العمليات الثيرموديناميكية على الأبخرة

العمليات أو الاجراءات الثيرموديناميكية على الابخرة (بخار الماء) شبيهة بالحالة على الغاز المثالي إلا أن الخواص الثيرموديناميكية في حالة الابخرة تستخرج من الجداول أو المخططات الخاصة بالمائع المعين ولا تستخدم علاقات الغاز المثالي إلا إذا تمت الاشارة إلى إن البخار يعامل معاملة الغاز المثالي في الظروف المحددة.

الامثلة التالية توضع بعض حالات العمليات على بخار الماء.

Example

مثال (1):

بخار كتلته 0.05 kg تم تسخينه تحت ضغط ثابت قيمته 2 bar حتى صار حجمه $0.0658\ m^3$ أحسب :

(أ) كمية الحرارة المصروفة أثناء عملية التسخين .

(ب) الشغل المبذول . إذا علمت أن حالة البخار الابتدائية (جاف مشبع)

Solution

الحل: للحالة الابتدائية البخار جاف مشبع تحت ضغط 2 بار لذلك:

(i) Initially the steam is dry saturated at 2 bar, hence,

$$h_1 = h_g \text{ at 2 bar} = 2707\ \text{kJ/kg}$$

Finally the steam is at 2 bar and the specific volume is given by

للحالة النهائية البخار جاف مشبع تحت ضغط 2 بار وحجم نوعي معطى لذلك:

$$v_2 = \frac{0.0658}{0.05} = 1.316\ \text{m}^3/\text{kg}$$

Hence the steam is superheated finally. From superheat tables at 2 bar and $1.316\ m^3/kg$ the temperature of the steam is 300 °C, and the enthalpy is $h_2 = 3072\ kJ/kg$.

يلاحظ أن البخار في الحالة النهائية محمص ومن جداول البخار المحمص تحت الضغط 2 بار وحجم نوعي $1.316\ m^3$ نجد درجة الحرارة هي 300 درجة مئوية ومن ثم النثالبيا $h_2 = 3072\ kJ/kg$

$$Q = H_2 - H_1 = m(h_2 - h_1) = 0.05(3072 - 2707)$$

تحسب كمية الحرارة Q من المعالة أعلاه كحرارة نوعية عن كل كجم وتحول إالى حرارة كلية بالضرب في الكتلة كما موضح أدناه

