

Hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező méretváltozást **hőtágulás**nak nevezzük.

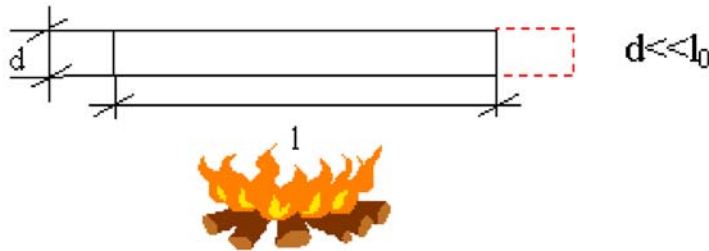
A hőtágulás során bekövetkező méretváltozás sok esetben olyan csekély, hogy szabad szemmel nehéz észrevenni.

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

Gyakran fontos mérnöki feladat a hőtágulás elleni védelem.

I. Szilárd halmazállapotú anyagok hőtágulása

1. Lineáris hőtágulás



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 hőtágulásakor 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.

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

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

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

Szilárd testek hőkölés hatására bekövetkező hosszváltozása egyenesen arányos a kezdeti hossz és a hőmérsékletváltozás szorzatával az arányossági tényező a lineáris hőtágulási 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)

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

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

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

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

2. Térfogati hőtágulás

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

Mérések bizonyítják, hogy a hőkölés 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:

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

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

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

3. Felületi hőtágulás

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

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

II. Folyékony halmazállapotú anyagok hőtágulása

A folyadékok hőkölés 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 térfogatváltozás egyenesen arányos a hőmérsékletváltozással, mivel ez határozza meg, hogy mennyivel változik meg a részecskék rezgő- mozgásának az energiája. $\Delta V \sim \Delta T$.

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

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

A folyadék hőkölés hatására bekövetkező térfogatváltozása egyenesen arányos, a kezdeti térfogat és a hőmérsékletváltozás szorzatával, az arányossági tényező a folyadék hőtágulási együtthatója. $\Delta V = \beta \cdot V_0 \cdot \Delta T$

III. A víz rendellenes viselkedése hőtáguláskor

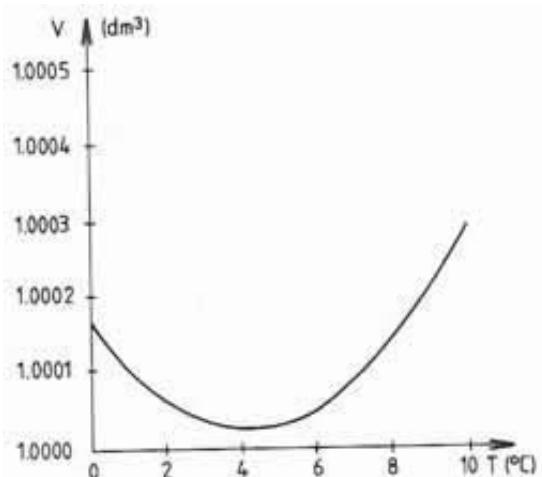
A víz hőtágulása kivételes.

- 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 lehűlt 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.



IV. 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 $\beta = \frac{1}{273K}$.

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:

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

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

$$\Delta V = \frac{1}{T_0} \cdot V_0 \cdot \Delta T, \text{ ahol } V_0 \text{ a } 0^\circ\text{C-on mért térfogat, } T_0 = 273 \text{ K.}$$

V. 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.

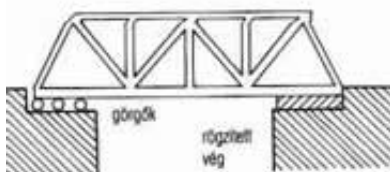
Az üveg rossz hővezető. A forró víz hatására a belseje felmelegszik, tágulna, de a külső része hideg, és nem engedi a méretváltozást. A fellépő feszültség miatt a pohár elreped.

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 sínt, 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

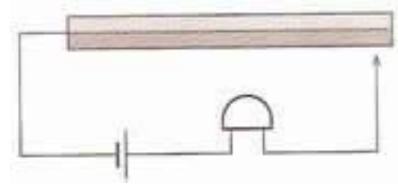
Az ingaóra periódusidejét az inga hossza befolyásolja.

A hőmérséklet emelkedésekor a vasrúd kitágul, nő a lengésideő, és így késik az óra. Ha csökken a hőmérséklet, akkor csökken a hossz, és az óra siet.

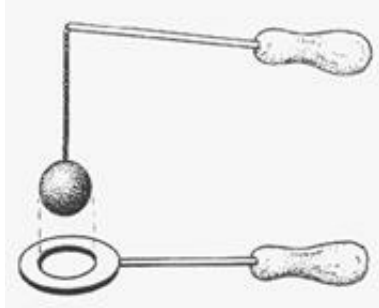
Ahhoz, hogy egy ingaóra pontosan járjon szükség van egy ellensúlyra is.

Bimetallszalag

Kettős fémek jelent. Két különböző hőtágulási együtthatóval rendelkező fémek szegecselve 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 akkor, 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 töltene ki.