

Buharın Entalpisi

hf, hfg ve hg ne anlama gelir?

Buharın taşıdığı enerjiyi anlamak için yalnız sıcaklığı bilmek yeterli değildir. Entalpi, su ve buharın birim kütle başına sahip olduğu enerji durumunu karşılaştırmamıza yardımcı olur.

Özgül entalpi

Duyulur ısı

Gizli ısı

Isıtma hesabı

1. Buhardaki Enerji Nasıl Tanımlanır?

Özgül entalpi h, maddenin birim kütle başına enerji özelliğidir ve kJ/kg ile ifade edilir. Bir prosesin enerji hesabında giriş ve çıkış entalpileri arasındaki fark kullanılır. Mutlak entalpi sayısı, seçilen termodinamik referansa bağlıdır.

Enerji ve faz dengesi

hf

hfg

$$hg = hf + hfg$$

$$5 \text{ bar(a)}: 640,09 + 2108,02 = 2748,11 \text{ kJ/kg}$$

Şekil 1 · Doymuş buharın entalpisi, doymuş sıvı entalpisi ile buharlaşma entalpisinin toplamıdır.

ÖNEMLİ AYRIM

hg değerinin tamamı her uygulamada prosese verilmez. Buhar doymuş sıvıya dönüşürse ideal ısı aktarımı hfg farkıyla ilişkilidir.

2. Üç Temel Enthalpi Sembolü

Doyma noktasında su ve buharın enerji durumları ayrı ayrı tanımlanır. İki durum arasındaki fark, sabit basınçta buharlaşma veya yoğuşmanın enerji ihtiyacını gösterir.

hf: doymuş su

Aynı basınçtaki doymuş sıvı suyun özgül entalpisi.

hfg: gizli ısı

Doymuş sıvıdan kuru doymuş buhara geçişteki özgül entalpi farkı.

hg: kuru buhar

Kuru doymuş buharın özgül entalpisi.

3. Toplama Bağıntısı

Üç değer aynı basınç ve aynı entalpi referansında kullanıldığında aralarındaki ilişki şu şekildedir:

$$hg = hf + hfg$$

Birimler kJ/kg'dır. Buradaki "+" iki enerji bileşeninin aynı referansa göre toplanmasını gösterir.

4. Basınç Artınca Neler Değişir?

Doyma basıncı arttığında doymuş sıvı entalpisi genellikle yükselirken buharlaşma entalpisi azalır. Bu nedenle tabloda yalnız sıcaklığı değil, hf ve hfg değerlerini birlikte okumak gerekir.

Birim kütledeki enerji bileşenleri

hf**hfg**

$$hg = hf + hfg$$

$$5 \text{ bar(a)}: 640,09 + 2108,02 = 2748,11 \text{ kJ/kg}$$

Şekil 2 · 5 bar(a) için hf ile hfg'nin toplamı hg'yi verir.

P (bar(a))	hf (kJ/kg)	hfg (kJ/kg)	hg (kJ/kg)
1	417,50	2257,44	2674,95
5	640,09	2108,02	2748,11
10	762,52	2014,59	2777,11

Tablo 1 · Üç farklı mutlak basınçta hf, hfg ve hg (kJ/kg).

TABLO NOTU

hf, hfg ve hg değerleri aynı termodinamik tablodan seçilmiştir. Bunlar kütle başına özelliklerdir; toplam enerji değildir.

5. Örnek: Buharla Isı Aktarımı

5 bar(a) doymuş buharın 100 kg/h debiyle bir ısıtıcıya girdiğini ve aynı basınçta doymuş suya tamamen yoğuştuğunu varsayalım. Kayıplar ve ek soğuma ihmal edilir.

Özgül entalpi bileşenleri

hf**hfg**

$$h_g = h_f + h_{fg}$$

$$5 \text{ bar(a): } 640,09 + 2108,02 = 2748,11 \text{ kJ/kg}$$

Şekil 3 · Tablo satırından enerji bileşenlerine geçiş.

$$Q = \dot{m} \times h_{fg}$$

$$100 \text{ kg/h} \times 2108,02 \text{ kJ/kg} = 210802 \text{ kJ/h} = 58,56 \text{ kW. } Q: \text{ ısı enerjisi; } m: \text{ yoğuşan buhar kütlesi.}$$

HESAP NOTU

Bu örnek ideal yoğuşma ısını verir. Gerçek cihazda ısı kaybı, kondens alt soğuması ve değişen işletme koşulları ayrıca değerlendirilir.

6. Enthalpi Hesabında Dikkat Edilecekler

- Özgül entalpi (kJ/kg) ile toplam enerji (kJ) ayrı büyüklüklerdir.
- Basınç ve faz durumu, kullanılacak tablo satırını belirler.
- Islak buharda $h = h_f + x \cdot h_{fg}$ bağıntısı kullanılır.
- Kızgın buhar için ayrı sıcaklık-basınç özellikleri gerekir.

Sonuç

Enthalpi, buhar sisteminde taşınan ve aktarılan enerjiyi sayısal olarak anlamamızı sağlar. Ekipman hesabında esas olan çoğu zaman iki durum arasındaki entalpi farkıdır.

SONRAKİ TEKNİK BİLGİ

Buharda Kuruluk Derecesi Nedir?

Steam Enthalpy

Understanding hf, hfg and hg

Temperature alone does not fully describe the energy carried by steam. Enthalpy lets us compare the energy state of water and steam per unit mass.

Specific enthalpy

Sensible heat

Latent heat

Heating duty

1. How Is Steam Energy Described?

Specific enthalpy h is a thermodynamic property per unit mass, expressed in kJ/kg. Process calculations use differences between inlet and outlet enthalpy. The numeric value of enthalpy depends on the adopted thermodynamic reference.

