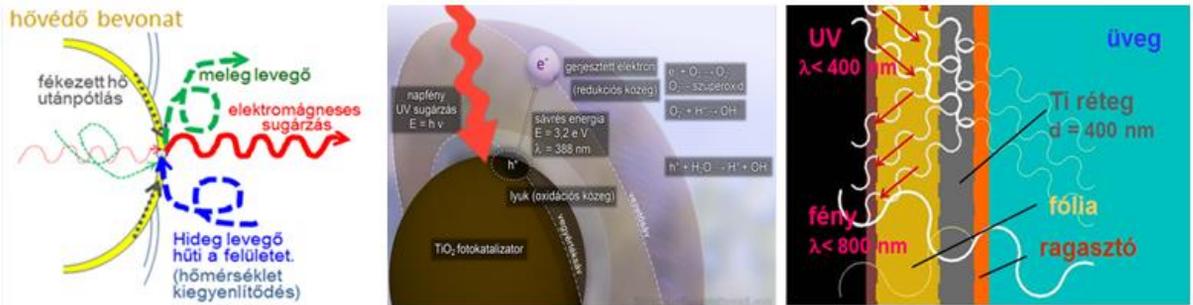


Nanotechnológia alkalmazása az építőiparban Hatékony hőszigetelő anyagok, energiatakarékosság



Épületek hatékony hőszigetelése



Épületek hővesztessége

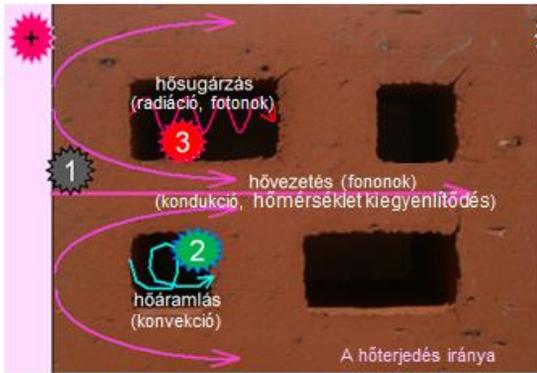


Fokozott hőszigetelésű falszerkezet

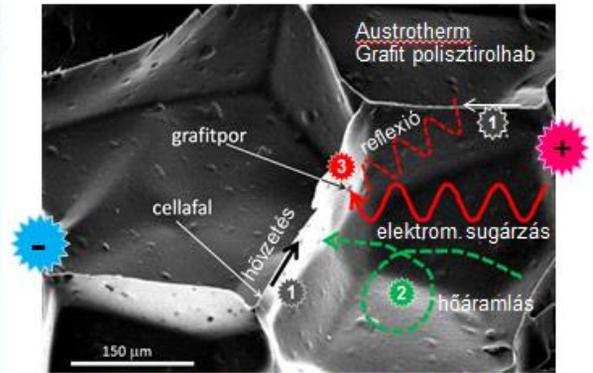
Igény a hőszigetelés hatékonyságának növelése

- A **kis energiafogyasztású** épületek igen hatékony hőszigetelést igényelnek. (2021.-től nulla energiafogyasztású lakóépületek $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- A hőszigetelő anyagok **hatékonyságának korlátai** (a levegő szigetel)
- A szigetelőréteg **vastagsága korlátozott** (műemléki épületek, belső oldali)
- Hatékony hőszigetelő anyagok: **nanotechnológia** (nano-porozitás)

A hő terjedésének formái az építőanyagokban



Hőátadás a kerámia falazóelemben



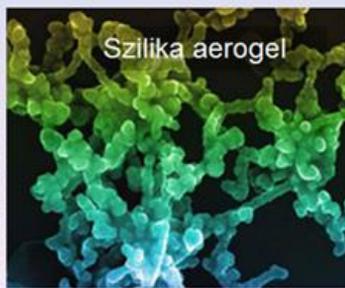
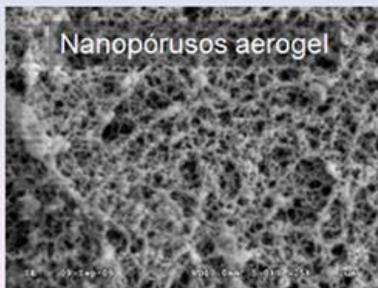
A polisztirol cellaszerkezete

Hőtranszport folyamatok a szilárd anyagban: (hőátadás, hőközlés, hő csere, hő átvitel)

Az anyag hőmérséklete: Az atomrác mechanikai rezgési-energiája (rácerezgés).

- 1 **Hővezetés:** Részecskéről részecskére adódik át a hő az anyagban (kiegyenlítődés) Dielektrikum, a molekulák hullámszerű rezgőmozgása szállítja a hőt (fononok).
- 2 **Hőáramlás:** Mozgó anyagrészek, gáz- és vízmolekulák közvetítik a hőt. A mikro méretű zárt cellákban minimális konvekciós hőáramlás.
- 3 **Hősugárzás:** Elektromágneses sugárzás formájában (infra, fotonok) terjed a hő. A sugárzást visszaverő grafitpor szemcsék hőtükörként működnek. A hősugárzás reflexiója miatt: $\lambda = 0,038 \rightarrow 0,032 \text{ W/mK}$ (-20%)

Nanopórusos hőszigetelő anyagok



A nanostruktúrájú aerogel szerkezeti felépítése

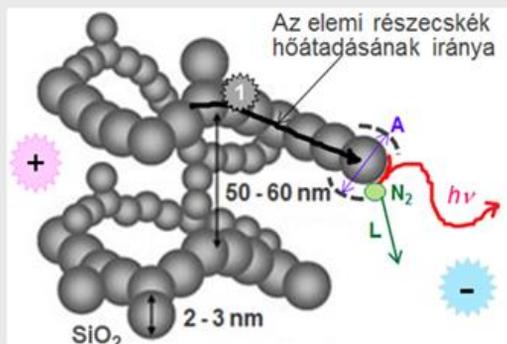
Aerogél: szilícium dioxid alapú nano gömbök „pókháló” szerkezete.

