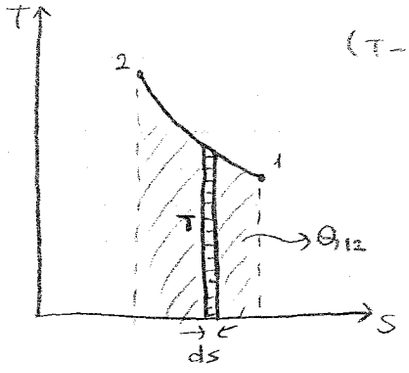
10.04.06

Entropi ile ilgili diyagramlar (T-s), (h-s)

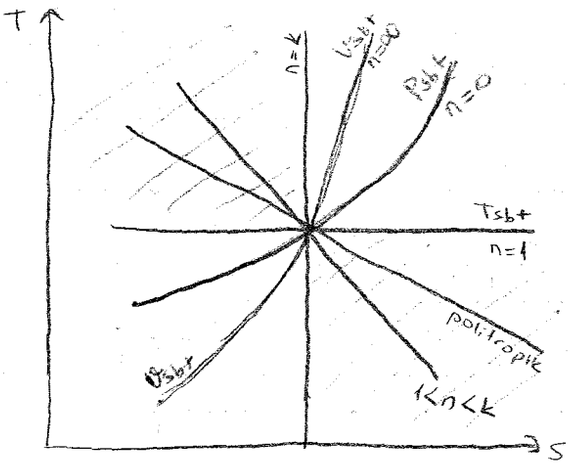
$$ds = \frac{\delta Q}{T}\Big)_{tnr} \qquad \int \delta Q = \int T\,ds \qquad Q_{ter} = \int_1^2 T\,ds$$

(T-s) kapalı sistem
(h-s) açık sistemlerd

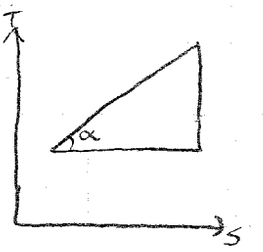


(T-s)'de proses eğrisinin altındaki alan ısı alışverişidir.

(P-v)'de proses eğrisinin altındaki alan işi veriyordu
$\int P\,dv$



(T-s)'da P_{sbt} ve v_{sbt} proseslerinin eğimlerinin karşılaştırılması



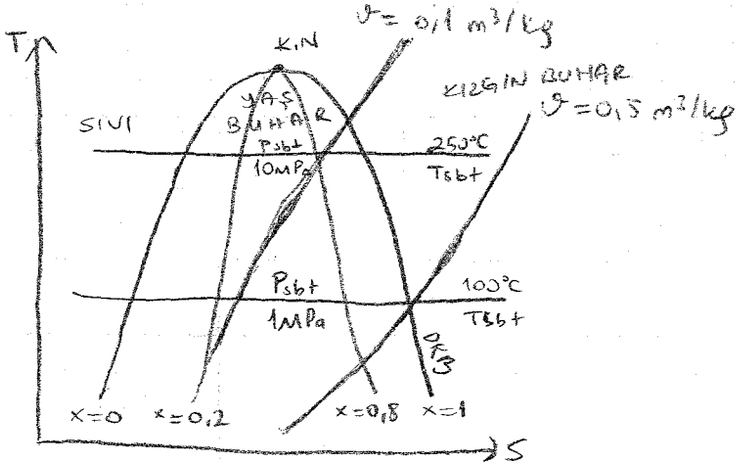
$$tg\alpha = \frac{dT}{ds}$$

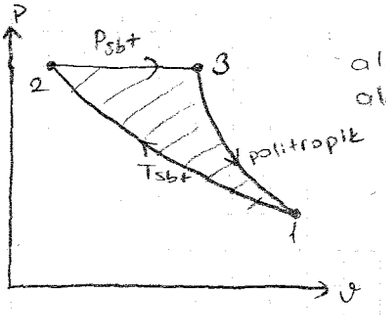
$$\delta q = c_p \cdot dT)_p = T ds)_p \Rightarrow \frac{dT}{ds} = \frac{T}{c_p}\Big)_1$$

$$\delta q = c_v dT)_v = T ds)_v \Rightarrow \frac{dT}{ds} = \frac{T}{c_v}\Big)_\theta$$

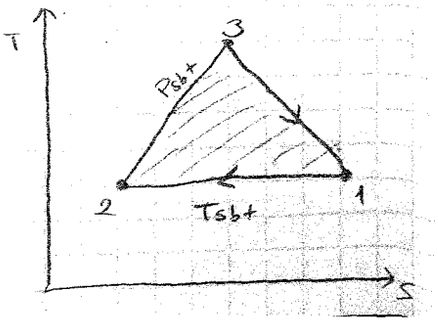
$c_p = c_v + R$
$c_p > c_v$

$$\frac{dT}{ds}\Big)_\theta > \frac{dT}{ds}\Big)_p$$



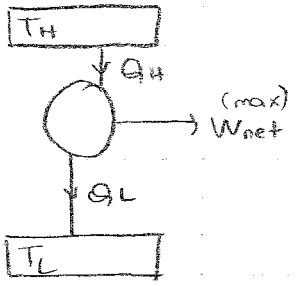


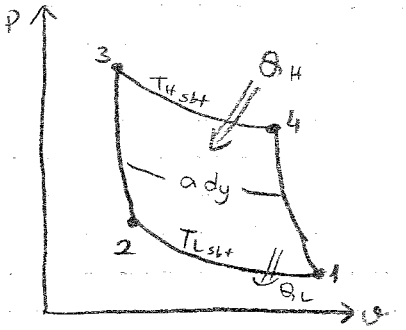
alan = Wnet
alan = Qnet

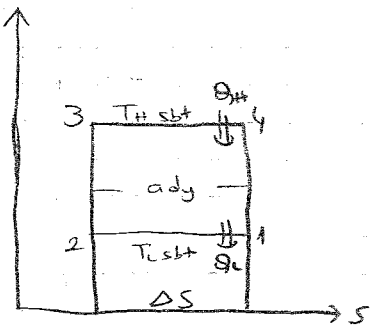


alan = Wnet
alan = Qnet

Carnot Çevriminin (T-S)'de gösterilişi







$$ds = \frac{\delta Q}{T}$$

(1-2) ve (3-4) Tsbt prosesidir

$$\int \delta Q = \int T ds$$

sbt — değişken

$$\boxed{Q = T.\Delta S}$$ Tsbt için

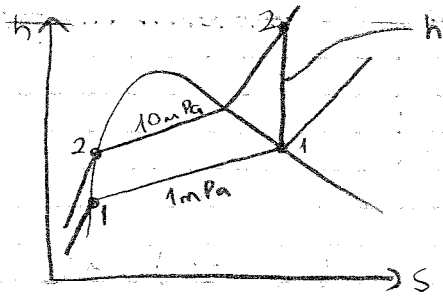
$$Q_{net} = W_{net}$$

$$Q_H - Q_L = T_H.\Delta S_{34} - T_L \Delta S_{12}$$

$$= (T_H - T_L)\Delta S$$

(h-s) genellikle açık sistemlerde

$W_{tur} = \Delta h$
$W_{komp} = \Delta h$
$q_{ısı\ değ} = \Delta h$
$q_{kazan} = \Delta h$
$W_{pompa} = \Delta h$



