

MISKOLCI EGYETEM



GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR  
ENERGETIKAI ÉS VEGYIPARI GÉPÉSZETI INTÉZET  
VEGYIPARI GÉPÉSZETI INTÉZETI TANSZÉK

## HŐSZIGETELÉS TERVEZÉSE

KÉSZÍTETTE:

**Mészáros Róbert**

KONZULENS:

**Bokros István**  
Mérnökstanár

Miskolc, 2017.

## Tartalomjegyzék

|       |                                                      |    |
|-------|------------------------------------------------------|----|
| 1     | Bevezetés.....                                       | 3  |
| 2     | A hőközlés és hőterjedés alapfogalmai .....          | 4  |
| 2.1   | Hőmennyiség, hőmérséklet, fajhő .....                | 4  |
| 2.2   | A hő terjedése .....                                 | 5  |
| 2.3   | A hőterjedés állandói és azok egységei röviden ..... | 6  |
| 3     | Hőátbocsátás.....                                    | 7  |
| 3.1   | Síkfalak hőátbocsátása .....                         | 7  |
| 3.2   | Több rétegű síkfal hőátbocsátása .....               | 10 |
| 3.3   | Csövek és hengeres falak hőátbocsátása.....          | 11 |
| 4     | Szigeteléstechika területe .....                     | 12 |
| 4.1   | A szigetelőanyagok főbb tulajdonságai .....          | 13 |
| 4.2   | Hőszigetelő anyagok csoportosítása .....             | 15 |
| 4.2.1 | Természetes hőszigetelő anyagok .....                | 16 |
| 4.2.2 | Mesterséges hőszigetelő anyagok.....                 | 19 |
| 4.3   | Különleges hőszigetelési eljárások .....             | 27 |
| 4.4   | Burkolóanyagok.....                                  | 28 |
| 4.5   | Segédanyagok hőszigeteléshez .....                   | 29 |
| 5     | Hőszigetelés tervezése és kivitelezése .....         | 30 |
| 5.1   | Tervezési alapelvek.....                             | 30 |
| 5.2   | Szigetelőanyagok szerelése és rögzítése.....         | 32 |
| 6     | Számpélda hőszigetelés tervezésére.....              | 35 |
| 7     | Gazdaságos szigetelésvastagság meghatározása.....    | 40 |
| 8     | Összegzés .....                                      | 42 |
| 9     | Summary .....                                        | 43 |
| 10    | Irodalomjegyzék.....                                 | 44 |

## **1 Bevezetés**

Szakdolgozatom témája a hőszigetelés, amelyet optimalizálási folyamatként is vizsgállok. A mai világban a legfontosabb kivitelezési szempont a gazdaságosság. A hőszigetelés erre az egyik legjobb példa, mivel napjainkban az energiafelhasználás folyamatosan nő és ezeket az igényeket minél olcsóbban kell kiszolgálni. Maga a hőszigetelés egy rövid távú, de annál megtérülendőbb befektetésnek mondható, hisz viszonylag alacsony összegű beruházás is jelentős energiát spórol meg. A legtöbb hőszigetelést alkalmazó ipar az építészet, mivel az épületek nagy hőátadó felülettel rendelkeznek, így azoknak a szigetelése elengedhetetlen. Az építészetén felül jelentős mennyiségű hőszigetelést használnak a vegyipari vállalatok, mivel a vegyipari műveletek nagy részénél megfigyelhető a szobahőmérséklettől eltérő hőmérséklet. A szakdolgozatom során, főleg a vegyiparban előforduló, szükséges hőszigetelési eljárásokat fogom részletezni, valamint előtérbe helyezni.

A szakdolgozatom során ismertetem az elterjedtebb hőszigetelő anyagokat, tulajdonságaikat, felhasználhatósági szempontjaikat, az ezekhez tartozó burkoló anyagok tulajdonságaival együtt. Ezen felül egy számpéldával bemutatom egy csőszakasz hőszigetelés tervezésének folyamatát, nehézségeit. A szakdolgozatom ezen felül, tartalmaz egy pár oldalas hőtani alapot, ami szükséges a hőszigetelésnél használt számítások megértéséhez. Ezeken felül még említek tűzvédelmi, zajvédelmi és környezetvédelmi szempontokat is, mivel a gazdaságosság mellett fontos a biztonság és a környezetünk védelme is.

## 2 A hőközlés és hőterjedés alapfogalmai

### 2.1 Hőmennyiség, hőmérséklet, fajhő

A hő az egy energia forma, éspedig az anyagok legapróbb részecskéinek a mozgási energiájának összessége. Mértékegysége a kalória (*cal*). Az 1 (*cal*) az a hőmennyiség, amely képes 1 gramm tömegű víz hőmérsékletét 14,5-15,5 °C-ra emelni. Az iparban a (*cal*) mérték helyet a (*kcal*) mértékegységet használták, ma már inkább *J* (Joule) mértékegységet használunk. [1]

A hőmennyiséget (hőenergiát) akár mechanikai vagy villamos energia megadásával is kifejezhetjük. A következő táblázat tartalmazza az átszámítási arányokat. [1]

|                 | Hő-<br>energia             | Villamos energia           |                            | Mechanikai energia         |                            |                            |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                 | <i>kcal</i>                | <i>J</i>                   | <i>kWh</i>                 | <i>latm</i>                | <i>mkg</i>                 | <i>LEh</i>                 |
| Kilokalória     | 1                          | 4,19<br>* 10 <sup>-3</sup> | 1,16<br>* 10 <sup>-3</sup> | 42,68                      | 4,27 * 10 <sup>2</sup>     | 1,58<br>* 10 <sup>-8</sup> |
| Joule           | 2,39<br>* 10 <sup>-4</sup> | 1                          | 2,78<br>* 10 <sup>-7</sup> | 1,02<br>* 10 <sup>-2</sup> | 1,02<br>* 10 <sup>-1</sup> | 3,78<br>* 10 <sup>-7</sup> |
| Kilowattóra     | 8,6 * 10 <sup>2</sup>      | 3,6 * 10 <sup>6</sup>      | 1                          | 3,67 * 10 <sup>4</sup>     | 3,67 * 10 <sup>5</sup>     | 1,36                       |
| Literatmoszféra | 2,34<br>* 10 <sup>-2</sup> | 98,07                      | 2,72<br>* 10 <sup>-5</sup> | 1                          | 10,0                       | 3,7 * 10 <sup>-5</sup>     |
| Méterkilogramm  | 2,34<br>* 10 <sup>-3</sup> | 9,81                       | 2,72<br>* 10 <sup>-6</sup> | 0,0999                     | 1                          | 3,7 * 10 <sup>-6</sup>     |
| Lóerőóra        | 6,32 * 10 <sup>2</sup>     | 2,65 * 10 <sup>6</sup>     | 0,736                      | 2,7 * 10 <sup>5</sup>      | 2,7 * 10 <sup>5</sup>      | 1                          |

2.1.1-es táblázat. Az energiaegységek átszámítása 0

A testek hőállapotát a hőmérsékletükkel írjuk le. A hőmérséklet (*t*) mértéke az ideális gázok egyenletei alapján készült termodinamikusskála. Ez gyakorlatilag meg egyezik a Celsius- skálával, amelynek alapegysége a °C.

A -273 °C-ot abszolút 0 foknak nevezzük. Az ettől eltérő hőmérséklet az abszolút hőmérséklet. Az abszolút hőmérséklet  $T=t+273$  abszolút vagy más néven Kelvin fok (K°). [1]

A hő mozgási elmélete szerint a testek részecskéi folyamatosan mozgásban vannak. A molekulák mozgásának milyenségét a belső erők határozzák meg, elsősorban a kohézió.

A szilárd test molekulái a kötöttségük miatt rezgő mozgást képesek csak végezni. A folyadékmolekulák viszont sokkal szabadabban mozognak, de a részecskék egymást a

tovább-haladásban még mindig számottevő kohéziós erővel gátolják. A gázmolekulák között nincs kohézió, egyenletes mozgást végeznek míg egymással vagy a rendszert határoló fallal nem ütköznek, ekkor a mozgásuk rendszertelenné válik. [1]

A test hőmérsékletét a molekulák mozgási energiája adja meg. Minél nagyobb a molekulák sebessége, annál nagyobb a test hőmérséklete. Ezek alapján kimondhatjuk, hogy a hőmérő nem a hőenergiát méri, hanem az energia felhalmozódásának fokát mutatja.

Ebből a hőenergia mennyiségét a rendszer tömegének, valamint a tömegegység  $1^{\circ}\text{C}$ -al való felmelegítéséhez szükséges hőmennyiségnek, a fajhőnek ( $c$ )-nek az ismeretében számolhatjuk ki. A test tömegét  $\text{kg}$ -ban, a fajhőt pedig  $\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$ -ban adjuk meg. [1]

## 2.2 A hő terjedése

A hő terjedésének három módja van: a vezetés, a konvekció és a sugárzás.

**Hővezetés**kor a hőenergia részecskéről részecskére terjed, mint a rugalmas golyósoron át. A molekulák, részecskék rezgésük miatt ütköznek egymással, így egymásnak átadják az energiájuk egy részét. Az anyag részecskéi tehát nem keverednek, helyüket nem változtatják. Tisztán vezetésről akkor beszélhetünk, ha a test szilárd halmazállapotú és tömör.

A hővezetés a folyadékok, gázoknál is nagy szerepet játszik, csak ott nem a fluidum részecskéi között, hanem a részecskék és a tároló edény fala között. [1]

**Konvekció**s hőterjedéskor a részecskék helyzetüket folyamatosan változtatják, egymással keveredve, örvénylenek egymás körül és mozgásuk közben. A részecskék különböző hőenergiával rendelkeznek, és ezeket igyekeznek kiegyenlíteni.

Konvekció csak folyadék és gázhalmazállapotban jöhet létre, mivel csak itt képesek a molekulák egymáshoz képest elmozdulni. A fluidumokban melegítés hatására mindig elindul valamilyen egymáshoz viszonyított elmozdulás, áramlás. Ebből adódik, hogy tisztán hővezetés nem léphet fel ezekben a halmazállapotokban. Számításoknál mindig figyelembe kell venni a konvekciót és a hővezetést is. Néha a hővezetés nagyon minimális értékkel rendelkezik és elhanyagolhatóvá válik. Ilyen esetek például: a gőzfűtésű helyiségek. [1]

**Hősugárzás**kor a hőenergia a fénysebességgel terjed, elektromágneses hullám alakjában. A hősugarak kibocsátása függ az anyag kémiai és fizikai felépítésétől. Anyagonként változik a hő kibocsátásnak, átbocsátásnak, valamint az elnyelésnek a mértéke.

