4.16 Condensorinstallaties

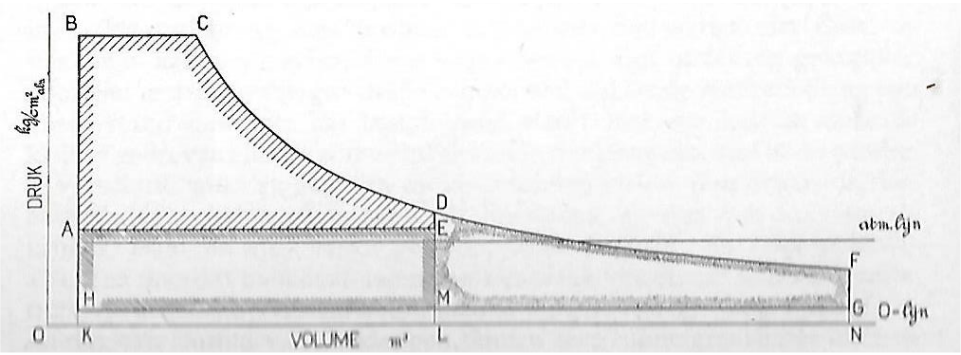
4.16.1 Vacuüm

De afgewerkte stoom, afgekort aangeduid met AS, van de hoofdstoommachine en soms ook die van de met behulp van stoom aangedreven hulpwerktuigen wordt naar een condensorinstallatie afgevoerd waar ze wordt verdicht tot water. Dit warme condensaat wordt teruggevoerd naar de ketel waardoor het rendement van de installatie verbetert. Daarenboven is het condensaat onthard en ontlucht. De condensor heeft echter nog een tweede belangrijke functie, namelijk het creëren van een vacuüm of lage tegendruk bij de lagedrukcilinder van de stoommachine. Het volume van een bepaalde gewichtshoeveelheid afgewerkte stoom is groot en neemt in de condensor een grote ruimte in. Wordt deze stoom echter tot water verdicht, dan is dit volume gering.

Bij een stoommachine waar expansie en condensatie wordt toegepast heeft 1 kg afgewerkte stoom een volume van ongeveer 7,8 m3 oftewel 7800 dm³ terwijl het hieruit ontstane water slechts een volume heeft van 1 dm³. Is de stoom in een condensor overgegaan tot water, dan ontstaat hierin een ledige ruimte en dus een lage druk. Helemaal ledig is die ruimte niet want er bevindt zich hierin ook waterdamp van de in de condensor heersende druk en bovendien lucht die door allerlei oorzaken in het stoomcircuit is gekomen. Blijft de afgewerkte stoom toestromen dan zal na verloop van tijd de druk weer toenemen.

Maakt men de pomp die het condensaat uit de condensor zuigt flink groot dan zal niet alleen het gevormde water worden afgevoerd maar ook de waterdamp en de lucht, die zich in de condensor bevinden. Dit heeft tot gevolg dat in de condensor een druk ontstaat die ver onder die van de atmosfeer ligt. We spreken dan over een luchtledig of vacuüm wat in het verleden vaak werd aangeduid met ijdel.

De pomp die zowel het water als de damp en de lucht uit de condensor afvoert noemen we een natte luchtpomp. Bij grote installaties zoals bij zeegaande schepen werden deze functies gescheiden en paste men voor het verwijderen van de lucht en de waterdamp vaak een ejecteur toe. Bij de meeste stoommachines bij gemalen is de natte luchtpomp rechtstreeks gekoppeld aan de krukas of de verlengde zuigerstang van de machine, er zijn echter ook voorbeelden dat de natte luchtpomp door een aparte stoommachine wordt aangedreven. Aan die stoommachine zijn dan meerdere andere functies gekoppeld zoals bijvoorbeeld een smeeroliepomp voor de druksmering van de leibaan, de kruk en de hoofdaslagers.

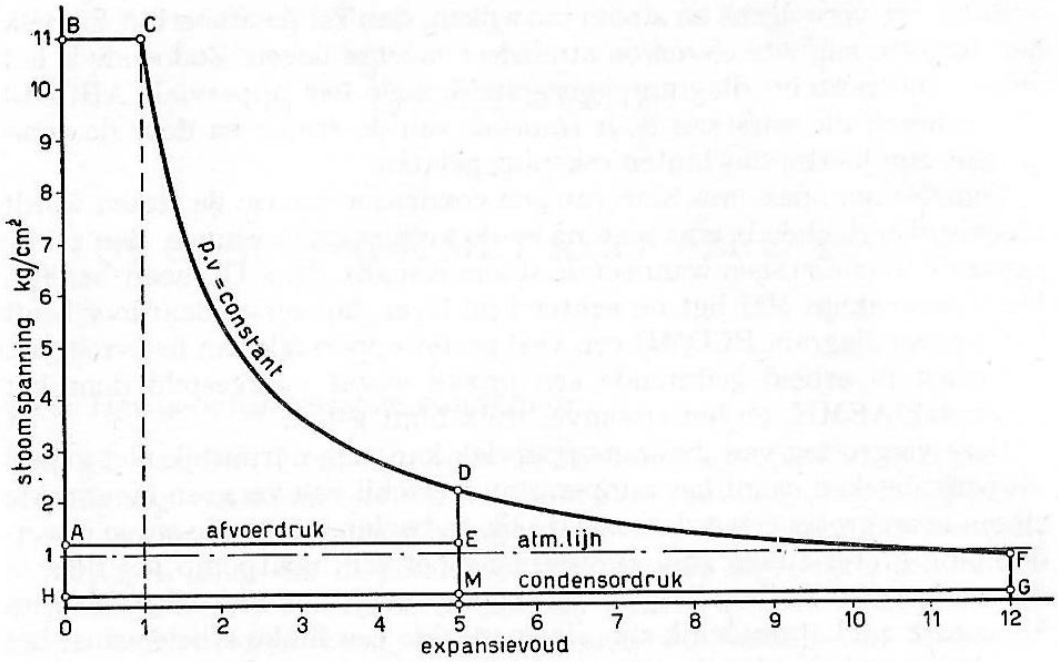


P - V diagram met condensatie

Als gevolg van de in de condensor gecreëerde lagere tegendruk wordt per kg stoom aanmerkelijk meer energie geleverd. Een stoommachine met condensatie zal voor het leveren van een zekere hoeveel arbeid minder stoom verbruiken; met andere woorden ze werkt economischer dan de machine zonder condensatie.
In de figuur op de voorgaande bladzijde is deze arbeidswinst met behulp van een druk - volume diagram van het proces in een stoomwerktuig, aanschouwelijk gemaakt.
Stel dat we aan een 1-cilinder stoommachine stoom toevoeren met een druk BK en dat de vulling BC bedraagt. In C begint de expansie van de stoom. Laten we de stoom in de buitenlucht ontsnappen dan zal de druk iets hoger moeten zijn dan die van de atmosfeer. De waarde hiervan wordt weergegeven door DL. Laten we vervolgens de stoom ontwijken dan zal de afvoerlijn EA van het diagram iets boven de atmosferische lijn liggen. Zodoende wordt het theoretische diagram weergegeven door het oppervlak ABCDE. De verliezen die ontstaan door smoring en door de compressie van de stoom zijn hier buiten de berekening gelaten.

Voorziet men deze machine van een condensor waarin de stoom wordt afgevoerd en de begindruk en de vulling gelijk blijven, dan zal de expansie weer eindigen bij de absolute druklijn DL. De tegendruklijn MH ligt nu beduidend lager dan eerst. Het aldus verkregen diagram BCDMH heeft een aanmerkelijk groter oppervlak dan het voorgaande. De winst in arbeid gedurende het proces wordt voorgesteld door het oppervlak AEMH. Hiervoor is geen extra stoom nodig.
Deze vergroting van het diagramoppervlak kan niet allemaal als winst worden geboekt want het temperatuurverschil tussen verse stoom en afgewerkte stoom is nu groter geworden zodat ook de begincondensatie en de naverdamping groter zijn. Bovendien moet een natte luchtpomp het vacuüm in de condensor onderhouden; waarvoor ook een hoeveelheid energie moet worden ingezet.
De energiewinst zal nog veel groter worden als men bij gelijke cilindervulling de zuigerslag laat toenemen dat wil zeggen de expansie verder voortzet, bijvoorbeeld tot de absolute druklijn FN. Hierdoor wordt het diagramoppervlak BCFGH.

Teneinde na te gaan wat we uitgedrukt in getalwaarden op de hier voor aangegeven wijze aan energiewinst kunnen bereiken dient de hier na op schaal getekende figuur.



P - V diagram met condensatie

We nemen hierbij aan dat de begindruk 11 kg/cm² is en dat de vulling BC = 1 deel van de expansie is. Nemen we verder aan dat de expansie verloopt volgens P x V = constant , en kiezen we eerst een vijfvoudige expansie dan wordt het eindvolume het vijfvoud van BC. De druk is hierbij volgens de wet van Boyle gedaald tot 2,2 kg/cm². We beschouwen nu eerst de situatie waarbij de afgewerkte stoom naar de buitenlucht wordt afgevoerd waarbij de tegendruk 1,2 kg/cm² is dan krijgen we het diagram ABCDE. Bepalen we vervolgens op de later aangegeven wijze hiervan de gemiddelde druk p_m dan vinden we hiervoor 4,54 kg/cm².

Het volume wordt bepaald door het oppervlak van de zuiger en de afgelegde weg. Omdat het zuigeroppervlak niet verandert tijdens het proces kan voor de verrichte arbeid A, maar dan in verhouding, worden gesteld:

A = volumevergroting x gemiddelde druk

De verrichte arbeid is dan:

$$A = 5 \,.\, 4{,}54 = 22{,}70 \text{ [Dimensieloos]}$$

Voeren we in tweede instantie de stoom af naar een condensor waar een absolute druk wordt gehandhaafd van 0,2 kg/cm² dan krijgen we het diagram HBCDM, waarbij de afvoerlijn EM 1 kg/cm² lager ligt dan bij afvoer naar de buitenlucht. De gemiddelde druk p_m is dus dit bedrag groter dus 5,54 kg/cm².

