

NANOTECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA A HŐSZIGETELŐ ANYAGOKBAN

Magyar Barbara

építésmérnök hallgató, Széchenyi István Egyetem, Győr
e-mail cím: magyarbarbi@gmail.com

KIVONAT

Manapság egyre gyakrabban hallani azt, hogy bizonyos termékek nanotechnológia alkalmazásával készülnek. Nincs ez másként az építőanyagok, épületszerkezetek terén sem. Egyre-másra hallani, hogy létrehoztak olyan bevonatokat, vakolatokat, melyről a graffitit vízzel lemoshatjuk, avagy olyat is, hogy az adott homlokzatvakolat, üvegbevonat öntisztuló. Vagy épp a betonba olyan szénszálerősítést raknak, mely lehetővé teszi egyre monumentálisabb, és egyre absztraktabb épületek létrehozását. Azonban a legszembetűnőbb eltérés a normálszerkezetű és a nanoszerkezetű építőanyagok tulajdonságaiban a hőszigeteléseknél érezhetjük. Ez az ugrásszerű fejlődés, nemcsak annak köszönhető, hogy a nem megújuló energiaforrásaink kimerülőben vannak, hanem annak is, hogy az Európai Unió Energetikai Bizottsága egyre kisebb- és kisebb hőátbocsátási tényezőt enged meg az új építésű, illetve a felújítások előtt álló épületeknél. Azonban ez egyre vastagabb szerkezetek, hőszigetelések beépítésének szükségességét szorgalmazza. Ez viszont a tervezés, illetve kivitelezés rovására mehet (pl: nyílászárók elhelyezése, nagy szerkezetvastagság).

Ezen nehézségek kiküszöbölésére adhat megoldást a nanotechnológia, mely az anyagok alapvető szerkezetéből, atomi felépítéséből indul ki. A XX. század, illetve még napjaink egyik alapvető felfogása az, hogy a legjobb hőszigetelő anyag a levegő. Azonban a nanotechnológia rávilágít arra, hogy tévedtünk. Mert ahogy Varga Edit írta: „Semmi nem hőszigetel úgy, mint a semmi.”[1]

Tanulmányomban erre a korszerű, de mégis a természet által már évmilliárdok óta alkalmazott technológiába szeretnék betekintést adni, mely nem csak az építőipar, hanem például az orvoslás, az elektronika vagy akár a szépségipar jövőbeli alakulását is formálhatja.

Mint már említettem az építőiparon belül, talán a hőszigetelések azok melyeknek, igen pozitívan változtatja meg tulajdonságaikat a nanotechnológia. Így ezen a témakörön keresztül próbálnám megfogni a nanotechnológia lényegét, fejlesztő hatását az építőiparra.

Tanulmányomban említést teszek ugyan a nanotechnológia egyéb építészeti felhasználásáról, azonban részletesen csak a hőszigeteléseknél való fejlesztő hatásáról beszélnék. Különböző fajtáit mutatnám be.

Összefoglalásul azt tudom mondani, hogy véleményem szerint nem csak az építészet, az építőanyagok fejlesztése, hanem minden természettudományra épülő iparág jövője a nanotechnológiában rejlik.

KULCSSZAVAK

NANOTECHNOLÓGIA, HŐSZIGETELŐ ANYAGOK, VÁKUUMSZIGETELÉS, AEROGÉL SZIGETELÉS, HŐSZIGETELŐ FESTÉKEK ÉS BEVONATOK

MI A NANOTECHNOLÓGIA?[2],[3], [4]

FOGALMA

Kutatásaim azt mutatják, hogy egyértelmű magyarázat nincs arra, hogy mi a nanotechnológia. A leginkább elfogadott megfogalmazás a következő[5]:

- A nanotechnológia, bármely olyan természettudományra (fizika, kémia, biológia) épülő technológia, amelyet nanoskálán hajtanak végre.

Azonban mint mondtam, nincs egységes megegyezés, így az alábbi két megfogalmazás is helytálló [6]:

– a képesség, hogy nanométer mérettartományban tudunk anyagokat, eszközöket készíteni,

– a tulajdonságok és jelenségek összessége, ami a „nano” mérettartományban megfigyelhetők.

ÉRTELMEZÉS[7]

Nanotechnológia, a nanosz és a technológia szavak összetételéből született. Együtt igen sokszor hallott kifejezés, de mielőtt azonban a szóösszetételt vizsgálánk, nézzük meg mit is jelent a két szó külön.

