

Hőtágulás

(Vázlat)

1. Szilárd halmazállapotú anyagok hőtágulása
 - a) Lineáris hőtágulás
 - b) Térfogati hőtágulás
 - c) Felületi hőtágulás
2. Folyékony halmazállapotú anyagok hőtágulása
3. A víz rendellenes viselkedése hőtáguláskor
4. Gázok hőtágulása
5. A hőtágulás megjelenése a mindennapi életben

Hőtágulás

Hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező méretváltozást **hőtágulásnak** nevezzük.

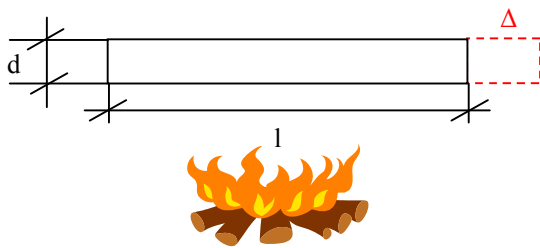
A hőtágulás során bekövetkező méretváltozás sok esetben olyan csekély, hogy szabad szemmel nehéz észrevenni.

Ennek ellenére a hőtágulás következtében óriási erők léphetnek fel, ha a méretváltozás létrejöttét külső erők megakadályozzák.

Gyakran fontos mérnöki feladat a hőtágulás elleni védelem.

1. Szilárd halmazállapotú anyagok hőtágulása

a) lineáris hőtágulás



$d \ll l_0$ Lineáris hőtágulásról olyan szilárd anyagoknál beszélünk, ahol a keresztirányú méret elhanyagolható a hosszirányú méretéhez képest.

Ilyen pl. a rudak, vezetékek,

sínek, stb. hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező méretváltozása.

Hőtágulás oka

- Hőenergia hatására a szilárd anyag belsejében megnő a részecskék rezgő mozgásának energiája.
- Ez abban nyilvánul meg, hogy nő a rezgőmozgást végző részecskék amplitúdója.
- Így minden részecskének nagyobb lesz a térfogatigénye. Ez okozza a hosszváltozást.

A hosszváltozás mértéke függ

- az anyag minőségétől

Minden anyagban más és más kémiai kötőerők működnek, amelyek a hőtágulás mértékét befolyásolják.

- a kezdeti hosszúságától,
A kezdeti hosszal arányos azon részecskék száma, amelynek amplitúdója megváltozik hőenergia hatására.
- hőmérsékletváltozástól.
A hőmérsékletváltozástól függ, hogy mekkora energia változtatja meg a részecskék rezgőmozgását.

Mérések azt mutatják, hogy szilárd testek lineáris hőtáguláskor bekövetkezett hosszváltozása egyenesen arányos a kezdeti hossz és a hőmérsékletváltozás szorzatával.

$$\Delta l \sim l_0 \cdot \Delta T$$

Ez azt jelenti, hogy a $\frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T}$ hányados az anyag minőségére jellemző állandó.

Ezt az állandót **lineáris hőtágulási együttható**nak nevezzük, és α -val jelöljük.

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T}$$

$$[\alpha] = \frac{1}{\text{K}}$$

A lineáris hőtágulási együttható számértéke kifejezi, hogy egy kelvin hőmérsékletváltozás hatására létrejövő hosszváltozás hányszorosa a kezdeti hosszaknak.

Szilárd testek hőkölés hatására bekövetkező hosszváltozása egyenesen arányos a kezdeti hossz és a hőmérsékletváltozás szorzatával az arányossági tényező a lineáris hő tágulási együttható.

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

Az előző összefüggést felhasználva bármely hőmérsékleten meghatározható a kezdetben l_0 hosszúságú rúd hossza. (l_t)

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

$$l_t - l_0 = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

$$l_t = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T + l_0$$

$$l_t = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

b) Szilárd testek térfogati hőtágulása

Ha egy szilárd testnek a tér mind a három irányában közel azonos a mérete, akkor a hőközléskor bekövetkező hosszváltozást mind a három irányban figyelembe kell venni. Ez eredményezi a térfogatváltozást.

Mérések bizonyítják, hogy a hőközlés hatására bekövetkező térfogatváltozás egyenesen arányos a kezdeti térfogat és a hőmérsékletváltozás szorzatával, az arányossági tényező a β -val jelölt térfogati hőtágulási együttható.

$$\Delta V = \beta \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

Bizonyítható, hogy a lineáris hőtágulási együttható háromszorosa közelítőleg megegyezik a térfogati hőtágulási együtthatóval.

$$\beta \cong 3\alpha$$

Bizonyítás

Vizsgáljuk meg egy l_0 oldalhosszúságú kocka alakú test hőtágulását!

$$V_0 = l_0^3$$

$$V_t = l_t^3$$

$$V_t = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta T)$$

$$V_t = l_t^3 = [l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)]^3 = l_0^3 \cdot (1 + 3\alpha \cdot \Delta T + 3 \cdot \alpha^2 \cdot \Delta T^2 + \alpha^3 \cdot \Delta T^3)$$

Az α^2 és az α^3 szorzótényezőt tartalmazó tagok elhanyagolhatók az összeg többi tagjához képest.

