LÆREBOG

FOR

KEDELPASSERE

AF

ERIK DREWSEN

DAMPKEDELINSPEKTØR

I KØBENHAVN

G. E. C. GADS FORLAG — KØBENHAVN 1949

INDHOLDSFORTEGNELSE

AFSNIT 1. ALMINDELIGT

Side

Kapitel 1. Indledning 9

Kedelpasserens opgaver og pligter. Formålet med et kedelanlæg. Kedelanlæggets forskellige dele.

Kapitel 2. Materialerne 12

Jern. Støbejern. Smedeligt jern og stål. Stålfremstillingen. Andre metaller.

Kapitel 3. Brændslet 20

Træ. Tørv. Brunkul. Kunstige, faste brændstoffer. Flydende brændstoffer. Opbevaring af brændstoffer.

Kapitel 4. Fødevandet og dets behandling 26

Vand. Afhærdning ad kemisk vej. Afhærdning ad termisk vej.

Kapitel 5. Grundbegreber 44

Legemers opvarmning. Termometret. Luftens tryk. Vandets fordampning.

Kapitel 6. Forbrændingen 54

Kapitel 7. Varmeoverføringen i dampkedler 59

Stråling. Ledning. Konvektion. Skorstenen. Tab og virkningsgrad.

AFSNIT 2. DAMPKEDLEN

Kapitel 8. Ildstedet. Fyringsmåder 71

Fyring på faststående riste. Planristen. Skråristen. Trapperisten. Kulstøvfyring. Oliefyring. Trækkene.

Kapitel 9. De forskellige dampkedeltyper 90

De vigtigste kedeltyper. Kedlernes bygning. Opretstående kedler. Liggende kanalkedler. Cylindriske underfyringskedler. Trækrørskedler. Kombinerede kedler. Vandrørskedler. Skrårørskedler. Stejlrørskedler. Særlige kedeltyper. Bevægelige kedler. Skibskedlen.

Side

Kapitel 10. Hjælpeindretninger ved dampkedler 125
Overheder. Forvarmning ved hjælp af damp. Economiser. Luftforvarmer.

Kapitel 11. Dampkedlens armatur 131
Vandstandsmærke. Vandstandsviser. Prøvehaner. Fødemidler. Fødevandsregulator. Fødeledningen. Udblæsningshanen. Trykmålere. Kontrolflangen. Sikkerhedsventilen. Dampledninger m. m. Fyrværktøjet.

Kapitel 12. Kedlens daglige drift 158
Opfyring. Under drift. Kedelrensning. Røganalyser.

Kapitel 13. Dampkedelskader 173
Tæringer. Revner og brud. Formforandringer. Tilsyn med dampkedler.

AFSNIT 3. DAMPMASKINEN

Kapitel 14. Oversigt 181
Varme og arbejde. Oversigt over dampmaskinen. Dampfordelingen. Dampdiagrammet. Fyldningsgraden. Varmeudveksling mellem damp og cylinder. Damptrøje og overhedning. Dampstyringen. Dobbelte glidere. Ventilstyring. Indikatoren.

Kapitel 15. Forskellige former for dampmaskinen 202
En-cylinder maskinen. Den opretstående maskine. Tandemmaskinen. Compoundmaskinen.

Kapitel 16. Dampmaskinens enkelte dele 209
Cylinderen. Gliderkassen. Dampstemplet. Stempelstangen. Pakdåser. Krydshovedet. Plejlstangen. Krumtappen. Ekscentrik. Svinghjulet. Regulatoren.

Kapitel 17. Kondensation 221
Indsprøjtningskondensator. Overfladekondensator. Graderværker.

FORORD TIL 2. UDGAVE

Denne lærebog, der er bestemt til at benyttes ved forberedelsen til den i loven om tilsyn med dampkedler på landjorden påbudte kedelpasserprøve, udsendes herved i 2. udgave.

Der er heri kun foretaget mindre ændringer; en del af stoffet er trykt med mindre skrift, og dette stof vil ikke blive gjort til genstand for eksamination ved kedelpasserprøven.

ERIK DREWSEN.

KAPITEL I

INDLEDNING

Kedelpasserens opgaver og pligter.

En kedelpassers pligter og opgaver har to sider, der dog ikke er skarpt adskilte. På den ene side er det af største vigtighed, at alle sikringsmæssige forhold iagttages, på den anden side må kedelpasseren også forstå at passe det ham betroede kedelanlæg på den mest økonomiske måde.

Enhver kedelpasser bør i sin gerning altid have sin opmærksomhed henvendt på sikringsforanstaltningerne; svigter han på afgørende punkter her, kan der ikke alene ske ulykke for ham og skade på kedlen, men også på de kedlen omgivende bygninger og derigennem på hans arbejdskammerater. Ligeledes må han være vidende om, at det er hans pligt at udnytte det brændsel, der står til hans rådighed, på den bedste måde. Da vi her i landet er henvist til at benytte brændsel, der for største delen må indføres fra andre lande, vil ethvert spild fra hans side være en udgift, der belaster samfundet.

Han må derfor være i besiddelse af så megen sagkundskab, at han ved, hvad han skal gøre i påkommende tilfælde, hvis der skulle ske noget med dampkedlen eller dennes hjælpemaskineri, og han må vide, hvorledes han kan udføre sin fyring på den mest forsvarlige måde.

Formålet med et kedelanlæg.

Et dampkedelanlæg har det formål ved en forbrænding af et brændselsstof at forvandle den i dette kemisk bundne varme til fri varme, der så igen anvendes til omdannelse af en i en lukket

beholder værende vædske til damp af et tryk, der er højere end atmosfærens. Den damp, der derved udvikles, anvendes til brug udenfor selve kedlen, enten til mekanisk arbejde i en kraftmaskine — stempelmaskine eller dampturbine — eller til varme, der skal anvendes i forskellige apparater til kogning eller til andet formål. Store mængder damp anvendes til opvarmning af lokaler, og i mangfoldige industrier benyttes dampen til kogning, inddampning, tørring og lignende processer, alt efter virksomhedens art.

Kedelanlæggets forskellige dele.

Skal et dampkedelanlæg opfylde de forskellige krav, der stilles til det, er det nødvendigt, at det er sammensat af forskellige dele, der tilsammen udgør et hele; de vigtigste dele er ildstedet, der ved større kedelanlæg i reglen er i forbindelse med et kultransportanlæg, selve dampkedlen, overheder, fødevandsforvarmer, fødepumper og vandrensningsanlæg. Hertil kommer så under særlige forhold anordninger, der frembringer kunstigt træk og muligvis forvarmning af den luft, der skal anvendes til dette træk.

Fra dampkedlen føres dampen til de forskellige arbejdssteder i dampledninger.

I ildstedet foregår forbrændingen af brændslet. Fra den foran ildstedet liggende fyrplads føres brændslet enten ved håndkraft eller ad mekanisk vej ind i ildstedet og forbrændes her på riste. Affaldsproduktet, asken, fra brændslet kan ligeledes enten ved håndkraft eller mekanisk efter forbrændingen fjærnes fra ildstedet. Forbrændingsprodukterne, røggassen, afgiver på vejen gennem kedelanlægget varme til kedelvæggene, der så igen afgiver den modtagne varme til kedelvandet, der ligger bag kedelvæggene. Røggassen kan gå gennem overheder og fødevandsforvarmere, for her at afgive endnu mere varme og føres så sluttelig gennem skorstenen til fri luft.

I dampkedellegemet indesluttes det vand, hvoraf dampen skal dannes. Kedelvæggene må være sådan konstruerede og beregnede, at de er i stand til at modstå det tryk, der fremkommer ved dampens indvirkning. Det materiale, der bedst kan

modstå de store tryk, der fremkommer i en dampkedel, er stål, hvorfor da også kedellegemet så godt som altid er dannet som cylindriske beholdere eller rør, der let kan fremstilles af dette materiale. Da det er nødvendigt at rense kedlen indvendig, forsynes den med mandehuller, der har en sådan størrelse, at beholderen kan befares indvendig, eller med rensehuller af et sådant areal og med en sådan beliggenhed, at en god rensning kan foretages. Såvel mandehul som rensehuller må lukkes vand- og damptæt under kedlens brug.

Indvendig i kedlen skelnes mellem vand- og damprum. Skillefladen mellem disse to dannes af vandspejlet, hvis højde i kedlen kan ses i vandstandsglassene. Vandspejlet eller, som det i reglen kaldes, vandstanden må ikke komme længere ned end til et på kedlen siddende mærke, laveste vandstand, der i følge kedelloven skal være anbragt således, at en betryggende sikkerhed opnås.

I overhederen overhedes dampen, hvorved der sker en tørring og en forhøjelse af dens temperatur — og til ca. 500°. Overhederen består af stålrørsslanger, der enten kan anbringes i et af de første kedeltræk eller i selvstændigt murværk udenfor selve dampkedlen.

Fødevandsforvarmeren er anbragt bagved selve kedelanlægget, og heri opvarmes fødevandet ved hjælp af røggassen, umiddelbart før denne går op i skorstenen. Disse forvarmere — economisere — består som regel af støbejernsrør, sjældnere af stålrør.

Såvel dampkedlen som overheder og forvarmer er forsynet med armatur, der kan bestå af trykmålere, vandstandsvisere, sikkerheds- og andre ventiler.

Fødepumperne tjener til at sætte vand på kedlen. Loven forlanger, at hver kedel skal være forsynet med to af hinanden uafhængige pumper, der hver for sig ved normal ydelse er i stand til, under fuldt kedeltryk og størst mulig dampudvikling, at hæve vandstanden i kedlen. Der findes forskellige slags pumper: strålepumper (injectorer) eller stempelpumper, der begge anvendes ved mindre anlæg, og centrifugalpumper ved større kedler.

Vandrensningsanlæg skal tjene til at uskadeliggøre de stoffer, der findes i råvandet. Disse ville ellers tilslamme kedlen og angribe kedelvæggene.

KAPITEL II

MATERIALERNE

Jern.

Jern og stål er de vigtigste af alle forekommende metaller og er de metaller, der anvendes mest i dampkedelindustrien. Jern har den egenskab, at det meget let kan forarbejdes. Det anvendes i to hovedformer: støbejern og smedejern.

Som støbejern anvendes det til støbning af jerngenstande, idet støbejern ved opvarmning går over i smeltet tilstand, og af det flydende jern kan dannes det stykke, man ønsker sig. Smedeligt jern bliver blødt ved opvarmning og kan i den tilstand bearbejdes under hammer.

Forskellen mellem de to forskellige forekomster af jern ligger i forskelligt indhold af kulstof, og det gælder da om at behandle det i naturen oprindeligt forekommende jernmalm på en sådan måde, at det færdige produkt netop har den mængde kulstof, der medfører de egenskaber, der ønskes.

Kemisk rent jern bruges ikke meget i teknikken, hvorfor der da også kun fremstilles ringe mængder deraf. Da det jern, der anvendes, er blandet med andre stoffer, hovedsagelig kulstof, taler man om en legering.

Jernet findes i jorden som jernerts eller jernmalm, og heraf sker udvindingen. De vigtigste jernmalme, der anvendes til fremstilling af jern, er magnetjernsten, brunjernsten, jernglans og jernspat; men for at det kan betale sig at anvende disse malme, må de helst indeholde mindst 25 à 30 % jern.

Det produkt, der ligger til grund for fremstillingen af de forskellige jernlegeringer, kaldes råjern. Dette råjern udvindes af jernmalmene ved en såkaldt reduktion i højovne. I disse højovne opvarmes malmene med cinders eller trækul, og malmene tilføres ovnene i knust tilstand. Ved den stærke opvarmning udvindes råjern, idet malmenes forbindelse med andre stoffer

hæves ved kulstoffets indvirkning. Da malmene er forurenede med stoffer som lerjord, kalk, kiselsyre og andre, tilsættes et tilslag, der går i forbindelse med urenhederne og danner en letsmeltelig slagge, der kan fjernes. Det er i reglen kalksten eller dolomit, der anvendes som tilsatsmateriale.

I højovnen foregår følgende proces. I den øverste del af ovnen sker der en forvarmning af råstofferne, hvorved de afvandes; den fra de indblandede cinders opstigende kulilte begynder at virke reducerende på dem, idet der dannes jernmellemilte, der går til bunds i ovnene. Da varmen ned gennem ovnen er stigende, fortsættes reduktionen, således at jernet bliver renere og renere, men samtidig optages der kulstof fra trækullene. Gennem højovnene blæses fra neden forvarmet luft, der omdannes til kransgas (gigtgas). Derved sker der en stigning af temperaturen, således at gennemblæsning virker besparende på processen. Endvidere kan den udvundne gigtgas anvendes udenfor højovnene, idet den bruges til forvarmning af den luft. der blæses med. Gigtgassen kan også anvendes til drift af de kraftmaskiner, der driver blæserne, idet gassen indeholder indtil 25 % kulilte og kan benyttes til drift af gasmaskiner.

Det smeltede råjern aftappes forneden i højovnens bund og kan derefter bruges til fremstilling af de andre legeringer. Det findes i mange forskellige forekomster, alt efter indholdet af såvel kulstof som andre grundstoffer, såsom silicium, svovl, fosfor, mangan og andre, der hver for sig giver råjernet visse egenskaber, der har betydning for dets senere anvendelse. Kulstofindholdet varierer mellem 2 og 7,5 %, men er oftest 3 %. Råjernet er støbeligt, men kan ikke anvendes til smedning. Dets smeltepunkt ligger omkring 1100° C. Det udstøbes i blokke og kaldes enten gråt råjern eller hvidt råjern, alt efter det udseende brudfladen af råjernet har. Det grå råjern anvendes til fremstilling af støbejern, medens det hvide anvendes til fremstilling af smedeligt jern.

Støbejern.

Støbejern udvindes af råjernet ved en almindelig omsmeltning i jernstøberierne i de såkaldte kupolovne. Det blandes i

disse med affaldsjern, og der sker så tilsætning af kul og kalk. Støbejern indeholder mindst 2,5 % kul, men tillige silicium, mangan, fosfor eller svovl, der alle har stor indflydelse på jernets egenskaber. Det færdige støbejern tappes i flydende tilstand ud og udstøbes i forme, der er dannede i formsand over modeller af det stykke, der skal støbes. Når det størkner, udvider det sig, idet der under størkningen frigøres en del af kullet som små blade af rent kulstof (grafit). Det fylder derfor formene godt ud og giver godt støbegods. Yderst på støbegodset sidder støbeskallen, der er et hårdt og skørt lag.

Støbejernet smelter først ved ca. 1200°; men opvarmes det til højere temperatur, bliver det mere og mere tyndtflydende. Det kan ikke anvendes til smedebrug, idet det ved opvarmningen pludseligt går fra fast til flydende form. Den udskilte grafit findes som grafitskel, der ligger som årer i det færdige støbejern. Da grafit er meget blødt, egner støbejern sig ikke til konstruktionsdele, der skal modstå trækpåvirkninger, medens det bedre tåler bøjningspåvirkninger. Den udvendig siddende glødeskal vil i reglen svække jernets styrke, hvorfor bearbejdet støbejern er stærkere end råt støbejern, dersom målene og kvaliteten iøvrigt er ens i de to tilfælde.

Overfor trykpåvirkninger er støbejern ret modstandsdygtigt, hvorimod stødpåvirkninger er farlige, idet støbejernet er skørt og derfor let går i stykker.

Til dampkedlers hedeflade må støbejern ikke anvendes, og det er da også mest de grovere armaturdele, hvortil støbejern bruges.

Smedeligt jern og stål.

Skal jern anvendes til smedebrug, må råjernet behandles således, at en del af kulstofindholdet fjernes. Kulstofindholdet må ned under 1,5 %, for at jernet kan blive smedeligt, og jo mindre kulstof, jern indeholder, desto bedre smedeligt er det.

Det gælder derfor om ved fremstilling af smedeligt jern at behandle råjernet med stoffer, der er i stand til at fjerne noget af kulstof-, svovl- og fosforindholdene. Fremstillingen af smedejern foregår da på den måde, at der bortbrændes noget af rå-

jernets kul, ved at man tilsætter stoffer, der indeholder luftarten i l t. Denne har nemlig stor tilbøjelighed til at gå i kemisk forbindelse med kulstof, hvorved der dannes kulsyre. Da der i luften findes megen ilt, kan almindelig atmosfærisk luft bruges hertil, idet en luftstrøm føres gennem råjernet.

Fremstilling af smedeligt jern foregår hovedsagelig på to måder. Enten holder man temperaturen lav, hvorved det fremstillede jern fås i dejgagtig eller grødet tilstand, eller også behandles jernet i flydende tilstand, d. v. s., at opvarmningen bliver betydelig højere. Det produkt, der fremstilles på den første måde, altså ved behandling i dejgagtig tilstand, kaldes j e r n eller s v e j s e j e r n, medens det, der fremstilles ved den sidste, hvor produktet var flydende, kaldes s t å l.

Fremstillingen af svejsejern sker enten ved »herdfriskning« eller »pudling«. Herdfriskningen, der i sin tid blev meget benyttet i Sverige, består i gentagne nedsmeltninger af råjernet i trækulsfyr. Produktet kaldes svensk trækulsjern og er et fortrinligt materiale, men dyrt.

Pudlingen sker i en flammeovn, hvori der fyres med langflammede stenkul, hvis stærkt iltholdige flamme smelter jernet og bortbrænder kulstoffet; under fremstillingen omrøres det smeltede materiale med jernstænger, og det er efter det engelske udtryk to puddle, d. v. s. at omrøre, at processen har fået navn.

Efterhånden som jernets kulstofindhold brænder bort, bliver jernet mere og mere dejgagtigt; det udtages så af ovnen som klumper — lupper —, der derefter i glødende tilstand bearbejdes med damphammer og i valser. Herved presses den flydende slagge ud, og jernet udvalses til råskinner, der klippes over og stables i pakker. Disse pakker af jernstykker opvarmes så til svejsehede og svejses sammen under tryk fra faldhammer. Denne proces gentages flere gange, og jernets kvalitet afhænger af, hvor ofte det er behandlet.

Det er ikke så godt og pålideligt materiale som det svenske trækulsjern, men anvendes dog stadig en del.

Det materiale, der kaldes svejsestål, er egentlig ikke stål, idet det ovenfor er anført, at stål skal fremstilles i flydende tilstand, medens svejsestål fremstilles i dejgagtig tilstand ligesom svejsejernet. Det adskiller sig kemisk fra dette ved at have et større kulstofindhold, medens fremstillingen foregår på samme måde, idet der blot må sørges for, at der bliver mere kulstof tilbage. Kulstofindholdet i svejsejern er under 0,5 %; findes der mere end 0,5 % og op til 1,5 % er det svejsestål.

Der skelnes mellem stålsorter med kulstofindhold under og over 0,5 %, og dette gøres, fordi alt smedeligt jern med mere end ca. 0,5 % kan hærdes, det vil sige blive hårdt. Denne hærdning sker ved opvarmning til rødglødhede, og påfølgende brat afkøling. Sker denne afkøling i koldt vand, opnås glashårdhed, der medfører skørhed; derfor foretages afkølingen som regel i olie.

Det meste af det smedelige jern, der nu anvendes, bliver fremstillet i flydende tilstand og kaldes s t å l. For at skelne mellem hærdeligt og ikke hærdeligt stål, kaldes det stål, der indeholder mindre end 0,5 % kulstof for blødt stål, medens det stål, der har mere kulstof, kaldes hårdt stål. Det materiale, der fremstilles i flydende tilstand, er mere fintkornet og har derved bedre styrkeegenskaber end jern, der fremstilles i dejgagtig tilstand.

Stålfremstillingen.

Den største mængde af det i teknikken anvendte smedelige jern fremstilles i flydende tilstand efter Bessemer-, Thomas- eller Siemens-Martinmetoderne eller i den nyere tid i den elektriske ovn som elektrostål.

B e s s e m e r s t å l fremstilles i »bessemerpæren«, der er en stor pæreformet beholder, sammennittet af jernplader. Den kan dreje sig om to tappe, hvoraf den ene er hul, og hvorigennem luft kan blæses ind i pæren. Den er indvendig udforet med et ildfast materiale, der hovedsagelig består af kiselsyre. Bessemerprocessen består i at blæse luft gennem det råjern, der er i pæren. Herved bortbrænder luftens ilt noget af råjernets kulstof, svovl og fosfor, hvorved jernet vil være tilbøjeligt til at størkne. Ophedningen foregår imidlertid stadig væk, da ilten også går i forbindelse med det silicium og mangan, som råjernet indeholder. Herved sker en temperaturstigning, således at man kan sige, at de to stoffer danner brændsel under processen.

I bunden af bessemerpæren er anbragt en mængde huller, hvorigennem luften kan indblæses med nogle atmosfærer tryk. Råjernet opsamles i store råjernsblandere, hvor det kan holde sig flydende i mange timer. Det tappes herfra ned i den vandret liggende pære, og der sættes så blæst til, hvorefter pæren

rejses. Luften presses op gennem den flydende masse, og luftens ilt går så i forbindelse med råjernets kulstof og andre stoffer. Temperaturen i pæren stiger til ca. 1600° og den kulilte, der dannes ved iltens forbindelse med kulstoffet, bryder i brand foroven ud af pærens spids og skyder en høj flamme op under en tordnende larm.

Under iltningen dannes en del jernilter, idet luftens ilt også går i forbindelse med jernet. Disse jernforbindelser kan ikke anvendes til noget, hvorfor der under slutningen af processen tilsættes noget jernmangan til pæren. Manganet afilter jernet og danner slagge.

Det flydende stål aftappes i forme, idet der tilsættes cinderspulver for at få det kulstofindhold, der ønskes. Det fremstillede stål er på grund af den stærke blæst, der er ført gennem pæren, ofte meget blæret, hvorfor det må efterarbejdes med faldhammer og i valse.

Thomasstål fremstilles på en lignende måde som bessemerstål. Der anvendes også store pærer, men disse pærer har ved thomasprocessen et basisk ildfast materiale som foer. Processen har stor betydning, idet den tillader oparbejdelsen til stål af dårligt, fosforholdigt råjern, der ved bessemerprocessen giver et koldskørt stål.

Martinstål fremstilles ved en proces, hvor råjernet i flydende tilstand udsættes for luftens ilt, idet denne føres hen over den glødende overflade. Den særlige flammeovn, der anvendes her, og som er konstrueret af Siemens, giver en høj temperatur, der tillader, at der under processen kan tilsættes stålaffald, såsom brugte jernbaneskinner. Martinprocessen tager længere tid end de to andre, men den giver stål af bedre kvalitet, og den er i højere grad i stand til at levere en stållegering af en bestemt sammensætning. Det er i reglen Siemens-Martin-stål, som det oftest kaldes, der bruges til dampkedelplader.

Elektrostål udvindes i en elektrisk ovn. Råmaterialerne er her almindeligt stål eller stålaffald. Det er et meget fint materiale, der frembringes på denne måde, og det anvendes mest til finere værktøjsstål og til legeret stål.

Til ventiler og lignende armaturdele anvendes ikke støbejern, når damptrykket er højt. Her må anvendes støbestål. Det fremstilles såvel af almindeligt stål, som af legeret specialstål. Gods, fremstillet af støbestål, er meget stærkere end støbejernsgods, men er dyrere og vanskeligere at fremstille. Det er især vanskeligt, når det drejer sig om tyndvæggede ting, idet der let kommer blærer i materialet. Ved afkøling under støbningen svinder det stærkt, hvorved det har stor tilbøjelighed til at blive vindskævt eller endog briste. Det er ligeledes vanskeligt at få en ensartet afkøling af det støbte emne, og der opstår let store, indre spændinger i godset. Disse spændinger, der kan være meget farlige, kan fjernes, ved at godset udglødes med påfølgende langsom afkøling.

Som ovenfor anført, er det kulstofindholdet, der karakteriserer de forskellige stålsorter. Det er kulstofprocenten, der betinger stålets hårdhed. Blødt stål indeholder fra 0,1 til 0,5 % kulstof, hvorimod hærdeligt stål har fra 0,5 til 1,7 %, men stål med højere kulstofindhold end 0,9 % bruges ikke meget. Hårdt stål har gennemgående en større styrke end det bløde stål; men det er ikke så sejgt, og egner sig mindre godt til smedning eller svejsning.

Foruden kulstof indeholder jernet mange andre stoffer. Disse kan være forureninger, der allerede fandtes i malmen, eller er stoffer, der er tilsat under fremstillingen for at skaffe det færdige jern bestemte egenskaber, der havde betydning for dets senere anvendelse. Af de første kan nævnes svovl og fosfor, som i større mængde gør jernet dårligt og uanvendeligt, hvorfor der da ofte angives, hvor store mængder af disse stoffer stål, der skal bruges i særligt øjemed, må indeholde. Af legeringsstoffer er allerede kulstof nævnt og her skal yderligere anføres, at der til fremstilling af specialstål tilsættes andre stoffer, såsom nikkel, krom, wolfram, vanadium, molybdæn og kobolt.

Andre metaller.

Medens jern er det metal, der anvendes mest i dampkedelindustrien, findes dog endnu enkelte andre, der også anvendes, således kobber og dettes legeringer.

Rent kobber anvendes især til kogekedler, hvori stoffer bear-

bejdes, der ville angribe jern. Endvidere anvendes kobber til fyrboks i lokomotiver.

Kobber fremkommer ret udbredt i naturen og enkelte steder i fuldkommen ren tilstand, men som regel i forbindelse med andre stoffer og da navnlig med svovl og noget jern i kobberkis. Heraf udvindes metallet, idet det først behandles i lukkede ovne og derefter i beholdere i lighed med bessemerpæren. Det frembragte produkt kaldes konverter-kobber og indeholder 98—99% kobber. Endvidere fremstilles kobber ad elektrolytisk vej til elektrolytkobber, der næsten er rent.

Metallisk kobber er et rødt, blødt og meget strækkeligt materiale, der ikke kan støbes. Tilsættes imidlertid under smeltning andre metaller, f. eks. zink og tin, bliver det støbeligt og anvendes meget til armaturdele, navnlig rødgods, der indeholder $^1/_{10}$ til $^1/_5$ af sin vægt i zink og noget tin.

Messing indeholder mellem $^1/_8$ og $^1/_2$ af sin vægt i zink og anvendes til mindre maskindele, der ikke behøver at være i besiddelse af særlig stor styrke, f. eks. haner og ventiler til vandrør.

Er det tilsatte metal hovedsagelig tin, kaldes legeringen for bronze, der dog også indeholder noget zink. Den vigtigste bronze er maskinbronze, der indeholder 10 à 20% tin og lidt zink. Kræves

Tabel 1.

	Smeltepunkt	Vægt i kg pr. m^3
Stål	1200-1500	7850
Støbejern	1200	7250
Kobber	1100	8900
Messing	ca. 900	ca. 8500
Bronze	ca. 900	ca. 8000
Zink	420	7100
Bly	330	11300
Tin	230	7200

der særlige styrkeegenskaber af bronzen, må tintilsætningen forøges, medens der så anvendes tilsvarende mindre mængder zink.

Kobberlegeringernes farve er gul til gulrød.

Det metal, der skal anvendes som slidmetal i lejer, må være særlig modstandsdygtigt for stød. Hertil anvendes det såkaldte hvidmetal, der fremstilles som en legering af antimon og tin, hvortil ofte er sat bly og lidt kobber. Antimon er et meget hårdt metal,

og det udskilles i legeringen som korn, der på grund af deres hårdhed tjener til understøtning for akslen, der går rundt i lejet, og derved nedsættes slidet væsentligt.

I ovenstående tabel 1 er angivet smeltepunktet for nogle vigtige metaller, og endvidere er angivet vægten af en kubikmeter af det pågældende metal. Da et stofs vægtfylde er det tal, der angiver vægten af en kubikcentimeter af stoffet, kan de enkelte metallers vægtfylde findes ved at dividere tallene i sidste kolonne med 1000.

KAPITEL III.

BRÆNDSLET.

For at få vand i en dampkedel til at blive til damp er det nødvendigt at tilføre vandet varme, og denne varme skaffes til veje ved forbrænding af brændsel.

Ved en sådan forbrænding foregår der en såkaldt iltningsproces, hvilket vil sige, at luftens ilt går i forbindelse med brændslets kulstof. Det er derfor nødvendigt, at det materiale, der anvendes til brændsel, indeholder kulstof.

Man skelner mellem faste, flydende og luftformige brændstoffer. De faste er stenkul, brunkul, tørv og træ, de flydende er petroleum, tjære og olier og de luftformige er gasarter af forskellig oprindelse. De faste brændstoffer kan inddeles i naturlig forekommende og kunstige, medens det ved flydende og luftformige så godt som altid drejer sig om kunstige.

De naturlige faste brændstoffer brydes enten i miner (kul) eller i åbne brud (brunkul og tørv), medens de kunstige brændstoffer fremstilles ved forskellig behandling af råkullene.

De faste brændstoffer, der findes i jorden, er rester af tidligere plantevækst og er således af organisk oprindelse, og kulstoffet er opstået ved solens indvirkning, medens vegetationen endnu var levende. Alle faste brændstoffer, med undtagelse af træ, er frembragt ved omdannelse af planterne. De kræfter, der har bidraget til denne proces, er mild temperatur, højt tryk og frem for alt lange tidsrum. Fjernt liggende tiders skove er sunket ned i moser og søer og flere jordlag er kommet ovenpå, hvorved temperatur og tryk er steget.

Ved omdannelsesprocessen er vand, kulsyre og kulbrinter, der har været i planterne, udskilt, og jo længere omdannelsestiderne har varet, desto rigere er brændstoffet på kul og desto fattigere på luftarter.

Den første del af omdannelsesprocessen består i plantens omdannelse til tørv, dette går så gennem tiderne over til brunkul og tilsidst, når de nødvendige forudsætninger er til stede, til stenkul.

Da alle disse brændstoffer kan bruges i dampkedler, skal de enkelte forekomster omtales nærmere.

Træ.

Træ anvendes kun lidt til fyring i dampkedler, og dets anvendelse står i nogen grad i forbindelse med den enkelte virksomheds art. Ved savværker og andre virksomheder, der bearbejder træ, haves store mængder af savsmuld og træaffald, der kan anvendes til dampkedler i selve virksomheden. Træet indeholder kun lidt aske, men indeholder nogen fugtighed, hvilket selvfølgelig ikke er nogen fordel.

Der må udvises stor forsigtighed, når der fyres med træ, idet store ansamlinger i fyrstedet kan medføre, at forbrændingen bliver ufuldstændig, hvorved der kan opsamles gasarter. Når disse antændes, kan der opstå eksplosioner, der kan medføre ødelæggelse af kedlens indmuring.

Tørv.

Tørven, der som nævnt er det første stadie i omdannelsesprocessen, anvendes kun i mindre mængde til dampkedelbrug. Tørv indeholder ofte store askemængder, og vandindholdet kan i våde somre blive meget stort. Transportudgifterne er store, da tørvene fylder meget. Tørv med mere askeindhold end 20% er uegnet til forbrænding i dampkedler. Man skelner mellem håndtørv og maskintørv.

Brunkul.

Brunkul er ældre end tørv, og deres anvendelse er heller ikke ret almindelig til dampkedelbrug her. Derimod anvendes de

meget i Tyskland og Rusland, især ved store elektricitetsværker. De efterlader ikke meget aske; men er forbrændingstemperaturen høj, danner de megen slagge.

Stenkul.

Det sidste led i omdannelsesprocessen er stenkul, og det er denne brændselsart, der mest bruges i dampkedler. Stenkullene er dannede under højt tryk fra de overliggende jordlag og for største delens vedkommende også ved ret høj temperatur. Farven er sort. Stenkul indeholder ofte store mængder svovl, der er skadelige, idet iltforbindelsen kan have ødelæggende indvirkning på kedel og murværk. Det høje kulstofindhold og derved den store varmeevne betinger deres udbredte anvendelse som brændsel. Det er lande som Tyskland, England og U. S. A, der er hovedleverandører af kul.

Skal man bedømme et brændstof, og her tænkes hovedsagelig på stenkul, må man foretage en undersøgelse af brændstoffets indhold af flygtige bestanddele. Herved forstår man den gasmængde, brændstoffet indeholder. En sådan undersøgelse foretages ved en digelprøve, hvorved en vis mængde af brændstoffet i nogen tid opvarmes i en platindigel til henved 950°. Ved en sådan opvarmning bortskaffes først den fugtighed, der er i kullene, og derefter uddrives de flygtige bestanddele.

Den rest, der bliver tilbage i diglen, kaldes koksresidiet, og består af kulstof og aske. Vejer man denne, kan man heraf bestemme koksudbyttet.

Efter koksresidiets beskaffenhed inddeles stenkul i tre hovedtyper:

1) Magre kul, der har en pulveragtig koksrest.
2) Sinterkul med en koksmasse, der består af sammensintret masse, d. v. s. mere eller mindre fast masse, og
3) bagende kul med en koksmasse, der er godt sammensmeltet og ret fast.

Til de magre kul hører antracit, der er de ældste og mest kulstofholdige kul. De indeholder kun få flygtige bestanddele, der har et stort indhold af brint og derfor høj brændværdi. De har

en høj antændelsestemperatur og er meget dyre, hvorfor de ikke anvendes ret meget til dampkedelfyring på landjorden, men mere til skibsfart, hvor pladsforholdene er små.

De mest anvendte kul til dampkedler er de sintrende kul; de har ikke så høj brændværdi som de magre kul, men brænder uden at springe itu og danner en af mindre stykker bestående masse.

De bagende kul anvendes ikke meget til dampkedler, idet de er tilbøjelige til at bage sammen i store kager, hvorfra stikflammer kan slå ud til skade for kedelvæggen. De anvendes da oftest blandet sammen med andre kulsorter, og kun som smedekul anvendes de i ublandet tilstand.

Stenkul brydes i miner, hvorfra de bringes op til jordoverfladen. Her vaskes de og sorteres, hvorved kul med forskellige kornstørrelser fremkommer. Kornstørrelserne giver kullene navne, og de her i landet almindeligst anvendte er stykkul, dampkul, der har en størrelse på 150—30 mm, nøddekul (75—35 mm), singels (35—10 mm), småkul (30—0 mm) og smuld eller smalls (10—0 mm).

Kunstige faste brændstoffer.

Hertil må regnes samtlige pressede tørv- og brunkulsbriketter samt koks og cinders.

T ø r v e b r i k e t. Ved brikettering presses tørv i særlige presser til briketter. Tørven fræses af mosens overflade, og det derved fremkommende pulver tørres og presses derefter under højt tryk. På denne måde kan vandindholdet nedsættes til ca. 15 %.

B r u n k u l s b r i k e t. Disse briketter fremstilles også af et støvlignende produkt og efter en stærk tørring, hvorved vandindholdet nedsættes til ca. 15 %. Pulveret presses i ophedet tilstand i særlige presser med et tryk af 1000 à 1500 at.

S t e n k u l s b r i k e t. Til fremstilling af disse briketter anvendes småkul, der fremkommer som affald ved sorteringen af kul. Da stenkullene ikke indeholder noget bindemiddel, må et sådant tilsættes, og det er oftest beg, der anvendes. Presningen sker under et betydeligt mindre tryk end ved brunkulsbriketterne, nemlig 200 til 300 at.

Koks dannes ved tør destillation af råkul. Herved uddrives de flygtige bestanddele under ophedning uden luftens adgang. Kvaliteten af koksene afhænger stærkt af de kul, der anvendes, således giver antracit og andre magre kul dårlige koks. De kul, der anvendes i gasværkerne, er fede kul med lang flamme, og heraf fås gode og faste koks. I koksværkerne er fremstillingen af gas kun en biproduktion, og de kul, der anvendes her, er fede kul med kort flamme. Det færdige produkt benævnes cinders.

Disse kunstige brændstoffer er hidtil ikke anvendt meget til fyring i dampkedler, dog har jernbanerne allerede i nogen tid brugt briketter.

Flydende brændstoffer.

De flydende brændstoffer, der hovedsagelig anvendes, er tjære og olie, og de har i de senere år fået en del udbredelse; tjæren fås som biprodukt ved lysgasfabrikationen og udmærker sig ved høj brændværdi og ved muligheden af at få en næsten røgfri forbrænding.

Den olie, der anvendes ved oliefyring, er enten råolie i sin oprindelige form eller masut, der vindes som et restprodukt ved olieraffinaderier.

Fyring med olie blev først anvendt i dampskibe, hvor oliens større varmeevne pr. vægtenhed, letheden ved at få den ombord og den bekvemme måde at opbevare den på, gjorde anvendelsen vel egnet. Efterhånden er dog anvendelsen på landjorden blevet mere almindeligt.

Luftformigt brændsel.

Luftformigt brændsel (gas) fremstilles i reglen kunstigt af faste brændstoffer, f. eks. ved højovnsanlæg i udlandet og her i landet ved gasværker. I oliedistrikter (Rumænien, U. S. A.) anvendes naturgas en del til dampkedler.

Nedenstående tabel giver oplysninger om brændselsstoffernes sammensætning (middelværdier).

Af denne tabel fremgår, hvorledes de forskellige mest anvendte faste brændstoffer er sammensat. Ethvert brændstof består af brændbare eller ikke brændbare bestanddele. Til de første hører

Tabel 2.

Brændstof	Sammensætning i % vægtdele						Nyttig brænd-værdi
	Kul-stof	Brint	Ilt og kvæl stof	Svovl	Vand	Aske	
Lufttørr. træ	40	4,5	37	—	16	1,5	3840
Lufttørr. tørv	37,8	3,8	19,6	0,4	26,4	12	3800
Koks	88,4	0,5	1,6	0,6	0,7	8,2	7000
Antracit	86	3,5	3,5	1,0	2	4	7900
Brunkuls-briketter...	52,9	4,5	16,5	2,1	15,1	8,9	2600
Brunkul	30	2,3	9,5	1	50,9	6,3	2900
Polske kul...	73	4,5	10	1	3,8	7,7	7000
Ruhrkul	79	4,5	7	1	2,5	8	7650

kulstof, brint, svovl og de flygtige bestanddele (gasarter). Disse gasarter indeholdes som kemiske forbindelser og består af kulbrinter. De ikke brændbare stoffer er vand, kvælstof, ilt og aske.

I tabellens sidste kolonne er angivet brændstoffets brændværdi. Herved forstås den varmemængde, udtrykt i kilogramkalorier, der frigøres ved en fuldstændig forbrænding af 1 kg brændstof. Det er indlysende, at brændværdien er bedre, jo mindre vand og aske brændstoffet indeholder.

Opbevaring af brændstoffer.

Ved opbevaring af brændstoffer bør der først og fremmest sørges for en god dækning mod væde, d. v. s. regn og sne. Næsten alt brændstof er i stand til at optage fugtighed fra luften, og brændslets kornstørrelse og dets fasthed er bestemmende herfor. Således optager løst brændsel, såsom træ og tørv, mere fugtighed end det massive kul, og mange små partikler har en større overflade end de få større stykker, hvorfor smådelene opsuger mere. Det vil derfor være klart, hvilken betydning det har at beskytte brændslet godt.

Ved luftens påvirkning lider brændslet et tab i værdi, idet brændværdien og mængden af de indeholdte flygtige bestand-

dele nedsættes. Der sker en iltning af brændslet, og i forbindelse med denne iltning en temperaturstigning, der kan medføre en selvantændelse af brændslet. Dette sidste kan undgås ved, at man sørger for, at der ikke kan trænge luft ind i selve bunken, og ved en passende afkøling.

Selvantændelse sker lettest ved brændsel, der har et stort indhold af flygtige bestanddele (kulbrinteforbindelser), og særlig ved brunkul og brunkulsbriketter. Sjældnere sker selvantændelser ved stenkul og ved de magre kulsorter; ved antracit haves næsten aldrig selvantændelse.

Er der i en kulbunke kulstykker af forskellig størrelse, er muligheden for selvantændelse stor, idet de større kulstykker tillader, at luften indvirker på det mellemliggende kulstøv. Det er også forkasteligt at have træstykker liggende i kulbunkerne, idet disse fremskynder selvantændelse. Kulbunkerne bør beskyttes mod varmepåvirkning, hvorfor en oplagring af kul mod en kedelhusvæg, der støder op imod kedlen, må undgås.

Sker der selvantændelse, må kulbunken skovles om, og de antændte kul fjernes.

Ved store kuloplag, f. eks. ved kraftværker, har man ofte, for at forhindre selvantændelse anbragt kulpladserne således, at de kan sættes under vand. Man opnår derved at kunne oplagre en større kulmængde pr. m^2 uden for stor fare for selvantændelse. Man må blot sørge for at holde kullene våde. Er der først ild i dem, kan denne ikke slukkes med vand, fordi der uden om ilden dannes en vandtæt tjæreskorpe. Metoden er anvendt en del i England, og her i Danmark er den anvendt ved Isefjordsværket, hvor kulgrubens bund ligger 3 m under havets overflade.

KAPITEL IV.

FØDEVANDET OG DETS BEHANDLING.

Vand, således som det fremkommer i naturen, er ikke rent, idet det er i stand til at optage fremmede stoffer. Det reneste naturlige vand er regnvand; men det indeholder lidt af de luft-

arter, der findes i atmosfæren, og som det under sin vej ned til jorden har optaget; disse er ilt, kvælstof og kulsyre.

Under sin passage gennem de forskellige jordlag, optager vandet andre urenheder, såsom bakteriologiske, kemiske og mekaniske. Vandets evne til at opløse andre stoffer forøges i høj grad, når det indeholder kulsyre, og derfor spiller kulsyren, som optages i luften, en særlig stor rolle. Også fra de øverste jordlag optages kulsyre.

For al vandforsyning her i Danmark er grundvandet af største betydning, og der er offentliggjort analyser af ca. 2000 vandprøver fra alle egne af Danmark, således at det altid vil være muligt at skaffe sig oplysning om, hvordan grundvandets type er et hvilket som helst sted i landet. Da jordbunden i Danmark indeholder megen kalk, vil mange af de stoffer, der findes opløst i vandet, indeholde dette mineral, og da kalkens tilstedeværelse spiller den allerstørste rolle for vandets anvendelse til kedelvand, er det nødvendigt at komme lidt nærmere ind på de kemiske forhold.

Som overfor nævnt er vandet i naturen aldrig rent. Det forurenes med

1) faste stoffer, såsom løv, træ, slam o. s. v.,
2) luftarter, der hovedsagelig er kulsyre og ilt,
3) mineralstoffer, navnlig kalcium- og magniumsalte samt kogsalt, kiselsyre, jern- og lerforbindelser o. a. og desuden
4) organiske stoffer, f. eks. humussyre i mosevand, olie etc.

Ved en analyse kan man få at vide, hvad grundvandet indeholder, og her skal nævnes, hvilket resultat, der er fået ved en sådan analyse, hvor de fundne mængder af de forskellige stoffer er opgivet i milligram pr. liter af vandet.

Inddampningsrest	377	milligram	pr.	liter
Saltsyre	64	—	-	-
Svovlsyre	10	—	-	-
Total kulsyre (kultveilte)	216	—	-	-
Fri kulsyre	98	—	-	-
Kiselsyre	30	—	-	-
Kalk	112	—	-	-
Magnesia	15	—	-	-

og desuden mindre dele af forskellige andre kemiske forbindelser, såsom jern- og manganilte o. a.

Inddampningsresten angiver vandets indhold af faste bestanddele. Vand, der skal anvendes til fødevand, må ikke indeholde mange forbindelser af salt- og svovlsyre, idet disse forbindelser bevirker vandets såkaldte hårdhed. Det er kalcium og magniumsalte, der forårsager denne hårdhed; er den forårsaget gennem kalciumforbindelser, benævnes den kalkhårdheden, er det magniumsaltene, hårdheden skyldes, kaldes den magniumshårdheden. De to tilsammen giver et udtryk for den samlede hårdhed, som vandet er i besiddelse af.

Man skelner dog i almindelighed hårdheden på en anden måde, idet der tages hensyn til hvilken syre det er, mineralerne dannes med. Saltene, der giver karbonathårdheden, skyldes kalciums eller magniums kemiske forbindelser med kulsyren; disse salte er de såkaldte bikarbonater (dobbeltsure) af kalcium og magnium, hvorimod ikke-karbonathårdheden eller mineralsyrehårdheden i særlig grad stammer fra kalciums og magniums forbindelser med svovlsyren; i mindre grad disses forbindelser med saltsyren eller salpetersyren. Karbonathårdheden og mineralsyrehårdheden tilsammen giver ligeledes et udtryk for vandets samlede hårdhed.

Hårdheden angives i hårhedsgrader, og her i landet anvendes sædvanligvis de tyske hårdhedsgrader (H°). En tysk hårdhedsgrad er bestemt ved den hårdhed, som findes i vand med et indhold af 10 milligram kalciumilte pr. liter eller 7,9 milligram magniumilte pr. liter, idet sidstnævnte mængde svarer til den førstangivne mængde af kalciumilte.

Vand med hårdhed under 10 H° kaldes blødt vand, medens vand med en hårdhed på over 30 H° kaldes meget hårdt. I København er vandet 18—20 H° hårdt, medens noget af det hårdeste vand, der haves her i landet, findes på Møn; således har Stege vandværksvand en hårdhed på 30 H°, medens vandet i Vestjylland ofte er blødt.

For at kalk kan holde sig opløst i vand, må der i vandet findes en del »fri kulsyre« udover den kulsyremængde, der findes i de kalkforbindelser, der er i vandet. Denne mængde af »fri

kulsyre« kaldes den »tilhørende« kulsyre. Findes der i vandet imidlertid et større indhold af fri kulsyre, end hvad der svarer til denne »tilhørende« kulsyre, vil vandet være »agressivt«, og denne agressive kulsyre vil sammen med den ilt, der er i vandet, og som stammer fra vandets indhold af luft, virke tærende på kedlen.

Dette er her i landet særlig tilfældet med vand i Vestjylland og Vendsyssel. Man må derfor foretage en »afsyring« af vandet, der f. eks. kan ske ved en åben luftning af vandet, således som det i reglen altid vil være tilfældet med vandværksvand, eller ved en kalktilsætning.

Indholdet af kiselsyre er af stor betydning, da kiselsyren giver en meget fastsiddende kedelsten i dampkedlen. Indholdet af kiselsyre bør derfor nødig være større end 30 milligram pr. liter kedelvand.

Ovenfor er nævnt, at vandet indeholder jern- og manganforbindelser. I vandværksvand er disse altid så godt som fjernet i særlige anlæg, da de er meget generende i vandet til husholdningsbrug. I vand til brug i dampkedler spiller jern- og manganindholdet imidlertid en mindre rolle, og disse stoffer fjernes ved de kemikalietilsætninger, der anvendes til afhærdning af vandet.

Er det kildevand, der skal anvendes til kedelvand, vil dette ikke være så hårdt som brøndvand, idet det, så snart det forlader kilden, afgiver noget af den kulsyre, der er i vandet, og derved udskilles nogle af de opløste stoffer; har vandet i nogen tid løbet hen ad jordens overflade i et vandløb, eller har det samlet sig i en sø, vil det indeholde langt færre faste stoffer.

Overfladevand er betydelig blødere end brøndvand, men forekommer ikke i så stor mængde.

Endelig skal nævnes, at en stor del af kedelvand fås som kondensvand i virksomheden. Dette vil i mange tilfælde være særdeles anvendeligt igen; men man må passe på, at det ikke indeholder olie fra maskinen, eller er iblandet råvand fra en utæt kondensator eller andre stoffer fra fabrikationen i virksomheden, f. eks. sukker i sukkerfabrikker.

Hvis urenset råvand fordamper i en dampkedel, vil de i vandet opløste dobbeltsure kalk- og magniumsalte sønderdeles til fri kulsyre og enkeltsure kalk- og magniumsalte. Den dannede kulsyre vil gå bort med de luftarter, der forlader vandet under kogningen og de enkeltsure kalksalte, der ikke som de dobbeltsure er opløselige, vil udskilles som kedelsten eller udfældes som slam. Kedelstenen dannes hovedsagelig af gibs, der er svovlsur kalk, og af kalcium- og magniumsilikater samt disses karbonater.

Kedelstenen medfører en dårlig varmetransmission og en højere temperatur af kedelhedefladen og virker derigennem i høj grad skadelig på kedlen. Den danner nemlig en hindring for varmeoverførslen på kedelpladens inderside, hvorved brændslets nyttevirkning nedsættes betydelig. Gennemsnitlig kan regnes, at

1 mm	tyk	kedelsten	medfører	10 %	større	kulforbrug
3 »	»	»	»	25 %	»	»
6 »	»	»	»	45 %	»	»

men belægning af kedelsten på en plade vil også medføre, at denne plade vil få en højere temperatur end en ren plade, der er i berøring med kedelvandet, og som derved afkøles. Har man så høje pladetemperaturer på nogle dele af kedlen og lavere på andre dele, kan pladerne ikke frit udvide sig, og der kan derved opstå utætheder i samlingerne, og da navnlig på de steder, hvor pladerne er stærkest opvarmede, altså i ildstedet. Hvis kedelstenslaget bliver meget tykt, kan pladetemperaturen stige så højt, at pladerne bliver glødende, hvorved der kan dannes buler. Springer kedelstenen så af, strømmer det forholdsvis koldere vand hen til den stærkt opvarmede plade, der derved afkøles stærkt og trækker sig voldsomt sammen. Der kan på denne måde opstå alvorlige kedelskader.

Undertiden vil der ske tæringer under kedelstenslaget, og da disse tæringer er dækket af kedelsten, er det vanskeligt at holde øje med dem.

Fjernelsen af kedelsten ved kedlens rensning er ofte besværlig og medfører driftsmæssige tab, da kedlen må sættes fra for rensning.

Da kedelsten altså volder meget besvær, er det af den største interesse at få den fjernet, og fødevandets behandling må da gå ud på at fjerne de kedelstensdannende stoffer.

Man kan påsmøre kedelfladerne med stoffer, der forhindrer, at kedelsten afsætter sig på pladerne, og man har forsøgt at få kedelstenen til at afsætte sig på steder, hvor den ikke gør så meget skade, og navnlig, hvor den let kan fjernes. Man forsøgte tidligere at fylde kedlen med skarpkantede smådele, såsom glasskår og blikaffald; når vandet så cirkulerede rundt i kedlen, skulle de skarpe kanter på de tilførte smådele afslibe kedelstenen af væggene; men det viste sig meget snart, at kedelstenen også satte sig på disse kanter, således at de mistede deres skarphed og ikke kunne skrabe væggene mere.

En anden måde, hvorved der skulle være en mulighed for at undgå, at kedelstenen bliver udskilt i kedelpladerne, var, at lade fødevandet risle ned i damprummet over et system af render eller jalousier; herved opvarmes fødevandet af dampen, så det får den samme temperatur som vandet i kedlen, og samtidig skulle kedelstenen udskilles på de opsatte render og ikke på kedelpladerne. Denne metode bruges dog ikke meget her i landet.

I mange tilfælde, navnlig ved mindre kedelanlæg, tilsættes vandet i kedlen et rensningsmiddel, hvoraf der findes mange slags. Hensigten med disse midler er få kedelstenen udskilt som et pulver, der opslemmes i vandet, medens dette er i bevægelse, og som synker til bunds som slam, når kedlens drift standses, eller som sætter sig på kedlens vægge som en blød masse, der let kan skrabes af.

Det kræver imidlertid, at kedlen ofte blæses ud, thi ellers ville man risikere, at slammet ved længere tids bundfældning satte sig fast. Som rensemiddel anvendes i reglen soda i forbindelse med et eller andet stof fra planteriget, som regel kartofler, stivelse eller lignende. Anvendelsen af disse midler har imidlertid den ulempe, at man får yderligere tilført kedlen stoffer, der må fjernes, hvorfor de kun bør anvendes, når fødevandet ikke kan renses på anden måde.

Den rigtigste måde at rense kedelvandet på, er at foretage

rensningen, inden vandet sættes på kedlen. De fordringer, som man imidlertid stiller til kedelvandet, afhænger af kedeltryk, kedeltype, belastning og den producerede damps anvendelse; således vokser kravet til fødevandets renhed med kedeltrykket og med belastningen, hvorfor det vil være umuligt at konstruere et vandrensningsapparat, som passer for alle forhold og for al slags vand. Endvidere skal anføres, at den stærke udvikling, der har fundet sted i de senere år inden for dampkedelteknikken, og hvis væsentligste træk er en anvendelse af meget høje tryk, har skabt en hel række problemer med hensyn til fødevandsbehandlingen, som man ikke før har kendt. Det er særlig ved kedler, der har over 25 ato tryk.

Der kan dog i hvert enkelt tilfælde skaffes vandbehandlingsanlæg, der er afpasset de foreliggende forhold, men her skal kun omtales de almindelig anvendte metoder.

Fødevandsbehandlingen vil da bestå i at fjerne de forskellige skadelige stoffer, som vandet indeholder.

For det første var der de faste stoffer, såsom løv, træ o. s. v. Her foretages en simpel rensning ved hjælp af riste eller sier, der opsættes foran pumpens sugeledning. Opslemmede, uopløselige stoffer, som regel sand, ler, udskilt jern o. l., holdes tilbage i kisfiltre, og tungere stoffer kan bundfældes i klaredamme.

Til forbehandlingen hører også fjernelsen af de organiske stoffer d. v. s. humusstoffer, olie, fedt o. l. Disse stoffer kan omdannes til meget skadelige forbindelser, der forårsager tæringer i kedlen. Under vandets fordampning danner de også aflejringer med de kalk- og magniumsalte, der findes i vandet. Disse aflejringer brænder sig fast på stærkt ophedede dele af kedlens hedeflade og kan medføre udbulinger her. De begunstiger kedelvandets skumning og nedsætter blødgøringshastigheden. Man fjerner disse organiske stoffer ved tilsætning af aluminium- og jernsalte med påfølgende filtrering. Det anbefales at opvarme vandet, især om vinteren, dog behøver temperaturen ikke at overskride 35 à 40°.

Tilstedeværelsen af olie er farlig, idet olieholdig kedelsten nedsætter varmeledningstallet stærkt. Hovedmængden af olie kan fjernes ved filtrering eller ved at lede kondensatet gennem

olieseparatorer, hvorefter det filtreres over stoffer med stor overflade, såsom træuld, koks, eller i filtre med flere kamre.

Endelig skal nævnes, at olien kan fjernes, ved at det alkaliholdige vand føres forbi jernelektroder. Ved den ene pol — anoden — dannes basisk jernsalt, og dette optager oliedråberne, hvorefter slammet let lader sig frafiltrere.

Derefter skal omtales de metoder, der anvendes for at bortfjerne hårdheden i vandet. Dette kan ske

1) ad kemisk vej, idet man tilsætter visse stoffer, der går i forbindelse med de salte, der frembringer hårdheden. De nydannede stoffer er uopløselige og udfældes, hvorefter de fjernes som slam. Tilsætningsstofferne kan være brændt kalk, ætsnatron, soda, trinatriumfosfat, eller man anvender filtrering over visse baseombyttende stoffer, de såkaldte zeoliter,
2) ad termisk vej, d. v. s. ved at koge vandet, og, hvis det skulle være nødvendigt, samtidig at tilsætte udfældningsmidler, og
3) ved fordampning.

Afhærdning ad kemisk vej.

Hertil findes forskellige metoder, hvoraf følgende skal omtales:

Afhærdning efter kalk-soda-metoden.

Denne metode er brugbar, når fødevandet indeholder kalcium- og magniumsalte, og er især god, når der er fri kulsyre tilstede, stor karbonathårdhed og særlig mange magniumsalte. Kalken binder den fri kulsyre og går i forbindelse med bikarbonaterne, hvorved kalciumsaltene udskilles som det tungt opløselige kalciumkarbobnat. Samtidig omdannes magniumsaltene til uopløseligt magniumhydroxyd, medens sodaen tager sig af de stoffer, der forårsager mineralsyrehårdheden. Kalk-sodametoden kan anvendes ved almindelig temperatur til afhærdning af vand til almindelig fabrikbrug eller ved højere temperatur til oparbejdning af kedelvand. Ved stuetemperatur med-

går indtil 6 timer, inden reaktionen og udfældningen er tilendebragt, men processen forløber hurtigere ved højere temperatur.

For at kunne opnå en lav resthårdhed, er det nødvendigt ved denne fremgangsmåde, som forøvrigt også ved alle de andre, at benytte et overskud af kemikalier. Anvendes kun de teoretiske mængder af kalk og soda, kan der ved almindelig temperatur opnås en resthårdhed på 4 à 6 H° og ved at varme vandet 2 à 4 H°. Tilsættes et sodaoverskud så stort, at der bliver soda tilbage i fødevandet, kan vandet, ved at opvarmes til 90°, i løbet af 2 timer, afhærdes så meget, at resthårdheden bliver ca. 0,5 H°.

Skal denne fremgangsmåde anvendes ved mindre kedelanlæg, hvor kedlen kun arbejder om dagen, kan man nøjes med et almindeligt klarekar. Dette kar må være så stort, at det kan indeholde dagens forbrug af råvand. Karrets nyttige højde, d. v. s. afstanden mellem overløbet og den ca. 20 cm over bunden siddende afløbsstuts med hane, må helst ikke være over 1 m, idet derved en hurtigere klaring af vandet opnås. Skal vandet opvarmes, hvorved som anført en hurtigere afhærdningsproces fås, sker dette ved, at der i karret indbygges en dampslange, hvorigennem spildedamp ledes.

Arbejdsforholdene ved et sådant anlæg er følgende: karret fyldes om aftenen med det kvantum vand, der skal bruges til næste dag. Derefter opvarmes vandet og de nødvendige kvanta kemikalier tilsættes, hvorefter afhærdningen begynder. Den næste morgen kan det klare, nu bløde vand fra karret benyttes til fødevand. Det slam, der afsættes på bunden af karret, må nu og da fjernes gennem den i bunden siddende afløbshane. Følgende må iagttages: den afvejede kalk (ætskalk, brændt hvidtekalk) læskes med koldt vand før brugen, omrøres så med vand til kalkmælk og tilsættes råvandet. Sodaen opløses i varmt vand og benyttes i en 10 % opløsning. Det vand, der skal anvendes til tilberedning af kalkmælken og sodaopløsningen, må så vidt muligt være rent vand; her kan oliefrit kondensvand udmærket anvendes. Bruger man hårdt vand til opløsning, vil der nemlig medgå nogle kemikalier til at afhærde dette vand.

Soda og kalk opsuger let fugtighed fra luften, og kalken kan

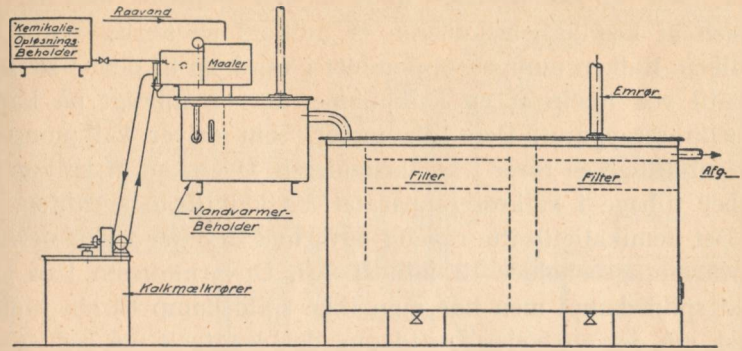


Fig. 1.

desuden optage kulsyre fra luften, og dette forringer virkningen som udfældningsmiddel. For at forhindre dette, må kemikalierne opbevares på et tørt sted og beskyttes mod luftens indvirkning.

Er det kvantum vand, der skal anvendes pr. time, stort, kan tilberedning i et almindeligt klarekar ikke bruges, da det vil medføre, at der skal bruges større kar, hvilket ofte af pladshensyn er uheldigt. Man må derfor anvende særlige mekaniske rensningsapparater. Et sådant er vist i fig. 1.

Råvandet, som skal behandles, føres til en målermekanisme (vippemåler), ved hjælp af hvilken der automatisk tilsættes kemikalier i forhold til den øjeblikkelige tilførte vandmængde. I måleren er der anbragt en to-delt vippeskål, der vipper, hver gang den ene halvdel er fyldt med vand. Når skålen vipper, kommer det andet rum til at vende opad til fyldning, medens det første tømmes for vand, der løber ned i den under måleren anbragte opvarmningsbeholder.

Ved hvert af skålens vip åbnes der for en kemikalieventil, som sidder i bunden af målerens kemikaliebeholder, og derved dryppер en vis mængde af kemikalierne ned i vandet. Ved hjælp af en indstilling på en møtrik kan mængden af kemikalierne reguleres. Ved en svømmerventil på kemikalietilgangsledningen holdes der en konstant højde i kemikaliebeholderen.

Kalken afmåles ligeledes af målerens kipninger, idet der på siden af kemikaliebeholderen er anbragt en særlig ventil til kalken. Kalken pumpes, opslemmet i vand, op til denne særlige ventil ved hjælp af en kalkpumpe, der er anbragt på kalkmælkrørerapparat. Den lille motor, som driver kalkpumpen, driver tillige en rører i kalkbeholderen. Overskud af kalkmælk løber tilbage i kalkrørerapparatet fra kalktilgangsventilen.

