De Nederlandse Gemalen STICHTING

Stoomgemaal Mastenbroek

Leidraad kennisborging technische installaties

Deel II

Specifieke technische bepalingen

Versie 4 april 2022



4 april 2022

Colofon

Uitgave	Nederlandse Gemalenstichting (NGS) www.gemalen.nl
Projectgroep Kennisborging	G.P. Dalhuisen , bestuurslid NGS, projectleider J.E.F. Landman. J.H. Reijnen, bestuursleden NGS C.D. van Rijn, J. van Raaij, adviseurs NGS
Tekst,samenstelling en redactie	C.D. van Rijn, J. van Raaij, adviseurs NGS
Druk	Koninklijke Rijnja B.V.
Aantal pagina's	168
Datum	4 april 2022

Deze Leidraad is gemaakt in opdracht en onder auspiciën van de NGS, bij wie de auteursrechten berusten. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt door middel van druk, microfilm, fotokopie of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van de NGS.

De tekst van de Leidraad is zowel in digitale vorm als op hard copy beschikbaar gesteld aan de beheerder en/of eigenaar van het betreffende gemaal. De NGS beheert de digitale bestanden. Eventuele aanvullingen, wijzigingen en/of verbeteringen kunnen alleen door de NGS worden doorgevoerd.

Getracht is rechthebbenden van de gebruikte afbeeldingen te achterhalen. Zij die menen alsnog aanspraak te kunnen maken op zekere rechten, worden verzocht contact op te nemen met de NGS.

Inhoud Deel II

2 Specifieke technische informatie 5
2.1 Gemaalopzet 5
2.2 Energieopwekking 6
2.2.1 Stoomketel 7
2.2.2 Ketelvoedingwatersysteem 17
2.2.3 Ketelwater en ketelwaterbehandeling 23
2.2.4 Brandstoffen 29
2.2.5 Stoken 30
2.2.6 Processchema 49
2.2.7 Bediening stoomketel 51
2.2.8 Onderhoud stoomketel 56
2.3 Aandrijving 74
2.3.1 Stoommachinespecificaties 77
2.3.2 Machinefundatie en frame 78
2.3.3 Stoomcilinder en deksels 81
2.3.4 Zuiger, zuigerstang en pakkingbus 86
2.3.5 Kruishoofd, leibaan, drijfstang en krukmechanisme 88
2.3.6 Krukas en lagers 91
2.3.7 Vliegwiel en torninrichting 93
2.3.8 Stoomverdeling en toerenregeling 98
2.3.9 Bedrijven van de stoommachine 109
2.3.10 Onderhoud stoommachine 112
2.4 Condensatie inrichting 113
2.4.1 Condensorkoelwater voorzieningen 113
2.4.2 Injectie- of mengcondensor 116
2.4.3 Condensoronderhoud 122
2.4.4 Condensor koelwaterpompen 122
2.4.5 Natte luchtpomp 124
2.4.6 Onderhouden vacuüm 126
2.5 Overbrenging 127
2.6 Opvoerwerktuig 128
2.6.1 Scheprad stoomgemaal Mastenbroek 129
2.6.2 Scheprad 130
2.6.3 Bediening scheprad 136
2.6.4 Onderhoud scheprad 136
2.7 Hulpwerktuigen 137

2.7.1 Handpomp 137
2.7.2 Circulatiepomp 137
2.7.3 Vulpomp 139
2.7.4 Lenspomp 140
2.8 Geraadpleegde bronnen en verantwoording illustraties 142
2.8.1 Geraadpleegde bronnen 142
2.8.2 Websites 142

Bijlage 1 Opstellingstekening en situatie 143
Bijlage 2 Plattegrond 144
Bijlage 3 Zuigervoedingpompen Stoomgemaal Mastenbroek 145
Bijlage 4 Processchema en lijst van afsluiters, kleppen en kranen 166

2 Specifieke technische informatie

In dit deel van de Leidraad Kennisborging wordt de informatie voor het borgen van de specifieke technische kennis voor het bedienen en onderhouden van de technische installaties van het stoomgemaal Mastenbroek beschreven.

2.1 Gemaalopzet

De technische installaties van het aan de Kamperzeedijk gelegen stoomgemaal Mastenbroek, plaatselijk aangeduid als ”d’Olde Mesiene”, bestaan uit de volgende (hoofd)onderdelen. Deze onderdelen staan in de daartoe ingerichte aparte ruimten van het gemaalcomplex. De ruimten en een aantal onderdelen is aangegeven op de plattegrond van het gemaalcomplex in bijlage 2 van dit deel van de leidraad.

Ketelhuis

- 1 stoomketel type Lancashire van het fabricaat Ten Horn
- 1 door stoom aangedreven duplex ketelvoedingwaterpomp
- 1 door stoom aangedreven simplex ketelvoedingwaterpomp

Machinekamer

- 1 dubbelwerkende liggende expansiestoommachine van het fabricaat Maatschappij de Atlas
- 1 injectiecondensor
- 1 door een excentriek vanaf de krukas aangedreven natte luchtpomp
- 2 door stoom aangedreven duplex pompen voor de koeling van de condensorpomp
- 1 enkele serie open tandwielen voor de toerentalreductie van de stoommachine

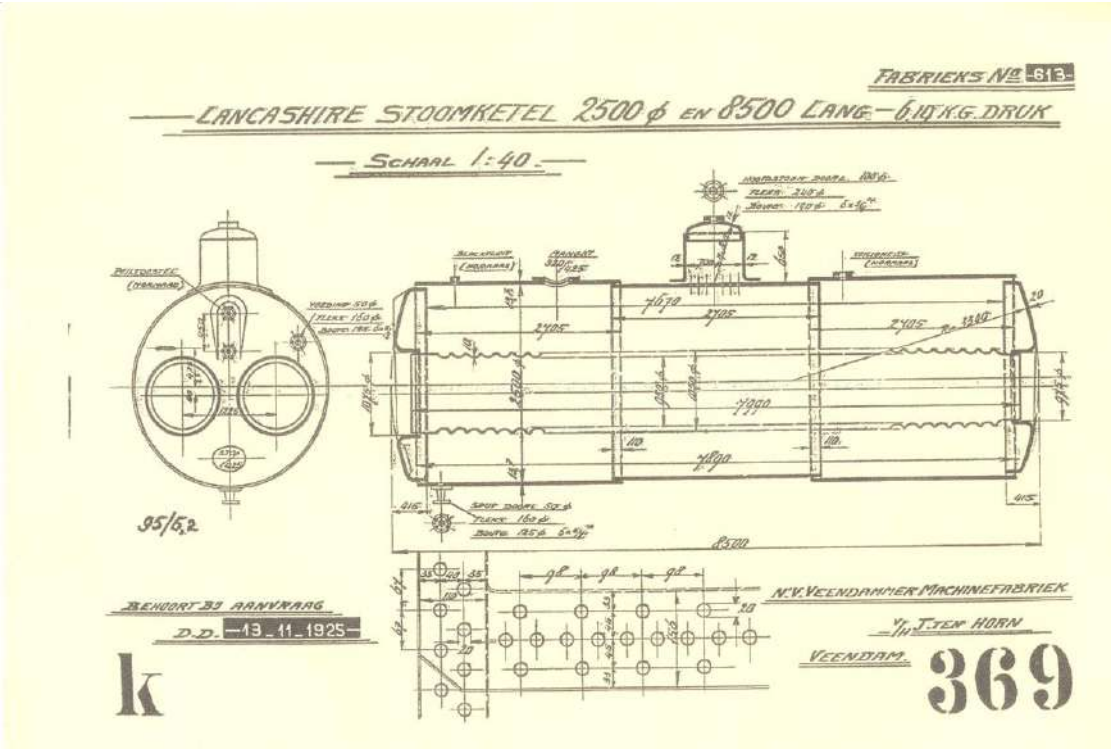
Schepraderenhuis

- 2 schepraderen

2.2 Energieopwekking

In 1926 is het gemaal Mastenbroek uitgerust met een nieuwe Lancashire vuurgang stoomketel van het fabricaat: Machinefabriek J. ten Horn uit Veendam.

Deze in februari 1926 in bedrijf genomen stoomketel waarmee de energie voor de stoommachine en stoomzuigerpompen wordt opgewekt is ter vervanging van de tweede generatie stoomketels bij dit gemaal.
Op onderstaande tekening, die bij de aanvraag behoort van de in 1925 geïnstalleerde Ten Horn stoomketel, staat de ketelvoedingwater aansluiting aan de rechterkant getekend. In werkelijkheid zit deze aansluiting aan de linkerkant. In het ketelboek wordt overigens dezelfde tekening gebruikt ,dus met de voedingspijpaansluiting aan de rechterkant.



Doorsnedes en aanzichten van de huidige Lancashire stoomketel volgens de aanbieding uit 1925

Opmerkelijk is ook dat de druk van de ketel op deze tekening wordt aangegeven met 6,19 kg zonder de vermelding van de daarbij behorende oppervlakte eenheid. Het toenmalige en ambtelijk opererende stoomwezen heeft dit indertijd niet gecorrigeerd. De correcte schrijfwijze voor de druk is namelijk 6,19 kg/cm² hetgeen overeenkomt met 6 at (atmosfeer) of in de thans gebruikelijke eenheid: bar.
Begin twintigste eeuw was 6 kg/cm² een gebruikelijke stoomdruk waar de meeste apparatuur voor was ontworpen en op afgestemd. De stoominstallatie van het gemaal Mastenbroek was echter uitgelegd voor slechts 4 kg/cm².

Om te voorkomen dat men een ketel moest ontwerpen die van de toen gebruikelijke standaard afweek, wat tot hoge kosten zou leiden, is indertijd gekozen voor een stoomketel die geschikt was voor een werkdruk van 6 kg/cm² en deze slechts te gebruiken tot een druk van 4 kg/cm². De ketel is dus qua sterkte voor 50 % overgedimensioneerd. Van dit feit is bij de herkeuring in 1985, toen bleek dat door putvorming de sterkte van de ketel was aangetast, dankbaar gebruik gemaakt.

2.2.1 Stoomketel

Specificatie
De huidige stoomketel heeft de volgende specificaties en kenmerken:

Stoomketelspecificaties	
Fabricaat	Ten Horn, Veendam
Bouwjaar	1925
Fabrieksnummer	613
Registratie nummer	52104
Ketel type	Lancashire (2 vuurgangen)
Werkdruk	4 kg/cm² (toegestane werkdruk volgens nieuwe vergunning 1985: 4,65 bar) (ontwerpdruk 6,19 kg/cm²)
Stoomtemperatuur	152 º C (stoomtabel af te lezen bij absolute druk van 5 kg/cm²)
Keteldrum lengte	8500 mm
Keteldrum diameter	2500 Ø mm
Vuurgangdiameter	950 x 1050 Ø mm
Water inhoud	26 m³
Ketelcapaciteit	2150 kg/h (bepaald aan de hand van kentallen)
VO	95 m²
RO	3,6 m²

De stoomketel heeft geen oververhitter en produceert daardoor slechts verzadigde stoom, wat betekent dat bij de geringste afkoeling in de stoomleiding naar de machine zich daarin waterdruppels vormen, die invloed hebben op het rendement van de installatie en bij grote hoeveelheden schadelijk (waterslag) kunnen zijn voor de stoommachine. Bij de verhandeling over de stoomverdeling wordt hier nader op ingegaan.



Huidige stoomketel voor de renovatie (1975)



Huidige stoomketel na de renovatie (1985)

Constructie

De Lancashire stoomketel, genoemd naar het gelijknamige Engelse steenkolendistrict, is opgebouwd uit drie gewalste ringen met een plaatdikte van 13,7 mm. De plaateinden liggen over elkaar en zijn stoomdicht aan elkaar geklonken. De door de ringen gevormde cilindrische romp is voorzien van half-bolvormige fronten die met flenzen aan de romp zijn geklonken. De plaatdikte van de geperste fronten is groter dan die van de ringen vanwege de gat-verzwakking van de vuurgang, en bedraagt 20 mm. De flenzen zitten hierbij aan de binnenzijde van de ketelromp. De langsnaad is uitgevoerd als een drievoudig zigzag geklonken lapnaad terwijl de dwarsnaden zijn uitgevoerd als een tweevoudig zigzag geklonken lapnaad. De nagelgaten hebben een diameter van 20 mm. De verbindingen zijn waarschijnlijk tot stand gebracht met ¾ ” klinknagels.
De vuurgang is zowel aan het voorfront als het achterfront geklonken aan naar binnen gerichte flenzen. De gegolfde vuurgang is voorzien van golven volgens het ontwerp van Fox en bestaat uit twee in het midden aan elkaar geklonken delen

Vuurdeuren

De twee van plaatstaal vervaardigde vuurdeurramen zijn bij deze ketel met bouten en via op de vuurgang bevestigde lippen aan het voorfront vastgemaakt. Het raam is ongeveer voor de helft, boven de aspitdemper, met vuurvaste stenen tegen verbranding afgeschermd. In het vuurdeurraam is het stookgat aangebracht. Via het stookgat wordt de brandstof op het vuur gegooid en de andere werkzaamheden verricht die nodig zijn om het vuur goed te laten branden. Het stookgat wordt afgesloten door de vuurdeur. Aan de vuurzijde is deze deur afgeschermd met een zogenoemde brandplaat. De brandplaat beschermt de vuurdeur tegen te grote hitte van het vuur en vermindert zodoende ook de warmteverliezen. De brandplaat trekt vaak krom en wordt aangetast als gevolg van de grote hitte en moet daarom van tijd tot tijd vervangen worden.

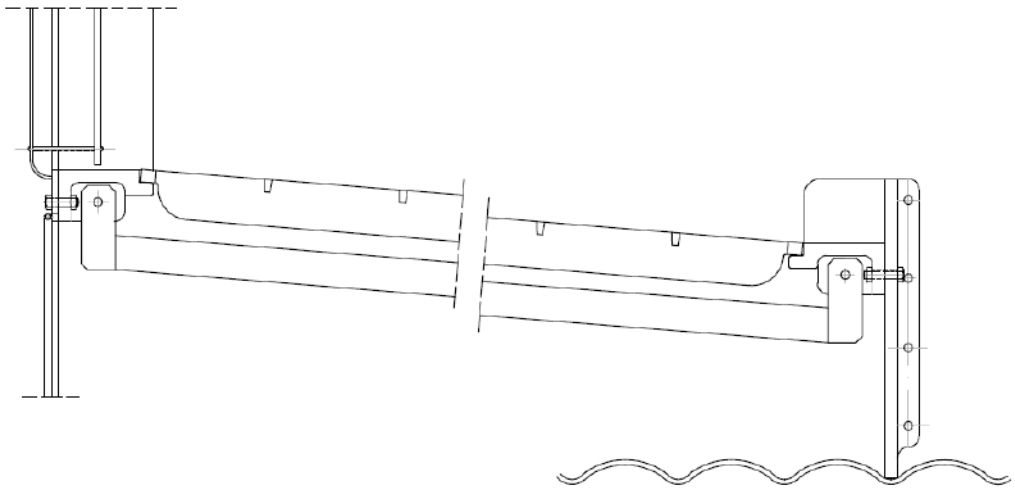


Vuurdeur

De vuurdeur scharniert om een verticale as en kan eenvoudig met behulp van de stookschop geopend en gesloten worden, zodat men niet de vingers hoeft te branden. In de vuurdeur zit een rozet waarmee de hoeveelheid lucht boven het rooster (de zogenoemde bovenwind) kan worden geregeld.

Onder de vuurdeur bevindt zich de zogenoemde aspitdemper. Deze halvemaanvormige klep geeft toegang tot de aspit om de koolas uit de ketel te kunnen halen. In deze, in het horizontale vlak scharnierende, klep bevindt zich bij deze ketelconstructie een kleinere rechthoekige klep, de eigenlijke demper waarmee men de luchthoeveelheid onder het rooster (onderwind) regelt. In de situatie van voor 1975 sloot deze klep de luchttoevoer slechts gedeeltelijk af, zie de linker foto op de voorgaande bladzijde. Bij de begin tachtiger jaren uitgevoerde renovatie- en herstel-werkzaamheden aan de ketel is deze klep vervangen door een eveneens rechthoekige maar bredere klep waarmee de luchttoevoer geheel kan worden afgesloten. De reden voor deze niet ongevaarlijke aanpassing is niet bekend. Het geheel afsluiten van de luchttoevoer brengt namelijk het gevaar met zich mee dat de roosters onvoldoende gekoeld worden en verbranden, maar ook dat zich koolmonoxide (CO) kan vormen dat tot verstikking en explosie kan leiden.

Veelal wordt een dergelijke klep voorzien van een zogenoemde krabber (uitzethaak) waarmee men de luchttoevoer kan regelen. Bij deze ketel ontbreekt deze voorziening. Voor het regelen van de hoeveelheid verbrandingslucht onder het rooster wordt gebruik gemaakt van een houten keg die aan de onderkant tussen de demper wordt gestoken.
Achter de vuurdeur bevindt zich het zogenoemde doodbed: een dikke gietijzeren plaat waarop de kopse kanten van het eerste roosterbed rusten en men zonodig het stookgereedschap kan afsteunen. Het rooster bestaat uit vier achter elkaar geplaatste roosterbedden. Het doodbed strekt zich uit over de gehele breedte van het vuur. In het bed zijn geen luchtgaten aangebracht zodat de steenkolen die daar liggen niet branden; ze blijven ”dood” liggen. De vuurdeur komt daardoor niet in contact met het vuur en wordt zodoende minder heet. Bovendien vallen geen hete kolen naar buiten bij het openen van de deur.



Situatie (benadering) van het doodbed-, rooster- de roosterdragers- en de vuurbrugconstructie

Roosters

Te doen gebruikelijk wordt onder het rooster een zogenoemde asplaat aangebracht die in de ronding van de gegolfde vuurgang wordt gelegd. Bij de onderhavige ketel ontbreekt deze plaat en vormen de gegolfde rondingen onder het rooster van de vuurgang de aspit (aslade) van de stookinrichting. Bij het leeghalen van de aspit moeten de asresten daardoor steeds over de rondingen met de asriek naar buiten worden getrokken. Dit vereist een goed aan de rondingen van de vuurgang aangepaste asriek maar nog meer een zekere handigheid van de stoker bij het verwijderen van de as en de koolresten.





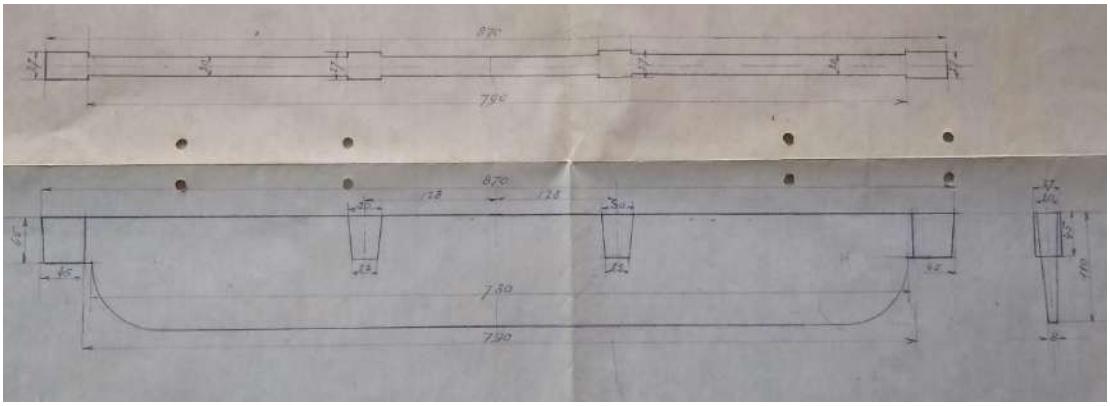
(L) Stookfront met geopende vuurdeur en zonder aspitdemper

(R) Roosters met op de achtergrond de vuurbrug

Omdat de (nieuwe) roosterdragers bij de ketel van het stoomgemaal Mastenbroek vrij diep in de aspit steken blijft er sowieso weinig ruimte over om de riek over de as naar achteren te manoeuvreren en vervolgens strak over de golven van de vuurgang naar voren te halen om de as te verwijderen.

De twee (nieuwe) roosterdragers bestaan elk uit drie door afstandsringen gescheiden platte stalen staven en verbinden het doodbed met de vuurbrug. Doordat de staven gescheiden zijn worden ze goed gekoeld door de relatief koude verbrandingslucht en verbranden daardoor minder snel. Ook blijven er minder makkelijk hete asresten op de staven liggen.

De roosterdrager en de eveneens van gietijzer gemaakte roosters zijn tijdens de renovaties in 1984 vervangen. Alleen van de roosters is een tekening aan de hand waarvan zij zijn gemaakt. Deze tekening is op de volgende bladzijde afgedrukt. Van de nieuwe roosterdragers is geen tekening in het archief van de stichting aanwezig. Ook is niet bekend of deze bij de uitgevoerde renovatiewerkzaamheden in het verleden is gemaakt.



Afmetingen roosterstaven

De vuurbank vormt het achterste steunpunt van de roosterbaren en sluit tevens de achterzijde van de aspit af. Op de vuurbank is de zogeheten vuurbrug aangebracht die bestaat uit gemetselde vuurvaste stenen. De vuurbrug voorkomt dat de steenkolen aan de achterzijde van het rooster vallen. Bovendien verkleint de brug de doorgang waardoor er een betere vermenging van de onverbrande gassen en de verbrandingslucht ontstaat. De hoge temperatuur van de vuurbrug zorgt ervoor dat deze gassen alsnog verbranden en er een nagenoeg volledige verbranding ontstaat. De vuurbrug moet niet te hoog worden opgemetseld omdat dit de trek belemmert en de vuurgang plaatselijk oververhit kan raken. De brug wordt opgemetseld met vuurvaste stenen en dunne lagen vuurvaste cement.
De ruimte die ontstaat tussen de kopse kant van de stenen en de ronding van de vuurgang wordt opgevuld met een stamp massa bestaande uit een mengsel van vuurvaste cement en het gruis van stukgeslagen vuurvaste stenen.
Door de verschillen in uitzetting van de stenen en de gietijzeren ondersteuning alsmede de hoge temperatuur en matige hechting van de cement degradeert de toestand van de brug vrij snel en is regelmatig herstel noodzakelijk. Ook moet tijdens het stoken voorkomen worden dat de brug mechanisch wordt belast, bijvoorbeeld door stoten met de riek als het vuur geëgaliseerd wordt.

De roosters bij deze ketel bestaan elk uit vier bedden met een lengte van elk ruim 0,87 m. Elk bed is opgebouwd uit 26 roosterstaven of roosterijzers ieder met een dikte van ruim 0.027 m en twee kantbaren. Het totale roosteroppervlak (RO) bedraagt ongeveer 3,6 m². De afmetingen van de roosterbaren zijn op de hiervoor getoonde tekening aangegeven. Deze baren zijn zoals in paragraaf 4.9.4 van Deel IV van deze leidraad nader is beschreven vervaardigd van gietijzer dat goed bestand is tegen hoge temperaturen. De trapeziumvormige doorsnede zorgt ervoor dat de as gemakkelijk door de luchtspleten kan vallen waardoor deze minder snel verstoppen. Verstopte luchtspleten verminderen de stoomproductie. De luchtstroom langs de roosterbaren zorgt voor koeling en voorkomt verbranding ervan.
De oorzaak voor onvoldoende koeling kan zijn:

- Verslakken van het vuur waardoor de luchtstroom versperd wordt.
- Het sluiten van de aspitdemper bij een fel brandend vuur om de stoomproductie te verminderen.
- Het bedekken van de gloeiende steenkoollaag met een te dikke laag verse kolen waardoor de warmteuitstraling van het vuur vermindert.

Bij een goed brandend vuur kan de temperatuur van de roosterbaren oplopen tot wel 1000 ºC. Belangrijk is dus dat de roosterstaven vrij kunnen uitzetten. Uitzetten in lengterichting is mogelijk doordat de roosterbaren en de oplegging bij de vuurbrug en het doodbed van schuine kanten zijn voorzien. In de breedte wordt uitzetting mogelijk gemaakt door per bed een roosterbaar minder aan te brengen dan er aan breedte beschikbaar is. Bij de middenroosterdrager rusten de baren met een haak op de ondersteuning. Als een rooster tijdens bedrijf defect raakt kan men deze tijdens bedrijf vervangen; hiervoor wordt een speciale roosterbarentang gebruikt. Een dergelijke tang is op het gemaal niet (meer) aanwezig.

Rookgasschuif

Aan de achterkant van de ketel waar de rookgassen naar de schoorsteen worden geleid is een gietijzeren schuif aangebracht. Met deze schuif in, combinatie met de zogenoemde aspitdempers in het front van de ketel, kan de trek en daarmee de verbrandingsnelheid c.q. de stoomproductie worden geregeld. Deze rookschuif is met behulp van een eenvoudig liertje een staalkabel en een paar katrollen vanaf de stookplaats te bedienen.

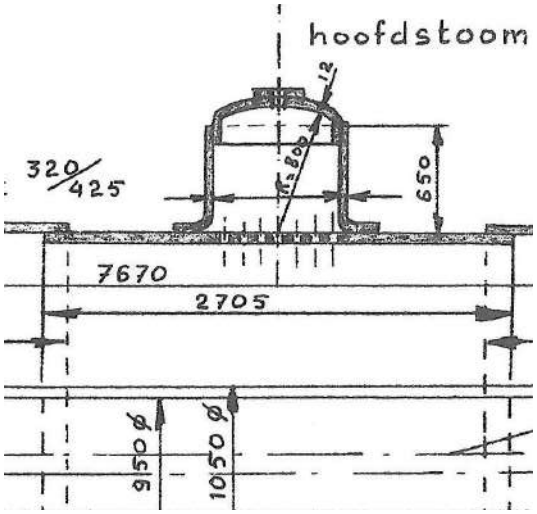


Lier voor bediening rookschuif

De rookschuif bestaat uit een gietijzeren plaat die in een eveneens uit gietijzer gemaakt frame met sponningen is opgehangen. Het frame is direct achter de ketel in het rookkanaal gemetseld.

Stoomzeef

Om de stoom zo droog mogelijk te kunnen afvoeren is de ketel voorzien van een stoomdom. Deze dom is uit 12 mm dik plaatstaal samengesteld en met een brede flens aan de ketelromp geklonken. De romp ter plaatse van de dom is voorzien van een groot aantal gaten om te voorkomen dat er grote hoeveelheden water, bijvoorbeeld als gevolg van opkoken, met de stoom naar de machine worden gevoerd. We noemen dat een stoomzeef waarvan hieronder een tekening..



Stoomzeef in stoomdom

Mangaten

De twee mangaten voor inspectie en onderhoud van de ketel zijn verschillend uitgevoerd. Bij het mangat boven in de ketel is voor het deksel gebruik gemaakt van een overeenkomstig de rompstraal gebogen plaat met een losse opgeklonken pasrand annex versterkingsring.



Gebogen mangatdeksel (boven in de romp van de ketel)



Vlak mangatdeksel (onder in het voorfront van de ketel)

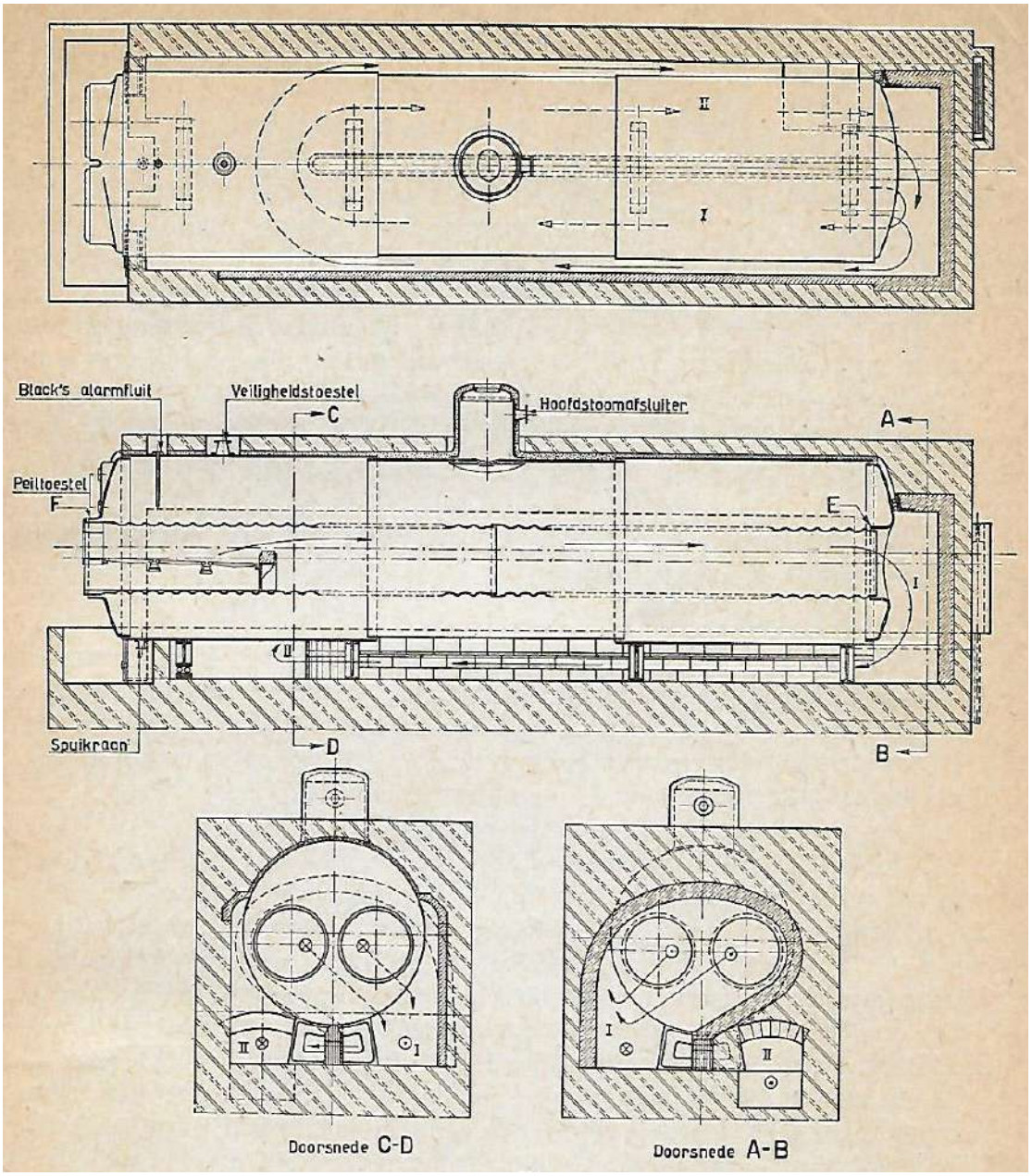
De afdichting wordt verkregen met behulp van een speciale ovale pakkingring tussen de romp en dit deksel. Het mangat onder in het voorfront van de ketel is voorzien een gesmede naar binnen gerichte vlakke felsrand. Dit deksel is ook voorzien van een pasrand maar is in tegenstelling tot het mangatdeksel bovenin de ketel vlak. Het mangat onderin de ketel is bij de restauratie-werkzaamheden in de tachtigerjaren van de vorige eeuw vernieuwd. Beide mangaten hebben de minimale voorgeschreven ovale opening van 300 x 400 mm. Op de ontwerptekening van deze stoomketel wordt een mangatopening aangegeven van 320 x 425 mm. Omdat de trekspanning in de langsdoorsnede van de ketelromp twee keer zo groot is als die in de dwarsrichting ligt de grootste maat van het mangat in de bolling van de romp. De passingrand van dit deksel is aangetast en niet meer zuiver vlak. Om het deksel stoomdicht te krijgen is deze van een speciale relatief dikke pakking voorzien.

Om zeker te zijn van een goede afdichting worden de mangatdekselpakkingen ieder jaar bij het opnieuw in bedrijfstellen van de installatie vervangen.

Na het vullen van de ketel, wat via het mangat gebeurt, of als er na een inspectie of reparatie een nieuwe pakkingring is gemonteerd, moeten tijdens het opstoken van de ketel de moeren op de knevels een aantal keren worden nagetrokken. Door het oplopen van de stoomdruk in de ketel wordt immers de pakking steeds verder samengedrukt waardoor de moeren los kunnen gaan zitten. Evenals het vastzetten moet ook bij het natrekken gebruik worden gemaakt van een normale- en bij voorkeur ring- of pijpsleutel. Het gebruik van verlengstukken of een hamer is niet toegestaan omdat dit bij het aanhalen kan leiden tot het overrekken van de bouten. De meest betrouwbare manier om de moeren aan te halen is rekenkundig het toegestane aanhaalmoment te bepalen en gebruik te maken van een momentsleutel.
Het onderste mangatdeksel is voor het vastzetten van 1¼" (31.75 mm) draadeinden voorzien met BSW of het zogenoemde Britisch Standard Whithworth schroefdraad. De sleutelwijdte die bij de moeren van deze draadeinden en schroefdraad horen is 50 mm. Het aanhaalmoment dat bij deze moer, draadeind en schroefdraad hoort is ongeveer 85 kgm.
Het bovenste mangatdeksel is van ⅛" (28,57 mm) draadeinden voorzien en hetzelfde schroefdraadtype met de daarbij behorende spoed. De sleutelwijdte bedraagt hier 46 mm en het aanhaalmoment 60 kgm, vanwege de dunnere draadeinden dus aanmerkelijk minder dan bij het mangatdeksel onderin de ketel.
Gezorgd moet worden dat de schroefdraad goed is ingesmeerd met grafiet of een ander goed hittebestendig smeermiddel zoals Molycote, anders wordt het deksel met onvoldoende kracht tegen de zitting gedrukt. De afdichtingsrand van de flens en de groef in het mangatdeksel moeten voor het aanbrengen van de pakking schoon en glad worden gemaakt met behulp van schuurlinnen. Om de pakking na gebruik gemakkelijk te kunnen verwijderen wordt deze voor het aanbrengen ingesmeerd met Molycote. Een ander -oud maar probaat- middel wat hiervoor, maar ook bij schroefverbindingen, gebruikt kan worden is grafietpoeder aangelengd met stoomcilinderolie.

Ketelbemetseling
De ketel is geheel ingemetseld om het verwarmd oppervlak (VO) te vergroten en om warmteverlies te beperken, dus om de warmte die vrij komt bij de verbranding van de steenkool zo goed mogelijk te benutten. In de bemetseling zijn daartoe kanalen uitgespaard waardoor de rookgassen langs een gedeelte van de ketelromp strijken en zo warmte afgeven aan het ketelwater. Van de bemetseling van de ketel zijn geen tekeningen beschikbaar, daarom is in deze leidraad gebruik gemaakt van een principetekening waarop de loop van de rookgassen is aangegeven zoals dat ook het geval is bij de door Ten Horn gefabriceerde stoomketel van het gemaal Mastenbroek.
De kanalen zijn voor onderhoud- en schoonmaakwerkzaamheden met behulp van luiken toegankelijk gemaakt. In het voorfront zijn hiertoe, anders dan op de voorbeeldtekening, ronde luiken aangebracht. In de rookkast achter het rechterdeel van het achterfront van de ketel is een rechthoekig gietijzeren frame met een stalen luik aangebracht. De opening achter het luik is tijdens bedrijf afgesloten met gestapelde vuurvaste stenen. Men kan dus door het rechter luik in het voorfront en het luik in de rookkast aan de achterkant langs de romp van de ketel kruipen.

Het linker rookkanaal met daarin opgenomen de rookschuif kan aan de achterkant bereikt worden via het luik in de schoorsteen. Hier kan men dus via het linker luik in het voorfront en het luik in de schoorsteen langs de ketel kruipen. Men moet in dat geval wel de rookschuif volledig openen. Bij de paragraaf over regulier onderhoud aan de ketel wordt nader ingegaan op dit onderwerp.



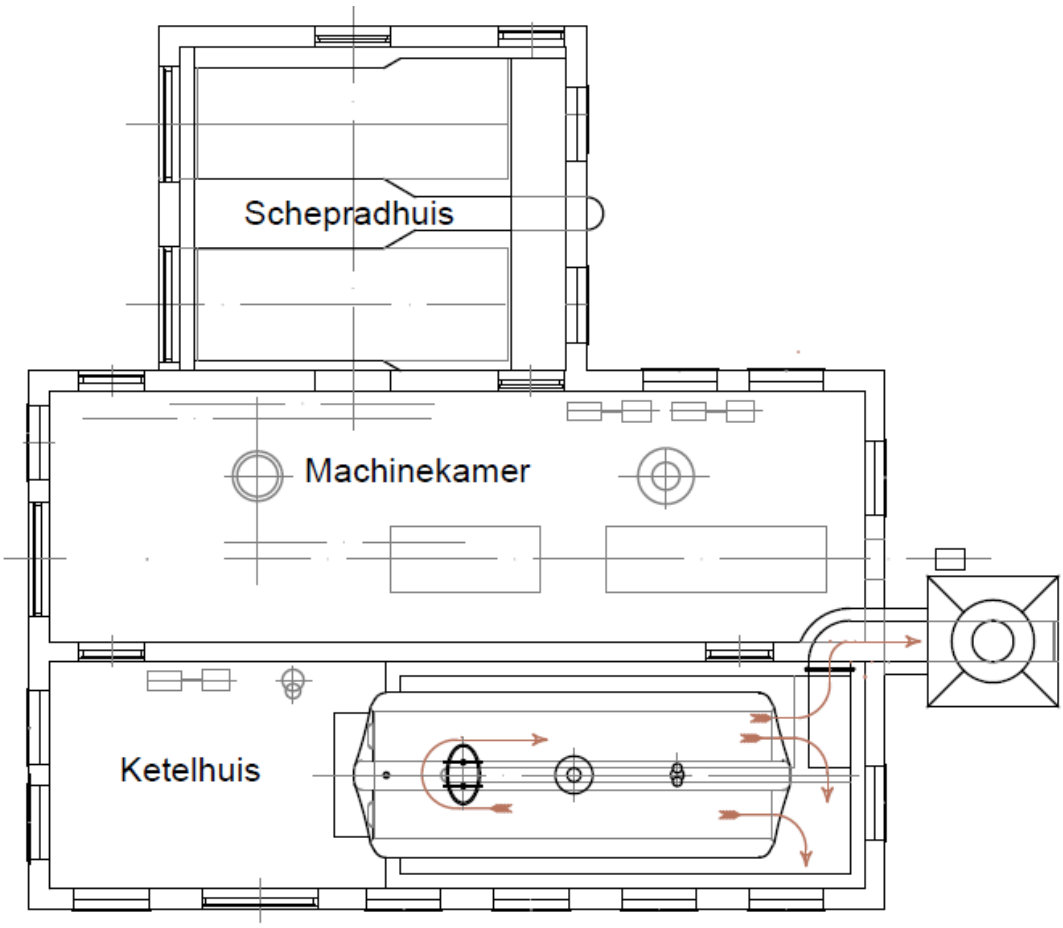
Voorbeeld van Lancashire ketel met bemetseling

Door de isolerende werking van de bemetseling en de overwegend hoge temperatuur van de rookgassen ontstaan spanningen in het metselwerk waardoor dit scheurt en er als gevolg van de heersende onderdruk koude lucht naar binnen gezogen kan worden.

Omdat de ketel vrij moet kunnen uitzetten wordt het metselwerk los gehouden van de ketelromp en maakt men dilataties (ruimten) in het metselwerk. De aldus ontstane ruimten en naden worden opgevuld met isolatiemateriaal en afgedicht met gevlochten isolatiekoord (vroeger gevlochten asbestkoord) zodat een rookgasdichte, enigszins elastische verbinding ontstaat.

Schoorsteen

Omdat het gemaal aanvankelijk was uitgerust met twee stoomketels staat de schoorsteen niet in de hartlijn van de rookgasschuif, dus voor de huidige situatie op een minder voor de hand liggende plaats. Dit betekent dat er indertijd noodgedwongen concessies zijn gedaan aan een vloeiend verloop van de doortocht en dus de weerstand van dit kanaal naar de schoorsteen. De desbetreffende aansluiting is ten behoeve van deze leidraad gereconstrueerd en ziet er bij benadering uit zoals op de tekening op de volgende bladzijde is weergegeven.



Aansluiting rookgaskanalen van de stoomketel op de schoorsteen

De 22 meter hoge schoorsteen is opgebouwd uit speciale radiaalstenen van het fabricaat Canoy Herfkens uit Venlo om een mooie gladde en ronde vorm te krijgen. De schoorsteen heeft geen zogenoemde binnenpijp.

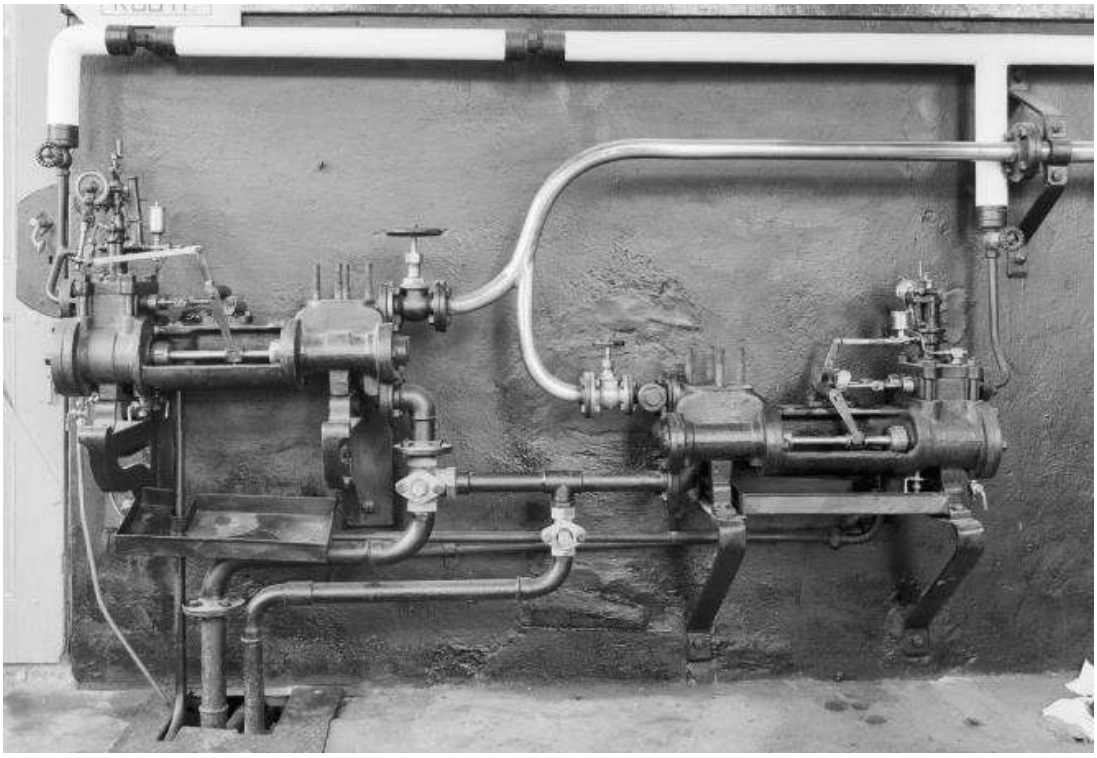
In de schoorsteen is een deurtje aangebracht dat bestaat uit een stalen frame met daarin aangebracht een grof rooster. Via dit deurtje wordt de ventilatielucht toegevoerd als de installatie voor lange tijd buiten bedrijf is en zorgt er voor dat de schoorsteen voldoende droog blijft. Ook voorkomt het rooster dat vogels of ander gedierte zich toegang tot de schoorsteen verschaffen. Op het moment dat de installatie in bedrijf wordt gesteld wordt dit deurtje vervangen door een dichte plaatstalen deur die in de ruimte boven de ketel in het gemaal is opgeborgen. Het deurtje wordt met een hangslot afgesloten om te voorkomen dat onbevoegden zich toegang tot het inwendige van de schoorsteen en ketel verschaffen. Het betreden van de schoorsteen mag alleen met een valhelm op omdat losgeraakt en vallend gesteente tot ernstige verwonding kan leiden.

Voor de bouw, reparaties en het onderhoud aan schoorstenen en met name de samenstelling van de metsel- en voegmortel wordt verwezen naar Deel IV van deze leidraad en de daar genoemde verwijzing naar vakliteratuur.

2.2.2 Ketelvoedingwatersysteem

In het originele bestek van 1855 voor deze installatie staat voor het voeden van de twee stoomketels een vanaf de krukas met behulp van een excentriek en een balansarm aangedreven perspomp voorgeschreven. De desbetreffende perspomp, een enkelwerkende plunjerpomp, had een diameter van 4½ ’’ (114 mm) en maakte een slag van 12 ’’ (320 mm). De theoretische (bruto) pompcapaciteit bedroeg bij een toerental van de stoommachine van 10 omw/min bijna 33 ltr./min. Hieruit kan men afleiden dat de maximum stoomproductie van de twee ketels, oftewel de ketelcapaciteit, niet meer dan 1950 kg stoom/h heeft kunnen bedragen.
Voor de oplevering van de installatie op 11 oktober 1856 bleek de aan hetzelfde excentriek en balans gekoppelde natte luchtpomp niet te voldoen. De capaciteit van de luchtpomp was te klein waarna deze is vervangen door een groter exemplaar dat rechtstreeks door het excentriek op de krukas wordt aangedreven. Hiermee verviel de balans en ook de daarmee aangedreven perspomp voor het ketel-voedingswater. Vermoedelijk is toen één zogenoemde duplex stoomzuigerpomp geïnstalleerd op een gietijzeren stoel aan de tussenwand in het ketelhuis.

Op de deksels van de stoomcilinders van de thans nog aanwezige duplex stoomzuigerpompen zijn de letters W en S gegoten hetgeen duidt op de initialen van de indertijd in Londen gevestigde pompenfabrikanten Worthington & Simpson.



Duplex ketelwatervoedingspompen met gedemonteerde klepdeksel (situatie omstreeks 1977)

De pompenfabrikanten Worthington en Simpson zijn in 1906 gefuseerd en hebben in 1917 hun bedrijf Worthington - Simpson genoemd. De thans nog aanwezige duplex pomp op de gietijzeren stoel dateert, evenals de inmiddels afgevoerde pomp die op een stalen frame was gemonteerd, dus van begin 20^{e} eeuw.

De situatie met twee W-S duplexpompen heeft zeker tot 1977 bestaan getuige de foto uit de publicatie over dit gemaal van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Op de foto is niet alleen aan de pompstoel maar ook aan het leidingwerk (hedendaags fitwerk) te zien dat het een latere aanpassing van het ketelvoedingwatersysteem betreft.

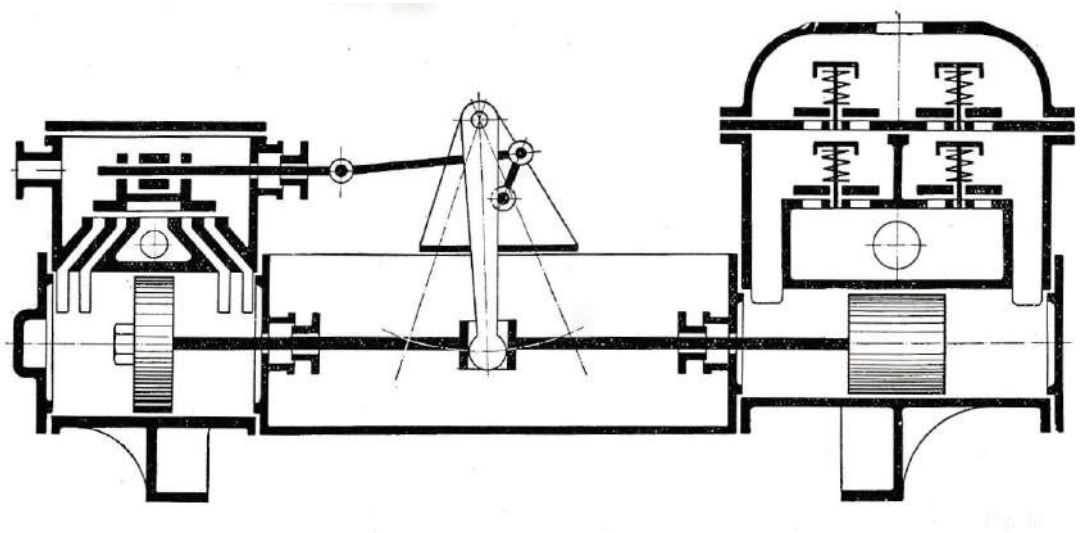
Bij de renovaties in de tachtiger jaren van de vorige eeuw is de rechtse Worthington-duplexpomp in het ketelhuis vervangen door een gebruikte Weir pomp die volgens het simplex systeem werkt. Het duplexsysteem heeft twee stoom- en waterzuigers terwijl het simplexsysteem van Weir slechts één stoom- en één waterzuiger heeft.



Pompopstelling van de later geplaatste Weirpomp

Worthington duplexpomp

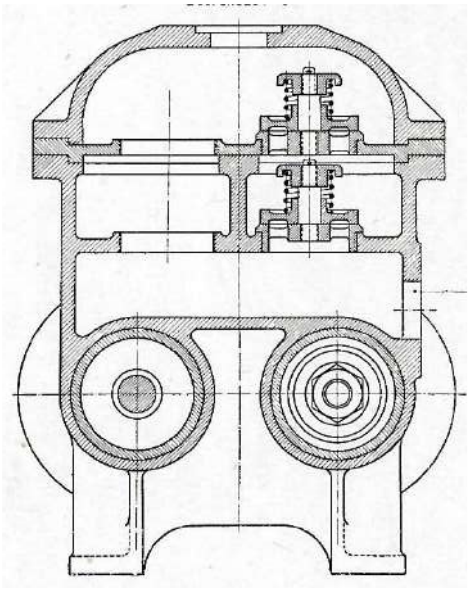
Het werkingsprincipe van deze zuigerstoompomp wordt beschreven in paragraaf 4.7.2 van Deel IV van deze leidraad en in het hoofdstuk 2 van het originele nog op het gemaal aanwezige handboekje over dit type ketelvoedingwaterpomp. Het desbetreffende handboekje is gedigitaliseerd en als bijlage 3 aan deze leidraad toegevoegd. Opgemerkt wordt dat het de beschrijving betreft van het principe en het een pomp betreft zoals de scheepswerf Wilton Feijenoord deze indertijd maakte.



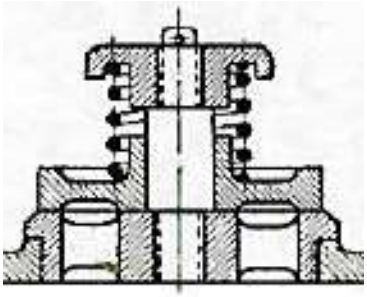
Schema Worthington ketelvoedingwaterpomp (duplexpomp)

Afhankelijk van het door de stoommachine te leveren vermogen zal er meer of minder stoom moeten worden geproduceerd en water door de voedingpomp naar de ketel moeten worden gevoerd. De capaciteit van de voedingpomp wordt handmatig geregeld door de stoomafsluiter op de pomp meer of minder ver open of dicht te draaien. We noemen dat een smoorregeling. Een dergelijke manier van regelen gaat vaak ten koste van de klepafdichting van de stoomafsluiter omdat bij een geringe stoomafname deze altijd snijdend staat en er plaatselijke metaal afname plaats vindt. De klep en de zitting van de afsluiter zullen dus regelmatig geschuurd moeten worden om goed te kunnen afdichten.

De kleppen van de ketelvoedingwaterpomp raken door vaste en harde bestanddelen in het ketelvoedingwater beschadigd. Vooral bij het gemaal Mastenbroek waar het ketelvoedingwater voor het overgrote deel bestaat uit ruw en ongefilterd polderwater is de kans op beschadiging van de klep en de bijbehorende zitting groot. Ook kunnen de kleppen na verloop van tijd inslaan waardoor ringvormige oneffenheden op de klep en de zitting ontstaan. De beschadigingen zorgen er voor dat de opbrengst vermindert of de pomp zelfs afslaat. Het effect van beschadigde zuigkleppen is daarbij het grootst, en merkbaar doordat de pomp het water uit de lager gelegen voorraadbak niet meer aanzuigt.
Om storingen tijdens maaldagen te voorkomen dienen de kleppen jaarlijks voor het maalseizoen te worden geïnspecteerd en bij eventuele gebreken te worden opgeschuurd. Hiertoe dienen de kleppen en de zittingen uit het kleppenraam te worden geschroefd en bij voorkeur op een dikke glazen vlakplaat te worden vlak geschuurd. Voor het demonteren van de zittingen maakt men gebruik van een soort soksleutel waarvan de sok bestaat uit pennen die in de ringvormige sleuven van de zitting passen. In de meeste gevallen is het om de zitting te lossen nodig een tik met een zware bankhamer tegen de hefboom van de sleutel te geven. Om de zitting te kunnen schuren dient ook de geleidestift te worden verwijderd.
Afhankelijk van de diepte van de pitting of groeven dient gebruik te worden gemaakt van eerst een grove schuurpasta en later een fijnere soort schuurpasta. Bij diepe beschadigingen is het raadzaam de afdichtingsvlakken eerst af te draaien. Men maakt bij het schuren met de klep of zitting achtvormige bewegingen waarbij men intussen deze om zijn as laat draaien en af en toe iets optilt om verse schuurpasta toe te voeren. Men gaat met het schuren net zo lang door tot er een egaal dof afdichtingsvlak is verkregen. De schuurpasta kan met olie worden aangelengd voor een juiste consistentie en minimale vereiste bewegingsenergie.



Doorsnede duplexpomp over kleppenraam



Doorsnede klep met bijbehorende zitting

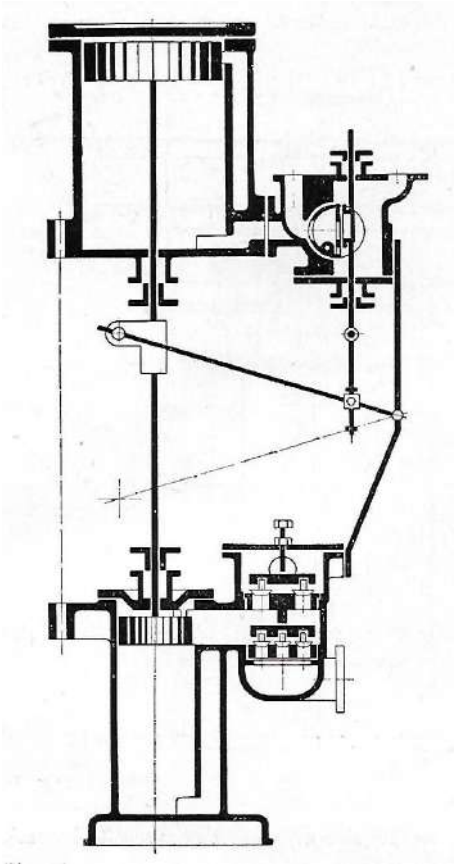
Na het schuren van de kleppen en de zittingen dienen deze zorgvuldig te worden schoon gemaakt en ontvet te worden.

De smering van de stoomschuifjes en de stoomcilinder van de duplexpomp gebeurt met een Mollrupspompje identiek aan die van de hoofdstoommachine. Tijdens bedrijf moet er op worden toegezien dat de olievoorraad van de pomp regelmatig op peil wordt gebracht. De wijze van het bijvullen van het oliereservoir wordt bij de beschrijving van de cilindersmering van de hoofd-stoommachine in paragraaf 2.3.3 van dit deel nader aangegeven. De cilinder moet gesmeerd worden met cilindersmeerolie.

Weir simplexpomp

Het werkingsprincipe van deze zuiger-stoompomp wordt beschreven in paragraaf 3.7.2 van Deel IV van deze leidraad. In bijlage 3 van deze leidraad is de werking van deze pomp nader beschreven en is de informatie aangevuld met detailinformatie over de schuifjes. Doordat deze pomp weliswaar dubbel werkend is, maar de waterlevering wordt onderbroken als de zuiger in een uiterste stand is en even stilstaat alvorens een volgende slag te beginnen, is het debiet niet constant. De waterlevering is dus onregelmatiger dan bij de hiervoor behandelde duplexpomp waar de beide waterzuigers een halve slag na elkaar bewegen.

Het essentiële verschil van deze simplexpomp van Weir ten opzichte van de duplexpomp van Worthington is dat deze met expansie werkt en dus minder kwistig met stoom omgaat. De stoomhoeveelheid kan zowel aan de top- als aan de bodemzijde worden geregeld. Doordat de machine met expansie werkt kan deze bij lage belasting in één van uiterste standen stil gaan staan. De geëxpandeerde stoomdruk in de cilinder is dan dermate laag geworden dat deze de tegenwerkende kracht van de waterzuiger niet meer kan overwinnen. Met een speciale sleutel die bij de machine wordt geleverd wordt dan de spiegelbus aan top- en bodemzijde zodanig verdraaid dat de pomp blijft doorlopen. Met deze voorziening kan de expansie zelfs geheel uitgezet worden hetgeen bijvoorbeeld bij extreme deellast of het opstoken van de stoomketel nodig kan zijn.

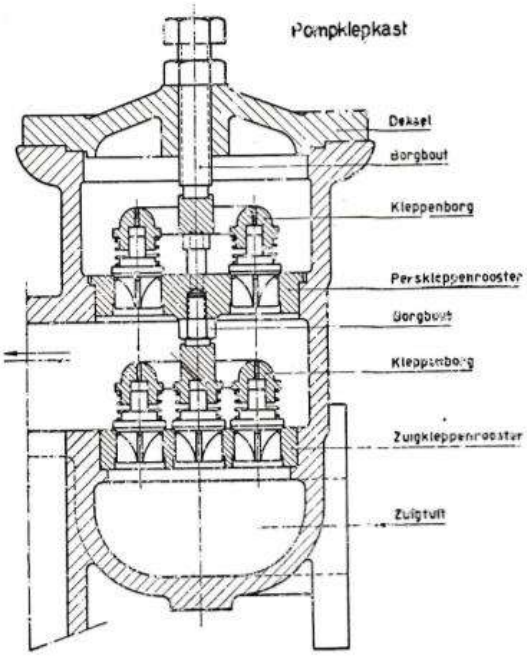


Bij het aanzetten van de stoompomp kan het soms nodig zijn dat men de hulpschuif onafhankelijk van de zuigerbeweging, op en neer moet bewegen om de stoomzuiger in beweging te krijgen.
Voor dit doel gebruikt men de zogenoemde aanzetsleutel, die kan draaien om een pen aan de verbindingssteun van de machine. De gleuf in het einde van de sleutel grijpt om het verlengde van de pen in het scharnierstuk tussen schuif- en trekstang.

De smering van deze simplexpomp gebeurt met stoomcilinderolie. De olie wordt met behulp van een oliesmeerpot in de stoomtoevoerleiding gedruppeld.

Schema Weir ketelvoedingwaterpomp (simplexpomp)

In tegensteling tot de Worthington pompen in het gemaal Mastenbroek is de Weirpomp uitgerust met schijfkleppen met een schuine zittingsrand. Meer nog dan bij de ringkleppen van de Worthington pompen zijn de afgeschuinde schijfkleppen bij de Weirpomp onderhavig aan beschadiging door het slaan van de klep op de relatief smalle zitting en moeten daarom regelmatig worden geschuurd.



Kleppenconfiguratie van de Simplexpomp

Gebruik van de ketelvoedingwaterpompen

Zoals bij de condensorinstallatie nader wordt uitgelegd is voor het condenseren van 1 kg stoom ongeveer 30 kg of evenveel liter water nodig. Van deze hoeveelheid wordt slechts 1 liter teruggevoerd naar de ketel. De rest blijft achter in de bak met overloop waar de natte luchtpomp in staat opgesteld.

Bij een nominaal vermogen van 93 pk van de hoofdmachine zal het stoomverbruik ongeveer 1000 kg/h bedragen en door de ketelvoedingwaterpomp 17 l/min moeten worden opgebracht. De uiteindelijke naar de ketel toe te voeren hoeveelheid water is afhankelijk van de op dat moment gewenste bemalingscapaciteit en de opvoerhoogte van de schepraderen. Immers afhankelijk hiervan moet de stoommachine meer of minder vermogen leveren en zal in diezelfde verhouding stoom verbruiken en er water in de ketel moeten worden geperst voor het produceren van stoom. Het aantal slagen dat de voedingspomp maakt en dus de capaciteit, wordt geregeld door de stoomtoevoer meer of minder te knijpen. Omdat onder de huidige museale omstandigheden nauwelijks energie nodig is voor het bedrijven van de installatie vergt dit de nodige inregelkunst van de dienstdoende stoker.

2.2.3 Ketelwater en ketelwaterbehandeling

Het ketelvoedingwater wordt betrokken uit de (warm)waterbak waar de natte luchtpomp in staat. Het water is een mengsel van het condensaat van de stoommachine en het gebruikte water in de condensor om de afgewerkte stoom te condenseren. Dit mengsel, dat we het wees noemen, bestaat voor het grootste deel uit ruw polderwater.

Uit oude beschrijvingen en leidingschema's kan worden afgeleid dat in het verleden het polderwater met behulp van een krooshek en vermoedelijk een cokesfilter werd ontdaan van grove verontreinigingen en slibdeeltjes voor het naar de condensor werd gevoerd. Tegenwoordig bevindt dit water zich in de door stalen damwandplanken gevormde gesloten bak voor het gemaal, die via een door een vlotter bediende afsluiter in verbinding staat het buitenwater.
Het polderwater bestaat voor een groot deel uit puur regenwater en is daardoor redelijk zacht; dat wil zeggen er zitten weinig hardheidsvormers in zoals Ca (calcium) en Mg (magnesium), waardoor de vorming van ketelsteen in de stoomketel beperkt blijft. Het polderwater en daarmee ook het ketelvoedingwater is daarentegen wel tamelijk rijk aan opgeloste gassen waaronder O (zuurstof), N (stikstof) en CO_2 (kooldioxide) en slibdeeltjes.
Waaruit de ketelwaterbehandeling in het verleden bestond is niet bekend. De huidige behandeling bestaat uit het toevoegen van de volgende twee soorten chemicaliën; Lubron DM-2 en Lubron 302.

Lubron DM-2 is een sterk basisch (pH > 11) vloeibaar product bestaande uit natuurlijke tannines, met stabiliserende en dispergerende eigenschappen voor hardheid- en ijzerhoudende zouten. Dit wordt aan het ketelvoedingwater toegevoegd teneinde:

- Calcium- en magnesiumzouten te stabiliseren en te dispergeren om zodoende kalkneerslag te minimaliseren.
- Zuurstofcorrosie in het water te minimaliseren door binding van de aanwezige zuurstof.
- Een filmlaag van ijzer-tannaat te creëren waardoor extra corrosiebescherming ontstaat.

Kenmerken Lubron DM-2
Leveringsvorm : donkerbruine vloeistof
Specifieke massa : ca 1,07 kg/dm³
pH : > 11

Het product Lubron DM-2 wordt, omdat het uit natuurlijke grondstoffen is samengesteld, als milieuvriendelijk aangemerkt.

Lubron 302 is een zwak zure vloeistof die natriumbisulfiet ($NaHSO_3$) en katalysatoren bevat dat aan het ketelwater worden toegevoegd teneinde:

- Vrije zuurstof te binden onder vorming van het in water oplosbaar natriumsulfaat (Na_2SO_4). Door het zure karakter (pH 4) van Lubron 302 wordt de alkaliteit van het ketelwater gereduceerd, hetgeen een gunstig effect heeft op de spuiverliezen. De katalysatoren in dit product zijn toegevoegd om bij lagere temperaturen een snelle zuurstofbinding te bereiken.

Kenmerken Lubron 302
Leveringsvorm : heldere, lichtgele vloeistof
Specifieke massa : 1,33 ± 0,02 kg/dm³
pH : ca. 4,0

Doseren chemicaliën algemeen

Lubron DM-2 wordt in de voedingwaterleiding aan de zuigzijde van de ketelvoedingwaterpomp toegevoegd. De hoeveelheid is afhankelijk van de procescondities zoals, temperatuur, vervuilingsgraad en resthardheid. Over het algemeen wordt een concentratie van 180-375 ppm in het ketelwater aanbevolen. Lubron DM-2 kan zowel onverdund ofwel met condensaat worden gemengd. De dosering is afhankelijk van de systeem gegevens en wordt in ieder specifiek geval apart bepaald.

Met ppm wordt het aantal volumedelen chemicaliën bedoeld per miljoen volumedelen ketelwater. De term ppm komt in verband hiermee overeen met mg/l. De stoomketel heeft een waterinhoud van 26 m³ of 26.000 liter. Bij het vullen van de ketel moet dus volgens de voorschriften van de leverancier tussen de 4,7 en de 9,7 liter worden toegevoegd. In de praktijk wordt er initieel slechts 1,5 liter toegevoegd.

Als de ketel eenmaal in bedrijf is wordt er ongeveer 1000 kg stoom per uur geproduceerd en dus 1000 l water per uur aangevoerd. Per uur zou er dan ongeveer tussen de 0,18 - 0,375 liter Lubron DM-2 moeten worden toegevoegd. Hier wordt in de praktijk op advies van de chemicaliën leverancier echter van afgeweken.

Ook het Lubron 302 wordt in de voedingwaterleiding aan de zuigzijde van de ketelvoedingpomp-toegevoegd. De hoeveelheid is rechtstreeks afhankelijk van het zuurstofgehalte van het voedingwater en dient aan de hand hiervan te worden berekend. Ook van dit soort chemicalie is door de leverancier een inschatting gemaakt van het verbruik. Aan het begin van een maaldag worden door de dienstdoende hoofdmachinist afgepaste hoeveelheden in flesjes klaargezet en op gezette tijden toegevoegd.

