

Miután az izobár szakaszok mentén közlendő, ill. elvonandó hő abszolút értékben megegyezik, ez a hőcsere regeneratív uton megoldható, és így belsőnek tekinthető. Ezek után a betáplálandó hő:

$$q_{be} = q_{34} = RT \ln \frac{p}{p_0},$$

és az elvonandó hő

$$q_{el} = q_{12} = RT_0 \ln \frac{p_0}{p}.$$

A körfolyamat termikus hatásfoka az

$$\eta_t = 1 - \frac{|q_{elv}|}{q_{be}} = 1 - \frac{T_0}{T} = \eta_C$$

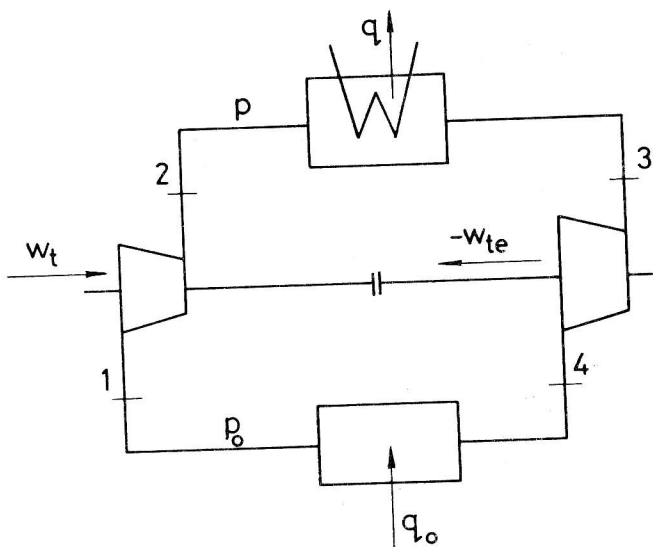
kifejezés szerint megegyezik az azonos hőmérsékletathárok között dolgozó Carnot-körfolyamat termikus hatásfokával. A különbség azonban az, hogy az Ackeret-Keller körfolyamat kis nyomásviszonyok mellett szolgáltatja a jó termikus hatásfokot.

A valóságban azonban az izotermikus munkafolyamatoknál ugyanolyan nehézségek adódnak, mint a Carnot-körfolyamat esetében.

5.4.4 Hűtőgépek, hőszivattyúk körfolyamatai

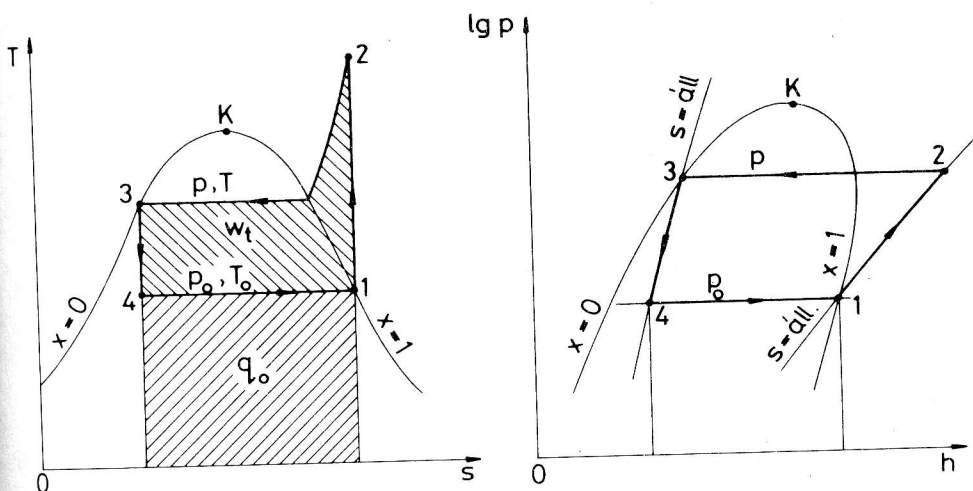
Egy térben a környezet hőmérsékleténél alacsonyabb hőmérsékletet hőelvonással, hűtéssel lehet fenntartani. Az elvont hőt folyamatos hűtés esetében át kell adni valamilyen rendszernek, a környezetnek, és ez földi körülmények között jelenleg nem lehet más, mint az atmoszférikus levegő, vagy víz. Ahhoz viszont, hogy a hőt alacsonyabb hőmérséklet-ről magasabb szintre emeljük, a II. főtétel értelmében energiabefektetésre van szükség.

A hűtőrendszert, amelynek segítségével ez a feladat megoldható, vázlatosan a 92. ábra mutatja. A zárt rendszerben keringő hűtőközeg az I állapotban kerül egy kompresszorba, amely a nyomást megnövelve a közeget a hőcserélőbe nyomja. A hőcserélőben alkalmas közeg segítségével hőt vonunk el, s így kerül a közeg egy expanziós gépbe, ott expandálva nyomása csökken és le is hűl, úgyhogy azután a hűtendő térbe jutva ott a kívánt alacsony hőmérsékletet tartani képes.



