

geringe spelingen in het precisiewerk, zodat het gewone bedieningspersoneel aan de onderdelen zelf maar weinig kan veranderen en repareren.

Het werk van de wachtdoende machinist bepaalt zich dan ook bij een turbine in hoofdzaak tot het *geregeld* noteren van de aanwijzingen van alle druk- en temperatuurmeters enz., zodat de bedrijfsleiding een goed overzicht krijgt van het gedrag der machine. Ook moet de machinist letten op elk nieuw geluid, dat afwijkt van het normale geraas der turbine. Door tijdig in te grijpen, kunnen grote storingen en dure reparaties worden voorkomen.

Het verdient aanbeveling, een turbine op geregelde tijden, bv. elke 7000 bedrijfsuren of elke 2 jaar, aan een grondige *revisie* te laten onderwerpen door de leverancier zelf, althans door bevoegd personeel

Leidende en geleide technici tezamen vormen een groot deel, waarschijnlijk de meerderheid der actief werk verrichtende mensen. Zij zijn daardoor mede aansprakelijk voor het beheer van het geestelijk goed, van de vruchten van vele eeuwen van menselijke bemoeiingen.

HOOFDSTUK XVI.

DE CONDENSOR.

Om de warmteval voor de werking van een stoomwerktuig naar beneden te vergroten, dient de *condensor*. Brengt men stoom in aantaking met water van lagere temperatuur, dan zal de stoom zijn warmte aan dat water afgeven. De stoom koelt dus af en het water stijgt in temperatuur. Voert men slechts voldoende koud water toe, dan zal men tot een temperatuurevenwicht komen, dat hoe langer hoe meer de temperatuur van het afkoelingswater nadert, en bedenkt men nu, dat bij de afkoeling van stoom tot water van dezelfde temperatuur de verdampingswarmte vrijkomt, een warmtehoeveelheid, welke per kg stoom ongeveer 600 kcal bedraagt, dan is het duidelijk, dat voor deze afkoeling grote hoeveelheden water nodig zijn. Heeft men stoom van 1 at overdruk af te koelen met water van 20 °C en stelt men daarbij de eis, dat de eindtoestand zal zijn water van 30 °C, dan zijn aan 1 kg stoom te onttrekken 645,8 — 30 = 615,8 kcal. Daar nu ieder kg water slechts 10 kcal kan opnemen, is dus per kg stoom nodig 61,58 = rond 62 kg water.

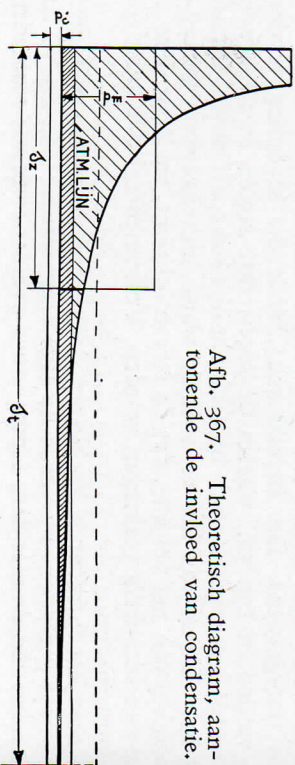
De warmteonttrekking op zichzelf zou geen voordeel brengen. Het brengt pas voordeel, zodra er voor gezorgd wordt, dat daarmee ook de druk wordt verlaagd, omdat dan de expansie van de stoom verder kan worden doorgevoerd. Dat bereikt men, door die afkoeling te doen plaats vinden in een vat, waarin de afgewerkte stoom met het koelwater wordt gemengd, doch de buitenlucht niet kan toestromen. Immers omdat het volume van het verwarmde water buitengewoon gering is ten opzichte van het volume, dat de stoom inneemt, zal door deze afkoeling een *luchtleiding* verkregen worden. Volkomen zal dat luchtleidig nooit kunnen zijn.