Hősugaras átvitel mindig fellép két test között, ha köztük a közeg átlátszó és eltérő hőmérsékletűek. A hősugárzás légüres térben a legtokéletesebb, mivel ott az energia nem alakul át, csak egyenes vonalban terjed. Ha azonban egy másik testel találkozik, akkor vagy elnyelődik, átbocsájtódik vagy vissza verődik. Természetesen lehetséges, hogy mind három eset részben megtörténik. Ez két dologtól függ: Az anyag felületi minőségétől és a sugár hullámhosszától. Egy anyag minél jobb hősugárzó annál jobban is nyeli el a sugarakat. A fényes felületű testek hőelnyelő képessége kicsi, mivel a rájuk eső hősugarak nagy részét visszaverik. A mindennapokban is tapasztalható, hogy a legjobb hőelnyelő anyagok feketék,

mattos színűek. A becsapódott, elnyelt sugarak energiája tisztán hőenergiává alakul vissza.[1]

## 2.3 A hőterjedés állandói és azok egységei röviden

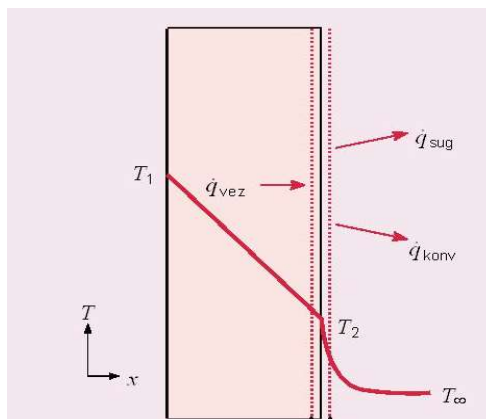
**Hővezetési tényező** a hőszigetelő anyagok legfontosabb jellemzője. A  $\lambda$  (lambda) a hővezetési tényező megegyezik azzal a hőmennyiséggel, amely a hőáramlás irányára merőleges  $1 \text{ m}^2$  területű felületen egy óra lefolyása alatt átáramlik, amennyiben a hőmérséklet esés  $1 \text{ C}^\circ/\text{m}$ . Egysége:  $\text{W}/\text{mK}$ . [1]

**Hőátadási tényező** nem más, mint a szilárd anyagokból gázokba vagy folyadékokba, illetve fordítva, a gázokból és folyadékokból a szilárd anyagokba átlépő hőmennyiségre mutató érték. A hőátadási tényező a hőt hordozó folyadékból vagy gázból a vele kapcsolatban lévő fal felületegységére  $1 \text{ C}^\circ$  hőmérsékletkülönbség mellett átadott hőmennyiség. Jele  $\alpha$  (kis alfa) mértékegysége pedig  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . A hővezetési és hőátadási tényező méretei eltérnek egymástól, mivel hővezetéskor a hőmérsékletesés egy meghatározott távolságon belül zajlik le, addig a hőátadás ugrásszerű hőmérsékletváltozással jár.[1]

**Hősugárzási tényező** megadja az óránként és  $\text{m}^2$ -enként kisugárzott hőmennyiséget. Jele  $C$ , (vagy  $\sigma$ ), mértékegysége pedig  $\text{W}/\text{m}^2(\text{K})^4$ . A hősugárzási tényezőt sokszor a hőátadási tényezőbe beleszámítva adják meg.[1]

**Hőátbocsátási tényező.** Ha a hőközlés folyamatát nem szeretnénk széttagolni, akkor az egész folyamatot számolhatjuk a hőátbocsátási tényezővel. A hőátbocsátási tényező  $k$ , egy falon óránként és négyzetméterenként átáramló hő mennyiségét adja meg, ha a falat határoló közegek hőmérsékletkülönbsége  $1 \text{ C}^\circ$  és az áramlás folyamatos és egyenletes. Egysége:  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . [1]

Ebben a részben említett állandókat a későbbiekben bővebben is kifejtem. Jelenleg csak az ismeretükre volt szükség.



1.ábra A hő terjedésének módjai [2]

### 3 Hőátbocsátás

#### 3.1 Síkfalak hőátbocsátása

Ha egy rendszert, zárt teret szeretnénk a környezetétől magasabb hőmérsékleten tartani, akkor a hőáramlás folytán távozó hőmennyiséget pótolnunk kell. Amennyiben a pótlást nem látjuk el megfelelően a tér folyamatosan közelíteni fog a környezet hőmérsékletéhez, tehát lehűl.

Meg kell különböztetni a fal által felvett és a falon áteresztett hőmennyiséget. A hőáramlás lehet úgy nevezett stacionárius állapotban, tehát állandósult. Ez azt jelenti, hogy a fal által a belső térből felvett hőmennyiség megegyezik a külső környezetbe leadott hőmennyiséggel. Ekkor mondhatjuk, hogy a fal pontjainak belső hőmérséklete időben állandó.

Mivel a két rendszer igyekszik kiegyenlítődni, így a nagyobb hőmérsékletű helyről a kisebb felé áramlik a hő. Az áthaladó hőmennyiség arányos a hosszegységre eső hőmérséklet különbséggel, valamint a hőáram irányára merőleges felület nagyságával.[1]

A hővezetés alapegyenlete (Fourier) szerint:

$$\frac{dQ}{dz} = -\lambda F \frac{\partial t}{\partial x} \quad 3.1.1$$

amelyben:  $\partial t$  a fal két síkja közötti hőmérsékletkülönbség;

$\partial x$  a fal két síkja közötti távolság;

$F$  a fal két síkjának felülete;

$Q$  az átáramló hőmennyiség;

$z$  az idő;

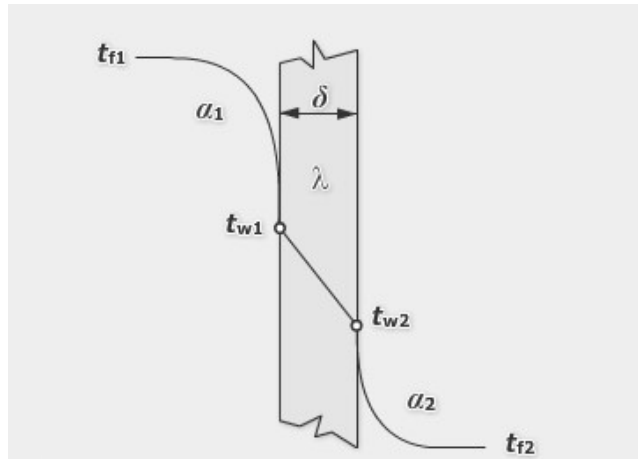
$\lambda$  a fal anyagának hővezetési tényezője. [1]

A negatív előjel csak a hőenergia áramlásának irányára utal, tehát a nagyobb hőmérsékletű felől a kisebb felé halad. Az egyenlet alapján tehát belátható, hogy a  $dz$  idő alatt átáramló hő a hosszegységre eső hőmérséklet különbséggel arányos. [1]

Állandósult áramláskor a képletből adódóan kijelenthetjük, hogy  $\frac{dQ}{dz}$  értéke állandó, valamint azt is, hogy ebben az esetben a  $\frac{\partial t}{\partial x}$  hiszen a fal pontjainak hőmérséklete időben nem változik.

A differenciálhányadost egyszerűsítve a  $\frac{Q}{z}$  képletet kapjuk, ami az egy óra idő alatt átbocsájtott hőmennyiséget jelenti. Tovább egyszerűsödik a helyzet, ha a  $F$ - felületet egységre választjuk meg, így az óránként egységni négyzetméterenként átbocsájtott hőmennyiség a  $Q$ . [1]

Állandósult áramlás esetén felhasználva az energia megmaradás törvényét kapjuk azt, hogy a falon átvezetett, a fal által felvett és a fal által leadott hőmennyiségek megegyeznek.



2.ábra A hőmérséklet eloszlás állandósult hőáramlás esetén [3]

Az ábra angol jelöléseket tartalmaz, de tökéletesen ábrázolja a sík falon történő hőátbocsátást. Az ábrán a hőmérséklet különbségek elnagyoltak, a jobb érthetőség miatt. Az ábrán látható jelöléseket magyarosítva kapjuk az alábbi jelöléseket:

- $t_{f1} = t_1$  a belső tér hőmérséklete;
- $t_{w1} = t_b$  a belső falfelület hőmérséklete;
- $t_{f2} = t_2$  a külső tér hőmérséklete;
- $t_{w2} = t_k$  a külső falfelület hőmérséklete;
- $\alpha_2 = \alpha_k$  a külső közeg hőátadási tényezője;
- $\alpha_1 = \alpha_b$  a belső közeg hőátadási tényezője;
- $\lambda$  a fal hővezetési tényezője;
- $\delta$  pedig a fal vastagsága.

A továbbiakban ezekre a jelölésekre szükségünk lesz, hogy levezessük a különböző hőmennyiségeket. [1]

Magát a hőmennyiségeket két részre bonthatjuk:

- A síkfal által óránként és négyzetméterenként felvett, leadott hőmennyiség.
- A síkfal által átvezetett hőmennyiség.



A síkfal által óránként és négyzetméterenként felvett, leadott hőmennyiség. Az ábra alapján felírva a belső közeg re a felvett hőmennyiséget az alábbi összefüggést kapjuk:

$$Q_b = \alpha_b \cdot (t_1 - t_b) \quad W/m^2 \quad 3.1.2$$

Az ábra alapján felírva a külső közeg re a leadott hőmennyiséget az alábbi összefüggést kapjuk:

$$Q_k = \alpha_k \cdot (t_k - t_2) \quad W/m^2 \quad 3.1.3$$

A falon átvezetett hőmennyiséget a 3.1.1 képlet alapján kapjuk. Amely szerint a  $t_b - t_2$ , a távolságot pedig  $\delta$  adja meg.

$$Q_f = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_b - t_k) \quad W/m^2 \quad 3.1.4$$

Állandósult állapotban elmondhatjuk, hogy a három hőmennyiség egyenlő. Tehát:  $Q_f = Q_b = Q_k = Q$ .

A gyakorlatban sajnos a falfelületek hőmérsékletének pontos meghatározása problémákat okozhat, így szükséges egy olyan összefüggés, amelyhez nem kellenek ezek az adatok, de mégis ki tudjuk számolni az átadott hőmennyiséget. Könnyen mérhetőek viszont a két falat határoló közegnek a hőmérséklete. [1]

A 2. ábra alapján észrevehető, hogy a fel felületein és belsejében kialakult hőmérsékletváltozások összege, pontosan a fal környezetében lévő két közeg hőmérséklet különbsége. Képlettel kifejezve:

$$t_1 - t_2 = (t_1 - t_b) + (t_k - t_2) + (t_b - t_k) \quad 3.1.5$$

Felhasználva a 3.1.2-4. képleteket, felírhatjuk az alábbi hőmérsékletkülönbségeket.

$$\frac{Q}{\alpha_b} = (t_1 - t_b); \quad \frac{Q}{\frac{\lambda}{\delta}} = (t_b - t_k); \quad \frac{Q}{\alpha_k} = (t_k - t_2); \quad 3.1.6$$

Ezeket visszaírva a 3.1.5. egyenletbe kapjuk a következő alakot.

$$t_1 - t_2 = \frac{Q}{\lambda} + \frac{Q}{\alpha_k} + \frac{Q}{\alpha_b} = Q \cdot \left( \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_k} + \frac{1}{\alpha_b} \right) \quad 3.1.7$$

A 3.1.7-es képletet rendezve megkapjuk az óránként és négyzetméterenként át bocsátott hőmennyiséget.

$$Q = \frac{1}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_k} + \frac{1}{\alpha_b}} \cdot (t_1 - t_2) = k \cdot (t_1 - t_2) \quad 3.1.8$$

A 3.1.8 képletben a hőátbocsátási tényező értéke.

$$k = \frac{1}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_k} + \frac{1}{\alpha_b}} \quad W/m^2K \quad 3.1.9$$

## 3.2 Több rétegű síkfal hőátbocsátása

Többretegű síkfal hőátbocsátásáról akkor beszélünk, ha a fal nem homogén. Több különböző vagy egyforma vastagságú, de legalább két különböző anyagú részből áll. Akkor az át bocsátott hőmérséklet a következő módon számolható. A következő képlet csak akkor érvényes, ha a különböző anyagú részek között nincs levegő, vagy bármilyen nem szilárd halmazállapotú közeg.[1]

$$Q = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_k} + \frac{1}{\alpha_b}} \cdot (t_1 - t_2) = k \cdot (t_1 - t_2) \quad 3.2.1$$

Amiben a hőátbocsátási tényező a következőképpen módosul.

$$k = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_k} + \frac{1}{\alpha_b}} \quad 3.2.2$$

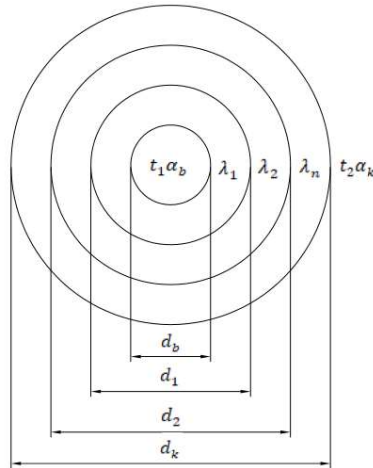
Ahol a  $\delta_n$  az n-edik anyag falvastagsága és az  $\lambda_n$  pedig az n-edik anyag hővezetési tényezője. [1]

### 3.3 Csövek és hengeres falak hőátbocsátása

A hengeres falakon, csöveken át bocsátott hőmennyiséget nem felületre szokás megadni, hanem folyóméterenként. A legfontosabb mérvadója ennek a feladat típusnak, hogy a belső és a külső falfelületek méretei nem egyformák. Ezért az eddigiekben levezetett képletsorok nem alkalmazhatóak hengeres felületekre.