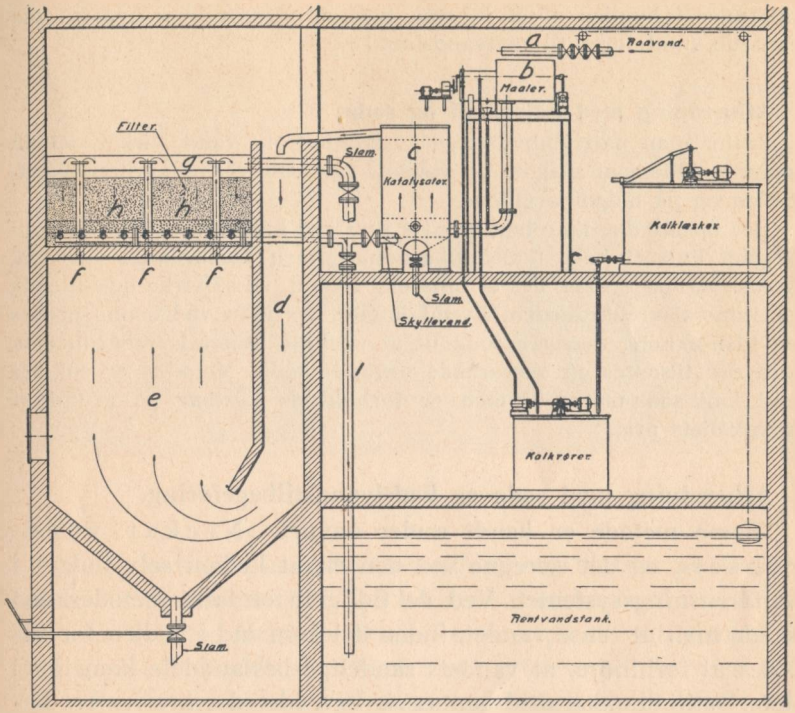
Det kemikalietilsatte råvand opvarmes derefter i den særlige opvarmningsbeholder til mindst 70°. Opvarmningen kan ske ved spildedamp; men har man ikke spildedamp til sin rådighed, må der anvendes kraftdamp, der eventuelt må reduceres. Denne damp går jo ikke til spilde, da fødevandet vil bringe det meste af den i dampen indeholdte varme tilbage til kedlen.

Vandet føres nu til reaktionsbeholderen, i hvilken der, som vist på figuren, er indbygget to stykker træuldsfiltre, således at vandet filtreres 2 gange, inden det løber til fødevandsbeholderen. Gennem de under reaktionsbeholderen anbragte haner, udslammes beholderen med passende mellemrum.

Anvendelse af træuldsfiltre er ikke altid at anbefale, da det varme, alkaliske vand opløser en stor del af træets bestanddele, hvorfor der bør anvendes sand- og kisfiltre. Ved anvendelsen af kisfiltre til fødevand må der dog vælges et filtermateriale, der ikke er tilbøjelig til at afgive kiselsyre.

Der må lægges den største vægt på en rigtig fremstilling af kalkmælken. Det har gang på gang vist sig, at en fejl ved afhærdning af vand ved kalk-soda-metoden stammede fra en fejlagtig fremstilling af kalkmælken. Det vand, der er i kalkmælkrøreren, må have en konstant temperatur, idet kalkens opløsningsevne i vand aftager med stigende temperatur. Kalkmælken, der tilføres vandrenseren, må fra driftens begyndelse til dennes ophør være mættet med kalk. Mættet kalkmælk, der er fremstillet ved almindelig stuetemperatur, indeholder ca. 1,2 g ætskalk pr. liter.

For at fremskynde afhærdnings- og udfældningsprocessen og dermed nedsætte størrelsen af de nødvendige beholdere og kar, har man indført en særlig afhærdningsmetode, der kaldes katalysatormetoden, hvor vandet efter kemikalietilsætningen bringes i be-



Afkarboniseringsanlæg.

Fig. 2.

røring med krystalinsk kalciumkarbonat, hvilket har vist sig at virke stærkt afkortende på processens varighed. Denne metode, der hovedsagelig anvendes ved større anlæg, består i, at der til det tidligere nævnte rensningsanlæg knyttes en såkaldt katalysator, der består af en jernbeholder fyldt med kalk eller marmorskærver. Det kemikalietilsatte vand ledes først til katalysatoren, der har den virkning, at de udfældte, uopløselige stoffer hurtigt omdannes til krystalinsk form, hvorunder udskilningen finder sted. Fig. 2 viser et sådant anlæg, der er indrettet med kalklæsker, således at man kan anvende almindelig brændt kalk. Herfra går den læskede kalk til kalkrøreren og derfra til måleren, hvor det som nævnt sættes til råvandet sammen med sodaopløsningen. Endvidere er der indbygget et sand- og kisfilter til filtrering af det behandlede vand.

Under filtreringen passerer vandet fra oven ned gennem filtret og

opsamles i bunden af et i beton indstøbt dysesystem, hvorfra det rensede vand føres til rentvandstanken.

Afhærdning med natronlud og soda.

Sætter man natriumhydroxyd (natronlud) til vand, virker det på samme måde som ætskalk på vandets frie kulsyre, på karbonathårdheden og på magniumsaltene.

Der opstår dog ikke her, således som ved kalk-soda-metoden, uopløseligt kulsurt kalk (kalciumkarbonat), men kulsur kalk og soda, og den dannede soda, der er opløselig i vand, vil så virke udskillende på mineralsyrehårdheden. Fremkommer der ikke ved denne proces en tilstrækkelig mængde soda til at udskille mineralsyrehårdheden, kan der tilsættes en tilsvarende mængde soda. Metoden er enklere end kalk-soda-metoden, men er forholdsvis kostbar på grund af kemikaliets pris.

Afhærdning med soda og kedelvandstilbageføring.

Denne metode er kendt under navnet »Neckar vandrenser«, og det særegne ved den er, at kedlen selv indgår i vandrensningssystemet. Ved de tidligere omtalte metoder ønskede man at rense vandet, inden det kom ind i kedlen for således at forhindre, at vandets skadelige bestanddele kom ind i den. Dette er ikke altid gennemførligt, idet der kræves ret bekostelige apparter. Ved Neckar-metoden lader man den endelige udskilning foregå i kedlen, men sørger så for, at den udskilte slam kontinuerligt igen fjernes fra kedlen.

De stoffer, som ellers dannes i kedlen, bliver i apparatet dels udskilt som slam, dels omdannede til opløselige, uskadelige salte. Processen sker dels ved hjælp af varme og dels ved tilsætning af soda, idet den almindelig brugte tilsætning af kalk ikke er nødvendig. Direkte til systemet sættes kun soda, idet man benytter sig af, at soda, der findes i kedelvandet, delvis omdannes til natriumhydroxyd og til kulsyre, hvoraf den sidstnævnte bortgår med dampen. Til vandrenseren sættes så meget soda, at der efter fødevandets afhærdning findes en passende mængde til spaltning i kedlen. Sodaen fjerner mineralsyrehårdheden, og natriumhydroxyden, der findes i det til vandrenseren førte alkaliske kedelvand, fjerner karbonathårdheden.

Apparatet ses i fig. 3.

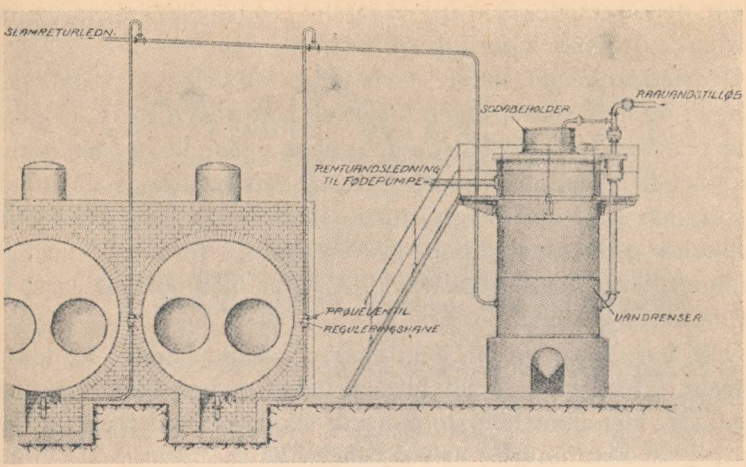


Fig. 3.

Mellem kedlens bundudblæsningshane og stutsen på kedlen indskydes et mellemstykke, på hvis ene side der findes en stophane. En ledning fra denne hane forsynes på et let tilgængeligt sted med en såkaldt skalahane med prøveventil, hvorfra der kan aftages vandprøver, hvorved kedelvandets alkalitet kontrolleres. Ledningen tjener til at føre kedelvandet fra kedlen til vandrenseren.

Denne består af en cylindrisk beholder, og oven på denne er der anbragt en sodabeholder. Den øverste del af vandrenserbeholderen virker som blande- og reaktionsrum og er ved en konisk mellembund skilt fra vandrenserens klaringsrum, der forneden er afsluttet med en konisk slamsamler med slamudblæsningsanordning.

Stopbøsningshanen under kedlen skal, når anlægget arbejder, stå fuldt åben, og skalahanen indreguleres således, at en bestemt mængde kedelvand i en fortsat strøm igennem slamtilbageføringsledningen føres til vandrenseren.

Det helst forvarmede råvand føres, reguleret af en svømmerventil, til vandrenseren, hvortil der desuden føres en ledning fra sodabeholderen samt slamtilbageføringsledningen.

På denne måde blandes råvandet, sodaopløsningen og det varme kedelvand inderligt sammen.

De stendannende stoffer, som udskilles dels ved sodatilsætningen og dels ved opvarmningen og berøringen med det alkalisk reagerende kedelslamvand, synker i blande- og reaktionsrummet langsomt til bunds, passerer den koniske mellembund og samler sig i den tragtformede slamsamler, hvorfra de kan udblæses gennem slamhanen. Når vandet forlader klaringsrummet, viser det sig næsten klart og er blødgjort til ca. 2 H° og påsættes kedlen.

Ved den efterreaktion, der foregår i kedlen under fordampningen, udskilles de i det rensede vand endnu tilbageværende mængder stendannende stoffer som slam, der ved hjælp af kedeltrykket kontinuerlig drives tilbage til vandrenseren gennem slamtilbageføringsledningen, hvor det bundfældes og kan udblæses sammen med det, der dannes i vandrenseren.

Arbejdes der med lave kedeltryk, er dannelsen af natriumhydroxyd kun ringe, hvorfor denne metode ikke i så tilfælde er så godt egnet for vand med høj karbonathårdhed og med stort indhold af magniumsalte. Der kan dog bødes herpå, ved at man gør vandet stærkt alkalisk, tilsætter altså et overskud af soda, og sætter meget kedelvand tilbage gennem vandrenseren. Da imidlertid stort sodaoverskud i kedelvandet angriber armaturdelene, må man være noget forsigtig med at sætte for megen soda til.

Afhærdning med trinatriumfosfat.

Denne metode har navnlig fundet anvendelse ved større kedelanlæg med et noget højere arbejdstryk. Den bruges i almindelighed i forbindelse med en af de allerede nævnte afhærdningsmetoder, idet trinatriumfosfatet anvendes for at nedsætte den resthårdhed, de andre metoder har efterladt. Ved tilsætning af trinatriumfosfat dannes et fosfatoverskud, der udfælder kalcium og magnium som fosfater, og der kan herved opnås så rent vand, at resthårdheden kun er 0,1 à 0,2 H°. Reaktionstiden er 10 til 30 minutter ved en opvarmning til 70° à 90° C.

Afhærdning ved baseombytning.

Ved afhærdning efter denne metode benytter man sig af, at der

findes såkaldte baseombyttende materialer (zeoliter), der kan optage kalk og magnium og i stedet afgive natrium til vandet; kalk og magnium bytter således plads med det i det baseombyttende materiale værende letbundne natrium, således at vandet kommer til at indeholde de til kalken og magnium svarende natriumforbindelser, medens den i vandet værende kalk og magnium går ind i materialet. Ved afhærdningen fjernes vandets totale hårdhed praktisk talt fuldstændigt (0,05—0,1 H°), indtil zeoliten er mættet med kalcium og magnium. Ved at lede en kogsaltopløsning gennem materialet, sker der en regeneration, idet de dannede klorforbindelser bortskylles, og materialet er så atter i stand til at optage kalk og magnium fra råvandet.

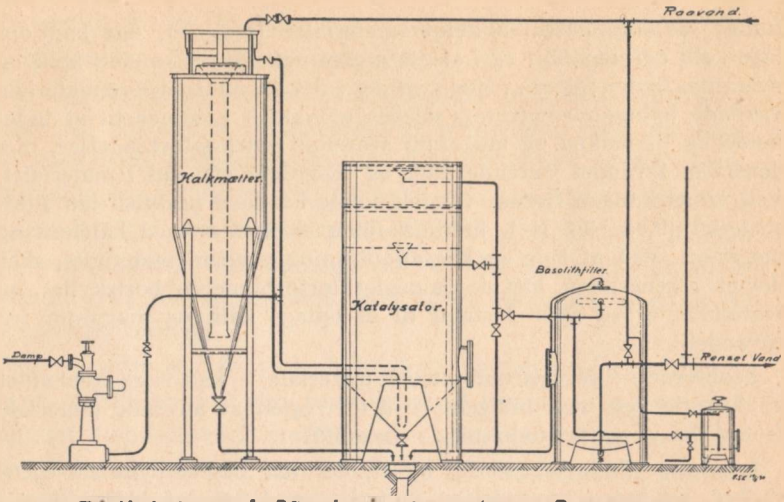
Zeoliterne — det baseombyttende materiale — kan være fremstillet ad kunstig vej, men billigere er det i reglen at anvende materiale fremstillet af naturprodukter — basolith.

I naturen findes en særlig lerart, der har baseombyttende egenskaber, og inden anvendelsen underkastes dette stof behandlinger, der tilsigter at gøre det mere modstandsdygtigt for mekaniske påvirkninger og samtidig forøger dets udvekslingsevne.

Zeoliterne anvendes i form af fine korn, som anbringes i filtre — ofte trykfiltre — hvorigennem vandet ledes og afhærdes. Det kolde råvand, der ikke må være over 35° C., omdannes da på en sådan måde, at de stoffer, der dannes, forbliver opløste og ikke danner kedelsten. Der opstår ikke udfældede stoffer, der danner slam. Metoden er meget hurtigvirkende, idet der kun medgår de få sekunder, gennemløbningen varer.

Vand, som er afhærdet ved hjælp af baseombytning, indeholder dog hele råvandets bikarbonatmængde, hvilket medfører, at der i kedlen udskilles en del fri kulsyre, der angriber kedelfladerne, hvorfor da også afhærdningen med baseombyttende midler ofte kombiners med andre rensningsmetoder, f. eks. med afkarbonisering (katalysarmetoden), hvorved bikarbonater og fri kulsyre fjernes med kalk, medens fjernelsen af resthårdheden sker ved baseombytning. En sådan udførsel er vist i fig. 4.

I afkarboniseringsanlægget fjernes den fri og halvbundne kulsyre, og udfældningen fremskyndes ved, at vandet ledes gennem et såkaldt katalysisk udfældningsapparat. Vandet, der skal renses, ledes til en vandfordeler, anbragt oven over apparatet. Her fordeles vandet i 2 strømme, afpasset efter den i vandet værende karbonathårdhed og fri kulsyremængde; den ene strøm går gennem en kalkmætter og løber fra toppen af denne som mættet kalkvand til bunden af katalysatoren, hvortil også den anden strøm fra fordeleren (råvandet) ledes. Blandingsvandet går fra neden op gennem katalysatoren, hvor udfældningen foregår, og for at tilbageholde de udfældningspartikler,



Kalk-katalytisk Afkarboniseringsanlæg m. Basolithfilter.

Fig. 4.

der på grund af vandets hastighed rives med, forsynes katalysatoranlægget med et filter. Resten af hårdheden fjernes gennem basolitfiltret.

Skal fødevandet, der er renset på denne måde, anvendes til højtrykskedler, der arbejder med mere end 20 ato, er det nødvendigt at give vandet fosfatoverskud.

Afhærdning ved kogning.

Ved denne metode koges vandet i særlige pladekogere, der indeholder et antal plader, hvorpå stenafsætningen sker, idet kogningen bevirker, at bikarbonaterne omdannes til normale karbonater, hvorved kalciumkarbonatet udfældes som sten. Fra tid til anden udtages pladerne, og stenen fjernes ved afbankning. Indeholder råvandet magniumforbindelser og salte, der danner mineralsyrehårdhed, må der for at borttage denne hårdhed tilsættes soda og natronlud, således at metoden bliver termisk-kemisk.

Afhærdning ved fordampning (evaporering).

Denne metode beror på en overføring af vand til damp og så en tilbageføring af den dannede damp til vand. Der sker her en

praktisk talt fuldstændig fjernelse af alle salte, idet disse bliver tilbage i fordampningsrummet. Har råvandet en stor karbonathårdhed, må denne fjernes ved en af de andre måder, inden evaporeringen begynder, for ikke at få en tilslamning af fordamperrummet. Denne metode, der er ret kostbar, anvendes mest i store dampkraftanlæg, hvor der arbejdes med kondensation. Ved kondensationen genvindes næsten hele dampmængden, fraregnet nogle få procent fra uundgåelige tab. Kondensatet bruges så igen som fødevand og må suppleres ved evaporering, inden det påsættes kedlen.

Som varmedamp til fordampning af vandet i evaporatorerne anvendes almindeligvis aftapningsdamp fra turbinerne. Varmeøkonomisk lides der ikke noget væsentligt tab, idet det fordampede vand kondenseres ved køling med det fra kondensatoren kommende vand, der derved forvarmes. Samtidig med evaporeringen sker der en udluftning af vandet, således at fødevandet ved en rigtig behandling af evaporatorerne kan få en høj renhedsgrad.

Fjernelse af skadelige luftarter.

De luftarter, som man må regne som skadelige i fødevandet, er ilt og kulsyre, der kan give tæringer på kedelfladerne, og jo højere arbejdstryk, kedlen arbejder med, desto større bliver risikoen for tæring. Luftarterne fjernes fra vandet i reglen ved en kogning under atmosfæretryk eller under vacuum i særlige afluftningsanlæg. De sidste iltrester kan — hvis det er nødvendigt — fjernes ved at behandle vandet med natriumsulfit.

Afluftet vand må omhyggeligt beskyttes for luftens indvirkning, da dette luftfattige vand med stor begærlighed optager luftarter. Man må ligeledes have opmærksomheden henvendt på pumper og sugeledninger, idet utætheder her kan medføre, at det engang afluftede vand kommer i berøring med luft og derved igen optager de luftarter, man netop har villet udskille.

Man benytter da også, når man opbevarer afluftet vand, da at anbringe en »damppude«, bestående af damp af lavt tryk, ovenpå vandet, således at enhver luftpåvirkning undgås.

KAPITEL V.

GRUNDBEGREBER.

I de foregående kapitler er omtalt det materiale, der anvendes til fremstilling af kedler, de brændselssorter, der anvendes til varmefremstilling og i kapitel IV vandet, der skal forvandles til damp i dampkedlen. Inden vi imidlertid kan gå over til at omtale dampkedlen, og hvad der hører til denne, er det nødvendigt at anstille nogle teoretiske betragtninger.

Legemers opvarmning.

Når man opvarmer et legeme, er det en kendt sag, at der sker forskellige forandringer med dette legeme. For det første vil det som regel føles varmere end før, for det andet vil dets rumfang forøges under opvarmningen, og for det tredie kan det i visse tilfælde få en anden tilstandsform, idet det f. eks. kan gå over fra fast til flydende eller endog over i damp.

Når et legeme er blevet varmere ved en opvarmning, siger man, at legemets temperatur er steget, og det kan nu have sin interesse at undersøge, hvordan man måler temperaturen.

Det blev ovenfor sagt, at et legemes rumfang forøges under opvarmning, og det er denne kendsgerning, der har medført til dannelsen af en temperaturmåler, det såkaldte termometer.

Vi har nogle eksempler på, at legemer udvider sig ved opvarmning, og dette gælder såvel faste som flydende og luftformige stoffer. Men erfaringen har vist, at disse stoffers udvidelse følger ganske bestemte naturlove, således at et bestemt stof altid indtager et bestemt større rumfang, når samme varmemængde tilføres, og dette kan da bruges til at lave instrumenter, der kan vise, hvor høj temperaturen i legemet er, idet der til en ganske bestemt udvidelse af legemet hører en ganske bestemt temperatur.

Termometret.

Det bedst kendte termometer er kvægsølvtermometret, der består af en lille beholder, der er fyldt med kvægsølv. Denne beholder er i åben forbindelse med et snævert rør, der er luk-

ket foroven. Inden dette rør imidlerid er blevet tillukket, er det suget tomt for luft. Ville der nemlig være luft i røret, ville denne luft yde modstand mod den kvægsølvsøjle, som stiger op i røret, når temperaturen stiger.

På røret kan der nu anbringes en skala, d. v. s. en række tal, der fortæller temperaturens højde; men her må man have ganske bestemt fastlagte tal at gå ud fra, og man har da som nulpunkt bestemt den temperatur, der findes i is, der er ved at smelte. Holder man et termometer ned i smeltende is, vil man finde, at temperaturen ikke stiger, sålænge der er is i vandet. Hvis nu dette vand opvarmes, vil kvægsølvsøjlen i termometret stige. Der er altså tilført vandet varme, hvorved dets temperatur er steget, og denne temperaturstigning har indvirket på kvægsølvet i termometret, idet kvægsølvet har udvidet sig.

Imidlertid vil det vise sig, at termometrets stigning på et givet tidspunkt standser, selvom der stadig tilføres varme, og dette sker, når vandet begynder at koge. Dette punkt, kogepunktet, ligger imidlertid ikke fast, idet det er afhængig af luftens tryk, som vi senere skal tale om. For imidlertid at have et bestemt mål at gå ud fra, har man bestemt, at temperaturen ved kogepunktet er 100°, når det sted, hvor forsøget gøres, ligger ved havets overflade og luftens tryk er 760 mm.

Vi har to faste punkter at gå ud fra, frysepunktet eller nulpunktet, hvor tallet »nul« afsættes på skalaen, og kogepunktet, hvor tallet »hundrede« afsættes. De mellemliggende stykke af skalaen inddeles så i 100 stykker, og afsættes der en streg ved hver af disse inddelinger, svarer hver streg til een grad.

Den omtalte temperaturskala, der går fra 0 grader til 100, kaldes celsiusskalaen, og er den, der anvendes her i landet. Da der imidlertid findes to andre skalaer, har man vedtaget at sætte bogstavet C bag ved det tal, der angiver temperaturen for derved at fortælle, at det er så og så mange grader celsius.

De to andre skalaer hedder réaumur og fahrenheit. Er temperaturen angivet i disse skalaer, bemærkes det ved, at der enten sættes et »R« eller et »F« bag ved gradtallet.

I réaumur-skalaen er frysepunktet også nulpunktet, men ko-

gepunktet er sat ved 80 grader. Skal man derfor omregne fra celsius til réaumur, må man gange celsiusgradtallet med 80/100 eller 8/10 for at få réaumurtallet. Er således en temperatur målt til 25 grader C, svarer den til $\frac{25 \cdot 8}{10} = 20$ grader R. Réaumur-skalaen anvendes hovedsagelig i Sydeuropa.

Fahrenheit-skalaen, der anvendes i England og Amerika, er noget vanskeligere at omregne til celsiusskalaen. Ved fahrenheit-termometret er skalaen inddelt i 180 dele, men frysepunktet ligger ved 32 grader F. Har man således en temperatur angivet i fahrenheit og vil omsætte den til celsius, må der først trækkes 32 fra og derefter ganges med 5/9 (100/180). Er en temperatur f. eks. målt til 77 grader fahrenheit og skal denne omregnes til celsius, vil regnestykket se således ud: $77 \div 32 = 45$, $45 \times 5/9 = 25$. D. v. s. 77 grader F er altså lig 25 grader C.

Da man også har brug for at måle temperaturen under 0 grader og over 100, er talskalaen fortsat såvel foroven som forneden.

Når man har anvendt kvægsølv som vædske, skyldes det forskellige fordele, som dette har. Det har først og fremmest en stor udvidelseskoefficient, det vil sige, at det udvider sig meget ved opvarmning. Dernæst kan det fremstilles meget rent, således at man er sikker på, at den nævnte udvidelseskoefficient altid er den samme.

Endvidere er det uigennemsigtigt og står derfor skarpt aftegnet i skalaen, og kvægsølvsøjlen afsluttes foroven i opadgående bue, hvorfor aflæsningen kan ske med stor nøjagtighed.

Endelig har det et ret lavt frysepunkt og et temmeligt højt kogepunkt, således at det er anvendeligt over et stort temperaturinterval. Frysepunktet ligger ved $\div$ 39 grader og kogepunktet ved ca. 300 grader. Fyldes rummet over kvægsølvsøjlen med kvælstofdampe og anvendes kvarts i stedet for glas til beholder og søjle, kan man benytte et sådant termometer op til 750 grader.

Skal der måles temperaturer under $\div$ 39 grader, må der anvendes andre vædsker end kvægsølv. Her skal nævnes tuluol, hvormed der kan måles ned til $\div$ 100 grader, eller pentan, hvor

den laveste temperatur, der kan måles med et sådant termometer er ÷ 200 grader. Farvet sprit bruges ofte som vædske.

Varmemængden.

Under omtalen af termometret blev det nævnt, at temperaturen ikke steg i en blanding af is og vand, så længe der endnu var is i vandet, trods der stadig blev tilført varme. Den tilførte varme er da optaget af såvel vandet som isen, men vandets temperatur er ikke steget. Den varmemængde, der er tilført, må da altså gå med til at opvarme isen, indtil denne er smeltet. Da varme imidlertid ikke er et stof, der kan vejes, kan man kun måle varmemængde ved at sammenligne den med en eller anden valgt måleenhed. Her har man da bestemt, at en varmeenhed er den varmemængde, der skal til for at opvarme 1 kg vand 1 grad celsius. Da vandets forskellige fysiske forhold imidlertid er forskellige ved forskellige temperaturer — således er vandets vægt størst ved 4 grader C, hvor 1 liter vand nøjagtig vejer 1 kg — har man, for at få en nøjagtig bestemmelse af varmeenhed, bestemt, at den ene grad, som det ene kg vand skal opvarmes, ligger mellem 14,5 grader C og 15,5 grader C. Enheden for varmemængden kaldes kilogramkalorie (kcal), og man forstår altså ved 1 kcal den varmemængde, der skal til for at opvarme 1 kg vand fra 14,5 grader C til 15,5 grader C.

Luftens tryk.

Ovenfor under omtalen af termometret blev det anført, at vandets kogepunkt ved havets overflade altid var 100 grader C under ganske bestemte forhold. Læser man beretningen om folk, der har besteget bjærge, lægger man ofte der mærke til, at de fortæller, at luften var meget »tyndere« deroppe, og forsøger man at koge vand på et bjærg, vil forsøget vise, at kogepunktet ligger under 100 grader C. Hvori ligger nu denne forskel?

Det er almindelig kendt, at hele jorden er omgivet af et luftlag, der jo betinger alt livs trivsel. Dette luftlag er henved 75 kilometer tykt. Men luften er et legeme og må som andre legemer have en vægt, og derved udøve et tryk på jordoverfladen.

På ethvert sted af jordoverfladen ligger der et tryk, som svarer til den lodrette luftsøjle, der ligger over stedet. Derfor må der være forskel på lufttrykket ved et sted, der ligger ved havets overflade og ved et sted, der ligger oppe på et bjærg, idet højden af luftsøjlen må være forskellig på de to steder.

At luften virkelig vejer noget, kan man let overbevise sig om. Vejer man på en fintvejende vægt en elektrisk pære, der er lufttom, og brækkes derefter spidsen af pæren af, således at luften strømmer ind i pæren, vil man nu finde, at den er blevet tungere, og det er, fordi den nu er fyldt med luft (1 liter luft vejer ca. 1,29 gram).

Fig. 5.

Hvordan kan vi nu finde det tryk, som luften virker med. Da dette lufttryk er ret stort, må man finde et tungt legeme for at drage sammenligning med, og hertil kan kvægsølv bruges. I et bøjet glasrør — fig. 5 — der er åbent i begge ender, hældes kvægsølv, således at det stiger halvt op i rørets grene. Da det samme lufttryk hviler på begge overflader, vil disse stå lige højt i grenene. Nu hældes røret, således at den ene gren af røret fyldes med kvægsølv, derefter lukkes denne gren foroven ved en prop, og røret føres derefter tilbage i sin oprindelige stilling. Kvægsølvsøjlen i det afproppede rør vil nu falde lidt, men de to overflader vil ikke stå i samme vandrette plan mere.

På kvægsølvoverfladen i det åbne rør hviler nu luftens tryk som før, men på overfladen i det lukkede rør hviler intet tryk, da rummet mellem kvægsølvet og proppen er lufttomt; det var fyldt med kvægsølv, da proppen blev sat i, og der er senere ikke kommet luft ind.

Trækkes der en vandret linie gennem punktet *A*, der angiver kvægsølvoverfladen i det åbne rør, rammer denne det lukkede rørs kvægsølvsøjle i punktet *C*. Der må på disse to punkter hvile den samme vægt, og det vil sige, at det tryk, som luften trykker med på overfladen ved *A*, må være det samme, som

kvægsølvsøjlen *BC* trykker med på overfladen ved *C*. Vejes denne kvægsølvhøjde, haves derved luftens tryk på overfladen ved *A*.

Måler man længden af søjlen *BC*, vil denne ved middelluft-trykket være 760 mm, og er det anvendte rørs tværsnitsareal 1 kvadratcentimeter, vil kvægsølvsøjlen veje 1,03 kg.

Nu er tallet 1,03 kg ikke så behageligt at regne med, det havde været lettere at regne med 1 kg. Da kvægsølvets vægtfylde er 13,6, svarer der til 1 kg en kvægsølvsøjle på $\frac{1000}{13,6} =$ 73,5 kubikcentimeter, og er søjlen 1 kvadratcentimeter i tværsnit, vil højden altså kun være 735 mm.

Som måleenhed har man da også valgt det tryk, som udøves af 1 kg luft på hver kvadratcentimeter og kaldt denne enhed for 1 atmosfære (1 at.). En atmosfære er altså det tryk, som 1 kg hviler med på 1 kvadratcentimeters flade, og den svarer til en kvægsølvhøjde på 735 mm.

Da man ofte har brug for at regne med meget små tryk, vælger man en anden vædske end kvægsølv og bruger da vand. Da kvægsølvet er 13,6 gange så tungt som vand, svarer til en kvægsølvsøjle på 735 mm og med 1 kvadratcentimeters tværsnit en vandsøjle af samme tværsnit på $735 \times 13,6 = 1000$ cm eller 10 m. Det vil sige, at en atmosfæres tryk svarer til det tryk, som en vandsøjle på 10 m udøver på 1 kvadratcentimeter af overfladen.

Det tryk, som den luft, der ligger omkring jorden, udøver, kaldes den absolutte atmosfære (ata), medens det tryk, der regnes med ved dampkedler, er overtrykket, d. v. s. trykket over atmosfæren. Viser en kedels trykmåler f. eks. 7 at, må hertil lægges 1 at for at få det absolutte tryk, der altså bliver lig 8 ata. Kedeltrykket angives derfor også ved betegnelsen ato.

Vandets fordampning.

Vand kendes i alle tre tilstandsformer, fast som is, flydende som vand og luftformig som vanddamp. Ved 4 grader C har vand sin største vægtfylde, idet det her vejer mest, og som før

nævnt vejer 1 liter vand 1 kg ved 4°. Opvarmes vand over 4 grader, udvider det sig, hvilket altså vil sige, at vægtfylden bliver mindre; afkøles vandet under 4 grader, begynder isdannelsen ved 0 grader; men temperaturen i is og vandblandingen synker ikke, før al vandet er størknet til is.

Vejer man 1 l is ved 0 grader, vil man finde, at vægten er mindre end af 1 l vand ved 0 grader, det vil sige, at vandet udvider sig ved frysning, et forhold, der ofte er sørgeligt kendt, hvis man har glemt at tappe vandledninger eller beholdere for vand, der er udsat for frost.

Vand går over til dampform allerede ved almindelig temperatur; det er f. eks. det, der sker, når vådt vasketøj tørres ved at hænge ude i fri luft.

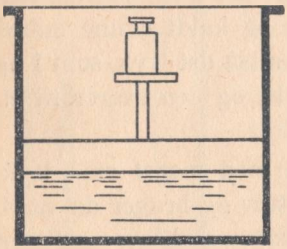


Fig. 6.

Almindelig vanddamp er usynlig; når man ser, at den dampstrøm, der strømmer ud af en ledning, har farve, skyldes det, at der i sådan damp findes små vanddråber, der giver farven.

Opvarmes vand i et åbent kar, sker ved 100 grader C det, der kaldes kogning, og det er tidligere anført, at temperaturen ikke stiger i vandet, når kogningen er påbegyndt, selvom der stadig tilføres varme. Kogningen viser sig ved små dampbobler og livlig fordampning. På de steder af karret, der først når den temperatur, der svarer til kogetemperaturen, danner der sig hurtigt dampbobler, der stiger op gennem vandet og medfører kogning. Det kan dog først ske, når det indvendige tryk i dampboblerne er stort nok til at overvinde det tryk, der hviler på vandets overflade. Derfor spiller lufttrykket en stor rolle, når kogning sker i et åbent kar.

Anbringes nu i karret (fig. 6) et stempel, der slutter vand- og damptæt til karrets sider og tilføres varme til vandet, vil vandet på et givet tidspunkt koge. Stemplet vil blive skudt op i karret af dampen, der dannes under det. Temperaturen i vandet vil imidlertid også her vedblive at stå på samme højde, som den havde, da kogningen indtrådte, og det skyldes, at trykket under

stemplet stadig er det samme, idet det bestemmes af det lods vægt, der er sat ovenpå stemplet. Kendes dette lods vægt, kan trykket under stemplet udregnes, og belaster man stemplet med stigende vægte, kan de forskellige kogepunkter, der svarer til de pågældende tryk, findes.

Dampens temperatur afhænger således ikke af mængden af den tilførte varme, men af det tryk, der hviler på vandet og således, at der til et bestemt lufttryk svarer et bestemt kogepunkt.

I nedenstående tabel 3 kan sammenhængningen mellem tryk og kogepunktstemperatur, der også kaldes mætningstemperaturen, aflæses.

Hvorledes er nu forholdene i dampkedlen under vandets opvarmning? Står kedlen ved opfyringen i forbindelse med atmosfærisk luft, vil kogningen begynde ved ca. 100 grader. Den luft, der er over vandspejlet, vil blive revet bort med dampen, men lukkes nu forbindelsen med atmosfæren, og der stadig tilføres varme, vil der ske en trykstigning i kedlen, idet dampen, der dannes over vandspejlet, ikke mere kan undvige. Kogningen bliver nu hemmet, fordi dampen i dampboblerne har et større tryk at overvinde for at kunne nå op til vandoverfladen. Heraf følger, at vandets temperatur stiger langsomt. Der dannes stadig damp, men det rum, hvori dampen skal være, bliver ikke væsentligt større, og derved sammenpresses dampen, hvilket medfører, at det tryk, den virker på vandoverfladen med, bliver større. Herved stiger vandets temperatur igen, og ny damp dannes.

Denne vekselvirkning finder sted, sålænge der tilføres varme, og dampen bliver i kedlen, idet der stadig til et bestemt tryk svarer en bestemt kogepunktstemperatur.

Ovenfor så vi, at vandets temperatur ikke steg, efter at kogningen i det åbne kar var begyndt, selvom der stadig blev tilført varme, og det vil da være naturligt at spørge, hvad den varmemængde, der tilføres, anvendes til. Vel steg temperaturen ikke, men der skete alligevel noget, og dette var, at vandet begyndte at forvandles til damp, og fortsættes med varmetilførslen, vil tilsidst al vand forsvinde fra karret.

Den tilførte varmemængde er da også netop brugt til at frem-

kalde denne fordampning. Man har ved forsøg fundet, at der skal bruges 640 kilogramkalorier til at forvandle 1 kg vand på 0° til damp på 1 at absolut tryk. Da 1 kilogramkalorie var den varmemængde, der skulle til for at opvarme 1 kg vand 1 grad, går der 100 kilogramkalorier til at opvarme 1 kg vand fra 0 grader til kogepunktet. Forsøget viste, at der skulle bruges 640 kilogramkalorier til at fordampe vandet fra 0 grader, og vi ser således, at der er medgået en varmemængde på 540 kilogramkalorier til at fremkalde selve fordampningen. Denne varmemængde kaldes fordampningsvarmen i modsætning til den varmemængde, der er i vandet eller vædsken. Denne sidste varmemængde kan ligeledes findes i tabel 3, og det vil ses, at den omtrent svarer til kogepunktstemperaturen ved de forskellige tryk. Medens vædskens varmemængde stiger med voksende tryk, gælder dette kun for dampens varmeindhold til 30 at, idet det falder, når trykket stiger højere, således som det fremgår af tabellens sidste kolonne.

I tabellens 3. kolonne er opført, hvor stort et rumfang 1 kg mættet damp har ved de forskellige tryk, og kolonne 4 viser vægten af 1 kubikmeter mættet damp i kilogram.

Den damp, der udvikles på ovenanførte måder, er i al almindelighed fyldt med små vanddråber, og den betegnes som våd eller mættet damp. Fugtighedsindholdet kan forsvinde i karret (fig. 6), når der stadig ved uforanderligt tryk tilføres varme, indtil al vandet er fordampet. Derved opstår tør damp.

Tilføres der nu til tør damp endnu mere varme, sker der den såkaldte overhedning af dampen, idet vi stadig betragter damp med uforanderligt tryk. Det vil da bemærkes, at dampens temperatur nu stiger, således at overhedet damps temperatur kan være meget forskellig under et bestemt tryk; den må dog altid være højere end mættet damps ved samme tryk.

I en dampkedel, hvor der stadig er et vandrum, er dampen altså mættet, og vil man have overhedet damp, må det ske udenfor selve dampkedlen, og opvarmningen sker derfor i et apparat, der kaldes en overheder.

Den overhedede damp har flere fordele overfor den mættede damp.

Tabel 3.

Tabel for mættet vanddamp (efter Dr. ing. W. Koch VDI).

Tryk ata	Mætnings-temperatur C°	Rumfang af 1 kg mættet damp i m³	Vægt af 1 m³ mættet damp i kg	Varmeindhold af vand kcal/kg	Varmeindhold af damp kcal/kg
0,2	59,67	7,795	0,1283	59,61	623,1
0,4	75,42	4,069	0,2458	75,36	629,5
0,6	85,45	2,783	0,3594	85,41	633,4
0,8	92,99	2,125	0,4705	92,99	636,2
1	99,09	1,725	0,5797	99,12	638,5
2	119,62	0,9016	1,109	119,87	645,8
3	132,88	0.6166	1,622	133,4	650,3
4	142,92	0,4706	2,125	143,6	653,4
5	151,11	0,3816	2,621	152,1	655,8
6	158,08	0,3213	3,112	159,3	657,8
7	164,17	0,2778	3,600	165,6	659,4
8	169,61	0,2448	4,085	171,3	660,8
9	174,53	0,2189	4,568	176,4	662,0
10	179,04	0,1981	5,049	181,2	663,0
11	183,20	0,1808	5,530	185,6	663,9
12	187,08	0,1664	6,010	189,7	664,7
13	190,71	0,1541	6,488	193,5	665,4
14	194,13	0,1435	6,967	197,1	666,0
15	197,36	0,1343	7,446	200,6	666,6
16	200,43	0,1262	7,925	203,9	667,1
17	203,35	0,1190	8,405	207,1	667,5
18	206,14	0,1126	8,886	210,1	667,9
20	211,38	0,1016	9,846	215,8	668,5
22	216,23	0,09251	10,81	221,2	668,9
24	220,75	0,08492	11,78	226,1	669,3
26	224,99	0,07846	12,75	230,8	669,5
28	228,98	0,07288	13,72	235,2	669,6
30	232,76	0,06802	14,70	239,5	669,7
35	241,42	0,05822	17,18	249,4	669,5
40	249,18	0,05078	19,69	258,2	669,0
45	256,23	0,04495	22,25	266,5	668,2
50	262,70	0,04024	24,85	274,2	667,3
60	274,29	0,03310	30,21	288,4	665,0
70	284,48	0,02795	35,78	300,9	662,1
80	293,62	0,02404	41,60	312,6	658,9
90	301,92	0,02096	47,71	323,6	655,1
100	309,53	0,01845	54,21	334,0	651,1
120	323,15	0,01462	68,42	353,9	641,9
140	335,09	0,01181	84,68	372,4	631,0
160	345,74	0,009616	104,0	390,8	618,3
200	364,08	0,00620	161,2	431,5	582,3
220	372,1	0,00449	223,0	463,4	547,0

For det første er overhedet damp tør, idet de vandpartikler, der findes i våd damp, nu er forvandlet til damp.

For det andet egner overhedet damp sig godt til at føres i lange ledninger, da der dannes langt mindre fortætningsvand, og

for det tredie er den mere økonomisk at anvende i kraftmaskiner, idet dampforbruget under ellers samme forhold bliver mindre ved overhedet damp.

Det må dog ikke glemmes, at det koster noget at få dampen overhedet, idet der må tilføres ekstra varmemængde for at opnå overhedningen. Denne varmemængde, der skal tilføres for at få overhedning, afhænger af det herskende tryk, men i almindelighed kan man sige, at der medgår ca. 0,5 kilogramkalorier for at overhede 1 kg damp med 1 grad.

KAPITEL VI
FORBRÆNDINGEN

Ved en forbrænding forstår man i almindelighed en forening af et brændstofs brændbare bestanddele med luftens ilt, hvorved der ved den kemiske proces, der foregår, udvikles gasarter og røg. For at opnå denne forbrænding, må brændslet opvarmes til dets antændelsestemperatur, og denne er forskellig for de forskellige brændselssorter. Et stof, der bryder i brand under eller ved almindelig temperatur, kaldes selvantændeligt; men de brændselsstoffer, der anvendes i ildsteder ved dampkedler, har antændelsestemperaturer, der ligger langt højere.

For at få en forbrænding i stand må man 1) have et stof, der kan brænde, 2) have dette opvarmet til dets antændelsestemperatur og 3) tilføre det ilt, og forbrændingen ophører igen, når en af disse 3 dele mangler.

Ved en forbrænding udvikles der varme, og det viser sig, at der ved forbrænding af lige store mængder af et stof udvikles samme varme, når forbrændingen foregår, som den skal, og den varmemængde, der udvikles ved forbrænding af 1 kg af stoffet,

er netop et mål for brændslets godhed og kaldes stoffets brændværdi.

En forbrænding kan foregå ved flamme eller ved glødning. Betingelsen for, at der kan komme flamme, er, at brændslet udvikler brændbare luftarter. Det, der sker, når et brændstof skal forbrænde i et ildsted, er, at de brændbare luftarter uddrives og antændes. Jo flere af disse luftarter brændslet indeholder, desto større vil flammeudviklingen være. Er alle de flygtige bestanddele bortbrændte, bliver hovedbestanddelen, kulstoffet, tilbage som koks, og af dette udvikles så den meste varme.

For de almindeligst brugte brændsler skal anføres tal på antændelsestemperaturer:

Tørv	antændes	ved	omkring	 230	grader
Træ	»	»	»	 300	»
Brunkul	»	»	»	 300	»
Stenkul	»	»	»	 330	»
Koks	»	»	»	 700	»

Skal man derfor antænde et kulfyr, må der først sættes ild til et brændstof med lavere antændelsestemperatur end kul. Hertil anvendes som regel træ. Ved træets forbrænding udvikles nu en så høj temperatur, at kuls antændelsestemperatur er nået, og kullene begynder derefter at brænde. Det, der herved sker, er, at brændslets indhold af kul og brint går i forbindelse med luftens ilt. De forbrændingstemperaturer, der opnås ved denne proces, når op til 1500 grader C.

Skal man have den bedste udnyttelse af brændslet, må der skaffes en fuldstændig forbrænding, hvilket vil sige, at alt det kulstof, brint og svovl, som brændslet er i besiddelse af, må forbrænde. Denne forbrænding sker med luftens ilt, og man må derfor sørge for, at der kommer nok luft til ildstedet. Sker dette ikke, opnås kun den såkaldte ufuldstændige forbrænding, og derved kan store værdier gå tabt.

Ved forbrænding danner luftens ilt kemiske forbindelser med brændslets bestanddele, idet den med kulstoffet danner kulsyre, med brinten vand og med svovlindholdet svovlsyrling. Det er derfor luftens iltindhold, der har interesse. Den atmosfæriske

luft består af ca. 20 % ilt, resten er hovedsagelig kvælstof foruden nogle andre luftarter, der kun indeholdes i ganske små mængder. Kvælstofindholdet kan ikke brænde, således at det for så vidt ikke er til nogen nytte ved selve forbrændingen; men dets tilstedeværelse er dog af stor betydning, idet det forhindrer, at temperaturen i ildstedet bliver altfor høj.

Brændslets kulstof danner som nævnt kulsyre, når forbrændingen foregår, idet kulsyre består af ilt og kul. Kulsyre indeholder 12 vægtdele kul og 32 vægtdele ilt. Der må altså tilføres brændslet så megen luft, at der er 32 vægtdele ilt til stede for hver gang, der er 12 vægtdele kul. Tilføres ikke så meget luft, således, at der ikke er nok ilt, sker forbrændingen ufuldstændig, idet der dannes en luftart, der kaldes kulilte, og som kun behøver 16 vægtdele ilt til 12 vægtdele kul.

Det viser sig ved en sådan ufuldstændig forbrænding, at kullene ikke udvikler nær så megen varme; men tilsættes mere luft og derigennem mere ilt, kan man få kulilten til at brænde til kulsyre, hvorved mere varme udvikles.

At det er af største betydning at opnå en fuldstændig forbrænding, skal vises ved nogle tal, idet der nedenfor skal angives hvilken forbrændingsvarme, der opnås ved de forskellige kemiske processer. Forbrænder således kul fuldstændigt med ilt til kulsyre, frigøres en varmemængde på 8080 kilogramkalorier.

Er det imidlertid kulilte, der dannes, fordi der ikke er luft nok til stede, frigøres kun 2435 kilogramkalorier. Heraf ses, at der ved en ufuldstændig forbrænding opnås $\frac{8080}{2435} = 3{,}3$ gange lavere varmemængde end ved den fuldstændige.

Forbrændes kulilte til kulsyre, frigøres 2430 kilogramkalorier, således at der indvindes noget af den tabte varme igen.

Det er derfor af største interesse at få tilført så megen luft, at forbrændingen bliver fuldstændig, d. v. s. den bedste varmeudvikling finder sted.

For at undersøge om forbrændingen har været fuldstændig, må der foretages en undersøgelse af kulsyreprocenten i røgprodukterne. Da den tilførte luftmængdes iltindhold er ca. 20 %, vil man ved en fuldstændig forbrænding teoretisk kunne opnå at få en kulsyreprocent på ca. 20, og man ville i så fald have

tilført nøjagtig den mængde luft, der skal til for at forbrænde brændslets kulstofindhold.

I praksis er dette dog ikke muligt, da brændselslagets tykkelse i ildstedet ikke overalt har samme højde, således at det ikke vil være muligt at få tilført hver kulpartikel den nødvendige luftmængde. Det er derfor nødvendigt at tilføre et luftoverskud, hvorved kulsyreprocenten går ned.

Her må man dog påse, at der ikke tilføres for megen luft, idet der herved sker en forøget trækvirkning i ildstedet, der medfører dels, at ikke forbrændte luftarter rives bort med røgen ind i skorstenen, og dels, at røgtemperaturen bliver for høj. Begge dele medfører et varmetab. Hvad varmetabet ved røgtemperaturen angår, må man altid regne med dette. Det gælder naturligvis om at udnytte forbrændingstemperaturen mest muligt i kedelanlægget, men røgprodukterne vil dog altid indeholde en del varme ved skorstenen, idet temperaturen her vil ligge omkring ca. 300 grader. Denne varme går tabt, men en del af den er nødvendig, for at der kan opnås et naturligt skorstenstræk.

Det gælder derfor for den dygtige kedelpasser om at tilføre netop så stort et luftoverskud, at den bedste forbrænding opnås. Luftoverskuddet afhænger dog af mange faktorer, idet det er afhængig af brændslets art, at dettes kornstørrelse, af ristefladen og af ildstedets beskaffenhed. Skal en god forbrænding opnås, må der i praksis tilføres ca. $1^1/_2$ gang så megen luft, som de teoretiske betragtninger forlanger.

Med et sådant luftoverskud vil det ikke være muligt at opnå en kulsyreprocent, der når op til den føromtalte procent ved ca. 20. Tilføres $1^1/_2$ gang så megen luft end teoretisk nødvendig, vil kulsyreprocenten synke ned til ca. 14 % og er luftoverskuddet større, synker dermed også kulsyreprocenten.

Nedenstående tabel 4 angiver de til de forskellige kulsyreprocenter svarende luftmængder og tabet i kul i procent af det forbrugte.

Tabel 4.

Kulsyre i hundrededele af røgmængden	Luftoverskuddet er	Kultabet i hundrededele af forbrændt kul
19	1	0
15	1,3	12
13	1,5	14
12	1,6	15
10	1,9	18
8	2,7	23
6	3,2	30
4	4,7	45
2	9,5 gange så stort som nødvendigt	90

Sekundær luft.

Når der i det foregående er talt om lufttilførsel til ildstedet, er der tænkt på den luft, der føres gennem risten op til brændselslaget. Er det brændsel, der er til rådighed, imidlertid gasrigt, vil den luft, der føres fra risten, ikke være tilstrækkelig til at forbrænde de store mængder luftarter, der udvikles ved forbrænding af sådant brændsel, og mange af disse vil da i uforbrændt tilstand føres bort til skorstenen.

Det vil i sådanne tilfælde være nødvendigt at tilføre luft til selve ildstedet over risten, og denne luft kaldes sekundær luft. Det er det heldigste at tilføre den sekundære luft på forskellige steder i ildstedet, og man sætter den ind der, hvor temperaturen er højest, således at der derved skabes mulighed for den bedste forbrænding. Men også her må det påses, at luftoverskuddet ikke bliver for højt, da man derved opnår det modsatte af, hvad man ønskede. Den sekundære luft tilføres forvarmet.

Hvordan kan kedelpasseren nu være klar over, om forbrændingen er god, således at han får den største udnyttelse af brændstoffet? Da kulsyreprocentens højde er det, der bedst fortæller, hvorledes forbrændingen har været, vil han ved brugen

af en kulsyremåler altid kunne vide, hvorledes hans fyring er. Men det er jo ikke altid sådan, at han har en kulsyremåler til sin rådighed, hvordan kan han så være klar over, om hans arbejde er tilfredsstillende?

Der er så forskellige ting, han må iagttage. For det første gælder det om, at der kan tilføres tilstrækkelig forbrændingsluft gennem risten. Men dette kræver blandt andet, at risten er ren og ikke fyldt med slagger. Betragtes risten gennem askefaldet og lyser den klar, er kedelpasseren sikker på, at risten tillader gennemgang af luft til ildstedet.

For det andet må han ved at undersøge forholdene over risten blive klar over, om forbrændingen er så fuldstændig som mulig. Kan han over en jævnt dækket rist se, at brændslet forbrænder med en klar og lysende flamme, vil der næppe være nogen mulighed for, at der ikke er forbrændingsluft nok til stede. Forbrændingen må ske med en lysende flamme; men ser han blå flammer, må der sørges for mere lufttilførsel, idet blå flammer som regel er tegn på, at der er kulilte til stede, og der må i så tilfælde tilsættes mere luft, for at denne kulilte kan forbrændes.

For det tredie har han skorstenen. Forlader forbrændingsprodukterne skorstenen kun svagt farvet, er forbrændingen god; men stiger der kvalmende, sort røg op af skorstenen, er dette et ubedrageligt tegn på, at fyringen ikke er, som den skal være.

Endelig må han for det fjerde ikke åbne røgspjældet mere, end at kedlens arbejdstryk kan holdes og røgudvikling undgås.

KAPITEL VII

VARMEOVERFØRINGER I DAMPKEDLER

Den varmemængde, der ved brændslets forbrænding er produceret i ildstedet, skal nu gennem kedelvæggene overføres til kedelvandet, og det må da gælde for kedlens konstruktør at bygge kedlen således, at så meget af den frembragte varme som

muligt optages af vandet. Det viser sig imidlertid, at varmen overføres på forskellige måder, og der tales om overføring af varme ved stråling, ledning og konvektion (berøring).

Forskellen mellem disse tre overføringsmåder kan måske bedst forklares ved et simpelt eksempel fra det daglige liv. Hvis en smed stikker en jernstang ind i de glødende kul på en esse, vil stangen opvarmes og blive glødende der, hvor den ligger i kullene. Varmen er her overført ved berøring. Havde han i stedet for at stikke den ind i de glødende kul lagt den ved siden af kullene, således at varmeudstrålingen fra kullene ramte stangen, ville den også blive varm. Herved sker opvarmningen ved stråling.

Havde han nu stået og holdt i stangens anden ende, ville han efter nogen tids forløb mærke, at stangen blev varm. Stangen har altså ledet varmen fra essen til smedens hånd, og vi har således et eksempel på ledning.

De forskellige stoffers evne til at lede varmen er imidlertid meget forskellige, og der skelnes mellem gode og dårlige varmeledere. Til de gode varmeledere regnes samtlige metaller, medens dårlige varmeledere er stoffer som hår, strå, sand, aske, sod, kedelsten, olie og mange andre.

Ved dampkedler kan varmen også overføres på de tre forskellige måder, og vi skal nu betragte de forskellige måder for sig.

Stråling.

Fra det glødende brændselslag i en kedel vil en del af varmen føres direkte til kedlens hedeflader ved stråling, og ligeledes kan varme ved stråling overføres fra ophedet murværk. Den mængde varme, der overføres direkte ved stråling fra brændslet, vil dog være større end den, der indirekte overføres fra murværket. Ved nyere kedelformer spiller varmeoverførslen ved stråling en stor rolle. Det er dog ikke alene fra brændselslaget, strålevarmen overføres, idet også de brændende luftarter naturligvis ligeledes overfører varme ved stråling.

Varmeledning.

Her foregår en forplantning af varmen gennem kedelvæggene. Disse modtager varmen fra røggassen, der bestryger dem, og varmen ledes så gennem væggene, således at disse opvarmes, hvorved de er i stand til at afgive varmen til kedelvandet, der bestryger kedelvæggenes anden side.

I fig. 7 er skematisk vist varmens forløb. I rummet til venstre for væggen har varmen en temperatur t_1, der i figuren er vist ved en vandret linie, hvilket skal udtrykke, at temperaturen her er konstant. Denne temperatur vil synke noget, når røgprodukterne kommer i nærheden af væggen, idet denne vil være koldere end røgen. Røggassens temperatur kan derfor sættes til t_2 ved kedelvæggens skilleflade ud mod fyrstedet. Kedelvæggen leder nu varmen ind til kedelvandet. Ved denne varmetransport vil temperaturen igen synke noget (til t_3), hvorefter kedelvæggen nu afgiver varme til kedelvandet. Som vist i fig. 7 synker temperaturen et stykke, når den kommer i berøring med vandet, og dette skyldes naturligvis, at vandet er koldere end kedelvæggen. Temperaturen synker ned til t_4, der vil være den temperatur, vandet opnår. Af figuren kan således ses, hvor stort temperaturfaldet er, nemlig fra t_1 til t_4, mellem ildstedets temperatur og vandets.

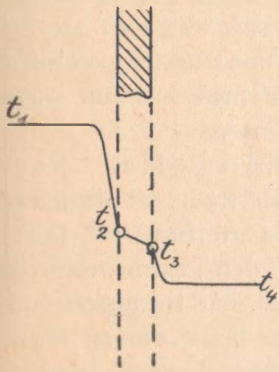


Fig. 7.

Ved et stort antal kedler anvendes imidlertid ikke plane vægge som hedeflader, men rør. Er det mindre kedler, det drejer sig om, vil det være træk- eller røgrør, der anvendes; det vil sige, at røgen går inde i røret, medens vandet befinder sig uden om rørene.

I fig. 8 vil man se, hvordan temperaturforholdene er i et sådant tilfælde. Her vil der være den højeste temperatur t_1 inde i røret, hvor røggassen er. Temperaturen vil falde til begge sider, når røggassen når rørets vægge (til t_2). Gennem rørvæggen sker et yderligere temperaturfald (til t_3) og på ydersiden af røret vil

varmen nu afgives til vandet, hvor temperaturen synker ved vandets opvarmning.

Store kedler bygges derimod med kogerør, hvilket vil sige, at røggassen bevæger sig uden om rørene, medens vandet er inden i disse. Her vil temperaturforholdene være som vist i fig. 9, idet bogstaverne for varmegraden svarer til de to ovenstående figurer.

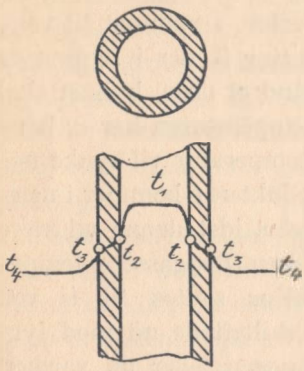


Fig. 8.

Det skal her ganske kort anføres, at temperaturfaldet i legemer med plane vægge sker efter en ret linie t_2—t_3 i fig. 7, medens temperaturfaldet i legemer med krumme vægge sker efter en kurve.

Konvektion eller berøring, var den tredie af de måder, varmen kunne overføres på. Derved forstår man den varmeoverføring, der finder sted, når røggassen under strømmende bevægelser berører kedlens hedeflade og afgiver varme til denne. Betragter man et enkelt bestemt punkt af hedefladen, vil det altså stadig være nye dele af røggassen, der kommer i berøring med det betragtede punkt og afgiver varme til dette. Samtidig med berøringen sker der også en ledning, idet kedelvæggen bortleder den varme, den har modtaget ved berøring. Man kan derfor ikke skelne skarpt mellem ledning og konvektion, og man plejer da også at regne dem under eet, således at man siger, at den samlede varmeoverføring fra røggassen til fast væg eller fra denne til kedelvandet er sket ved berøring. Derimod kan den varmemængde, der er overført ved stråling altid betragtes og regnes for sig.

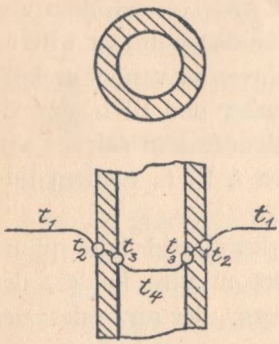


Fig. 9.

I fig. 7, 8 og 9 er vist, hvorledes varmen forplantes fra ildstedet gennem kedelvæg til vandet; men her er forudsat, at

kedelvæggene er fuldstændig rene. Temperaturfaldet $t_2—t_3$ er mindre, jo bedre varmeledende væggen er. Er der mellem ildstedet og kedelvæggen et lag af et dårligt ledende materiale, vil temperaturfaldet blive meget større, og det samme er tilfældet, hvis der mellem kedelvæg og kedelvand sidder et sådant lag. På side 60 blev mellem de dårlige varmeledere nævnt såvel sod og aske som kedelsten og olie. Det må da derfor gælde om, at disse stoffer så lidt som muligt får lejlighed til at sætte sig på kedelvæggene, idet virkningsgraden derved nedsættes overordentlig. Tænker man sig således, at man har en kedelvæg af stål med en bestemt tykkelse, og at man har et lag på samme tykkelse af flyveaske eller sod, så vil dette lag kun kunne gennemlede en varmemængde, der er $^1/_{400}$ til $^1/_{600}$ af den varmemængde, stålvæggen leder, og er det et lag af kedelsten af samme tykkelse, som stålvæggen, vil den gennemledede varmemængde kun være $^1/_{20}$ til $^1/_{40}$ af den, der går gennem stålvæggen. For olie gælder de samme tal som for sod og aske. Disse tal viser, hvor stor betydning det har at holde kedelvægge og kedelrør fri for sod, aske og kedelsten, samt olie.

Ved et kedelanlæg gælder det naturligvis om at få så megen varme som muligt overført fra ildsted til det kedelvand eller til den damp, der findes i kedlen. Dette kan da opnås ved at gøre kedlens hedeflade, d. v. s. den del af kedlens vægge, der er i berøring med røgmasserne, så stor som mulig, og jo større forskel, der desuden er mellem røgens og vandets temperatur, jo mere varme vil røgen afgive til vandet.

Kedlerne må derfor bygges således, at store kedeldele kan afkøle røgen. Endvidere må der sørges for, at kedelvandet på sit koldeste stadie berører de steder af hedefladen, der bestryges af den mest afkølede røg, medens de varmeste dele af hedefladen bestryges med vand, der har den højeste temperatur. Jo større røggassens hastighed er på ildsiden af hedefladen, desto stærkere vil varmeudvekslingen være mellem røgen og vandet. Dette gælder især, når det er damp, der skal opvarmes, thi dampen er en langt dårligere varmeleder end vand, hvorfor der skal bruges langt mere varme til at ophede damp end vand.

Skorstenen.

Det er tidligere nævnt, at røgen, når den kommer til skorstenen, endnu er i besiddelse af en vis varme, og det er angivet, at temperaturen her kunne ligge ved ca. 300 grader. Det vil altså sige, at man ikke har udvundet den varme, som røgen har indeholdt, således at der lides tab her; men dette er nødvendigt for at få skorstenen til at trække.

Det er naturligvis skorstenens opgave at bortlede røgen fra kedelanlægget; men idet den gør dette, løser den samtidig en anden opgave, idet den sørger for, at der kommer et vist undertryk i ildstedet, d. v. s., at lufttrykket i ildstedet er mindre end den ydre lufts tryk. Dette er nødvendigt for at få tilstrækkelig forbrændingsluft ind gennem ristene til ildstedet. Når det er skorstenen, der skaffer dette undertryk, tales der om naturligt træk i modsætning til kunstigt træk, hvor skorstenens funktion helt eller delvis overtages af mekaniske apparater.