$h_2 - h_1 = W_{komp}$

$\int \delta Q = \int T ds$ Tsbt prosesi için

$\int \delta Q = T \int ds$ "

$Q = T\Delta S$ "

$$\boxed{\Delta S = \frac{Q}{T}} \Rightarrow$$ sadece Tsbt prosesi için

T dS ilişkisi

kapalı sistem ve sıkıştırılabilir madde için

$$\delta Q_{ter} - \delta W_{ter} = dW_{ter}$$

$$\boxed{T ds - P dv = du} \Rightarrow ds = \frac{du}{T} + \frac{P dv}{T}$$

— Gibbs denklemi —
(yola bağlı değil)

$$ds = c_v \frac{dT}{T} + \frac{P}{T} dv$$

$$h = u + Pv$$

$$dh = \underbrace{du + P dv}_{\delta Q} + v dP$$

$$dh = \delta Q + v dP$$

$$\boxed{\delta Q = dh - v dP} \qquad \boxed{T ds = dh - v dP}$$

S ektensif bir özelliktir

$$\frac{S}{m} = s$$

KATI ve SIVILARDA ENERJİ DEĞİŞİMİ

$$ds = Cv\frac{dT}{T} + \frac{p}{T}dv \quad \rightarrow 0 \text{ (katı ve sıvı)}$$

$$Cv = Cp = C$$

$$\int_1^2 ds = c\int_1^2 \frac{dT}{T}$$

$$S_2 - S_1 = c \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Örnek: 500 K ilk sıcaklığında ve 50 kg kütlesinde demir blok 285 K sıcaklığındaki göle atılıyor, termik dengeye geliyor.

a) Demir bloğun entropi değişimi
b) Gölün " "
c) Toplam " "

$C = 0{,}45\ kJ/kg\,K$

a) $\Delta S_{demir} = 50 \times C \ln \frac{T_2}{T_1} = 50 \times (0{,}45) \ln \frac{285}{500} = -12{,}65\ kJ/K$

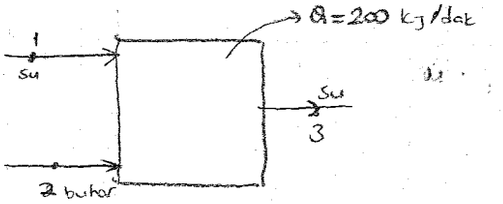
b) $\Delta S_{göl} = \frac{Q_{göl}}{T_{göl}} = \frac{-Q_{demir}}{T_{göl}}$

$$= \frac{-(mC\Delta T)_{demir}}{T_{göl}} = \frac{-50 \times 0{,}45 \times (285-500)}{285} = 16{,}97\ kJ/K$$

c) $\Delta S_{toplam} = S_{ür} = \Delta S_{demir} + \Delta S_{göl}$

$\Delta S_{toplam} = 16{,}97 - 12{,}65 = 4{,}3\ kJ/K$

Örnek:



$T_1 = 10°C$ $P_1 = 200\ kPa$ $\dot{m}_1 = 120\ kg/dk$
$T_2 = 150°C$ $P_2 = 200\ kPa$
$T_3 = 80°C$ $P_3 = 200\ kPa$

$S_{ür} = ?$

$T_{çevre} = 20°C$
Pe, ke ihmal
sürekli rejim

① $h_1 \cong 42{,}01\ kJ/dak$ $S_1 \cong 0{,}151\ kJ/kgK$ (A4)
② $h_2 = 2768{,}8\ kJ/kg$ $S_2 = 7{,}2795$ " (A6)
③ $h_3 \cong 343{,}91\ kJ/kg$ $S_3 \cong 1{,}0753$ " (A4)

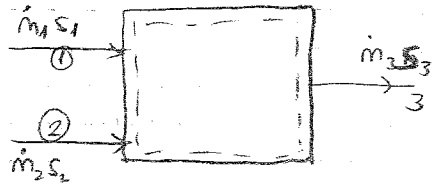
$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$

$\dot{Q} - \dot{W} + \Sigma \dot{m}_g h_g - \dot{m}_ç h_ç = 0$

$\dot{Q} + \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 - \dot{m}_3 h_3 = 0$

$-200 + 120 \times 42{,}01 + \dot{m}_2 \cdot 2768{,}8 - (\dot{m}_2 + 120) \times 343{,}91$

$\dot{m}_2 = 14{,}52\ kg/dak$
$\dot{m}_3 = 14{,}52 + 120 = 134{,}52\ kg/dak$



$T_{\text{çevre}} = 293\ K$

$$\Rightarrow S_{ür} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}} \geq 0$$

$$\underbrace{(S_{son} - S_{ilk})_{kh}}_{0} + \left((\dot{m}_3 s_3 - \dot{m}_1 s_1 - \dot{m}_2 s_2) + \frac{\dot{Q}_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} \right)$$

$$\Rightarrow = S_{ür} \geq 0$$

$$\Rightarrow 0 + (134{,}52 \times 1{,}0753) - (120 \times 0{,}151) - (14{,}52 \times 7{,}2795) + \frac{200}{293} = 21{,}51\ kJ/dak\ K > 0$$

tersinmez

İdeal gazlarda entropi değişimi

$$ds = c_v \frac{dT}{T} + \frac{p}{v} dv \qquad pv = RT \qquad \frac{p}{T} = \frac{R}{v}$$

$$\int_1^2 ds = \int_1^2 c_v \frac{dT}{T} + \int_1^2 \frac{p}{v} dv$$

$$\boxed{s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1}}$$

$$\boxed{S_2 - S_1 = m \left[c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} \right]}$$

$$\frac{P_2 v_2}{P_1 v_1} = \frac{RT_2}{RT_1}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_2}$$

$$s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_2} \right)$$

$$s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_1}{P_2}$$

$$s_2 - s_1 = (c_v + R) \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\boxed{m \times s_2 - s_1 = \left[c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \right] \times m} \qquad kJ/kg\ K$$

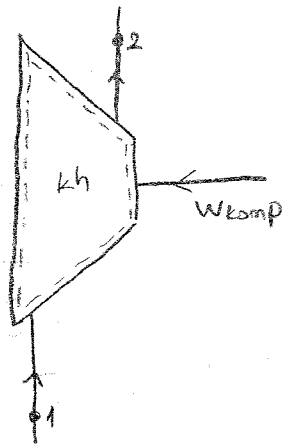
T_{sbt} ise $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$