De verrichte arbeid wordt dan:

$$A = 5 \,.\, 5{,}54 = 27{,}70 \text{ [Dimensieloos]}$$

Uitgedrukt in procenten is de theoretische arbeidswinst:

$$\frac{27{,}70 - 22{,}70}{22{,}70} . 100 = 22\ \%$$

Deze winst wordt bereikt met dezelfde hoeveelheid stoom. Als we daarentegen de stoom niet het vijfvoudige maar bijvoorbeeld tot het twaalfvoudige van het beginvolume laten expanderen dan krijgen we het diagram HBCFG. De gemiddelde druk hiervan p_m is 2,99 kg/cm².

$$A = 12 \,.\, 2{,}99 = 35{,}88 \text{ [Dimensieloos]}$$

De arbeidswinst is voor deze situatie:

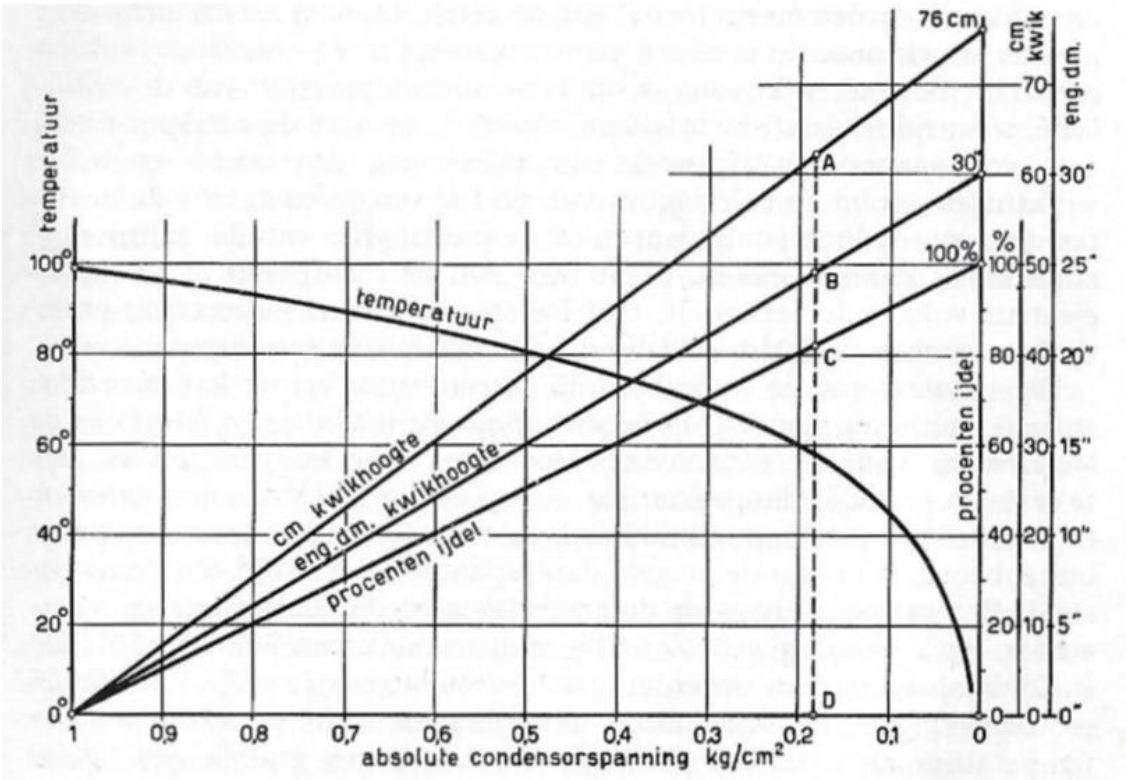
$$\frac{35{,}88 - 22{,}70}{22{,}70} . 100 = 58\ \%$$

Na deze uiteenzetting spreekt het voor zich dat de voor de opvoerwerktuigen toegepaste stoomaandrijvingen bij poldergemalen gebruik maakten van expansie en uitgerust waren met een condensor.

4.16.2 Condensordruk

De druk van stoom gaven we in het verleden een enkele keer aan in atmosfeer (atm), dat is de druk die overeenkomt met de ons omringende luchtdruk op zee niveau. Gewoonlijk en daarom ook in deze verhandelingen werd de druk uitgedrukt in kg/cm² In de Angelsaksische landen gebruikte men ponden per vierkante duim (lb/sq in), waarbij 1kg/cm² = 14,223 lb/sq in of psi. Verder moet er onderscheid worden gemaakt in absolute druk en overdruk. Eerst genoemde druk moet men rekenen vanaf het absolute nulpunt. De manometer van een stoomketel geeft de overdruk aan ten opzichte van die van de atmosfeer op zeeniveau. Staat de meter op nul dan is bijgevolg de druk in de ruimte waar de meter op aangesloten is 1 atm. absoluut. De druk van 1 atm. Is iets groter dan 1 kg/cm² namelijk 1,033 kg/cm². De stoomtabel maar ook het Mollierdiagram geeft de verschillende waarden weer ten opzichte van de absolute druk. Bij het opzoeken van de verschillende waarden in een stoomtabel moet je hiermee rekening houden en dus altijd 1 kg/cm² bij de afgelezen waarde van de manometer optellen.

Bij stoomwerktuigen hebben we ook te maken met drukken die lager zijn dan de atmosferische druk zoals bijvoorbeeld in de condensor. In het verleden werd die druk gemeten met behulp van een kwikbarometer. De hoogte van de kwikkolom gaf dan de onderdruk weer in de condensor. Om de absolute druk te krijgen moest van de afgelezen waarde van 76 cm kwik kolom, de gemiddelde atmosferische druk, worden afgetrokken.



Betrekking tussen schaalverdeling ijdelmeters

Wijst dus de kwikmanometer op de condensor bijvoorbeeld 61 cm kwikkolom aan dan is de absolute druk 76 – 61 = 15 cm kwikkolom wat overeenkomt met:

$$\frac{(76-61)}{76}.1 = 0{,}2\ [\mathrm{kg/cm^2}]$$

Meestal wordt voor de vacuümmeter een metaalmanometer met een Bourdon buis gebruikt met een schaalverdeling in cm kwik.
Bij in Engeland geproduceerde installaties geeft men het vacuüm of ijdel gewoonlijk aan in Engelse duimen, aangeduid met (”) kwik kolom waarbij 30” overeenkomt met 1 kg/cm². Wijst hier de manometer bijvoorbeeld 24’’ aan dan komt dat overeen met een absolute druk van:

$$\frac{(30-24)}{30}.1 = 0{,}2\ [\mathrm{kg/cm^2}]$$

Een derde wijze van verdeling van de schaal bij een vacuümmeter is in procenten. Staat bij een dergelijk meetinstrument de wijzer op 80 % dan vertegenwoordigt dit een absolute druk van:

$$\frac{(100-80)}{100}.1 = 0{,}2\ [\mathrm{kg/cm^2}]$$

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat hoe hoger de afgelezen waarde in cm of inches kwik dan wel procenten, des te lager de absolute druk in de condensor en de tegendruk achter de zuiger in de cilinder van de stoommachine is.
Overigens is de absolute druk in de condensor de som van twee drukken, namelijk die van de aanwezige waterdampplus de meegevoerde lucht en eventuele andere niet bij de heersende temperatuur condenseerbare gassen. De lucht maar ook de waterdamp wordt tijdens bedrijf voortdurend weggezogen met behulp van een pomp of ejecteur. Geeft men aan de luchtpomp of ejecteur voldoende capaciteit dan kan men onder normale omstandigheden alle lucht uit de condensor verwijderen.
De druk van de waterdamp kan men echter niet zo laag maken als men wil omdat deze uitsluitend afhangt van de temperatuur van het condensaat. Hoe lager deze temperatuur des te geringer de dampspanning, wat wordt weergegeven met de gebogen temperatuurlijn in bovenstaande grafiek. De in de grafiek aangegeven waarden, waarbij de druk geenszins lineair verloopt met de temperatuur, kan men ook aflezen in de stoomtabel bij de tabel voor verzadigde waterdamp.
Wijst de condensor een druk aan van 24” dan komt dat overeen met een absolute druk van 30” – 24” = 6” oftewel een druk van 6/30 x 1 = 0,2 kg/cm². De waterdamp heeft dan bij een temperatuur van het condensaat van bij voorbeeld 52 °C, een druk van 0,13 kg/cm² De spanning van de dan aanwezige lucht c.q. gassen is dan 0,2 – 0,13 = 0,07 kg/cm²

4.16.3 Inrichting van condensors

De condensor zoals we hier voor hebben gezien dient voor het condenseren van de afgewerkte stoom en het verlagen van de tegendruk van de stoommachine. Er zijn twee soorten condensors te onderscheiden namelijk.

1. de injectie- of mengcondensor
2. de oppervlakte condensor

Beide types zijn of worden nog steeds bij door stoommachines aangedreven opvoerwerktuigen in gemalen toegepast.

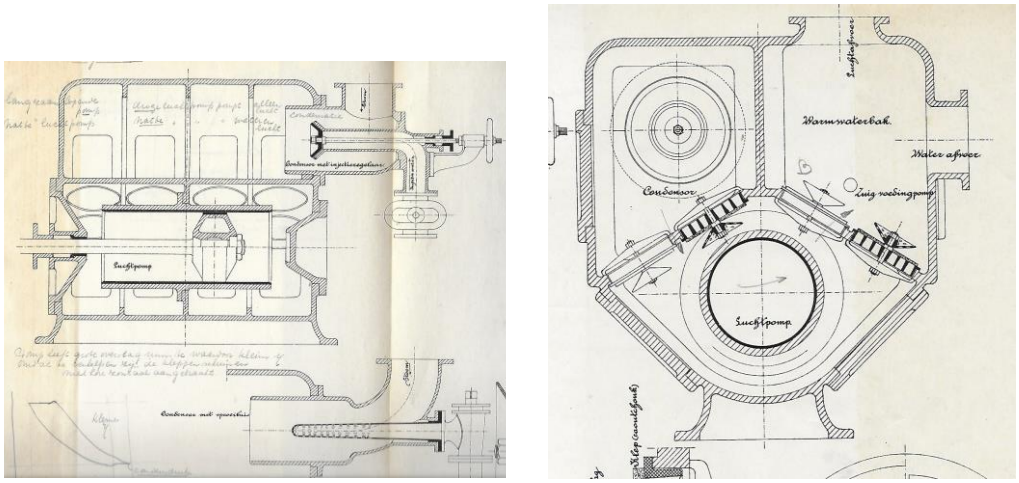
4.16.4 Injectie of mengcondensors

In de injectiecondensor, die te beschouwen is als een kleine gesloten ruimte of vat, wordt de afgewerkte stoom door een gordijn van koude waterdruppels gevoerd. De stoom condenseert en valt samen met het koelwater onder in de gesloten ruimte. De lucht en eventuele andere gassen die samen met de afgewerkte stoom worden aangevoerd condenseren niet en moeten om het vacuüm te kunnen onderhouden uit de condensor worden gepompt. Dit doet men met de luchtpomp. Meestal is de luchtpomp zodanig ingericht dat deze ook het mengsel van condensaat en injectiewater, het zogenoemde wees, uit de condensor pompt. We noemen deze pomp een natte luchtpomp. Een deel van het wees (een verbastering van het Engelse "waste water") wordt teruggevoerd naar de stoomketel. Het spreekt voor zich dat dit type condensors alleen kan worden toegepast als het koelwater, meestal polderwater, geen zout bevat zoals veelal het geval is bij op zee uitslaande gemalen.

Voor condensorinstallaties is een aantal verschillende natte luchtpompen ontwikkeld. Deze zuigerpompen worden, afhankelijk van de plaats van opstelling, direct door zuigerstang beweging van de stoommachine aangedreven,dan wel via een excentriek dat op de krukas van de machine is gemonteerd . De aandrijving van de natte luchtpomp, in het verlengde van de zuigerstang of met een excentriek, bepaalt in hoge mate de verdere inrichting van de injectiecondensor. De verschillende voor gemalen meest toegepaste principes zullen hierna nader worden besproken.

