

SKRIFTER UTGIVNA AV SVENSKA TEKNOLOGFÖRENINGEN
Nr 1

OM ALSTRING AV KYLA

AV
CIVILINGENJÖRERNA BALTZAR VON PLATEN
OCH CARL G. MUNTERS

Avhandlingen belönad med Svenska Teknologföreningens Polhemsmedalj 1925



CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM 1925

OM ALSTRING AV KYLA.

AVHANDLINGEN BELÖNAD MED SVENSKA TEKNOLOG-
FÖRENINGENS POLHEMSMEDALJ.

Av civilingenjörerna BALTZAR VON PLATEN och
CARL G. MUNTERS.

Genom förbränning av huvudsakligen organiska ämnen har människan sedan urminnes tider haft ett medel i sin hand att vid temperaturer vida högre än omgivningens frigöra stora värmemängder.

Upptagandet av värme vid en temperatur lägre än omgivningens, dvs. alstrandet av kyla, har varit ett mera svårlöst problem. En kropp värd att offra för erhållande av kyla, liksom stenkolen offras för erhållande av värme, känner man icke, utan måste den, sedan den genomlupit den endoterma, värmeabsorberande processen, åter iständsättas att upptaga mera värme, dvs. den måste avbördas den värmemängd, som den upptagit vid den låga temperaturen, och måste detta, för att den kyla man erhållit icke skall fördärvas, ske vid en temperatur, som är värdelös, dvs. i detta fall en temperatur lika med eller högre än omgivningens. Kroppen eller kylmediet kommer sålunda att genomlöpa en cirkelprocess, varvid den absorberar värme vid låg och avgiver densamma vid hög temperatur. Härför fordras emellertid en uppoffring av arbete, varför problemet är att tillföra kylmediet detta arbete på enklaste sätt.

Om energien redan finnes i den förädlade formen av arbete, kan den genom en vanlig kompressorkylmaskin komma till användning för en kylprocess. Om emellertid arbetet först skall alstras t. e. genom en ångmaskin såsom produkten av en exoterm process — förbränningen — kan det frågas, om icke detta är en onödig omväg, ty här är ju den exoterma processen förenad med den endoterma genom den förras produkt, ett yttre arbete.

Det är detta ytte arbete, vars överförande till kylmediet fordrar rörliga maskindelar, som bildar bryggan mellan de båda processerna. Om det kunde förvandlas till ett arbete, som direkt tillfördes kylmediet, dvs. ett inre arbete, skulle därför inga rörliga maskindelar erfordras, och sambandet mellan den drivande och den drivna processen skulle bli högst förenklat. Detta innebär, att man genom tillförande av värme till en del av en hermetiskt tillsluten apparat skulle kunna erhålla kyla från en annan del av densamma, ty intet yttre arbete och inga rörliga maskindelar skulle ju förmedla sambandet mellan processerna.

De män, som kanske varit lösningen av detta problem närmast, äro fransmannen CARRÉ och tysken GEPPERT. Den förre lyckades nedbringa det yttre arbetet till en bråkdel men ej till noll, den senare bragte det ännu närmre nollvärdet, dock utan att lyckas nå det. Och förrän detta mål blivit nått äro alla olägenheter av rörliga maskindelar såsom driftstörningar och dylikt icke bortskaffade, för att icke tala om vilka komplikationer, som medfölja alstringen av detta om än försvinnande arbete.

I denna avhandling skall visas, hur det yttre arbetet verkligen kan bli noll, och huru man således kan bygga en kylapparat, varur man automatiskt erhåller kyla ur en del, när man tillför värme till en annan. Först må dock CARRÉ och GEPPERTS kylmaskiner beskrivas.

Fig. 1 visar en Carré-maskin. Till kokaren K, som innehåller vatten och ammoniak, tillföres värme, varvid ammoniaken utdrives och kondenserar i kondensatorn, varefter den genom regleringsventilen inkommer i generatoren. Här kokar ammoniaken vid lågt tryck under upptagande av värme. De bortgående ångorna absorberas i absorbatoren av absorptionsvattnet. Detta, som kommer från kokarens botten och är befriat från en del av sin ammo-

niakhalt, förkyles i temperaturväxlaren före inträdet i absorbatoren av det från densamma mot kokaren strömmande ammoniakmättade vattnet. Genom denna vätske-cirkulation mellan kokare och absorbator återföres till den förra den ammoniak, som genom värmeförseln utdrivits därifrån. För att underhålla vätske-cirkulationen fordras emellertid ett arbete och för överförandet av detsamma en maskindel, en pump, ty i absorbatoren råder ett lågt tryck, och i kokaren ett högt. Visserligen är detta arbete mycket litet i förhållande till det, som erfordras i en kompressormaskin, men det direkta sambandet mellan den exoterma och endoterma processen är dock brutet.

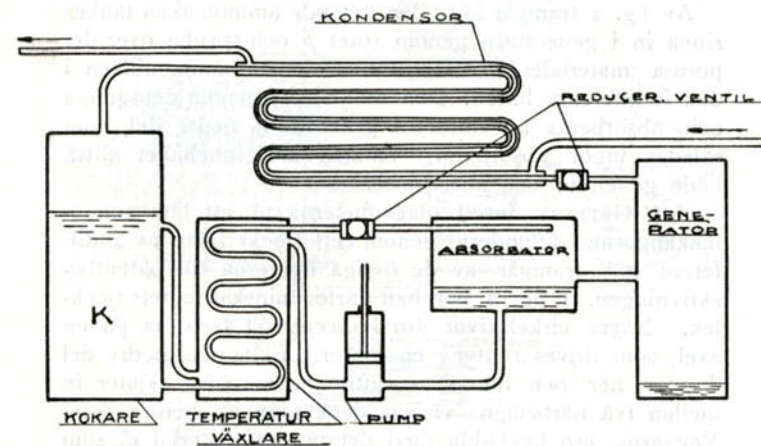


Fig. 1.