A **nanosz** szó görög eredetű, jelentése törpe [8]. Ha a métert vesszük egységnek, akkor a nanométer az egymilliárdmodik része, azaz tíz a mínusz kilencediken. Hétköznapi ha lefordítjuk, akkor ha vesszük a Föld és egy focilabda arányát, az ugyanakkora, mintha egy focilabda és egy 100 nanométernyi atom arányát vennénk.(1. Ábra)



1. Ábra: Viszonyítás

A technológia az Értelmező kézisztótar alapján[9]:

„a gyártási folyamat, illetve a gyártási folyamatok szerves egysége”

Ez alapján pedig kijelenehtnénk, hogy a nanotechnológia parányi dolgok gyártása. Azonban ez így nem lenne igaz. A nanotechnológia, ellentétben más technológiákkal, nem egy nagyobb egészből kiindulva hozza létre a terméket, hanem ellenkezőleg, atomonként akarja összerakni.

TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS [10]

Míg a XX. század elején az emberiség arra törekedett, hogy egyre nagyobb dolgokat alkosson, addig mára ez pont ellenkezőleg van. Manapság minél kisebb tárgyakat próbálunk létrehozni. Gondoljunk csak bele például a számítástechnika, vagy az elektronika világába, ahol ez robbanásszerűen történt. Az első, Neumann János által tervezett számítógépnek még egy egész szobára volt szüksége, hogy elférjen, manapság pedig a zsebünkben hordjuk.

Ennek a fejlődésnek egy része a nanotechnológiának köszönhető, melynek első hírvívője a Nobel-díjas Richard P. Feynmann fizikus, aki 1959. december 29-én az Amerikai Fizikatarsaság éves találkozóján tartott beszédében egy olyan technológiai elképzelést mutatott be, amely az extrém miniaturizálásról szólt. Beszédében a fizika törvényeitől elrugaszkodva, egy olyan technológiát írt le, amely a természet alaptörvényeit követi.

Ha megvizsgáljuk, akkor igaz, hogy a nanotechnológia új keletű szó, azonban közelebbről megnézve a természet már évmilliárdokkal ezelőtt kifejlesztette. Gondoljunk csak a fotoszintézisre, ahol a fényenergiát a klorofillok, amelyek nanométer nagyságúak, felfogják és kémiai energiává alakítják, amely a növény fennmaradását szolgálja.

ALKALMAZÁSI TERÜLET [8][11]

Mivel a nanotechnológia majdnem minden természettudományos (biológia, kémia, fizika) tárggyal foglalkozó technológiában jelen van, így alkalmazási területe is elég széleskörű. Így megtalálható az orvostudományban, az élelmiszeriparban, a már sokszor emlegetett elektronikai iparban, vagy manapság egyre gyakrabban hallani, hogy a textil-, de még a szépségiparban is megtalálható. És persze nem szabad kihagyni az alapköveit megalkotó űrutazásra szakosodott iparágakat, melynek bizonyos részeit még az építőipar is hasznosította. De persze számunkra a legfontosabb felhasználási köre az építőipari hasznosítás.

Mint már említettem elég sok iparág hasznosítja előnyös tulajdonságai miatt.

Például az orvostudományban az oltóanyagok előállításánál igen nagy előnye, hogy az biológiai, kémiai anyagok atomi szerkezetét változtatják meg, és ennek hatására sokkal jobb hatásokkal működhetnek a vakcinák, illetve gyógyszerek. Az élelmiszeriparban is az egészség megőrzése miatt próbálkoznak a nanotechnológia bevezetésével. Olyan ételeket próbálnak létrehozni, amely például nem hízal, vagy éppen teltebb ízt ad az ételeknek. Ezenfelül tudósok szerint a nanotechnológia lehet az, amely megmenti az emberiséget a éhen halástól. Olyan génmanipulált, fogyasztásra alkalmas növényeket próbálnak létrehozni, amelyek szárazságtűrőek, jobb termést hoznak. Ugyanígy van a fogyasztásra szánt állatokkal is. Úgy próbálják manipulálni az atomokat, hogy gyorsabban, illetve többet szaporodjanak.

Azonban a nanotechnológiával létrehozott termékeknek, terményeknek negatív hatásai is vannak például az emberi szervezetre. Tudósok kimutatták, hogy a nanotechnológiával előállított élelmiszerek például átlukasztva a bél sejthártyáit a test áramlásába (vér- és nyirokáram) jutva módosíthatják a bélben lévő DNS-eket. Ezenfelül az emberi szervezetbe jutott nanorészecskék több ezer év alatt bomlanak csak le.

NANOTECHNOLÓGIA ÉPÍTÉSZETI ALKALMAZÁSA [12]

Napjainkban az építészeti területén a fenntarthatóságról szól minden[13]. Mert nem elég megépítenünk egy épületet, azt későbbiekben gondozni kell, karban kell tartani, illetve a fenntartási költségeit (pl: közüzemek) pénzügyileg állni kell. És manapság a megfelelő funkcionális kialakítás mellett, egyre nagyobb terepet kap az energiamegtakarítás kérdése is. Így az építőipar is az új technológiák felé tekintet., melynek egyik nagy úttörője az eddig megismert nanotechnológia.[14] Ezt egyre inkább felismeri a hazai szakma is, mert a 2013. március 21-én megrendezett Építész Tervezői Napon egy egész konferenciát szenteltek a nanotechnológiai termékek bemutatására.