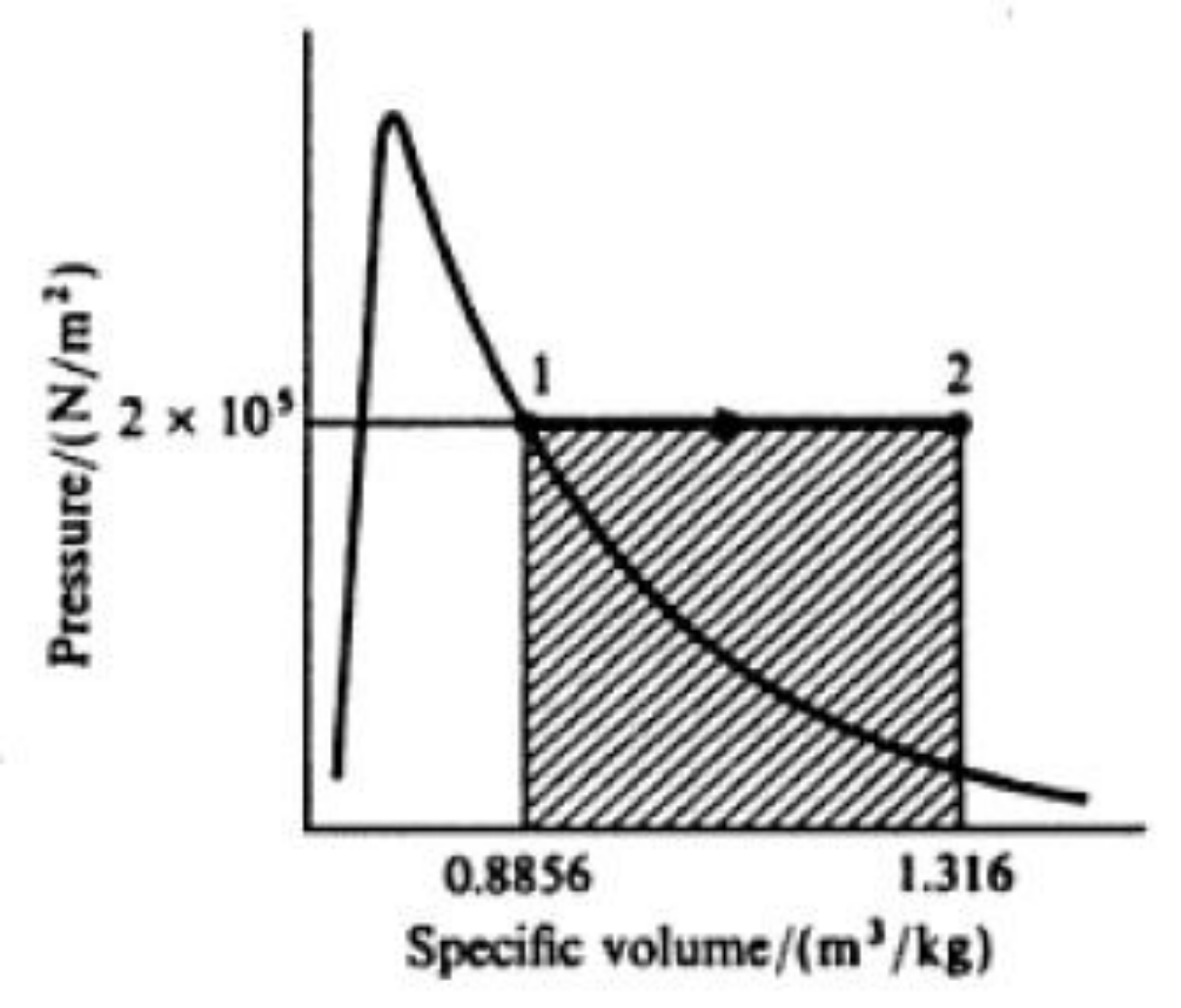
i.e. Heat supplied $= 0.05 \times 365 = 18.25\ kJ$

الاجراءات موضحة عل مخطط (p-v) في الشكل التالي حيث تمثل المساحة الظللة الشغل المنجز

The process is shown on a $p-v$ diagram

وكما هو معلوم فإن الشغل (W) لجراء ثبات الضغط يحسب على النحو:

$$-W = p(v_2 - v_1) = \text{shaded area}$$



الاجراء عل مخطط (p-v) في الشكل التالي حيث تمثل المساحة الظللة الشغل المنجز

عند نقطة البداية البخار جاف مشبع تحت الضغط 2 بار لذلك الحجم النوعي $v_1 = v_g$ وعليه:

Now $v_1 = v_g$ at 2 bar = 0.8856 m^3/kg, and

$v_2 = 1.316\ m^3/kg$.

الحجم v_2 معطى ويساوي

Therefore

لذلك بالتعويض في معادلة حساب الشغل لاجراء ثبات الضغط:

Now $v_1 = v_g$ at 2 bar = 0.8856 m^3/kg, and $v_2 = 1.316\ m^3/kg$.

$$W = -2 \times 10^5(1.316 - 0.8856) = -86080\ N\ m/kg$$

ويحسب الشغل الكلي بالضرب في الكتلة على النحو:

i.e. Work done *by* the total mass present = 0.05 × 86080

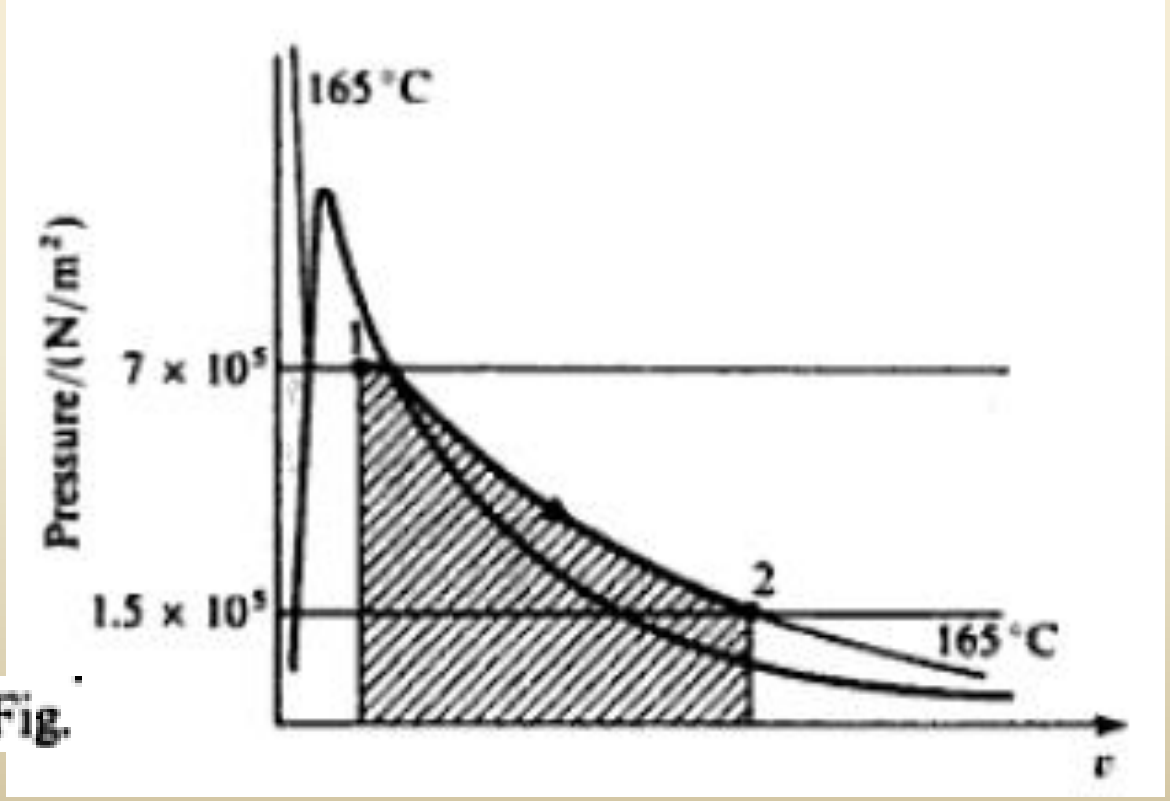
= 4304 N m = 4.304 kJ

Example

مثال (2):

بخار تحت ضغط 7 بار وكسر جفاف 0.9 تمدد في أسطوانة خلف مكبس في اجراء رجوعي في إجراء بثبات درجة الحرارة إلى ضغط 1.5 بار أحسب التغير في الطاقة الداخلية والتغير في المحتوى الحراري النوعي لكل كجم من البخار إذا علم أن كمية الحرارة المصروفة تعادل 547 kJ/kg .

Solution



The process is shown in Fig.

الاجراء ممثل على مخطط (P-v) في الشكل السابق ونجد من الجداول أن درجة حرارة التشبع المناظرة للضغط 7 بار هي 165 درجة وبالتالي يكون البخار محمص بنهاية التمدد .

The process is shown in Fig. 3.6. The saturation temperature corresponding to 7 bar is 165 °C. Therefore the steam is superheated at state 2. The internal energy at state 1 is found by using equation 2.3,