Undertrykket eller trækket, som det almindeligvis kaldes, opstår ved den vægtforskel, der er mellem den atmosfæriske luft og den varme røggas, der findes i skorstenen. Jo større denne forskel er, desto mere træk vil skorstenen yde, men vægtforskellen kan kun forstørres ved at forhøje røggassens temperatur. Denne kan og må af flere grunde ikke være for høj, dels vil for høj temperatur ødelægge skorstenen, og dels går den varme jo i nogen grad tabt. Kan man ikke få tilstrækkeligt træk med skorstenen, må man gå over til det ovennævnte kunstige træk.

Skorstenens opgave er også at bortfjerne røgen, og denne må føres så højt til vejrs, at den ikke virker til gene for omgivelserne. Der er derfor også i de fleste byers bygningsvedtægter givet bestemte regler for, hvorledes skorstenshøjden skal være i forhold til de omliggende bygninger. Skorstenens højde er medbestemmende for trækkets størrelse, thi jo højere en skorsten er, desto større vil trækket være.

Skorstenstrækket er således bestemt ved disse givne forhold, og man må derfor påse, at der ikke forekommer falsk træk, der kan spille ødelæggende ind. Er der utætheder i murværkets fuger, eller revner i dette, medfører dette, at trækforholdene

bliver dårlige. Opmærksomheden må derfor haves henvendt på dette forhold. Kunstigt træk, må som nævnt etableres, når det træk, der kan skaffes gennem skorstenen, ikke er stort nok til at skabe en god forbrænding. Er det kun en mindre forøgelse af træk, der er nødvendig, kan dette opnås ved, at der anbringes underblæst, hvorved luft mekanisk sættes op gennem risten. Denne underblæst må så reguleres sådan, at der ikke bliver et overtryk over risten. Anvendes underblæst, virker skorstenstrækket først fra rummet over ildstedet.

Kan der ikke på denne måde opnås tilstrækkelig god forbrænding, og medfører f. eks. en indbygning af en fødevandsforvarmer, der altid bliver anbragt i den sidste del af røgkanalerne, at trækforholdene er meget utilfredsstillende, må der anbringes sugeventilatorer mellem kedel og skorsten. Disse ventilatorer suger så forbrændingsprodukterne fra kedlen og trykker dem ind i skorstenen.

Det er imidlertid ikke altid helt let at få skaffet de rigtige forhold til veje mellem træk og skorsten, idet der i anlægget optræder visse træktab. For at overvinde disse tab, må der bruges mere træk end teoretisk nødvendigt; dette giver en forøget udgift, hvorfor det er af interesse at have disse tab så små som mulige. De vokser stærkt med kedelbelastningen, og de enkelte tab skal omtales lidt nærmere.

Det første af disse er tabet gennem risten og brændselslaget. Dette er afhængigt af hvad slags brændsel, der bruges; et tæt lag, der består af småkornet brændsel, yder mere modstand for luftens gennemgang end et lag, der består af større stykker; er det benyttede brændsel rigt på flygtige bestanddele, kræves der mere luft end ved brændsel, der er fattigt på disse gasarter. Af stor betydning er også brændslets tilbøjelighed til at tilstoppe de huller eller åbninger, der er i risten. Selve ristens art spiller også en vis rolle, idet en rist med små huller og små åbninger yder større modstand end en rist, hvor åbningerne er større, således at luften lettere kan komme igennem. Forholdet mellem det ristearealet, der ikke er belagt med brændsel og hele ristearealet må også tages i betragtning, idet en stærk dækket rist yder mere modstand end een, der

er mindre dækket. Forøges kedlens belastning, hvilket medfører, at fyringen må forceres og mere brændsel anvendes, vil det ovennævnte tab naturligvis forøges.

Dernæst er der tabet i røgkanalerne. Tænker man sig en cylindrisk kedel med en ildkanal, og røgprodukterne fra denne går direkte ud i skorstenen, vil der selvsagt ikke være noget tab af betydning i en sådan kedels træk; men føres røgkanalerne mere indviklet og frem og tilbage, er det givet, at der opstår muligheder for store tab i dem, f. eks. når de er snævre og lange, og røgen på sin vej gennem dem må skifte retning flere gange. Det omtalte tab afhænger således af kedlens bygning; er trækkanalerne desuden fyldt med sod og aske, bliver tabet mange gange større.

Endelig skal nævnes tabet ved røgspjældet, idet dette ved sin stilling yder mere eller mindre modstand mod røgprodukterne. Er spjældet helt åbent, er der intet tab her; men under fyringen må spjældet, når belastningen på kedlen varieres, bevæges op eller ned, hvorved tabet fremkommer.

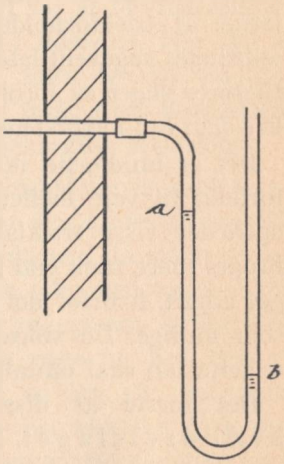


Fig. 10.

Træk i en røg- eller trækkanal måles i millimeter vandsøjle, idet tallene er så små, at man ikke kan anvende kvægsølv her. En sådan trækmåler er vist i fig. 10 og består i sin simpleste form af et u-bøjet glasrør, der er åbent i begge ender. Røret er halvt fyldt med farvet vand, og når rørets ene ende sættes i forbindelse med det sted, trækket skal måles, kan trækket pågældende sted aflæses, idet det er trykforskellen mellem den ydre luft og røgen. I det åbne rør tilhøjre i fig. 10 virker luftens tryk på vandets overflade, og på det andet rørs vandoverflade virker røggassens tryk. Højdeforskellen *a-b* angiver trækket og anbringes en målestok, kan det aflæses i milli-

meter vandsøjle. Trækket er størst ved foden af skorstenen, og aftager i kanalerne mod risten.

Kedelanlæggets ydelse og virkningsgrad.

Ved ethvert kedelanlæg gælder det om at få så megen varme som muligt overført fra brændslet til vandet i kedlen. Naturligvis vil man ved anvendelsen af et godt brændsel få et bedre resultat end ved et dårligt; men i alle tilfælde må man være klar over, at der altid vil være visse faste tab, der er uundgåelige, men som den dygtige kedelpasser må være interesseret i at gøre så små som mulige; thi jo større disse tab er, desto mindre økonomisk arbejder anlægget.

De tab, der her må regnes med, er

1) Tab af brændsel, der går bort med aske.
2) Tab ved ufuldstændig forbrænding.
3) Skorstenstabet.
4) Tab ved stråling og ledning.

De to første tab finder sted inde i fyret, medens det tredie sker i skorstenen. Det fjerde skyldes dels fyret og dels kedlen, hvis den ikke er isoleret tilstrækkeligt.

Tab ved brændsel, der går bort med asken, kan deles i to. Det ene stammer fra kulpartikler, der ubrændt falder gennem risten. Har man altid nogenlunde samme slags brændsel, kan risten tilpasses derefter, således at der ikke behøver at ske noget større tab her. Men brændes ristestængerne i stykker, eller bliver de under brugen bøjede, er muligheden for at kulpartikler falder igennem større, og denne mulighed fremmes, når der ofte skal kradses op i fyret. Ved udskiftning af forbrændte eller bøjede ristestænger kan tabet formindskes.

Det andet tab skyldes, at der altid vil være uforbrændte gløder med slaggerne, når disse rages ud af fyret. Ved håndfyring gælder det da om at rive så få gløder som muligt ud, og ved mekaniske fyrapparater, såsom vandriste, må der sørges for, at brændslet er udbrændt på ristens bageste del.

Anvendes der stærkt træk, er der mulighed for, at flyvekoks

og fine kuldele kan føres bort med trækket, og dette kan kun modarbejdes ved at nedsætte trækket.

Tab ved ufuldstændig forbrænding af gasarter er allerede omtalt tidligere, og det skyldes, at der ikke er tilstrækkelig luft til forbrændingen. Der opstår derved kulilte, som har en betydelig mindre brændværdi, og kulbrinteforbindelser, der særlig viser sig i røgen.

Desuden kan tabet skyldes for lav antændelsestemperatur og for lille fyrrum over risten, således at der ingen ordentlig antændelse og blanding med luft finder sted.

Ubrændte gasarter i røgen kan give ret betydelige tab af varmeenergi, hvorfor det er af største interesse at formindske dette. Er fyr og ildsted rigtig indrettet og tilføres tilstrækkelig forbrændingsluft, kan tabet holdes lavt; men det kan dog i så fald forøges, hvis fyrdørene ofte står abne, hvorved for megen kold luft indføres.

Skorstenstabet skyldes, som før nævnt, at det er nødvendigt for at opnå et godt skorstenstræk, at røgen går ind i skorstenen med endnu en del varme i behold. Det er forøvrigt heller ikke muligt at bygge en kedel således, at al varme i røgen kan udnyttes.

Tabets højde afhænger hovedsagelig af den temperatur, røgen har, når den træder ind i skorstenen og så røggassens sammensætning. Der kan opstilles en formel til beregning af dette tab, og i denne formel indgår kulsyreprocenten, idet det, efter det der før er sagt, er af betydning at have så høj en praktisk kulsyreprocent som muligt, idet denne er et bevis for, at forbrændingen er god.

Tabel 5.

Kulsyreprocenten	14	12	10	8	6	4
Skorstenstabet i % ..	11,6	13,5	16,3	20,4	27,1	40,6

I ovenstående tabel er vist skorstenstabets afhængighed af kulsyreprocenten, idet denne er angivet i tabellens øverste

række, medens skorstenstabet ved tilsvarende kulsyreprocent er angivet i nederste række.

Der er her regnet med en konstant røgtemperatur på ca. 300 grader; men i virkeligheden vil tabene blive større, da de lave kulsyreprocenter opnås ved meget stærkt luftoverskud, hvorved røgtemperaturen vil stige.

Det kan heraf ses, at kedelpasseren må holde skorstenstabet så lavt som muligt, da det er store værdier, der kan gå tabt her.

I tabellen er der ikke angivet højere kulsyreprocent end 14. Der er intet i vejen for at drive kulsyreprocenten højere end 14 %, men det viser sig, at skorstenstabet ikke formindskes derved.

Lednings- og strålingstabene var de sidste tab, der blev nævnt mellem de uundgåelige, og skyldes afkøling af kedlen, idet denne er varmere end den omgivne luft. Derved bliver disse tab afhængige af kedlens størrelse, af murværks eller indmurings beskaffenhed, og så af den temperaturforskel, der er mellem murværket og den ydre luft i kedelrummet.

Disse tab kan holdes små. Er kedlen indmuret, må man sørge for, at murværket er i ordentlig stand; er kedlen kun isoleret, som det f. eks. er tilfældet med opretstående kedler, må isolationen være hel og ikke hænge i store laser. Alle dele af kedlen, der står i direkte forbindelse med luften, bør isoleres, således at der ikke sker tab her. I selve kedelrummet bør temperaturen holdes konstant, idet større temperaturforskelle indvirker på tabene.

Virkningsgraden.

Der er nu omtalt de forskellige forhold, som kedelpasseren må have sin opmærksomhed henvendt på for at få den bedste udnyttelse af det brændsel, der står til hans rådighed og således få den bedste virkningsgrad, hvorved man forstår forholdet mellem den varmemængde, der er nødvendig for at udvikle en vis dampmængde, og den varmemængde, der har været i brændslet, der er blevet anvendt. For at finde et kedelanlægs virkningsgrad, må man måle den mængde damp, som i løbet af en time er produceret, og samtidig den kulmængde, der er anvendt. Der-

efter udregnes, hvor megen varme, der skal til for at få fremstillet den målte dampmængde, og da brændslets brændværdi er kendt, kan det ønskede forhold derved findes.

Lad os prøve et eksempel:

Ved et kedelanlæg er anvendt en kulsort, der har en nyttig brændværdi på 6000 kilogramkalorier. Der er i 1 time brugt 400 kg kul, og samtidig er der fordampet 2600 kg vand, der var 30 grader varmt, da det blev sat på kedlen. Dette vand er forvandlet til mættet damp på 12 ato. Hvor mange kg vand er der nu fordampet pr. kg kul? Det findes ved at dividere 2600 med 400, der giver $\frac{2600}{400} = 6{,}5$ kg vand. Dette tal kaldes fordampningstallet.

Hvor megen varme fordres nu for at omdanne 6,5 kg vand fra 30 grader til damp på 12 ato tryk. Af tabel 3 side 53 ser vi, at mættet damp ved 12 ato's overtryk har et varmeindhold på 665,4 $^{Kcal}/_{Kg}$.

Vi får da, at der kræves 6,5 (665,4 ÷ 30) = 4130,1 kilogramkalorier.

Ved kedlen brugte vi imidlertid 1 kg kul, der havde 6000 kilogramkalorier. Virkningsgraden bliver da:

$\frac{4130{,}1}{6000} = 0{,}69$ eller 69 % af brændslets varme blev nyttiggjort til dampfremstillingen.

Vil man forbedre denne virkningsgrad, kan man dels overhede dampen og dels benytte en fødevandsforvarmer. Tænker vi da, at dampen overhedes til 350°, og at fødevandet forvarmes fra 30 til 120°, findes den nye virkningsgrad ved udregningen af virkningsgraden for de forskellige anlæg, og disse tre virkningsgrader tilsammen giver derefter den endelige.

Den varme der er optaget i kedlen er nu

6,5 (665,4 ÷ 120) = 3545,1 kilogramkalorier.

Den varme, der er optaget i overhederen er, idet man i en tabel, der ikke er medtaget her i bogen, finder hvilket varmeindhold 12 at damp overhedet til 350 grader har, og det er 752, altså får vi i overhederen: 6,5 (752 ÷ 665,4) = 562,9 kilogramkalorier.

For forvarmerens vedkommende haves:

6,5 (120 ÷ 30) = 585 kcal.

For disse tre tals vedkommende findes nu atter forholdet til brændslets varmeværdi, hvorved virkningsgraden

for dampdannelsen $= \frac{3545,1}{6000} = 0,59.$

for overhedning $= \frac{562,9}{6000} = 0,094.$

og for forvarmer $= \frac{585}{6000} = 0,098$

I procent og lagt sammen haves en virkningsgrad på:

$$59 + 9,4 + 9,8 = 78,2\ \%.$$

Det fremgår således heraf, at man opnår en betydelig højere virkningsgrad ved at indbygge overheder og fødevandsforvarmer, således at man derigennem udnytter brændslet ganske anderledes godt, hvorved økonomien forbedres.

KAPITEL VIII.

DAMPKEDLEN.

Ildstedet.

I tidens løb er der konstrueret mange forskellige slags ildsteder. Det, der har været bestemmende for disse, har været de mangfoldige forskellige brændselsstoffer med forskellige brændværdier, kornstørrelser, fugtighed, indhold af flygtige bestanddele, af slagger og aske. Disse forskellige nævnte ting er saa forskellige ved brændselsstofferne, at det ikke har været muligt at bygge et universalildsted, men man har været nødsaget til at rette sig efter det brændsel, der skulle anvendes i det enkelte tilfælde.

Indtil begyndelsen af dette århundrede anvendtes mest den såkaldte planrist, der har en nærmest vandret overflade, på hvilken brændslet ligger. Denne overflade er forsynet med huller eller smalle spalter, hvorigennem forbrændingsluften strømmer.

Ved bygningen af risten må der tages hensyn til, om det er mindre kedler, mellemstore eller store. Ved de små kedler anvendes mest håndfyring, og askeudtagningen sker ligeledes med håndkraft. Ved mellemstore og store kedelanlæg anvendes mekaniske fyrapparater. For at kunne udbygge ildstedet ved disse kedler, må der opbygges murbuer og etableres anordninger, der

på den bedste måde fordeler forbrændingsluften, f. eks. ved hjælp af zoneinddeling, underblæst og luftforvarmning.

Skal der anvendes flydende eller luftformig brændsel, anvendes brændere af forskellige typer, og lignende konstruktioner kan også anvendes ved kulstøvfyring. I nyere tid anvendes denne fyringsmåde ved nogle af de største kedelanlæg, der findes, hovedsagelig ved elektricitetsværker.

Ildstedet kan være forskelligt beliggende i forhold til kedlen. Mindre kedler har i reglen ildstedet indbygget i selve kedlen og kaldes indfyringskedler, medens der i større kedler benyttes ildsteder, der enten ligger under eller foran kedlen, og der kan da tales om underfyringskedler eller forfyringskedler.

Taget i udvidet betydning hører til ildstedet for det første risten, dernæst forbrændingsrummet, hvorefter askerummet kommer og for det fjerde de apparater, der skal fremkalde underblæsten, hvis dette skal anvendes.

Ristefladen eller ristearealet angives i m², og man kan angive den samlede risteflade i modsætning til den frie risteflade, hvorved man forstaar det areal, der udgøres af ristespalterne. Dette areal retter sig efter brændslets kornstørrelse og jo mindre disse er, desto mindre må spalterne være.

Ved ristebelastningen forstår man den brændstofmængde, der forbrændes i en time pr. kvadratmeter af ristearealet.

Planristen. (Fig. 13).

Ved indfyringskedler, f. eks. i ildkanaler på liggende, cylindriske kedler, i bevægelige kedler og ved mindre vandrørskedler, består risten af ristestænger, der danner en plan overflade, der svagt skråner nedad mod fyrbroen. Foran risten ligger fyrkarmen, og bagtil hviler risten på fyrbroen. Denne, som er opbygget af ildfaste sten, der hviler på et jernunderlag, skal forhindre, at brændslet rutsjer ned ad risten. Fyrbroen må være højere end brændselslaget, thi derved tvinger den røgen, der kommer fra det glødende brændsel, op, således at der kan ske en blanding af de forskellige luftarter i røgen, hvorved forbrændingen forbedres.

Ristestængerne lægges ved siden af hinanden; i den derved

dannede flade findes spalter eller huller, hvorigennem forbrændingsluften kan passere. Risternes overkant hårdstøbes, hvorved de kan yde mere modstand for varmepåvirkningen fra gløder og slagger. Ristestængerne må være så høje, at de kan bære brændslets vægt, og en god højde på dem fremmer forbrændingsluftens forvarmning.

Asken skal kunne falde gennem spalterne i ristefladen ned i askegraven, og derfor må ristestængerne være tyndere i under-

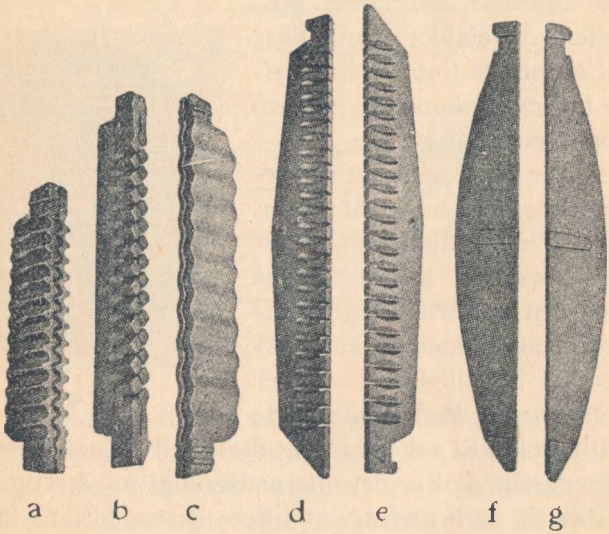


Fig. 11.

kanten end i overkanten. På siden er de forsynede med knaste, der bestemmer spaltens bredde, når stængerne ligger på plads.

På grund af den stærke varme i ildstedet, vil ristestængerne blive længere, og man forsyner dem derfor i den ene ende med en glideflade, således at de kan forskyde sig, medens den anden ende forsynes med et hak, hvorved den fastholdes til sin ristebærer.

Der findes mange forskellige slags ristestænger. — Fig. 11.

Den almindeligst anvendte er fladstangen — fig. 11 *f* og *g* —

men da man er interesseret i at få luften fordelt jævnt over hele brændselslaget, har man lavet forskellige former for ristestænger. Fig. 11 *b* er polygonristestangen, og slangeristestangen fig. 11 *c*. De sidstnævnte anvendes mest ved finkornet brændsel og gasrigt kul, da den fri risteflade er særlig stor.

I opretstående kedler anvendes rundriste — fig. 12 — der er inddelt i segmenter, således at disse kan anbringes i fyrboksen.

Rummet under risten kaldes askefaldet og tjener til at opfange de askedele, der falder gennem risten. Askefaldet tjener ligeledes til at fordele forbrændingsluften, der herfra strømmer op gennem risten og brændselslaget.

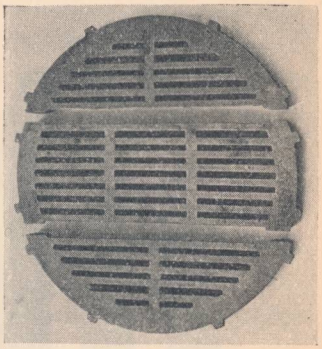


Fig. 12.

Ildstedet er fortil afsluttet af fyrkarmen, hvori der er to åbninger. Den øverste er fyråbningen, hvorigennem brændslet kastes ind på risten, og den anden åbning er anbragt udfor askefaldet, og kan lukkes med en indstillelig plade, der kaldes dæmperen. Med denne plade kan lufttilførslen til askefaldet og derfra til ildstedet reguleres. Anvendes gasrige kul er det ofte nødvendigt for at kunne opnå en fuldstændig forbrænding, at tilføre ekstra luft til ildstedet, den såkaldte sekundære luft. Dette kan gøres ved anbringelse af dyser eller huller i fyrdøren, eller man kan indrette fyrbroen således, at der indføres sekundær luft gennem denne.

Fyrbroens højde skulle hjælpe til at blande røgprodukterne for at opnå en god forbrænding. I ildkanalkedler kan dette desuden ske ved anbringelse af særlige apparater, der er formede som propeller eller skrueflader af ildfast materiale, der anbringes i ildkanalen et stykke bag ved fyrbroen. Herved sættes røgen i hvirvlende bevægelser, hvorved der dannes en bedre blanding. Apparaterne kaldes »drallsten« eller »chamotte-snegl«, og de medvirker også til en bedre udnyttelse af ildkanalens hedeflade, idet der afsætter sig mindre flyveaske på denne.

Fyring på planristen.

Fyringen sker her med håndkraft, og kedelpasseren har da ved denne måde forskellige ting at iagttage. Det gælder for ham om at dække ristefladen med brændslet på en ensartet måde. Er der et eller andet sted på risten ansamling af brændsel, bliver forbrændingen uensartet og derved dårlig. Er brændselslaget

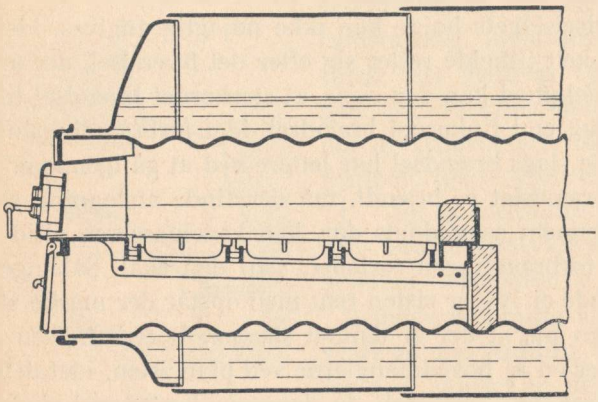


Fig. 13.

for tyndt på enkelte steder, vil forbrændingsluftens indvirkning medføre, at brændslet her brænder hurtigere væk, således at der kan komme bare steder på risten, hvor så forbrændingsluften tilføres i et overskud. Brænder den bageste del af ristefladen først væk, er dette på samme måde uheldigt, idet dette medfører, at der ikke kommer tilstrækkelig forbrændingsluft til den forreste del af brændselslaget, idet den lettere kan gaa igennem der, hvor brændslet er bortbrændt.

Brændslets kemiske sammensætning må der også i nogen grad tages hensyn til. Har man gasholdigt brændsel til sin rådighed, må der ikke kastes for store mængder på risten, da der herved vil opstå stor røgudvikling. Der må så fyres med lidt brændsel ad gangen, men hyppigere.

Er kedlens belastning stor, må hele ristefladen benyttes, idet brændslet fordeles jævnt. Er kravet til dampudvikling ikke så stort, fyres der bedst ved, at brændslet kastes ind på ristens for-

ende. Den varme, der er i ildstedet, vil medføre en forgasning af brændslet, hvorved forstås, at gasarterne udvikler sig og strømmer hen mod fyrbroen. Herved vil de antændes og forbrændes af gløderne, der ligger på ristens bageste del.

Anvendes denne fyringsmåde, må der sørges for, at der er god brand i brændslet bag ved det nye, der kastes ind, thi ellers kan gasarterne ikke antændes.

Brændselslagets højde kan ikke nøjagtig angives, idet dette i hvert enkelt tilfælde retter sig efter det brændsel, der anvendes. I almindelighed kan dog siges, at storkornet brændsel tillader et højere lag end finkornet brændsel, idet forbrændingsluften ved det første slags brændsel har lettere ved at gå igennem.

Når brændslet er brændt, må der finde afslagning sted. Ved at se igennem askefaldets dør, kan kedelpasseren altid forvisse sig om forbrændingen forløber, som den skal. Sålænge ristens underflade er lys, er risten ren; men opstår der mørke steder, er dette tegn på, at der er dannet slagger. Bortskaffelsen af disse slagger er en af hovedmanglerne ved planristen, idet dette medfører et ret stort varmetab, da slaggerne borttages i glødende tilstand, og da dette må ske ved åben fyråbning, strømmer der megen kold luft ind.

Det må da gælde om at gøre tabet så lille som muligt, og det kan kun opnås ved, at der bruges så kort tid som muligt til afslagningen. Ved at stikke spjældet, kan man hindre, at al for megen kold luft strømmer ind. Det glødende brændsel skydes over til den ene side af risten, hvorefter slaggerne fjernes på den anden side. Er alle slagger nu fjernet, spredes de gløder, der er tilbage, ud over hele risten og frisk brændsel tilføres forreste del af ristefladen.

Er der ved et kedelanlæg kun een kedel, må afslagningen finde sted, når belastningen er på et minimum. Har kedlen to ildkanaler, afslagges først den ene kanal; når det friske brændsel er kommet i god brand, påbegyndes afslagningen af den anden kanal.

Skrårist og trapperist.

Ved skråristen danner ristestængerne en vinkel på 40 til

45 °. Ristestængerne er anbragt således ved siden af hinanden, at de ligger tættere sammen foroven end forneden; herved opnås en større afkøling af den nederste del af risten, der ellers ville være tilbøjelig til at brændes i stykker, da temperaturen er højest forneden.

Brændslet tilføres i en tragt foroven og glider ved sin egen vægt ned ad risten. Betjeningen er således betydelig lettere end ved planristen, og man hindrer fuldstændig indstrømning af falsk luft gennem fyråbningen. Ofte forsynes den øverste del af ristestangen med små, trappeformede afsatser — fig. 14 — for at forhindre, at mindre brændselsstykker falder gennem ristespalterne.

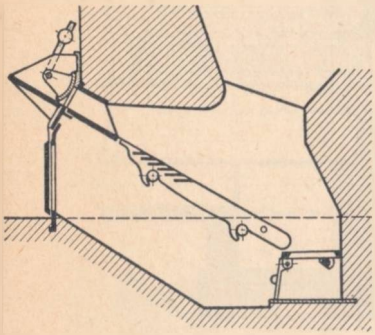


Fig. 14.

Ristenes hældningsvinkel må svare til den glidning, brændslet har, således at dette er så nogenlunde udbrændt, når det har nået den nederste del af risten. Her anbringes ofte et stykke vandret rist, hvor den sidste del af forbrændingen foregår. Denne rist, der er en slags planrist, kan enten laves drejelig eller som et skod, således at afslagningen kan foretages her.

Skråristen anvendes nu kun ved for- eller underfyringskedler og som brændsel bruges mest tørv og træaffald.

Ved trapperisten anvendes riste, der har form som trinene på en trappe — fig. 15.

De enkelte trin ligger vandret, og afstanden mellem dem aftager i reglen fra oven nedefter; dette er hensigtsmæssigt, idet brændselslagets tykkelse er større foroven end forneden. Ristens hældning må ligeledes her også svare til brændslets glidningsvinkel, men holdes dog mindre skråt end skråristen, da der ellers kan ske en for stærk nedglidning af brændslet. Da brændslets evne til at glide forandres med dets vand- og fugtighedsindhold, kan hældningsvinklen forandres ved en trækstangsanordning.

Trinristene har en tykkelse på ca. 12 mm og en bredde på 150 mm og en længde på ca. 1/2 m. I reglen anvendes to til tre riste i forlængelse af hinanden. Brændselslagets højde reguleres ved en skyder, der er anbragt ved fyrdøren. Mellem denne og risten ligger en brændplade, hvor afgasningen af brændslet be-

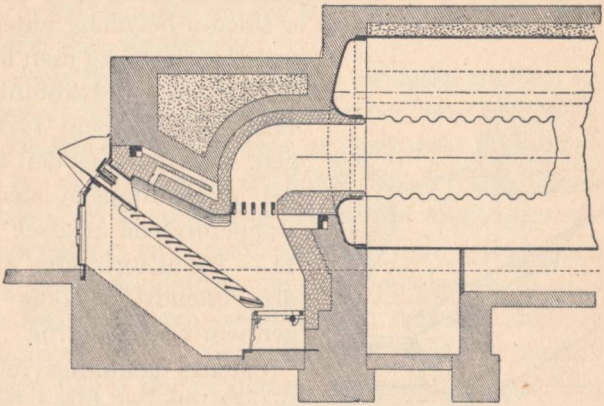


Fig. 15.

gynder, og risten afsluttes med en vandret planrist på lignende måde som ved en skrårist.

Ved trapperisten anvendes ikke brændsel med stor brændværdi, da den varme, der ville blive udviklet ved forbrændingen heraf, bliver så høj, at risten let ødelægges. Den anvendes derfor hovedsagelig til brunkul, tørv og træaffald. Det er uheldigt at anvende brændsel, der forefindes i store stykker, da luftoverskuddet her bliver for stort.

Fyringen foregår på lignende måde som ved skråristen. Er magasinet foran fyrabningen fyldt med brændsel, foregår nedglidningen af sig selv. Har risten den rigtige hældning, er brændslet udbrændt, når det når ned til den plane del. Skal risten renses, kan man med en ildrager rense det ene trin efter det andet, hvilket sker fra siden. Det må ikke foretages gennem fyrabningen, da der derved opstår en fare for, at hele brændselslaget rutsjer ned.

Kastefyringsapparat.

Ved planristen kan også anvendes mekanisk fyring, og dette sker ved hjælp af kastefyringsapparatet. — Fig. 16.

Fyrapparatet er anbragt på en støbejernsplade, der monteres på kedlen. Kultragten fastgøres på et trug, hvori der findes et fødeapparat, der ved hjælp af nogle arme fører brændslet ned

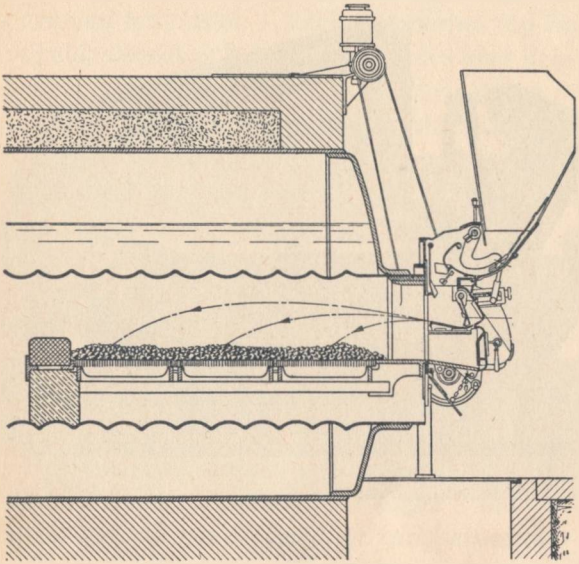


Fig. 16.

på en buet plade i selve indkastningsapparatet. Brændslet kastes ved en kasteskovl ind på risten. Kasteskovlen har 8 forskellige kastelængder, hvorved kullene fordeles jævnt. Mængden af det indkastede brændsel kan forandres ved indstilling af de forskellige enkeltheder, og fødeapparatet foroven og indkastningsapparatet er således kombineret, at fødeapparatet ikke bringer kul ned, når indkastningsapparatet kaster brændsel ind. Bevægelsen sker gennem transmission eller ved direkte motortræk. Foran kasterummet er anbragt en åbning, gennem hvilken fyringen kan iagttages, og uden for fyret sidder en rensedør til afslagning, og hvorigennem der kan håndfyres på kedlen.

Kastefyringsapparatet egner sig bedst for kul med en mindre kornstørrelse, men kan dog anvendes til kul af mellemstørrelse.

Vandre- eller kæderisten.

Jo større kedelenhederne og derved kedlernes ydelse bliver, desto større bliver den mængde kul, der skal forbrændes, hvor-

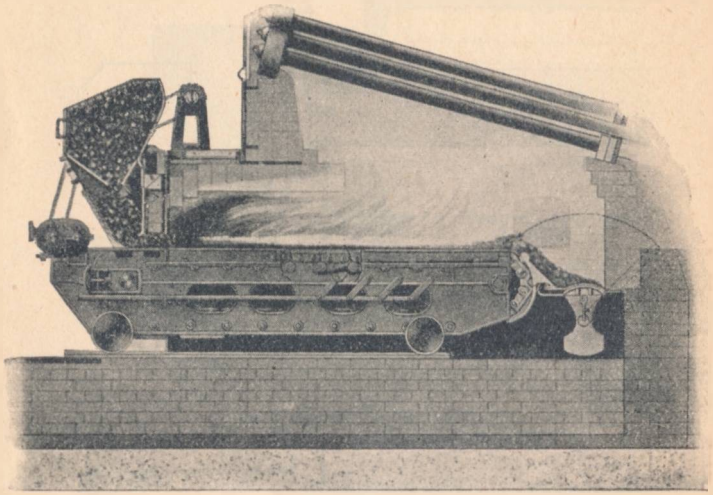


Fig. 17.

ved naturligvis også ristearealet må forøges. Det vil derfor ikke være muligt mere at anvende håndfyring, og man går så over til mekaniske fyrapparater.

Vandre- eller kæderisten er en bevægelig planrist. — Fig. 17. Den består af et endeløst bånd af enkelte ristestænger eller lameller, der udgør den egentlige risteflade, og som ligger ved siden af hinanden og i hinandens forlængelse. Lamellerne er indlagt i risterammen, der er boltet fast på ristebærerne, der er vinkelformede støbejerns-bjælker, der går tværs over risten. Ristebærerne er igen boltet til to trækkæder, der er spændt over kædehjul, der findes anbragt på bageste og på forreste kædehjulsaksel.

Risten trækkes ved et tandhjulstræk, der så igen bevæges fra

en motor. Motoren er i forbindelse med en gearkasse, hvorved ristens hastighed kan reguleres.

Ved enderne er ristebærerne afskåret skråt og glider ved større kæderiste hen over sideluftkasser, der findes på begge sider af risten. Gennem disse kasser indføres forbrændingsluften ind i de rum, der dannes af ristelamellerne, og herfra føres luften op gennem brændslet. I sideluftkassernes top findes indstillelige spjæld, således at luften kan fordeles over hele ristearealet i det rette forhold; den fordeles således, at der føres mest luft til fyrets forside, idet kullaget her er tykkest.

Ved mindre kæderiste tilføres luften fra kedlens forside og afkøler, inden den når ind i fyrrummet, den forreste del af kæderisten.

Til kæderisten føres brændslet fra en kultragt ud over hele ristens bredde. Foran i fyret sidder en kulskyder, der kan hæves op eller sænkes ned, alt efter hvilket tykkelseslag af brændslet, kedlen skal arbejde med. Bag denne skyder tændes brændslet. Kultilførslen kan også reguleres ved at give risten forskellige hastigheder.

Almindeligvis anvendes underblæst, og sekundær luft kan tilføres fyrrummet gennem kanaler, der ligger i murværket.

Ved ristens bageste vendepunkt er slaggerummet anbragt. For at opnå en fuldstændig udbrænding af brændslet, er der anbragt en afstrygerplade ved slaggekammeret. Denne medfører, at materialet på risten danner en vold, således at alle ikke forbrændte brændselsdele forbrændes her. Slaggerne falder ned i slaggekammeret og kan fjernes her.

Hele risten kan køres ud til eftersyn, når det er nødvendigt. Kæderisten egner sig bedst til kedler med et jævnt dampforbrug, idet det er vanskeligt at forandre ristens ydelse så hurtigt. Ved større kæderister, hvor underblæst anvendes, føres denne ind i et stort kammer, der ligger under risten i hele dennes længde og bredde. Dette kammer er inddelt i zoner og ved hjælp af luftventiler, der er anbragt udvendig på kedelindmuringen, kan forbrændingsluften føres igennem den eller de zoner, man ønsker. Derved kan opnås, at dele af risten kan udskilles, hvilket har interesse, når kedlens belastning ændres.

Ligeledes kan man ved en sådan zonerist gå over fra eet brændsel til et andet, idet man altid er i stand til at tilføre risten og derigennem brændsel den mængde luft, der er nødvendig.

Ved betjeningen af vandreristen er der forskellige ting, som kedelpasseren må tage i betragtning. Sker der således svingninger i kedlens belastning, og disse ikke er for store, modgås disse ved en ændring af trækforholdene og derefter en forøgelse eller formindskelse af ristens hastighed, alt eftersom der skal forbrændes mere eller mindre. Kullagets tykkelse bør ikke forandres, da det vil tage altfor lang tid, inden det kan mærkes på ristens varmeafgivelse.

Det kan ske, at brændslet ikke vil bryde i brand; dette skyldes ofte, at ristens hastighed er for stor. Der bliver ikke andet at gøre end nedsætte hastigheden, og måske må risten helt standses nogen tid, indtil der igen er ild i brændslet. Skal kedlen af en eller anden grund sættes fra, må kulskyderen lukkes helt ned mod risten, således at der ikke kan komme mer brændsel ind på risten. Det i brand værende brændsel fjernes ved at sætte højeste fart på risten, hvorved brændslet køres ned i askegraven.

Stokere.

Medens de tidligere omtalte mekaniske fyrapparater arbejder i forbindelse med riste, der har en plan overflade, er dette ikke tilfældet med stokere, idet der ved disse findes et trug, hvori brændslet på en eller anden måde føres frem. Der findes mange forskellige konstruktioner af stokere, men her skal nævnes to, der hovedsagelig anvendes her i landet.

Erith-stokeren er vist i fig. 18 og fig. 19. Stokeren er drevet af en elektrisk motor på ca. 1 HK, mrk. *A*, der gennem en tandhjuls- og snækkehjulsmekanisme i gearkassen *B* bevæger kulstemplet *C* i kulrøret *D*.

Under stemplets frem- og tilbagegående bevægelse falder kullene fra tragten *E* ned i røret og føres af stemplet ind i truget *F*, i hvis øverste del forbrændingen foregår. Luften føres gennem kanalen *G* fra blæseren ind i fyrkanalen, hvor den gennem

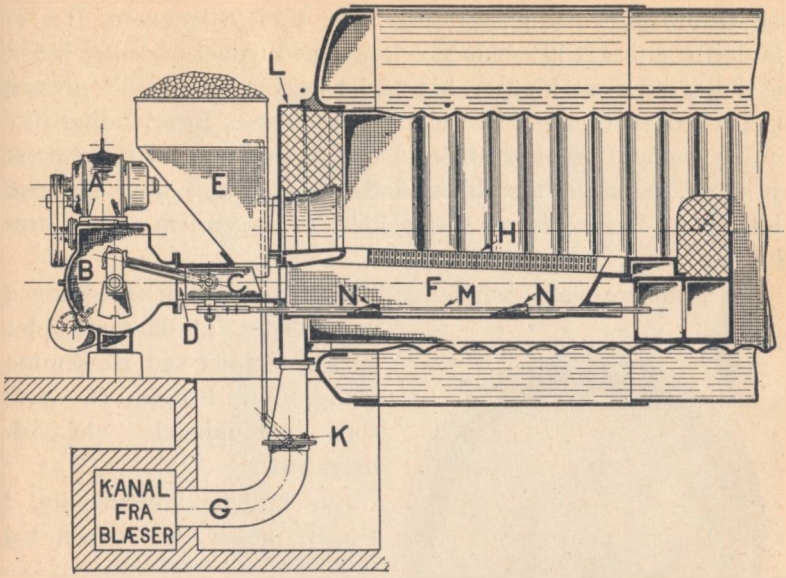


Fig. 18.

de såkaldte blæseklodser *H* tilfører kullene den til forbrændingen nødvendige luft. Lufttrykkets størrelse, fra 20 til 100 mm vandsøjle, reguleres ved spjældet *K*, der er indskudt i luftkanalen, der slutter til forpladen *L*. Denne lukker for ildkanalen og har foruden luftkanal og kulrør tillige et par døre, gennem hvilke fyret kan renses.

Når kullene kastes i tragten, føres de af stemplet ind i kultruget og videre frem i dette ved hjælp af førestangen *M*, på hvilken føreklodserne *N* er anbragte. Disse klodser har lodrette flader mod fyrbroen, medens de er skråt afskåret til den anden side.

Når stemplet går frem og tilbage, deltager førestangen i denne bevægelse. Er bevægelsen fremad mod fyrbroen, fører knasterne brændslet i truget med frem, og bevæger stangen sig den anden vej, glider brændslet over klodsernes afskårne flader.

Ved stokere må der altid anvendes kunstigt træk, idet kullaget, som ligger ved siden af trugets overside, er så tykt, at natur-

ligt tilført forbrændingsluft ikke kan trænge igennem. Der er da derfor anbragt blæseklodser langs med truget på begge sider, og det er på disse klodser, brændslet lægger sig, når det presses op fra truget. Gennem blæseklodserne presses forbrændingsluften op gennem brændselslaget. I fig. 19, der viser et tværsnit af en kanal, ses truget med blæseklodserne på begge sider. Op mod ildkanalen ligger ristens sideplader, men gennem disse føres ikke luft.

Erith-stokere var oprindelig dampdrevne, og arbejdsgangen var således, at dampstemplet og kulstemplet sad på samme stang. Nu bruges så godt som udelukkende elektrisk drivkraft.

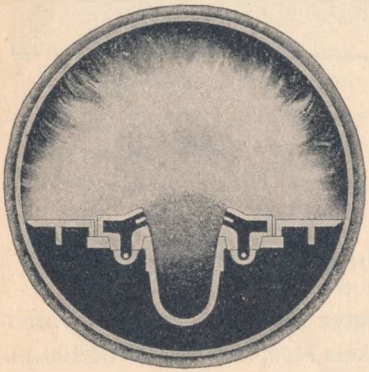


Fig. 19.

Når kullene kommer ind i truget, møder de varmen fra ildstedet, og afgasningen begynder nede i truget; de udviklede gasarter blander sig med blæseluften fra blæseklodserne og antændes, idet de passerer de øverste glødende brændselslag. Herved skabes en meget effektiv forbrænding, og fyret er nærmest et essefyr.

Er der i en dampkedel flere kanaler, lægges der stoker i samtlige kanaler.

D a n o - s t o k e r e n er vist i fig. 20.

Stokeren er her indbygget i en vandrørskedel. Den ligner meget erithstokeren; men der er dog en forskel i blæseklodsernes konstruktion, hvorved disse bedre fordeler blæseluften over fyrets tværsnit.

I fig. 20 er *1* driv- og reguleringsmekanismen. Den første er enten en motor, der sidder på stokerfundamentet, eller kan være remtræk fra en transmissionsaksel. *2* er kulcylinderen med kulstemplet. *3* er kultragt og *4* kultruget. I dette går *5* førestang med kiler og rodepinde. *6* er hovedspjældet og *7* viser det delte kammer for blæserluften. *8* og *9* er bevægelsesmekanismer for

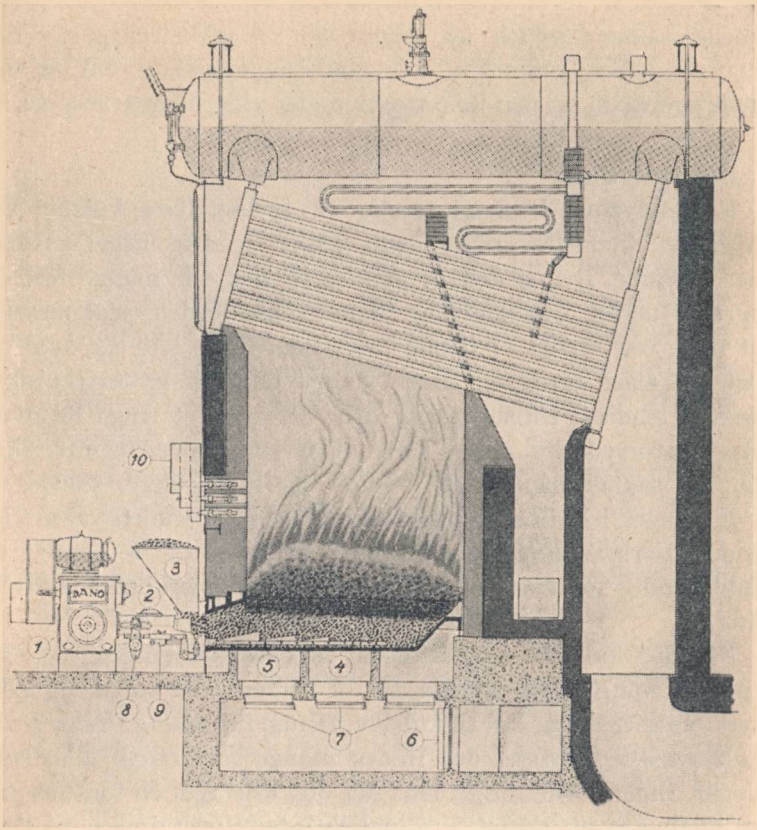


Fig. 20.

slaggeudtagningsapparater, der omtales nedenfor. *10* er en anordning til secundær luft, der gennem et system af luftdyser, indføres over brændslet.

Medens fyringen er automatisk ved stokere af denne art, må afslagningen i reglen ske med håndkraft. Skal stokeren anvendes til større vandrørskedler, er det uheldigt, at afslagningen ikke også kan ske mekanisk, hvorfor der da også er bygget stokere med asketransportør, idet der da er indbygget snekketransportør i hver af fyrets sider. Ved hjælp af disse føres aske

ud til kedlens forende og transporteres væk herfra. Ved enkelte konstruktioner sættes der vand ind i snekketransportørerne, hvorved asken kommer ud i en grødlignende form, som har den gode egenskab, at den ikke støver under videre borttransport.

Kulstøvfyring.

Kulstøvfyring, hvorved forstås en fyring, hvor kulstøv ved hjælp af brændere forbrændes i kedler, er ikke meget anvendt her hjemme. Denne metode at fyre på har dog mange fordele, og skal derfor kort omtales. Blandt disse fordele skal nævnes, at man ved fyring af denne art uden videre kan gå over fra det ene slags brændsel til det andet, uden at nyttevirkningen derved ændres. Kulstøvfyring arbejder med et ringe luftoverskud, hvorved der opnås høje kulsyreprocenter, og man kan hurtigt sætte fyringen til. Den er let at regulere, således at svingninger i kedlens belastning kan imødegås uden vanskeligheder. Forbrændingstemperaturerne er høje, og der opnås en fuldstændig forbrænding af kullene uden mærkbar røgudvikling.

Når dog kulstøvfyring ikke har fået den udbredelse, der oprindelig var ventet, skyldes det, at der er visse vanskeligheder ved formalingen af kul til kulstøv. Denne formaling finder sted i kulstøvmøller, hvoraf der findes mange forskellige konstruktioner. Inden formalingen maa der dog foretages en forknusning og tørring af brændslet. Fra møllen føres støvet direkte til kedlen. På grund af vanskeligheder ved transport af kulstøv, er det i reglen indrettet således, at hver virksomhed har sit maleanlæg; enten et centralanlæg for samtlige kedler eller et maleanlæg for hver kedel. Ved centralanlæg føres kulstøvet ved pneumatiske transportanlæg til de enkelte kedler.

Når kul er tilstrækkelig finmalet, synker forbrændingstiden, som ved storkornet kul kan sættes til $^1/_2$ time, ned til ca. 1 sec. og mindre, og derfor kan der anvendes brændere til kulstøvfyring. Kulstøvet føres fra kulmøllen til brænderen og blæses ind i ildstedet.

Der må dog anvendes stor agtpågivenhed ved kulstøvanlæg, thi kulstøv, der findes ophvirvlet i luft, er eksplosionsfarlig. Alle

ledninger fra møllen til kedlen må derfor være tætte, ligesom møllen også må være tæt. Endvidere kan visse kularter indeholde bedøvende gasarter, der kan udskilles, når kul er i støvform.

Oliefyring.

Oliefyring har mange fordele frem for fyring med faste brændselsstoffer. Der kan opnås en fuldkommen forbrænding, hvorved røgudviklingen undgås, der dannes ingen aske, det er betydelig lettere at oplagre olie, og betjeningen ved oliebrændere er simplere. I kedlen behøver man ingen riste. Der anvendes brændere, der er bygget således, at olien samtidig blandes med forbrændingsluft.

Der skelnes mellem tre forskellige slags oliefyr, det første forstøver med trykforstøvning (centrifugalforstøvning), det andet med dampforstøvning, og det sidste med luftforstøvning.

De to førstnævnte er mest anvendte; ved dampforstøvningen, der er den billigste, medgår dog ret store dampmængder.

Forbrændingsluften skaffes ved naturligt skorstenstræk, og oliebrændere er i reglen forsynet med indbyggede luftspjæld.

Det må ved fyrets indretning være sikret, eventuelt gennem passende beskyttelse med ildfast foring, at kedlens vægge og øvrige dele ikke udsættes for skadelig ophedning. Sådan kan f. eks. opstå på skibs-dampkedeltypens bagkammervæg og på opretstående kedlers kanalvæg, hvor en vandret brænders flamme rammer denne, hvorimod der i almindelighed ikke behøves udforing i liggende kanal-kedler (corniske og lancashirekedler).

Ved oliefyring må det huskes, at forstøvet olie meget let antændes, og ansamling af oliedampe i ild- eller trækkanaler kan ved antændelse forårsage eksplosioner, der ofte medfører store ødelæggelser af murværket. Der må derfor sørges for, at der før tænding af oliebrænderen foretages en grundig gennemluftning af kedeltrækkene, og inden der åbnes for olie- og lufttilførsel, skal en brændende fakkel føres ind gennem det dertil på forpladen anbragte hul ned foran brænderen, således at den for-

støvede olie straks antændes, når den strømmer ud, efter at afspærringshanerne er lukket op.

Foruden de nævnte fyringsmetoder anvendes endnu nogle andre, der imidlertid ikke anvendes meget her i landet, men dog skal nævnes.

Gasfyring finder sted, hvor brændbar gas forefindes som biprodukt fra ovnanlæg, f. eks. højovne, koksovne. Anvendes sådan gas, må der sørges for en særdeles god blanding af gassen med forbrændingsluften. For at undgå eksplosioner anbringes i ildstedet fortil et murværk, der i glødende tilstand altid tænder gassen, altså et stadig brændende gasblus. Desuden anbringes på gasledningen en sikkerhedsventil, der automatisk lukker, hvis gasstrømmen ophører. Herved undgås, at der samler sig gas i en slukket brænder.

Ved mindre dampkedler anvendes gas fra gasværkerne som brændsel. Også her må de ovenfor nævnte sikkerhedsforanstaltninger være anbragte, og kedlen må luftes godt ud, inden gasblusset tændes.

Fyring med udstødningsgas finder sted ved gasværker og kraftværker, hvor udstødningsgassen har så megen varme, at den kan virke som brændsel. Der anvendes i reglen opretstående kedler, hvor forbrændingsgassen enten går gennem lodrette trækrør eller gennem en lodret ildkanal.

Elektrokedler anvendes, hvor den elektriske kraft findes i overskud og er billig til stede. Der haves to forskellige systemer; det ene arbejder med jævnstrøm gennem modstande, og det andet med vekselstrøm, der sendes gennem elektroder i kedlens vandrum. Da der kun er små tab ved disse kedler, tab, der hovedsagelig er strålings- og ledningstab fra kedellegemet, arbejder elektrokedlerne med meget høj virkningsgrad (98 % og mere).

Trækkene.

Fra ildstedet føres røgen gennem kedlens trækkanaler til skorstenen, og trækkanalerne bliver det sted, hvor røgen afgiver sin varme til kedlen.

Der kan skelnes mellem indvendige trækkanaler, der er kanaler, der helt er omgivet af kedelvægge, f. eks. en ildkanal, og udvendige trækkanaler, der enten er omgivet af murværk overalt, eller af murværk og kedelvægge. Trækkanalerne skal lægges således, at den højeste kant af kanalen endnu ligger mindst 100 mm under kedlens laveste vandstand.

Trækkanalerne må indrettes således, at røgen på letteste måde kan afgive varmen; men der må også tages hensyn til, at de kan renses for sod og aske, samt at der er mulighed for gennem trækkanalerne at undersøge de af kedlens vægge, der ligger i trækkene.

Der må ikke være skarpe hjørner i trækkanalerne, og væggene må være glatte. Skal røgen skifte retning, må der ikke være højere liggende rum i kanalen, hvor gasarter kan samle sig. Sådan ansamling kan ved en opfyring af kedlen medføre eksplosion. Det er hensigtsmæssigt på de steder, hvor røgen skifter retning, at anbringe en fordybning i trækkanalen, således at den flyveaske, der vil være tilbøjelig til at aflejre sig her, kan samles i bunden af trækkene uden at indsnævre tværsnittet.

Murvæggene omkring trækkene og kedlen laves i reglen af 2 til $2^1/_2$ stens murtykkelse. Hvor der er mulighed for varmestigning til over 500°, må der bruges ildfaste sten.

Fra den sidste del af trækkene føres røgen ind i skorstenen. Foran denne er spjældet anbragt. Dette består som regel af en firkantet plade, der kan hejses op og ned, eller som kan drejes ved hjælp af en aksel. Spjældet regulerer gennemgangsåbningen til skorstenen.

Skorstenen.

Skorstenens opgave er at bortlede røgen fra trækkanalerne og at give træk til ildstedet. Skorstenen har som regel et cirkulært tværsnit, og materialet er ved stationære anlæg mursten, der har særlig form, radialsten. Skorstenen bygges i afsatser, og de underste har større murtykkelse end de øverste. Forneden har skorstenen ofte en sokkel med større murtykkelse, der hviler på et fundament, helt eller delvis af beton.

Foroven er skorstenen i de fleste tilfælde forsynet med et ho-

ved, der danner afslutningen. Her må der ikke anbringes udkragninger, da dette kan medføre hvirveldannelser, der har uheldig indvirkning på trækforholdene.

Skorstenens højde og indre tværsnit afhænger af den mængde brændsel, der anvendes. I den nederste del af skorstenen anbringes ofte en indvendig foring, som ikke er i forbindelse med den øvrige del. Mellemrummet mellem denne kærne og skorstenen kan udfyldes med kiselgur eller sand. Herved undgås en for stærk opvarmning af den ydre del, hvilket ellers kan medføre revnedannelser.

I tidens løb er opført en del jernbetonskorstene. Disse var billigere og hurtigere at opføre; men erfaringerne har vist, at disse jernbetonskorstene ikke var holdbare. Gennem revner i yderfladen trængte fugtighed ind i materialet og ødelagde jernarmeringen.

Ved store anlæg opføres ofte skorstene af jernplade. Disse skorstene anbringes på kedelhusets tag og afstives med barduner. Der anbringes så ofte en skorsten for hver kedel; men man har også flere kedler til en enkelt skorsten ved anlæg af denne art.

KAPITEL IX
DE FORSKELLIGE DAMPKEDELTYPER

Beskrivelser af de vigtigste kedeltyper.

Efter de gældende love skelnes mellem to slags kedler afhængige af arbejdsstedet, nemlig kedler på landjorden og kedler i skibene. Hvad disse sidste angår, hører tilsynet med dem under statens skibstilsyn, og for kedlerne er der særlige bestemmelser, der ikke alle er enslydende med de, der gælder for kedlerne på landjorden. Der vil i det efterfølgende også kun være tale om kedlerne på landjorden.

For disse gælder bestemte love og bestemmelser, og fra statens side føres der gennem arbejds- og fabriktilsynet tilsyn med kedlerne. Loven skelner mellem to hovedtyper af kedler, lavtrykskedler og højtrykskedler. For de førstes vedkommende er arbejdstrykket ikke over 1 ato., og de stilles på visse i lovens nær-

mere fastsatte betingelser uden for offentligt tilsyn, ligesom loven ikke stiller noget krav til uddannelse hos dem, der skal passe dem.

Vi vil da kun beskæftige os med kedler under tilsyn, og disse kan inddeles i tre klasser: faststående kedler, bevægelige kedler og kogekedler. De faststående kedler kan igen inddeles i to forskellige klasser afhængig af, hvordan røgføringen er i dem. Stort set kan siges, at alle kedler består af rør; bevæger røgen sig inden i disse rør, medens kedelvandet ligger uden om rørene, tales om røgrørskedler; er vandet i rørene, og bevæger røgen sig udenom, tales der om vandrørskedler. Desuden findes enkelte kedeltyper, der er en kombination af de to nævnte.

Den del af kedelvæggene, der på den ene side berøres af kedelvandet og på den anden side af røgen, kaldes for hedefladen, og dens størrelse angives i kvadratmeter (m^2). Kedlens arbejdstryk angives i kilogram pr. kvadratcentimeter (kg/cm^2) eller atmosfære. I tidligere tid regnede man med pund pr. kvadrattomme, og der findes endnu trykmålere, der viser begge skalaer.

Ved kedlens belastning forstås dens dampproduktion i kilogram pr. time i forhold til dens hedeflade i m^2. Man skal altså dividere antallet af m^2 i dampproduktion for at få belastningen.

Kedlens vandrum er den del af kedlen, der er fyldt med vand. Ved ældre kedeltyper er vandrummet betydelig større end ved kedler af nyeste konstruktion. Det store vandrum har den fordel, at der er betydelige mænger varme i vandet, således at de er fordelagtige i tilfælde af, at dampforbruget varierer under kedlens daglige brug. Derimod er kedler med stort vandrum ikke så anvendelige, når det drejer sig om store anlæg og store dampydelser, da fremstillingsomkostningerne bliver alt for høje, og hertil kommer, at arbejdstrykket ved kedler af denne art ikke godt kan være højere end 20 ato. Opfyringen af disse kedler tager også uforholdsmæssig lang tid.

Kræves der derfor store dampydelser og højere damptryk, må man gå over til kedler, der har betydeligt mindre vandrum, og forsynes disse med dertil egnede ildsteder, med underblæst o. l. kan de vanskeligheder, der opstår ved svingninger i dampforbruget, overvindes. Stilles der særlige krav til hurtig opfyring,

haves nu særlige kedeltyper, der hurtigt kan opfyres; således findes nu de såkaldte hurtigfordampere, der kan gøres klar til brug på 10 min.

En stor ubehagelighed ved kedler med stort vandrum, der må skaffes til veje ved hjælp af store cylindriske beholdere, er faren ved ødelæggelser af kedelvæggene. I værste tilfælde kan dette medføre kedeleksplosioner, idet den i vandet bundne varme ved en pludselig frigørelse, der fremkommer, når kedlen revner, udvider sig voldsomt. Sådanne eksplosioner kan også opstå ved kedler med mindre vandrum, men de skader, der derved kan opstå, er ikke så store og ødelæggende.

Damprummet er den del af kedlen, som under driften er fyldt med damp. Damprummet har den opgave at give dampen tid til at udskille så meget vand som muligt. Jo større damprummet er, desto mere tør vil den damp være, der tages fra kedlen. Damprummet kan udvides ved anbringelse af liggende, cylindrisk dampsamler eller ved anbringelse af damphat ovenpå kedlen.

De forskellige kedeltyper kan inddeles: 1) Opretstående kedler, 2) liggende, cylindriske kedler med 1 eller 2 ildkanaler, 3) trækrørskedler, 4) kombinerede kedler, 5) lokomobilkedler, 6) vandkammerkedler med sektionskamre, 8) stejlrørskedler og 9) særlige kedeltyper. Kedlerne fra 1) til 5) er kedler med stort vandrum, og fra 6) til 8) er vandrørskedler.

På næste side er givet en tabel (efter Marcard), hvoraf fremgår, hvordan størrelsesforhold og arbejdstrykket er ved nævnte kedler.

Kedlernes bygning.

Som allerede tidligere nævnt er stål det materiale, der hovedsagelig anvendes i kedelindustrien. Ved større beholdere anvendes stålplader, medens der anvendes stålrør, hvor kedlens konstruktion kræver rør. Da det anvendte materiale under kedlens brug bliver udsat for store påvirkninger fra dampens tryk, kan der kun anvendes sådant materiale, der ved undersøgelse i en materialeprøveanstalt har vist sig at være i besiddelse af særlig gode egenskaber med hensyn til styrke og sejghed. Der forlanges derfor det såkaldte materialecertifikat for hver anvendt

Tabel 6.

Tryk i ato.	Hedefladen i m²														
	2 til 6	6 til 10	10 til 15	15 til 20	20 til 30	30 til 50	50 til 100	100 til 150	150 til 200	200 til 300	300 til 500	500 til 700	700 til 1000	over 1000	
indtil 15 ato.	Opretstående kedler max. 20 ato.														Store vandrum.
				Corniske. max. 20 ato.											
8 til 15 ato.							To kanaler. max. 24 ato.								
					Trækrør. max. 15 ato.										
							Kombinerede. max. 15 ato.								
		Lokomobilformede.													
10–25								Fulde vandkammer.							Vandrørskedler.
10–100									Sektionskammer. Fra 20 til 70 ato. o. m.						
10–120										Stejlrør til 70 ato. enkelte til 120 ato					
100–125										Særlige kedeltyper.					

plade. Det værk, hvor pladen er fremstillet, lader disse undersøgelser foretage, og hver plade stemples med et mærke og nummer, der anføres på certifikatet. Skal pladen senere bruges til kedelfabrikation, kan den tilsynsførende myndighed ved hjælp af certifikat undersøge, hvorvidt pladen egner sig til anvendelse eller ej.