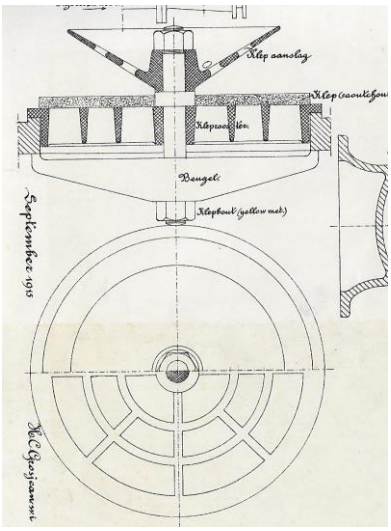
Condensor met door een zuigerstang aangedreven natte luchtpomp

Zoals hier voor is aangegeven worden de lucht en het condensaat tegelijk uit de condensor gezogen door een pomp die in de regel door de machine zelf wordt aangedreven. In onderstaande figuur is een doorsnede gegeven van een horizontaal, in het verlengde van de machine, opgestelde natte luchtpomp met geïntegreerde condensor. De condensor kan bij deze uitvoering zowel met een sproeibuis als met een sproeiklep worden uitgevoerd.

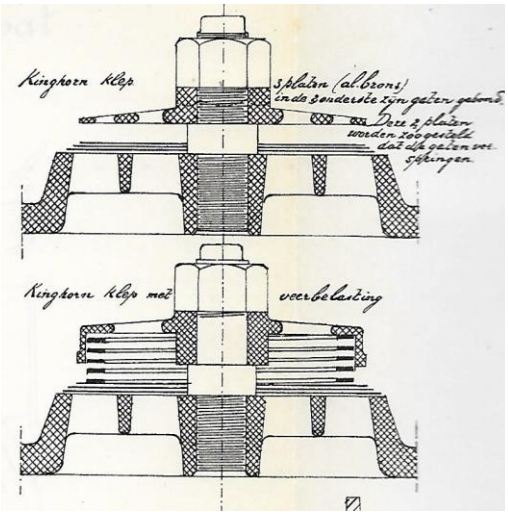


Doorsnede natte-luchtpomp met injectie-condensor

Bij de oudere stoommachines van gemalen met een niet al te groot vermogen vindt men deze injectiecondensor vaak als een vierkante gegoten kast; opgesteld in het verlengde van de stoomcilinders.. De zuiger van de geïntegreerde luchtpomp is direct met de verlengde zuigerstang van de stoommachine verbonden. In de afgewerkte stoom- toevoerleiding of in de ruimte boven de luchtpomp is een sproeiklep of een sproeibuis aangebracht voor de toevoer van het injectiewater. Wanneer de stoommachine in bedrijf wordt gesteld begint de luchtpomp direct te werken en zuigt als gevolg van het hierdoor ontstane vacuüm koud water aan. De afgewerkte stoom komt in contact met de talrijke koude waterstralen en condenseert. De luchtpomp is zeer groot en de doortocht van de kleppen ruim. De aandrijving is bovendien zeer eenvoudig, echter gebonden aan een niet al te hoog toerental om het slaan van de luchtpomp te vermijden. Mocht de luchtpomp ten gevolge van een te hoge zuigweerstand van de injectiewaterleiding bij het opstarten niet aanslaan, dan kan men terugvallen op de zogenoemde hulpinjectie. Deze bestaat uit een hoog geplaatst waterreservoir of men maakt gebruik van het lokale of openbare leidingwatersysteem. Vanwege de grote schadelijke ruimte kunnen met dit soort natte luchtpomp geen hoge eisen gesteld worden aan het te bereiken vacuüm en dus het rendement van de stoom- machine. De luchtpompkleppen bestaan uit ronde platen rubber die, om zich te openen tegen de kegelvormige- of ook wel bolvormige-borg ombuigen. Deze rubber kleppen moeten vaak vernieuwd worden, en lopen kans te verbranden door de hete stoom als bij het aanzetten de kleppen nog niet nat zijn. Om aan dit euvel te ontkomen zijn metalen kleppen ontwikkeld waarbij het rubber is vervangen door dunne metalen plaatjes van mangaanbrons of messing die zich om een centrale pen op- en neer bewegen. Soms worden ze bij een schuine opstelling uitgevoerd met een lichte veer. Behoudens de bovenste plaat van de klep zijn de onderste plaatjes, verschervend ten opzichte van elkaar, doorboord. Deze kleppen worden Kinghorn kleppen genoemd en hebben een vlakke borg.



Kleppen met rubberen klep

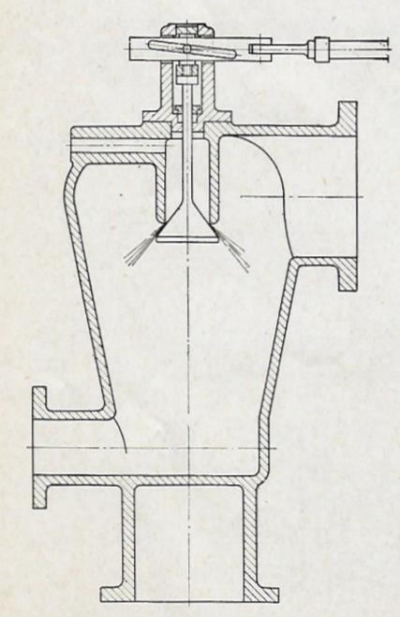


Kleppen zonder en met veerbelaste metalen klep (Kinghorn)

De metalen klepplaatjes kunnen vervuilen door vaste stoffen in voornamelijk het circulatiewater. Ook kunnen de plaatjes krom trekken en moeten dan op een dikke en vlakke glasplaat met behulp van schuurpasta weer worden vlak geslepen of vervangen. Reserve plaatjes zijn niet doorboord en moeten voor het vervangen in het juiste patroon van gaten worden voorzien.

Condensor met door excentriek aangedreven natte luchtpompen

In onderstaande figuur is een doorsnede gegeven van de meestal onder de stoommachine opgestelde injectiecondensor met sproeiklep. De condensor is met een voetflens op de keldervloer van het gemaal bevestigd. Direct naast de kegelvormige condensor is de natte luchtpomp opgesteld. De zuig van deze pomp is verbonden met de afvoer links onderin de condensor. In de condensor heerst een onderdruk waardoor via de sproeiklep en de dunne leiding links bovenin, koelwater wordt aangezogen. De rechts boven aangevoerde afgewerkte stoom passeert het koude watergordijn en condenseert. De hoeveelheid injectiewater wordt geregeld door de sproeiklep meer of minder open te zetten. Hier gebeurt dit door een op afstand bedienbaar schuif-bewegingsmechanisme. De hoeveelheid injectiewater is afhankelijk van de temperatuur van het water en de belasting van de stoommachine. De stoomtoevoer naar de condensor moet tijdens het opstarten van de machine juist voldoende zijn om de machine te laten draaien. Bij een te grote vulling van de machine komt er te veel stoom in de condensor, de stoom expandeert onvoldoende en zorgt, doordat niet alle stoom condenseert, voor opwarming van de condensor. Het gevolg is dat het vacuüm te laag wordt en er onvoldoende injectiewater wordt aangetrokken waardoor het vacuüm nog verder afneemt.



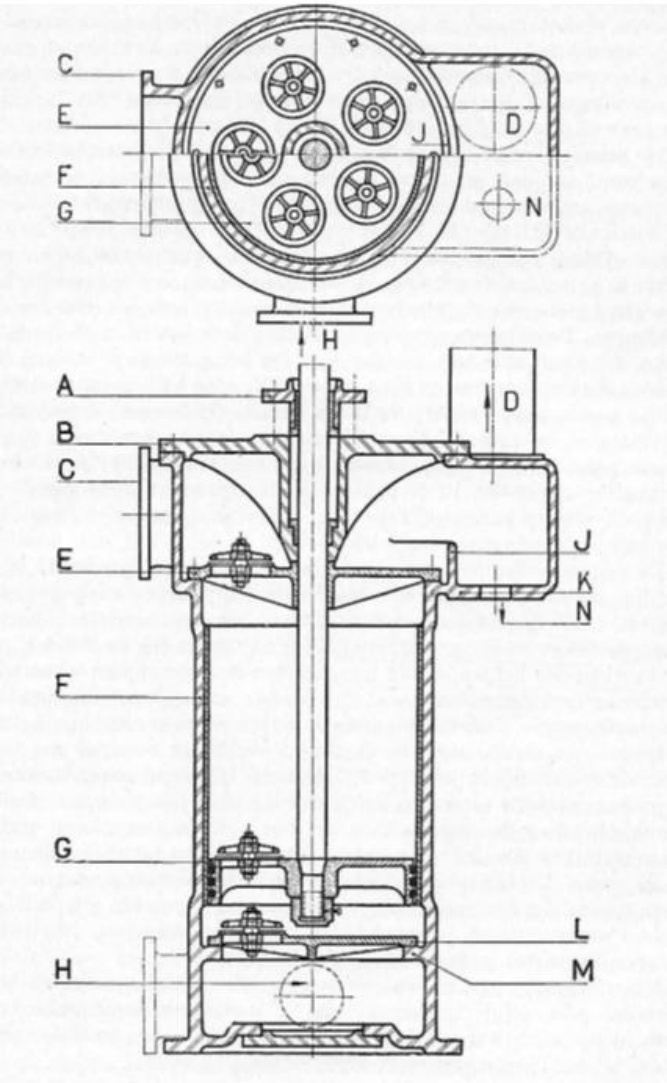
Injectiecondensor

De stoommachine moet dan worden gestopt en kan pas weer worden opgestart als de natte luchtpomp, de condensor en de afvoerleiding van de stoommachine weer zijn afgekoeld. Het opwarmen dan wel afkoelen kan men tegengaan respectievelijk bespoedigen door natte doeken over de condensor te leggen. Het injectiewater wordt uit de toevoertocht van het gemaal gehaald en moet doorgaans een aantal meters worden opgezogen. In sommige gevallen wordt daarom bij het opstarten van dit soort installaties gebruik gemaakt van een hoog geplaatste koelwatertank. Het injectiewater stroomt dan onder vrij-verval toe.

Uitvoering en werking luchtpomp met enkele kleppen

De op de volgende bladzijde afgebeelde vertikaal opgestelde natte luchtpomp wordt via een excentriek of balansarm op de hoofdstoommachine aangedreven. De pomp heeft drie stel kleppen, namelijk voet- zuiger- en topkleppen.

Het gegoten ijzeren pomplichaam is met een vlakke flens tegen de machinefundatie gebout of met een voetflens op de vloer onder de machine vastgezet. De cilinder is voorzien van een bronzen voering. Onder en boven de cilinder is respectievelijk het raam voor de voet- en de topkleppen aangebracht. De ramen bevatten elk vijf vlakke kleppen die van rubber zijn gemaakt. De zuiger is van brons gemaakt en bevat eveneens vijf kleppen. Verdeeld over de hoogte zijn hier drie zuigerveren aangebracht. De zuigerstang wordt via een lange bus door het deksel van de pomp gevoerd. De bus is van een diepe pakkingkamer voorzien en sluit aan op het bovenste kleppenraaam. De ruimte onder het voetkleppen-raam is verbonden met de condensor. De voet van de pomp staat iets lager dan de bodem van de condensor zodat het condensaat onder vrij-verval de condensor in stroomt.

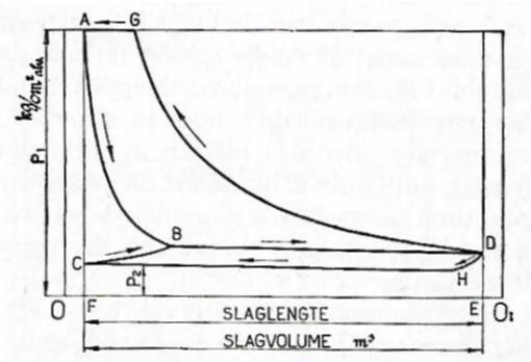


Natte vertikaal opgestelde luchtpomp met drie stel kleppen

Gaat de zuiger omhoog dan onstaat hier een onderdruk zodat de voetkleppen lichten en het lucht-, damp- en watermengsel onder de zuiger stroomt. Bij dalende zuiger stroomt dit mengsel door de zuigerkleppen naar de cilinderruimte boven de zuiger, en bij de daarop volgende opwaartse slag van de zuiger wordt het mengsel weggeperst naar de ruimte boven het topkleppenraam. Het wees wordt gespuid of naar behoefte afgevoerd naar de warmwaterbak om opnieuw te worden gebruikt in de stoomketel.