Voor het toevoegen is op de gemeenschappelijke zuigleiding van de ketelvoedingwaterpompen een trechter met daaronder een plugkraan aangebracht. Door de kraan iets te openen worden de in de trechter gegoten chemicaliën samen met het ketelvoedingwater door de pomp aan-gezogen en met het voedingwater in de ketel geperst.



Trechter voor toevoegen chemicaliën

Toevoeging ketelwaterchemicaliën specifiek

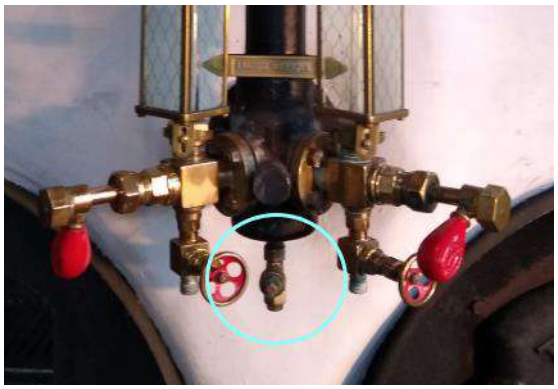
Initiële toevoeging

Bij het opstarten van het gemaal, meestal in het voorjaar, moet men de stoomketel vullen met oppervlaktewater tot dit nog juist zichtbaar is aan de bovenkant van de peilglazen van de ketel.

Dit gebeurt met de zogenoemde vulpomp: een dompelpomp die vanuit de polderput het water via het nog niet afgesloten mangat bovenin de ketel aanvoert. Tijdens het vullen van de ketel moet 1,5 liter Lubron DM2 en 250 milliliter Natriumbisulfiet via datzelfde mangat aan dit ruwe ketelwater worden toegevoegd.
Het ketelwater met de toegevoegde chemicaliën moet men vervolgens 24 uur laten circuleren met behulp van de elektrische circulatiepomp. Hierbij moet er op worden toegezien dat de twee driewegkranen onder de vloerplaat in het front van de ketel en de afsluiter in de vulleiding en die van de afsluiterklepkast open- staan. Dit circuleren kan gelijktijdig plaatsvinden met het opstoken.

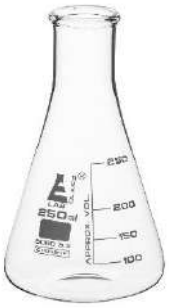
Toevoegen en monitoren tijdens bedrijf
Tijdens bedrijf, dus in de situatie dat er steeds een mengsel van condensaat en buitenwater, dus grotendeels onbehandeld ketelwater, wordt toegevoerd, moet er ca 150 milliliter Lubron DM-2 per uur worden toegevoegd. Dit gebeurt 6 keer op een draaidag van 12 uur. Hiervoor worden aan het begin van een draaidag 6 flesjes met de voorgeschreven hoeveelheid chemicaliën klaar gezet met een vermelding op het flesje op welk tijdstip de chemicaliën moeten worden toegevoegd.

Na twee en half uur draaien moeten de pH- en Sulfietwaarde van het ketelwater gemeten worden. Hiervoor moet een watermonster worden afgetapt via de spuikraan onderaan de peilglasconsole in het front van de stoomketel. Hierbij moet men eerst een hoeveelheid spuien en dan ongeveer een halve liter water opvangen in een schone metalen (verzinkte) emmer. Bij dit aftappen moet men voorzichtig te werk gaan omdat het ketelwater van hoge temperatuur bij atmosferische druk onmiddellijk in stoom overgaat. Met de eerste hoeveel afgetapt ketelwater spoelt men de emmer goed om zodat men er zeker van is dat deze schoon en niet verontreinigd is met bijvoorbeeld calcium- en magnesiumhoudend leidingwater of andere de analyse verstorende bestanddelen. Vervolgens laat men het monster afkoelen en giet men dit over in een eveneens met ketelwater omgespoelde Erlenmeyer.



Aftappunt voor ketelwatermonster

Hierna bepaalt men eerst de pH en daarna het sulfietgehalte van het ketelwatermonster. Hiervoor giet men een kleine hoeveelheid uit de Erlenmeyer in een met ketelwater omgespoeld bekerglas.



Erlenmeyer



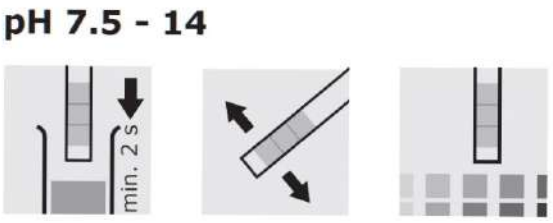
Bekerglas

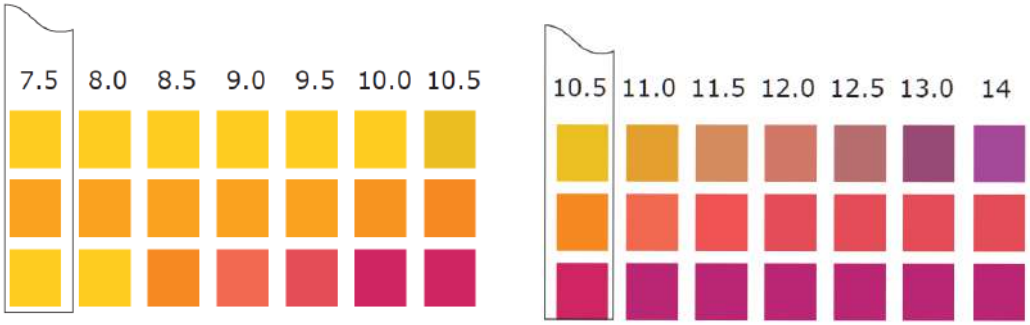
Voorbehandeling van het ketelwatermonster voor pH bepaling

Het ketelwater moet basisch zijn met een pH > 10, bij voorkeur tussen de 10,5 en 12.. Bij deze testmethode steekt men een teststrook in het bekerglas met ketelwater en bepaalt men de pH door de kleur van het teststrookje te vergelijken met de kleurlabels van het bijgeleverde stalenvel.

Analyse procedure pH bepaling

Van de bundel teststrippen dient er één afgescheurd en minimaal 2 seconden in het monster ondergedompeld te worden. Hierna moet de overtollige vloeistof afgeschud worden en kan nagenoeg onmiddellijk de verkleuring die is opgetreden worden vergeleken met die van de bijgeleverde labels. Een en ander zoals hieronder is aangegeven. Het in het monster onder te dompelen gedeelte van de teststrippen is verdeeld in drie strookjes die bij de analyse elk een andere kleur vertonen. De waarde die staat aangegeven boven het label die het meest overeenkomt met die van teststrip is de gezochte pH. Treedt er nauwelijks of geen verkleuring op dan ligt de pH-waarde onder de 7,5 en is het water neutraal of zuur.





Analyse procedure en kleurenlabels pH bepaling

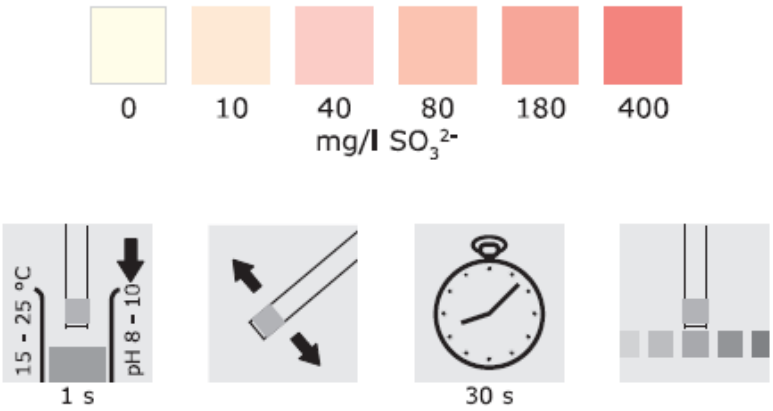
Voorbehandeling van het ketelwatermonster voor sulfietgehalte bepaling

Het sulfietgehalte moet tussen de 30 en 80 ppm liggen om zuurstofcorrosie tegen te gaan. De term ”ppm” staat voor parts per million en is gelijk aan ”mg/l” milligram per liter. Ook bij deze analysemethode steekt men een teststrook in het bekerglas met het ketelwatermonster en bepaalt men het sulfietgehalte door de verkleuring te vergelijken met een bijgeleverde kleurenstaal met de bijbehorende sulfietwaarden.

Monsters welke meer dan 400 mg sulfiet (SO_3^{2-}) per liter ketelwater bevatten moeten eerst worden verdund met gedestilleerd water voordat de test kan plaatsvinden. Deze situatie zal zich bij het ketelwater van het gemaal Mastenbroek onder normale omstandigheden niet voordoen omdat het maximum sulfietgehalte van het ketelwater slechts 40 ppm (40 ppm = 40 mg/l) mag bedragen.
Anders is het gesteld met de pH-waarde van het monster. Deze moet voor een correcte sulfietbepaling liggen tussen de 8 – 10 mg SO_3^{2-} per liter ketelwater, terwijl het streven is de pH-waarde van het ketelwater hoger dan 10 te houden. De pH-waarde van het ketelwater zal dus onder normale omstandigheden te hoog zijn en eerst geneutraliseerd moeten worden. Als uit de voorafgaande pH bepaling blijkt dat de pH van het monster lager is dan 8 of hoger dan 10 dient het monster te worden gecorrigeerd met respectievelijk één of meer druppels Natronloog (NaOH) of Zoutzuur (HCl). Vooralsnog gebeurt dit niet. Het is de vraag of door het achterwege laten van de neutralisering de gevolgde analysemethode wel nauwkeurig genoeg is.
Het monster dient een temperatuur te hebben van 15 – 25 C en dient goed overeen te komen met die van het ketelhuis waar de bemonstering plaatsvindt.

Analyse procedure bepaling sulfietwaarde

Van de bundel teststrippen dient er één afgescheurd en 1 seconde in het bekerglas met het ketelwatermonster ondergedompeld te worden. Hierna moet de overtollige vloeistof afgeschud worden en na 30 seconden, de verkleuring heeft dan plaats gevonden, worden vergeleken met de kleuren van de bijgeleverde kleurenstaal. Een en ander uit te voeren zoals hieronder is aangegeven.



Analyse procedure en kleurenstaal Sulfietwaarde bepaling

Met Lubron 302 moet het ketelwater op de juiste sulfietoverwaarde worden gebracht. Omdat een te grote overmaat aan sulfiet kan zorgen voor sulfaatcorrosie moet men niet te veel sulfiet gebruiken. Natriumbisulfiet ($NaHSO_3$) bindt de zuurstof en vormt daarbij natriumsulfaat (Na_2SO_4). Een lichte overmaat van 30-40 ppm is voldoende.

Tijdens bedrijf moet de ketel om de 4 uur, bijvoorbeeld om 11.00 uur en om 15.00 uur, circa 5 seconden worden gespuid om de met chemicaliën gedispergeerde Calcium- en Magnesiumzouten in het water af te voeren. Er moet op worden toegezien dat de twee kranen onderin de ketel steeds in de juiste stand staan.

Als de stoommachine en daarmee ook de stoomketel uit bedrijf wordt genomen, meestal tegen 16.00 uur, moet deze tot maximaal in de peilglazen met water gevuld zijn. Men is er dan zeker van dat er voldoende water is voor een volgende inbedrijfstelling en dat de binnenzijde van de ketel maximaal is beschermd tegen corrosie door het behandelde ketelwater.

2.2.4 Brandstoffen

Tegenwoordig wordt de stoomketel van gemaal Mastenbroek uit kostenoverwegingen tijdens de draaidagen en beproevingen met (onbehandeld) afvalhout gestookt, zoals van oude pellets en kratten. Echter als men in de toekomst wederom de beschikking krijgt over steenkool zal men hierop terugvallen. In het verleden werd de ketel opgestookt met hout en turf en tijdens bedrijf pas overgeschakeld op steenkolen. Geschikte steenkool is tegenwoordig moeilijk te verkrijgen en bovendien zeer kostbaar.

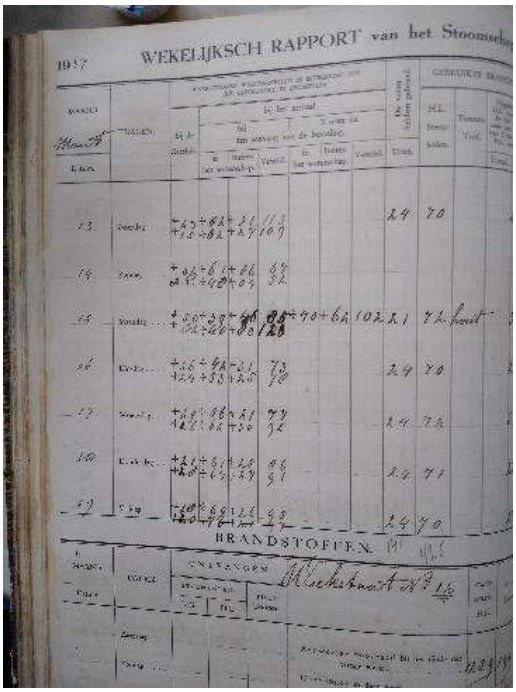
In dit deel en deze paragrafen worden daarom de als specifiek voor de installatie van gemaal Mastenbroek geldende bedieningshandelingen voor het verstoken van zowel steenkool als hout behandeld.

Algemeen

De vuurgang bij de Cornwall- en de Lancashire-stoomketel is geheel omgeven door het ketelwater zodat de warmteafgifte door straling groot is. De temperatuur in de vuurhaard is daardoor betrekkelijk laag. Dit soort vuurhaarden is dan ook niet geschikt voor brandstoffen met een lage stookwaarde en die de neiging hebben tot roeten zoals de meeste zachte houtsoorten zoals berk, wilg maar ook vurenhout en turf.

Door gelijktijdig met het brandstofverbruik ook de hoeveelheid water te meten die naar de stoomketel wordt gevoerd is men in staat het verdampingsvoud te bepalen.

Met het verdampingsvoud ook wel stoomcijfer genoemd wordt aangegeven hoeveel kg stoom er met 1 kg brandstof kan worden geproduceerd. Het verdampingsvoud varieert tussen de 8 – 13 kg stoom/kg brandstof. Hoe hoger dit getal des te beter is de kwaliteit van de brandstof en des te beter wordt de potentiële energie in de brandstof benut.


WEKELIJKSCH RAPPORT van het Stoomsch

BRANDSTOFFEN.

Brandstofverbruik vermelding in weekrapport


Turf -- Steenkolen.

Het DIJKSBESTUUR van het 4e district (*Mastenbroek*) in *Overijssel* verlangt te koopen:

A. 12,000 ton beste scherpe lange turf,

te leveren vrachtvrij voor den wal bij het stoomgemaal in *Mastenbroek*, en wel:

3,000 ton vóór 1 *Junij*, 3,000 ton vóór 1 *Julij* en 6,000 ton vóór 1 *Augustus e. k.*, onder verpligting aan zijde van den leverancier, om, indien het Dijksbestuur zulks mogt verlangen, op dezelfde voorwaarden en tegen denzelfden prijs nog eene hoeveelheid van hoogstens 10,000 ton turf van dezelfde hoedanigheid tusschen 1 *September* 1870 en 1 *Mei* 1871 te moeten leveren, immers bij open water, zoodra zulks vier weken te voren door het Dijksbestuur zal zijn kenbaar gemaakt.

B. 300,000 kilogrammen puike drooge grove Engelsche Steenkolen,

te leveren vrachtvrij in het kolenhok aan het stoomgemaal in *Mastenbroek*, en wel:

200,000 kilo's vóór 1 *Julij* en 100,000 kilo's in *October e. k.*, onder verpligting aan zijde van den leverancier, om, indien het Dijksbestuur zulks mogt verlangen, op dezelfde voorwaarden en tegen denzelfden prijs nog eene hoeveelheid van hoogstens 300,000 kilo's steenkolen van

Aanbesteding ketelbrandstof (1870)

Stoken

De behandeling van de vuren in de stoomketel is een taak van de stoker en komt erop neer om met zo weinig mogelijk brandstof zoveel mogelijk stoom te produceren. Daarenboven dient de stoker te waken voor een veilig en oordeelkundig gebruik van de installatie. In paragraaf 4.8 van deel IV van deze Leidraad wordt hiervoor een aantal algemeen geldende regels aangegeven. In dit deel en deze paragraaf worden de algemeen en specifiek voor de installatie van gemaal Mastenbroek geldende bedieningshandelingen vermeld.

Manier van stoken

De juiste manier van stoken wordt bepaald door de ervaring van de stoker van dienst en hoe vaak hij de rookpluim op de schoorsteen controleert en overeenkomstig zijn bevindingen de luchttoevoer onder en boven het rooster corrigeert. Zowel bij het verstoken van steenkolen als van hout geldt bij de verbranding dat een spierwitte rookpluim (hoofdzakelijk waterdamp) op de schoorsteen duidt op luchtovermaat, en een donkergrijze kleur op te weinig lucht bij de verbranding. Een lichtgrijs flakkerende rookpluim duidt op een juiste toevoer van de hoeveelheid verbrandingslucht. Overigens heeft de controle van de rookpluim alleen zin als de brandstof goed is doorgebrand, dus niet direct na het opwerpen. Ook het verstoken van nat of vers groen hout zal het op deze wijze vaststellen van een goede verbranding niet goed mogelijk maken.

De brandstof- en asresten moeten na het buiten bedrijfstellen en het afkoelen van de ketel worden verwijderd. De aspit moet als deze te vol raakt tijdens bedrijf met behulp van de asriek worden leeg gemaakt.

De luchttoevoer onder het rooster wordt geregeld door een houten keg tussen de aspitdemper (de klep onder de vuurdeur) en de frontplaat van de ketel te plaatsen. De luchttoevoer boven het rooster (bovenwind) wordt geregeld door de rozet in de vuurdeuren verder open of dicht te draaien. Bovenwind moet spaarzaam worden toegediend omdat daarmee de hoeveelheid onderwind die de roosterbaren koelt in het gedrang komt en verbranding van de roosters tot gevolg heeft. Bovenwind wordt voornamelijk toegediend bij kolenstook direct na het opgooien van verse kolen om vermenging met lucht en daardoor de verbranding van de ontwijkende gassen te bevorderen. Bij verstoken van hout, waar het bed minder wordt afgesloten bij het opgooien van nieuwe brandstof, speelt dit nauwelijks een rol en kan het toedienen van bovenwind veelal achterwege blijven.

Het rozet dient ook om de verbranding te kunnen volgen zonder dat hiervoor de vuurdeur geopend hoeft te worden en grote hoeveelheden koude lucht wordt aangezogen.

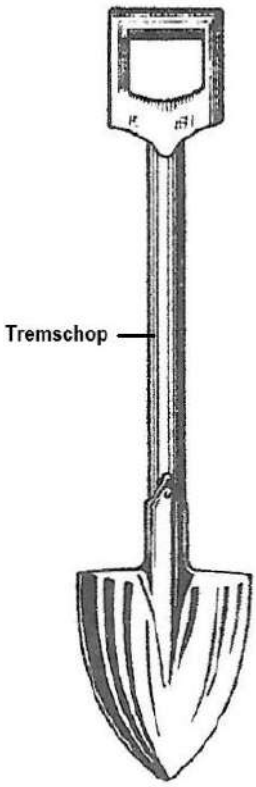
Stoken met steenkolen

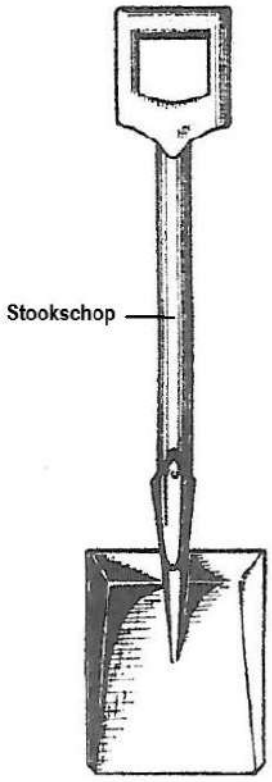
Aan instroomzijde van het bemalingsgebouw staat een bascule opgesteld. Hiermee werd in het verleden de steenkool afgewogen die in de ketel werd verstookt. Door de steenkool af te wegen en te bepalen hoeveel er per etmaal werd verstookt had men controle op het energieverbruik van de installatie maar ook enige controle op de kwaliteit van de steenkool. De steenkool werd meestal steekproefsgewijs gewogen want een ervaren stoker wist na verloop van tijd precies hoeveel steenkool hij in een kruiwagen schepte en liet daarom de extra handeling van het telkens wegen achterwege. Men drukte overigens het steenkolenverbruik uit in de thans in onbruik geraakte volume-eenheid hl. (1 hectoliter = 100 liter) en niet in de gewichtseenheid kg. Bij kleine hoeveelheden gebruikte de steenkolenhandelaar hiervoor een houten ton met een specifieke inhoud.



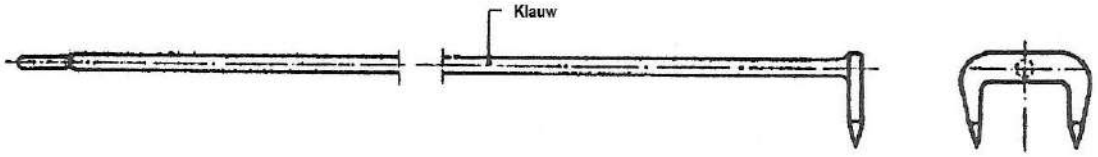
Bascule voor het afwegen van steenkool

Wil men een bepaalde steenkoolsoort volledig aanduiden dan moet deze volgens de vluchtigheid en volgens de stukgrootte worden benoemd. Zie hiervoor deel IV van deze leidraad.
De steenkolen worden met een kruiwagen vanuit de opslag naar de stookplaats gebracht. Bij het opscheppen maakt men gebruik van een schop met een spits blad: de tremschop om makkelijker in de voorraadhoop te kunnen steken. Een dergelijke schop is hier linksonder afgebeeld Omdat met dezelfde kruiwagen waarmee de steenkolen worden aangevoerd ook de vaak nog gloeiende sintels moeten worden afgevoerd is deze bij voorkeur geheel gemaakt van staal.



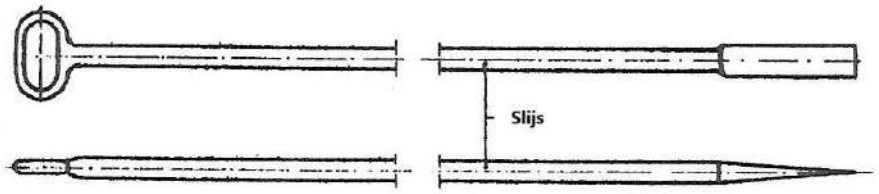


Deze soort ketel wordt met een kop gestookt, dat wil zeggen de verse steenkool wordt, in niet al te grote hoeveelheden, direct achter het doodbed op de roosters geworpen.
De stoker gebruikt hiervoor de kolenschop met een rechthoekig blad met en een opstaande rand, houten steel en handvat om de juiste draaibeweging te kunnen maken voor het spreiden van de steenkool. Een dergelijke schop is rechts hierboven afgebeeld.
Zijn de kolen ontgast, wat zichtbaar is doordat ze beginnen te gloeien, dan wordt de overgebleven cokes met de klauw of riek, een soort hark, over het rooster verdeeld. We noemen dit het doorzetten of het gelijkleggen van het vuur.



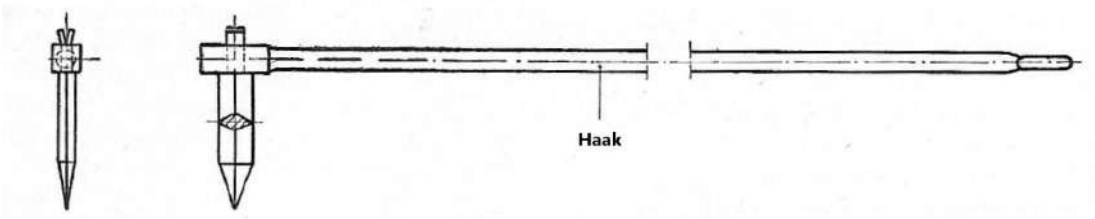
Klauw

De twee tanden van de klauw en het brede blad waaraan de steel is bevestigd zorgen er voor dat bij het doorzetten een los en overal even dik brandstof bed ontstaat. Dit doorzetten dient voorzichtig te gebeuren omdat anders te veel onverbrande kooldelen via het rooster in de aspit vallen.
Ongeveer 5 minuten na het doorzetten wordt de slakkenlaag die zich aan het rooster heeft vastgezet met de slijs van het rooster los gestoken en gebroken.



Slijs

Door het lossteken en breken blijft het toestromen van de verbrandingslucht gewaarborgd en kan een goed brandend vuur worden onderhouden. Ook worden hierdoor de roosterbaren beter gekoeld en verbranden deze niet. De bewerking van lossteken en breken noemt men ”slijzen” en zal minder intensief hoeven te gebeuren of kan soms geheel achterwege blijven als men minder bakkende steenkool verstookt.
Is de cokeslaag na ca 20 minuten voldoende weggebrand, dan kan men opnieuw kolen opgooien en een kop aanleggen. De werkzaamheden van opgooien tot opgooien noemt men een stookronde. Het spreekt voor zich dat de tijdsduur van een stookronde afhangt van de belasting van de installatie op dat moment.
De dikte van de steenkoollaag en de daardoor veroorzaakte weerstand voor de verbrandingslucht en de rookgassen houdt verband met de grootte van de trek. Bij deze ketel met natuurlijke trek mag de dikte niet meer bedragen dan 200 mm.
Daar tegenover staat dat de brandstoflaag egaal en niet te dun mag zijn; anders ontstaan er gaten in het vuur. Dientengevolge ontstaat dan een voorkeursstroom voor de verbrandingslucht waardoor de overige brandstof onvoldoende lucht krijgt en het vuur steeds minder fel gaat branden. Een gat in het vuur is te herkennen aan een donkere plek in de overigens fel verlichte aspit onder het rooster. Is er een gat in het vuur ontstaan dan moet men de brandende laag cokes weer gelijk leggen en een dunne laag verse kolen over het gehele rooster opgooien om het vuur weer op de vereiste dikte te brengen.
Indien door slakvorming of koolresten de luchtspleten tussen de roosterbaren verstopt raken zal de luchttoevoer worden belemmerd en het vuur minder fel gaan branden. Een gevaar hierbij is dat de baren onvoldoende gekoeld worden, oververhit raken, doorzakken en zelfs kunnen verbranden. De stoker moet dan met een haakmes, een soort pook, via de aspit, de luchtspleten tussen de roosterbaren weer open maken. Hierbij moet hij er zorg voor dragen dat hij de baren niet uit de oplegging rukt.



Haak

Van tijd tot tijd moeten de slakken verwijderd worden. Dit noemt men het schoonmaken van het vuur.
De frequentie waarmee dit moet gebeuren is geheel afhankelijk van de kwaliteit en de niet brandbare bestanddelen van de steenkool. In de regel kan bij een normale belasting worden volstaan om één keer per 24 uur de vuren schoon te maken.



Om, weliswaar met een verminderde belasting, toch door te kunnen draaien doet men dit vuur voor vuur of legt men een dikker vuur aan in de overgebleven vuurgang. Een half uur voor het schoonmaken worden er geen verse steenkolen meer op het desbetreffende vuur gegooid. Het vuur moet namelijk dunner worden wat men het afbranden noemt. De brandende cokes wordt met een slijs naar de zijkant van het vuur gegooid. De nu blootliggende slakken worden door de langsstromende lucht afgekoeld, wat men kan zien aan de donkere kleur die ze aannemen. Met de slijs worden de slakken los gestoten en gebroken. Met de klauw of de asriek worden de slakken via de vuurdeur naar buiten getrokken en op de stookplaat gestort. Hier worden ze met koud water geblust en vervolgens met de kruiwagen afgevoerd. De nog brandende cokes wordt nu, ook weer met de slijs, naar de schoongemaakte helft van het vuur geschoven en voorzien van een laag verse steenkolen om te ver wegbranden te voorkomen. De andere kant van het rooster wordt nu schoongemaakt, waarna alle brandende cokes over het hele rooster wordt verdeeld en voorzien van een laag verse kolen.

Slijs en asriek

Aansluitend wordt ook de as uit de aspit verwijderd. In tegenstelling tot wat vaak te doen gebruikelijk was heeft deze ketel geen gladde halvemaanvormige aslade en ligt de koolas in de kuilen van de vuurganggolven. Het verwijderen van de as met de asriek vereist derhalve de nodige handigheid van de stoker van dienst.

Stoken met hout

Bij hout als ketelbrandstof moet men er naar streven vuistgrote dan wel zo gelijk mogelijk van afmeting gezaagde en gekloofde blokken hout te verstoken; immers hiermee kan men een egaal over het rooster verdeeld brandstofbed aanleggen. Met de riek kan men dan ook de schaduwplekken op het rooster vullen, zoals direct achter de vuurdeur waar men de brandstof moeilijk kan opwerpen, en kan men eventuele gaten in het bed dichtleggen. Ook is men dan beter in staat een voldoende dikke laag brandstof aan te leggen die overwegend aan de bovenzijde zal branden, hetgeen er voor zorgt dat de roosterbaren niet oververhit raken en verbranden. Daarnaast verdient het verstoken van harde inlandse houtsoorten zoals beuk, eik en dat van vruchtbomen de voorkeur omdat men dan minder vaak brandstof hoeft op te werpen en er daardoor geen grote hoeveelheid koude lucht toetreedt.

Een voordeel van het verstoken van hout ten opzichte van steenkool is het aanmerkelijk lagere zwavelgehalte en het daardoor veroorzaakte zwavelzuur in de afgekoelde rookgasstroom. In hout zit gemiddeld 0,1 % zwavel ten overstaan van steenkool, waar gemiddeld 1 % zwavel in voorkomt. De aantasting van ketelmateriaal, rookkanalen en schoorsteen is daardoor aanzienlijk minder. Wel is bij het verstoken van hout meer onderhoud nodig omdat, vooral bij grote trek en dus sterke gasstromen, zich veel zogenoemd vliegas ontwikkelt, dat zich in de rookkanalen afzet.
Het verstoken van behandeld hout is, evenals andere brandbare maar niet als brandstof aan te merken materialen, niet toegestaan.

De praktijk bij het stoomgemaal Mastenbroek is iets weerbarstiger dan de hiervoor geschetste ideale situatie omdat de ketelbrandstof bij dit gemaal meestal bestaat uit oude pellets of kratten die door bedrijven uit de omgeving aan de stichting worden geschonken. Dit hout, overwegend vuren kanthout, wordt op locatie met behulp van een elektrisch aangedreven kettingzaag in lengtes van ongeveer 1 meter gezaagd. Het meestal lang van te voren verzamelde en gezaagde brandhout wordt opgeslagen in de nog steeds zo genoemde kolenloods achter het gemaal, en wordt op maaldagen met behulp van een kruiwagen naar het ketelhuis aangevoerd en al naar gelang de behoefte handmatig op het vuur van een van de twee roosters in de ketel geworpen en vervolgens verstookt. Bij het opwerpen worden door de stoker met behulp van lange brandstofdelen de hoge punten van de brandstof op het bed geslecht en de gedeeltelijk verbrande brandstof richting de vuurbrug geschoven. Dit lijkt een beetje op het zogenoemde kopstoken met steenkolen. Bij het verplaatsen van het vuur kan nauwelijks vermeden worden dat onverbrande of onvoldoende uitgebrande brandstof samen met de asresten door het rooster valt of achter de vuurbrug terecht komt.
Doordat de stookwaarde van de gebezigde houtsoort meer dan de helft lager is dan die van steenkolen zal een frequente aanvoer van de te verstoken brandstof naar de stookplaats nodig zijn. Omdat de stoomketel, en zeker niet als er bezoekers in het gemaal aanwezig zijn, nooit aan de aandacht van de stoker mag worden onttrokken zal het aanvoeren van de brandstof door een aparte vrijwilliger (tremmer) moeten geschieden.
De hoeveelheid hout die verstookt moet worden hangt uiteraard af van de belasting van de ketel op dat moment, dat wil zeggen de hoeveelheid stoom die door de hoofdstoommachine en de door stoom aangedreven hulpwerktuigen wordt gevraagd. Voor één maalsessie waarbij op dag 1 de ketel wordt opgewarmd en op dag 2 de ketel verder wordt opgestookt en er gemalen wordt, is ongeveer 3 m^3 (afval)hout nodig.

Door de rookgasschuif in het rookkanaal naar de schoorsteen verder te openen of te sluiten regelt men de trek en zal er al naar gelang meer of minder brandstof per tijdseenheid worden verbrand c.q. stoom worden geproduceerd. Op het moment dat de naald van de manometer de rode streep nadert moet men beginnen de aanvankelijk geheel geopende rookgasschuif te laten zakken. Het vuur zal minder heftig gaan branden waardoor minder stoom wordt geproduceerd en de druk in de ketel minder snel oploopt. Men gaat hiermee door tot de manometer niet verder oploopt en er dus een evenwichtssituatie is bereikt tussen de productie van stoom en het verbruik door de machines. De rookgasschuif wordt bediend met de op bladzijde 12 nader beschreven handlier.

Door nauwkeurig het aantal omwentelingen van het bedieningshandel bij het openen of sluiten bij te houden kan men gemakkelijk, ook al zit er een grote tijdspanne tussen, terugkeren naar een voorgaande belastingsituatie. Sommige beheerders van stoomgemalen bevestigen een standaanwijzer aan de stalen lierkabel zodat op de stookplaats de actuele stand van de schuif afgelezen kan worden.
Het gebezigde hout als brandstof voor de stoomketel bestaat hoofdzakelijk uit ruw bezaagde planken en regels vol splinters met soms uitstekende spijkers of nieten. Ook bij het afkorten met de kettingzaag ontstaan splinters waaraan men zich kan verwonden. Tijdens leegmaken (het trekken) van de aspit komen er gloeiende as en nog brandende koolresten op de stookvloer te liggen. Het dragen van degelijke handschoenen, beschermende kleding en goed schoeisel bij het stoken en bevoorraden is daarom een must.

Toebehoren
Toebehoren of appendages dienen om het veilig gebruik van de stoomketel te bevorderen.
De stoomketel is in dat verband voorzien van de volgende appendages.

- Twee veiligheidstoestellen
- Een vuurlijn; de vuurlijn aanduiding is bij het/een peilglas bevestigd en niet op het front van de ketel zelf
- Twee peilglazen
- Alarmtoestel van Black
- Loden nagel
- Manometer
- Voedingswater afsluiterklepkast
- Spuikraan, direct gevolgd door een driewegkraan om te kunnen circuleren.
- Hoofdstoomafsluiter

Verder is de ketel voorzien van een zogenoemde stempelplaat. De gegevens op deze plaat corresponderen met de gegevens van de vergunning voor gebruik. Op een foto van het ketelfront uit 1984 is deze stempelplaat te zien in het midden van het rechter ketelfront boven de vuurgang. In de huidige situatie is dit ketelplaatje niet meer zien.
Voornoemde onderdelen dienen op de volgende manier bediend en onderhouden te worden. De functie en de werking van deze onderdelen wordt o.a. in de onderliggende paragrafen van hoofdstuk 4.11 van deel IV van deze leidraad nader toegelicht.

Veiligheidstoestel
Een veiligheidstoestel zorgt er voor dat de toegestane werkdruk in een stoomketel niet wordt overschreden. De huidige stoomketels zijn uitgerust met twee in één huis ondergebrachte indirect door gewichten belaste zogeheten hoog lichtende veiligheden. De veiligheden zijn op het hoogste gedeelte van de ketel met een gemeenschappelijke tubelure aangesloten. De goede werking dient eens per jaar gecontroleerd te worden door de ketel tot de rode streep op de manometer op te stoken en vervolgens- met bijvoorbeeld een wielspanner- een tik tegen de gewichten te geven. De veiligheid begint dan spontaan af te blazen totdat weer een veilige druk is bereikt.

Dit is iets beneden de rode streep voor de maximale werkdruk op de manometer. Men dient er op bedacht te zijn dat dit met veel geraas gepaard gaat.
Na dit proefstomen moet men controleren of de kleppen niet lekken omdat dit defecten aan de kleppen en zittingen kan veroorzaken.
Als de veiligheid niet op de daarvoor aangegeven druk -rode streep op de manometer- afblaast dient de ketel uit bedrijf genomen te worden en de veiligheid losgenomen te worden en geïnspecteerd. Hierbij moet gelet worden op vervuiling van geleidingen en scharnierpunten maar ook (ernstige) vervuiling van de gewichten. Tevens moet, als er twijfel bestaat over het moment van afblazen, de manometer geijkt worden.

Vuurlijn
De vuurlijn geeft het hoogste punt van het verwarmde oppervlak aan, dat wordt gevormd door de vuurgangen. Soms wordt de vuurlijn door de hartlijn van een messing strook naast het ondermontuur van het peilglas op het ketelfront aangegeven. Bij de stoomketels van het gemaal Mastenbroek wordt volstaan met de meer praktische aanduiding op de peilkolom met behulp van een koperen strip met het opschrift voor de laagst toegestane waterstand in de stoomketel. Deze aanduiding ligt 100 mm , zo is wettelijk voorgeschreven, boven de vuurlijn en is op de foto op de volgende bladzijde te zien.

Peilglastoestel
Met behulp van een peilglas kan men de waterstand in de stoomketel aflezen. Als er tijdens bedrijf te weinig water in de stoomketel aanwezig is kan dit leiden tot een ketelexplosie met ernstige (letsel) schade tot gevolg. Het is dan ook van groot belang dat de stoker de werking van een peilglastoestel goed begrijpt, miswijzingen kan onderkennen en op een adequate manier kan ingrijpen als zich onregelmatigheden voordoen met de aanwijzing van het ketelwaterpeil.



Kolom met twee peilglastoestellen

Een begrijpelijke en algehele stelregel is hierbij dat op het moment het waterpeil, door welke oorzaak dan ook, niet meer kan worden afgelezen of onbetrouwbaar is, de ketel uit bedrijf genomen moet worden en het vuur onmiddellijk moet worden getrokken. Door de aftap aan de onderkant van het peilglas voorzichtig te openen kan op eenvoudige wijze worden gecontroleerd of deze goed werkt. In geopende stand van de aftap zal er geen water in het glas aanwezig zijn en het stoom-watermengsel via de aftapleiding met kracht ontwijken. Na het sluiten zal het waterpeil in het glas in een min of meer dansende beweging weer zichtbaar worden. Onder normale omstandigheden en een goed werkend glas zal de waterspiegel in het glas licht bewegen ten gevolge van vallende waterdruppels die door de condensatie van stoom in het bovenmontuur en het relatief koude glas worden gevormd.

Bij gemaal Mastenbroek zijn twee cilindrische peilglazen toegepast waarvan de monturen op een speciale aan de ketel bevestigde kolom zijn gemonteerd. Bijzonder is dat deze monturen, zoals indertijd te doen gebruikelijk, niet kunnen worden doorgestoken. Zie hiervoor paragraaf 4.11.5 van. Deel IV van deze leidraad.

Fabricaat	Gebr. Leser Hamburg
Glas diameter	18 mm
Glas lengte	380 mm

Peilglas specifikaties

De glazen zijn voorzien van een beschermglas. Om bijvoorbeeld bij glasbreuk de stoom- en waterruimte snel af te kunnen sluiten zijn de monturen voorzien van zogenoemde gewicht belaste valafluiters. De (rode) gewichten van deze afsluiters staan in geopende stand rechtop. De schroefspindels van de afsluiters zijn voorzien van meerganging schroefdraad waardoor al bij slechts een kleine hoekverdraaiing de afsluiter kan worden geopend of gesloten. Door een lichte tik tegen het gewicht van de afsluiter te geven kan de afsluiter gesloten worden. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij glasbreuk. Men kan dan bijvoorbeeld met behulp van een bezemsteel op veilige afstand de afsluters bedienen en het gebroken glas verwijderen en vervangen.

Springen van het glas

Het springen van het peilglas wordt meestal veroorzaakt door tocht of in een enkel geval door verkeerde montage. Mocht dit gebeuren dan moet men als eerste de waterafsluiter en daarna de stoomafsluiter sluiten en de aftapafsluiter openen . Hierna dient zo spoedig als mogelijk een nieuw glas ingezet te worden. De uit draadglas vervaardigde peilglasbeschermer voorkomt verwondingen door het wegspringende glas bij breuk van het peilglas en beschermt deze tegen stukstoten. Ook voorkomt het beschermglas dat koude lucht langs het glas kan stromen en er spanningen in het glas ontstaan die dit vervolgens doen breken.

Nieuw glas monteren en bijzetten

Een peilglas kan tijdens bedrijf vervangen worden. De montage en het bijzetten behoeft enig vakmanschap en het nodige geduld van de dienstdoende machinist. Men gaat hierbij als volgt te werk:

- Verwijder de peilglasbeschermer en demonteer de schroefdop bovenop het bovenmontuur.
- Draai met een goed passende sleutel de wartels los en verwijder de glasresten, pakking (vlakke ringen), pakkingdrukringen alsmede het drukstuk en maak de pakkingkamers goed schoon.
- Controleer het nieuwe glas op de juiste lengte. Een te kort glas heeft te weinig geleiding waardoor deze niet goed afdicht.
- Het nieuwe peilglas via de opening in het bovenmontuur aanbrengen waarbij in de juiste volgorde de pakkingringen, drukringen en wartels weer worden aangebracht.
- De onderste wartel handvast aandraaien en daarbij het glas tot onder in de sponning duwen. Vervolgens ook de wartel in het bovenmontuur handvast aandraaien, de van een nieuwe afdichtingsring voorziene schroefdop aanbrengen en zodanig aanhalen dat deze goed afdicht.
- Na het geheel de gelegenheid te hebben gegeven voldoende door te warmen en zowel het glas als de monturen dezelfde temperatuur hebben gekregen kunnen door de kraan in het bovenmontuur iets open te zetten zowel het glas als de monturen verder worden opgewarmd zodat alle onderdelen hierbij dezelfde bedrijfstemperatuur aannemen en de gelegenheid krijgen ongehinderd uit te zetten.

- Als alle onderdelen de bedrijfstemperatuur hebben aangenomen kunnen de wartels verder worden aangedraaid, het beschermglas worden aangebracht en de aftapafsluiter langzaam worden gesloten. Als zich geen lekkage voordoet kunnen daarna de stoom en vervolgens de waterafsluiter verder uiterst langzaam geheel worden geopend.
- Doet zich wel lekkage voor dan zal men in omgekeerde volgorde te werk moeten gaan en de wartels uiterst voorzichtig iets verder aandraaien.

Het is raadzaam om bij deze werkzaamheden ruim zittende beschermende kleding en niet al te stugge leren vingerhandschoenen te dragen.

Reinigen
Bij het inbedrijf nemen van de stoomketel kan het glas aan de binnenzijde wel eens bedekt zijn met een vettige aanslag als gevolg van de gebruikte chemicaliën, waardoor het glas moeilijk is af te lezen. Door de schroefdop uit het bovenmontuur te verwijderen kan het glas met een doekje bevestigd aan een stuk koper lasdraad en gedrenkt in spiritus eenvoudig gereinigd worden.

Doorblazen
De kranen en de toevoerkanalen naar het peilglas kunnen verstopt raken als gevolg van ketelsteen-vorming. Het waterpeil in het peilglas komt dan niet meer overeen met het waterpeil in de stoomketel. Zoals hiervoor is aangegeven kan men verstopping waarnemen door verschillen in aanwijzing tussen de twee glazen of het ontbreken van de enigszins dansende beweging van de waterspiegel in het glas.
Bij een te laag peil wordt de vuurgang onvoldoende gekoeld en raakt oververhit, waardoor ernstige schade aan de vuurgang kan ontstaan en deze zelfs kan inzakken. Bij een te hoog waterpeil wordt veel water meegenomen door de stoom dat de ketel verlaat. Dit water komt in de stoommachine en kan, omdat water niet samendrukbaar is, tot waterslag leiden. Om te voorkomen dat kranen en kanalen verstopt raken dient men deze op gezette tijden, maar minimaal een keer per dag, door te blazen. De procedure hiervoor is nagenoeg gelijk met die van de controle of het peil in het glas overeenkomt met het peil in de ketel.

- Men sluit eerst de stoom- en waterafsluiter van respectievelijk het boven- en ondermontuur en opent de aftap of doorblaas afsluiter van het ondermontuur.
- Vervolgens opent men beurtelings langzaam de stoom- of waterafsluiter. Spuit op dat moment geen krachtige straal uit de aftapleiding dan is de afsluiter of het toevoerkanaal verstopt. Als het losse verontreinigingsdelen betreft worden deze met de stoomstroom afgevoerd. Aangegroeide ketelsteen zal echter een blijvende verstopping veroorzaken die alleen door middel van doorsteken verwijderd kan worden.
- Na het doorblazen dient men de aftapkraan te sluiten en vervolgens eerst de stoomafsluiter en daarna de waterafsluiter langzaam te openen.

Monteren boven-en ondermontuur
Na een uitgebreide inspectie of onderhoud kan het nodig zijn dat de monturen opnieuw moeten worden gemonteerd.

Hierbij moet de uiterste zorg worden besteed aan de uitlijning van het boven- en ondermontuur omdat bij scheeftstand spanning op het glas kan komen te staan hetgeen makkelijk tot breuk kan leiden.
Men maakt hierbij gebruik van een stalen dummy met dezelfde afmeting als het glas. Bij het monteren gaat men als volgt te werk:

- Men monteert eerst het boven- en ondermontuur en zet de moeren van de draadeinden slechts handvast zodat de flens nog enige bewegingsvrijheid heeft.
- Vervolgens plaatst men de dummy op de wijze zoals ook het glas geplaatst wordt, dus door het aandraaien van de wartels, echter zonder pakkingringen zodat het drukstuk tegen de sponning drukt en de dummy voldoende geleiding krijgt.
- Hierna haalt men om en om en van het boven- naar het ondermontuur de moeren aan van de flensverbinding.
- Door de wartels iets los te draaien moet nu de dummy gemakkelijk via het bovenmontuur te verwijderen zijn. Is dit niet het geval dan staan het boven- en ondermontuur onvoldoende in lijn met elkaar en dient men de flenzen te lossen en opnieuw te beginnen.
- Als laatste monteert men het (nieuwe) glas.

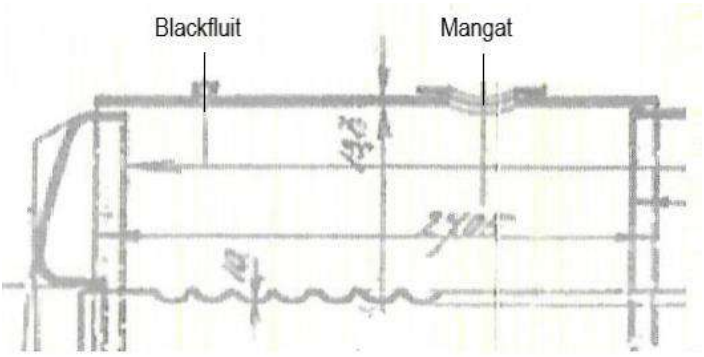
Alarmtoestel van Black en loden nagel in vuurgang

De huidige stoomketel is uitgerust met zowel een blackfluit als op elke vuurgang een zogeheten loodnagel met smeltprop. De blackfluit waarschuwt de stoker met een fluitsignaal bij een dreigend tekort aan water in de ketel. De loodnagel smelt als de waterstand te laag is waardoor stoom uit de ketel de vuurgang wordt ingeblazen en het vuur dooft wegens gebrek aan zuurstof. De blackfluit moet de stoker aanzetten tot het op peil brengen van het ketelwater en als dit niet mogelijk is het trekken van het vuur.
De loodnagel in de vuurgang heeft tot doel bij een te lage waterstand de ketel te behoeden tegen explosie en dientengevolge (zeer) ernstige schade.
De werking van de blackfluit en de loodnagel met de bijbehorende loodprop is uitvoerig beschreven in deel IV van deze leidraad en wordt daarom hier slechts kort aangehaald wat betreft de essenties.

De loden nagels voor in de vuurgang worden in eigen beheer gegoten en bewerkt voor montage. Overwogen wordt om dit ook te doen voor de smeltproppen in de blackfluit.

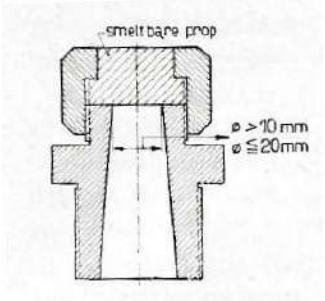
Blackfluit

De blackfluit bevindt zich aan de voorkant van de stoomketel op ongeveer 1,5 m boven de bemetseling. De plaats waar deze met een flens met de ketel is verbonden is op de doorsnede tekening van de ketel hieronder aangegeven.



Plaats blackfluit en mangat

Wanneer tijdens het vullen van de ketel het waterpeil gestegen is tot aan de onderkant van de verbindingspijp, kan de lucht die zich in de pijp bevindt niet meer ontsnappen. Tijdens het opstoken van de ketel wordt door het oplopen van de stoomdruk het ketelwater in de verbindingspijp geperst waardoor ook de lucht die zich in het bolvormige gedeelte onder de loodprop bevindt, wordt samengeperst. Deze lucht voorkomt dat het hete ketelwater in aanraking komt met de loodprop. Daalt tijdens bedrijf het waterniveau tot onder de verbindingspijp dan wordt de lucht verdrongen door hete stoom uit de ketel. Deze stoom, die bij een werkdruk van 4 bar een temperatuur heeft van ruim 151° C, bereikt de smeltprop, deze smelt, en de fluit treedt in werking. Tijdens bedrijf moet de afsluiter tussen de verbindingspijp en de fles altijd openstaan. De kraan moet gesloten worden wanneer de ketel onder druk tot onder de onderkant van de verbindingspijp gespuid wordt of als tijdens bedrijf de smeltprop vervangen moet worden.



De smelttemperatuur van de prop is overeenkomstig de daarvoor geldende oude wet- en regelgeving 105° C, juist iets hoger dan het kookpunt van water bij atmosferische druk.

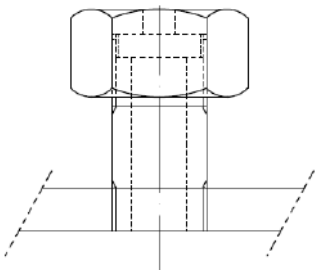
Smeltprop in blackfluit

De smeltprop voor de blackfluit bestaat uit een legering van 1 deel tin, 1,3 delen lood en 2,4 delen bismut en wordt met behulp van een gietmal in eigen beheer aangemaakt. Het is raadzaam altijd een aantal proppen op voorraad te hebben. Bij het periodiek keuren van de ketel kan geëist worden de werking van de blackfluit te beproeven. Hiertoe wordt tijdens bedrijf het waterniveau verlaagd door de ketelvoedingwaterpomp te stoppen. Zodra het waterpeil in de ketel tot onder de standpijp is gedaald zal deze warm worden en moet de fluit na enkele ogenblikken in werking treden. Direct daarna moet het water in de ketel weer op peil worden gebracht of het bedrijf worden gestaakt en het vuur uit de ketel worden gehaald om droogkoken te voorkomen. Uiteraard moet de afsluiter in de standpijp worden gesloten, een nieuwe smeltprop worden aangebracht en, nadat de verbindingspijp voldoende is afgekoeld, de afsluiter weer worden geopend.

Loden nagel

De loden nagel bevindt zich bij elke vuurgang op het hoogste punt van de vuurgang, boven het midden van het achterste rooster van de drie bedden. Hier is de vlam het heetst en zal het ketelmateriaal het meest verzwakt worden en daardoor het eerst bezwijken. Het contactoppervlak van de nagel moet 1 cm² per vierkante meter roosteroppervlak bedragen hetgeen bij deze stoomketel met een RO van 1,8 m² per vuurgang resulteert in een effectieve doorsnede van 15 mm.

Wanneer het waterniveau in de ketel daalt tot onder de smeltprop dan wordt deze niet meer gekoeld door het ketelwater en smelt. De stoom stroomt door de vrijgekomen opening en dooft het vuur. Op het moment dat de stoom met veel lawaai de vuurhaard binnen treedt zal het vuur in aanraking met de stoom eerst een chemische reactie veroorzaken en aanwakkeren om vervolgens door zuurstofgebrek geheel te doven. Op alle mogelijke plaatsen, zoals bij de aspit, de vuurdeur en de schoorsteen, zullen hete stoom, kool en asresten naar buiten treden en ontstaat een gevaarlijke situatie voor aanwezigen. De stookplaats moet daarom van voldoende vluchtwegen zijn voorzien en mag niet afgesloten worden tijdens bedrijf. De loden nagel bestaat uit een koperen houder, en een loden prop die door een wartel of dopmoer op zijn plaats wordt gehouden. De moer is aan de bovenzijde voorzien van een gaatje van 10 mm wat er voor zorgt dat in voorkomende gevallen de stoom enigszins gecontroleerd ontsnapt. De loden nagel wordt waterzijdig aangebracht.



Loden nagel op de vuurgang

Samenstelling proppen en nagels

De smeltprop in de blackfluit bestaat uit een tin, lood, en soms bismutlegering van een zodanige samenstelling dat deze smelt bij een temperatuur die iets hoger ligt dan die van kokend water bij atmosferische druk, te weten: 105 ° C.

Bij de loodnagel in de vuurgang wordt geen smelttemperatuur voorgeschreven maar wordt voorgeschreven dat de nagel van lood moet zijn of een legering die smelt voordat het ketelmateriaal als gevolg van droogkoken ”gevaarlijk” wordt oververhit.

Bij het gemaal Mastenbroek wordt voor de loodnagel in de vuurgang ongelegeerd lood toegepast. Ongelegeerd of zuiver lood heeft een smelttemperatuur van 327° C.

Fabrieksmatig aangemaakte smeltproppen worden verzilverd om aantasting door het ketelwater te voorkomen.

Het samenstellen van de loodlegering die bij de gewenste temperatuur smelt (het zogeheten eutectische punt van de legering) en het in eigen beheer fabriceren van de proppen is een lastige aangelegenheid die zich niet vaak zal voordoen. Het verdient daarom aanbeveling de samenstelling van de legering en het fabricageproces nauwkeurig te omschrijven. Verder is het raadzaam een aantal loodproppen op voorraad te hebben en de gemonteerde proppen bij de geringste sporen van aantasting te vervangen door nieuwe. De oude regels voor het gebruik van stoomketels schrijven voor dit eenmaal per jaar te doen. Dit voorkomt dat men tijdens draaidagen de installatie voortijdig moet stopzetten en eventuele bezoekers naar huis moet sturen.

In de onderstaande tabellen wordt voor een aantal smelttemperaturen van de smeltprop de materiaalsamenstelling in gewichtsdelen gegeven.

Tin	1	1	1	1	1	1	
Lood	2,3	1,5	2	1	0,66	0,58	
Smeltpunt	257° C	232° C	230° C	213° C	189° C	183° C	

Smeltpunten voor loodproppen op basis van tin en lood

Tin	1	1	1	1	1	1	1
Lood	0,66	0,5	1	0.9	1,3	1,3	2
Bismut	0,66	0,5	3	2	2,3	2,7	3,3
Smeltpunt	150° C	130° C	121° C	114° C	107° C	101° C	96° C

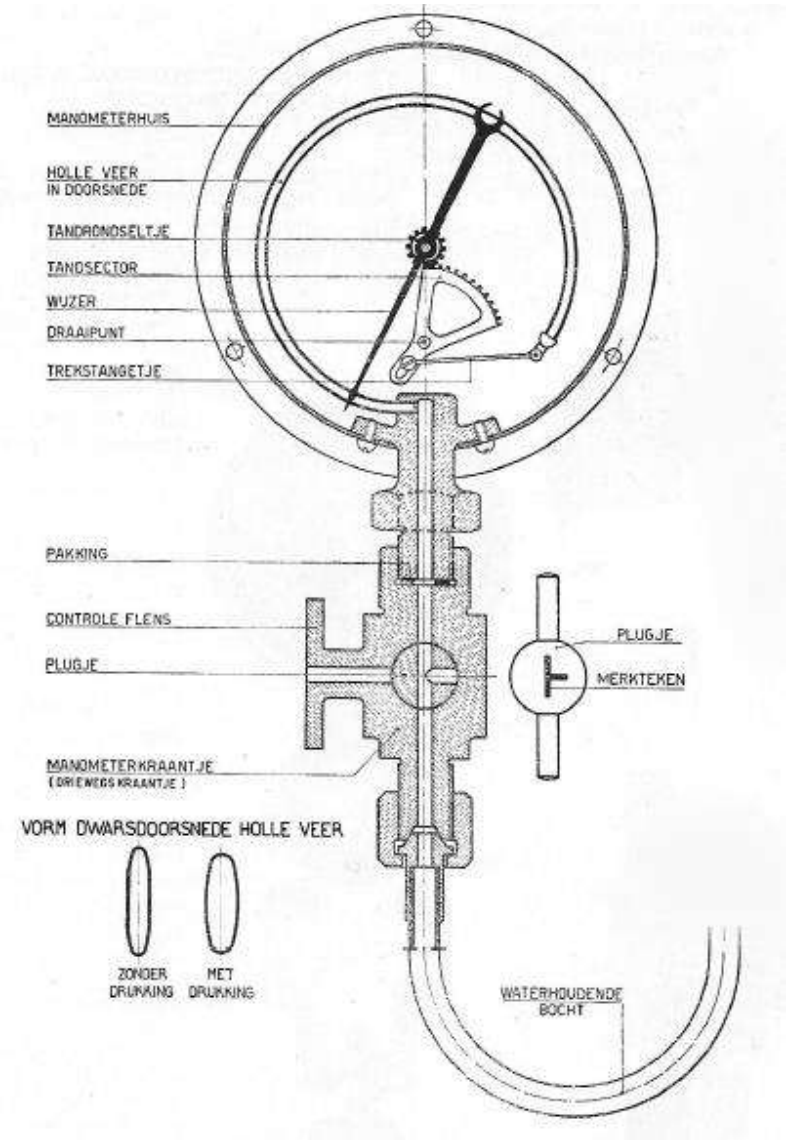
Smeltpunten voor loodproppen op basis van tin, lood en bismut (Handboek voor de Metaalbewerking)

De samenstelling van de legering voor tussenliggende smelttemperaturen kan men bij niet al te grote temperatuurverschillen vinden door middel van interpolatie.
Een leverancier van de afzonderlijke materialen voor het samenstellen van een legering van de loodproppen of -nagels is Salomon's Metalen B.V. uit Groningen.
Bij het gieten van lood komen giftige dampen vrij. De ruimte waarin dit gebeurt moet daarom goed geventileerd worden of men moet dit in de buitenlucht doen.

Manometer

De manometer dient voor het meten van de stoomdruk in de stoomketel. De manometer op de stoomketel van het stoomgemaal Mastenbroek geeft de werkdruk weer in kg/cm². De wijzerplaat van de manometer is bij de hoogst toegestane werkdruk (4 kg/cm²) voorzien van een rode streep. Boven deze druk moeten de veiligheden in werking treden. De manometer is met een flensaansluiting op de bovenkant van de zogenoemde peilkolom bevestigd. Direct onder de manometer zit de voorgeschreven proefkraan waarop de nauwkeurig geijkte manometer van de keurende instantie kan worden aangesloten.

Om te voorkomen dat de manometer wordt blootgesteld aan hoge temperaturen en daardoor niet meer de juiste druk weergeeft, is de verbindingsleiding krulvormig uitgevoerd zodat er altijd water, gecondenseerde stoom, in staat met de temperatuur van de directe omgeving. Zowel de manometer als de proefkraanaansluiting zijn met schroefdraad aan elkaar en de waterhoudende leiding verbonden. Dit is geen (conische gesneden) pijpdraad zoals bij fitwerk wordt toegepast. De afdichting wordt bereikt met gegloeide (rood)koperen ringen en niet met hennep en pijppasta of Teflon tape. Koper wordt hard door hameren of er grote druk op uit te oefenen, zoals bij dit soort verbindingen. De koperen ringen kunnen eenvoudig weer zacht worden gemaakt en hun goede afdichtings-eigenschappen terug krijgen, door ze in een vlam kersrood te stoken en in water af te koelen.

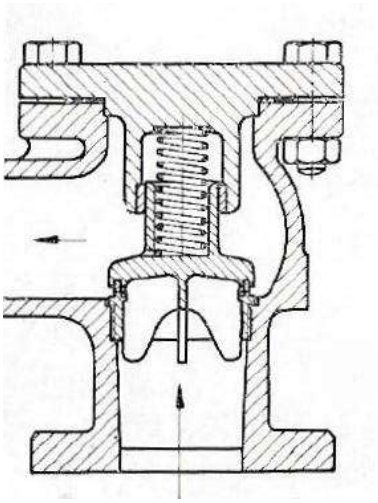


Voorbeeld van een manometeraansluiting

De afdichting van de proefkraan met de waterhoudende bocht, bij het gemaal Mastenbroek een krul, wordt bereikt met een op het rechte gedeelte van de krul gesoldeerde koperen nippel en bijbehorende wartel.

Voedingwater-afsluiterklepkast

De voedingwaterklepkast voorkomt dat bij leidingbreuk een grote hoeveelheid heet water de ketelruimte kan binnenstromen. Dit hete water verandert spontaan in stoom wat verbranding maar ook verstikking tot gevolg kan hebben van het bedienend personeel of anderen die zich in deze ruimte bevinden. De gegoten voedingwater-afsluiterklepkast bestaat uit een afsluiter waarmee de kast van de ketel kan worden afgesloten, en een veerbelaste terugslagklep die er voor zorgt dat er geen water terug kan stromen. De afsluiter en de terugslagklep vormen zoals te doen gebruikelijk een geheel. De bronzen terugslagklep is voorzien van een spiraaldrukveer en sluit tegen de waterdruk in van de ketelvoedingwaterpompen.



Aan de zijkant van de klep zit een aftapplug die wordt gebruikt bij reparaties aan de klep als de ketel onder druk staat. Deze plug draait men voorzichtig open om te controleren of de afsluiter aan de ketel goed gesloten is.

Principe tekening van de terugslagklep

De persleiding vanaf de ketelvoedingwaterpompen is gemaakt van koper. De leidingdiameter van deze aansluiting op de ketel is 50 mm.





Klepkast met haakse klepafsluiter

Het toegepaste fabricaat voedingwaterklepkast is niet bekend en wijkt enigszins af van gebruikelijke en algemeen toegepaste types. De bovenstaande foto's tonen de klepkast in voor periodiek onderzoek geprepareerde toestand.

Spuikraan

De spuikraan is bij het stookfront onderaan de ketelromp geplaatst en wordt gebruikt om regelmatig een te hoge concentratie opgeloste stoffen, slib en de eventuele ketelsteenresten af te voeren (spuien). Door tijdens bedrijf de kraan op gezette tijden een klein beetje te openen wordt door de keteldruk een klein deel van het ketelwater met daarin het door de chemicaliën gevormde slib via de spuileiding afgevoerd naar de instroomzijde buiten de damwandconstructie van het gemaal. Het uit de ketel afgevoerde water wordt aangevuld door de ketelvoedingwaterpomp. De spuikraan wordt ook gebruikt om de ketel leeg te maken als deze voor een lange periode buiten bedrijf wordt gesteld. Dit gebeurt als het vuur gedoofd is, het brandwerk en de vuurbrug voldoende afgekoeld zijn en de keteldruk is gedaald tot 1 kg/cm². Op de kop van de plugsteel is een merkteken aangebracht zodat men kan zien of de kraan open dan wel gesloten is. Belangrijk is dat men zich er steeds van gewist dat na elke spuisessie de kraan goed gesloten is om te voorkomen dat het ketelwater ongemerkt onder peil raakt.



Spuikraan en driewegkraan tbv recirculatie

Een stoomketel is geconstrueerd en wat betreft de sterkte berekend op overdruk en niet op onderdruk. Bij het afkoelen maar ook bij het spuien kan, als gevolg van de grote volumeverandering van de condenserende stoom en het verwijderen van het water, onderdruk ontstaan waardoor de ketelromp kan imploderen.
Ook de manometer op de ketel raakt door onderdruk ontregeld of zelfs defect. Men moet dus zorgdragen voor beluchting door bijvoorbeeld de aftapkraan van de peilkolom of de driewegkraan onder de manometer open te draaien.