ÉPÍTÉSZETI ALKALMAZÁSA

Szakmai alkalmazását tekintve 3 fő csoportra bonthatjuk [15]:

- Öntisztuló beton- és üvegfelületek, épülethomlokzatok
- Betontechnológiai alkalmazás
- Hatékony hőszigetelő anyagok

A felsorolt három csoport tovább boncolható, azonban részletesen csak a hatékony hőszigetelő anyagokat ismertetem.

Öntisztuló beton- és üvegfelületek, épülethomlokzatok:

- Fotokatalizis¹ reakcióval öntisztuló beton- és üvegfelületek
- Fotokatalizis reakcióval öntisztuló festék- és vakolt felületek
- Öntisztuló nano- és mikrostrukturált festékfelületek és bevonatok
- Épülethomlokzatok és falfelületek graffiti elleni nanotechnológias védelme
- Belső terek UV sugárzás elleni védelme nano bevonatos üvegfóliával

Betontechnológiai alkalmazás:

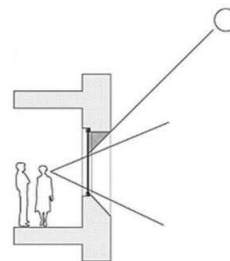
- Nanotechnológias beton-adalékszerek alkalmazása
- Betonok vízzáróságának fokozása nano- adalékanyagokkal
- Betonok szilárdságának és repedésállóságának növelése nanocsövekkel
- Habarcsok tulajdonságainak javítása nanotechnológiával

Hatékony hőszigetelő anyagok:

- Grafitadalékos expandált polisztirol (EPS) lemezek
- Nano- porózus aerogél hőszigetelő anyagok
- Nanotechnológias hőszigetelő festékek és vékonybevonatok
- Nanotechnológias vákuum hőszigetelés

HATÉKONY HŐSZIGETELŐ ANYAGOK [16]

Mivel napjainkban a fenntarthatóság és az energiatudatosság szabja meg az építészeti szabályait, így a hőszigetelő anyagok előtérbe kerültek. Egyre több passzív ház épül, amelynek megengedett hőátbocsátási tényezőjét ($U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$) csak extrém vastagságú hőszigeteléssel tudjuk elérni, ha normálszerkezetű anyagot használunk. Ezzel persze megnövekedne az anyagszükséglet is, amely drágulást is okoz. Ezenfelül nagy helyigénnyel is jár, amely újonnan épített házaknál nem mindig jelent gondot, azonban felújításoknál problémákat okozhat. Ezen kívül mind a tervezésnél, mind a kivitelezésnél probléma forrásai lehetnek, illetve az épület benapozottsága is korlátozódik(2. Ábra). [1]



2. Ábra: Benapozás korlátozás

A nanotechnikának köszönhetően azonban már egyfajta festékretegként is felhordható a hőszigetelés a falfelületekre. De ne rohanjunk előre, vegyük sorba, a fentebb felsorolt, a csoportosításban hatékony hőszigetelő anyagokként megnevezett anyagokat.

Grafitadalékos expandált polisztirol (EPS) lemezek

A sokak által csak szürke színű EPS lemezként emlegetett nanotechnológias hőszigetelő anyag mondható a legismertebbnek, illetve a legelterjedtebbnek a szakmában a fent felsorolt szigetelőanyagok közül. Nem csoda, hiszen, az egyik legnagyobb hőszigetelőanyag gyártó, az Austrotherm élen jár a gyártásában.

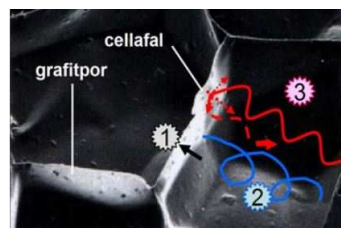
Tulajdonságait tekintve a szürke EPS lemezek, sokkal jobbak, mint fehér társaik. Számunkra talán legfontosabb ilyen tulajdonságbeli különbség, hogy a grafitadalékos EPS lemezek hővezetési tényezője akár 20-25%-al jobb, mint fehér színű megfelelőjének, ugyanolyan vastagságban beépítve (3. Ábra). [17]

Anyag megnevezése	Hővezetési tényező (W/mK)	
	Fehér	Szürke
N100	38	30
N150	35	30
L4	42	32
L5	41	31
Homlokzati lemez	40	31

3. Ábra: Grafitadalékos és normál EPS lemezek

Ahhoz hogy megértsük, miért is van különbség a két anyag hővezetési tényezőjében elevevítsük fel a szerkezetekben lehetséges hőközlési módokat:

- Hővezetés: részecskéről részecskére terjed a hő
- Hőáramlás: mozgó anyag részecskék közvetítik a hőt
- Hősugárzás: elektromágneses hullámok formájában terjed a hő



4. Ábra: Grafitadalékos EPS lemez hőközlése

A grafitadalékos EPS lemezeknél a benne lévő grafitszemcsék hőtűkörként működnek (4. Ábra), így nagy mértékben csökkentik a hősugárzás lehetőségét, így jobb lesz az anyag hővezetési tényezője, eléri a $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$ értéket [18].

