

A technológiai szigetelőanyagok tulajdonságai és kiválasztásuk kritériumai

A szigetelőanyagok tulajdonságai függenek azok struktúrájától, a nyersanyagok tulajdonságaitól és a gyártási eljárástól.

A megfelelő hőszigetelő anyag kiválasztásakor mindenekelőtt a hőtechnikai követelmények játszanak szerepet, de a megfelelő kiválasztásnak az alábbi anyagtulajdonságokat kell komplexen szem előtt tartania:

- Hővezetési tényező
- Sűrűség
- Nedvességgel szembeni viselkedés
- Alkalmazhatósági hőmérséklet határ
- Páradiffúziós tényező
- Éghetőségi besorolás
- Hosszirányú áramlási ellenállás
- Alaktartósság
- Hangelnyelő képesség
- Korroziós viselkedés
- Öregedés állóság
- Feldolgozhatóság
- A termék ára

1.1. Hővezető képesség

1.1.1. Fizikai alapjai

A hővezető képesség egy specifikus anyagtulajdonság, mely mind az építészeti, mind a csőszigetelések legfontosabb anyagtulajdonsága. A λ hővezetési tényező $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$ megadja, hogy

milyen nagyságú hőáram keletkezik és halad át egy 1 m vastagságú és 1 m² felületű testen 1 Kelvin hőmérsékletkülönbség esetén.

A három alapvető hőközlési folyamat, mint a hővezetés, hőáramlás és hőszugárzás együttes hatása fejezi ki szigetelőanyagok legfontosabb épületfizikai jellemzőjét, a hővezetési tényezőt (λ).

Szigetelőanyagokban tehát a hőáramlást a szilárd alkotórészek hővezetése, légrésekben jelenlévő gázok hővezetése és a hőszugárzás okozza.

$$(1) \quad \lambda \approx \lambda_{sz} + \lambda_g + \lambda_r$$

ahol:

λ_{sz}	- a szilárd részek hővezetőképessége,
λ_g	- a gázok hővezetőképessége,
λ_r	- a sugárzás vezetőképesség

Tehát a hővezetési tényező fordított arányosságban áll a hőszigetelő képességgel, azaz minél kisebb ennek értéke, annál nagyobb a szigetelőanyag hőszigetelő képessége.

A szigetelőanyagok hőszigetelő képességét a következők befolyásolják:

- A felhasznált nyersanyagok hővezető képessége,
- a szigetelőanyag pórusstruktúrája,
- a légrésekben levő gázok, illetve ezen gázoknak a környezeti levegővel való kicserélődésének időtartalma,
- a szálfínomság és szálirány, a szálak érintkezése
- a hőmérséklet,
- a vízzel és nedvességgel szembeni viselkedés, valamint
- a sűrűség.

A hőtechnikai számítások során hővezetési tényező értéket használjuk, melyet befolyásolhat a gyártáskori minőség változás, a kivitelezési pontosság, a szigetelőanyag nedvesség tartalma.

1.1.2. A hővezetési tényező névleges értéke

A mindenkori termékszabványban megadott λ_n hővezetési tényező névleges értéke figyelembe veszi az egyes szigetelőanyagok hosszú távú viselkedését. A gyártók által megadott hővezetési tényező értékek névértékek, melyet szavatolnak.

A szigetelési munkák során a szigetelőanyagok tulajdonsága, különösen a hővezető képesség megváltozhat: kiegészítő szerkezetek, mint például a tartószerkezetek beépítése szintén befolyásolja a szigetelőanyag hőátadását.

1.1.3. Üzemi hővezetési tényező

A hővezetési tényezőnek a kivitelezést követő releváns nagyságát üzemi hővezetési tényezőnek (λ_B) nevezzük. Az üzemi hővezetési tényező értéke tartalmazza azokat a növekményeket, melyet a beépítési körülmények, a beépítés kori aprózódás, pótlólagos konvekció, stb. okozzák.