Wanneer het intredende koelwater, dat uit nortonputten of buitenwater wordt genomen, nu reeds de lage temperatuur van 10 °C zou hebben, dan zou de met deze temperatuur overeenkomende stoomdruk

ongeveer 0,0125 at absoluut zijn, dus een luchtledig van 98,75 %. Daar het koelwater echter verwarmd wordt door het neerslaan van de stoom, is dit gedeeltelijk luchtledig reeds om deze reden niet bereikbaar. Zo zou bij een temperatuur van het afloeiwater van 30 °C de daarmee overeenkomende stoomdruk circa 0,043 at bedragen, of het luchtledig 95,7 %. Door luchttekage in pijpleidingen en pakkingbussen en door lucht uit het koelwater en ketelvoedingswater komt er bovendien in de condensor steeds enige lucht, die een zekere ruimte inneemt, waardoor het beschikbare luchtledig nog geringer wordt.

De condensatie-inrichting zal dus moeten bestaan uit een luchtdicht gesloten vat, waarin de stoom met het koelwater wordt samengebracht en de condensatie, zg. *mengcondensatie*, plaats vindt, alsmede uit een pomp, welke er voor zorgt, dat de meegekomen lucht uit dat vat wordt verwijderd. Tevens moet die pomp het water uit dat vat verwijderen, want anders was het in een ogenblik vol met de grote hoeveelheid water, die nodig is, om de stoom te condenseren. Dit vat heet de *condensor*, de pomp noemt men de *luchtpomp*.

Het voordeel, dat de condensatie kan geven, demonstreert het theoretisch diagram, afb. 367. Bij de zuigmachine met haar onvolledige expansie (zie blz. 362) komt de arbeidswinst bij gelijke vulling, m.a.w. de vermindering van het stoomverbruik per pkh, overeen met de rechtehoek, gevormd door de onderdruk in de condensor, d.i. atmosferische druk-condensor p_c en de zuigerslag s_z . Men ziet, dat deze smalle strook slechts een gering deel uitmaakt van de arbeid van de zuigermachine, voorgesteld door het oppervlak, dat de gemiddelde druk p_m geeft. Een geringe verbreding, d.w.z. een hoger luchtledig, vermindert p slechts weinig en met hoger luchtledig is dus niet veel te besparen. Daarentegen is bij volledige expansie, zoals bij de turbine, de gemiddelde druk, door de stippe lijn aangegeven, veel lager en is de arbeidswinst door verhoging van het luchtledig veel groter.



Afb. 367. Theoretisch diagram, aantonnende de invloed van condensatie.

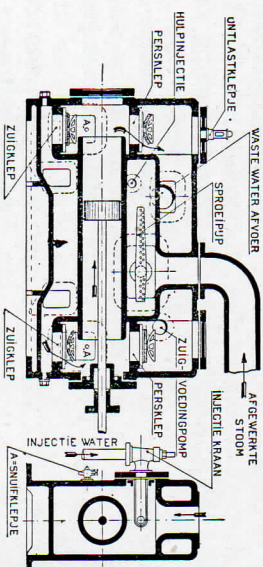
De hogere aanschaffingskosten en plaatsruimte voor een grote condensatie-inrichting zijn dus al spoedig niet lonend voor een zuigermachine, en door smoorverliezen, ten gevolge van de snelle stijging van de stoomsnellheid door de zeer grote volumetoename van de stoom (tabel blz. 12) bij verhoging van het vacuüm, de afkoelingsverliezen en het grotere krachtverbruik, is hier een vacuüm boven 90 % zelfs nadelig. Anders is dit echter bij de turbine, waarbij de condensatie-inrichting dus veel groter wordt, ten einde het luchtledig zo hoog mogelijk op te voeren.

Bij de oude horizontale landmachines van niet te groot vermogen vindt men nog de *horizontale* als viertakte kast gegoten *injectiecondensor* in het verlengde van de L.D.-cilinder opgesteld (afb. 368) en in het midden daarvan zijn de pompcilinder en -zuiger van de, in dit geval dubbel werkende *luchtpomp* aangebracht. De zuiger is direct bevestigd op het verlengde van de zuigerstang. Boven de pompcilinder is een roodkoperen sproeiopijp aangebracht, met dichte eind en een groot aantal gaatjes.