A molekuláris szerkezetű nanopórusok előállítása:

- $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (vízüveg) összekeverik nagy nyomáson
- a vízmolekulákat kicserélik cseppfolyós földgázzal
- normális légköri nyomáson a gáz eltávozik, molekula nagyságú **nanopórusokat** hagyva maga mögött (pórusméret $5 \div 100 \text{ nm}$)

A szilika aerogél szilárdhab tulajdonságai:

- szuperkönyű: $\rho_t = 1,9 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,013 \text{ W/mK}$ (levegő: 1,3 és 0,024)



A hő rácsvezetése (rácshérgés):

- A molekulák hőközléssel gerjesztődnek.
- Hőtáadás csak lineárisan, sok a „zásakutca”.
- Növekszik a molekulák rezgésintenzitása „rácshérgése” és amplitúdója (A) (hő-tágulás).
- Gyengül a molekulák közötti kötőerő (ionos).
- Vegyértékelektronok (e) magasabb energiaszintre kerülnek (foton kibocsátás).

1 A hővezetés mechanizmusa szilárd anyagban

Hőközlési módok a nanopórusos anyagban (hőtranszport folyamatok):

- Hővezetés:** Részecskéről részecskére, rezgő mozgással adódik át a hő. Dielektrikum anyagokban, rácshérgéssel történik hővezetés. (fémek?) (rácshérgési energia kiegyenlítődéés, energia kvantumai a fononok)
- Hőáramlás:** Mozgó anyagrésgészecskék (folyadék, gáz) közvetítik a hőt. A nanopórusokban nincs a konvekciós hőáramlás. A pórusokban érvényesül a Knudsen effektus ($L > d$).
- Hőszugárzás:** Az elektromágneses szugárzás (kvantumai a fotonok, infravörös). A hőszugárzás abszorbeálódik és szétszóródik (reflexió).



Knudsen effektus

A nanopórusok üregei (d) kisebbek, mint a bennük levő gázmolekulák ütközéséhez szükséges közepes szabad út hossza (L).

2 A hőáramlás (konvektív hőtáadás) mechanizmusa

Hőközlési módok a nanopórusos anyagban (hőtranszport folyamatok):

- Hővezetés:** Részecskéről részecskére, rezgő mozgással adódik át a hő. Dielektrikum anyagokban, rácshérgéssel történik hővezetés.
- Hőáramlás:** Mozgó anyagrésgészecskék (folyadék, gáz) közvetítik a hőt. A nanopórusokban nincs a konvekciós hőáramlás. A pórusokban érvényesül a Knudsen effektus ($L > d$).
- Hőszugárzás:** Az elektromágneses szugárzás (kvantumai a fotonok, infravörös). A hőszugárzás abszorbeálódik és szétszóródik (reflexió).

A vákuumpanelben minimális a hőáramlás

- a nanopórusos anyagszerkezetben érvényesül a Knudsen effektus ($L > d$).
- a ritkított légtérben minimális a konvekciós hőáramlás (az ütközéses hőátadás)



Vákuumpanel szerkezete



Redőnytok és tetőfödém hőszigetelés



VIP vákuum hőszigetelő panelek:

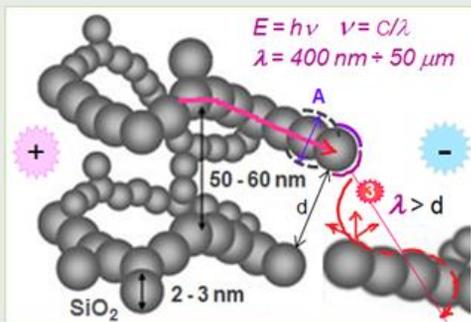
- Nanoméretű (SiO_2) porból préselt „fenyőfák halmaza” (a nanopórusos szerkezetben kevés a hőátadási pont)
- A pórusok mérete gátolja a hőáramlást és a hőszugárzást.
- A panel vákuumozása (5 mbar belső nyomás).

Műszaki adatok:

$\rho_t = 160 \text{ kg/m}^3$ Nyomószilárdság: 200 kPa (lépésálló)
 $\lambda = 0,019 \text{ W/mK} \rightarrow$ vákuumozva: $\lambda = 0,005 \text{ W/mK}$

Alkalmazás:

- utólagos épületszigetelés, hőhidak, ajtók, redőnytok
- alacsony energiafogyasztású ház $U = 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (5 cm vtg.)



3 A hőszugárzás - hőelnyelés mechanizmusa

Hőközlési módok a nanopórusos anyagban (hőtranszport folyamatok):

- 1 Hővezetés:** Részecskéről részecskére, rezgő mozgással adódik át a hő. Dielektrikum anyagokban, rácsrezgéssel történik hővezetés.
- 2 Hőáramlás:** Mozgó anyagrészecskék (folyadék, gáz) közvetítik a hőt. A nanopórusokban nincs a konvekciós hőáramlás. A pórusokban érvényesül a Knudsen effektus ($L > d$).
- 3 Hőszugárzás:** Az elektromágneses sugárzás (kvantumai a fotonok, infravörös). A hőszugárzás abszorbeálódik és szétszóródik (reflexió).