Ved konstruktioner af kedler anvender man så vidt muligt cylindriske eller kugleformede beholdere, idet det ved beregning kan konstateres, at pladetykkelsen ikke behøver at være så stor her som ved plane flader. Mange steder må dog anvendes plane flader, og for ikke at få for store pladetykkelser anbringes forstærkninger. Disse kan enten bestå af pånittede vinkeljernslasker, f. eks. ved plane endebunde, der anvendes ved mindre kanalkedler, eller ved anvendelse af stagbolte fra en plan flade til en anden, f. eks. ved fulde vandkamre i vandrørskedler eller ved fyrbokse i bevægelige kedler.

Cylindriske beholdere bygges af stålplader, der valses sådan, at de får den runding, der svarer til den diameter, beholderen skal have. De enkelte plader sammennittes derefter ved lang- og rundsømme. For at kunne sætte nitter ind i samlingerne må der efter tildannelsen af pladerne bores nittehuller i kanterne. Ved boringen af sådanne nittehuller må der anvendes den største forsigtighed og omhu. Først og fremmest må der naturligvis sørges for, at nittehullerne i de to plader, der skal ligge over hinanden, flugter, thi ellers bliver nitterne trukket skævt an, og dernæst må fremstillingen af hullerne ske på en sådan måde, at pladerne ikke tager skade. Lokning af hullerne kan medføre, at der dannes revner i nittehulskanten, hvorved pladen ødelægges. Nitterne, hvortil der også skal anvendes særligt materiale, drives glødende ind i hullerne, og ved hamring og presning tildannes et hoved på nitteskaftet. Denne tildanning kan ske enten ved håndkraft eller på maskine. Når den glødende nitte afkøles, trækker den sig sammen og presser derved de sammennittede plader ind mod hinanden. Da der skal skaffes fuldstændig tæthed til veje, må samlingerne efterstemmes ved hjælp af stemmeværktøj. En sådan efterstemning kræver stor dygtighed hos kedelsmeden, og der bør altid benyttes fagfolk til dette arbejde, også hvor det drejer sig om efterstemning ved en kedel i brug. Ofte kommer der mindre utætheder frem under kedlens brug, og en ikke fagmand, der prøver at hæve en sådan utæthed ved stemning, gør ofte ondt værre.

Der findes forskellige måder at udføre samlingerne på. Ligger de to pladedele over hinanden, tales om overlapninger, og der kan anbringes en eller flere nitterækker i overlapningen. Støder pladekanterne an mod hinanden, sker samlingen ved hjælp af laskeplader, der lægges ovenpå stukssamlingen, hvorefter en sammennitning finder sted. Er der kun lagt en laskeplade på, betegnes samlingen som enkeltlasket, er der derimod laskeplader på begge sider af pladesamlingen, tales om dobbeltlaskning. Ved disse laskesamlinger er der en eller flere nitterækker i hver pladepart.

De fleste samlinger, der foretages ved dampkedler, sker endnu ved nitning. Dog har man i længere tid anvendt vandgassvejs-

ning til længdesamling af beholdere. Vandgassvejsning er en tryksvejsning, ved hvilken opvarmningen sker i vandgasflamme uden tilsætning af hjælpemetal. Samlingen er overlappet, og sammentrykningen sker ved hammerslag eller ved maskinelt tryk.

Almindelig svejsning — autogen — eller elektrisk svejsning af kedelsamlinger er nu tilladt i mange lande; men der stilles store krav til såvel firmaet, der fremstiller kedlen, som til de svejsere, der udfører selve arbejdet. Her i landet tillades nu svejsning af samlinger i dampkedler, såfremt bestemmelserne i de danske standards nr. 316—318 og 320 efterkommes.

Ved meget store kedeltryk fremstilles beholdere ofte sømløse.

Kedelbundene nittes fast til yderskallen, idet kedelbundenes yderste diameter laves lidt mindre end yderskallen, således at den passer ind. Samlingerne her er overlapsnitninger.

Skal der anvendes kedelrør, enten som kogerør (i vandrørskedler) eller som trækrør, indvalses de i plane vægge eller bunde. Den udragende del af rørene ombertles i reglen. For at skaffe fornøden styrke til veje bliver ofte nogle af rørene forsynet med gevind og skruet ind i rørvæggen og kaldes så stag- eller ankerrør.

DE FORSKELLIGE KEDELTYPER

1. Opretstående kedler.

De mindste kedler, der anvendes, hører til denne type. Der findes kedler under tilsyn, som ikke har større rumindhold end 60 liter, og som anvendes til tøjpresserier og renserier. Kedlerne består af en cylindrisk yderskal, i hvilken er anbragt en fyrboks, hvori ofte findes to eller flere vandrette kogerør for at forøge hedefladen. Røgen føres bort igennem et lodret trækrør. I fig. 21 er vist en lidt større kedel af denne art.

Denne har tre stk. kogerør — gallowayrør —. De medfører en forøgelse af hedefladen, som ovenfor anført, men hjælper også med at skaffe en bedre forbrænding, idet røgen ved at hvirvle rundt om rørene får lejlighed til at afgive mere varme. Kedlerne er på yderskallen forsynet med et mandehul, således at rensning og eftersyn kan foretages. Ligeledes forsynes yderskallen med rensedæksler uden for kogerørene og forneden over ne-

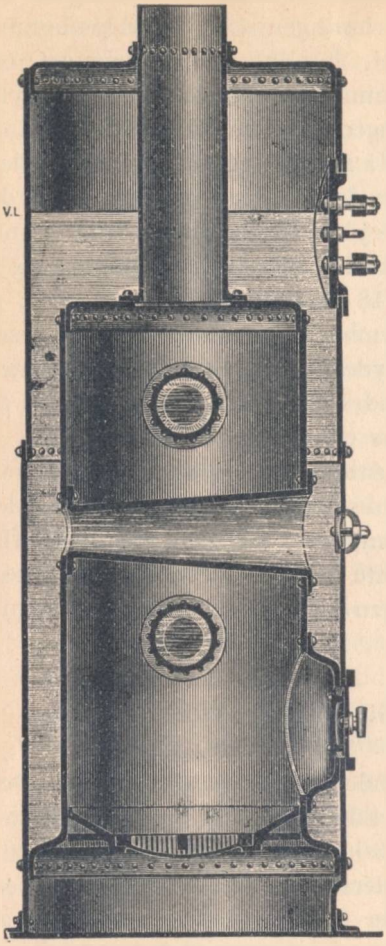


Fig. 21.

derste samling. Fyringen foregår på en cirkulær rist.

I fig. 22 er vist en opretstående trækrørskedel. Fyrboksen afsluttes foroven med en rørhulsplade, hvorfra trækrørene går lodret op til toppladen. Her anbringes et røgkammer, hvorfra aftræk føres til skorsten. Denne kedel er ligeledes forsynet med mandehul og rensedæksler. Da trækrørene ofte ligger tæt sammen, er det vanskeligt at rense dem for kedelsten, hvorfor der bør anvendes renset fødevand.

I fig. 23 a og b er vist en opretstående trækrørskedel, der fremstilles af A/S Smith, Mygind og Hüttemeier. Disse kedler kan bygges ret store, indtil 75 m² hedeflade. Fyrboksen er halvkugleformet, og fra den cirkulære rist føres røgprodukterne til et røgkammer, hvorfra de gennem to bundter vandret liggende trækrør føres til forreste røgkammer, der står i forbindelse med skorstenen. Trækrørene er indvalsede i 4 plane rørhulsplader, der dannes af yderskallen, og rørene krydser hinanden. Toppen er ligeledes halvkugleformet. Damprum som vandrum er ret store ved disse kedler, og den plads, en sådan kedel optager, er relativ lille.

I fig. 24 vises en opretstående trækrørskedel, Cochran-kedlen, der anvendes en del her i landet. Kedlens konstruktion ligner den ovenfor beskrevne, men har kun et sæt vandrette trækrør.

Røgkamrene ved disse kedler ligger inden for yderskallen, og der dannes derved en vandret plan flade som loft i røgkamrene. Ved større kedler må denne plade afstives.

Opretstående kedler bør forsynes med isolationskappe, da dels varmetabet ved udstrålingen bliver for stort, og dels vil udstrålingsvarmen virke generende. Ved kedler forsynet med isolationskapper bør der ved kedelrensninger foretages undersøgelse under kappen af armaturdelenes flanger, da der let kan optræde utætheder her, der ikke kan ses på grund af kappen, og som kan medføre alvorlige tæringer af yderskallen.

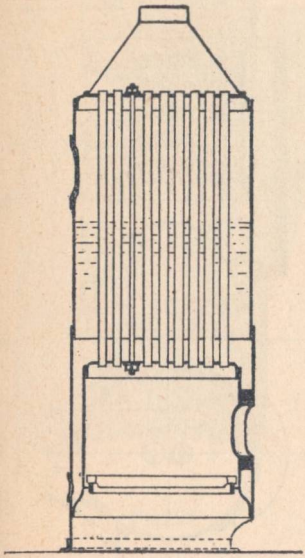


Fig. 22.

Liggende kanalkedler.

Cornisk kedel.

Den liggende kanalkedel er den mest anvendte kedel. Den består af en cylindrisk yderskal med to endebunde og igennem går der en eller to ildkanaler. Er der een ildkanal, kaldes kedlen en cornisk kedel, er der to kanaler, tales om lancashirekedel. Fig. 25 viser en cornisk kedel på ca. 30 m² hedeflade.

Ildstedet ligger foran i kanalen, kedlen er således en indfyringskedel. Den i fig. 25 viste har en glat ildkanal, medens mange kedler af denne art har bølgekanaler — se fig 28. Kanalen er i længdesømmen svejset, medens nitning er anvendt i rundsømmen. Ligeledes er kanalen nittet til bundene. Disse har ved samlingen med ildkanalen en indhalsning, hvorved der dannes et lille stykke cylindrisk rør, hvortil kanalen er fastnittet.

Yderskallen er dannet af tre bælter. Endebundene er plane, og de er betydelig sværere i godstykkelsen end yderskallen. På denne er fastnittet en damphat og anbragt et mandehul.

Som det fremgår af det i figuren viste tværsnit af kedlen, er

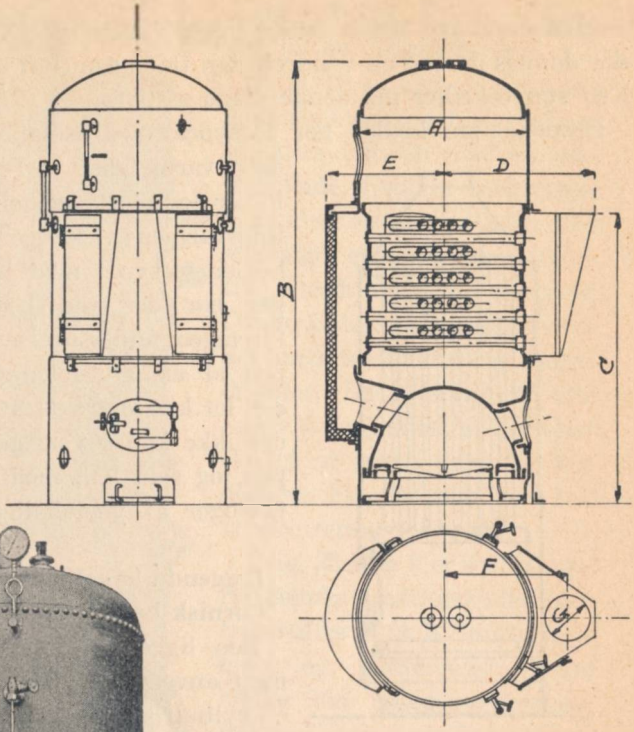


Fig. 23 b.

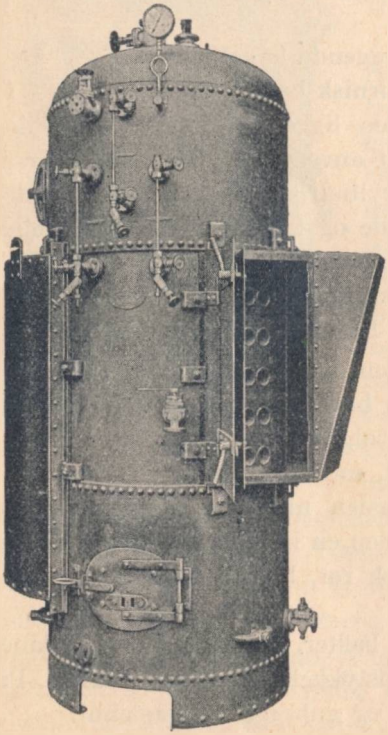


Fig. 23 a.

ildkanalens lodrette midterplan sammenfaldende med endebundenes. I fig. 26 er denne anbringelse også vist, medens der ofte anvendes en anden måde, nemlig den, der er vist i fig. 27.

Herved opnås en bedre vandcirkulation i kedlen, idet vandet i det smalle rum mellem yderskallen og ildkanalen opvarmes stærkere, hvorfor det søger opefter og således giver plads for koldere vand fra den anden side.

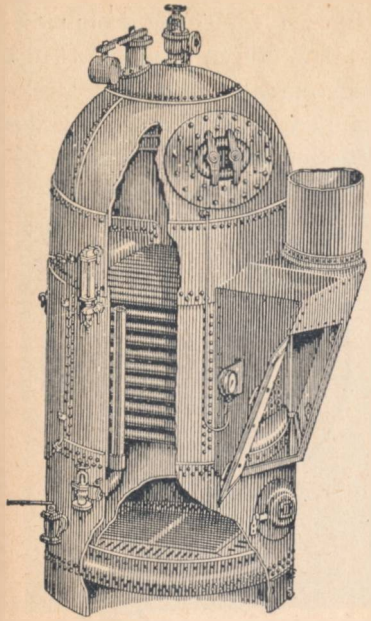


Fig. 24.

Tidligere anvendtes ofte gallowayrør i ildkanalen. Herved blev hedefladen større, der skabtes en bedre varmeudnyttelse, og rørene afstivede kanalen. En forøgelse af hedefladen og styrkeøgelse af ildkanalen kan imidlertid opnås bedre ved brugen af bølgekanaler. En cornisk kedel med bølgekanal ses i fig. 28.

Her er vist en kedel med bølgekanal og hvælvede endebunde, og indmuringen er angivet. Af indmuringstegningen fremgår, hvordan røgens vandring er, idet den går fra ildkanal ned i højre sidetræk, og derfra mod forbund. Her ledes den ind i venstre sidetræk, gennem dette og ud i skor-

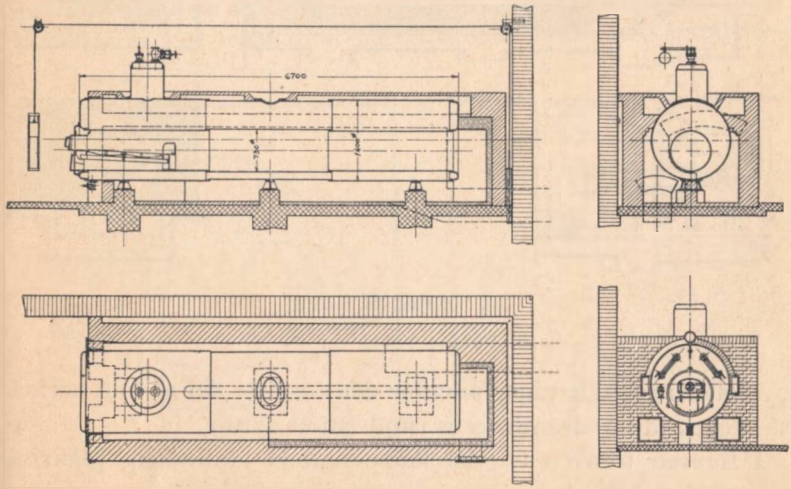


Fig. 25.

stenen. Kedlen hviler på 3 stk. støbejernsrammer, og de to sidetræk er adskilt ved en mur under kedlen. Muren er ikke ført helt frem til forbund, idet den her danner passage for røgen. Trækkanalerne er murede, og hvor røgtemperaturen er høj, beklædes murværket med ildfaste sten i en ½-stens tykkelse.

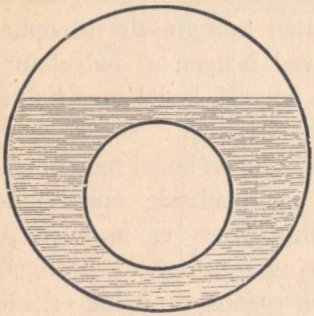


Fig. 26.

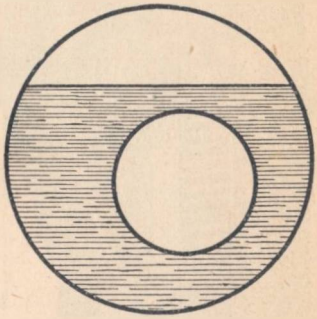


Fig. 27.

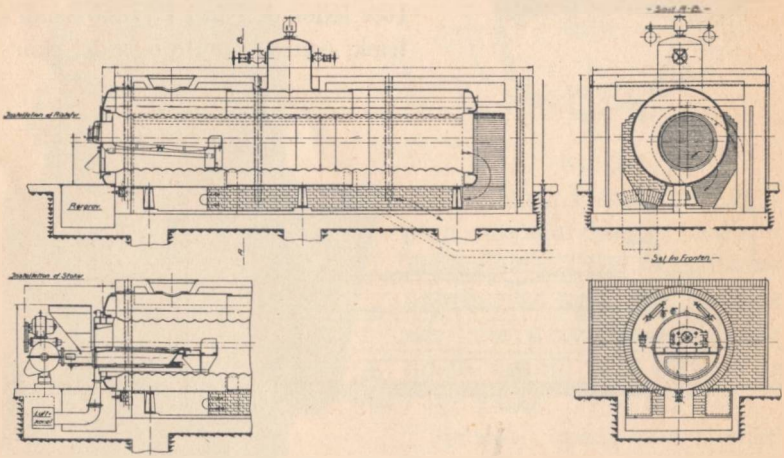


Fig. 28.

Kedlens forende rager udenfor den forreste del af murværket, så meget, at bundsamlingens rundsøm er synlig.

I figuren foroven er vist kanalen med almindelig planrist, medens der forneden er vist et snit med stoker.

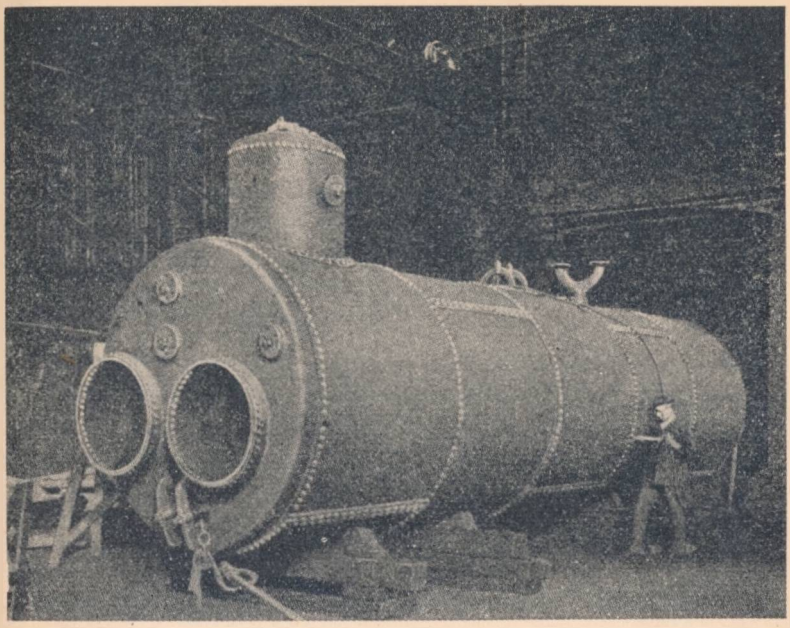


Fig. 29.

Lancashirekedlen har to ildkanaler, hvorved hedefladen forøges betydeligt. I fig. 29 ses en lancashirekedel med hvælvede endebunde og bølgekanaler. Samlingen mellem bunde og kanaler er her fremstillet på en anden måde, idet bundene er

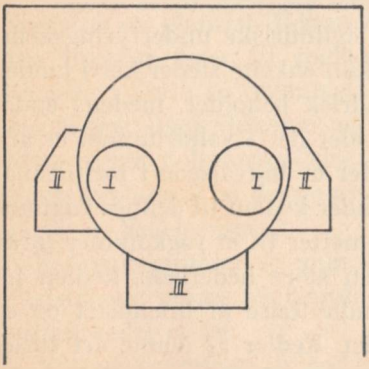


Fig. 30.

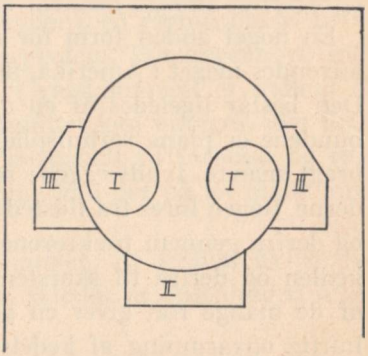


Fig. 31.

udhalsede, således at samlingen ligger foran bunden. Af figuren ses, at kedlen er forsynet med to mandehuller, hvoraf det ene som sædvanligt er anbragt foroven i yderskallen, medens det andet er i forbunden under ildkanalerne.

Trækkene kan laves på forskellige måder. I fig. 28 er der to sidetræk, der går helt ned under kedlen, men ofte anbringes tre træk, bestående af to sidetræk og et bundtræk. Trækføringen kan her foregå på to måder. I fig. 30 føres røgen fra ildkanalen først gennem sidetrækkene og derefter tilbage gennem bundtrækket. Dette medfører, at den koldeste røg går gennem bundtrækket, hvilket egentlig ikke er heldigt for vandcirkulationen i kedlen. I fig. 31 er forholdet det, at røgen føres fra ildkanalerne ned i bundtrækket først og derefter tilbage gennem sidetrækkene. Da imidlertid røgen så absolut afgiver hovedparten af sit varmeindhold i ildkanalerne, er det dog sikkert uden væsentlig betydning, hvordan trækforholdene anbringes.

Cylindriske underfyringskedler.

Den simpleste form for en liggende kedel er en cylindrisk beholder, der ligger over et ildsted; men denne form anvendes ikke meget, hvorfor den kun skal nævnes. En fordel ved denne form er, at den på grund af sit store vandindhold egner sig godt for stærkt svingende belastninger, og at den på grund af sit store damprum giver tør damp. Røgen føres fra ildstedet under og langs kedlen til bagbund og gennem et sidetræk fremover og derefter tilbage gennem et andet sidetræk til skorsten.

En noget anden form for den cylindriske underfyringskedel anvendes meget i Amerika, men kun enkelte steder her i landet. Den består ligeledes af en cylindrisk beholder, medens endebundene er plane rørhulsplader, idet der i vandrummet er anbragt snævre, tyndvæggede rør, der er indvalsede i rørhulspladerne. Røgen føres fra ildstedet under kedlen til dennes bagbund og derfra gennem trækrørene fremefter til et røgkammer foran kedlen og derfra til skorsten. Den store hedeflade, kedlen får af de mange rør, giver en god udnyttelse af brændslet og en hurtig opvarmning af kedelvandet. Kedler af denne art stiller store krav til renholdelse, og har den ulempe, at kedelsten let

medfører utætheder ved rørenes indvalsning. Den store varmepåvirkning på yderskallens underside er ligeledes en ulempe, da slamaflejringer i skallen indvendig kan medføre udbulinger eller hyppige utætheder i ringsømmen.

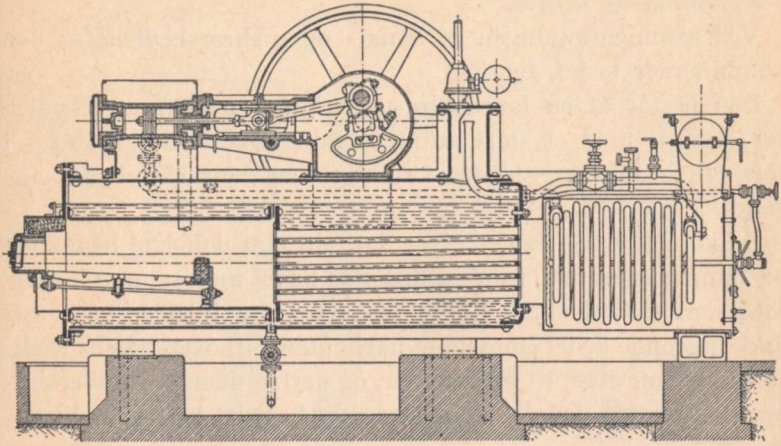


Fig. 32.

Trærørskedler.

Den sidst ovenfor omtalte kedeltype hører med til trækrørskedler, men mere anvendt er en trækrørskedel med udtrækkelige rør, fig 32.

Kedlen har en kort ildkanal med ret stor diameter, hvori der fyres på en planrist. Ildkanalen ender i en rørhulsplade, hvorfra trækrør fører til røgkammerpladen. Trækrørene er indvalsede i disse to rørhulsplader. I røgkammeret er indlagt en overheder. Både ildkanal og rørbundtet kan udtages, idet dette system ved bolteforbindelse er fastspændt til forbund og røgkammerplade. Ved denne anordning kan der på let måde foretages en kedelrensning.

På røgkammeret er anbragt skorsten, og kedlen hviler ved faststående anlæg på bærefødder, således at opstillingen af en sådan kedel er let.

Varmeudnyttelsen er god, da trækrørene er fuldstændigt om-

givet af vand, men den producerede damp er ret våd, da der intet større damprum findes.

Under trækrørskedler hører også lokomobilkedler, der senere vil blive omtalt.

Kombinerede kedler.

Ved sammensætningen af kanal- og trækrørskedlen fås den kombinerede kedel, fig. 33.

Den består af en lancashire-underkedel, medens overkedlen er forsynet med et stort antal trækrør. Overkedlen udføres i forskellige former, således kan også en lancashirekedel anvendes.

De kombinerede kedler giver omtrent den dobbelte hedeflade på samme gulvareal, som en liggende kedel med samme hovedmål som underkedlen. Røggassen føres fra ildstederne i den underliggende kedel gennem et bagkammer til overkedlens trækrør, igennem disse til forkammer, og derfra uden om underkedlen til skorsten. Overkedlens underste halvdel bestryges ligeledes af røgen.

De første kedler af denne art var bygget således, at der kun var damprum i overkedlen, der med to stutse var forbundet med underkedlen. Da kedlen bygget på denne måde imidlertid kun kunne levere meget våd damp, bygges kedlen nu med damprum i begge beholdere. Forbindelsen med de tidligere to stutse var også uheldig, da der derved skabtes en vis stivhed i konstruktionen, og da underkedlen udvider sig mest, idet forbrændingsprodukterne er varmest her, opstod der ofte alvorlige skader. Er der damprum i begge kedler, kan man nøjes med een forbindelsesstuts. Damprummene står i forbindelse med hinanden ved et rør, der fra nederste beholder føres enten som vist på fig. 33 gennem forbindelsesstutsen op i den øverste beholders damprum, eller som føres udenom overkedlen til dennes yderskal foroven. Dampen tages fra overkedlens damphat.

Vandrummene står ligeledes i forbindelse med hinanden, idet der er anbragt et overløbsrør i overbeholderen ned til underbeholderen. Dette rør begynder i øverste vandlinie og udmunder et godt stykke under laveste vandstand i underbeholderen, såle-

des at vandet af sig selv løber ned. Begge beholdere er forsynet med tilslutning til fødeapparater; men fødningen sker normalt kun på overbeholder.

På grund af den store hedeflade og den lange vej, som røgen skal tilbagelægge, udnyttes røgens varme godt; men dampydel-

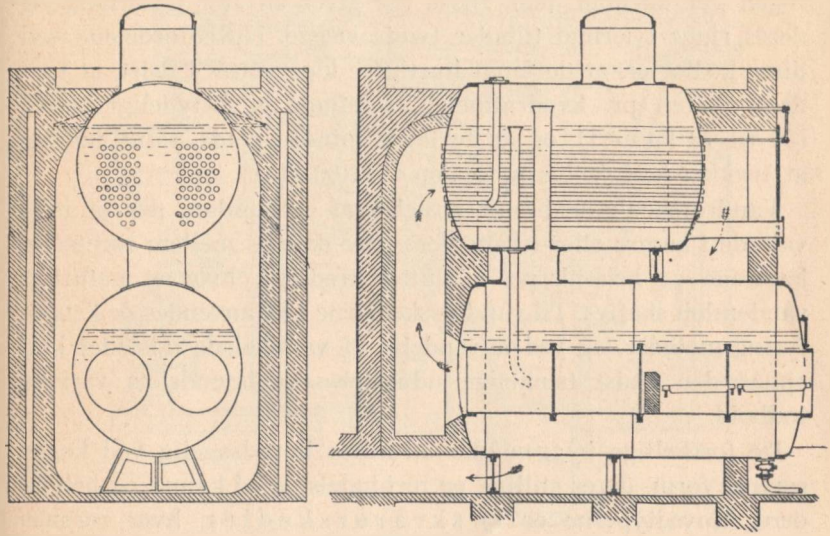


Fig. 33.

sen er ikke stor, idet erfaringen har vist, at overkedlen kun yder mindre mængde damp; den virker nærmest som forvarmer af fødevandet.

Vandrørskedler.

De tidligere omtalte kedler har et stort vandrum i forhold til hedefladen, og dette medfører, at vandcirkulationen er meget vanskelig, især ved opfyring. Dertil kommer, at de stive former, som beholderne har, i forbindelse med den uensartede opvarmning medfører, at der opstår store spændinger i materialet og især i nittesømmene. Ved hurtig opvarmning forøges disse spændinger betydeligt, hvilket kan medføre dannelse af revner og mulig ødelæggelse af kedlen.

Den lange opfyringstid og vanskeligheden ved at tilpasse kedlen til vekslende belastninger gør også, at man mange steder

ikke kan bruge kedler af denne art, og da der stadig bliver stillet krav om større ydelser og højere tryk, måtte der konstrueres nye kedeltyper, og i midten af forrige århundrede begyndte vandrørskedlerne at komme. Det særlige ved disse er, at der findes en masse snævre rør, der er fyldt med vand, medens røgen går udenom dem. Disse rør giver en stor hedeflade, og deres ringe tværmål tillader tynde vægge. Hovedfordelene ved disse kedler er, at de langt hurtigere kan sættes i drift, at fordampningen pr. kvadratmeter hedeflade er betydeligt større (30 til 70 kg/m²/t), og at de tager mindre plads, samt endelig at trykket kan sættes meget op (til 100 ato).

Vandrørskedlerne består i reglen af rørbundter, der er indvalsede i kamre eller i beholdere. Der dannes mellem rørene og kamrene og beholderne et sluttet kredsløb, hvor et naturligt vandomløb skaffes. Til vandrørskedlerne kan anvendes de kendte fyringsmetoder, og ved anvendelse af vandkølede ildsteder kan opnås den bedst tænkelige udnyttelse af brændslets varmeindhold.

De forskellige byggemåder adskilles hovedsagelig ved kogerørenes form, deres stilling og forbindelse med kamre og beholdere. Hovedtyperne er 1) skrårørskedler, hvor rørenes hældning kun afviger lidt fra den vandrette linie, 2) stejlrørskedler, hvor rørene er bøjede og anbringes i mange forskellige hældninger (indtil lodrette) og 3) særlige kedelarter, der kendetegnes ved høje arbejdstryk, hurtig igangsætning og deslige.

Skrårørskedler.

Den mest virksomme del af disse kedler er svagt stigende kogerør, der i begge ender er indvalset i kamre, der igen står i forbindelse med en eller flere overkedler, der enten kan ligge i samme retning som rørene eller vinkelret på dem. Vandrørene er forsat for hinanden, således at der skaffes den bedste varmeoverføring. Rørene er her lige, og det er en stor fordel, idet det ved hjælp af renseåbninger anbragt i kamrene uden for hvert enkelt rør er let at foretage en grundig rensning, ligesom ødelagte rør let kan udskiftes. Dette sidste kræver naturligvis, at der fore-

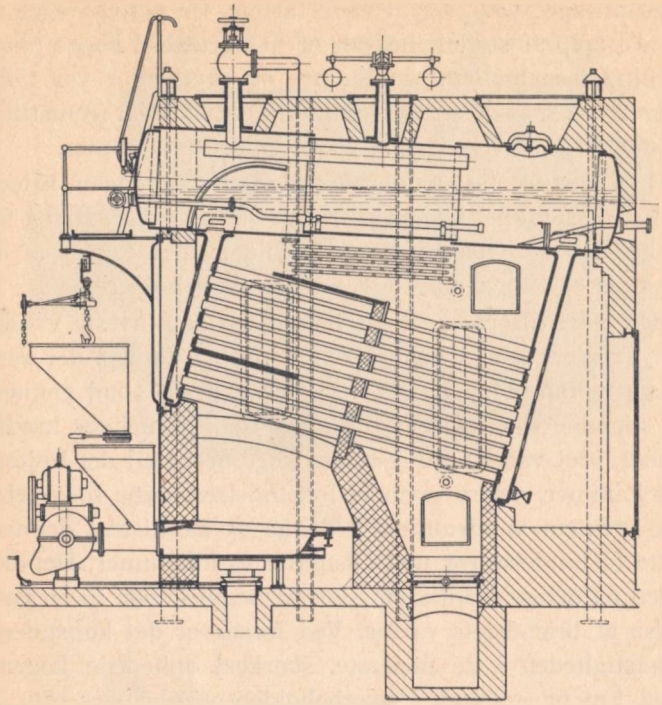


Fig. 34.

findes tilstrækkelig plads foran vandkamrene, for at reparationen kan foretages.

Vandkamrene laves på to måder, enten som fulde kamre eller som en samling af enkelte dele, sektionskamre. De første anvendes ved steinmüller-kedlen, og fig. 34 viser en sådan kedel, bygget af A/S Smith, Mygind & Hüttemeier.

Den består af en liggende overbeholder, og til denne er foran og bagved tilsluttet to vandkamre, mellem hvilke kogerørene findes.

De to vægge, der ligger ind mod ildstedet, er tildannede som rørhulsplader. I ydervæggen er overfor hvert enkelt kogerør et rensehul, der er lukket damp- og vandtæt med et dæksel.

Vandkamrene samles nu ved nitning, idet de tidligere anvendte

svejsesamlinger viste sig at være farlige. De plane vægge afstives ved hjælp af støttebolte, der er indskruede i begge plader.

Forbindelsen mellem vandkamre og overkedler var tidligere etableret ved særlige stutse, kammerhalsene, men fremstilles nu ved bøjede rør, der er længst ved det bageste kammer.

Mellem kogerørene er anbragt ledeflader for røgen, således at man kan bestemme, hvorledes røgen skal passere. Den i fig. 34 viste kedel har røgpåvirket overbeholder; men kedler af denne art bygges ofte med murværk under overbeholderen.

Fødevandet tilføres overbeholderen, og den laveste vandstand ligger i reglen midt i beholderen. I rørene dannes der ved ophedningen dampblærer. Disse vil bevæge sig opad gennem de skråt stigende rør, og derved dannes det »naturlige« kredsløb i systemet, idet vandet går gennem kogerørene til det højest liggende kammer, derfra gennem forbindelsesrørene til overbeholderen, gennem vandrummet i denne og så tilsidst gennem de bageste forbindelsesrør ned i bageste vandkammer. Derved opnås den naturlige cirkulation, der er medvirkende til en god udnyttelse af brændslets varme. Ved forsøg er det konstateret, at vandhastigheden i de nederste, stærkest ophedede kogerør er henved 1 m pr. sekund. I overbeholderen anbringes ofte buede skilleplader, der fremmer det opvarmede vands blanding med fødevandet. Ved bageste vandkammer anbringes forneden udblæsningshanen, således at slam kan bortfjernes. Under hensyntagen til det ret høje fordampningstal ved vandrørskedler er det heldigst at anvende så rent kedelvand som muligt.

I damprummet anbringes ofte særlig indbyggede prelplader, hvorved dampens vandindhold afgives, således at den damp, der aftages, bliver så tør som muligt.

Overtromlen ophænges i fladjern eller rundjern, der bærer for- og bagenden, og vandkamrene understøttes af murværket.

For at opnå en røgfri forbrænding forsynes kedlerne med et højt forbrændingsrum. Ved ældre kedler, hvor de nederste rørrækker ligger ret nær risten, bør der kun anvendes gasfattige og kortflammede kul.

Skal der anvendes overheder, anbringes denne mellem rørbundt og overbeholder, således at den kommer til at ligge mel-

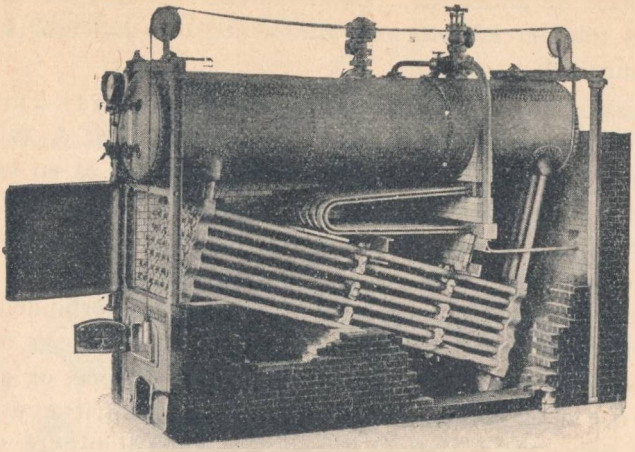


Fig. 35.

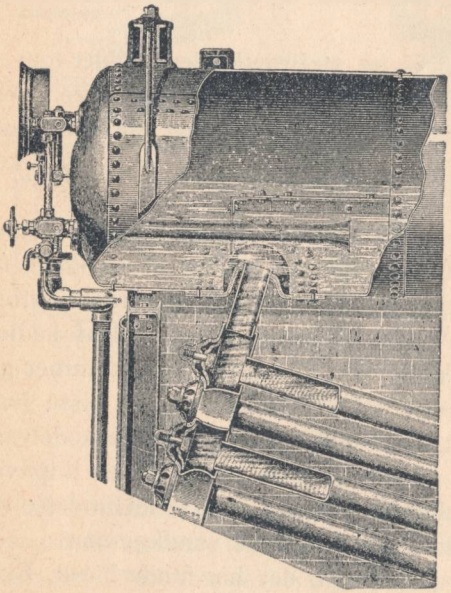


Fig. 36.

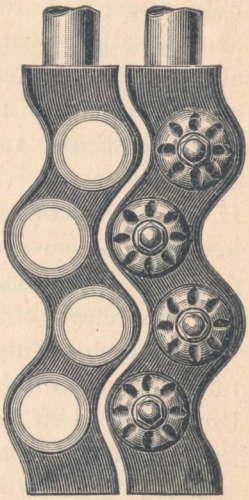


Fig. 37.

lem første og andet træk. Overhederens samlerkasser kan anbringes udenfor kedlen, men findes dog ofte indenfor kedlens ydre murværk.

En anden form af skrårørskedlen er sektionskammerkedlen, der oprindelig blev bygget af Babcock & Wilcox i England. Her er hvert af vandkamrene erstattet af en samling smalle sektioner, der er fremstillet af sømløse rør med kvadratisk tværsnit. De enkelte kammerdele er bølgeformede, således at kogerørene derved bliver forsat for hinanden, fig. 37.

De enkelte vandkammerdele står hver for sig i forbindelse med overbeholderen. Den store fordel ved sektionskamrene er, at disse ikke behøver at have afstivninger mellem væggene, og at hver lodret del af vandrørsbundterne kan udvide sig frit og uafhængig af naborørene. Derved bliver hele kedlen mindre stiv og påvirkes ikke uheldigt ved en uensartet varmepåvirkning eller hurtige temperaturændringer, hvorfor der kan bygges kedler med meget store arbejdstryk — op til 100 ato.

Den i fig. 35 viste kedel har en overkedel, der ligger parallelt med kogerørene. Kedlen har tre træk, og overhederen er anbragt mellem første og andet træk.

Da det ved alle skrårørs- og stejlrørskedler gælder om at holde kogerørene rene udvendigt, anbringes sodafblæsere. Igennem disse ledes dampstråler, der fejer vægge og rør rene. Sodafblæserne indrettes drejelige, således at hver sodblæser kan rense et stykke af hedefladen.

Skrårørskedler anvendes også med tværliggende overkedel, og en sådan er vist i fig. 38, der viser tværsnittet af en kedel fra H. C. Ørstedsværket (sektion II fra 1924—26). Kogerørene stiger her mod kedlens bageste ende, og det er denne del af kedlen, der opvarmes stærkest. Fra toppen af bageste vandkammer går der vandrette forbindelsesrør til overbeholderen. I disse føres vand-dampblandingen til overbeholderen. Det kolde kedelvand føres fra overbeholderen gennem faldrør, der ikke er ildpåvirkende, ned til en underbeholder, der er i direkte forbindelse ved hjælp af nipler med sektionerne i forreste vandkammer.

Kedlen er forsynet med kæderist, der har underblæst. Endvidere ses overhederen, der er indskudt mellem skrårørene og

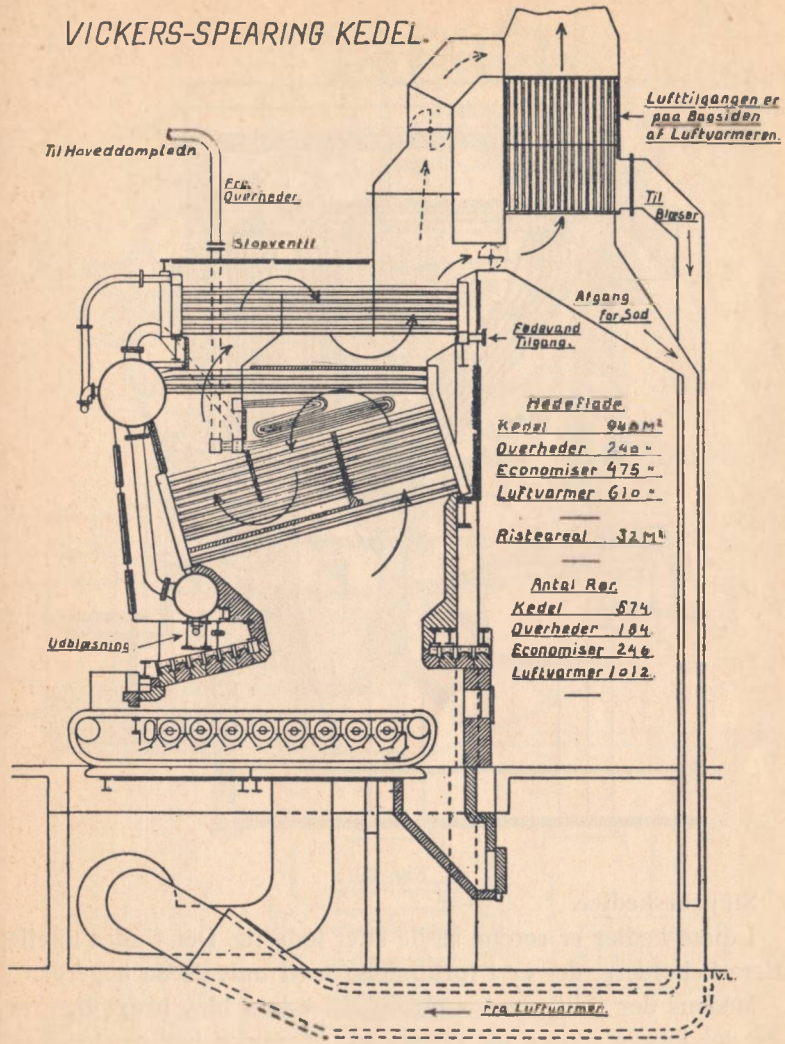


Fig. 38.

forbindelsesrørene fra bageste vandkammer til overkedlen; fødevandsforvarmer, der ligger, hvor røgen er koldest, og luftforvarmer, hvori der sker en forvarmning af den luft, der tilføres risten gennem den viste blæser.

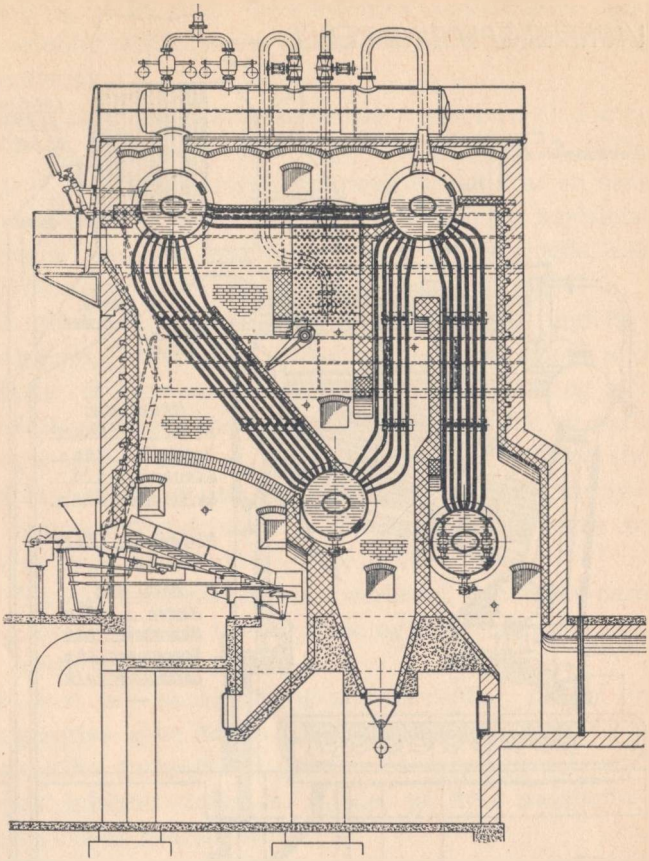


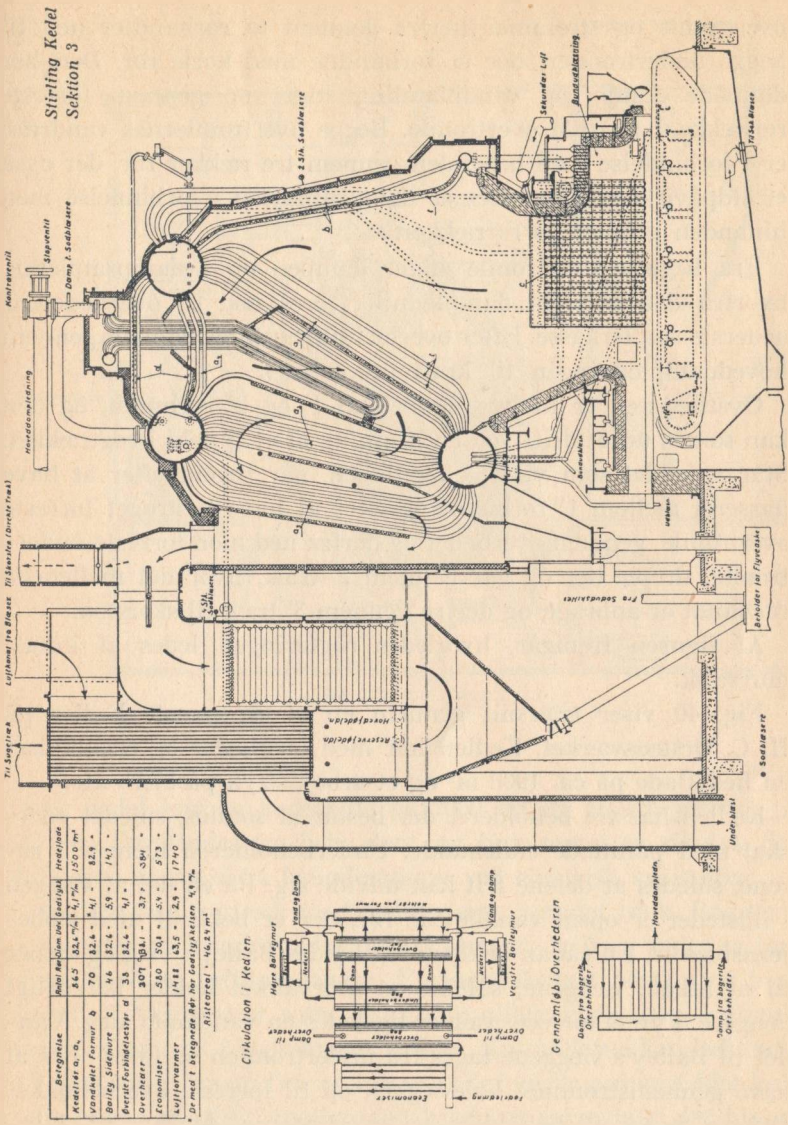
Fig. 39.

Stejlrørskedler.

I disse kedler er rørene stejle eller lodrette. Der findes to eller flere beholdere, der er i forbindelse med indvalsede kogerør.

Medens der tidligere i skrårørskedler kun blev brugt lige rør, der let kunne renses på vandsiden, anvendes her næsten udelukkende krumme rør, idet der derved opnås mulighed for en god og uhindret udvidelse af kedlen.

I fig. 39 ses tværsnittet af en mindre stejlrørskedel — fremstillet af A/S Smith, Mygind & Hüttemeier. Forneden ligger i ildstedet en beholder-undertromle, hvorfra stejlrør går op til begge overtromlerne. Den bageste af disse er i forbindelse med



Betegnelse	Ved. Reflexion	Ved. Varmeg.	Hedeflade
Kedelter a_1–a_4	86,5	82,4 ‰	4,1 ‰	1500 m²
Vandkedel Formur b	70	82,4 "	4,1 "	82,9 "
Boilig Sidemuur c	46	82,4 "	5,9 "	14,7 "
Bestilt Forbindelsesstr d	38	82,4 "	4,1 "
Overheder	307	261 "	32,7 "	5,91 "
Economiser	580	501 "	5,9 "	5,73 "
Luftforvarmer	1482	43,5 "	2,9 "	17,40 "

* Dr med I betegnede Rør har Gadsigsheden 4,4 ‰.

Ristareal = 46,24 m²

Fig. 40.

en cylindrisk dampsamler, der ligger på tværs af tromlerne og med en anden undertromle, der ligger i sidste del af trækkene.

Fra en fødevandsforvarmer føres fødevandet til den bageste

overtromle og strømmer herfra gennem to rørbundter ned til begge undertromler, der er forbundne med korte rør. Den her dannede damp- og vandblanding stiger op gennem forreste rørrække i forreste overtromle. Begge overtromlernes vandrum er i forbindelse med hinanden gennem tre rækker rør, der også er ildpåvirkede. Ligeledes er damprummene i forbindelse med hinanden gennem to rørrækker.

Fra bageste overtromle stiger dampen op i dampsamleren, hvorfra den gennem dampledning føres ned til overhederens nederste samlerkasse. Efter overhedningen føres dampen gennem hoveddampledningen til kraftmaskinerne.

Overhederen er indbygget mellem 1' og 2' rørbundt, og den kan sættes ud af drift ved en drejning af et spjæld i røgtrækket. Står spjældet som vist på tegningen, går røgen, efter at have passeret mellem 1' rørbundt og efter at have bestrøget forreste overtromle, gennem overheder og derfra ned mod forreste undertromle, drejer her og går gennem 2' træk, hvor det mellemste rørbundt er anbragt, og derfra gennem 3' træk til skorsten.

Af figuren fremgår, hvorledes røgføringen ledes af ildfast murværk.

Fig. 40 viser tværsnit gennem en af de største kedler på H. C. Ørstedsværket. Kedlen har med overheder og economiser en hedeflade på ca. 1900 m² og et arbejdstryk på 27,75 ato.

Kedlen har tre beholdere, der består af sømløs, smedet yderskal med pånittede endebunde. Underbeholderen hænger i rørene, således at delene frit kan udvide sig. På en del af væggen i ildstedet er opsat vandkølede rør, der er beklædt med støbejernsblokke. En sådan beklædning kaldes Bailey's væg og tjener til at afkøle væggene, således at murværket holder betydeligt længere. Fyrets forreste væg er ligeledes en vandkølet væg. Vandet til Bailey's væggene tages fra undertromlen og føres efter at have gennemstrømmet kølevæggen op til forreste overbeholder. Mellem de to overbeholdere ses overhederen, der har to cylindrisk formede samlerkasser. Bagtil ligger fødevandsforvarmeren. Risten er en kæderist.

Fig. 41 viser en stejlrørskedel fra Isefjordværket. Belastningen på kedlen er 145 tons/time. Der er to kedler på værket, og

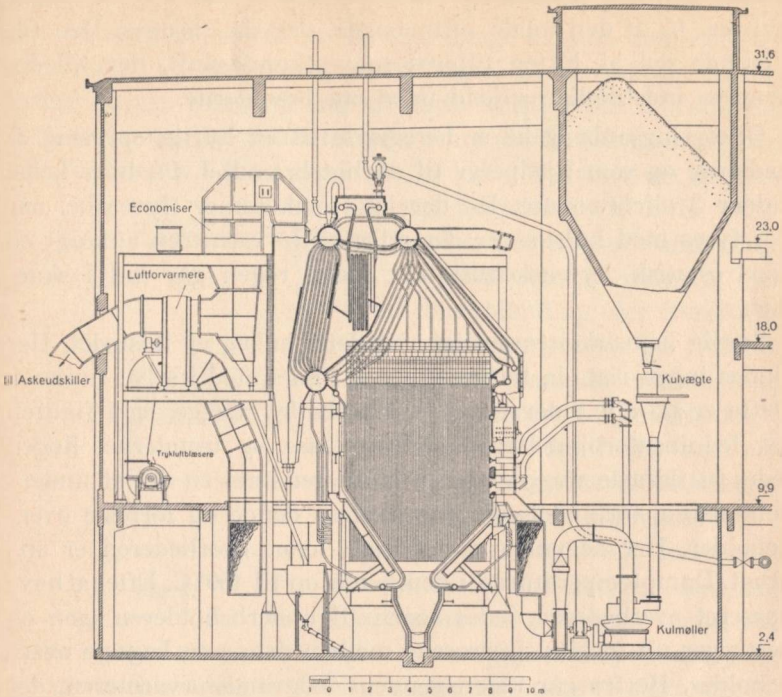


Fig. 41.

hver kedel har en hedeflade på 2660 m² og et arbejdstryk på 37 ato. Der findes tre beholdere, og fyrrummet er afkølet. Beholderne er svejset i længdesømme ved elektrisk svejsning.

Kedlen har tre træk med overhederen i andet træk. Bag kedlen findes en mindre fødevandsforvarmer, og hver kedel er forsynet med to luftforvarmere. Fyringsanlægget består for hver kedel af 2 kulmøller samt et mindre oliefyringsanlæg. Kulmøllerne er anbragt i kedelhusets kælder. Kulmøllerne kan behandle 12 tons kul i timen. Der er intet særligt tørringsanlæg, idet kullene tørrer direkte i møllen ved hjælp af varm luft, der blæses ind i møllen. Fra hver mølle føres blandingen af luft og kulstøv, efter at have passeret et i møllen indbygget sorteringsapparat, til et sæt af 4 brændere, anbragt ved siden af hinanden på tværs over fyrrummet. Den del af forbrændingsluften, der

sendes gennem møllen og blæser kulstøvet ind i fyret, udgør kun ca. $^1/_4$ af den totale luftmængde, der skal bruges. Den resterende del af luften tilføres som sekundærluft, der tilledes gennem indstillelige spjæld uden om brænderne.

Oliefyringsanlæggene er beregnede til en hurtig opfyring af kedlerne og som hjælpefyr til dårligt brændsel. På hver kedel sidder 3 oliebrændere. Da der let fremkommer flyveaske, når der fyres med kulstøv, er der efter luftforvarmeren anbragt en elektrostatisk flyveaskeudskiller, inden røgen går ind i skorstenen.

Særlig bemærkelsesværdigt ved dette anlæg er ildstedet. Her findes ingen rist, da forbrændingen finder sted i selve rummet. Dette er på alle sider forsynet med bailey-vægge, og i figuren ses ledningsforbindelserne mellem disse og tromlerne. Røgen ledes af ildfaste vægge, og den bestryger først en del af underbeholderen, forbindelsesrørene mellem denne og forreste overbeholder. Her begynder andet træk, hvori overhederen er anbragt. Damptemperaturen i denne når op til 460° C. Efter at have passeret overhederen, ledes røgen til underbeholderen igen og bestryger nu forbindelsesrørene mellem denne og bageste overbeholder. Herfra går røgen gennem fødevandsforvarmeren, der er udført af glatte stålrør, og derfra gennem luftforvarmer, hvor blæseluften forvarmes til 250 à 300°, til askeudskiller og herfra til skorstenen.

Særlige kedeltyper.

I de senere år er der konstrueret en del typer af særlige kedler, der navnlig egner sig for høje arbejdstryk, og som er i besiddelse af større driftssikkerhed, og som fordrer mindre plads. Af de mange forskellige typer, der er bygget, skal her omtales to, der er anvendt her i landet, la Mont og Velox kedler.

La Mont kedlen har som særkende, at der er kunstig vandcirkulation, frembragt ved en pumpe. Den skematiske fremstilling er vist i fig. 42. Pumpen drives af en elektromotor eller ved hjælp af en lille dampturbine. Pumpen tager vandet fra kedelbeholderen, der ikke er ildpåvirket. Den mængde vand,

som pumpen befordrer, er 4 til 10 gange så stor, som det, der fordamper i en stor mængde rørslanger, der er anbragt på ildstedets vægge. Disse rør har en diameter på 30 til 38 mm. For at få den nøjagtige vandmængde, svarende til den mængde, der skal fordampes i hver rørslange, er der i begyndelsen af disse anbragt fordelerdyser, hvis tværsnitareal svarer til den vandmængde, der skal sendes igennem. Den vand-dampblanding, der fremstilles i rørslangerne, presses op i beholderen, hvor dampen udskilles og derefter overhedes i en overheder.

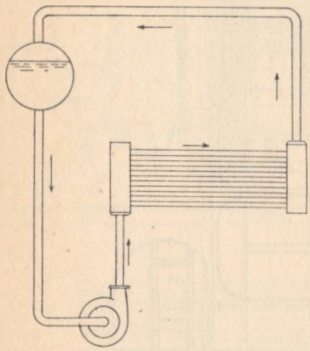


Fig. 42.

La Mont-systemet finder også anvendelse til forøgelse af hedefladen i ældre kedler og indbygges her i ildstedet som en slags kølevægge med kunstig cirkulation. Slangerne lægges her ind på mange forskellige måder og med mange vindinger og kan ligge lodret, vandret eller endog med hældninger nedad. I reglen anvendes to cirkulationspumper, den ene elektrisk dreven, den anden dampdreven.

I fig. 43 er vist en la Mont-kedel, der har en dampproduktion på 75 t pr. time. Fordamperslangerne *(B)* har en hedeflade på 660 m², overhederen *(C)* 470 m², ecconomiseren *(D)* 252 m² og luftforvarmeren *(E)* *3800 m²*. Den vandmængde, der pumpes rundt ved hjælp af cirkulationspumpen *(A)*, er 480 m³.

Fordamperhedefladen, der består af snævre rør, der dækker væggene i ildstedet, opvarmes i hovedsagen gennem stråling fra brændslet, der tilføres gennem 3 stkr. oliebrændere. Overheder og economiser opvarmes ved direkte berøring med røgen.

Den forholdsvis lille beholder *(F)* er ikke påvirket af røg.

Kedlens højde over gulvet, hvor cirkulationspumpen er anbragt, er ca. 11½ m, og dens bredde er ca. 10 m, således at den tager langt mindre plads op end en stejlrørskedel med samme ydeevne ville gøre.

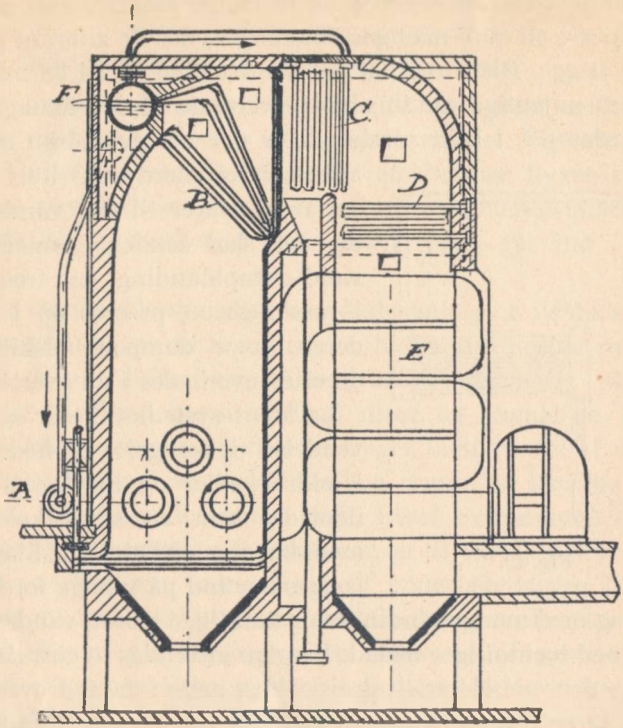


Fig. 43.

Velox-kedlen.