Adyabatik (tersinir) $\Delta S = 0$

$\delta Q = 0$ $\quad \delta Q = T ds$

Tersinir Süreksiz Akışlı sistemlerde: iş

11.04.06



$\delta Q_{ter} - \delta W_{ter} = dh$

$h = u + Pv$

$dh = \underbrace{du + Pdv}_{Tds} + vdP$

$dh = Tds + vdP$

$Tds - \delta W_{ter} = Tds + vdP$

$\delta W_{ter} = -vdP$

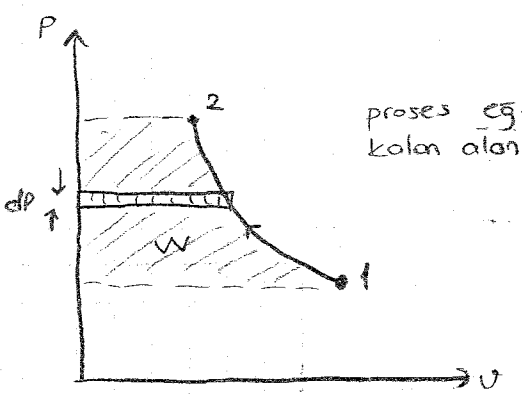
$W_{ter} = \int -vdP$

açık sistemde iş

Hatırlatma

kapalı sist. de

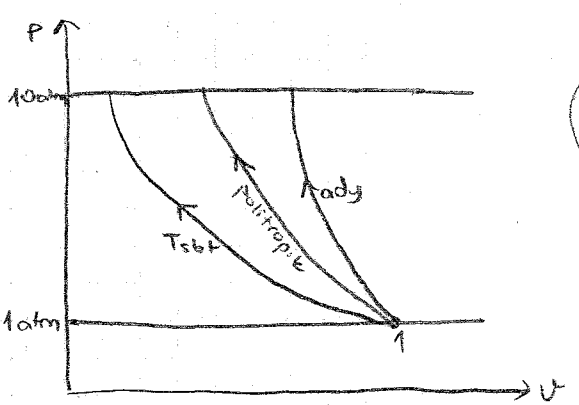
$W = \int P dv$



proses eğrisinin sol tarafında kalan alan açık sistemler için işitir. ⟹

Hatırlatma

kapalı sistemlerde eğrinin altındaki alan işitir.



kompresörse Tsbt prosesi tercih edilmeli

• ara soğutma yapılır

Türbin ise Adyabatik proses tercih edilmeli

• ara ısıtma yapılır

11.04.06

İşi minimum yapacak (sıkıştırmada) optimum P_x ara basıncı nedir?

$$W_{komp} = W_I + W_{II} = \frac{nRT_1}{n-1}\left[1 - \left(\frac{P_x}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right] + \frac{nRT_1}{n-1}\left[1 - \left(\frac{P_2}{P_x}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right]$$

tek değişken P_x; $W_{komp.}$'ü min. yapacak P_x'i bulalım

$$\frac{\partial W_{komp}}{\partial P_x} = 0 \qquad P_x = (P_1 . P_2)^{1/2}$$

$$P_x = \sqrt{P_1 . P_2}$$

Örnek: Hava $P_1 = 100\ kPa$, 300 K şartlarından kompresörle $P_2 = 900\ kPa$

a) izentropik (tersinir ady) ($k = 1,4$)
b) Politropik ($n = 1,3$)
c) izotermik
d) ara soğutmalı kademeli sıkıştırma

harcanan iş?

$$P_x = \sqrt{P_1 \cdot P_2} = (100 \cdot 900)^{1/2} = 300\ kPa$$

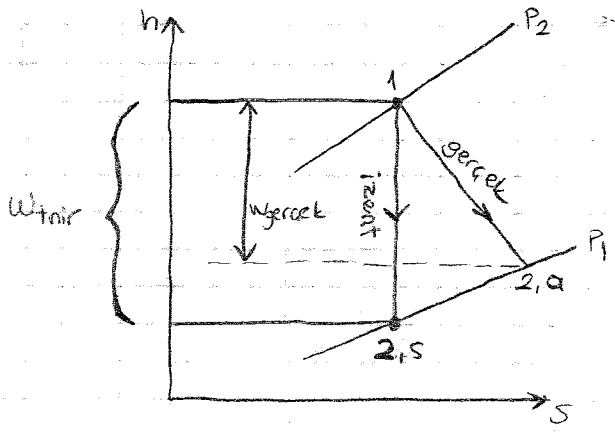
$w_{izentr} = -263,2\ kJ/kg$

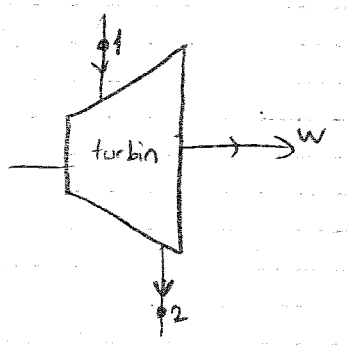
$w_{politr} = -246,4\ kJ/kg$

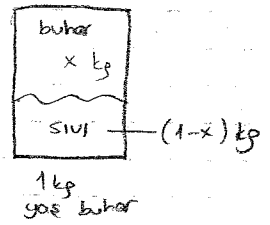
$w_{izoterm} = -189,2\ kJ/kg$

$w_{ara\ soğ} = -215,3\ kJ/kg$

Sürekli Akışkanlı Buhar sistemlerin izentropik adyabatik verimleri







$h = x\,h_g + (1-x)\,h_f$

$h = h_f + x\,(h_g - h_f)$

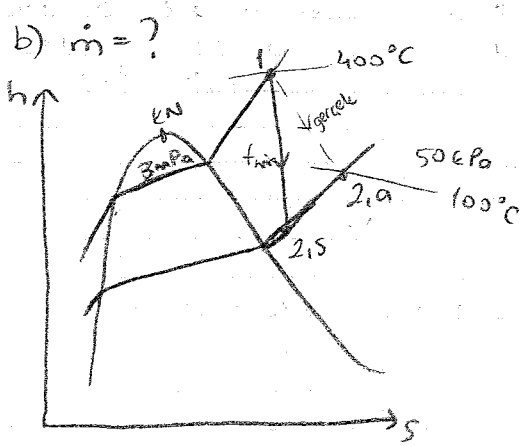
$S = x_1 S_g + (1-x)\,S_f$

$$\boxed{S = S_f + x\,(S_g - S_f)}$$

Örnek: Buhar $P_1 = 3\ MPa$ $T_1 = 400°C$ $P_2 = 50\ kPa$ $T_{2,a} = 100°C$
$W_a = 2\ MW$ $P_{e,ke} \cong 0$

a) adyabatik verim

b) $\dot{m} = ?$



$$\eta_{tnir} = \frac{w_{gerçek}}{w_{tnir}} = \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}}$$