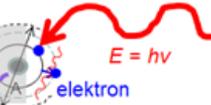
Emisszió energia leadás

Elektromágneses sugárzás



Abszorpció energia elnyelés

Elektromágneses sugárzás



„hősugárzás”



Energia leadás

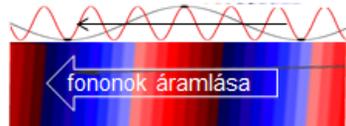
- elektromágneses energia kisugárzása (e) (energia leadás)
- energiaszint változás (e)
- atomrezgés változás (A) (hőmérséklet változás)

Energia elnyelés

- elektromágneses energia elnyelése (e)
- energiaszint változás (e)
- atom gerjesztődés (A) (hő indukálódás)
- a hőenergia rácsrezgéssel elvezetődik (fononok)



Az anyag belső energiája átalakul elektromágneses energiává.



Elektromágneses energia átalakul az anyag belső energiájává. A foton elnyelődésénél fonon keletkezik.

Abszorpció: Elektronok **elnyelik** az elektromágneses sugárzást, energiaszintjük növekszik. A hősugárzás abszorbeálódik. Az atomok **gerjesztődnek** (rezgés-amplitúdójuk növekszik) **hő indukálódik** az anyagban. A gerjesztett molekulák, rácsrezgéssel (fononok) a hőt elvezetik.

Emisszió: Elektronok az energiájukat **kisugározzák** (infravörös) energiaszintjük csökken, atomok rácsrezgése lecsökken (lehűlés).

Elektromágneses sugárzás energia transzportja

Sugárzás	Hullámhossz	Fotonenergia	Hatása az anyagra	
Rádióhullámok			Nincs hatással az anyagra	
Hosszúhullám	< 10 km	> 120 peV		
Középhullám	< 650 m	> 2,7 neV		
Rövidhullám	< 180 m	> 6,9 neV		
Ultrarövid hullám	< 10 m	> 120 neV		
Mikrohullám			Molekulákat forgatja	
Infravörös sugárzás			Elnyelődik atomokat gerjeszti hő indukálódik	
Távoli infravörös	< 1,0 mm	> 1,2 meV		
Közepes infravörös	< 50 µm	> 25 meV		
Közeli infravörös	< 2,5 µm	> 500 meV		
Látható fény			Elnyelődik és reflektálódik kevés hő indukálódik	
Vörös	640 - 780 nm	1,8 eV		
Narancs	600 - 640 nm	2,0 eV		
Sárga	570 - 600 nm	2,2 eV		
Zöld	490 - 570 nm	2,4 eV		
Kék	430 - 490 nm	2,6 eV		
Ibolya	380 - 430 nm	3,0 eV		
Ultraibolya sugárzás			Elektronokat gerjeszti aktiválja fotokémiai hatás	
Lágy UV	UV - A	< 380 nm		> 3,3 eV
Kemény	UV - B	< 200 nm		> 6,2 eV
EUV	UV - C	13,5 nm		90 eV
XUV	Extrém	1 - 50 nm		20 - 1000 eV
Röntgen sugárzás			Ionizáló és roncsoló	
	< 1nm	> 1 keV		
Gamma sugárzás				
	< 10 pm	> 120 keV		

A Nap elektromágneses sugárzásának spektruma és hatása az anyagra



Aerogél hőszigetelő paplan és tulajdonságai

Aerogél hőszigetelő paplan tulajdonságai:

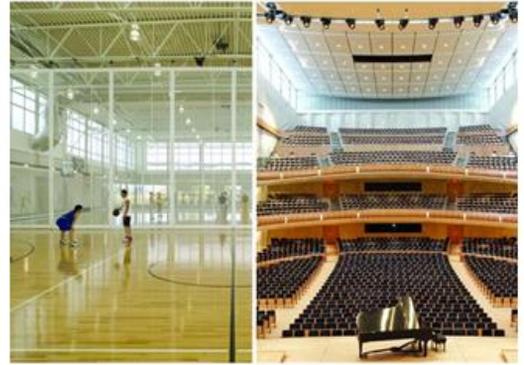
- üvegszövet térhálóba ágyazott aerogél lemez
- hatékony hőszigetelés $\lambda = 0,013 \text{ W/mK}$
- víztaszító, és páraáteresztő ($\rho_t = 150 \text{ kg/m}^3$)
- hajlítható és vakolható

Felhasználás:

- műemléki épületek hőszigetelése
- hőhidak utólagos szigetelése
- épületgépészeti szerelvények
- energia ipar (- 40 ÷ 200°C)



Aerogel hőszigetelő paplan építőipari alkalmazása



Nanogel aerogél hőszigetelő üveg alkalmazása

Nanopórusos aerogél hőszigetelő üveg

- SOLERA (üvegpor) + NANO GEL (aerogél) hőszigetelő panel elem napfényáteresztő épületszerkezeti üvegelem.

