via een spiraalvormige baan naar het midden beweegt, waar zich de uitstroomopening bevindt. Bij het doorlopen van deze spiraal wordt de omtreksnelheid groter naarmate de straal van de baan kleiner wordt. In de instroming is de omtreksnelheid ongeveer vijf tot tien maal zo groot als aan de omtrek van de rotatie- kamer, zodat het arbeidsvermogen van beweging vijfentwintig tot honderd maal zo groot wordt. Bij het verlaten van de uitstroomopening breekt de oliefilm in deeltjes die twee snelheden hebben; te weten een axiale, dus in lengterichting van de brander, en een tangentiële, dus in een vlak loodrecht op die lengte- richting. Het gevolg is dat de oliedruppels zich ongeveer bewegen volgens de beschrijvende lijn van een kegelmantel. Moet de hoeveelheid olie die in de vuurhaard verbrandt, aangepast worden dan kan men dit tussen bepaalde grenzen bewerkstelligen door de druk in de toevoerleiding te wijzigen. Ook kan men de temperatuur van de stookolie, dus de viscositeit, aanpassen.

Drukverstuiving

In de figuur hieronder is een brander van Todd voor drukverstuiving getekend. De brander wordt geplaatst in een huis dat op een pijpstuk is geschroefd en daarmee aan het luchtregister bevestigd wordt. Aan de onderzijde van het huis zien we de aansluiting voor de stookolie. Het vooreinde van de brander klemt men met een drukbout tegen een conisch sluitvlak aan het huis. De drukbout bevindt zich in een beugel die om het scharnierpunt E kan draaien. Als men na het sluiten van de olietoevoer de drukbout losdraait en de brander aan het handvat uit het huis genomen heeft, sluit de klep F automatisch de ontstane opening af zodat geen vlammen of hete rookgassen naar buiten kunnen slaan.



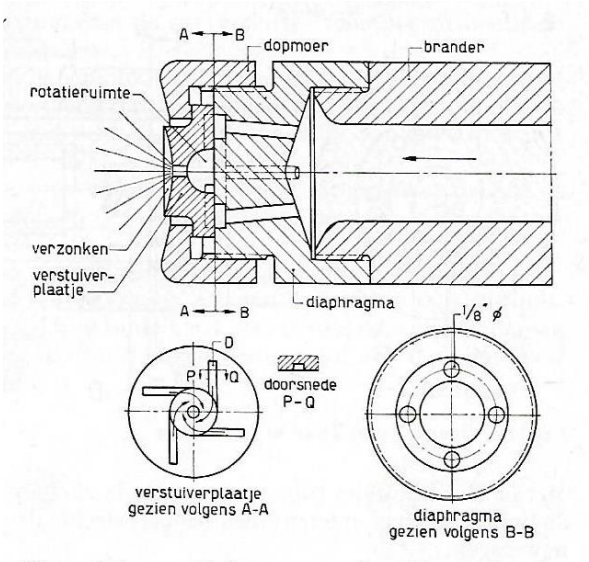
Todd-brander

Op de kop van de brander is een diafragma geschroefd, voorzien van vier 3 mm gaatjes die in een rondgaande groef uitkomen. In het eronder getekende verstuiverplaatje zijn vier groeven gefreesd die tangentieel gericht zijn op de rotatie ruimte, zodat de onder een druk van 10 – 14 kg/cm² aangevoerde olie in deze ruimte snel ronddraait en als een holle kegelvormige film van fijne druppels (0,01 – 0,05) uit de opening treedt. De verstuiverplaatjes zijn voorzien van merktekens bestaande uit een letter W voorafgegaan en gevolgd door twee cijfers. De eerste twee cijfers, bijvoorbeeld 53, dienen als aanduiding van de middellijn van de opening in het verstuiverplaatje. Zo staat 53 voor

0,059” wat overeenkomt met 0,16 mm en 46 voor 0,081’’ wat gelijk is aan 0,2 mm. Hoe lager het nummer hoe groter de diameter van het gaatje in het verstuiverplaatje van de brander. De letter W duidt op een verzonken uittrede van de brandstof. De cijfers na de W geven aan, welk deel van de doortocht van de ronde opening in het plaatje de groeven D aan de intreezijde ervan hebben. Van een plaatje 53 W 40 is de middellijn van de opening 0,059’’ of 0,16 mm en van de vier groeven;