Arbetet, som erfordras för vätske-cirkulationen, kan vara noll, endast om trycken i kokaren och absorbatoren äro lika. Det är också möjligt att genomföra en CARRÉs kylprocess med ett och samma tryck i hela maskinen. Det var detta GEPPERT påvisade år 1899.

Man har endast att i hela maskinen införa en indifferent icke absorberbar gas. Om alla förstrypningar mellan de olika delarna borttagas, kommer givetvis totaltrycket att överallt bli detsamma. Den indifferent gasen kan endast förekomma i generator och absorbator, ty från kokaren bortdrives den av de bortgående ammoniakångorna.

M. a. o. tryckintervallet mellan kokare samt generator och absorbatör i en Carré-maskin är i en Geppert-maskin utfyllt av den indifferent gasens partialtryck. Kylprocessen fortgår liksom vid en Carré-maskin, men det arbete som erfordras för vätske-cirkulationen bör bli noll. Sådant var GEPPERTS resonemång. Det skall dock nedan framgå, att det icke lyckades honom att genomföra det.

GEPPERTS uppfinning framgår enklast av hans patentbeskrivning, (se fig. 2). Å patentritningen är *l* kokaren, *o* kondensorn, *f* absorbatören och *a* generatören. Den flytande ammoniaken är betecknad *b* och absorptionsvätskan *g*. Såsom indifferent medium använde GEPPERT luft.

Av fig. 1 framgår huru den flytande ammoniaken tänkes rinna in i generatören genom röret *p* och spridas över det porösa materialet *d*. Härifrån avdunstar ammoniaken i den indifferent luften. Den diffunderar genom densamma och absorberas av vattnet i generatörens nedre del, som således utgör absorbatör. Samma kärl innehåller alltså både generator och absorbatör.

Att GEPPERT insett olägenheterna av att låta ammoniakångorna diffundera genom ett tjockt bälte av indifferent gas framgår av de övriga figurerna till patentbeskrivningen. I fig. 2 har han därför minskat bältets tjocklek. Några cirkelskivor äro koncentriskt fastsatta på en axel, som drives runt av en motor. Skivornas nedre del doppar ner och fuktas av vattnet, deras övre skjuter in mellan två närbelägna väggar dock utan att beröra dem. Väggarna äro beklädda med det porösa material *d*, som uppsugit den flytande ammoniaken. Denna avdunstar under bindande av värme, under det att absorptionen sker på de av det ammoniakfattiga vattnet fuktade skivorna. Vid absorptionen utvecklas emellertid värme. De varma skivorna och de kalla avdunstningsytorna komma sålunda att ligga nära varandra, varav följer termiska förluster. Man skulle kunna fråga sig, om det är lämpligt, att mot en tribut av dessa förluster minska diffusionsmotståndet genom minskning av gasbältets tjocklek. Emellertid finns det ett annat sätt för minskning av diffusionsmotståndet, nämligen att låta den indifferent gasen cirkulera genom absorbatören och generatören. I den senare blandas den med ammoniakgas, i den förra renas den därifrån. Däri-

genom vinner man även, att den varma absorbatören och den kalla generatören kunna godtyckligt avlägsnas från varandra, varigenom nyssnämnda termiska förluster kunna undvikas.

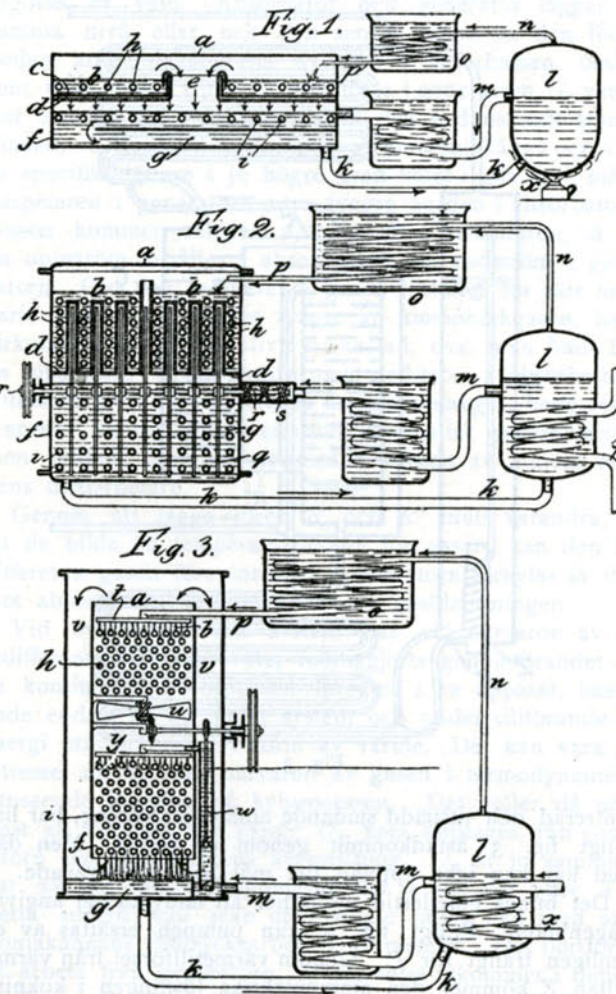


Fig. 2. Fig. 1-3 i Gepperts patentbeskrivning.