2.2.5 Processchema

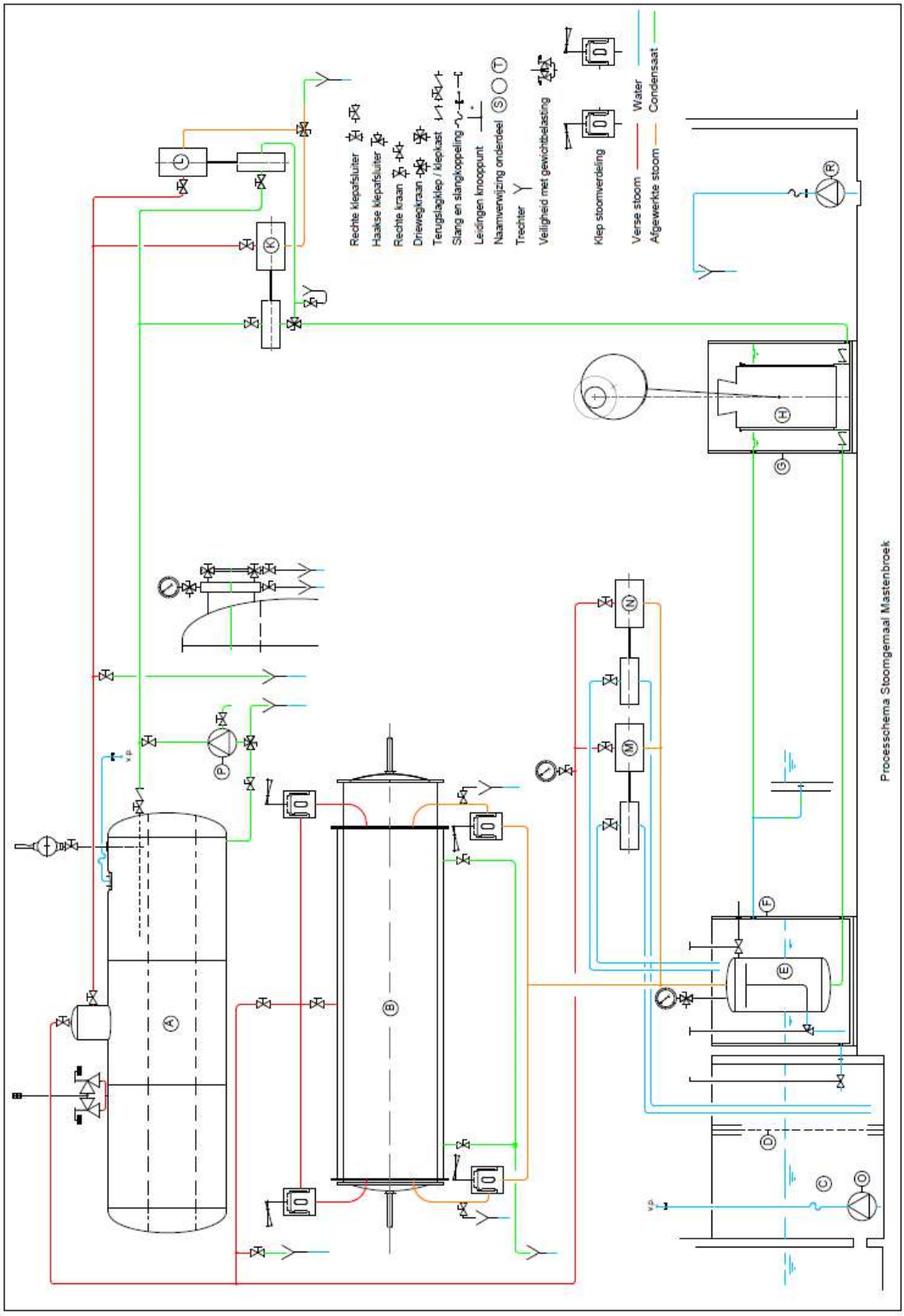
Voor het in bedrijf stellen en de bediening van de stoominstallatie moeten in de juiste volgorde een aantal handelingen worden verricht. Deze handelingen vinden op verschillende plaatsen, toestellen en machines in het bemalingsgebouw plaats. Het overgrote deel van deze handelingen bestaat uit het in de juiste stand zetten van afsluiters en kranen. In het hierna volgende processchema zijn deze bedieningsorganen terug te vinden. Belangrijk is te vermelden dat voor in bedrijf stelling al deze afsluiters en kranen op hun gangbaarheid dienen te worden gecontroleerd omdat als de installatie eenmaal is opgestookt het bijzonder lastig - zoal onmogelijk is- reparaties uit te voeren.

Installatieonderdelen

De volgende letters in het schema corresponderen met de hierna volgende installatieonderdelen of machines:

A. Stoomketel
B. Stoommachine (cilinder)
C. Koel- en injectiewaterbak
D. Vuilrooster
E. Injectiecondensor
F. Injectiecondensor koelwaterbak
G. Condensaatbak
H. Natte luchtpomp
K. Ketelvoedingwaterpomp (Worthington duplex, liggend)
L. Ketelvoedingwaterpomp (Weir Simplex, staand)
M. Condensor koelwaterpomp (grote) (Worthington duplex, liggend)
N. Condensor koelwaterpomp (kleine) (Worthington duplex, liggend)
O. Vulpomp (elektrische aangedreven dompelpomp)
P. Ketelwater circulatiepomp (elektrische aangedreven pomp)
R. Lenspomp

In bijlage 4 van deze leidraad vinden we een op A2 formaat afgedrukt processchema met daarop ook de nummers van de verschillende afsluiters, kleppen en kranen. Voor de naam van deze organen wordt verwezen naar de bij dit schema gevoegde lijst. Bij de beschrijving van een aantal bedieningshandelingen in dit deel van de leidraad wordt naar deze nummers verwezen.


Rechte klepafsluiter
Haakse klepafsluiter
Rechte kraan
Driewegkraan
Terugslagklep / Klepkast
Slang en slangkoppeling
Leidingen knooppunt
Naamverwijzing onderdeel
Trechter
Veiligheid met gewichtbelasting
Klep stoomverdeling
Verse stoom
Afgewerkte stoom
Water
Condensaat
Processchema Stoomgemaal Mastenbroek

2.2.6 Bediening stoomketel

Een stoomketel die is ingericht volgens de Stoomwet en het Stoombesluit, zoals bij het onderhavige gemaal Mastenbroek het geval is, dient tijdens het bedrijf volledig te worden bewaakt. Volledige bewaking betekent dat zolang de ketel in bedrijf is er steeds een ter zake kundige persoon aanwezig moet zijn die tenminste de druk en het waterpeil in de gaten kan houden en indien nodig ingrijpt. De ketel is in bedrijf als het vuur in de ketel brandt.

Bij de bediening van een stoomketel worden de fasen opstoken, bedrijfsvoering en uit bedrijf nemen onderscheiden. Van elke fase worden hierna in chronologische volgorde de belangrijkste aandachtspunten beschreven.

Vullen en opstoken

Voor het opstoken van de ketel moet twee dagen worden uitgetrokken waarbij men voldoende de tijd neemt om niet alleen de geklonken ketel zelf, maar ook de stoomleidingen, rookkanalen en bemetseling van rookkanalen en schoorsteen zo langzaam als mogelijk op temperatuur te laten komen. Een te snelle opwarming leidt namelijk tot ongelijkmatige uitzetting van materialen met als gevolg materiaalspanningen en lekkage. Met name bij klinknaadverbindingen kan dit tot onherstelbare schade leiden. Er wordt bij deze beschrijving voor het opstoken van een geopende - de twee mangatdeksels zijn dan nog niet gemonteerd- en lege ketel uitgegaan.

Het vullen van de ketel met water geschiedt met behulp van een elektrische in paragraaf 2.7.3 nader beschreven dompelpomp via het mangat in de bovenzijde van de romp.
De dompelpomp wordt in de zogenoemde polderput geplaatst en pompt het ongefilterde (polder)water via een slang naar de ketel. De capaciteit van de pomp bedraagt bij 7 meter opvoerhoogte en inclusief leidingweerstand 7,2 m^3/min en is dusdanig groot dat de ketel met een waterinhoud van 26 m^3 in ongeveer 3 uur tot het gewenste peil kan worden gevuld.
Er moet zorg voor worden gedragen dat de ketel niet wordt overvuld omdat het water dan in de bekleding van de ketel dringt wat tot roestvorming van de ijzeren en stalen onderdelen leidt en het ketelhuis in een mist hult omdat het dagen duurt voor dat dit water verdampt is.
De ketel wordt gevuld met ruw polderwater. De daarin aanwezige kleideeltjes en andere vaste bestanddelen zijn aanleiding voor vervuiling en kunnen schade toebrengen aan de ketel. De ketel moet daarom voor het opstarten, als de zwaardere bestanddelen zijn bezonken, zoveel als mogelijk worden gespuid.

Als het vuur in de ketel is gedoofd stopt de natuurlijke circulatie en dus ook het opwarmen van de nog koudere keteldelen. Om ook bij een gedoofd vuur het gelijkmatig opwarmen te bevorderen is bij deze ketel tussen de spuileiding, (onderin de ketel), en de ketelvoedingwater leiding (bovenin de ketel) een elektrische circulatiepomp geplaatst. Deze pomp zuigt het relatief koudere water onderuit de ketel en perst dit naar de bovenzijde van de ketel waar het met het warme water wordt vermengd. Hierdoor ontstaan in zowel langs- als dwarsrichting circulatiestromen die er voor zorgen dat de ketel na 12 uur overal even warm is. In het volgende schema is te zien waar deze circulatiepomp in het leidingschema is geplaatst en welke kranen bediend moeten worden voor het in- en uit werking stellen van deze circulatiepomp.

Eerste dag

1. Wanneer er werkzaamheden in de ketel zijn uitgevoerd moet men deze voor het sluiten inspecteren op vreemde voorwerpen. Gezorgd moet worden dat de ketel voordat men hem betreedt goed is geventileerd. Bij de inspectie maakt men gebruik van een handlamp die is aangesloten op een scheidingstransformator met ten hoogste een spanning van 42 Volt of een zaklamp met batterijvoeding. Deze werkzaamheden moeten altijd met twee personen worden uitgevoerd waarvan één buiten de ketel, die continue in mondeling contact blijft met degene die in de ketel is.
2. Sluitvlakken van de twee mangatdeksels reinigen en controleren op beschadiging. De sluitvlakken eventueel opschuren met schuurlinnen. Het mangatdeksel onderin het ketelfront en de bijbehorende knevels monteren en de moeren aanhalen met een daarvoor geschikte ringsleutel. De moeren mogen niet te vast worden aangehaald. Het gebruik van een verlengstuk op de sleutel is niet toegestaan.
3. De stoomafsluiter op de stoomdom die leidt naar de ketelvoedingwaterpompen een paar slagen opendraaien en de condensaataftap die zich in deze leiding bevindt open zetten om tijdens het opwarmen de in het water opgeloste lucht en andere gassen te laten ontwijken.
4. Controleren of de afsluiter op de alarmfluit/blackfluit gangbaar is en open staat.
5. Controleren of de rookgasschuif naar de schoorsteen gangbaar is en open staat.
6. Peilglasafsluiters op hun gangbaarheid controleren en de water- en stoomafsluiters van de armaturen open zetten. Behalve het stoomarmatuur van het linker peilglas staan de zware rode handels in de stand vijf voor twaalf. De handel van de afsluiter van het linker bovenmontuur is in tegenstelling tot de andere drie niet van rechtse- maar van linkse schroefdraad voorzien en staat in de geopend stand op vijf over twaalf. De doorblaasafsluiters van de armaturen en de aftap van de peilglaskolom dienen gesloten te worden.
7. Controleren of de afsluiter van de ketelvoedingwaterklepkast gangbaar is en deze open draaien.
8. Spuikraan op zijn gangbaarheid beproeven en sluiten.
9. Met behulp van de speciale elektrische dompelpomp en slang de ketel vullen met polderwater. Tijdens het vullen een deel van het water via de spuikraan laten wegstromen om eventuele vuilresten weg te spoelen en alle verbindingen controleren op lekkage en zo nodig natrekken. Onder warme buitenlucht omstandigheden condenseert vocht uit de lucht op de door het koude ketelwater afgekoelde metalen delen. Men moet dit niet verwarren met lekkage. De ketel vullen tot halverwege het zichtbare deel van de peilglazen (half glas).
10. Als de ketel gevuld is de begindosering chemicaliën via het mangat aan het ketelwater toevoegen.
11. Mangatdeksel in de romp bovenop de ketel met de bijbehorende knevels monteren en de moeren aanhalen met een daarvoor geschikte ringsleutel. Ook hier geldt dat de moeren niet te vast mogen worden aangehaald en het gebruik van een verlengstuk op de sleutel niet is toegestaan. Let op: de merktekens die op het mangatdeksel zijn aangebracht dienen overeen te komen met die op de ketelromp.
12. Afsluiter van de ketelvoedingwaterklepkast sluiten.

13. Hoofdstoomafsluiter naar de ketelvoedingwaterpompen, aan de zijkant van de stoomdom, evenals de condensaataftap in deze leiding openen. Deze aftap bevindt zich op de stookvloer naast de ketelvoedingwaterpompen en dient om bij het opstoken lucht en andere gassen te laten ontwijken. Men kan hiervoor ook de driewegkraan onder de manometer gebruiken maar in dat geval geen druk aflezen.
14. Het roosterdeurtje in de voet van de schoorsteen vervangen door de dichte deur die in het gemaal is opgeborgen. Hierna in de schoorsteen een steeds groter houtvuur aanleggen om de schoorsteen te drogen, langzaam op te warmen en trek te creëren.
15. Na ongeveer een uur de deur in de schoorsteen sluiten en nu eveneens met behulp van hout een vuur aanleggen op de roosters in de ketel. Dit vuur steeds verder verspreiden en steenkolen toevoeren net zolang tot een egaal goed brandend vuur ontstaat. Het vuur mag niet te fel branden omdat dan in een te korte tijd te veel warmte wordt ontwikkeld. Door de rookgasschuif verder te openen of te sluiten kan men de trek regelen. Door tevens de aspit-demper verder te openen of te sluiten kan het vuur worden getemperd, echter deze mag nooit helemaal gesloten worden omdat dan de roosterbaren onvoldoende gekoeld worden en verbranden. Met de schuif in de vuurdeur kan men de hoeveelheid bovenwind regelen en zorgen dat er voldoende lucht is voor het verbranden van de uit het vuurbed ontwijkende gassen, zoals direct na het opgooien van verse steenkool het geval is.
16. De elektrische ketelwatercirculatiepomp inbedrijfstellen door de twee kranen in de spuileiding in de juiste stand te plaatsen, de persafsluiter van het pompsysteem en de afsluiter van de ketel- voedingwaterklepkast te openen. De persafsluiters van de ketelvoedingwaterpompen blijven gesloten.
17. Bij het opstoken de mangatdeksels regelmatig controleren op lekkage en zo nodig natrekken.
18. Tijdens het opstoken de ontluchting van de ketel openzetten zodat alle uit het water vrijkomende gassen kunnen ontwijken.
19. Het vuur in de ketel laten uitbranden als de naald van de manometer juist los komt. De ontluchting moet dan worden gesloten waarna de druk nog ongeveer 0,3 kg/cm² zal oplopen.
20. Zodra het vuur helemaal uit is de aspitdemper sluiten en de rookgasschuif openen zodat eventuele verstikkende gassen kunnen ontwijken.
21. De hoofdstoomafsluiter naar de ketelvoedingwaterpompen en de ontluchting dichtdraaien. De elektrische ketelwatercirculatiepomp blijft in bedrijf en zorgt voor het gelijkmatig doorwarmen van de ketel.

<u>Tweede dag</u>

1. De circulatiepomp buiten werking stellen en de hoofdstoomafsluiter naar de ketelvoedingwaterpompen met de bijbehorende aftap (ontluchting) openen.
2. De roosters schoonmaken, as uit de aspit verwijderen, een nieuw vuur aanleggen in de ketel en deze in 8 uur tijd op de druk brengen van 4 kg/cm². Onderwijl steeds alle (flens)verbindingen en stopbussen controleren op lekkage en in voorkomende gevallen deze opheffen.
3. Aftap/ontluchting in de leiding naar de ketelvoedingwaterpomp steeds verder knijpen en bij een druk van 0,5 kg/cm² dichtzetten.

4. Bij een druk van 2 kg/cm² de twee ketelvoedingwaterpompen voorwarmen door de desbetreffende toevoerafsluiters iets te openen en de aftappen open te draaien. Als het systeem voldoende is voorverwarmd de voedingpompen één voor één uitproberen en één pomp in bedrijf stellen en de andere stand by houden.
5. Het ketelvoedingwater komt uit de condensaatbak. Het water in deze bak wordt niet aangevuld zolang de stoommachine niet in bedrijf is. Bij een dreigend watertekort moet deze worden aangevuld met behulp van de vulpomp van de ketel.
6. Tijdens het verder opstoken het waterpeil op een half glas houden. Er zal slechts weinig hoeven te worden gesuppleerd omdat er alleen stoom wordt verbruikt voor het voorwarmen van de machines en de ketelwatervoedingpomp.
7. De circulatiepomp buiten bedrijfstellen zodra er water gesuppleerd moet worden vanwege stoomafname door de twee kranen in de spuileiding in de juiste stand te plaatsen, en de persafsluiter van het pompsysteem te sluiten.

Bedrijfsvoering

Tijdens het in bedrijf zijn van de stoomketel, al of niet met een inwerking zijnde stoommachine, dienen met een bepaalde frequentie de volgende werkzaamheden te worden uitgevoerd en functies te worden gecontroleerd.

Er dient bovenal zorg voor worden gedragen dat de toegangsdeuren ontgrendeld zijn om zo nodig te kunnen vluchten en er voldoende lucht kan toetreden via geopende ramen of deuren voor de verbranding van de brandstof in de stoomketel. Tocht, met name in de buurt van de peilglazen, moet worden voorkomen.

Voor een goede bedrijfsvoering verdient het aanbeveling een journaal of logboek bij te houden waarin drukken, temperaturen en verbruiken van de installaties worden vastgelegd. Uit de aantekeningen in het logboek kunnen achteraf tekortkomingen aan de installaties worden vastgesteld.

1. Controleren of de verbranding goed verloopt door naar de kleur van de pluim op de schoorsteen te kijken; deze moet lichtgrijs zijn. Witte rook wijst op een te grote luchtovermaat (waterdamp) terwijl zwarte rook (roet of onverbrande koolstof) een teken is voor te weinig lucht.
2. Stoomdruk op 4 kg/cm² houden. Bij een te lage stoomdruk zal deze minder oververhit raken bij het smoren van 4 naar 2 kg/cm² en zal dus minder droge stoom naar de machine worden gevoerd.
3. Op hiervoor gezette tijden de van tevoren klaar gezette hoeveelheid en soort chemicaliën toevoegen via de daarvoor bedoelde trechter op de gemeenschappelijke zuigleiding tussen de twee ketelvoedingwaterpompen.
4. Water in de ketel op peil houden -ongeveer half glas- door de stoompomp meer of minder slagen te laten maken met behulp van het meer of minder knijpen van de stoomafsluiter.
5. Vuren schoonmaken (sintels eruit halen) en de as trekken.
6. Roosters, vuurbrug, en voorzover dat mogelijk is de vuurgang inspecteren op beschadiging of vervorming.

7. Peilglazen (voorzichtig) doorblazen en controleren of de kraan naar de alarmfluit open staat. Controle op rookgaskleur, stoom en waterlekkages.
8. Opgeruimd, schoon en stofvrij houden van het ketelhuis.

Uit bedrijf nemen

Het uit bedrijf nemen duurt lang omdat de grote gevormde hoeveelheid warmte in de stoom, het water en de metalen waarvan de ketel is gemaakt, als gevolg van de isolatie maar langzaam wordt afgevoerd. Het is niet toegestaan om bijvoorbeeld de aspitdemper en de rookgasschuif open te zetten om daarmee een koude luchtstroom te creëren die dit proces versnelt. Verder moet er voor worden gewaakt dat er geen onderdruk ontstaat in de ketel.

1. Vuur uit laten gaan.
2. Hoofdstoomafsluiter dicht zetten.
3. Kraan van de alarmfluit dicht zetten om te voorkomen dat tijdens het spuien de smeltprop smelt en het alarm in werking treedt.
4. Roosters schoonmaken en as trekken.
5. Aspitdemper en luchtschuif in de vuurdeur en de rookgasschuif sluiten.
6. Zodra de stoomdruk is gedaald tot ongeveer 1 kg/cm² de aftap/ontluchting in de toevoerleiding naar de ketelvoedingwaterpompen openen om te voorkomen dat er tijdens het verder afkoelen als gevolg van condensatie onderdruk in de ketel ontstaat en deze implodeert. Men kan hiervoor ook de driewegkraan onder de manometer gebruiken.
7. Wordt de installatie voor een relatief korte tijd uit bedrijf genomen, zoals in de zomer, dan wordt het ketelwater niet gespuid en worden slechts de ketelvoedingwaterpompen stoom- en waterzijdig afgetapt om intering te voorkomen. Dit moet in zo warm mogelijke toestand gebeuren zodat de desbetreffende ruimten kunnen opdrogen. De ketel moet bij het uit bedrijf nemen zo hoog mogelijk worden opgevuld met (dood) water om het contactoppervlak van de romp met lucht zo klein mogelijk te houden. Hiermee wordt overmatige roestvorming tegengegaan.
8. Als de ketel voor langere tijd buiten bedrijf wordt gesteld, zoals in de winter, dan wordt deze met behulp van de druk in de ketel leeggespuid. Hiervoor wordt de spuikraan geopend en zodra er geen water meer in het peilglas staat deze schoonblazen door de aftap- kraan op het montuur te openen.
9. Wanneer de ketel leeg en geheel zonder druk is, de mangatdeksels boven en onder openen en de nog warme ketel uit laten dampen en op laten drogen.
10. Als de ketel droog is de eventuele ketelsteenresten en andere verontreinigingen verwijderen, een (jute)zak met het vochtabsorptiemiddel silicagel in de ketel leggen en de mangaten weer afsluiten. Het vocht in de ketel wordt door de silicagel geabsorbeerd en er kan geen vocht, bijvoorbeeld uit de lucht, meer toetreden waardoor de ketel beter beschermd is tegen corrosie. Met hetzelfde doel plaatste men vroeger schalen ongebluste kalk in de ketel. Aanbevolen wordt de silicagel tussentijds te vervangen of te regenereren.
11. Als laatste de dichte deur in de schoorsteenvoet vervangen door de roosterdeur zodat de schoorsteen goed geventileerd wordt en droog blijft.

2.2.7 Onderhoud stoomketel

De gebruiker van een stoomketel moet er voor zorgen dat deze in een goede staat van onderhoud verkeert. De onderhoudstoestand is immers bepalend voor een veilig gebruik van dit toestel. Op de onderhoudstoestand wordt toegezien door een bevoegde geautoriseerde instantie; bijvoorbeeld Lloyds, vroeger was dat het Stoomwezen.

Het reguliere en periodiek onderhoud van een stoomketel is in sterke mate afhankelijk van het gebruikte ketelvoedingwater en de soort maar ook de kwaliteit van de brandstof die verstookt wordt. Uiteraard speelt ook de gebruiksduur een rol. Omdat het gemaal in de huidige situatie een werkende museale functie heeft wordt de installatie slechts incidenteel ingezet en speelt in het kader van onderhoud de conservering van de onderdelen tijdens stilstand een belangrijke zoal niet dominante rol. Daarenboven is het van belang dat de installatie en de opstellingsruimte schoon worden gehouden en stopbussen gangbaar zijn en goed afdichten. Ook is het van belang dat de bedieningsruimte en/of de stookplaats opgeruimd is en dat er zich op de vluchtwegen geen obstakels bevinden die in noodgevallen een snelle aftocht belemmeren. Hetzelfde geldt voor de bereikbaarheid van de verschillende bedieningsorganen van de stoomketel zodat in geval van nood onmiddellijk kan worden ingegrepen.

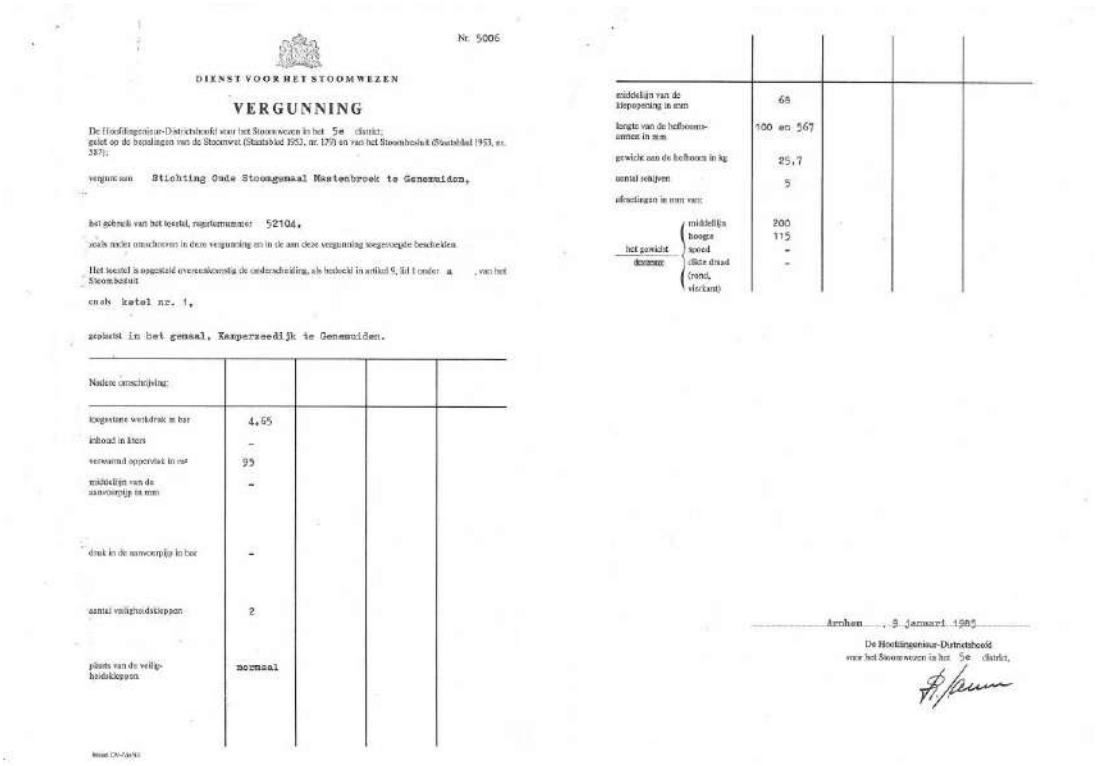
Keuringen en (her)beproevingen

Ongeacht de duur van het gebruik moet de stoomketel om de twee jaar worden gekeurd. De keuring van de stoomketel van het gemaal Mastenbroek wordt uitgevoerd door Lloyd Register Nederland B.V. van de vestiging Haren. Lloyds Register Nederland is één van de door het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) aangewezen Conformiteit Beoordelingsinstanties (CBI) die dit soort keuringen mogen uitvoeren.
De gebruiker hoeft bij deze instantie niet steeds schriftelijk een periodieke keuring aan te vragen. De gebruiker, in dit geval de Stichting Oude stoomgemaal Mastenbroek te Genemuiden, krijgt automatisch bericht wanneer de keuring moet plaatsvinden. Na het invullen van de gewenste keuringsdatum wordt de keuring ingepland en op de gewenste datum uitgevoerd.
Deze keuringen worden tegenwoordig aangeduid met periodiek onderzoek (PO). De bevindingen van het onderzoek worden opgetekend in het aantekeningenblad van de bij de ketel horende vergunning Nr. 5006 van de inmiddels vervallen Dienst voor het Stoomwezen. Kopieën van de desbetreffende in 1985 afgegeven vergunning en twee van de hierbij behorende aantekenbladen worden hierna afgebeeld.

Vergunning

De originele vergunning voor het inbedrijfnemen van de uit 1925 stammende stoomketel was verlopen als gevolg van het buiten werking stellen van het gemaal in 1961. De laatste periodieke keuring van de ketel, door toen nog het stoomwezen was uitgevoerd in 1959. De stoomketel moest daarom, toen de plannen in de tachtiger jaren van de vorige eeuw voor restauratie gestalte kregen, worden herkeurd.

Kenmerk KB02-V04-04-22



Nr. 5006

DIENST VOOR HET STOOMWEZEN

VERGUNNING

De Hoofdingenieur-Districtshoofd voor het Stoomwezen in het 5e district;
gelet op de bepalingen van de Stoomwet (Staatsblad 1953, nr. 179) en van het Stoombesluit (Staatsblad 1953, nr. 287);

vergunt aan Stichting Oude Stoomgemaal Nastenbroek te Geneznuiden,

het gebruik van het toestel, registernummer 52104,

zoals nader omschreven in deze vergunning en in de aan deze vergunning toegevoegde bescheiden.

Het toestel is opgesteld overeenkomstig de onderscheiding, als bedoeld in artikel 9, lid 1 onder a van het Stoombesluit

en als ketel nr. 1,

geplaatst in het gemaal, Kamperzeedijk te Geneznuiden.

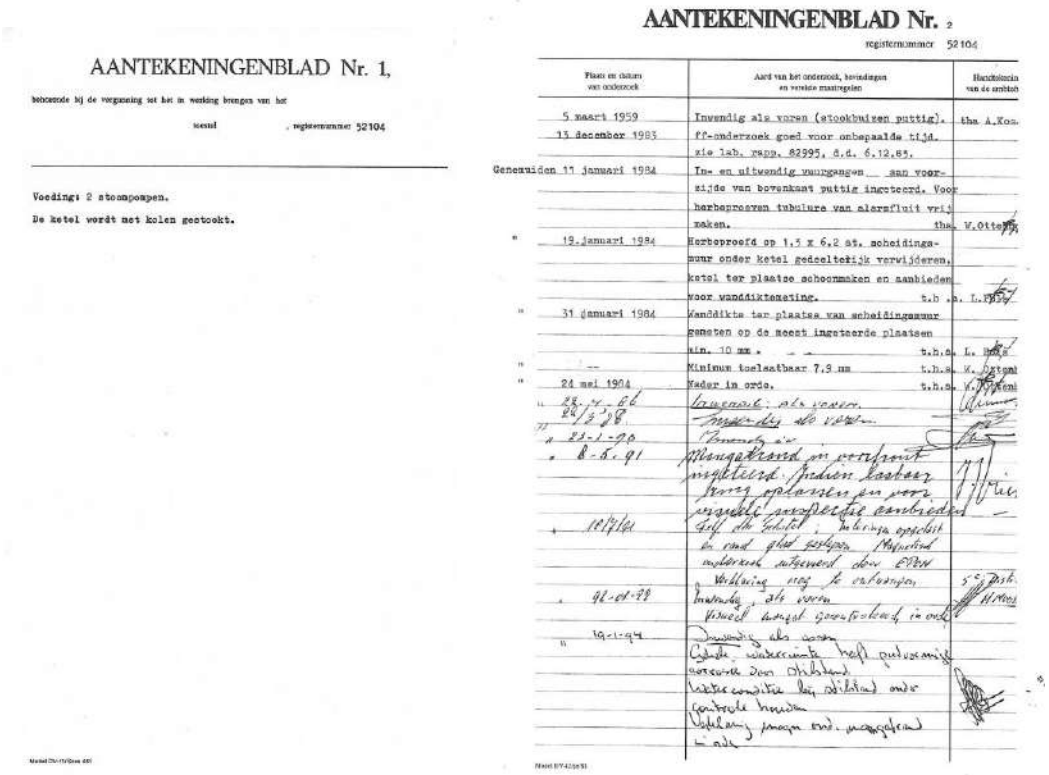
Nadere omschrijving:				
toegestane werkdruk in bar	4,65			
inhoud in liters	-			
verwarmd oppervlak in m²	95			
middellijn van de stoomopslag in mm	-			
druk in de stoomopslag in bar	-			
aantal veiligheidsklappen	2			
plaats van de veiligheidsklappen	normaal			

middellijn van de stoomopening in mm	68	
lengte van de hefboomarmen in mm	100 en 567	
gewicht aan de hefboom in kg	25,7	
aantal veiligheidsklappen	5	
afmetingen in mm van: het gewicht:	middellijn	200
	hoogte	115
	spoed	-
	dikte draad	-
	(rond, vierkant)	

Arnhem, 9 januari 1985

De Hoofdingenieur-Districtshoofd voor het Stoomwezen in het 5e district,

Nieuwe vergunning voor het in gebruik nemen stoomketel (9 januari 1985)



AANTEKENINGENBLAD Nr. 1,

behorende bij de vergunning tot het in werking brengen van het

stoomd , registernummer 52104

Voeding: 2 stoompompen.

De ketel wordt met kolen gestookt.

AANTEKENINGENBLAD Nr. 2

registernummer 52104

Plaats en datum van onderzoek	Aard van het onderzoek, bevindingen en verrichte maatregelen	Handtekening van de ambtenaar
5 maart 1959	Inwendig als voren (stoolbuizen puttig).	tha A.Kos.
13 december 1983	ff-onderzoek goed voor onbepaalde tijd. zie lab. rapp. 82995, d.d. 6.12.83.	
Geenwijden 11 januari 1984	In- en uitwendig vuurgangen aan voorzijde van bovenkant puttig ingeteerd. Voor herbeproeven tubulure van alarmfluit vrij maken.	tha. W.Otten
" 19 januari 1984	Herbeproefd op 1,3 x 6,2 at. scheidingsmuur onder ketel gedeeltelijk verwijderen, ketel ter plaatse schoonmaken en aanbieden voor wanddiktemeting.	t.b.a. L. [illegible]
" 31 januari 1984	Wanddikte ter plaatse van scheidingsmuur gemeten op de meest ingeteerde plaatsen min. 10 mm.	t.h.o. L. [illegible]
" --	Minimum toelaatbaar 7,9 mm	t.h.o. W. Ottens
" 24 mei 1984	Kader in orde.	t.h.o. W. Ottens
" 28-4-86	Inwendig als voren.	
" 24/5 88	Inwendig als voren.	
" 23-1-90	Inwendig als voren	
" 8-5-91	Mangatdeksel in verband met teerd. Indien lekkage [illegible] opplaatsen en voor [illegible] aanbrengen	
" 10/7/91	Deksel dik 16 mm opgelast en rond plat gelast. Mangatdeksel onderzoek uitgevoerd door [illegible] Verklaring nog te ontvangen.	5e Dist. H.Kooi
" 92-01-29	Inwendig als voren Inwendig goed gereinigd en ook	
" 93-1-94	Inwendig als voren Ketel onderzocht met ultrasoon [illegible] gemeten door Ottens Ketel conditie bij uitstand onder controle houden Verklaring mogen ontvangen [illegible]	

Bij de vergunning van 9 januari 1985 horende aantekenbladen

Voor het verkrijgen van een vergunning voor het opnieuw in gebruik nemen van de bijna 60 jaar oude stoomketel, begin tachtiger jaren van de vorige eeuw, moest deze opnieuw gekeurd en beproefd worden. Hierbij is indertijd, op aanwijzing van ambtenaren van het stoomwezen uit het 5e district, de ketel in- en voor zover zonder ontmanteling mogelijk was, uitwendig onderzocht en op druk beproefd. Bij deze beproeving is de ontwerpdruk, 6,2 at, van de stoomketel en de daarvoor geldende toeslag van 1,3 keer deze druk aangehouden, dus 1,3 x 6,2 = 8,02 at.

Voorafgaand aan de beproeving in 1984 heeft in 1983 een magnetisch scheuronderzoek plaatsgevonden met als resultaat dat een volgend scheuronderzoek voor onbepaalde tijd kon worden uitgesteld. Ten behoeve van dit onderzoek zijn indertijd 7 klinknagels uit de langsnaad in de buurt van het mangat verwijderd en met behulp van magnetisatie en een contrastvloeistof onderzocht. Een en ander om vast te kunnen stellen of zich rondom de nagelgaten scheurtjes hebben gevormd waardoor de sterkte van de ketelplaat wordt verzwakt en deze zou kunnen bezwijken. Voor zover bekend zijn toen geen nagelgaten van de dwarsnaad onderzocht.

Op de hierna volgende foto's is te zien hoe een onderzocht nagelgat er na zo'n onderzoek uitziet. De bijna witte contrastvloeistof wordt er met een spuitbus op aangebracht. Scheurtjes openbaren zich als ragfijne donker gekleurde lijntjes. Hoe gladder het oppervlak des te beter tekenen zich eventuele scheurtjes af. Er bestaan ook fluoriderende contrastvloeistoffen, echter een beoordeling kan dan alleen in het donker plaatsvinden.




Magnetisch nagelgat onderzoek (keteldrum stoomgemaal Halfweg)

Bij een nagelgatonderzoek wordt de kop van de nagel weggeslepen of gebrand, vervolgens wordt de nagelsteel uitgeboord of wat tegenwoordig ook wel gebeurt met behulp van een thermische lans verwijderd. Dit is vanwege de vaak beperkte ruimte een lastig karwei. Bovendien moet men uiterst voorzichtig te werk gaan om het boorgat niet te beschadigen. Het boorgat en de directe omgeving worden vervolgens ontdaan van roest en geschuurd, waarna het onderzoek kan plaatsvinden en bij een gunstige uitslag nieuwe klinknagels kunnen worden aangebracht.

Op de foto hieronder worden een aantal uitgeboorde klinknagels getoond uit een stoomketel van het stoomgemaal De Tuut. Van de getoonde nagels is de zetkop weggeslepen en zijn de nagels in de richting van de stuikkop uit het nagelgat gedreven. Ook zien we aan de rand van de half bolvormige snapkop dat er indertijd een iets te lange klinknagel is gebruikt.
Bij een juiste lengte van de steel is er net voldoende materiaal om de zogenoemde snapkop te vormen en ontbreekt deze rand.



Uitgeboorde klinknagels (stoomgemaal DeTuut)

De zware klinknagels van stoomketels worden bij reparaties met behulp van een pneumatische hamer geklonken waarbij de zetkop aan de binnenkant zit en de stuikkop aan de buitenkant van de ketel wordt gevormd. De witheet gestookte nagel wordt dus van binnenuit in het nagelgat gestoken. In de ketel wordt dan een zogenoemde dompdolly aangebracht die op een van de constructiedelen van de ketel wordt afgesteund. De dompdolly bij het opnieuw aanbrengen van de voor onderzoek getrokken nagels van de stoomketel van gemaal Mastenbroek in 1983, bestond uit een zelfgemaakte houtconstructie die in dit geval werd afgesteund op de vuurgangen en de romp.

De dolly is achter de snapkop (bolvormige uitsparing ter grootte van de kop van de nagel) voorzien van schroefdraad en moet na het inbrengen van de hete nagel met behulp van de pensleutel strak tegen de ketelplaat worden geschroefd. De massa van de dolly en de domp zorgen ervoor dat de nagel bij het klinken niet uit het gat wordt geslagen.
Tijdens het klinken moet worden gezorgd voor adequate gehoorbescherming van zowel de medewerkers die met het klinken belast zijn als eventuele omstanders.



Locatie van nagelgatonderzoek in 1983 (stoomgemaal Mastenbroek)

Op bovenstaande foto wordt het mangat en een stuk van de langsnaad getoond waar in 1983 het nagelgatonderzoek heeft plaats gevonden. Te zien is dat 4 van de 7 verwijderde klinknagels opnieuw geklonken zijn. Ten behoeve van het onderzoek is een deel van de ommetseling weggenomen.



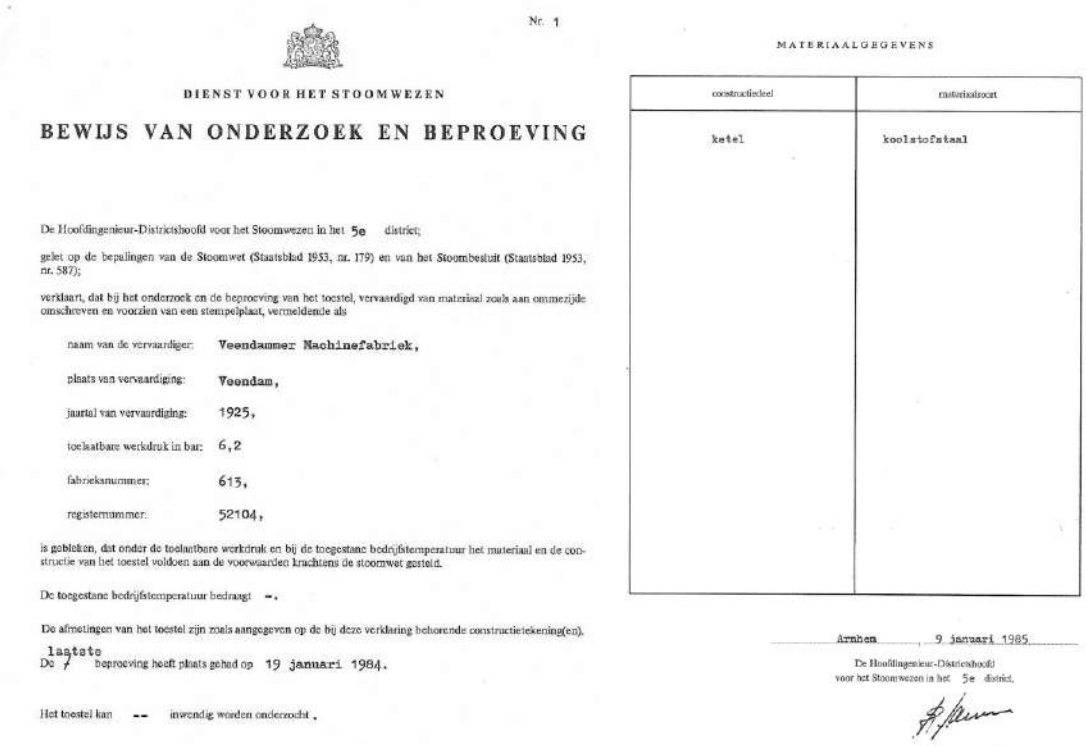
Het terugplaatsen van de voor onderzoek getrokken klinknagels (stoomgemaal Mastenbroek)

Uit een opmerking op het aantekeningenblad kan worden afgeleid dat in 1959 bij de vuurgangen, daar stookbuizen genoemd, putting is vastgesteld. Het is niet bekend, althans het aantekeningenblad maakt hier geen melding van, of er toen nog maatregelen zijn genomen met betrekking tot deze putting omdat de plannen voor een nieuw elektrisch vijzelgemaal al op de tekenplank lagen.

De stoomketel is tot 1961 in gebruik geweest en is tot dan steeds elke twee jaar geïnspecteerd. Sinds 1933 is er sprake van ingeteerde nagelkoppen ter plaatse van het voorfront en de spuiaansluiting. De situatie met betrekking tot deze aantasting uit het verleden is niet verslechterd want de oude aantekenbladen maken geen melding van reparaties hieraan of het afkeuren van de ketel. In het verslag van het restlevensduuronderzoek door Lloyds uit 2005 wordt hierop voor wat betreft de spuiaansluiting nader ingegaan door te vermelden dat er bij deze aansluiting waarschijnlijk verzonken nagels zijn toegepast waardoor het lijkt alsof de (bolle) koppen zijn aangetast.

Bij onderzoek in 1984 is ook intering van de romp ter plaatse van de scheidingsmuur tussen de rookgaskanalen, onderin het midden van de ketel, vastgesteld. Bij de meest aangetaste plaats resteerde een plaatdikte van 10 mm. De minimum vereiste plaatdikte is toen gesteld op 7,9 mm wat betekent dat de plaat ondanks de intering nog ruim 25 % dikker is dan voor een veilig gebruik wordt vereist. De originele plaatdikte van de romp is volgens de ontwerptekening van Ten Horn 13,7 mm.

De in de praktijk gebezigde werkdruk is altijd 4 kg/cm² geweest waaruit opgemaakt moet worden dat er indertijd een ketel is aangeschaft die geschikt was voor 6,2 kg/cm², dus een 1,5 keer hogere werkdruk dan noodzakelijk voor het bedrijven van de stoommachine. In de vergunning wordt de werkdruk van 4 kg/cm² de vergunningsdruk genoemd. De veiligheden zijn hierop vastgesteld.
De nieuwe voor de ketel afgegeven vergunning geeft aan dat ondanks de putting, dus de verzwakking van het ketelmateriaal, maar dankzij de over dimensionering uit het verleden, de ketel met een werkdruk van 4,65 kg/cm² bedreven mag worden. Daarenboven moet worden aangetekend dat verzwakking van ketelmateriaal als gevolg van putting in de volle plaat minder ernstig is dan die van de gaten voor de klinknagels waarmee bij de ontwerpberekeningen indertijd rekening is gehouden.



Nr. 1

DIENST VOOR HET STOOMWEZEN

BEWIJS VAN ONDERZOEK EN BEPROEVING

De Hoofdingenieur-Districtshoofd voor het Stoomwezen in het 5e district;

gelet op de bepalingen van de Stoomwet (Staatsblad 1953, nr. 179) en van het Stoombesluit (Staatsblad 1953, nr. 587);

verklaart, dat bij het onderzoek en de beproeving van het toestel, vervaardigd van materiaal zoals aan onmezijde omschreven en voorzien van een stempelplaat, vermeldende als

naam van de vervaardiger: Veendammer Machinefabriek,

plaats van vervaardiging: Veendam,

jaartal van vervaardiging: 1925,

toelaatbare werkdruk in bar: 6,2

fabrieksnummer: 613,

registernummer: 52104,

is gebleken, dat onder de toelaatbare werkdruk en bij de toegestane bedrijfstemperatuur het materiaal en de constructie van het toestel voldoen aan de voorwaarden krachtens de stoomwet gesteld.

De toegestane bedrijfstemperatuur bedraagt -.

De afmetingen van het toestel zijn zoals aangegeven op de bij deze verklaring behorende constructietekening(en).

De laatste beproeving heeft plaats gehad op 19 januari 1984.

Het toestel kan -- inwendig worden onderzocht.

MATERIAALGEGEVENS

constructiedeel	materiaalsoort
ketel	koolstofstaal

Arnhem, 9 januari 1985

De Hoofdingenieur-Districtshoofd
voor het Stoomwezen in het 5e district,

Bewijs van onderzoek en beproeving (9 januari 1985)

In het kader van de herkeuring begin jaren tachtig heeft een aantal onderzoeken en beproevingen plaatsgevonden. Hiervan is zoals hiervoor is aangegeven op het aantekenblad van de bij de ketel horende vergunning aantekening gemaakt. Als de onderzoeken en beproevingen met voldoende resultaat zijn afgerond en de stoomketel op een alleszins verantwoorde wijze gebruikt wordt, wordt hiervan een bewijs afgegeven. Aan de hand van dit bewijs wordt door de bevoegde instantie vergunning verleend voor ingebruikneming. Hierboven is het bewijs van onderzoek en beproeving die voor de onderhavige stoomketel in 1985 is afgegeven afgebeeld.

In 1994 is bij de met water in aanraking komende vlakken van de stoomketel putvormige corrosie vastgesteld. Een en ander wordt toegeschreven aan het langdurig gevuld houden van de betreffende ruimten met zuurstofrijk water. Opgemerkt wordt om de waterconditie ook tijdens stilstand onder controle te houden. In de huidige situatie wordt de ketel bij het uit bedrijf nemen gedroogd en wordt deze inwendig met behulp van silicagel zodanig geconditioneerd dat roesten wordt tegengegaan. Ook bieden de tijdens bedrijf gebruikte chemicaliën die aan het ketelvoedingwater worden toegevoegd enige bescherming tegen corrosie bij stilstand.

In februari 2005, dus na bijna 20 jaar regelmatig in bedrijf te zijn geweest, heeft onder toezicht van Lloyd's Register Nederland BV, door de Röntgen Technische Dienst BV een restlevensduur onderzoek plaats gevonden van de stoomketel. Hierbij zijn de wanddiktes van de romp en de vuurgang onderzocht en heeft tevens een magnetisch onderzoek van de klinknagelverbindingen van de langs- en rondnaden van de ketel plaatsgevonden.

Het betreft een NDO (Niet Destructief Onderzoek) uitgevoerd in opdracht van het bedrijf OAT uit Hasselt. Door Lloyd's is mede aan de hand van de meetresultaten beoordeeld of de ketel nog geschikt is voor het doel aangeduid met FFP (Fitness For Purpose).
De cijfermatige resultaten van de ultrasone wanddiktemeting zijn in de volgende tabel weergegeven. De locatie van de meetpunten 4 tot en met 10 voor de bovenzijde van de ketel ontbreken om niet nader verklaarde redenen in de schets van de RTD.

Bijlage
NDO onderzoek

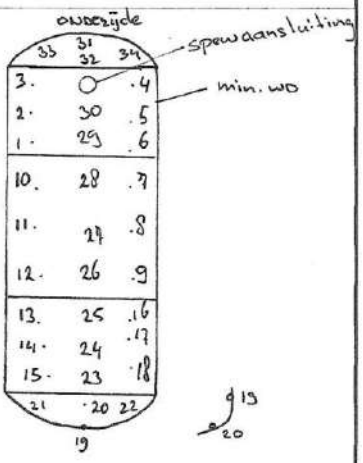
Röntgen Technische Dienst bv
Delftweg 144
Postbus 10065
3004 AB Rotterdam
Tel.(010) 208 82 08
Fax(010) 415 80 22
E-mail rd@rtd.nl

F&A-nummer	Rapportnummer
5006-410-9045	00294-2005-08-005

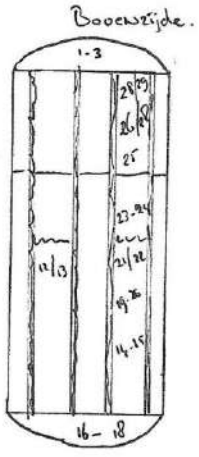
1	12.7	18	12.9
2	13.4	19	21.8 Front
3	13.6	20	20.0 Front
4	13.5	21	9.5 Vuurgang
5	13.6	22	10.0
6	12.9	23	13.5
7	13.1	24	13.8
8	13.7	25	13.7
9	12.5	26	12.5
10	12.2	27	13.8
11	12.5 (*6.5)	28	13.3
12	13.0	29	12.1
13	12.5	30	13.7
14	13.4	31	20.9
15	12.1	32	17.5
16	12.7	33	21.0
17	13.4	34	22.0

sectie 1	min 8.5 max 10.5
sectie 2	min 9.5 max 11.4
sectie 3	min 9.0 max 11.7

*=dubbeling/segregatie.



1	22.5(welving)	16	22.5 front welving
2	22.7(omhaling)	17	22.7 front welving
3	21.8(welving)	18	22.9 omhaling
4	13.7(romp)	19	10.8 (put)
5	8.5 (put vuurgang)	20	11.6 Nom.)
6	11.4(nominaal)	21	10.0 (put)
7	12.8(nominaal)	22	12.0 (nom)
8	11.5(nominaal)	23	11.2 (put)
9	10.6 (put)	24	11.8 (nom)
10	13.4 (romp nom.)	25	9.2 (put)
11	14.1 (romp nominaal)	26	9.0 (put)
12	12.0 (vuurgang nom.)	27	11.3 (nom.)
13	10.7(put)	28	12.2 (nom.)
14	12.4 (nom.)	29	9.5 (put)
15	11.5 (put)		



Pagina 2
Totaal pagina's 2

Datum, handtekening en stempel
25-2-05

Wanddiktemeting van ketelromp, fronten en vuurgangen

De nominale wanddikte van de ketelromp bedraagt 13,7 mm. Omdat de plaat uit de walserij nooit overal precies even dik kan worden geleverd geldt hiervoor een tolerantie van 0,5 mm. De oorspronkelijke minimale wandikte van de romp is dus 13,2 mm. De kleinste gemeten wandikte is vastgesteld bij meetpunt 26, een corrosieput boven de scheidingsmuur onder de ketel en bedraagt 9,0 mm. De gemeten wanddikten op plaatsen waar geen putcorrosie is vastgesteld varieert tussen de 11,3 (meetpunt 27) en 14,1 (meetpunt 11). Dit betekent dat zich in de loop der tijd naast putcorrosie ook normale vlakcorrosie heeft voorgedaan. Eerder is al vastgesteld, en met dit onderzoek opnieuw bevestigd, dat de ernstigste corrosie zich in de romp boven de scheidingsmuur in het rookkanaal voordoet. In vergelijking met de waardes van het onderzoek in 1984 kon geen significante toename van corrosie worden vastgesteld. Hierbij moet worden aangetekend dat dat onderzoek minder uitgebreid was.
De corrosie komt hoofdzakelijk in het onderste segment van de ketel voor, en lijkt erger dan op basis van de gemeten wanddiktes is vastgesteld. De berekende minimum vereiste wanddikte van de romp om de gebezigde inwendige druk te kunnen weerstaan bedraagt 7,9 mm.
Ook op de fronten is een aantal metingen uitgevoerd. De wandiktes bleken op alle gemeten plaatsen niet kleiner te zijn dan 20 mm zoals aangegeven op de ontwerptekening van de ketel.
De minimum wanddikte van de vuurgang is gemeten bij putcorrosie meetpunt 5 en bedraagt 8,5 mm. De wanddikte van de vuurgangen volgens de ontwerptekening bedraagt 10 mm. De overige gemeten waarden en de algehele toestand van de vuurgang geven geen aanleiding om te twijfelen aan een veilig gebruik van deze ketelonderdelen.

Naast de bepaling van de wanddikte is in 2005 onderzoek gedaan naar eventuele oppervlakte gebreken (scheurvorming) in de dammen tussen de klinknagels. Het resultaat van een dergelijk magnetisch onderzoek kan niet getalsmatig worden weergegeven zoals bijvoorbeeld het geval is bij wanddiktemeting. Van de langsnaden is 25% onderzocht en van de rondnaden 10%. De langsnaden van de ketel bevinden zich bovenin de ketel waar nagenoeg geen corrosie is vastgesteld. Van de rondnaden is een gedeelte bovenin de ketel en gedeelte onderin de ketel onderzocht, dus daar waar de meeste corrosie is opgetreden. Het onderzoek werd bemoeilijkt door ketelsteen aan de binnenzijde van de ketel. Er zijn bij het onderzoek geen indicaties waargenomen voor scheurvorming.

De conclusie van de in 2005 uitgevoerde onderzoeken is dat de toen aangetroffen conditie van de stoomketel acceptabel is voor de gebezigde werkcondities. Geacht werd, gezien de (geringe) belasting van de ketel, het aantal bedrijfsuren per jaar en de wijze waarop de ketel geconditioneerd is gedurende de periode(n) dat deze niet gebruik wordt, zij nog jaren kan worden gebruikt. Hierbij wordt aangetekend dat het ketelwater zodanig behandeld dient te worden dat voortgaande corrosie zoveel als mogelijk wordt voorkomen. Op termijn, bij verdere aantasting, moet overwogen worden de klinknagels van de spuiaansluiting te vervangen.

Wijzigingen en reparaties

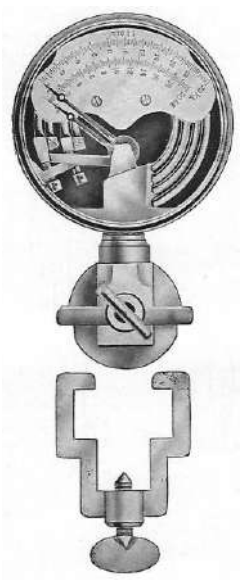
De gebruiker moet een voorgenomen wijziging of reparatie aan de constructie van de stoomketel onmiddellijk melden bij een aangewezen keuringsinstantie. De desbetreffende instelling verricht daarna de noodzakelijke onderzoeken aan het ontwerp en de constructie van de voorgenomen wijziging of reparatie en verricht ook tijdens de uitvoering van de wijziging of reparatie passende onderzoeken. Dit kan bijvoorbeeld een persproef zijn. De instelling stelt daarna een rapport op van de beoordeling. Hiervan wordt een exemplaar aan de gebruiker beschikbaar gesteld.
Indien is gebleken dat tegen het (verder) gebruik geen bezwaar bestaat dan wordt door de keuringsinstelling een aanvullende verklaring van ingebruikneming afgegeven.
Een voorbeeld van een reparatie die in overleg met de keuringsinstantie is uitgevoerd is het oplassen in 1994 van het door corrosie aangetaste pakkingvlak van het mangat onderin de stoomketel. Deze reparatie, waarvan melding wordt gemaakt op het aantekeningenblad, heeft overigens niet geleid tot een herbeproeving van de stoomketel.

Persproef

Na een reparatie kan de keuringsinstelling een persproef voorschrijven. De ketel wordt dan geheel gevuld met water waarna alle afsluiters gesloten worden dan wel de tubelures van blindflenzen voorzien; met een kleine (hand)pomp wordt vervolgens de ketel op de beproevingsdruk gebracht. Ook dient de gewichtsbelasting van de twee veiligheden verzwaard te worden, bijvoorbeeld met behulp van een emmer water. Bij het vullen wordt bij het hoogste punt van de ketel, in dit geval de stoomdom, de ruimte ontlucht. Onder geen beding mag de ketel op druk worden gebracht met een gas onder druk -bijvoorbeeld perslucht- omdat bij breuk tijdens het persen het expanderende gas van losse onderdelen ongeleide projectielen maakt met kans op ernstige schade en/of lichamelijk letsel. Van het onder druk brengen met stoom zoals wel eens gesuggereerd wordt kan geen sprake zijn omdat de desbetreffende ketel niet tot die beproevingsdruk mag worden opgestookt.
De beproevingsdruk bedraagt:

$$\mathrm{Po} = 1{,}3 \,.\, \mathrm{Pw}\ [\mathrm{kg/cm^2}]$$
$$\mathrm{Po} = 1{,}3 \,.\, 4{,}6 = 6{,}0\ [\mathrm{kg/cm^2}]$$

Bij een persproef moet gebruik gemaakt worden van een recent gekalibreerde manometer op de ketel. De aanwijzing van deze manometer wordt vergeleken met die van de beproevings-manometer van de inspecteur die op een speciale flens van de controleaansluiting wordt aangesloten. De desbetreffende beproevings-manometer, zoals hiernaast is afgebeeld, is voorzien van een schaal voor de absolute- en de overdruk. Deze manometer wordt bij een keuringssessie meegebracht door de desbetreffende keuringsinstantie, in dit geval Lloyds. Er dient tijdens de keuring een duidelijke overeenkomst te zijn tussen de aanwijzingen van beide meters en het kalibratierapport van de bij de ketel behorende manometer.



Beproevingsmanometer

Periodieke keuring

Door de geautoriseerde keuringsinstantie Lloyds wordt de tweejaarlijkse keuring (tegenwoordig periodiek onderzoek genoemd) uitgevoerd.
Bij een periodiek onderzoek worden de aanwezigheid en de goede werking van de reglementair verplichte veiligheidsvoorzieningen gecontroleerd en wordt een uitwendig en een inwendig onderzoek uitgevoerd.

Voor zo'n onderzoek moeten experts het stoomtoestel kunnen betreden om van binnenuit de staat van het toestel te kunnen beoordelen. Hiervoor moet aan een aantal voorwaarden zijn voldaan:

- De stoomketel moet buiten dienst gesteld en afgekoeld zijn.
- De stoomketel moet zowel waterzijdig als vuur- en rookgaszijdig voldoende en permanent verlicht zijn.
- De stoomketel moet zowel waterzijdig als vuur- en rookgaszijdig schoongemaakt zijn.
- De mangaten, de vuurdeuren en de toegangsluiken van de rookkanalen moeten verwijderd zijn.
- De appendages moeten zodanig worden gedemonteerd of worden losgenomen dat visueel de onderhoudstoestand en daarmee de goede werking kan worden beoordeeld.
- Er moet een toezichthouder worden aangesteld die in het geval van problemen bijstand kan verlenen en zonodig de hulpdiensten kan verwittigen.

Wanneer een keuring wordt uitgevoerd na een herstelling van de stoomketel zullen ook de aanwezigheid en de goede werking van de reglementair verplichte veiligheidsvoorzieningen worden gecontroleerd, bijvoorbeeld het afblazen van de veiligheid of het in werking treden van de blackfluit bij een te lage waterstand. Het spreekt voor zich dat voor deze controles eerst de ketel op druk moet worden gebracht. Daarnaast worden de constructiedocumenten geverifieerd.

De voorbereidende werkzaamheden voor het aanbieden voor het periodiek onderzoek worden uitgevoerd samen met het specialistische bedrijf de firma ATI service uit Dedemsvaart waarbij de vrijwilligers van de stichting de appendages prepareren en ATI de schoonmaakwerkzaamheden uitvoert.

Vanwege de opdrachtgever moet gezorgd worden voor een veilige en doelmatige verlichting alsmede klimmateriaal. Als voor de verlichting gebruik wordt gemaakt van een lichtnetaansluiting dan mag de spanning niet meer dan 42 V bedragen en moet deze zijn afgetakt van een buiten de besloten ruimte opgestelde scheidingstransformator.

Conservering tijdens stilstand

Roest is het roodbruine materiaal dat ontstaat wanneer ijzer reageert met zuurstof in de aanwezigheid van water. Roest betekent materiaalafname en daardoor verzwakking van de sterkte van het ketelmateriaal.

Als de verzwakking ernstige vormen aanneemt moet de ketel worden afgekeurd of, zoals bij het stoomgemaal Mastenbroek het geval is, worden herkeurd voor een lagere werkdruk.

Voor het drooghouden van de water- en stoomruimte van de stoomketel, teneinde roestvorming te voorkomen, worden bij het gemaal Mastenbroek hygroscopische silicagelkorrels gebruikt. De korrels worden voor gebruik in zakken van grof geweven doek verpakt en in de ketel gelegd. Met hetzelfde doel plaatste men vroeger schalen ongebluste kalk in de waterzijdige ruimte van de stoomketel.

Silicagelkorrels zijn vaste, sterk vocht absorberende kristallen gemaakt van natriumsilicaat (Na_2SiO_3). Natriumsilicaat wordt verkregen door natriumcarbonaat (Na_2CO_3), ook wel bekend als soda, bij 1400º C te smelten samen met siliciumdioxide (SiO_2) dat we kennen als kwartszand, wat gebruikt wordt in de glasindustrie.

Als de korrels met vocht verzadigd zijn kunnen ze worden geregenereerd door middel van drogen en daarna opnieuw worden gebruikt. Drogen kan in elke goed geventileerde oven met een goede thermostaat, door de korrels tot 120 °C te verhitten. Breng een gelijkmatige laag van ongeveer 2 cm aan in een ondiepe schaal en verhit die 12 uur of meer. Na het drogen moeten de korrels direct luchtdicht in een metalen container worden verpakt.

Waterzijdig reinigen en inspecteren

Bij een voldoende behandeling van het ketelwater zal nauwelijks of in het geheel geen ketelsteen worden gevormd. Een geringe laag ketelsteen heeft overigens een positieve uitwerking op het ketelmateriaal met betrekking tot roestvorming. Een te dikke laag is nadelig voor een goede warmteoverdracht en moet daarom als dit vastgesteld wordt worden verwijderd. Vroeger gebeurde dit door middel van bikken en borstelen, tegenwoordig door middel van zuren of gritstralen.

In deel IV van deze leidraad wordt hierop nader ingegaan. Het zuren of stralen moet worden uitgevoerd door specialistische bedrijven.
De mate van ketelsteenvorming en de kwaliteit van de eventueel uitgevoerde werkzaamheden in het kader van het verwijderen van ketelsteen moet in eigen beheer worden uitgevoerd. Bij deze inspectie dient speciaal aandacht te worden besteed aan de moeilijk bereikbare plekken zoals de aansluiting van de onderkant van de vuurgangen op het ketelfront aan de voor- en de achterkant. Aanbevolen wordt om daarbij gebruik te maken van een speciale inspectiespiegel of endoscoop. De warmtespanningen in het vuurgangmateriaal en daardoor ontstane corrosie en putvorming is het grootst boven de stookroosters; vandaar dat deze plaatsen bij de reguliere inspecties extra aandacht verdienen. Voor het inspecteren dienen de mangatdeksels bovenin de romp en onderin het voorfront tussen de twee vuurgangen verwijderd te worden. Uiteraard dient de ketel gespuid te zijn en voldoende afgekoeld. De ketel dient na het verwijderen van de mangatdeksels minstens 6 uur geventileerd te worden om er zeker van te zijn dat overal voldoende gezonde inademlucht in de ketel aanwezig is. Men kan dit proces bespoedigen door een ventilator boven het mangat in de romp van de ketel te hangen of verse lucht toe te voeren via een flexibele slang met daaraan een ventilator.

Ketelbemetseling en isolatie
Er is geen tekening voorhanden van de langs- en dwarsdoorsneden van de ketel met daarop aangegeven de ketelbemetseling. Een dergelijke tekening is noodzakelijk bij ingrijpende onderhoudswerkzaamheden, zoals bij het trekken van klinknagels om de conditie van het plaatmateriaal vast te stellen.

De ketelbemetseling en de isolatie moeten nauw aansluiten op de romp van de ketel om te voorkomen dat er warmte verloren gaat of dat er valse trek ontstaat, waardoor het rendement van de ketel daalt. Omdat het plaatmateriaal waarvan de ketel is vervaardigd een andere uitzettingscoëfficiënt heeft dan de gebruikte metselsteen en isolatiematerialen die daar nauw op moeten aansluiten, ontstaan bij die overgangen gemakkelijk kieren. Ook in het metselwerk zelf ontstaan als gevolg van ongelijkmatige uitzetting makkelijk scheuren. Op gezette tijden moet daarom het metselwerk in- en uitwendig worden geïnspecteerd. De bemetseling van de ketel zit ingeklemd tussen drie muren van het ketelhuis dit betekent dat uitwendig alleen het dek en het voorfont hiervan kunnen worden geïnspecteerd en alleen een inwendige inspectie uitsluitsel kan geven over de onderhoudstoestand van de isolatie.

Rookgaszijdig reinigen en inspecteren
Bij de Lancashire stoomketel van het gemaal Mastenbroek wordt een deel van de warmte via de buitenwand van de romp aan het water en de stoom overgedragen. Dit zijn relatief koude wanden waarop zich gemakkelijk roet vormt. Roet is een slechte warmtegeleider en moet daarom zodra de mogelijkheid zich voordoet verwijderd worden. Daarnaast kan roet de doortocht van de rookkanalen verstoppen en dus een goede verbranding in de weg staan, wat opnieuw tot roetvorming leidt. Voor het verwijderen van roet moeten de hierna nader aangeduide luiken in het voor- en achterfront geopend worden, de beroete vlakken worden geraagd en het vrijgekomen stof worden afgezogen.

Bij het inspecteren maar ook bij reparaties van het rookgaszijdig deel van de ketel moet rekening worden gehouden met nauwe doortochten en een stoffige omgeving.