- Tulajdonságok:
- $\lambda = 0,009 \div 0,012 \text{ W/mK}$
 - napfényvilágításnál áttetsző
 - könnyű, porozitása 97%

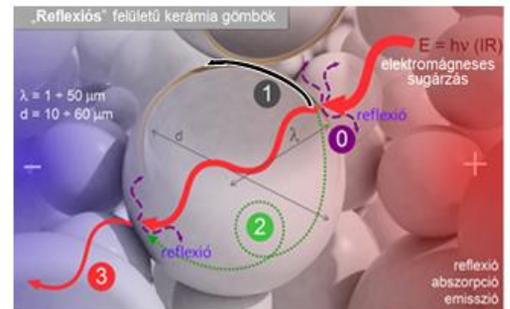
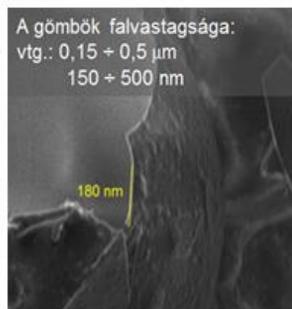
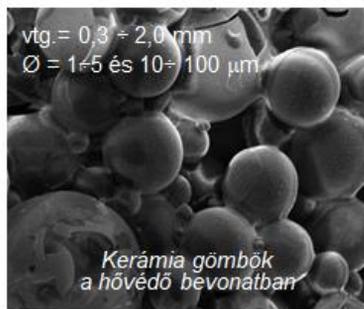
Alkalmazás:

- létesítmények hőszigetelő bevilágítása
- válaszfalak és erkélykorlát elemek



CABOT nanogel aerogel

Épületek hővédelme kerámiagömbös vékonybevonattal



A kerámia „gömbök” szerkezete és hőszigetelési mechanizmusuk

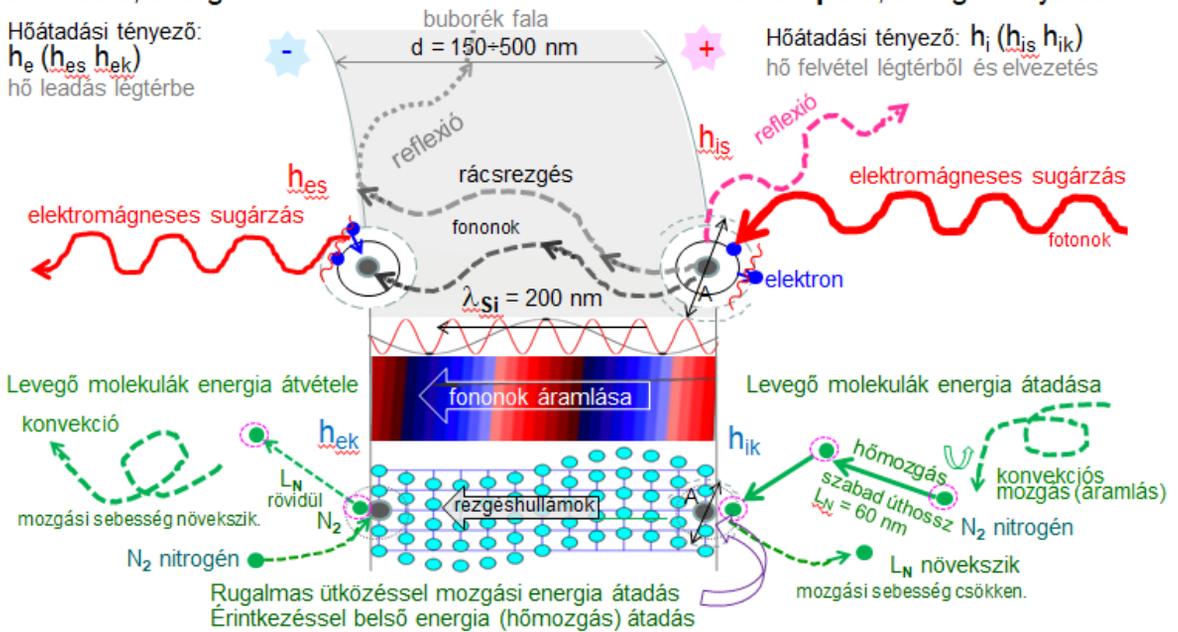
Hőközlési módok a kerámiagömbös bevonatban (hőtranszport folyamatok):

- 0 Az **elektrom. „hősugárzás”** reflexiója miatt **csökken a hőátadás** a gömbfelületen. Fékezett az energia elnyelés (abszorpció) és az energia leadás (emisszió).
- 1 A **hővezetést** befolyásolja: az anyag dielektrikum és kicsi az érintkezési felület. Gömbök falában **korlátozott a rácsrezgéses hőszállítás** ($\lambda_{\text{si fonon}} \approx \text{vtg.}$).
- 2 Minimális a **konvekciós hőáramlás**, a gömb belsejében (vákuum tér)
- 3 Belső tér **sugárzásos hőátadása** ($\lambda_{\text{infra}} \approx d$) és csökken a **reflexió felületen**.

A hőszigetelő képességet mérséklék a bevonat kötő-, adalék- és színező anyagai.

Emisszió, energia leadás

Hőátadási tényező:
 h_e (h_{es} , h_{ek})
 hő leadás légtérbe



Abszorpció, energia elnyelés

Hőátadási tényező: h_i (h_{is} , h_{ik})
 hő felvétel légtérből és elvezetés

Abszorpció: elektronok elnyelik az elektromágneses sugárzást, energiaszintjük növekszik. Az atomok **gerjesztődnek** (rezgés-amplitúdójuk növekszik) **hő indukálódik** az anyagban. A gerjesztett molekulák, **rácsrezgéssel a hőt elvezetik** (a gömb, mint fonon csabda $d \approx \lambda$)

A hővédő vékonybevonat hőtranszport folyamatai

A hővédő vékonybevonatok tulajdonságai

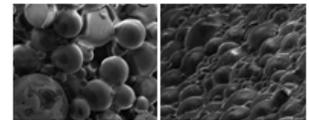
A bevonat **hőszigetelő képessége** nem helyzet független, mint pl. polisztirol $\lambda = \text{const.}$

A bevonat hővédelmének (szigetelésének) **hatékonysága** változó:

- a bevonat hatékony alkalmazása: $t > 200^\circ\text{C}$ **sugárzásos hő**
- energia megtakarítás nem arányos a **vastagsággal**:
 0,25 mm vtg. 20%
 2,00 mm 40% ?