Gascirkulationen har GEPPERT icke kunnat åstadkomma på annat sätt än genom införandet av en fläkt n i fig. 3. Vätskecirkulationen, som han enligt fig. 1 tänkt sig äga rum på grund av skillnaden mellan spec. vikten å kon-

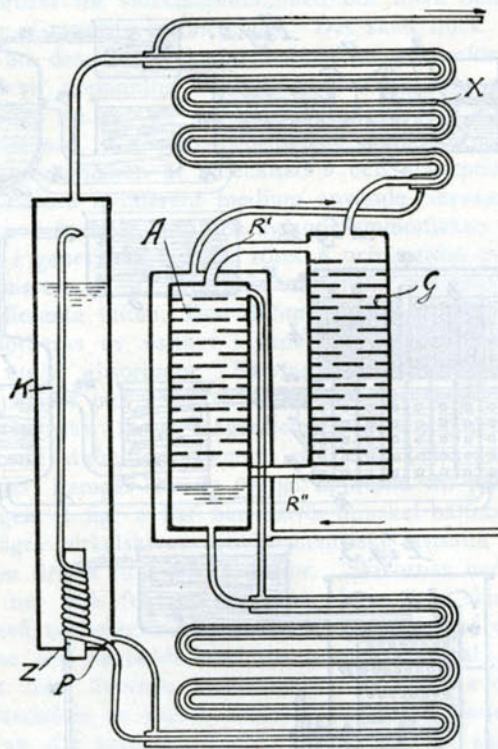


Fig. 3.

centrerad och utspädd sjudande ammoniaklösning, har han enligt fig. 3 åstadkommit genom en pump. Men därmed har han icke uppnått det mål han eftersträfvade.

Det finnes emellertid möjlighet att undvika här angivna olägenheter. Enligt fig. 3 kan pumpen ersättas av ett tämligen trångt rör P . Genom värmetillförsel från värmekällan Z kommer den ammoniakrika lösningen i kokning inne i röret, varigenom den enligt principen för s. k.

snabbcirkulation bringas upp från den lägre nivån i absorbatorn A till den högre i kokaren K . Gascirkulationen åter kan åstadkommas på följande sätt. I stället för luft, som i GEPPERTS maskin, låter man den indifferent gasen utgöras av väte. Absorbator och generator läggas på samma nivå eller ock den senare högre än den förra. Sedan ammoniakångorna avskiljts i absorbatorn, tänkes rent väte genom röret R' inströmma i generatorn G , varefter det blandar sig med ångorna av den avdunstande ammoniak. Eftersom blandningen av ammoniakånga och väte är specifikt lättare i ju högre grad vätet ingår däri, måste gaspelaren i generatorn vara tyngre än den i absorbatorn. Gasen kommer således automatiskt i cirkulation, så att en uppström erhålles i absorbatorn, en nedström i generatorn. Om den indifferent gasen i stället för väte hade varit kväve och således tyngre än ammoniakgasen, hade cirkulationsriktningen blivit omkastad, dvs. man hade fått en uppström i generatorn och nedström i absorbatorn. Eftersom även luft är tyngre än ammoniakgas, hade också GEPPERT kunnat erhålla en dylik automatisk gascirkulation, men tanken blev icke framställd varken av honom eller hans medarbetare.

Genom att lägga rören R' och R'' inuti varandra, så att de bilda en temperaturväxlare för gasen, kan den indifferent gasen före inträdet i generatorn förkylas av den mot absorbatorn strömmande kalla gasblandningen.

Vid ovan beskrivna system har vid närvaron av en indifferent gas, här väte, möjliggjorts genomförandet av en kontinuerlig absorptionskylprocess i en apparat, bestående endast av ett slutet system och under tillförande av energi utifrån endast i form av värme. Det kan vara av intresse att se, hur närvaron av gasen i termodynamiskt hänseende inverkar på kylprocessen. Det gäller då närmast att beräkna det värme Q_0 , som upptages från generatorn vid ammoniakens avdunstning. Q_0 är ju sammansatt av det inre förångningsvärmets ρ och det yttre AL . Detta senare kan icke utan vidare sättas lika med ammoniakångans fulltrycksarbete i värmemått. Det bortföres ett arbete från generatorn, ty när vätet inkommer i denna är dess partialtryck högre, än när det lämnar densamma, då det sjunkit lika mycket, som ammoniakångornas par-

tialtryck genom avdunstningen stigit. En volymsutvidgning har således ägt rum, varav följer att ett arbete måste hava bortförts från generatoren. Detta arbete i värmemått jämte det inre förångningsvärmets är den värmemängd, som upptages från generatoren. Det gäller att beräkna detta arbete. Därvid antages den till generatoren strömmande vätgasen resp. gasblandningen vara förkyld till dennas temperatur.

Den till generatoren strömmande vätgasens resp. gasblandningens volym och tryck må vara v_1 och p_1 .

Den från generatoren strömmande gasblandningens volym och tryck: v_2 och $p_2 + p_3$.

p_2 betecknar här vätgasens resp. den ingående gasblandningens tryck, när den lämnar generatoren, p_3 ammoniakens tryck resp. tryckökning,

Det arbete som skall beräknas: L .

Totaltrycket i apparaten: p_t .

Följande ekvationer erhållas då:

$$p_t = p_1 = p_2 + p_3$$

$$L = p_t \cdot (v_2 - v_1).$$

$$p_2 v_2 = p_1 v_1$$

$$\therefore p_1 \cdot v_2 - p_2 v_2 = p_1 \cdot v_2 - p_1 v_1.$$

$$\therefore v_2(p_1 - p_2) = p_1(v_2 - v_1).$$

Men

$$p_1 - p_2 = p_3$$

$$\therefore v_2 \cdot p_3 = p_1(v_2 - v_1) = p_1(v_2 - v_1) = L,$$

$$\therefore L = v_2 \cdot p_3.$$

Det arbete, som bortföres från generatoren, är således lika med ammoniakens yttre förångningsvärme, och eftersom inre förångningsvärmets ρ naturligtvis är oförändrat, blir det från generatoren upptagna värmets Q_0 detsamma som vid en vanlig absorptionskylmaskin och lika med ammoniakens värmeinnehållsförändring $I_2 - I_1$, där I_1 är värmeinnehållet för flytande ammoniak vid kondensornas temperatur och I_2 värmeinnehållet för torr mättad ammoniakånga av generatorns temperatur. Härvid har antagits att ammoniakens partialtryck i den från generatoren strömmande gasblandningen är lika med ångtrycket vid den rådande temperaturen. Även om så icke är fallet kan

man antaga, att Q_0 förblir oförändrad lika med $I_2 - I_1$ men må det dock beräknas.