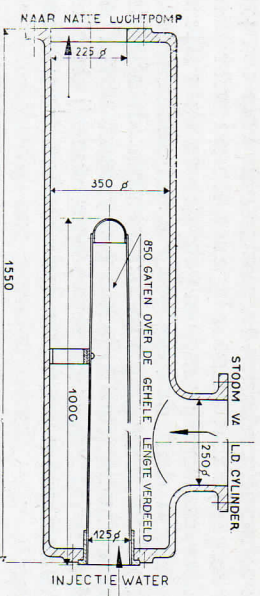
Wanneer de machine in bedrijf wordt gesteld, begint de luchtpomp direct te werken en door het dan ontstane luchtledig wordt het injectiewater naar binnen gezogen. De afgewerkte stoom ontmoet de talrijke waterstralen uit de injectiepijp en wordt neergelagen. Deze condensors zijn voor de gebruikelijke niet grote vermogens niet kostbaar, de luchtpomp is zeer groot en de doorsnede der kleppen ruim. De aandrijving is bovendien zeer eenvoudig, en daar de oude stoommachines een geringe zuigersnellheid hebben, gaf deze aandrijving ook geen bezwaren.

Mocht de luchtpomp tengevolge van te grote zuigweerstand niet direct „aanslaan”, dan stelt men de zg. *hulpinjectie* in werking.

Door een kraan op de injectieruimte laat men daarin water toe uit een hoogstaand reservoir of uit de waterleiding van de gemeente. Het



Afb. 368. Horizontale achterliggende injectiecondensor met luchtpomp.



Afb. 369. Ondergrondse injectiecondensor. „Baacker en Rueb“, Breda.

zo ingevoerde koude water is gewoonlijk voldoende om een zodanig luchtledig te doen ontstaan, dat de sproeiopij gaat werken, waarna de hulpinjectie afgesteld kan worden.

De gehele condensatie-inrichting is bovengronds en dit brengt niet alleen geringe fundatiekosten mee, doch in ons land met zijn hoge grondwaterstand is het een voordeel, het zonder kelderruimte te kunnen doen. Hoog luchtledig is bij zuigermachines geen vereiste, en op een hoog nuttig effect werd toen nog niet zo gelet, zodat de grote schadelijke ruimte, welke de stand der pers- en zuigkleppen mee-brengt, dan geen bezwaar is. De *luchtpomplekken* bestaan uit ronde platen van rubber, die zich, om te openen, tegen de ronde borgombuigen. Deze rubber kleppen moeten nogal eens vernieuwd worden en lopen kans te verbranden, wanneer bij aanzetten stoom wordt ingelaten en de kleppen niet door achtergebleven water daartegen beschermd zijn.

Bij toeneming van het aantal omwentelingen der moderne stoommachines werd bij directe verbinding met de L.D.-zuigerstang de snelheid van de pompzuiger te groot, om een stootvrije gang te verzekeren. De luchtpomp wordt daarom thans gewoonlijk ondergronds geplaatst en aangedreven vanaf de krukas door middel van een excentriek of vanaf het einde van de krukas door middel van een opgekrompen kruk, dan wel wanneer de kruk overhangend is, door een zg. *tegenkruk* (afb. 318), zodat men de zuigersnelheid, eventueel door toepassing van een hef-boomstelsel, geheel in de hand heeft.

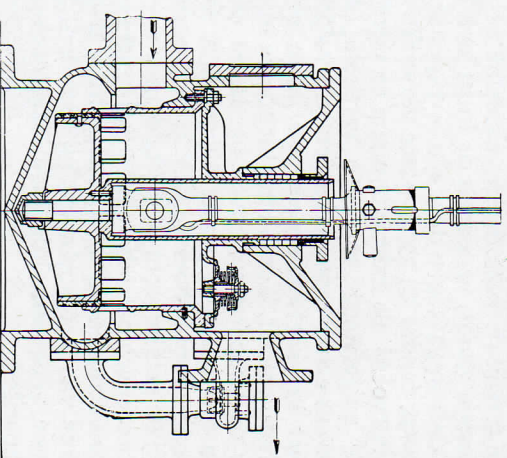
De injectiecondensor is thans een eenvoudige cilinder, een soort verwijld gedeelte der afgewerkte-stoomleiding, waarin de sproeiopij is aangebracht, en de afgewerkte stoom wordt neergeslagen (afb. 269, 270, 271 en 369).