Ezt a fejezetet nem szükséges annyira részletesen levezetni, mint a síkfalak hőátbocsátási részét, mivel a levezetés menete hasonló az előzőhöz. A kettő között a legfontosabb különbség az, hogy a falban a hőmérsékletváltozás nem lineáris, hanem logaritmikus. Ezek alapján az át bocsátott hőmennyiség képlete.[1]

$$Q = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \cdot \ln\left(\frac{d_k}{d_b}\right) + \frac{1}{\alpha_k d_k} + \frac{1}{\alpha_b d_b}} \quad 3.3.1$$



3.ábra Többrétegű csőkeresztmetszet

A 3. ábra alapján a többrétegű csőszakaszon folyóméterenként átáramló hőmennyiség.[1]

$$Q = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_b d_b} + \frac{1}{2\lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_1}{d_b}\right) + \frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \dots + \frac{1}{2\lambda_n} \cdot \ln\left(\frac{d_k}{d_{n-1}}\right) + \frac{1}{\alpha_k d_k}} \quad W/m \quad 3.3.2$$

**A 3. pontban feltüntetett képletek csak stacionárius állapot esetén érvényesek.**

## 4 Szigeteléstechnika területe

Maga a szigetelés szó jelentése a magyar nyelvben, a tökéletes lezártágot, bármilyen anyagáramlás elkerülését takarja. A műszaki életben viszont a szigetelés bármilyen energiaáramlás elleni védelmet jelent, pl: Hő, hang, villamos áram és sugárzás terjedésének akadályozása és ezen felül a nedvesség elleni védelmet értjük.

A szigeteléstechnika részterületei:

- melegszigetelés;
- hidegszigetelés;
- hangszigetelés;
- zajvédelem;
- lengéscsillapítás;
- nedvesség elleni szigetelés;
- sugárzás elleni védelem.

Az ipari hőszigetelést, hideg vagy meleg szigetelést főleg olyan egységeken használnak, ahol az a cél, hogy minimalizálják az energiaáramlást a környezetbe. Legelterjedtebb a csővezetékek hőszigetelése, hiszen a hosszú vezetékek összesített felszíne jelentős, de természetesen ezeken felül tartályok, ipari berendezések, szivattyúk stb. szigetelése is ide tartozik. [4]

**Melegszigetelés** alatt azt a folyamatot értjük, amikor a szigetelendő berendezés hőmérséklete magasabb, mint a környezeti hőmérséklet. Ez azt jelenti, hogy meggátoljuk a hőenergia kiáramlását a szerkezetből. pl: gázvezeték

**Hidegszigetelés** alatt azt a folyamatot értjük, amikor a szigetelő berendezés hőmérséklete alacsonyabb, mint a környezeti hőmérséklet. Ez azt jelenti, hogy meggátoljuk a hőenergia beáramlását a szerkezetbe. pl: hűtőszerkezetek [4]

Az ipari hőszigetelés gazdasági jelentősége az, hogy vele a nem megújuló energiaforrás használatait csökkenthetjük. Egy jól megtervezett hőszigetelés képes annyi energiát, és az energián keresztül pénzt spórolni, hogy az több pénzt takarít meg a teljes hőszigetelés amortizációs ideje alatt, mint maga a hőszigetelés költsége.[4]

## 4.1 A szigetelőanyagok főbb tulajdonságai

A hőszigetelő termékek a természetben előforduló vagy mesterséges anyagokból előállított heterogén szerkezetű, kis térfogatsúlyú építő anyagipari termékek. Többnyire szilárd halmazállapotú anyagokból és levegővel feltöltött pórusokból, kapillárisokból épülnek fel.

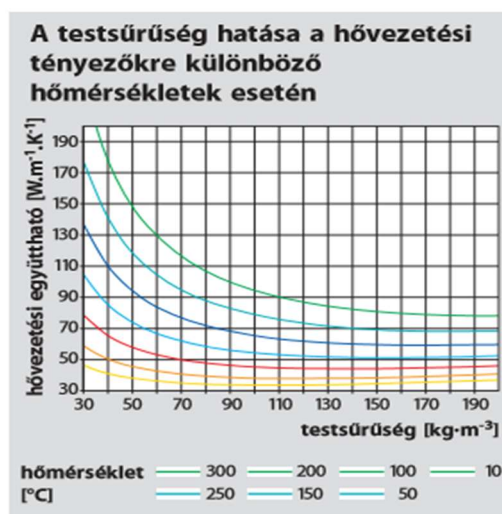
A hőszigetelő anyagok legfontosabb jellemzője a rendkívül alacsony hővezetési tényező. Minél kisebb ez az érték annál jobb hőszigetelő anyagról beszélhetünk. Egy anyag hővezető képességét több tényező is befolyásolhatja.

Ezek a tényezők a következők:

- testsűrűség;
- a pórusok fajtája, nagysága és elrendezése;
- a hőmérséklet;
- a szilárd alkotó elemek molekulaszervezete, vegyi össze tétele;
- a szilárd alkotórészek szervezete;
- nedvességtartalom;
- sugárzási szám;
- gáznyomás.[4]

A hőmérséklet növekedés hatására a folyadékok, fémek hővezető képessége csökken, viszont a szigetelő anyagok, gázok hővezető képessége nő.

Minél kisebb egy hőszigetelő anyag testsűrűsége annál jobb hőszigetelő, mivel a pórusokban található gázkeverékek nagyon rossz hővezető képességgel rendelkeznek. A testsűrűséget viszont nem lehet a végtelenig csökkenteni, hiszen a szigetelőanyagoknak a mechanika tulajdonságai emiatt a nullához közelítenének.



4.ábra A testsűrűség hatása a hővezetési tényezőre [5]

A nedvesség tartalom szintén nagymértékben befolyásolja a hővezető képességet, mivel a folyadékok jó hővezetők így a nedvességtartalom hatására romlik egy anyag hőszigetelő képessége.[4]

A hőszigetelő anyagok fő tulajdonsága ezen kívül a hőállóság, tűzállóság, mivel a szigetelőanyag minősége romlik, sőt használhatatlanná válhat a legnagyobb vonatkoztatási hőmérséklet elérésénél. Az ásványi szálas anyagoknál és műanyaghabarcsoknál felléphet térfogatcsökkenés, a szigetelőanyag zsugorodása, megolvadása. Az éghető szigetelőanyagok, mint például a parafa vagy a polisztirolhab kigyulladhat és eléghet. Éghető anyagok azok, amelyek meggyulladás után pótlólagos hő hozzávetése nélkül is tovább égnék. A szigetelések hőállósága nem csak az alapanyagtól, hanem a kötőanyagoktól, tartószerkezetektől is lényegesen függ.[4]

A hőszigetelő anyagok szilárdsága is meghatározó szempont lehet. A szigetelés szilárdsága a kis testsűrűségek miatt csekély, javítani csak úgy lehet, ha a pórustérfogatot csökkentjük, de ekkor a hőszigetelő képesség is rohamosan nő. A legtöbb szigetelőanyagot a kis szilárdsága miatt valamilyen nyomásálló burkolattal szerelnek fel pl: lemez, PVC burkolatokkal. Rugalmas anyagok, mint a parafa és szálas anyagok nagyobb erő kifejtés hatására össze nyomódnak, de ha ez az össze nyomódás kisebb mint 50% akkor nem szenvednek maradandó sérülést.[4]

Meghatározható tulajdonság lehet még a vegyi ellenálló képesség, mivel a vegyiparban használt hőszigetelések ritkán, de találkozhatnak savas, lúgos környezettel. A korrózió, mint anyagleromlás nem fémes, szerves anyagoknál is fellép. A szigetelőanyagok vegyi behatások miatt se veszthetnek térfogatukból, hőszigetelő képességükből.[4]

## 4.2 Hőszigetelő anyagok csoportosítása

A két legfontosabb ismertetőjük alapján a hőszigetelő anyagokat származásuk, valamint szerkezetük szerint lehet besorolni.

| Szálanyagok  | természetes          | azbeszt (betiltott)                                       |
|--------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|
|              | mesterséges          | kőzetgyapot<br>üvegszál<br>salakgyapot                    |
| Habanyagok   | szervetlen           | habüveg<br>porózus beton                                  |
|              | képlékeny habanyagok | polisztirolhab<br>poliuretán hab                          |
| Töltőanyagok |                      | parafamorzsalék<br>laza kovaföld<br>perlit<br>habtörmelék |

4.2.1- es táblázat. A szigetelőanyagok felosztása szerkezetük szerint [4]

| természetes anyagok |            | parafa<br>perlit<br>kovaföld<br>azbeszt (betiltott)                                    |
|---------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| mesterséges anyagok | szervetlen | kőzetgyapot<br>salakgyapot<br>üvegszál<br>habüveg<br>habbeton<br>gázbeton (pórusbeton) |
|                     | szerves    | polisztirolhab<br>poliuretánhab<br>karbamidgyanta hab                                  |

4.2.2-es táblázat. A szigetelőanyagok besorolása származásuk szerint [4]

#### 4.2.1 Természetes hőszigetelő anyagok

Parafa mint hőszigetelő anyag.

A parafa az egyik legrégebbi természetes hőszigetelő anyag. A parafa a paratölgy törzsének epidermisze alatt lévő parakambium osztódása folytán képződő, levegővel feltöltött vékonyfalú parasejtekből kialakuló szöveti képződmény. A paratölgy lehántolt és feltárt kérge a parafa. [1]



5.ábra ábra. A parafa a paratölgy lehántolt kérge [6]

A képen jól látható, hogy a parafa réteget lehántolják a fáról, ezután szárítják a megfelelő nedvességtartalom elérése érdekében, majd morzsalékot gyártanak belőle. Megkülönböztetünk nyers parafát (parafa morzsalék), préselt parafát, valamint parafa morzsalékból és kötőanyagokból álló gyártmányokat.

A parafa igen kis térfogatsúlyú anyag. A kis térfogatsúlyt a paraszövet rendkívül vékony sejtfalai, valamint a sejtekbe zárt levegővel feltöltött pórusai okozzák. Ebből adódik, hogy a parafának nagyon kicsi hővezetési tényezője van.

Emellett a parafa más az iparban nagyon hasznos tulajdonságokkal is rendelkezik. Rendkívül rugalmas és szívós, gázokkal és folyadékokkal szemben majdnem áthatatlan, légköri hatásokra nem változik, vízzel telítve fagyálló, mechanikai szilárdságát és rugalmasságát fagyhatás után is megtartja. Korhadásra, rothadásra és penészsre sem hajlamos, ha megfelelően volt expandálással nemesítve. A híg savak, lúgok szintén nem támadják meg.[1]

Jellegzetes viselkedése van 150°C felett zárt térben, mivel ekkor a térfogata lényegesen megnövekszik. A sejtjei illó anyagok és vízgőz távozása közben felduzzadnak. A térfogat növekedés maradandó, a termék lehűlése után se megy össze. A parafa legfontosabb alkotóelemei a szuberin, a cellulóz és a lignin. Ezeken felül kötött vizet, kevés viaszt, illóolajat és csersavat tartalmaz. A természetes parafadarából gyártják a



parafaparkettát és a parafa burkolólemezeket. Ezeket az építő elemeket a parafadara és valamilyen műanyag, kazein vagy más szerves kötőanyag keverékéből sajtolással alakítják ki.[1]

Az expandált parafából kétféle hőszigetelő kialakítást állítanak elő, a kötőanyag nélküli expandzitot valamint a szurokkötésű szupremitet. Az expandált parafa szigetelések a leghatásosabb szigetelő anyagok közé tartoznak. A parafa rendkívül jól használható hidegszigetelésként. Itt jelenik meg az a fontos tulajdonsága, hogy nagy legyen a nedvességgel szembeni ellenálló képessége.[1]

Gyártmányalakzat szerint két csoportra oszthatjuk. Vannak a parafa lemezek, ezek gyártótól függően kisebb nagyobb táblákban, különböző vastagsággal kaphatók.



6.ábra *Expandált parafa lemezek* [8]

Szinte minden csőátmérőre kaphatóak úgynevezett parafa héjak is, de most már elterjedtebb a hengerelt formája. Amelyeket előszeretettel alkalmaznak házak csővezetékeinek szigetelésére, mivel nem csak hogy jó hőszigetelő anyag, de jó hangszigetelő, valamint természetes környezetet sejtet.



7.ábra *Parafa hengeres kivitelben* [7]

Az expandált parafa hőszigetelések  $-200 \dots +100^{\circ}\text{C}$ -ig alkalmazhatóak. A parafa erősen kormozó lánggal ég. Viszont a préselt parafa tűzálló, mert a tulajdonképpeni égést nem továbbítja.