I nedanstående deduktion betecknar:

- p totaltrycket i apparaten, konstant,
- p_1 ammoniakångans partialtryck, variabelt,
- $p - p_1$ vätgasens partialtryck, variabelt,
- g_a viktsmängd avdunstad H_3N ,
- g_v mot g_a svarande viktsmängd H_2 ,
- v_s volymen av den torra mättade H_3N ångan,
- v_1 » » » överhettade » » ,
- I_1 och I_2 detsamma som förut,
- Q_a det genom ammoniakerna upptagna värmets,
- Q_v » » » vätgasen » » .

$$Q_a = g_a(I_2 - I_1) + A \int_{v_s}^{v_1} p_1 dv$$

$$Q_v = A \int_{v_s}^{v_1} (p - p_1) dv$$

vilka ekvationer kunna skrivas:

$$Q_a = g_a(I_2 - I_1) - A \int_{v_s}^{v_1} v dp_1$$

$$Q_v = -A \int_{v_s}^{v_1} v d(p - p_1)$$

$$Q_a + Q_v = g_a(I_2 - I_1) - A \int_{v_s}^{v_1} v dp_1 - A \int_{v_s}^{v_1} v d(p - p_1)$$

$$Q_a + Q_v = g_a(I_2 - I_1) - A \int_{v_s}^{v_1} v dp.$$

Men p är konstant och således $dp = 0$

$$Q_a + Q_v = g_a(I_2 - I_1) = Q_0.$$

Även i detta fall blir således det från generatoren upptagna värmets lika med ammoniakens värmeinnehållsförändring.

Närvaron av en indifferent gas i generatoren inverkar således icke på den upptagna värmemängden, under för-

utsättning att den mot generatoren strömmande gasen förkyles till generatorens temperatur av den gas, som strömmar från generatoren. Verkningsgraden är således densamma som vid en vanlig absorptionskylmaskin.

Vid det system, som här behandlats, inses att den indifferenta gasen, vätet, expanderar i generatoren, varför den således komprimeras i absorbatoren. I den senare måste därför ett arbete uträttas, liksom det i allmänhet fordras ett arbete för att skilja två gaser från varandra.

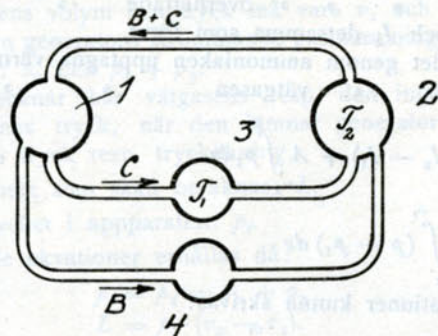


Fig. 4.

Man skulle då kunna fråga sig, vilken roll i kretsprocessen detta arbete spelar. Skulle det icke kunna åtminstone tänkas, att det kunde uttagas ur apparaten för att sedan användas för drivandet av t. e. en vanlig kylprocess enligt kompressionsprincipen parallellt med absorptionskylprocessen?

För att undersöka denna sak kan man helt bortse från det sätt varpå ammoniak och vätet skiljas åt. Det må i stället beräknas det arbete L_x , som erfordras härför.

I vidstående figur 4 betecknar 2 generatoren, vari de båda kylmedierna B och C blandas med varandra. B motsvarar här ammoniak och C vätgasen i det förut beskrivna systemet. B och C lämna således generatoren 2 gemensamt samt inkomma i 1 med oförändrad temperatur T_2 . Här skiljas de från varandra.

Det är endast det arbete som tilldelas C , som intresserar oss, ty verkan av det, som tilldelas B , är ju redan

känt, när man vet, att det av B i generatoren upptagna värmets alltid är lika med $I_2 - I_1$. Det arbete, som tilldelas B , bör därför sättas lika med noll, vilket man kan göra, om B genomlöper sin cirkelprocess inom temperaturintervallet noll. B tänkes således kondensera i 4 vid samma temperatur T_2 som generatorens. (Kondensorn 4 kan således tänkas placerad inne i generatoren 2). Det arbete, som åtgår för att skilja B och C med däremot svarande kompression av C från varandra, är således det samma som om B icke vore närvarande i systemet.

$$AL_x = m_c [c_v (T_1 - T_2) + AR (T_1 - T_2)]$$

$$\therefore AL_x = m_c c_p (T_1 - T_2)$$

där m_c betecknar antalet mol av C , som passerat genom 1.

Innan gasen C inströmmar i generatoren 2, nerkyles den av denna till dess temperatur T_2 . Den värmemängd, som den därvid avgiver, är:

$$Q = m_c c_p (T_1 - T_2)$$

$$\therefore Q = AL_x$$

Det arbete L_x , som uppoffrats för att skilja gaserna B och C från varandra, förvandlas alltså i generatoren 2 till värme. Det måste även bortskaffas därför, om T_2 skall förbli konstant, ty den värmemängd, som bindes vid förångningen av B , återföres till generatoren, när B kondenserar.

Den cirkelprocess C genomlupit är tydligen analog med vätet i absorptionskylapparaten, men den är också analog med förloppet i en kompressorkylmaskin, som arbetar helt inom överhettningssområdet. Den tanken ligger då nära till hands att låta C 's cirkelprocess ske helt inom mättningsområdet och att således låta C kondensera i 3. Även denna process blir analog med hjälpmediets i absorptionskylapparaten, om det i stället för väte utgöres av en kondenserbar ånga. Först må dock den förstnämnda analogien närmare undersökas.

I absorbatoren, där kompressionen av vätet sker isoteriskt, uträttas ett större arbete L_y än det här beräknade L_x , som är det minsta tänkbara. Om den från generatoren strömmande gasblandningen förkylar den från absorbatoren kommande, blir förhållandet följande:

AL_x bortgår från absorbatoren med vätgasen men återföres genom den från generatoren kommande förvärmda gasblandningen.