الطاقة الداخلية عند (1) حيث البخار رطب يمكن أن تحسب على النحو:

$$\text{i.e.} \qquad u_1 = (1 - x)u_f + xu_g = (1 - 0.9) \times 696 + (0.9 \times 2573)$$

therefore

أي أن (u_1)

$$u_1 = 69.6 + 2315.7 = 2385.3 \text{ kJ/kg}$$

Interpolating from superheat tables at 1.5 bar and 165 °C, we have

بالاستكمال من جداول بخار الماء المحمص تحت الضغط 1.5 بار ودرجة حرارة 165 درجة نجد:

$$u_2 = 2580 + \frac{15}{50}(2656 - 2580) = 2580 + 22.8$$

i.e. $u_2 = 2602.8\ \text{kJ/kg}$

وبالتالي التغير في الطاقة الداخلية ($u_2 - u_1$) يحسب على النحو:

Therefore Gain in internal energy $= u_2 - u_1 = 2602.8 - 2385.3$

$= 217.5\ \text{kJ/kg}$

المحتوى الحراري النوعي (الانثالبيا) عند (1) يحسب على النحو:

$$h_1 = h_f + xh_{fg} = 697 + (0.9 \times 2067)$$

بالتعويض عن القيم مأخوذة من جداول بخار الماء للحالة عند (1):

therefore $h_1 = 697 + 1860.3 = 2557.3\ \text{kJ/kg}$

لايجاد قيم الانثالبيا عند (2) من جداول بخار الماء المحمص وبالاستكمال عند 1.5 بار لدرجة حرارة 156

Interpolating from superheat tables at 1.5 bar and 165 °C, we have

$$h_2 = 2773 + \frac{15}{50}(2873 - 2773) = 2773 + 30 = 2803 \text{ kJ/kg}$$

وبالتالي التغير في المحتوى الحراري $(h_2 - h_1)$ يمكن أن يحسب على النحو:

$$\text{i.e.} \quad h_2 - h_1 = 2803 - 2557.3 = 245.7 \text{ kJ/kg}$$

From the non-flow energy equation,

من القانون الأول لاجراء بين نقطتين:

$$Q + W = u_2 - u_1$$

therefore

وعليه:

$$W = (u_2 - u_1) - Q = 217.5 - 547 = -329.5 \text{ kJ/kg}$$

أي أن الشغل المبذول يساول 329.5 كيلوجول عن كل كجم وإشارة السالب باعتبار أن الشغل مبذول بالبخار

$$\text{i.e.} \quad \text{Work done } by \text{ the system} = 329.5 \text{ kJ/kg}$$

Example

مثال (3):

واحد كجم من البخار تحت ضغط 100 بار بدرجة حرارة 375 درجة مؤوية تمدد رجوعيًّا تحت عزل حراري كامل حتى صار الضغط 38 بار وكان عندها البخار جافًا مشبعًا أحسب الشغل المبذول.