¹ Fotokatalizis: olyan reakció, amelyben fény aktiválja a kémiai reakció mértékét módosító közreműködő anyagot

Annak ellenére, hogy ennyire jó hővezetési tényezővel bír, talán ez a nanotechnológiával készült hőszigetelés nem illeik leginkább a felsorolt négy közé, mivel ezt a hővezetési tényezőt ugyanolyan vastagsággal éri el, mint normál, azaz fehér társa. Vagyis az extrém vastagság még mindig jelen van, így a már említett tervezési, kivitelezési és benapozási problémák még mindig jelen vannak (5. Ábra).



5. Ábra: Grafitadalékos EPS lemez beépítése

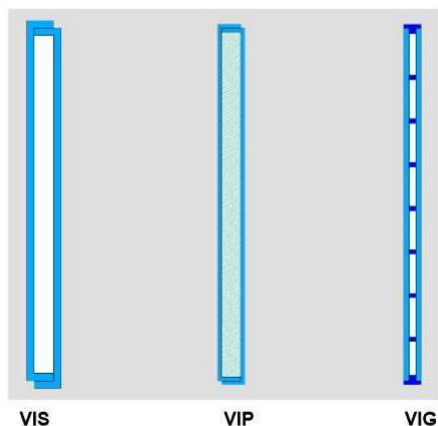
Nanotechnológiás vákuum hőszigetelés [19], [20]

A mai napig az a felfogás terjed, hogy a legjobb hőszigetelő anyag a levegő. Azonban a tudomány bebizonyította, hogy a vákuumnál nincs jobb hőszigetelő képességű „anyag”.

A vákuumszigetelés létrejöttét annak köszönheti, hogy a már sokszor emlegetett extrém hőszigetelés vastagság elkerülésére törekszünk. Magának a technológia azon alapszik, hogy egy légtömör köpeny belsejében evakuálás útján léghiányos állapotot, azaz vákuumot hoznak létre. Ezekután a lényege ugyanaz, mint a hővezetést gátló közegnek, nem lehetséges benne a hőkonvekció, azaz hőáramlás. Ez azért lehet, mert a vákuum hatására, nem lesznek mozgó részecskék a szerkezeten belül, amelyek közvetítsék a hőt. [21]

Típusai (6. Ábra):

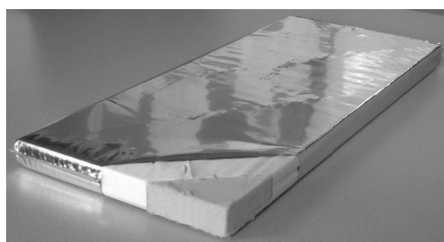
- Vákuum szendvicspanel (VIS)
- Vákuum-hőszigetelő panel (VIP)
- Vákuum üvegezés (VIG)



Vákuum-szendvicspanel Vákuum-hőszigetelő-panel Vákuum-üvegezés

6. Ábra: Vákuumszigetelés típusai

A vákuum-hőszigetelő panel anyagát tekintve magja pirogén kovasavpor (így miután evakuáltuk a levegőt nem roppan össze a szerkezet), míg a burkolófolia alumíniummal gőzölt többrétegű fólia rendszer. Mivel egyik anyagnak sincs megfelelő tartása, így kénytelenek vagyok távtartókat beépíteni a lemezen belül, amely azonban hőhíd forrása lehet. Ezenfelül még a perem mentén is számítanunk kell hőhídra (7. Ábra).



7. Ábra: Vákuum-hőszigetelő panel

Tulajdonságait tekintve sokkal előnyösebb, mint a normál, vagy a grafitadalékos hőszigetelő lemezek. Súlyja a töredéke az eddig használtaknak, illetve nagyon jó hővezetési tényezővel rendelkezik:

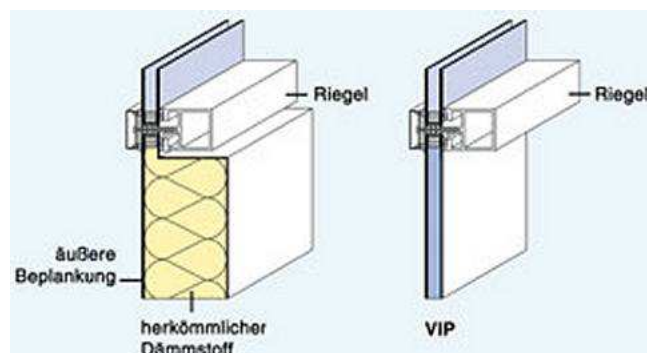
- $\lambda_{\text{elvi}} = 0,003-0,005 \text{ W/mK}$
- $\lambda_{\text{tervezési}} = 0,008 \text{ W/mK}$
- $\lambda_{\text{levegős}} = 0,019 \text{ W/mK}$
- $\rho = 150-200 \text{ kg/m}^3$