$A(L_y - L_x)$ övergår omedelbart till absorbatoren, som således upptar värmemängden:

$$A[(L_y - L_x) + L_x] = AL_y$$

Om vätgasen utbytes mot en gas, som kondenseras vid det tryck och den temperatur, som råder efter passagen genom absorbatoren, kommer denna som nämnt att genomlöpa en process analog med den som nyligen beskrivits, när C kondenseras, och således även analog med den i en kompressorkylmaskin. I absorbatoren komprimeras den för att sedan kondenseras i kondensorn, i generatoren blandas den flytande med den likaledes flytande ammoniak, varefter dess tryck således sjunker med ammoniakens ångtryck, om ammoniak användes som kylmedium, vilket naturligtvis icke är nödvändigt, enär man kan finna andra ämnen, som äro lämpliga. Här nedan må saken endast behandlas helt allmänt, och kallas därför absorptionsvätskan — motsvarande vattnet i föregående system — för A -medium eller A , det ämne, som motsvarar ammoniak, må kallas B -medium eller B och den kondenserbara gasen C -medium eller C .

När C blandas med B , sjunker dess ångtryck med B :s ångtryck i generatoren, men B :s sjunker naturligtvis också med C :s. För att ångtryckssänkningen skall kunna bliva så stor som möjligt, vilket är ett villkor för att temperatursänkningen från kondensatorerna till generatoren skall kunna bliva maximum, fordras bl. a. att blandningen av flytande B och C icke har nämnvärt mindre ångtryck än summan av ångtrycken för B och C vid samma temperatur. Dvs. affiniteten mellan B och C måste vara liten. C får naturligtvis ej heller vara lös i A .

Fig. 5 visar en schematisk bild av en sådan apparat. Dess verkningssätt är fullkomligt överensstämmande med den förut visade apparatens, utom det att hjälpmediet C efter passagen genom absorbatoren, genom den tryckökning det därvid erhållit, kondenseras i kondensorn X_1 samt därefter inrinner i generatoren och i flytande form blandas

med det likaledes flytande absorberbara kylmediet, som kommer från sin kondensor X_2 .

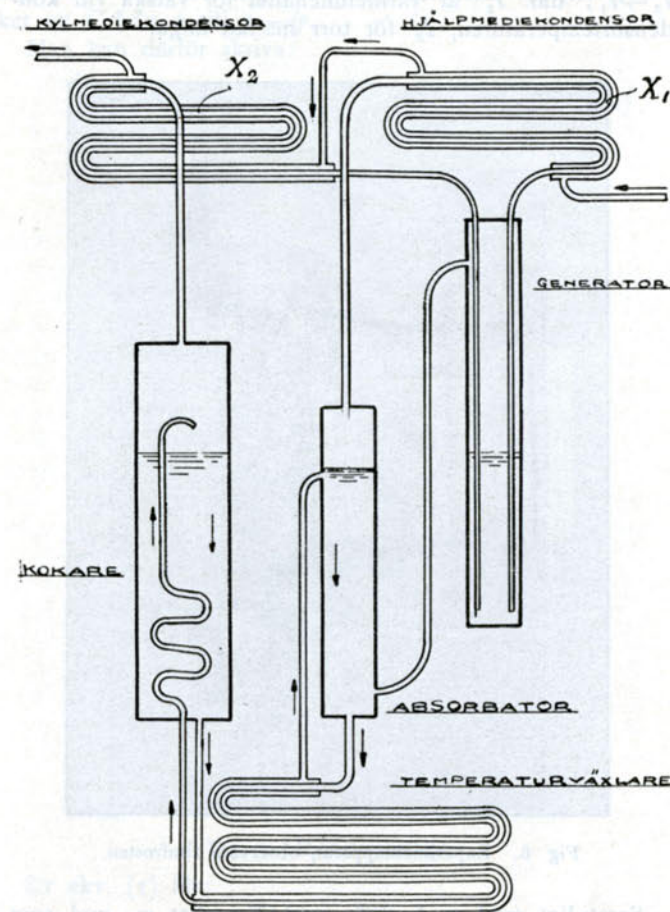


Fig. 5.

Om man känner det minimiarbete, som fordras för att skilja B och C från varandra i absorbatoren, kan den genom C från generatoren upptagna värmemängden beräknas på samma sätt som vid en kompressorkylmaskin. Enklare

är dock att beräkna den mängd m_c av C , som avdunstar, samt multiplicera denna med värmeinnehållsförändringen $I_2' - I_1'$, där I_1' är värmeinnehållet för vätska vid kondensortemperaturen, I_2' för torr mättad ånga.

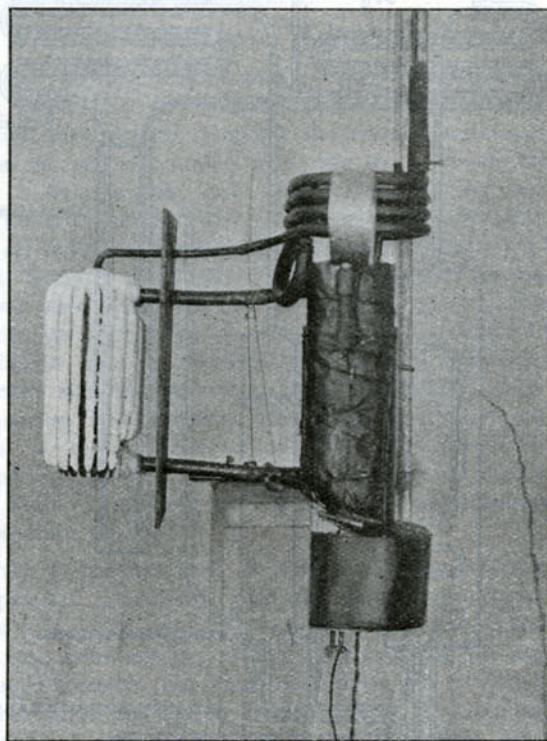


Fig. 6. Experimentapparat, observera rimfrosten.