Voor de inwendige inspectie van de rookkanalen en de rookkast, zijn bij deze ketel aan de voorkant onder vloerniveau twee ronde gietijzeren inspectieluiken van rond 400 mm aangebracht. De luiken rusten elk op twee schuine nokken die er voor zorgen dat deze goed aansluiten op de ronde rand van het ingemetselde vierkante raam.



Linker en rechter inspectie-opening rookkanalen (wit omcirkeld) en deur (geel omcirkeld)

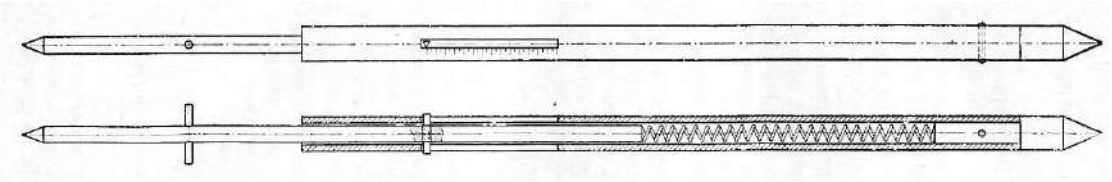
Aan de achterzijde van de ketel is de rookkast voorzien van een vierkante en eveneens van gietijzer gemaakte inspectieopening van 400 x 800 mm. De desbetreffende opening is in de buitenmuur aangebracht en slechts toegankelijk via de brandstof opslagplaats. De stalen deur die de opening afsluit is aan het ingemetselde raamwerk bevestigd met scharnieren. Achter de deur zijn voor isolatie vuurvaste stenen gestapeld. De desbetreffende stenen zijn niet gemetseld en kunnen na verwijdering ten behoeve van een inspectieronde van het rookkanaal worden herplaatst.



Inspectieopening achterzijde ketel

Eventuele scheuren aan de buitenkant van de ketel zijn meestal goed zichtbaar en lopen meestal over de voegen tussen de stenen. Eventueel kan de ernst van de scheur of een kier met behulp van een brandende kaars nader worden vastgesteld. Hiertoe zet men de rookgasschuif voldoende open en houdt men een brandende kaars voor de kier of scheur; als gevolg van de trek zal de vlam naar binnen worden getrokken.
Scheuren en kieren moeten gedicht worden door er isolatiekoord (vroeger asbestkoord) in te stempelen en de zichtzijde te voegen met metselmortel. Hierbij moet men bedenken dat alleen het soepele koord voor een goede afdichting blijft zorgen en de opnieuw aangebrachte voegmortel niet lang stand zal houden omdat de oorzaak voor het ontstaan (krimpen en uitzetten) niet weggenomen kan worden.
Een ander onderhoudsaspect is de degradatie van de vuurvaste stenen als gevolg van de hitte van het vuur waaraan deze worden blootgesteld. De vuurvaste stenen brokkelen na verloop van tijd af en moeten vervangen worden om te voorkomen dat de achterliggende materialen worden aangetast of er luchtlekkage optreedt. De vuurbrug is een voorbeeld van een onderdeel dat regelmatig voor vervanging in aanmerking komt. De aangetaste stenen moeten dan worden uitgehakt of, omdat ze meestal los zitten, eruit worden genomen en door nieuwe worden vervangen. De stenen zijn relatief zacht en kunnen door middel van zagen en raspen op maat worden gemaakt. De normale gebakken stenen waarmee de rookkanalen in de lagere temperatuurzones en de buitenwanden van de bemetseling zijn opgebouwd, vertonen vaak gebreken bij de voegen omdat deze door de zuren in de rookgassen worden opgelost. De voegen moeten dan worden uitgehakt en opnieuw worden aangebracht. Het pleisteren of berapen van beschadigd rookgaszijdig metselwerk heeft meestal weinig zin omdat de ondergrond daarvoor te veel vervuild is met roet of andere verontreinigingen. Het pleisterwerk zal niet hechten en daardoor snel afbrokkelen.
Na reparaties aan metselwerk moet dit ruimschoots de tijd krijgen om te drogen. Ook dient het opstoken na dergelijke reparaties langzaam te geschieden om vocht de kans te geven langzaam te verdampen.

Voor het inspecteren van de vuurgang moet eerst de vuurdeur en het brandwerk worden verwijderd. Bij deze inspectie wordt aandacht gevraagd voor de aantasting van het materiaal en voor de onrondheid van de stookbuis of de vuurgang alsmede het doorzakken ervan. Aantasting zal zich voornamelijk voordoen in de heetste zone van het vuur direct achter het doodbed.
Onrondheid en doorbuigen van de vuurgang is een teken van verzwakking van het materiaal van de vuurgang en mag zich niet voordoen. De aanwezige cirkelvorm kan men vaststellen met een (grote) speermaat zoals hieronder is afgebeeld.



Speermaat

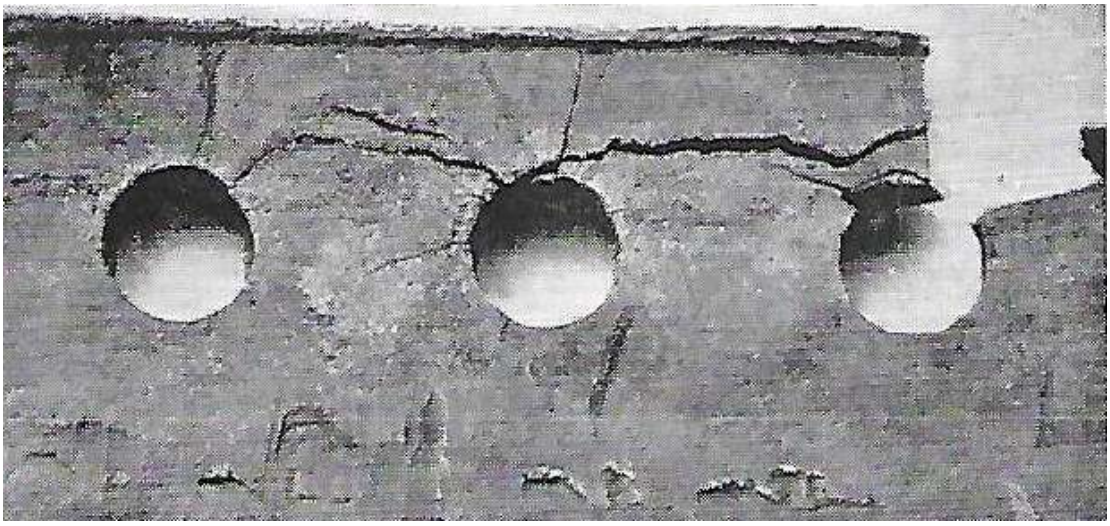
Het ene einde is verschuifbaar en wordt door een veer naar buiten gedrukt Met het pennetje in het midden leest men de middellijnen af: deze worden horizontaal en verticaal gemeten op de plaats waar de vuurgang het sterkst verhit wordt, namelijk op ongeveer 0,6 m vanaf het doodbed van de ketel. Ernstige vervorming kan zich voordoen als gevolg van materiaalfouten, een dikke laag ketelsteen of olie. Is het verschil groter dan 1 “ (25,4 mm) met de originele maat dan moet men overgaan tot het terugdrukken van de vervorming met een hydraulische pers die in de vuurgang wordt geplaatst. Men moet de pers enige uren onder druk laten staan om het gewenste resultaat te bereiken.
Het doorzakken kan met een lange rij worden vastgesteld of met een waterpastoestel. Het verdient aanbeveling de meetgegevens vast te leggen zodat veranderingen eenvoudig kunnen worden opgemerkt en tijdig maatregelen kunnen worden getroffen.

Scheuren en intering ketelmaterialen
Hierna volgt een opsomming van gebreken die zich kunnen voordoen bij een stoomketel en bij de reguliere inspecties en onderhoud onder de aandacht dienen te komen.

Scheuren komen voor in de dammen van klinknagelverbindingen (damscheuren) en kunnen zijn ontstaan door:

- te hoge klinkdruk, deze druk mag niet hoger zijn dan 80 – 120 kg/cm2;
- extra spanningen bij lapnaden, die juist daar optreden, waar door het koken van een plaatkant de onderliggende plaat is beschadigd;
- het verouderen van het materiaal. Hieronder verstaan we het met de tijd afnemen van de kerftaaiheid. Deze vermindering van de taaiheid treedt op waar het materiaal tijdens de vervaardiging in koude toestand vervormd is, zodat de rekgrens is overschreden;
- loogbroosheid. Bij een te hoog soda- of looggehalte ontstaat, ook bij een nauwkeurige afwerking, tussen de naden een te sterke loogconcentratie. Op plaatsen waar grote spanningen optreden, zoals onder een klinknagel en gekookte plaatranden, werkt dit op het materiaal in en verandert de structuur dermate, dat het hard en broos wordt.

Scheuren beginnen bij nagelgaten meestal aan de oppervlakte die tegen de andere plaat ligt. Een lekke nagel, gemakkelijk te herkennen aan een witte afzetting of bij het afpersen aan vocht, is een teken van verborgen scheuren.



Voorbeeld van zeer ernstige scheurvorming bij klinknagelverbinding

Na het uitslopen van de nagel moet het gat worden geschuurd om de scheur vast te kunnen stellen. Het vaststellen gebeurt of met behulp van een penetrante vloeistof of met behulp van magnetisme. Het scheuronderzoek wordt tegenwoordig meestal uitgevoerd door specialistische bedrijven die daarvoor de nodige apparatuur en hulpmiddelen in huis hebben en tevens de bevindingen vakkundig kunnen interpreteren.



Voorbeeld van magnetisch onderzoek naar scheuren rond klinknagels (Stoomgemaal Halfweg 2018)

In krommingen van flenzen komen soms ook scheuren voor. Deze kunnen veroorzaakt zijn door:

- plooien, die bij het buigen van flenzen ontstaan, als de kromtestraal gering is
- de z.g. blauwbroosheid, vervorming bij ca 300º C, die tijdens het flenzen kan voorkomen, is later oorzaak van sterk verminderde rek
- de uitzetting van de vuurgang , waardoor in de nek van de frontflens bij de front-rompverbinding en vuurgang-frontverbinding grote buigspanning optreedt

In vuurgangen merkt men scheuren op die worden veroorzaakt door:

- plaatselijke oververhitting doordat vlammen de vuurgang raken
- terugdrukken van plaatselijke vervormingen met behulp van hydraulische apparatuur als deze op een te klein oppervlak rust
- oververhitting van de naar het vuur gekeerde plaat op plaatsen waar twee plaatdikten aan de hoogste temperatuur zijn blootgesteld
- de lengtevermeerdering van de vuurgang

Intering van ketelmateriaal ontstaat:

- door in het water opgeloste gassen zoals zuurstof en koolzuur
- door galvanische werking (elektrische stromen) tussen bijvoorbeeld bronzen appendages en het ketelmateriaal
- door ketelsteen en olieafzetting. Na het weghalen van bijvoorbeeld een laag ketelsteen zal vaak een intering zijn waar te nemen
- door roet aan rookgaszijde van de ketelplaten; vooral in een koude ketel kan vochtig geworden zwavelhoudend roet zeer schadelijk zijn
- waterzijdig, op plaatsen waar verschillende staalsoorten met elkaar in aanraking komen zoals bij bout- of draadeindverbindingen
- op plaatsen waar door klinken, uitrollen of koken, staal koud vervormd is en tevens vrij hoge materiaalspanningen optreden

Werken in afgesloten ruimtes

De water- en rookgaszijdige ruimtes van een stoomketel zijn over het algemeen erg klein en moeten voor ze betreden worden voldoende afgekoeld zijn en minstens zes uur zijn geventileerd, zodat men er zeker van is dat voor de gezondheid schadelijke gassen uit de ketel verdreven zijn. Het is ook van belang dat de degene die de reparaties in deze nauwe ruimtes uitvoert vrij is van claustrofobie, een stofmasker en afdoende beschermende kleding draagt. Daarenboven moet naast degene die de reparatie uitvoert nog een persoon buiten de ketel aanwezig zijn die kan ingrijpen in geval van een calamiteit, en eventueel ook gereedschappen of onderdelen kan aanreiken dan wel afvoeren. Dit laatste geldt overigens ook voor andersoortige afgesloten ruimtes van de gemaalinstallatie. In deel III van de leidraad wordt hier nader op ingegaan.

2.3 Aandrijving

De schepraderen van het gemaal Mastenbroek worden aangedreven door een horizontale dubbelwerkende 1-cilinder wisselstroom stoommachine met expansie en injectie-condensatie. De machine is indertijd gemaakt door Maatschappij de Atlas te Amsterdam. Wisselstroom duidt erop dat de verse stoom en de afgewerkte stoom aan dezelfde zijde van de cilinder wordt toegevoerd als afgevoerd. Het tegenovergestelde van een wisselstroommachine is een gelijkstroommachine waar de afgewerkte stoom, meestal via poorten, in het midden van de cilinder wordt afgevoerd.
De stoommachine is bijzonder door haar volgens huidige begrippen ongewone constructie zowel in hoofdopzet als details en hoogst waarschijnlijk een kopie van een Engels fabricaat uit die tijd. Aanwijzingen hiervoor zijn dat in het bestek de Angelsaksische maatvoering van de stoommachine in voeten en duimen wordt gebruikt terwijl voor andere onderdelen de toen in Nederland gebruikelijke el, palm, duim en streep als maataanduiding zijn gebruikt. Bij het ontwerp van deze stoommachine is, zo is uit het oude bewaard gebleven bestek af te leiden, gebruik gemaakt van de ervaringen die zijn opgedaan bij de stoommachine van het stoomgemaal Halfweg dat destijds gebouwd is in het kader van het droogmaken van de Haarlemmermeer.

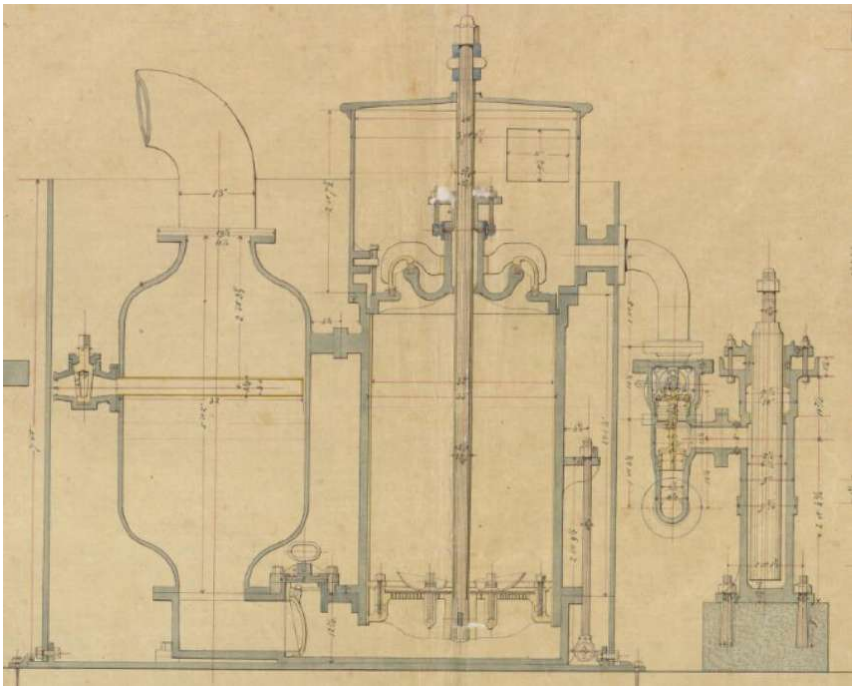
De cilinderdiameter van de machine is volgens de bestek gegevens 29 ” (736,6 mm). De zuigerslag is 8 ’ (2438,4 mm). De heen- en weergaande zuigerbeweging wordt omgezet in een roterende beweging met behulp van een kruishoofd met leibaan en een krukdrijfstangmechanisme waarvan de drijfstang 18’ 6½” (5651,5 mm) en de kruk 4 ’ (1219,4 mm) lang zijn. De stoommachine heeft een doorlopende zuigerstang en heeft zowel aan DZ, dekselzijde, als aan AZ, (kruk)aszijde een leibaan. De leibaan aan dekselzijde is buiten het gebouw op een aparte fundatie opgelegd. Het apart funderen van deze leibaan, dus niet als een geheel met de machinefundatie, was in de tijd dat het gemaal Mastenbroek werd gebouwd niet ongebruikelijk, maar wel dat deze buiten het bemalingsgebouw en dus de beschermde omgeving van de machinekamer lag, waardoor de indruk wordt gewekt dat het gebouw te klein is ontworpen.

De op twee plaatsen in koperen schalen gelagerde krukas heeft een diameter van 11 ” (279,4 mm). Op de krukas is een imposant groot en zwaar vliegwiel gemonteerd.
Tussen het excentriek van de natte luchtpomp en de kruk op de krukas, bevindt zich het excentriek voor het bewegingsmechanisme, het zogenoemde kloswerk, van de stoom toe- en afvoerkleppen. De excentriciteit hiervan is 9 ” (228,6 mm) waarmee dus een rechte slag van ongeveer 456 mm bereikt zou kunnen worden, ware het niet dat de excentriekstang via een balansarm met het kloswerk is verbonden en het kloswerk daardoor een slag maakt van 39 ‘’ (990,6 mm).

Op dezelfde as tussen het excentriek voor het kloswerk en het vliegwiel bevindt zich het excentriek voor de aandrijving van de zogenoemde natte-luchtpomp. In het bestek wordt hiervoor aangegeven dat met dit excentriek en met behulp van balansarmen een condensaatpomp en een perspomp moesten worden aangedreven met respectievelijk een slag van 2½ ’ (762 mm) en 12¾ ” (317,6 mm). De zuigerdiameters van deze pompen dienden volgens het bestek 2 ’ (609,6 mm) en 4½ ” (114,3 mm) te bedragen.

Het in het bestek voorgeschreven aandrijfconcept voor zowel de natte luchtpomp, de condensaatpomp, alsmede dat van de als perspomp aangeduide ketelvoedingwaterpomp, is op enig moment verlaten en vervangen door een rechtstreeks door het excentriek aangedreven natte luchtpomp en een aparte door stoom aangedreven ketelvoedingwaterpomp. Volgens latere beschrijvingen van de installatie heeft deze aanpassing kort na de installatie in de garantietermijn plaats gevonden met als reden dat met de in het bestek voorgeschreven natte luchtpomp niet het gewenste vacuüm kon worden bereikt. Er is uiteindelijk een natte luchtpomp met een grotere capaciteit geïnstalleerd die rechtstreeks door het excentriek wordt aangedreven, dus zonder tussenkomst van een balansarm zoals de bedoeling was.
De als plunjerpomp uitgevoerde ketelvoedingwaterpomp is evenals de balansarm komen te vervallen. De voeding van de ketel vond vanaf dat moment plaats met behulp van één zogenoemde door stoom aangedreven duplexpomp. Een opmerkelijke verbetering omdat de stoomketels nu ook gevoed konden worden zonder dat de stoommachine in werking was. Later, wanneer is niet bekend, is een tweede duplexpomp voor het voeden van de ketel aan de installatie toegevoegd.

De onderstaande tekening geeft de in het bestek van gemaal Mastenbroek voorgeschreven opstelling weer van de één jaar later door Maatschappij De Atlas geleverde stoominstallatie van het stoomgemaal in Gouda. Ir J.A. Beijerink was, evenals voor het gemaal Mastenbroek, ook hier de ontwerper, wat de gelijkenis hiermee verklaart.

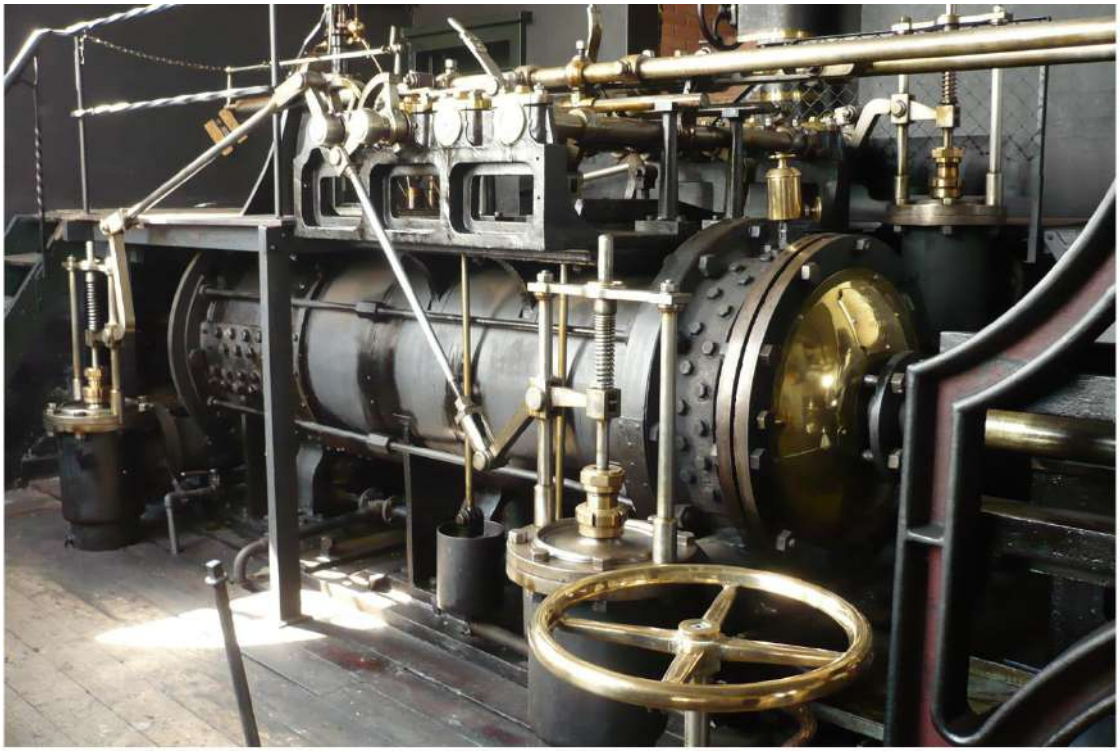


Aanvankelijk bedoelde opstelling van de condensor, natte luchtpomp en ketelvoedingswaterpomp

Van de in tweede instantie geplaatste grotere natte luchtpomp zijn geen tekeningen of nadere beschrijvingen aanwezig hoe deze pomp is samengesteld. Voor zover zonder demontage kan worden vastgesteld bestaat de pomp uit een grote plunjer met een verticaal opgestelde cilinder.

De zuig- en perskleppen bevinden zich aan de voet van deze cilinder. Het geheel is in een aparte bak, de condensaatbak, geplaatst. De plunjerafdichting wordt verkregen met behulp van een pakkingbus rondom de plunjer.
Sinds mensenheugenis is geen onderhoud gepleegd aan deze pomp. Dit is een reden voor nader onderzoek naar hoe deze is samengesteld, en vervolgens het beschrijven en in tekening brengen ervan.

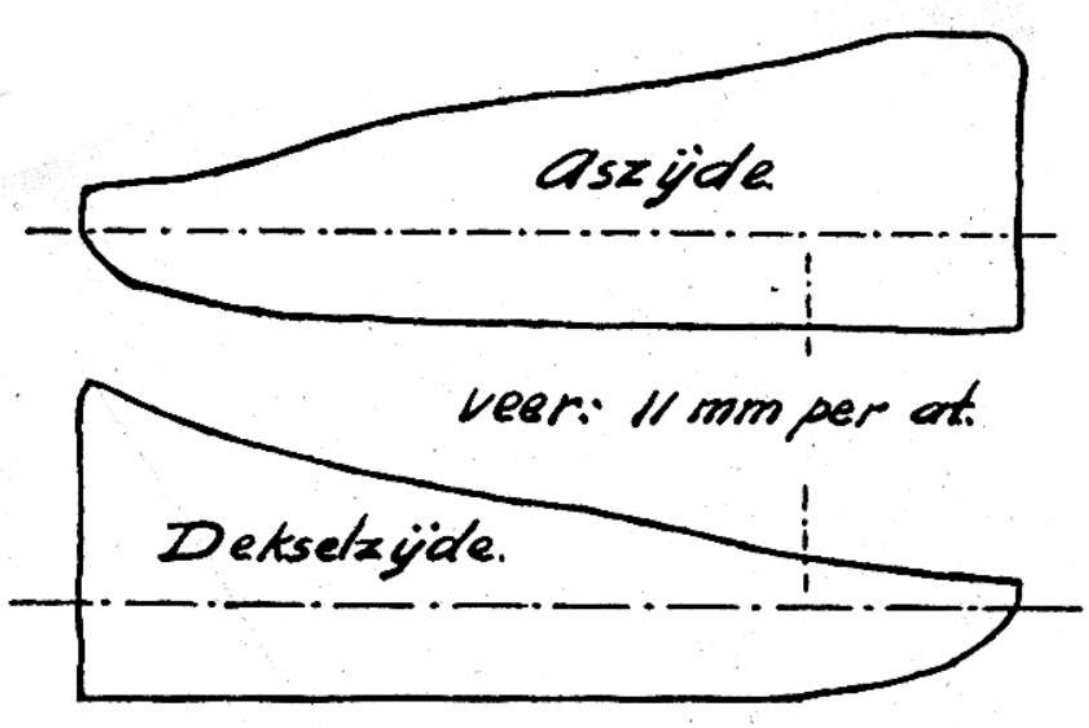
De machine maakte bij het aandrijven van de twee gekoppelde schepraderen ongeveer 10 omw/min. Bij grotere opvoerhoogten werd om het gevraagde vermogen te verminderen één rad afgekoppeld en draaide deze met ten hoogste 12 omw/min.



Maatschappij de Atlas stoommachine

Tussen de aandrijving en het scheprad bevindt zich een tandwieloverbrenging die het toerental van de stoommachine met een factor 1,7 reduceert.
Door het handmatig meer of minder open- of dichtdraaien van de hoofdstoomafsluiter wordt het toerental alsmede het koppel van de stoommachine en daarmee de capaciteit van de schepraderen geregeld.
Hierna worden de diagrammen afgebeeld van de stoommachine waaruit een vermogen berekend wordt van 93 ipk bij 10 omw/min. Uit opmeting van het diagram blijkt dat de druk in de cilinder aan het begin van de slag slechts ongeveer 1,8 kg/cm² is en dus niet de volle beschikbare keteldruk van 4 kg/cm² in de cilinder optreedt.

De expansie van de stoom in de cilinder begint aan de DZ (dekselzijde) nagenoeg bij het begin van de slag. Aan de AZ (aszijde) ongeveer nadat de zuiger 10 % van de slag heeft afgelegd.
Uit de geringe vulling of zelfs het ontbreken ervan alsmede de sterk gereduceerde stoomdruk, 1,8 kg/cm² inplaats van de beschikbare 4 kg/cm² ,moet worden afgeleid dat maar een fractie van het vermogenspotentieel van de stoommachine wordt gebruikt of, met andere woorden: aanmerkelijk te groot is voor haar doel.



Indicateurdiagrammen (niet op schaal)

De absolute druk in de condensor, opgemeten uit het diagram, bedraagt ongeveer 0,2 kg/cm². De energie die in de stoommachine wordt opgewekt als gevolg van condensatie wordt vertegenwoordigd door het oppervlak van het diagram onder de streep-stippellijn. Uit het grote oppervlak hiervan in verhouding tot het totale oppervlak, kan worden afgeleid dat condensatie enorm bijdraagt aan de uiteindelijk geleverde energie en een slecht vacuüm een groter energieverbruik tot gevolg heeft.

2.3.1 Stoommachinespecificaties

Van de stoommachine en de bijbehorende hulpwerktuigen zijn geen constructietekeningen meer. Wel is er een aantal belangrijke vermeldingen terug te vinden in de maandrapportages van de logboeken die men bijhield. Hiervan zijn de met de hand geschreven jaargangen vanaf 1925 tot en met april 1932 getranscribeerd. De doorgevoerde reparaties en vervanging van onderdelen en installaties zijn echter dermate summier omschreven dat ze weinig houvast bieden voor het huidige onderhoud. Daar waar het van belang is wordt de revisie of de vervanging bij het beschrijven van het onderhavige onderdeel vermeld.

Uit de overgetypte originele bestekomschrijving van het gemaal zijn voor zover vermeld de hoofdafmetingen van de installaties overgenomen en in deze leidraad opgenomen. Het streven is om door opmeting en vervolgens vastleggen op tekening van de verschillende installatieonderdelen de machines verder te documenteren en daardoor eenvoudiger en beter te kunnen onderhouden.

De opstelling en de uitvoering van de stoommachine met een enkele kruk doet denken aan dat van een bajonet op een geweer vandaar de naam “bajonetframe opstelling”.

Samenvatting machine gegevens

Stoommachine	
Fabricaat	Maatschappij De Atlas, Fabriek van Stoom en andere Werktuigen te Amsterdam
Bouwjaar	1856
Type	Dubbelwerkende 1-cilinder expansiestoommachine en condensatie met behulp van een injectie condensor. De stoom toe- en afvoer vindt plaats met behulp van kleppen
Werkdruk	4 kg/cm² (deze druk is in de praktijk nauwelijks de helft)
Stoomsoort	Verzadigde stoom met een temperatuur van ongeveer 152 ºC
Nominaal vermogen	93 ipk (indicateur paardenkrachten) (68,5 kW)
Nominaal toerental	10 omw/min
Cilinderdiameter	29” (736,6 mm) volgens bestek, later bij revisies uitgekotterd
Zuigerstangdiameter AZ	4⅝ ”(117,8 mm)
Zuigerstangdiameter DZ	3½ ” (88,2 mm)
Zuigerslag	8 ’ (2.438,4 mm)
Vliegwiel afmetingen	Diameter velg 25 ‘ (7.620 mm). Diameter ronde doorsnede velg 12 ‘’ (304,8 mm)
Vliegwiel gewicht	16.000 kg

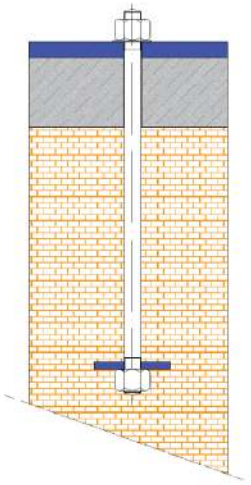
De belangrijkste onderdelen van de stoommachine zijn:

- Frame en fundatie
- Stoomcilinder en deksels
- Zuiger, zuigerstang en pakkingbus
- Kruishoofd, drijfstang en krukmechanisme
- Hoofdlagers
- Vliegwiel en torninrichting
- Stoomverdeling en regeling

2.3.2 Machinefundatie en frame

De stoomcilinder, de leibaan, de stoomverdelingsinrichting en de (binnen)lagerstoel van de krukas, naast de kruk, zijn opgesteld op een uit vijf delen bestaande gietijzeren fundatieplaat.

De (buiten)lagerstoel van de krukas naast het rondsel (kleine tandwiel) is samen met die van het buitenlager van de zogenoemde wateras van het eerste scheprad, op een aparte gietijzeren fundatieplaat opgesteld. De in het werk zuiver horizontaal opgestelde fundatieplaten hebben een dikte van 60 mm en zijn op hardstenen zerken opgelegd. De gietijzeren fundatieplaten zijn voorzien van de nodige uitsparingen en nokken voor het stellen en het borgen tegen het verschuiven van de machineframes en de lagerstoelen. De gezamenlijke platen zijn met 14 stuks 2,850 m lange 2" ankerbouten in het onderliggende metselwerk verankerd. De ankerbouten zijn aan de onderkant voorzien van 500 x 500 mm vierkante en 50 mm dikke gietijzeren platen om te voorkomen dat de bouten uit het metselwerk worden getrokken. De plaatsen waar de lagerstoelen en de machinesteunen zijn opgesteld zijn glad afgewerkt.
Baksteen is minder goed bestand tegen hoge vlaktedruk. De verschillende machineonderdelen staan daarom, zoals hiervoor is aangegeven, op een uit meerdere delen opgebouwde gietijzeren fundatieplaat met daaronder dikke stroken (zerken) hardsteen. Omdat er geen sprake is van een machineframe waarmee de verschillende machinedelen aan elkaar zijn vastgemaakt moeten alle langskrachten en dwarskrachten via deze gietijzeren fundatieplaat worden overgebracht. De onder deze plaat gelegde hardstenen stroken en de gemetseld muren waaraan de platen zijn verankerd helpen hierbij. Onder de gietijzeren fundatieplaat van de stoommachine is aan de ene kant een strook van 6 hardstenen platen gelegd, elk met een breedte van 1,120 m en een lengte van 2,000 m; dus met een totale lengte van 12,000 m, en een dikte van 0,280 m. Aan de andere kant van de krukas zijn onder de gietijzeren fundatieplaat voor de machineas en de zogenoemde wateras voor de ene zijde van het eerste scheprad, twee hardstenen zerken gelegd, elk met een breedte van 0.800 m en een lengte van 2.350 m; dus een totale lengte van 4.700 m. Bij de fundaties van de schepraderen volgen de hardstenen fundatiestroken de contour van de krimpmuur ter plaatse.



Fundatie verankering

Bij de restauratiewerkzaamheden in de periode 2001 -2010 is door het adviesbureau Alferink- Van Schieveen nabij het krukaslager een scheur in de gietijzeren fundatieplaat waargenomen. De plaat is daar plaatselijk ongeveer 5 mm verzakt. De scheur in de plaat is niet gerepareerd. Uit het nieuwe beton en bakstenen onder de gietijzeren plaat, ter plaatse van het krukaslager, kan wel opgemaakt worden dat de fundatie opnieuw is onderstopt en aangevuld.

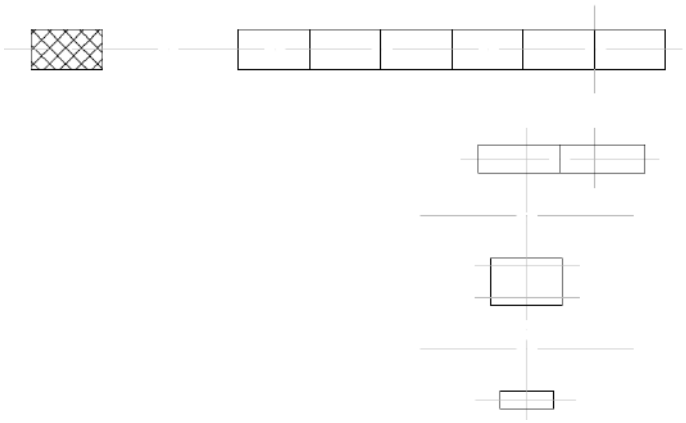


Scheur in fundatieplaat



Reparatie fundatie (**t. p. v. het krukaslager)**

Voorzover zonder nader onderzoek is na te gaan is de situatie rondom de scheur stabiel. Geadviseerd is indertijd om de machine niet zwaar te belasten.



Configuratie fundatiezerken (hardsteen)

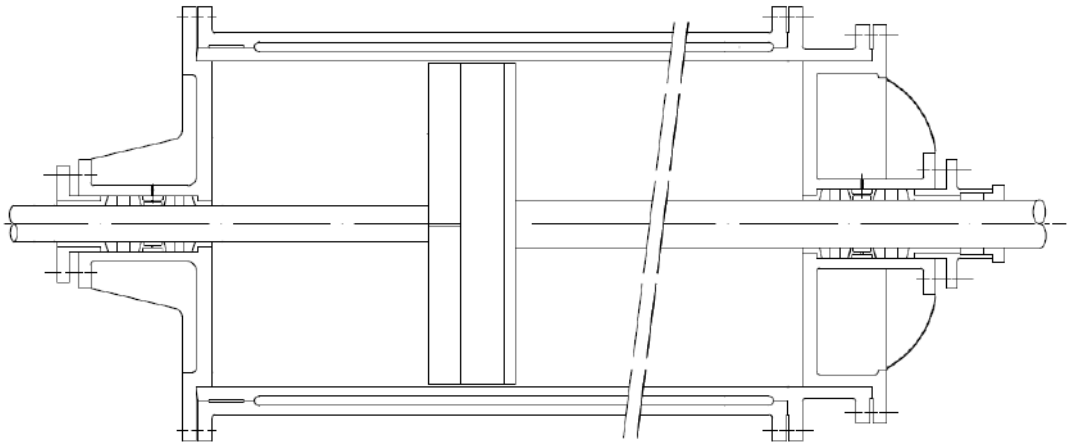
Opmerking

Over de in de tekening gearceerde fundatie van de (bijzondere) leibaan buiten het gebouw is weinig bekend. Op de in de bijlagen van dit deel van de leidraad gevoegde plattegrondtekening en de opstellingstekening van respectievelijk de adviesbureaus de Gruijter en van Alferink- Van Schieveen komt deze constructie niet voor. Ook in het originele bestek wordt deze belangrijke constructie in het geheel niet benoemd. Uit de foto's die bij de restauratie van de schoorsteen en de schoorsteenfundatie in 2008 zijn gemaakt kan met enige voorzichtigheid worden afgeleid dat de fundatie van de leibaan onderdeel was van de fundatie van de schoorsteen en niet van het bemalingsgebouw. Het is niet bekend of de in het verleden opgetreden zettingen van het gebouw, maar vooral die van de schoorsteen hebben geleid tot buitensporige slijtage. Ook is niet bekend hoe en door wie de uitlijning van dit machineonderdeel na de afronding van genoemde schoorsteenrestauratie is hersteld.

Een onvoldoende uitlijning leidt tot overmatige pakkingbus- en zuigerslijtage. In extreme gevallen kan zich stangbreuk voordoen. In het kader van regulier- en groot onderhoud verdient dit machine-onderdeel bijzondere aandacht en zal dit beter gedocumenteerd moeten worden.

2.3.3 Stoomcilinder en deksels

Voldoende gedetailleerde constructietekeningen van de stoomcilinder c.a. ontbreken. Ook, anders dan de vermelding in de maandreportage van januari en februari 1928, dat de cilinder is uitgekotterd, zijn er uit overlevering geen gegevens bekend waaruit kan worden opgemaakt op welke wijze dit machineonderdeel is samengesteld en hoe er onderhoud moet worden gepleegd. Met behulp van het originele bestek, opmeting van de contour en oude tekeningen van het stoomgemaal in Gouda waar eenzelfde type stoommachine van hetzelfde fabricaat heeft gestaan, is de volgende reconstructietekening gemaakt. In de toekomst moet door middel van demontage, opmeten en zorgvuldige documentatie inzicht worden verkregen over de actuele onderhoudstoestand, de frequentie waarmee onderhoud moet plaatsvinden en de wijze waarop het onderhoud moet worden uitgevoerd en welke hulpmiddelen en gereedschappen men daarbij nodig heeft. Opgemerkt wordt dat de afmetingen die vermeld worden niet nauwkeurig zijn als gevolg van het feit dat bij de fabricage grotendeels gebruik is gemaakt van het Angelsaksische maatstelsel. De vermelde afmetingen zijn herleid naar ons huidige metrieke maatstelsel. Daarenboven ontbrak het de fabrikanten van weleer aan een adequaat passingstelsel en de daarbij behorende gekalibreerde meetinstrumenten. Onderdelen werden zuiver pasgemaakt met slechts behulp van mallen en/of een krom- en voetjespasser.



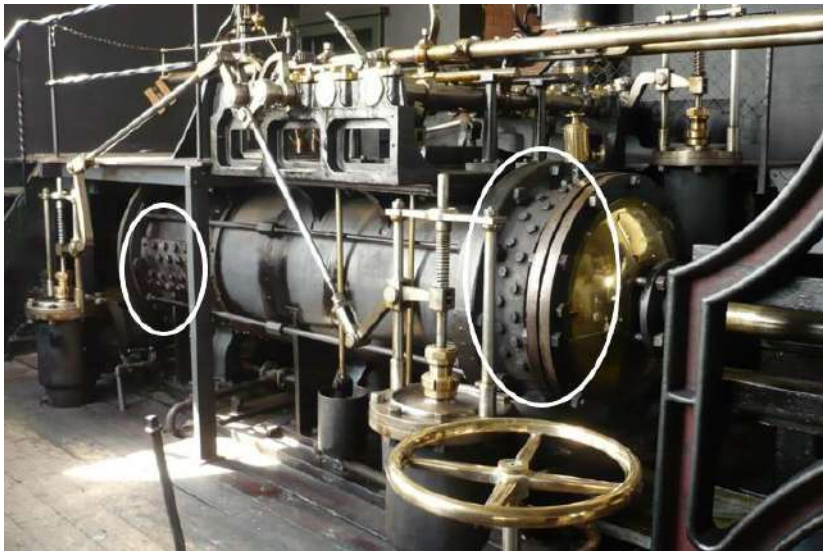
Reconstructietekening van de stoomcilinder zuiger en zuigerstangen

De stoomcilinder bestaat uit een losse voering met een (originele) inwendige diameter van 29 ”, (730 mm) met daar omheen een zogenoemde stoommantel om de cilinder te kunnen voorwarmen en tijdens bedrijf warm te houden. Een en ander om te voorkomen dat er een te grote afkoeling van de verse stoom plaatsvindt bij het inlaten en er condensatie optreedt. In deel IV van deze leidraad wordt aangegeven dat afkoeling en condensatie het rendement nadelig beïnvloeden en zelfs tot schade aan de machine kan leiden. In het bestek is op blz. 55 aangegeven dat de cilinder een bijna horizontale stand heeft.

Wat de vermelding ”bijna” betekent is vooralsnog niet duidelijk omdat verwacht mag worden dat de complete machine weliswaar liggend maar zuiver waterpas is opgesteld.
De ruimte tussen de zogenoemde cilindervoering en de mantel is 1’’ (25,4 mm). De lengte van de cilinder is 8 ’ 10 ” (2782 mm).
De uitwendige diameter van de cilindermantel is 38 ” (965,2 mm). De cilindervoering is, afgeleid van constructie tekeningen van het stoomgemaal Gouda, aan beide zijden van pasranden voorzien waarbij de afdichting wordt verkregen met behulp van flenzen. Of er gebruik is gemaakt van pakkingmateriaal bij die flensverbinding is niet bekend, en op dit moment voor de stichting onderwerp van nader onderzoek.

Om de stoomcilindermantel was een houten isolatiemantel ter dikte van 13”(330,2 mm) aangebracht. Deze mantel bestond uit een aantal dubbel opgeklampte 3 ” grenenhouten schinkels (ringen) die aan de omtrek in de lengterichting van de cilinder waren bekleed met 60 mm brede en 20 mm dikke gekraalde vurenhouten delen. Deze houten delen werden op de plaats van de schinkels bijeengehouden door 650 mm brede en 3 mm dikke stalen banden. De ruimte tussen de cilinder en de vurenhouten mantel was opgevuld met gezeefde haard-as (kool-as), het indertijd gebruikelijke isolatiemateriaal dat ook bij stoomleidingen en de omhulling van stoomketels werd toegepast.
De hiervoor omschreven bekleding is niet meer aanwezig, wel is er om de cilindermantel een uit dun staalplaat geconstrueerde omhulling aangebracht met daarachter, dus tussen de cilindermantel en de plaat, een isolatiedeken. Wanneer, en de reden waarom, de originele isolatiemantel vervangen is, is niet bekend. De cilinder is voorzien van drie gietijzeren voetstukken of stoelen, die elk met 1” bouten op de fundatie zijn vastgeschroefd.

Opgemerkt wordt dat in het cilindervormige gedeelte van het cilinderdeksel aan de aandrijfzijde in een vast patroon een groot aantal $^{3}/_{4}$ ” bouten zijn aangebracht waarmee een stalen ring tegen het gietijzeren flensstuk is bevestigd. Vermoedelijk heeft zich hier in het verleden breuk voorgedaan en is deze gerepareerd met een verdubbelingsplaat. Ook tijdens de fabricage niet opgemerkte gietgallen in het gietwerk kunnen oorzaak zijn voor lekkage en het achteraf repareren van de betreffende onderdelen.



Locaties doorgevoerde reparaties

Bij het cilindervormige gedeelte van het cilinderdeksel aan de niet-aandrijfzijde valt hetzelfde op; echter hier strekt de verdubbeling zich slechts over een klein gedeelte van het deksel uit. Slechts demontage van de cilinderdeksels en een inwendige inspectie van deze onderdelen kan hierover belangrijke informatie verschaffen.

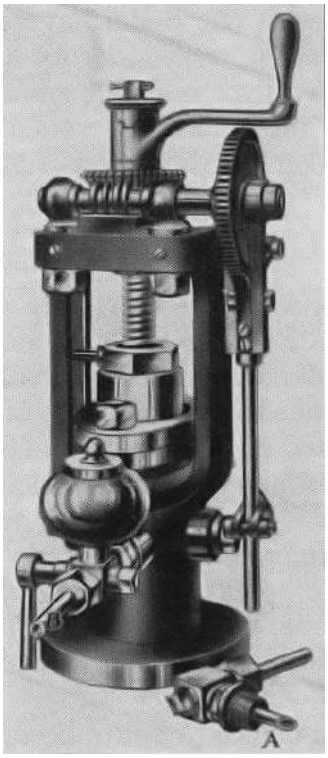
Opgemerkt wordt dat het uitkotteren van een cilinder een minder bekende mechanische bewerking is die op locatie wordt uitgevoerd om de uitgesleten cilinder over de volle lengte zuiver rond te maken en overal een gelijke diameter te geven. Vervolgens worden voor de uiteindelijk verkregen diameter nieuwe zuigerveren gemaakt en gemonteerd. In paragraaf 4.14.7 van deel IV wordt op deze bewerkingsmethode nader ingegaan met dien verstande dat bij op locatie uitgevoerde revisies gebruik wordt gemaakt van een mobiele kotterbaar. Bij de opstelling van de kotterbaar wordt gebruik gemaakt van de machinefundatie en speciale op de machine afgestemde hulpstukken .
Bij elke revisie van de zuiger, en sowieso als de zuigerveren worden vervangen, moeten de stootranden -daar waar het loopvlak van de zuigerveren eindigt- worden weggeslepen dan wel bij grote slijtage de cilinder worden gekotterd of gehoond. Laat men dit achterwege, en dat is getuige de eerder aangehaalde maandrapporten in het verleden een aantal keren gebeurd, dan stuit de nieuwe zuigerveer na het in bedrijfstellen van de gereviseerde machine tegen de oude stootrand in de cilinder en breekt spontaan. In alle gevallen moet de veelal messcherpe rand van de veren gebroken worden voordat ze worden geplaatst. Een niet al te fraaie maar desalniettemin vaak toegepast methode is om de stootrand handmatig weg te slijpen en met schuurlinnen glad af te werken.

Cilindersmering

De cilindersmering vindt plaats met het zogenoemde Mollrupspompje. De pomp bestaat uit een met olie gevuld pomphuis waarin met behulp van een schroefspindel een plunjer wordt bewogen die de olie naar de te smeren punten perst. De uiterst langzame draaibeweging van de spindel wordt veroorzaakt door een worm- wormwiel overbrenging en een zogenoemd krabbelwerk.

Het krabbelwerk op zijn beurt wordt met behulp van een hefboom aangedreven door de heen en weer gaande beweging van het bewegingsmechanisme van de in- en uitlaatkleppen van de stoommachine. De hierna beschreven pomp is ook toegepast bij de cilindersmering van de linker en originele ketelvoedingwaterpomp van dit gemaal.



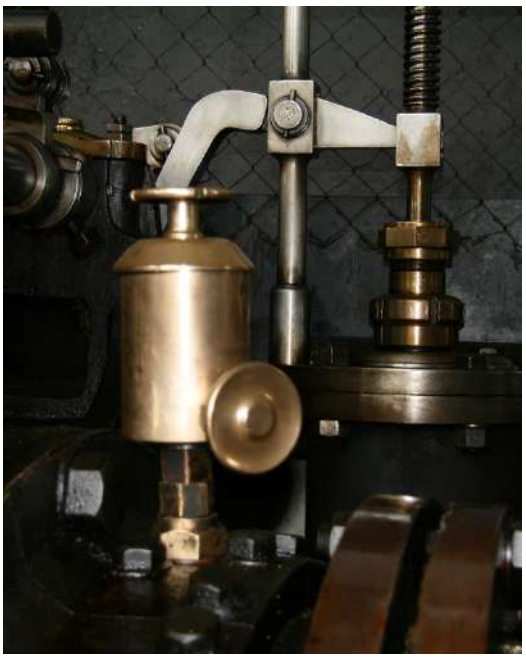


Mollrups cilindersmeeroliepomp

Is de pompcilinder gevuld dan staat de plunjer in de hoogste stand en wordt deze naar beneden gedrukt door middel van een wormbeweging waarvan het horizontale wormwieltje als vaste moer op de draadstang van de plunjer is uitgevoerd en de worm wordt bewogen door een zogenoemd krabbelwerkje. Hiervan wordt een aan de stang bevestigd palletje zodanig bewogen door de heen en weergaande beweging van de stoommachine dat de worm bij iedere slag een of meer tandjes wordt gedraaid. Door verplaatsing van de aanslagen op de speciaal voor de smering op de geleidestang aan de uitlaatzijde aangebrachte geleiding wordt de slag van de pal groter of kleiner, het palwieltje meer of minder tanden verdraaid en wordt door de keuze van het aantal tandjes per slag de hoeveelheid olie bepaald die naar het klephuis van de inlaatkleppen wordt aangevoerd. Voor de laagste stand, waarbij de pomp zichzelf stil zet, wordt het driewegkraantje van de persaansluiting zodanig gedraaid dat de persruimte een verbinding vormt met de vuldop naast de cilinder die met cilinderolie gevuld wordt. Door het uittrekken van de pal in de kruk van het wormwiel bovenop de pomp wordt het wormwiel van de plunjerdraadspindel ontkoppeld.
Door met behulp van de kruk de plunjer naar boven te draaien wordt de olie uit de vuldop opgezogen en de pompcilinder gevuld. Door de driewegkraan weer in de juiste stand te plaatsen en de pal te ontgrendelen zal de worm weer worden meegenomen en de olie naar de cilinder worden geperst.

De pomp heeft een persaansluiting met een verdeling naar de twee aftakkingen van de inlaatleidingen voor de inlaatkleppen van de stoommachine. De persleidingen zijn nagenoeg even lang zodat de olie evenredig wordt verdeeld over de twee kleppen. De olie wordt tijdens de inlaat door de stoom meegesleurd en komt tamelijk fijn verdeeld in de stoomcilinder terecht. Samen met het condens vormt het een film en zorgt voor de smering van hoofdzakelijk de zuiger, maar ook van de stangen van de in- en uitlaatkleppen.

De twee zuigerstangen worden met behulp van op de glijlagers annex pakkingbussen gemonteerde oliesmeerpotten gesmeerd.



Smeerpot aszijde



Smeerpot dekselzijde

Met deze smeerpotten kan de hoeveelheid smeerolie worden geregeld door de onderste kraan of afsluiter meer of minder ver open te zetten, hetgeen de nodige feeling van de “olieman” vereist. Het regelmatig vullen gebeurt drukloos. De doseerkraan of -afsluiter wordt dichtgezet en vervolgens wordt in het ene geval de vuldop er afgeschroefd en in het andere geval de vulkraan geopend. Vervolgens kan er olie worden bijgevuld. Het opnieuw in werking stellen gebeurt in omgekeerde volgorde van handelen. Men moet er op bedacht zijn dat deze oliepotten worden gevuld met cilinder-smeerolie en niet met machinesmeerolie

Cilindersmeerolie

Voor cilindersmering wordt Renolin CH 700 toegepast van Fuchs Schmierstoffe GMBH uit Mannheim, Duitsland. Deze cilindersmeerolie is speciaal ontwikkeld voor oude stoommachines en kan worden toegepast tot een stoomtemperatuur van 380 ºC. Deze temperatuur zal, omdat de verse stoom hooguit een temperatuur heeft van152 ºC, nooit worden bereikt.

RENOLIN CH 700

Description

Range RENOLIN CH
High-quality, mineral oil-based cylinder oils. Good thermal stability and low coking. Exceed the requirements of Z lubricating oils according to DIN 51510.

Density at 15 °C	927 kg/m³
Flash point cleveland	290 °C
Kinematic viscosity at 40 °C	2020 mm²/s
Kinematic viscosity at 100 °C	81.0 mm²/s
VI	98
Pourpoint	-15 °C

Specificaties cilindersmeerolie

Slagenteller

De machine is voorzien van een zogeheten slagenteller waarmee het aantal dubbele slagen van de zuiger, dus het aantal omwentelingen, wordt vastgelegd. Het telwerk van de slagenteller wordt door een hefbomenstelsel, dat gekoppeld is aan de klepbewegingsinrichting, aangedreven.



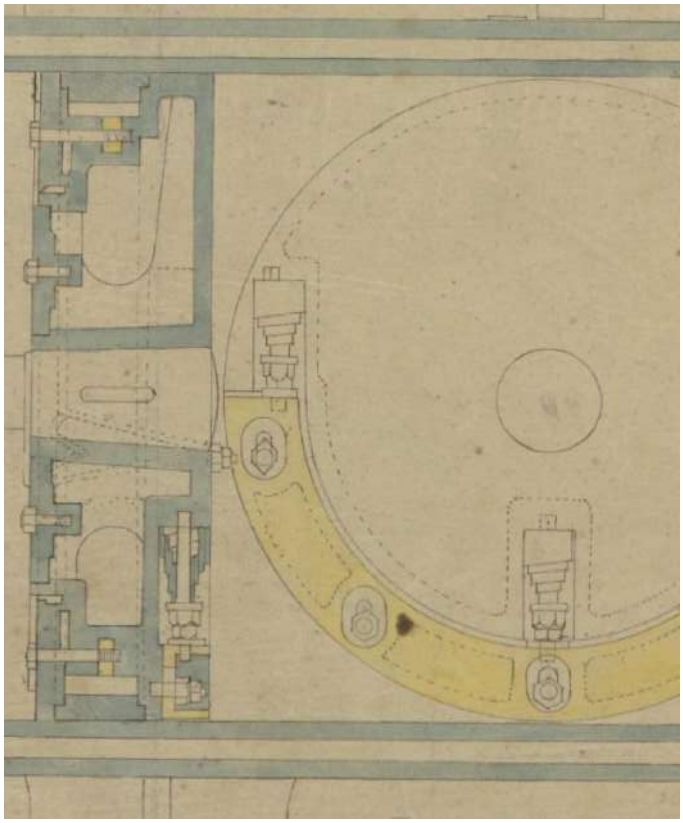
Door het aantal omwentelingen per tijdseenheid te delen door de overbrengingsverhouding van de tandwielreductie verkrijgt men het toerental van het scheprad per minuut en is men met behulp van de indompeldiepte van de schoepen van het scheprad in staat de capaciteit te berekenen en opgeteld de hoeveelheid verpompt water in bijvoorbeeld een etmaal.

Slagenteller

2.3.4 Zuiger, zuigerstang en pakkingbus

De zuiger bestaat uit een platte gietijzeren doosvormige constructie en is gemonteerd op een doorlopende zuigerstang waarvan de diameter aan de AZ ongeveer 4⅝ ”(117,8 mm) en aan de DZ 3½” (88,2 mm) is. Vermoedelijk is de zuiger geconstrueerd zoals deze later door De Atlas ook bij het stoomgemaal in Gouda is toegepast.

Omdat van de machine van stoomgemaal Mastenbroek de tekeningen ontbreken wordt voor de beeldvorming de zuigerconstructie van die van het stoomgemaal Gouda getoond. Hierbij wordt aangetekend dat de machine van Gouda geen doorlopende zuigerstangconstructie had.



Zuigerconstructie (stoomgemaal Gouda)

Het gewicht van de zuiger wordt opgevangen door geleiding in de pakkingbussen, de leisloffen en de leibanen aan beide zijden van de cilinder. We noemen dit een zwevende zuiger omdat in principe het zuigerlichaam de cilinder niet raakt. Niettemin is bij deze machine de zuiger voorzien van een sleepstuk aan de onderzijde. Het originele bestek schrijft namelijk een door veren gespannen metalen sleepstuk voor. Een en ander is hoogst waarschijnlijk uitgevoerd zoals op voorgaande constructietekening van het stoomgemaal in Gouda is aangegeven. Op de tekening is een halve L-vormige bronzen ring (geel gekleurd) te zien die aan de onderkant in de zuiger is aangebracht. De halve ring kan in verticale zin vrij bewegen en wordt door drie kegelveren met rechthoekige doorsnede aan de onderkant tegen de cilinderwand gedrukt. De veerdruk is met behulp van stelbouten te veranderen en moet bij montage van de zuiger zodanig worden afgesteld dat het gewicht van de zuiger wordt opgevangen en deze de cilinderwand niet raakt. Het is een tamelijk complexe constructie waarvan het functioneren en de afstelling met enige regelmaat gecontroleerd dient te worden.
Het sleepstuk is bij dit voorbeeld getekend aan de dekselzijde (DZ). Om de slijtage van het sleepstuk te kunnen controleren moet daarom het deksel aan die zijde worden losgenomen en over de zuigerstang naar achteren worden getrokken.

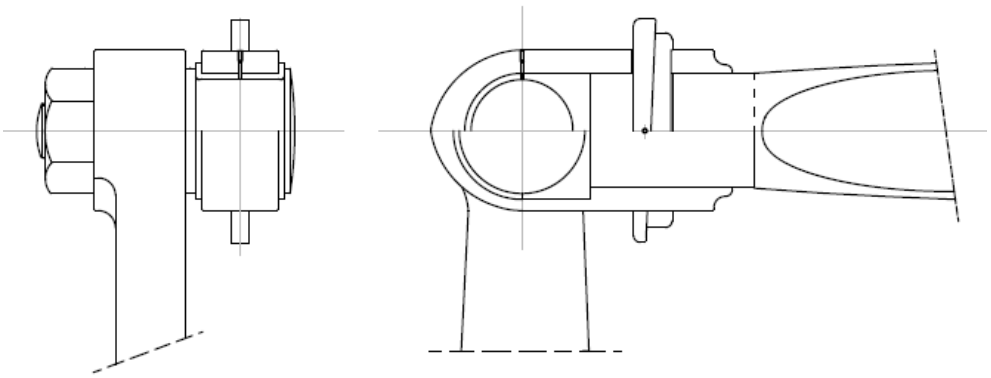
Bij een dergelijke afstelsessie kan ook zekerheid worden verkregen over de wijze waarop de zuiger is bevestigd. In het maandrapport van maart 1928 wordt gemeld dat in het vervolg de zuiger via de koker die in de achtermuur bevestigd zit eruit zal worden gehaald en wel omdat dan het juk (frame voor de leibaan van de machine en bewegingsinrichting voor het kloswerk) niet gedemonteerd en na de reparatie weer gemonteerd en uitgelijnd hoeft te worden. Dit geeft, zo wordt in het maandverslag vermeld, een grote besparing in tijd en arbeidskosten. Uit deze opmerking wordt kan afgeleid worden dat de zuiger zowel aan de AZ als aan de DZ verwijderd kan worden. Bij het verwijderen van de zuiger aan de DZ moet de grotendeels buiten het gebouw opgestelde leibaan verwijderd worden.

In het bestek worden metallieke zuigerveren gevraagd. In de maandrapportage van september 1927 wordt gesproken over vervanging van twee veren een aan de voorkant (AZ) en een aan de achterkant (DZ) van de zuiger.
Zonder meer zullen dit gietijzeren veren zijn, echter over de vorm van de las of slot, en hoe de veren zijn aangebracht kan slechts na demontage van dit onderdeel zekerheid worden verkregen.

Beide pakkingbussen zijn voor zover de informatie strekt uitgevoerd met zachte stopbuspakking.

2.3.5 Kruishoofd, leibaan, drijfstang en krukmechanisme

De stoommachine van het gemaal Mastenbroek is uitgevoerd met een zogenoemd bajonetframe, dat wil zeggen dat de krukas is voorzien van slechts een halve kruk. Bijzonderheden over dit frametype zijn terug te vinden in Deel IV van deze leidraad. Het kruishoofd bestaat uit de zogenoemde dobbelsteen met twee as-tappen waaraan haaks hierop in het midden met vermoedelijk een conische verbinding de zuigerstang is vast gespied.
Deze spieverbinding is, evenals de verbindingen van de vork van de krukstang met het kruishoofd alsmede van de drijfstangstang met de kruktap, met een zogenoemde dwarsspie uitgevoerd. Deze verbinding ziet er bij benadering uit zoals in de hierna gegeven tekening voor het krukpenmetaal is aangegeven.



Dwarsspieverbinding drijfstang aan kruk (niet op schaal)

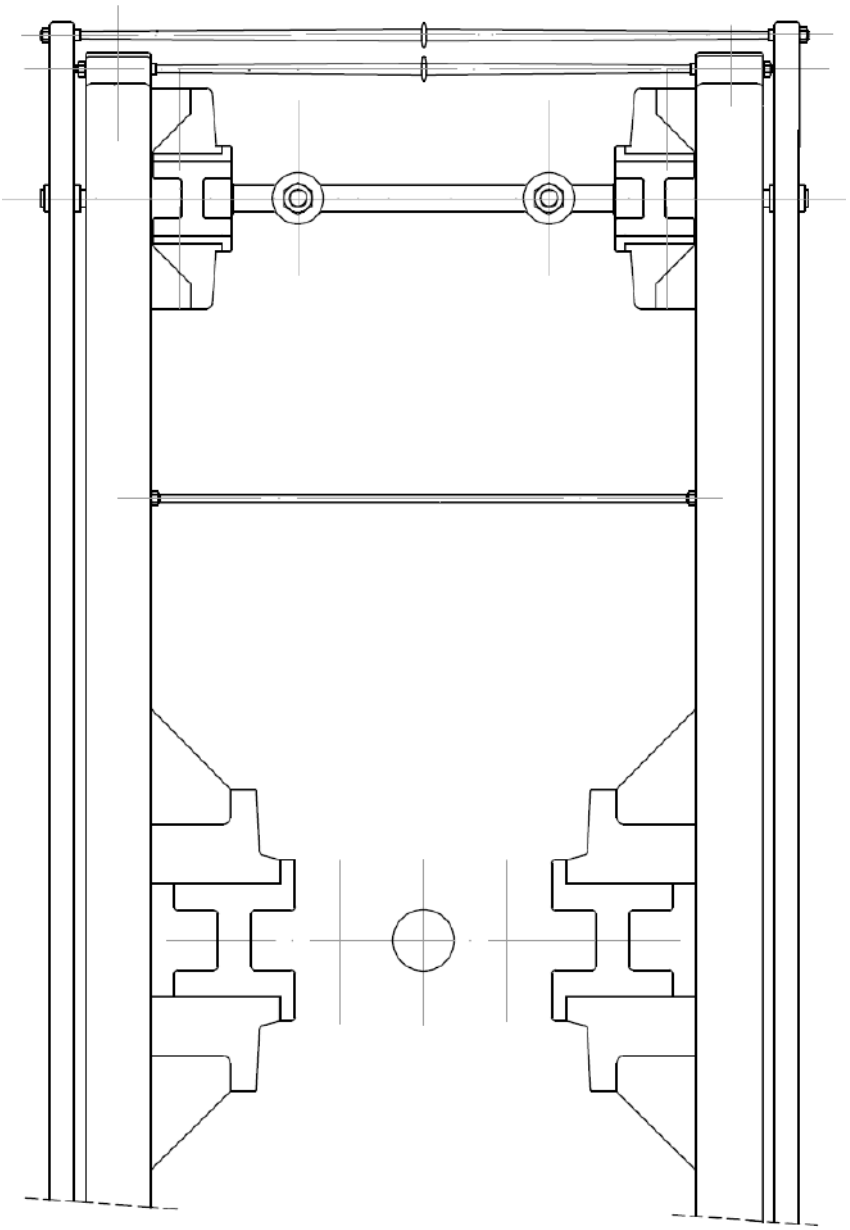
Tussen de dobbelsteen en de twee leisloffen is, scharnierend om de as-tappen, de vork van de krukstang geplaatst.
Op de einden van de as-tappen bevinden zich de H vormige leisloffen. De twee leisloffen zijn 1 ’ (304.8 mm) lang en van gehard koperen strippen voorzien met een dikte van 1¼” (31,7 mm).
De gietijzeren leibaan rust op twee aan weerszijden van de banen op de vloerbalken opgestelde gietijzeren stoelen. Boven de leibaan van het kruk-drijfstang mechanisme is met gebruikmaking van dezelfde stoelen ook de leibaan voor de overbrenging van het kleppenmechanisme aangebracht. Deze leibaan is constructief op nagenoeg gelijke wijze samengesteld.