Az expandált parafa hővezetési együtthatója formadarabok esetén a testsűrűség függvényében eltérő.

| Alak    | Testsűrűség<br><i>kg/m³</i> | Hővezetési együttható <i>W/(m · K)</i> |       |       |       |
|---------|-----------------------------|----------------------------------------|-------|-------|-------|
|         |                             | -50                                    | 0     | +20   | +50   |
|         |                             | °C hőmérsékleten                       |       |       |       |
| Lemezek | 145                         | 0,030                                  | 0,036 | 0,038 | 0,042 |
| Lemezek | 250                         | 0,040                                  | 0,045 | 0,048 | 0,051 |
| Héjak   | 300                         | 0,044                                  | 0,050 | 0,052 | 0,056 |

4.2.1.1-es táblázat. *Expandált parafa formadarabok testsűrűsége és hővezetési együtthatója* [4]

A kovaföld mint szigetelő anyag.

A kovaföld besorolható természetes szigetelő anyagnak, mivel a kovaföld az édes és sós vizek kovaalgáinak lerakódása. Ezek kicsiny, egy cellájú, főleg kovasavból felépülő növényi mikroorganizmusok. A kovaföldet általában külszíni fejtéssel bányásszák, ekkor még 60% vizet, 10-25% szerves anyagot és egyéb szennyeződések tartalmaz. Korábban a laza kovaföldet ömlesztett szigetelés töltőanyagaként használták, ma már inkább idomtestek (tégla, lemez, héj) formájában gyártják.[4]

A kovaföldmassza por alakú kovaföld, valamilyen kötőanyag (agyag vagy más ragasztóanya) és filcelőanyagok keveréke. Régen filcelőanyagként használtak azbesztet, de azt egészségügyi okok miatt betiltották. Ma már inkább állati szőrzetet vagy más szálaz, rostos anyagot használnak hozzá. A kovaföld masszát vízzel hígítva érik el a kívánt képlékeny állapotot, ezután pedig idomokra formálják. A mai kovaföld idomok kötőanyaga agyag. Fél héjakat és szegmenseket minden csőátmérőre gyártanak, gyártótól függően bármilyen méretben.[4]

Az idomokat téglá, lemezek, héjak formájában kazánberendezések, tűzterek, olvasztókemencék, forrógáz és gőzvezetékek szigetelésére használják. Ma már leginkább csak  $600^{\circ}\text{C}$  felett és nyomásálló szigetelésként. Éghetetlen, vízszívó, savakkal szemben jól ellenálló hőszigetelés.[4]

#### 4.2.2 Mesterséges hőszigetelő anyagok

A mesterségesen előállított hőszigetelő anyagokat ahogy a 4.2.1-es táblázatban láthatjuk két részre kell bontani. Lehetnek szerves és szervetlen anyagokból álló felépülő szigetelések.

##### Ásványi szigetelőanyagok

Ezekhez a mesterséges, szervetlen szálanyagokhoz tartoznak a salakgyapot, az üvegszál és a kőzet gyapot. Nemzetközi megegyezés alapján minden olyan anyag amely a következő feltételeknek eleget mond az az üvegszálakhoz van besorolva.

- Az olyan szálak, amelyek szilícium-dioxid tartalma nagyobb mint 60%.
- Az olyan szálak, amelyek szilícium tartalma nem éri el a 60%-ot, de alkália tartalma nagyobb mint 5% valamint a bór-oxid tartalma eléri a 2%-ot.

Az olyan szálanyagok, amelyek nem esnek bele ebbe a 2 feltételbe, azokat nevezzük salakgyapotnak és kőzetgyapotnak. [4]

Az **üvegszál** mint hőszigetelő anyag.

Az üvegszál nyersanyaga alkáliamentes üveg, alkáliatartalmú üveg bóradalékkal vagy anélkül. Két fajtája van: a hosszú üvegszál ami az egyszerű üvegszál, vagy a rövidebb fajtája az üveggyapot. A hosszú üvegszál 2,5-4 m hosszú szálakból áll párhuzamosan elrendezve, míg az üveggyapot sokkal rövidebb, rendezetlenebb szálakból épül fel.[1][4]

Üvegszál gyártás lehetséges eljárásai:

- a) rúdhúzásos szálhúzás;
- b) fúvókán szálhúzással;
- c) pörgetés eljárással, vízszintesen forgó tárcsával;
- d) pörgetett szálhúzással.

Az üvegszál szigetelések maximálisan 300°C-ig használhatóak, nagy rugalmasságúak, rázkódásállóak, nagy húzószilárdságúak. A legtöbb savval (kivéve fluor) és gyengébb lúgokkal szemben ellenállóak, fémeket és más szerkezeti anyagokat nem támadja meg. Nem rothad, nem penészedik, öregedésálló, rovarok nem szeretik, időjárással szemben is ellenálló. Alkalmazási területe főleg kazánok, tartályok és csővezetékek, központi fűtésvezetékek, klíma berendezések hőszigetelése. A magas építésben előszeretettel használják hő és hangszigetelésnek. Kialakítás szempontjából lehet laza üvegszál, védőréteg nélküli üvegszál matrac, üvegszál csík és csőhéj.[1][4]

**A salakgyapot mint hőszigetelő anyag.[1][4]**

A salakgyapot nyersanyaga a vasérc kohósításakor keletkező nagyolvasztósalak. Anyaga tartalmaz kalcium - magnézium- alumínium szilikátokat, kevés alkáli, mangán, vas és kén tartalommal.

Salakgyapot gyártás lehetséges eljárásai:

- a) porlasztásos eljárás;
- b) pörgetéssel függőleges síkban forgó tárcsával.

Hőszigetelési szempontból a salakgyapot akkor a legjobb, ha annak a testsűrűsége  $200 \text{ kg/m}^3$ . Alkalmazhatósága jobb mint az üvegszálé, mivel  $650^\circ\text{C}$ -ig használható. erősen nedvszívó hatású, éghetetlen anyag. A vegyi ellenálló képessége savakkal és gőzökkel szemben nagyon rossz. Nem penészedik, nem képez táptalajt a rovaroknak, rágcsáló biztos. Legtöbbször gőzvezeték, turbinák, tartályok, gépkocsik és épület szerkezetek szigetelésére használják.

**A kőzetgyapot mint hőszigetelő anyag.[4]**

A kőzetgyapot alapanyaga bazalt, márga , mészkő, dolomit, homokkő és különböző salak anyagok. A gyapot összetétele gyártásonként, eljárásokként és alkalmazási cél szerint változik.

Kőzetgyapot gyártás lehetséges eljárásai:

- a) porlasztásos eljárás
- b) Fúvásos porlasztás
- c) Pörgetéssel eljárás

A kőzetgyapot éghetetlen és  $600^\circ\text{C}$ -ig használható, kivételes esetekben akár  $1000^\circ\text{C}$ -ig, ha az alapanyag  $\text{FeO}$  - tartalma 5% felett van. Nedvességgel szemben nagyon jó ellenálló, víztaszító anyag. Vegyileg semleges, így nem támadja meg a fémeket és más szerkezeti anyagokat, forró vízgőz és forró víznek ellenáll. A levegő páratartalma nem rontja, tehát alaktartó, nem megy tönkre. Öregedésálló, penész és gombaálló, rágcsálók nem támadják meg és hangszigetelő képessége is nagyon jó. A kőzetgyapot termékek nagyon elterjedtek, nagyok sok kialakításban gyártják és használják.

A kőzetgyapot termékek elterjedtebb gyártási alakja és alkalmazása.[4]

Laza gyapot:

- csömöszölt szigetelésként nagy hőmérsékletű ívek, idomdarabok és padlók üregeinek kitöltésére.

Kőzetgyapot matrac kötőanyaggal:

- Az egyik legsűrűbben használt kőzetgyapot szigetelési forma. Az egyik oldalán ásványgyapotból áll kasírozva, fonállal feltűzve, kötőanyagként különböző gyanták. A kasírozás végezhető alumínium fóliával, dróthálóval, papírral vagy hullámpapírral. A kasírozás fajtájától függően változik az alkalmazhatóság hőmérséklettartománya. A kőzetgyapot matracokat víz, gőz, füstgázvezetékek szigetelésére használják. A legtöbb helyen használt az alumíniumkasírozású matrac, mivel burkolat nélkül is kellemes, fémes kinézete van, valamint az alumínium felület védi a belső részeket.



8.ábra *Kőzetgyapot matrac alumíniumkasírozással [9].*

Kötőanyag nélküli kőzetgyapot matrac molinósteppeléssel:

- Ezek a matracok mindkét oldalán üvegszál fonattal vagy textilszövetekkel kasírozzák, valamint poliészterfonállal varrják. Alkalmazásuk limitált csak 150°C-ig.

Lemezelt kőzetgyapot:

- A legfontosabb jellemzője, hogy itt a szálirány merőleges a matrac felületére, így feldolgozásnál nem lesz vastagság csökkenés. Csővezetékek és tartályok szigetelésére használják. Alumínium fóliával akár 450°C-ig is használható.

Kőzetgyapot zsinór:

- Főleg víz és fűtővezetékek, könyökök és szerelvények szigetelésére használják. A zsinórt csupasz vagy horganyzott acélhuzallal vagy ritkán üvegfonallal hálózzák be. Alkalmazási hőmérséklete maximálisan 600°C.

Kőzetgyapot csőhéj:

- Ezt a kialakítási formát is sűrűn használják, hiszen könnyen felhelyezhető csővekre, vagy akár csőidomokra illeszkedő darabokra vágni. alkalmazhatósága 250°C-ig.

**Üveghab(habüveg) mint hőszigetelő anyag.**

Az üveghab alapanyaga kvarchomok, szóda és mész alapú üveg rudak, szalagok. Az alapanyagot kemencében megolvasztják, majd malmokban megőrlik. A finom őrleményhez jön hozzá a gázlehasító anyag, a felfúvószer. Ezen kívül kerül még bele korom. Ezt a speciális keveréket az erre kifejlesztett acélformákba töltik, az edényeket kemencében felhevítik a habosodás határhőmérsékletére. A felhevített (behabosodott) anyagokat folyamatosan célberendezésekkel lehűtik. A hűtés után a szigetelőanyagot már csak megfelelő méretre kell vágni.[1][4]



9.ábra *Az üveghab*[10]

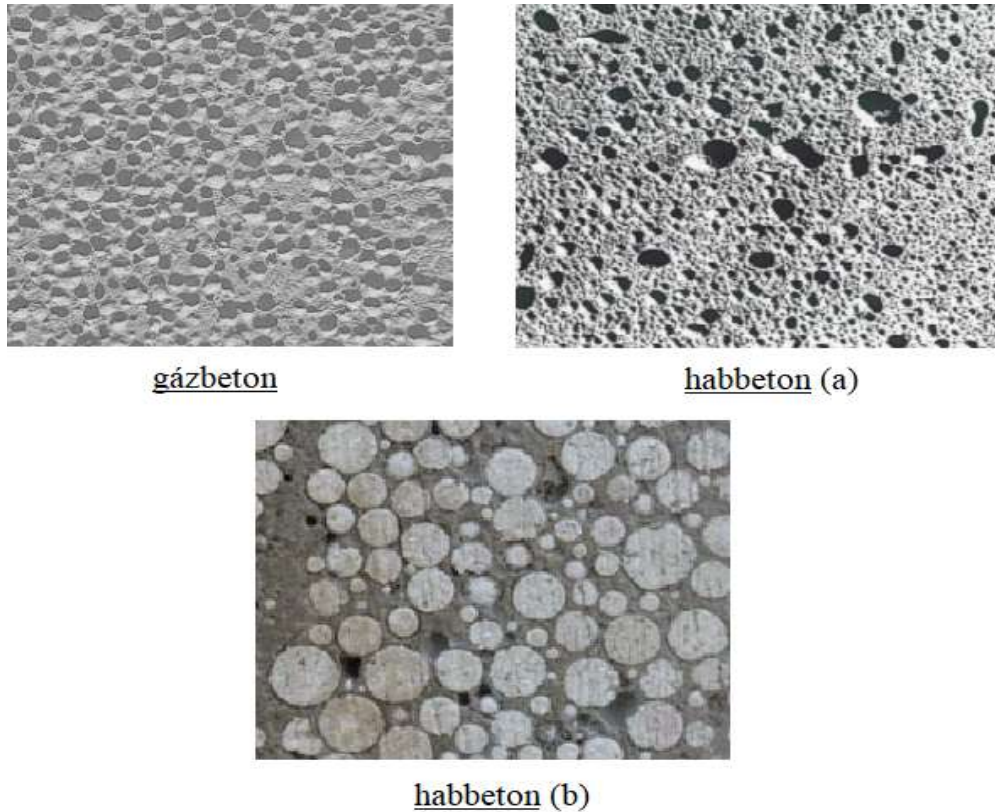
Az üveghab zárt cellái miatt, diffúziós ellenállása gyakorlatilag végtelen. Felhasználható  $-180 \dots 300^{\circ}\text{C}$ -ig, éghetetlen. Savaknak, lúgoknak, sóoldatoknak a fluorsavon,alkáli lúgokon kívül ellenáll. Nem rothad, rovarok nem támadják meg, nem korhad, nem hullámosodik, nem vetemedik, tehát alaktartó. A végterméket fűrésszel, szalagsziszolóval könnyedén lehet méretre vágni. Alkalmazási területe főként az olyan berendezések szigeteléseként, ahol a hőmérséklet ingadozó.[4]