Samtidigt med m_c bortgår med B -mediet m_B mol, som är känt.

För C gäller inom mättningsområdet ekvationen:

$$\log p = a + bT \dots \dots \dots (1)$$

där p är trycket, a och b konstanter samt T absoluta temperaturen.

Till en blandning av B och C tillsättes den försvinnande ringa mängden dm_B av B . Trycket av B ökar med $+dp$. Enär totaltrycket hålles konstant, sjunker trycket av C från p till $p - dp$.

Man kan därför skriva:

$$\frac{dp}{p} = \frac{dm_B}{m_c} \dots \dots \dots (2)$$

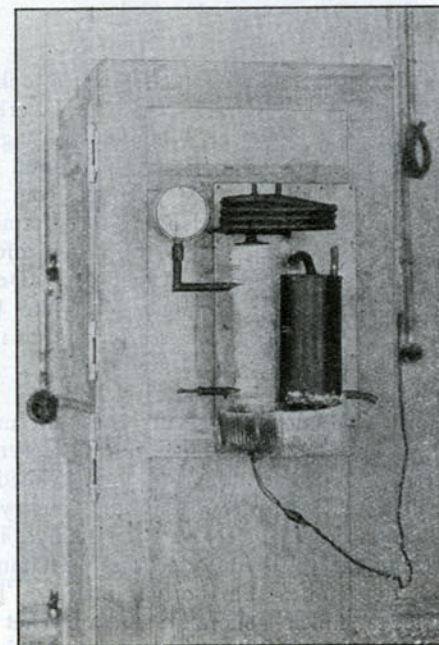


Fig. 7. Experimentetskåp.

Ur ekv. (1) fås:

$$\frac{dp}{p} = b \cdot dT$$

... ur (1) och (2)

$$bdT = \frac{dm_B}{m_c} \text{ eller}$$

$$bm_c dT = dm_B$$

Härav:

$$bm_c(T_1 - T_2) = m_B + \text{konst.}$$

$$\text{Men för } T_1 = T_2 \text{ är } m_B = 0$$

$$\therefore \text{konst.} = 0$$

$$\therefore m_c = \frac{m_B}{b} \frac{1}{T_1 - T_2}$$

Det genom C upptagna värmets: Q'_o

$$Q'_o = (T_2 - T_1) \cdot \frac{m_B}{b} \frac{1}{T_1 - T_2}$$

Det har i det föregående antagits, att B och C fullständigt skiljas från varandra. Då detta i verkligheten icke är fallet, blir C 's ångtryck i kondensorn lägre än totaltrycket i apparaten och kondensortemperaturen T_1 också lägre och t. e. lika med T_1' . De B -ångor, som medfölja C -ångorna, avskiljas från B -kondensatet före dess inträde i generatorn. Temperaturen i generatorn blir oförändrad och därmed det av C upptagna värmets Q'_o . Det värme, som emellertid skulle kunna upptagas Q''_o , vilket beräknas efter samma formel som Q'_o , blir större, varför man kan säga, antingen att man gör en värmeförlust $Q''_o - Q'_o$ eller en temperaturförlust i kondensorn $T_1 - T_1'$.

Det har förut nämnts, att ett villkor för att man skall erhålla den största tänkbara temperaturdifferensen mellan kondensatorerna och generatorn är, att kylmedierna B och C icke nämnvärt influera på varandras ångtryck. Om ett av medierna förekommer i så liten mängd i generatorn, att det bortgår överhettat därifrån, bestämmes temperaturen av det andra, som bortgår mättat. Temperaturen kan således sänkas genom att sänka trycket på detta senare, dvs. höja trycket på det överhettade. Minimitemperaturen uppstår, när båda bortgå mättade. Om temperaturen i de båda kondensatorerna är lika, skall således temperatursänkningen för båda medierna vara densamma. Om för båda medierna sambandet mellan $\log p$ och T (p trycket, T temperaturen) äro räta linjer med samma lutning, erhålles samma temperaturdifferens för samma relativa trycksänkning.

Om C -mediets tryck i kondensorn är p_x och B -mediets p_y (p_y = totaltrycket i apparaten), samt relativa trycksänk-

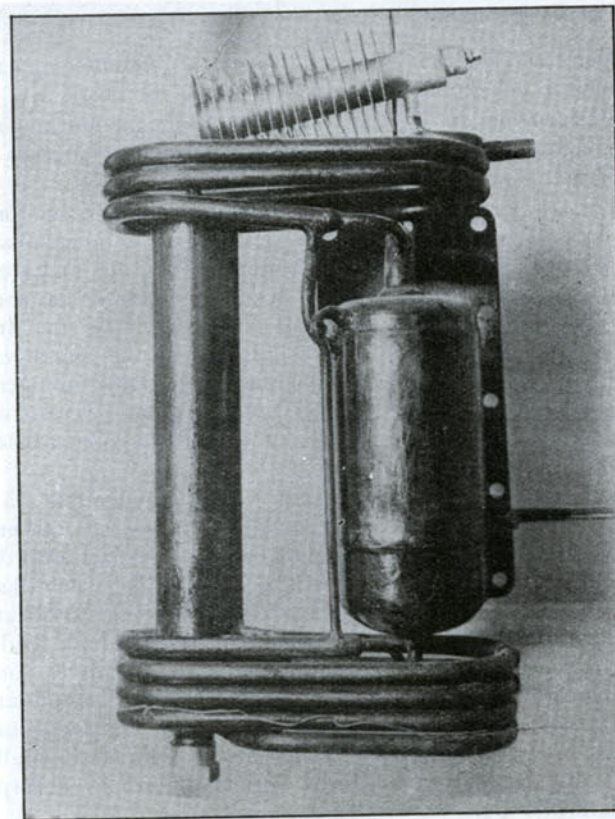


Fig. 8. Omonterad kylapparat sedd framifrån.

ningen är $1-u$, äro partialtrycken i generatorn up_x och up_y , och erhålles sålunda ekvationen:

$$up_x + up_y = p_y$$

$$u = \frac{p_y}{p_x + p_y}$$

Om nu medierna B och C fullständigt skiljas från varandra i absorbatoren, blir:

$$p_x = p_y$$

och således

$$u = \frac{1}{2}$$

För varje annat fall är $u > \frac{1}{2}$, den relativa trycksänkningen $1-u$ således mindre och temperaturdifferensen mellan generator och kondensator ej den största tänkbara.