Az üzemi és a névleges hővezetési tényező közötti kapcsolat:

$$(2) \quad \lambda_B = f_{\text{össz}} \cdot \lambda_n + \sum \Delta\lambda_i$$

ahol:

- az $f_{\text{össz}}$ korrekciós tényező tartalmazza a konstrukció és a kivitelezés okozta százalékos növekményeket,
- a λ_i tartalmazza a szigetelés technikailag létrejövő hőhidak hatását. Pl.: Az alkalmazott tartószerkezet esetében, értéke az alkalmazott tartószerkezet és a kivitelezés minősége (közvetett vagy közvetlen kapcsolat) függvényében határozható meg (0,001 és 0,032 W/mK köz)

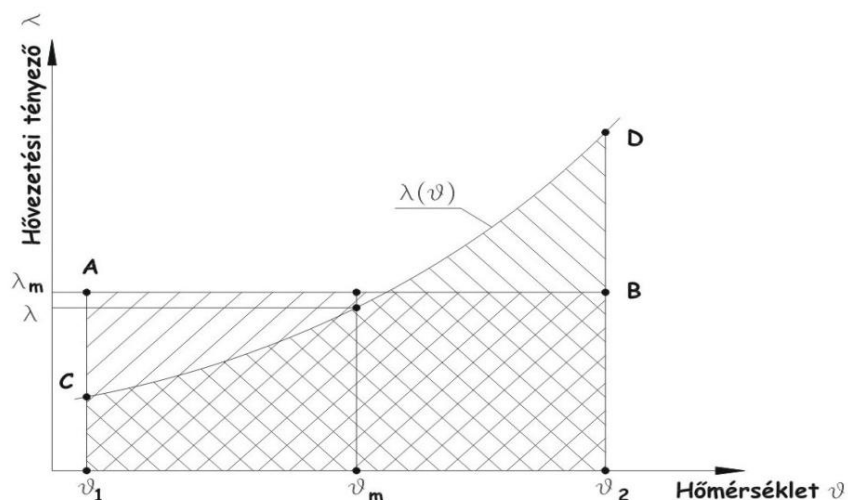
$$(3) \quad f_{\text{össz}} = \prod_{i=1}^n f_i$$

ahol:

- f_1 figyelembe veszi a hővezetés nem lineáris hőmérséklet függését (lásd. Később). Értéke 1,0 (nagy sűrűség $\geq 130 \text{ kg/m}^3$ és kis max. 100 K hőmérséklet különbség) és 1,15 (kis sűrűség $\leq 30\text{-}40 \text{ kg/m}^3$ és nagy hőmérséklet különbség 350-550 K)
- f_2 figyelembe veszi a nyitott fugákat. Egy rétegű szigetelés esetében 1,10, kétrétegű szigetelések esetében 1,05 és három vagy több rétegű szigetelés esetében 1,00 értéket vesz fel.
- f_3 értéke tartalmazza a szigetelőanyagok tömörödésének a következtében fellépő sűrűség változásának a befolyását. Értéke a sűrűség, a cső átmérője és a szigetelőanyag vastagságának a függvényében 0,9 és 1,0 között van.
- f_4 tényező a függőleges szigetelés konvekcióját. A szigetelési munka kivitelezésének a függvényében értéke 1,0 és 1,2 között van.
- f_5 faktor a szigetelés öregedését fejezi ki. (Pl. a légrésekben lévő gázok és a levegő kicserélődésének lefolyása)
- f_6 faktor a szigetelésbe bejutó nedvességet fejezi ki. Ezt különösen a hideg közegű rendszerek szigetelésénél kell alaposan megvizsgálni.
- f_7 faktor a szigetelés meghajlításából eredő változását fejezi ki, ha a szigetelőanyag esetében a hővezetési tényező névleges értékét lap formájában határozták meg.
- f_8 faktor a pótlólagos hőátadás konvekció által, mely a légáteresztő szigetelőanyag hosszirányú áramlási ellenállásának a függvénye, mely a szigetelő anyag és a szigetelendő felület közötti, illetve a szigetelőanyag és a burkolata közötti légrésekben lép fel.

1.1.4. A hővezetési tényező hőmérséklet függése.

A hőszigetelő anyagok hővezetési tényezője általában nem lineárisan növekszik a hőmérséklettel. A 1.1 ábrán ezt a nem lineárisan növekvő λ (9) görbét a C és D pontok között ábrázoltuk.