A bevonati réteg hőszigetelő képességét ($\lambda_{\text{kerámia}}$) befolyásolják:

- a hőközlés módja (sugárzásos ill. konvektív hőátadás)
- a felületi réteg anyagszerkezete (telítettség, nanostruktúra)



λ érték meghatározása:

λ_k értékét a modell megnövekedett hőátbocsátási ellenállásából ($R_{\text{mért}}$) számolják ki:

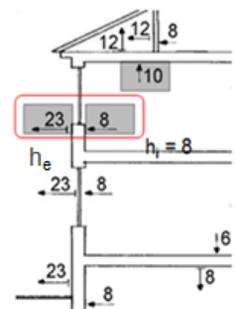
$$R_{\text{mért}} = R_{\lambda}^{\text{ered}} + R_{\lambda}^{\text{bevon}} + R_h = 1/h_i + d_f/\lambda_f + d_k/\lambda_k + 1/h_e \quad \text{m}^2\text{K/W}$$

modelltől függő λ_k (egyenérték) = 0,001 ÷ 0,0017 W/mK (névleges érték)

a vékonybevonat λ_k (reális érték) = 0,014 W/mK (tényleges érték)

A hővédő vékonybevonat hőtranszport tulajdonságai:

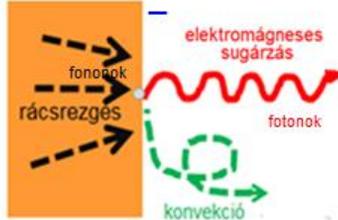
- a bevonat hő pajzsként működik (**nem hő tükör**)
- hővédelmi hatása a légtérrel érintkező felületen hatékony
- a hőátadási tényezők (h_i és h_e) **eltérnek** a normális anyagokétól



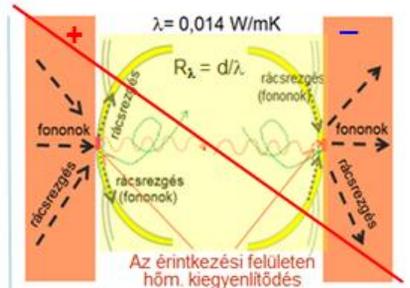
Belső falfelület: $h_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$



Külső falfelület: $h_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$

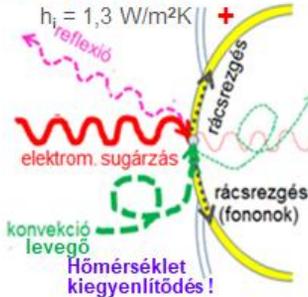


A hőfelvétel és hőleadás folyamata az anyagok felületén

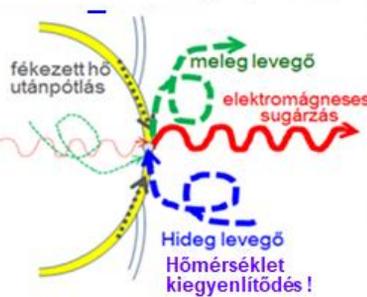


A hő transzport folyamatok a falszerkezet hőszigetelő rétegében

Hővédő bevonat



Külső falfelület: $h_e = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

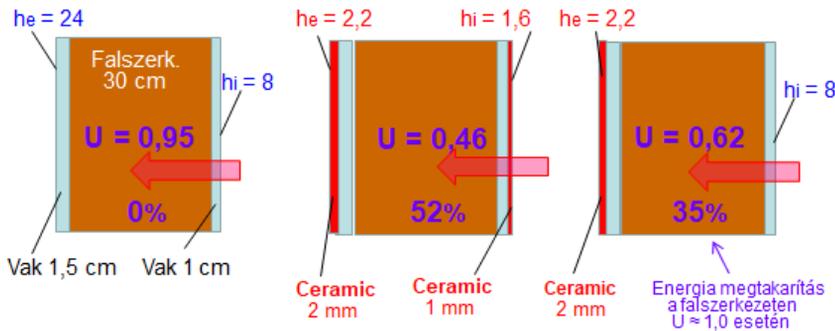


A hőfelvétel és hőleadás folyamata a bevonat felületén



A hőátadás illusztrálása

A vékonybevonat hő felvételi- és hő leadási folyamatai



Tégla fal adatai:

$\lambda_{Fal} = 0,35 \text{ W/mK}$
 $\lambda_{Vak} = 0,80 \text{ W/mK}$
 $\lambda_{Vak} = 0,75 \text{ W/mK}$
 $h_i = 8,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $h_e = 24,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ceramic adatai:

$\lambda_{ker} = 0,014 \text{ W/mK}$
 $h_i = 1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $h_e = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Hőátbocsátási tényező:
$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{j=1}^n \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_e}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_{ker}}{\lambda_{ker}} + \frac{d_{vak}}{\lambda_{vak}} + \frac{d_{fal}}{\lambda_{fal}} + \frac{d_{vak}}{\lambda_{vak}} + \frac{d_{ker}}{\lambda_{ker}} + \frac{1}{h_e}} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1,67} + \frac{0,001}{0,014} + \frac{0,01}{0,75} + \frac{0,3}{0,35} + \frac{0,015}{0,81} + \frac{0,002}{0,014} + \frac{1}{2,20}} \text{ [W/m}^2\text{K}] \quad 0,46$$