Leibaanconstructie voor het krukdrijfstang- en het kleppenmechanisme

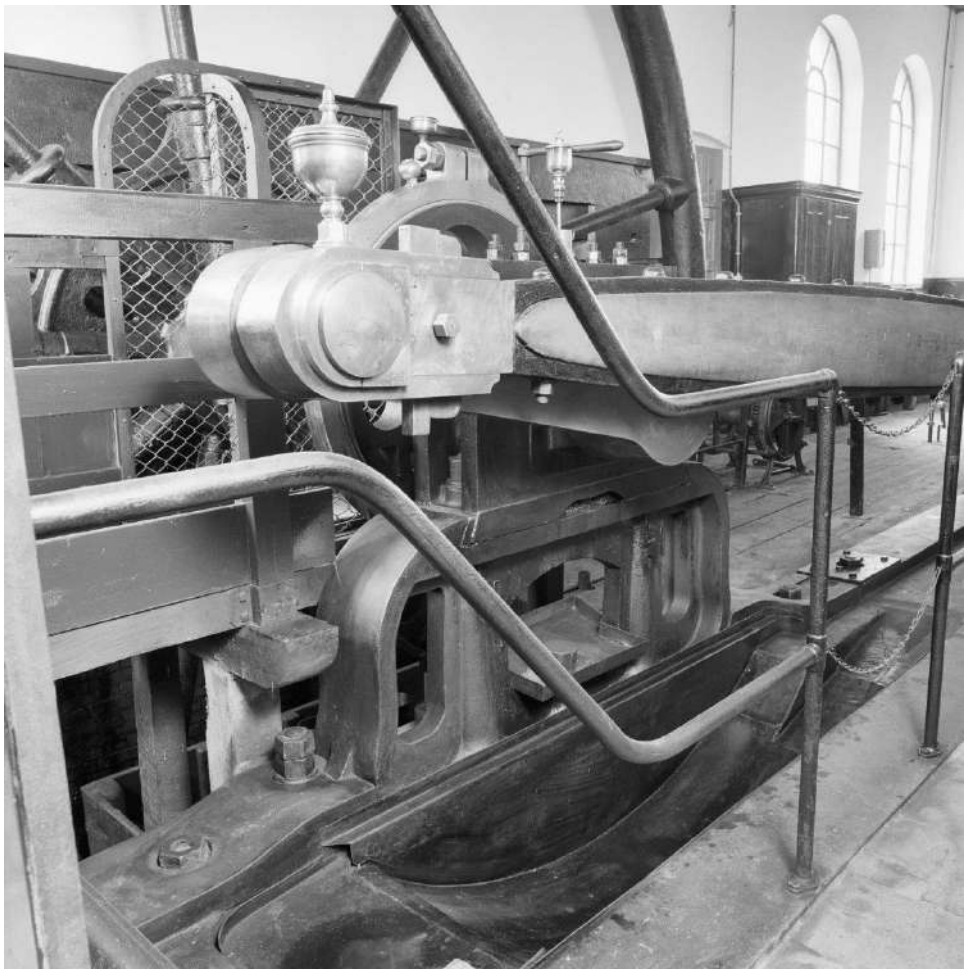
De banen zijn 8 feet (2.743 mm) lang en van tamelijk diepe, meanderende groeven voorzien voor de smering van de sloffen en de banen.

Het midden van de leibanen ligt op 18’ 6½” inches (5651,5) mm uit het hart van de krukas. Dientengevolge is de lengte van de drijfstang eveneens 18’ 6½” inches (5651,5) mm.
Onderstaande tekening van de dwarsdoorsnede van de leibaan laat zien dat de twee H-vormige leisloffen zowel de verticale als de eventuele horizontale krachten op de vier zuiver uitgelijnde banen overbrengen. Om te voorkomen dat er stootranden ontstaan overlappen de leisloffen de baaneinden. Een en ander is op de foto op de vorige bladzijde te zien.



Dwarsdoorsnede leibanen (niet op schaal)

De dubbel boogvormige ziel van de lange drijfstang is van essenhout gemaakt en voorzien van zwaar smeedijzeren beslag met een dikte van 1” (25,4 mm) waaraan, bij de kruk, een oog en bij het kruishoofd een vork is vastgemaakt. Dat de drijfstang van hout is gemaakt is bijzonder en heeft als reden dat dit machinedeel zodoende aanmerkelijk lichter kan worden uitgevoerd en bij waterslag makkelijk breekt zonder dat er verder grote schade aan de machine wordt aangericht.
De smeedstalen krukpen is voor zover kan worden nagegaan voorzien van een conisch gedeelte en met een zware moer in de krukwang vastgezet. De smeedstalen kruk is op de machineas gekrompen en tegen eventuele verdraaiing geborgd met een spie.

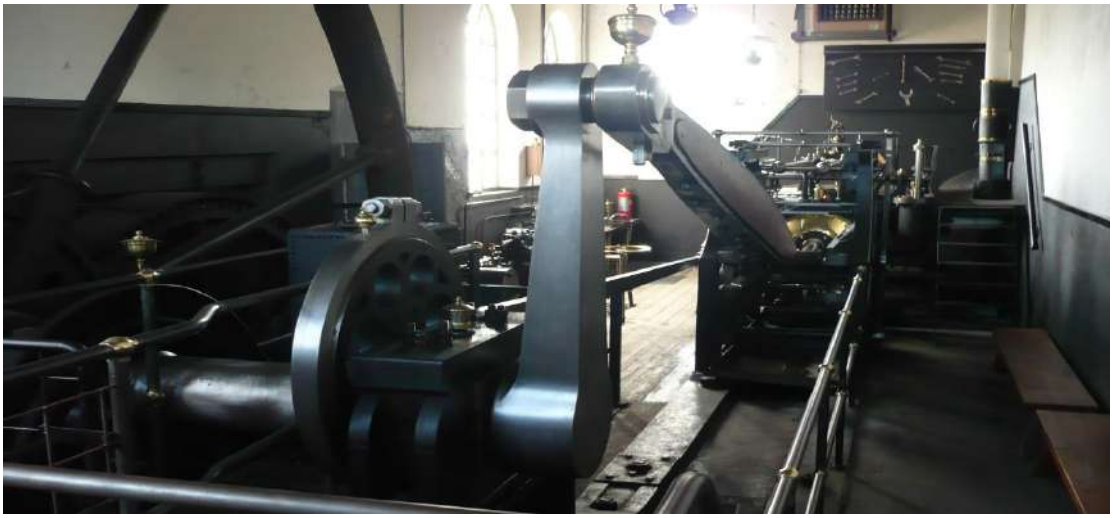


Verbindingsconstructie drijfstang en kruk

2.3.6 Krukas en lagers

De krukas, machine-as of ook wel hoofdas genoemd, met aan een zijde de kruk en aan de andere zijde het kleine tandwiel voor de aandrijving van de schepraderen, is gemaakt van wat men toen noemde geslagen ijzer; een aanduiding voor een taaie staalsoort. Het woord geslagen duidt op smeden waardoor deze staalsoort ook wel smeedijzer werd genoemd.

De as heeft ter plaatse van de lagers een diameter van 10½" (266,8 mm) en verdikt naar het midden toe tot een diameter van 11½" (292,2 mm). De gedeelten van de as waar de excentrieken, het vliegwiel en het tandwiel, zijn gemonteerd hebben een diameter van 13" (330,3 mm) om de desbetreffende onderdelen bij de- en montage makkelijk over de as te kunnen schuiven.
In het bestek staat aangegeven dat de naaf van het vliegwiel om deze met de as te kunnen verbinden uit twee delen zou moeten bestaan. Dit is echter om niet naspeurbare redenen niet zo uitgevoerd.
De hoofdas van de machine waarop de kruk, het vliegwiel en het rondsel van de tandwiel-overbrenging is bevestigd, is voorzien van twee kussenblokken. De kussenblokken zijn uitgevoerd met bronzen lagerschalen. De kussenblokken met slobgaten in de voeten zijn elk met vier 2'' bouten aan de zware gietijzeren fundatiebalken bevestigd.



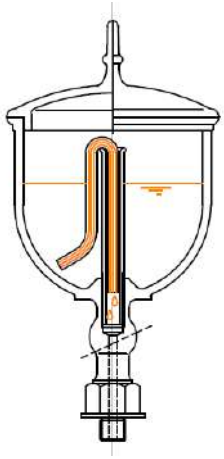
Kruk, krukas en lager

Lagersmering

De smering van het krukpenlager, de krukaslagers en de voeringen van de twee daarop gemonteerde excentrieken, vindt plaats met behulp van oliedruppelaars. Deze druppelaars bestaan uit een met een dekseltje afsluitbaar oliereservoir dat op het oliekanaal van het te smeren lager of voering is geschroefd. Het oliekanaal is verlengd met een klein standpijpje waarin dubbel gebogen het ene einde van een met dun koperdraad omvlochten zogenoemd katoentje of oliepit hangt. De katoentjes zijn gemaakt van bundeltjes wol of sajet (korte wolvezels).

Het andere einde van het katoentje hangt in de olievoorraad. Door de capillaire werking wordt olie uit de voorraad in het potje via het oliekanaal naar het te smeren machinedeel gevoerd. Het katoentje werkt daarbij als een hevel. De hoeveelheid olie die naar het smeerpunt wordt gevoerd is afhankelijk van de doorsnede van het katoentje en de viscositeit van het smeermiddel en is niet controleerbaar. Ook de conditie van het katoentje is bepalend voor de naar het lager af te voeren hoeveelheid smeerolie.

Zorg en aandacht dient besteed te worden aan het verbruik, dat wil zeggen de hoeveelheid die tijdens bedrijf met de oliekan wordt bijgevuld, en verder dat het katoentje na het uitbedrijf nemen in de olievoorraad wordt teruggelegd, zodat de olie in de uiterst nauwe kanaaltjes van het katoentje geen kans krijgt op te drogen of te verharsen. Ook wordt hiermee het verspillen van olie voorkomen.



Omdat dit druppelsmeersysteem uiterst traag werkt dient bij het opnieuw inbedrijf nemen na lange stilstand van de machine of het periodiek tornen (extra) olie met behulp van een oliespuit in het afvoer-kanaaltje van de desbetreffende smeerpot te worden gespoten.

Voorbeeld van oliesmeerpot

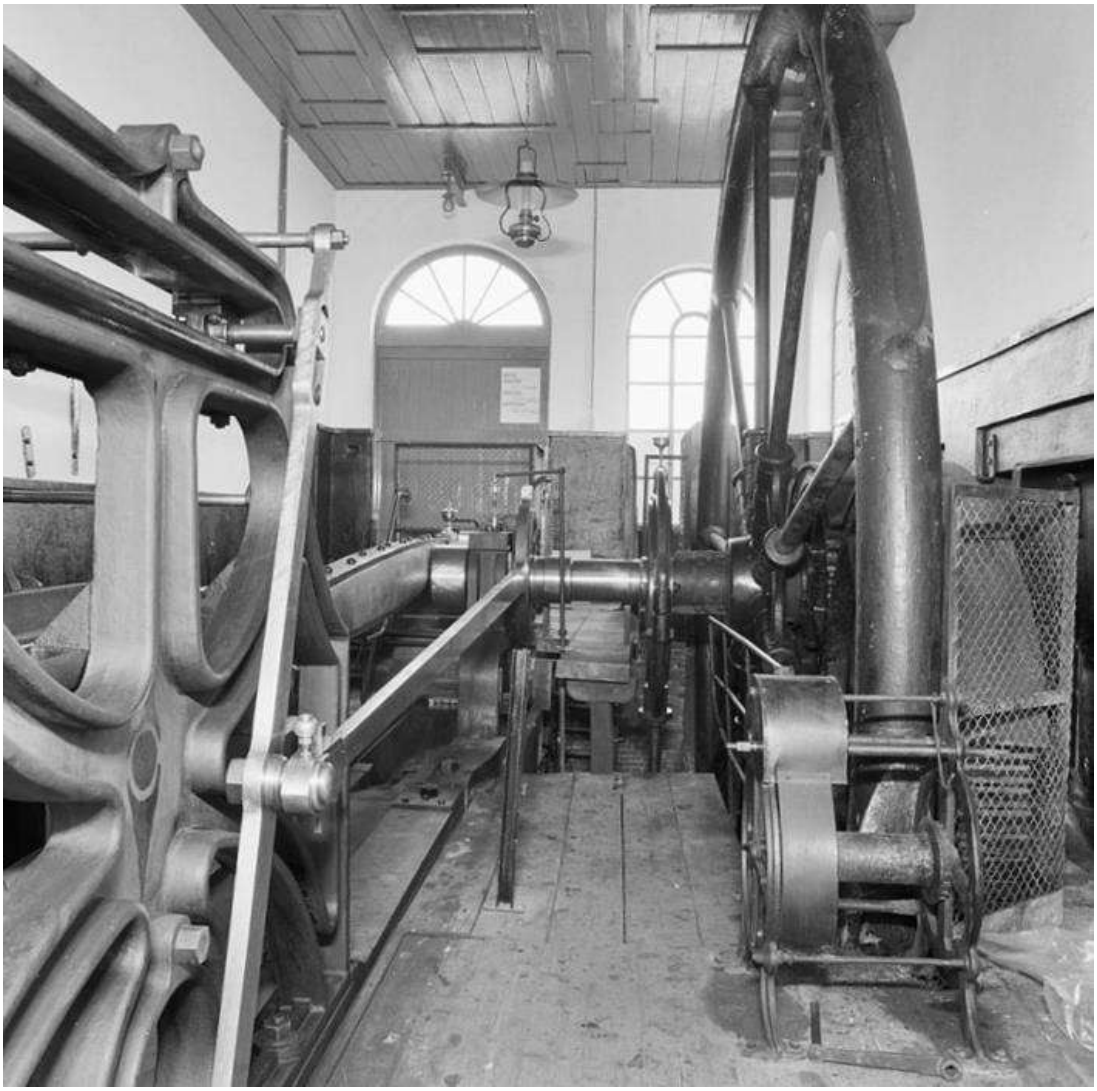
2.3.7 Vliegwiel en torninrichting

De tangentiaalkrachten ten gevolge van de stoomdruk in de cilinder op de zuiger en die van de versnellingskrachten ten gevolge van de heen en weer gaande machinedelen zijn, verdeeld over de omwenteling van de kruk, niet even groot en hebben ook niet dezelfde richting. Dit maakt dat de machine onregelmatig loopt, wat stoten en trillingen veroorzaakt.Met behulp van een zwaar (vlieg)wiel op de krukas wordt deze onregelmatige gang tot acceptabele proporties gereduceerd. Het doel van het vliegwiel is dus een zodanige regelmatige gang te creëren als nodig is in relatie met de aard van het aan te drijven werktuig; in dit geval een scheprad.

Aanvankelijk was in het bestek voorgeschreven dat de naaf van het vliegwiel, ook wel drijfwiel genoemd, opgebouwd zou moeten worden uit twee gegoten delen waar aan ieder stuk vier, dus samen acht gietijzeren spaken (armen) vastgemaakt dienden te worden, die op hun beurt met de gietijzeren velling verbonden dienden te worden. Echter in de nota van wijzigingen van dit bestek wordt naar de vliegwielconstructie van het in 1852 gebouwde gemaal Halfweg verwezen. Bij deze, overigens door Paul van Vlissingen-Dudok, het latere Werkspoor uit Amsterdam gebouwde machine, had men wijzigingen aan het vliegwiel moeten doorvoeren omdat de machine trilde. Het ontwerp voor deze machine is opgesteld door de Engelsman William Husband van de firma Harvey en Co. Wiliam was ingehuurd bij de bouw van het gemaal Leeghwater voor de drooglegging van de Haarlemmermeer.

J. A. Beijering is ook betrokken geweest bij de ontwerpen van voornoemde gemalen zodat men mag aannemen dat hij het is geweest die de twee Amsterdamse fabrikanten bij elkaar heeft gebracht om verbeteringen door te voeren aan de vliegwielconstructie van gemaal Mastenbroek.

Uit oude machinejournalen uit de dertiger jaren van de vorige eeuw kunnen we opmaken dat het vliegwiel de gemaalbeheerder de nodige hoofdbrekens heeft gekost, waarvan met name loszittende spieën en zelfs het verschuiven op de machine-as worden genoemd. De huidige beheerder zal met name dit machineonderdeel niet uit het oog mogen verliezen.



Vliegwiel en torninrichting

Van het vliegwiel van gemaal Mastenbroek zijn geen tekeningen. Echter oude tekeningen van het vliegwiel van de in 1857 door Maatschappij De Atlas gebouwde stoommachines voor het gemaal Gouda geven tot in detail de toegepaste constructie weer van het vliegwiel van gemaal Mastenbroek. Voor een deel is daarom deze beschrijving van de constructie van die tekening afgeleid.
De naaf met daaraan de negen hulzen, waarin de smeedijzeren spaken zijn bevestigd, is één gietstuk. Het bestek schrijft acht spaken voor maar om de hiervoor aangehaalde redenen zal men in de ontwerpfase van de machine één spaak hebben toegevoegd. De glad bewerkte ronde smeedijzeren spaken zijn met twee dwarsspieën in de uitgeboorde hulzen vastgezet. De velling heeft een diameter van 25 ’ (7.620 mm). De ronde doorsnede van de velling heeft een diameter van 11½” (292,2 mm) en is opgebouwd uit acht gegoten ijzeren delen die bijeen worden gehouden door

ingelaten stukken vierkant en dwarsspieën. In het midden van elk vellingsegment is een bus aangegoten waar doorheen de spaken zijn gestoken.
De velg is hiertoe ter plaatse van de spaak conisch uitgeboord en voorzien van een stootrand. De spaak is eveneens voorzien van een conisch gedeelte en een borst. Met behulp van een dwarsspie is de spaak erin bevestigd. Het vliegwiel is met vier kopspieën op de machine-as bevestigd. De asdiameter bedraagt ter plaatse van het vliegwiel 11½" (292,2 mm).
Met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid is, evenals andere grote en zware machinedelen, het vliegwiel in onderdelen aangevoerd en ter plaatse samengesteld. De genoemde dwarsspieën werden na montage, om loswerken te voorkomen, (koud) geklonken.
Het vliegwiel met 9 ronde spaken en een diameter van 7,620 m weegt ongeveer 16.000 kg waarvan ongeveer 4.500 kg voor rekening komt van de naaf en de spaken.

Diameter velg	7.620 mm
Doorsnede velg	∅ 300 mm
Aantal spaken	9 stuks met een diameter van ∅ 115 mm
As diameter	292 mm
Gewicht velg	11500 kg
Gewicht naaf en spaken	4500 kg
Gewicht totaal	16.000 kg (16 ton)
Massatraagheidsmoment	17.000 kgmsec^2

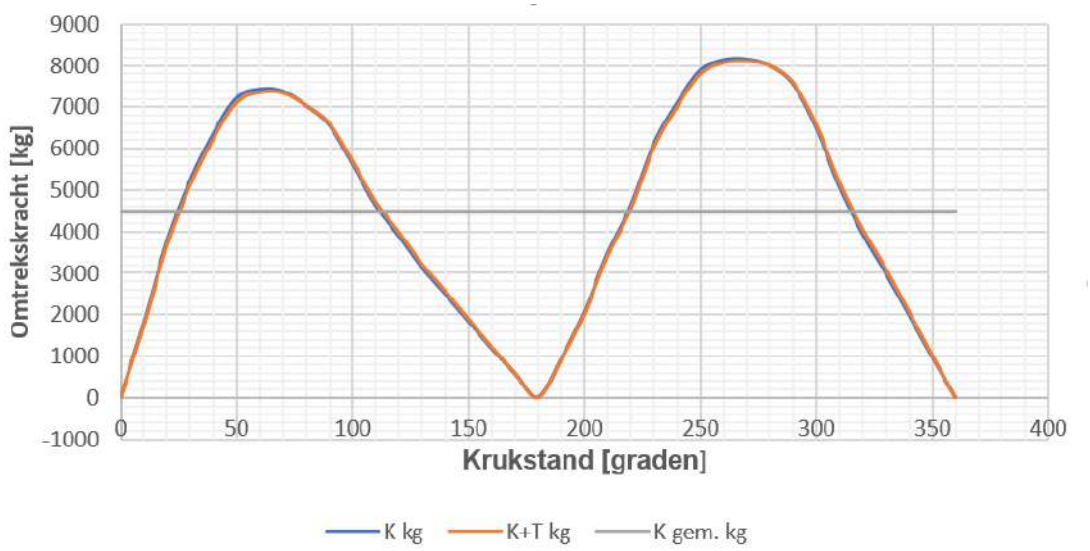
Samenvatting vliegwielgegevens

De torninrichting die in het verlengde van het draaivlak van het vliegwiel staat opgesteld bestaat uit een handbediende liertrommel met ketting. De lier kan gelijktijdig aan beide zijden met een slinger worden aangedreven. Aan het losse eind van de ketting zit een haak die aan een van de verst van de lier verwijderde ronde spaken van het vliegwiel moet worden bevestigd waarna de ketting wordt ingehaald. Hiermee kan de machine per keer ongeveer een kwartslag worden getornd. Het telkens uitrollen, opnieuw inhaken en het opnieuw inhalen van de ketting is een omslachtige bezigheid die alleen mag worden uitgevoerd als de stoomtoevoer naar de machine is afgesloten. De torninrichting is afgebeeld op de foto op de vorige bladzijde.

Massatraagheid vliegwiel

Het vliegwiel is aan grote belastingswisselingen onderhevig die met name bij de verbindingen van het samengestelde geheel een rol spelen. In het verleden hebben zich meerdere keren, zo blijkt uit oude machinejournalen, (ernstige) problemen voorgedaan met de verbinding van het vliegwiel met de machine-as en de spieverbindingen van de spaken met de velg en de velgonderdelen onderling. Dit is reden dat in deze leidraad uitvoerig aandacht wordt besteed aan het krachtenspel in het vliegwiel en in de praktijk ruim aandacht dient te worden besteed aan loszittende onderdelen.
Van de stoommachine van het stoomgemaal Mastenbroek zijn de omtrekskracht met en zonder de versnellingskrachten berekend en op de uitgeslagen krukcirkel uitgezet. Deze berekening wordt in deel IV van deze leidraad nader uiteengezet.

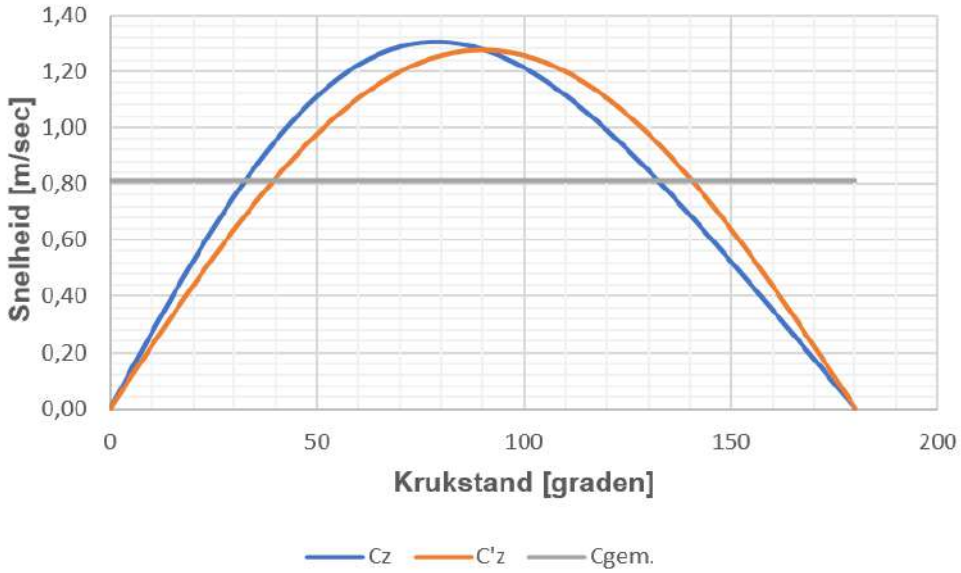
Uit de berekening en de hiervan afgeleide grafiek blijkt dat als gevolg van het lage toerental van de machine deze krachten nodig voor de versnelling en omgekeerd de vertraging nauwelijks van invloed zijn op de omtrekskracht. De blauwe en de oker- kleurige lijn in onderstaande grafiek vallen daarom bijna samen.



Tangentiaalkrachten langs uitgeslagen krukcirkel

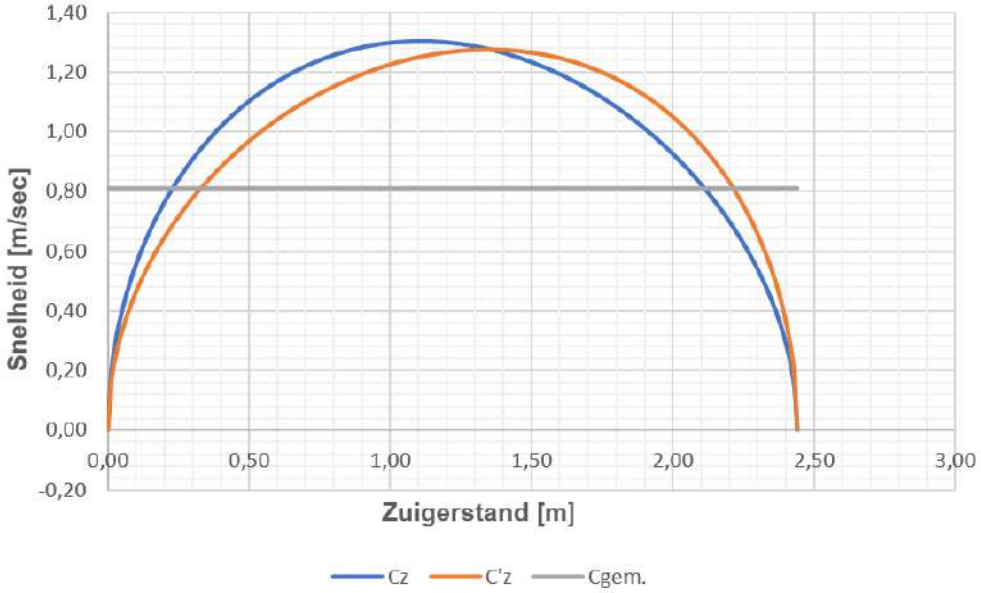
In de bovenstaande figuur stelt het oppervlak boven de grijze lijn van de gemiddelde omtrekskracht, het arbeidsoverschot voor. Dit overschot wordt in de vorm van arbeidsvermogen van beweging opgeslagen in het vliegwiel en afgestaan aan de hoofdas op het moment dat zich een tekort aandient, wat wordt voorgesteld door het gedeelte onder de grijze lijn tussen de twee parabolen.

In de beide uiterste standen van de kruk staat de zuiger stil. Bij elke stand van de kruk en uiteraard ook de zuiger kan de snelheid berekend worden. Als de kruk van de stoommachine met een eenparige snelheid van 10 omw/min ronddraait en de drijfstang is oneindig lang dan is de snelheid C'z van de zuiger zoals met de okerkleurige lijn is aangegeven. De hoogste snelheid, wordt dan bereikt bij de krukhoeken van 90 en 270 º, gerekend vanaf dekselzijde van de stoommachine. Houdt men wel rekening met de eindige lengte van de drijfstang dan is de hoogste snelheid Cz iets groter en verschuift in de figuur ongeveer 10º naar links en zal bij 80 en 280 º komen te liggen.



Zuigersnelheid in relatie tot stand van de kruk

Zet men de momentane zuigersnelheid Cz en C'z uit tegen de stand van de zuiger, dus de slag, dan zien we dat de snelheidstoename en -afname het grootst is aan het begin en aan het einde van de slag.



Zuigersnelheid in relatie tot slag

Uit de afbeelding hiervoor van de tangentiaal- of omtrekskracht en de krukstand blijkt dat dienovereenkomstig het draaimoment dat de machine levert veranderlijk van grootte is.

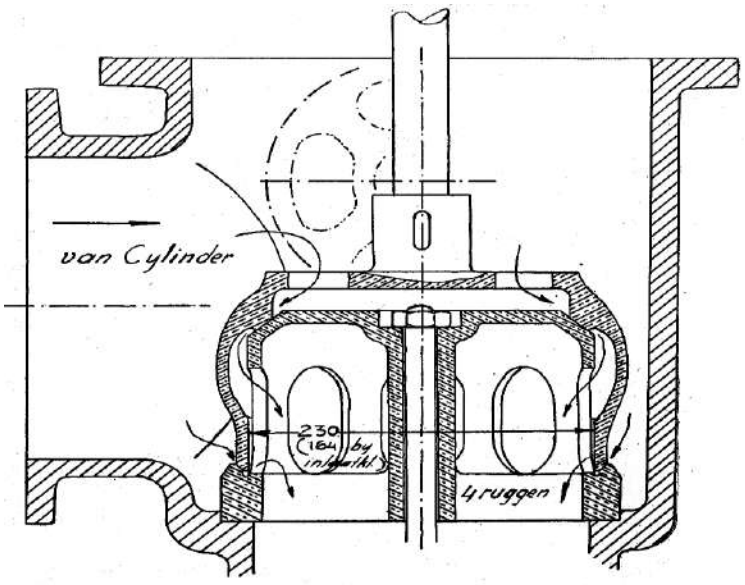
Zou nu het uitwendige draaimoment, dat door de machine moet worden overwonnen, hetzelfde verloop hebben, dan zou er op elk moment evenwicht zijn tussen beide momenten en de aandrijfas eenparig ronddraaien. Dit gunstige geval doet zich in de praktijk niet voor. Het geleverde draaimoment zal afwisselend groter en kleiner zijn dan het uitwendige draaimoment. Het gevolg is, dat er hoekversnellingen en -vertragingen optreden die periodiek zijn en zich bij deze dubbelwerkende stoommachine telkens twee keer per omwenteling herhalen. De belangrijkste taak van het vliegwiel is nu om de daaruit voortvloeiende variaties in hoeksnelheid binnen beperkte grenzen te houden. Door deze variaties in hoeksnelheid is het vliegwiel in de gelegenheid om arbeidsvermogen op te nemen of af te geven.
Het vliegwiel is als gevolg van de veranderlijke draaimomenten van een machine steeds werkzaam, dus ook als de belasting (althans als het gemiddelde draaimoment) van de machine constant is. Dit is in tegenstelling met een regulateur (bij gemaal Mastenbroek niet aanwezig) die de taak heeft om de variaties in hoeksnelheid ten gevolge van de veranderlijke belasting te beperken. Bij plotselinge belastingveranderingen van de stoommachine zal het vliegwiel de taak van de regulateur ondersteunen, daartoe in staat gesteld door het arbeidsvermogen dat in de vorm van kinetische of bewegingsenergie beschikbaar is. Het toerental van de machine zal daardoor minder snel veranderen zodat de regulateur tijd heeft het regelmechanisme van de stoomschuif of klep te verstellen zodat de stoomtoevoer wordt aangepast aan de belasting. In sommige gevallen (niet bij het gemaal Mastenbroek) is het vliegwiel bovendien nodig om de machine door de compressie heen te helpen.

2.3.8 Stoomverdeling en toerenregeling

De toe- en afvoer van stoom vindt plaats met behulp van kleppen. Deze kleppen zijn met behulp van een flensverbinding aan de voor- en achterkant, respectievelijk de linker- en rechterzijde van de stoomcilinder gemonteerd. De kleppen worden geopend met behulp van gewichten en een ingenieus hefbomenstelsel. Deze manier om de klep snel en volledig te openen noemt men wel een valbeweging. Het sluiten gebeurt, na het heffen van de gewichten, door middel van hetzelfde hefbomenstel, door zowel de stoomdruk als de op de klep gemonteerde drukveer. De kleppen en de zittingen zijn gemaakt van wat men vroeger geschutbrons noemde. De kleppen hebben een dubbele zitting waardoor de lichthoogte gering is en zij sneller geheel geopend of gesloten worden. De klepzitting wordt met behulp van een hamerkopbout in het klephuis vastgetrokken. De klep en de zitting kunnen daardoor betrekkelijk eenvoudig uit het huis genomen worden voor revisie-werkzaamheden zoals bijvoorbeeld het opzuiveren van de dichtingsvlakken op een draaibank.

Het geschutbrons, waar de kleppen en zittingen voor de in- en uitlaatkleppen van gemaakt zijn, is een legering van 90% koper, 9% tin en 1 % zink en is speciaal bedoeld voor het maken van machine-onderdelen. Het zink maakt de legering beter gietbaar. De klephuizen zijn gemaakt van een goede kwaliteit gietijzer.
De constructies van de in- en uitlaatkleppen zijn identiek, met dien verstande dat de afmetingen van de inlaatkleppen, in verband met het geringere volume van de verse stoom, kleiner zijn dan die van de uitlaatkleppen waar het stoomvolume aanmerkelijk groter is.

Een algemeen probleem bij kleppen met een dubbele zitting is de afdichting. Beide zittingen moeten gelijktijdig onder alle omstandigheden steeds met dezelfde kracht gesloten worden om goed af te dichten.
Als gevolg van uitzetting van het klepmateriaal door de hete stoom, zoals bij de inlaatkleppen, mag geen vormverandering optreden waardoor de klep niet meer goed afdicht. Ook het vastzetten van de zitting na bijvoorbeeld een revisie kan leiden tot vervorming van de klep, waardoor deze onvoldoende afdicht.

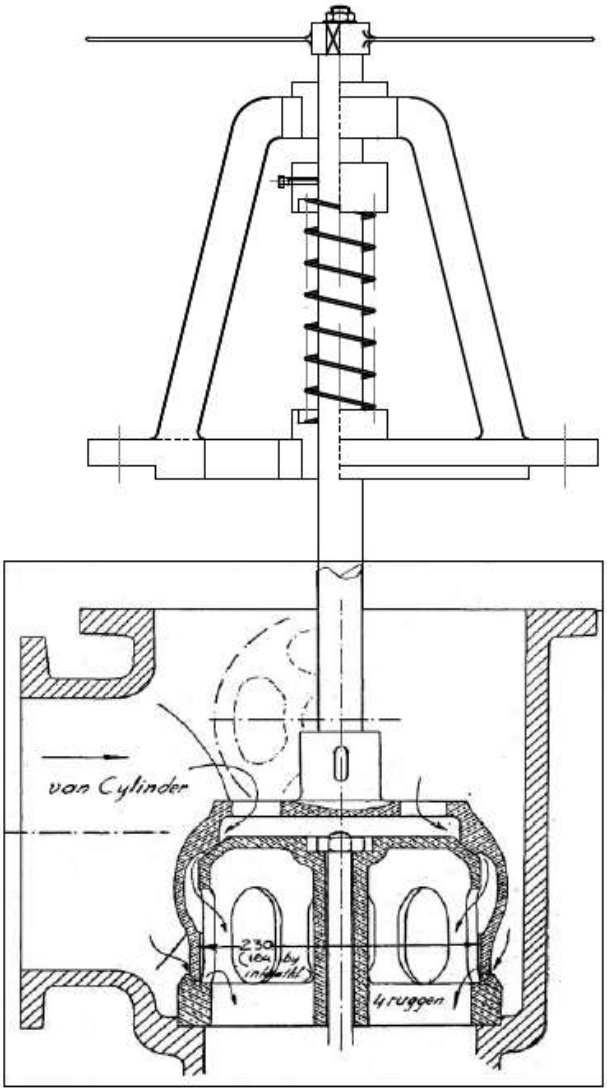


Stoomklep met huis



Gedemonteerde uitlaatklep

Een juiste wijze van revisie van de kleppen is de zittingen “in het werk“ te schuren. Hiervoor is een hulpstuk nodig in de vorm en afmetingen van de klepsteel met aan de bovenkant een bedieningshandel, dat bij het schuren op de pseudoklepsteel wordt aangebracht. Een en ander zoals in de figuur hieronder bij benadering is aangegeven.



Hulpstuk voor het schuren van de stoomkleppen

Beide zittingen worden vervolgens van schuurpasta voorzien en met heen- en weergaande bewegingen geschuurd. Men oefent daarbij een geringe druk uit op de klep. Na een aantal bewegingen wordt het bedieningshandel losgelaten. De klep wordt door de spiraalveer omhoog geduwd en wisselt men vervolgens van plaats, of als dat niet mogelijk is, draait men het bedieningshandel een aantal graden. Men gaat hier net zolang mee door tot op beide zittingen een voldoende groot en egaal dof schuurvlak is te zien. De in de handel verkrijgbare schuurpasta’s hiervoor kennen drie grofheden. Men begint met de grofste pasta en gaat pas over tot een fijnere

soort als er voldoende resultaat is bereikt. De schuurpasta dient bij de verschillende fasen met een niet pluizende doek verwijderd te worden. Er dient voor gezorgd te worden dat er geen schuurpasta tussen de klepgeleiding komt en dat bij het beëindigen van het schuren alle schuurresten verwijderd worden. Het is niet toegestaan om voor het schuren een boortol of iets dergelijks te gebruiken omdat daarmee ongewenste rondgaande groeven in de klep en/of de zitting ontstaan. Om tijdens het schuren een soepele beweging mogelijk te maken kan men de schuurpasta met enkele druppels stoomcilinderolie vermengen.

Tot de levering van de stoommachine behoorden twee kistjes, met frezen en hulpstukken om in voorkomende gevallen de klepzittingen van de verschillende klepafsluiters in het gemaal te bewerken. Deze bewerkingsgereedschappen kunnen worden ingezet in geval van diepe beschadigingen van de zittingen die niet met schuren te verwijderen zijn. De klep zelf, indien beschadigd, dient op een draaibank bewerkt te worden.



Freesgereedschap voor klepzittingen

Na het frezen en of afdraaien zijn de bewerkte oppervlakken nog onvoldoende glad en dienen deze door middel van schuren nabewerkt te worden. Ook voor deze afsluiters is het handig om over de nodige hulpstukken voor het schuren te beschikken.
Hedendaagse afsluiters, vooral die voor hoge stoomdrukken, zijn vaak uitgevoerd met geharde zittingen. Deze zittingen kunnen alleen door slijpen en schuren bewerkt worden en niet met de hiervoor aangehaalde frezen.

Stoomverdeling

Op de volgende bladzijde is het algemeen boven- en zijaanzicht van de stoommachine getekend. Aan de hand van deze tekening en het schema van het klepbewegingsmechanisme op de daarna volgende bladzijde wordt de werking van het stoomverdelingsmechanisme uitgelegd.

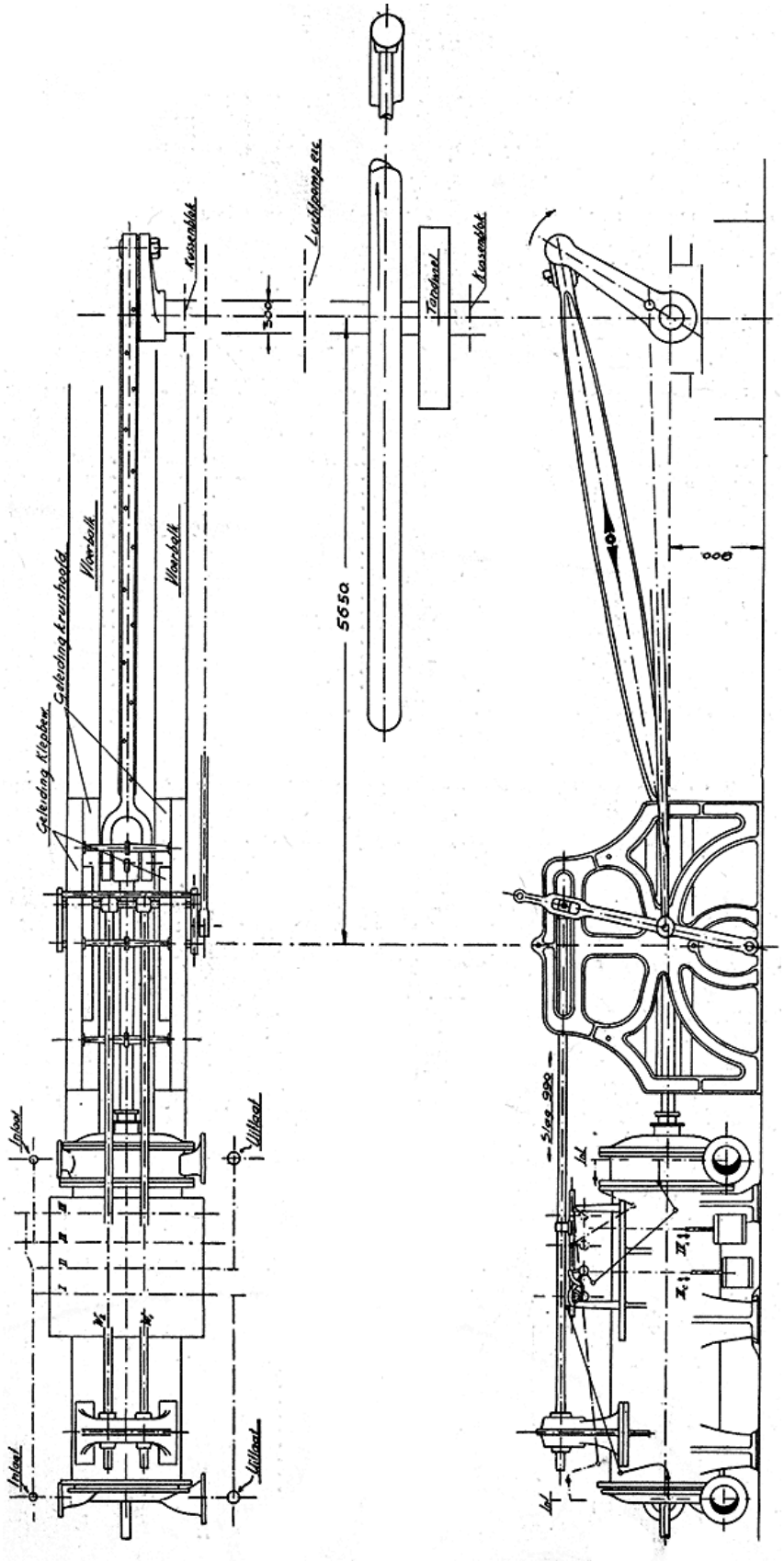
Het bewegingsmechanisme bestaat uit twee geleidestangen die zijn bevestigd aan een boven de stoomcilinder liggend kleppenframe. Onder de geleidestangen waaraan de nokken en banen zijn bevestigd bevinden zich vier schommelassen waaraan de verschillende hefbomen en schijven zijn bevestigd om de in totaal vier afzonderlijke stoomkleppen op het juiste tijdstip te laten openen en sluiten.
De heen- en weergaande beweging van de twee geleidestangen wordt ontleend aan het op de krukas bevestigde excentriek en de naast de leibaan van de stoommachine geplaatste schommelarm met rechtgeleiding. De slag van de geleidestangen is 39 ” (990,6) mm) terwijl de excentriciteit van het excentriek 9” (228,6 mm) bedraagt.
De schommelarm vergroot dus de slag van de excentriekstang (2 x 228,6) met ruim een factor 2,1. Het excentriek is onder dezelfde hoek als de kruk op de krukas gespied. Hierdoor speelt de zogenoemde drijfstangfout geen rol en corresponderen de standen van de geleidestangen in alle voorkomende situaties exact met die van de zuiger.
De maten voor de excentriciteit en de slag zijn overgenomen van de tekening die hoort bij de verhandeling van prof. Dresden over deze bijzondere stoommachine. De slaglengte van het kleppenbewegingsmechanisme, ca 990 mm, staat op tekening vermeld.

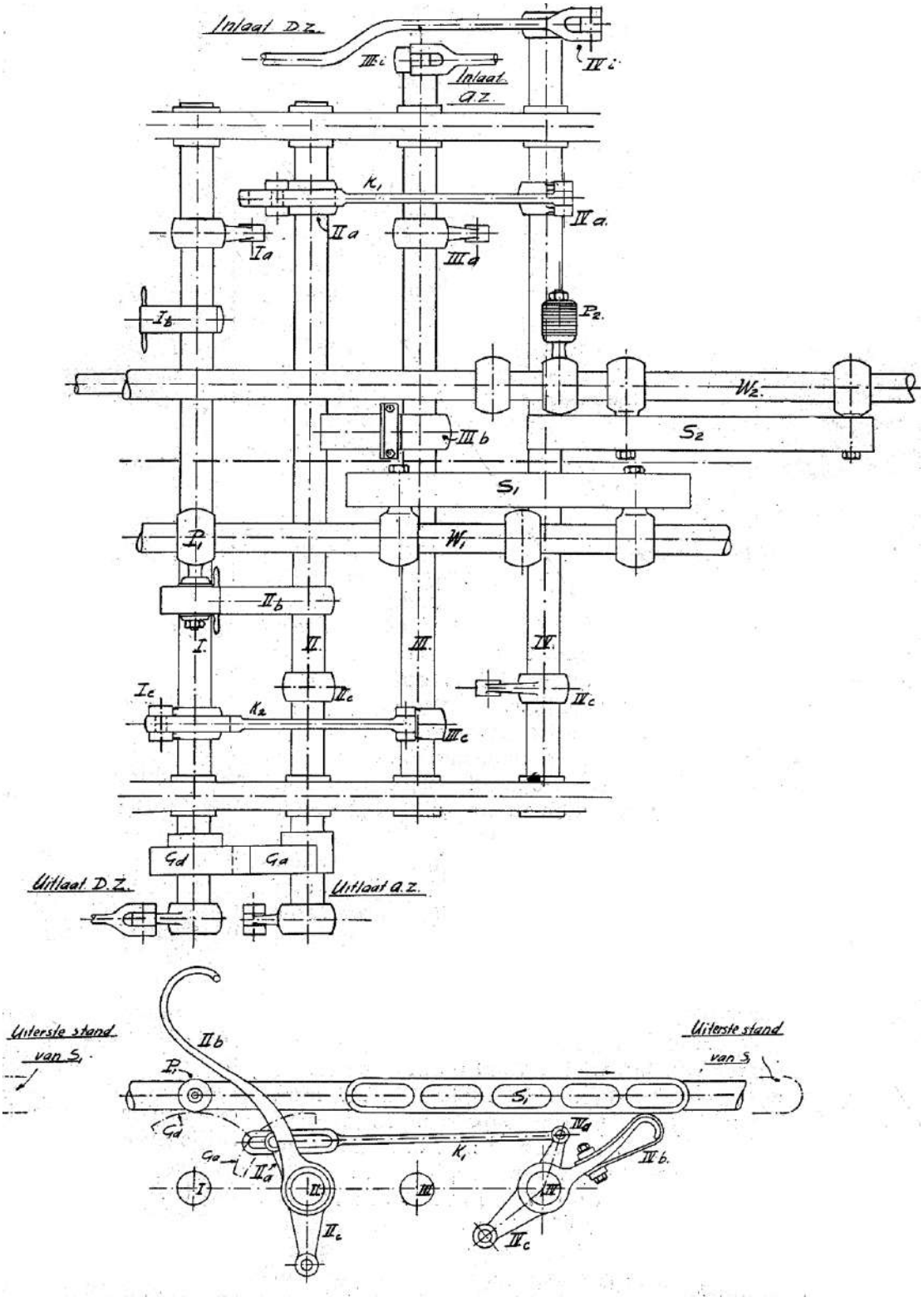


Overzicht kleppenbewegingsmechanisme

De Nederlandse Gemalen STICHTING

Kenmerk KB02-V04-04-22





Boven en zijaanzicht klepbewegingsmechanisme

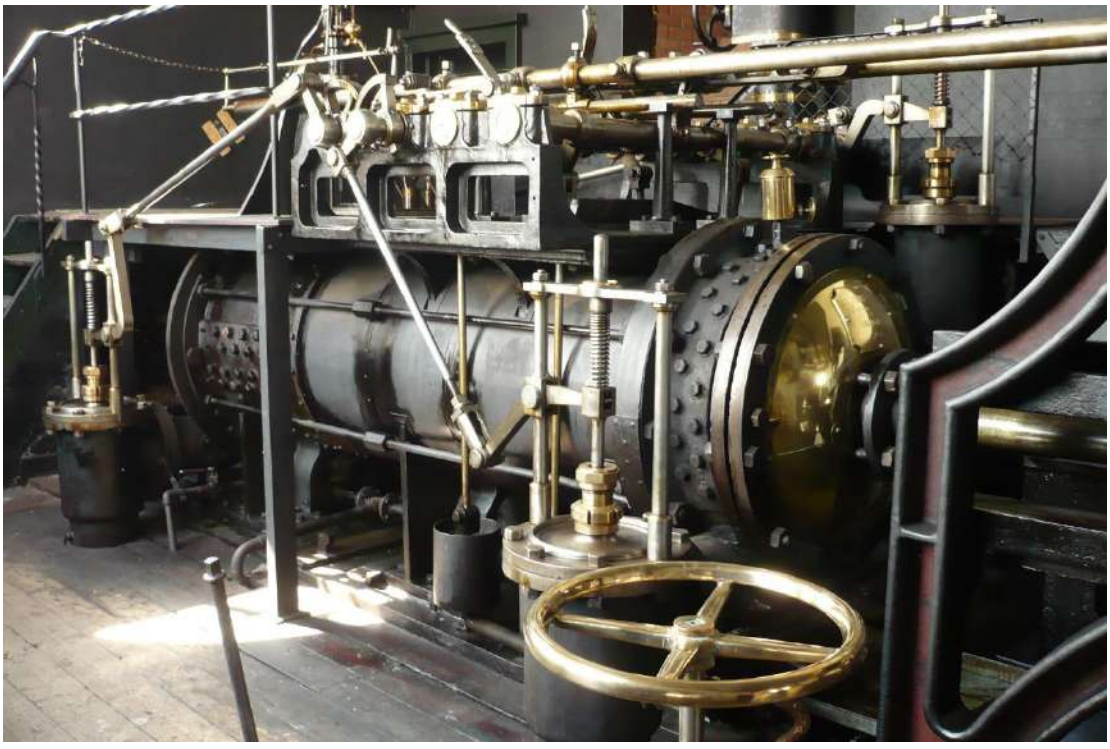
Het bewegingsmechanisme is voor het uitleggen van de werking getekend bij de aangegeven krukstand in de figuur van het algemene overzicht, dus ongeveer 60 º voor het dode punt aan de AZ. De zuiger en de geleidestangen voor de klepbeweging, verplaatsen zich op de tekening naar rechts. In de cilinderruimte aan de AZ vindt afvoer van de stoom plaats terwijl aan de DZ de stoom expandeert en arbeid verricht. De uitlaatklep aan de DZ is dus gesloten.
Het sluiten van de inlaat aan de DZ heeft hiervoor plaatsgevonden, doordat de lange koperen schaats **S1** de met leer beklede hefboom **IVb** omlaag heeft gedrukt, (waarbij het aan de kruk **IVc** hangende gewicht werd opgetild). Vervolgens heeft de as **IV**, waarop de genoemde hefbomen zitten, rechtsom gedraaid en daarmee de hefboom **IVi** de stoomklep bij de zitting gebracht. Hierna helpen de stoomdruk en de drukveer de klep te dichten.
Wanneer echter straks bij de teruggaande slag de schaats **S1** de hefboom **IVb** weer vrijlaat, zou de inlaat aan de DZ, meteen door het gewicht aan **IVc** opengetrokken worden ware het niet dat ondertussen in de gleuf van de koppelstang **K1** de pen op de kruk **IIa**, het rechtereinde had bereikt, zodat stang **K1** niet naar links kan bewegen, en zo, via kruk **IVa**, het verdraaien van de as **IV** blokkeert.
Dat de pen op kruk **IIa** naar rechts verplaatst wordt verklaard doordat kruk **IIa** op as **II** zit waarop ook de gekromde hefboom **IIb** is gemonteerd. Nu draagt de geleidestang **W1** behalve de schaats **S1** ook de uit leren ringen opgebouwde pen **P1**, die bij de nog voortgaande beweging naar rechts aan het einde van de slag de hefboom **IIb** laat omklappen. Daarmee draait dus de as **II** rechtsom, wat de gewenste beweging geeft aan de pen van kruk IIa voor het vergrendelen van de hefboom **IVb**. Ook zorgt de verdraaiing voor het sluiten van de uitlaatklep aan de AZ.
Daarbij draait de grendelschijf Ga zover met de klok mee, dat deze de ook vast op de as gemonteerde grendelschijf Gd tegen de klok in kan passeren. Grendelschijf Gd heeft tot dat ogenblik, onder invloed van het gewicht dat aan Ia hangt, tegen Ga aangedrukt .
Nu **Gd** gehoor kan geven aan de invloed van het gewicht, gaat de uitlaatklep aan de DZ open. De nieuwe stand van **Gd** blokkeert nu op zijn beurt het verdraaien van de grendelschijf Ga en blokkeert aldus via stang **K1** de as **IV**.
Het naar rechts draaien van as **I** heeft nog een gevolg: het einde van kruk **Ic** belette stang **K2** naar rechts te gaan en daarmee, via kruk IIIc, het verdraaien van as **III**. As **III** wordt omgetrokken door het gewicht aan hefboom **IIIa**, als hefboom **IIb** (gelijk aan hefboom **IVb** en bestemd om door schaats **S2** te worden bewogen) gedeblokkeerd zou zijn. Deze blokkering van as **III** verdwijnt nu met het verdraaien van as **I** naar rechts. Tevens drukt bij deze verdraaiing hefboom **IIIi** de inlaat aan de AZ open.

Samenvattend gebeurt het volgende bij het rechtse dode punt van de kruk aan de AZ: de uitlaat aan de AZ gaat dicht, gelijk daarmee gaan de uitlaat aan de DZ en de inlaat aan de AZ open.

Op analoge wijze werken bij het dode punt aan de DZ de schaats **S2**, de pen **P2** en de hefboom **Ih** samen. De inlaat aan ene zijde wordt geopend als de uitlaat gesloten wordt terwijl gelijktijdig aan de andere zijde de uitlaat geopend wordt.
Het sluiten van de inlaat, de vulling dus, kan geregeld worden door het verstellen van de betreffende schaatsen **S1** en **S2** op de geleidestangen **W1** en **W2**.

Door de koperen schaats naar de met leer beklede pen toe- of af te schuiven verkrijgt men respectievelijk een kleinere of grotere vulling of omgekeerd: en begint de expansie eerder of later. De vulling kan niet tijdens bedrijf veranderd worden omdat de schaatsen met bouten aan de geleidestangen zijn vastgemaakt. De gewenste vulling moet daarom aan de hand van het te verwachten krachtverbruik vóór het in werking stellen van de machine worden ingesteld. Bemerkt men tijdens het bedrijf dat het vermogen niet toereikend is dan moet de machine eerst worden gestopt om een grotere vulling te kunnen instellen.

De samenvallende beweging van de uitlaatkleppen kan slechts weinig voor het dode punt van de kruk plaatsvinden, want de met leren ringen beklede pennen **P** en de gekromde hefbomen hebben een gering verend vermogen, zodat de pennen maar weinig verplaatst mogen worden, nadat de uitlaatkleppen hun nieuwe stand hebben ingenomen. De indicateurdiagrammen tonen dan ook een geheel ontbreken van compressie en vooruitlaat zoals we dat bij andere modernere stoommachines vinden. Daarenboven is, doordat de stoomkleppen buiten de contour van machine zijn geplaatst, de schadelijke ruimte groot wat met elkaar de oorzaak is van een zeer matig rendement van de installatie.



Zijaanzicht stoomcilinder uitlaatzijde

Toerenregeling

Bijzonder, en vooralsnog niet verklaarbaar, is dat de machine geen regulateur heeft of een beveiliging tegen over-toeren. Hiervoor is aangegeven dat de vulling tijdens bedrijf niet regelbaar is maar voor het daadwerkelijk in bedrijf stellen van de machine moet worden ingesteld door de zogenoemde koperen schaatsen **S1** en **S2** op de respectievelijke geleidestangen **W1** en **W2** te verplaatsen.

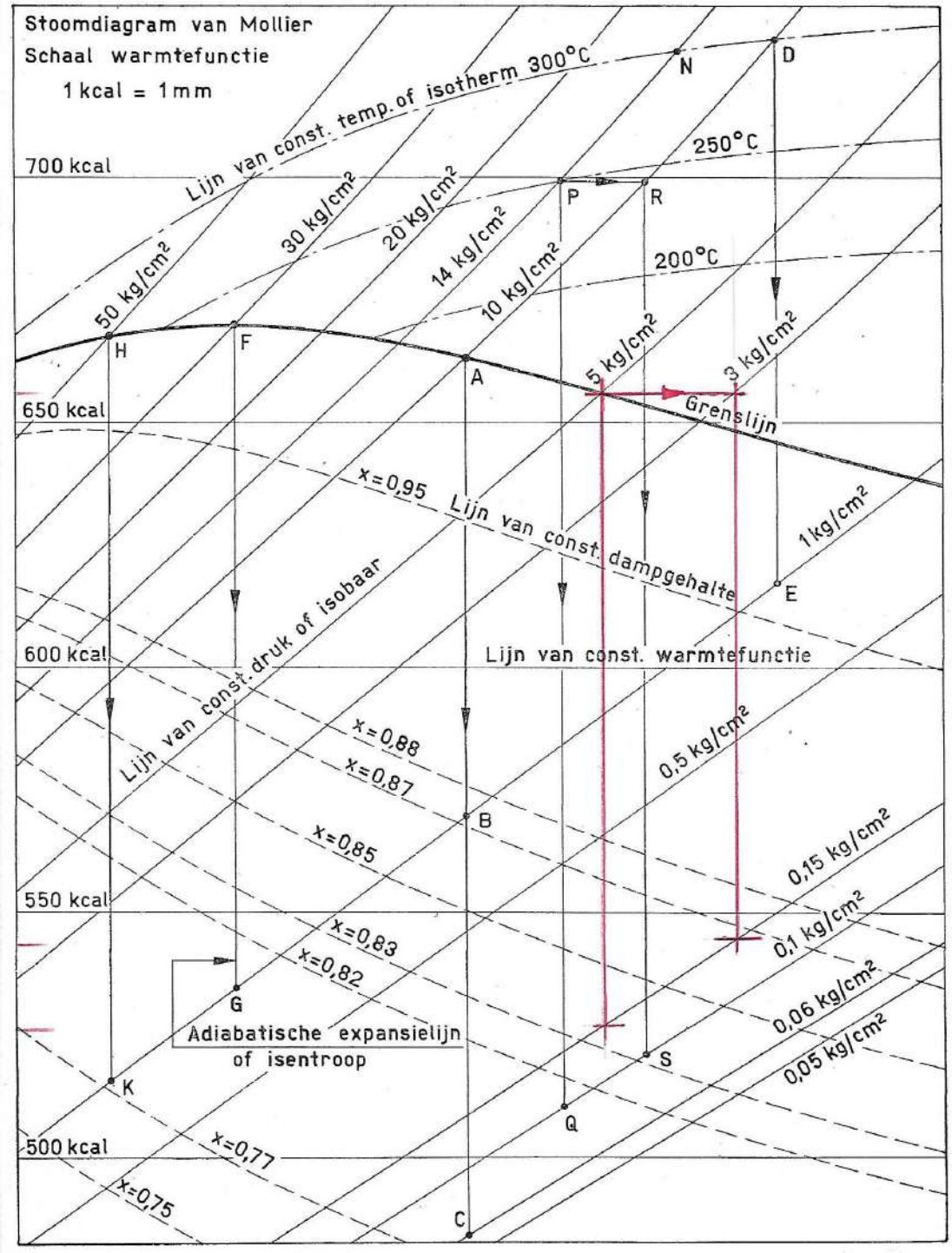
Het uiteindelijke toerental, bij deze machine uitgedrukt in het aantal slagen per minuut, wordt daarom met behulp van de hoofdstoomafsluiter van de machine geregeld. Omdat dit geen speciaal daarvoor ingerichte afsluiter is vereist het regelen van het toerental enige ervaring. Deze manier van toerenregeling noemen we een hoeveelheidsregeling of smoorregeling. Hierbij daalt zowel de druk als de temperatuur van de stoom; echter de warmtehoeveelheid of enthalpie (kcal/kg) van de stoom blijft daarbij gelijk. Eén en ander wordt voorgesteld door de rode lijnen in de uitsnede van het hieronder afgebeeld Mollier stoomdiagram. Als voorbeeld wordt genomen de keteldruk van 4 kg/cm² en de stoomdruk na smoring van 2 kg/cm², waarmee doorgaans de machine wordt bedreven. De stoomtabel en het Mollier diagram zijn uitgelegd voor absolute drukken, daarom moet er telkens 1 kg/cm² worden opgeteld bij de drukken die men op de manometer afleest en verkrijgt men pas dan de waarden voor de conditie van de stoom voor en na de smoring.

	Druk (abs)	Temp	Warmte inhoud	Volume	Conditie
	kg/cm²	C	kcal/kg	m³/kg	
Voor	5 (4)	152	655,8	0,3816	Verzadigd
Na	3 (2)	142	655,8	0,6285	Oververhit

Tabel stoomconditie voor en na het smoren

Uit het Mollier diagram, maar ook uit de stoomtabel is af te lezen dat de stoom als gevolg van het smoren met 10 ºC wordt oververhit hetgeen een gunstige invloed heeft op de condities van de stoom als deze in de machine wordt toegelaten. Het volume van de stoom is als gevolg van de smoring echter meer dan verdubbeld. Als de condensordruk 0,15 kg/cm² zou bedragen dan kan met behulp van het Mollier stoomdiagram worden afgeleid dat de theoretisch te benutten warmteval als gevolg van het smoren met 17 kcal/kg afneemt, hetgeen een verlies betekent van 13 % van de nuttig te besteden energie uit de stoom.

Omdat de stoommachine onder de huidige omstandigheden nagenoeg onbelast draait en men alleen daarom gebruik moet maken van deze smoorregeling stookt men de ketel slechts op tot een druk van 2 kg/cm² en is het gemakkelijker een constant toerental te handhaven. Desondanks zal de stoom nog steeds gesmoord worden maar zal deze minder oververhit zijn.



Mollier stoomdiagram situatie bij smoren van de stoom bij stoomgemaal Mastenbroek

2.3.9 Bedrijven van de stoommachine

Voor het inbedrijf stellen, bedienen en uitbedrijf nemen van de stoommachine is een aantal in een bepaalde volgorde uit te voeren handelingen nodig. Deze handelingen vinden plaats in nauwe samenhang met het opstoken en bedrijven van de stoomketel. Bij het opstarten, bedrijven en ook het uitbedrijf nemen van de bemalingsinstallatie kunnen als gevolg van onoordeelkundig handelen gevaarlijke situaties en schade aan de machines of installatieonderdelen ontstaan. Het is daarom essentieel dat deze handelingen onder de verantwoording van één deskundig en geoefend persoon plaatsvinden. Als de stoommachine in bedrijf is dient met de regelmaat van een uur een aantal controles en bedieningshandelingen te worden uitgevoerd. De waarnemingen van instrumenten evenals bijzondere afwijkingen dienen in een logboek te worden opgetekend zodat men later de oorzaak van eventuele defecten kan analyseren en reconstrueren.
Bij de beschrijving van de volgende procedures wordt uitgegaan van een stoomketel die reeds onder druk is gebracht.

Er is geen overzichtstekening beschikbaar waarop alle installatieonderdelen voldoende gedetailleerd staan aangegeven, de diverse smeerpunten gemarkeerd zijn en waaruit vervolgens een smeerschema afgeleid zou kunnen worden. De olieman van dienst zal zich voor zijn werk goed moeten verdiepen in de werking van de installatie en de plaats van alle te smeren punten. Hiertoe behoren niet alleen de over het algemeen duidelijk aanwezige koperen smeerpotten maar ook de geleidingen van sloffen, stangen en lagers van assen. Het maken van een adequaat smeerschema is noodzakelijk in het kader van het opleiden van nieuwe vrijwilligers.

Voorbereiding

1. Oliebakjes en oliepotjes vullen dan wel bijvullen en daar waar van toepassing de katoentjes over de rand van het standpijpje hangen. Daar waar druppelsmering wordt toegepast, zoals de leibaan aan dekselzijde van de hoofdmachine, de druppelaar in werking stellen.
2. Cilinderoliepot van de hoofdmachine vullen. Zie hiervoor de beschrijving van het Mollrupspompje bij paragraaf 2.3.3 van deze leidraad.
3. Voorsmeren met behulp van de cilindersmeeroliepomp, zodat men zeker weet dat de olie bij de smeerpunten in de stoomleiding komt. Bij twijfel de koppeling bij het smeerpunt op de stoomleiding losnemen.
4. Cilinder olie pot van de grote condensorkoelwaterpomp vullen. Deze stoom-zuigerpomp is ook uitgerust met een Mollrupspompje. Het vullen en voorsmeren geschiedt op dezelfde wijze als bij de hoofdmachine.

Opmerking
De lagers van de schepraderen die zich in het schepradhuis bevinden mogen uit veiligheidsoverwegingen alleen gesmeerd worden als de stoommachine buiten bedrijf is. Voor de controle van het olieniveau en het bijvullen moet de machine eerst worden gestopt. Het eindlager van de machine-as en het beginlager van de water-as bevinden zich achter het vliegwiel naast de tandwieloverbrenging in de machinekamer. Deze twee lagers zijn slechts voorzien van smeerkommetjes en moeten daarom met korte tussenpauzes gesmeerd worden. De toegang tot de lagers is smal en moet met de nodige voorzichtigheid betreden worden.

Voorwarmen

1. Stoker waarschuwen dat begonnen wordt met voorwarmen, zodat hij weet dat er meer water naar de ketel gepompt moet worden en meer kolen op het vuur gegooid moeten worden.
2. Aftap van de hoofdstoomleiding open zetten en de hoofdstoomafsluiter voorzichtig zover openen dat er iets stoom in de leiding komt. Deze stoom zal in het begin onmiddellijk condenseren en vooral bij een koude machinekamer eerst een knallend geluid veroorzaken in de leidingen als gevolg van de imploderende dampbellen. Men kan er voor kiezen de afsluiter direct weer te sluiten en enige minuten later opnieuw iets stoom toe te laten. Deze procedure dient te worden herhaald totdat de leiding voldoende is voorverwarmd en de toegelaten stoom geen geluid meer veroorzaakt en er geen water maar stoom uit de aftapleiding komt. Het condensaat wordt naar buiten afgevoerd in put 2 (zie plattegrond tekening). De aftapafsluiter kan dan nagenoeg geheel dichtgedraaid worden en de hoofdstoomafsluiter op de stoomketel helemaal open.
3. De aftapkranen van de cilindermantelverwarming en die van de stoomcilinder openen. De afvoerleidingen van de cilindermantel en die van de cilinder zijn gescheiden en voeren, evenals de aftap van de hoofdstoomleiding, buiten de machinekamer in put 2 af.
4. Vervolgens de hoofdstoomtoevoerafsluiter nummer 6 en de hoofdstoomregelafsluiter nummer 9 naar de stoommachine langzaam een klein beetje openen. De hoofdstoomafsluiter mag slechts een klein beetje worden geopend omdat anders de machine in werking treedt. Bij de aftappunten van de cilinder en de cilindermantel zal eerst water en later als de cilinder voldoende is opgewarmd stoom ontwijken.
5. De cilinderaftappen blazen alleen af als de desbetreffende inlaatklep openstaat. Om de cilinder gelijkmatig op te warmen moet daarom regelmatig getornd worden zodat de stoom voor de verwarming afwisselend aan beide zijden wordt toegevoerd. Het condensaat wordt vóór de uitlaatkleppen afgevoerd. Tijdens het tornen moet om ongelukken te voorkomen de hoofdstoomafsluiter worden dichtgezet en dicht worden gehouden.
6. Omdat de stoommachine is samengesteld uit lange, zware en overwegend gietijzeren onderdelen moet het opwarmen zo langzaam als mogelijk geschieden. Op zijn minst dient hiervoor 2 uur te worden uitgetrokken zodat men zeker is dat alle onderdelen goed zijn door-gewarmd.