1. ábra: A hővezetési tényező hőmérséklet függése

Húzzunk egy AB szakaszt úgy, hogy az $AB\vartheta_2\vartheta_1$ téglalap területe egyezzen meg a DC görbe alatti területtel, és nevezzük el az $A\vartheta_2$ szakaszt λ_m -nek. Mivel így

$$(4) \quad AB\vartheta_2\vartheta_1 = \lambda_m \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

és

$$(5) \quad CD\vartheta_1\vartheta_2 = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \lambda(\vartheta) \cdot d\vartheta$$

ezért a kettő egyenlőségéből λ_m kifejezhető az alábbi módon:

$$(6) \quad \lambda_m = \frac{1}{\vartheta_2 - \vartheta_1} \cdot \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} \lambda(\vartheta) \cdot d\vartheta$$

λ_m -t a ϑ_1 és ϑ_2 hőmérsékletek közötti hővezetési tényező integrál középértékének nevezzük, és az ábrán a $\vartheta_m = 0,5 \cdot (\vartheta_1 + \vartheta_2)$ helyhez rendeljük hozzá az abszcisszán. Látszik tehát, hogy egyre nagyobb hőmérsékletkülönbségek esetén a tényleges, $\lambda(\vartheta)$ görbéhez a ϑ_m helyhez tartozó hővezetési tényező érték egyre jobban el fog térni az integrál középértéktől. Tehát arról van szó, hogy a test két oldalának nagy hőmérsékletkülönbsége esetén pontosabb eredményt kapunk, ha a testet párhuzamos síkokkal rétegekre bontjuk, vagyis a $\lambda(\vartheta)$ görbe egyenletének ismeretében integrált számítunk, vagy a két réteg közötti “valódi” hővezetési

tényező helyett, az integrál középértékkel számolunk, amit korrekciós tényező segítségével kapunk meg a “valódi” hővezetési tényező értékéből.

1.2. Sűrűség

Az építő- és a szigetelőanyagok többé-kevésbé porózus anyagok, azaz az anyagok levegőt tartalmaznak. Az ilyen anyagok hővezetési tényezője a szilárd anyagrészekről és nyugalomban lévő levegőtől függ. Minél porózusabb az anyag, annál közelebb van a hővezetési tényezője a nyugalomban lévő levegőhöz. Azonban az azonos sűrűségű és azonos alapanyagú szigetelések hővezetési tényezője különböző lehet, ugyanis ez attól is függ, hogy egy anyag azonos gázmennyisége számos kis pórusban, vagy néhány nagy pórusban oszlik el. Minél kisebb az átlagos pórus átmérő, annál kisebb a hővezetési tényező. A pórusok átmérője ugyanis olyan méretűnek kell lennie, hogy a benne lévő gáz, vagy levegő gyakorlatilag nyugalomban legyen, ezáltal ugyanis a hő konvekció útján a pórusok belsejében nem tud terjedni.

1.2.1. A hővezetési tényező és a sűrűség kapcsolata

Gyakorlatilag egy anyag hővezetési tényezője gyakorlatilag annál nagyobb, minél nagyobb a szigetelőanyag sűrűsége.

Természetesen ettől lehetséges eltérés is, mint pl. az üvegyapot esetében (Dr. Preisich, és mtsai., 2007):

Az üvegyapot esetében a három alapvető hőközlési folyamat első sorban az anyag sűrűségétől függ.

Kisebb testsűrűség (azaz nagyobb „levegőtartalom”) esetén értelemszerűen a sugárzás és a konvekció, nagyobb sűrűség esetében pedig a szilárd anyagrészek hővezetése a domináns tényező, de a hővezetési képesség mértékét többek között a szálfínomság (szálátmérő) is befolyásolja. Ennek tudható be a hővezetési tényező sajátos változása.

„Tiszta hővezetés” az egymással érintkező szálakban alakul ki, mint szilárd test hővezetés, illetve a szálak közti levegőben, mint gáz hővezetés. A levegőnek azonban csak azok a molekulái „közvetítik a hővezetést, amelyek mozgásuk során nem előzik meg az előttük állókat, hanem velük érintkezve adják át nekik az energiát.