**Gázbeton (pórusbeton) mint hőszigetelő anyag.**

A gázbeton a szabványokban pórusbeton elnevezéssel jelenik meg. A pórusbeton alapanyaga őrlött égetett mészből, őrlött gipszkőből, cementből, kvarchomok őrleményből és vízből kevert finomhabarcs, amely ezeken kívül valamilyen gázképző adalékot is tartalmaz. Gázképzőként ma leggyakrabban alumíniumport használnak, amely az őrlött égetett mész beoltódásából keletkező méshidrátna vizes oldatából hidrogéngázt fejleszt, és a nyers keverékben maximálisan 2 mm átmérőjű, zárt pórusok sokaságát hozza létre. Az öntőformában sejtesített gázbeton tömböt kizsaluzás és gyártandó méretre való felvágás után autoklávolással szilárdítják.[11]

A gázbeton testsűrűsége  $400 - 800 \text{ kg/m}^3$ , nyomószilárdsága  $2,5 - 7,5 \text{ N/mm}^2$ , porozitása a 70 térfogat %-ot, vízfelvétele a 60 tömeg %-ot is elérheti. Nem-éghető építőanyag. Gázbetonból kis testsűrűsége és jó hőszigetelő képessége folytán elsősorban nem teherviselő falakat építenek.[11]





10.ábra *Gázbeton, homok adalékanyagú habbeton (a), polisztirol adalékanyagú habbeton (b) szövetszerkezete [11][12][13]*

#### **Habbeton** mint hőszigetelő anyag.

A habbeton könnyű, többnyire folyós, habarcs jellegű anyag, amelynek kötőanyaga cement, adalékanyaga homok, pernye, kohósalak, duzzasztott agyagkavics, polisztirol gyöngy, de készülhet esetenként adalékanyag nélkül is. Az előző ábrán jól látható a szövetszerkezeteken a homok és a polisztirol gyöngy adalékanyag közötti különbség.

A legelterjedtebb habképzők fő hatóanyagai a természetes vagy mesterséges tenzidek (felületaktív anyagok). A habképzők stabilizátort is tartalmaznak, hogy a nagy levegő tartalmú habbeton sejtszerkezetét a keverés, a bedolgozás és a kötés ideje alatt se veszítse el. A habot hagyományos, gyorsfordulatú, forgószerszámos habverő géppel vagy nagy-nyomású habképző célgéppel lehet legyártani és a keletkező kemény habot a megkevert friss habarcsához, esetleg cementpéphez kényszerkeverőgépben kell hozzá keverni.[12]

A habbeton testsűrűsége  $300 - 600 \text{ kg/m}^3$ , nyomószilárdsága  $0,1 - 5 \text{ N/mm}^2$ . Legtöbbször előforduló alkalmazási módjai fagyálló és hőszigetelő, feltöltő réteggként földemeken, aljzat réteggként ipari és sportsarnokokban, alap és teherhordó réteggként az út, híd és egyéb mélyépítésben.[12]

### **Karbamidgyantahab mint hőszigetelő anyag.**

A karbamidgyanta habok a karbamid és formaldehid kondenzációjakor keletkeznek haboldat hozzáadásával. Ide sorolhatók még az Iporkának, Piatherm habnak elnevezett habok is. Hőtechnikai szempontból a nyitott pórusai miatt a nedvességet felszívja, magában tartja. Felhasználhatósága  $-200 \dots 90^{\circ}\text{C}$ -ig terjed, nehezen éghető, nem parázslík a láng nem terjed tovább. A szilárdsága nagyon minimális már nagyon kicsi nyomás hatására is elkezd összenyomódni. Vegyileg semleges, így nem roncsolja a fémeket, szerkezeti anyagokat. Erős savakkal és lúgokkal szemben nem ellenálló. Benzin, benzol és szerves oldószerekkel szemben viszont ellenálló. Rothadás, penészesedés, rovarok nem támadják meg. A hab nagyobb hőmérsékleten zsugorodni kezd, ezzel számolni kell. A mai világban a karbamidhabokat már alig használják.[4]

### **Polisztirolhab mint hőszigetelő anyag.**

A polisztirolhab más néven PS-hab a műanyaghabok családjába tartozik. A polisztirol alapanyaga a habzásképes polisztirol hajtóanyag tartalmú sztirolpolimer. A habosodó polisztirolt három munkafázisban dolgozzák fel, *elő habosítás, közbenső tárolás és kihabosítás*. [4]

*Elő habosításnál* a nyersanyagrészeket légköri nyomáson  $105^{\circ}\text{C}$ -ig hevítik, aminek hatására a hajtó anyag a részecskéket akár 30-szoros térfogatára fújja fel, ezt nevezik expandálásnak. A hevítést leggyakrabban gőzzel végzik, de lehet forró levegővel vagy akár infravörös sugárzással is. Az elő habosítás különleges függőleges tengelyű keverő tartályokban történik.[4]

A *közbenső tárolás* során az elő habosító anyag silókba kerül 1-2 napra. erre azért van szükség, mert a részecskék celláiban vákuum uralkodik és meg kell várni míg a levegő ezekbe bediffundál. A levegő a kihabosításnál segíteni fogja a hajtóanyagot, hogy meglegyen a kellő expanziós nyomás. Szükséges még a részecskék víztartalmának csökkentése és a nagy testsűrűségű granulátumok maradék hajtóanyag mennyiségének csökkentése miatt.[4]

A *kihabosításnál* a pihentetett anyagokat formákba öntik, majd újra felhevítik. A formák úgy vannak kialakítva, hogy a felesleges gázok távozhassanak. A szemcsék újra kitágulnak, majd egymással zárt cellájú habbá alakulnak át. Hűtés során a habot kikeményítik.[4]

A kikeményedett habot tömbök, lemezek, fél héjak, szegmensek és egyéb gyártói profil kialakításában gyártják. A mai világban a polisztirolhabok ismert neve a nikecell, hungarocell. A termékek színe legtöbbször fehér, de a gyártó használhat színező anyagokat.





11.ábra *Polisztirolhab (nikecell, hungarocell) szigetelő anyag késztermék[14]*

A polisztirolhab zárt cellájú felépítése miatt nagyon kevés nedvesség tartalmat tud magába szívni, csak a felszíni sérült, elvágott pórusokba juthat be a folyadék. Alkalmazhatósága hőmérséklet szempontjából erősen limitált, mivel csak 75°C-ig használható tartósan. A meleg ragasztóanyagokat pl. forró bitument lehet hozzá használni, mivel ezek hamar lehűlnek. [4]

A szigetelésre erősen ajánlott valamilyen kemény burkolatot helyezni, mivel a szigetelőanyag gyúlékony, valamint könnyen feltöltődik elektrosztatikusan, ami szikraveszélyt jelent. A polisztirolhab ellenáll víznek, erős és gyenge savaknak kivéve (kénsav, salétromsav és hangyasav), erős és gyenge lúgoknak. A benzol, észterek, ketonok oldják, a benzin és az ásványi olajok pedig duzzasztják. Nem rothad, nem penészedik. Megfelelő mértékű pihentetés után alaktartó. Legtöbbször síkfelületeket, tartályokat, szerelvényeket és csővezetéseket szigetelnek vele. Az építőiparban falak szigetelésére előszeretettel alkalmazzák, mivel könnyen felhelyezhető és a nedvességet nem engedi magába. Hidegszigetelésre csak diffúziós záró réteggel alkalmazzák.[4]

### **Poliuretánhab** mint hőszigetelő anyag.

A habanyag előállításához két komponensre van szükség, az egyik alapanyag a poliolkeverék. A poliolkeverék valamilyen poliéter alkohol vagy poliészter alkohol, katalizátorokkal, hajtóanyaggal, stabilizátorokkal, tűz gátlókkal. A másik alapanyag az izocianát valamilyen habképzővel dúsítva. [4]

A két komponenst összekeverve megindul a habosodás, ezáltal jelentősen megnő a térfogata. Ezt követően a hab kikeményedik, megszilárdul. A habosodás történhet szabadon, akkor szabad habosodásról beszélünk, vagy formákban, akkor formában habosításról van szó. A különböző habképzések számára megfelelő reakcióidőt kell nyújtani.[4]

Gyártás szempontjából megkülönböztethetünk helyszínen habosított, vagy előre kihabosított méretre vágott termékeket. Valamint a tulajdonságaik alapján is két fő csoportra oszthatjuk őket, a lágy és a kemény PUR hab.



12.ábra *A PUR habok felhasználási formái* [15][16]

Az ábrán a bal oldalon látható az előre kihabosított poliuretán hab felhasználása. A jobb oldalon viszont az látható, hogy tartályban szállítják a helyszínre a komponenseket és valamilyen szóró berendezés segítségével ott keverik össze, viszik fel a felületre a szigetelőanyagot.

A lágy PUR habok nyitott cellájúak, ebből adódóan a vizet magukba szívják. Ezért a lágy habokat a páratartalomtól óvni kell. Hőmérséklet szempontjából  $-40 \dots 80^{\circ}\text{C}$ -ig használhatóak. Igen rugalmas, erősen lökés csillapító anyagok. Fény és hő hatására elkezd sárgulni, savakkal és lúgokkal szemben csak feltételesen ellenálló. Legtöbbször ezeket egyenes csőszakaszok, csőívek szigetelésére használják.[4]

A kemény PUR habok túlnyomórészt zárt cellájúak, függ a habosító anyagtól. A zárt cellákból adódik, hogy nem szívja magába a nedvességet. Hőmérséklet szempontjából  $-200 \dots 120^{\circ}\text{C}$ -ig használhatóak, ez szintén függ a habosító anyagtól. Nem áll ellen koncentrált savaknak és lúgoknak, de ezeken kívül szinte minden mással szemben jól ellenáll. Nem rothad, nem penészedik. Helyszínen való felhordásnál, saját ragadási képessége folytán számos anyaghoz jól köt. Rendkívül jól szigetelő anyag, mivel folyékony halmazállapotban lehet a felületre felvinni, így a legkisebb hézagokat is feltölti. [4]

Hátránya, hogy komplikált habosító berendezésre van szükség, szigorú előírások szabályák meg a használatát, tárolását, szállítását. A helyszínen szórt, fűjt kivitelezésnél vigyázni kell az egészségügyi előírások betartására, mivel gázok, gőzök szabadulnak fel.[4]

### 4.3 Különleges hőszigetelési eljárások

#### Szóró szigetelés kőzetgyapottal

A kőzetgyapot szórásos hőszigetelés főleg turbinák és a hozzá tartozó szerelvények szigetelésénél előnyös, de kazánok szigetelésére is előszeretettel használják. A hézag mentes szigetelés kiküszöböli a hőhidakat, amelyek turbinák esetében komoly károsodásokat okoznának.

A turbinák szigetelésénél figyelni a következő előkészítési munkálatokra:

- a beszórandó felületek megfelelő tisztítása;
- tartók felszerelése a turbinaházra,
- a turbinaház osztásainál elhelyezkedő csavarok, karimák megfelelő beburkolása alumíniumfóliával
- drótfonat felrakás a turbina osztóhézagára a részleges szigetelés végett.