Velox-kedlen er konstrueret af A/S Brown-Boveri. Grundtanken i den er at benytte en trykfyring med olie eller gas, således at der i forbrændingskammeret (fyrrummet) er et overtryk, samt anvendelsen af en stor røghastighed, mindst 200 m pr. sekund, hvorved varmeoverførslen ved berøring stiger stærkt. Forsøg har godtgjort, at varmeoverførslen stiger 10 til 20 gange så meget ved disse store røghastigheder som ved kedler af almindelig type. Derfor kan hedefladerne bygges så meget mindre. I overheder og forvarmer anvendes ligeledes de store røghastigheder, således at der også her er gode varmeoverførsler og små hedeflader. Fig 44 viser en Velox-kedel.

Gennem oliebrænderen 1 indføres trykluft og olie forstøvet ind i brændkammeret 2 og forbrænder her med et tryk på 2 à 3,5 ato. I det cylindriske brændkammers omkreds indvendig er anbragt fordamperrørene 3. Røgen passerer med stor hastighed igennem den

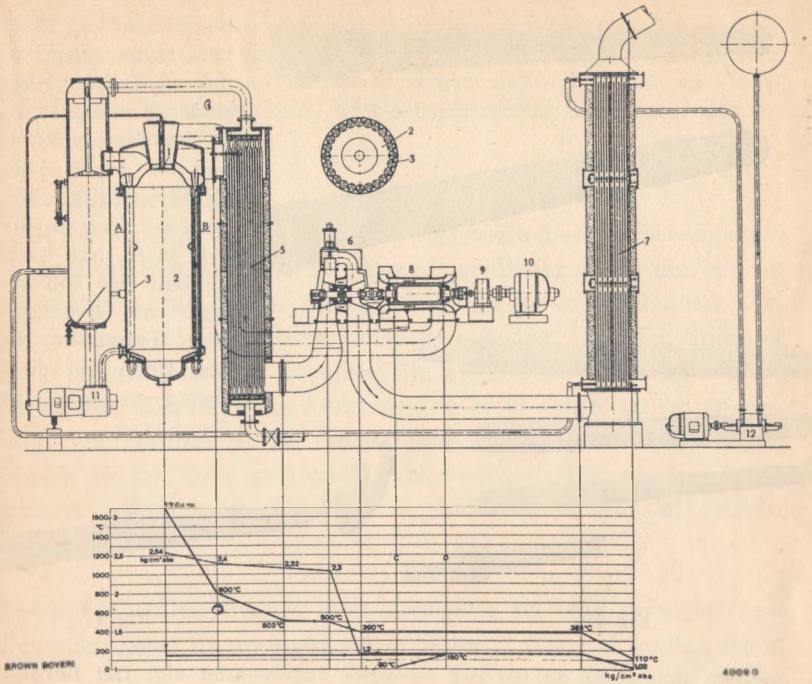


Fig. 44.

indvendige del af fordamperrørene og går gennem et røgkammer ind i overhederen 5 ligeledes med stor hastighed og derfra gennem en gasturbine 6 og derfra til forvarmeren 7 og herfra til fri luft. Den til forbrændingen nødvendige luft tages fra en kompresser 8, der trækkes af gasturbinen. Til igangsætningen af anlægget og for at understøtte gasturbinen og til regulering er anbragt en motor 10, der gennem en gearkasse 9 er koblet til kompresseren.

En cirkulationspumpe 11 sørger for cirkulationen af kedelvandet og presser dette med stor hastighed gennem fordamperrørene. Dampvandblandingen fra disse føres ind i separatoren, der er den lodrette beholder t. v. i figuren, hvor dampen udskilles og vandet synker til bunds. Herfra suges det tilbage af cirkulationspumpen. Nyt vand spædes til fra fødepumpen 12 og forvarmes i forvarmeren 7. Den udskilte, mættede damp forlader seperatoren foroven og føres til overhederen 5.

Vandmængden, der cirkulerer i kedlen er 10 til 20 gange så stort som den mængde, der fordampes.

I figuren er under kedlen vist et diagram, hvoraf fremgår, hvilken

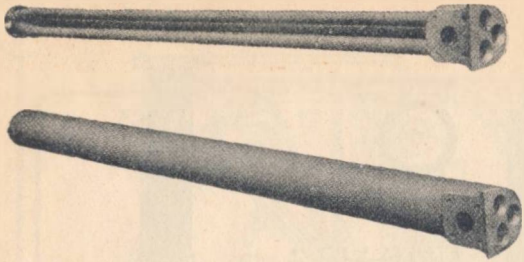


Fig. 45.

temperatur og hvilket tryk røggassen har på de forskellige steder i anlægget.

Fordamperrørene har en særlig konstruktion (fig. 45). Som det øverste billede viser, har hvert element tre indvendige rør, hvorigennem røggassen ledes. Uden om disse lægges en kappe, og

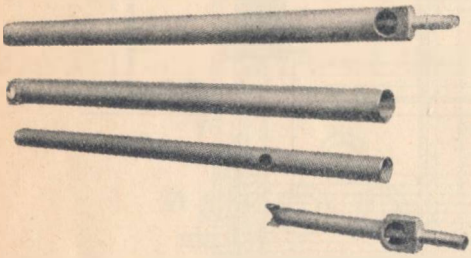


Fig. 46.

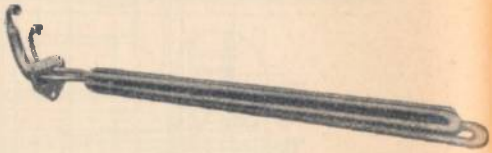


Fig. 47.

mellem denne og de tre rør bevæger kedelvandet sig. Det færdige element er afbildet forneden i fig. 45.

Ved de nyere Velox-kedler er overhederens slanger også indbygget i fordampningselementer, således at overhederen ikke ses. I fig. 46 vises, hvorledes fordampningselementerne ser ud, når overheder-elementer indbygges, og fig. 47 viser et sådant element.

Tabel 7.

Arbejdstryk 30 à 40 ato.	Alm. kedel	Velox-kedel
Varmeoverføring på fordamper-hedeflade: kcal/m², time	25000–32000	250 000–300 000
Frembragt dampmængde på fordamper-hedeflade: kg/m², time ..	40–50	500
Frembragt dampmængde på samlet hedeflade d. v. s. med overheder og forvarmer: kg/m², time	8–15	100
Røghastighed mellem kogerør og i fordamperelementerne: m/s.....	5–15	200
Vægt af hele kedel med hjælpemaskiner pr. udvunden kg damp	6–10	1,5 à 2,5

Da kedlen intet murværk har, kan den meget hurtig fyres op og egner sig særlig som reservekedel og til at tage spidsbelastninger.

I foranstående tabel 7 er vist en sammenligning mellem en Veloxkedel og en almindelig kedel, idet arbejdstrykket for begges vedkommende er 30 til 40 ato.

Bevægelige kedler.

De bevægelige kedler hører til trækrørskedlerne. Hovedparten af dem er lokomotiver, der tilhører jernbanerne, og det er kun et mindre antal, der er indregistreret under fabriktilsynet, idet jernbanerne selv fører tilsyn med deres kedler. Desuden findes et antal lokomobiler, der hovedsagelig anvendes i landbruget. Formålet med disse kedlers konstruktion er at skaffe så stor hedeflade som muligt på en ringe plads samtidig med, at vægten holdes så lav som mulig. Der anvendes derfor et stort antal trækrør, medens vandrummet er indskrænket til det mindst mulige.

Lokomobilkedlen bygges dels bevægelig på hjul og dels fastliggende. Selve dampmaskinen er anbragt oven på kedlen i fast

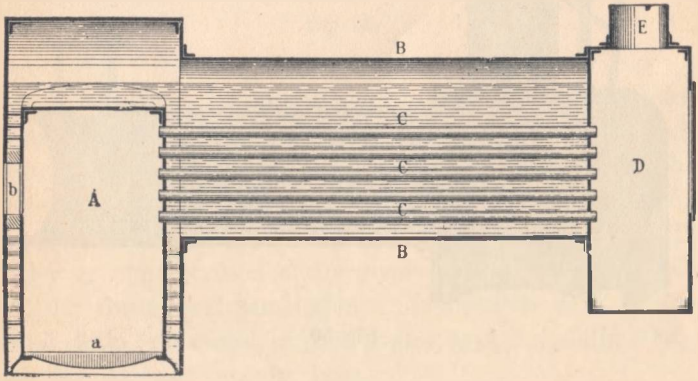


Fig. 48.

forbindelse med denne. I fig. 48 vises et skematisk billede af kedlen.

Fyrboksen ligger i den forreste del og består af en firkantet kasse *A* med risten *a* forneden. Gennem fyrmulen *b* indføres

brændsel. Til fyrkassen slutter sig den cylindriske del *B*, hvori trækrørene er anbragt, idet disse i den ene ende er indvalsede i fyrboksen og i den anden ende i røgkammeret *(D)*. Røgen føres fra risten gennem trækrørene ud i røgkammeret, hvor skorstenen *E* er anbragt. Da fyrboksens vægge er plane, må disse afstives med stagbolte for at kunne modstå trykket indefra. Fyrrummets loft er også plant, og her anvendes enten afstivninger til den firkantede kasses top, eller der anbringes forstærkningsryttere ovenpå. En stagbolt til afstivning er vist i fig. 49. Bolten skrues ind i begge de to plader, den skal afstive, og nittes udvendig på begge plader. I stagboltene er der i deres længderetning boret et lille hul, der når inden for pladens indvendige kant. Skulle en sådan bolt knække, vil der løbe vand ud af hullet, således at skaden straks kan opdages.

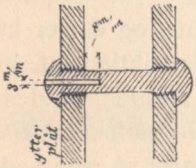


Fig. 49.

Fig 50 viser et snit gennem kedlen. Det ses her, hvorledes

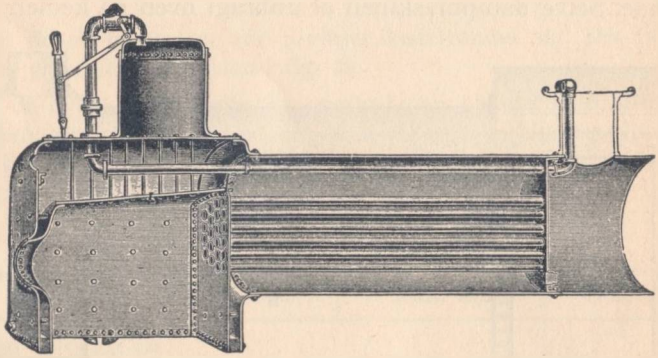


Fig. 50.

stagboltene er fordelt på fyrkassens vægge, og ligeledes ses toppladens afstivninger.

Da der skal brændes ret store mængder brændsel på risten for at få den nødvendige dampproduktion, er det nødvendigt at frembringe kunstigt træk, og dette kan ske ved, at spildedamp-

røret fra maskinen føres ind i røgkammeret, og her anbringes i skorstenen med dampledningens munding opad. Lukkes der op for spildedampen, river denne røgen med sig ud gennem skorstenen. I fig. 50 er vist en anden anordning, idet der er anbragt en damphat ovenpå fyrkassen, og fra damphatten er der ført et rør ud til skorstenen, således at kraftdampen anvendes til at frembringe træk.

Medens fyrboksen i lokomotiver fabrikeres af kobber, der bedre kan tåle de påvirkninger, den under brugen er udsat for, anvendes ved lokomobilkedler kun jernfyrbokse.

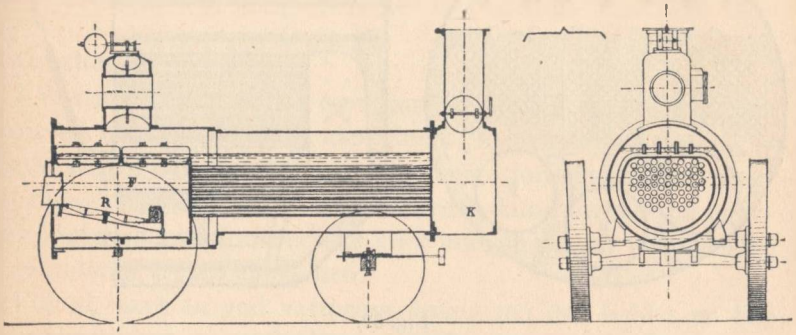


Fig. 51.

I fig. 51 er vist en lokomobilkedel af lidt anden konstruktion, idet denne ikke har nogen firkantet fyrkasse, men en cylindrisk fyrboks, der ligger i forlængelse af den cylindriske del, hvori trækrørene ligger. Fyrboksens diameter er dog noget mindre end den anden cylindriske part. Foroven har fyrboksen en affladning, der er afstivet med afstivningsbjælker, der hviler på de kraver, der findes ved samlingen af fyrboksens dele. Risten er større på dette lokomobil, og der findes også betydelig flere rør end på den ovenfor omtalte type.

Skibskedlen.

Skibskedlen hører også til trækrørskedlerne. Af navnet fremgår, at den bruges til dampskibe, men en del findes dog på landjorden.

Fig. 52 viser en skibskedel med tre indfyringer. Selve kedlen har en cylindrisk skal med ret stort tværmål og to plane endebunde. Ildstederne er anbragt i de tre mindre cylindre *F*, og fyringen finder sted på planriste. Ildkanalerne er i figuren vist glatte, men er oftest bølgeformede. Kanalerne ender bagtil i hver sit forbrændingskammer *K*. Herfra går bundter af trækrør

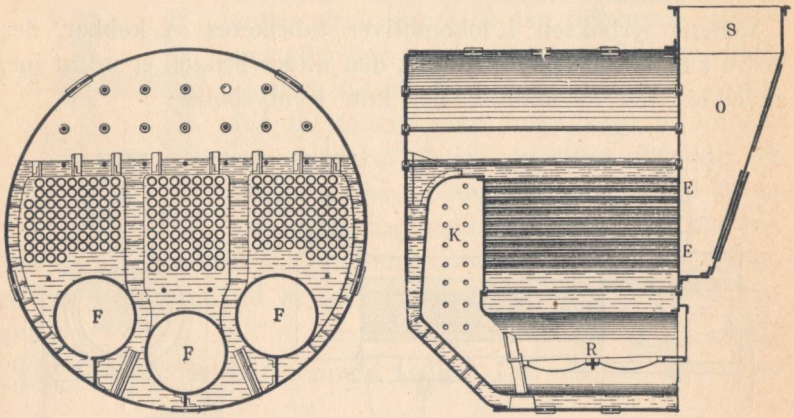


Fig. 52.

på langs af kedlen frem imod forbunden, hvor der er anbragt optræk *O* i forbindelse med skorstenen *S*. Røgen går fra ildkanalerne til forbrændingskamrene, vender her og passerer trækrørene. Da væggene i forbrændingskamrene og kedlens endebunde er plane, må der anbringes afstivninger. Dette sker ved hjælp af stagbolte mellem kamre og endebund og ved lange bolte mellem endebundene.

I optrækket er anbragt rensedøre, hvor igennem rørene kan renses for sod og aske. I selve kedlen anbringes rensehuller og mandehul, således at indvendig rensning kan foretages; men befaringen af kedlerne er ret vanskelig på grund af de mange afstivninger.

De på landjorden brugte skibskedler er ofte af mindre type og har kun 1 ildkanal. De tager ikke megen plads op i forhold til dampydelsen, og opstillingen er let, da indmuring er unødvendig.

KAPITEL X.
HJÆLPEINDRETNINGER VED DAMPKEDLER

Til disse hjælpeindretninger hører overhederen, hvori dampen overhedes, fødevandsforvarmeren, der tjener til forvarmning af fødevandet, vandrensningsapparaterne, hvor fødevandet renses, luftforvarmere, hvor røggassens varme anvendes til forvarmning af forbrændingsluften, og desuden de apparater, der tjener til rensning af hedefladen og måleapparater, der anvendes til måling af træk og temperaturer og til at undersøge røgens bestanddele.

Overhedere.

I overhederen sker en opvarmning af den mættede damp, hvorved de vandpartikler, der findes, fordamper, og temperaturen stiger. Overhedet damp har mange fordele fremfor mættet damp, således undgås ved overhedet damp fortætning i rørledninger, og man formindsker eller undgår derved vandnedslag i cylinderen i dampmaskinen.

For at opnå en god varmeoverføring må der holdes en høj damphastighed i overhederen. Derfor bygges de af snævre rør, hvis yderside påvirkes af røgen. Dampen, der tages fra kedlen, indledes i en samlerkasse, der for det meste består af et firkantet rør. I denne kasse er rørslangerne indvalsede, og dampen strømmer gennem rørslangerne og opsamles i den anden samlerkasse, hvorfra den overhedede damp tages. Overhedere kan i reglen afspærres fra kedlen, og den er i så fald forsynet med sikkerhedsventil.

Overhederen anbringes i almindelighed i andet træk, hvor røggassen endnu er i besiddelse af høj varme, medens den i udtrækkelige røgrørskedler og i lokomotivkedler er anbragt i røgkammeret (se fig. 32). Materialet til samlerkasse og slanger er af stål, idet der ikke må anvendes støbejern, når den overhedede damp er over 250°. Ved omtalen af forskellige kedeltyper er overhederen nævnt, og på fig. 35, 40 og 41 ses disse. Det bemærkes her, at samlerkasserne på kedler, der arbejder med særligt højt tryk, er cylindriske.

Fødevandsforvarmere.

Forvarmning af fødevandet anvendes for to årsagers skyld; for det første kan varme, der ellers ville gå til spilde, udnyttes, og for det andet skånes kedlen, idet denne ikke udsættes for så store temperatursvingninger, når fødevandet påsættes varmt.

Fødevandet kan opvarmes enten ved udnyttelsen af røgens varme, hvilket sker i de såkaldte economisere, eller ved at damp benyttes ved opvarmningen. I sidste tilfælde anvendes mest spildedamp, men ved større anlæg bruges aftapningsdamp fra turbinerne.

Economisere hører sammen med luftforvarmere til de hjælpeindretninger, der er nødvendige ved større kedelanlæg for at opnå en god virkningsgrad, idet en sådan kun kan skaffes, når røgens varmeindhold udnyttes så meget som muligt. Således må røgtemperaturen ved indgangen til skorstenen for at opnå en virkningsgrad op til ca. 85 % nedsættes til 180°, og ønskes endnu højere virkningsgrad, f. eks. op til 88 %, må temperaturen endnu længere ned.

Anvendes både economiser og luftforvarmer ved et kedelanlæg, anbringes economiseren foran luftforvarmeren i trækkene.

Forvarmning ved hjælp af damp.

I fig. 53 er vist en fødevandsforvarmer, hvori fødevandet opvarmes ved damp.

Fødevandet indføres forneden tilhøjre i et stålstøbt kammer og strømmer gennem et vandret u-formet rør og træder igen ud foroven tilhøjre. Det vandrette rør ligger i en cylindrisk kappe, hvortil dampen tilføres gennem et rør foroven. Dampen forlader kappen forneden som kondensat.

I kappen er anbragt støtte- og ledevægge, og i kamrets højre ende er anbragt et mandehul, således at indvendig rensning kan foretages. Den i figuren viste forvarmer kan arbejde med et tryk på 115 ato.

Forvarmning ved hjælp af røggassen. (Economiseren).

Economisere udføres enten som en centralforvarmer, hvilket vil sige, at der er flere kedler, der afgiver røg til samme eco-

nomiser, eller, hvilket bruges mest nu, som enkeltforvarmer, således at hver kedel har sin. Dette sidste er langt at foretrække, da der ikke findes de varmetab, der opstår ved centralforvarmeren, hvor der må være lange trækkanaler, der giver mulighed for tilgang af falskt træk.

Economisere bygges på tre forskellige måder:

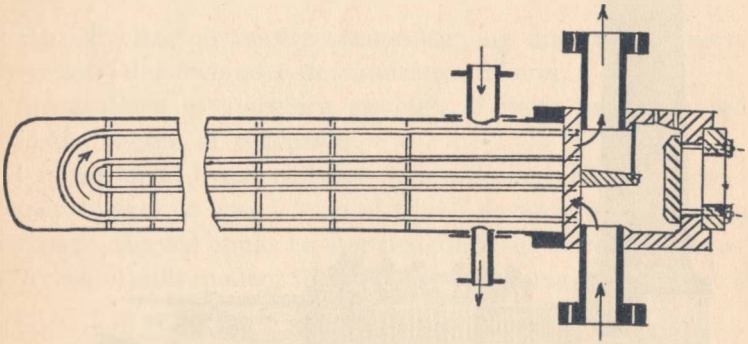


Fig. 53.

a) indtil arbejdstryk på 25 ato. anvendes støbejerns-glatrørs-forvarmere,
b) indtil 100 ato. ribberørsforvarmere af specialstøbejern, og
c) ved større arbejdstryk anvendes rørslanger af stål.

Den første slags er vist i fig. 54, og der findes endnu mange i brug, men der bygges næppe flere. Den består af lige støbejernsrør med en indvendig lysning af 58 til 100 mm, og med en vægtykkelse på 10 mm eller mere. 6 til 12 rør ligger lodrette i en række, og rørenes ender er indpressede hydraulisk i tværliggende vandrette samlerkasser. 8 til 12 af sådanne rørrækker danner en gruppe, og de forskellige grupper eller sektioner anbringes bag hinanden med et mellemrum på ca. 400 mm, således at der bliver plads til at foretage eftersyn. De nederste samlerkasser er alle i forbindelse med den ledning, hvori fødevandet føres til economiseren, medens de øverste samlerkasser munder ud i et rør, der fører det opvarmede vand til kedlen. For at holde rørenes udvendige side rene for sod, er

der anbragt skrabere, der bevæges op og ned langs rørene og skræller soden af. Gennem spalter mellem de nederste samlerkasser falder soden ned i et sodkammer under economiseren. Skraberne bevæges ved kædetræk, som det ses på figuren.

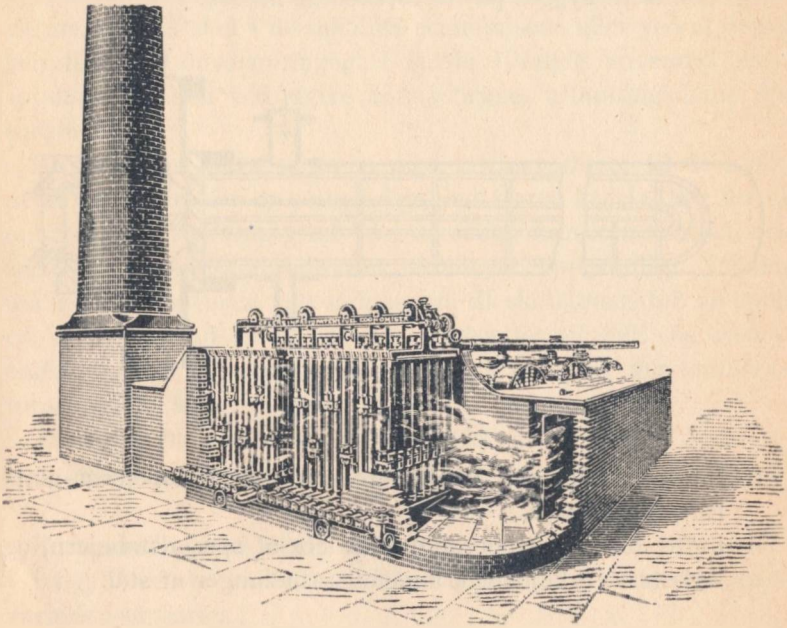


Fig. 54.

Ribberørs-economiseren tager betydelig mindre plads op end den ovenfor omtalte og kommer derfor mere og mere i anvendelse. Hedefladen på en ribberørs-economiser er omtrent 7 gange så stor som på en glatrørs med samme vandindhold. Ribberne forstærker rørene så stærkt, at man ved anvendelse af særlige stobejernssorter kan nå op til 100 ato. arbejdstryk. Ribberne kan laves på forskellig måde, enten anbringes der cirkulære plader, eller, hvad der mest bruges, har ribberne kvadratisk form. Fig 55 viser et stykke af et ribberør, der er gennemskåret i det første stykke, således at der gives et billede af, hvor mange gange den udvendige flade, der bestryges af

røggassen, er større end den vandbeskyllede, indvendige flade. Den nederste figur viser et lignende rørstykke til en economiser med særlig højt tryk, idet der er anvendt materiale indvendig i røret med høj brudstyrke.

Rørene lægges vinkelret på røgens retning, og de forbindes ved enderne indbyrdes ved bøjninger eller formstyrker, der påboltes.

Fig. 56 viser en færdig economiser, og man ser de nævnte bøjninger, der forbinder de vandrette ribberør.

Anvendelsen af støbejern skyldes, at dette materiale bedre modstår angreb af røggassen.

I stedet for at bygge ribberne som cirkulære eller kvadratiske plader, bygges de også i form af flige i de såkaldte nålerørseconomisere. Herved opnås en stor hedeflade, og da røgen tvinges til at hvirvle rundt mellem fligene, sker der større varmeafgivning.

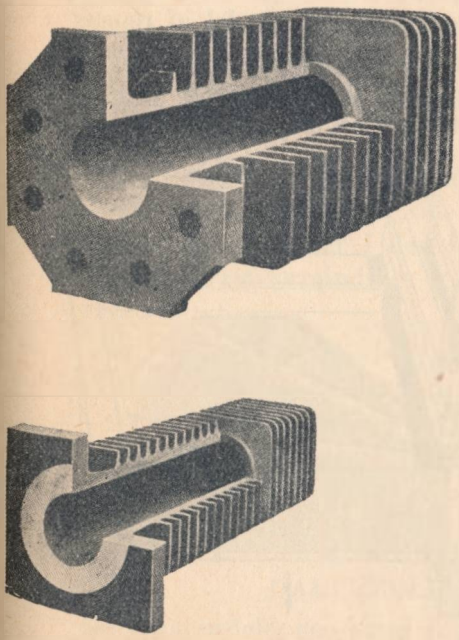


Fig. 55.

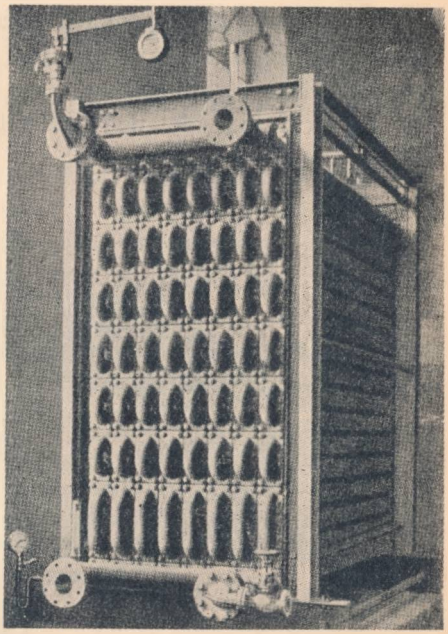


Fig. 56.

Economisere af stål anvendes ved meget højt tryk. Rørene kan enten være bøjede i slangeform som ved overhedere, eller de kan være lige og være indvalsede i samlerkasser. Anvendelsen af bøjninger som ved ribberørs-economiseren bruges også. Rørene er glatte med en diameter af 30 til 50 mm. Brudstyrken er stor; men de er udsatte for angreb såvel på røggassiden som på vandsiden. Det er derfor nødvendigt at bruge renset fødevand og sætte det gennem economiseren med ret stor hastighed.

Economisere skal forsynes med sikkerhedsventil; men disses gennemstrømningsareal er betydelig mindre end ved sikkerhedsventiler på dampkedler af samme størrelse og tryk. Desuden skal de være forsynet med trykmåler og kontraventil ved fødevandets indgang.

Luftforvarmere.

Skal den højeste virkningsgrad opnås ved et dampkedelanlæg, må der anbringes en luftforvarmer, hvori den luft, der sættes til ildstedet, opvarmes. Derved indvindes en del af røgens varme, der ellers ville gå tabt, og samtidig opnås en forbedring af fyrets virkningsgrad. Dog må der ikke anvendes for høj forvarmning, idet det i så tilfælde vil gå ud over det ildfaste

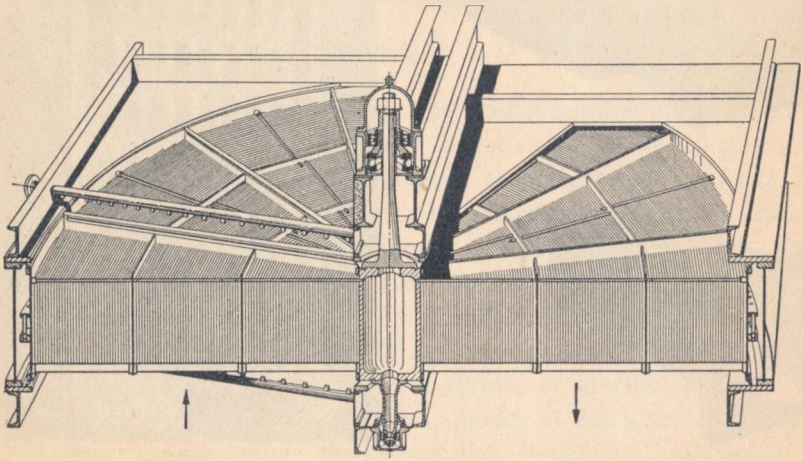


Fig. 57.

materiale i fyrrummet. Ved ristefyr må lufttemperaturen helst ikke overstige 200° C.

Luftforvarmere udføres i forskellige typer, enten som rør- eller plade-luftforvarmer eller som regenerativ-luftforvarmer. De første består enten af mange lodrette stålrør, hvorigennem røgen passerer, medens luften går uden om, eller af et stort antal lodret stillede plader, der danner dels lodrette, dels vandrette kanaler, idet de lodrette plader forbindes med hinanden. Igennem disse kanaler føres henholdsvis røgen og forbrændingsluften.

I fig. 38 og 40 er vist anbringelsen af rør-luftforvarmer ved H. C. Ørstedsværkets kedelanlæg.

I regenerativ-luftforvarmer af Ljungströms konstruktion findes et cylindrisk hus, hvori en rotor langsomt drejer rundt 3 à 5 gange pr. minut. Rotoren har sektorlignende afdelinger, hvor hver sektor er udfyldt med lodret stillede, svagt bølgede stålplader.

Den varme røg opvarmer den del af sektorerne, den gennemstrømmer, og når disse opvarmede sektorer under rotorens omdrejning gennemstrømmes af luften, afgiver de den modtagne varme til den.

Fig. 57 viser Ljungströms-luftforvarmer. I venstre side sker opvarmningen, idet denne side ligger i røgaftrækket, medens luftopvarmningen sker i den højre side. Gennemstrømningsarealet kan her formindskes ved at indlægge plader over sektorerne.

Ved kedelanlægget på Isefjordværket (fig. 41) er hver kedel forsynet med 2 stk. Ljungströms-luftforvarmere, der er monteret på en vandret aksel, således at røgen og luften føres over vandret liggende bølgeplader.

KAPITEL XI
DAMPKEDLENS ARMATUR

De armaturdele, der hører til en dampkedel, kan inddeles i den grovere og den finere armatur. Til de første hører rist,

fyrkarm med fyrdør, dæmper, røgspjæld, dæksler for mandehuller og renseåbninger o. l., medens til den finere regnes de dele, der anbringes af sikkerhedsmæssige grunde. Herunder hører de armaturdele, der anvendes til kontrol med vandstand og damptryk.

Vandstandsmærke.

Enhver kedel skal være forsynet med et direkte på kedlen tydeligt anbragt metalmærke, der angiver den laveste vandstand, der må være. Denne skal ligge mindst 100 mm over øverste del af hedefladen.

Vandstandsvisere.

For at kunne iagttage vandstanden i kedlen skal der anbringes vandstandsvisere. Disse kan bestå enten af vandstandsglas alene eller vandstandsglas og prøvehaner. Alt efter kedlens art og trækforhold skal der være et bestemt antal af hver i overensstemmelse med forskrifterne.

Vandstandsglassene skal være forsynede med afspærrings- og gennemblæsningshaner af metal og være således udført, at pakningen ikke kan presses ind i glasset. Har en kedel et arbejdstryk over en bestemt højde, skal glassene være forsynede med beskyttelsesskærme.

Vandstandsglassene skal være anbragt således, at vandet endnu er synligt 75 mm over og under den laveste vandstand. Det kan tillades, at der i stedet for en vandstandsviser ved siden af et vandstandsglas anvendes en godkendt fjern-vandstandsviser, hvorved vandstanden let kan iagttages fra kedlens fyrplads. Prøvehaner skal anbringes i en bestemt højde i forhold til vandlinien.

Vandstandsviserne kan anbringes på et fælles vandstandslegeme, når dette er udført af særlig solidt materiale, og dets forbindelse med kedlens vand- og damprum har en lysning på mindst 75 mm. Disse forbindelsesrør må ikke have skarpe krumninger, ejheller vand- eller dampsække, og hvor de er ført gennem murværk eller er påvirket af røggassen, skal de være tilbørlig beskyttede på ydersiden.

Alle vandstandsglashaner og prøvehaner skal være af metal og skal have mindst 6 mm lysning; de skal være således indrettet, at man let og farefrit kan gennemstøde dem til fjernelse af urenheder, medens kedlen er under damp.

Vandstandsglas og prøvehaner skal være således anbragt og belyst, at de let kan iagttages og betjenes af kedelpasseren.

Fig. 58 og 59 viser de almindeligst anvendte vandstandsglas.

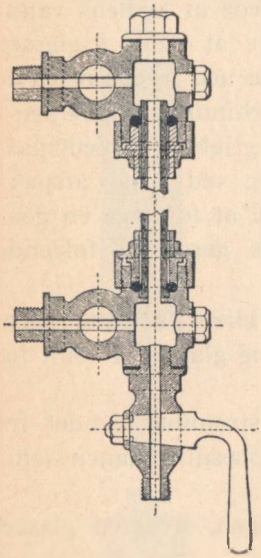


Fig. 58.

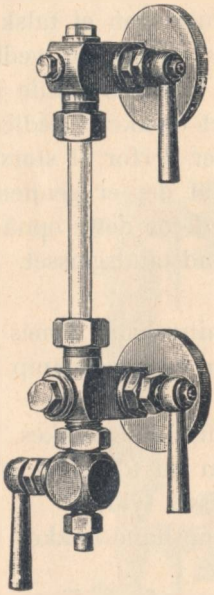


Fig. 59.

Fig. 60.

Vandstandsglasset består i sin almindelige form af et glasrør, der gennem afspærringshaner står i forbindelse med kedlens vand- og damprum. Forneden findes en udblæsningshane, hvorigennem glassets indhold kan tømmes ud. Beslagene kan forbindes til kedlen ved hjælp af gevind eller flanger. Vandspejlet i vandstandsglasset stiller sig på samme højde som vandstanden i kedlen, såfremt det tryk, der hviler på begge overflader, er ens. Vandstandsglasset kan derfor kun vise den rigtige vandstand, når begge forbindelsesåbninger til kedlen er åbne.

Er f. eks. den nederste afspærringshane lukket, vil glasset tømmes, når udblæsningshanen åbnes. Gennem den øverste hane strømmer så damp ind i glasset. Lukkes nu udblæsningshanen, vil dampen i glasset afkøles og kondenseres. Kondensvandet vil så samles forneden i glasset, men giver ikke et billede af den virkelige vandstand i glasset. Er det derimod den øverste afspærringshane, der er forstoppet, så vil trykket i kedlen presse vand gennem den nederste afspærringshane op i glasset, og der kommer igen et falsk billede af kedlens vandstand. Denne falske vandstand vedbliver at være i glasset, selvom vandstanden i kedlen skulle synke ned under nederste afspærringshane, idet trykket i kedlen forhindrer vandsøjlen i at løbe tilbage. Det er derfor af største vigtighed, at kedelpasseren er klar over, at der er gennemgang ved begge afspærringshaner, og vished for dette opnås ved at foretage en gennemblæsning af vandstandsglasset. Dette gøres på følgende måde:

1) glassets udblæsningshane åbnes og bliver stående åben. Derved strømmer vand og damp ud, og glasset er tømt for vand.
2) øverste afspærringshane lukkes. Nu strømmer vandet fra kedlens vandrum ud forneden af udblæsningshanen samtidig med, at glasset fyldes.
3) øverste afspærringshane lukkes op igen, hvorved glasset tømmes.
4) nederste afspærringshane lukkes. Nu strømmer damp ud gennem glasset.
5) nederste afspærringshane åbnes igen, hvorefter
6) udblæsningshanen lukkes, og vandet stiger hurtigt op i glasset og viser kedlens vandstand.

Enhver gennemblæsning skal foretages på denne måde. Det er ikke tilstrækkeligt kun at åbne for udblæsningshanen og så tro, at glasset er gennemblæst. Det behøver det ikke at være; man er kun sikker på, at der ingen forstopninger er, når afspærringshanerne hver for sig er prøvede.

Viser det sig, at en af hanerne er forstoppede, kan denne renses ved at fjerne den prop, der sidder udfor hanen; men inden

dette foretages, må begge afspærringshaner lukkes, således at der ikke strømmer vand eller damp ud gennem udboringen. Er

Fig. 61.

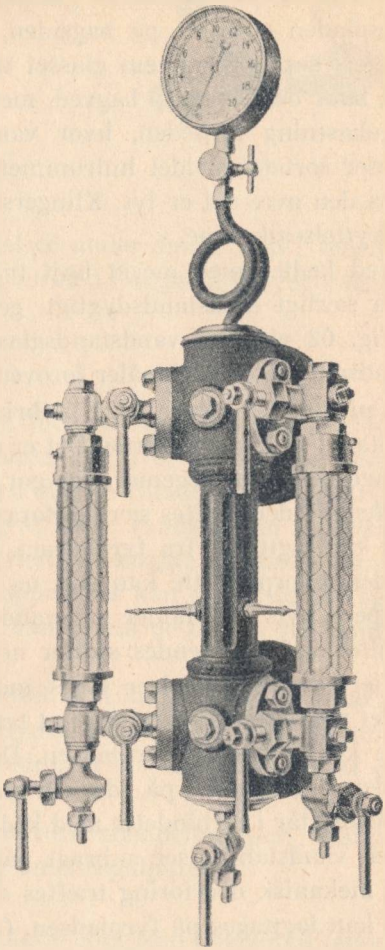


Fig. 62.

hanerne lukkede og vandet blæst ud af glasset, fjernes proppen, og med tyndt rundjern kan gennemstødningen foretages.

Fig. 60 viser et vandstandsglas med beskyttelsesskærm, der er i stand til at opfange dele af glasset, skulle dette springe.

Fig. 61 viser et Klingers vandstandsglas. Dette har intet glasrør, men har et hulrum, hvori vandsøjlen stiger op. Rummet er fortil dækket af en tyk glasplade, der ikke let kan springe. Glaspladen er riflet på bagsiden, hvilket bevirker, at de lysstråler, der går gennem glasset udefra, kastes tilbage fra den del, hvor der er damp bagved, medens der ikke sker nogen tilbagekastning forneden, hvor vandsøjlen befinder sig. Denne træder sort frem, idet hulrummets bagside er farvet sort, medens den øvre del er lys. Klingers vandstandsglas behøver ikke beskyttelsesskærme.

Ved kedler med meget højt tryk anvendes ikke glasplader, men særligt modstandsdygtigt, gennemsigtigt materiale.

Fig. 62 viser et vandstandsglaslegeme, der bærer to vandstandsglas og en trykmåler foroven.

Vandstandsglassene skal anbringes således, at de let kan iagttages af kedelpasseren. Det er derfor ofte nødvendigt at anbringe belysningslegemer, der gør iagttagelsen mulig. Ved høje kedler må der træffes særlige foranstaltninger, for at vandstanden kan iagttages fra fyrpladsen. Der findes mange forskellige måder, hvorpå dette kan ske, og ved de fleste er der anbragt lamper, hvis lys falder på vandoverfladen i glasset og ved spejlforbindelser sendes stråler ned mod fyrpladsen.

Fjern-vandstandsviser tages mere og mere i brug, og formålet med disse apparater er at trække vandstandsvisningen på høje kedler ned til fyrpladsen. Der er konstrueret forskellige måder at gøre dette på, idet der enten føres lange rør, der henholdsvis står i forbindelse med kedlens vand- og damprum, ned til en vandstandsviser anbragt på fyrpladsen, eller ved at der ved mekanisk overføring træffes anordninger til, at vandstanden kan iagttages på fyrpladsen. Gives der tilladelse til anvendelse af disse fjern-vandstandsvisere, gøres det på betingelse af, at der på kedlen stadig er et vandstandsglas anbragt på sædvanlig måde.

Prøvehaner er vist i fig. 63. Prøvehaner anbringes i nærheden af vandlinien og viser ved åbning, hvorvidt der er vand eller damp i den del af kedlen, hvor prøvehanen sidder. Hanerne

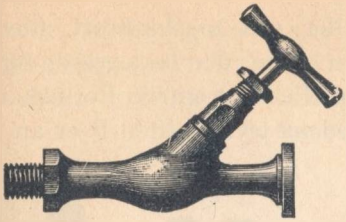


Fig. 63 a.

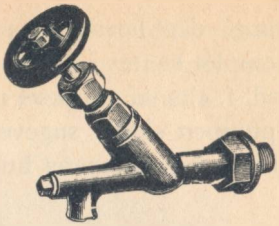


Fig. 63 b.

skal ligeledes være gennemstødelige under damp. Den i venstre billede viste prøvehane er forsynet med flange til tilsynets kontroltrykmåler.

Fødeapparater.

Enhver dampkedel skal være forsynet med mindst 2 fødeapparater eller grupper af sådanne, der hver for sig ved deres normale ydelse er i stand til ved største tilladelige arbejdstryk og størst mulige dampudvikling at hæve vandstanden i kedlen.

De to fødeapparater må ikke være afhængige af samme drivkraft eller driftsanordning. Damppumper kan dog altid betragtes som indbyrdes uafhængige, uanset om de drives ved damp fra samme kedel.

Den mængde vand, fødeapparatet skal kunne give, er afhængig af kedlens størrelse, og tilsynet stiller visse krav herom. Med mindre kedler kan det tillades, at det ene fødeapparat er en håndpumpe.

Som fødeapparater kan benyttes stempelpumper, dampstrålepumper eller injectorer og centrifugalpumper.

Stempelpumper findes som enkelt- eller som dobbeltvirkende. Den enkeltvirkende stempelpumpe har et stempel, der går op og ned i et pumpehus og en suge- og en trykventil. Stemplet skal hæves og sænkes for at give vand. De dobbeltvirkende har et stempel, men 2 suge- og 2 trykventiler, således at de yder vand, både når stemplet hæves og sænkes.

Fig. 64 viser en enkeltvirkende stempelpumpe, der kan drives ved håndkraft, idet stemplets øje så forbindes med en vægt-

stang, der bevæges op og ned, eller ved maskinkraft, idet stemplet sættes i forbindelse med en stang, der bevæges op og ned, f. eks. af en aksel med krumtap eller ekscentrik. Forneden i pumpen sidder sugeventilen A, medens trykventilen B er anbragt over pumpens hulrum.

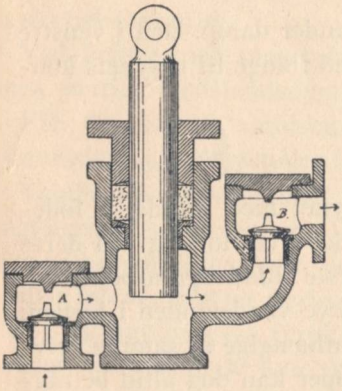


Fig. 64.

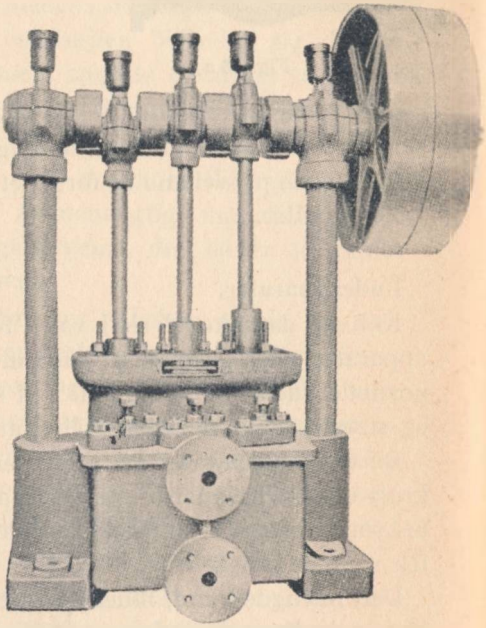


Fig. 65.

Når stemplet hæves, opstår der et tomt rum i pumpecylinderen. Ved sugeventilen er der tilslutning til vandbeholder. Luftens tryk på overfladen i vandbeholderen vil så trykke vandet op gennem sugeventilen A, da trykket oven på denne er mindre end atmosfærens tryk. Dette kan dog kun ske, når vandbeholderen ikke står mere end 10 m lavere end pumpen; er afstanden større, kan yderluftens tryk ikke presse vandet op, idet 1 atmosfære svarer til en vandsøjle på 10 m. Når stemplet derefter går ned, opstår der et overtryk i cylinderen, hvorved sugeventilen lukkes, og trykventilen B åbnes, hvilket medfører, at vandet strømmer ind i fødeledningen, der er i forbindelse med trykventilen.

For at få en god virkning med koldt vand må vandbeholderen ikke stå meget mere end 6 à 7 m dybere end pumpen, og er fødevandet opvarmet, må denne afstand være endnu mindre.

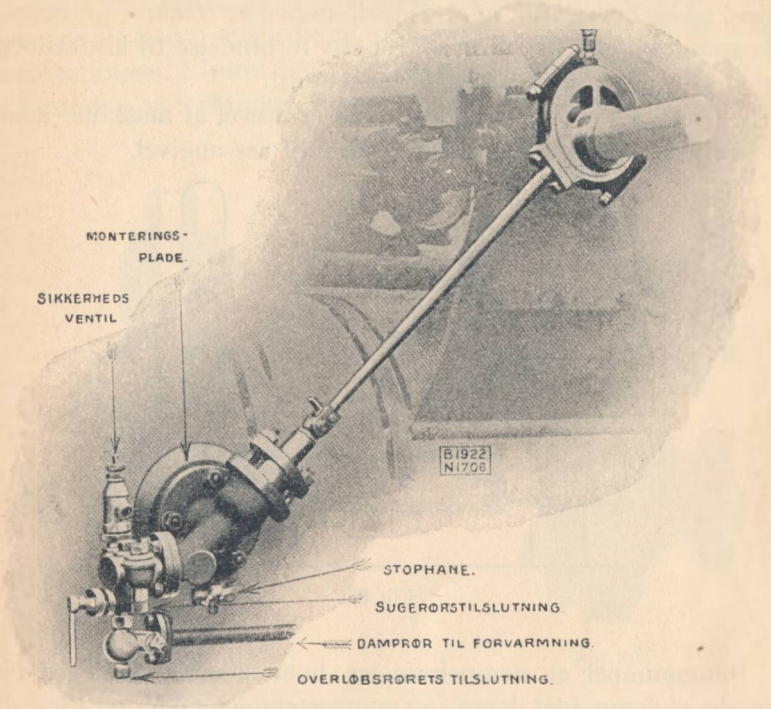


Fig. 66.

Ved stempelpumpens arbejdsmåde opstår der slag i såvel suge- som trykledning. For at undgå dette forsynes pumpen med en vindkedel, der anbringes på suge- eller trykledningen. Den luft, der befinder sig i vindkedlen, virker udjævnende; men der må altid sørges for, at der er luft i den.

Er sugeledningen lang, forsynes den ofte med en fødeventil, der forhindrer, at ledningen løber tom, når pumpen standses. Sættes pumpen i gang igen, kan den i så tilfælde straks virke.

Fig. 65 viser en »Dano« triplex pumpe, der drives af elektromotor. Disse pumper arbejder med et højt omdrejningstal, op

til 200 omdrejninger pr. minut, og er således i stand til at yde store vandmængder.

Anvendes stempelpumper, skal der på fødeledningen mellem disse og kedlen være anbragt en sikkerhedsventil; dog kræves ikke sikkerhedsventil, når stempelpumpen er remdreven. Bruges kileremtræk, der medfører en ret stiv forbindelse til kraftkilden, skal der dog anbringes sikkerhedsventil.

I fig. 66 ses en stempelpumpe, der er drevet af maskine (lokomobil), og den omtalte sikkerhedsventil ses angivet.

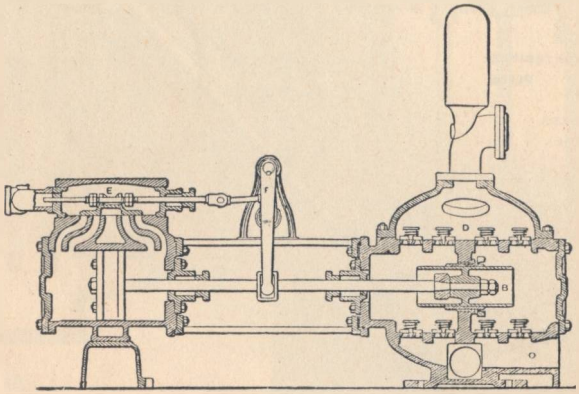


Fig. 67.

Damppumper er stempelpumper, hvor stemplet bevæges ved hjælp af damp, idet damp- og pumpestemplet sidder på hver sin ende af samme stempelstang. Fig. 67 viser en liggende — Worthington-damppumpe i snit. Dampstemplet med glideren ligger til venstre i figuren. Bevæger dampstemplet sig til højre, vil pumpestemplet deltage i denne bevægelse, og det vand, der befinder sig i højre del af pumpehuset, vil blive trykket op gennem to trykventiler i rummet *D* foroven, medens samtidig 2 sugeventiler forneden i venstre side åbnes, hvorved denne side fyldes med vand. Bevæges stemplet derefter til venstre, åbner trykventilerne foroven i venstre side sig, således at det vand, der er her, ligeledes trykkes op i rummet *D*, medens sugeventilerne forneden i højre side løftes og tillader indstrømning af vand her.

Damppumper af denne art findes også i lodret udførsel.

Injektorer er apparater, hvor bevægelsesenergien i en udstrømmende dampstråle medvirker til at sætte vand på kedlen, således at vandet i en regelmæssig, ubrudt strøm strømmer ind.

Injektoren består af et pumpehus med 4 tilslutningsåbninger for dampledning, sugeledning, trykledning og for overløbet eller udblæsningen. I huset findes tre tude, nemlig damptuden, blandingstuden og tryktuden. Injektoren kan være indrettet som vist

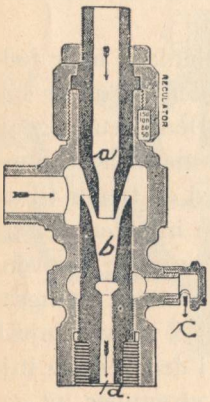


Fig. 68.

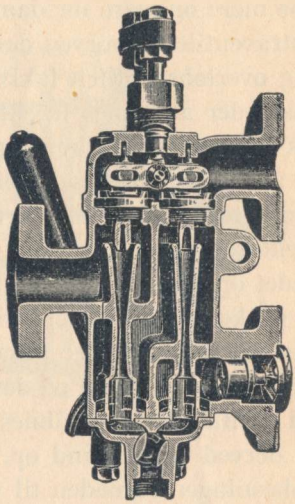


Fig. 69.

i fig. 68. Dampen føres direkte fra kedlen gennem dampledningen, hvor en afspærringshane er anbragt. Lukkes hanen op, vil dampen strømme ned til rummet over damptuden (*a*). I damptuden er anbragt en ventil, der betjenes ved et håndtag. Lukkes ventilen op, strømmer dampen gennem damptuden ind i blandingstuden (*b*). Idet dampstrålen passerer åbningen mellem damptud og blandingstud, river den luft med ud af sugeledningen, røret til venstre, og damp og luftblandingen strømmer gennem blandingstuden ud i den fri luft gennem overløbet (*c*). Er luftfortyndingen i sugeledningen tilstrækkelig stor, har den ydre luft fået overmagt og trykker nu vandet fra beholderen gennem sugeledningen op i blandingstuden. Det vand, der suges op, vil fortætte dampen, hvorved sugevirkningen forøges. Da der

stadig strømmer ny damp til, vil denne rive det opsugede vand ind i tryktuden (*d*). Denne tud har voksende tværsnit, således at vandets hastighed efterhånden aftager, men samtidig vokser trykket, og efterhånden bliver dette stort nok til at overvinde kedlens arbejdstryk, således at kontraventilen på fødeledningen åbnes, og vandet strømmer ind i kedlen. Inden trykket er stort nok til dette, vil det opsugede vand løbe ud af overløbet; ved at åbne mere og mere for dampventilen, forøges vandtrykket foran kontraventilen, hvorved denne som nævnt åbnes, medens samtidig overløbsventilen lukker sig.

Skal der anvendes injektor ved et kedelanlæg, hvor fødevandets temperatur er høj, og hvor sugehøjden tillige er høj, må der anvendes universalinjektor (fig. 69). Den består egentlig af to injektorer, der er anbragt ved siden af hinanden i samme hus. Injektoren til venstre har mindre damptud og tjener til at suge vandet op, der derefter føres til den anden injektor, der trykker det på kedlen. Dampen strømmer ind i åbningen foroven, medens sugeledningen er påsat åbningen til venstre. Igangsætningen sker ved at dreje på det håndtag, der ses bagved injektoren. Ved en lille drejning åbnes for damptud i den venstre injektor, der derved suger vand op, der foreløbig strømmer ud gennem udblæsningen forneden til venstre.

Er sugningen godt i gang, åbnes for mere damp ved at dreje håndtaget længere, og derved strømmer damp til damptuden i den højre injektor. Samtidig åbnes der for forbindelsen mellem begge injektorer, således at det opsugede vand kan strømme ind i den højre og derfra trykkes gennem blandingstud og tryktud ind i kedlen.

Centrifugalpumper er fødepumper, der særlig egner sig for store kedelanlæg; de kræver kun lille plads, er lette at passe og kan bruges ved meget højt tryk, idet pumpen kan forsynes med et passende antal trin. Centrifugalpumper kan kobles direkte til elektromotoren eller dampturbinen.

Fig. 70 viser en Kryger-centrifugalpumpe. Pumpehuset er delt i to halvdele. Fra sugeledningen føres vandet ind ved kammer *I*, hvor det laveste tryk findes. Det kommer ind ved løbehjulets

nav. Løbehjulet er hult indvendigt og forsynet på omkredsen med krumme skovle. Løbehjulet er fast anbragt på en hurtiggående aksel, og ved akslens drejning bliver det vand, der befinder sig inden i løbehjulet, ført med rundt; ved hjulets skovle slynges vandet på grund af centrifugalkraften ud med stor hastighed mod et ledehjul, som sidder fast i pumpehuset og således står stille, hvorved hastigheden omsættes i tryk. Vandet

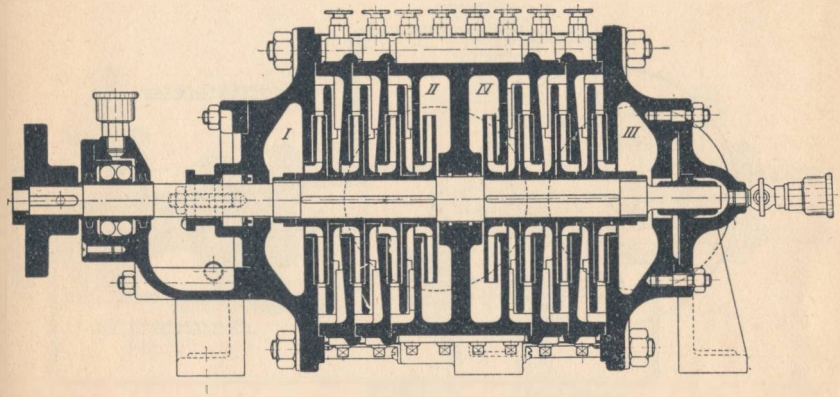


Fig. 70.

føres så videre til det næste løbehjul, hvorved ny hastighed opnås, der så igen i næste faststående ledehjul omsættes til et forøget tryk. På den måde kan man ved at sætte flere trin til få det tryk, der ønskes. I den pumpe, der er vist i fig. 70, kommer vandet som anført ind i kammer *I* og når gennem flere trin ind i kammer *II*, hvor det har et tryk, der svarer til det halve kedeltryk. Fra dette kammer føres vandet igennem et udvendigt liggende omløbsrør til kammer *III* og ledes nu, men i modsat retning, gennem den sidste halvdel af pumpen til kammer *IV*, hvor det har fået så stort et tryk, at det kan påsættes kedlen. Fra dette sidste kammer går trykledningen til kedlen. Ved at vende vandets strømning på den omtalte måde, reduceres det tryk, som akslen modtager fra skovlhjulene, til et minimum.

Virkningsgraden af centrifugal-fødepumper er ved normal belastning henved 60 à 70 %, men falder ved mindre belastning.

Fødevandsregulatorer.

Ved hjælp af fødepumperne er kedelpasseren i stand til at sætte vand på dampkedlen, således at vandstanden kan holdes i overensstemmelse med den dampaftagning, der sker ved kedlen. Er denne jævn, vil der ikke være nogen vanskeligheder; men sker der store svingninger i dampaftagningen, stilles der store krav til hans påpasselighed. Der er da derfor konstrueret apparater, der kan lette hans arbejde. Disse apparater, der kaldes

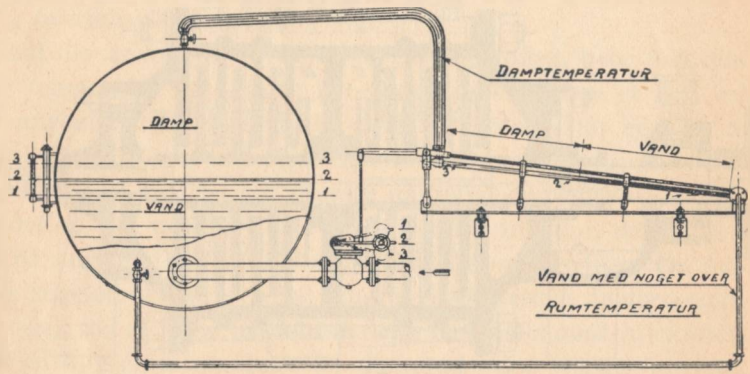


Fig. 71.

fødevandsregulatorer, virker automatisk, og den almindeligst anvendte er Copes-fødevandsregulator (fig. 71).

Fødevandsregulatorens opgave er automatisk at lukke op for fødeventilen, så snart vandstanden synker i kedlen. Den består af et skråtliggende rør, regulerrøret, der er anbragt udenpå kedlen i højde med dennes normale vandstand. Regulerrørets nederste ende ligger fast i en jernramme, medens dets øverste ende er forbundet med en vinkelvægtstang. Denne har sit drejningspunkt liggende i jernrammen. Den korteste ende af vægtstangen er forbundet med regulerrøret, medens den anden og længere ende står gennem en lodret stang i forbindelse med en i fødeledningen indbygget reguleringsventil. Regulerrørets øverste ende er på særlig måde forbundet med kedlens damprum, medens dets nederste ende er i forbindelse med vandrummet. Vandstanden i røret er således i samme højde som vandstanden i kedlen,

og den nederste del af røret, hvori der er vand, vil være koldere end den øverste del, idet der heri vil være damp af høj temperatur. Da røret er lavet af et materiale, der udvider sig meget ved opvarmning, vil selv små temperaturforskelle indvirke på rørets længde. Falder nu vandstanden i kedlen, vil den også synke i røret. Derved bliver en større del af røret fyldt med damp og opvarmes derfor mere, hvorved det udvider sig. Den

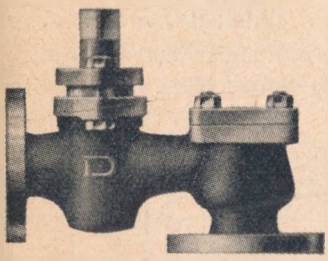


Fig. 72.

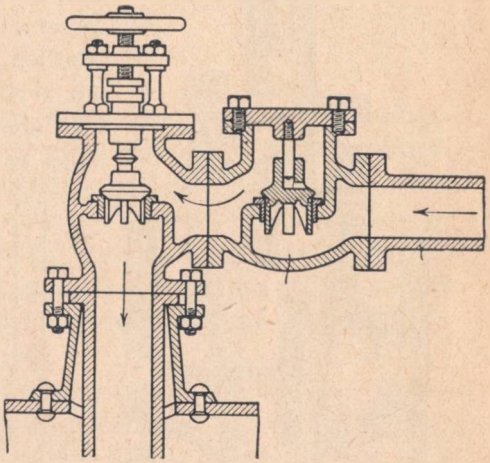


Fig. 73.

øverste ende vil derfor dreje vinkelvægtstangsarmen, således at dennes lange arm løftes. Herved trækker den lodrette stang i regulerventilen og åbner denne mere, hvorved mere vand føres ind i kedlen. Når nu vandet derved stiger i regulerrøret, afkøles dette og trækker sig sammen, hvorved reguleringsventilen åbnes mindre. Anbringelsen af en fødevandsregulator må dog ikke få kedelpasseren til at være mindre agtpågivende, thi hvor velgennemtænkt de forskellige hjælpeapparater end er, kan de dog svigte.

Fødeledningen forbinder dampkedlen med fødeapparatet. Hvor ledningen udmunder i kedlen, skal der umiddelbart ved kedlen være anbragt en kontraventil, der hindrer vandet i at strømme ud af kedlen. Mellem kontraventilen og kedlen skal

der dog være indskudt et afspærringsmiddel. Kontraventilen og afspærringsmidlet skal være let tilgængelig og skal ved kedler af en vis størrelse være forfærdiget af særlige stærke materialer.

Kontraventil og afspærringsmiddel er oftest sammenbygget og kan enten være som fødehane (fig. 72) eller som fødeventil (fig. 73).