Solution

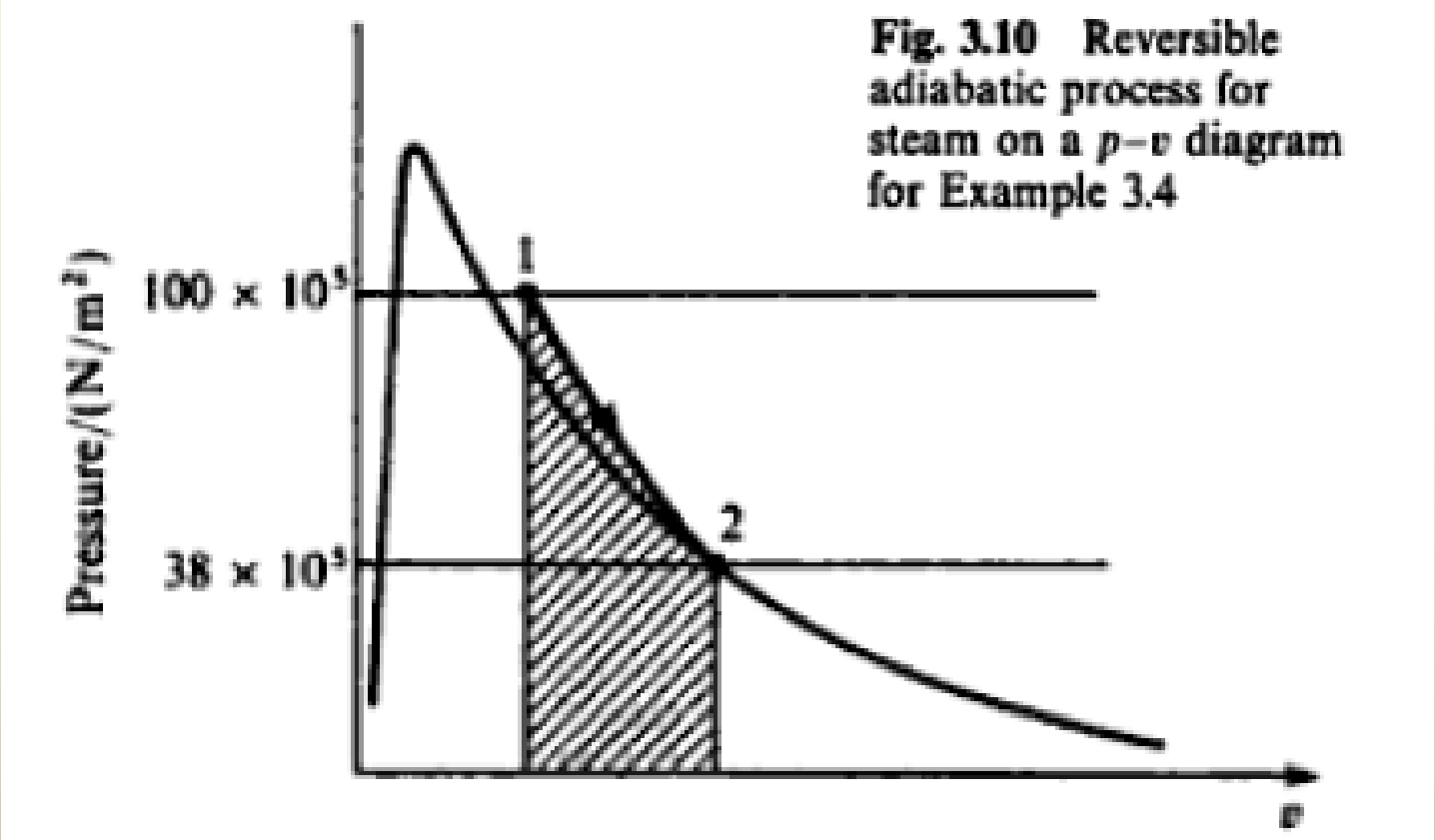


Fig. 3.10 Reversible adiabatic process for steam on a $p-v$ diagram for Example 3.4

الاجراء موضح على مخطط (p-v) في الشكل السابق وتمثل المساحة المظللة الشغل (W)

The process is shown on a $p-v$ diagram in Fig. 3.10, the shaded area representing the work done by the steam.

Solution

الحل: من جداول بخار الماء تحت الضغط 100 بار ودرجة الحرارة 375

From superheat tables at 100 bar and 375 °C,

يمكن تحديد قيم كل من h_1 وv_1 (الانثالبيا الحجم النوعي عند (1) على النحو:

$h_1 = 3017\ \text{kJ/kg}$ and $v_1 = 0.02453\ \text{m}^3/\text{kg}$

Using equation $u = h - pv$

وباستخدام العلاقة:

therefore

وبالتعويض عن القيم للحالة عند (1) نجد:

$$u_1 = 3017 - \frac{100 \times 10^5 \times 0.02453}{10^3} = 2771.7\ \text{kJ/kg}$$

البخار عند (2) جاف مشبع عليه $u_2 = u_g$ ومن الجداول:

Also, $u_2 = u_g$ at 38 bar = 2602 kJ/kg

ونسبة لأن (Q = zero) فيمكن حساب الشغل (W) على النحو:

$$W = u_2 - u_1 = 2602 - 2771.7$$

therefore $W = -169.7$ kJ/kg

أي أن الشغل المبذول يساول 169.7 كيلوجول عن كل كجم وإشارة السالب باعتبار أن الشغل مبذول بالبخار

i.e. Work done by the steam = +169.7 kJ/kg