Előszeretettel alkalmazzák épületfelújításoknál, például födémek, padlók lapostetők utólagos hőszigeteléseként. (8. Ábra)



8. Ábra: Födém hőszigetelése VIP-el

Illetve vákuum-üveggel kombinálva nagyon jó hőszigetelő képességű függőnyfalak alakíthatók ki vele, ahol is a függőnyfalak parapet-üvegezésébe kerül be a vákuum-hőszigetelő panel. Mint az alábbi képen is láthatjuk, nagy előnye az ásványgyapot hőszigeteléssel szemben, hogy jóval kisebb vastagságban beépíthető, így nem kell azon gondolkodni, hogyan is tudjuk a függőnyfal bordát a födémhez rögzíteni. (9. Ábra)



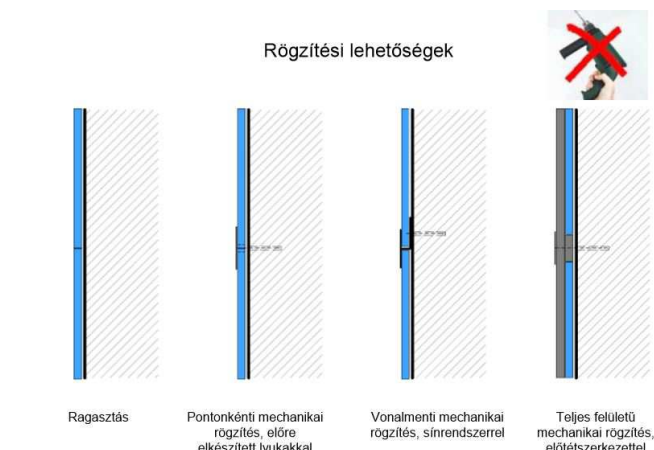
9. Ábra: Ásványgyapot- (balra) és VIP-szigetelés (jobbra) elhelyezése parapetpalban

A vákuum-szendvicspanel alkalmazási területét elsősorban könnyűszerkezetes házaknál használják, ezáltal is gyorsítva az építkezés menetét (10. Ábra). Ezen felül véleményem szerint jobb hőszigetelő, mint a sima vákuum-hőszigetelő panel, mert „kiegészítő” rendszerként hagyományos, azaz EPS-hab hőszigetelést is rakunk mellé, ezzel is csökkentve a hővezetést.



10. Ábra: Vákuum-szendvicspanel

A kivitelezésében leginkább nehézséget okoz, hogy nem ugyanúgy lehet a homlokzatra felszerelni, mint a „hagyományos” hőszigetelő lemezeket, illetve nagyon kell vigyázni, hogy ne lyukadjon ki, mert akkor elveszti a lényegét, magát a vákuumot. [22] (11. Ábra)



11. Ábra: Rögzítési lehetőségek vákuum-panelhez

Nano-porózus aerogél hőszigetelő anyagok [23], [16]

Mi is az az aerogél? Az aerogél nagyon alacsony sűrűségű szilárd anyag, amely gélből származik, a folyékony komponens gáznemű anyaggal cserélve ki.

A kinézetére dr. Orbán Józsefet idézve azt tudom mondani, hogy olyan „mintha a kifújt cigareta füst megfagyna, megszilárdulna”. (12. Ábra)



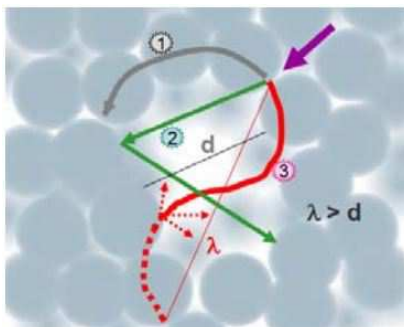
12. Ábra: Aerogél

Hőszigetelő anyagok között csak úgy tartják számon, hogy a szuperkönnyű hőszigetelő anyag, mivel testsűrűsége $1,9 \text{ kg/m}^3$ (üregarányuk akár 99%).

Működési elvük azon alapszik, hogy a levegő nem tud cirkulálni az aerogélek pórusrendszerében, a háromféle hőterjedés (hővezetés, hőáramlás és hősugárzás) egyik típusa se jellemző rá. Ezért is lehet az, hogy hővezetési tényezője igen kicsi, $\lambda = 0,013 \text{ W/mK}$.