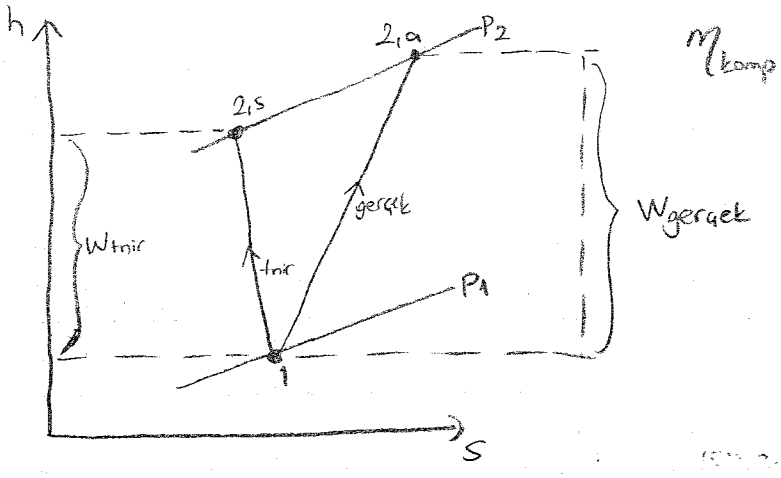
$$\frac{3231 - 2683}{3231 - 2407,5} = 0,667 \quad \%\,66,7$$

b) $W_a = \dot{m}\,(h_1 - h_a)$

$2000 = \dot{m}\,(3231 - 2683)$

$\dot{m} = 3,65$

Kompresörün Adyabatik Verimi



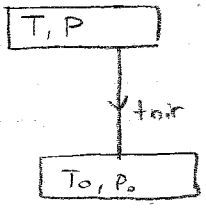
$$\eta_{komp} = \frac{W_{tnir}}{W_{ger}} = \frac{h_{2,s} - h_1}{h_{2,a} - h_1} < 1$$

Mühendislik Sistemlerinin II. Yasa Çözümlenesi

$\delta W = \delta$ (ilk hale, prosese, son hale, yola)

Çevre şartları 'o' alt indisi ile gösterilecek.

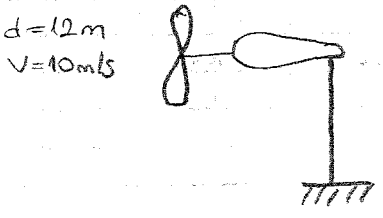
($P_o = 101,325$ kPa, $T_o = 25°C$) ölü hal



* Sistemden çevresi ile denge haline gelinceye kadar, ondan alabileceğimi maksimum iş
  - kullanılabilirlik
  - ekserji
  - maximum iş potansiyeli

  } aynı anlamdalar

Örnek: 12 m çapında bir pervane, rüzgarın 10 m/s hızla estiği bir yerde kurulmuştur. Bunun kullanılabilir enerjisi (yada ekserjisi) ne kadar



⇒ Hava durgun olsa çevresi ile dengede (ölü halde) olacaktı, yalnızca hızı dolayısıyla kinetik enerjisi var. Bu nedenle kullanılabilirliği sadece KE'dir.

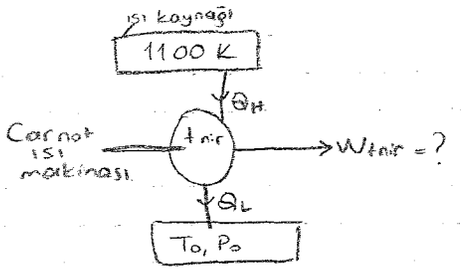
$$ke = \frac{V_1^2}{2} = \frac{(10\ m/s)^2}{2} \cdot \frac{1}{1000} = 0,05\ kJ/kg$$

$$\dot{m} = \rho . A . V_1 = 1,18 \times \frac{\pi d^2}{4} \times V_1 = 1,18 \frac{kg}{m^3} \times \frac{12^2 . \pi}{4} m^2 \times 10\ m/s = 1334\ kg/s$$

Kullanılabilir güç $\dot{m} \times ke = 1334 \frac{kg}{s} \times 0,05\ kJ/kg = 66,76\ kW$ (bu kadar güç elde edebilirdik)

gerçek rüzgar türbini %20 — %35 kadarını ise...

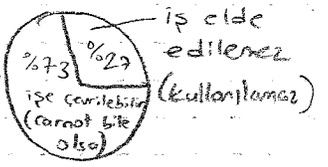
Örnek: 3 MW gücünde büyük bir kazan 1100 K'de buhar üretiyor. Bu enerjinin ekserjisini (kullanılabilirliğini) = ?



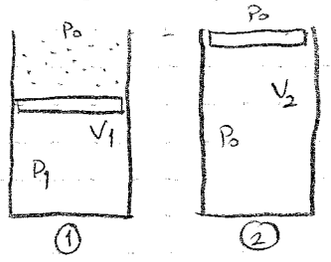
$\eta_{car} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{298}{1100} = 0{,}73$ ⇒ demek ideal (tmr) bir mak. olsa, ısının ancak %73'ünü işe çevirebilirmiş.

$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_1^+}$ → Q giren

$0{,}73 = \frac{W_{tr}}{3000}$ ⇒ $W_{tr} = 2190$ kW



Tersinir İş ve Tersinmezlik

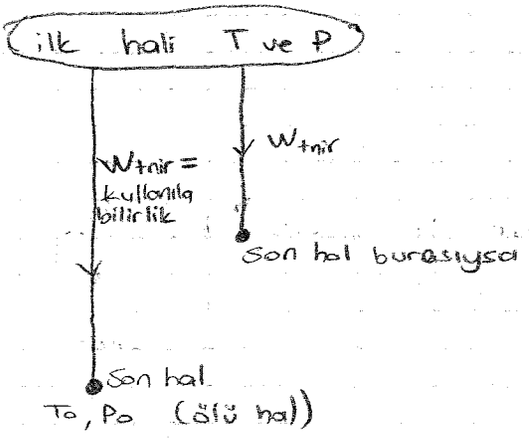


Böyle bir sistemden elde edilen işin bir kısmı, havayı itmek için kullanılıyor. Başka bir amaçla kullanamayız.

$W_{çevre} = P_0 (V_2 - V_1)$

$W_y = W - W_{çevre}$
yararlı gerçek

Sadece sınır işi olduğunda geçerli



Tersinir iş, belirli iki hal arasındaki hal değişimi sırasında bir sistemden elde edilebilecek en çok yararlı iştir ve W_{tmr} diye gösterilir. Bu iş proses tersinir olduğunda gerçekleşir. Son hal ölü hal olduğunda ise, tersinir iş = kullanılabilirliğe eşittir. Tersinir işle gerçek yararlı iş arasındaki fark tersinmezliklerden kaynaklanır, ve tersinmezlik diye adlandırılır ve I ile gösterilir.

Tersinmezlik (I)

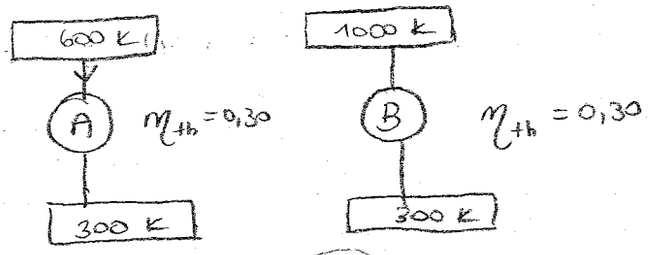
$I = W_{ter} - W_y$

II. yasa verimi:

$$\eta_{II} = \frac{\text{sistemden elde edilen kullanılabilirlik}}{\text{sisteme sağlanan kullanılabilirlik}}$$

$$\eta_{II} = \frac{\eta_{th}}{\eta_{th,tnr}} \quad \text{ısı makinası için}$$

Örnek:



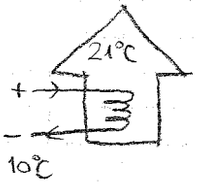
hangisi daha başarılı?

$$\eta_{II,A} = \frac{0,30}{1 - \frac{T_L}{T_H}} = \frac{0,30}{0,50} = 0,60 \qquad \eta_{II,B} = \frac{0,30}{1 - \frac{300}{1000}} = \frac{0,30}{0,70} = 0,43$$

— ilk bakışta her 2 makina da aldıkları ısının %30'unu işe çeviriyor görünüyo Ama, B'nin daha çok iş elde etme olanağı varken, hala %30'unu işe çeviriyor. Demek A daha başarılı.