Fødeventilen er vist i snit. Fødeledningen tilsluttes til højre, og pilen angiver vandets bevægelsesretning; det møder først kontraventilen, der åbner sig af sig selv, når trykket i fødeledningen stiger, idet den åbner sig i den retning, hvori vandet løber. Hvis fødningen

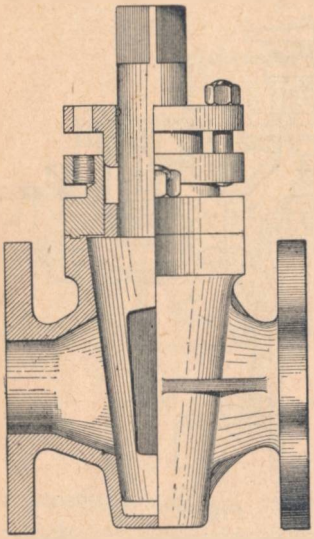
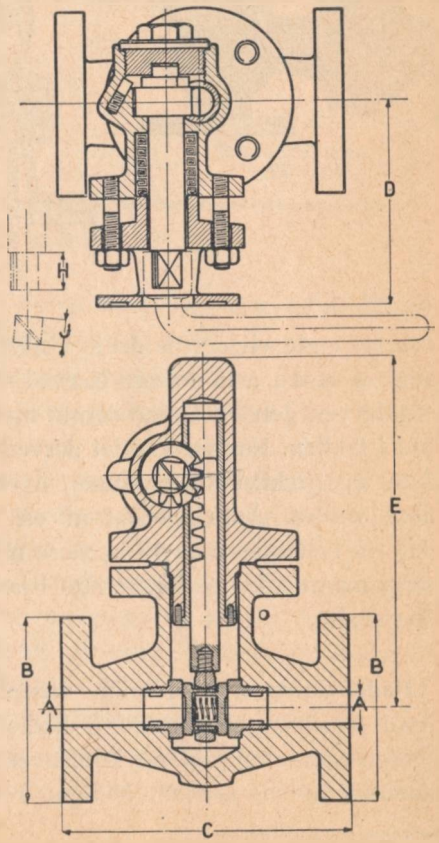


Fig. 74.



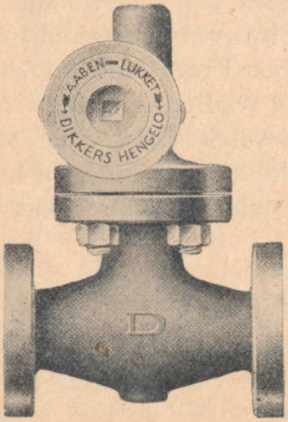


Fig. 75.

standses, synker trykket i fødeledningen, og trykket fra dampkedlen vil virke ovenpå kontraventilens ventil og lukke denne Mellem kontraventil og kedel møder det indstrømmende vand afspærringsmidlet, der her er en ventil. Afspærringsmidlet forlanges anbragt, for at der skal være mulighed for at foretage reparation farefrit ved kontraventilen.

Der findes kombinerede kontra- og afspærringsventiler, og disse kan godkendes af tilsynet.

Udblæsningshane.

Enhver dampkedel skal være forsynet med en udblæsningshane, der så vidt muligt skal være anbragt på kedlens laveste sted. Den bruges både til tømning af kedler og til at foretage udblæsning af slam. Udblæsningen skal kunne udføres let og farefrit. Udblæsningshanen skal være således indrettet, at tolden ikke kan presses ud ved kedlens indvendige tryk, selvom stopbøsningens skruetap eller toldens spændemøtrik eller lign. skulle springe eller er fjernet.

Fig. 74 viser en udblæsningshane (Weilbach & Cohn). Tolden holdes på plads af den nederste ovale flange og kan ikke presses ud, selvom stoppebøsningens skruetapper skulle springe eller stoppebøsningen være fjernet. Udblæsningshaner af den viste slags anvendes ved mindre kedler og ved moderat tryk. Har kedlen større dimensioner, og er arbejdstrykket stort, bliver haner for vanskelige at dreje, og der bruges da udblæsningsventiler. Den i fig. 75 er en parallel-udblæsningsventil. Den åbnes og lukkes ved en enkelt bevægelse af en nøgletap. Forneden i ventilen sidder to plane skydeklapper, der bliver holdt fra hinanden ved hjælp af en spændt fjeder, og disse klapper glider hen over planslebne sæder. Skydeklapperne bevæges op eller ned af en tandstang, der med en bøjle går om dem. Tandstangen bevæges ved hjælp af en tandsektor, der påvirkes af nøgletappen. Den nøgle, der skal anvendes, er forsynet med en knast og kan kun tages af, når ventilen er lukket. I figuren ses til venstre ventilen; til højre er ventilen vist i gennemsnit.

ARMATURDELE, DER SKAL OVERVÅGE OG BEGRÆNSE DAMPTRYKKET.

Trykmåler.

Enhver kedel skal være forsynet med en pålidelig trykmåler, der let lader sig iagttage fra fyrpladsen eller betjeningsmandskabets normale opholdssted. Trykmåleren skal kunne afspærres fra kedlen ved en hane, og det rør, der forbinder måleren med kedlen, skal være indrettet med vandsæk og aftapning. Trykmåleren skal være inddelt i atmosfære, og inddelingen

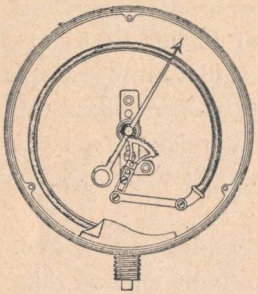


Fig. 76.

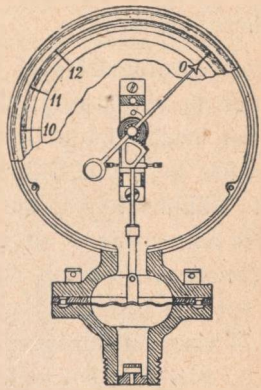


Fig. 77.

skal række mindst til det prøvetryk, pågældende dampkedel skal prøves med. Ved arbejdstrykket skal der findes et iøjnefaldende og holdbart mærke på talskalaen.

Ved trykmålere skelnes mellem rørfjeder- og pladefjedertrykmåler. Fig 76 og 77 viser disse to trykmålere. Fig 76 er en rørfjedertrykmåler. Damptrykket fra kedlen kommer ind i det i trykmåleren liggende buede rør; dette har ovalt tværsnit, og den mindste akse ligger i papirets plan. De buede rør er forneden fastgjort til trykmålerens kasse, hvorimod rørets anden ende kan bevæge sig frit. Når der er tryk i røret, vil det forsøge at rette sig ud. Denne bevægelse overføres ved hjælp af en tandbue til et lille tandhjul, der sidder på viserens aksel, hvorved denne drejes rundt, således at trykket kan aflæses på skalaen.

I fig. 77 ses pladefjedertrykmåleren, hvor kedlens tryk virker

på en rund, bølgeformet plade, der er spændt damptæt mellem to flanger. Den nederste flange danner trykmålerens forskruning, medens den øverste er i fast forbindelse med trykmålerhuset. Virker der et tryk på pladefjederen, vil denne bøjes mere eller mindre opad. I pladens midte, hvor bøjningen bliver størst, er der anbragt en stift, der overfører bevægelsen gennem en tandbue til et tandhjul på viserens aksel, således at trykket også her kan aflæses direkte.

Forbindelsesledningen mellem kedel og trykmåler skal have en vandsæk, idet derved forhindres, at dampen direkte kommer til at virke i røret eller på pladen, da disse kan ødelægges af dampens høje varme. I vandsækken vil dampen fortættes, hvorved der kommer vandpude mellem dampen og rør eller plade.

Vandsækken skal være forsynet med aftapningshane for at kunne tømmes for vand. Dette må navnlig gøres, hvis kedlen ligger stille i frostperiode, da ellers vandet fryser og ødelægger trykmåleren.

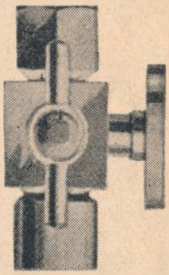


Fig. 78.

Kontrolflangen.

På hver kedel skal der til anbringelse af tilsynets kontroltrykmåler findes en hane med en lodret metalflange af 5 mm tykkelse og 40 mm tværmål. Kontrolflangen kan enten anbringes på trykmålerens afspærringshane, der i så fald anordnes som en tregangshane (fig. 78), eller den kan sidde på en af kedlens prøvehaner, idet der findes prøvehaner, der er forsynede med en flange (se fig. 63 a).

Sikkerhedsventil.

Enhver faststående kedel skal være forsynet med en eller flere sikkerhedsventiler, der begynder at give afgang for dampen senest ved det største tilladelige arbejdstryk, og som hindrer, at dette tryk kan overskrides med mere end 10 %, selv om kedlen ellers er helt afspærret.

Bevægelige kedler skal altid have mindst 2 sikkerhedsventiler.

Der skelnes mellem to slags sikkerhedsventiler. Ved direkte belastede ventiler virker belastningen direkte lodret på ventilkeglen, ved indirekte belastede virker belastningen på en vandret arm, der overfører belastningen til ventilkeglen. Belastningen kan enten fås ved hjælp af vægte eller ved hjælp af fjedertrykket i en indspændt fjeder. Da der ved høje damptryk ved indirekte belastede ventiler må anvendes store vægte, anvendes de vægtbelastede ventiler fortrinsvis ved lavere tryk.

Ved bevægelige kedler anvendes fjederbelastede ventiler.

Ved lukkede ventiler forstås sådanne, hvor rummet over ventilkeglen er fuldstændig lukket, idet kun trykstiften, der hviler på keglen, passerer huset. Den gennemstrømmende damp eller det udstrømmende vand bliver ført bort gennem en stuts, der er anbragt på siden af ventilen (fig. 79). Alle andre slags ventiler kaldes åbne, selvom de er forsynet med et aftræksrør. I fig. 80 ses en åben ventil, hvor man let kan iagttage, når den løfter, eller om den er utæt. Belastningen består ved begge de viste ventiler af en vægt, der hænger i en vandret arm, der kan dreje sig om en knivsæg i øskenen til venstre. Ventilkeglen holdes på plads af et lodret mellemstykke — trykstiften —, der foroven er tildannet til en æg, og som forneden i en spids går ned i keglen. I ventilhuset er tilhøjre anbragt en bøjle, der forhindrer, at stangen kan løftes så højt, at ventilen kan kastes af. Fig. 81 viser en ventil, der er indirekte belastet med en fjeder. Det ses, at der i stedet for et vægtlod er anbragt en fjeder, der frembringer modstanden. Fjederen er anbragt inde i et cylindrisk fjederhus og trykker mod dettes nederste bund med sin ene ende; med den anden ende trykker den mod en skive, der er anbragt på enden af den stang, der forneden går ud gennem fjederhusets bund, og

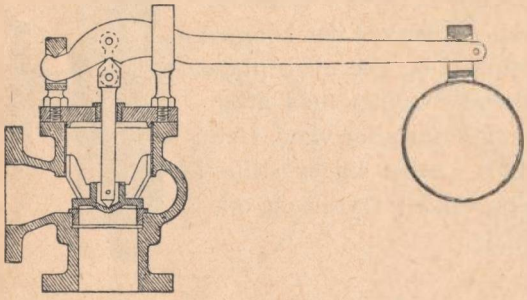


Fig. 79.

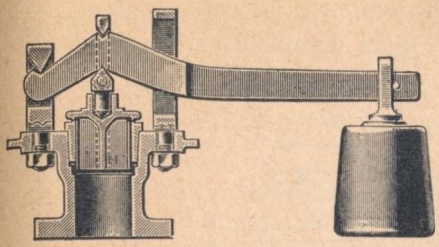


Fig. 80.

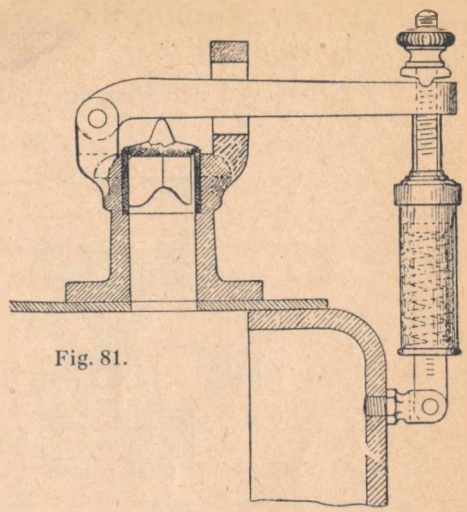


Fig. 81.

som er fastgjort på kedlen. Fjederhuset er foroven forsynet med en skrue, der går gennem et hul i vægtstangsarmen. Ovenpå vægtstangsarmen ligger en underlagsskive, der med en kant er trykket ned mod en fordybning i armens overside. Underlagsskiven holdes på plads af en møtrik. Spændes denne, løftes fjederhuset op, derved spændes fjederen, der ligger inde i huset, og derved trækkes vægtstangsarmen ned.

Fig. 82 viser en dobbelt sikkerhedsventil, der er belastet med fjeder, der virker umiddelbart på ventilen.

Sikkerhedsventilen skal have et frit gennemstrømningsareal, der afhænger af kedlens hedeflade og arbejdstryk. Ved store kedelanlæg, vil der derfor kræves mange og store sikkerhedsventiler. Man er derfor gået over til at bruge h ø j t-

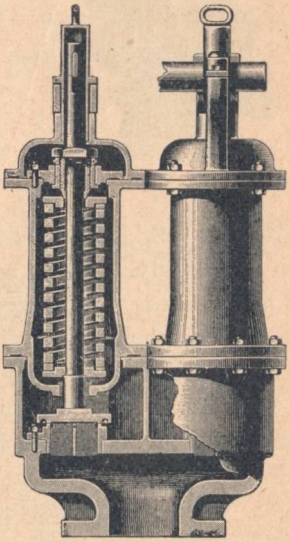


Fig. 82.

l ø f t e n d e sikkerhedsventiler, der har den egenskab, at ventilkeglen løftes højt under udblæsning. Fig. 83 viser en højtløftende ventil. Ved denne kan ventilkeglen løftes 1/4 del af diameteren, hvorved der strømmer langt mere damp ud end ved al-

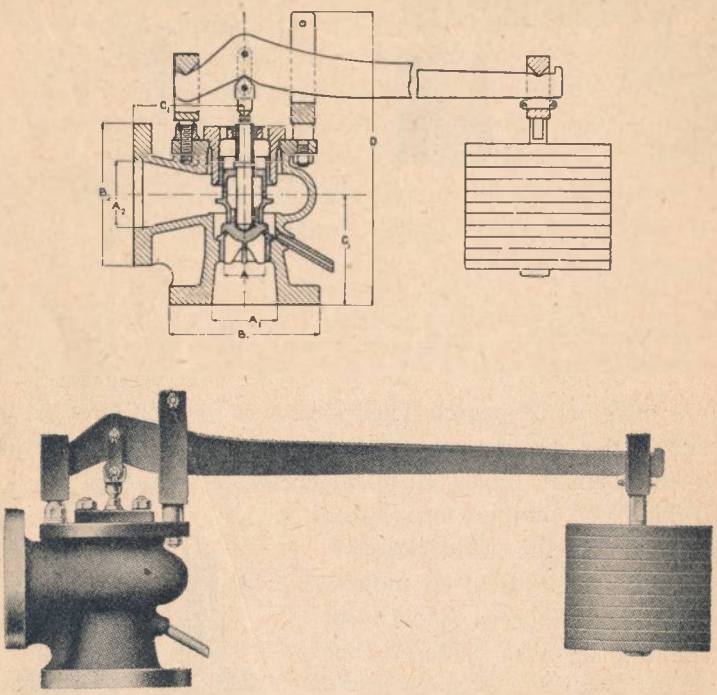


Fig. 83.

mindelige sikkerhedsventiler. Ventilkeglen bygges således, at der et lille stykke over selve keglen anbringes en påvirkningsflade med større diameter end keglens.

Sikkerhedsventilerne skal af fabriktilsynet ved det første hovedsyn af kedlen indstilles til arbejdstrykket. For at forhindre, at vægtloddet kan forskubbes, anbringes splitter foran og bag loddet. Er loddets plads bestemt ved et hak i stangen, kan der anbringes en kile mellem vægtstangen og loddets ophængningsbøjle. Ved fjederbelastede sikkerhedsventiler anbringes et afstandsrør mellem vægtstang og fjederhuset, hvorved denne afstand ikke kan forkortes.

Sikkerhedsventiler skal være anbragt let tilgængelige, således at kedelpasseren kan overbevise sig om, at ventilen altid er i orden. Derfor må det altid ved opfyring prøves, om ventilen ikke har sat sig fast. Ved indirekte belastede ventiler gøres dette ved forsigtig at løfte i vægtstangsarmen; ved direkte belastede skal der være anbragt et letteapparat, hvormed en sådan undersøgelse kan foretages.

Ved den direkte belastede sikkerhedsventil skal vægtloddets vægt eller fjederen trykke nedad mod ventilen med samme tryk, som det, hvormed denne trykkes opad af dampen. Er damptrykket f. eks. 12 kg pr. cm^2, og er ventilens tværmål 50 mm, er den flade af ventilen, som dampen virker på: $\frac{\pi}{4}\ 5{,}0^2 = 19{,}6\ cm^2$. Damptrykket på ventilen bliver da $12 \cdot 19{,}6 =$ ca. 235 kg. Vægtloddet skal da trykke nedad med samme kraft og må derfor veje ca. 235 kg.

Er samme kedel forsynet med en indirekte belastet sikkerhedsventil, skal vægtens tryk nedad mod ventilen naturligvis også være ligeså stort som dampens tryk opad mod stangen. Er ventilkeglen her også 50 mm i diameter og trykket 12 kg pr. cm^2, er trykket på ventilen som ovenfor 235 kg. Vægtloddet må nu få stangen til at trykke nedad mod ventilen med en kraft, der er lige så mange gange større end vægtloddets vægt, som den lange arm er længere end den korte arm, f. eks. med 10 gange så stor kraft, hvis den lange arm er 500 mm og den korte 50 mm. Vægtloddets vægt maa derfor være $\frac{1}{10} \cdot 235 =$ $23^1/_2$ kg.

Dampledninger m. m.

Den i dampkedlen producerede damp skal ved hjælp af dampledningerne føres ud til de steder, hvor den skal anvendes. Enhver fra en dampkedel udgående dampledning af over 10 mm lysning skal umiddelbart ved kedlen være forsynet med et afspærringsmiddel. Stopventiler til en dampkedels hoveddampledninger skal kunne lukkes hurtigt fra et for kedelpasseren let tilgængeligt sted.

Hvis kedelanlægget har en bestemt størrelse, såvel med hensyn til hedefladen som med hensyn til arbejdstrykket, og dampledningen er over 100 mm i udvendig diameter, skal denne være forsynet med en selvlukkende eller hurtiglukkende stopventil umiddelbart ved kedlen. I særlige tilfælde kan tilsynet forlange

sådanne stopventiler anbragt, når det af sikkerhedsmæssige hensyn skønnes nødvendigt.

Fig. 84 og fig. 85 viser to stopventiler. Ventillegemet er her indrettet på lignende måde som ventillegemet i sikkerhedsventiler, men spindlen, der bærer ventilkeglen er ført damptæt op gennem dækslet i ventilhuset og kan bevæges op eller ned og derved

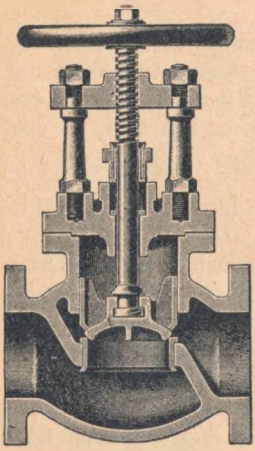


Fig. 84.

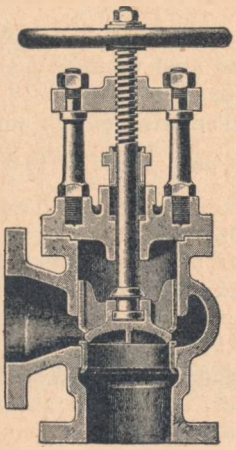


Fig. 85.

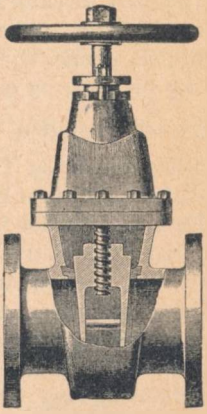


Fig. 86.

løfte eller sænke ventillegemet, hvorved stopventilen åbnes eller lukkes.

Keglen er således forbundet med spindlen, at den følger med spindlens bevægelser; men den kan samtidig bevæge sig lidt i alle retninger, så at den kan sætte sig lige på sit sæde, skulle der være en mindre skævhed i spindlen.

Fig. 84 er en vinkelventil, hvorved der kan skaffes forbindelse med en lodret afgang på kedlen og en vandret dampledning. Fig. 85 er en ligeløbsventil.

Fig. 86 viser en skydeventil, der navnlig anvendes ved større dampledninger. Her er ventilkeglen erstattet af et lidt kileformet stykke, der skydes ind på tværs af dampledningen ved hjælp af drejninger på håndhjulet.

Fig. 87 viser en hurtiglukkende stopventil. Ventilen er indrettet ganske som i fig. 85, dog er spindlen delt i to stykker; ved

at dreje stykket *A* ind om det viste bryst, forbindes de to spindelstykker, så at ventilen kan benyttes som almindelig stopventil, idet *A* glider op ad bolten; når ventilen er åben, drejes stykket *A* til siden, og sker der nu et uheld, f. eks. et damprørsbrud, kan ventilen hurtig lukkes ved at løfte vægtstangen op; ved et snortræk kan denne løftning ske fra et passende sted, f. eks. foran kedlen.

Den ovenfor omtalte selvlukkende stopventil kan udføres som en kugleventil og kaldes rørbrudsventil (fig. 88). Sker der brud på rørledningen, vil dette bevirke, at dampstrømmens hastighed

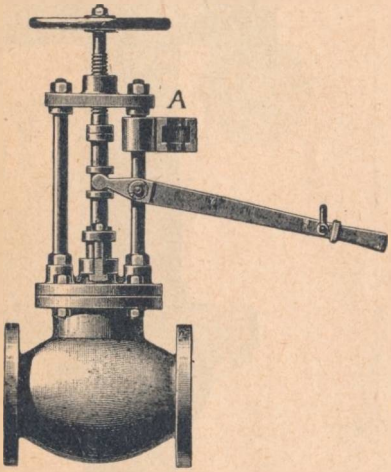


Fig. 87.

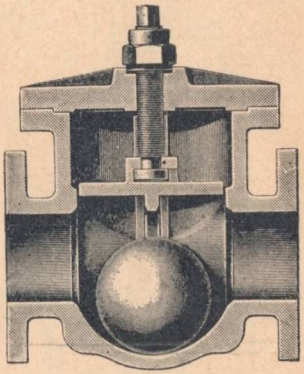


Fig. 88.

pludselig forøges stærkt. Derved vil kuglen rives med og lukke for udstrømningen. På ventilen er anbragt en omløbsledning med en lille ventil, og ved hjælp af denne anordning kan kuglen bringes i normal driftstilling igen. Rørbrudsventiler kan også forsynes med en bevægelig klap, der af den pludselig forøgede dampstrøm lukker for afgangen.

Ved store kedelanlæg f. eks. på elektricitetsværker anvendes stopventiler med elektrisk fjernbetjening.

D a m p l e d n i n g e r skal være således indrettede og anbragte, at de kan udvide sig og trække sig sammen uden væsentlige påvirkninger, og at der ikke kan samle sig større vand-

mængder i dem. Er kedlens damptryk over 8 ato, må ledningerne ikke være forfærdiget af støbejern. Anvendes overhedet

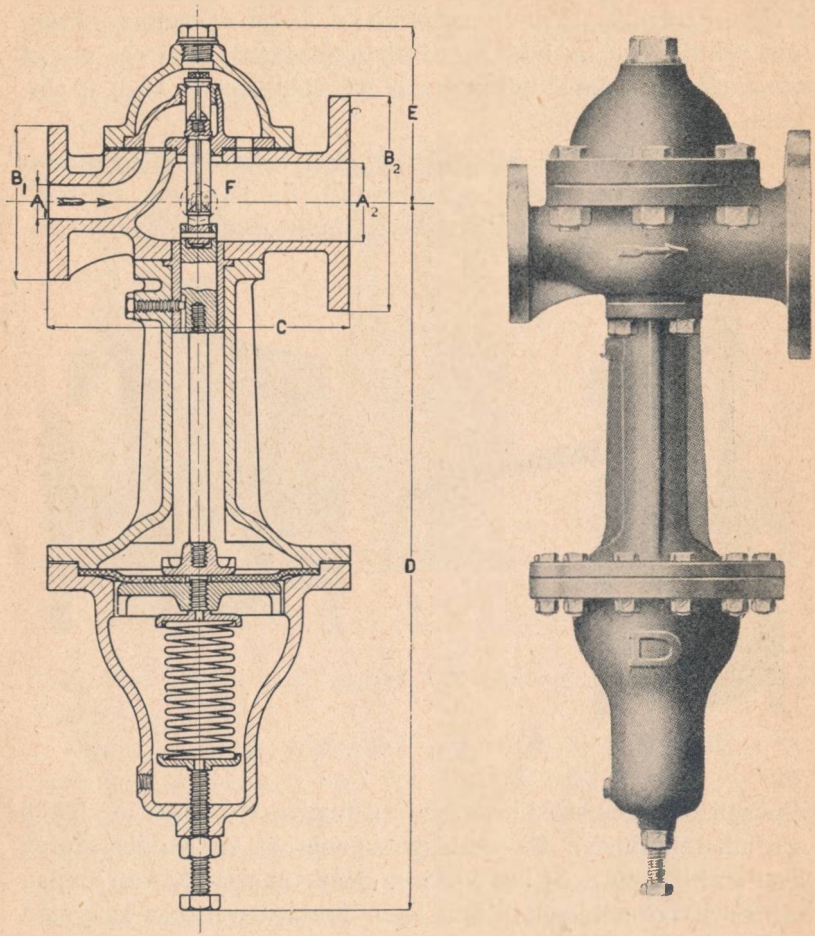


Fig. 89.

damp på over 250°, må ledningerne ligeledes heller ikke være af støbejern.

På virksomhederne anvendes ofte damp af forskellig tryk, idet damp ved det højeste tryk anvendes til kraftmaskinen, medens damp af lavere tryk bruges til kogning, opvarmning e. l.

Der må derfor ske en deling af dampledningen, og på lavspændingsledningen indskydes en reduktionsventil, der reducerer dampens tryk til det tryk, der ønskes. Fig. 89 viser en reduktionsventil med direkte fjederbelastning.. Dampen føres ind i ventilen som pilen viser, og virker her på de to på spindlen siddende ventillegemer. I den nederste del af ventilhuset ligger der en fjeder, der trykker på en gummimembran, der virker på et lille stempel, der ender i ventilspindlen.

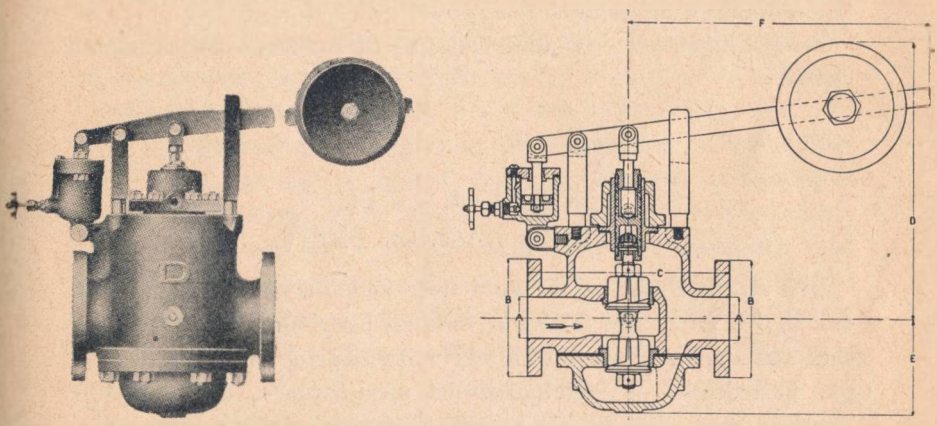


Fig. 90.

Fjedertrykket holder ventilen åben, indtil dampen kommer ind. Er trykket i rummet over ventilen steget, vil dampen trykke på ventilen foroven og søge at lukke den, hvorved fjederen trykkes sammen. Ved at indstille på fjederens spænding, kan man nu i rummet efter ventilerne få damp af det tryk, der ønskes. Så snart trykket på afgangssiden stiger yderligere, vil det virke nedad på stemplet og derved sammentrykke fjederen og begynde lukningen af dobbeltventilen, indtil der er så lille gennemstrømningsåbning, at der netop passerer så megen damp, som der forbruges i ledningen.

Reduktionsventiler kan også forsynes med vægtbelastning i stedet for fjederbelastning. Vægt og vægtstang anbringes her uden for ventilhuset. (Fig. 90).

Fyrværktøjet.

Fyrværktøjet hører med til kedlens tilbehør. Hertil må regnes en kulhammer til sønderdeling af større kulstykker og en fyrskovl, hvormed brændslet føres ind på risten.

Syvtallet er en jernstang, der i enden er bøjet i vinkel og her skærpet ud. Den anvendes til at løsrive aske- og slaggedele, der har sat sig fast mellem ristestængerne.

Askerageren er en jernstang, der er forsynet med en plade for enden, og den benyttes til at jævne fyret og til at udrage asken fra askefaldet og slagger fra fyret.

Brækstangen eller spiddet benyttes til at løsne slaggerne fra risten.

KAPITEL XII.
KEDLENS DAGLIGE DRIFT.

Den daglige pasning af kedlen er kedelpasserens opgave, og der skal derfor i det følgende omtales, hvorledes denne pasning skal foregå, og hvad det er, der hovedsagelig må lægges vægt på. Kedelhuset er kedelpasserens arbejdsplads, og hans opmærksomhed skal være henledt på kedlen og maskiner eller apparater, der hører til denne. Derfor kan det ikke tillades, at uvedkommende opholder sig i kedelrummet, og kedelpasseren skal bortvise sådanne.

Sålænge der er ild på risten, skal kedlen være under forsvarligt tilsyn, hvorfor en kedelpasser ikke samtidig med sin gerning som kedelpasser må have anden beskæftigelse, der i længere tid holder ham borte fra kedelrummet. I tvivlstilfælde må sagen forelægges tilsynet til afgørelse. Ved vagtafløsning må kedelpasseren ikke forlade sit arbejde, før afløsningen er foretaget.

Kedelrummet skal så vidt muligt holdes rent, og på og omkring kedlen skal der være ryddeligt, rent og ordentligt. Alle adgangsåbninger til kedelrummet skal holdes let tilgængelige.

Når kedlen skal opfyres, er der forskellige ting, som kedelpasseren må sørge for er i orden. Hvis kedlen har været åbnet,

f. eks. fordi der har været kedelrensning, må den ikke lukkes, før man har overbevist sig om, at der ikke er glemt værktøj eller lignende i kedlen. Opfyringen skal foregå forsigtigt og først ske, når kedlen er fyldt med vand op til vandstandsmærket. Dette må altid først undersøges, og gøres ved at åbne prøvehanerne, der skal give vand; nederste vandstandshane og glassets udblæsningshane skal ligeledes åbnes, og her skal også komme vand. I reglen sørger kedelpasseren ved den sidste vagt for, at der er indpumpet så meget vand i kedlen, at der er god vandstand. Viser det sig nu ved den næste opfyring, at der ikke er så meget vand i kedlen, som der var, dengang han forlod kedlen, må det undersøges, om kedlen er tæt overalt eller om det muligvis er udblæsningshanen, der ikke har været lukket helt.

Er der ikke tilstrækkeligt vand på kedlen, må fyringen ikke finde sted, før der er påført vand. Er kedlens fødepumper dampdrevne, således at de ikke kan føde vand på, når der ingen damp er, må der hældes vand på, enten gennem mandehul eller gennem sikkervedsventiler. Det er af allerstørste vigtighed, at der er tilstrækkeligt vand i kedlen, hvorfor enhver kedelpasser omhyggeligt må undersøge vandstanden, inden opfyringen begynder.

Da der i røgkanalerne kan samles antændelige luftarter, må spjældet til skorstenen og fyrdøren åbnes, således at der kan komme en luftstrøm gennem kanalerne, hvorved en antændelse af de nævnte luftarter undgås, når der tændes op.

Inden opfyringen må det også undersøges, om trykmålerhanen er åben. Dette er navnlig påkrævet, når der har været kedelrensning, idet der så ofte lukkes for trykmåleren.

Er kedelvandet tilbøjelig til at danne slam, kan noget af dette fjernes ved at åbne bundhanen. Slammet har i den tid, kedlen har stået fra, samlet sig i bunden; men man må lade en del vand løbe ud gennem bundhanen for at få slammet med ud. I sådanne tilfælde er det derfor nødvendigt, at der sættes rigeligt vand på kedlen, således at vandstanden står mindst 25 mm over vandstandsmærket.

Har kedelpasseren forvisset sig om, at alt er i orden, kan optændingen begynde. Risten dækkes med et kullag. Ved fyrdø-

ren anbringes optændingsmaterialet, der består af spåner, fedtet tvist eller brænde. Når det antændes, slår flammerne hen over det bagved liggende kullag og antænder dette. Der må på det bestemteste advares imod at overhælde brændslet med petroleum eller andre let antændelige stoffer for derved at fremme optændingen.

Under opfyringen sættes kedlens damprum i forbindelse med yderluften, ved at sikkerhedsventilen løftes. Opfyringen må foregå langsomt for at undgå hurtige varmegradsstigninger. Sådanne varmegradsstigninger kan ødelægge kedlens materiale og dens murværk. Når der begynder at ske dampudvikling, lukkes sikkerhedsventilen, og vandstandsarmatur gennemblæses. Det er ikke nok, at man nøjes med at åbne vandstandsglassets udblæsningshane; alle hanerne skal prøves for sig, således at man er sikker på, at der ikke er sket nogen forstoppelse af en af hanerne. Trykmåleren skal nu vise begyndende tryk, og fødevandspumperne kan prøvekøres.

Er damptrykket steget til kedlens arbejdstryk, der skal være mærket på trykmåleren, åbnes dampventilen. Denne åbning må foretages med største forsigtighed. Åbnes for hurtigt, kan det ske, og dette navnligt, hvis der er rigeligt vand på kedlen, at dampen river vand med op i dampledningen. Er flere kedler tilknyttet samme dampledning, må man inden åbning af dampventilerne sørge for, at trykket i kedlerne såvidt muligt er det samme som trykket i dampledningen.

På dampledninger vil der være anbragt vandaftapningsmidler. Disse må være åbnet, inden dampen sættes ind i ledningerne. Det fortætningsvand, der har dannet sig i ledningerne kan nu, når dampen kommer ind, drives ud, og dampventilerne må ikke lukkes helt op, før dampledningerne er godt gennemvarmede, hvortil der skal medgå nogen tid.

Under kedlens drift er det kedelpasserens fornemste opgave at sørge for, at der er rigeligt vand på kedlen. På kedlen er der anbragt et mærke, der angiver den lavest tilladelige vandstand. Under dette mærke må vandstanden ikke komme. Viser det sig under kedlens drift, at vandstanden i glasset kommer ned i nærheden af laveste vandstand, skal fødepumperne straks sættes i

gang. Skulle det ske, at vandstanden ikke kan ses i glasset, er der fare for, at en del af hedefladen bliver blottet for vand. I så tilfælde skal fødeapparaterne straks sættes i virksomhed, og kedelpasseren må træffe foranstaltninger til, at yderligere varmeafgivning til kedlen standses. Det er ikke tilrådeligt at rive fyret ud, idet der derved kan ske en stærkere opblusning, der kan være skadelig; fyret dækkes med våd aske eller sand, dæmper og fyrdør lukkes, og stopventilen lukkes ganske langsomt, medens sikkerhedsventilen ikke må røres. Kedlen skal derefter stå urørt, og det passerede anmeldes til virksomhedens leder.

Hvad kan der da ske, hvis vandstanden er sunket så lavt, at en del af hedefladen er blottet for vand? Sålænge der er rigeligt vand over de jerndele, der danner hedefladen, vil dette vand sørge for en tilstrækkelig afkøling af materialet, således at dette ikke får temperaturstigninger, der har uheldig indflydelse. Synker vandstanden så lavt, at noget af hedefladen bliver blottet, kan der ikke mere finde en afkøling af jernet sted. Derved kan dette ophedes til glødning, hvorved det mister sin styrke, og damptrykket i kedlens indre kan forårsage skadelige formdannelser, f. eks. nedtrykning af ildkanaler. En sådan nedtrykning medfører heldigvis ikke altid en eksplosion af kedlen; men naturligvis er en nedtrykket kanal ubrugelig.

Er der derfor fare for at hedefladen bliver blottet, vil en igangsætning af fødeapparatet medføre, at der kommer mere vand ind i kedlen, hvorved faren formindskes. Da fødevandet i reglen er indført et godt stykke under den laveste vandstand, vil det koldere fødevand straks blandes med kedlens vand, således at der ikke vil ske en direkte bestråling af de ildpåvirkede kedelvægge.

Det er nævnt, at fyret skal dækkes med våd aske eller sand, idet en udragning kan forårsage en opblusning af ilden. Tænker vi os, at det drejer sig om en nedtrykning af en ildkanal, er dette sket, fordi ildkanalens materiale har fået for stærk ophedning. Det vil derfor være naturligt, at der ikke foretages noget, der kan medføre en yderligere ophedning af materialet; men da man kan risikere, at sådant sker, når der rages op i fyret, hvorved der endda kan dannes særligt hede stikflammer, vil det forstås,

hvorfor det er mest hensigtsmæssigt at slukke fyret på den angivne måde.

Når det er sagt, at stopventilen skal lukkes, hvis der er sket en farlig sænkning af vandstanden, skyldes det, at det gælder om at sørge for, at der kommer så lidt bevægelse i vandet som muligt; af samme årsag må heller ikke sikkerhedsventilen åbnes, thi derved sættes kedelvandet i bevægelse, og dette må som sagt undgås.

Det er derfor af største vigtighed, at vandstanden i kedlen holdes tilstrækkelig højt, og det er derfor nødvendigt, at vandstandsglasset prøves. Såvel glas som prøvehaner må derfor jævnligt gennemblæses. Sker der større dampaftagning, skal vandstandsglassene oftere gennemblæses, end når dampaftagningen er mindre; efter dampkedelbekendtgørelse skal vandstandsglassene gennemblæses mindst een gang hver time.

Samtlige fødemidler skal holdes i brugbar stand, og de bør skiftevis bruges, således at der er sikkerhed for, at de til enhver tid er driftklare.

På fødeledningen findes en kontraventil anbragt, og i almindelighed kan man høre, at den klaprer, når der sættes vand på kedlen. Hvis fødeapparaterne ikke kan virke, må fyringen og dampaftagningen standses, inden laveste vandstand nås, og fornyet opfyring af kedlen må ikke finde sted, før fødevandspumperne funktionerer igen.

Viser det sig, at vandet ikke stiger i vandstandsglasset, tiltrods for at fødepumperne sætter vand på kedlen, må det undersøges, om kedlen ikke et eller andet sted har en læk, hvorfra vandet strømmer ud. I så fald må kedlen naturligvis sættes fra, og en reparation foretages.

Trykmåleren må kontrolleres ved at undersøge, om viseren står på mærket ved arbejdstrykket, når sikkerhedsventilen begynder at blæse. Visernålen skal gå helt tilbage til nulpunktet, når der ikke er tryk på kedlen. Dette kan lettest undersøges ved kedelrensning; men ved forsigtig lukning af trykmålerhanen kan det også undersøges, om viseren går helt ned. Sættes der så tryk på trykmåleren igen, skal den vise det samme tryk, som før undersøgelsen begyndte. Er der større uoverensstemmelser

mellem trykmåler og sikkerhedsventilen, må forholdet indberettes til de ledende.

Damptrykket må ikke overstige det tryk, hvortil kedlen er godkendt. Stiger trykket mere end tilladeligt, må fødeapparaterne sættes i gang og trækket formindskes. Er der mulighed for, at sikkerhedsventilen har sat sig fast, således at den ikke blæser, når trykket stiger over det tilladelige, skal den straks efterses. Derfor må sikkerhedsventilen daglig efterses, således at den er i orden. Dette kan ske ved en forsigtig løftning, inden trykket er helt oppe på arbejdstrykket, og derfor er også fjederbelastede sikkerhedsventiler forsynet med et letteapparat, hvorved denne undersøgelse kan foretages.

Sikkerhedsventilen kan klemme sig fast, hvorved løftningen indtræder for sent; men der kan også være utætheder i materialet eller snavs mellem sæde og ventillegeme, der kan medføre, at blæsningen ikke sker rettidig. Findes der intet at være i vejen med sikkerhedsventilerne, men løftning alligevel er i uoverensstemmelse med kedlens arbejdstryk, må tilsynets opmærksomhed henledes herpå. Enhver selvstændig forandring er ikke tilladt, ligesom det naturligvis er forbudt at lægge noget oven på ventilen, hvorved løftningstrykket forhøjes.

Skal fyret renses eller skal der fyres på, må trækket formindskes, og indtræder der længere driftspauser, må desuden fødevand påsættes.

Skal kedlens drift standses, må brændstoftilførslen i god tid mindskes, således at der ikke ligger større mængder uforbrændt brændsel på risten, når kedlen skal sættes fra. Fødningen forøges, således at der er rigelig vand på kedlen til næste opfyring. Trækket formindskes, hvorved dampproduktionen aftager. Ved standsningen lukkes dampventilen og andre afgangsåbninger fra kedlen, også fødehanen. Ofte bruges at lukke vandstandsglashanerne, når kedlen standses.

Da kedlens murværk i dagens løb har optaget megen varme, kan det ofte hænde, at der efter standsning af brændselstilførelsen alligevel tilføres kedlen så megen varme fra murværket, at der sker en yderligere dampudvikling i kedlen, hvorved sikkerhedsventilen kan blæse. Det gælder derfor for kedelpasseren

om at lære sin kedel så godt at kende, at han i god tid kan træffe forberedelserne til standsning, således at den slags ubehageligheder undgås.

Er der efter kedlens standsning endnu uforbrændt kul på risten, må disse trækkes ud og slukkes, thi kedlen må ikke lades uden tilsyn, når der er uforbrændt brændsel i den. Fyrdøren, dæmperen og spjældet lukkes; men dette sidste må dog kun finde sted, såfremt al ild er slukket, idet der i modsat tilfælde må være så megen åbning ved spjældet, at der er nødvendigt træk, således at brændbare luftarter ikke samles i trækkene. Til slut skal risten renses, således at alt er klar til at opfyringen næste morgen kan finde sted.

Skal kedlen ikke sættes fra ved fyraften, men overgives til afløseren, skal denne være til stede, inden kedelpasseren forlader sit arbejde. Den tiltrædende kedelpasser må undersøge, om alt er i orden, inden han overtager vagten, idet han må være klar over, at han nu får ansvaret for kedlen.

Kedelpasseren må også holde øje med kedlens indmuring og dens samlinger, så vidt dette kan lade sig gøre. Bemærkes der beskadigelser ved disse ting, skal det meldes til kedlens ejer og kan skaderne ikke straks bringes i orden, må kedlen sættes fra.

Kedelrensning.

Kedelrensningen kan deles i to dele; den indvendige og den udvendige rensning. Ved den indvendige rensning forstås en rensning af de af kedlens dele, der berøres af kedelvandet, medens der ved den udvendige rensning forstås en rensning af træk og kedelflade udvendig for sod og aske.

Kedelrensning skal finde sted mindst een gang om året; men er en sådan årlig rensning ikke tilstrækkelig, kan tilsynet påbyde, at der renses hyppigere.

Inden rensningen af kedlen påbegyndes, skal kedlen tømmes for vand. Dette må ikke finde sted før al ild og glødende aske er fjernet, og murværket er afkølet. Hvis det er nødvendigt, at tømningen af kedlen skal ske, medens der endnu er tryk på, må en sådan tømning ske med største forsigtighed og med ringest muligt damptryk. Da kedlen skal tømmes helt for vand, må der

sørges for, at luften får adgang til kedlen. Det er forkasteligt at afkøle kedlen ved at fylde den med koldt vand, medens murværket endnu er varmt, idet dette kan medføre alvorlige kedelskader. Murværket kan afkøles ved åbning af trækkenes rensedæksler; men dette bør ikke finde sted, før nogen tid efter, at kedlen er sat fra. I det hele taget er det bedst for kedlen, at afkølingen foregår så langsomt som muligt. Hvor der på en virksomhed kun findes en enkelt kedel, er der ofte kun begrænset tid til rådighed for kedelrensningen. Kedelpasseren må i så fald sørge for, at der skaffes så megen tid til afkøling som muligt. Mange kedler er utvivlsomt ødelagt, fordi der har fundet for stærk afkøling sted.

Da kedlen skal kunne befares indvendigt, må den være forsynet med åbninger, hvorigennem der findes adgang til dens indre. Disse åbninger kaldes mandehuller, og de skal være mindst 300×400 mm store, således at et menneske kan komme ind igennem dem. Er det ikke muligt at anbringe mandehuller, skal kedlen være forsynet med så mange rensehuller e. l., at kedlens indvendige flader lader sig rense og besigtige igennem disse. Mandehullerne anbringes i corniske kedler foroven i yderskallen. Der sker herved en svækkelse af yderskallen, og for at modvirke denne, forstærkes hullets kant ved hjælp af forstærkningsringe. En udskæring i yderskallen svækker denne jo mere jo større hullets diameter er; og derfor bør mandehullet lægges med sin mindste udstrækning i kedlens længderetning, da materialepåvirkningen her er størst.

Styrkeringen skal være således dimensioneret, at den ophæver den svækkelse, som hullet forårsager. I fig. 91 er vist den simpleste form for ring og for det dæksel, hvormed mandehullet lukkes. Forstærkningsringen er lagt uden på kedelskallen og er fastnittet således, at dens indvendige kant er over et med hullets kant. Dækslet er fremstillet af to sammennittede plader, hvoraf den øverste har en sådan størrelse, at den passer i mandehullet, medens den nederste er så meget større, at der dannes en fals. Mandehulsdækslet anbringes inde i kedlen, således at falsen trykker mod yderskallen, hvorved damptrykket hjælper med at holde det på plads. For at skaffe tæthed, indlægges en pakning i

falsen. Dæksel har i reglen to bolte, der er skruede ind, sålangt som et bryst på dem tillader og nittede på den modsatte side. Fastspændingen sker ved hjælp af to terser, der anbringes udvendigt på yderskallen og spændes mod denne ved møtriker på de to bolte.

Fig. 92 viser en anden form. Her er forstærkningsringen en ring, der er vinkelbøjet, og dækslet er presset i eet stykke af en plade. Pakfladen bliver her plan, idet forstærkningsringen er afdrejet i kanten, før den nittes fast. Pakningen indlægges i en fals, der er dannet ved dækslets presning.

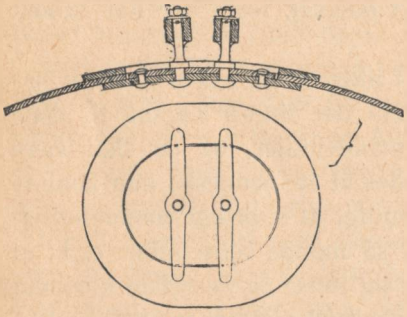


Fig. 91.

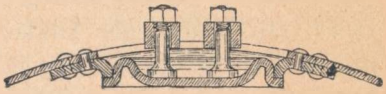


Fig. 92.

I lancashirekedler anbringes et mandehul i forbunden under kanalerne, hvorved rummet i kedlen under kanalerne også bliver tilgængeligt. Foroven er disse kedler ligeledes forsynet med mandehul, der ofte anbringes i toppen af damphatten. I rørkedler med beholder anbringes mandehullet i en af beholderens bunde.

Når kedlen er tilstrækkelig afkølet, åbnes mandehullet. Da der kan være mulighed for, at der under kedlens tømning ikke er ført tilstrækkelig luft ned i kedlen, hvorved der kan være opstået et undertryk, må man inden løsningen af mandedækslet åbne for en prøvehane eller lignende åbning, således at man kan være sikker på, at undertrykket er hævet; i modsat fald kan det ske, at dækslet ved løsningen rives ned i kedlen. Dækslet bør dog i alle tilfælde fastholdes ved hjælp af en strop, der enten kan anbringes i et øje, der skrues ind i dækslet, eller som er slået om en af terserne, der derfor ikke fjernes helt.

Står den kedel, der skal renses, i forbindelse med andre kedler, der er under damp, må alle rørforbindelser til disse kedler sikres enten ved anbringelse af stærke blindflanger, eller ved at man borttager et mellemstykke af ledningerne. Er kedlernes udblæsning i forbindelse med hinanden, hvilket er tilfældet, når de fører ud til et fælles afløbsrør til kloak, må man sørge for, at bundhanen er lukket, inden nogen går ned i kedlen. Når kedlen er åbnet, skal den udluftes, inden kedelrensningen begyndes. Er der tilstrækkelige åbninger i den, kan den friske luft komme ind gennem disse; men kan dette ikke lade sig gøre, bør udluftningen ske ad kunstig vej.

Der må sørges for tilstrækkelig belysning i kedlen. Under ingen omstændigheder må der benyttes acetylénlamper, gaslamper, petroleums- eller olielamper, idet disse kan udvikle farlige luftarter, der medfører ildebefindende hos kedelrenseren. Der kan anvendes stearinlys eller tællelys; men det bedste vil være elektriske lommelamper. Elektriske håndlamper må ikke benyttes inde i kedlen, medmindre den anvendte spænding (mod jord) ikke overstiger 65 volt ved jævnstrøm og 30 volt ved vekselstrøm. Da disse svage strømstyrker i al almindelighed ikke findes i ledningsnet, indskydes transformatorer, der nedsætter spændingen. Inden de elektriske ledninger føres ned i kedlen, må det undersøges, om ledning eller kabel er i orden.

Den indvendige rensning kan enten foretages mekanisk eller med hånden. Selv med anvendelse af kedelrensningsmidler, kan kedlen ikke altid holdes fri for kedelsten eller slam. Findes kedelsten som løs masse på kedelvæggen, kan rensningen foretages ved hjælp af en kraftig vandstråle på kedelvæggen. Dette må dog først finde sted, når væggene er godt afkølede, hvorfor kedlen bør stå med kedelvandet, medens dette afkøles.

Bruges der ikke afhærdet vand som fødevand, vil kedelstenen afsættes som et hårdt stenlag, der må bankes af. Dette kan ske med hånden ved hjælp af en pikhammer eller skraber. Ved hamringen må det påses, at væggenes overflade ikke beskadiges ved hammerslagene, idet de mærker, der så fremkommer, kan begunstige tæringsangreb. Kedlens flader må grundigt renses, og man må være særlig omhyggelig ved kroge og vinkler i ked-

len og ved nittesamlinger. Vanskeligt tilgængelige steder må renses med hammer og særlige, lange mejsler, der tildannes let krummede, således at de kan komme ind på de steder, hvor der kun er ringe plads.

I mange tilfælde vil det være vanskeligt at rense kedlen grundigt med hånden, hvorfor man må gå over til mekanisk rensning, hvor der så anvendes særligt rensningsværktøj. Et sådant består af en bøjelig aksel, der ender i et hoved, i hvilken der er anbragt en mængde små slaghjul. Akslen drejes rundt ved hjælp af en motor anbragt uden for kedlen. Når akslen og derigennem hovedet drejes rundt, vil de små slaghjul, der har et udsving på ca. 5 mm, slynges ud mod kedelstenen og »fræse« eller »rive« denne af. Med et sådant værktøj kan man let komme ind på steder, der ellers er utilgængelige. Værktøjet skal stadig føres frem og tilbage, således at man ikke i længere tid bearbejder kedelvæggen på samme sted, da der derved kan slås buler.

Er kedelstenen slået løs, skylles den bort ved hjælp af en vandstråle, hvorefter alle rørmundinger inde i kedlen omhyggeligt renses, således at der ikke sker nogen forstoppelse. Ventiler og haner efterses og slibes, og utætte pakninger udskiftes.

Ved mindre kedler vil det ofte ikke være muligt at foretage nogen mekanisk rensning, idet der ikke er plads til at foretage en sådan. I handlen findes da særlige kemikalier, der kan opløse stenen. Disse kemikalier indeholder i reglen saltsyre, hvortil er tilsat kolloidale tilsætninger, der svækker syrens indvirkning på jernet. Efter anvendelsen af sådanne midler, må kedlen omhyggelig udskylles, idet den flere gange fyldes fuldstændigt med vand, der derefter bortledes til kloak.

Den udvendige rensning foretages ved de fleste kedler med hånden, idet de udvendigt tilgængelige kedelflader renses for sod og aske ved afskrabning og affejning. Inden trækkene befares af kedelrenseren, må der have fundet en udluftning sted, og man må passe på, at der ikke findes glødende aske under tilsyneladende kold aske i trækkene. Afbørstningen sker med stålbørste, og er væggene rene, renses trækkene. Det må absolut frarådes at efterskylle trækkene med vand, da det dels kan have

ødelæggende indflydelse på murværket og dels kan ødelægge kedelvæggene, hvis murværket endnu er varmt.

Er kedlen forsynet med trækrør, renses rørene ved at gennemstødes med en rørbørste.

Ved større kedler, f. eks. vandrørskedler, hvor der brændes store mængder brændsel i forhold til hedefladen, må fjernelse af sod foretages, medens kedlen er i drift, idet selv et tyndt lag sod på kedelfladerne formindsker disses evne til at modtage varme fra røgen. Hertil betjener man sig af sodblæsere, ved hvilke der renses ved hjælp af kedeldamp eller trykluft.

Sodblæsere, der består af blæserør, der er forsynede med dyseformede åbninger, indbygges på flere steder i trækkene, således at samtlige dele af hedefladen kan bestryges og derved renses. Sodblæserne kan anbringes drejelige, og betjenes så ved hjælp af et uden for kedlens murværk liggende kædetræk.

Er den egentlige kedelrensning færdig, foretages en omhyggelig undersøgelse af hedefladerne og nittesømmene for at opdage mulig tilstedeværende revner eller tæringer. Er der før i kedlen fundet tæringer, efterses, hvorvidt disse er forøgede. De fundne fejl meddeles til kedlens ejer.

Kedlens murværk må også undersøges, og nødvendige reparationer foretages, inden kedlen sættes i brug igen.

Røganalyser.

Skal en dampkedels pasning udføres økonomisk forsvarligt, er det nødvendigt, at skorstenstabet holdes så lavt som muligt, og for at opnå dette, må forbrændingen være så fuldstændig, som det nu lader sig gøre. For at kunne overbevise sig om dette, må der kunne foretages en analyse, det vil sige en undersøgelse af røgen. Denne indeholder en vis kulsyremængde, og skal der haves en god forbrænding, må man have en vis kulsyreprocent. Skal man derfor bedømme fyringen, må denne procent måles. Det er dog ikke nok at undersøge dette alene, da røggassen desforuden kan indeholde kulilter, der er opstået ved en ufuldstændig forbrænding. Indholdet af kulilter, der er den bundne varme i røgen, giver et mål for varmetabet. Der må derfor samtidig foretages en analyse af kulilteindholdet.

I stedet for at foretage en måling af kulilteindholdet, der er ret omstændeligt, kan der foretages en måling af røgens iltindhold. Luften indeholder henved 21% ilt, og er kulsyreprocenten fundet til f. eks. 14%, må der være 6 à 7% ilt i røgen. Findes der ikke så megen ilt, er det tegn på, at den manglende ilt er medgået til dannelse af kulilte. De forskellige brændselsstoffer forandrer forholdet mellem kulsyre og ilt i røgen; men der findes tabeller, hvorefter man kan se hvor meget af disse luftarter, der skal findes ved forskellige slags brændsler.

Skal der foretages en røganalyse, gælder det om at udtage en røgmængde, som giver et billede af røgens gennemsnitlige sammensætning af forbrændingsprodukter. Det rør, hvormed prøven skal udtages, må derfor indmunde i røgstrømmens midte, og det må absolut undgås, at der strømmer falsk luft ind i måleapparatet, idet der derved opnås forkerte målinger.

Til en undersøgelse af røgprodukterne kan man betjene sig af orsatsapparatet, der arbejder med absorptionsmidler, hvorved forstås kemiske stoffer, der er i stand til at optage de forskellige bestanddele hver for sig. Kulsyre absorberes af en opløsning af kaliumhydroxyd (kalilud) i vand, medens der til absorption af ilt anvendes pyrogallussyre i en kaliludopløsning. Da denne opløsning er meget ømfindtlig overfor ilt, må den beskyttes mod luftens indvirkning.

Orsatsapparatet er vist skematisk i fig. 93. Det består af en måleburette *B*, der rummer 100 cm^3, og som er inddelt i 100 målestreger med nulpunkt forneden. Buretten er beskyttet mod varmepåvirkning af en cylindrisk kappe *A*, der er fyldt med vand. *B* er gennem en gummislange sat i forbindelse med en niveauflaske *C*. *B*'s øverste ende udmunder gennem tregangshanen f_1 i kapillarrøret *D*, der med hanerne *e* og *f* står i forbindelse med forskellige absorptionsbeholdere, i et antal, der svarer til de forskellige luftarter, der ønskes undersøgt. I figuren er kun indtegnet to, nemlig undersøgelse af kulsyre og ilt. (*E* og *F*).

I kapillarrøret er indskudt en tregangshane *g* gennem hvilken det sted, hvorfra røgen tages og måleburetten kan sættes i forbindelse med hinanden. For at fremskynde røggassens indsugning, er tregangshanen *g* i forbindelse med en gummibold *H*. Et vatfilter *I* er indskudt på kapillarrørets venstre ende for at hindre urenheder at trænge ind i røret.

Absorptionsbeholderne står i forbindelse med hver sin udlignings-beholder og fyldes ⅔ med absorptionsvædskerne. Efter at alle haner er efterset, suges absorptionsvædskerne op i hårrørene til mærket *a* og måleburetten fyldes med vand. Dette foregår ved, at hanen f_1 stilles til at give forbindelse mellem *B* og *D*, medens tregangshanen *g* stilles i stilling II — se tegningen —. Ved at hæve *C* fyldes *B* med vand. Tregangshanen stilles nu i stilling I og *C* sænkes, hvorved vandstanden i *B* sænkes. Lukkes nu hanen *e* op, vil absorptionsvædsken i *E* suges op i beholderen, og *e* lukkes, når vædsken kommer op til mærket *a*. På lignende måde fyldes beholderen *F*, således at vædsken også her står til mærket *a*.

Ved analysens begyndelse skal *B* altså være fyldt med vand. Der-

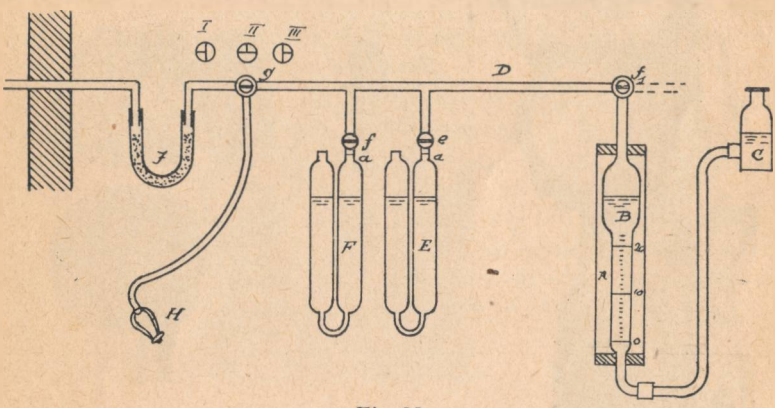


Fig. 93.

efter indsuges den røg, der skal analyseres: Tregangshanen *g* stilles i stilling I og ved hjælp af gummibolden fyldes ledningen med røg. Tregangshanen sættes derpå i stilling II. Niveauflasken sænkes, og idet hanen f_1 stilles til at give forbindelse mellem *D* og *B*, fyldes denne med røg. Apparatet skylles et par gange ud, og der indsuges derpå lidt over 100 cm³. Niveauflasken hæves, indtil vandspejlet i den står i højde med *B*'s nulstreg, hvorefter tregangshanen drejes til stilling III, indtil vædskespejlet i *B* står ved nulpunktet og altså i samme højde som vædskespejlet i niveauflasken, hvorefter tregangshanen stilles i stilling I, og selve analysen kan begynde.

Kulsyren absorberes i *E*, idet røgen trykkes ned i denne. Dette sker ved, at *C* hæves og hanen *e* åbnes, til vædskespejlet i *B* når op til f_1, hvorpå *e* lukkes. Røgen bliver nogen tid stående i *E*, indtil al kulsyren er absorberet. Når røgen er trukket tilbage i *B*, aflæses dens rumfang under atmosfærens tryk, idet *C* hæves eller sænkes til vædskespejlet i den og i *B* står i samme højde, hvorpå aflæsningen kan

finde sted. Røgen drives derefter over i *E* igen, og således fortsættes, indtil man får samme aflæsning i *B*, således at man derved er sikker på, at al kulsyren en absorberet. Den forsvundne mængde luftart kan så direkte aflæses i procent på *B*'s måleskala.

I *F* absorberes ilten, og er der andre måleflasker foruden, er fremgangsmåden en lignende.