Konvekcióval, azaz áramlással az üvegyapot szigetelőanyagokban lévő levegőnek azon molekulái szállítják a hőenergiát, amelyek olyan mozgást végeznek, hogy megelőzve az előttük lévő molekulákat, az éppen utolértnek adják át az energiát.

Előfordulhat az is, hogy egy molekula egyik száltól a másikig szállítja konvekcióval az energiát anélkül, hogy közbelső részecskével találkozna.

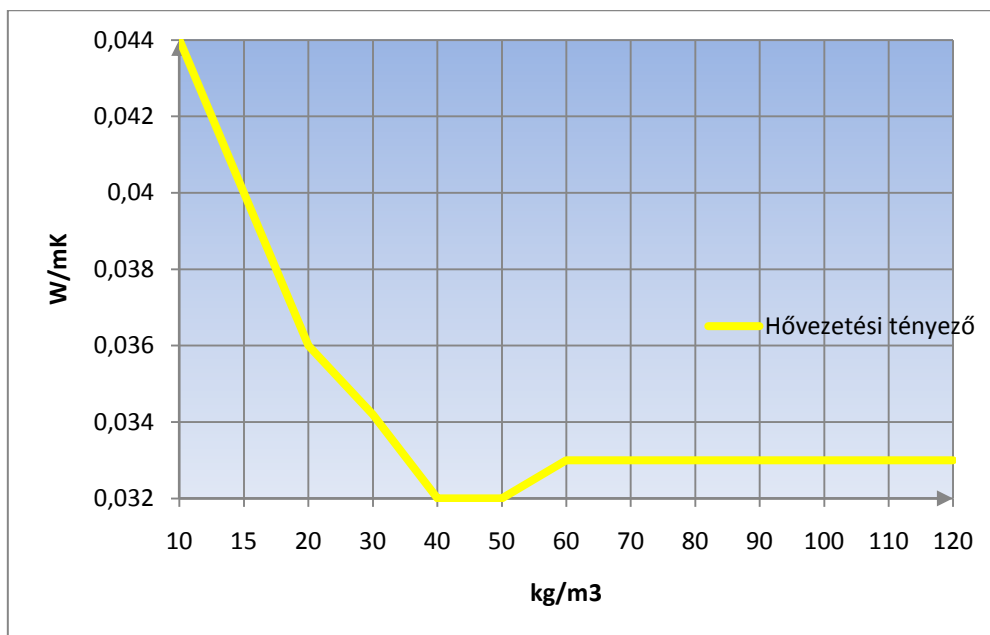
Sugárzásban a szálak vesznek részt, amikor is közvetítő anyag nélkül az energiasugárzás útján egyik szárról a másikra jut.

A három hőátzármaztatással kapcsolatos folyamatot integrálja az anyag hővezetési tényezője, amelyet mérésrel határoznak meg.

A fentiekben említett három folyamat szerepe a hőátzármaztatásban nem állandó, hanem az ásványgyapot szigetelőanyag sűrűségétől függ.

Kisebbsűrűségek esetén különösen megnövekszik a sugárzás és a konvekció mértéke, amely a hővezetési tényező növekedését eredményezi.

A sűrűség növekedésével a konvekció és a sugárzási komponens rohamosan csökken, s az anyagra jellemző értékre „beáll”.