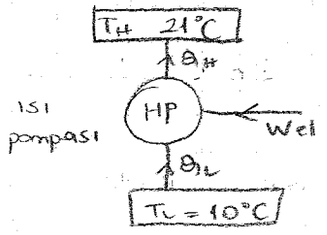
$$\eta_{II} = \frac{COP}{COP_{tnr}} \quad \left(\begin{array}{c}\text{ısı pompası ve}\\ \text{soğutma çevrimi}\\ \text{için aynı}\end{array}\right)$$

Örnek: Bir firma %100 verimle çalıştığını iddaa ettiği bir elektrikli ısıtıcı satıyor. Bu iddia gerçek olabilirmi?



firma aslında I. yasa verimi kastediyor. $\eta_I = \frac{\text{ısı}}{\text{elektrik}} = 1 = \%10$ diyo

adamın sattığı şey (elektrik gekiyor / iş), ısıtmak istenilen ortama ısı veriyor.



HP iş alıyor, istenilen ortama ısı veriyor.

$$COP_{HP_{tnr}} = \frac{1}{1 - \frac{T_L}{T_H}} = \frac{1}{1 - \frac{283}{294}} = 26,7$$

tüketttiği her birim elektrik için, ısıtılan ortama 26,7 birim ısı veriyor.

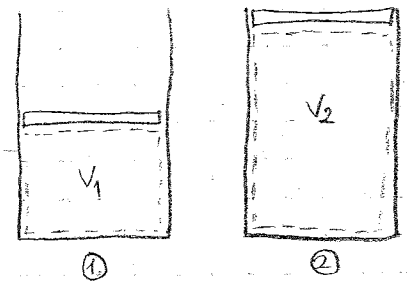
$$COP_{\substack{HP\\ \text{adamın}\\ \text{sattığı}}} = \frac{\text{ısıtılacak ortama verdiği ısı}}{\text{harcadığı iş}} = 1$$

$$\eta_{II} = \frac{COP_{\text{adamın sattığı}}}{COP_{tnr}} = \frac{1}{26,7} = 0,037$$

%3,7 imiş.

17.04.06

Kapalı Sistemlerde II. Yasa Analizi



T_o, P_o

- I. Yasa $\quad Q - W = U_2 - U_1$
- II. Yasa $\quad Sür = (S_2 - S_1)_{sistem} + \frac{Q_{çev}}{T_o}$ $\qquad Q_{çev} = -Q$

$$= (S_2 - S_1)_{sis} - \frac{Q}{T_o}$$

(Q yerine yerleştir)

$$W = (U_1 - U_2) - T_o (S_1 - S_2) - T_o \cdot Sür$$

$P_o(V_2 - V_1)$ = çevreye karşı yapılan iş

$$W_{ger} = W_{yararlı} = (U_1 - U_2) - T_o (S_1 - S_2) + P_o (V_1 - V_2) \quad - T_o \cdot Sür$$

($T_o \cdot Sür$: 0 olsaydı tnir iş)

$$W_{ter} = U_1 - U_2 - T_o (S_1 - S_2) + P_o (V_1 - V_2)$$

* ilk durum indissiz, son durum çevre ($_o$ alt indisi)

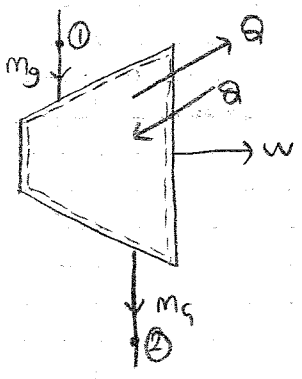
$$W_{max} = \Phi = U - U_o - T_o (S - S_o) + P_o (V - V_o)$$

• kapalı sistemin kullanılabilirliği

* bu sistemden, çevre ile denge haline gelene dek elde edebileceğimiz maksimum tersinir iş

Açık Sistemlerde II. Yasa Analizi

(Sürekli Akışlı açık sistem için)



- I. Yasa $\quad \dot{Q} - \dot{W} = \Sigma \dot{m}_ç (h_ç + \frac{1}{2} V_ç^2 + g z_ç) - \Sigma \dot{m}_g (h_g + \frac{1}{2} V_g^2 + g z_g)$
- II. Yasa $\quad Sür = \Sigma \dot{m}_ç s_ç - \Sigma \dot{m}_g s_g + \frac{Q_{çev}}{T_o}$

$$Sür = \Sigma \dot{m}_ç s_ç - \Sigma \dot{m}_g s_g - \frac{Q}{T_o}$$

(Q'yu çek yerine yerleştir)

$$W = \Sigma \dot{m}_g (h_g + \frac{1}{2} V_g^2 + g z_g - T_o s_g) - \Sigma \dot{m}_ç (h_ç + \frac{1}{2} V_ç^2 + g z_ç - T_o s_ç)$$

$$W_{tnir} = \Sigma \dot{m}_g (h_g + \frac{1}{2} V_g^2 + g z_g - T_o s_g) - \Sigma \dot{m}_ç (\cdots)$$

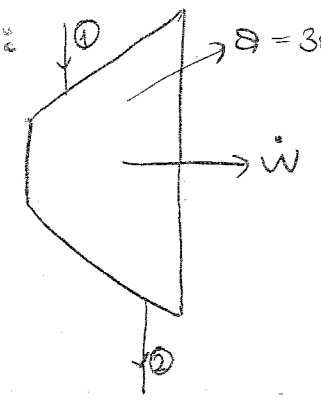
$T_o \cdot Sür$: 0 olsaydı W_{tnir} olurdu

* Akımın yada akışın kullanılabilirliği giriş şartı indissiz, çıkış o alt indisi ile yazılırsa. ($V_o = 0$; $z_o = 0$)

$$\Phi = (h - h_o) - T_o (s - s_o) + \frac{V^2}{2} + gz \quad kj/kg$$

$$I = T_o Sür = W_{ter} - W_{gerçek}$$

Örnek:



Su Buharı

$P_1 = 3 MPa$ $T_1 = 450°C$
$P_2 = 0,2 MPa$ $T_2 = 150°C$

$\Delta PE, \Delta KE \cong 0$

Tablo A6

$h_g = 3344$ kJ/kg	$s_g = 7,0834$ kJ/kg
$h_ç = 2768,8$ "	$s_ç = 7,2795$ "
$h_o = 104,89$ "	$s_o = 0,3674$ "

a) $W_{ger} = ?$
b) $W_{ter} = ?$
c) $\eta_{II} = ?$
d) $I = ?$
e) $\psi_{gir} = ?$ (giriş akımının ekserjisi, kullanıla.