Starten

1. Voor het starten worden eerst de twee condensorkoelwaterpompen in bedrijf gesteld. Ook moet men zich er van gewissen dat de koelwatertoevoerafsluiter naar de bak waarin de condensor staat opgesteld open staat.
2. Voordat men de machine daadwerkelijk in werking stelt opent men de toevoerafsluiter nummer 19 voor het koelwater naar de sproeipijp van de condensor. Ook moet de zogenoemde snuifkraan nummer 20 die voor de toetreding van lucht naar de condensor zorgt iets worden geopend.
3. Als de machine voldoende is voorverwarmd kan deze inbedrijf worden gesteld. Men doet dit door de hoofdstoomregelafsluiter verder te openen. Eerst nog met geopende cilinderaftappen nummers 13a en 13b. Bij het inbedrijf stellen kan het nodig zijn de klepbeweging met de hand

te bedienen om ervoor te zorgen dat de machine in de juiste draairichting draait. Bij de klepbeweging zijn hiertoe twee handels aangebracht.
De juiste draairichting is, gezien vanuit het ketelhuis, linksom maar kan ook eenvoudig worden afgeleid van het scheprad als men de stromingsrichting beschouwt. Als de machine enige tijd draait dan moet men de eerder genoemde condensaataftappen op de cilinder dichtdraaien. De toe- en afvoer van de cilindermantelverwarming blijven ook tijdens bedrijf open staan.

Bedrijven van de machine

1. Na het starten van de machine zal, omdat de natteluchtpomp gelijktijdig in werking treedt, er vrij snel vacuüm ontstaan in de condensor. De druk in de condensor moet vervolgens worden geregeld door met behulp van de sproeiafsluiter meer of minder koelwater, en met de snuifafsluiter lucht in de condensor toe te laten treden. Het te handhaven vacuüm, af te lezen op de tegen de oostelijke zijgevel geplaatste vacuümmeter, is 25 cm kwikkolom. Een hoger vacuüm (76 cm kwikkolom is het theoretisch maximum) leidt er toe dat de machine onregelmatig draait en daardoor veel lawaai maakt. Gebleken is dat de stoommachine onder de huidige museale omstandigheden, waarbij geen water meer wordt verpompt, met dit vacuüm en een toerental van 8 a 10 omw/min het beste functioneert.
2. Tijdens het draaien alle draai- en glijpunten smeren en controleren op eventueel warmlopen. Gemorste olie opnemen met een niet pluizende doek.
3. Temperatuur van de twee glijlagers van de hoofdas en de vier glijlagers van de assen van het scheprad regelmatig controleren. Deze temperatuurcontrole op warmlopen dient uit veiligheidsoverwegingen met behulp van een infrarood thermometer te gebeuren. Het met de rug van de hand controleren van de lagertemperatuur is niet voor alle situaties toepaspaar en behoeft bovendien enige praktische ervaring. Men dient daarbij altijd te voelen bij de onderkant van het lager omdat daar de grootste belasting en dus eventuele warmteontwikkeling plaatsvindt. Als een lager warm loopt is dit meestal het gevolg van een falende smering bijvoorbeeld een verstopt oliekanaal, een uitgedroogd “katoentje” of verkeerd afgestelde oliedruppelaar. Het is daarom van belang scherp toe te zien op het olieverbruik van elk smeerpunt. Ook na vervanging of correctie van de speling van een lager kan deze makkelijk warmlopen en is reden om na een dergelijke revisie en de eerste opstart extra alert te zijn op warmlopen. Door het warmlopen stijgt de temperatuur met als gevolg dat het lager uitzet, de passing geringer wordt en dientengevolge de temperatuur exponentieel verder stijgt. Men moet zich er dan ook bewust van zijn dat het warmlopen vaak een kwestie van slechts enkele minuten is.
4. Tijdens bedrijf moet men toezien op lekkage van water, stoom en olie. Al naar gelang de omvang van de lekkage dient men maatregelen te treffen. Meestal zal zich dat beperken tot het aanzetten van drukstukken bij pakkingbussen van zuigerstangen en afsluiterspindels. Stoomlekkages dient men in dit verband zo spoedig als mogelijk te verhelpen omdat ontsnappende stoom een snijdende werking heeft en zelfs diepe groeven kan achterlaten in gehardstalen onderdelen.

Stoppen

1. Stoker waarschuwen dat de stoommachine gestopt wordt en hij dus geen brandstof meer op het vuur moet gooien. Als gevolg daarvan zal de stoomdruk naar de machine dalen en de machine langzamer gaan lopen.
2. Op het moment dat de keteldruk gedaald is tot 1 á 1,5 kg/cm² de machine stoppen door de hoofdstoomregelafsluiter in de machinekamer dicht te draaien. Ook de hoofdstoomafsluiter op de ketel dichtdraaien.
3. Vervolgens de cilinder en de cilindermantel aftappen alsmede de afsluiter van de hoofdstoomleiding nummer 10 openen. Gezorgd moet worden dat er geen water in het leidingsysteem of delen van de machine achterblijft en dat deze ruimten door de restwarmte van de verschillende delen kunnen drogen.
4. Oliepotten sluiten, en daar waar van toepassing de katoentjes terugleggen in het oliebad van de smeerpot.

2.3.10 Onderhoud stoommachine

In de cilinder, maar ook in de ruimten en de afgewerktestoom- en condensaatleidingen die hiermee in verbinding staan, blijft na het stoppen een oliefilm achter. Deze film biedt bij stilstand enige bescherming tegen roesten van de stalen of gietijzeren delen. De oliefilm mag echter niet uitdrogen of gaan koeken waardoor bewegende delen, zoals de zuigerveren of de stoom toe- en afvoerkleppen, gaan vastzitten. De machine moet daarom bij langdurige stilstand op gezette tijden getornd worden. Bij het tornen moeten de oliepotten van de lagers en de pakkingbussen worden opengezet en alle glijvlakken voorzien worden van olie zodat zich hier een nieuwe beschermende olielaag kan vormen.

De stoommachine-onderdelen, hulpwerktuigen en appendages maar ook de daarbij behorende leidingsystemen en de daarin opgenomen appendages moeten zowel stoom- als waterzijdig altijd goed worden afgetapt zodat ze onder winterse omstandigheden niet stuk kunnen vriezen. In het verleden werd in het gemaal een kolenkachel gestookt om de installatie vorstvrij te houden. In de huidige situatie is hiervoor in de machinekamer een moderne gasgestookte luchtverwarmer opgesteld. De goede werking van deze unit moet, zeker gedurende vorstperiodes, regelmatig gecontroleerd worden.

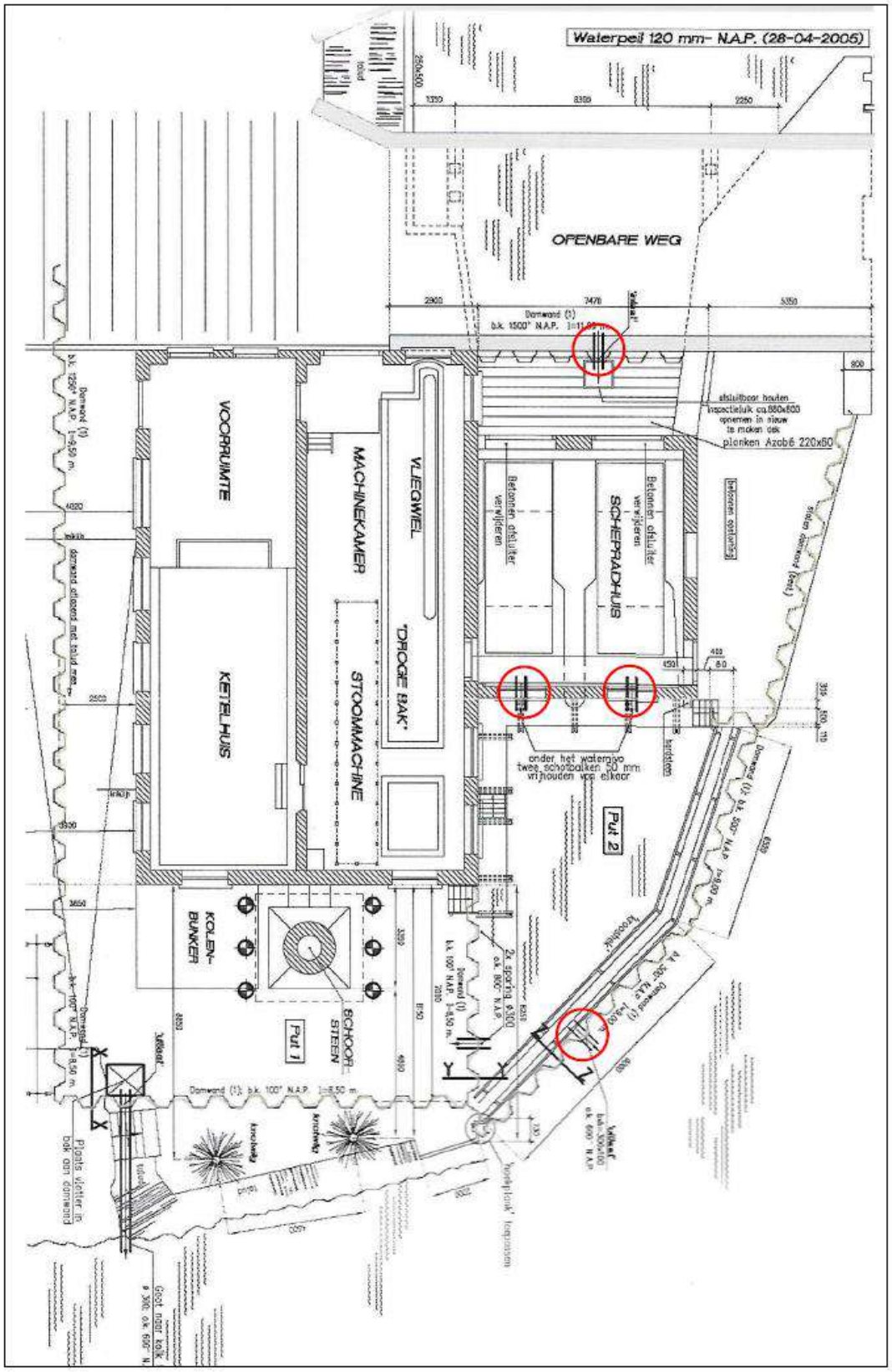
2.4 Condensatie inrichting

De stoommachine van het gemaal Mastenbroek is gekoppeld aan een injectie- of mengcondensor. Het doel van de condensor is een efficiënter gebruik van de aangewende stoom. Een en ander zoals in paragraaf 4.16 van deel IV van deze leidraad nader is beschreven.

2.4.1 Condensorkoelwater voorzieningen

Voor het condenseren van stoom is koelwater nodig. Vóór de tamelijk ingrijpende aanpassingen in 2008 aan het gemaal, om de paalrot het hoofd te bieden, werd dit water via het krooshek en vermoedelijk een cokesfilter rechtstreeks betrokken uit de zogenoemde molenkolk voor het gemaal. Het overtollige weeswater, het mengsel van condensaat en condensorkoelwater, werd teruggevoerd naar diezelfde kolk. In de huidige situatie is dit niet meer mogelijk omdat het gemaal in een soort badkuip van damwand is geplaatst waarin het waterpeil hoger staat dan in de molenkolk. Een en ander zoals aangegeven op de plattegrond van het gemaal op de hierna volgende bladzijde.
Het condensorkoelwater wordt als gevolg van het vacuüm door de condensor zelf uit de condensor-koelwaterbak aangezogen. De condensorkoelwaterbak wordt onder vrij verval gevuld uit de hier voor geschakelde koelwaterput in het gebouw. Deze put staat via een grote leiding in verbinding met put 2. Uit deze inpandige koelwaterput zuigen ook de aparte koelwaterpompen die voor de uitwendige koeling van de condensorromp zorgen. De door de damwand gecreëerde ruimten, hier putten genoemd, zorgen niet alleen voor het koelwater maar ontvangen ook het verwarmde weeswater dat door de natte luchtpomp wordt afgevoerd.
Het water in de hiervoor genoemde putten wordt aangevoerd via een buis, rood omcirkeld, in de damwandconstructie aan uitstroomzijde. Het water stroomt onder vrij-verval via het buitenste ontkoppelde scheprad en de opening tussen de schotbalken aan de instroomzijde naar put 2. Bij stilstand zal ook water via de lekspleten van de beschoeping van het eerste rad naar put 2 stromen. Tijdens bedrijf zal het door het binnenste scheprad opgepompte water weer via het buitenste scheprad en de opening tussen de schotbalken worden teruggevoerd naar het binnenste rad. Het water wordt dus continue rondgepompt.
Het water dat voor condensatie maar ook voor de voeding van de stoomketel bestemd is wordt, zoals hiervoor aangegeven door een grote ronde opening uit put 2 naar de koelwaterput binnen het gebouw gevoerd. Bij het inbedrijf zijn van de installatie zal het tussen de damwanden opgesloten water als gevolg van de warmteafgifte van de te condenseren stoom steeds warmer worden.
Door de aanvoer van water uit de boezem te regelen en daarmee de afvoer naar de molenkolk, kan deze temperatuur worden geregeld.
Voor het front van het ketelhuis en de machinehal aan de instroomzijde van het gemaal ligt put 1. Deze put is aangevuld met grond waarbij niet duidelijk is hoe het grondwater op peil wordt gehouden. Op de plattegrondtekening wordt gesuggereerd dat polderwater via een leiding in de damwand die de twee putten scheidt wordt aangevoerd. Hierdoor wordt dus het water geïnfiltreerd om de paalkoppen en de houten fundatie nat te houden en daarmee te beschermen tegen rot.

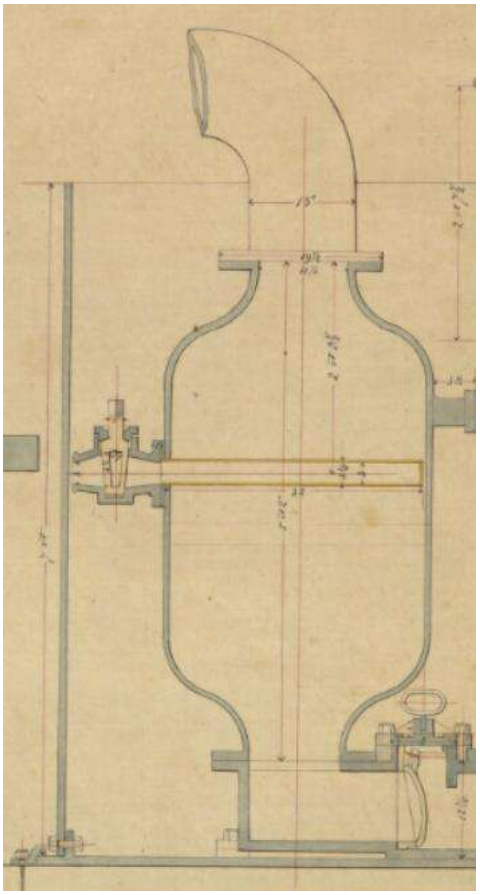
Aan de zuidzijde van deze put is in de linker hoek een ontvangbak en vlotterinrichting getekend. Deze dient om een eventueel te veel aan (grond)water in deze bak, als gevolg van regenval naar de molenkolk af te voeren. De put met vlotter zijn niet terug te vinden op de daarvoor aangegeven locatie. Wel bevindt zich in het aangegeven tracé een regenwaterafvoer en de spuileiding van de stoomketel.


Waterpeil 120 mm- N.A.P. (28-04-2005)
OPENBARE WEG
VOORRUIMTE
KETELHUIS
MACHINEKAMER
STOOMMACHINE
VLIEGWIEL
"DROGE BAK"
SCHEPRADHUIS
KOLEN-BUNKER
SCHOOR-STEEN
Put 1
Put 2
onder het waterpeil twee schotbalken 50 mm vrijhouden van elkaar
Damwand (1) b.k. 1500° N.A.P. l=11.00 m
Damwand (1) b.k. 100° N.A.P. l=8.50 m
Damwand (1) b.k. 600° N.A.P. l=9.00 m
Betonnen afsluiter verwijderen
Betonnen afsluiter verwijderen
afsluitboor houten inspectieluik ca.680x600 openen in nieuw te maken dek planken Azobé 220x60
Betonnen opstorting
Plaats vlotter in bak aan damwand
Gleuf naar kolk
2x sponning 9300 o.k. 800° N.A.P.

2.4.2 Injectie- of mengcondensor

Uitvoering en werking

De condensor bij het stoomgemaal Mastenbroek bestaat uit een gesloten stalen vat dat in een aparte gietijzeren bak staat opgesteld. De bak is gevuld met relatief koud polderwater zodat het vat aan de buitenkant gekoeld wordt. In het vat waarin de afgewerkte stoom wordt toegelaten bevindt zich een sproeipijp waarmee, als er voldoende vacuüm is, koud water wordt aangezogen in de condensor. Zowel het ondergedompelde deel van de romp van het vat als het sproeiwater zorgen voor het verder verdichten of condenseren van de afgewerkte stoom. Daarenboven wordt in de huidige situatie met behulp van twee stoompompen koudwater over het niet ondergedompelde deel van het vat gepompt wat voor extra condensatie zorgt.



Condensor stoomgemaal Gouda



Condensor stoomgemaal Mastenbroek in bovenaanzicht

Bovenstaande figuur is van het voormalige stoomgemaal Gouda uit dezelfde periode en is enigszins vergelijkbaar met de condensor van het Stoomgemaal Mastenbroek. Met name het onderste deel klopt niet omdat de terugslagklep, is zuigklep van de natte luchtpomp, niet hier maar in de bak van de natte luchtpomp zit (zie processchema). Op de foto van het stoomgemaal Mastenbroek ontbreekt de spindel van de kraan voor de regeling van de toevoer van het sproeiwater.

Na het aanzetten van de machine stroomt er afgewerkte stoom via de koude uitlaatleiding naar de condensorruimte. De stoom expandeert en condenseert doordat zij in contact komt met de vlakken van de relatief koude afvoerleiding en de condensor.
Het condensaat verzamelt zich onderin de condensor en wordt samen met de lucht en eventueel andere gassen of waterdamp in de condensor en de aanvoerleiding door de natteluchtpomp afgevoerd. Door het wegzuigen van de lucht en het condensaat ontstaat er onderdruk in de condensor. Bij voldoende onderdruk wordt gedoseerd koud water uit de koudwaterbak aangezogen en in de condensor met behulp van een sproeipijp gemengd met de afgewerkte stoom uit de machine. Door het directe contact van de stoom en de koude waterdruppels condenseert de stoom, waardoor een bijna 1700-voudige volumeverkleining plaatsvindt. De condenserende stoom creëert daardoor zijn eigen vacuüm.
De hoeveelheid injectiewater wordt geregeld met de injectiewaterregelafsluiter die op de romp van de condensor gemonteerd is. De sproeibuis met een groot aantal gaatjes sproeit het water in de mengruimte van de condensor waardoor een intensief contact ontstaat tussen de waterdamp en het koude water en deze sneller condenseert. Het mengsel van condensaat en injectiewater, dat wees wordt genoemd, verzamelt zich onderin de condensor en wordt met de door de stoommachine via een excentriek aangedreven natteluchtpomp afgevoerd. Op de romp van de condensor bevindt zich een aansluiting met afsluiter waarmee lucht kan worden aangezogen en de hoogte van het vacuüm wordt ingesteld. Een hoog vacuüm leidt weliswaar tot een beter rendement maar veroorzaakt ook dat de natteluchtpomp gaat bonken. Bij de beschrijving van deze pomp wordt hier nader op ingegaan.



Snuifkraan stand aanwijzer

Als vuistregel wordt gehanteerd dat voor de condensatie van 1 kg stoom ongeveer 30 kg koelwater nodig is. Een en ander is gebaseerd op de volgende rekenmethode en uitgangspunten.

Algemeen					
Vacuüm / Druk condensor		0,863	0,17	kg/cm2	gegeven
Temp. verzadigde stoom			56	C	stoomtabel
Waterhoeveelheid			12	%	aanname/gegeven
Verdampingswarmte			565,4		tabel
Vormingswarmte			621,6		tabel
			554		berekend
Vormingswarmte AS	W		554	kcal/kg	stoomtabel
Temp. toegevoerd koelwater	t		23	C	gegeven
Temp. afgevoerd koelwater	t		45	C	gegeven
Temp.. condensaat	t		30	C	gegeven
Hoeveelheid koelwater	X		23,8	kg/kg stoom	berekend
Stoomverbruik machine			1000	kg/h	gegeven
Hoeveelheid koelwater			23807	kg/h	berekend
Hoeveelheid koelwater			397	liters/minuut	Berekend

Voorbeeld voor berekening hoeveelheid condensorkoelwater (theoretisch)

In de praktijk zullen de aannames uit dit rekenvoorbeeld als gevolg van de variërende machinebelasting, vervuiling van de condensor maar ook de afstelling van de koelwatertoevoer en de temperatuur hiervan, aanmerkelijk afwijken van het theoretische voorbeeld.

Gemaal Mastenbroek situatie 1					
Vacuüm / Druk condensor		0,833	0,2	kg/cm2	gegeven
Temp. verzadigde stoom			59,7	C	tabel
Waterhoeveelheid			15	%	aanname
Verdampingswarmte			563,5		tabel
Vormingswarmte			623,6		tabel
			539		berekend
Vormingswarmte AS		W	539	kcal/kg	berekend
Temp. toegevoerd koelwater		t	8	C	aanname
Temp. afgevoerd koelwater		t	25	C	aanname
Temp. condensaat		t	25	C	aanname
Hoeveelheid koelwater		X	30,2	kg/kg stoom	berekend
Hoeveelheid condensaat + koelwater			31,2	kg/kg stoom	mengcondensor
Stoomverbruik machine			1000	kg/h	gegeven
Hoeveelheid koelwater			31240	kg/h	berekend
Hoeveelheid wees			521	liters/minuut	berekend

Voorbeeld voor berekening hoeveelheid condensorkoelwater (stoomgemaal Mastenbroek)

Door uit te gaan van de conditie van de afgewerkte stoom bij het verlaten van de machine kan de volgende betrekking worden opgeschreven, waarbij de af te voeren condensatiewarmte W gelijk wordt gesteld aan de hoeveelheid warmte die met het koelwater wordt afgevoerd.

$$X \,.\, (t_2 - t_1) = W - t_3$$

Of:

$$X = \frac{W - t_3}{t_2 - t_1} \; [\mathrm{kg/kg}]$$

Hierin is:
W = de vormingswarmte (in- en uitwendige verdampingswarmte) van de afgewerkte stoom in kcal/kg;
T_1 = aanvoertemperatuur van het condensorkoelwater ºC;
T_2 = afvoertemperatuur van het condensorkoelwater ºC;
T_3 = afvoertemperatuur van het condensaat ºC. Bij een meng- of injectiecondensor is deze gelijk aan de afvoertemperatuur van het condensorkoelwater;
X = aantal kg koelwater per kg stoom.

Nemen we als voorbeeld dat de machine werkt met een vacuüm van 25 cm kwikkolom en dat 15 % van de stoom reeds gecondenseerd is als het de machine verlaat, dan is de condensordruk:

$$\frac{76 - 61}{76} = \; 0{,}20 \; [\mathrm{kg/cm^2}]$$

Bij deze (absolute) condensordruk behoort volgens de stoomtabel een verdampingswarmte van 563,5 kcal/kg en een vormingswarmte van de stoom van 623,6 kcal/kg. Omdat reeds 15 % is gecondenseerd is dus de totale hoeveelheid warmte W die per kg stoom naar de condensor wordt gevoerd:

$$W = 623{,}6 - (0{,}15 \,.\, 563{,}5) = 539 \; [\mathrm{kcal/kg}]$$

Verder veronderstellen we dat het polderwater dat voor de koeling wordt gebruikt een temperatuur heeft van 8 ºC en dat het wees een temperatuur heeft van 25 ºC. De hoeveelheid koelwater die dan nodig is voor het condenseren bedraagt dan:

$$X = \frac{539 - 25}{25 - 8} = 30{,}2 \; [\mathrm{kg/kg}]$$

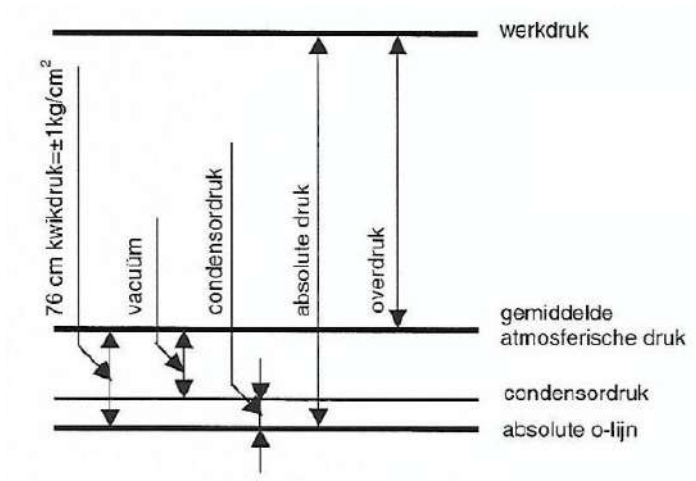
De hoeveelheid weeswater is dan:

$$30{,}2 + 1 = 31{,}2 \; [\mathrm{kg/kg}]$$

Bij een stoomverbruik van ongeveer 1000 kg/h moet de natteluchtpomp, naast de eventuele lucht of waterdamp, minimaal de volgende hoeveelheid weeswater verpompen:

$$1000\,.\;31{,}2 = 31200\;[\mathrm{l/h}] = 521\;[\mathrm{l/min}]$$

Omdat het polderwater in temperatuur enorm kan variëren tussen zomer en winter, zal ook de hoeveelheid benodigd condensorkoelwater sterk wisselen met de seizoenen.
Uit het voorbeeld kan tevens worden afgeleid dat ook de belasting evenredig van invloed is op de hoeveelheid water die uit de condensor moet worden gepompt.



Grafische voorstelling drukken



Vacuümmeter (schaal cm kwikkolom)

De condensor is zo groot dat zij slecht gedeeltelijk gevuld is met wees. Wanneer alle lucht uit de condensor is verwijderd zou hierin een volkomen luchtledig heersen, ware het niet dat er in de ruimte nog wees aanwezig is dat verdampt tot de verzadigde dampdruk wordt bereikt. Evenals dat water kookt bij 100 ºC en de verzadigde dampspanning dan 76 cm kwikkolom (1,033 kg/cm²) is, zal de verzadigde dampspanning van water met een temperatuur van bijvoorbeeld 30 ºC, 3,18 cm kwikdruk (0,0433 kg/cm²) bedragen.
Wanneer in de condensor ook lucht aanwezig is zal de verdamping langzamer verlopen maar wordt de dampdruk uiteindelijk even groot als in een condensor waarin zich geen lucht bevindt. De druk in de condensor wordt dan volgens de wet van Dalton de som van de partiele dampdrukken van lucht en waterdamp.

$$P_{con} = p_{lucht} + p_{waterd.}\;[\mathrm{Kg/cm^2}]$$

Als bijvoorbeeld de temperatuur van het wees 30 ºC is en de druk van de lucht die door lekkage van afdichtingen is opgetreden 0,02 kg /cm² bedraagt dan wordt de condensordruk:

$$p_{con} = 0{,}02 + 0{,}0433 = 0{,}0633 \ [kg/cm^2]$$

Of:

$$p_{con} = 0{,}0633 \ x\ 76 = 4{,}8 \ [cm\ kwikkolom]$$

Temp	Verzadigde dampspanning		Temp	Verzadigde dampspanning	
ºC	cm kwikdruk	kg/cm²	ºC	cm kwikdruk	kg/cm²
0	0,46	0,0062	25	2,38	0,0323
1	0,49	0,0067	26	2,52	0,0343
2	0,53	0,0072	27	2,67	0,0363
3	0,57	0,0077	28	2,83	0,0385
4	0,61	0,0083	29	3,00	0,0408
5	0,65	0.0089	30	3,18	0,0433
6	0,70	0,0095	31	3,37	0,0458
7	0,75	0,0102	32	3,57	0,0485
8	0,80	0,0109	33	3,77	0,0513
9	0,86	0.0117	34	3,99	0,0542
10	0,92	0,0125	35	4,22	0,0573
11	0,98	0,0134	36	4,46	0,0606
12	1,05	0,0143	37	4,71	0,0640
13	1,12	0,0153	38	4,97	0,0676
14	1.20	0,0163	39	5,24	0,0713
15	1,28	0,0174	40	5,53	0,0752
16	1,36	0.0185	41	5,83	0,0793
17	1,45	0,0197	42	6,15	0,0836
18	1,55	0,0210	43	6,48	0,0881
19	1,65	0,0224	44	6,82	0,0928
20	1,75	0,0238	45	7,19	0,0977
21	1,87	0,0253	46	7,56	0,1028
22	1,98	0,0269	47	7,96	0,1082
23	2,11	0,0286	48	8,37	0,1138
24	2,24	0,0304	49	8,80	0,1197

Verzadigde dampspanning van water bij lage temperaturen

Door de verzadigde dampspanning die hoort bij een bepaalde temperatuur van het wees te vergelijken met de werkelijke condensordruk kan men nagaan of er veel lucht in de condensor aanwezig is. Een veel hogere druk dan de verzadigde dampspanning duidt op proportionele luchtlekkage, veroorzaakt door bijvoorbeeld lekkende pakkingbussen.
De temperatuur van het wees is dus mede bepalend voor de hoogte van het vacuüm. Bij de onderhavige stoominstallatie bedroeg de absolute condensordruk ruim 15cm kwikkolom, wat overeenkomt met een absolute druk van 0,20 kg/cm² . Het vacuüm en tevens de waarde die men op de vacuümmeter in de machinehal afleest is 61cm kwikkolom wat overeen komt met een onderdruk van 0,83 kg/cm² .

In de huidige situatie wordt bij het inbedrijf zijn van de installatie slechts een absolute condensordruk van 51 cm kwikkolom of 0,69 kg/cm² gehandhaafd. Op de in de machinehal gemonteerde vacuümmeter leest men dan een vacuüm af van 25 cm kwikkolom wat overeenkomt met een onderdruk van 0,34 kg/cm²

De stoomtoevoer moet tijdens het inbedrijf stellen van de machine niet groter zijn dan nodig is om deze juist draaiende te houden. Bij een te grote vulling is het koelend vermogen van de aanvoerleiding naar de condensor en de condensor zelf onvoldoende en condenseert niet alle stoom waardoor er geen of onvoldoende koud injectiewater wordt aangezogen. De aanvoerleiding naar de condensor, de condensor zelf en de natte luchtpomp worden dan zo heet dat er geen condensatie plaatsvindt en er dus geen vacuüm in de condensor ontstaat en er geen injectiewater wordt aangezogen. De luchtpomp verpompt in dat geval alleen maar waterdamp. De machine moet dan gestopt worden en kan pas weer opgestart worden als het systeem voldoende is afgekoeld. Om dit afkoelingsproces te versnellen maar ook om een beter vacuüm te verkrijgen is de condensor in een koudwaterbak geplaats en werkt deze dus voor een deel ook als oppervlakte condensor.

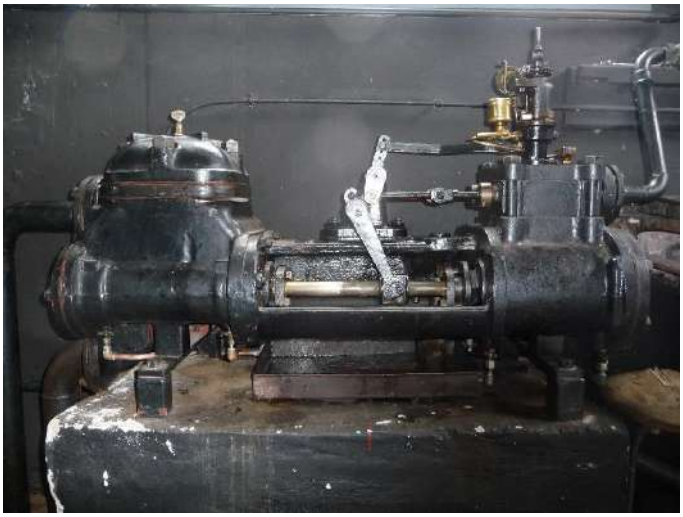
2.4.3 Condensoronderhoud

Als gevolg van hoofdzakelijk de cilindersmering van de stoommachine wordt met de afgewerkte stoom smeerolie meegevoerd naar de condensor. Deze olie zet zich af op het inwendige gedeelte van de romp en de condensaatleidingen. Omdat olie een slechte warmte-geleider is moet op gezette tijden de condensor geopend en schoongemaakt worden. Een probaat middel hiervoor is warm sodawater. Bij het openen van de condensor moeten gelijktijdig de eventuele verstoppingen van de gaatjes in de sproeipijp worden opgeheven. Voor het periodiek onderhoud van dit installatieonderdeel bestaat nog geen werkinstructie. Dit is, evenals het vervaardigen van een duidelijke constructietekening, een punt van aandacht.

2.4.4 Condensor koelwaterpompen

De koudwaterbak wordt gevoed met polderwater wat onder vrij verval werd aangevoerd. Door het in de loop der tijd steeds verder dalende polderpeil en dus ook het waterniveau in de koudwaterbak raakte de romp van de condensor steeds minder ver ondergedompeld wat ten koste ging van de koel- oftewel condensatiecapaciteit. Ook moest het water van een steeds lager niveau worden opgezogen.

Dit is waarschijnlijk de oorzaak dat men in de huidige situatie, met behulp van twee duplex stoompompen, koud water over de romp van condensor pompt omdat anders het gewenste vacuüm niet kan worden bereikt.





Grote condensorkoelwaterpomp (Size 6x4x6)





Kleine condensorkoelwaterpomp (Size 3x2x3)

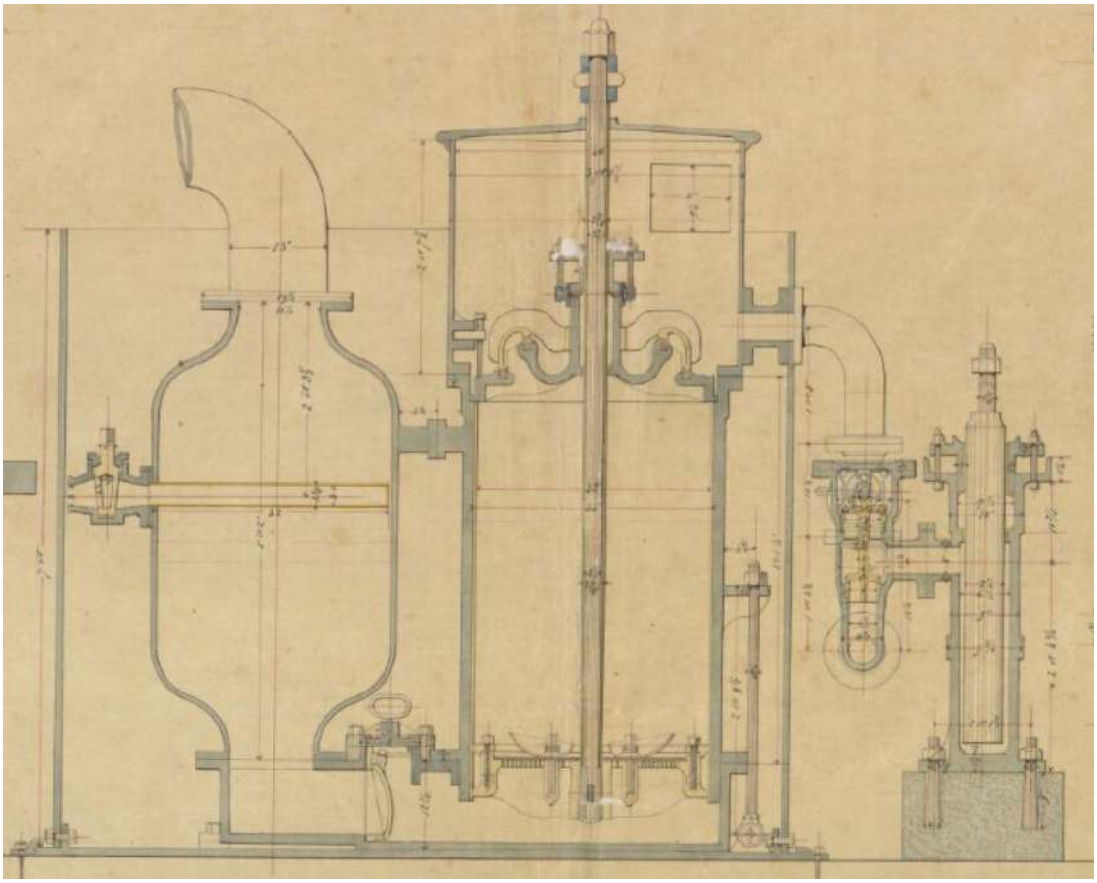
Wanneer de tegen de oostgevel in de machinekamer opgestelde stoompompen zijn geïnstalleerd is niet bekend. Uit het feit dat de stoompompen op betonnen fundaties staan opgesteld moet gedacht worden aan op zijn vroegst begin vorige eeuw toen het construeren in gewapend beton in opmars kwam.
De twee pompen verschillen van grootte en daarmee ook in capaciteit. De grootste pomp staat ongeveer 250 mm hoger dan de kleine pomp opgesteld. De reden voor het verschil in capaciteit en opstellingshoogte is niet bekend.
De twee condensorkoelwaterpompen zijn van de fabricaten Worthington en Worthington-Simpson voor respectievelijk de kleine en de grote pomp.

De fabrieken van Worthington en Simpson zijn in een bepaalde periode samen gaan werken waaruit kan worden afgeleid dat de grote pomp van latere datum is. Op de typeplaatjes van de pompen staan de maten (3x2x3 kleine pomp en 6x4x 6 grote pomp) (size) in Engelse duimen van respectievelijk de stoomzuiger, de waterzuiger en de zuigerslag vermeld. Te doen gebruikelijk is dat de stoomzuiger, omdat deze pompen doorgaans als ketelvoedingwaterpompen worden gebruikt, 1½ keer groter is dan de waterzuiger.
Verder komt de zuigerslaglengte overeen met de diameter van de stoomzuiger. De capaciteit van de grote pomp is theoretisch 8 keer groter dan die van de kleine pomp.
Het werkingsprincipe van deze zuiger-stoompompen verschilt niet van die van de eerder genoemde duplex ketelvoedingwaterpompen waarvan de werking wordt beschreven in paragraaf 4.7.2 van deel IV van deze leidraad, alsmede in het originele nog op het gemaal aanwezige handboekje van dit type pomp. De gedigitaliseerde versie hiervan is afgedrukt in bijlage 3 van dit deel van de leidraad.

2.4.5 Natte luchtpomp

In het originele bestek van 1855 voor deze installatie staat een vanaf de krukas met behulp van een excentriek en een balansarm aangedreven luchtpomp voorgeschreven met een slag van 2½ ’ (762 mm) en een zuigerdiameter van 2 ’ (609,6 mm). Bedoeld wordt een ‘’natte’’ luchtpomp omdat naast de lucht en waterdamp hiermee ook het condensaat en het injectiewater moeten worden verpompt. Het theoretische pompvolume van de voorgeschreven pomp bedroeg bij een toerental van 10 omw/min dus 2223 liter/min.
Reeds in de garantieperiode en voor de officiële oplevering van het gemaal bleek het gewenste vacuüm niet te kunnen worden bereikt, wat werd toegeschreven aan een te geringe capaciteit van de natte luchtpomp. Er is toen een tamelijk rigoureuze wijziging ten opzichte van het originele natte luchtpomp- en het eerder vermelde ketelvoedingwaterconcept doorgevoerd. Hierbij is de natte luchtpomp in capaciteit vergroot, heeft de zuiger plaats gemaakt voor een plunjer en wordt deze niet met behulp van een balansarm maar rechtstreeks door het excentriek aangedreven. De rechtgeleiding vindt hierbij plaats via de plunjer in de cilinder. Ook de door dezelfde balansarm aangedreven plunjerpomp voor het voeden van (toen) de twee stoomketels is komen te vervallen en vervangen door een duplex zuigerstoompomp.
De aanvankelijk gemaakte vacuüminstallatie is qua constructie min of meer te vergelijken met die van het iets later ook door De Atlas gebouwde Stoomgemaal in Gouda. Hiervan is hieronder een tekening afgedrukt om een indruk te geven hoe die aanvankelijk voor het stoomgemaal Masten broek er uit heeft gezien.
Ook in de huidige situatie staat de natte luchtpomp opgesteld in een uit gietijzeren ringen opgebouwde condensaatbak die in dit geval gevuld is met het door de luchtpomp verpompte mengsel van wees en condensaat. In de bedoelde situatie zou deze bak gevuld zijn met het relatief koude polderwater ten behoeve van de injectiecondensor en heette daarom koudwaterbak. Hieruit zuigen de ketelvoedingwater pompen.
De in de garantieperiode geplaatste grotere natteluchtpomp staat recht onder de krukas in de kelder onder de machinekamer en wordt aangedreven door een excentriek op deze as.

De excentriek is precies 90º verdraaid ten opzichte van de kruk aangebracht en met een kop-spieverbinding op de ter plaatse tot 13” (330,2 mm) verdikte krukas tussen het vliegwiel en het excentriek van de stoomklepbeweging bevestigd. Het excentriek en daarmee ook de pompzuiger maakt een slag van 2½ ’ (762 mm).
De constructie van de natte luchtpomp is niet bekend en zal om hieraan op doelmatige wijze onderhoudswerkzaamheden uit te kunnen voeren eerst op tekening moeten worden gezet. Voor het onderhoud en de frequentie waarmee dit dient te gebeuren zijn nog geen werkvoorschriften gemaakt.



De Atlas condensorinstallatie stoomgemaal Gouda, opgesteld in een koudwaterbak

Wanneer met een hoog vacuüm gewerkt wordt zal de natteluchtpomp gaan bonken. Door het hoge vacuüm is namelijk de druk van de lucht onder de zuiger te laag en komt deze tijdens de neergaande slag, dat is de persslag, met een klap op het wees terecht. Dit klappen kan verminderd of geheel weggenomen worden door via de snuifklep op de condensor een hoeveelheid lucht toe te laten. De toegevoerde lucht wordt tijdens de persslag samen gedrukt en werkt daardoor als een veer. Het toevoeren van lucht gaat echter ten koste van de capaciteit van de pomp en het te bereiken vacuüm en moet dus niet worden overdreven.

2.4.6 Onderhouden vacuüm

Hiervoor is aangegeven dat aan de hand van de temperatuur van het buitenwater een inschatting kan worden gemaakt van het te bereiken vacuüm. Hierna wordt een aantal mogelijke oorzaken geschetst als dit vacuüm niet wordt bereikt.

- Er wordt te weinig injectiewater toegelaten
- Een versleten natte-luchtpompzuiger
- De snuifklep op de condensor staat te ver open
- Lekkages via de pakkingbus van natteluchtpomp, de pakkingbus van de injectiewaterregelkraan, de pakkingbussen van de zuigerstangen van de stoommachine of de pakkingbussen van de uitlaatkleppen.
- Lekkage bij leidingen en aansluitingen van de condensor en luchtpomp.
- Luchtlekkage bij de ketelvoedingwaterpompen

Luchtlekkage bij de pakkingbussen van de zuigerstang en de twee inlaatkleppen is makkelijk herkenbaar omdat hier bij elke slag, tijdens de overdruksituatie, kortstondig een kleine hoeveelheid stoom ontwijkt. Bij de uitlaatkleppen kan men eventuele luchtlekkage vaststellen door water op het drukstuk van de klepstang te gieten. Bij lekkage zal het water naar binnen gezogen worden.
Als de lekkage te veel wordt moet men tijdens bedrijf de moeren van het desbetreffende drukstuk iets aanhalen. Hierbij moet men voorzichtig te werk gaan omdat de (zachte)pakking bij een te strak aangehaald drukstuk de stang onherstelbaar beschadigt. In deel IV van deze leidraad wordt hierover nadere informatie verstrekt.

2.5 Overbrenging

De overbrenging tussen de stoommachine en het scheprad bestaat uit twee gietijzeren tandwielen met een diameter van respectievelijk 59 ” (1499,1 mm) en 101½ ” (2579,1) mm, gemeten op de steekcirkel van de tanden. Dit zijn dus niet de buitendiameters van de tandwielen of wat men in de techniek de kopcirkeldiameter noemt. De tanden zijn in de juiste vorm gegoten en behoudens het ontbramen door middel van hakken en het wegvijlen van oneffenheden en scherpe randen niet bewerkt.
De tanddiepte bedraagt 6 ” (152,4 mm). De tandbreedte is 14 ” (355,7 mm).
De overbrengingsverhouding van de wielen is 12 : 7 oftewel 1,714. Uit het feit dat dit geen geheel getal is moet worden opgemaakt dat er oneven aantallen tanden aan de wielen zijn gegoten waardoor de slijtage gelijkmatig wordt verdeeld over alle tanden van beide wielen.
Het kleine tandwiel bestaat uit een gietstuk en is naast het vliegwiel op het verlengde deel van krukas gemonteerd. Het grote wiel bestaat uit twee delen die met bouten tegen elkaar worden geklemd en is vastgemaakt aan de zogenoemde water-as van het eerste van de twee schepraderen. Beide tandwielen zijn als spaakwielen uitgevoerd en staan hart op hart 80¼ ” (2039,1 mm) uit elkaar en zijn met kopspieën met de respectievelijke assen verbonden.

Gegevens

Tandwieloverbrenging	
Kopcirkel diameter kleine wiel	…. mm
Steekcirkel diameter kleine wiel	14 ” (1499,1 mm)
Voetcirkel diameter kleine wiel	…. mm
Tandhoogte	6 ’’ (152,4 mm)
Aantal tanden	57
Kopcirkel diameter grote wiel	…. mm
Steekcirkel diameter grote wiel	59 ” (2579,1 mm)
Voetcirkel diameter grote wiel	…. mm
Tandhoogte	6 ” 152,4 mm
Aantal tanden	98
Hartafstand assen	2,0391 m
Breedte van de tandwielen	356 mm
Overbrengingsverhouding	12 : 7 (i = 1,714)

De tanden van de tandwieloverbrenging worden gesmeerd met consistentvet. Het vet moet tijdens het draaien met een kwast aan een lange steel (bokkenpoot) bij een aantal tanden van het grootste wiel worden aangebracht. De kwast met smeervet laat men tijdens bedrijf rusten op de afgaande kant van het tandwiel. Tijdens het draaien wordt het smeervet automatisch gelijkmatig verdeeld over alle tanden van de overbrenging. Overtollig smeervet moet regelmatig worden opgenomen en afgevoerd.

2.6 Opvoerwerktuig

Het stoomgemaal Mastenbroek is uitgerust met twee parallel aan elkaar werkende schepraderen. Bij (extreem) hoge buitenwaterstanden kon het buitenste scheprad worden ontkoppeld om zodoende voldoende machinevermogen over te houden voor het bedrijven van één scheprad. Uiteraard ging dit gepaard met een verlies van de helft van de capaciteit.



Scheprad met verschuifbare klauwkoppeling (foto RCE situatie 1977)

Bij de stichting van het stoomgemaal Mastenbroek werd, evenals bij de windwatermolens daarvoor, het water via het riviertje de Veneriete uitgeslagen op de toenmalige Zuiderzee. Op ongeveer een kilometer afstand benedenstrooms van het gemaal bevindt zich de Prinsensluis uit 1825. Deze sluis keerde de hoge waterstanden van de Zuiderzee en voorkwam ook het binnendringen van zout water.

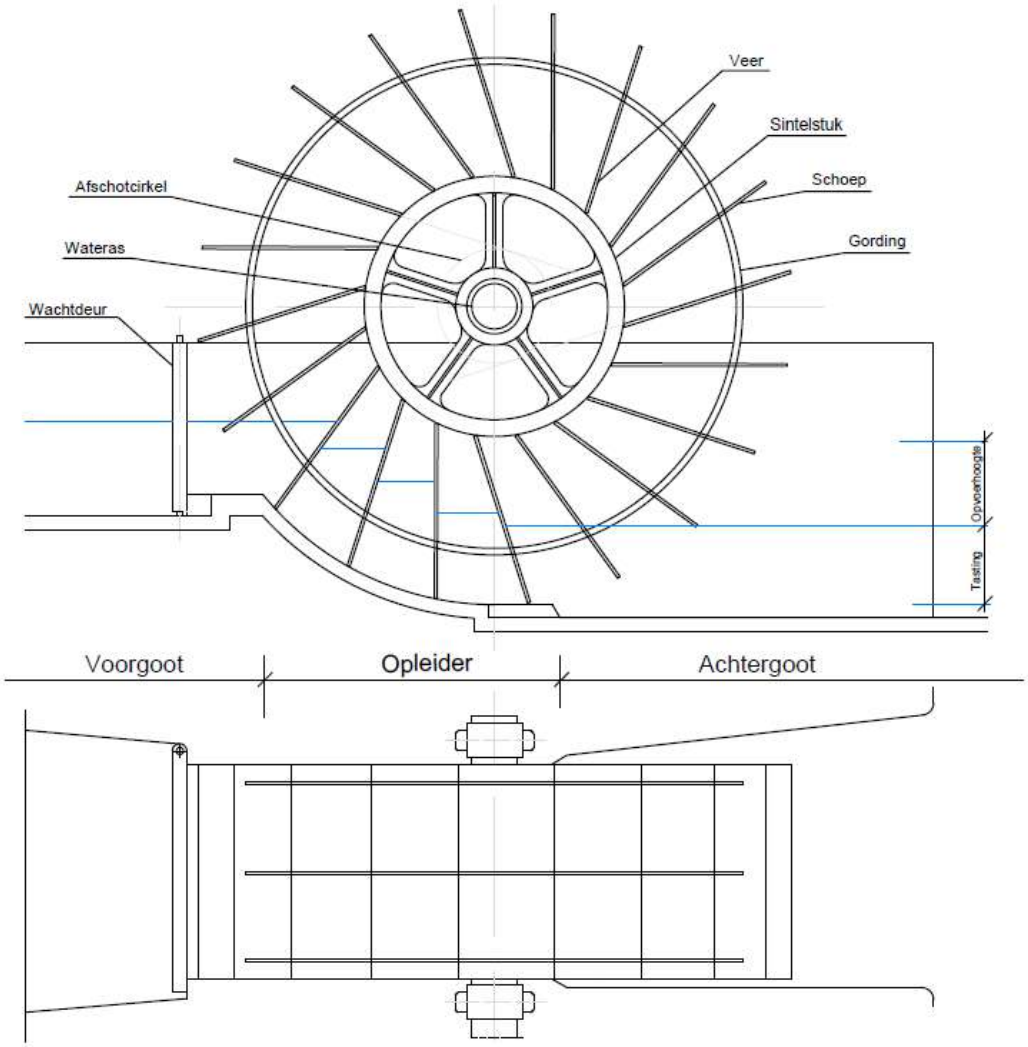
Afhankelijk van de weertoestand heerste voor het gemaal een gedempte getijdebeweging en was er alleen afvoer mogelijk als het buitenwater (Zuiderzee) voldoende laag was. De dienstdoende machinist moest zich van de binnen- en buitenwaterstanden vergewissen en al naar gelang het gemaal in- of buiten werking stellen. Hij maakte daarvan aantekeningen in zijn machine- journaal, zo kunnen we teruglezen in de bewaard gebleven exemplaren hiervan.
Later, na het gereedkomen van de afsluitdijk in 1933, is de Zuiderzee IJsselmeer gaan heten en is er sprake van een nagenoeg constant peil dat varieert tussen 0,10 en 0,40 m - NAP en is ook het tot aan de sluis opgestuwde water zoet.
Na het gereedkomen van de Noordoostpolder en vervolgens als gevolg van verdere inpoldering en bedijking van buitendijks gelegen gronden is de lozingssituatie verder gewijzigd en loosde het gemaal tot 1961 via het Venerietekanaal op het Zwarte Meer. Het Zwarte Meer loost op zijn beurt weer via het Ramsdiep en het Ketelmeer op het IJsselmeer.

2.6.1 Scheprad stoomgemaal Mastenbroek

In 1961, bij het gereed komen van het naast het stoomgemaal gebouwde elektrische vijzelgemaal Veneriete, zijn de zogenoemde wachtdeuren in de voorgoot achter de schepraderen van het oude stoomgemaal verwijderd en zijn de twee maalgangen afgedamd met betonnen schotten. Het waterpeil in de polder werd toen in de zomer op 1,10 m - NAP gehouden en in de winter op 1,30 - 1,40 m -NAP. In 2008 is het gemaalgebouw in een damwandkuip geplaatst om paalrot tegen te gaan en wordt er in de kuip een waterpeil gehandhaafd van 0.40 m – NAP, hetgeen nagenoeg overeen komt met het peil op de Veneriete c.q. het IJsselmeer. In de huidige museale situatie wordt het met het ene scheprad opgevoerde water via het andere scheprad weer teruggevoerd naar de instroomzijde van het gemaal en is er nauwelijks nog sprake van een opvoerhoogte.
Het bij het gemaal opgestelde scheprad is afkomstig van het gemaal Mandjeswaard. De Mandjeswaard ligt ten Noord Oosten van de Mastenbroekerpolder en werd bemalen met dit scheprad. Dit scheprad is anders dan dat van stoomgemaal Mastenbroek van gietijzer en staal gemaakt en zet zodoende wat betreft de constructie de toeschouwer op het verkeerde been.

Schepradbenamingen

De verschillende onderdelen van een scheprad hebben eigen en niet voor iedereen bekende namen. Deze namen worden in deze leidraad op verschillende plaatsen gebruikt en worden om vergissingen of onduidelijkheden te voorkomen met behulp van de volgende figuur nader aangeduid.

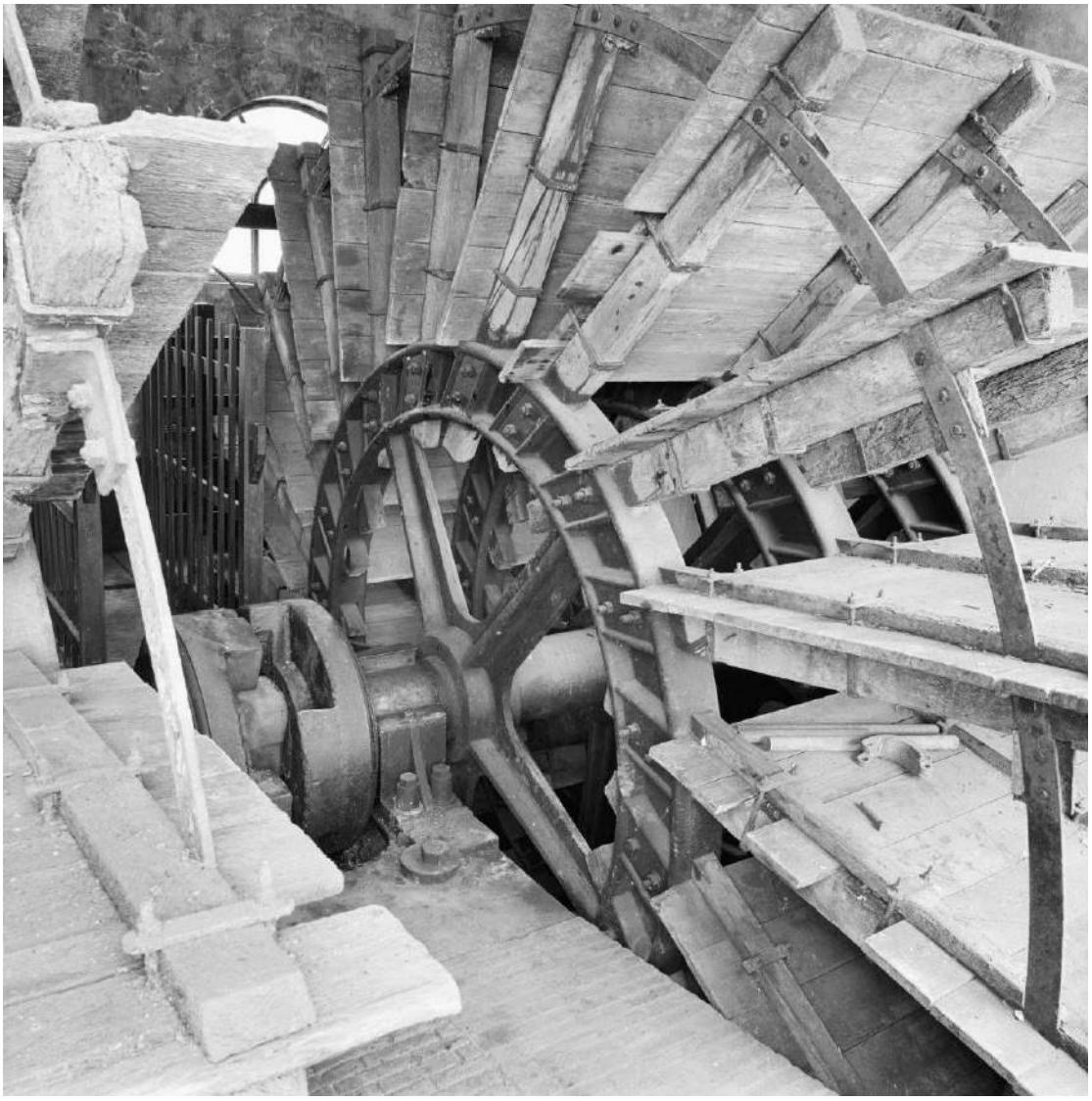


Benaming schepradonderdelen

2.6.2 Scheprad

De schepraderen draaien in een goot met een breedte van 2,200 m. De schoepen zijn 2.150 breed en hebben dus een speling van 25 mm aan elke zijde. De diameter van elk rad bedraagt 6,000 m over de toppen van de schoepen. De schoepen zijn met houten veren bevestigd aan drie ronde gietijzeren schijven of kokerwielen , de zogenoemde sintelstukken met een diameter van 3,000 m. In de buitenrand van deze sintelstukken bevinden zich de 20 kokers voor de eikenhouten spruiten of veren die elk 0,320 m breed zijn.

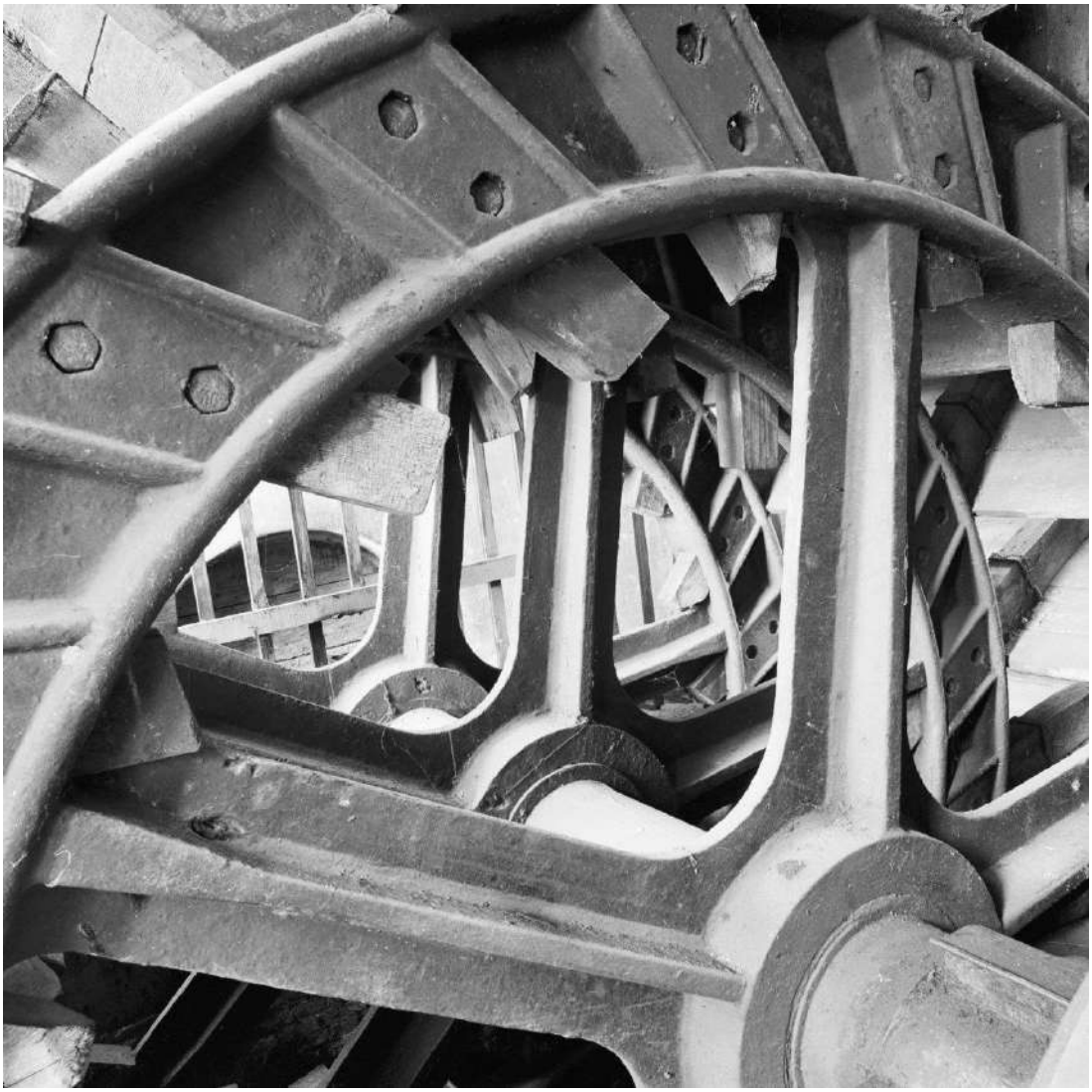
De veren en daarmee de kokers zijn gericht volgens de tangens aan de zogenoemde afschotcirkel welke een straal van 0,650 m heeft. De vierkante kokers hebben een inwendige afmeting van 100 x130 mm. De materiaaldikte van de zijvlakken van de kokers is 30 mm zodat met een sparing van 100 mm voor de veren de totale breedte 160 mm bedraagt. In elke koker zijn twee 1'' boutgaten aangebracht om de veren vast te kunnen zetten.



Scheprad (foto RCE situatie 1977)

De naven van de sintelstukken zijn elk afzonderlijk uitgeboord (gekotterd) op de verschillende as-diameters van de twee waterassen. De naafdikte is daarbij verschillend maar minstens 120 mm.
De kokerrand is verbonden met in doorsnede kruisvormige spaken waarvan de doorsnede aan de kokerrand 160 x 200 mm is met een dikte van 32 mm ,maar verder toeloopt naar de naaf waar het een afmeting heeft van 200 x 300 mm met een dikte van 45 mm. De naaf zelf heeft een breedte van 240 mm.

De sintelstukken zijn elk met één kopspie van 40 x 50 mm op de holle gegoten ijzeren (water)as bevestigd. De as van het eerste scheprad , dus die waarop het grote tandwiel bevestigd is, heeft een lengte van 4,300 m en een diameter van 350 mm. De tweede as heeft een lengte van 3,20 m en heeft een diameter van 290 mm, met dien verstande dat deze aan de zijde van, en ter lengte van de klauwkoppeling tussen de twee schepraderen, dezelfde diameter heeft als die van de as van het eerste scheprad. Elke as heeft ter plaatse van de sintelstukken een verdikt gedeelte over een lengte van 280 mm. De respectievelijke as-diameters zijn ter plaatse van de twee buitenste sintelstukken 40 mm en ter plaatse van het middelste sintelstuk 80 mm dikker. Deze glad afgedraaide verdikkingen dienen om de sintelstukken gemakkelijker en nauw passend te kunnen aanbrengen en eventueel te verwijderen.



Gietijzeren sintelstukken (3 per as)

De veren waarop de houten schoepen zijn bevestigd zijn in de daarvoor bestemde kokers van het sintelstuk gestoken en hieraan met moerbouten bevestigd. De daardoor tangentiaal aan de afschotcirkel gerichte schoepen zijn gemaakt van grenenhout en dwars op de veren gespijkerd. Grenenhout is een relatief zachte houtsoort: een hiervan gemaakte schoep breekt daardoor makkelijk bij ijsgang of als er per ongeluk een hard voorwerp tussen de beschoeping en de opleider of de krimpmuur komt. Ook raken de krimpmuur en het tastpunt en de opleider minder ernstig beschadigd bij niet opgemerkte lagerschade.
De drie uit vier delen bestaande smeedijzeren hoepels, de zogenoemde gordingen, verbinden de veren rondom aan beide zijden van het scheprad met elkaar. De gordingen zijn gemaakt van10 x 80 mm platijzer en zijn op 300 mm uit de top van de schoepen met behulp van een hoekstaal en ¾ ” schroefbouten op de veren vastgezet.
Met een speling van hooguit 25 mm draait het scheprad tussen de twee muren van de zogenoemde goot of de krimp. Aan de instroomzijde van de schepraderen is een verwijding gemaakt om een goede toestroming en vulling van de raderen mogelijk te maken. In de huidige situatie draait het gemaal ”voor de Prins” (loos) en is een nauwkeurige passing van het rad niet van belang.