De lucht en de waterdamp ontwijken via een ruime leiding naar een geschikte plaats in de buitenlucht. De pomp is enkelwerkend en kan alleen worden toegepast bij stoommachines met een matig toerental.

Op de onderstaande figuur is te zien welke druk- en volume veranderingen in de pomp plaatsvinden. De onderste smalle strook stelt het volume en het drukverloop tussen het onderste kleppen-raam en de zuiger voor terwijl het bovenste gedeelte het verloop hiervan boven de zuiger weergeeft. Het oppervlak van de afzonderlijke twee diagramdelen zijn een maat voor de verrichte pomparbeid boven- en onder de zuiger. Dit betekent dat de pomparbeid boven de zuiger aanmerkelijk groter is dan die onder de zuiger.



Druk- en volumeverloop in natte luchtpomp met kleppen

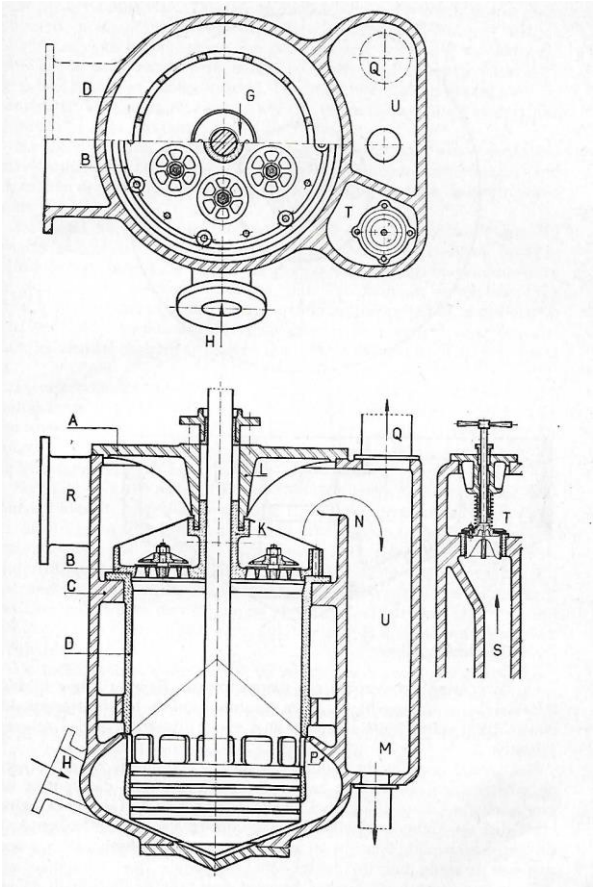
Uitvoering en werking luchtpomp met poorten en kleppen

In de onderstaande figuur is de veel toegepaste en aanzienlijk minder complexe Edwards-luchtpomp afgebeeld. Ook deze natte luchtpomp is direct tegen de condensor aangebouwd en wordt met behulp van een excentriek-drijfstangmechanisme of balansarm aangedreven.

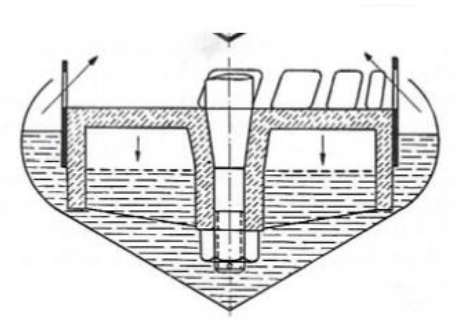
Het gietijzeren pomplichaam is voorzien van een bronzen pompcilinder. Onderin de cilinder is in de omtrek een aantal poorten gemaakt. Door deze poorten wordt de wees, damp en lucht aangevoerd. In de cilinder bevindt zich een gevoerde gietijzeren zuiger. De met geringe speling passende pompzuiger heeft geen zuigerveren maar een aantal zogenoemde labirinth groeven die voor de afdichting maar ook voor de smering zorgdragen. De op de volgende bladzijde afgebeelde pomp heeft, evenals de hier voor besproken pomp met kleppen in de zuiger, een zuigerstang. Sommige fabrikanten voorzien de zuiger niet van een stang maar van een ruime geleidebuis ook wel trunk genoemd. De drijfstang is dan in het bovenste deel van de zuiger vastgemaakt. Een en ander is vergelijkbaar met een trunkzuigermotor.

Op de cilinder ligt het zogeheten kleppenrooster waarin een aantal kleppen is aangebracht die voor de afvoer van de wees en de gassen zorgdragen. De afvoer van de pomp ligt hoger dan het kleppenrooster waardoor er altijd een laag water op blijft staan en waardoor er geen lucht naar de ruimte boven de zuiger kan lekken. Het kleppen-rooster is voorzien van een geleiding voor de bronzen zuigertrunk. De kleppen zijn gemaakt van een goede niet al te stugge natuurrubber soort waarbij moet worden aangetekend dat de temperatuur van de wees niet boven de 55 ºC mag komen.

De zuiger is een gesloten zuiger. Vaak is de onderkant open; een zogenaamde open zuiger. Hiermee wordt de klap die een dichte zuiger bij de neergaande slag op het water veroorzaakt voor een groot deel geelimineerd.



Edwards- luchtpomp



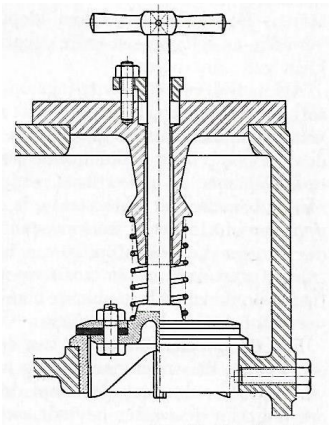
Zuiger luchtpomp

De met lucht gevulde holle ruimte werkt als een soort luchthelm. Bij de gesloten-zuiger tracht men het- zelfde effect te bereiken met de scherpe punt aan de zuiger. Gaat de zuiger naar beneden dan drukt deze de wees weg. Door de gebogen vorm van het onderste gedeelte van het pomplichaam wordt dit naar de poorten in de voering geleid en komt boven de zuiger. Bij het omhoog gaan van de zuiger worden de poorten door de zuiger afgesloten waarna de wees via de perskleppen in de weesleiding stroomt.

De pomp is enkelwerkend omdat alleen tijdens de opgaande slag een mengsel van condensaat en lucht wordt verplaatst.

De aanvoerruimte van de pomp is voorzien van een ontlastklep met een slappe veer, de zogenoemde Schelde klep. Als bij het starten, er is dan nog geen of onvoldoende vacuum, de druk

in de zuigruimte van de pomp bij de neergaande slag te hoog wordt, zal via de ontlastklep de wees worden afgevoerd naar de persruimte boven het kleppenrooster.

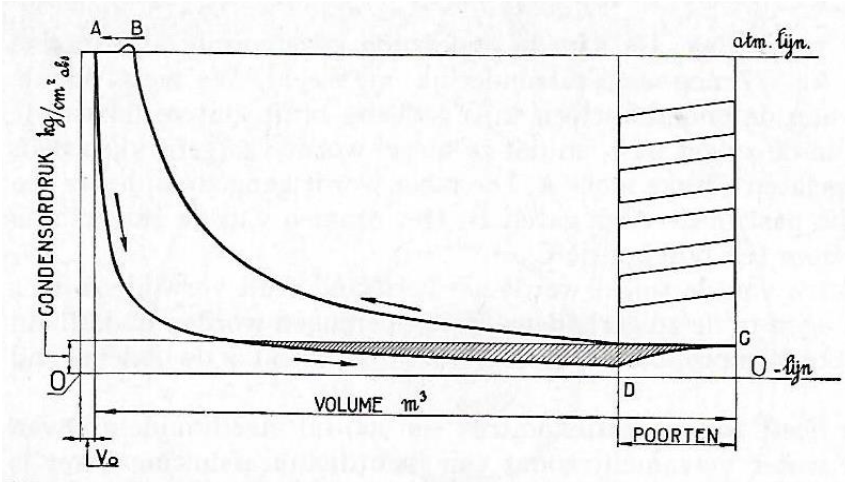


Verder is deze natte luchtpomp, als deze een open-zuiger heeft, voorzien van een zogenoemd snuifklepje waarmee lucht onder de als luchthelm werkende holle zuiger wordt toegelaten om te voorkomen dat deze gaat bonken. Door het openen van het snuifklepje zal het vacuüm iets teruglopen.

.

Scheldeklep

Op de hier na volgende figuur is te zien welke druk- en volumeveranderingen in een Edward natte luchtpomp plaatsvinden. De natte luchtpomp is slechts gedurende het gearceerde gedeelte van de slag werkzaam voor het afzuigen van de lucht, dus slechts een gedeelte van de slag.

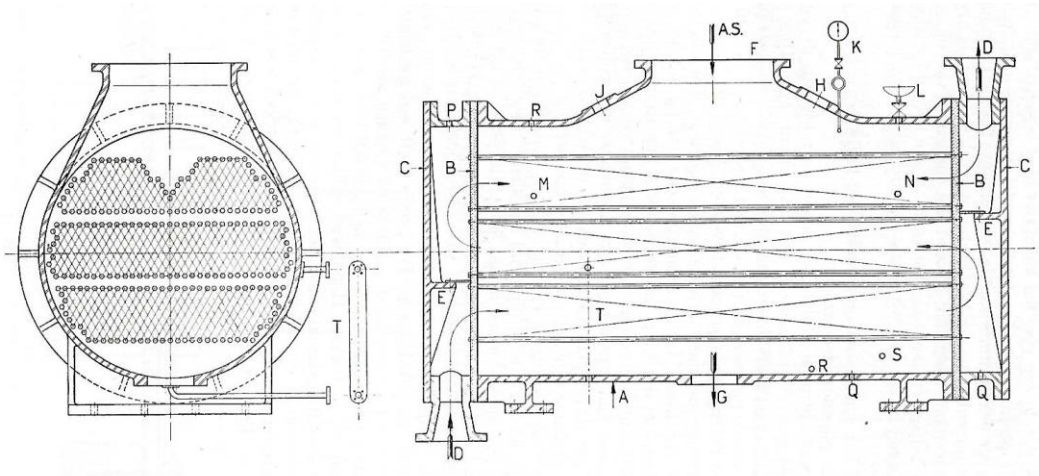


Druk en volumeverloop in natte luchtpomp met kleppen en poorten

Hoe geringer het vacuum is des te groter zal het werkzame gedeelte van de slag zijn. We noemen dit de vullingsgraad. Bij een pas gestarte machine zal de lijn van de condensordruk steeds verder dalen en het gearceerde gedeelte steeds korter worden en de vulling dus kleiner. De vullingsgraad zal een constante grootte bereiken, en het vacuum dus een constante hoogte, zodra de pomp zoveel lucht verwijdert als er door voortdurend lekken toetreedt in de condensor.