Vil man desuden undersøge røgens indhold af brint og metan, kan dette ske ved samme apparat, idet kapillarrørets højre ende forsynes

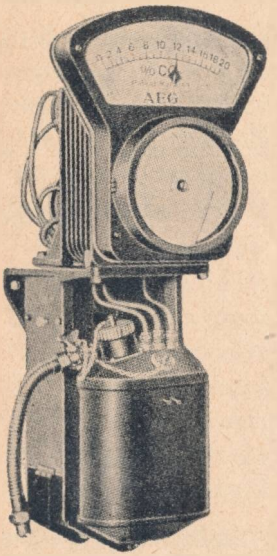


Fig. 94.

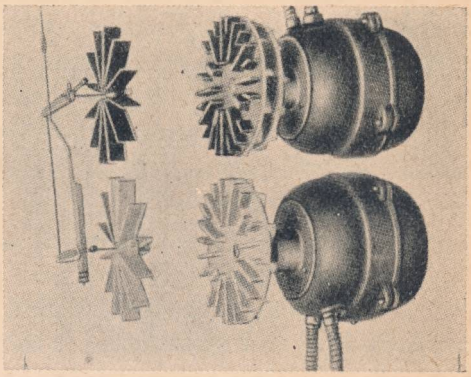


Fig. 95.

med et platinrør, hvori disse luftarter forbrændes og deres rumfang måles.

Ved anvendelse af orsatsapparatet er det nødvendigt, at alle haner er fuldstændig tætte, da der i modsat fald kommer falsk luft ind. Den største mangel ved apparatet ligger imidlertid i, at det er ret omstændigt at bruge, og at der ikke kan tages øjeblikkelige målinger, således at man et givet tidspunkt straks kan bestemme den kulsyreprocent, der på den tid var i røgen. Der er da også konstrueret mange forskellige slags instrumenter, der kan gøre dette; men de er alle ret dyre, hvorfor ikke så mange er i brug ved mindre kedelanlæg

Princippet i de fleste af disse instrumenter er, at man benytter sig af de forskellige fysiske egenskaber, som de enkelte luftarter i

røgen besidder. På et sådant princip er Ranarex-apparatet baseret.

Dette benytter sig af røggassens mest enkle egenskab, nemlig de forskellige luftarters større vægtfylde i forhold til atmosfærisk luft. For imidlertid at kunne overføre disse vægtforskelle, der kun er små enheder — således vejer 1 liter luft kun 1,3 gram — mangfoldiggøres disse, og dette sker ved at tage elektromotorisk energi til hjælp, idet man meddeler røgen og luften høje hastigheder. Såvel røg som luft indsuges i to adskilte målekamre. Drivhjul, der trækkes af hver sin elektromotor, sætter røg og luft i drejende bevægelse og de hvirvler, der derved dannes, forsøger at bevæge målehjul, der sidder overfor drivhjulene. Målehjulene er ved stangsystem forbundet med hinanden og omdrejningsretningen for de to hjul er modsat hinanden. På luftmålehjulets aksel er anbragt en viser, der på en skala direkte angiver kulsyreprocenten.

Disse apparater findes også med tilkoblede indretninger, der viser røggassens indhold af uforbrændte bestanddele.

Fig. 94 viser Ranarex apparatet for vekselstrøm, idet der ved denne strømart må anvendes to motorer, medens det måleapparat, der anvendes til jævnstrøm kun har een motor. Fig. 95 viser motorerne, de to drivhjul henholdsvis for luft og for røg, og de to målehjul, der ligger overfor drivhjulene. På billedet ses, hvorledes målehjulene står i forbindelse med hinanden, og viseren til skalaen ses også.

KAPITEL XIII.

DAMPKEDELSKADER.

Som nævnt under afsnittet om kedelrensning, må kedelpasseren efter kedelrensningen omhyggeligt undersøge såvel kedlen som dens murværk for at forvisse sig om, at der ikke er opstået skader, der kan medføre ødelæggelse af kedlen, og at han i påkommende tilfælde måtte anmelde sådanne fundne skader til kedlens ejer eller bruger. I første række er det de steder på kedlen, hvor der ved dennes brug kan være mulighed for skader, der nøje må undersøges, f. eks. rundinger i endebunde, nitte- og svejsesamlinger, adgangsåbninger for vandstandsarmatur, føderørsindmundingen og udblæsningens munding.

Kedelpasseren må derfor have kendskab til, hvilke skader, der kan optræde, således at han kan have sin opmærksomhed hen-

vendt derpå. I det følgende skal omtales de skader, der kan opstå, og disse kan inddeles i tre grupper:

1) Tæringer,

2) Revner og brud,

3) Formforandringer.

I disse tre grupper forekommer skader og fejl, som dels kan skyldes kedlens brug og de forhold, hvorunder kedlen benyttes, og som ikke er forårsaget ved mangelfuld pasning, og dels skader, som kan undgås ved en omhyggelig pasning og vedligeholdelse af kedlen.

Tæringer.

De fleste tæringer på kedlens vandside har form som små, skarpkantede fordybninger, der er fyldt med et sort pulver. Sådanne tæringsangreb findes hovedsagelig på yderskallen under vandlinien, ved ildkanalernes samling med bundene og ved bundhanen. Det er ikke altid let nøjagtigt at angive, hvad der er årsagen til disse tæringers fremkomst, men i hovedsagen kan de deles i to grupper. Den ene gruppe skyldes indvirkning på kedelmaterialet af den luft og kulsyre, som kedelvandet indeholder, og den anden gruppe skyldes de såkaldte galvaniske påvirkninger.

Ligger tæringsangrebet i nærheden af føderørets indmunding eller på ildkanalen, vil det oftest være luftens indvirkning, der er årsagen til angrebet. Luften og kulsyren i kedelvandet udskilles og sætter sig på jernet og fremkalder små rustdannelser, hvor tæringen begynder. For at forhindre et sådant angreb er det nødvendigt at foretage en grundig afluftning af kedelvandet.

De galvaniske tæringer skyldes helt andre årsager, idet man her mener, at der er tale om galvaniske angreb, der skyldes, at metaller med forskellige egenskaber er i forbindelse med hinanden omgivet af en ledende vædske, således som det kendes i det galvaniske element, hvori elektriske strømme frembringes. Man taler om metallers forskellige potential i forhold til luftarten brint. Nogle metaller har positiv potential og andre negativ potential i forhold til denne luftart. Er et metal, der har eet poten-

tial, f. eks. kobber, i forbindelse gennem en ledende vædske med et andet, der har et andet potential, f. eks. jern, kan der dannes elektriske strømme, og disse kan have sådan indflydelse på et af de to metaller, at dette påvirkes og opløses.

I en dampkedel findes et sådant forhold ved bundhanen, der består af en metallegering, og kedlens yderskal, og tæringsangreb kendes da ofte på dette sted, idet jernet omkring bundhanen angribes.

Foruden disse nævnte årsager til tæringsangreb indvendig i kedlen, må nævnes de angreb, der dels skyldes, at materialet er udsat for stærke kraftpåvirkninger og dermed for bevægelser, og dels skyldes særlige, uensartede varmepåvirkninger.

Til de første af disse kan henføres tæringer, der opstår ved endebundenes opkravninger, og hvor ildkanalen støder sammen med endebunden. Disse tæringer får ofte karakter af en fure.

Finder man på bagbunden af en kedel tæringer over vandlinien, vil dette skyldes en unormal varmepåvirkning, og man vil i et sådant tilfælde som regel se, at murbuen bagved er faldet ned, hvorved kedelmaterialet over vandlinien har fået særlig stor varme. Et tæringsangreb, der skyldes uensartet opvarmning af kedelmaterialet, kan findes ved kedelskallen fortil, idet murværket her er trukket tilbage på den plads, hvor bundhanen sidder. Kedlens yderskal vil på dette sted få en uensartet varmepåvirkning, da materialet vil være koldere der, hvor bundhanen sidder, end på de steder, hvor røggassen påvirker det. Ovenfor er nævnt, at der kan opstå tæringer på samme sted på grund af galvanisk påvirkning, hvoraf kan forstås, at det ikke altid vil være så let at afgøre, hvad der er årsagen til de så ofte forekomne tæringer netop ved bundhanen.

De fleste af de omtalte tæringer sidder på steder, hvor slam lægger sig, og da et sådant slamlag i nogen grad fremmer tæringsangrebene, må der ofte foretages en udblæsning. Et meget anvendt middel til at standse et tæringsangreb, der skyldes de galvaniske påvirkninger, er anbringelse af zink i kedlen. Dette metal angribes lettere end jernet.

Findes begyndende tæringsangreb, må hver enkelt tæring omhyggeligt renses, således at alt sort pulver fjernes og det

blanke jern træder frem. Hver tæring indsmøres så i en blanding af grafit rørt ud i mælk eller vand og børstes med en børste. Af store tæringer kan der tages et gibsaftryk, således at det ved næste kedelrensning kan undersøges, hvorvidt tæringen er fremskredet. Det kan lykkes at standse et angreb; men fortsættes det til en betænkelig dybde, vil tilsynet kræve en reparation.

Men ikke alene indvendig i kedlen kan der opstå tæringer, også udvendig findes ofte sådanne. I modsætning til de tæringer, der findes i kedlen, kan en omhyggelig kedelpasser i høj grad hjælpe med til at forhindre udvendige tæringer, idet disse i de allerfleste tilfælde skyldes utætheder ved kedlen. Således findes gang på gang ret svære tæringer under rensedæksler på opretstående kedlers yderskal. Disse rensedæksler har da ikke været spændt ordentligt til, og dampen har haft mulighed for at sive ud og angribe materialet under rustdannelse. En sådan utæthed kan let ses, da der afsættes hvide aflejringer fra kedelvandets urenheder. Er en opretstående kedel forsynet med isolation, vil det være vanskelige at se, hvorvidt der er utætheder til stede, da isolationen ofte skjuler dem. En sådan isolation bør derfor lade så meget åbent ved rensedæksler og navnligt ved bundhanens flange, at det let kan iagtages, om der fremkommer utætheder.

Utætheder ved nittesømme kan også fremkalde tæringer, og disse findes ofte som skarpt afgrænsede fordybninger i pladen. På et sådant sted er der stadig fugtighed, og derved opstår tæringerne. Er utætheden så stor, at dampen kan strømme ud i en fin stråle,. kan denne stråle fræse en fordybning ned i jernet. Ligger sådanne utætheder i trækkanalerne, vil tæringen skride meget hurtigt fremad, idet fugtigheden optager syre fra røgen, og syrens indvirkning fremmer jernets ødelæggelse. Det er derfor af største vigtighed, at alle samlinger undersøges efter kedelrensning og man vil let kunne finde utætheder, da der altid vil være afsat hvide aflejringer. Sådanne utætheder må derfor straks efterstemmes, inden kedlen sættes til igen. Det må tilrådes, at en efterstemning foretages af en fagmand, da en ukyndig ofte kan slå en nittesamling utæt i nærheden af det sted, hvor efterstemningen foretages.

Ved indmurede kedler ligger en del af sømmene under murværket; men det er sjældent, at der findes utætheder her. Dog træffes ofte tæringsangreb på steder, hvor kedlen hviler på murværksunderstøtninger. Disse tæringer, og da navnlig, hvor de ikke ligger ved nittesamlinger, skyldes fugtighed i murværket, der kan stamme fra grundvand. Disse tæringer når ofte en ret stor udbredelse, inden de opdages, hvorfor en særlig omhyggelig undersøgelse må foretages, hvis man har kendskab til, at der er fugtighed i trækkene.

Farlige tæringer på hedefladerne udvendig kan opstå ved uheldige påvirkninger fra røggassens side. Disse tæringers farlighed ligger i, at de kan strække sig over ret store arealer og forløber jævnt, hvorved de bliver vanskelige at få øje på. Hyppigst forekommer sådanne tæringer, hvor det anvendte brændsel er meget svovlholdigt. På kedlens flader afsættes et hvidt, fnugget salt. Kommer der fugtighed til, fraspalter saltlaget svovlsyre, der angriber kedlens materiale stærkt.

Ved mekanisk påvirkning, der skyldes flyveaske, kan der også opstå tæringer, der har et jævnt forløb, og derved kan være vanskelige at bemærke. Ved vandrørskedler viser en sådan slibevirksomhed sig på begge sider af kogerørene. Disses vægtykkelse kommer derved til at aftage jævnt fra den fulde tykkelse til de afslebne dele, og ved en besigtelse er det derfor vanskeligt at få øje derpå. Bankes der på rørene, kan det konstateres, hvorvidt der er sket slid.

En anden mekanisk påvirkning, der er konstateret ved vandrørskedler, skyldes en forkert indstilling af sodblæsere. Dampen har haft lejlighed til i længere tid at påvirke et rørparti på et bestemt sted og derved »bortfræset« godset, således at der er fremkommet utætheder.

Revner og brud.

Medens tæringsangreb vel kan medføre en forholdsvis langsom ødelæggelse af materialet i en kedel, frembyder revner og brud langt farligere skader, der i værste tilfælde kan medføre en eksplosion af kedlen.

De revner, der hyppigst optræder, er nittehulsrevner. De kan gå fra nittehul til pladekant. Der opstår her i reglen mindre utætheder; men faren ved disse revner er ikke så stor, da den svækkelse, de forårsager, er relativ lille. De opdages endvidere let, idet der enten kommer fugtighed frem, eller revnen gaber så meget, at den er let synlig. De findes mest ved ildkanalens rundsøm mellem 1. og 2. pladestykke, hvor varmepåvirkningen er størst.

Langt farligere end disse kantrevner er revner, der forløber fra nittehul til nittehul. De er vanskelige at få øje på, og da de begynder på den side, hvor de pågældende pladekanter ligger ovenpå hinanden, kan de ikke ses, før revnen er gået igennem pladen. Imidlertid giver de sig dog ofte før til kende ved fugtighed i samlingerne, en fugtighed som stadig holder sig, hvor meget der end stemmes. I sådanne tilfælde må tilsynet tilkaldes, der så foretager en undersøgelse, idet et antal nitter fjernes, hvorefter man ved afpudsning af nittehulskanten ret nøje kan iagttage revnerne.

Viser det sig ved en af de ovenfor omtalte kantrevner, efter at nitten er fjernet og hullet afpudset, at revnen fortsætter ind i pladen, er sagen straks mere alvorlig, hvorfor en omhyggelig reparation godkendt af tilsynet må foretages.

Nittehulsrevner kan også findes i yderskallens samlinger og samling mellem skal og bund. Disse revner er vanskelige at se, når kedlen ligger uden tryk; deres tilstedeværelse mærkes dog i reglen ved utætheder.

I endebundsrundingerne forekommer ofte revner. De udgår fra kedlens indre og viser sig som sorte streger i pladen. Foretages en udboring af en prøveprop, kan revnens synlige forløb ned i godset måles. I fig. 96 ses et stykke af en plade med en revne, der forløber halvvejs gennem pladen. Endebundsrevner kan ret hurtigt tiltage i dybden, navnlig hvis kedelbunden er plan eller

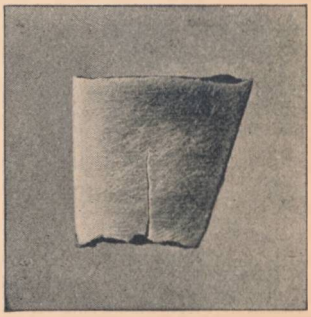


Fig. 96.

kun svagt hvælvet. Ved en for hurtig afkøling af en kedel, f. eks. ved at den fyldes med koldt vand, kan der på grund af den temperaturforskel, der er mellem det endnu glødende murværk og de kolde kedelplader, opstå revner, hvorfor en sådan fremgangsmåde, som tidligere omtalt, absolut må undgås.

Formforandringer.

I kapitel XII om kedlens daglige drift er de formforandringer, der på grund af vandmangel kan opstå ved en ildkanal, allerede omtalt. Sådanne formforandringer vil i reglen skyldes kedelpasserens mangel på agtpågivenhed. Der kan dog ved ildkanalkedler fremkomme nedtrykninger, der ikke skyldes vandmangel. Bliver en ildkanal-kedel forceret for meget, hvorved forstås, at dens dampproduktion sættes højere og højere op, kan det hænde, at kanalen begynder at give efter og få en nedsænkning. Denne foregår ret langsomt i modsætning til nedsænkninger, der skyldes vandmangel, og opmåles af tilsynet ved periodiske eftersyn. Viser det sig, at nedsænkningen tager forurolig ende til, må enten ildkanalen rettes op, eller arbejdstrykket nedsættes.

Olie- eller kedelstensbelægning oven på ildkanaler, kan også forårsage nedtrykning, idet der ved sådanne belægninger sker en isolering af kanalens materiale, hvorved kedelvandets afkølende virksomhed borttages.

I cylindriske underfyringskedler og cylindriske trækrørskedler kan der i yderskallens bund fremkomme formforandringer som buler. På de steder har slam og kedelsten samlet sig og derved isoleret pladen, hvorfor afkøling ikke kan finde sted, og pladen bliver opvarmet så stærkt, at trykket inde fra kedlen kan presse en bule ud.

I opretstående kedler, hvor pladsen mellem fyrboks og yderskal er ringe, hvorfor kedelrensning dårligt kan udføres, danner kedelstenen et isolerende lag på fyrboksens plader, og der kan her opstå lignende buler som ovenfor omtalt.

På kogerør i vandrørskedler opstår der ofte formforandrin-

ger, idet der dannes buler. De skyldes i reglen afsætning på rørets inderside, men kan også fremkomme på grund af utilstrækkelig vandcirkulation.

Endelig kan nævnes, at frost kan fremkalde formforandringer, f. eks. i et lokomobil, der ikke er tømt for vand inden vinterens komme.

TILSYNET MED DAMPKEDLER.

Her i landet føres dette tilsyn af arbejds- og fabriktilsynet. Der er i loven opstillet visse regler, der skal overholdes, og i fabriktilsynet er ansat teknisk uddannede embedsmænd, som skal kontrollere, om reglerne overholdes og sikre sig, at kedlerne virkelig kan tåle det tryk, hvormed de arbejder.

Inden en ny kedel tages i brug, bliver den underkastet et hovedsyn, der består af en vandtrykprøve og en undersøgelse af, om de givne forskrifter vedrørende forfærdigelse, indretning, opstilling og udstyr af dampkedler med dampledninger og øvrige tilbehør er fyldestgjorte, samt om de givne bestemmelser om dampkedlers pasning er overholdte.

Desuden underkastes enhver kedel med de i loven givne års mellemrum et lignende hovedsyn i forbindelse med en indvendig besigtelse.

Ved de til ubestemte tider foretagne eftersyn, skal tilsynet påse, at dampkedlen med tilbehør fremdeles er indrettet, udstyret og passet i overensstemmelse med de i loven indeholdte bestemmelser, samt at den forøvrigt er i forsvarlig stand.

Ved enhver dampkedel, der er undergivet offentligt tilsyn, skal forefindes en godkendt tilsynsbog, i hvis sidste afsnit den, der har ansvaret for kedelpasning, skal gøre optegnelser, når kedlen renses, efterses eller istandsættes, og hvor mange timer kedlen har været benyttet siden sidste kedelrensning.

DAMPMASKINEN

KAPITEL XIV.

Varme og arbejde.

Som en hovedsætning i varmelæren kan anføres, at varme og arbejde er af samme værdi, det vil sige, at den ene af dem under dertil egnede forhold kan omdannes til den anden. Hvorledes denne omdannelse sker, er her ligegyldigt; men en bestemt mængde varme vil altid yde det samme arbejde og omvendt: en bestemt arbejdsmængde levere altid den samme mængde varme.

For at få frembragt et arbejde, må der være en kraft til stede. Ved en kraft forstår man årsagen til, at et legeme forandrer sin bevægelse i retning eller hastighed, idet herunder indbefattes, at det går fra hvile til bevægelse eller omvendt. En krafts størrelse måles i kilogram (kg). Således måles størrelsen af den tyngdekraft, der påvirker et legeme, simpelthen ved at veje legemet.

Arbejdet, der frembringes ved at en kraft påvirker et legeme, måles i kilogrammeter (kgm), idet arbejdet udtrykkes ved kraft gange den vej, legemet er flyttet i kraftens retning.

Da et bestemt arbejde altid vil fremkalde den samme mængde varme, er det konstateret, at der skal udføres et arbejde på 427 kgm for at fremskaffe 1 kalorie, der er målet for varmeenhed.

Varme betragtes som en slags bevægelse af de uendelig små dele, et legeme eller luftart består af.

I overensstemmelse med ovenstående er varme kun en anden energiform for arbejde. Ved et legemes energi, forstår man dettes evne til at udføre et arbejde. Energi kendes i forskellige for-

mer, idet der tales om varmeenergi, om mekanisk energi, elektrisk energi eller kemisk energi.

Et virkeligt tab af energi kan aldrig finde sted. Det energitab, der kan bemærkes ved maskiner på grund af gnidning, stød el. l. er kun tab i maskinens virkningsgrad, ikke noget virkeligt energitab, thi i sådanne tilfælde omsættes kun den ene energiform til en anden.

Skal en maskines arbejdsydelse måles, sker dette under hensyntagen til den tid, som det tager maskinen at udføre et arbejde af en vis størrelse. Arbejdsydelsen måles i hestekraft, hvorved der forstås det arbejde, der udføres, når 75 kg løftes 1 m på 1 sekund.

Oversigt over dampmaskinen.

I en stempeldampmaskine bliver dampens spænding brugt til at udføre et mekanisk arbejde. Dampen virker på et i en dampcylinder frem- og tilbagegående stempel, idet den afvekslende ledes ind på den ene eller den anden side af dampstemplet. Dettes frem- og tilbagegående bevægelse omsættes ved hjælp af krumtapmekanismen til hovedakslens drejende bevægelse, hvorfra denne bevægelse føres over til transmissions- eller arbejdsaksler. I forbindelse med stemplet findes krydshovedet, der styres af et styr. Fra krydshovedtappen udgår plejlstangen, der i sin anden ende griber om krumtappen, der er anbragt i krumtaparmen, der er fastkilet på dampmaskinens hovedaksel.

Den side af dampstemplet, der vender mod krumtappen, kaldes krumtapsiden, medens den anden side kaldes topsiden. Ved hjælp af dampstyringen fordeles damptilgangen til begge sider af stemplet. Styringen sørger for, at hver side af stemplet afvekslende og i rette tid under vandringen i cylinderen kommer ud for en kanal, gennem hvilken frisk damp ledes ind i cylinderen og med en anden kanal, hvorigennem den brugte damp igen kan ledes ud. Der skelnes mellem den indvendige og den ydre styring; til den første hører de afspærringsorganer, glider eller ventiler, der åbner og lukker de nævnte kanaler, og til de

sidste de apparater, hvorigennem afspærringsorganerne bevæges fra krumtapakslen.

Medens dampmaskinens hovedaksel har drejet sig een omgang, har stemplet gennemløbet to vandringer, frem- og tilbageløbet. Ved fremløbet bevæger stemplet sig hen imod krumtappen og ved tilbageløbet bort fra denne. Under en sådan omdrejning vil stempelstang og krumtaparm to gange stå i hinandens forlængelse. Stemplet befinder sig begge gange ved vandringens endepunkt, og damptrykket, der virker i stempelstangens retning, er ikke alene i stand til at bringe krumtaparmen videre. Disse to stillinger kaldes d ø d p u n k t e r. I begge disse dødpunktstillinger må der mellem dampstemplet og den pågældende cylinderende være et vist spillerum, for at de to dele ikke skal støde mod hinanden. Disse rum kaldes de s k a d e l i g e r u m, dels fordi den damp, der medgår til at fylde disse rum, ikke deltager i det arbejde, som den øvrige friskdamp udfører, og dels fordi rummets overflade på ufordelagtig måde indvirker på maskinens nyttevirkning.

For nu at få stempelmaskiner over dødpunkterne, er det ved de maskiner, der kun har en cylinder og ved de, der vel har flere cylindre, men hvor stemplerne samtidig når dødpunkterne, nødvendigt at anbringe en yderligere kraft, og denne fås gennem et på hovedakslen anbragt s v i n g h j u l, der har en tung krans, der bevirker, at det ikke straks standser, når hjulet først er i bevægelse. Svinghjulet har dog også en anden opgave, der behøves ved alle stempelmaskiner, idet det nemlig regulerer krumtappens hastighed under den enkelte omdrejning. Dampens tryk på stemplet er ikke konstant under stemplets slag, og desuden er forholdet mellem stemplets vej og den vej, krumtappen har tilbagelagt ikke af samme størrelse under slaget, hvorfor svinghjulets regulerende egenskaber er nødvendige.

Medens svinghjulet således har regulerende virkning på den enkelte omdrejning, må desuden enhver stempeldampmaskine forsynes med andre apparater, der regulerer for flere omdrejninger, eller, hvad der bliver det samme, regulerer omdrejninger pr. minut. Dette omdrejningstal vil ændre sig, eftersom der sker en ændring af maskinens belastning, og dette finder sted,

ifald der sættes flere arbejdsmaskiner til, eller nogle standses. Dampens arbejde må reguleres efter det krav, der stilles til dampmaskinen. Dette kan enten ske ved en ændring af dampens spænding eller ved ændring af den mængde damp, der kommer ind i cylinderen. Ved en spændingsændring drosles dampen så stærkt, det er nødvendigt, hvilket sker ved en tværsnitsændring i dampledningen til cylinderen, medens den anden regulering sker ved at ændre fyldningsgraden. Disse ændringer foretages ved hjælp af regulatorer.

Ved stempelmaskiner skelner man mellem modtryks- og kondensationsmaskiner. Ved de første strømmer dampen fra cylinderen ud i det fri, således at der foran stemplet hersker yderluftens tryk plus det tryk, der skyldes ledningsmodstandene. Ved de sidste strømmer dampen ind i en kondensator, hvor en fortætning af dampen finder sted. I kondensatoren skabes et undertryk, der forplantes til rummet foran stemplet. Dette undertryk medfører, at kondensationsmaskiner under ellers lige forhold arbejder med et større tryk på stemplet end modtryksmaskinen, og udvikler derved et større arbejde. En del af dette merarbejde medgår dog til drift af kondensatorpumperne.

Yderligere deles stempeldampmaskiner i en- eller fler-cylindermaskiner, alt eftersom der er en eller flere cylindre til samme krumtapaksel. Har cylindrene ved en af de sidstnævnte de samme dimensioner, og strømmer der frisk damp ind i samtlige cylindre, kaldes disse maskiner for tvillingmaskiner. Krumtappene er ved disse anbragt således, at de aldrig når dødpunktstillingerne samtidig.

Forbinder man derimod 2, 3 eller flere cylindre med forskellige dimensioner med samme krumtapaksel og lader den friske damp strømme ind i den første (og mindste), og efter at den har ekspanderet der, videre ind i den anden og tredie cylinder, hvori den ekspanderer videre og tilsidst fra den sidste og største ud i fri luft eller kondensator, kaldes maskinen flergangsmaskine.

En togangsmaskine har to cylindre, der kaldes høj- og lavtrykscylinderen. I den første ekspanderer dampen til et tryk af et par atmosfærer; men inden den ledes til lavtrykscylinderen, strømmer den til en mellembeholder, receiveren,

og først derfra til den sidste cylinder, hvor den ekspanderer videre, for derfra at gå til fri luft eller til kondensator.

Ligger ved en togangsmaskine de to cylindre i hinandens forlængelse med fælles stempelstang, plejlstang og krumtap, kaldes maskinen for en tandemmaskine; ligger de derimod ved siden af hinanden med hver sin stempelstang, plejlstang og krumtap, tales om en kompoundmaskine.

Dampfordelingen.

Vi vil nu betragte, hvorledes dampfordelingen er i en dampmaskine med een cylinder, medens krumtappen foretager en omdrejning. På den side af stemplet, der vender bort fra krumtappen (topsiden), åbnes der for indstrømningskanalen kort før stemplet står i dødpunktet (krumtapstillingen er så *O-1* fig. 97) og tilgangen lukkes, når stemplet har tilbagelagt det stykke af vandringen bort fra dødpunktet, der svarer til fyldningen (krumtapstilling *O-2*). Udstrømningskanalen åbnes kort før stemplet når til den anden dødpunktstilling (krumtapstilling *O-3*). Når stemplet, der nu er på tilbagevejen, når den stilling, der svarer til krumtapstillingen *O-4*, lukker styringen for udstrømningskanalen, og kort før stemplet når dødpunktstilling i topsiden, åbnes igen for indstrømningen (krumtapstilling *O-1*). Medens stemplet vandrer fra den stilling, der svarer til krumtapstilling *O-2* til den, der svarer til stillingen *O-3*, er dampen indesluttet i cylinderen på topsiden af stemplet, og dampen er ligeledes indesluttet i cylinderen, når stemplet vandrer fra den stilling, der er betegnet ved *O-4* til stillingen *O-1*. I det første tilfælde forøges rummet mellem stemplet og cylinderens top, dampen må derfor ekspandere, d. v. s. den udvider sig; i det andet tilfælde formindskes rummet, således at den damp, restdampen, der endnu er tilbage, efter at udstrømningen har fundet sted, trykkes sammen eller komprimeres.

På topsiden sker der altså følgende, når stemplet går fra topdødpunktet til dødpunktet nærmest krumtappen:

1. dampindstrømning eller fyldningen under krumtapbevægelsen fra *K* til *2*,

2. ekspansionen under krumtapbevægelsen *2-3*.
3. forudstrømningen *(Fu)*, der er den del af udstrømningen, der foregår før stemplet når krumtapdødpunktet, og sker under krumtapbevægelsen *3-K¹*.

Går stemplet tilbage til topdødpunktet følger:

4. udstrømningen under krumtapbevægelsen *K¹-4*.
5. kompressionen *(Kompr.)* under krumtapbevægelsen *4-1*.
6. forindstrømningen *(Fi)*, der en den del af indstrømningen, der sker, før stemplet når topdødpunktet igen.

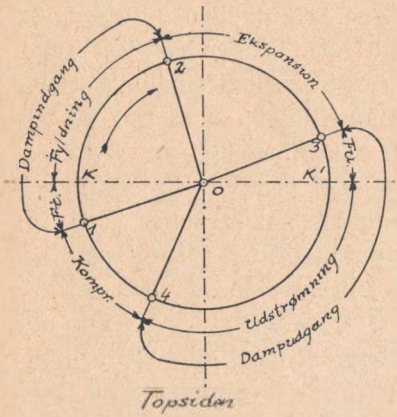


Fig. 97.

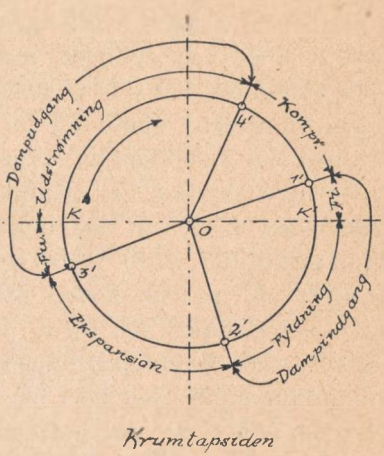


Fig. 98.

På stemplets modsatte side — krumtapside — gælder den samme dampfordeling; men her skal de to dødpunktstillinger byttes om. Af fig. 98 fremgår, hvorledes de forskellige karakteristiske krumtapstillinger på stemplets krumtapside står, således at de svarer til stillingerne i fig. 97, og det vil ses, at de tilsvarende stillinger står diamentralt over for hinanden.

Dampdiagrammet.

Vil man undersøge, hvorledes dampens spændingsforhold er i dampcylinderen, benyttes et diagram, der desuden anvendes til at beregne maskinens kraft. Dampdiagrammet er en lukket

kurve, der viser, hvorledes damptrykket forandrer sig i cylinderen, medens stemplet vandrer en gang frem og tilbage.

Et sådant diagram optegnes ved hjælp af et instrument, der kaldes en i n d i k a t o r.

Indikatoren blev opfundet af James Watt, og det instrument, han benyttede, er vist skitseret i fig. 99. Den består af en cylinder *A* og i denne kan et stempel bevæge sig damptæt. Indikatoren fastgøres på en stuts *B*, der sidder på dampmaskinens cylinder. Ved *C* er der anbragt en hane, der har en lige gennemboring, gennem hvilken damp fra cylinderen ledes ind i indikatoren, hvorved der kommer samme tryk på undersiden af stemplet, som der til enhver tid er i cylinderen. Lukkes hanen *C*, kommer indikatorens nederste ende i forbindelse med den ydre luft gennem en vinkelboring i hanetolden og et lille hul i hanehuset. Foroven er cylinderen altid i forbindelse med fri luft gennem nogle huller i cylindervæggen.

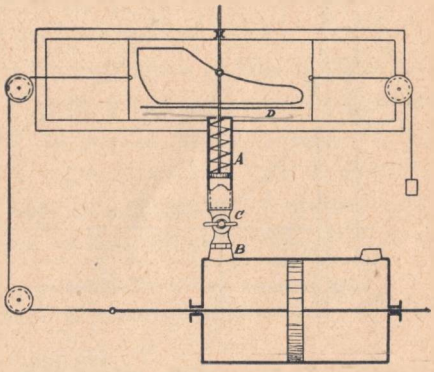


Fig. 99.

Er hanen *C* lukket, virker atmosfærens tryk på begge sider af stemplet. Mellem dette og cylinderens øverste låg er indskudt en fjeder, der sammenpresses mere og mere, jo større damptrykket er, der ledes ind i indikatoren. Stemplet er fastgjort på en stempelstang, der fører ud gennem cylinderens øverste låg, og på den forlængede stang er der anbragt en skrivestift.

Til en bestemt højde af stemplet svarer en bestemt stilling af skrivestiften. Forbi denne føres nu et stykke papir, der trækkes frem og tilbage i en ramme i samme takt som dampmaskinens stempel, idet rammen trækkes af en snorforbindelse, hvis anden ende følger dampmaskinens stempelstang.

Er indikatorhanen *C* lukket, står indikatorstemplet stille,

hvorfor skrivestiften vil aftegne en ret linie *D* på papiret. Denne linie kaldes den atmosfæriske linie.

Lukkes der nu op for indikatorhanen, medens maskinen er i gang, vil damptrykket påvirke undersiden af indikatorstemplet og få dette til at bevæge sig op og ned, idet fjederen holder ligevægt med trykket. Skrivestiften vil nu på papiret tegne en kurve,

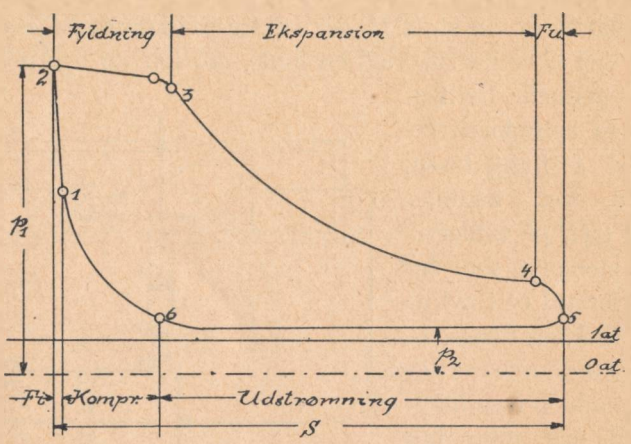


Fig. 100.

der er dampdiagrammet for den cylinderende, hvorpå indikatoren sidder.

Af diagrammet kan man læse, hvor stort damptrykket har været i cylinderen ved en hvilkensomhelst stilling af stemplet. Diagrammets længde svarer til stemplets vandring, og de lodrette afstande fra den atmosfæriske linie til kurvens punkter angiver det tryk, der hersker pågældende sted. For at kunne aflæse dette tryk, er det dog nødvendigt, at man kender fjederens målestok, ved hvilken man forstår det antal millimeter, skrivestiften løfter sig, når trykket under stemplet er steget 1 atmosfære.

Den målte afstand angiver overtrykket, d. v. s. trykket over atmosfæren. Vil man finde det absolutte tryk, må man til det fundne tryk lægge atmosfærens tryk. Tegner man derfor under og parallelt med den atmosfæriske linie en anden linie i

en afstand, der svarer til luftens tryk og afsat med fjederens målestok, har man den absolutte nullinie, og måles lodret herfra, findes det absolutte tryk.

Fig. 100 viser et diagram, der er taget på stemplets ene side på en modtryksdampmaskine.

Kurven *2—3* angiver indstrømningen regnet fra dødpunktet, hvorfra stemplet vandrer. Trykket er i *2* p_1 og synker kun lidt afhængig af modstandene i styring og indstrømningskanaler.

3—4 er ekspansionen under hvilken den friske damps tryk falder, idet rummet bag stemplet vokser, efterhånden som stemplet nærmer sig til det andet dødpunkt.

4—5 angiver dampens forudstrømning (*Fu*), ved hvilken damptrykket er bragt ned til modtrykket p_2. Modtrykket holdes konstant under kurven *5—6;* ved *6* påbegyndes kompressionen, idet restdampens spænding stiger, da rummet tager af. Kompressionen forløber fra *6—1*, og *1—2* angiver forindstrømningen (*Fi*), gennem hvilken restdampen bringes op på spændingen p_1.

Den vandrette linie *1—1* at er den atmosfæriske linie, medens *0—0* at er nullinien.

Ved kondensationsmaskiner vil kurvestykket *5—6* ligge under den atmosfæriske linie.

Dampdiagrammet er et arbejdsdiagram, og diagrammets areal er et mål for det arbejde, som dampen udfører og ved hjælp af arealet, maskinens omdrejninger og stemplets areal, findes hvor mange hestekræfter, maskinen har.

Fyldningsgraden.

Da det er den i cylinderen indstrømmende damp, der udfører arbejdet, er det af interesse, at denne damp møder så ringe modstand som muligt, dels på sin vej ind i cylinderen, dels medens den arbejder i cylinderen og sluttelig, når den forlader den. Man må derfor undgå en drøvling af dampen og opnår dette, når de kanaler, hvorigennem dampen strømmer ind, er tilstrækkelig vide, og når de organer, der bestemmer udstrømningen, ligeledes er vide, men samtidig lukker hurtigt.

Dampindstrømningen eller fyldningen bestemmes ved forholdet s_1/s, hvor s_1 er den vej, stemplet gennemløber, medens ind-

strømningen sker, og *s* er hele vejen fra det ene dødpunkt til det andet. Den fyldning, maskinen i almindelighed arbejder med, kaldes dens normale fyldning,

Den største fyldning er afhængig af hvilket arbejde, maskinen skal yde. Erfaringer har vist, at den øverste fyldningsgrænse ikke maa være for stor, og den sættes ved en-cylindermaskinen i reglen fra 50 til 60 % ved modtryksmaskiner og 40 til 50 % ved maskiner med kondensation.

Varmeudveksling mellem damp og cylindervæg.

Ved en-cylindermaskinen vil den indvendige del af cylindervæggen i den tid, krumtappen foretager en enkelt omdrejning, komme i forbindelse med damp med mange forskellige temperaturer. Dampens temperatur er højest i det øjeblik, den strømmer ind i cylinderen, medens den er lavest ved udstrømningen. Cylindervæggen kan ikke saa hurtigt skifte temperatur, som dampen er i stand til, og følgen vil være, at der under en omdrejning af maskinen finder en livlig varmeudveksling sted mellem damp og cylinder. Er dampens temperatur højere end væggens, vil den afgive varme til denne, hvorved der, naar det er mættet damp, vil ske en kondensation; medens det modsatte vil ske, naar væggen er varmere end dampen, idet denne saa vil modtage varme fra væggen, hvorved den før kondenserede damp igen kan bringes til at fordampe.

Arbejder saaledes en dampmaskine med mættet damp, vil da ske følgende. Den damp, der strømmer ind i cylinderen, vil møde vægge, der lige har været i forbindelse med den udstrømmede damp, der havde mindre temperatur og spænding. En del af den friske damp vil derfor straks fortættes, og en anden del fortættes, når stemplet under sin vej åbner adgang til ny og kold overflade på cylinderen. Den fortættede damp går tabt, og der må derfor tilføres frisk damp for at erstatte den tabte. Under den største del af ekspansionen vil der ske en fortætning af dampen, altså et tab, og først, naar den ekspanderende damps temperatur synker under væggens temperatur, holder kondensationen op, og i den sidste del af ekspansionen kan der være tale om en genfordampning af den allerede fortættede damp.

Denne efterfordampning begynder jo senere, desto stærkere cylindervæggen er afkølet under dampudstrømningen. Der genvindes noget af dampen under efterfordampningen, men der vil dog altid ske et tab, idet er ikke kan genvindes saa meget, som der er tabt.

Efterfordampningen finder sted under hele dampudstrømningen og begynder endda ofte først under denne. Den varme, dampen har modtaget fra cylindervæggen under udstrømningen, går imidlertid tabt for maskinens nyttevirkning, da det fordampede kondensvand jo træder ud i fri luft eller ind i kondensatoren.

Damptrøje og overhedning.

For at formindske varmeudveksling mellem damp og cylindervæg, kan der anvendes tre midler:

1. En deling af temperaturfaldet, der sker ved flertrins ekspansion i to eller tre cylindre.

2. Ved benyttelse af damptrøje, der hovedsagelig anvendes ved maskiner, der arbejder med mættet damp. Omgives cylinderen med en kappe eller trøje, hvorind der ledes frisk damp, vil temperaturforskellen mellem cylindervæggens indvendige overflade og dampen blive mindre, end når der ingen damptrøje findes. Der må ganske vist bruges en del frisk damp til damptrøjen, og denne damp anvendes således ikke inde i cylinderen; men dette tab er ikke så stort, som tabet vil være, når der arbejdes uden damptrøje.

3. Overhedning af dampen. Anvendelse af overhedet damp er langt det bedste middel til at hæve den skadelige indflydelse, som varmeudvekslingen mellem damp og cylinder forårsager. Sålænge dampen i cylinderen er overhedet, sker der ingen fortætning; thi denne begynder først, når dampen på grund af varmeafgivelse til væggene når mætningstemperatur, og dette vil i reglen først ske et stykke hen i ekspansionsperioden. Der sker naturligvis et tab under dampens afkøling; men sålænge den ikke er fortættet, har den dog stadig en spænding, der kan udnyttes til stemplets fremdrivning.

Dampstyringen.

Fra dampkedlen ledes dampen gennem dampledninger hen til dampmaskinen og skal derefter strømme ind i cylinderen for der at virke paa stemplet. I cylinderen er anbragt dampkanaler, og vi skal nu undersøge, hvorledes dampen styres ved disse kanaler, således at den rettidig strømmer ind foran stemplet og strømmer ud igen, når dens arbejde er gjort. Dampen styres af afspærringsorganer og der skelnes her mellem kasseglidere, stempelglidere og ventilstyring, og til disse kan følgende bemærkes:

Kasse- eller skuffeglideren er mest anvendt ved mindre dampmaskiner. Denne glider har den fordel, at den tåler ret store påvirkninger, og at den yder en god tæthed for dampen. Mindre fordelagtigt er, at den har stor gnidningsmodstand og har en høj egenvægt. For tryk over 8 ato. egner den sig ikke, idet der ved højere tryk opstår vanskeligheder ved smøring af den; ligeledes kan den ikke anvendes ved overhedet damp.

Ved **stempelglideren** er glideren, når den er fuldstændig tæt, aflastet af damptrykket fra den damp, der på alle sider omgiver den.

Den forårsager derfor kun ringe modstand og regulerer let. Mindre fordelagtig er, at den har et stort skadeligt rum, og at det er vanskeligt at skaffe tæthed til veje, hvorfor der ofte er store damptab. Der kan indsættes tætningsringe, men disse forøger gnidningsmodstanden. Den egner sig bedst til høje tryk og til stående maskiner med høje omdrejningstal; thi ved stående maskiner falder dens egenvægt i bevægelsens retning, og ved anvendelsen af høje tryk spiller det skadelige rum og utætheden ikke så stor en rolle.

Ventilstyring har ved en ringe egenvægt en symetrisk form uden ensidige materialetykkelser. Tætningsfladerne glider ikke oven på hinanden ved åbning og lukning for dampen, men bevæger sig lodret mod hinanden. Der sker derfor intet stort slid. Ventilerne er tættere end stempelglidere, og det skadelige rum er mindre end ved skuffegliderne. De tåler højere dampspæn-

dinger og temperatur og anvendes derfor hovedsagelig med overhedet damp.

Den enkelte glider. Fig 101 viser den enkelte skuffeglider i længdesnit. Den glider over tre kanaler, af hvilke den venstre og højre fører ind til cylinderen, medens den midterste står i forbindelse med fri luft eller med kondensator. Glideren bevæges af ekscentrik, der er anbragt på dampmaskinens hovedaksel. I figuren står glideren i sin midterstilling, og begge gliderlapper dækker sidekanalerne, der har en bredde *a*, og desuden er der en ydre dækning *e*, og en indvendig dækning *i*. Lappernes bredder er $e + a + i$, og der strømmer damp ind i venstre kanal efter den optrukne pil, når den yderste kant af den venstre lap åbner for kanalen, medens den brugte damp efter den punkterede pil strømmer ud af glideren, når samme laps indvendige kant åbner for venstre kanal.

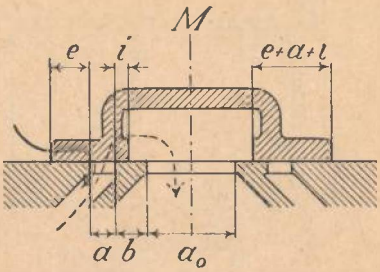


Fig. 101.

I fig. 102 er skematisk vist en dampcylinder med stempel, dampkanaler og glider. Dampkanalerne udmunder mod gliderkassen i en plansleben flade *A*, der kaldes cylinderspejlet. Glideren *B* ligger an mod dette med en ligeledes plansleben flade, gliderspejlet. I figuren er vist 6 forskellige stillinger af glideren. Når stemplet står i stilling *1*, er det på vej til dødpunktstillingen til venstre (og svarer til krumtapstillingen *0–1* i fig. 97, side 186). Glideren bevæger sig til højre og står i den stilling som vist på selve figuren, idet den skal til at lukke op for dampindstrømningen i venstre kanal.

Er stemplet kommet i dødpunktstillingen *2*, vender det og vandrer mod højre, således at der efterhånden kan strømme mere og mere damp ind i cylinderen. Under denne vandring har glideren nået sin yderstilling til højre og vender nu og bevæger sig til venstre. Har den nået stilling *III*, vil den lukke for damp-

indstrømningen i venstre cylinderkanal, og der vil ikke komme mere damp ind. Stemplet er nået til stilling *3* (svarende til stilling *0–2* i fig. 97). Dampens ekspansion begynder nu og varer til *4*, hvor forudstrømningen begynder. På dette tidspunkt er glideren nået til stilling *IV*, hvor den endnu lukker for venstre dampport. Kort efter vil den lukke op for denne, og da stemplet nu har været i sin dødpunktstilling i højre side, vil det vandre mod venstre, hvorved det vil drive dampen ud gennem den midterste kanal, idet glideren åbner mere og mere til denne. Denne afstrømning vedvarer, indtil glideren har været i sin yderstilling til venstre og nået tilbage til det samme sted, hvor den stod, da dampstemplet stod i *4*. Gliderens stilling er nu angivet i *VI*. Den lukker for afstrømningen, og stemplet komprimerer restdampen, indtil stemplet når sin stilling 1, hvor glideren igen er ved at åbne for dampindstrømningen, idet forindstrømningen påbegyndes igen.

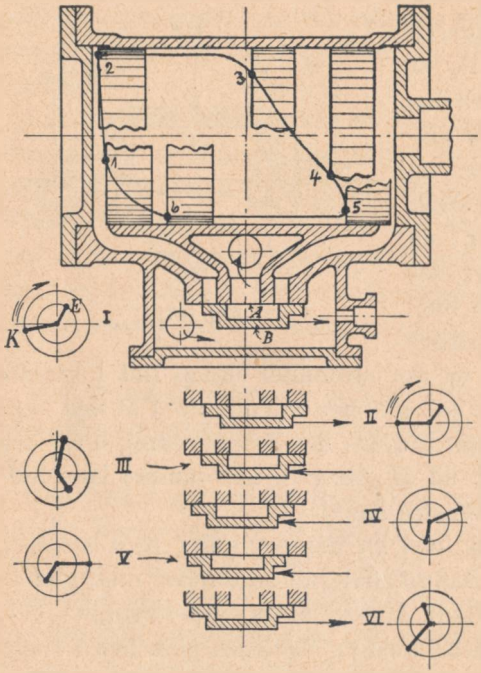


Fig. 102.

På dampcylinderens højre side foregår en lignende virkning, idet dampen styres af gliderens anden ende; men heraf følger, at der er indstrømning i denne cylinderende, når der er udstrømning i den anden.

I cylinderen er indtegnet et dampdiagram, således at dampens spænding kan følges ved gliderens forskellige stillinger. De

i figuren angivne tal svarer til tallene i dampdiagrammet i fig. 100.

Den enkelte stempelglider er et legeme, der i længdesnit ligner den almindelige skuffeglider. Den glider i et cylindrisk udboret cylinderspejl. Hvad der i det foregående er sagt om den enkelte skuffeglider, gælder også for den enkelte stempelglider (fig. 103).

Ekspansionsglideren. For at få en rolig gang af maskinen og en økonomisk udnyttelse af dampen, må glideren arbejde således, som det er vist i fig. 102, således at den åbner og lukker for dampindgangen på de tidspunkter, der er angivet i figuren. Der må derfor sørges for, at glideren får en bevægelse, der svarer til de angivne stillinger, og dette opnås ved, at glideren er i stangforbindelse med en på hovedakslen fastkilet ekscentrik, der er således konstrueret, at den under akslens omdrejninger fører glideren hen i de omtalte stillinger.

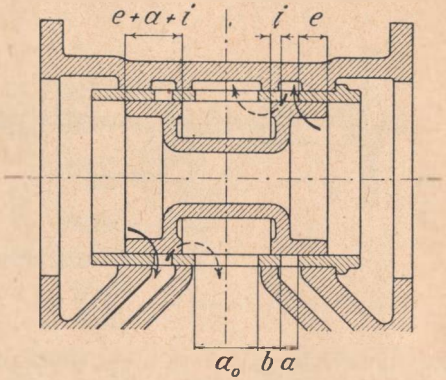


Fig. 103.

Er imidlertid en skuffeglider indstillet til at arbejde, vil den altid åbne og lukke for dampindgangen på samme måde, således at den pågældende maskine vil arbejde med samme fyldning. Skal denne forandres, kræver det en forandring i gliderens bevægelse, og dette vil medføre en forandring i hele dens virkemåde. Det har ved forsøg vist sig, at det er mest økonomisk at arbejde med små fyldninger; men på grund af maskinens vekslende belastning må fyldningsgraden kunne ændres, selvom dette medfører en mindre økonomisk virkningsmåde.

En sådan forandring af fyldningsgraden kan som ovenfor nævnt kun med store vanskeligheder opnås ved den faste glider, hvorfor man har været nødsaget til at konstruere glidere med

foranderlig fyldning. Dette kan gøres på mange forskellige måder, men her skal kun nævnes to glidere, der arbejder således.

Meyers glider (vist i fig. 104) er for det meste bygget således, at dampreguleringen foretages med hånden. Meyers glider består af en hovedglider, der ligger an mod cylinderspejlet og trækkes med egen forbindelse til en ekscentrik. Hovedglideren er noget anderledes konstrueret end den almindelige skuffeglider, idet der er etableret en dampgennemgang gennem hovedglideren. Denne er derfor forsynet med to gennemgående kana-

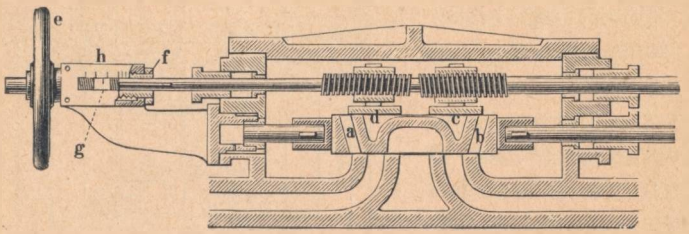


Fig. 104.

ler, mærket *a* og *b* i figuren. Mellem disse kanaler ligger den åbning, der ved udstrømningen leder dampen bort.

Ovenpå hovedglideren glider ekspansionsglideren, der består af to planslebne klodser *c* og *d*, der begge sidder på en stang i forbindelse med en anden ekscentrik på hovedakslen.

Hovedglideren arbejder som en almindelig skuffeglider. Åbner den for indstrømning af damp i den venstre cylinderende, vil dampen strømme ind gennem kanalen *a;* men inden den lukker for dampporten igen, har ekspansionsgliderens venstre klods *d* lukket for kanalen *a*, således at der ikke kan strømme damp ind i cylinderen, hvor da ekspansionen begynder. De to ekspansionsgliderklodser er ikke i fast forbindelse med deres trækstang; men denne er forsynet med skrueskåret gevind, hvor klodserne har fat. Ved den ene klods er der højre gevind, medens der er venstre gevind ved den anden. Drejes der derfor på håndhjulet *e*, vil de to gliderklodser enten nærme sig til hinanden eller bevæge sig bort fra hinanden, alt efter hvilken vej, der drejes

på håndhjulet. På den måde er man i stand til at regulere fyldningen. Nærmes således klodserne til hinanden, vil *d* lukke senere af for damptilførslen, og der opstår derfor en større fyldning og omvendt, hvis klodserne fjernes fra hinanden.

Anvendes Meyers glider, kan fyldningen varieres fra 0 og op til 70 %; men indstillingen må som nævnt foretages med hånden.

Ved **Riders glider** foretager dampmaskinen selv indstillingen, idet denne glider sættes i forbindelse med dampmaskinens regulator. Ved denne glider findes der også en hovedglider; men kanalerne i denne er på den side, der vender imod ekspansionsglideren, ikke parallelle, men ligger skråt, medens ekspansionsglideren består af en trapezformet plade, se fig. 105, hvor de to skraverede firkanter er hovedgliderens kanalåbninger mod ekspansionsglideren. Ændringer i fyldningsgraden foretages ved at løfte eller sænke ekspansionsglideren på dens trækstang, der står i forbindelse med regulatoren. Riders glider er dog sædvanligvis udført på anden måde, nemlig med rund ekspansionsglider (fig. 106).

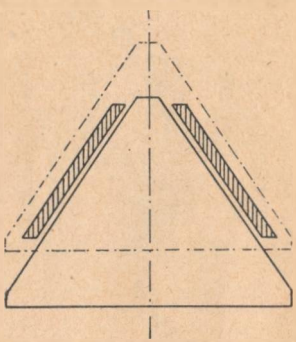


Fig. 105.

Hovedglideren *A*, der stadig glider plant på cylinderspejlet, tildannes med en ryg, der er formet som en cylindrisk del, hvori ekspansionsgliderens trapezformede plade, der nu er bøjet til cylinderform, passer. I figuren ses til venstre et tværsnit, hvor cylinderspejlet ses nederst. På dette glider hovedglideren *A*, og i denne ekspansionsglideren *B*. I billedets højre del ses et længdesnit, og de skrå kanaler i hovedglideren er mærket *a* og *b*. Ved at dreje ekspansionsglideren skabes en større eller mindre tildækning af de skrå dampporte, og denne drejning foretages direkte af regulatoren, der står i forbindelse med ekspansionsgliderens stang.

Ventilstyring.

Ved liggende dampmaskiner anbringes sædvanligvis 4 stkr. ventiler ved cylinderenderne. Indstrømningsventilerne foroven og udstrømningsventilerne forneden. Ved at indbygge ventilerne i cylinderdækslerne kan man formindske det skadelige rum; men det bliver i sådanne tilfælde vanskeligt at komme ind til stemplet og cylinderens indvendige dele, hvorfor denne anbringelsesmåde ikke benyttes meget. Ventilernes bevægelse foregår i reglen gennem ekscentrikker, der findes anbragt på en styre-

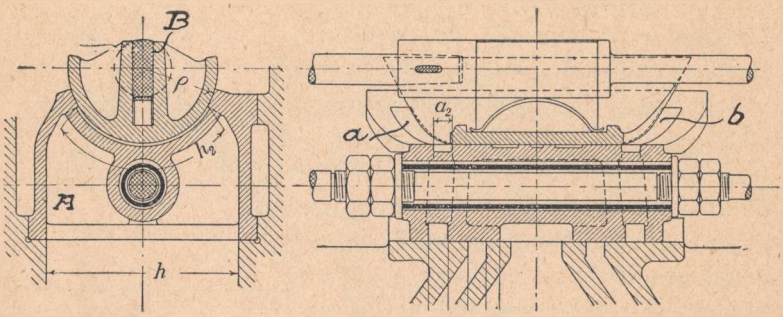


Fig. 106.

aksel, der er lejret parallelt med maskinens længderetning (se fig. 107). Styreakslen trækkes fra hovedakslen gennem et par tandhjul.

Ventilstyring anvendes hovedsageligt ved middelstore og store maskiner, hvor det kommer an på ringe dampforbrug og god regulering.

Anvendes overhedet damp, bruges altid ventilstyring. Ved gliderstyrede må der foretages en smøring af glideren. Dette sker ved, at der trykkes olie ind i damprøret, hvorved dampen så river olien med ind til glider og cylinder. Arbejder maskinen med mættet damp, vil fugtigheden i dampen bidrage til, at olien smører bedre på gliderfladen. Er det derimod overhedet damp, der arbejdes med, mangler denne hjælpende fugtighed, og dampens høje temperatur vanskeliggør smøringen.

Fig 107 viser en ventil, og det fremgår af tegningen, hvorle-

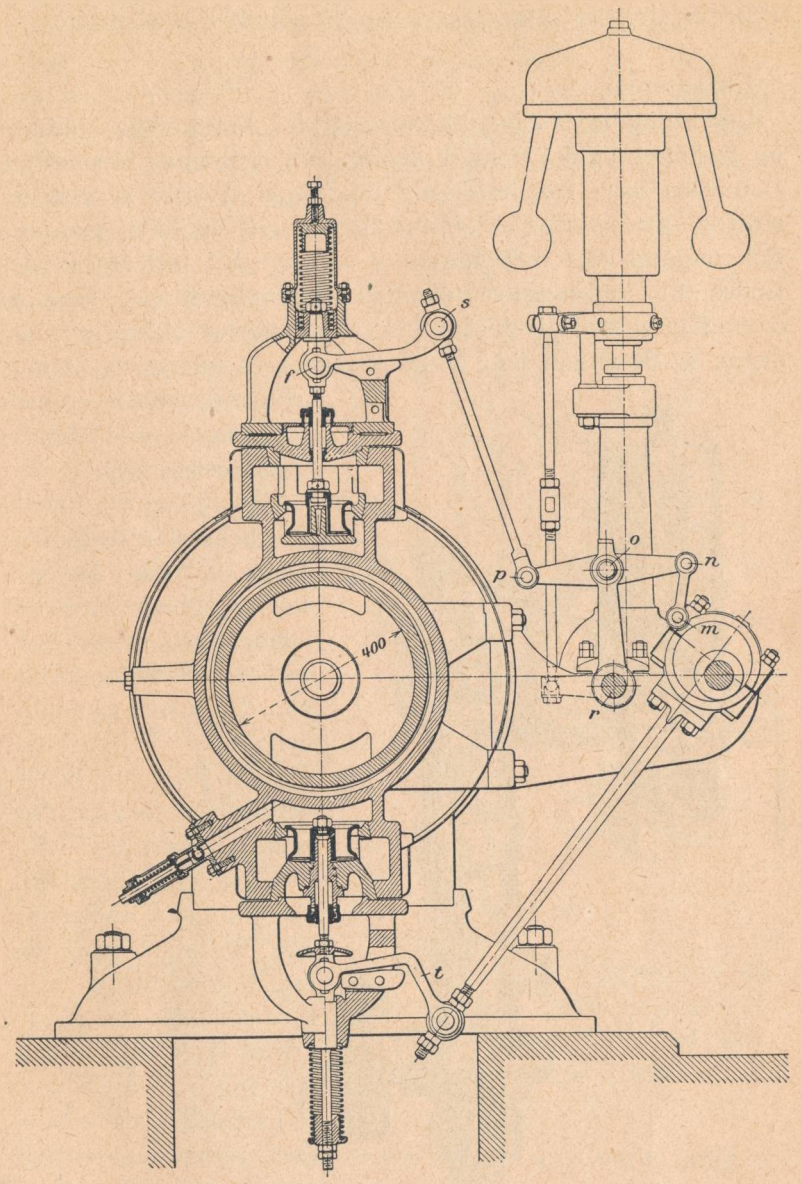


Fig. 107.

des ventilens sæde løftes ved hjælp af stænger og arme, der er i forbindelse med ekscenterskiven på styrcakslen til højre.

Indikatoren.

Under omtale af dampdiagrammet blev James Watts indikator forklaret, og det fremgik, hvorledes diagrammet blev tegnet. Den viste form kan imidlertid ikke siges at være af tilfredsstillende art, hvorfor en almindelig anvendt indikator nærmere skal omtales, idet indikatoren er det vigtigste instrument, der findes til undersøgelse af stempeldampmaskinen. Gennem dampdiagrammet gives et billede af arbejdsforholdene i cylinderen, og dette kan ikke alene anvendes til udregning af maskinens arbejdsevne, men kan også vise fejl i dampfordelingen.