Energy and phase balance

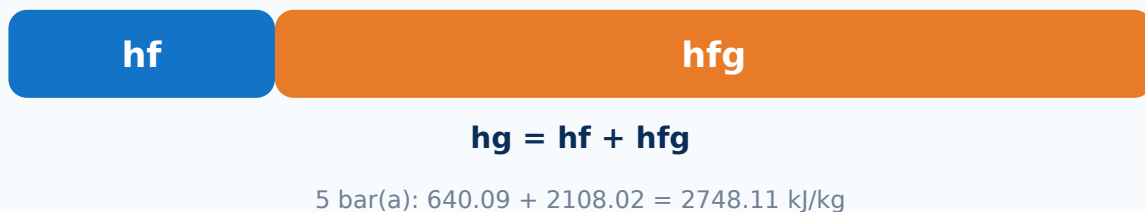


Figure 1 · Saturated vapour enthalpy comprises saturated liquid enthalpy plus latent heat of evaporation.

IMPORTANT DISTINCTION

Not all of h_g is necessarily transferred to a process. When dry saturated steam becomes saturated liquid at the same pressure, the ideal transfer is related to h_{fg} .

2. Three Main Enthalpy Symbols

At saturation, liquid water and vapour have distinct energy states. Their difference describes the energy required for evaporation or released on condensation at the same pressure.

hf: saturated water

Specific enthalpy of saturated liquid at the chosen pressure.

hfg: latent heat

Difference in specific enthalpy from saturated liquid to dry saturated vapour.

hg: dry steam

Specific enthalpy of dry saturated vapour.

3. The Addition Rule

Provided all three properties use the same pressure and reference, they are related by:

$$hg = hf + hfg$$

All quantities are in kJ/kg. The components share the same thermodynamic reference.

4. What Changes with Pressure?

As saturation pressure rises, saturated liquid enthalpy generally increases while latent heat decreases. Therefore, read both hf and hfg rather than temperature alone.

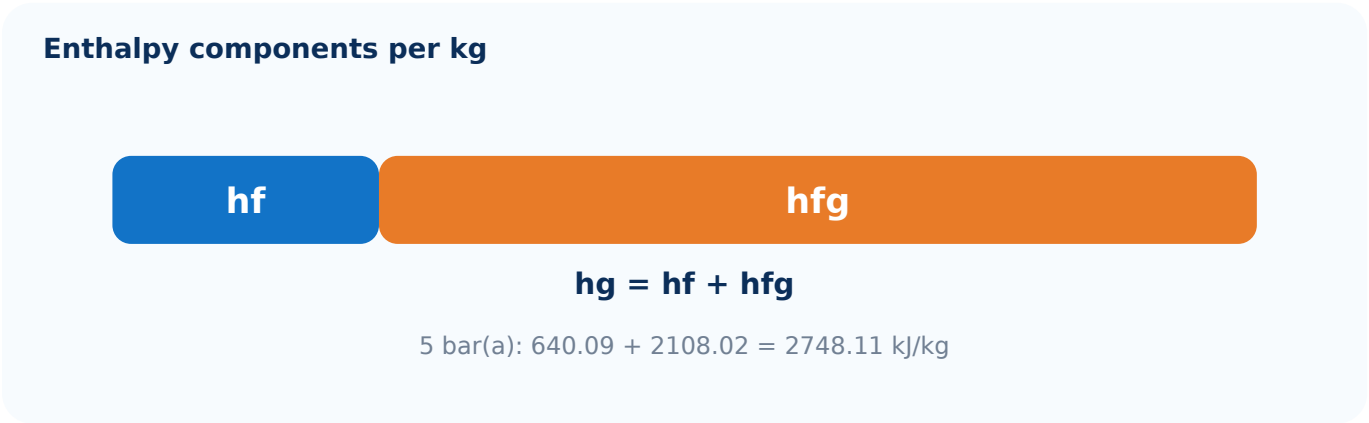


Figure 2 · At 5 bar(a), hf plus hfg equals hg.

P (bar(a))	hf (kJ/kg)	hfg (kJ/kg)	hg (kJ/kg)
1	417.50	2257.44	2674.95
5	640.09	2108.02	2748.11
10	762.52	2014.59	2777.11

Table 1 · hf, hfg and hg at three absolute pressures (kJ/kg).

TABLE NOTE

These are specific properties, not total energy quantities. Values are taken from a consistent property table.

5. Example: Heat Released by Condensation

Suppose 100 kg/h of saturated steam at 5 bar(a) enters a heater and fully condenses to saturated liquid at the same pressure. Neglect heat loss and additional cooling.

Enthalpy components

hf**hfg**

$$h_g = h_f + h_{fg}$$

$$5 \text{ bar(a): } 640.09 + 2108.02 = 2748.11 \text{ kJ/kg}$$

Figure 3 · From steam table row to energy properties.

$$Q = \dot{m} \times h_{fg}$$

$$100 \text{ kg/h} \times 2108.02 \text{ kJ/kg} = 210802 \text{ kJ/h} = 58.56 \text{ kW. } Q \text{ is energy transfer; } m \text{ is mass condensed.}$$

CALCULATION NOTE

This gives ideal condensation heat. Actual duties require consideration of heat loss, condensate subcooling and operating conditions.

6. Important Checks in Enthalpy Work

- Specific enthalpy (kJ/kg) differs from total energy (kJ).
- Pressure and phase state determine the appropriate property row.
- For wet steam, $h = h_f + x \cdot h_{fg}$ applies.
- Superheated steam needs pressure-temperature properties.

Conclusion

Enthalpy gives a numerical description of energy carried and delivered in steam systems. For equipment calculations, the difference between two states is often the key quantity.

NEXT TECHNICAL GUIDE

What Is Steam Dryness Fraction?