In afb. 269 en 270, waar de thans veel gebruikte condensatie-inrichting zichtbaar is, ziet men een *Edwards-luchtpomp* (afb. 370) opgesteld. Bij dit verticale luchtpomptype verkrijgt men niet alleen

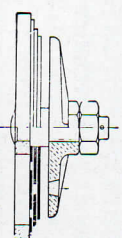
een geringer aantal kleppen, doch tevens een beter nuttig effect. Hierbij kiest men een zuiger zonder kleppen, met toestroomopening even boven de laagste zuigerstand, zodat ook de voetkleppen vervallen. Alleen de topkleppen blijven bestaan. De bodem van de pompcilinder is kegelvormig verdiept. Gaat de zuiger naar beneden, dan sluiten de topkleppen af en boven de zuiger komt een luchtledig, dat nu groter kan worden dan bij de oudere wijze luchtpomp, omdat de constructie nu toelaat, de schadelijke ruimte sterk te verkleinen. Komt de zuiger in de onderste stand, dan komen de openingen naar de condensor vrij en door het grotere luchtledig, dat boven de zuiger heerst, en door de lagere stand van de pomp, stromen water en lucht toe. Bij de opgaande beweging sluit de zuiger vrij spoedig de toevoer uit de condensor af, de lucht wordt samengepakt, de topkleppen gaan open, en de pomp perst water en lucht naar buiten.

Thans zijn de rubber *luchtpomplekken* algemeen vervangen door enige dunne ronde plaatjes van mangaanbrons of hard messing, die zich bij opening recht op en neer bewegen tussen zitting en vlakke borg (afb. 371) of door kopenluchtpomplekken aangedrukt door roodkoperen veer met aanslag.

Iedere machinist zal opgemerkt hebben, dat de *injectiekraan* (afb. 368) een *gunstigste stand* heeft, d.w.z. zowel bij mindere als bij meerdere opening daalt het luchtledig. Dat het luchtledig beter wordt bij toelaat van een grotere hoeveelheid injectiewater, behoeft geen nadere verklaring. Laat men echter zoveel water toe, dat de capaciteit van de luchtpomp voornamelijk gebruikt wordt om het injectiewater te verwerken, dan wordt de



Afb. 370. Enkelwerkende Edwards-luchtpomp. Stork, Hengelo.



Afb. 371. Metalen luchtpomplekken.

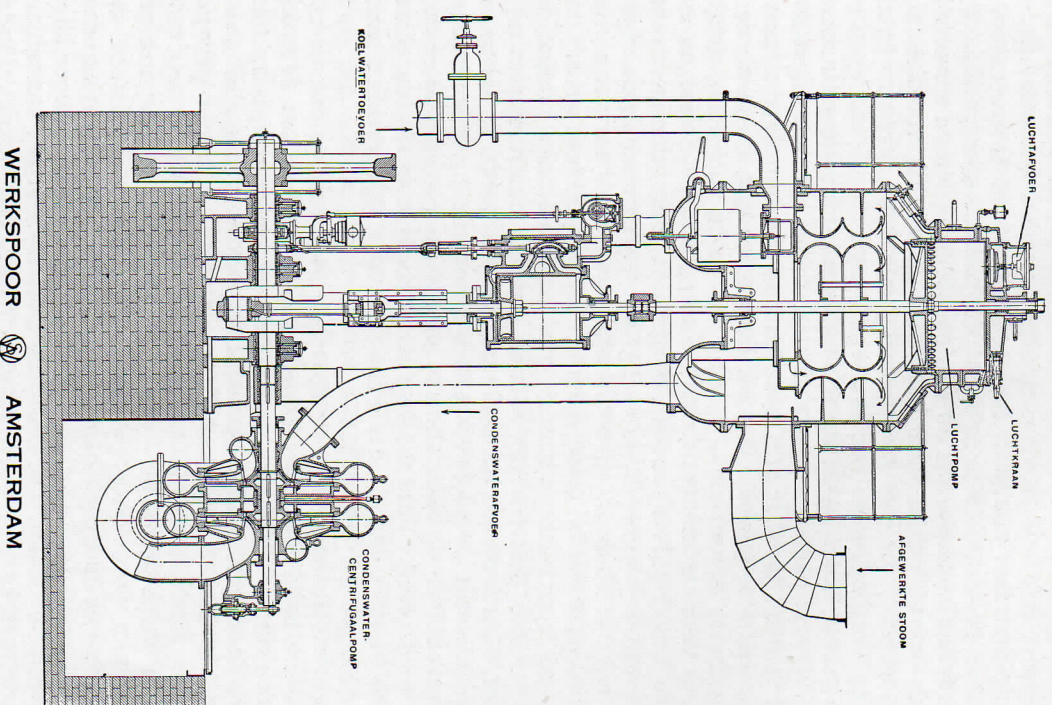
in de condensor komende lucht, die minder gemakkelijk naar de pomp-cilinder stroomt, in geringere mate verwijderd. Deze lucht hoopt op en vermindert het luchtledig.