Hővezetőképességét befolyásoló tényezők (13. Ábra):

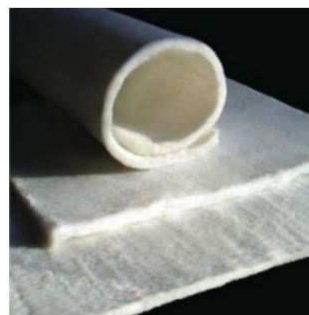
- A szilika részecskék között kicsik az érintkezési felületek.
- A nanopórusok üregei kisebbek, mint a bennük levő gázmolekulák szabad út hossza. A gázmolekulák az üreg falaival ütköznek, ezért minimális a konvekciós hőáramlás.
- A nanopórusok mérete kisebb, mint az infravörös hősugarak hullámhossza, ezért a nanopórusok felülete a hősugarak nagy részét visszaveri és szétszórja.



13. Ábra: Aerogél hővezetése

Három fő típusát különböztetjük meg [24]:

- Spaceloft paplan: szilika aerogél üvegszál térhálóból való beágyazásával hozzák létre (14. Ábra)



14. Ábra: Spaceloft paplan

- ThermaBlok Aerogel: üvegszál ágyazású hőszigetelő paplan (15. Ábra) (öntapadó kivitelben nyílászárók utólagos hőszigeteléseként nagyon jól használható)



15. Ábra: ThermaBlock Aerogel

- NANOGEL: hőszigetelő üveg (16. Ábra)



16. Ábra: NANOGEL

Főbb alkalmazási területeit tekintve épületfelújításoknál, műemléki épületek hőszigetelésénél használják, mert igen könnyű, és vékony szerkezet. Így nem okozhat gondot a felrakása (pl: nem fér el, mert túl vastag kellene más, hagyományos hőszigetelő anyagból).

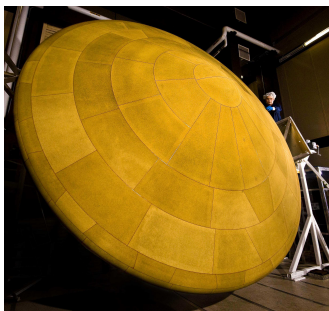
Ezenfelül hőhidak utólagos megszüntetésére is alkalmazzák, valamint nyílászárók hőszigetelésénél ezek öntapadós változata jó megoldás lehet, az ott kialakulható hőhidak elkerülésére.

A ThermaBlok Aerogel üvegszál ágyazású hőszigetelő paplant szívesen építik be könnyűszerkezetes épületek falazataiba, illetve födémbe. Akár előregyártva is készítik, ezzel még inkább csökkentve az építkezés idejét, illetve az élőmunka igényt.

A NANOGEL üvegezés lényege, hogy két üvegfelület közé nanotechnológiával előállított anyag kerül, melynek mind hőszigetelő, mind pedig hőátbocsátó képessége sokkal jobb, mint a hagyományos, kapilláris szerkezetű üvegezésé. (70 mm vastagság esetén: $U=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$). Nagy előnyük, hogy napfényvilágításnál áttetsző. Alkalmazását tekintve nagyobb homlokzati üvegfelületeknél (pl: függőfal), tetőbevilágítók, belső üvegfalak (válaszfalak), illetve korlátoknál is előszeretettel alkalmazzák.

Nanotechnológiás hőszigetelő festékek és vékonybevonatok [25], [26]

Talán az építőipar által leginkább kétkedve fogadott korszerű hőszigetelő anyag, melynek alapját a hőpajzs adja. A hőpajzs, mint fogalom az űrhajózásból ismert, melynek lényege, hogy a nanotechnológia által kifejlesztett anyag segítségével oldják meg, hogy a légterbe visszatérő űrhajók, szondák ne égijenek el, semmisüljenek meg (17. Ábra).[27]



17. Ábra: Hőpajzs

A nanotechnológiás hőszigetelő festékek és bevonatoknál két fő csoportot különböztetünk meg, a membrán jellegűt, azaz a hőpajzsot, illetve a kimondott hőszigetelő festéket. Ezeket a nagyon vékony hőszigetelő anyagokat magas hőmérsékletű üveg-kerámia olvadékból állítják elő.(18. Ábra) Ennek az olvadéknak a kihűlése közben üreges kerámia gömbök jönnek létre, melyek belsejében vákuum alakul ki, mely, mint már említettem, talán a legjobb hőszigetelő „anyag”.