Värmemängden Q' har upptagits från generatoren utan att någon annan uppoffring har gjorts, än att vätgasen i apparaten har utbyts mot en kondenserbar gas.

För att förstå huru detta är möjligt, kan man jämföra två kylapparater med samma kylkapacitet och samma kokartryck, den ena en vanlig absorptionsmaskin, den andra en med vätgas eller någon annan icke kondenserbar gas som hjälpmedium. Det antages, att vätgasen, innan den inströmmar i generatoren, förkylts till dennas temperatur av den mot absorbatoren strömmande kalla gasblandningen, så att inga som helst förluster uppstå genom närvaro av vätgasen. Man bortser från det obetydliga pumparbetet vid den vanliga absorptionsmaskinen.

Den från generatoren upptagna värmemängden blir då i båda maskinerna densamma och lika med $I_2 - I_1$ såsom förut visats. De från de båda kondensatorerna bortförda värmemängderna bli naturligtvis också desamma och likaledes de till kokarna tillförda värmemängderna. Följaktligen äro de värmemängder, som bortföres från de båda absorbatoren, lika stora. I apparaten med vätgas som hjälpmedium bortföres från absorbatoren dels absorptionsvärmets q_a men dessutom vätets isothermiska kompressionsarbete AL_y , medan i den vanliga absorptionsmaskinen allt det från absorbatoren bortförda värmets utgöres av absorptionsvärmets Q_a .

Man kan sålunda skriva:

$$Q_a = q_a + AL_y$$

$$\therefore q_a = Q_a - AL_y$$

Vid en absorptionskylapparat med ett indifferent hjälpmedium är således absorptionsvärmets lika mycket mindre som detta mediums isothermiska kompressionsarbete i värmemått AL_y . Om hjälpmediet, som här antagits, icke kan kondensera vid rådande högsta tryck och kondensorns temperatur, tilldelas det arbetet L_y , utan att det därför är möjligt, att därav erhålla någon nyttighet, dvs. en ökning av den från generatoren upptagna värmemängden. Arbetet

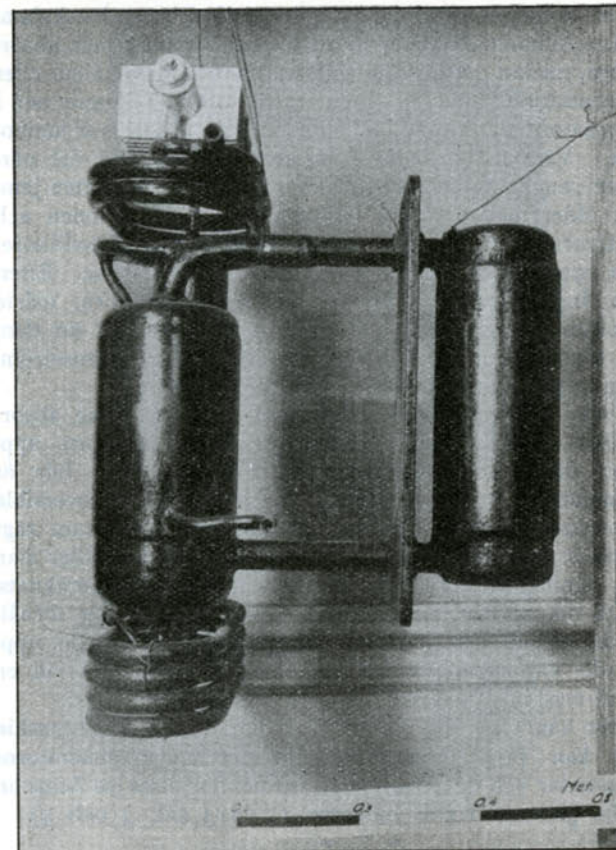


Fig. 9. Omonterad kylapparat sedd från sidan.

L_y har förvandlats i värme, utan att man har erhållit någonting därför. Om gasen däremot kan kondenseras, erhålles som närmaste produkt av arbetet L_y en kondensering av gasen och avdunstning av densamma i generatoren och därav den ökning i det från generatoren upptagna värmets, som förut beräknats.

Man kan även se denna ökning av det från generatoren upptagna värmets, ur en annan synpunkt, om man under-

söker absorptionsförloppet i en vanlig absorptionskylmaskin. Ammoniaktrycket är ju här detsamma i hela absorbatoren, medan det inströmmade vattnets ammoniakhalt eller koncentration först är liten men stiger ju längre ner i absorbatoren det rinner, allteftersom det absorberar ammoniak. Värmet bortledes från absorbatoren vid i det närmaste samma temperatur. Om i absorbatorns botten jämvikt råder mellan denna temperatur, koncentrationen och ångtrycket, så är i alla andra punkter jämviktsvillkoret icke uppfyllt, enär koncentrationen där är mindre. Efter som ångtrycket är detsamma i hela absorbatoren, måste absorptionen här ske vid en högre temperatur än den, vid vilken värmet bortledes. En irreversibel värmeströmning uppkommer således i absorptionsvätskan.

I en absorptionskylapparat med ett tredje icke absorberbart medium, som passerar genom absorbatoren, uppfyller den tredje faktorn, ångtrycket — som här är variabelt — jämviktsvillkoret, varigenom den irreversibla värmeströmningen i vätskan försvinner eller rättare sagt minskas, och så att säga i ersättning därför erhåller man den ökning av det upptagna värmet, som ovan beräknats.