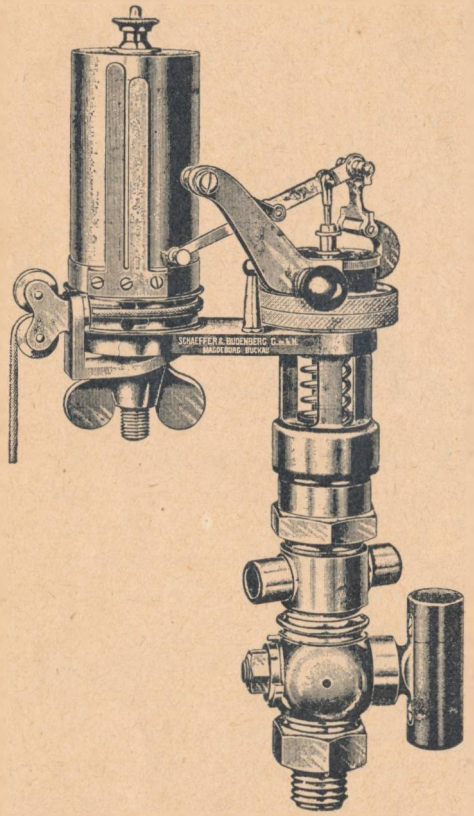


Fig. 108.

Fig. 108 og fig. 109 viser Schaeffer & Budenbergs indikator, der også har en cylinder, hvori et stempel er anbragt. Forneden ses indikatorhanen, der skrues på dampcylinderen. I hanehuset ses det lille hul, hvorigennem der etableres forbindelse med den ydre luft, når den atmosfæriske linie skal indtegnes. Fig. 109 viser indikatoren i gennemsnit, hvor *d* er stemplet, der påvirkes af fjederen *g*. Stempelstangen *h* er gennem et kugleled i forbindelse med stangen *q*, i hvis yderste ende en skrivestift er anbragt. Denne

får på denne måde den samme bevægelse som stemplet, men i større målestok. Stiftens bevægelse tegnes nu ikke ned på en ramme som i fig. 99, men på et stykke papir, der anbringes omkring en tromle, om hvis nederste ende der er anbragt en snor, der sættes i forbindelse med dampmaskinens krydshoved, eller med en medbringer anbragt på maskinens stempelstang. Derigennem får tromlen en bevægelse i takt med maskinens. Fig. 110 viser anbringelsen af en lidt anden slags indikator på dampmaskinen, hvor tromlesnoren er i forbindelse med krydshovedet. Indikatoren skal anbringes så nær cylinderen som muligt for at forhindre, at der sker fortætning af dampen, inden denne går ind til indikatorstemplet.

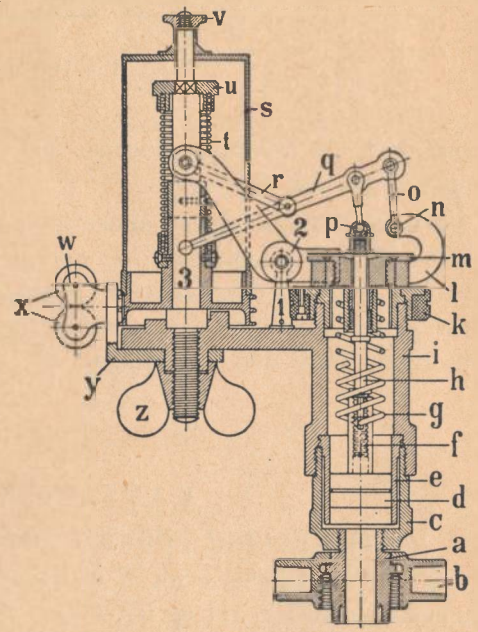


Fig. 109.

I fig. 110 er indikatoren anbragt på en ledning, der står i forbindelse med begge sider af stemplet. Midt på ledningen findes en tregangshane, således at der ved rigtige indstillinger af denne kan tages diagrammer på begge sider, uden at det er nødvendigt at flytte indikatoren. Denne anbringelsesmetode kan dog kun anvendes ved små maskiner, idet forbindelsesledningen ved større maskiner vil medføre fejl i diagrammet.

Ved større maskiner er det derfor bedst at anvende to indikatorer, en på hver cylinderende, således at der kan tages diagrammer samtidig begge steder. Er der kun en indikator til

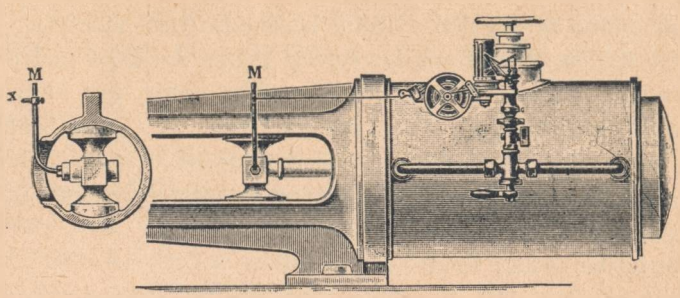


Fig. 110.

rådighed, må der tages diagram først ved den ene cylinderende og derefter ved den anden.

Før der tages diagram, åbnes indikatorhanen langsomt, indikatorcylinderen forvarmes, og muligt tilstedeværende kondensvand i denne fjernes. Derefter lader man skrivestiften spille et par gange, hvorefter den forsigtig trykkes ned mod papiret på tromlen, indtil den har aftegnet et fuldstændigt diagram.

KAPITEL XV.

FORSKELLIGE FORMER FOR DAMPMASKINER.

Den almindeligste form af den encylindrede, liggende dampmaskine ses i fig. 111 og fig. 112.

I første figur ses maskinen fra siden. *A* er cylinderen, hvortil damp føres fra dampkedlen. I cylinderen vandrer stemplet frem og tilbage, og stemplet ender i stempelstangen *B*, der damptæt glider gennem cylinderens ene endebund. Stempelstangen er i forbindelse med krydshovedet *C*, der ligeledes bevæger sig frem og tilbage, styret i denne retning af et rundstyr, som omgiver krydshovedet.

Krydshovedets frem- og tilbagegående bevægelse omsættes som tidligere nævnt ved hjælp af en krumtapmekanisme til en drejende bevægelse af hovedakslen. Krumtaparmen er mærket *F*, og i dens yderste ende er krumtappinden anbragt. Mellem

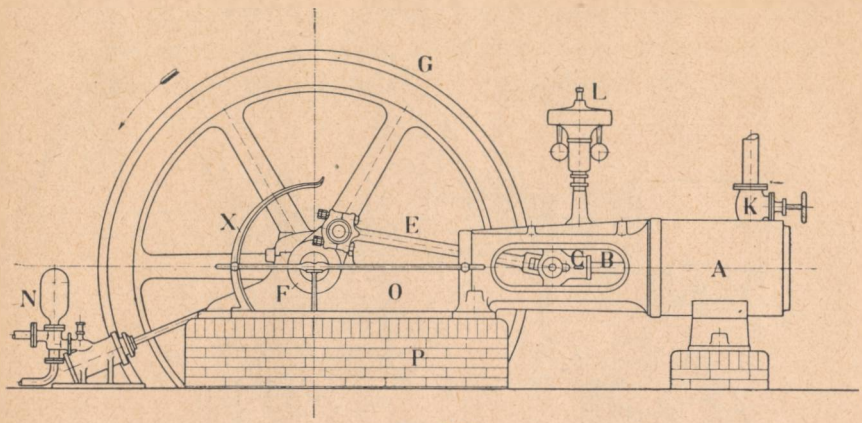


Fig. 111.

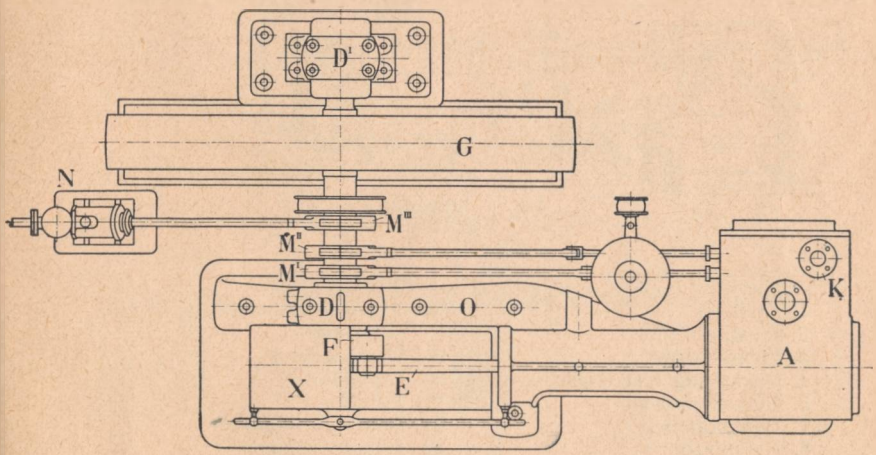


Fig. 112.

denne og krydshovedet går plejlstangen *E*. Svinghjulet *G* er fastkilet på hovedakslen, der hviler i to lejer, hovedlejet *D* og baglejet D_1. Hovedlejet og cylinderen er i solid forbindelse gennem maskinstativet.

M^1 og M^{11} er ekscentrikkerne, der trækker gliderne, medens ekscentrikken M^{111} trækker en fødepumpe *N*.

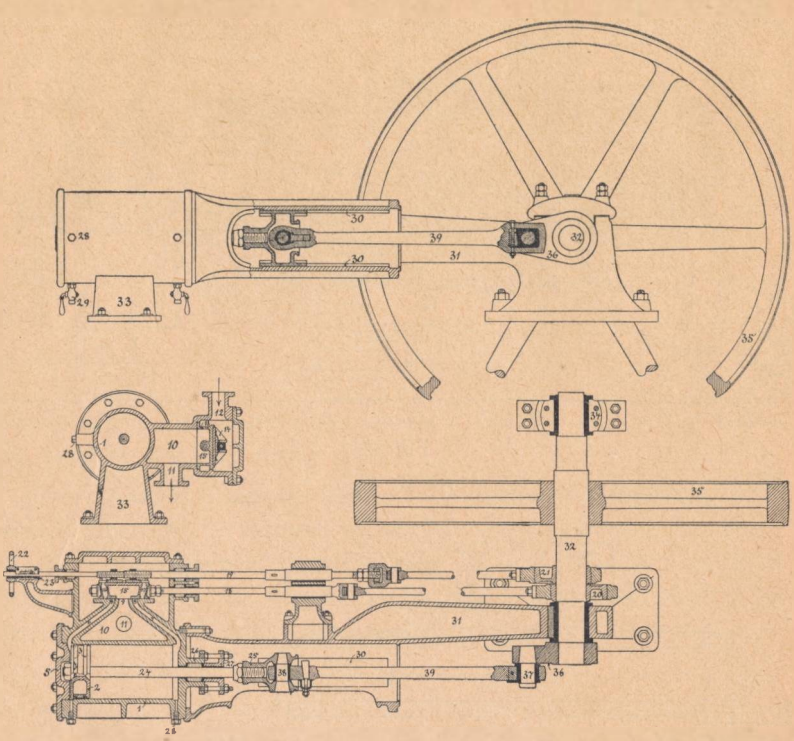


Fig. 113.

1. Cylinder
2. Stempel
3. Stempelringe
4. Opskæring i stempelring
5. Cylinderdæksel
6/7. Dampkanaler
8. Dampporte
9. Afstrømningsåbning
10. Afstrømningsrum
11. Spilddamprør
12. Damprør
13. Hovedglider
14. Ekspansionsglider
15. Hovedgliderens hulrum
16/17. Kanaler i hovedglider
18/19. Gliderstænger
20/21. Ekscentriker
22/23. Apparat til indstilling af ekspansionen
24. Stempelstang
25. Krydshoved
26/27. Pakdåse
28. Knast til indikator
29. Aftapningshane
30. Rundstyr
31. Bajonetstativ med hovedleje
32. Hovedaksel
33. Cylindrens fod
34. Bagleje
35. Svinghjul
36. Krumtaparm
37. Krumtappind
38. Krydshovedtap
39. Plejlstang

I fig. 113 ses en sådan maskine, hvor cylinderen og flere andre dele er gennemskåret, således at de forskellige ting, der tidligere er omtalt vedrørende dampens vej i cylinderen, kan ses.

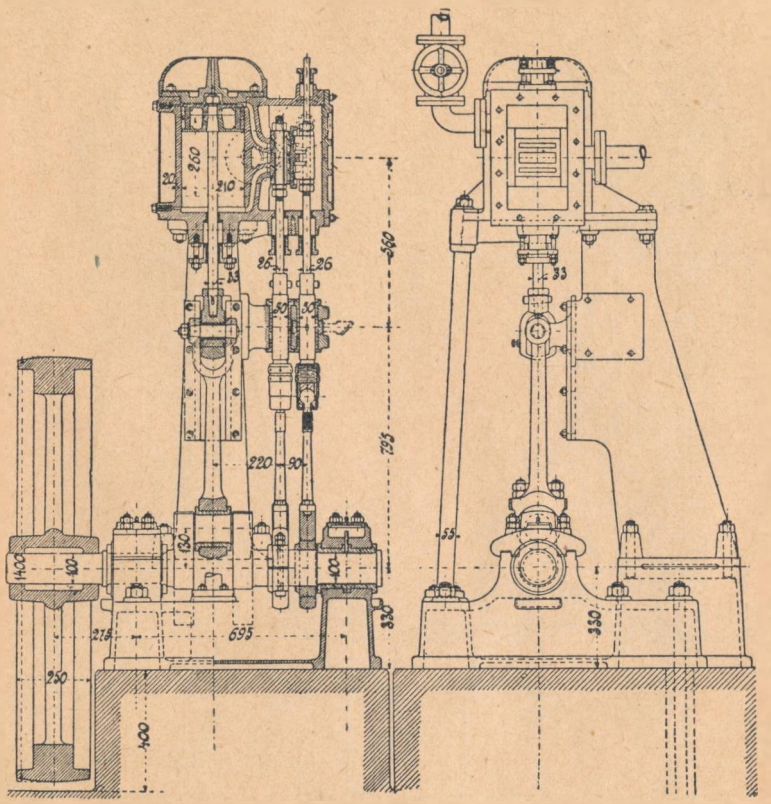


Fig. 114.

Fig. 114 viser en opretstående, encylindret maskine. Ved de stående maskiner er cylinderen anbragt øverst, og dampstemplets vandring sker i lodret retning. Den i figuren viste maskine har Meyers ekspansionsglider, og det fremgår, hvorledes gliderne trækkes fra krumtapakslen.

I fig. 115 vises en stående maskine, hvor glideren er en stempelglider. Gliderens konstruktion fremgår af figurens venstre

side, der viser maskinen gennemskåret. Stående maskiner er ofte umiddelbart koblede til en dynamo, med hvilken den står på et og samme fundament.

Ved stående maskiner er den mekaniske virkningsgrad noget

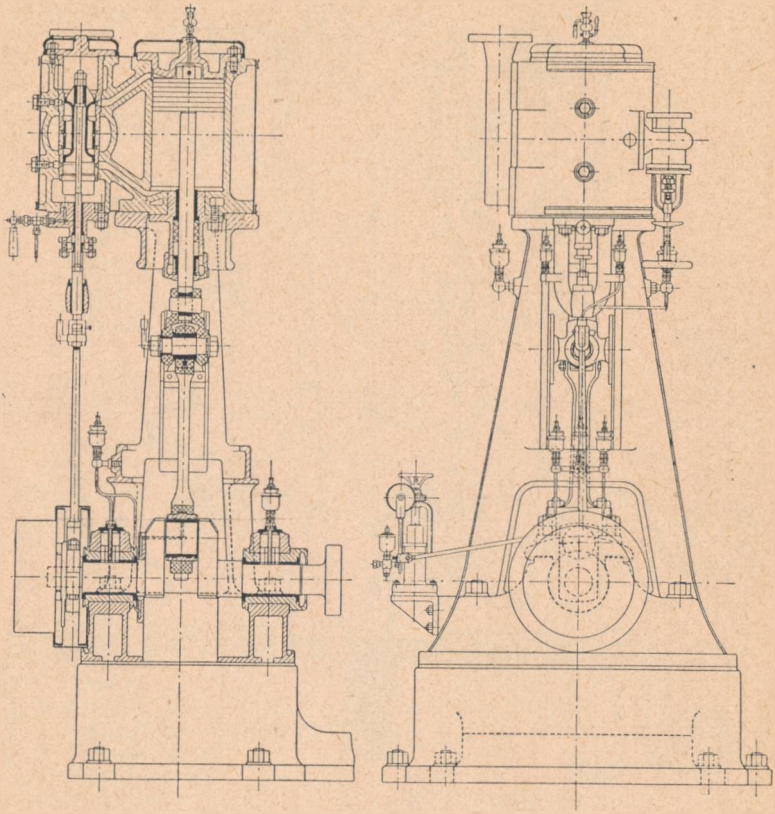


Fig. 115.

bedre end ved liggende, idet gnidningstabene er mindre. I almindelighed er de liggende maskiner de billigste i anskaffelsessum, hvorimod de stående kræver langt ringere plads (indtil halvdelen), hvilket betinger deres anvendelse, hvor byggegrunde er særlig dyre, eller hvor pladsforholdene er små, f. eks. i skibe. Fundamentet ved stående maskiner er også langt simplere end

ved de liggende, og man behøver ikke underliggende kælder, hvilket i reglen er nødvendigt ved de sidst nævnte.

Den encylindriske maskine anvendes mest kun ved mindre anlæg. Kræves der større kraftydelse, må man gå over til fler-

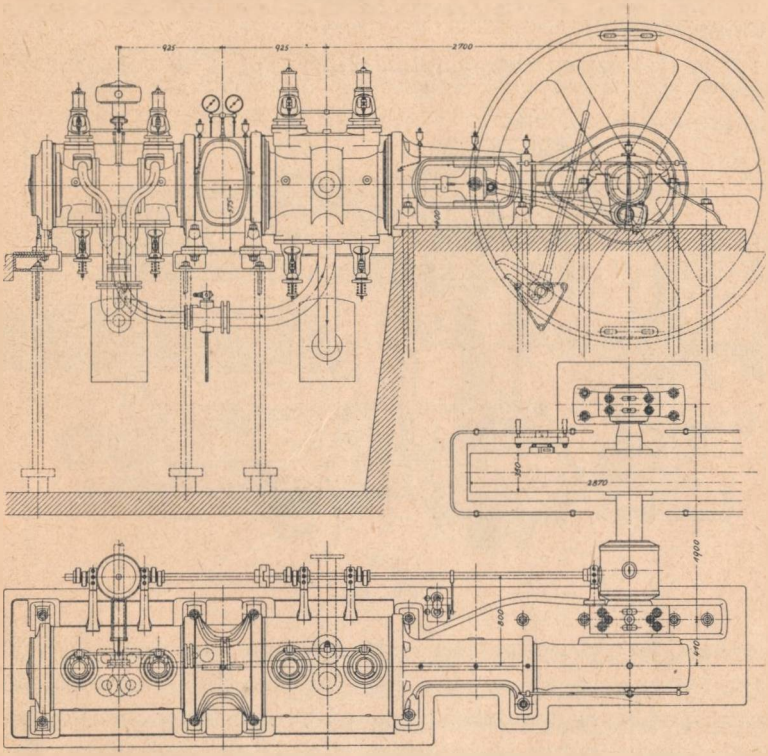


Fig. 116.

gangsmaskine, idet dampens spænding udnyttes bedre i disse. Den almindeligste form for flergangsmaskiner er **tandemmaskinen**, hvor cylindrene ligger i hinandens forlængelse. De er at foretrække fremfor compoundmaskinerne, hvor cylindrene ligger ved siden af hinanden, idet tandemmaskinen kræver mindre plads, fremstillingsomkostningerne er mindre, og pasningen er lettere, fordi der kun findes et drivværk. Mindre heldigt er dog, at det er ret vanskeligt at fjerne det forreste stem-

pel, da demonteringen af mellemstykket mellem cylindrene er omstændeligt.

Fig. 116 viser en tandemmaskine til overhedet damp; højtrykscylinderen, der er den mindste, er ikke på samme fundament som den øvrige del af maskinen, og begge cylindre har ventilstyring.

I fig. 117 ses en **compoundmaskine**, hvor *A* er højtrykscylin-

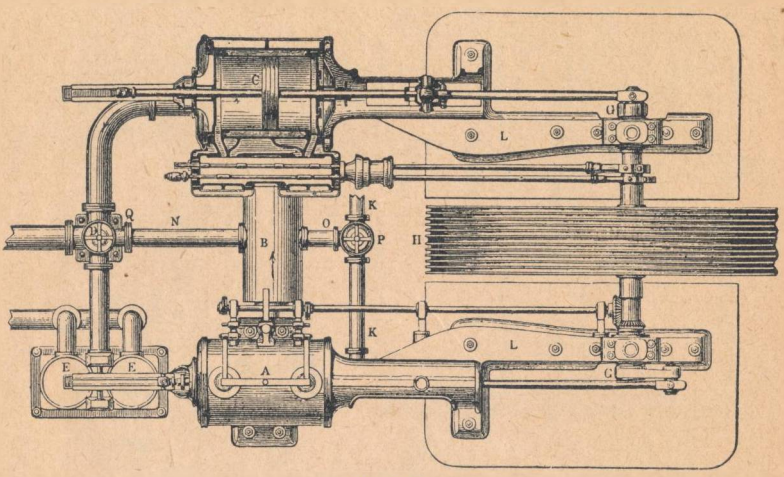


Fig. 117.

deren, *C* lavtrykscylinderen og *B* receiveren, hvorigennem dampen passerer på sin vej fra høj- til lavtrykscylinder. På den viste maskine er der ventilstyring på højtrykssiden, medens lavtrykscylinderen har gliderstyring. Fra lavtrykscylinderen føres dampen til kondensatoren *E*.

Stående maskiner bygges også som flergangsmaskiner, og de fleste skibsdampmaskiner er tregangs-, undertiden firegangsmaskiner.

Tilsidst skal nævnes dampmaskiner, der anvendes ved transportable anlæg, nemlig lokomotiver og lokomobiler.

KAPITEL XVI

DAMPMASKINENS ENKELTE DELE

Cylinderen. Dens konstruktion er naturligvis afhængig af cylinderaksens stilling (liggende eller stående), af styringens art (glider- eller ventilstyring), og af dampens beskaffenhed (mættet eller overhedet damp).

Cylinderens materiale er støbejern og afdrejes efter udboringen glat på indersiden. For lettere at kunne indsætte stemplet

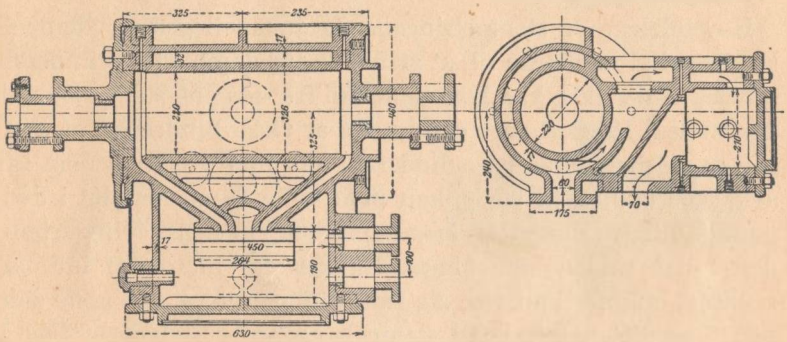


Fig. 118.

forsynes cylinderen med en skrå forboring, og løbefladen, d. v. s. det stykke af cylinderen, hvor stemplet glider, ender ligeledes med en noget kortere forboring for derved at hindre, at stemplet i dødpunktstillingen skal slide en grad i cylindervæggen. Ligeledes må der i disse stillinger være så megen plads mellem cylinderbundene og stemplet, at der ikke kan ske sammenstød mellem disse, forårsaget af længdeforandringer efter opvarmning.

Cylindervæggene (se fig. 118) er ofte dobbelte, og hulrummet mellem de to vægge kan benyttes som damptrøje. Den ene endebund er ved mindre maskiner støbt i eet stykke med cylinderen, medens den anden må fjernes, når stemplet skal på plads.

Ved større maskiner anvendes en særlig foring som arbejdscylinder. Denne foring kan fremstilles som et glat rør af særligt

stærkt materiale; anvendes stærkt overhedet damp, må materialeophobninger undgås ved foringen, da sådanne kan medføre farlige spændinger på grund af den stærke opvarmning.

Gliderkassen er den kasse, hvori glideren er anbragt. Ved små maskiner er den støbt sammen med cylinderen, men er ellers adskilt fra denne for at lette afretningen af cylinderspejlet. Gliderkassen lukkes med et fastboltet dæksel.

Dampstemplet.

Hoveddelene er stempelringene og stempellegemet. Stempelringene skal medvirke til, at stemplet går damptæt i cylinderen, således at der ikke kan komme damp fra den ene stempelside til den anden. De skal gøre dette uden at virke hindrende på gangen og uden at slide på cylinderen. Vil man overbevise sig om, at der er tæthed til stede, kan man stille dampstemplet i dødpunktstillingen nærmest krumtapakslen, medens cylinderbunden i den anden side åbnes. Lukkes der nu damp ind bag stemplet, må der kun vise sig små vandperler på den åbne side.

Det bedste materiale til stempelringene er støbejern. For at skaffe den ønskede tæthed til veje, må ringene presse med en vis kraft mod cylindervæggen. Eftersom ringene presser mod væggen ved egen elasticitet eller ved hjælp af særlige fjedre, skelnes mellem selvspændende stempelringe og stempelringe med spændingsanordning. På grund af deres enkelthed anvendes almindeligvis de første. De har et rektangulært tværsnit og afdrejes således, at de har en udvendig diameter, der er lidt større end cylinderen, hvorefter de opskæres skråt et sted, og der fjernes nu så meget materiale, at ringen kan klemmes tilstrækkeligt til, at den kan presses ind i de i stemplet neddrejede riller (se fig. 119).

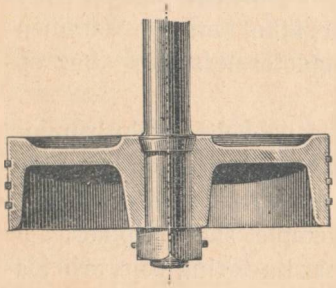


Fig. 119.

På grund af spændkraften vil de nu presse ind mod cylinderen. Opskæringerne må anbringes

forskudt for hinanden for at forhindre, at dampen kan slippe igennem.

Fig. 120.

Vil man fuldstændig forhindre en dampgennemgang, anbringes en lås som vist i fig. 120. Denne benyttes dog som regel kun, når der anvendes en enkelt stempelring. Låsen fastgøres i den ene ende af ringen og kan glide ind i en åbning i ringens anden ende. Opskæringen er ligeledes skrå her, og dette er nødvendig for at undgå, at der opstår ridser i cylindervæggen.

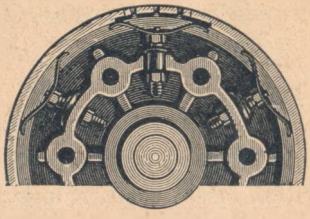


Fig. 121.

Fig. 121 og 122 viser en ring, der ved hjælp af 6 fjedre spændes ind mod cylindervæggen. De anvendes kun sjældent og kun ved større stempler.

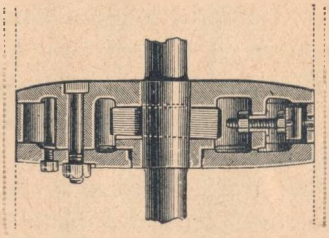


Fig. 122.

Fig. 113, 114 og 117 viser forskellige former af stemplet, hvis vægt ikke må være for stor. De fremstilles i reglen af støbejern, sjældnere af stålstøbegods. Kun ved mindre maskiner anvendes formen i fig. 113, da de brede rande giver ret store afkølingsflader. I langt de fleste tilfælde støbes stemplerne hule, hvorved det opnås at få tynde vægtykkelser, ringe vægt, men stor modstand for påvirkninger.

Stempelstangen fremstilles smedet af stål, og der anvendes en sådan legering, der giver en glat og ren overflade, hvorved pakningen i cylinderens pakdåse skånes mest muligt. Ved mindre maskiner går stempelstangen kun gennem cylinderens ene dæksel, men ved større maskiner føres den gennem begge dæksler for derved at give stangen en bedre afstivning.

Stempelstangen er i sin ene ende fastgjort til stemplet og i den anden ende i krydshovedet. Forbindelsen mellem stemplet er i fig. 119 foretaget ved hjælp af en møtrik, der spænder

stemplet op mod et bryst eller en konus på stangen. En sådan konus må omhyggelig slibes, og møtrikken fremstilles af bronze. For at forhindre, at den kan gå løs og derved under maskinens gang komme i klemme og muligvis slå endebunden ud, må den sikres ved en split eller på anden måde.

Pakdåser skal bevirke, at der er tæthed til stede, hvor den frem- og tilbagegående stempelstang går gennem cylinderbunden. En pakdåses hovedbestanddele er pakningen, pakhuset og brillen. Pakningen kan enten være en blød pakning eller en metalpakning. Som bløde pakninger anvendtes før hampe- eller hørgarnspakninger, men nu anvendes mest asbestpakninger. Hamp og hørgarn kan kun bruges ved lave tryk og temperaturer; er trykket over 8 ato., eller dampen er overhedet, må der anvendes asbestpakninger. De bløde pakninger anvendes i form af snore, der enten kan være runde, tre- eller firkantede. Inden de skal indlægges i en pakdåse, må de lægges i olie, fedt eller grafit, således at de gennemvædes godt, hvorved deres bøjelige egenskaber fastholdes. Anvendes overhedet damp, bruges som nævnt asbestpakninger; disse består af asbestsnore, viklet om en kerne, der består af grafit eller talkum.

Bløde pakninger har den store fordel, at de er i besiddelse af stor elasticitet og tætner godt. De kan derfor anvendes, selvom den stang, der skal føres gennem pakdåsen, ikke er cirkelrund, eller hvis stangens overflade ikke er helt glat. Deres levetid er ikke lang, og som en mangel må anføres, at der jævnlig må ske et eftersyn af dem, og at de — navnlig i begyndelsen af brugen — må efterspændes.

Pakhuset afsluttes i den ene side af en flange, hvori brillens fastspændingsskruer går ind, og i den anden ende af en bundring af metal, der slutter omkring stangen, der går gennem dåsen.

Brillen forsynes indvendig med en bronzeforing og fastspændes med 2 eller 3 skruer til pakhuset.

Pakdåsen må under brugen smøres, og dette kan ske ved en smørekop eller ved tryksmøring, når der anvendes overhedet damp.

Metalpakninger anvendes nu mere og mere til pakdåser. De har den fordel, at de skåner stempelstangen, og at de ikke giver så megen gnidningsmodstand som de bløde pakninger, hvortil kommer, at deres levetid er betydelig længere end disses. De fordrer på den anden side, at den stang, der føres gennem dem, må være meget glat og må være cirkulær i omkreds.

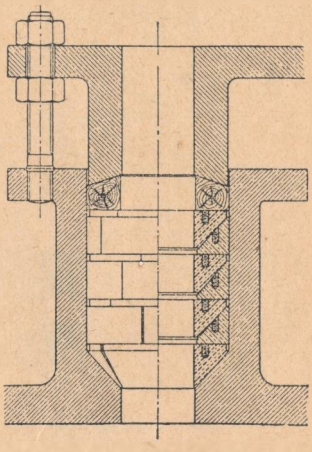


Fig. 123.

Fig. 123 viser en pakdåse med metalpakninger. Disse er udført som trekantede ringe, der består af to dele. De indvendige ringe laves af en stærk blyholdig hvidmetalslegering, medens de udvendige er fremstillet af messing eller støbejern.

Der anvendes 4 til 6 af disse dobbeltringe, og på den yderste lægges en blød pakning eller en ring af hårdt træ, hvorved brillens tryk fordeles jævnt på de hårde pakninger. Trækkes brillen an, presses de inderste ringe mod stangen og de yderste mod pakdåsen, og derved skabes tæthed til veje.

Krydshovedet forbinder stempel- og plejlstang og består sædvanligvis af krydshovedtap, selve krydshovedet og glidesko. Tappen smedes af hårdt stål, medens krydshovedet fremstilles enten helt af støbejern eller af stål eller stålstøbegods, der så forsynet med løse glidesko af støbejern, da dette metal glider bedre mod det støbte styr.

Forbindelsen mellem stempelstang og krydshoved ses i fig. 113. Stangen er her skruet ind i krydshovedet, og en kontramøtrik sikrer den mod at løsne sig. Ved større maskiner anbringes en tværkile til fastspændingen.

Plejlstangen, som i fig. 113 er betegnet ved 39, forbinder krydshoved med krumtappen og består af skaftet og to hoveder. Skaftet har rundt, sjældnere firkantet tværsnit, og smedes af blødt stål. Hovederne griber omkring krydshovedtappen i den ene ende og om krumtappen i den anden ende. Mellem tap og hoved indlægges pander, der ved krydshovedtappen oftest består af bronzepander, medens krumtappen i reglen glider i pander, der er fremstillet af støbejern eller stålgods, hvori der er indstøbt hvidmetal. Hovederne kan enten være lukkede, fig. 124, eller åbne, fig. 125, de sidste anvendes mest ved stangens krumtapende. Efterspændinger foretages med kiler eller skruer, men ved krumtappen anvendes mest messingstykker, der ved efterspændingen delvis fjernes eller affiles, samtidig med at panderne udskrabes.

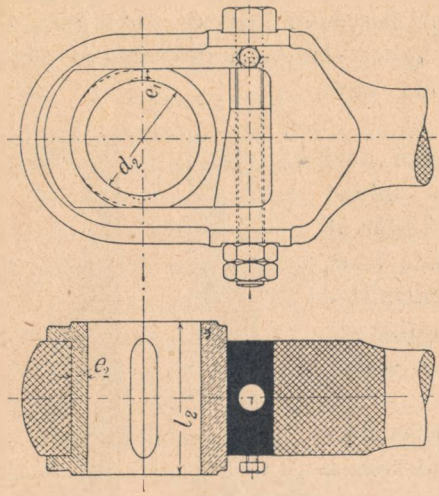


Fig. 124.

Krumtappen.

Ved mindre maskiner (fig. 111) påsættes maskinens hovedaksel en krumtaparm og en krumtappind. Den sidste laves af hårdt stål; men der anvendes ofte en legering, hvor kærnen er af blødt stål, medens der udvendigt findes et næsten glashårdt lag, der har en tykkelse af ca. ⅛ af pindens tværmål. Denne fremstillingsmåde skal forhindre brud. Krumtappinden befæstes til armen ved en konisk forlængelse, der går ind i armen og fastkiles til denne (se fig. 126) efter inddrivning eller krympning.

Krumtappen smøres ved en særlig foranstaltning, der ligele-

des fremgår af fig. 126. På krumtappinden er udfor dennes midte anbragt et stål- eller messingrør. I tappen er der først i aksial retning, derefter radiært foretaget en udboring. På rørets anden ende er der udfor hovedakslens midte anbragt en hul

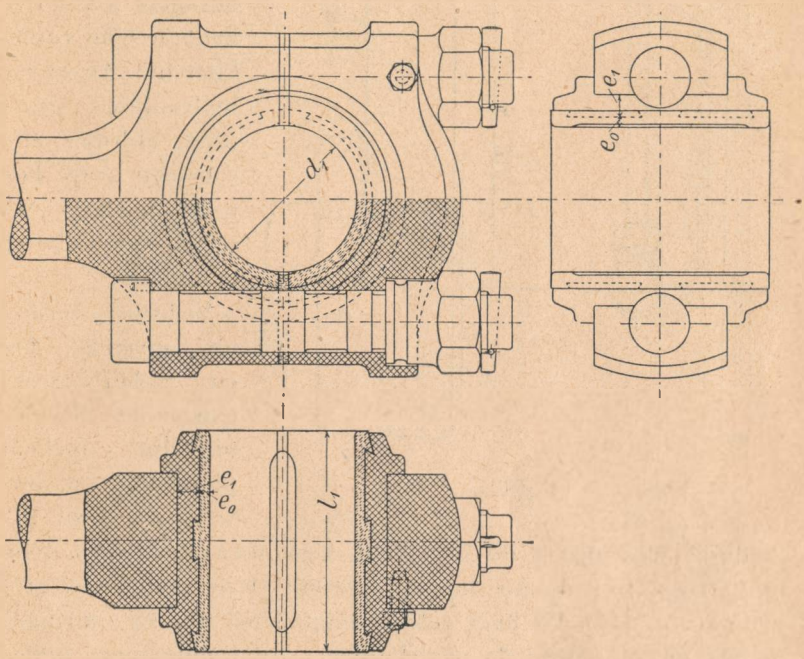


Fig. 125.

kugle, hvortil der strømmer olie fra en smørekop, der er anbragt på det gelænder, der sikrer krumtappens bevægelse. Fra kuglen føres olien ud til krumtappindens overflade under medvirkning af centrifugalkraften.

Krumtaparmen smedes enten af stål eller fremstilles af stålstøbegods. Dens befæstelse på hovedakslen er af største vigtighed og kan ikke ske ved kileforbindelse, da en sådan ikke yder tilstrækkelig sikkerhed.

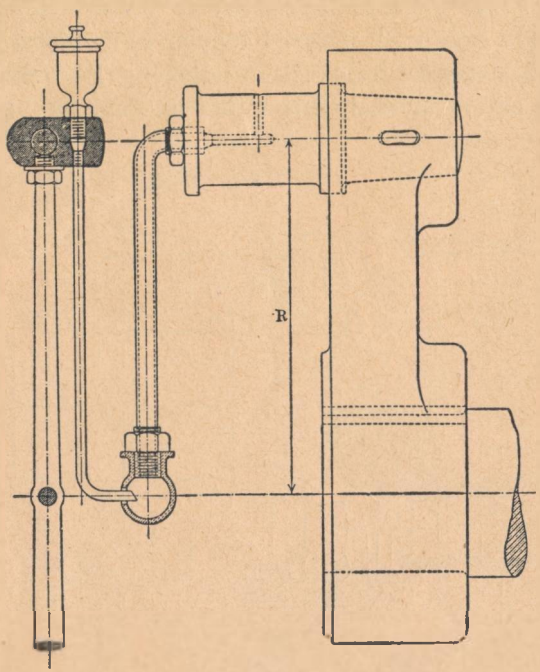


Fig. 126.

Derfor må man enten fastgøre den ved krympning eller ved at påsætte den med hydraulisk presning, og desuden drives firkantede eller runde kiler ind. Anvendes hydraulisk presning, afdrejes akselenden svagt konisk, medens armens nav udbores cylindrisk.

Ved større maskiner anvendes dog en anden fremgangsmåde til forbindelse mellem plejlstang og hovedaksel. I så tilfælde smedes akslen ud i en bugt, krumtapbugten, hvis midterste del så danner tappen, hvorom plejlstanghovedet griber (se fig. 115). På hver side af bugten må der så anbringes et leje for at optage de påvirkninger, der fremkommer under maskinens gang.

Ekscentrikkerne.

For at overføre hovedakslens drejende bevægelse til gliderens frem- og tilbagegående, anvendes ekscentrik. Mellem denne og glider går ekscentrikstangen, der fremstilles af smedejern og har et rundt tværsnit. Stangen er i sin ene ende forbundet med den ene halvdel af ekscentrikbøjlen (se fig. 127).

Denne bøjle er lagt om ekscentrikskiven, der består af en cirkulær støbejernsskive, der er fastkilet på hovedakslen.

Ved at lægge hovedakslens centrum uden for skivens centrum opnås, at ekscentrikken »slår«, når akslen drejer rundt. Afstanden mellem skivens centrum og akslens kaldes e k s c e n t r i c i t e t e n (r i fig. 127) og svarer til gliderens halve vandring.

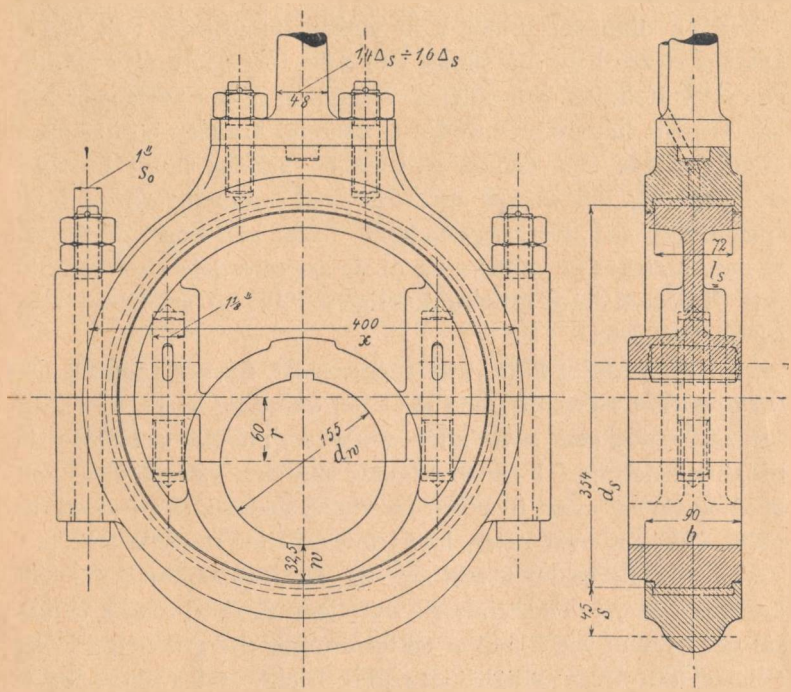


Fig. 127.

Svinghjulet.

Det er tidligere nævnt, at svinghjulet dels har til opgave at bringe maskinen over dødpunkterne og dels virke regulerende på gangen, idet enhver forskel i dampmaskinens belastning vil være mærkbar. Maskinen må derfor forsynes med r e g u l a t o r, som, så snart hastighedsvariationerne overskrider en vis grænse, griber regulerende ind i arbejdsudviklingen. Imidlertid vil der altid medgå en vis tid, inden en sådan regulator, der virker på dampindstrømningen, kan virke, og det bliver da svinghjulets opgave at hindre for store hastighedsvariationer inden for det tidsrum, som regulatoren kræver til at virke.

Svinghjulet skal virke med sin vægt for så hurtigt som muligt at kunne gribe ind. Derfor må dets vægt samles såvidt muligt i den yderste krans, idet derved hjulets masse virker kraftigere. Kransen står gennem armene i forbindelse med navet, der fastkiles til maskinens aksel.

Ved en diameter under 3 m støbes svinghjulet i et stykke, medens større hjul må støbes i to dele, idet der under afkølingen efter støbning kan optræde spændinger, der ødelægger hjulet. Armene har meget mindre masse end kransen og har større afkølingsflade end denne, hvorfor de afkøles langt hurtigere end krans og nav; derved opstår der ved sammentrækning trækspændinger ved overgangsstederne. Dette kan dog undgås ved, at der foretages en afdækning af de sværere dele efter støbningen, hvorved disse afkøles hurtigere. Sikrere er det at støbe hjulet i to dele.

Skal svinghjulet kun virke regulerende, formes kransen med rektangulært tværsnit; men skal det samtidig virke kraftoverførende, enten som rem- eller snorskive, må kransens yderside tildannes derefter. I første tilfælde må den være tilstrækkelig bred og får en svagt hvælvet overflade, medens den i sidste tilfælde forsynes med riller, hvori tovene eller snorene løber.

Ved 1-cylindrede maskiner og tandemmaskiner forsynes kransens yderste eller inderste overflade med en række tænder, således at man ved hjælp af en tørnestang, der griber ind i disse tænder, kan dreje svinghjulet rundt, f. eks. under rengøring eller under den opvarmning, der går forud for igangsætningen. Ligeledes kan man herved dreje krumtappen hen til den bedste stilling før igangsætningen. Drejning af svinghjulet med hånden, eller endog at træde på armene for at få svinghjulet rundt, rummer stor fare.

Findes der intet svinghjul ved maskinen, således f. eks. ved dampdynamoer, anbringes en snække og et snækkehjul på krumtapakslen, hvormed tørningen kan foretages. Ved store maskiner anbringes elektriske eller dampstyrede tørneapparater.

Ved maskiner med flere cylindre, hvor krumtapperne er forsat for hinanden, kan tørneapparatet undværes, idet det vil være muligt at tage damp fra receiveren og lede den ind i mellem-

eller lavtrykscylinderen, såfremt højtrykscylinderens stempel står i dødpunkt.

Regulatoren.

Medens svinghjulet regulerer maskinens hastighed under een omdrejning, regulerer regulatoren under flere omdrejninger. Den opfylder denne opgave ved hjælp af to pendularme, der er forsynede med vægte. Disse vægte befinder sig ved normal arbejdshastighed i en bestemt stilling; men ændres hastigheden, ændres ligeledes vægtenes stilling, og regulatoren virker så derved enten på en drøvleklap i dampledningen eller på dampstyringen.

Der findes mange forskellige systemer for regulatorer, men her skal kun omtales de af Watt og Proell konstruerede. Fig. 128 viser Watt's regulator skematisk. Den består af en lodret aksel, der hviler i et bundspor forneden, og som drejes rundt, enten som i figuren vist ved et sæt coniske tandhjul, der trækkes fra maskinens hovedaksel, eller ved snor- eller remtræk fra akslen. Foroven er anbragt et tværstykke *A-B*. Heri er ophængt to pendularme, der hver bærer en vægt i form af en tung kugle. Begge arme er gennem en skråstang i leddet forbindelse med et hylster *F*, der kan bevæges op eller ned på den lodrette aksel, så langt som to på akslen anbragte stoppere tillader. Hylsteret hviler på den nederste stopper, når maskinen står stille.

Når maskinen løber rundt, vil hver kugle foruden af tyngdekraften *G* være påvirket af centrifugalkraften *C*, der vil slynge kuglerne udefter. Arbejder maskinen med konstant fart, vil kuglerne få en ligevægtsstilling, der forrykkes, når hastigheden ændres. Bliver denne større, vil kraften *C* ligeledes blive større, således at kuglerne slynges længere ud; aftager hastigheden, sker det modsatte. Ved en given størrelse af *C* bestemmes armenes stilling af resultanten af de to kræfters indvirkning på kuglerne.

Forandres kuglernes og dermed armenes stilling, vil dette gennem skråstængerne indvirke på hylsteret *F*. Dette er igennem nogle stænger i forbindelse med en drøvleklap i dampled-

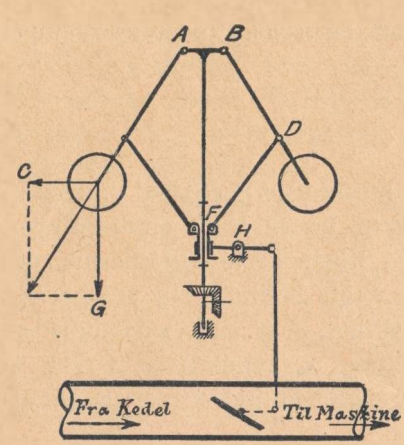


Fig. 128.

ningen. Løber maskinen for hurtig, vil *F* få en opadgående bevægelse, der overføres således til drøvleklappen, at denne lukker noget for dampgennemstrømningen. Dampen må derved i ledningen udføre et arbejde og når ikke ind i cylinderen med samme tryk som før og kan følgelig heller ikke udføre det samme arbejde på stemplet, hvilket forårsager, at maskinens arbejdsydelse nedsættes, og farten formindskes.

Løber maskinen langsommere, hvilket f. eks. sker, når der tilkobles flere arbejdsmaskiner, vil regulatoren lukke mere damp ind, således at maskinen sættes i stand til at yde større arbejde.

Ved denne form af regulatoren indvirker den altså på damptrykket i cylinderen; men dette er naturligvis en uøkonomisk fremgangsmåde, hvorfor der da også findes mange konstruktioner, hvor indgribningen sker ved dampens ind-

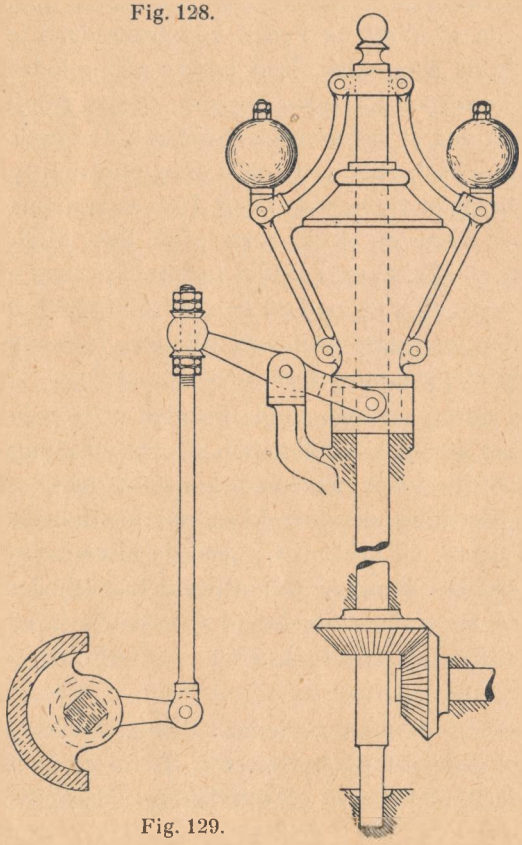


Fig. 129.

træden i cylinderen, altså ved glideren. Anvendes således Riders glider, kan Proell's regulator benyttes (fig. 129). Her er armenes ophængningspunkter ikke faste som ved Watt's, men er forskydelige på den lodrette spindel, medens armenes ophængning er omvendt. Der findes ligeledes her et hylster; men dette er i forbindelse med en arm, som i den ene ende har et firkantet hul, i hvilket ekspansionsgliderens stang kan glide frem og tilbage. Bevæger hylsteret på regulatoren sig op eller ned, vil denne bevægelse overføres til en drejende bevægelse på glideren, hvorved forandringen i fyldningen fremkommer, således som det tidligere er omtalt ved denne glider.

Sluttelig skal nævnes, at der anvendes en del såkaldte **centrifugalregulatorer.**

KAPITEL XVII

KONDENSATION

Når dampen i cylinderen har afgivet sin spænding, strømmer den ud som spildedamp; men herved må den overvinde den ydre lufts tryk, hvorfor den endnu må være i besiddelse af nogen spænding. Den spænding, spildedampen således må have, er i virkeligheden tabt, idet den ikke er brugt til at frembringe kraft i dampmaskinen. Ved anvendelse af kondensation kan dampen afgive hele sin spænding i cylinderen, idet der ved kondensation fremkaldes et vakuum, hvilket vil sige, at trykket er lavere end luftens tryk. Spildedampen fortættes i en kondensator ved hjælp af tilført kølevand, og vakuum fremskaffes ved bortsugning af fortætningsvandet. Ved at bortlede dette på den rigtige måde, opstår der foran stemplet et tryk, der er mindre end atmosfærens.

Der findes forskellige former for kondensatorer, og der skelnes mellem **indsprøjtnings-** og **overfladekondensatorer.** Ved de første sker der en blanding mellem damp og kølevandet, medens dampen ved de sidste gennemstrømmer et stort antal rør, der udvendig berøres af kølevandet. Ved hjælp af en luftpumpe bortsuges luft og den damp, der ikke er fortættet. Pumpen be-

nævnes tør, hvis den kun suger luft og eventuel tilbageværende damp bort, og våd, hvis den desuden samtidig skal fjerne kondensat og opvarmet kølevand. Anvendes tør luftpumpe, må der forefindes en kondensatpumpe til fjernelse af kondensatet. Ved indsprøjtningskondensatoren må kølevandets tryk

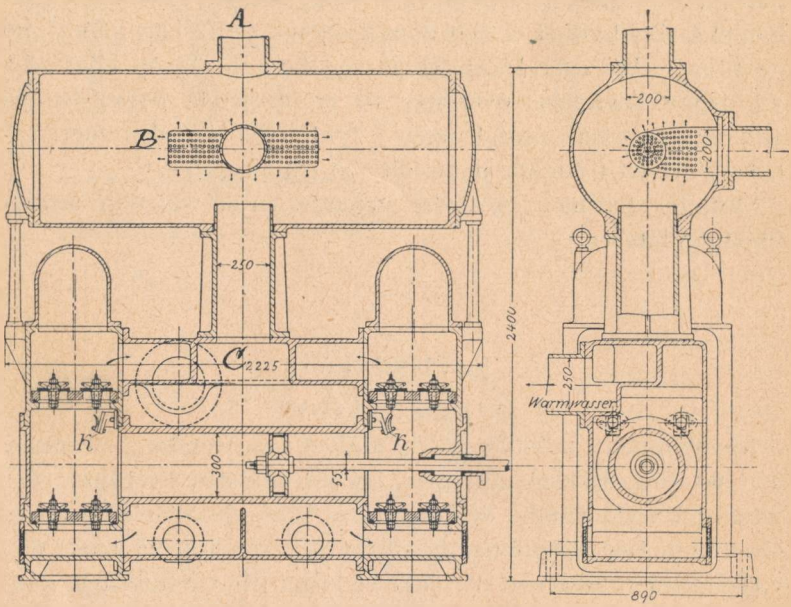


Fig. 130.

kunne overvinde forskellen mellem den atmosfæriske lufts tryk og det ringe kondensatortryk, og er dette ikke tilfældet, må der indskydes en koldtvandspumpe. Overfladekondensatorer må derimod altid forbindes med en pumpe, der kan føre kølevandet forbi kondensatorens køleflade.

Kølevandet tages fra brønd, dam eller vandløb eller lign., og bortledes igen efter benyttelsen, medmindre det skal anvendes som fødevand til dampkedlen. Da det er ret store mængder kølevand, der skal bruges — således ca. 30 kg ved indsprøjtnings- og 40—50 kg ved overfladekondensatorer pr. kg damp —, afkøles kølevandet ofte kunstigt efter brugen og anvendes derefter igen i kondensatoren. Der kan således skelnes mellem kon-

densation med naturlig eller med kunstig vandkøling. Skal kondensatet anvendes som fødevand på kedlen, hvilket ofte vil være tilfældet ved overfladekondensatoren, bliver dampen, inden den kondenseres, ledes ind i en olieudskiller og der befriet for fedt, olie eller lign. urenheder, der er farlige for kedlen.

Indsprøjtningskondesatoren.

Fig. 130 viser en sådan med overliggende kondensationsrum og nedenunder liggende vandpumpe, der er dobbeltvirkende. Spildedampen ledes ind igennem det lodrette rør *A* foroven og møder i det cylindriske kondensationsrum kølevandet, der sprøjtes ud gennem en mængde små huller i en vandret liggende cylinder *B*. Det gælder her om at få kølevandet til at blande sig så stærkt som muligt med dampen, og der findes forskellige måder til at opnå dette på. Enten anvendes en brusevirkning som vist i figuren, eller vandet presses igennem en keglestuts, således at det rammer dampen med en vis kraft. Den i fig. 130 viste cylinder er fremstillet af kobber, og på tilgangsrøret er anbragt en hane, hvorved vandmængden kan reguleres. I spildedampsledningen fra dampmaskinen indskydes ofte en vekselventil, således at dampen kan ledes udenom kondensatoren.

Kondensatet samles i den firkantede kasse, hvori pumpen arbejder. I begge ender af kassen findes et ventilrum, hvor der er anbragt to indstrømnings- og to udstrømningsventiler. Fig. 131 viser en sådan ventil, der består af en ventilklap af gummi, der er tyndest i kanten for at forhøje klappens elasticitet. Klappen kan enten være rund eller firkantet. Når pumpens stempel, der trækkes fra dampmaskinen, går til højre, vil der i venstre ventilrum opstå et undertryk. Vandets vægt vil så trykke de to nederste ventil-

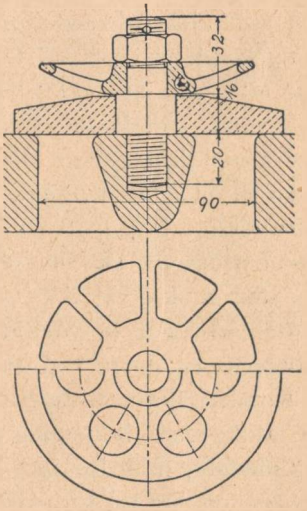


Fig. 131.

klapper op, således at vandet strømmer ind i rummet. Ved stemplets tilbagegang lukkes de to nævnte klapper, medens de to øverste udstrømningsklapper åbnes, hvorefter vandet trykkes op i en vandret liggende beholder *C*, hvorfra det bortledes.

I begge ventilrum er der anbragt luftklapper *K*, der tjener til at formindske den modstand, der findes i rummet, mod, at ventilklapperne kan åbne sig. For derfor at få de nederste klapper til at åbnes, sættes ventilrummet gennem luftklappen *K* i forbindelse med kondensatorens indvendige rum, således at der bliver ens tryk i de to rum.

Ofte fremstilles stående kondensatorer med ventilklapper i pumpestemplet således, at vandet strømmer gennem dette, når stemplet går ned, og direkte føres op med dette, idet ventilerne lukkes under stemplets tilbagegang.

Overfladekondensatoren.

Ved denne slags kondensatorer kommer dampen ikke direkte i berøring med kølevandet, idet dette ledes gennem et rørbundt, der udvendigt bestryges af dampen. Sjældnere ledes dampen igennem et sådant rørbundt, der i så fald afkøles udvendigt af kølevand.

Overfladekondensatoren har den fordel fremfor indsprøjtningskondensatoren, at kondensatet, efter at dampen er renset for olie, kan anvendes som fødevand. Der fås et fortræffeligt fødevand, idet kondensatet er fri for kedelsten og samtidig er forvarmet. En anden fordel ved denne kondensator er, at der ikke tilføres luft til kondensatet fra kølevandet, idet det ikke er ubetydelige luftmængder, der må bortsuges fra indsprøjtningskondensatoren. Derfor behøver luftpumpen heller ikke at være så stor og kræver ikke så stort kraftbehov. Derimod er kølevandsforbruget betydeligt større, ligesom anskaffelsesomkostningerne er større ved overfladekondensatoren.

Kondensatoren bygges i reglen som en liggende cylinder med et midterparti, bestående af rør og rørbunde, samt to forkamre. Spildedampen ledes ind i midterpartiet og strømmer omkring rørene og går ud forneden som kondensat. Kølevandet pumpes ind i det ene forkammer, strømmer gennem rørbundtet og bort-

ledes fra det andet kammer. Såvel damp som kølevand ledes af indsatte skillevægge, i midterstykket for dampens vedkommende og i forkamrene for vandets. Herved opnås, at damp og vand mødes flere gange under gennemstrømningen, hvorved effektiviteten forøges.

Det er af største vigtighed, at rørene er anbragt vandtæt i rørvæggene for at hindre en sammenblanding af kondensat og

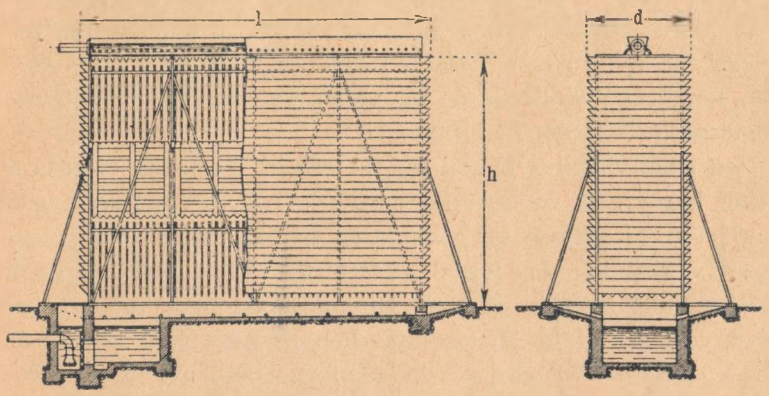


Fig. 132.

kølevand. Tidligere anvendtes at indvalse rørene, nu anvendes mest gummipakninger, der har et kileformet tværsnit, således at kølevandet virker på den brede ende af pakningen og holder denne presset ind mod røromkredsen.

Rørene er i reglen messingrør med en indvendig diameter af 15 til 45 mm, og deres antal kan gå op til flere tusinde.

Er det anvendte kedelvand meget slamholdig, kan noget slam føres med til kondensatoren. I så fald anvendes åbne overfladekondensatorer, hvor rørene let kan renses ved gennemstødning med en børste.

Graderværker.

Vil man benytte de fordele, som en kondensator indebærer, i de tilfælde, hvor naturligt kølevand ikke findes i tilstrækkelig mængde, eller hvor fremskaffelsen af det er kostbar eller van-

skelig, kan man anvende den samme mængde kølevand gang på gang efter afkøling. Det i kondensatoren opvarmede kølevand ledes da ud i luften, hvor så afkølingen må finde sted.

Hertil kan anvendes k ø l e d a m m e, der navnlig om sommeren har en god virkningsgrad. De kræver dog ret stor plads, hvorfor de sjældent anvendes.

Hyppigere anvendes å b n e g r a d e r v æ r k e r (fig. 132).

Det opvarmede kølevand pumpes op i en rende og falder herfra ned over graderværket, der består af over hinanden liggende lægter på 8 à 10 m's længde. Lægterne anbringes skråt mod den herskende vindretning, og under vandets nedrisling over lægterne afkøles det af luften.

Den gode virkning opnås ved, at vandet forstøves, således at luften har en stor vandoverflade at virke paa. Der kræves dog en stor påvirkningsflade for at opnå en fuldstændig afkøling; men graderværker har den fordel, at fremstillingsomkostningerne og driftsomkostningerne er små. De må helst ligge på en åben plads, således at luften uhindret kan passere, men virkningsgraden er ret afhængig af vindretningen. Som en ulempe skal anføres, at der ofte er en ubehagelig lugt i nærheden af et sådant værk, hvorfor de dårligt kan anvendes i nærheden af husbebyggelser.

K a m i n k ø l e r e eller k ø l e t å r n e er lukkede graderværker, der arbejder med naturlig eller kunstig træk. Virkningsgraden er god, og de tager ikke megen plads op. Tårnene består af træ eller jern. De første har firkantet tværsnit, medens de sidste i reglen er runde. Trætårnene er de billigste, men har ikke så lang levetid som de andre. I tårnene risler vandet ned ad lægtere, risværk eller blikplader, og luften strømmer ind fra tårnenes fod enten på naturlig måde eller kunstig ved hjælp af en ventilator.