18. Ábra: Üveg-kerámia olvasztás

Ezenkívül a golyócskák összetétele miatt, azaz üveg és kerámia, megfelelő szilárdságú, azaz kemény lesz, ugyanakkor rugalmas is. Így jobban ellen tud állni a rongálásnak, mechanikai hatásoknak. [28] (19. Ábra)



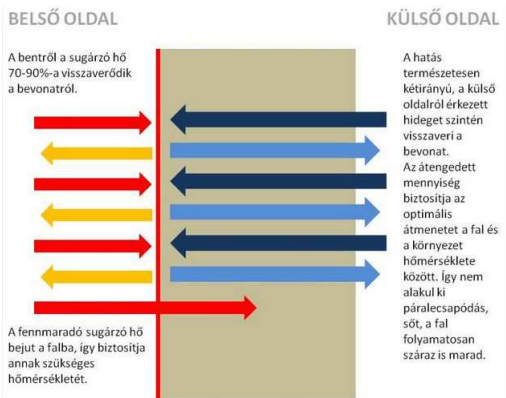
19. Ábra: Mechanikai hatással szembeni ellenállás

Ezenfelül nagy előnye, hogy folyékony halmazállapotú, tehát nincs olyan probléma vele, mint szilárd halmazállapotú társaival, vagyis a nehezen elérhető helyekre is könnyen felvihető vákuumos porlasztó (20. Ábra), vagy ecset segítségével. [29]



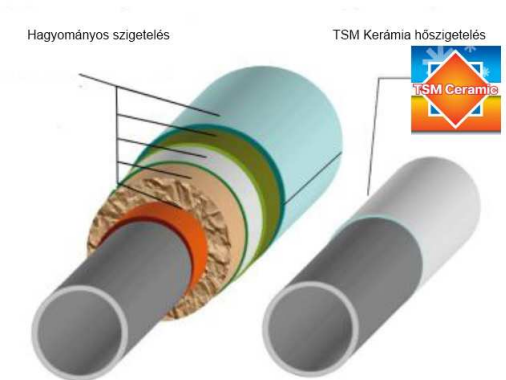
20. Ábra: Felhordás vákuumos porlasztóval

Hőtechnikai működési elvét tekintve, egy ultravékony bevonati réteg nanokomponensű anyagrészecskéi, és a köztük lévő nanoméretű pórusszerkezetek fékezik a hő terjedését, azaz mindhárom hőterjedési mód korlátozva van. Ennek köszönhetően a hővezetési tényezőjük $\lambda = 0,014-0,017$ W/mK .



21. Ábra: Hővezetés

Alkalmazási területét tekintve igen sűrűn alkalmazzák távhő vezetékek hőszigetelésére, mert sokkal kisebb vastagság érhető el vele, amely a föld kitermelés, az élőmunka és gépigényt csökkenti. (22. Ábra)



22. Ábra: Táv hő vezetés szigetelése hagyományos módon (balra) és hőszigetelő festékkel (jobbra)

Alkalmazási területei tekintve, még a lapostetők, tetők nyári felmelegedésének megakadályozására alkalmazzák, mellyel akár 20-30 °C-ot is sikerülhet csökkentenünk a tető hőmérsékletét. Illetve műemlékvédelmi épületek felújításánál is hasznosítják, mert a többi hőszigetelő anyaggal ellentétben nem okoz változást az épület külső, illetve belső megjelenésében. [30]

A vastagságán kívül nagyon nagy előnye, hogy olyan kivitelben készül, mely gátolja a penészedést, amely orvosiilag is bizonyított, hogy allergiás megbetegedésekhez vezethet. Ezenfelül páraáteresztő, könnyen tisztítható, illetve színtartó (ellenáll az UV sugárzásnak).

Sokan azonban így is kételkednek abban, hogy ilyen vékony réteggel hogyan lehet, ennyire jó hővezetési tényezőt elérni. Sajnálatos módon még annyira gyerekcipőben jár ez a technológia, hogy se katalógusok, se pontosabb leírások nem kerültek ki a gyártóktól. Azonban az tudhatjuk, hogy a fent említett hővezetési tényezőt mérésekkel igazolták.

Azonban ami igazán ellene szól, hogy napjainkban még igen drága (2950 Ft/l) a hagyományos hőszigetelő anyagokhoz képest.

Összefoglalás

Napjainkban egyre nagyobb kérdés az energiatudatosság. Ahhoz hogy energiát tudjunk megtakarítani egyre nagyobb vastagságban kényszerülünk beépíteni a hagyományos hőszigetelő anyagainkat, melyek sokszor tervezési és kivitelezési nehézségeket okozhatnak. Ezenkívül elértük már a hőszigetelő anyagok beépített vastagságánál azt a képzeletbeli határt, amelyet már nem nagyon tudunk tovább feszegetni. Erre a kérdésre adhat jó választ a nanotechnológia, amelynél építőiparra gyakorolt jó hatása leginkább a hőszigetelő anyagoknál figyelhető meg. A fentebb részletezett anyagok nagy előnye, hogy jóval kisebb vastagsággal, jobb hővezetési tényezőz érhető el. Talán ez lehet az a jövő, amely fele a hőszigetelő anyagok fejlesztésének el kell indulnia.