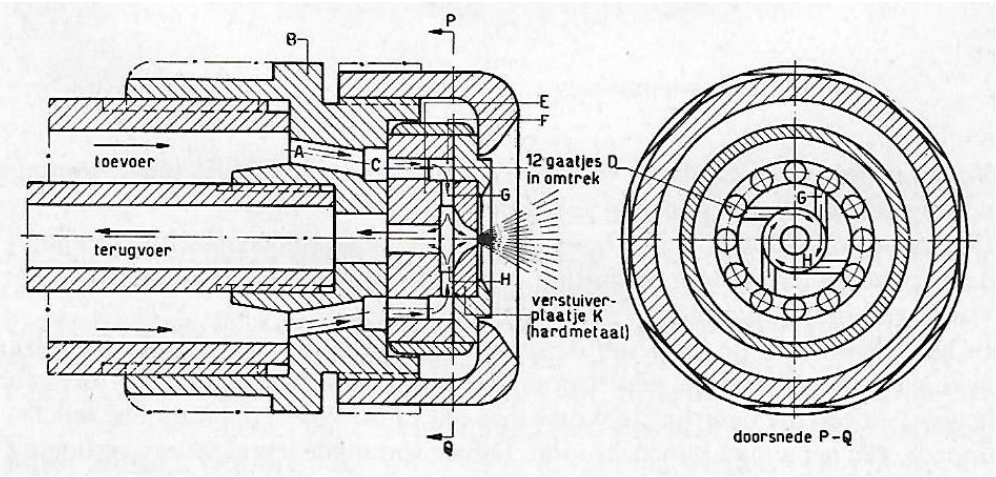
$$0{,}40 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}16^2 \ [\mathrm{mm}^2]$$

Dit plaatje heeft als de olie onder een druk van 14 kg/cm² en met een viscositeit van 4 Engler aangevoerd wordt een capaciteit van 150 kg olie per uur.



Branderkop met verstuiverplaatjes

Voor het aanpassen van de brandstof toevoer aan de stoombehoefte moet men bij de meeste systemen de branders eruit nemen en van andere verstuiverplaatjes voorzien. Men behelpt zich soms eenvoudigheid halve, door van de ketel een of meer branders uit te zetten. Het gevolg hiervan is dat de ketels ongelijkmatig verwarmd worden. Daarom is het beter om alle branders in bedrijf te houden maar dan met een verminderde capaciteit. In de figuur hierna is een zogenoemde Bargerboer brander getekend waarvan de capaciteit binnen betrekkelijk wijde grenzen (automatisch) geregeld kan worden zonder het verwisselen van verstuiverplaatjes.

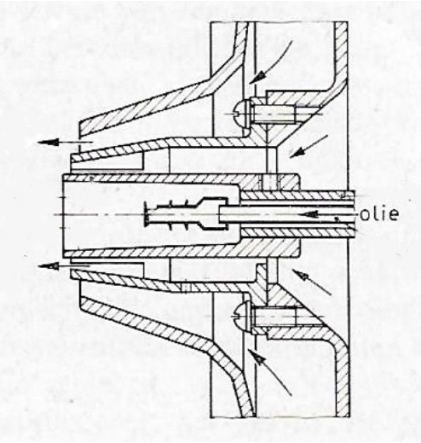


Bargerboer brander

In de toevoerleiding onderhoudt men een constante druk van 20 kg/cm² terwijl de druk in de gemeenschappelijke terugvoerleiding met een regelafsluiter geregeld kan worden tussen 4 en 7 kg/cm². Op het branderlichaam is een dop geschroefd waarin de olie-aanvoerpijp met schroefdraad is vastgezet.
De olie treedt binnen met een druk van 20 kg/cm² en stroomt door iets schuin geboorde gaatjes in de ringvormige groef E. Van deze groef gaan vier tangentieel aangebrachte sleufjes naar de centrale rotatie- ruimte. De olie stroomt voor een regelbaar deel naar de vuurhaard het overige deel vloeit af via een centraal aangebracht gaatje naar de terugvoerleiding. Omdat er een constante hoeveelheid olie wordt aangevoerd gaat er minder olie door de opening naar de vuurhaard, als men meer olie via de regelafsluiter naar de terugvoerleiding laat vloeien.