4.16.5 Oppervlaktecondensor

Bij de oppervlakte condensor, die te beschouwen is als een gesloten vat, wordt de afgewerkte stoom langs de buitenkant van een groot aantal kleine pijpjes gevoerd. Door deze pijpjes stroomt koelwater dat er voor zorgt dat de stoom condenseert zonder dat het hiermee in aanraking komt. Ook bij dit type condensor wordt het condensaat met een natte luchtpomp uit het vat verwijderd. In de hieronder afgebeelde figuur is een dergelijke condensor afgebeeld waarvan hierna de volgende algemene beschrijving volgt.



Condensor met drievoudige circulatie

Het middenstuk van de condensor noemen we de romp. Deze romp is vanwege de nogal ingewikkelde vorm en het aantal uitsteeksels, maar ook de goede weerstand tegen corrosie, gemaakt van gietijzer. Sinds het midden van de 20 eeuw kom je ook gelaste stalen condensors tegen. De doorsnede is rond, ovaal of ook wel vierkant. Uitwendig is de romp voorzien van de nodige verstijvingsribben om het imploderen hiervan te voorkomen.

De romp is aan de voor- en achterzijde afgesloten door een zogenoemde pijpplaat waar in een bepaald patroon de condensorpijpen zijn geplaatst. De pijpen zijn gemaakt van een speciale koperlegering. Om te voorkomen dat de pijpplaten worden aangetast als gevolg van galvanische corrosie worden deze van het- zelfde materiaal als de pijpen gemaakt.

Over de pijpplaten heen zijn gegoten deksels of ook wel waterkasten geplaatst. Aan de binnenkant van de deksels zijn keerschotten geplaatst die er voor zorgen dat het koelwater de pijpen enige keren doorstroomt. Bij de afgebeelde condensor gebeurt dit drie keer, maar er zijn ook condensors waar het koelwater vier keer of slechts twee keer door de pijpenbundels stroomt.

De keerschotten lopen vaak niet door tot aan de pijpplaat maar laten een ruimte open die opgevuld wordt met een vervangbare plaat of een gegoten constructie met naar binnen gerichte randen zoals in de tekening op de volgende bladzijde is weergegeven.

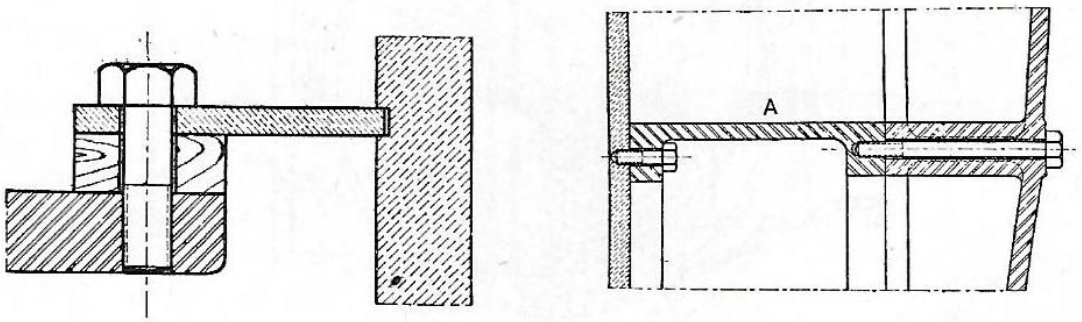
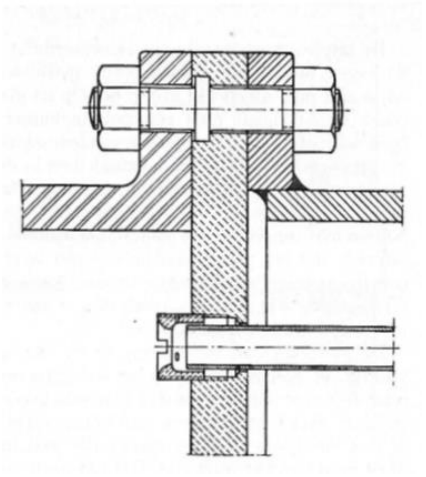


Fig. 42. Keerschotten in circulatieruimte.

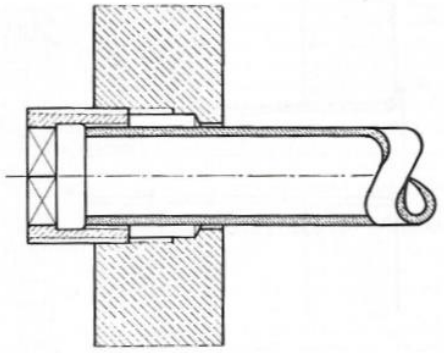
Op het moment dat de keerschotten zodanig zijn aangetast dat ze vervangen moeten worden kan dit zonder dat het hele deksel moet worden vernieuwd.
Indien de pijpplaten kleiner zijn dan de diameter van de dekselflenzen worden deze met tapeinden of tap-bouten aan de romp bevestigd. Meer gebruikelijk is de hierna afgebeelde constructie waarbij de draadeinden en of tapbouten buiten de natte ruimte blijven en zodoende niet worden aangetast. Hierbij wordt de pijpplaat ingeklemd tussen de flens van de romp en het deksel of de waterkast. Men neemt hiervoor zogenoemde borstbouten waarmee eerst de pijpplaat wordt vastgezet en vervolgens het deksel. Tussen beide vlakken brengt men geklopte menie of loodwit aan als pakking. Het deksel moeten op gezette tijden voor onderhoud en schoonmaak werkzaamheden verwijderd kunnen worden, wat met deze constructie goed mogelijk is. Het deksel is daartoe van een hijsoog voorzien terwijl op de romp een soort davit is bevestigd waarmee het losgenomen deksel naar buiten kan worden gezwaaid. Tussen het deksel en de pijpplaat wordt een vervangbare meestal hard rubberen plaatpakking aangebracht. Voor het aanbrengen van de pakking wordt de pijpplaat met loodwit bestreken zodat deze blijft kleven, terwijl het deksel met een grafietpasta wordt bestreken zodat deze bij het losnemen makkelijk loslaat.



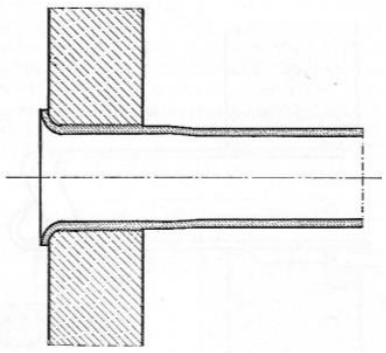
Pijpplaatverbinding aan romp

De condensorpijpen hebben gewoonlijk een uitwendige diameter van 19 mm (3 / 4 ”) en een wanddikte van 1 mm. Hier voor is aangegeven dat ze zijn gemaakt van een koperlegering om corrosie tegen te gaan. Bovendien geleidt koper de warmte beter dan ijzer. Als materiaal gebruikt men messing, in de volksmond vaak aangeduid met geel koper, met een samenstelling van 70 % koper (Cu) en 30 % zink (Zn), waarbij de pijpjes bovendien in- en uitwendig worden vertind. Ook is men in de loop der tijd andere legeringen gaan gebruiken die nog beter bestand zijn tegen corrosie zoals Aluminium-messing met een samenstelling van 76 % koper (Cu), 20 % zink (Zn), 2 % aluminium (Al), 1 % tin (Sn) en 1 % nikkel (Ni). Ook Cupronikkel, een legering die is samengesteld uit 70 % koper (Cu), 30 % nikkel (Ni) is een veel toegepast materiaal voor de vervaardiging van de pijpplaten en pijpen bij condensors.

De pijpjes moeten lucht- en waterdicht in de pijpplaten worden bevestigd. Daarnaast moeten ze ook spanningsvrij kunnen uitzetten. Voor het bevestigen bestaan verschillende methodes. Een gebruikelijke werkwijze is dat men op de plaats waar de condensorpijp door de pijpplaat steekt een van schroefdraad voorziene pakkingkamer maakt, een en ander zoals in de hierna getoonde linker figuur is aangegeven.



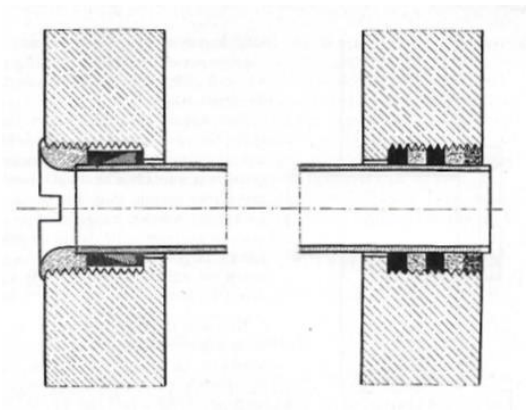
Pijpverbinding met pakkingkamer



Gerolde pijpverbinding

De kamer wordt opgevuld met bijvoorbeeld gevlochten katoenkoord en aangedrukt met een wartel. Deze wartel is voorzien van een vierkant of een sleufje waarmee met behulp van een passende sleutel of schroevendraaier de wartel in de kamer wordt gedraaid en zodoende de pakking aandrukt. Een andere methode, en in geval van rechte pijpen altijd gecombineerd met de hier voor aangeduide, is om de condensorpijp in de pijpplaat te rollen. De gaten in de pijpplaat zijn dan voorzien van zeer fijne schroefdraad of speciale groeven voor een goede afdichting. Aan de zijde waar het koelwater binnentreedt wordt de pijp getrompt of wordt een trompetvormige wartel toegepast. Om eventueel ontwijkende lucht bij de in- of uittrede van de condensorpijp te kunnen laten ontwijken zijn de wartels voorzien van kleine gaatjes.

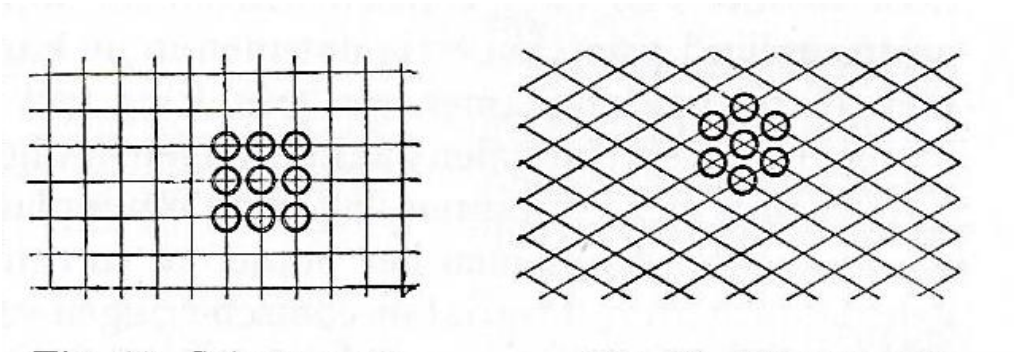
Een andere na de Tweede Wereldoorlog toegepaste bevestigingsmethode is die van de Amerikaan John Crane. Deze methode is hieronder afgebeeld. Beide pijpplaten zijn voorzien van pakkingkamers met schroefdraad. Aan de inlaatzijde, de linker afbeelding, is het pijpje geklemd tussen twee conische ringen van witmetaal die worden aangedrukt door de gestroomlijnde wartel. Vooraf heeft men in de pakkingkamer een fiber grondring gelegd. Bij het aanbrengen van de witmetalen ringen ligt het einde van de condensorpijp tegen de wartelmoer. Door het inschroeven van de wartel wordt de pijp naar binnen geschoven en de kamer volledig opgevuld. Er kan zich hier geen lucht ophopen en de wartel aantasten.