$T_o = 25°C$
$P_o = 100 kPa$

a) $\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m}_ç h_ç - \dot{m}_g h_g = \dot{m}(h_ç - h_g)$

$-300 - W = 8 \text{ kg/s} (2768,8 - 3344) \Rightarrow W = 4302 \text{ kW}$

b) $W_{ter} = \dot{m}_g (h_g - T_o s_g) - \dot{m}_ç (h_ç - T_o s_ç)$

$W_{ter} = \dot{m} [(h_g - h_ç) - T_o (s_g - s_ç)] = 5069 \text{ kW}$

c) $\eta_{II} = \frac{\dot{W}}{W_{ter}} = \frac{4302}{5069} = 0,849$

d) $I = W_{ter} - W_g = 5069 - 4302 = 767 \text{ kW}$

e) $\psi_g = (h_g - h_o) - T_o (s_g - s_o) = (3344 - 104,89) - 298 (7,0834 - 0,3674)$
$= 1238 \text{ kJ/kg}$

$1238 \text{ kJ/kg} \times 8 \text{ kg/s} = 9904 \text{ kW}$ (giriş akımının ekserjisi)

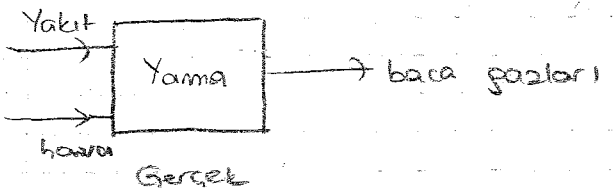
"giriş akımından çevre şartına gelene dek elde edilebilecek max. tnir iş

ÇEVRİMLER

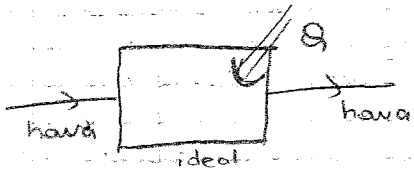
- Soğutma (buzdolabı, ısı pompası)
- Güç çevrimleri (ısı mak., araç motoru)
- Gaz akışkanlı (aracı akışkan hep gaz)
- Buhar akışkanlı (aracı akışkan buhar, sıvı)
- Açık çevrimler (akışkan her çevrim tamamlandığında atılıyor, araç motoru)
- Kapalı çevrimler (aynı akışkan sürekli dolaşıyor, buzdolabı)
- içten yanmalı (yanma çevrimdeki akışkanla yapılıyor, araba motoru)
- dıştan yanmalı (kazanda, jeotermal, nükleer)

Gaz Akışkanlı Güç Çevrimleri

Hava Standartı Kabulleri



Gerçek



Soğuk hava standartı kabulleri

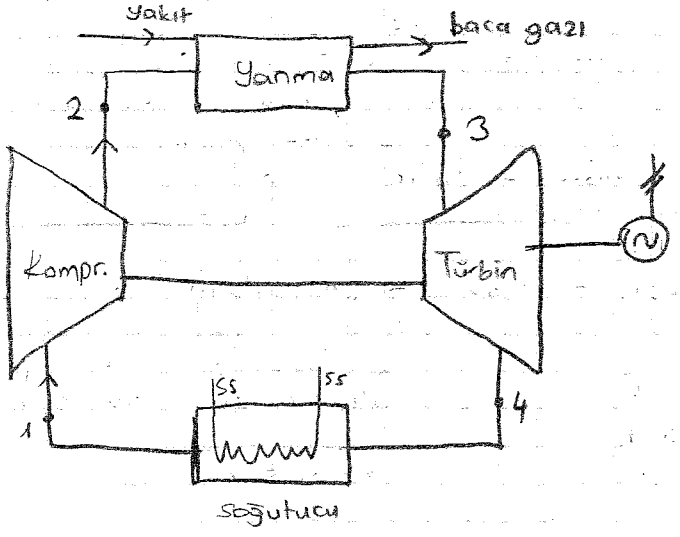
① Aracı akışkan ideal gaz olarak kabul edilen ve sürekli olarak bir kapalı çevrimde

② Bütün prosesler içten tesirlidir

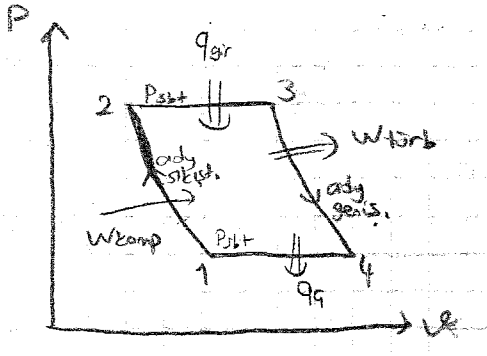
③ Yanma işleminin yerini dış kaynaktan ısı geçişi alır

Hava standartı kabulu yapılan çevrimlere ideal hava çevrimi denir. Çözümü kolaylaştırmak için yapılan diğer bir kabul havanın ısınma ısılarının 25 °C değerinde sabit kaldığıdır. Burada soğuk hava standartı denir.

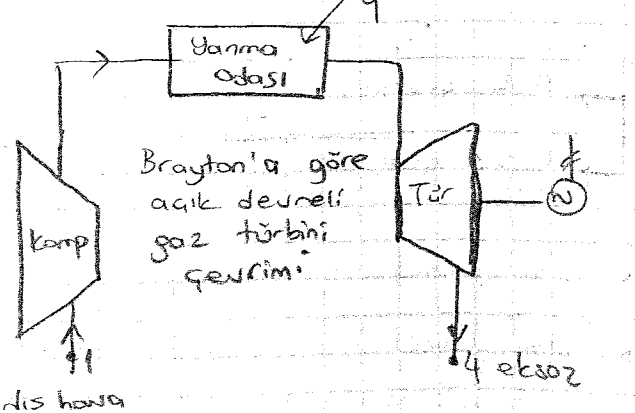
Brayton Çevrimi



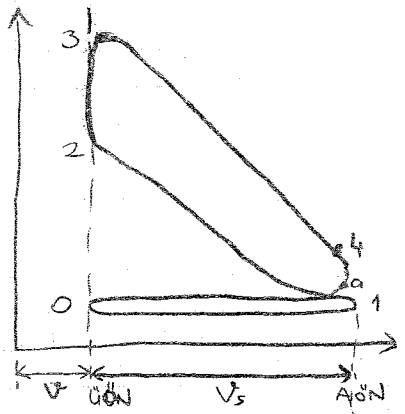
Gaz Türbini Çevrimi (kapalı)



4 noktasındaki P_4 çevre basıncına eşit alınırsa türbinden çıkan gazı egzoz edip yerine, kompresöre dış hava alma olanağı doğar. Böylece soğutucudan kurtuluruz.