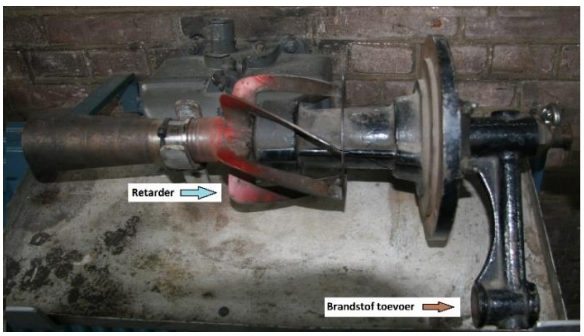
Rotatieverstuiving

De figuur hierna laat een principe opstelling van een cup- of rotatieverstuiver zien zoals vaak toegepast bij Schotse ketels voor landgebruik en stookolie. Een voorbeeld hiervan is het ir. D.F.Woudagemaal te Lemmer. De fijne verdeling van de brandstof bij dit type brander vindt plaats door deze met grote snelheid weg te slingeren. De brander bestaat uit een snel ronddraaiende kegelvormige ronde buis of beker: vandaar de naam cupverstuiver. In de buis is een pijpje aangebracht voor de toevoer van de olie. De oliestroom wordt in de snel draaiende cup tot een over de binnenwand verspreide dunne film vervormd en aan de rand fijn verdeeld in de vuurhaard geslingerd. Een deel van de verbrandingslucht, de primaire lucht, wordt door een aparte ventilator aangevoerd en langs de cup geblazen en met de fijn verdeelde oliedruppels vermengd.



Cup- of rotatieverstuiving

Bij de cupverstuiver in onderstaande foto (links) wordt de cup met behulp van de primaire lucht en met de aan de cup gekoppelde retarder een draaiende beweging gegeven.

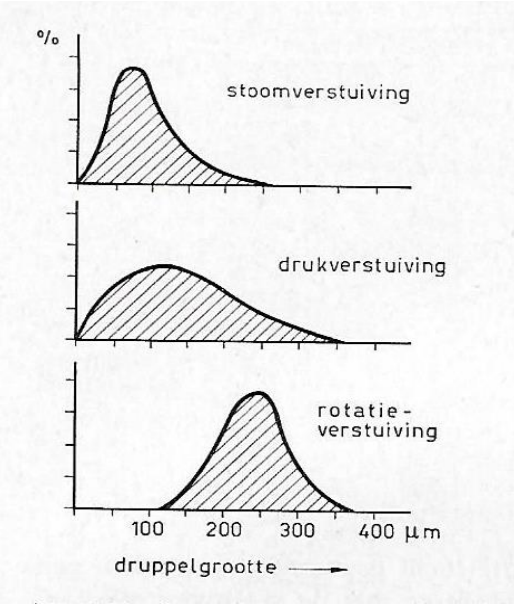


Cupverstuiver ir. D.F. Woudagemaal

De verbranding vindt daardoor in een kurkentrekker vormige baan plaats. Hierdoor wordt de door de hete verbrandingsgassen afgelegde weg lang, wat gunstig is voor de warmteoverdracht en de uitbrandtijd van de brandstof. Ook zullen hierdoor, met name de brandende zware koolwaterstof-verbindingen minder makkelijk met de koude vlakken van de vuurgang in aanraking komen, daardoor doven en zich als roet afzetten. Een bijzonder voordeel van deze branders is dat ze het best werken met olie van een betrekkelijk hoge viscositeit, aangezien dun vloeibare olie over de gladde beker wand slipt en slecht verdeeld wordt. De secundaire lucht wordt via het register en regelbare jaloezie-kleppen in het front van de ketel toegevoerd.
In het voorbeeld is de regelklep voor de retourdruk van de stookolie gekoppeld aan de elektrisch bediende jaloezie-kleppen zodat steeds een juiste verhouding tussen de toegevoerde hoeveelheid brandstof en secondaire verbrandingslucht bestaat.

Stoomverstuiving

Men tracht de corrosie die aan het eind van de rookgasstroom bij het stoken van olie kan optreden, te voorkomen door met minimale luchtovermaat te stoken. Het is van groot belang dat de olie zo fijn mogelijk wordt verstoven. Een methode om een zeer fijne verdeling van de brandstof te krijgen is deze met behulp van oververhitte stoom te verstuiven. Bij stoomverstuiving, voorzover bekend niet toegepast bij stoominstallaties voor gemalen, gebruikt men een klein deel (0,1%) van de ketelcapaciteit om de stookolie in zeer fijn vernevelde toestand in de vuurhaard te brengen. De verbranding van de olie komt met behulp van de stoom vollediger tot stand zodat er minder onverbrande brandstofdeeltjes de ketel verlaten en deze rookgas- zijdig langer schoon blijft. Bij vergelijkende proeven genomen met de verschillende typen oliebranders, blijkt de druppelgrootte verdeling het gunstigst te zijn bij stoomverstuiving.



Druppelgrootte verschillende verstuivingssystemen