Pijpverbinding van John Crane

Aan de uitlaatzijde, de rechter afbeelding, heeft men beurtelings ringen van fiber en witmetaal gelegd. Deze ringen worden vastgestampt met een soort holpijp. De omtrek van de relatief zachte ringen dringt daardoor in de schroefdraad zodat ze niet kunnen loswerken. De uiteinden van de pijpjes steken enkele millimeters buiten de pijpplaat uit. We zien hier dat de pijpen gemakkelijk door de pakking heen en weer kunnen schuiven bij uitzetten of krimpen.

Men kan de condensorpijpen op twee verschillende manieren rangschikken. In staande en in liggende rijen, de zogenoemde Schotse ruit; of schuin tegenover elkaar, de zogenoemde Chinese ruit.

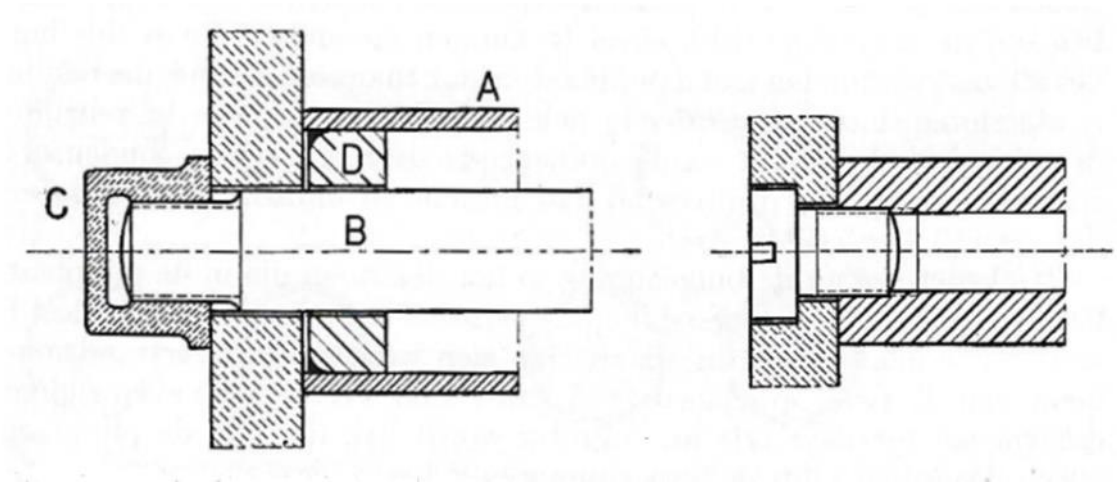


Schotse ruit **Chinese ruit**

We zien uit deze afbeeldingen dat het pijppatroon van de Schotse ruit minder weerstand zal bieden aan de afgewerkte stoom, doordat de openingen tussen de pijpen in elkaars verlengde liggen. Deze rangschikking past men toe voor pijpenbundels die het eerst met de stoom in aanraking komen dus boven in de condensor. Onder in de condensor, een deel van de stoom is dan inmiddels gecondenseerd en in volume afgenomen, past men de Chinese ruit toe.

De Chinese ruit biedt de mogelijkheid om in een gegeven pijpplaat oppervlak ongeveer 15 % meer pijpjes te plaatsen dan bij de Schotse ruit. De condensor kan daardoor kleiner worden.

De vlakke pijpplaten van een condensor worden aan een grote uitwendige druk onderworpen, in de eerste plaats omdat in de condensor een hoge onderdruk heerst en verder omdat het circulatiewater aan de andere zijde een overdruk uitoefent. Daarom brengt men soms een aantal steunbouten aan tussen het deksel en de pijpplaat. Ook treft men in een condensor langssteunen aan tussen de pijpplaten. Deze steunen worden uiteraard op druk belast en zijn meestal van staal gemaakt. De op knik belaste steunen zijn of van een dikwandige pijp dan wel van een grotere dunwandige pijp met aan de einden een ingelaste prop gemaakt. Deze twee veel toegepaste uitvoeringsvormen worden hieronder afgebeeld. Onder de moer of de bout, hier niet aangegeven, wordt meestal een gegloeide zacht-koperen ring gelegd waarmee een goede afdichting wordt verkregen.



Langssteunen in condensor

In de hier voor gegeven figuur van de condensor komt het koude circulatiewater binnen door de onderste pijpenbundels, en wordt afgevoerd via de bovenste. De afgewerkte stoom daarentegen stroomt van boven naar beneden dus in tegengestelde richting. Daarom spreken we van tegenstroom. Zou het koude water aan de bovenkant binnen komen en aan de onderzijde naar buiten gaan dan zouden stoom en koelwater dezelfde stromingsrichting hebben en spreken we van meestroom. Bij oppervlaktecondensors laat men altijd stoom en circulatiewater in tegenstroom lopen. En wel om de volgende reden. Als we meestroom zouden toepassen dan zou de warme stoom het eerst in aanraking komen met het koudste pijpoppervlak. Waterdamp en lucht gaan nu verder omlaag en passeren daarbij pijpen met een steeds warmer oppervlak. Wil het onderste gedeelte van het afkoelend oppervlak nog dienst doen dan zal er veel circulatiewater nodig zijn om een voldoende groot temperatuurverschil voor de condensatie te handhaven.
Gebruiken we daarentegen tegenstroom dan zal het koelwater de condensor kunnen verlaten met een temperatuur die maar weinig boven die van de afgewerkte stoom hoeft te liggen. Het circulatiewater kan dus een grotere temperatuurverhoging ondergaan: met andere woorden er is minder koelwater nodig dan bij meestroom. Bovendien neemt de temperatuur van de lucht van boven naar onder steeds verder af. Hierbij neemt de dichtheid toe zodat de lucht gemakkelijker is te verwijderen.

Behalve dat de condensor de afgewerkte stoom van de hoofdstoommachine verwerkt kunnen ook andere werktuigen, zoals bijvoorbeeld de door stoom aangedreven ketelvoedingswaterpomp, op de condensor worden aangesloten.

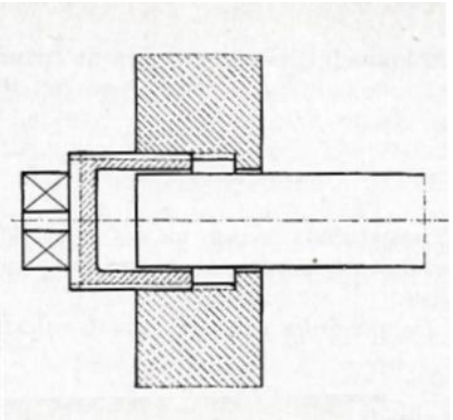
4.16.6 Condensor gebruik en onderhoud

Naast het peilglas op de condensor, waarmee het niveau van het condensaat in de condensor wordt aangegeven, treft men boven op de condensor een aansluiting aan voor de vacuümmeter en de zogenoemde sodakraan. Deze kraan is voorzien van een trechter waarin we een soda-oplossing of loog kunnen gieten, die in de condensor komt zodra de kraan wordt geopend. Deze soda-oplossing of loog dient ervoor om de met smeerolieresten verontreinigde condensorpijpjes uitwendig schoon te maken. Olie, we zagen dat ook bij de behandeling van de stoomketels, belemmert de warmte doorgang, Bij dit reinigen stelt men de condensor buiten bedrijf, laat men het waterniveau in de condensor oplopen en laat men verse stoom in de condensor toe voor verwarming. De pijpenbundels maar ook de romp en de pijpplaten worden met behulp van de warme stoom als het ware uitgekookt waarbij de soda het vet oplost. Na de uitkooksessie dient het waswater in warme toestand gecontroleerd te worden afgevoerd. Het verdient aanbeveling om de condensor nadien nog een paar keer na te spoelen met warm water. Het reinigen verloopt echter niet altijd even succesvol. Voor een grondige reiniging dienen de pijpjes een voor een er uit te worden genomen wat, naar zich laat aanzien, een zeer tijdrovende bezigheid is vanwege het grote aantal pijpen, en in het geval van gerolde pijpen niet eens mogelijk is zonder deze te vervangen.
Het schoonmaken van de binnenkant van de pijpjes gebeurt met een groot formaat pijpenrager aan een lange enigszins flexibele steel. De harde ronde borsteltjes trekt men handmatig heen en weer door de pijpjes. Ook dit is een tijdrovende bezigheid.

Pijpenrager

De belangrijkste problemen die zich kunnen voordoen bij een oppervlaktecondensor zijn lekkende pijpen of pijpverbindingen. Men spreekt dan van een lekke condensor. Lekkage ontstaat door aantasting van het pijpmateriaal of de pijpverbindingen en/of door verouderd pakkingmateriaal. Ook gerolde verbindingen kunnen het na verloop van tijd laten afweten. Er wordt dan koelwater naar binnen gezogen dat er voor zorgt dat er steeds minder nieuw ketelwater aan het systeem toegevoegd hoeft te worden. Bij het verergeren van de lekkage of bij spontane breuk valt het vacuüm weg. Indien het wegvallen van het vacuüm niet tijdig wordt opgemerkt treden met oorverdovend lawaai de veiligheidskleppen op de stoommachine in werking. Ook zal in dat geval de machineruimte vollopen met stoom en is het zaak de machine onmiddellijk te stoppen.

Indien de condensor met brak- of zout water gekoeld wordt kan men een lekkage opsporen door het condensaat te bemonsteren en het zoutgehalte vast te stellen door er zilvernitraat in te druppelen. Ontstaat er een witte neerslag dan is het water zout en is er sprake van lekkage.
Bij het vaststellen van een lekke condensor moet men allereerst de plaats van de lekkage bepalen. Hier voor moeten beide condensordeksels worden weggenomen zodat de pijpplaten met daarin de pijpverbindingen kunnen worden bekeken. Gezorgd moet worden dat deze platen goed droog zijn. Dit kunnen we bevorderen door een weinig stoom in de lege condensor toe te laten. Vervolgens worden, voor zover mogelijk, alle openingen op de stoomruimte afgesloten en de condensor tot een zo hoog mogelijk niveau opgevuld met schoon water. Het lek in de pijp of de pijpverbinding zal spoedig zichtbaar worden doordat de verbinding en de pijpplaat ter plaatse vochtig worden. Is het lek ontstaan door een aangetaste pijp dan kan deze vervangen worden. Is er geen reserve pijp dan kan men het mankement oplossen door aan beide zijden een houten prop in desbetreffende pijp te slaan of, en dat verdient de voorkeur, deze te voorzien van een dichte dop. Een en ander zoals hiernaast is afgebeeld.



Dichte dop voor het afstoppen

Lekt een pijpverbinding in de pijpplaat, dan kan de verbinding, afhankelijk van de soort, opnieuw verpakt of nagerold worden. Soms kan volstaan worden met alleen de wartel iets aan te draaien. Indien meerdere pijpverbindingen dezelfde kwaal vertonen is het raadzaam om uit voorzorg alle verbindingen vaster te zetten of na te rollen.
In het verleden werden kleine lekkages bij oppervlaktecondensors opgeheven door tijdens bedrijf zaagsel aan het circulatiewater toe te voegen. Het zaagsel werd dan door het vacuüm in het lek gezogen, zwol op, en dichtte het lek. Het spreekt voor zich dat dit een noodmaatregel is om de daadwerkelijk reparatie uit te kunnen stellen. Het in het lek gedrongen zaagsel is overigens een goede indicator voor de plaats van de lek(ken) op het moment dat men tot reparatie overgaat.