A felületet kötőanyaggal beszórják. Erre viszik fel a rétegeket, a kívánt vastagság eléréséig úgy, hogy minden réteg után pihentetni kell, valamint a hőmérséklet 15°C folyamatosan. Az utolsó réteget simára simítják. A szerkezetet ezután tovább pihentetik, majd egy fedőréteget raknak rá, amely megvédi a szigetelést az olaj behatolása ellen.[4]

#### Aerogél hőszigetelés

Az aerogél (megszilárdult füst) jelenleg az egyik legjobb szigetelőanyag, mivel hővezetési tényezője sokkal jobb mint bármilyen más szigetelőanyagé. Üvegszál kompozit anyagok, amelyekbe szilika aerogél van elkeverve. Nagyon jó víztaszító hatású anyag, viszont a páratartalmat átengedi. Nem penészedik, öregedik, sűrűsége jelentősen kicsi. [17]

Az aerogél szigetelés teljesen hétköznapi módon kezelhető. Gyorsan felhelyezhető a felületre, ragasztható, formázható, hajtható. Hátránya az, hogy jelenleg a szokványos szigetelésekhez képest az ára jelentősen magas. Azonban gépészeti problémák megoldására tökéletesen használható. Legtöbbször valamilyen kivitelezési hibát javítanak vele, de az új energiatakarékos épületek tervezői egyre inkább érdeklődnek iránta.[17]



13.ábra Aerogél hőszigetelő paplan ragasztóval rögzítve [17]

#### 4.4 Burkolóanyagok

A burkolatok a szigetelőréteget összetartják, védik mechanikai és vegyi hatásokkal szemben, megakadályozzák a nedvesség bejutását a szigetelőrétegekbe. A burkoló anyagok a védelmen kívül esztétikai szerepet is betöltenek, mivel a legtöbb szigetelőanyag kinézetre nem tökéletes.[4]

A legtöbb gyártó a szigetelő anyagok mellé automatikusan felajánlja a hozzá tartozó, lehetséges burkoló anyagokat, ha szükséges. A burkoló anyag kiválasztása majdnem annyira precíz peremfeltételeket igényel, mint maga a szigetelés. A burkolatok is szigetelnek, de legtöbbször ezeket elhanyagolják, mivel így a biztonság felé tévednek.

A legelterjedtebb burkolati formák lemezek, héjak, fóliák.

| <i>Megnevezés</i>            | <i>Szerkezeti anyag vagy kivitel</i>                                                               |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PVC-fólia                    | PVC-H- fólia, nem ütésálló<br>PVC-H- fólia, ütésálló                                               |
| Szalagacél                   | Szalagacél, hidegen hengerelt, horganyzott<br>Szalagacél, szerves alapú védőréteggel               |
| Alumíniumlemez               | Alumíniumlemez<br>Alumínium bordáslemez                                                            |
| Keményhég                    | Gipsz<br>Anhidritkötés<br>Kovaföld                                                                 |
| Bitumenes szalag             | Csupasz bitumenlemez<br>Bitumenpapír                                                               |
| Szövet a szigetelő matrachoz | Azbesztszövet (betiltott)<br>Üvegszál szövet, töltőanyaga: laza<br>kőzetgyapot, kőzetgyapot matrac |

4.3.1-es táblázat. Az elterjedtebb burkolóanyagok [4]

## 4.5 Segédanyagok hőszigeteléshez

A segédanyagokhoz tartozik minden olyan eszköz, amely a szigetelés rögzítésére, megvédésére, kiegészítésére használható fel, kivéve a burkolatokat. A ragasztóanyagok a szigetelések egymáshoz, alapfelülethez, burkolathoz való kapcsolódást biztosítja. A különböző tömítőanyagok a szigetelést védik a nedvesség behatolásától, úgy, hogy a kitöltetlenül maradt részeket feltöltik és ezzel egy diffúziós zárat biztosítanak. Minden szigetelésnek megvan a saját segédanyag szükséglete, a tökéletes szigeteléshez. Természetesen vannak olyan esetek, amikor semmilyen segédanyagot nem szükséges használni. A legfontosabb segédanyagok a tömítőanyagok, ragasztóanyagok, rögzítő és összekötő elemek.[4]

| <i>Megnevezés</i>           | <i>Anyagfajta</i>                                                              |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Tömítőanyag                 | Bitumen tömítőanyagok<br>Kátránytermékek<br>Alumíniumfólia (diffúziós zárként) |
| Ragasztó és kötőanyag       | Bitumen ragasztószerke<br>Kátrányragasztószerke<br>Műgyanták<br>Agyag<br>Gipsz |
| Festékek                    | Alkidgyanta alapú festékek                                                     |
| Rögzítő és összekötő elemek | Acélhuzalok, csavarok, kapcsok,<br>szegecskek, matrachorgok                    |
| Egyéb segédanyagok          | Habarcstartók<br>Bandázsok stb.                                                |

4.4.1-es táblázat. *Segédanyagok fontossági sorrendben.* [4]

## 5 Hőszigetelés tervezése és kivitelezése

### 5.1 Tervezési alapelvek

Az iparban minden olyan esetben, ahol nem kívánt hőcsere játszódik le, szükség van valamilyen mértékű hőszigetelés használatára. A tökéletes szigetelés kiválasztásához viszont, tudnunk kell mely alapelveknek kell teljesülnie. Az alapelvek jelentése jelen esetünkben az, hogy elkell dönteni milyen tulajdonságokkal rendelkezzen a hőszigetelő rendszer.

Hőszigetelő rendszer tervezésének alapelvei:

- ⇒ Energia megtakarítás;
- ⇒ Hatékonyságnövelés és folyamatszabályozás;
- ⇒ Érintésvédelem;
- ⇒ Zajszintcsökkentés;
- ⇒ Tűzvédelem.

Energia megtakarítás:

A legfontosabb alapelv, amely a hőszigetelés technológiai fejlődését okozza. Az energia megtakarítás lényegében költségcsökkentés. Minél nagyobb valaminek az energia felhasználása annál költségesebb annak az üzemeltetése, használata. A hőszigetelések alapvető feladata a nem kívánt hőcsere folyamatok megszüntetése, amellyel energiát, azon keresztül pedig erőforrásokat takarít meg. Ez az alapelv főleg akkor érvényesül, ha azért kell egy szerkezetet hőszigeteléssel ellátni, hogy azzal energiát, pénzt takarítsunk meg.

Hatékonyságnövelés és folyamatszabályozás:

Ezt a két alapelv külön-külön is értelmezhetnénk, de a valóságban ezek teljesen összefonódnak. A hőszigetelések szabályozzák a hőmérsékletingadozást, amelynek a mértéke nagyban befolyásolhatja a lejátszódó folyamatokat. Minden esetben, ha a hőszigeteléssel valamilyen egyéb eszközt pótolhatunk, helyettesítünk, akkor beszélhetünk arról, hogy hatékonyabbá tettük a berendezést.

Érintésvédelem:

A felületi hőmérséklet szabályozása az érintéskor bekövetkező égési sérülések elkerülésének érdekében. Besorolható az előző szempontba is, de külön említése azért fontos, mivel a mai világban a megfelelő biztonság elsődleges alapelv. Az érintésvédelemre sok kötelezően betartandó szabályozás van, amely meghatározza a maximális, minimális felületi hőmérséklet nagyságát. A hőszigetelések erre tökéletesen megfelelnek, mivel az alap szerkezet felületét eltakarja és vastagságából, hőátadásából adódóan a létrehozott új felület hőmérséklete alacsonyabb, magasabb.

#### Zajszintcsökkentés:

A zaj egy nem kívánatos hanghatás, amely megnehezíti vagy épp veszélyezteti a környezetében dolgozó emberek, vagy élőlények életét. Sok ország, köztük Magyarország törvényhozó szervei is megszabják a lakott területeken és munkahelyeken engedélyezett zajszint maximumát. Ezért a hőszigetelés tervezésénél, figyelembe kell venni a zajszintcsökkentést is. A zajszint csökkentését egyre gyakrabban biztosítják hő- és hangszigetelő-anyagok alkalmazásával. Például a Rockwool szigetelőanyagok nyílt pórusos szerkezetüknek köszönhetően ideális hangelnyelőként szolgálnak a zajos ipari üzemekben.

Két fő zajszennyezés típust különböztetünk meg:

- üzemi zajszennyezés
- környezeti zajszennyezés

Az üzemi zajszennyezés alatt az üzemben belül dolgozókat érő zajterhelést értjük. A magas hangerő zavarja a hallást, és lehetetlenné teszi a szóbeli kommunikációt, ezért káros hatással van a dolgozók biztonságára és egészségére. A hang erősségét decibelben fejezik ki (dB), mely a hangerő szintjének logaritmikus skálája.

A környezeti zajszennyezés alatt az üzem területéről, épületéből kilépő zajterhelést értjük. Ez főleg a nagyvárosoknál tapasztalható az ipari negyedekben, de akár egy építkezésnél is előfordulhat, hogy a munkálatok során túl nagy zaj keletkezik, ekkor a munkálatokat irányító szerveknek kötelező valamilyen módon csökkenteni ezt. Az üzemek, építkezések, akár még a közlekedő utak zajszintje se befolyásolhatja a környezetükbe lakó emberek életét egy törvényileg előírt mértéken túl.

#### Tűzvédelem:

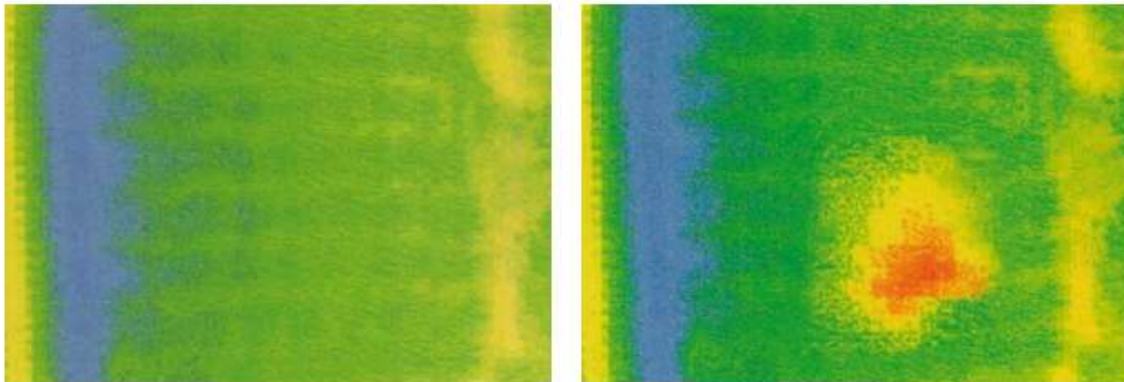
A hőszigetelés tervezésénél mindenféleképpen figyelni kell arra, hogy olyan anyagot használjunk, ami azon a hőmérséklet tartományon nem olvad, vagy magától nem e kap lángra. A biztonsági szempontok a mai világban elsődlegesek. Azon felül, hogy kibírja az anyag az üzemi hőmérsékletet figyelni kell arra is, minél több idő álljon rendelkezésre egy esetleges tüzesetnél a tűzoltóknak a helyszínre kiérni.

A legtöbb szigetelőanyag éghető, de a különböző burkolatok megóvhatják a nyílt láng terjedésétől. Amennyiben olyan eszközöket, mint például: tartályok, gázvezetékek, veszélyes anyagokat tartalmazó vezetékek szigetelésével foglalkozunk, minden esetben olyan rendszert kell alkalmazni, ami tűz esetén védi, vagy esetleg megakadályozza az eszköz nyílt lánggal való találkozását.



## 5.2 Szigetelőanyagok szerelése és rögzítése

A szigetelő anyagok szerelése legalább annyira összetett művelet, mint a megfelelő szigetelő anyag kiválasztása. A nem jól rögzített hőszigetelés nagymértékben megnövelheti a karbantartási kiadásokat, valamint akár működésképtelenné teheti a szigetelési rendszert. A hőszigeteléseknél a legtöbb energia a találkozásoknál, kapcsolatoknál, rögzítéseknélvész el, tehát a szerelésnél a legfontosabb ezeknek a minimalizálása.



14.ábra *Hőkamerás felvétel hőszigetelő dübellel és erősen hővezető dübellel rögzített szigetelésről. [18]*

Az előző ábrán jól látható, hogy a nem megfelelő rögzítések hőhidakat eredményeznek. A hőhidak olyan területek, felületek, ahol a szigetelni kívánt felület a külső közeggel, vagy éppen egy vezetővel találkozik így nagymértékű kedvezőtlen energiaáramlás jön létre. Minél több ilyen hőhíd alakul ki annál kevésbé látja el feladatát a rendszer, tehát a hőszigetelés megválasztásánál már elejétől kezdve törekedni kell olyan módszeren, ami minél kevesebb hőhidat eredményez. Természetesen az is igaz, hogy a számításoknál a képlet valamennyi ilyen esetleges energia veszteséggel számol, de ezek főleg tapasztalati értékeken alapulnak és nem mindig pontosak. [18]

Azon felül, hogy a rögzítés nem megfelelősége energia veszteséget okozhat, figyelni kell arra is, hogy főleg az építőiparban a szigeteléseknek légáteresztőnek is kell lenniük. A túlzott szigetelés nem engedi úgymond lélegezni a falakat, ez pára lecsapódáshoz, állott levegőhöz, penészedéshez vezethet.