- [1] Varga Edit, "Innovatív hőszigetelőanyagok a passzívház építésben."
- [2] "A nanotechnológia," *Mindentudás - videotorium.hu*. [Online]. Available: http://mindentudas.videotorium.hu/hu/recordings/details/6772,A_nanotechnologia. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [3] *Nanotechnológia csodái - prof. Bíró László Péter előadása*. 2012.
- [4] "vilaglex - Érdekességek" [Online]. Available: <http://www.vilaglex.hu/Erdekes/Html/Nanotech.htm>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [5] "Nanotechnológia, [bevezető szerkesztése]," *Wikipédia*.
- [6] "nanodiszpergalas-eloadas01.ppt".
- [7] "Nano + technológia = nanotechnológia." [Online]. Available: <http://www.nanotechnology.hu/magyarul/Nanotech-BLP.html>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [8] "A műszaki portál tudástára - felületkezelés, bevonattechnika - nanotechnológia." [Online]. Available: <http://www.muszakiak.hu/tudastar/feluletkezeles-bevonattechnika/nanotechnologia>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [9] "Technológia - WikiSzótár.hu wiki szótár online magyar értelmező szótár.Wiki." [Online]. Available: http://wikiszotar.hu/wiki/magyar_ertelmezo_szotar/Technol%C3%B3gia. [Accessed: 26-Mar-2014].
- [10] *A nanotechnológia első 150 éve | prof. Zrínyi Miklós*. 2013.
- [11] "Nanotechnológia alkalmazási lehetőségei - ANY Biztonsági Nyomda Nyrt." [Online]. Available: <http://www.any.hu/nanotechnologia-alkalmazasi-lehetosegei>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [12] *PTE UNIVTV Nyitott Egyetem - Orbán József: Nanotechnológia építészeti alkalmazásai*. 2012.
- [13] "Nanotechnológiával a fenntartható építészetért - Menedzsment Fórum, mfor.hu." [Online]. Available: http://www.mfor.hu/cikkek/Nanotechnologiaval_a_fenntarthato_epiteszetert.html. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [14] "National Geographic - Tudomány - Nanotechnológia az építészetben." [Online]. Available: http://www.ng.hu/Tudomany/2013/04/nanotechnologia_az_epiteszetben. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [15] dr. Orbán József, "Nanotechnológia építőanyagipari alkalmazásai I. rész."
- [16] dr. Orbán József, "Nanotechnológia építőanyagipari alkalmazásai II. rész."
- [17] "Austrotherm grafitadalekos EPS lemezek." [Online]. Available: <http://www.proidea.hu/termekalkalmazasok-5/austrotherm-grafitadalekos-eps-lemezek-3935.shtml>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [18] "Építési Megoldások - Grafitadalekos hőszigeteléssel csökkenthető a hőveszteség." [Online]. Available: <http://www.epitesimegoldasok.hu/index.php?id=201111010grafitadalekos-hoszigetelesel-csokkentetho-a-hoveszteseg>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [19] "VIP (Vakuum Isolation Panel) – utánozhatatlan tudású hőszigetelés." [Online]. Available: http://www.baudocu.hu/11/pdcnewsitem/02/05/69/index_11.html. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [20] "Hőszigetelő anyagok – 5. rész | Szigetelés | Utólagos hőszigetelés | Kivitelezés Budapesten és vidéken." [Online]. Available: <http://www.homlokzatihszigeteles.hu/epitoipari-lexikon-tudastar-jelentes/hoszigetelo-anyagok-5-resz.html>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [21] "Vákuum hőszigetelés - Energiatudatosság - Energiapédia." [Online]. Available: <http://energiapedia.hu/vakuum-hoszigeteles>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [22] "Vákuum hőszigetelések a passzívház építésben." [Online]. Available: <http://koos.hu/2009/05/16/vig-vip-vakumhoszigeteles-vargaedit/>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [23] "Aerogél - Wikipédia." [Online]. Available: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Aerog%C3%A9l>. [Accessed: 26-Mar-2014].
- [24] "Speciális aerogél hőszigetelések | Aerogél szigetelés." [Online]. Available: <http://aerogelszigeteles.hu/#>. [Accessed: 26-Mar-2014].
- [25] "Hőpajzs - Űrtechnológia a belső hőszigetelésben," *Furdancs Blog*. [Online]. Available: http://furdancs.blog.hu/2013/06/28/hopajzs_urtechnologia_a_belső_hoszigetelesben. [Accessed: 26-Mar-2014].
- [26] "Hőpajzs, [bevezető szerkesztése]," *Wikipédia*.
- [27] "Hőpajzs technológia: Mi az a 'Hőpajzs'?"
- [28] dr. Orbán József, "TSM kerámia hőszigetelő rendszere." [Online]. Available: <http://www.tsm.hu/tsm-keramia-hoszigetelo-rendszer-53>. [Accessed: 25-Mar-2014].
- [29] "Hőpajzs – a hőszigetelő festék," *HOMEINFO.hu - Telekvásárlástól a lakberendezésig*. [Online]. Available: <http://www.homeinfo.hu/kivitelezes/epites/hoszigeteles/871-hopajzs-hoszigetelo-festek.html>. [Accessed: 26-Mar-2014].
- [30] "Műemlék védelem felső fokon."