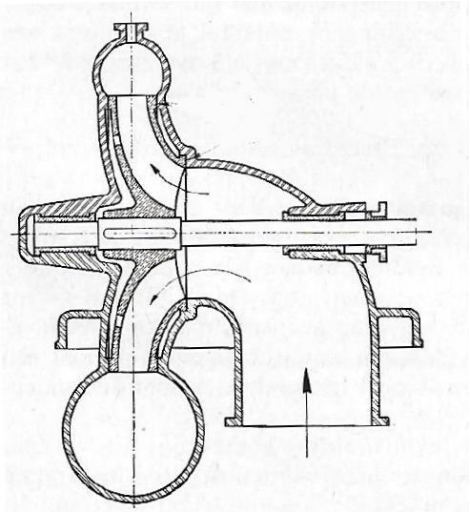
4.16.7 Condensor circulatiewaterpomp

De condensor circulatiewaterpomp dient om het koelwater voor de condensor aan te zuigen en door de pijpenbundels van de condensor te persen en vervolgens weer af te voeren. Men onderscheidt hiervoor twee soorten pompen, namelijk zuigerpompen en waaierpompen. De hoeveelheid water die de pompen moeten kunnen opbrengen is afhankelijk van de soort stoom die wordt gebruikt en het nominale vermogen van de stoommachine(s) die op de condensor is aangesloten. Voor het debiet van deze circulatiepompen geldt de volgende vuistregel:

Soort stoomwerktuig	Hoeveelheid koelwater in kg/apkh
Expansie machine met verzadigde stoom	200 - 250
Expansie machine met oververhitte stoom	150 - 200

Een oppervlakte-condensorinstallatie die is gekoppeld aan twee stoommachines met een vermogen van elk 450 apk (as-paardenkracht) en werkt met oververhitte stoom heeft, omgerekend, een circulatiepomp nodig met een debiet van 2,25 – 3,00 m³/min.

Voor zover is na te gaan is bij stoomgemalen alleen bij het relatief jonge ir. D.F. Woudagemaal te Lemmer, oppervlaktecondensatie toegepast. Bij dit gemaal zorgt een aparte kleine stoommachine voor de aandrijving van een centrifugaalwaaierpomp. De meestal door de hoofdstoommachine aangedreven zuigerpomp als condensorcirculatiewaterpomp blijft in deze leidraad buiten beschouwing.

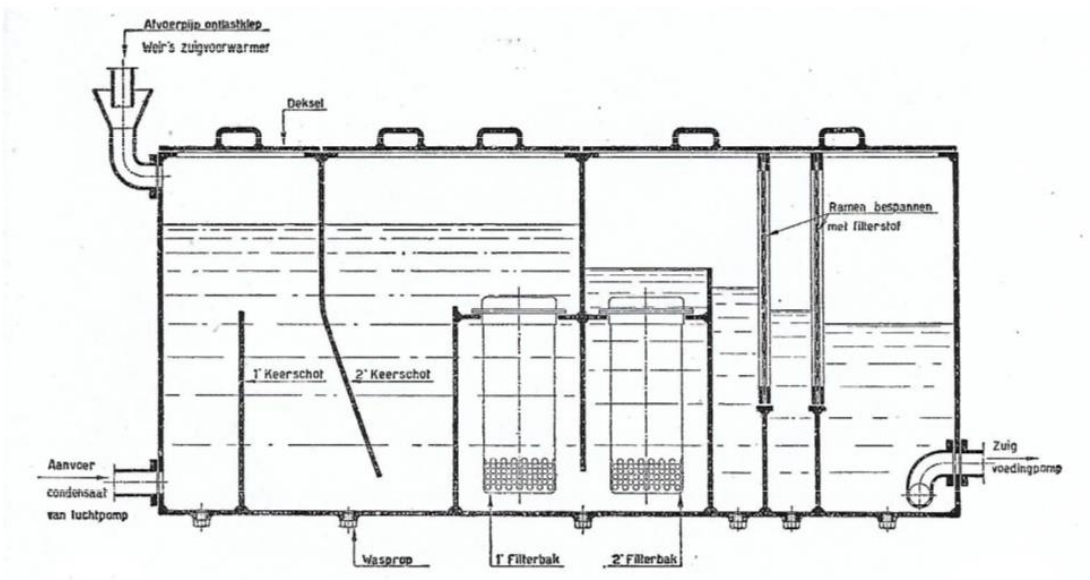


Eénzijdig aanzuigende centrifugaalwaaierpomp

Bij het Woudagemaal is indertijd gekozen voor een éénzijdig aanzuigende centrifugaalwaaierpomp. De ruimte tussen de bladen van de waaier is gering en de reden dat de pomp niet zonder meer het polderwater kan verpompen zonder te verstoppen. De aanzienlijk minder verstoppingsgevoelige schroefwaaierpompen zoals wij die nu zouden toepassen waren net uitgevonden en daardoor nog niet beschikbaar voor dit doel. Het werkingsprincipe van deze zogenoemde stromingspompen wordt nader uiteengezet bij de behandeling van de opvoerwerktuigen. Hierna wordt uiteengezet hoe het verstoppen van dit soort pompen bij gemalen wordt voorkomen.

4.16.8 Behandeling wees en condensaat

Het condensaat en een deel van de wees, dus het mengsel van condensaat en injectiewater, wordt aangewend als ketelvoedingwater. In beide soorten water zitten oliesporen van de cilindersmering die verwijderd moeten worden voordat het water naar de ketel wordt gevoerd. Olie belemmert immers in ernstige mate de warmtedoorgang in een stoomketel en kan daardoor tot ernstige schade leiden. Voordat het condensaat in de ketel wordt gepompt wordt het aan flotatie en filtratie onderworpen al of niet gepaard gaand met de toevoeging van chemicaliën. Voor stoomketels tot een druk van 14 kg/cm^2 is de meest eenvoudige en doorgaans voldoende effectieve manier van olie verwijdering uit het condensaat om het condensaat via een zogenoemde open olieafscheider of warmwaterbak te leiden.



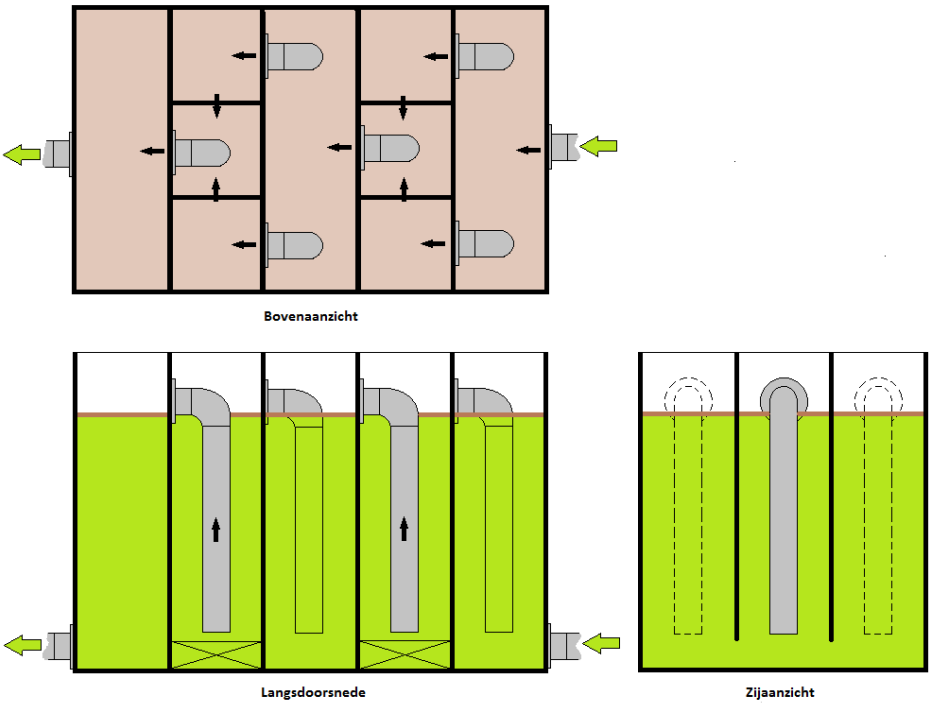
Olieafscheider/warmwaterbak

In de uit een aantal secties opgebouwde stalen bak zoals hier boven is afgebeeld wordt het condensaat links onderaan aangevoerd en door het eerste keerschot gedwongen op te stijgen. De grotere oliedruppels krijgen daardoor een opwaartse stromingsrichting zodat ze mede door het verschil in specifieke massa naar de oppervlakte worden gedreven. Deze druppels verzamelen zich als drijflaag in het eerste compartiment die van tijd tot tijd moet worden afgeschept. Lange tijd werd na bezinking in een apart vat en filtratie deze olie opnieuw gebruikt. Tegenwoordig wordt deze afvalolie bij stookolie gevoegd en verstookt. Het tweede keerschot dwingt de condensaatstroom, die zich ver genoeg onder het wateroppervlak over het eerste keerschot heen buigt, omlaag. De olie die zich in de tweede sectie aan het oppervlak verzamelt wordt eveneens van tijd tot tijd afgeschept. Vervolgens moet het condensaat door de eerste eigenlijke filterbak omlaag en door de tweede omhoog stromen. In deze bakken met een olie opnemende stof worden de grotere oliedruppels grotendeels uit de vloeistofstroom afgescheiden. Ten slotte passeert het condensaat twee ramen die bespannen zijn met fijn weefsel van jute of kokosvezel waarin ook de kleinere

oliedeeltjes achterblijven. Het vrijwel van alle olie deeltjes ontdane condensaat stroomt nu in het laatste compartiment van waaruit het door de ketelvoedingwaterpomp wordt aangezogen..
Van de filterbakken met rechthoekige doorsnede zijn het deksel en een deel van de onderkant geperforeerd, zodat het water een lange weg moet afleggen door het filtermateriaal waarmee de bakken zijn gevuld. Veelal gebruikte men als filtermateriaal cokes met een stukgrootte van 50 mm. Cokes is poreus en neemt gemakkelijk de oliedeeltjes op. Een nadeel is dat de oliedeeltjes alleen aan de oppervlakte worden opgenomen waardoor het filtermateriaal snel verzadigd raakt. De cokes is moeilijk te reinigen en wordt daarom vervangen door nieuwe cokes terwijl de met olie verzadigde cokes samen met de steenkool in de ketel wordt verstookt. Een ander veel toegepast filtermateriaal in de open olieafscheider /warmwaterbak is het zogeheten Luffa spons.
Dit zijn de vezelige skeletten van op land groeiende planten met een zeer groot oppervlak waaraan de oliedeeltjes zich gemakkelijk hechten. Deze komkommer- vormige skeletten zijn gemakkelijk te reinigen en weer bruikbaar te maken door ze in een sterke soda oplossing uit te koken.
De filterdoeken maakt men, naast jute of kokosvezel, ook wel van badhanddoekenstof. Om het uitzakken of scheuren te voorkomen worden de doeken tussen metaalgaas geklemd in het filterraam opgehangen. Als de filterdoeken vervuild raken dan bemerkt men dat aan het niveauverschil over het filterraam. Ook de doeken kunnen in warm sodawater worden gereinigd.