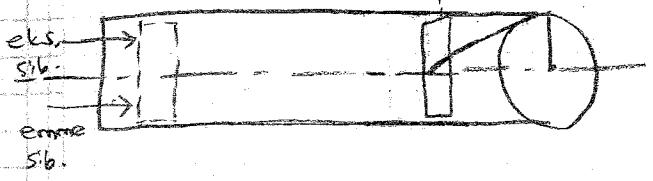


İçten yanmalı Pistonlu makinaların çevrimi



ÜÖN → üst ölü nokta
AÖN → alt " "

V ⇒ ölü hacim

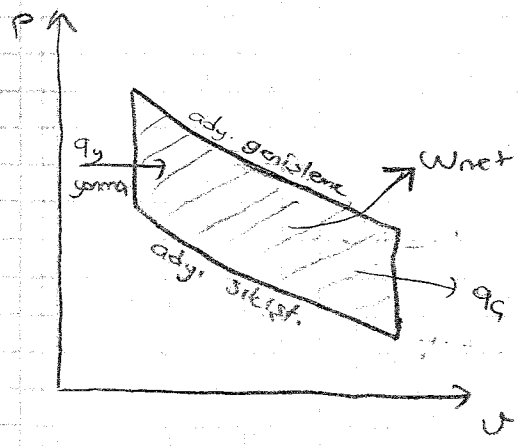


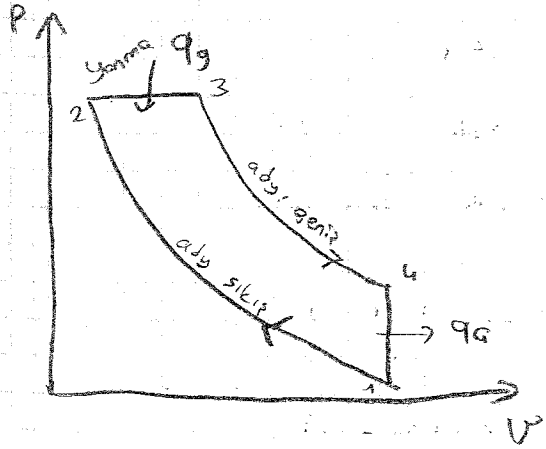
Çevrimlerde sırasıyla sıkıştırma, çevrime ısı verme, genişleme ve ısı atma süreçlerinin her biri, ayrı ayrı ekipmanlarda değil de tek bir silindir içinde yapılabilirse, bu ısı mak. az yer kaplar hafif olur, küçük güçler için uygundur, araçlar hemen hemen sadece bu tip mak. kullanılır. Yakıtın silindir içine gönderilmesinde ve yakılmasında kullanılan yöntene göre benzin yada dizel çevrimi olarak adlandırılırlar.

Bazı motorlarda çevrimin tamamlanabilmesi için piston iki strok uzunluğunda yer değiştirmesi gerekir. Bunlar iki zamanlı motorlar denir. Bazılarında ise 4 strok uzunluğunda yer değiştirme gerekir, Bunlarada 4 zamanlı motorlar denir. Şekilde 4 zamanlı bir mak. görülmektedir. Pistonun üst ölü noktadan, alt ölü noktaya doğru hareketi sırasında emme sibopu açıktır ve silindir içini 0-1 hattı boyunca benzin motorlarında yakıt + hava, dizel motorlarında ise sadece hava emilir. Piston ters yönde giderken siboplar kapalıdır ve emilmiş olan hava veya karışım 1-2 eğrisi boyunca sıkıştırılır. Benzin motorlarında bujide çıkan kıvılcım, 2 noktasında karışımı tutuşturur. Dizelde ise sıkıştırma oranı çok büyük olduğundan sıkıştırma sonunda havanın sıcaklığı, yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığından büyük olduğundan 2 nok.da silindir içine püskürtülen yakıt kendiliğinden tutuşur. Yanma eğrisi boyunca basınç artar, 3-4 eğrisi boyunca genişleyerek iş yapan gazın basıncı düşer, 4 nok.da eksoz sibobu açılır, gazların hızla dışarıya çıkması nedeniyle silindir içindeki basınç 4-a eğrisi boyunca düşer. Pistonun üst ölü noktaya hareketi ile A-o hattı boyunca gazlar silindirden dışarı atılır ve böylece çevrim tamamlanmış olur.

V_s = strok hacmi

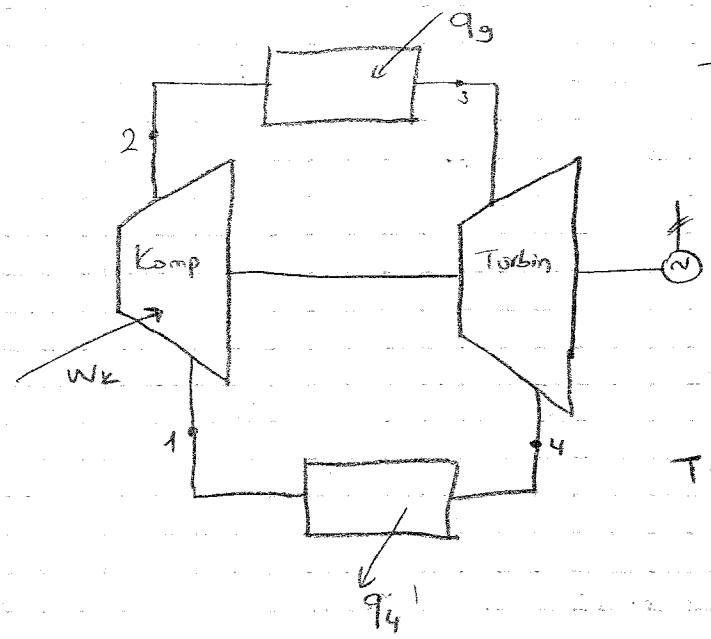
$$r = \frac{V + V_s}{V} \quad \left(\begin{matrix}\text{Sıkıştırma} \\ \text{oranı}\end{matrix}\right)$$





18.04.06

Örnek: Brayton çevrimine göre çalışan bir ısı makinasında kompresör sıcaklığı 300°K, kompresörün sıkıştırma oranı 6, Türbin giriş sıcaklığı 1200°K 'dir. Kompresör ve türbin çıkış sıcaklıkları, 1 kg hava için türbin işi, hava işi ve çevrimin termik verimi nedir?