Tussen de twee schepraderen is een uit twee delen bestaande gietijzeren klauwkoppeling aangebracht. Deze koppeling werd in het verleden gebruikt om het buitenste scheprad uit te schakelen bij grote opvoerhoogte om te voorkomen dat de stoommachine overbelast zou worden. Het buitenste scheprad kon worden uitgeschakeld door één helft van de koppeling over de as te verschuiven. De diameter van de koppeling bedraagt 1,000 m, terwijl de in elkaar geschoven lengte 550 mm bedraagt. Volgens het bestek dienden de koppelinghelften elk met drie spieën op de as bevestigd te zijn waarbij de koppelinghelft op de drijvende as met kopspieën vast op de as diende te worden bevestigd en die van de gedreven as met inlegspieën en in axiale zin beweegbaar met de water-as moest worden verbonden.
Om niet naspeurbare reden is men indertijd afgeweken van deze constructie en is de as ter plaatse van het beweegbare koppelingsdeel voorzien van een zeskant in plaats van drie inleg spieën. Of dit zeskant een aangegoten onderdeel is van de water-as is zonder algehele demontage niet vast te stellen. Ook bestaat onduidelijkheid over de wijze waarop en waarmee het buitenste rad in- en uitwerking wordt gesteld en hoe het beweegbare koppelingdeel in de gewenst positie werd vastgezet.
In de huidige situatie is het buitenste scheprad ontkoppeld en draait deze als gevolg van het terugstromende water, opgevoerd door het binnenste rad, in tegengestelde richting.

De krimpmuren van de twee maalgoten en de opleiders zijn samengesteld uit in verband gemetselde baksteen. De vier krimpmuren vormen de draagmuren voor de kussenblokken van de scheprad- of waterassen. De segmentvormige opleiders zijn zowel bij de achtergoot als de voorgoot bekleed met hardstenen stroken. Deze hardstenen stroken zijn nauwkeurig bekapt, zij vervormen niet en zijn duurzaam omdat ze minder snel uitslijten.

Scheprad	
Fabricaat	Maatschappij De Atlas, Fabriek van Stoom en andere Werktuigen te Amsterdam
Bouwjaar	1856
Aantal	2 stuks *(achterste rad gekoppeld m.b.v. verschuifbare klauwkoppeling)*
Afmetingen	Diameter 6.000 mm. Breedte 2,200 m *(volgens bestek)*
Aantal schoepen	20
Schoeplengte	1,600 m ware lengte *(berekend)*
Hartlijn scheprad as	1,240 m + NAP
Tastpunt	1,760 m - NAP
Toerental	5 - 8 omw/min
Capaciteit	2 x 170 m³/min, totaal 340 m³/min *(bij 5 omw/min) (berekend)*
Opvoerhoogte	0,600 m *(tasting 1,160 m)*

Scheprad gegevens

Over het nominale toerental van het scheprad bestaat onduidelijkheid. Aangenomen mag worden dat dit tussen de 5 en 8 omw/min ligt hetgeen correspondeert met een toerental van de stoommachine dat ligt tussen de 8,5 - 14 omw/min.
Een te hoog toerental leidt er toe dat water met de schoepen over de top van de schoepcirkel mee wordt teruggenomen naar de aanvoerzijde van het rad. Er wordt dan, zoals molenaars dat noemden, over de top gedraaid. Eenzelfde situatie doet zich overigens voor als het tegenmaalpeil te hoog is.

Fundatie van de schepraderen

Evenals bij de eerder beschreven stoommachinefundatie worden het gewicht en de krachten van de twee schepraderen via een gietijzeren draag- of fundatieplaat met daaronder hardstenen stroken overgebracht op de bakstenen draagmuren van de onderbouw van het gemaal.
Op het penant, de draag- en scheidingsmuur tussen de twee schepraderen, is een gietijzeren fundatieplaat met een lengte van 2,200 m en een dikte van 70 mm gelegd. De ondersteuning en bevestiging van het buitenlager van het tweede scheprad bestaat uit een fundatieplaat met een lengte van 2,200 m en een breedte van 0,350 m . Deze plaat is 60 mm dik. Beide platen zijn aan de bovenzijde voorzien van de nodige aangegoten nokken voor het borgen van de kussenblokken en het vastzetten van de ankerbouten. Aan de onderzijde zijn de gietijzeren fundatieplaten in het midden over de breedte voorzien van aangegoten nokken met een breedte van 250 mm en een hoogte van 20 mm. De respectievelijke nokken vallen in een uitgehakte sparing in de eronder geplaatste hardstenen fundatieplaat. Dit is bedoeld om het verschuiven van de plaat in lengterichting te voorkomen.
De fundatieplaat op de penant is verankerd in de draagmuur met vier 2 ” en 2,500 m lange ankerstaaf. Voor het verankeren van deze staven is in het metselwerk een 50 mm dikke zogenoemde onderfundatieplaat aangebracht met een lengte van 1,750 m en een breedte van 0,730 m of, zoals in het bestek staat voorgeschreven, met een oppervlakte van 1,275 m². De fundatieplaat voor het buitenlager van het tweede scheprad is op dezelfde wijze maar dan met slechts twee bouten verankerd aan de waterloopmuur. Elke bout is hier voorzien van een 50 mm dikke onder-ankerplaat met een afmeting van 0,500 x 0,500 m.

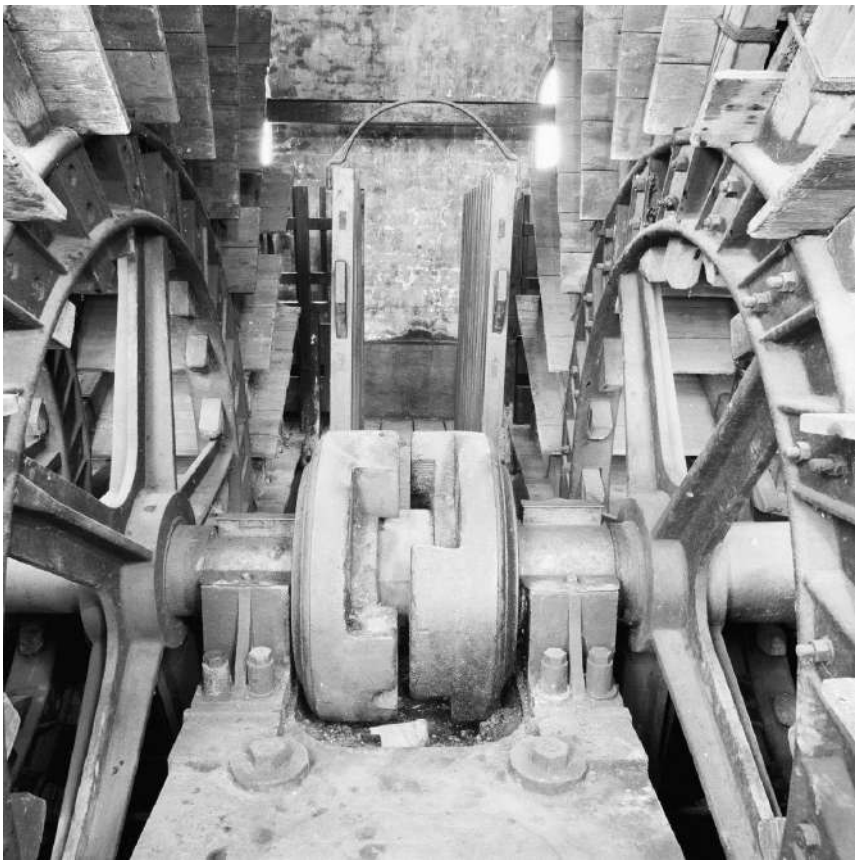
Kussenblokken

De twee waterassen zijn elk opgelegd in twee kussenblokken. Het kussenblok naast het grote tandwiel is op een aparte stoel geplaatst en wordt beschreven bij de kussenblokken van de krukas in de machinekamer. De overige drie zijn op de hiervoor beschreven fundatieplaten opgesteld.

De 280 mm brede blokken zijn tegen verschuiven met spieën met vier 1 ‘’ bouten tussen de aan de fundatie gegoten nokken vastgezet. De hartlijn van deze lagers ligt 310 mm boven de voetonderkant van de kussenblokken oftewel de bovenkant van de fundatieplaat. De uiteindelijke lagerlengte bedraagt 300 mm.

De resulterende kracht van het gewicht van het scheprad en de hierop werkende krachten zijn naar beneden gericht. Dit is de reden dat de kussenblokken geen bovenkap hebben, maar slechts zijn voorzien van een omegavormige stalen plaat met daarop een met een deksel afsluitbaar rechthoekig smeeroliereservoir. Deze constructie voorkomt dat er (polder)water, stof of andere ongerechtigheden tussen het glijvlak van de lagerschalen aan de onderkant komen en schade veroorzaken. De op de hierna volgende foto getoonde afdekking is slechts met twee bouten aan het kussenblok bevestigd.

De lagers worden gesmeerd met machinesmeerolie waar ook de andere machinedelen mee gesmeerd worden.



Klauwkoppeling tussen de twee schepraderen en lagerconstructie (kijkrichting instroomzijde)

Het lager aan de koppelingzijde van het eerste waterrad is uitgeboord voor een asdiameter van 330 mm. De overige twee lagers van het tweede rad zijn uitgeboord voor een asdiameter van 275 mm.

2.6.3 Bediening scheprad

1. Voor het in bedrijf nemen controleren of er geen vreemde voorwerpen in het water voor en achter het scheprad drijven.
2. Het scheprad controleren op loszittende onderdelen zoals loszittende veren of schoepen.
3. Tijdens het draaien controleren of de schepraderen niet aanlopen in de maalgoten. Het eventueel aanlopen is te zien aan slijtplekken op de zijkanten van de houten schoepen en te horen door het geluid dat door het aanlopen wordt veroorzaakt. Aanlopen wijst op lagerschade en moet zo snel als mogelijk verholpen worden om schade aan de krimpmuren of de hardstenen opleider te voorkomen.
4. Het regelmatig bijvullen van de lagers met olie.

2.6.4 Onderhoud scheprad

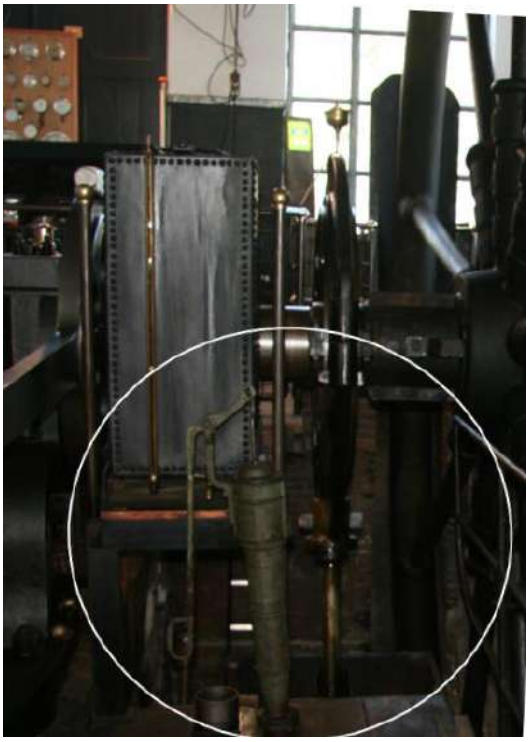
1. Beschadigde en/of aangetaste conservering van stalen en gietijzeren delen ontroesten en behandelen met een teerepoxy systeem.
2. Vervangen van defecte (grenen) houten schoepen. Hiervoor geen duurzamere hardhoutsoorten gebruiken. Grenen is relatief zacht en slijt of breekt makkelijker bij aanlopen of een obstructie door harde voorwerpen in het water, zoals ijsschotsen of losse voorwerpen. De schoepen hebben, gerekend vanuit het hart van het rad, een oplopende dikte en kunnen daarom niet uit normaal in de handel verkrijgbaar materiaal worden gemaakt. Er wordt een aantal schoepen op voorraad gehouden.
3. Tijdig vervangen van te sterk aangetaste veren of klembalken om te voorkomen dat tijdens het draaien bij breuk andere rad-delen beschadigd raken.

De inspectie van de schepradonderdelen vindt volgens de volgende hiervoor opgezette procedure plaats. Een keer in de twee weken worden een aantal klembalken waarmee de planken van de beschoeping zijn vastgeklemd, losgenomen en schoongemaakt. De kopse kanten van de losgenomen houten delen worden vervolgens met een speciale verfsoort behandeld. Verrotte of ernstig beschadigde planken worden vervangen.
Na twee weken, dit is de eerst volgende werkdag voor de vrijwilligers, worden de inmiddels gedroogde blinde zijden van de klembalken behandeld en samen met de planken weer gemonteerd. Vervolgens wordt de machine getornd en wordt een volgende nog niet geïnspecteerde schoep onderhanden genomen.
De grenenhouten planken van de beschoeping hebben drie verschillende diktes waarbij de dunste planken aan de buitenzijde van het rad zijn geplaatst. De planken hebben een afwijkende maat en zijn speciaal bezaagd voor het stoomgemaal Mastenbroek.
Een duidelijke constructietekening aan de hand waarvan kan worden bepaald hoe onderdelen losgenomen en gemonteerd moeten worden of reserve delen moeten worden aangemaakt ontbreekt. Dit maakt het uitvoeren van grootschalig onderhoud zoals bijvoorbeeld aan de glijlagers lastig.

2.7 Hulpwerktuigen

2.7.1 Handpomp

Op het gemaal is een handpomp aanwezig. De functie van deze handpomp bij de vierkante olietank is die van lenspomp. De pomp wordt niet meer gebruikt.



Handpomp

2.7.2 Circulatiepomp

De stoomketel van het gemaal Mastenbroek wordt gevuld met ruw polderwater uit de condensorkoelwaterput van het gemaal. Als de installatie inbedrijf is wordt deze gevoed met een mengsel van dit water en condensaat, aangeduid met wees. Dit ketelvoedingwater wordt behandeld met chemicaliën om ketelsteenvorming en aantasting van het ketelmateriaal te voorkomen dan wel tegen te gaan. Deze (moderne) chemicaliën moeten goed worden gemengd met het ketelwater, wat tijdens bedrijf automatisch gebeurt door het heftig in beweging zijnde ketelwater. Echter bij het vullen van de ketel is dat niet het geval en wordt gebruik gemaakt van een circulatiepomp. Deze vermoedelijk in 1946 geïnstalleerde pomp zorgt er tevens voor dat tijdens het opstoken de toegevoerde warmte over de volle lengte en breedte van de ketel wordt verdeeld waardoor deze gelijkmatig opwarmt.
Deze elektrisch aangedreven circulatiepomp is onder de vloerplaat in het voorfront van de ketel opgesteld. Een en ander zoals op het processchema is aangegeven.

De pomp en de motor hebben de volgende specificaties:

Pomp

Fabricaat:	SIHI (vermoedelijk)
Type:	2-traps zijkanaalwaaierpomp
Capaciteit	….. m3/min
Druk	….. kg/cm²

Electromotor

Fabricaat:	VEM motors GmbH Thurm Germany
Type:	KPER 71 K 2 3 fasen motor
Motornummer	324065 421
VDE 0530	F
Cos phi	0,81
Frequentie	50 Hz
Spanning	230/400 V
Stroomsterkte	1.63/0,9
Vermogen	0,32 kW
Toerental 2780	omw/min
Isolatieklasse	IP 55



De pompmotor is uitgerust met een onder de vloerplaat opgesteld schakelkastje met motor-beveiligingsschakelaar en wordt met de hierop aanwezige draaiknop in- en uitgeschakeld.
Voor het in- en uit werking stellen, alsmede voor onderhoud aan de pomp, moet eerst de vloerplaat aan de linkerzijde van de ketel worden gelicht.



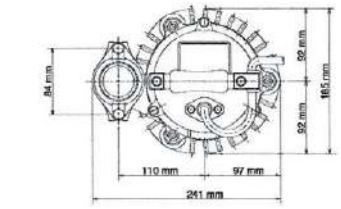
Ketelwatercirculatiepomp

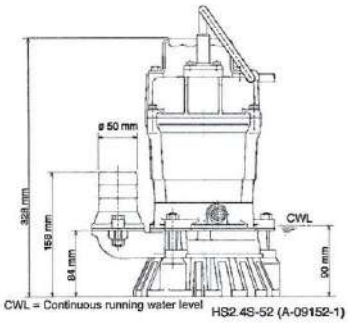
Het onderste deel van het pomphuis is voorzien van een handafsluiter waarmee men de verbindende leidingen en het pomphuis leeg kan laten lopen om bevriezing te voorkomen.

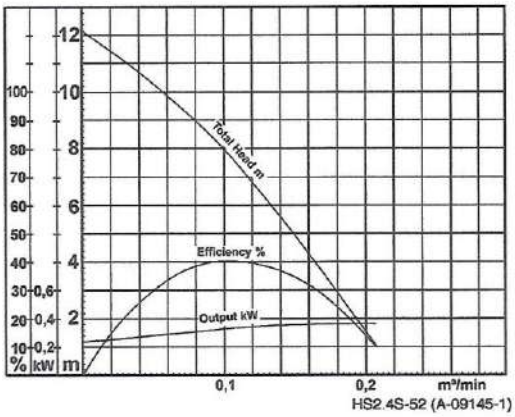
2.7.3 Vulpomp

Voor het vullen van de ketel en het leegpompen van de bakken waarin de condensor- en de natte-lucht pomp staan opgesteld wordt een mobiele dompelpomp met slangaansluiting gebruikt.
De pomp is van Taiwanees fabricaat en heeft de volgende specificaties.
De pomp kan maximaal, zo is uit de Q-H kromme af te leiden, 12 m³ water per uur verpompen bij een opvoerhoogte en een leidingweerstand van totaal 1,5 mwk. Bij 8 meter opvoerhoogte en inclusief leidingweerstand bedraagt deze capaciteit 6 m³ per uur. De pompmotor is voorzien van een snoer met een normale 230 V stekkerverbinding met randaarde en wordt hiermee in- en uit-bedrijf gesteld. Omdat de pomp niet is uitgerust met een terugslagklep moet gezorgd worden dat de afvoerslang zich altijd boven waterniveau bevindt om te voorkomen dat deze terughevelt als de pomp wordt gestopt.

Data Sheet HS2.4S-52







Classification
Electric submersible pump
Protection class IP68
Depth of submersion max. 20m
Semi-vortex impeller with Agitator
Max. solid handling 7mm
Suitable for rain water, ground water, sand carrying water

Electric Motor
Dry-type submersible induction motor
Insulation class E, 2 poles, 2850 r.p.m.
Capacitor start

Voltage:	110V/230V, 50Hz, 1-phase
Power input:	0,58kW
Power output:	0,40kW
Nominal current:	5,5A(110V) / 2,6A(230V)
Start current:	14,2A(110V) / 6,83A(230V)

Electric cable
10m HO7RN-F 3Cx1,5mm² (110V)
10m HO7RN-F 3Cx1mm² (230V)

Motor Protection
Miniatur protector in windings
(snap-action bi-metal device)

Shaft Seal
Double mechanical seal in oil bath
additional lubrication by oil lifting device
Primary Seal:
silicon carbide on silicon carbide
Secondary Seal:
carbon on ceramic

Bearings
Shielded ball bearings, maintenance-free

Materials

Impeller:	Urethane rubber
Casing:	FCD700 (EN-GJS-700-2)
Motor frame:	Aluminium alloy casting
Shaft:	SUS403 (EN-X6Cr13)

Discharge Connection
2" (50mm) BS-Coupling (threaded flange)

Weight
11,3 kg (dry weight of the pump without cable)

TSURUMI PUMP | Tsurumi Europe GmbH 3.03.2005 | Heltorfer Str.16 • 40472 Düsseldorf • Germany Tel.: +49-211-4170373 • Fax: +49-211-4791429 Sales@tsurumi-europe.com • www.Tsurumi-Europe.com

Specificaties vulpomp

2.7.4 Lenspomp

Voor het verpompen van lekwater wordt een droog opgestelde pomp gebruikt. Deze zelf-aanzuigende waaierpomp is permanent opgesteld op een verhoging in de kelderruimte naast het vliegwiel. De zuigleiding bestaat uit een slang met aan het begin een zuigkorf.

De persleiding bestaat uit een gefitte stalen leiding die boven de hoogst mogelijke waterstand in de koelwaterput uitmondt. De pompmotor is voorzien van een snoer met een normale 230 V stekkerverbinding met randaarde en wordt hiermee in- en uit bedrijf gesteld. De pomp is van het Italiaans fabricaat DAB en heeft de onderstaande specificaties.



Specificaties lenspomp

Voor het inbedrijf stellen dient het pomphuis gevuld te worden met schoon water. Hiertoe is aan de bovenzijde van de pomp naast de persaansluiting een stop aangebracht. Als de pomp niet of onvoldoende gevuld is zal deze warmlopen en beschadigd raken. Onder winterse omstandigheden dient de pomp te worden afgetapt dan wel tegen vorst beschermd te worden. Voor het aftappen bevindt zich een stop onderaan in het front van het pomphuis.



Zelfaanzuigende lenspomp fabricaat DAB

2.8 Geraadpleegde bronnen en verantwoording illustraties

Bij het samenstellen van dit deel van de Leidraad Kennisborging is gebruik gemaakt van een aantal bronnen en illustraties uit deel IV. Evenals bij deel IV is ook hier gebruik gemaakt van informatie op het internet met in aanvulling daarop gegevens uit het archief van de stichting Oude Stoomgemaal Mastenbroek.
Bij deel IV is een uitgebreide literatuurlijst gevoegd waar eenvoudshalve naar verwezen wordt. Voor op het stoomgemaal Mastenbroek betrekking hebbende gegevens is gebruik gemaakt van de volgende bronnen en illustraties. Daar waar nodig wordt in de tekst van de leidraad verwezen naar de vindplaats van de bron of de illustratie.

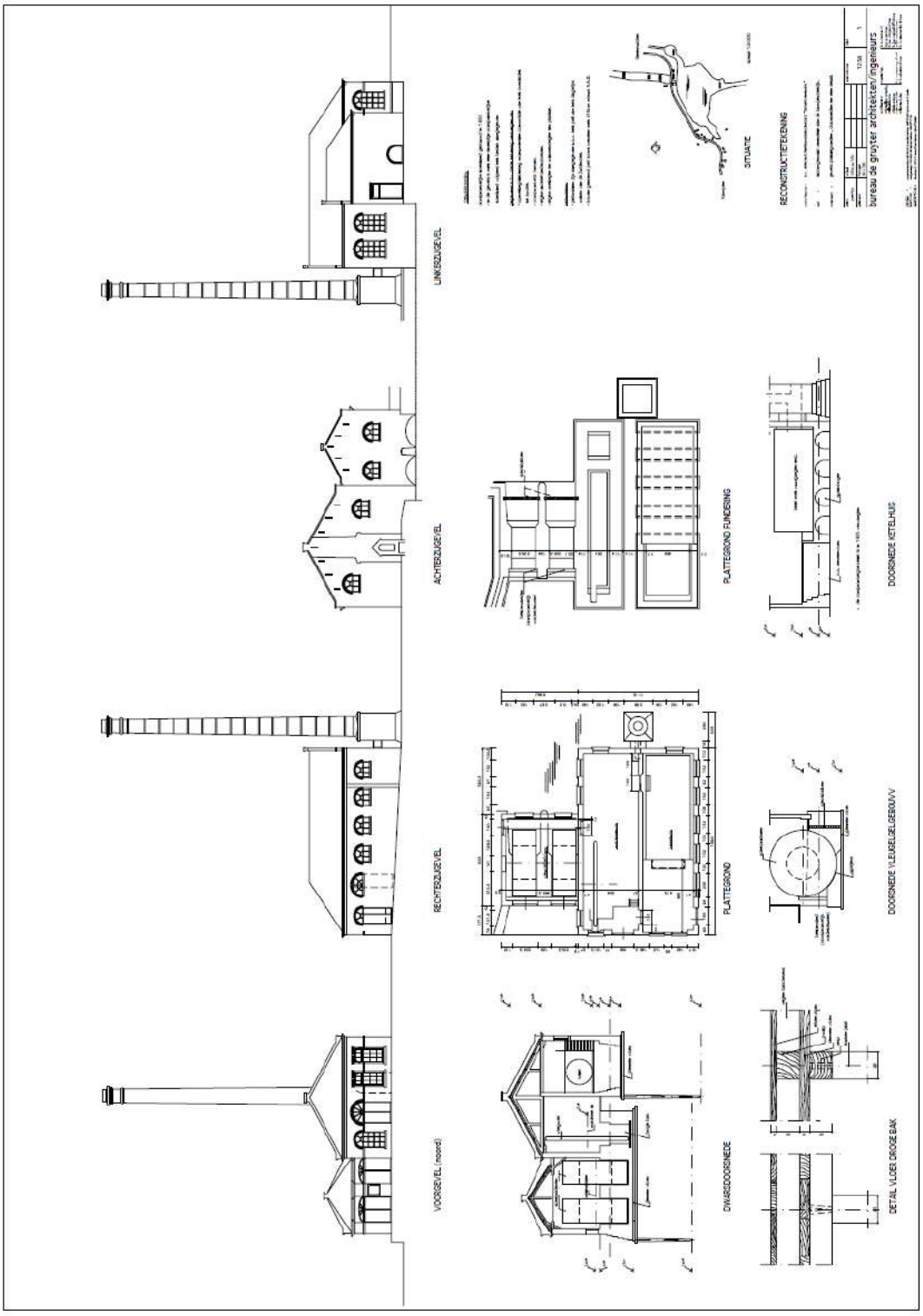
2.8.1 Geraadpleegde bronnen

Hilma Tieks, Persbureau Journalistieks Hasselt	Ode aan een Stoomreus, 150 jaar Stoomgemaal d' Olde Mesiene aan de Kamperzeedijk ISBN-10 9090201661, ISBN 9789090201665, december 2005
Freek Pereboom Jeroen Kummer Harry Stalknecht	Omarmd door IJssel en Zwartewater, zeven eeuwen Mastenbroek, IJssel Akademie, Kampen, ISBN 90-6697-075-8 geb.
bureau de Gruyter	Transcriptie van de originele handgeschreven aanbestedingsstukken waaronder het bestek en de nota van wijzigingen en aanvullingen die zijn opgeslagen in het gemeentearchief van Kampen. De transcriptie is opgeslagen in het archief van de stichting Oude Stoomgemaal Mastenbroek.

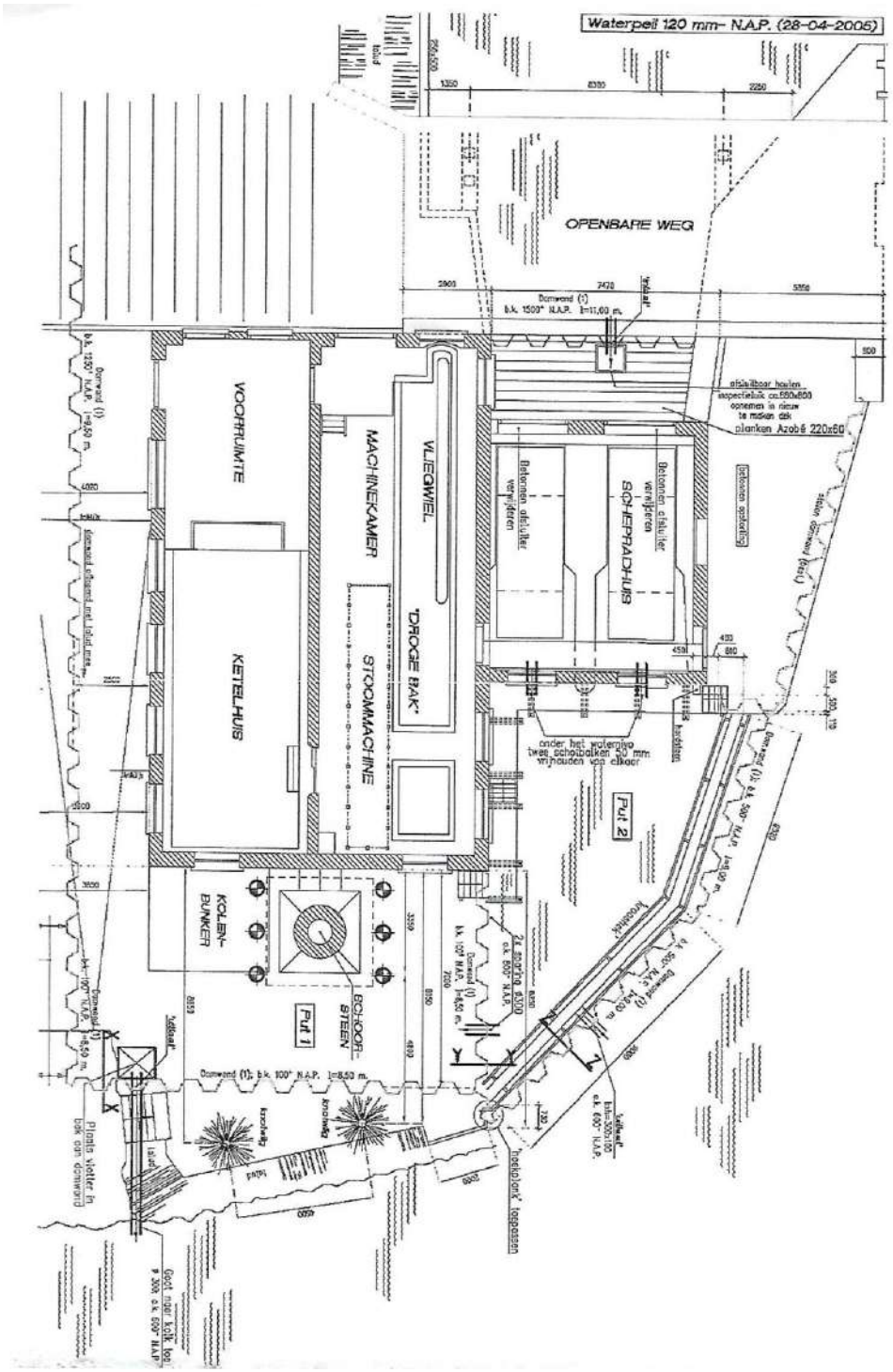
2.8.2 Websites

Stichting oude stoomgemaal Mastenbroek: Website stichting	Diverse gegevens over het ontwerp, de bouw en de restauraties van het stoomgemaal Mastenbroek
Delfer: **Krantenberichten over Gemaal Mastenbroek**	Diverse historische gegevens over de bouw, gebruik en de restauraties van het stoomgemaal Mastenbroek
Hh van Rijnland: Gegevens stoomgemaal Gouda	Diverse afbeeldingen van het stoomgemaal Gouda waaronder een aantal die in dit deel van de leidraad zijn gebruikt

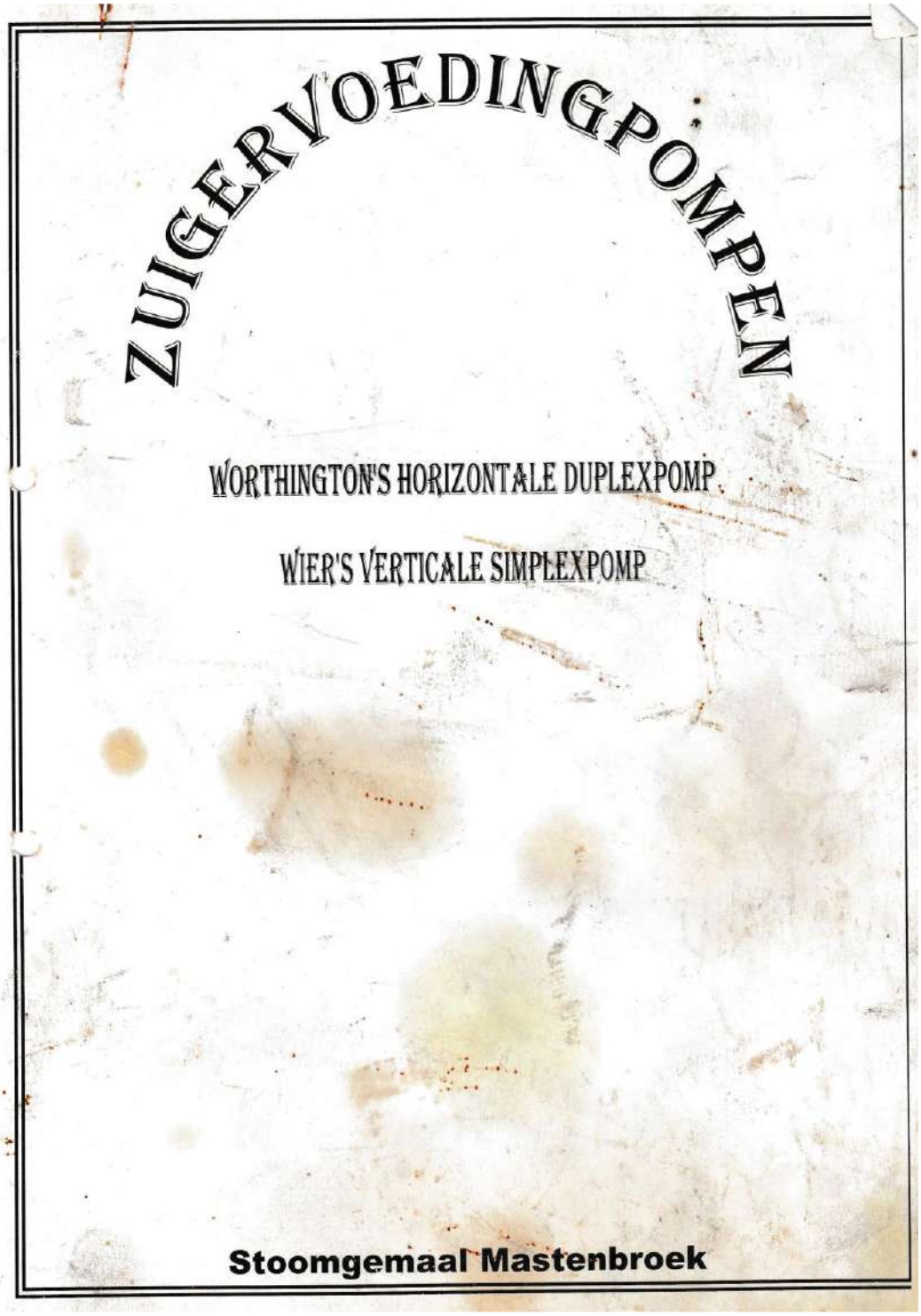
Bijlage 1 Opstellingstekening en situatie



Bijlage 2 Plattegrond



Bijlage 3 Zuigervoedingpompen Stoomgemaal Mastenbroek



HOOFDSTUK II

Zuigervoedingpompen

§ 1. De duplexpomp.

Deze pomp heeft twee naast elkaar geplaatste stoomcilinders en in de verlengde hartlijnen hiervan twee eveneens naast elkaar geplaatste watercilinders. Fig. 8 is een voorstelling van een horizontale

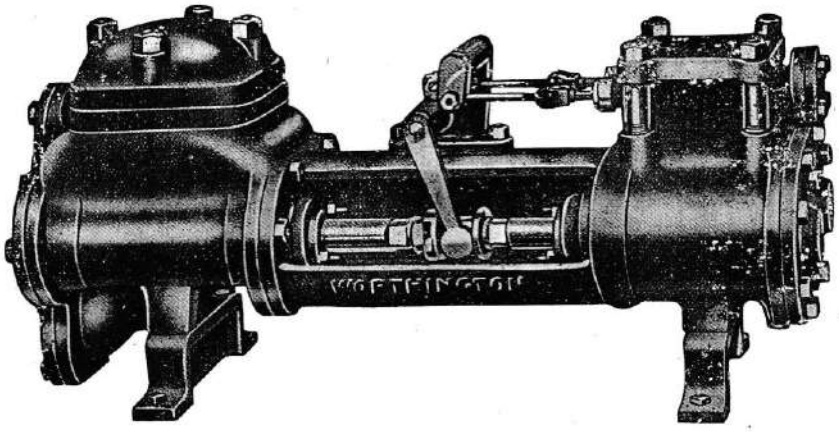


Fig. 8

duplex-pomp van het fabrikaat Worthington, zoals er vele in gebruik zijn. In verband met het nodige vloeroppervlak verdienen verticale pompen aan boord de voorkeur.

Er zijn duplex-pompen van allerlei fabrikaten, maar, omdat het fabrikaat Worthington veel voorkomt, noemt men — ten onrechte! — alle duplex-pompen vaak Worthington-pompen.

Fig. 9 is een volledige voorstelling van een horizontale duplex-pomp, zoals Wilton-Fijenoord ze maakt en fig. 10 is hiervan een schematische voorstelling. De inrichting is als volgt.

De beide stoomcilinders met de gemeenschappelijke schuifkast zijn tot een gegoten ijzeren gietstuk verenigd, zodat men met één aanvoer- en één afvoertuit voor de stoom kan volstaan (doorsnede A-B

Schema horizontale duplexpomp

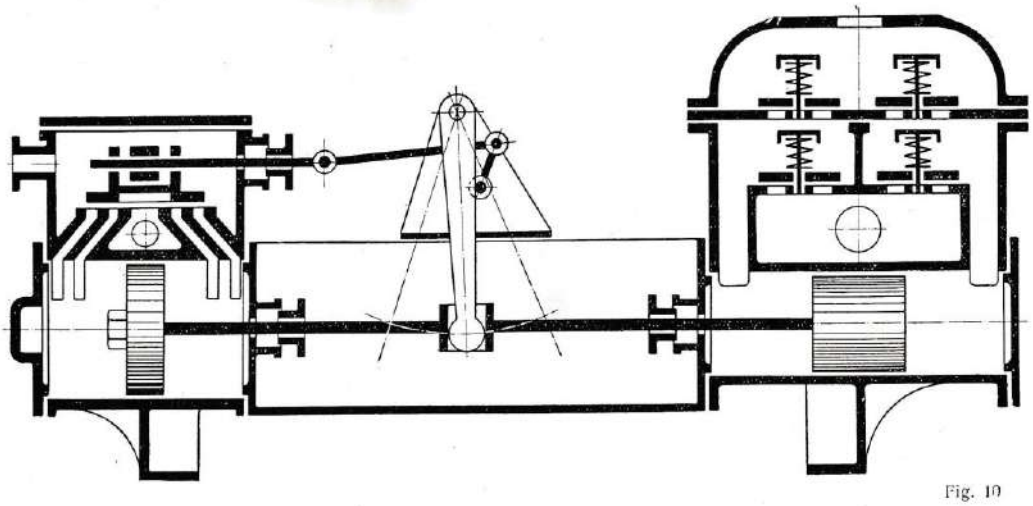


Fig. 10

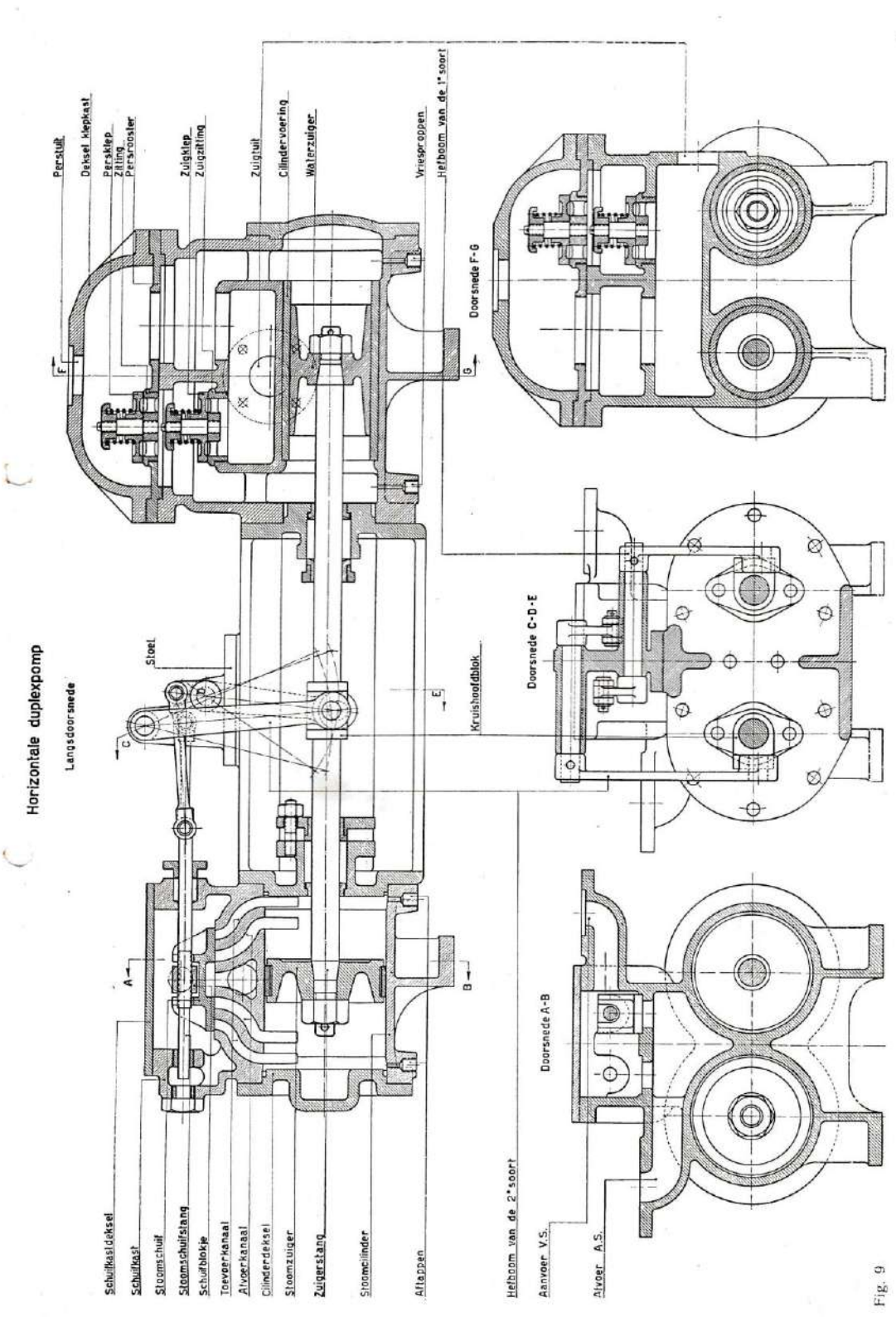

Horizontale duplexpomp
Langsdoorsnede
Perstuit
Deksel klepkast
Persklep
Zitting
Persrooster
Zuigklep
Zuigzitting
Zuigtuit
Cilinderbevestiging
Waterzuiger
Vriesproppen
Hefboom van de 1e soort
Stoel
Kruishoofdblok
Doorsnede F-G
Doorsnede C-D-E
Doorsnede A-B
Schuifkasldeksel
Schuifkast
Stoomschuif
Stoomschuifstang
Schuifblokje
Toevoerkanaal
Afvoerkanaal
Cilinderdeksel
Stoomzuiger
Zuigerstang
Stoomcilinder
Aftappen
Hefboom van de 2e soort
Aanvoer V.S.
Afvoer A.S.

Fig. 9

De Nederlandse Gemalen STICHTING
Kenmerk KB02-V04-04-22

fig. 9). De schuifjes, zuigers en zuigerveren zijn eveneens van gegoten ijzer. Zoals uit de doorsnede C-D-E blijkt, beweegt de *zuigerstang* van de *linker*-cilinder, door middel van een hefboom van de *2e* soort, de stoomschuif van de *rechter*-cilinder; de zuigerstang van deze cilinder beweegt, door middel van een hefboom van de *1e* soort, de *stoomschuif* van *linker*-cilinder. Hieruit volgt, dat de stoomcilinders niet onafhankelijk van elkaar kunnen werken. De verbinding van de beide hefbomen met de respectievelijke zuigerstangen wordt bewerkstelligd door middel van een z.g. kruishoofdblok. Deze stalen blokjes, die men ongeveer in het midden op de zuigerstangen vastzet, zijn aan beide einden voorzien van een randje, waartussen de als ronde schijf uitgevoerde einden van de hefbomen zijn opgesloten. Ter verduidelijking geeft fig. 11 nog een schematische ruimte-voorstelling van deze stoomschuifbeweging.

In afwijking van de normale uitvoering van een stoomcilinder heeft men de cilinders van deze pomp uitgevoerd met twee stoomkanalen aan ieder einde. De *buitenste* doen alleen dienst als *toevoer-* en de *binnenste* als *afvoer*kanaal. Het doel van deze dubbele kanalen is het volgende.

Schema stoomschuifbeweging duplexpomp

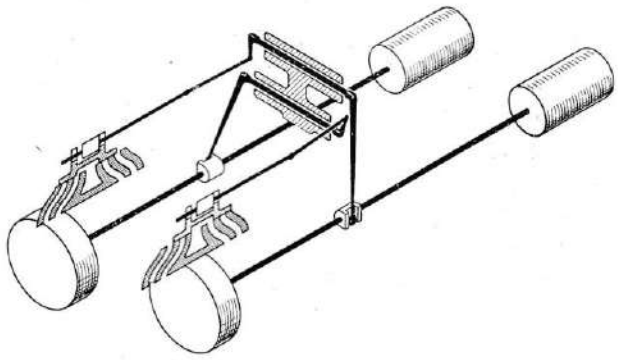


Fig. 11

Bij een stoomwerktuig met een krukas en een zuigerstang-drijfstang-mechanisme heeft de zuiger een begrensde slag en loopt, bij voldoende vrijslag niet tegen deksel of bodem aan. De zuigers van deze pomp hebben echter een onbegrensde slag en lopen, indien daarin niet wordt voorzien, wèl tegen deksel of bodem aan, tengevolge waarvan er beschadiging of breuk kan ontstaan. Onderstel nu, dat de zuiger in fig. 12 zich naar links beweegt. Op het ogenblik, dat ze het afvoerkanaal in de cilinder afsluit, heeft de schuif het toevoerkanaal rechts van de zuiger ongeveer half gesloten zodat, door smoring, de druk van de verse stoom in die ruimte enigszins vermindert. Tevens sluit de schuif het toevoerkanaal links van de zuiger geheel af, zodat de afgewerkte stoom uit die ruimte niet kan wegstromen. De bewegende zuiger *comprimeert* deze stoom en de toenemende druk daarvan, in samenwerking met de enigszins afnemende druk aan de andere zuigerzijde, remt de beweging geleidelijk af, zodat de zuiger tot stilstand komt en niet tegen het deksel aanloopt.

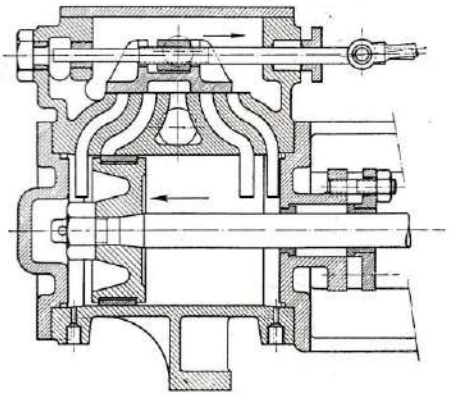


Fig. 12

De sluitvlakken van de schuiven zijn zo lang, dat bij middenstand zowel de toevoer- als afvoerkanalen juist bedekt zijn. Hieruit blijkt dat de pomp met volle toelaat en volle afvoer werkt en dus een volledrukmachine is. Uit een oogpunt van stoomverbruik is deze pomp dan ook een *onvoordelig* werktuig.

De verbinding van schuif met schuifstang is als volgt verkregen. De schuif heeft op de rug twee opstaande oren, die voorzien zijn van gleuven, waarin men de schuifstang plaatst (fig. 13). Het stalen schuifblokje, dat tussen de oren enige *speling* heeft en waarvan het doel verklaard wordt bij de werking van het stoomgedeelte, is met schroefdraad op het einde van de schuifstang bevestigd.

De beide watercilinders met een deel van de klepkast heeft men eveneens tot een gegoten ijzeren gietstuk verenigd. Het rooster voor de perskleppen, de deksels van klepkast en cilinders zijn eveneens van gegoten ijzer vervaardigd. De cilindervoeringen, de zuigers, de klepzittingen en de kleppen zijn van brons. [1]) De stoom- en waterzuiger zijn bij deze uitvoering door een doorlopende bronzen zuigerstang

[1]) De stangen van mangaanbrons en de kleppen van het hardere fosforbrons.

verbonden. Bij grote uitvoeringen maakt men de stang van de stoomzuiger van staal en die voor de waterzuiger van brons. Beide stangen verbindt men met schroefdraad in het kruishoofdblok.

Zoals uit de doorsnede F-G blijkt, correspondeert de zuigtuit, die men aan de zijkant van de klepkast heeft geplaatst, met de ruimte onder de zuigkleppen. De ruimte tussen zuig- en perskleppen heeft men door twee onderling loodrechte schotten in vier compartimenten verdeeld. Ieder compartiment staat door een kanaal, aan de einden van de klepkast, in verbinding met een cilinderruimte links of rechts van de zuiger.

Tengevolge van het aanwenden van lange zuigers, die men voorzien heeft van watergroeven, zijn hier geen zuigerveren nodig. Ook al hebben de zuigers door slijtage enige speling in de voering gekregen, de lekkage langs de zuiger is toch nog gering, omdat het water in de lange en nauwe ringvormige spleet tussen zuiger en voering een grote weerstand ondervindt.

De klepzittingen heeft men, om loswerken te voorkomen, met fijne schroefdraad in het kleppenrooster en het lichaam van de klepkast bevestigd. De schijfkleppen vinden geleiding om een, in het midden van de zitting geschroefde bronzen tapbout. De veerschotel doet tevens dienst als aanslag voor de klep. Spiraalveren van stug messingdraad drukken de geopende kleppen tegen het einde van de slag, als de waterstroom vermindert, geleidelijk aan op hun zitting terug. Men voorkomt hiermede, dat de kleppen heftig op hun zitting slaan, waardoor de sluitvlakken worden beschadigd en de goede afsluiting vermindert.

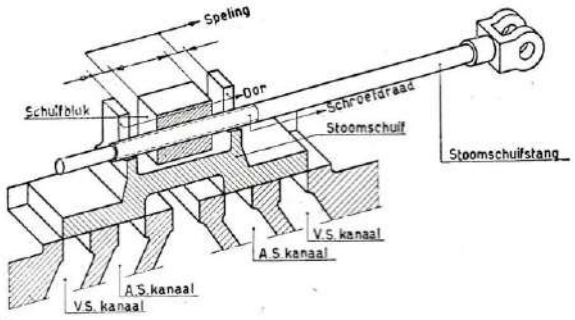


Fig. 13

Fig. **14** is een schematische voorstelling van een verticale duplex-pomp, waarbij men de schuif- en klepkasten op een zodanige plaats tekent, dat men de werking van het geheel gemakkelijk kan verklaren.

De werking van het stoomgedeelte is nu als volgt. Zuiger B staat in top een ogenblik stil en zuiger A passeert, omlaag gaande (v.s.-poort top en a.s.-poort bodem open), juist de middenstand. De zuigers lopen dus met een verschil van een halve slag achter elkaar aan. Zodra zuiger A de middenstand is gepasseerd, neemt de hefboom van de 2e soort schuif b mee omlaag, zodat het v.s.-kanaal top en het a.s.-kanaal bodem van de rechtercilinder geopend worden en zuiger B zich eveneens omlaag gaat bewegen.

Indien nu het schuifblokje geen speling had tussen de oren van schuif a, zou deze door de hefboom van de 1e soort direct omhoog worden bewogen en het v.s.-kanaal top en het a.s.-kanaal bodem van de linkercilinder beginnen af te sluiten. Bijgevolg zou er smoring van de v.s. ontstaan en zou de stoomdruk boven de zuiger dalen. Onder de zuiger heeft de a.s. ook niet voldoende afvoeropening, zodat de druk daar stijgt. De nuttige druk op zuiger A vermindert dus en mede door de tegenstand van de waterzuiger kan zuiger A de uiterste stand bodem niet bereiken. Gebeurt dit, dan kan ook schuif b niet in de hoogste stand worden geplaatst. De stoomverdeling voor cilinder B stagneert en de pomp stopt.

Het schuifblokje heeft echter enige speling tussen de oren van schuif a, zodat deze voorlopig in de getekende stand blijft staan. Het schuifblokje rijst echter en even voordat zuiger B de middenstand passeert, wordt schuif a mee omhoog genomen, zodat ze het v.s.-kanaal top en het a.s.-kanaal bodem van de linkercilinder begint af te sluiten. Zuiger A heeft dan het a.s.-kanaal bodem afgesloten zodat compressie plaats heeft, die de beweging van de zuiger afremt totdat ze in uiterste stand tot stilstand komt. Schuif b staat nu in uiterste stand bodem. Van cilinder B zijn het v.s.-kanaal top en het a.s.-kanaal bodem nu volledig geopend. Zuiger B passeert nu de middenstand, schuif a rijst en opent van cilinder A het v.s.-kanaal bodem en tevens het a.s.-kanaal top, zodat zuiger A de opgaande slag begint. De hefboom van de 2e soort neemt nu het blokje van schuif b mee omhoog, maar tengevolge van de speling, die het blokje tussen de oren heeft, blijft deze schuif voorlopig in onderste stand staan. Even voor de middenstand van zuiger A begint schuif b te rijzen, zodat de afsluiting begint van het v.s.-kanaal top en het a.s.-kanaal bodem van cilinder B. Onder zuiger B begint nu weer de compressie, totdat ze in uiterste stand bodem geheel stilstaat. Zuiger A passeert dan, omhoog gaande, juist de middenstand, zodat schuif b de stoomkanalen voor cilinder B juist geheel afsluit. Is zuiger A de middenstand gepasseerd, dan is ook schuif b weer uit middenstand verplaatst en opent voor cilinder B het v.s.-kanaal bodem en het a.s.-kanaal top. Zuiger B begint nu de opgaande slag en de omschreven werking herhaalt zich.

Het stilstaan van de schuif in de uiterste stand, voordat hij van bewegingsrichting omkeert noemt men de *keerpauze* en zoals de lezer reeds uit de beschrijving heeft begrepen, dient deze keerpauze om de cilinder over de gehele slag toevoer en afvoer te geven.

Wanneer men de schuiven moet stellen, gaat men als volgt tewerk.

Men plaatst de beide stoomzuigers en ook de beide schuiven in middenstand, waarbij de schuifblokjes

Schema verlicale duplexpomp

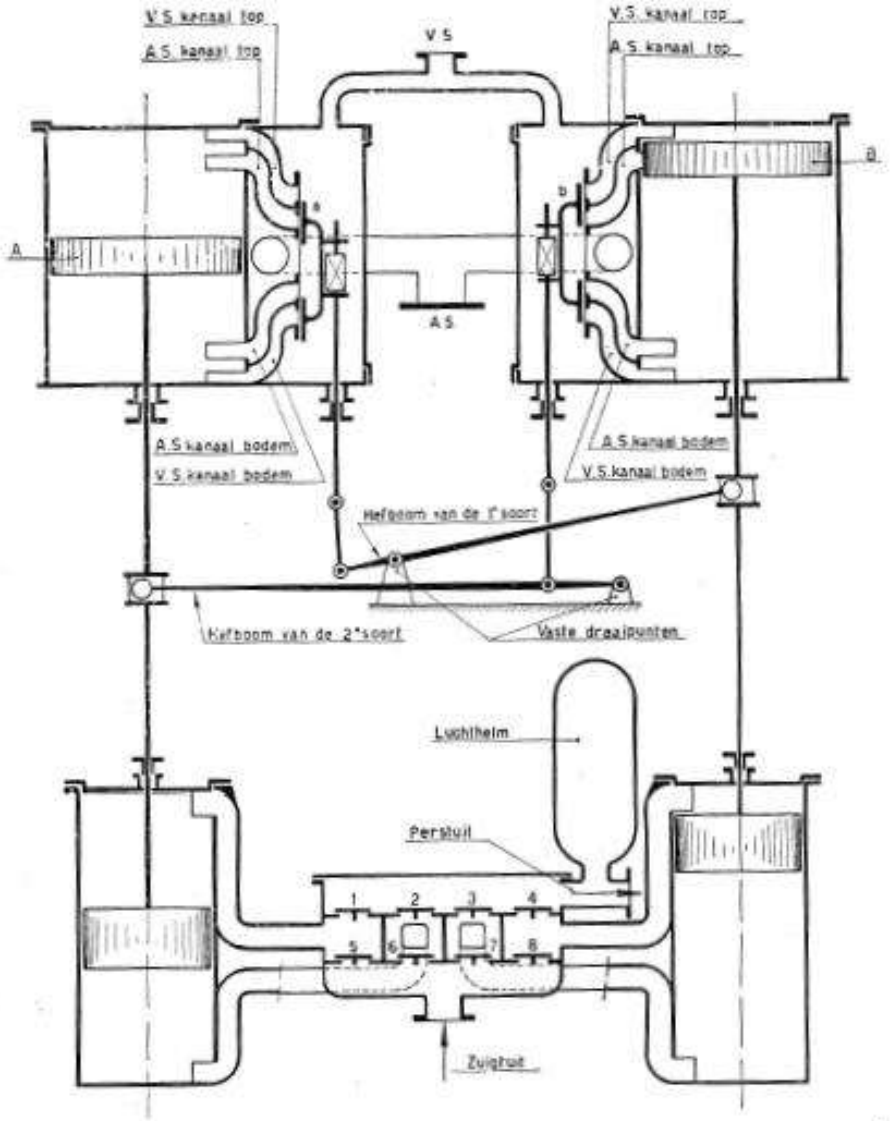


Fig. 14

tussen de oren van de schuiven eveneens in middenstand moeten staan.

Is dit niet het geval, dan ontkoppelt men de desbetreffende schuifstang en draait deze, al naar behoefte, in of uit het schuifblokje. Na aankoppeling van de schuifstang controleert men de stand van het schuifblokje.

Indien men de pomp, met de beide zuigers en schuiven in middenstand, geheel bedrijfsklaar maakt, zal ze niet willen aanlopen, omdat alle stoomkanalen juist gesloten zijn. Daarom moet men na het stellen van de schuiven een van de zuigers in uiterste stand plaatsen. Ook kan men een der schuiven zo ver uit de middenstand verplaatsen, dat alle speling tussen de oren van de schuif en het schuifblok zich aan een zijde bevindt. In dat geval staat één toevoerpoort gedeeltelijk open. Dat beide stoomzuigers bij het afzetten van de pomp in middenstand komen te staan zal weinig voorkomen [1]), omdat ze steeds met een verschil van een halve slag achter elkaar lopen.

De werking van het watergedeelte van deze pomp is als volgt (zie fig. **14**). De kleppen 1 t/m 4 zijn perskleppen en 5 t/m 8 zuigkleppen.

Rechtercilinder.

Neergaande slag.

Onder de zuiger persen door klep 3.
Boven de zuiger aanzuigen door klep 8.

Opgaande slag.

Boven de zuiger persen door klep 4.
Onder de zuiger aanzuigen door klep 7.

Linkercilinder.

Neergaande slag.

Onder de zuiger persen door klep 2.
Boven de zuiger aanzuigen door klep 5.

Opgaande slag.

Boven de zuiger persen door klep 1.
Onder de zuiger aanzuigen door klep 6.

Deze werking herhaalt zich steeds.

Bij een pomp met één watercilinder, een z.g. simplex-pomp, wordt de waterlevering onderbroken, als de zuiger in een uiterste stand een ogenblik stilstaat om een volgende slag te beginnen. De waterlevering is dus onregelmatig. Bij een duplex-pomp bewegen de beide zuigers zich een halve slag na elkaar, zodat, als bijv. de zuiger van de rechtercilinder in uiterste stand staat, de zuiger van de linkercilinder juist de middenstand passeert. De waterlevering wordt dus niet geheel onderbroken en is dus minder onregelmatig dan bij een simplex-pomp. Toch kan men bij een duplex-pomp ook niet spreken van een regelmatige waterlevering, want, als beide zuigers zich in dezelfde zin bewegen, is de waterlevering groter dan het geval is, wanneer een van de zuigers in een uiterste stand staat. Deze onregelmatigheid veroorzaakt stoten in de persleiding: om dit euvel zoveel mogelijk te verminderen, brengt men een luchthelm in de persleiding aan. Bewegen beide zuigers zich in dezelfde zin, dan is de waterlevering het grootste. In dat geval vloeit een deel van de opbrengst direct door de persleiding weg, terwijl het restant van de opbrengst in de luchthelm dringt. De zich daarin bevindende lucht wordt dan samengeperst. Zodra de waterlevering vermindert, expandeert de gecomprimeerde lucht weer en drukt het water, dat een ogenblik tevoren in de luchthelm gedrongen is, er weer uit in persleiding.

Wanneer men voedingwater door leidingen, afsluiters en klepkasten in een ketel pompt, waarin bijv. een druk heerst van 12 kg/cm², moet de persdruk van de voedingpomp hoger zijn en bijv. 13 kg/cm² bedragen om de weerstand in genoemde leidingen en klepkasten te overwinnen. Werkt de pomp nu met stoom van de keteldrukking, wat normaliter het geval is, dan moet men de stoomzuiger een grotere diameter geven dan de waterzuiger om de vereiste persdrukking te kunnen uitoefenen.

Wij stellen de stoomdruk P_s en de waterdruk P_w; de diameter van de stoomzuiger D_s en van de waterzuiger D_w. Bij een eenparige zuigerbeweging en met verwaarlozing van wrijving is:

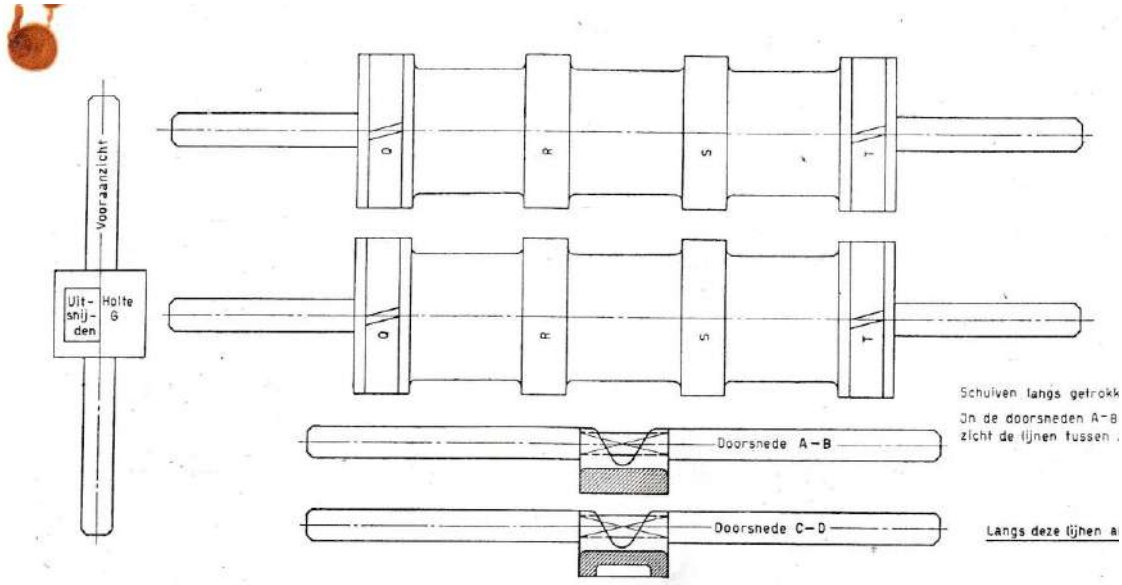
Kracht op de stoomzuiger = Kracht op de waterzuiger.