Bij de hiervoor behandelde mengcondensors bewegen het water en de stoom zich in gelijke richting, daarom worden zij *gelijkstroom-mengcondensors* genoemd, en de luchtpomp heet, omdat zij lucht en water verwerkt, *natte luchtpomp*.

Bij de *tegenstroom-mengcondensors* wordt het koelwater door het vacuüm omhoog gezogen (afb. 372) of door een pomp opgedrukt (afb. 382) en laat men dat, fijn verdeeld en verschillende watergordijnen vormend, over verschillende trappen van verdieping tot verdieping naar beneden vallen, terwijl de stoom zich naar boven beweegt, om door de innige aanraking met het koelwater te condenseren, en de lucht wordt afgekoeld. De lucht en de waterdamp zoeken zich een weg naar boven en terwijl de waterdamp geleidelijk gecondenseerd mee naar boven genomen wordt, verzamelt de lucht zich boven in de condensor, waar zij wordt weggezogen door een luchtpomp, in dit geval dus een *droge luchtpomp*, omdat zij geen water verwerkt. Deze luchtpomp is in afb. 372 uitgevoerd als Edwards-pomp en wordt gedreven door koppeling met de zuigerstang van een verticale éénclinderstoommachine, welke tevens een tweewaaterige centrifugaalpomp drijft, die het condenswater, met het koelwater gemengd, naar goed ontlucht, afzuigt en verder transporteert. Terwijl het luchtledig in de gehele condensor gelijk blijft, is de temperatuur boven het laagst en wordt de lucht dus afgekoeld en met gering volume weggezogen, zodat de luchtpomp niet overbodig groot behoeft te zijn. Is hiervoor aangehouden, dat het afvloeiwat bij de gelijkstroom-mengcondensor zo verwarmd wegstroomt, dat het theoretisch bereikbare luchtledig zeer beperkt moet blijven, bij de tegenstroomcondensor kan het luchtledig dalen overeenkomstig de temperatuur van het koelwater bij intreden. Het koelwaterverbruik is daarvoor voor eenzelfde luchtledig geringer, en hiermee ook de pomp-capaciteit.

Tevens kan het koelwater verwarmd worden tot de temperatuur van de afgewerkte stoom, en dit is van waarde voor het doel, waarvoor deze zg. „Vacuümachine van Werkspoor” (afb. 372) dient. In grote fabrieken, waar vele verspreid liggende stoomverbruikende apparaten met vacuüm moeten werken, past men doelmatig één centrale condensor toe, en veelal loont het bovendien rijkelijk het warme water te verzamelen, om het na afkoeling weer als injectiewater te gebruiken. Deze *centrale condensor* wordt o.a. veel in suikerfabrieken toegepast.

Bij de mengcondensor wordt de afgewerkte stoom met het injectiewater vermengd en vloeit dit weg met een temperatuur van 30 tot 35 °C.



Afb. 372. Tegenstroom-mengcondensor voor centrale condensatie.