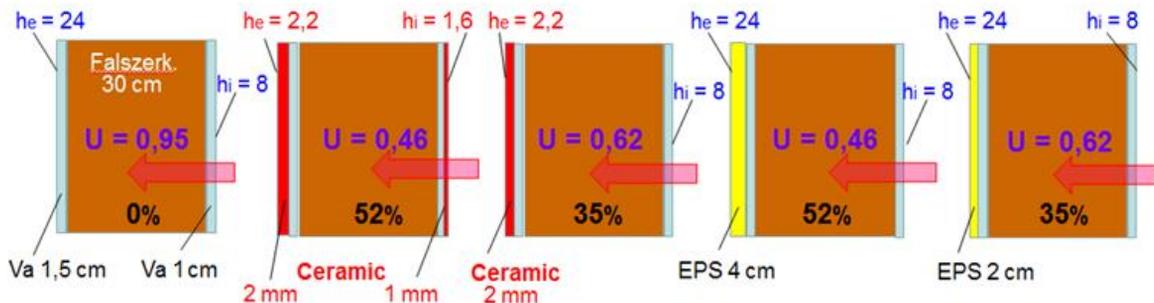
A hőátadási tényezők

h_i : $h_{ikonv.}$ és $h_{isugárzás}$
 h_e : $h_{ekonv.}$ és $h_{esugárzás}$
meghatározása???

Eredeti téglafal:
 $U = 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$

Hővédelemmel ellátott fal:
 $U = 0,46 \div 0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$

Az energiafelhasználás csökkenésének meghatározása



- Alkalmazási területek:**
- műemléki épületek hőszigetelése és hővédelme
 - belső oldali falak- és hőhidak szigetelése
 - épülethomlokzatok és fém tetőszerkezetek nyári hővédelme
 - energiaipari vezetékek és berendezések hővédelme



A hővédő vékonybevonatok építőipari alkalmazása

Fotogerjesztés

Épületek beton- és üveg felületeinek
öntisztulása és tisztítása

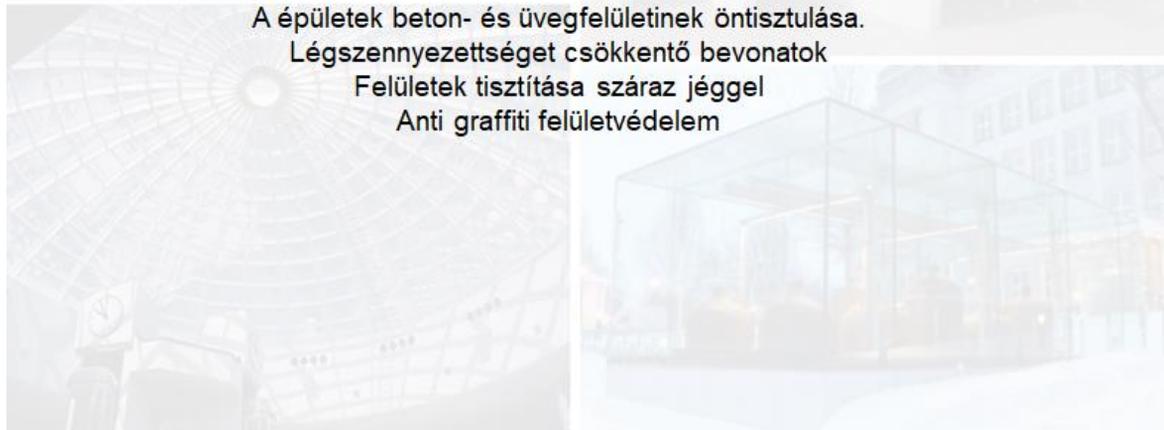
TiO₂ fotokatalizátor

A épületek beton- és üvegfelületeinek öntisztulása.

Légszennyezettséget csökkentő bevonatok

Felületek tisztítása száraz jéggel

Anti graffiti felületvédelem



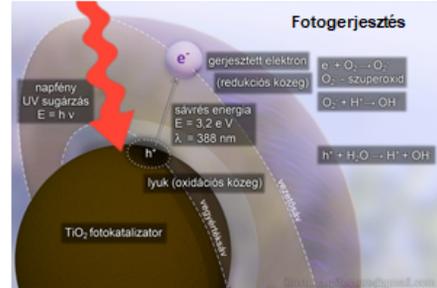
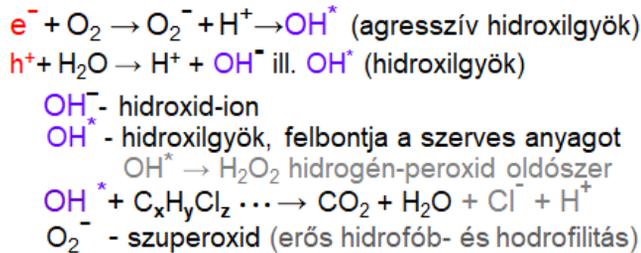
A fotokatalizis reakcióval öntisztuló felületek

A fotokatalizis reakció:

- Az UV sugárzás gerjeszti (aktiválja) a félvezető TiO_2 vegyértékelektronját.
- A gerjesztett vegyértékelektron, magasabb energiaszintű pályára kerül (foto-gerjesztés).
- Elektron (e^-) és (h^+) lyuk párok keletkeznek, redukción és oxidáción közeget hoznak létre.