A szigetelőanyagok szerelése elsősorban a kialakításuktól függ. A szigetelőanyagok lehetnek paplan, tábla, csőhéj, szalag kialakításúak, de most már sok helyen alkalmaznak olyan szigetelőket, amelyek alpból folyékony halmazállapotúak és a felrakás után szilárdulnak meg. Minden szigetelőanyagot gyártó, vagy árusító szervezet alpból előírja vagy javasolja a rögzítés módját. Ezek nagyban megkönnyítik a vevő, kivitelező feladatát, mivel a rögzítést is sok tényező befolyásolhatja.

Legelterjedtebb rögzítések a ragasztás, hálók használata, szegecselés, kapocsok használata, varrás. Esetlegesen nagyobb méretű szigeteléseknél külön tartószerkezetes rögzítés abban az esetben, ha a szigetelni kívánt eszköz nem bírja el a szigetelés súlyát.

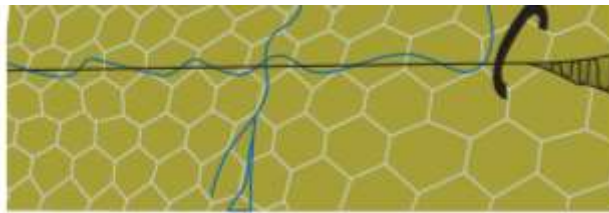


**Paplanok felszerelése:**

A paplan kialakítás az egyik legelterjedtebb formája a hőszigeteléseknek. Használatukat megkönnyíti a darabolhatóságuk és a rugalmasságuk. Könnyen képezhetünk átfedéseket, amelyek nem engedik a hőhidak kialakulását, vagy a vágásokat fonállal, huzallal, kapsokkal össze húzhatjuk. Legismertebb a kőzetgyapot paplanok alkalmazása mivel széleskörben használhatók.



15.ábra *Paplanok átfedett elhelyezése nagyméretű hengeres tartályon.[5]*



16.ábra *Huzal fonatos paplan összevarrása.[5]*

**Táblák felszerelése:**

A táblás kialakítás annyiban különbözik a paplanoktól, hogy maga a szigetelőanyag merev. Hátránya, hogy csak síkfelületeken lehet alkalmazni. A táblás kialakítások leginkább az építő iparban elterjedtek, hiszen ott nagyméretű síkfelületeket kell szigetelni, de nagyméretű eszközöknél is célszerű lehet ezt a kialakítást alkalmazni. Fontos tulajdonságuk még a teherviselő képességük, ami miatt a burkolat rögzítése, megtartása egyszerűbb.

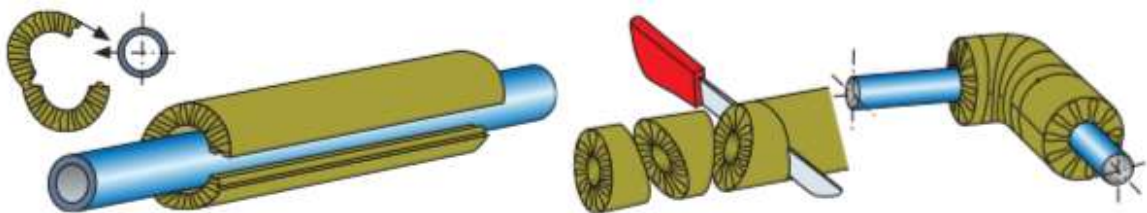
Ilyen kialakítású például a legtöbb hungarocell szigetelés, de a kőzetgyapot táblák is elterjedtek. A táblás megoldásoknál mivel nehéz átfedéseket létrehozni egy rétegnél, ha szükséges akkor lehetséges a hézagokat valamilyen tömítő anyaggal kitölteni.



17.ábra *Tábla kialakítású közetgyapot hőszigetelés épületeknél.[20]*

#### Csőhéjak felszerelése.

A csőhéjak a nevéből adódóan csak különböző csövek szigetelésére alkalmasak. Előnyük, hogy széles skálában pontos belső átmérőre gyártják. Felhelyezésük a csőre rendkívül egyszerű mivel a vágás mentén szétnyitva ráhúzható a csőre. A hosszát vágással könnyen lehet szabályozni, valamint akár idomokra is lehet tökéletes íveket vágni belőlük.



18.ábra *Csőhéjak csővezetékeken, idomokon való használata.[5]*

## 6 Számpélda hőszigetelés tervezésére

Ebben a fejezetben egy kiválasztott izometrián keresztül bemutatom, hogy kell egy adott csőszakaszt hőszigetelni. Valamint a hőszigetelése után kiszámolni a hő veszteségét, hőmérsékletcsökkenését. A példa fiktív értékeken alapszik, de valóságos módszeren alapul.

Feladat rövid leírása: Az adott csőszakaszban  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ - hőmérsékletű víz folyik, tömegárama  $2\text{ kg/s}$ . A külső hőmérséklet minimum értéke  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A csőszakaszt úgy kell hőszigetelni, hogy a hőmérséklet a szakasz végén nem lehet kevesebb mint  $89\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Alapadatok:

$$\triangleright t_b = 90^{\circ}\text{C};$$

$$\triangleright t_2 = -16^{\circ}\text{C};$$

$$\triangleright q_m = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}.$$

Első lépés a közepes hőmérséklet meghatározása. Amire szükségünk van a szigetelő anyag kiválasztásához, mivel a legtöbb gyártó a szigetelés hővezetési tényezőjét valamilyen közepes hőmérsékletre garantálja.

$$t_m = \frac{(t_b - t_k)}{2} = 37^{\circ}\text{C}$$

7.1

A közepes hőmérséklet alapján bármely hőszigetelő anyag katalógusból választhatunk hőszigetelést. Én a ROCKWOLL Larock 32 Als alufólia kasírozású kőzetgyapot lamell  $20\text{ mm}$  vastagságú kivitelezését választottam, mivel nagyon olcsó. Természetesen a számolás során kiderülhet, hogy nem elegendő, akkor növelni kell a szigetelés vastagságát, vagy más szigetelő anyagot kell választani.

A Larock 32 Als szigetelés adatai a közepes hőmérsékleten:

$$\triangleright \lambda = 0,045 \frac{\text{W}}{\text{mK}};$$

$$\triangleright s = 20\text{ mm}.$$

A csőszakasz különböző csőszakaszokból áll, így azokat átmérőként külön kell számítani a pontosabb eredmény érdekében. A csőszakaszok hosszát az izometriáról leolvasva a következő értékeket kapjuk. Ezekbe az értékekbe a T idomok szakaszait, valamint a könyököket is beleszámoltam.

DN 250-es csőszakasz:  $L_{cs250}=8620\text{ mm}$

DN 200-as csőszakasz:  $L_{cs200}=897\text{ mm}$

DN 150-es csőszakasz:  $L_{cs15} \quad 279\text{ mm}$

A hőveszteségek számításánál a 3.3.1-es képlettől eltérően a gyakorlatban ellehet hanyagolni a belső közeg hőátadását valamint a szigetetlen csőfal hővezetését, de nem minden esetben. A képletben még megjelenik a külső közeg hőátadási tényezője, ez a gyakorlatban a szélhatás miatt számolni kell, vagy a szélsőbesség ismeretében tapasztalati értéket választani. Jelen esetben egy kis szélsőbességnél használatos értékkel számolok.

$$\alpha_k = 10 \frac{W}{m^2 K}$$

A DN 250-es csőszakasz hővesztesége a 3.3.1-es képlet alapján

$$q_{250} = \frac{\pi \cdot (t_b - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \cdot \ln\left(\frac{d_k}{d_b}\right) + \frac{1}{\alpha_k \cdot d_k}} = 181,108 \frac{W}{m}$$

7.2

ahol:

$$\begin{aligned} \text{➤ } d_k &= D_{cső} + 2s = 273mm + 40mm = 313 \text{ mm}; \\ \text{➤ } d_b &= D_{cső} = 273 \text{ mm}. \end{aligned}$$

A DN 200-as csőszakasz hővesztesége az előzőek alapján

$$q_{200} = \frac{\pi \cdot (t_b - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \cdot \ln\left(\frac{d_k}{d_b}\right) + \frac{1}{\alpha_k \cdot d_k}} = 148,061 \frac{W}{m}$$

7.3

ahol:

$$\begin{aligned} \text{➤ } d_k &= D_{cső} + 2s = 259,1 \text{ mm}; \\ \text{➤ } d_b &= D_{cső} = 219,1 \text{ mm}. \end{aligned}$$

A DN 150-as csőszakasz hővesztesége az előzőek alapján

$$q_{150} = \frac{\pi \cdot (t_b - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \cdot \ln\left(\frac{d_k}{d_b}\right) + \frac{1}{\alpha_k \cdot d_k}} = 116,873 \frac{W}{m}$$

7.4

ahol:

$$\begin{aligned} \text{➤ } d_k &= D_{cső} + 2s = 208,3mm; \\ \text{➤ } d_b &= D_{cső} = 168,3 \text{ mm}. \end{aligned}$$

A következő lépés a megoldáshoz a csővezetékek összes hosszának meghatározása. A teljes szigetel csőhosszon kívül, számolni kell a különböző szerelvények, felfüggesztések, karimák, által okozott járulékos hőveszteségeket. Ezt a gyakorlatban úgy oldják meg, hogy egyenértékű csőhosszokra vezetik vissza vagy egyenként számolják a hőmérsékletcsökkenést. Tehát minden szerelvény a fajtájától, kialakításától függően felér valamennyi szigetelt csőhosszal. A szigeteléseknél figyelni kell, hogy minél pontosabban határozzuk meg ezeket az értékeket. Lehetőség szerint minden szerelvényre külön ki kellene számolni, de az iparban legtöbbször tapasztalati vagy kísérleti értékeket használnak. A szigetelések távtartói által okozott hőhidat a hővezetési együttható magába foglalja.

A példának kivett izometria tartalmaz *2db* szelepet és *4 db* karimát a DN 250-es szakaszon. Tartalmaz még *2 db* karimát a DN 200-as részen és *2 db* karimát a DN 150-es csőszakaszon. Felfüggesztések csak a DN 250-es szakaszon találhatóak.

Az összes hosszúságot a következő képen számoljuk

$$L_{\text{ö}} = f_L \cdot (L_{cs} + \Sigma L_e \cdot n) \quad 7.5$$

ahol:

- $f_L$  a csőalátámasztók pótlékolási tényezője;
- $L_{cs}$  a szigetelt csövek hossza;
- $L_e$  a szerelvények egyenértékű hossza;
- $n$  a szerelvények száma.

A szerelvények egyenértékű hossza táblázati (tapasztalati értékei).

Karimapárok egyenértékű csőhossza:

$$L_{ek} = 2m$$

Szelepek egyenértékű hossza:

$$L_{esz} = 5m$$

Alátámasztási pótléktényező:

$$f_L = 2$$

Ezek alapján az összes csőhossz átmérőnként az 7.5-ös képlet alapján

$$L_{\delta 250} = 2(8,62 + 4 + 10) = 45,24 \text{ m}$$

$$L_{\delta 200} = 0,897 + 2 = 2,897 \text{ m}$$

$$L_{\delta 150} = 0,279 + 2 = 2,279 \text{ m}$$

Az összes csőhossz ismeretében meghatározható a véghőmérséklet szakaszonként az alábbi képlet segítségével.

$$t_{1V} = (t_{1K} - t_2)e^{-CL\delta} + t_2$$

7.6

ahol:

$$C = \frac{q}{(t_{1K} - t_2) \cdot q_m \cdot c}$$

7.7

Az 7.7 egyenletbe a közeg átlagos közeghőmérsékletű fajhőjét kell behelyettesíteni, ezt táblázatokból, kísérleti vizsgálatokból választhatjuk ki.

Jelen esetben  $4200 \text{ J/kgK}$ .

A hőhordozó összes vezetékre vonatkoztatott hőmérséklet csökkenésének számolásának képlete.

$$\Delta t = (t_{1K} - t_{1V})$$

7.8

Az 7.6, 7.7, 7.8 képletek segítségével átmérőnként a hőmérsékletváltozások:

$$\Delta t_{250} = 0,971^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{200} = 0,051^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{150} = 0,032^\circ\text{C}$$

Jól látszik, hogy a  $\Sigma \Delta t > 1^\circ\text{C}$  tehát a feladat leírása szerint nem elegendő a szigetelés vastagsága, vagy a szigetelésfajtája. Ilyenkor két opció van, vagy új szigetelést választunk, vagy a szigetelés vastagságát növeljük, míg nem lesz megfelelő. Én a szigetelés vastagságának növelését választottam.