92. ábra

A hűtőrendszer a közvetítő közeg minőségétől függően kétféle lehet, éspedig gőznemű, ill. gáznemű hűtőközeggel működő rendszer. A gyakorlatban, eltekintve bizonyos speciális területektől, általában a gőznemű közeggel dolgozó hűtőrendszer a használatos. Ezeket a hűtőrendszerekben használatos anyagokat hűtőközegeknek, gőzüket a hűtőben "hideggőz"-nek szokás nevezni.



93. ábra

Gőznemű hűtőközeg elméleti hűtőkörfolyamatát a 93. ábrán láthatjuk T,s ill. lgp,h diagramban. Az 1 állapotú (száraz telített gőz) hűtőközeget a kompresszor p_o nyomáson (és T_o hőmérsékleten) szívja

el, s elvileg izentropikusan komprimálja p nyomásra (tulhevített gőz, 2 állapot), ahol hőmérséklete már olyan magas, hogy az előzőleg a hűtőtérben felvett hő és a kompresszor munkájának megfelelő energiát képes a környezeti hőmérsékletű közegnek átadni. Eközben hőmérséklete csökken a tulhevítési hőmérsékletéről a p nyomásnak megfelelő T telítési hőmérsékletre, majd T=áll. mellett kondenzálódik; a kondenzáció 3 végállapota a telítési folyadékállapot. Ezután a folyadék az expanziós gépbe kerül, nyomása p_o-ra, hőmérséklete T_o-ra csökken, úgyhogy a 4 állapotban alkalmas arra, hogy a hűtőtérbe jutva hőt vegyen fel s elvégezhesse a hűtést. A hőfelvétel a közeg nagy részének elpárolgása mellett állandó hőmérsékleten megy végbe, s annak végén a hűtőközeg a kiinduló állapotba kerül vissza. A körfolyamatot a lgp,h diagramban két egyenes vonaldarab és két s=áll. izentropikus szakasz határolja.

A hűtőközeg által a hűtendő térben p_o=áll. mellett fajlagosan felvett hő

$$q_o = q_{41} = h_1 - h_4,$$

a kompresszorban befektetendő munka:

$$w_{t,k} = w_{t12} = h_2 - h_1,$$

a kondenzátorban elvonandó hő:

$$q = q_{23} = h_3 - h_2,$$

és az expanziós gép munkája:

$$w_{t,e} = w_{t34} = h_4 - h_3.$$

A körfolyamatba kívülről befektetendő munka a kompresszor és az expanziós gép munkájának különbsége:

$$w_t = w_{t,t} - |w_{t,e}| = h_2 - h_1 - (h_3 - h_4).$$

A kondenzátorban elvonandó hő a q_o felvett hőnek és a körfolyamatba befektetett w_t munkának az összege:

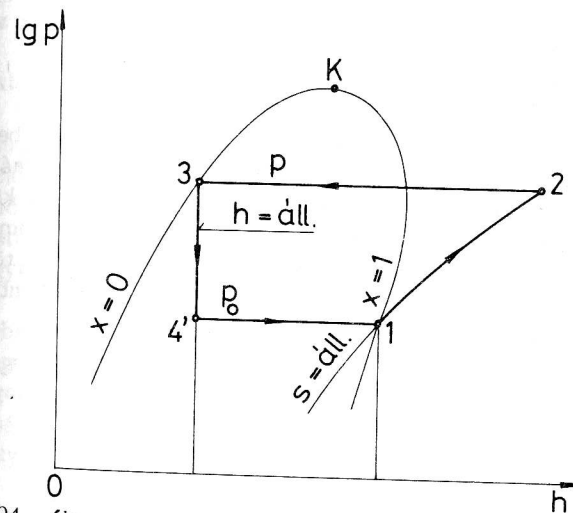
$$|q| = q_o + w_t.$$

A körfolyamat értékelésére az

$$\varepsilon = \frac{q_o}{w_t} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1 - (h_3 - h_4)}$$

5.17

un. teljesítménytényezőt szokás használni, amely a fentiek szerint az egységnyi munka befektetése árán a hűtőtérben elvonható hőnek felel meg.



94. ábra

A leírt körfolyamatban az expanziót gyakorlatilag nehéz megvalósítani. Emiatt az expanziós gépet elhagyják, és a közeg nyomását fojtószelep segítségével csökkentik p_o nyomásra. Az így adódó körfolyamatot a 94. ábra mutatja a lgp,h diagramban. Az előző körfolyamathoz képest a következő eltérések vannak. A h_{4'}=h₃ fojtás 4' végállapotában a p_o nyomáson nagyobb a közeg gőztartalma, mint izentropikus változás esetén. Emiatt a közeg kevesebb hőt tud felvenni. Most ez

$$q'_o = q_{4',1} = h_1 - h_4', < q_o.$$

Elmarad az expanzió munka, s így nagyobb lesz a betáplálendő munka:

$$w'_t = w_{t,k} = h_2 - h_1 > w_t$$

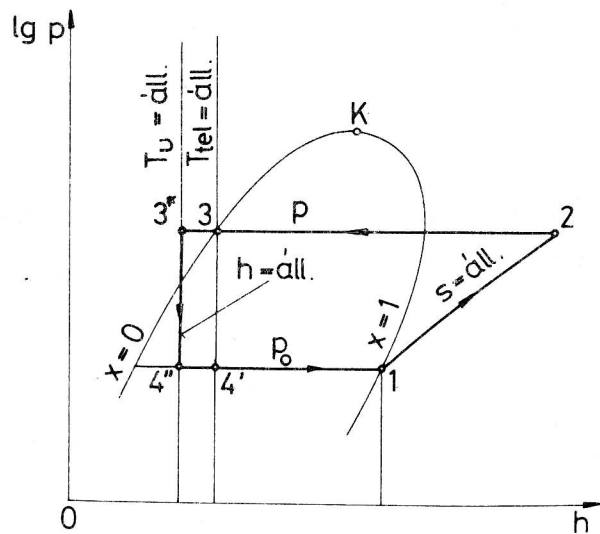
A kondenzátorban elvonandó hő ismét a felvett hőnek és a befektetett munkának az összege:

$$|q'| = q'_0 + w'_t$$

A teljesítménytényező a fentiek alapján kisebb lesz az 5.17 szerintihez képest:

$$\varepsilon' = \frac{q'_0}{w'_t} = < \varepsilon$$

A gyakorlatban általában ezt a gőznemű közeggel működő fojtásos berendezést használják hűtésre. A körfolyamat teljesítménytényezője annál kisebb, minél nagyobb a hőmérsékletkülönbség a hűtendő tér és a környezeti hűtővíz (-levegő), ill. az elpárolgási és a kondenzációs hőmérséklet között. Ennélfogva igen alacsony hűtési hőmérséklet esetén többfokozatú hűtőrendszert alkalmaznak, amelyeknek fokozatai egyenként el fogadható teljesítménytényezőjű körfolyamattal dolgoznak.



95. ábra

A fojtásos hűtőkörfolyamat hátrányát, hogy ti. a hűtőtérben elvonható hő kisebb, mint az izentropikus esetben elvonható hő, túlhűtéssel lehet csökkenteni (95. ábra). Ebben az esetben a kondenzátor után egy

külön erre a célra beépített utóhűtővel a folyadékállapotú közeget a telítési hőmérséklet alá hűtjük. Ezáltal a fojtás 4'' végállapota az előző körfolyamatéhoz képest balra kerül, s így gőztartalma kisebb lévén a hűtőtérben nagyobb hőt vehet fel. A kompresszor munka csökkentése többfokozatú kompresszió segítségével lehetséges.

Hőszivattyú

A hűtőgépek körfolyamata a hőerőgépek körfolyamatának megfordításaként adódik. A hűtőkörfolyamat segítségével munkabefektetés árán a hő alacsonyabb hőmérsékletre magasabb szintre emelhető. Aszerint, hogy a körfolyamatban az alsó és a felső hőmérsékletszint a környezet-hez képest hol helyezkedik el, változik a körfolyamat célja.

Hűtőgépeknél a cél az, hogy a környezeténél alacsonyabb hőmérsékleten hőt vonjunk el a hűtendő térből. Ezzel szemben célul tűzhető ki, hogy a környezetnél magasabb hőmérsékleten értékesítjük a körfolyamatból elvont hőt. Ilyen esetben szokás hőszivattyúról beszélni. A hőszivattyú körfolyamata lényegében azonos a hűtőkörfolyamattal, csak a hőmérsékletkorlátok tolnak el a magasabb szintek felé és a cél a leadott hő értékesítése. A körfolyamat teljesítménytényezője itt is annál nagyobb, minél közelebb esnek a hőmérsékletkorlátok egymáshoz.

A teljesítménytényező úgy értékelendő, hogy a befektetett munka többszörösének megfelelő hőt (energiát) lehet a hőszivattyú segítségével magasabb hőmérsékletszintre emelni, és ez bizonyos esetekben gazdaságos lehet. Így pl. a hőszivattyú fűtési célokra abban az esetben gazdaságos lehet, ha annak révén olcsóbb hőt nyerünk, mint amennyibe a hőszivattyú hajtására felhasznált elektromos energia előállítása kerül.

Ipari célokra mindenképpen gazdaságos a hőszivattyú, mert itt rendszerint a közel eső hőmérsékletkorlátok következtében a teljesítménytényező nagyra adódik.

5.5. Keverékek termodinamikája

5.5.1. Általános összefüggések

A műszaki gyakorlatban gyakran több különböző anyag keverékével kell számolnunk. A következőkben olyan alkotókból álló keverékekről lesz szó, amelyeknél kémiai reakció nem játszódik le. Az ilyen keverékekre általánosságban a következők érvényesek.