A vegyértéksáv és a vezetősáv közötti energia különbség: $E = 3,2 \text{ eV} = h \times c / \lambda$
 A fotógerjesztéshez szükséges fény hullámhossza: $\lambda = 388 \text{ nm}$ (Lágy UV sugárzás)

Az oxidációs és redukción közegek reakciói:



TiO_2 fotokatalizis reakciója

Foto-gerjesztés

Amikor a titán-dioxidot fény éri, elektron áramlás indul meg. A foton elnyelését követően elektron (e^-) ugrik át a titán-dioxid vegyérték-sávból a vezetési sávba, és egy elektronhiányos, ún. lyukat (h^+) hagy maga után. Az e^- és a h^+ reakcióra képesek a környezetükkel (O_2 és H_2O).

A fotokatalizis reakcióval öntisztuló beton- és üvegfelületek



Öntisztuló betonfelület és épülethomlokzat Richard Meier jubileumi templom Rómában

Fotokatalitikus (TiO_2) cementadagolású betonfelületen OH^* OH^- ionok keletkeznek:

- szennyeződés lebomlik
- a felület öntisztulóvá válik



Öntisztuló betonfelületek

Öntisztuló üvegfelületek

Foto katalitikus reakciók: TiO_2 bevonatú üvegfelületen OH^* hidroxilgyök, O_2^- szuperoxid

- OH^- és OH^* öntisztulás
- O_2^- szuper hidrofilitás
- egyenletes vékony vízréteg
- vízcseppmentes felület



Vízcseppek a kezeletlen üvegfelületen



Kezelt felület

Kezeletlen felület

remokdok.ru



A víz vékony, átlátszó rétegben terül el az üvegfelületen



A kezelt üvegfelületről az eső lemosa a szennyeződést

Az öntisztulás folyamata

Az üvegfelületre felhordott TiO_2 bevonaton, a napfény UV sugárzása hatására lejátszódó foto katalitikus reakciók, öntisztulóvá teszik a felületet.

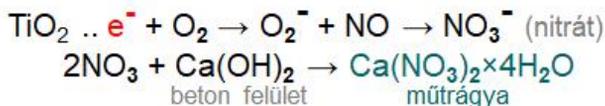
- A fotokatalízis reakció során keletkező hidroxid ionok és gyökök (OH^- OH^*) lebontják a felületére lerakódott szerves anyagokat, széndioxidra és vízre. Pl. H_2O_2 oldószer.
- A reakció során keletkező aktív oxigén (O_2^-) a víz felületi feszültségét csökkenti, és szuper hidrofille teszi az üvegfelületet.
- Az ilyen felületen a víz nem csepp formát vesz fel, hanem vékony rétegben szétfut, és lemosa a szennyeződést.

Légszennyezettséget csökkentő betonfelületek

Fotokatalitikus **TioCem** cement környezetvédelmi alkalmazása

A légszennyezést okozó nitrogénoxidok NO_x mennyiségét csökkentik a TiO_2 tartalmú cementtel készült betonfelületek.

Nitrátok képződnek → **műtrágya**



Betonelemekkel burkolt kilátó



„TioCem” cementtel készül burkolat Pécsi, Kálvária-domb (2012)

Légszennyezettséget csökkentő síkpala felületek

Eternit Activa szálcement síkpalák

A légszennyezést okozó nitrogénoxidok NO_x mennyiségét csökkentik a TiO_2 tartalmú cementtel készült síkpala felületek.

Nitrátok képződnek → **műtrágya**

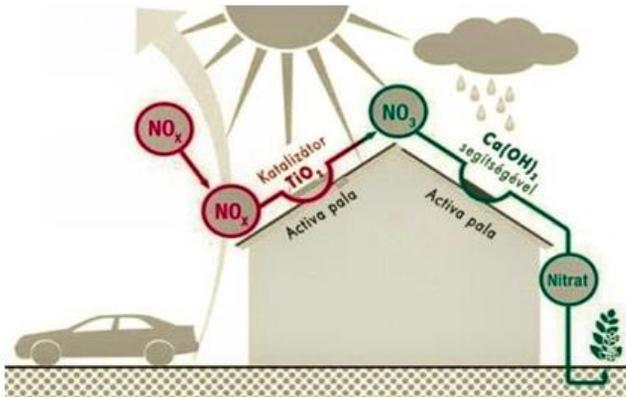
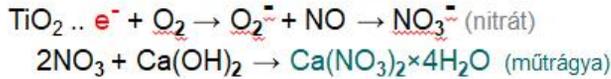


Foto katalitikus levegőtisztítás



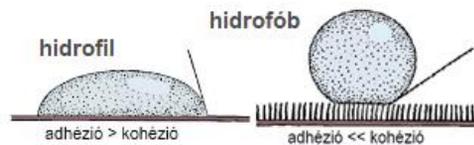
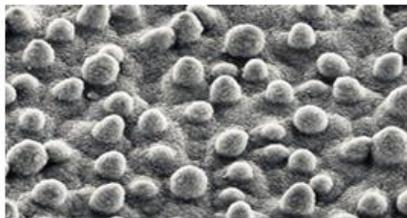
Eternit síkpalával fedett épület

Öntisztuló mikro-strukturált festékfelületek

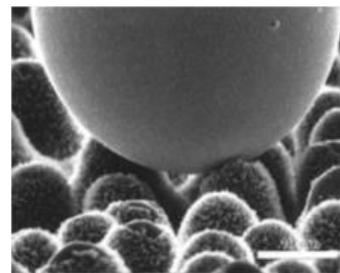
Lótusz- effektus elvén működő öntisztuló homlokzatvédelem

A felületet mikroszkopikus- és nano **cella-kiemelkedések** alkotják.