A megnövelt szigetelés vastagsággal kapott eredményeket csak táblázatban összefoglalva mutatom be. A szigetelés vastagságot mindig célszerű olyan értékre növelni, ami a gyártó katalógusában szerepel. Jelen esetben a következő vastagság ebből a szigetelésfajtából az  $30\text{ mm}$ .

A  $30\text{ mm}$  vastag szigeteléssel kapott eredmények:

| Számolt értékek:                   | DN250   | DN200   | DN150 |
|------------------------------------|---------|---------|-------|
| $q\text{ (W/m)}$                   | 132,792 | 109,267 | 87,04 |
| $L_0\text{ (m)}$                   | 45,24   | 2,897   | 2,279 |
| $\Delta t\text{ (}^\circ\text{C)}$ | 0,713   | 0,038   | 0,024 |

7.1-es táblázat.  $s=30\text{ mm}$  szigetelésvastagságnál számolt eredmények

Az 7.1-es táblázat alapján a  $\Delta t < 1^\circ\text{C}$ , tehát a feladat által meghatározott paraméter teljesül.

A hőszigetelő anyagvastagság meghatározása után még számolni kellene a szükséges burkoló anyagok, a szigeteléshez szükséges drótok, szegecsek mennyiségét. Ezek viszont már gazdasági számítások és gyártónként, szigetelőanyag típusként változó számításokat igényelnek.

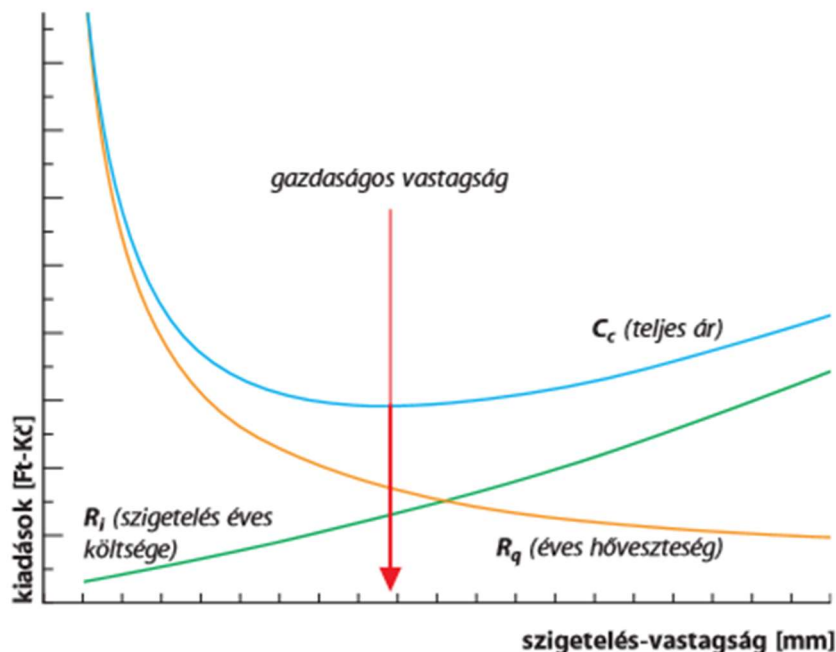
## 7 Gazdaságos szigetelésvastagság meghatározása

A szigetelés vastagságát meghatározó legfontosabb kritériumok, valamilyen üzemi követelmények, pl.

- előre meghatározott véghőmérséklet betartása;
- maximális felületi hőmérséklet betartása;
- a vezetékek izzadásának megakadályozása;
- harmatpont alá hűlés megakadályozása
- a befagyás meggátolása.

A szigetelésvastagság meghatározása nem csak valamilyen üzemi kritérium betartása miatt szükséges, hanem gazdasági szempontokat is figyelembe kell venni.

A mai világban, ahol az energia árak folyamatosan növekednek valamint a környezetvédelmi szempontok egyre fontosabbá válnak, törekedni kell az energiatakarékosságra. A szigetelés vastagság növelésénél észre kell venni, hogy maga a hőveszteség és az anyagköltség, szerelési költségek nem lineárisan változnak és fordítottan arányosak. A leggazdaságosabb hőszigetelő vastagság az az érték, amikor a szigetelő rendszer és a hőveszteség ára az adott intervallumban minimális. A legelterjedtebb módszer a gazdaságos vastagság megállapítására az összkiadás minimalizálásának módszere.[4][5]



19.ábra Az összkiadás minimalizálásának elve [5]



Az éves hőveszteség költségének kifejező képlete:

$$R_q = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot Q \cdot C_e \cdot h \frac{Ft}{m^2 \cdot \text{év}} \quad 8.1$$

vagy

$$R_q = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot Q_p \cdot C_e \cdot h \frac{Ft}{m \cdot \text{év}} \quad 8.2$$

ahol:

- $Q \left( \frac{W}{m^2} \right)$  vagy  $Q_p \left( \frac{W}{m} \right)$  a csővezeték hővesztesége;
- $C_e \left( \frac{Ft}{GJ} \right)$  az Energia ára;
- $h \left( \frac{h}{\text{év}} \right)$  a működési órák száma évente.

A szigetelés éves költségének kifejező képlete:

$$R_i = \frac{C_i}{r} \frac{Ft}{m^2 \cdot \text{év}} \text{ vagy } \frac{Ft}{m \cdot \text{év}} \quad 8.3$$

ahol:

- $C_i \left( \frac{Ft}{m^2} \right)$  vagy  $\left( \frac{Ft}{m} \right)$  a felszerelt szigetelés teljes ára;
- $r \text{ (év)}$  a szigetelés élettartama.

A teljes költséget kifejező képlet:

$$C_c = R_q + R_i \quad 8.4$$

. Az ábrán jól látható, hogy a függvény egy szakaszon közel vízszintes. Ezen a szakaszon kell a teljes költség függvényének minimumát meghatározni úgy, hogy a kritériumoknak is megfeleljen.[4][5]

## 8 Összegzés

A mai világban egyre több tervező, kivitelező, gyártó cég jelenik meg a piacon. Ez a felgyorsult technológiai fejlődésből adódó egyre nagyobb igények miatt lehetséges. Folyamatosan bővül a vevő, felhasználók halmaza, mivel gazdaságilag a hőszigetelés rendkívül fontos. Ez az iparág folyamatosan fejlődik, napról napra változik, hiszen mindenki a legolcsóbb, legtökéletesebb megoldást keresi. A szigetelés gyártóknak így folyamatosan a tökéletességre kell törekednie.

A cél a gyártóknál az, hogy minél tökéletesebb (jó hőszigetelő, zajszint csökkentő, időtálló, alacsony előállítási költségű, gyorsan előállítható, környezetbarát, könnyen szerelhető) terméket fejlesszenek ki. Természetesen a folyamatos változás, fejlődés miatt a kivitelező cégeknek is változtatniuk kell a technológiájukon. A kivitelező cégek, vállalkozók, magán személyek célja az, hogy minél kevesebb idő ráfordításával tökéletes munkát tudjanak elérni. Ezek az igények okozzák azt, hogy egyre nehezebb új szigetelőanyagokat kereskedelmi forgalomba hozni, de szintén ezeknek köszönhető, hogy nő a konkurencia is.

Ma már például a vegyipari technológia olyan szinteket ért el, hogy a legtöbb folyamat hőszigetelő anyagok nélkül kivitelezhetetlen. Az építőiparban szintén minden épületnél, gyárnál valamilyen formában muszáj hőszigetelést használni. Ma már, ha valaki új ház építésébe fog, egyik legfontosabb szempont a falak szigetelése, mivel megfelelő hőmérsékletet, páratartalmat, szellőzést kell biztosítani az épületben. A leírtak alapján jól látható, hogy a hőszigetelés tervezése, kivitelezése nem túl egyszerű, de annál fontosabb, mivel a mindennapokban szinte mindenhol jelen van.

## 9 Summary

Nowadays, more and more companies are appearing in the market, including designer, contractor and manufacturer companies. This is possible because of the rapid technological development that led to growing needs. The customers and users circle are widening, because the thermal insulation is economically very important. This industry is developing continually, it is changing day by day, as all firms are looking for the cheapest and most perfect solution. Manufacturer of insulations must try to reach perfection.

The goal is for every manufacturer to develop as perfect products as it is possible. (Good insulating, reducing noise level, durability, low production costs, fast production, is environmentally friendly, easy mounting). Contractor companies have to modify their technologies because of the permanent changes and development. The aim of contractor companies, entrepreneurs and private persons is to reach a perfect job in the way of investing less time. These needs are causing that bringing new insulating materials to the market is very difficult, and are also leading to increasing competition.

Nowadays, chemical industry reached very high levels, and most processes cannot be fulfilled without these insulating materials. In the building industry we also have to use thermal insulating materials for every building and factory. Nowadays, when someone is starting to build a new house, insulating the walls is one of the most important things to do, because we have to provide suitable temperature, vapour content and ventilation in the building. According to the written, it is obvious that planning and constructing thermal insulations is not so easy, but very important, because it is the part of our everyday life.

## 10 Irodalomjegyzék

- [1] Albert János - *A Hőszigetelés kézikönyve*- Műszaki könyvkiadó 1962
- [2] Király Márton- *Hő közlés – Alapfogalmak Hővezetés és hőszugárzás előadás*  
<http://slideplayer.hu/slide/2089037/>
- [3] Bihari Péter- *Műszaki hőtan*  
[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017\\_42\\_muszaki\\_hotan/ch06.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_42_muszaki_hotan/ch06.html)
- [4] Döring-Koch-Zeltner- **Ipari berendezések hőszigetelése**-  
Műszaki könyvkiadó,Budapest, 1985
- [5] Rockwool- **Műszaki szigetelés, Hő-, hang- és tűzvédelmi szigetelés**  
[http://letoltesek.rockwool.hu/media/210411/rw\\_muszaki\\_szig\\_prospektus.pdf](http://letoltesek.rockwool.hu/media/210411/rw_muszaki_szig_prospektus.pdf)
- [6] <http://www.boraszportal.hu/hirszurett/a-klimavaltozas-tonkre-teszi-a-parafadugokat-is-6056>
- [7] <http://www.parafafeszek.eu/rolls.jpg>
- [8] [http://shop7974.hstatic.dk/upload\\_dir/shop/category/ekspandowany.w293.h293.fill.jpg](http://shop7974.hstatic.dk/upload_dir/shop/category/ekspandowany.w293.h293.fill.jpg)
- [9] [https://www.tablázat.hu/kom-ep\\_forgacs\\_kft./hoszigetelo\\_kozetgyapot\\_rockwool\\_larock\\_32\\_als.html](https://www.tablázat.hu/kom-ep_forgacs_kft./hoszigetelo_kozetgyapot_rockwool_larock_32_als.html)
- [10] <http://www.homeinfo.hu/kivitelezes/epites/hoszigeteles/917-belso-oldali-hoszigeteles-habuveggel>
- [11] <http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/12-gazbeton/12-gazbeton.htm>
- [12] <http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/15-habbeton/15-habbeton.htm>
- [13] <http://www.habbeton.com/p/habbeton.html>
- [14] <http://nagyformatumu.hu/hu/habvagoval-vaghato-anyagok>
- [15] [https://www.epitesimegoldasok.hu/20100823poliuretan\\_kemenyhab\\_h.html](https://www.epitesimegoldasok.hu/20100823poliuretan_kemenyhab_h.html)

- [16] <https://aprohirdetesingyen.hu/szolgaltatas/4425222/professzionalis-szort-poliuretan-hab-hoszigeles>
- [17] <http://www.passzivhaz-magazin.hu/aerogel-hoszigelek%E2%94%80-egy-high-tech-anyag-a-problemas-csomopontok-megoldasahoz/>
- [18] [http://www.fischerhungary.hu/PortalData/26/Resources/sales\\_documents/EWI-Kat-hu.pdf](http://www.fischerhungary.hu/PortalData/26/Resources/sales_documents/EWI-Kat-hu.pdf)
- [19] [https://ezermester.hu/cikk-2473/Hoszigetelo\\_rendszerek\\_rogzitese](https://ezermester.hu/cikk-2473/Hoszigetelo_rendszerek_rogzitese)
- [20] <https://hu.depositphotos.com/115815346/stock-video-house-insulation-insulating-house-facade.html>