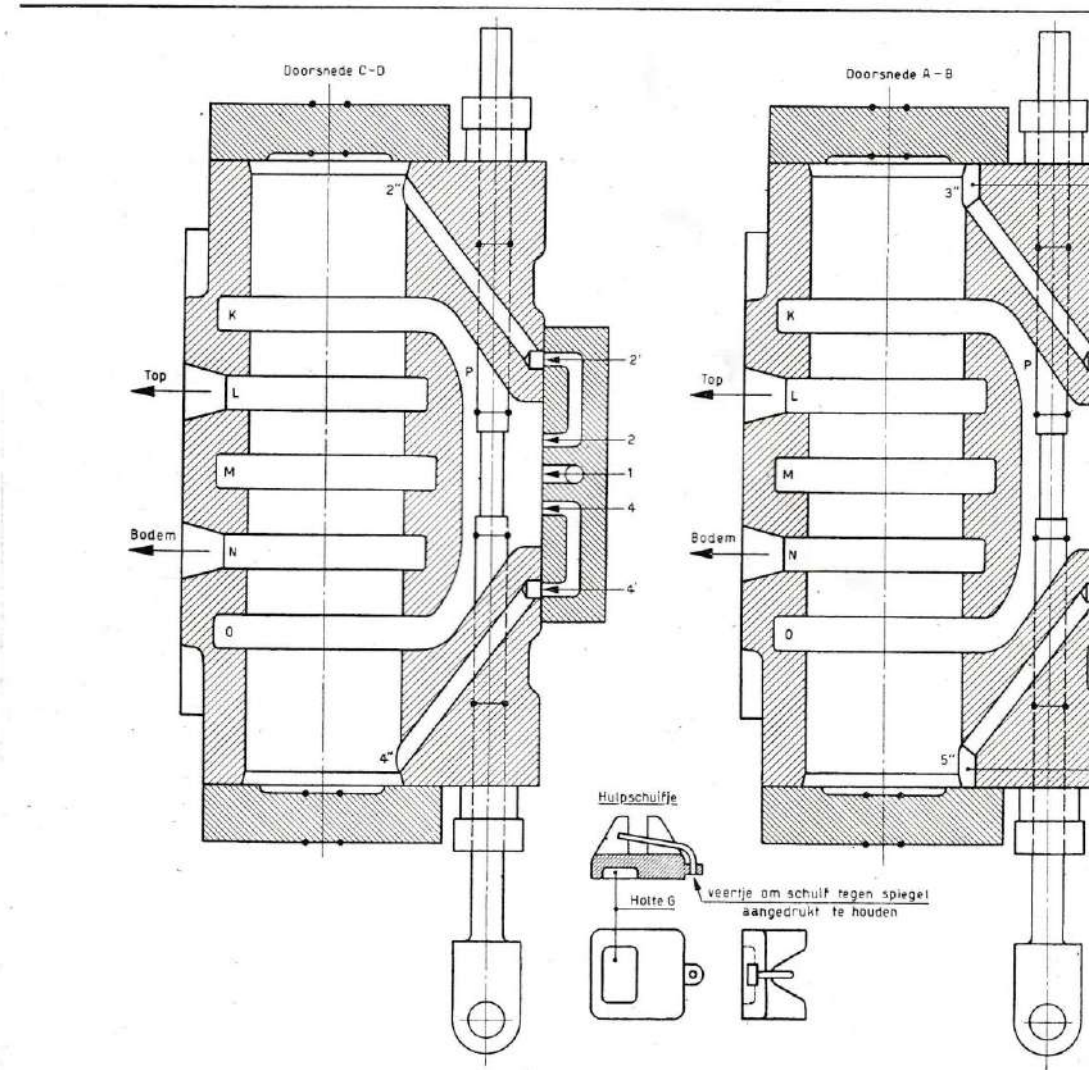
$$\frac{\pi}{4} \cdot D_s^2 \cdot P_s = \frac{\pi}{4} \cdot D_w^2 \cdot P_w$$

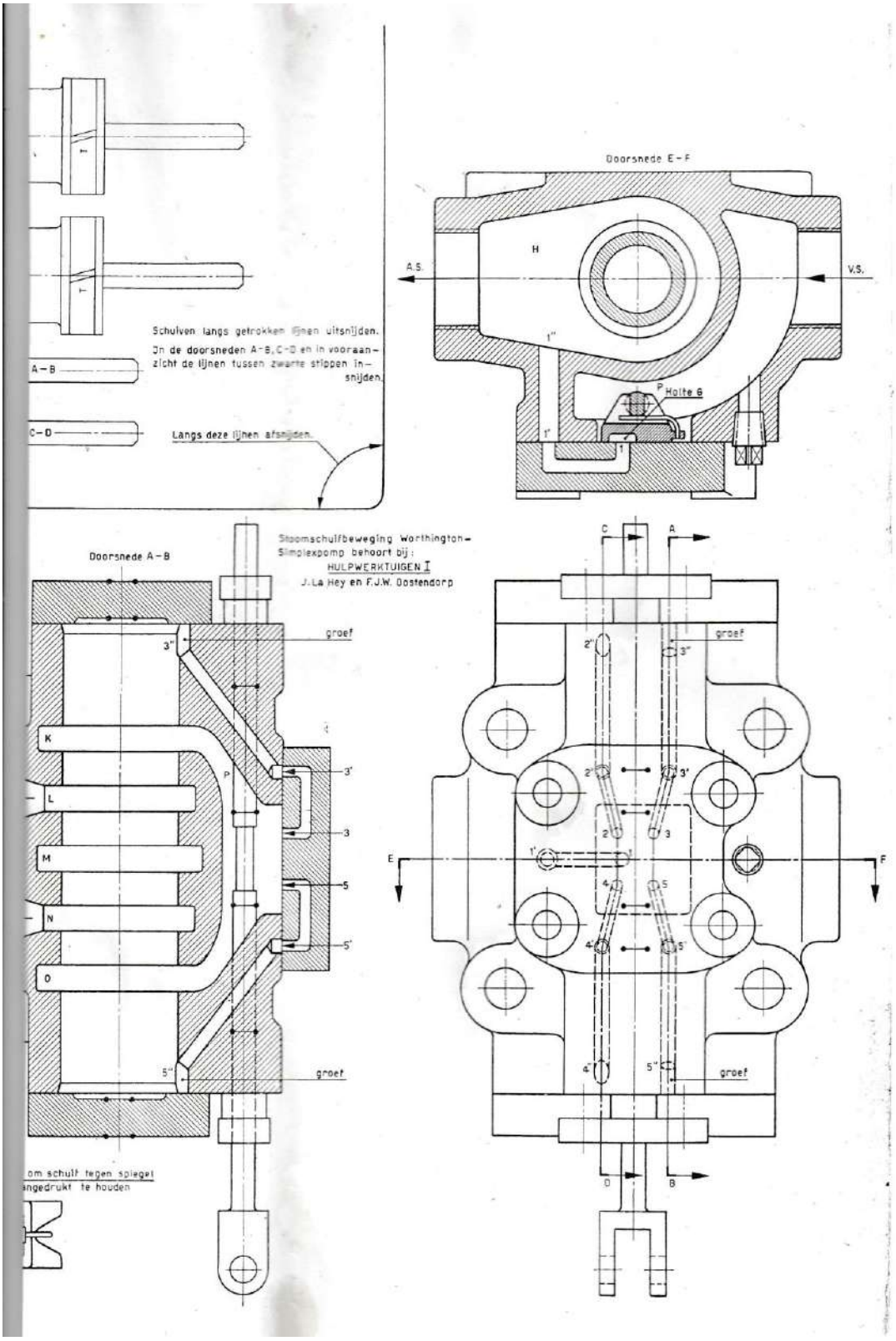
$$P_w = P_s \cdot \frac{D_s^2}{D_w^2}$$

Geeft men de stoomzuiger een diameter, die 1,5 maal groter is dan die van de waterzuiger, wat normaliter het geval is, dan is de hoogste bereikbare waterdrukking $P_w = P_s \cdot \frac{(1{,}5)^2}{1^2} = 2{,}25 \cdot P_s$.

[1]) Indien dit euvel voorkomt is dat een bewijs, dat de verschillende draaipunten te veel uitgesleten zijn.


Voorzicht
Uit-snij-den
Holte G
O
R
S
T
Schuiven langs getrokk
In de doorsneden A-B
zicht de lijnen tussen
Doorsnede A–B
Doorsnede C–D
Langs deze lijnen a


Doorsnede C-D
Doorsnede A-B
2"
3"
K
L
M
N
O
P
Top
Bodem
2'
2
1
4
4'
4"
5"
Hulpschuifje
Holte G
veertje om schuif tegen spiegel
aangedrukt te houden


Schulven langs getrokken lijnen uitsnijden.
In de doorsneden A-B, C-D en in vooraanzicht de lijnen tussen zwarte stippen insnijden.
A-B
C-D
Langs deze lijnen afsnijden.
Doorsnede E-F
A.S.
V.S.
H
1"
P Holte 6
Doorsnede A-B
Stoomschuifbeweging Worthington-Simplexpomp behoort bij:
HULPWERKTUIGEN I
J. La Hey en F.J.W. Oostendorp
groef
K
L
M
N
O
P
3"
3'
3
5
5'
5"
om schuif tegen spiegel angedrukt te houden
C
A
D
B
E
F
2"
2'
1'
4
4'
4"
5"

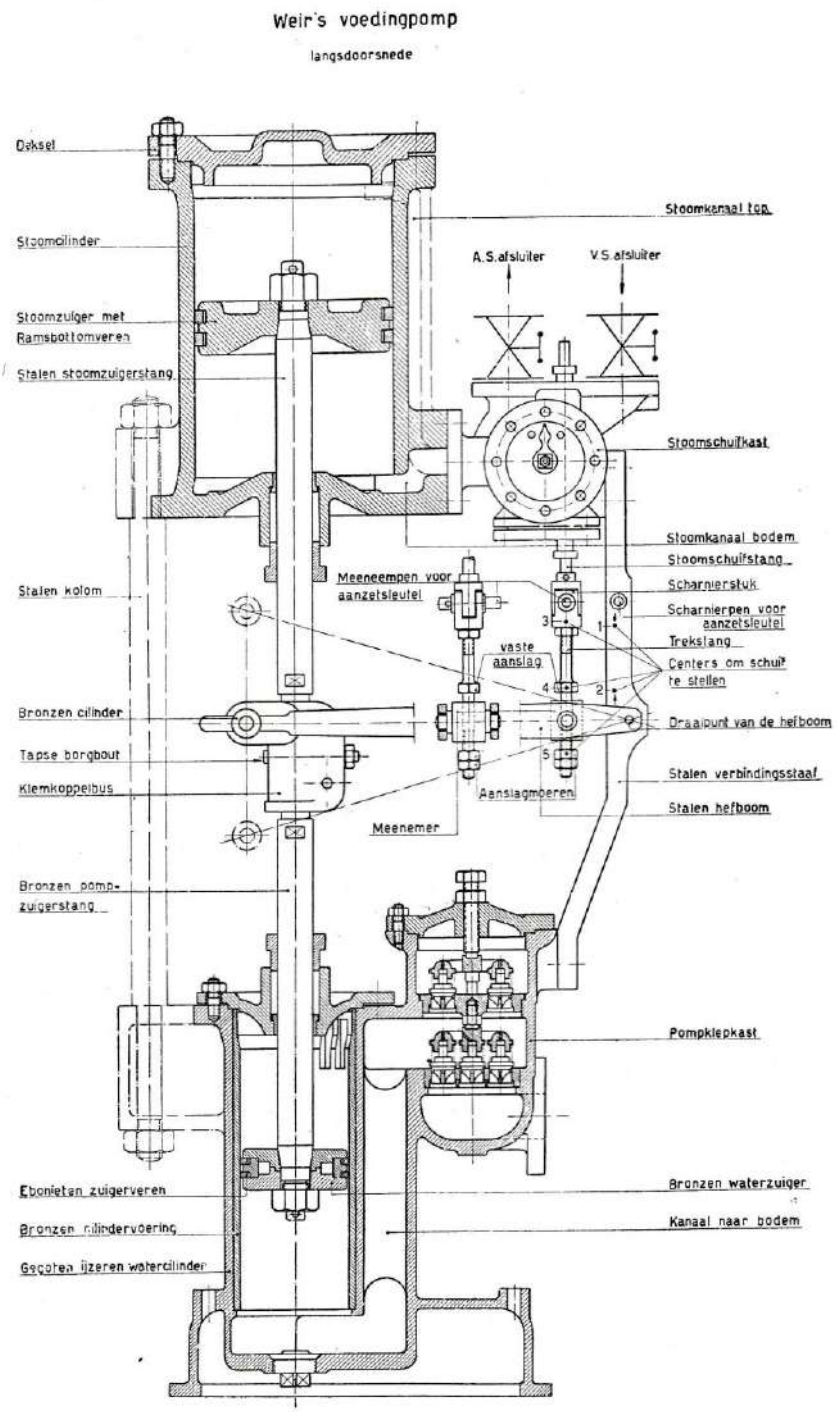

Weir's voedingpomp
langsdoorsnede
Deksel
Stoomcilinder
Stoomzuiger met Ramsbottomveren
Stalen stoomzuigerstang
Stalen kolom
Bronzen cilinder
Tapse borgbout
Klemkoppelbus
Bronzen pomp-zuigerstang
Ebonietan zuigerveren
Bronzen cilindervoering
Gegoten ijzeren watercilinder
Stoomkanaal top
A.S.afsluiter
V.S.afsluiter
Stoomschuifkast
Stoomkanaal bodem
Stoomschuifstang
Scharnierstuk
Scharnierpen voor aanzetsleutel
Trekstang
Centers om schuif te stellen
Draaipunt van de hefboom
Stalen verbindingsstaaf
Stalen hefboom
Meeneempen voor aanzetsleutel
vaste aanslag
Aanslagmoeren
Meenemer
Pompklepkast
Bronzen waterzuiger
Kanaal naar bodem

Fig. 15

De Nederlandse Gemalen STICHTING
Kenmerk KB02-V04-04-22

§ 2. De Weir's simplexpomp.

Pompen van het fabrikaat Weir worden aan boord van stoomschepen veelvuldig aangewend. Men treft ze aan als stook-pomp, als olie-trempomp, als smeeroliepomp op turbineschepen, als luchtpomp, als voedingpomp, enz. De uitvoering van het stoomgedeelte met inbegrip van de stoomschuifbeweging is voor al deze pompen gelijk of nagenoeg gelijk. In de volgende regels zal de uitvoering als voedingpomp worden besproken.

Fig. **15** is een verticale doorsnede over de stoom- en watercilinder; fig. **16** is een schematische voorstelling van deze doorsnede en fig. **17** een fotografische afbeelding van een dergelijke pomp.

Uit fig. **15** blijkt, dat de pomp direct-werkend is, d.w.z. de stoomzuiger drijft direct de waterzuiger aan. Men noemt een dergelijke pomp ook wel een *simplexpomp*, dat is, letterlijk vertaald, een enkel-

Schema Weir's voedingpomp

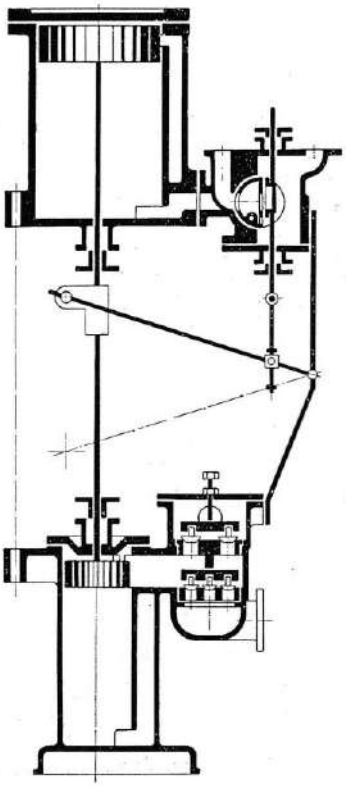


Fig. 16

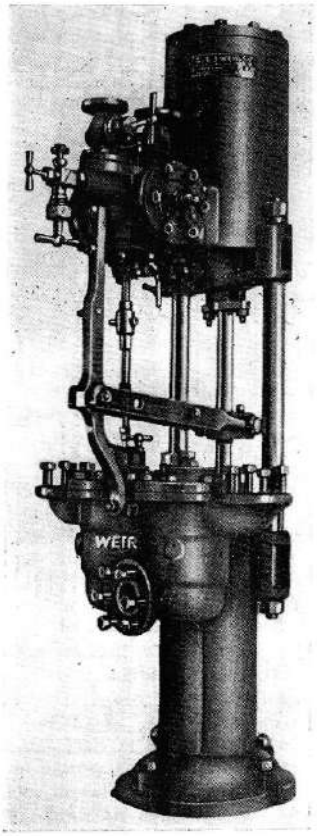


Fig. 17. Weir's voedingpomp.

voudige pomp. Men bedoelt echter, dat de stoomschuifbeweging direct van de bijbehorende zuigerbeweging wordt afgeleid, wat bijv. niet het geval is bij de hiervóór behandelde duplexpomp.

De inrichting is als volgt. De stoom- en watercilinder heeft men aan elkaar verbonden door twee gedraaide stalen kolommen, die men in oren heeft bevestigd. Deze oren zijn daartoe tegen de beide cilinderlichamen aangegoten. In fig. **15** is een van deze kolommen met een streep-stiplijn aangegeven. De juiste plaats van de kolommen kan men afleiden uit de plaats van de oren aan de watercilinder (fig. **18** doorsnede A-B).

De watercilinder met aangegoten klepkasten en voetstuk is in fig. **18** afzonderlijk voorgesteld. Voor een werkdruk tot circa 20 kg/cm² maakt men het pomplichaam van gegoten ijzer en voor hogere werkdrukken van gegoten staal. De cilindervoering, evenals de zuiger, de kleppenroosters met kleppen

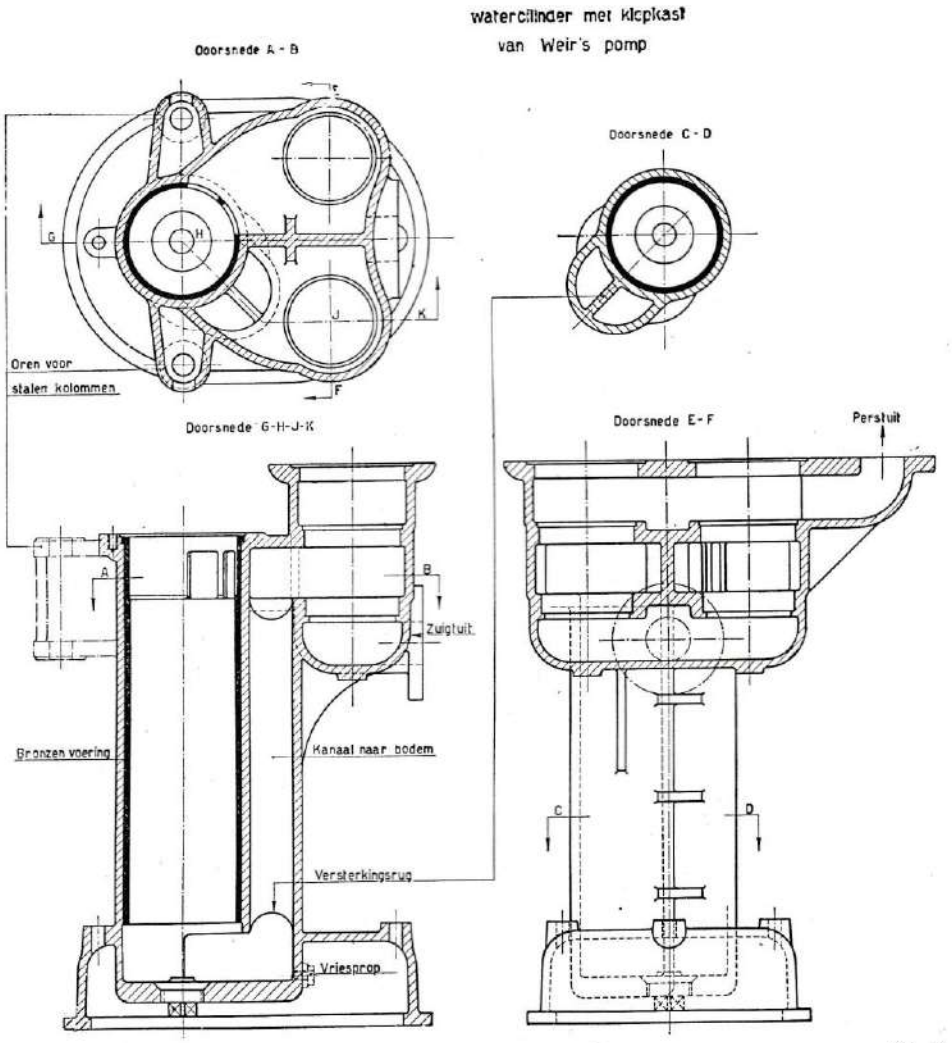


Fig. 18

en klepborgen en de zuigerstang, maakt men van brons. Voor werkdrukken, hoger dan circa 20 kg/cm², vervaardigt men deze onderdelen van een legering van koper en nikkel.

Zoals uit de doorsneden A-B, G-H-J-K en E-F van fig. 18 blijkt, staat de ruimte tussen de zuig- en persrooster van de rechterklepkast door rechthoekige gaten in de cilindervoering in verbinding met de topzijde van de cilinder. Deze rechthoekige gaten heeft men boven de werkweg van de zuiger geplaatst. De ebonieten veren in de waterzuiger bewegen zich dus langs een niet-onderbroken cilindervlak. Bijgevolg loopt men geen kans, dat de las van een veer in een gat blijft hangen en afbreekt. De ruimte tussen zuig- en persrooster van de linkerklepkast staat door een kanaal, dat tegen de cilinderwand is aangegoten, in verbinding met de bodemzijde van de cilinder. De aansluiting van dit kanaal met de cilinderruimte ligt eveneens buiten de werkweg van de zuiger. Voor de sterkte heeft men dit kanaal in lengterichting voorzien van een ingegoten rug (doorsnede C-D). Zoals uit de doorsnede E-F blijkt, hebben de beide klepkasten een gemeenschappelijke aanzuig- en een gemeenschappelijke persruimte.

In de bodem van de cilinder bevindt zich in de hartlijn een gat, dat men afsluit met een prop, voorzien

De Nederlandse Gemalen STICHTING
Kenmerk KB02-V04-04-22

van fijne schroefdraad en met een taps sluitvlak. Bij de vervaardiging van het cilinderlichaam heeft men dat gat enerzijds nodig om een kernprent door te laten voor het centreren van de cilinderkern in de gietkast; anderzijds dient het tot doorlating van een kotterbaar voor het uitboren van de cilinder. Aan de bovenzijde van de in de bovenstaande regels bedoelde prop bevindt zich nog een cilindrische verhoging. Het doel hiervan is het volgende. Als men de pomp buiten bedrijf stelt, zakken zuigerstang en zuigers door hun gewicht zo laag mogelijk. Bij uitmeten in de tekening blijkt, dat de onderzijde van de waterzuigerstang dan eerder op de verhoging van de bodemprop aanloopt dan de stoomzuiger op bodem van de stoomcilinder. Verder blijkt bij uitmeten, dat de onderste zuigerveer van de waterzuiger dan nog juist in de cilindervoering ligt opgesloten. Indien de zuigerstang iets korter of de verhoging op de bodemprop iets lager is, zakt de onderste veer juist uit de voering en veert uit onder de rand daarvan. In dat geval kan de zuiger niet meer omhoog en kost het zeer veel moeite de ontspannen veer weer in de voering te krijgen. De vriesprop dient om de cilinder geheel te kunnen ledigen, als de pomp langdurig buiten bedrijf wordt gesteld. Men voorkomt dan, dat de cilinder bij vriezend weer stuk vriest.

Bij kleine uitvoeringen maakt men de klepkasten één geheel met het cilinderlichaam; bij grote uitvoeringen echter is de klepkast een afzonderlijk gietstuk, dat men met een flens aan het cilinderlichaam bevestigt. Een volledige klepkast is in fig. 19 voorgesteld. De pers- en zuigkleppen heeft men als normaal met vier vleugels of pootjes uitgevoerd. Boven elk rooster bevindt zich een z.g. klepborg of klepaanslag, die door een drietal kolommetjes op afstand wordt gehouden. De klepborg geeft de kleppen geleiding en voorkomt tevens, dat ze te hoog lichten en uit de rooster worden gedrukt. De kleppenroosters borgt men tegen loswerken. Een stalen drukbout in het midden van het deksel drukt, via de klepborg, de persrooster vast. Deze drukt op haar beurt door middel van een verstelbare tapbout in de onderzijde, eveneens via de klepborg, de zuigrooster vast.

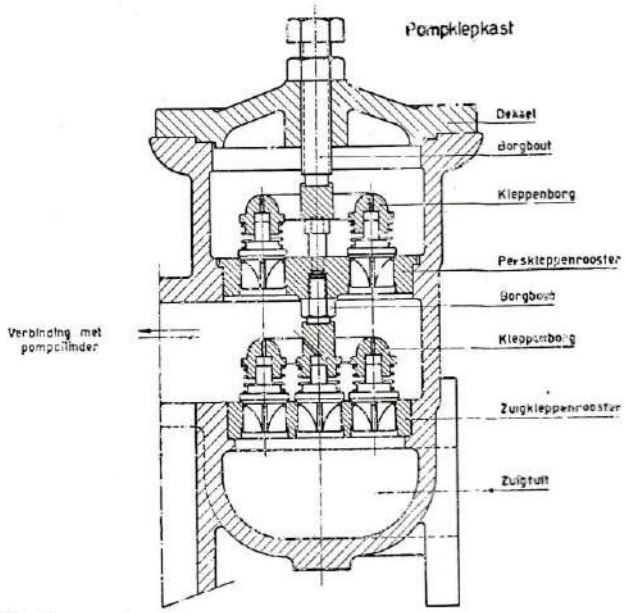


Fig. 19

De zuigrooster is voorzien van zeven kleppen; zes gelijkmatig over de omtrek verdeeld en de zevende in het midden. De persrooster heeft maar zes kleppen in de omtrek. Plaatsing van de zevende klep is niet mogelijk tengevolge van de aanwezigheid van de verstelbare tapbout in het midden aan de onderzijde. De reden, dat men in de zuigrooster een klep meer plaatst dan in de persrooster, ligt hierin: de oorzaak, dat de pompcilinder met water gevuld wordt tijdens de aanzuigslag, is het drukverschil tussen de atmosfeer en de onderdruk in de cilinderruimte. Dit drukverschil, dat uiteraard maar ten hoogste 1 at kan bedragen, moet niet alleen het water omhoog drukken, maar ook weerstanden in leidingen bij het passeren van kleppen overwinnen. Hoe groter men nu de doortocht in de zuigrooster maakt, des te kleiner is de weerstand en des te beter wordt de cilinder bij het aanzuigen gevuld, m.a.w. men verhoogt op deze wijze het volumetrisch effect van de pomp.

De waterzuiger bouwt men op uit twee schijven en een tussenring. Door deze constructie kan men de veren, zonder ze te moeten uitbuigen (waardoor ze kunnen breken), gemakkelijk in de sponningen van de zuiger aanbrengen.

De stoomcilinder, de stoomzuiger met veren, de schuifkast met de hoofd- en hulpschuif zijn van gegoten ijzer vervaardigd. De schuifkast bevestigt men met een flens aan de onderzijde van de cilinder. Het stoomkanaal voor de bodemzijde is dientengevolge kort. Het tegen de cilinderwand aangegoten stoomkanaal voor de topzijde, dat in de lengtedoorsnede niet zichtbaar is en daarom met een streepstiplijn is aangegeven, loopt langs de gehele lengte van de cilinder.

De Nederlandse Gemalen STICHTING
Kenmerk KB02-V04-04-22

Op de binnenzijde van de cilinderbodem bevindt zich een opstaande rand. Het doel hiervan is het volgende. Als men bij montage de zuiger in de cilinder brengt, kan men hem tot op die rand laten zakken, zonder dat de las van de onderste zuigerveer in de stoompoort kan dringen. Ook aan de binnenzijde van het cilinderdeksel bevindt zich een dergelijke rand. Als de zuiger door een verkeerde schuifstelling te ver naar topzijde doorloopt, stoot de zuiger tegen deze rand en dit belet de las van de bovenste zuigerveer in de stoompoort te dringen.

De stalen stoomzuigerstang en de bronzen waterzuigerstang verbindt men door een stalen klemkoppelbus, die aan de voorzijde in asrichting is doorgesneden (fig. 20). De beide zuigerstangen schroeft men in de klemkoppelbus, totdat de eindvlakken elkaar raken. Daarna steekt men, voor borg tegen loswerken, een flauw tapse stalen borgbout door de klemkoppelbus op de plaats van het scheidingsvlak van de stangeinden. Hiertoe bevindt zich in elk stangeinde een uitholling, die met elkaar het gat vormen, waardoor de borgbout passeert. Vervolgens trekt men de beide bouten van de klemkoppelbus vast, waarna men de borgbout met een moer vasttrekt.

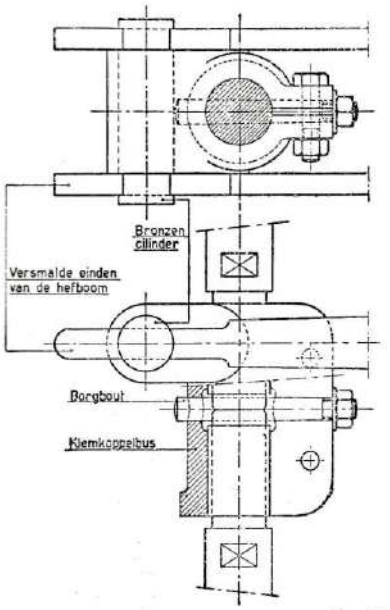


Fig. 20

De hefboom voor het bewegen van de hulpschuif draait aan het rechtereinde om een scharnierpunt, dat zich bevindt in een stalen verbindingsstang, die men voor dit doel tussen de stoomschuifkast en de klepkast heeft aangebracht. Het andere einde van de hefboom, die men heeft opgebouwd uit twee evenwijdige en op afstand gehouden stalen armen, moet beweegbaar aan de zuigerstang zijn verbonden. Hiertoe is de klemkoppelbus aan de achterzijde uitgebouwd en ter plaatse voorzien van een cilindrisch gat, loodrecht op de hartlijn van de zuigerstangen. In dit gat kan een bronzen cilinder draaien, die aan weerszijden van de klemkoppelbus uitsteekt. In ieder uitstekend einde bevindt zich, loodrecht op de hartlijn van de bronzen cilinder, een rechthoekig gat, waarin de verdunde einden van de beide hefboomsarmen kunnen schuiven.

De stoomschuifstang verbindt men met de trekstang door middel van een bronzen scharnierstuk. De verbinding van de trekstang met de hefboom wordt verkregen door een stalen blokje, meenemer genoemd, dat draaibaar in beide hefboomsarmen is bevestigd. In het midden van de meenemer bevindt zich een doorlopend gat, waardoorheen de trekstang passeert. Deze stang is boven de meenemer voorzien van een vaste aanslag en onder de meenemer van een aanslagmoer met contramoer.

Om de hulpschuif te stellen, heeft de fabrikant een handig hulpmiddel bedacht. Op de verbindingsstaaf tussen klepkast en schuifkast bevinden zich twee centers 1 en 2. De trekstang schroeft men nu zover in het scharnierstuk, dat de afstand van de centers 3 en 4 gelijk is aan de afstand van de centers 1 en 2, waarna men de contramoer op de trekstang vastzet. Vervolgens schroeft men de aanslagmoer met center zo ver op de onderzijde van de trekstang, dat de afstand van de centers 4 en 5 gelijk is aan de afstand van de centers 1 en 2, waarna men de contramoer vastzet. Heeft men dit goed gedaan, dan staat de hulpschuif in de juiste stand.

Dat de stoomzuiger groter is dan de waterzuiger, heeft een tweeledig doel. Ten eerste kan men nu een grotere persdruk bereiken dan de stoomdruk, waarmede de pomp werkt. Ten tweede is het verschil nodig, omdat de pomp met een kleine expansie werkt. Indien de stoomzuiger niet aanmerkelijk groter was dan de waterzuiger, zou, tengevolge van het afnemen van de stoomdruk tijdens de expansieperiode, de kracht op de stoomzuiger aan het einde van de slag niet groot genoeg zijn om de weerstand van de waterzuiger te overwinnen.

Bij het aanzetten van de pomp is het soms nodig, dat men de hulpschuif, onafhankelijk van de zuigerbeweging, op en neer moet bewegen om de stoomzuiger in beweging te krijgen. Voor dit doel gebruikt men een z.g. aanzetsleutel, die kan draaien om een pen aan de verbindingsstaaf. De gleuf in het einde van de sleutel grijpt om het verlengde van de pen in het scharnierstuk tussen schuif- en trekstang (fig. 21).

De stoomschuifbeweging van de pomp, zullen wij met behulp van het beweegbare model verklaren.

In de schuifkast bevinden zich twee schuiven:

1e. *de ronde hoofdschuif*, die tevens nog een *vlakke spiegel* heeft, (fig. II);

2e. *de hulpschuif* (een bakschuifje), die op de vlakke spiegel van de hoofdschuif loopt, (fig. II).

De Nederlandse Gemalen STICHTING
Kenmerk KB02-V04-04-22

De hoofdschuif, die door stoomdruk wordt bewogen, kan alleen horizontaal heen en weer schuiven. De hulpschuif, die door een hefboom van de tweede soort van de zuigerbeweging af wordt gedreven, beweegt loodrecht op en neer over de vlakke spiegel van de hoofdschuif. De bewegingsrichtingen van beide schuiven staan dus loodrecht op elkaar, (fig. III).

Het middelste deel van de ronde spiegel, waarin de hoofdschuif beweegt, behoort tot de eigenlijke schuifkast. De beide eindstukken worden gevormd door afzonderlijke spiegelbussen. Deze passen nauwkeurig om de cilindrische einden van de hoofdschuif en worden door de stoomdruk tegen de randen M en M′ gedrukt gehouden, (fig. I en IV). Het doel van deze bussen zullen wij nader verklaren.

In het middelste (vaste) deel van de ronde spiegel bevinden zich drie poorten. De middelste, poort H, is de afgewerkte-stoompoort en staat in verbinding met de afvoeropening H′. De linkerpoort G staat in verbinding met de bodemzijde van de stoomcilinder en de rechterpoort I met de topzijde, (fig. I en IV).

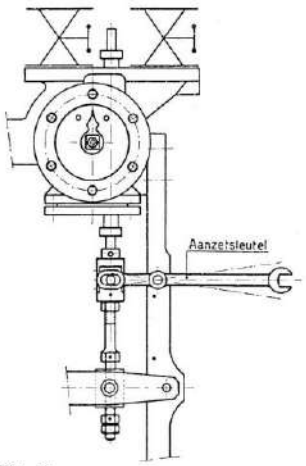


Fig. 21

De vlakke spiegel van de hoofdschuif heeft 5 poorten (de beide poorten C moet men als één poort opvatten). De poorten [1]) D, C en E corresponderen respectievelijk met de poorten D′, C′ en E′ in het cilindrische loopvlak aan de achterzijde van de schuif (fig. II, IV en V). De L-vorm van de poorten E′ en D′ zullen we nader verklaren.

De poorten A en B staan, door nauwe kanaaltjes A′ en B′, respectievelijk in verbinding met het linker- en rechtereindvlak van de hoofdschuif.

De poort C′ is zo breed, dat de bodempoort G, bij de uiterste linkse stand van de hoofdschuif, in verbinding staat met de afgewerkte-stoompoort H. Bij de uiterst rechtse stand van de hoofdschuif staat de toppoort I in verbinding met de afgewerkte-stoompoort H (fig. IV).

De hulpschuif heeft in haar sluitvlak een bijzonder gevormde holte F [2]) (fig. II), waardoor bij hoogste stand de poort A en bij laagste stand de poort B met de poort C in verbinding staat. De poort C staat echter steeds door poort C′ in verbinding met de afgewerkte-stoompoort H in de ronde spiegel van de hoofdschuif (fig. IV).

De V.S. staat buiten op het hulpschuifje en houdt dit op de vlakke spiegel van de hoofdschuif gedrukt (fig. VI).

Als de zuiger in topstand staat, bevindt het hulpschuifje zich eveneens in uiterste topstand (fig. III). De hoofdschuif staat dan in haar uiterste linkse stand. Voor de verklaring van de werking onthoude men dus als punt van uitgang: *hulpschuif in top en hoofdschuif links.*

Men plaatse de schuiven in de fig. IV en V in deze standen. In fig. V zien wij nu, dat de poort B open staat, zodat de v.s. door kanaal B′ rechts van de hoofdschuif in de spiegelbus 2 stroomt en de hoofdschuif in haar uiterst linkse stand gedrukt houdt. De ruimte links van de hoofdschuif, in spiegelbus 1, heeft gedurende het naar links bewegen van de schuif door kanaal A′, poort A en via de holte F van de hulpschuif en de poorten C en C′ in verbinding gestaan met de afgewerkte-stoompoort H in de ronde spiegel (fig. IV en V). Doordat poort A bij de uiterste linkse stand van de hoofdschuif juist gesloten is, zal de afvoer van stoom links naar de hoofdschuif op het einde van de slag gesmoord worden, zodat de beweging wordt afgeremd en de schuif zonder stoot tot stilstand komt.

Poort D (fig. V) is onbedekt, maar omdat poort D′ blind staat in spiegelbus 1 (fig. IV), kan er geen stoom doorstromen.

Poort E (fig. V) is evenmin door de hulpschuif afgedekt, maar omdat poort E′ (fig. IV) nu met de spiegelpoort I correspondeert, kan de v.s. naar de topzijde van de cilinder stromen. De zuiger beweegt nu omlaag en kan 0,6 van de slag afleggen, voordat het hulpschuifje door de hefboom wordt meegenomen (fig. III). Laat men de hulpschuif nu langzaam omlaag bewegen (fig. V), dan ziet men, dat op de helft van de neergaande slag van het hulpschuifje de poorten B en E worden afgesloten. De toevoer van v.s. naar de topzijde is dan geëindigd.

Gedurende de verplaatsing van de hulpschuif uit de topstand naar de middenstand, is de zuiger nog 0,2 van zijn slag verder omlaag bewogen, zodat hij nu totaal 0,8 van zijn neergaande slag heeft afgelegd. Omdat, zoals wij in de voorgaande regels reeds hebben gezegd, de stoomtoevoer naar de top-

[1]) De poort D ligt eigenlijk boven het vlak van doorsnede en de poort E er onder. Ter wille van de duidelijkheid zijn ze echter in fig. IV in het vlak van doorsnede getekend.
[2]) In het beweegbare model van het hulpschuifje is, ter wille van de duidelijkheid, de holte F uitgeknipt. Men bedenke echter, dat F een holte is en geen doorlopend gat (zie F in fig. VI).

zijde bij die zuigerstand is geëindigd, zal de zuiger het resterende 0,2 deel van de slag met expansie doorlopen. Deze pomp werkt dus met *expansie*.

Zakt de hulpschuif van de middenstand uit verder omlaag, dan wordt vervolgens poort A geopend en kan de v.s. door het kanaal A' links van de hoofdschuif in de spiegelbus I stromen. Zodra nu bij het verder dalen van de hulpschuif de poort B in verbinding komt met de holte F, kan de stoom aan de rechterzijde van de hoofdschuif door kanaal B', de kleine opening van poort B, via de holte F van de hulpschuif en de poorten C en C', geleidelijk naar de afgewerkte-stoompoort H wegvloeien. De hoofdschuif zal nu geleidelijk aan naar rechts verschuiven, waarbij poort B geleidelijk aan sluit, de afvoer van stoom gesmoord wordt en de schuif zonder stoot tot stilstand komt (in de fig. IV en V de hoofdschuif naar rechts schuiven). Op het ogenblik, dat de hoofdschuif overloopt, staat de zuiger nog een zeer klein deel van de slag voor de bodemstand.

De poort E' staat nu blind in de spiegelbus 2. Door de poorten D, D' en G kan nu de v.s. naar de bodemzijde van de cilinder stromen, terwijl door de poorten I, C' en H de a.s. aan de topzijde kan wegstromen. Omdat door de afvoer de druk boven de zuiger vermindert en tevens v.s. onder de zuiger toestroomt, waardoor de druk daar stijgt, wordt de snelheid van de zuiger gedurende het laatste deel van de neergaande slag geleidelijk afgeremd, zodat hij zonder stoot in onderste stand tot stilstand komt en kan de opgaande slag beginnen. De zuiger wordt dus niet door compressie tot stilstand gebracht, zoals bij de duplexpomp, maar door *vóórtoelaat* van verse stoom.

Gedurende het eerste 0,6 deel van de opgaande zuigerslag blijft het hulpschuifje in zijn onderste stand staan. Daarna wordt het weer meegenomen en herhaalt het bovenomschrevene zich op soortgelijke wijze voor de bodemzijde.

In het kort kan men de stoomschuifbeweging als volgt beschrijven.

De hulpschuif wordt vanaf de zuigerbeweging door een hefboom van de tweede soort op- en neer bewogen. De hulpschuif regelt de stoomtoe- en afvoer voor de hoofdschuif zó, dat deze zich in beide uiterste standen van de zuiger horizontaal verplaatst. De hoofdschuif regelt de toe- en afvoer van de stoom onder en boven de zuiger zó, dat hij regelmatig op en neer beweegt.

De slag van de hoofdschuif, die we uit fig. IV gemakkelijk kunnen aflezen, is gelijk aan de breedte van de poort G of I + de breedte van een dam (tussen de poorten G en H of H en I).

De slag van de hulpschuif is bij benadering [1]) gelijk aan:

$$0{,}4 \text{ zuigerslag} \cdot \frac{\text{korte hefboomsarm } X}{\text{lange hefboomsarm } Y}$$

Bij ouderwetse uitvoeringen ziet men wel, dat de beide poorten C in de vlakke spiegel van de hoofdschuif verenigd zijn tot één grote poort (fig. 22). Bij een dergelijke uitvoering heeft de hulpschuif slechts een klein draagvlak op de vlakke spiegel, waardoor deze na zekere tijd hol slijt. Een niet goed afsluitende hulpschuif heeft niet alleen verlies van v.s. tengevolge, maar kan ook oorzaak zijn, dat de hoofdschuif aan het einde van de zuigerslag niet meer overloopt, zodat de pomp stopt.

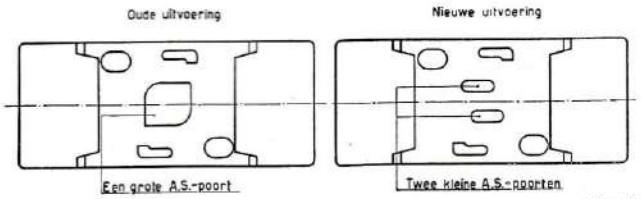


Fig. 22

Indien de pomp met de normale vulling van 80 % op de ketel werkt en langzaam loopt, d.w.z. weinig zuigerslagen per minuut maakt, kan het voorkomen, dat de zuiger in uiterste standen blijft stilstaan. De oorzaak hiervan is het volgende. Bij langzaam lopen staat de v.s.-afsluiter op de schuifkast slechts weinig geopend en wordt de v.s. zó gesmoord, dat de druk in de schuifkast aanmerkelijk lager is dan de keteldrukking. Omdat de stoomzuiger een circa anderhalf maal grotere diameter heeft dan de waterzuiger, kan de gereduceerde stoomdruk de waterzuiger nog wel drijven gedurende de vullingsperiode. Bij de expansieperiode daalt de stoomdruk echter nog meer en dientengevolge vermindert de kracht op de stoomzuiger zozeer, dat zij de som van de wrijvingsweerstanden en de weerstand van de waterzuiger niet meer kan overwinnen. Tengevolge hiervan komt de zuiger tot stilstand, voordat de hulpschuif zo ver verplaatst is, dat de hoofdschuif kan overlopen. Er heeft dan geen toevoer van V.S. plaats, zodat de zuiger de volgende slag niet kan beginnen en blijft stilstaan.

Om de zuiger nu ook bij langzaam lopen in zijn uiterste standen te krijgen, kan men, door de spiegel-

[1]) De lengte van de lange hefboom is niet constant.

De Nederlandse Gemalen STICHTING
Kenmerk KB02-V04-04-22

bussen in een bepaalde stand te draaien, de v.s. over een groter gedeelte of over de gehele zuigerstang toelaten. De expansie-periode wordt dan respectievelijk verkleind of vervalt. Hierdoor blijft ook aan het einde van de slag een kracht op de zuiger werken, die hem, ondanks geringe snelheid, in zijn uiterste standen drukt.

We zullen nu verklaren, op welke wijze men de vulling kan veranderen. Iedere spiegelbus is aan het open einde op één plaats van de omtrek voorzien van een rechthoekige insnijding (K en L, fig. I). De bussen kan men nu zo draaien, dat de onderzijden van de insnijdingen K en L gelijk komen met de onderzijden van de spiegelpoorten G en I.

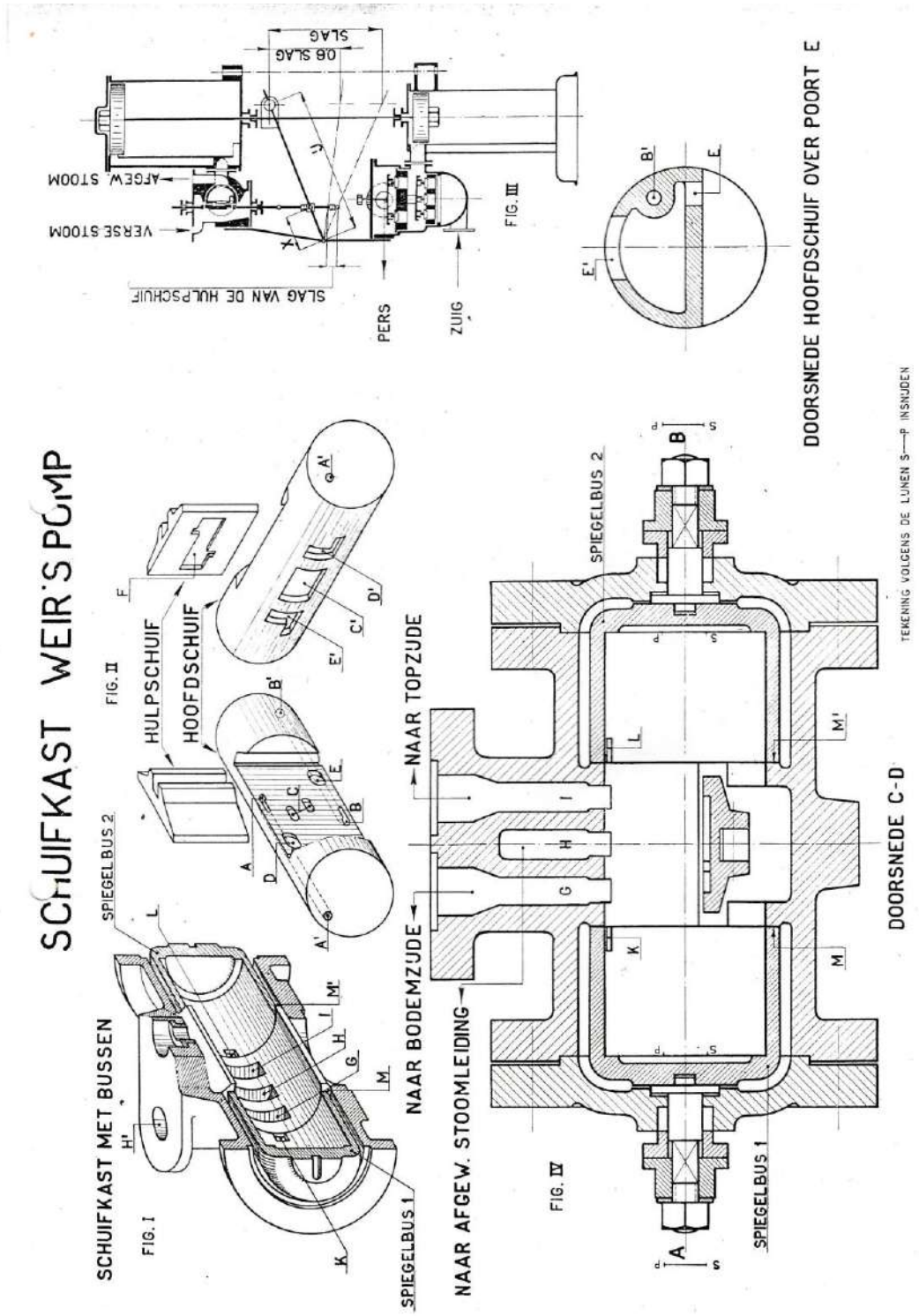
De normale stand van de hoofdschuif in de ronde spiegel is zo, dat de onderzijden van de L-vormige poorten E′ en D′ in het ronde loopvlak van de hoofdschuif (fig. II) eveneens overeenkomen met de onderzijden van de spiegelpoorten G en I. Hieruit volgt, dat in bepaalde standen van de hoofdschuif de horizontale insnijdingen van de poorten E′ en D′ in verbinding staan met de insnijdingen K en L van de spiegelbussen.

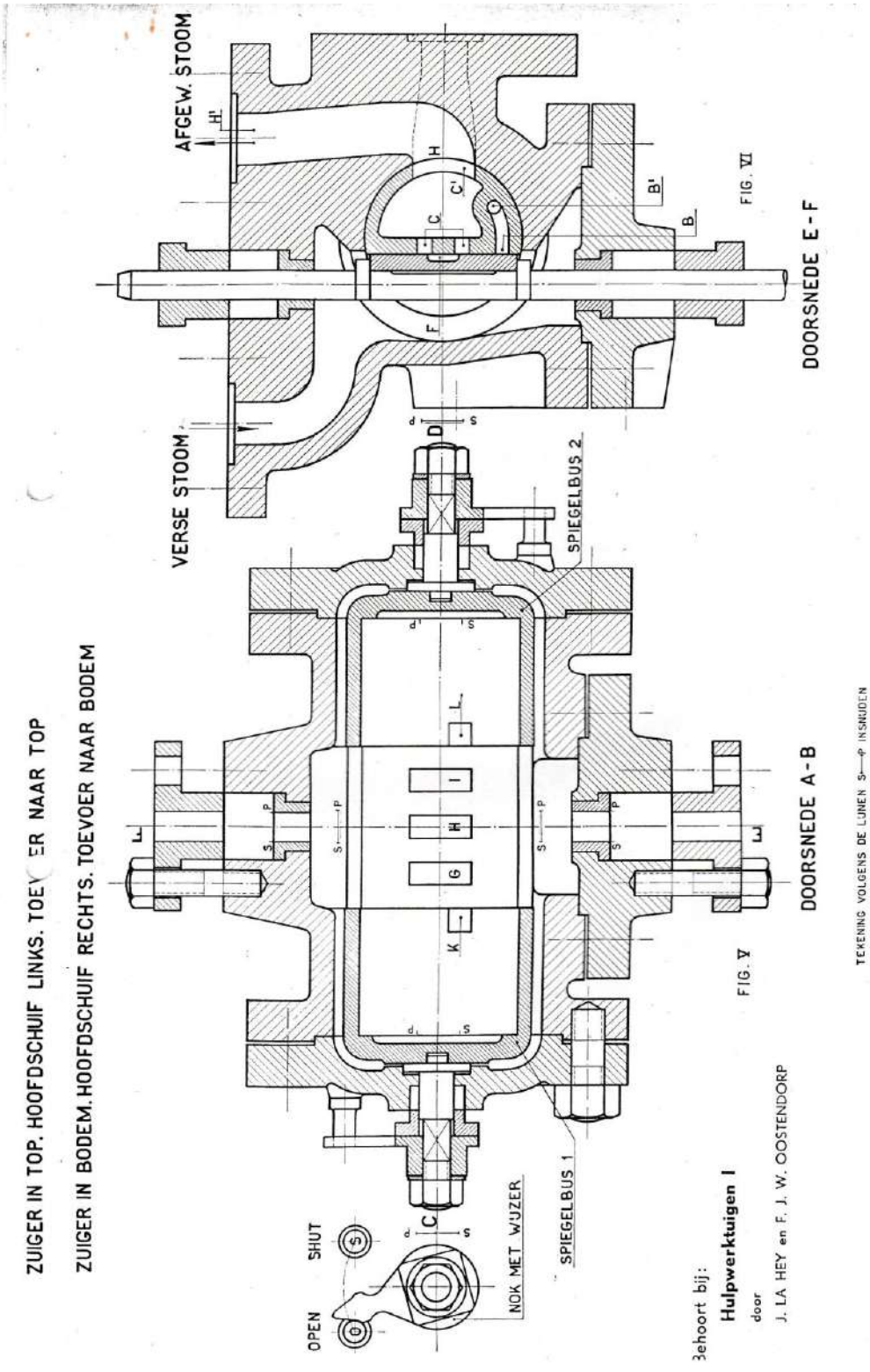
Wij nemen nu aan, dat de zuiger omhoog beweegt (hoofdschuif rechts in de fig. IV en V) en dat de hulpschuif de poort D in de vlakke spiegel van de hoofdschuif juist heeft gesloten. Spiegelbus 1 heeft men zo gedraaid, dat de onderzijde van de insnijding K gelijk komt met de onderzijde van de spiegelpoort G (in fig. V de hoofdschuif even oplichten). Wij zien dan, dat de insnijding K verbinding geeft met het horizontale deel van de poort D′. De v.s., die voortdurend rondom de spiegelbussen staat, kan nu via de insnijding K, het horizontale deel van poort D′ en de spiegelpoort G naar de bodemzijde van de cilinder stromen (ook in fig. IV de hoofd-schuif even oplichten). Deze extra-toevoer van v.s. blijft zo lang doorgaan, tot de hoofdschuif naar links overloopt, dus tot aan het einde van de slag. In dit geval wordt dan de vulling niet bepaald door de stand van de hulpschuif, maar door die van de hoofdschuif.

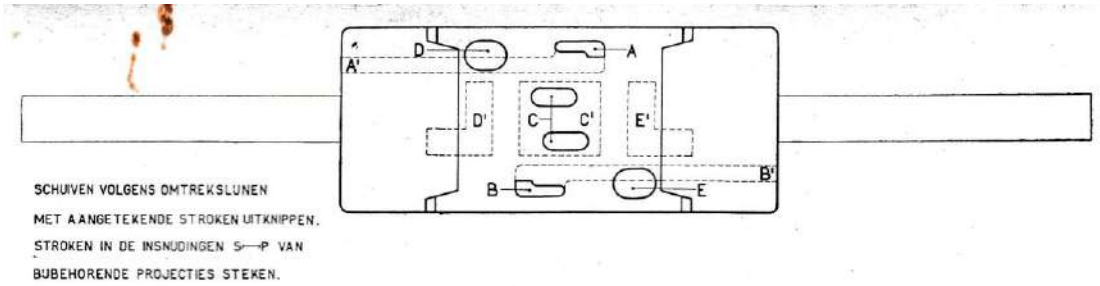
De werking van de spiegelbus 2 voor de topzijde is geheel gelijk aan die van spiegelbus 1 voor de bodemzijde.

Elke spiegelbus kan men met behulp van een asje, dat stoomdicht door het deksel passeert, van buiten af in de gewenste stand draaien. Hiertoe bevindt zich op elk asje een vierkante nok, waarop de open bek van de aanzetsleutel past. Elke nok is voorzien van een wijzer, die in uiterste standen tegen een pen aanloopt (zie figuur links van fig. V). Op de linker-aanslagpen staat een O, die „open" betekent en op de rechter-aanslagpen staat een S, die „shut" beduidt. Beide uitdrukkingen hebben betrekking op de uiterste stand van de insnijdingen K en L. Staat de wijzer tegen de aanslagpen O aan, dan is de verbinding tussen de insnijding K en horizontale insnijding van poort D′ geheel open. De pomp werkt dan als volledrukpomp. Plaatst men de wijzers in een tussenstand, dan komt de insnijding K met meer of minder opening in verbinding met de horizontale insnijding van de poort D′. Op deze wijze is de toevoer van v.s. gedurende het laatste 0,2 deel van de zuigerslag nog enigszins regelbaar. Staat de wijzer tegen de aanslagpen S aan, dan is de spiegelbus zo ver verdraaid, dat de insnijding K geheel blind staat en de vulling normaal eindigt op 0,8 deel van de zuigerslag.

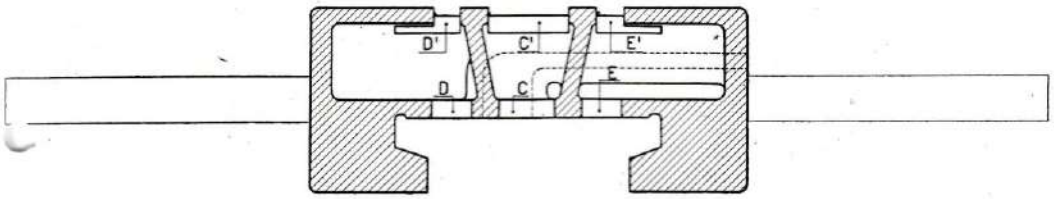
De wijzer van de top-spiegelbus wijst omhoog en die van de bodem-spiegelbus omlaag.

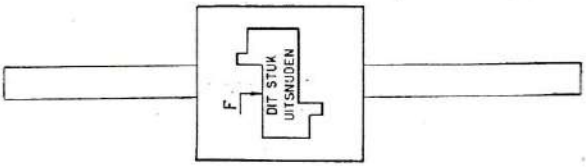

SCHUIFKAST WEIR'S POMP
SCHUIFKAST MET BUSSEN
FIG. I
SPIEGELBUS 2
SPIEGELBUS 1
HULPSCHUIF
HOOFDSCHUIF
FIG. II
SLAG VAN DE HULPSCHUIF
VERSE STOOM
AFGEW. STOOM
PERS
ZUIG
FIG. III
NAAR TOPZUDE
NAAR BODEMZUDE
NAAR AFGEW. STOOMLEIDING
FIG. IV
DOORSNEDE HOOFDSCHUIF OVER POORT E
DOORSNEDE C-D
TEKENING VOLGENS DE LIJNEN S—P INSNIJDEN


ZUIGER IN TOP. HOOFDSCHUIF LINKS. TOEVOER NAAR TOP
ZUIGER IN BODEM. HOOFDSCHUIF RECHTS. TOEVOER NAAR BODEM
AFGEW. STOOM
VERSE STOOM
SPIEGELBUS 2
SPIEGELBUS 1
NOK MET WIJZER
OPEN
SHUT
DOORSNEDE E - F
FIG. VI
DOORSNEDE A - B
FIG. V
TEKENING VOLGENS DE LIJNEN S—P INSNIJDEN
Behoort bij:
Hulpwerktuigen I
door
J. LA HEY en F. J. W. OOSTENDORP
N.V. Uitgeverij v.h. A. Kemperman — Haarlem, Antwerpen, Djakarta



SCHUIVEN VOLGENS OMTREKSLIJNEN
MET AANGETEKENDE STROKEN UITKNIPPEN.
STROKEN IN DE INSNIJDINGEN STOP VAN
BIJBEHORENDE PROJECTIES STEKEN.





Het verdient aanbeveling om:
1e. de schuiven uit te snijden langs een stalen liniaal op een cartonnen onderlegger;
2e. de aan de schuiven getekende stroken zo lang mogelijk te nemen en op lengte af te knippen als men ze in het model gepast heeft.

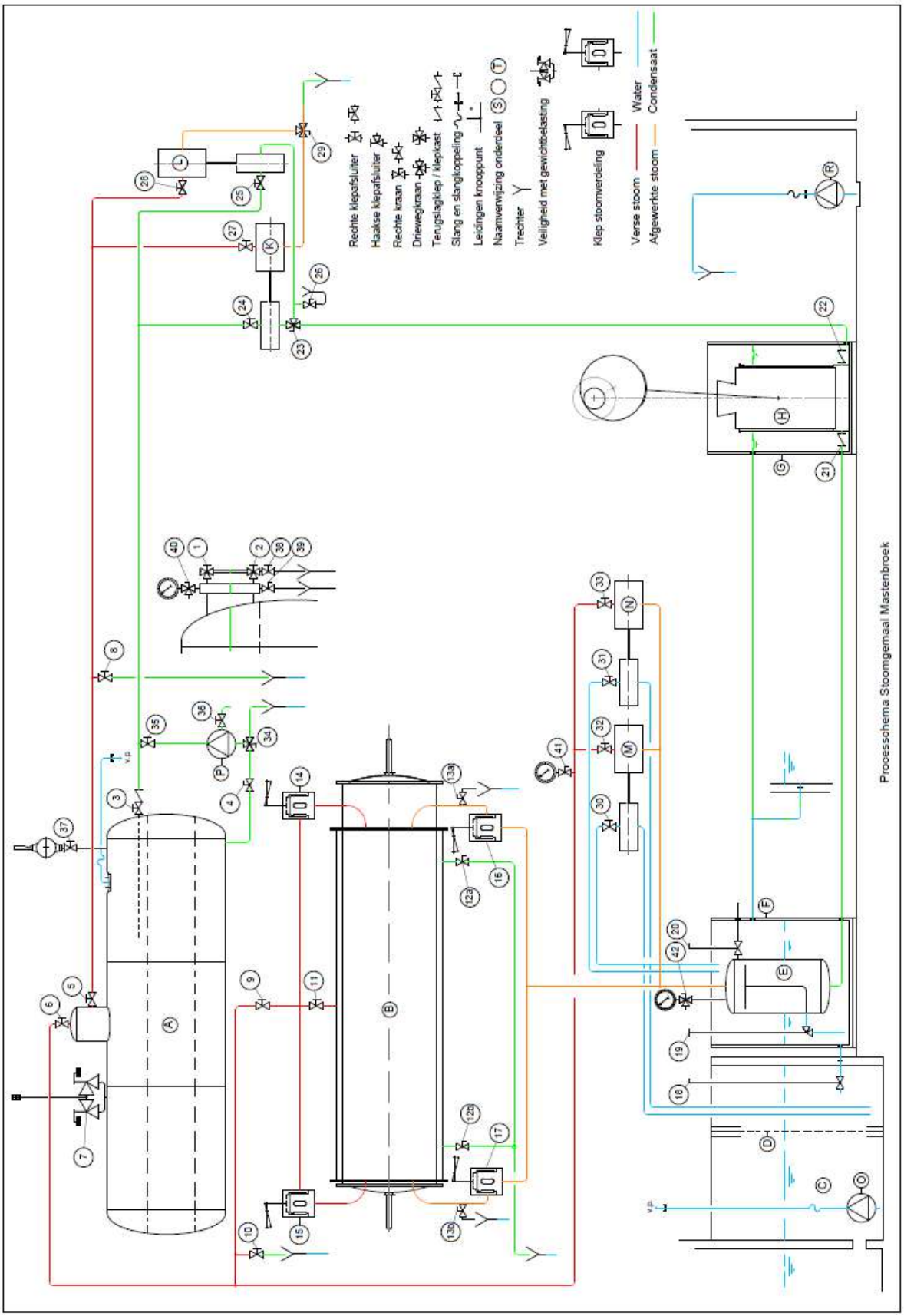
Bijlage 4 Processchema en lijst van afsluiters, kleppen en kranen

Lijst van afsluiters, kleppen en kranen

De nummers van de verschillende afsluitorganen zijn aangegeven bij het desbetreffende installatieonderdeel in het bijbehorende processchema van deze leidraad.

№	Benaming	
1	Peilglasafsluiter in bovenmontuur	Gewichtsbelaste valafsluiter
2	Peilglasafsluiter in ondermontuur	Gewichtsbelaste valafsluiter
3	Voedingwaterklepkast	Combinatie van terugslagklep en klepafsluiter
4	Spuikraan	Plugkraan (recht)
5	Hoofdstoomafsluiter voedingpompen	Klepafsluiter
6	Hoofdstoomafsluiter overige installatiedelen	Klepafsluiter
7	Veiligheid	Dubbel uitgevoerde veiligheid met gewichtsbelasting
8	Ontluchtingsafsluiter en condensaataftap	Klepafsluiter
9	Hoofdstoomregelafsluiter	Klepafsluiter (werkt als reduceerafsluiter)
10	Condensaataftap hoofdstoomleiding	Klepafsluiter
11	Voorwarmafsluiter cilindermantel	Plugkraan (recht)
12a	Aftap cilindermantel AZ	Plugkraan (recht)
12b	Aftap cilindermantel DZ	Plugkraan (recht)
13a	Aftap cilinder AZ	Plugkraan (recht)
13b	Aftap cilinder DZ	Plugkraan (recht)
14	Inlaatklep AZ	Klep met dubbele zitting (bediend d.m.v. excentriek en hefbomenstelsel)
15	Inlaatklep DZ	Klep met dubbele zitting (bediend d.m.v. excentriek en hefbomenstelsel)
16	Uitlaatklep AZ	Klep met dubbele zitting (bediend d.m.v. excentriek en hefbomenstelsel)
17	Uitlaatklep DZ	Klep met dubbele zitting (bediend d.m.v. excentriek en hefbomenstelsel)
18	Koelwater toevoerkraan	Plugkraan (recht)
19	Injectiewater regelafsluiter	Plugkraan (haaks)
20	Snuifkraan of luchttoevoerkraan	Plugkraan (recht) (regelt het vacuüm)
21	Inlaatklep weeswater	Terugslagklep
22	Uitlaatklep weeswater	Terugslagklep
23	Zuigkraan ketelvoedingwaterpompen	Driewegplugkraan
24	Persafsluiter duplexpomp ketelvoedingwaterpomp	Klepafsluiter
25	Persafsluiter simplex ketelvoedingwaterpomp	Klepafsluiter
26	Chemicaliën toevoerkraan	Plugkraan (recht)
27	V.S.-afsluiter ketelvoedingwaterpomp	Klepafsluiter
28	V.S.-afsluiter ketelvoedingwaterpomp	Klepafsluiter
29	A.S.-kraan ketelvoedingwaterpompen	Drieweg plugkraan
30	Persafsluiter grote duplexpomp condensorkoelwater	Klepafsluiter
31	Persafsluiter kleine duplexpomp condensorkoelwater	Klepafsluiter
32	V.S.-afsluiter grote condensorkoelwaterpomp	Klepafsluiter
33	V.S.-afsluiter kleine condensorkoelwaterpomp	Klepafsluiter

34	Zuigkraan ketelwatercirculatiepomp	Drieweg plugkraan
35	Persafsluiter ketelwatercirculatiepomp	Klepafsluiter
36	Aftapafsluiter ketelwatercirculatiepomp	Klepafsluiter
37	Afsluiter blackfluit	Klepafsluiter
38	Aftap peilglas	Klepafsluiter
39	Aftap peilglasconsole	Plugkraan (recht)
40	Manometerkraan met meetflens	Drieweg plugkraan
41	Manometerkraan	Plugkraan (recht)
42	Manometerkraan	Drieweg plugkraan


Rechte klepafsluiter
Haakse klepafsluiter
Rechte kraan
Driewegkraan
Terugslagklep / klepkast
Slang en slangkoppeling
Leidingen knooppunt
Naamverwijzing onderdeel
Trechter
Veiligheid met gewichtbelasting
Klep stoomverdeling
Verse stoom
Afgewerkte stoom
Water
Condensaat
Processchema Stoomgemaal Mastenbroek