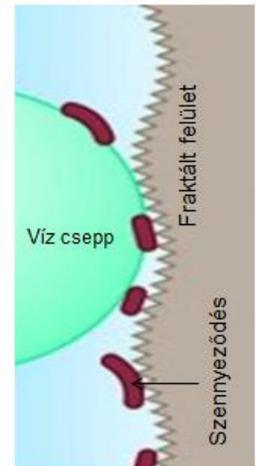
A fraktált felületi struktúra **hidrofób hatásaként** a vízcseppek a felületi feszültség hatására, gömbformát alkotnak, és legurulnak a felületről és magukkal viszik a szennyeződést.



Vízcsepp a hidofil és hidrofób felületen



Vízcsepp a fraktált felületen



Szennyeződés eltávolítása a felületről

StoLotusan, CarboSol öntisztuló homlokzatfesték

A festékréteg alkotói egymásra rendeződnek:

1. Kapcsolódó komponensek „tapadó híd”.
2. Szilikát gyöngyök \varnothing 100 nm.
3. Ultra vékony TiO_2 -ot tartalmazó védőréteg, mely ellenáll az UV hatásnak.
4. A felületről kiálló, tapadást gátló (fraktált) nanoméretű részecskék, legfelül a felszínen.



A festett felület öntisztulása

Előállításuk vegyi úton:

$d \approx 100$ nm gyöngyöket gyártanak szilikátokból.

A gyöngyök felületére trimetoxi-fenil-szilán folyadékot hordanak fel, mely kiszilárdulva a felületről kiálló szilánkos struktúrájú fraktált felületet ad.



Sto Lotusan festék felülete



Szilánkos struktúrájú fraktált festék felület

Öntisztuló nanobevonatos kerámiafelületek

ActiveTM Clean Air & Antibacterial Ceramic

- a bevonati rétegben TiO_2 foto-katalitikus reakcióval (OH^-) öntisztuló
- (O_2^-) szuper hidrofil, vízcseppmentes felület, NO_2 csökkentő
- Ag és Al_2O_3 nano részecskék, antibakteriális tulajdonság és gombaölő

HYDROTECT homlokzatburkoló kerámiák foto katalizátoros bevonattal

- (TiO_2 + ezüst) öntisztuló, szuper hidrofil és antibakteriális felületet ad

Bramac Római Protector betoncserép hidrofóbizálása

- bevonati nano réteg, szárítás utáni folyadékimpregnálással felhordva hidrofóbizálva vízlepergető, véd a kémhatások ellen, színtartást ad

Bramac Thermo Protector infravörös sugárzást reflektáló felülettel

- bevonati réteg csökkenti a cserép felületének felmelegedését



Felülettisztítás szárazjég szórással

Szárazjég előállítása és szórási technológiája

Jégszemcsék előállítása CO_2 gázból - $78,8\text{ }^\circ\text{C}$.
A szemcsék (pellet) a felhasználás során, normál hőmérsékleten gáz halmazállapotú széndioxidá válnak (szublimálnak).
A pelletet, szóró berendezéssel 300 m/s sebességgel lövik a szennyezett felületre.

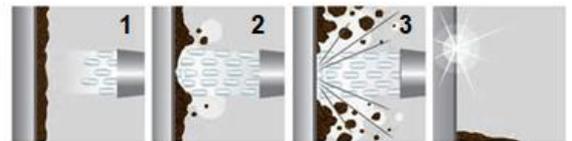
Szárazjég előállítása



Szárazjég alkalmazásának technológiája

A szárazjeges tisztítási folyamat

Jégszemcsék megfagyasztják a szennyeződést. Termo-sokk alakul ki a felületen, melynek hatására a szennyeződés összehúzódik, megrepedezik és elválik az alapfelülettől. A becsapódó jégszemcsék széttördelik ezt a repedezett réteget, mely alá a sűrített levegő behatolva, lesöpri a szennyeződést a falról.



1. A szennyeződés, a hideg jég hatására lehül.
2. Összehúzódik, reped és leválik az alapfelületről.
3. A nagy sebességgel érkező jégszemcsék és a levegő nyomása, lefújják a szennyeződést.

Nanotechnológiás anti-graffiti bevonatok

Anti-graffiti bevonatok fajtái és működésük

A bevonatok (pl. poliuretán, szilícium alapú sziloxán, megakadályozzák a graffiti tapadását a falfelületre, így a nem kívánatos festék a felületre nem kötődik, oldószerrel eltávolítható.

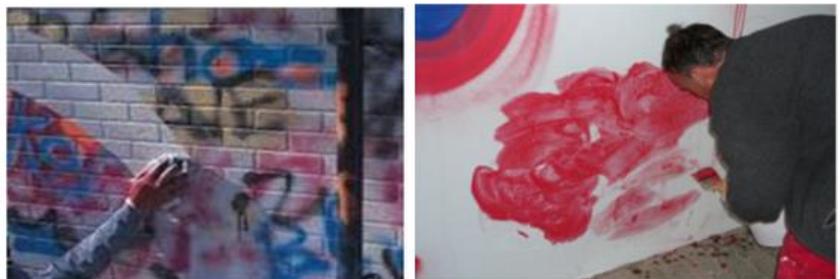
A bevonat működése azon alapszik, hogy a falfelületre **Sziloxán** réteget visznek fel, melynek felszínén a kolloidális oldatban bevitt nanoméretű szilika részecskék **hidrofóbbá és oleofóbbá** (olajtaszítóvá) teszik a bevonat felszínét. Sem a vizes-, sem az olajos alapú festékekkel nem festhető a bevont falfelület.



Graffiti művészi alkotások a falfelületen



Sziloxán anti-graffiti bevonat



A graffiti eltávolítása a bevont falfelületekről