Doorsnede Luffaspons

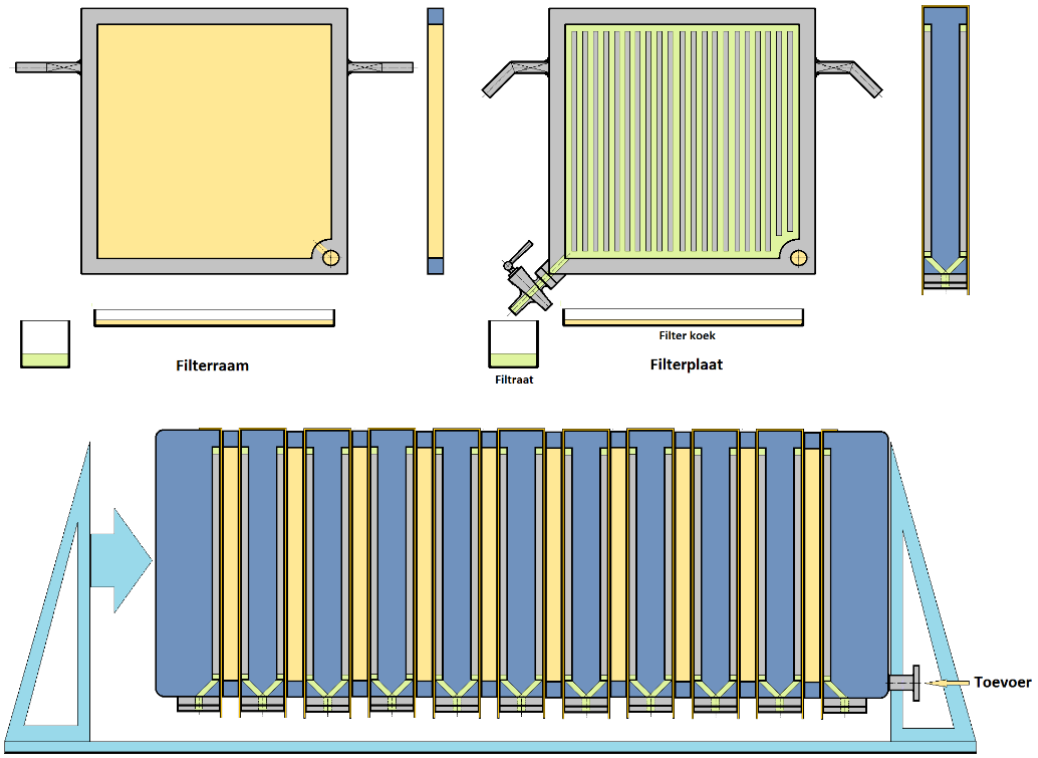
Een andere min of meer vergelijkbare methode is die waar de flotatie gescheiden van de filtratie wordt uitgevoerd. Deze methode is begin 20^{e} eeuw ontstaan uit de noodzaak voor gezuiverd ketelwater voor ketels met hogere werkdrukken.
Ook bij dit gescheiden systeem vindt de olie-afscheiding van de grote oliedruppels plaats met behulp van flotatie. In simpele bewoordingen er wordt gebruik gemaakt van de eigenschap dat olie op water drijft. Dit is niet zo eenvoudig als het lijkt omdat de stoomcilinderolie voor een goede smering een emulsie vormt met water; het uiteindelijke condensaat. Zuiver condensaat ziet er dan ook uit als sterk met water verdunde melk.
De olie-afscheider bestaat uit een aantal na elkaar geschakelde bakken waarin het olie-watermengsel tot rust komt en de olie zich afscheidt. De drijflaag wordt evenals bij het hier voor besproken systeem afgeroomd en in de vuilolietank opgeslagen.



Flotatie-inrichting/olieafscheider

Niet alle olie wordt op deze wijze afgescheiden. De laatste druppels worden in een filterpers, of doekenfilter verwijderd. De afscheiding in de filterpers wordt bevorderd door in het laatste compartiment van de olie-afscheider aan het condensaat Aluminiumsulfaat $Al_2(SO_4)_3$ -in de volksmond aluinaarde genoemd- en Sodiumbicarbonaat ($NaHCO_3$) -beter bekend als soda- toe te voegen. Deze twee chemicaliën vormen het zogenoemde aluminiumhydroxide, een vlokmiddel dat op het filterdoek een koek vormt en de laatste oliesporen opvangt. Het condensaat wordt met behulp van een aparte pomp via een standpijp naar de kamerfilterpers of het doekenfilter gevoerd voor de nabehandeling. Er staat dus een constante druk op het filter. Het eventuele tekort aan ketelvoedingswater wordt in de olie-afscheider aangevuld met polderwater en dus ook in het filter na behandeld en van vaste bestanddelen ontdaan.

Een (kamer)filterpers of doekenfilter zoals hierna schematisch is weergegeven, bestaat uit een aantal parallel geschakelde gefigureerde gietijzeren platen en ramen. De platen zijn van holle ruimtes voorzien om het filtraat af te kunnen voeren. Tussen elke twee ramen is een filterdoek aangebracht. Aan één zijde van het doek wordt in het met vlokmiddel aangelengde condensaat aangevoerd. Aan de andere zijde van het doek wordt via de kanaaltjes in de plaat het filtraat afgevoerd.



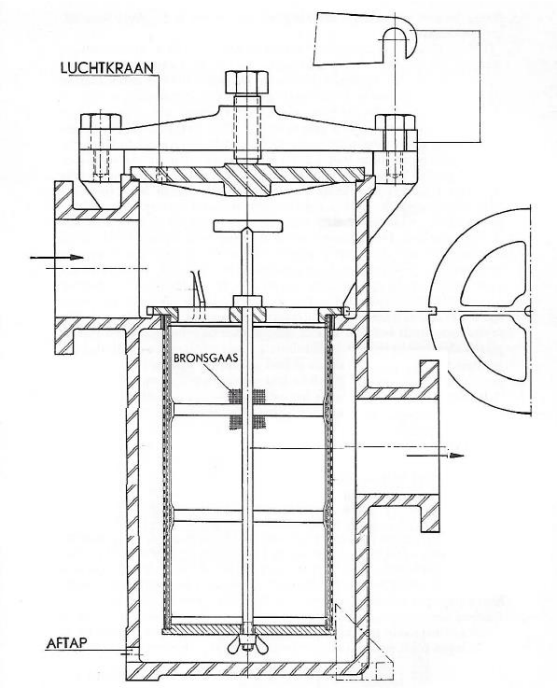
Kamerfilterpers/doekenfilter

Eventuele olieresten en verontreinigingen blijven op het doek achter en vormen na verloop van tijd een dikke koek. Je kunt de werking enigszins vergelijken met een koffiefilter waarbij het koffiedik de verontreinigingen voorstelt. De filterdoeken worden na gebruik gewassen en opnieuw gebruikt.

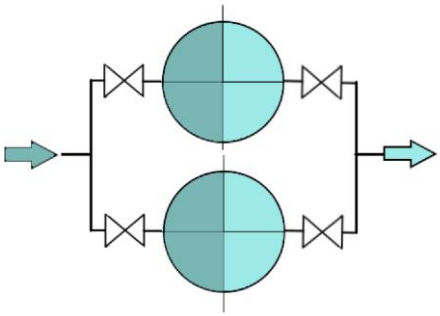
Het overtollige weeswater bij injectiecondensors, waar dus ook olieresten in voor komen, werd en wordt nog steeds via het oppervlaktewater bij het gemaal afgevoerd. Hetzelfde gebeurt met het smeervet of olie van de pakkingbus en de glijlagers van de gemaalpompen. In sommige gevallen worden biologisch beter afbreekbare smeermiddelen toegepast.

4.16.9 Behandeling injectie- en circulatiewater

Het injectiewater bij de mengcondensor maar ook het circulatiewater bij de oppervlaktecondensor wordt gehaald uit de toevoertocht naar het gemaal. Dit water is verontreinigd met plantenresten en andere vaste stoffen. Om verstopping van het systeem te voorkomen maar ook voor de goede werking van de natte-lucht- of weespompen moeten deze vaste stoffen er uitgehaald worden.

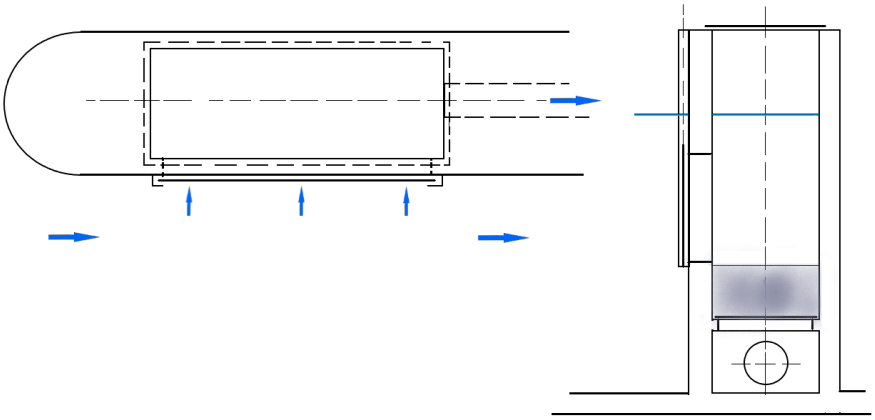


Korffilter



Filterconfiguratie (duplex)

Bij niet al te grote waterhoeveelheden kan worden volstaan met een in duplo uitgevoerd korf-filter in de zuigleiding van de circulatiepomp of het injectiesysteem. Als één filter element vervuild is kan door middel van kranen of afsluiters overgeschakeld worden op het andere filter. Het vervuilde filter kan dan schoon worden gemaakt en opnieuw worden gebruikt. Er is dus steeds een filter in bedrijf. Bij een grote aanvoer van vuil, bijvoorbeeld in de vorm van eendenkroos, kan een dergelijk systeem gemakkelijk tot snelle verstoppingsproblemen leiden van het filter zelf. Dit is reden dat gemalen soms uitgerust werden met, vaak in de pijlers van de toestroomkokers ingebouwde, cokesfilters.



Bovenaanzicht en doorsnede cokesfilter in bouwkundige constructie

De watersnelheid door het filter wordt laag gehouden door deze een groot oppervlak te geven. Ook het te verpompen polderwater wat langs de inlaat van het filter stroomt zorgt er voor dat vaste verontreinigingen van het filterraam worden gespoeld. Het filter zelf bestaat uit een ophaalbare metalen plaat met gaten. Deze plaat sluit aan op een onderwater gelegen uitsparing in de pijler naar de filterkelder. Deze kelder is voorzien van een verhoogde vloer die is afgedekt met een geperforeerde plaat waarop een dikke laag los gestorte cokes ligt.
Van de cokes liggen de meest grove stukken onderop en naar boven toe de steeds fijnere stukken. Een en ander zoals ook een zandfilter wordt ingericht. De ruimte onder de vloer sluit aan op de zuigbuis van de circulatiepomp. Boven op het filter is een luik geplaatst om schoonmaak werkzaamheden aan het filter uit te kunnen voeren. Door de plaat met gaten er uit te halen en te vervangen door een dichte plaat kan men de kelder droog zetten, schoonmaken en/of de cokes vervangen.