Így: $V_t = l_0^3 \cdot (1 + 3\alpha \cdot \Delta T)$

$$V_t = V_0 \cdot (1 + 3\alpha \cdot \Delta T)$$

A két jelölt összefüggésből látszik, hogy $\beta \cong 3\alpha$.

c) Szilárd testek felületi hőtágulása

Az előzőek alapján egy kétdimenziós szilárd lemez hőtágulás során bekövetkező felületváltozása az alábbi összefüggés alapján határozható meg:

$$\Delta A = 2\alpha \cdot A_0 \cdot \Delta T$$

2. Folyékony halmazállapotú anyagok hőtágulása

A folyadékok hőközlés hatására legtöbbször a szilárd anyagokhoz hasonlóan viselkednek.

- Melegítés hatására általában kitágulnak.
- Ennek az az oka, hogy a befektetett hőenergia növeli a részecskék rezgőmozgásának energiáját. Ez abban nyilvánul meg, hogy a részecskék nagyobb amplitúdóval végzik mozgásukat. Így minden részecskének megnő a térfogatigénye, ezért a folyadék kitágul.
- A térfogatváltozás egyenesen arányos a kezdeti térfogattal, mert ez határozza meg, hogy hány részecskének változik meg a térfogatigénye. $\Delta V \sim V_0$
- A térfogat változása egyenesen arányos a hőmérsékletváltozással, mivel ez határozza meg, hogy mennyivel változik meg a részecskék rezgőmozgásának az energiája. $\Delta V \sim \Delta T$.

$$\frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T} = \text{áll} = \beta \qquad [\beta] = \frac{1}{\text{K}}$$

- A β **térfogati hőtágulási együttható** számértéke kifejezi, hogy 1K hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező térfogatváltozás hányszorosa a kezdeti térfogatnak.

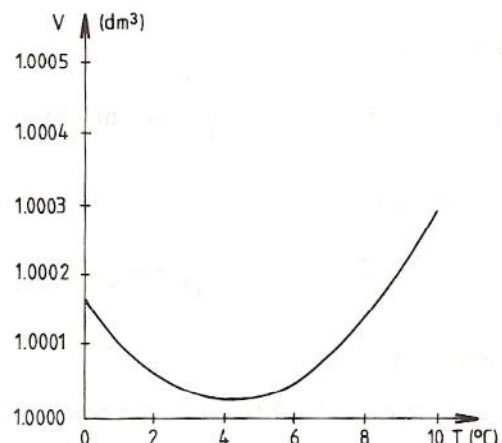
A folyadék hőközlés hatására bekövetkező térfogatváltozása egyenesen arányos, a kezdeti térfogat és a hőmérsékletváltozás szorzatával, az arányossági tényező a folyadék hőtágulási együtthatója.

$$\Delta V = \beta \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

3. A víz rendellenes viselkedése hőtáguláskor

A víz hőtágulása kivételes.

- 0 °C-tól 4 °C-ig nemhogy tágulna, hanem összehúzódik.
- Megfigyelések azt mutatják, hogy a víz 4 °C-on tölti ki a legkisebb térfogatot.
- Ebből az is következik, hogy a 4 °C-os víz sűrűsége a legnagyobb.
- A víz hőtágulása magasabb hőmérsékleten sem lineáris.



A víz kivételes hőtágulásának fontos szerepe van a tavak és a folyók befagyásakor. Amikor a tó lehül, a felszínén lévő lehült víz a tó aljára kerül, mert sűrűsége nagyobb. Amikor a víz teljes mélységben eléri a 4 °C-ot, akkor az áramlás megszűnik. A felszínhez közeli víz tovább hűl, de ez a réteg már nem süllyed le, mert sűrűsége kisebb, mint a 4 °C-os víz sűrűsége. Lassan a víz felszínén jég képződik, amely úszik a vízen. Ha a tó, folyó nem túl sekély, akkor az alján mindig marad víz, amely biztosítja az állatok és a növények túlélését a nagy hidegben is.

A víz tehát felülről lefelé fagy meg, míg minden más folyadék alulról felfelé.

4. Gázok hőtágulása

Gázok hőtágulásánál is bizonyítható, hogy **állandó nyomáson** a térfogatváltozás egyenesen arányos a 0 °C-on mért térfogat és a hőmérsékletváltozás szorzatával, az arányossági tényező a β .

Érdekes módon a gázok hőtágulási együtthatója közelítőleg $\beta = \frac{1}{273} \frac{1}{\text{K}}$.