Då det nu har visats, att verkningsgraden eller förhållandet mellan det från generatoren upptagna och det uppoffrade värmet är större än eller lika med den vid en Carré-maskin, må även denna i korthet behandlas.

Det kan visas att verkningsgraden för en Carré-maskin icke kan vara större än förhållandet mellan generators temperatur och den, vid vilken värmet bortföres (se Zeitschr. f. die gesamte Kälte Industrie 1, 1913 sid. 3 och 4).

$$\frac{Q_o}{Q} = \frac{T_2}{T_1} = \eta_1$$

Om samma värmemängd Q i stället tillföres en ångpanna med temperaturen T_k lika med absorptionsmaskinens kokaretemperatur, samt det arbete, som därvid utvinnes, användes att driva en kompressormaskin, kan man skriva:

$$\frac{Q_o}{Q} = \frac{T_k - T_1}{T_k} \cdot \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \eta_2$$

där likhetstecknet naturligtvis gäller, om både den drivande och den drivna processen äro Carnot-processer.

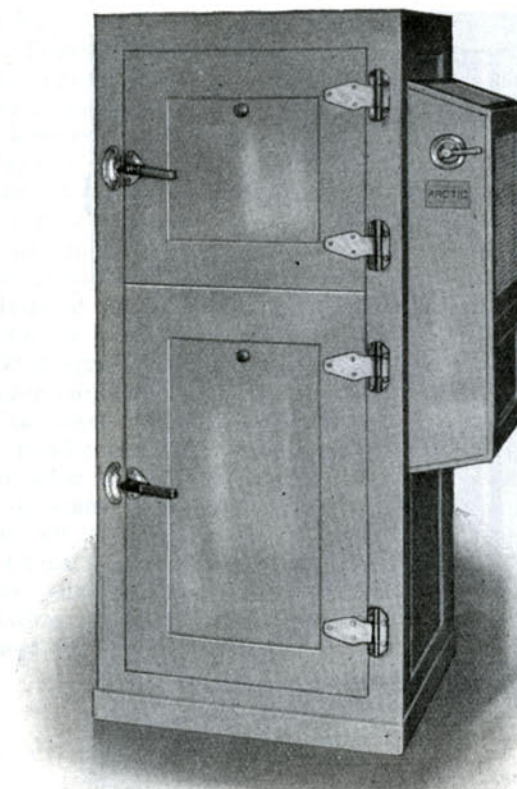


Fig. 10. Kylskåp för hushållsbehov enligt PLATEN-MUNTERS' system.

Förhållandet mellan η_2 och η_1 är ett mått på, hur mycket Carré-maskinen är kompressorkylmaskinen underlägsen ur verkningsgradssynpunkt.

$$z = \frac{\eta_2}{\eta_1}$$

$$z = \frac{T_k - T_1}{T_k} \cdot \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

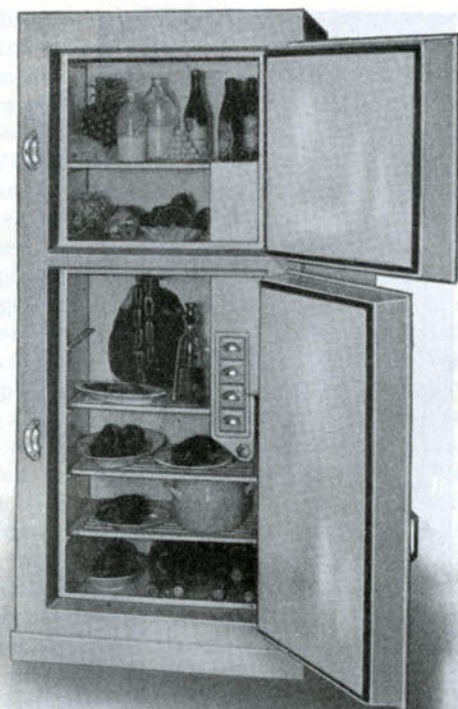


Fig. 11. Kylskåp för hushållsbehov enligt
PLATEN-MUNTERS' system.

Det framgår härav, att ju mindre skillnaden mellan kondensorns och generatorns temperatur är ($T_1 - T_2$), desto större är z . Det är därför, som den vanliga absorptionsmaskinen, ehuru alltid kompressormaskinen underlägsen ur verkningsgradssynpunkt, kan vara konkurrenskraftig med denna, endast om skillnaden mellan kondensorns och generatorns temperatur är stor. Detsamma gäller den här behandlade apparaten med en icke kondenserbar gas som hjälpmedium.

Helt annorlunda är förhållandet, när hjälpmediet kon-

denserar före inträdet i generatoren, då, som förut visats, ett tillskott av den från generatoren upptagna värmemängden uppkommer. Hjälpmediet kommer då att automatiskt genomlöpa en cirkelprocess fullt analog med den i en kompressionskylmaskin. Därav följer också att denna kylapparats verkningsgrad är, om också icke sammanfallande, så åtminstone analog med en kompressorkylmaskins. Som förut visats är emellertid denna apparat användbar endast inom det temperaturintervall $T_1 - T_2$, som svarar mot rel. tryckintervallet $1/2$.

Härmed har sålunda angivits principerna för konstruerandet av tvenne slag av kylapparater, det ena slaget ur verkningsgradssynpunkt speciellt passande för relativt större temperaturdifferens mellan generator och kondensor, det andra slaget för dylika apparater, vid vilka endast en relativt mindre temperaturdifferens är betingad, och vilka system båda så till vida uppfylla fordringarna på enkelhet, att de sakna varje rörlig maskindel, att de låta sig utföras med lätt tillgängliga och enkla maskinelement, samt att de kunna utföras såsom hermetiskt fullständigt slutna enheter, vilka icke kräva någon annan tillsyn än den, som erfordras för att tillföra apparaterna erforderlig värmemängd för deras funktion.