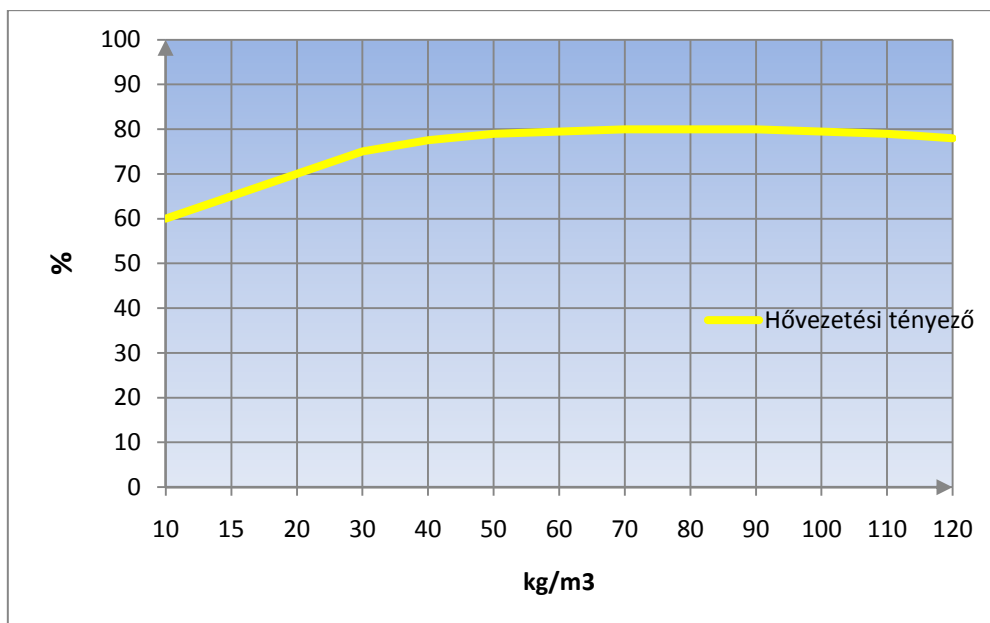
2. ábra: Az URSA üvegyapot termékek hővezetésének változása a sűrűség függvényében

A sűrűség további növelésével az eddigiekben csak kevés szerepet játszó szilárd test hővezetése megnő a szálak érintkezése folytán, amely változás a hővezetési tényező növekedésében is kifejezésre jut.

Ásványgyapot termékek esetén a hővezetési tényezőt elsősorban a szálátmérő – szálfinomság – és az olvadékgyöngy-tartalom befolyásolja. Igen kedvezőnek ítélandó, hogy az üvegyapot

az ásványgyapot termékeken belül a legfinomabb szálszerkezetű, s a gyártás technológiájából adódóan nem tartalmaz olvadékgyöngyöt.

Tehát a szálal szerkezetű termékeknél a hőszigetelési teljesítmény kialakításában alapvető jelentősége a levegőnek van. A levegő akkor szigetel legjobban, ha nyugvó állapotú. Ez az ideális eset azonban a hőszigetelési funkció során nem alakul ki. Célszerűnek látszik a különböző üveggyapot termékek hőszigetelő értékét ezen ideális állapothoz hasonlítani. Az alábbi 3. ábrán egy ilyen összehasonlítást rajzoltam meg. A vízszintes tengelyen a termékek testűrűsége látható, míg a függőleges tengelyre a hőszigetelő anyagok nyugvó levegőhöz viszonyított százalékos hőszigetelési teljesítménye látható. A fentiekből következik, hogy a 100%-os értéket egyik sűrűségű szigetelőanyag sem érheti el.



3. ábra: Az üveggyapot levegőhöz viszonyított százalékos hőszigetelő teljesítménye

1.3. Nedvesség hatása a szigetelőanyagokra

A szigetelőanyagok nedvesség hatására történő viselkedése különösen a hideg közegű rendszerek szigetelése esetében fontos, de a szigetelés nedvességtartalma minden esetben befolyásolja a szigetelőanyag viselkedését. A nedvességtartalom ugyanis növeli a szigetelőanyag hővezető képességét és hosszútávon nedvesség hatása alatt a szigetelés károsodhat, illetve a szigetelőhatás rohamos mértékben csökkenhet. Legkedvezőtlenebb

esetben elérheti a víz hővezetési tényezőjének az értékét ($0,56 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), amely azt jelenti, hogy ez egy átlagos szigetelőanyag hőszigetelő képességénél akár 14-15-ször (!) kedvezőtlenebb.

Hideg közegű rendszerek esetében a nedvességtartalom növekedése az eljegesedés kockázatát növeli, mely a teljes rendszer tönkremenetelét okozhatja.