Ez azt jelenti, hogy az ideális gázok térfogata állandó nyomáson 1 °C hőmérséklet-emelkedés hatására a 0 °C-on mért térfogat 273-ad részével nő.

Gázok hőtágulása állandó nyomáson Gay-Lussac I. törvényéből vezethető le:

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_t}{T} \rightarrow V_t = \frac{V_0 \cdot T}{T_0}$$

$$\Delta V = V_t - V_0 = \frac{V_0 \cdot T}{T_0} - V_0 = V_0 \cdot \left(\frac{T}{T_0} - 1\right) = V_0 \cdot \left(\frac{T - T_0}{T_0}\right) = V_0 \cdot \Delta T \cdot \frac{1}{T_0}$$

$$\Delta V = \frac{1}{T_0} \cdot V_0 \cdot \Delta T,$$

ahol V_0 a 0°C -on mért térfogat, $T_0 = 273\text{ K}$.

5. A hőtágulás megjelenése a mindennapi életben

Hőmérők

A testek hőtágulásának legfontosabb gyakorlati felhasználása a hőmérőkészítés. Ezen belül is a folyadékok hőtágulásán alapuló hőmérők a leggyakoribbak. A folyadékot vékony falú üvegtartályba helyezik, ami hosszú, vékony csőben folytatódik. Így a kis térfogatváltozás is jelentős hosszváltozással jár.

Távvezetékek belógása az oszlopok között télen és nyáron

Nyáron a távvezetékek megnyúlnak, télen csökken a hosszuk. A tartóoszlopokat úgy kell tervezni, hogy

- a nyári belógás ne akadályozza pl. a közlekedést, vagy ne okozzon balesetveszélyt,
- télen a méret csökkenése miatt fellépő feszítőerő ne okozza az oszlopok kidőlését.

Üveg hőtágulása

A vastag falú üvegpohár gyakran eltörik, ha forró vizet öntünk bele.

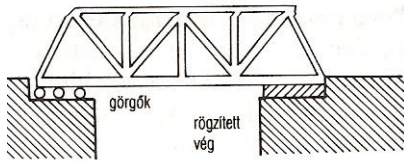
Az üveg rossz hővezető. A forró víz hatására a belseje felmelegszik, tágulna, de a külső része hideg, és nem engedi a méretváltozást. A fellépő feszültség miatt a pohár elreped.

Sínek hőtágulása

A síneket régen nem illesztették szorosan egymáshoz. Így védekeztek az ellen, hogy nyáron a nagy melegben kitáguló sínek eldeformálódjanak.

Ma már készítenek olyan síneket, ahol nincs hézag az egyes síndarabok között. Itt olyan alapzathoz rögzítik szorosan a sín, ami a sínnel együtt tágul.

Hidak hőtágulása



A hidak egyik végét rögzítik, a másik vége gyakran görgőkön nyugszik. Így a híd a hőtágulás következtében nem deformálódik.

Ingaóra hőtágulása

Az ingaóra periódusidejét az inga hossza befolyásolja.

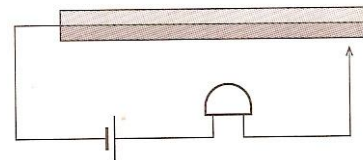
A hőmérséklet emelkedésekor a vasrúd kitágul, nő a lengésideje, és így késik az óra.

Ha csökken a hőmérséklet, akkor csökken a hossz, és az óra siet.

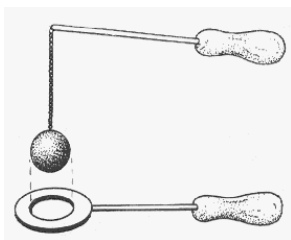
Ahhoz, hogy egy ingaóra pontosan járjon szükség van egy ellensúlyra is.

Bimetall-szalag

Kettős fémet jelent. Két különböző hőtágulási együtthatóval rendelkező fém szegecselenek össze (alumínium és réz). Ilyenkor azonos hőmérsékletváltozás hatására a két fém különböző mértékben tágul. Ezért a bimetallszalag elhajlik. Ilyet használnak tűzjelzésre, gázmelegítő készülékekben.



Lyukak hőtágulása



A gyűrű környílása pontosan akkora, hogy a golyó éppen átfér rajta szobahőmérsékleten.

Ha a golyót Bunsen-lángon felmelegítjük, kitágul, amit szemléletesen bizonyít, hogy így már nem fér át a gyűrűn.

Melegítsük meg a gyűrűt is a lángban. A felmelegített gyűrű nyílásán a meleg rézgolyó ismét átfér, bizonyítva ezzel, hogy

a szilárd testek belső üregei melegítés hatására ugyanúgy tágulnak, mintha az üreget is anyag tölténé ki.