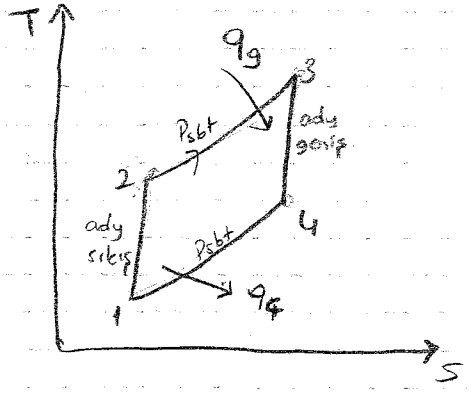
$T_1 = 300°K$ $\quad T_3 = 1200°K$

$P_2/P_1 = 6$

$T_2 = ?$ $\quad W_t = ?$

$T_4 = ?$ $\quad W_k = ?$

$\eta_t = ?$



• 1-2) ady $\quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{T_3}{T_4}$

$\frac{T_2}{300} = 6^{\frac{k-1}{k}} \Rightarrow \frac{T_2}{300} = 6^{\frac{1,4-1}{1,4}} \rightarrow \bullet\ T_2 = 500°K$

$\rightarrow 6^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 1,6685 = \frac{1200}{T_4} \Rightarrow \bullet\ T_4 = 719°K$

• $W_t = \dot{m}(h_3 - h_4) = 1.\ C_p\ (T_3 - T_4) = C_p(1200 - 719) = ____\ kJ/kg$

$Q - \dot{W} + \dot{m}_g h_g - \dot{m}_c h_c = 0$

$W_t = \dot{m}(h_3 - h_4)$

Tablo A-1

$R_{hava} = 0,287\ kJ/kgK$

$C_p = \frac{k}{k-1} R = \frac{1,4}{0,4} 0,287 = 1,0045\ kJ/kgK$

• $W_k = m(h_2 - h_1) = 1\ (h_2 - h_1) = C_p(T_2 - T_1) = C_p(500 - 300) = ____\ kJ/kg$

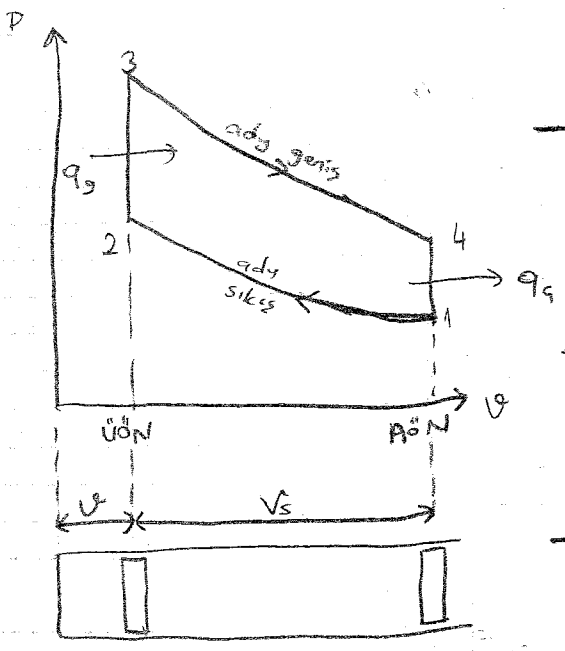
• $\eta_t = \frac{Q_{net}}{Q_g} = \frac{W_{net}}{Q_g} = \frac{W_t - W_k}{q_{23}} = \frac{C_p(1200 - 719) - C_p(500 - 300)}{C_p(T_3 - T_2)}$

$C_p(1200 - 500)$

$\eta_t = 0,4 \quad \%40$

Örnek: Sıkıştırma oranı $r=8$ olan bir strok çevriminde, sıkıştırma başlangıcındaki basınç 100 kPa, sıcaklık 300 K olup üst ölü noktada çevrime verilen ısı miktarı 2000 kJ/kg. Çevrimde gerçekleşen süreçlerin her birisinin sonunda basınç ve sıcaklık değerlerini bulunuz, çevrimin termik verimini bulun.

$r=8 \quad P_1=100\ kPa \quad T_1=300\ K \quad q_{23}=2000\ kJ$



- $r=\frac{v+v_s}{v}=\frac{v_1}{v_2}$
- $R=0{,}287\ kJ/kgK$ (A1)
- $r=8=\frac{v_1}{v_2}$ — $P_1v_1=RT_1$

$$v_1=\frac{0{,}287\times 300}{100}=0{,}861\ m^3/kg$$

→ 1-2 adb)

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} \qquad \frac{v_1}{v_2}=8$$

$$\frac{T_2}{300}=(8)^{0,4} \qquad v_2=\frac{0{,}861}{8}$$

$$v_2=0{,}1076\ m^3$$

$$T_2=689^\circ K$$

→ $\frac{P_2}{P_1}=\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k$ $\qquad q_{23}=2000=c_v(T_3-T_2) \Rightarrow T_3=3480{,}56^\circ K$

$\frac{P_2}{100}=8^{1,4}$ → 2-3 sbt v_{pr}) $\qquad \frac{T_3}{T_2}=\frac{P_3}{P_2}=\frac{3480{,}56}{689{,}2}=\frac{P_3}{1837}$

$P_2=1837{,}9\ kPa$ $\qquad P_3=9281\ kPa$

4-1 sbt v pr)

→ $v_4=v_1=0{,}861\ m^3/kg$ → $\frac{T_3}{T_4}=\left(\frac{v_4}{v_3}\right)^{k-1}=8^{0,4}$

→ $\frac{P_3}{P_4}=\left(\frac{v_4}{v_3}\right)^k=8^{1,4}$ $\qquad T_4=1515{,}26^\circ K$

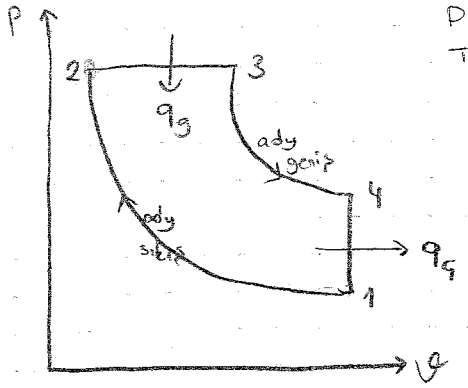
$v_4 \to v_1 \quad v_3 \to v_2$

$$\frac{9281}{P_4}=8^{1,4}$$

$$\Rightarrow \eta_t=\frac{q_{net}}{q_{giren}}=\frac{q_{23}-|q_{41}|}{q_{23}}=\frac{c_v(T_3-T_2)-c_v(T_4-T_1)}{c_v(T_3-T_2)}$$

$P_4=504{,}9\ kPa$ $\qquad \eta_t=0{,}56$ $\qquad$ %56 verim

Örnek: Sıkıştırma oranı 16 olan bir dizel çevrimi, Sıkıştırma başlangıcında basınç 100 kPa, sıc 300°K ve çevrime verilen ısı 1800 kJ/kg. Termik verim?



$P_1 = 100\ kPa$

$T_1 = 300\ K$

$\frac{V_1}{V_2} = 1,6$

$q_{23} = 1800\ kJ/kg$

$\eta_t = ?$

- $P_1 v_1 = R T_1$
- $v_1 = 0,861\ m^3/kg$

$v_1/v_2 = 16 \Rightarrow v_2 = 0,0538\ m^3/kg$

$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k \Rightarrow \frac{P_2}{100} = 16^{1,4} \Rightarrow P_2 = 4850\ kPa$

$P_2 v_2 = R T_2 \rightarrow 909°K$

$q_{23} = 1800 = C_p (T_3 - T_2) \Rightarrow T_3 = 2703°K$

$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} \rightarrow v_3 = 0,1599\ m^3/kg$

$T_4 = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} \cdot T_3 \qquad T_4 = \left(\frac{0,1599}{0,861}\right)^{0,4} \times 2703 = 1378°K$

$\eta_t = \frac{q_{23} - |q_{41}|}{q_{23}} = \frac{1800 - C_v (T_4 - T_1)}{1800}$

$\eta_t = 0,57$