A szigetelési rendszerek nedvességtechnikai működőképessége szempontjából a szigetelőanyagok szállítás, tárolás és szerelés esetén előforduló építési és talajnedvességgel, valamint csapadékkal szembeni viselkedése legalább olyan fontos, mint a vízgőz diffúzió következtében kialakuló, a szigetelőanyagok felületén lévő kondenzvíz és a szigetelőanyagok keresztmetszetében lévő kondenzáció befolyása.

A legtöbb szigetelőanyag nem vesz fel nedvességet a levegőből, vagyis azok nem higroszkópikusak. Ezen kívül ezek általában nem kapilláráktívak, vagyis sem nem szívják fel a nedvességet, sem nem továbbítják azt. Ezen okokból kifolyólag a szokásos építési nedvesség a legtöbb szigetelőanyag esetében nem növeli a hővezető képességet.

Külső behatások, pl. záporosó, vagy oldalirányú nedvesség, valamint diffúzió következtében a szigetelőanyagok nedvességtartalma a felhasználástól függően rövid vagy hosszútávon megnövekedhet. A szerkezeti elemek diffúziós viselkedése kiszámításának szempontjából meghatározó az építési- és szigetelőanyagok μ vízgőz diffúzió ellenállási tényezője. A μ érték dimenzió nélküli mennyiség. Azt adja meg, hogy egy szigetelő-, ill. építőanyag vízgőzáteresztő képessége mennyivel nagyobb, mint egy azonos vastagságú légrétegé ($\mu_{\text{levegő}} = 1$). Ez lényegében a szigetelőanyag sűrűségétől és a pórusok, sejtek, vagy légzárványok struktúrájának fajtájától függ. (Részletesen lásd a 6. fejezetben.)

1.4. Alkalmazhatósági hőmérséklet határok

Egy szigetelőanyag alkalmazási hőmérséklet határa, igen fontos tényezője a szigetelés felhasználási lehetőségeinek. Az alkalmazási hőmérséklet határának meghaladását különböző tulajdonságok romlása jellemezheti, mint pl. méretváltozások, alak- és stabilitásvesztés, vagy termikus bomlás. A legtöbb szigetelőanyag a hosszú távú igénybevételhez megállapított hőmérsékleteket meghaladó, rövid idejű terheléseknek is ellenáll. Általában a felső felhasználási hőmérséklet határ a meleg közegű rendszerek, alsó alkalmazási hőmérséklet határ a hideg közegű rendszerek szigetelőanyagainak a fontos paramétere.

1.5. Égési viselkedés

A szigetelőanyagok (és az építőanyagok) éghetőségi besorolását az EN 13501-1 szabvány tartalmazza, mely alapján megkülönböztetünk:

- nem éghető
- nehezen éghető
- éghető
- könnyen éghető szigetelőanyagokat.

A DIN EN 13501-1 harmonizált osztályozási szabvány alapján az építőanyagok hét európai osztályba (euro osztályok) sorolhatók: az AI, A2, B, C, D, E és F Euro osztályokba.

Az európai osztályozási rendszer az égési viselkedés mellett az égést kísérő jelenségek osztályozását is szabályozza. Ez három-három osztályba sorolja a füstképződést (s1 - s3) és az építőanyag lecsepegését/lehullását (d0 - d2).

1.6. Szilárdság

Az alacsony hővezetési tényezőjű szigetelő anyagok, jellemzőbben alacsony testsűrűséggel rendelkeznek, melyhez alacsony szilárdság párosul. A szigetelőanyagok gyakran rugalmasak, vagy nyomás hatására rugalmasan viselkednek.

A szigetelőanyagok szilárdsági viselkedését a sűrűség és a szigetelőanyag vastagága határozza meg. A szálal szigetelőanyagoknál a szál finomsága és iránya meghatározó.

A szilárdságuk jellemzésére az alábbi paraméterek szolgálnak:

- nyomófeszültség,
- nyomószilárdság,
- hajlítószilárdság,
- rugalmassági együttható.

1.7. Méretstabilitás

A termékszabványokban a méretstabilitás tekintetében felhasználásfüggő követelményeket támasztanak azért, hogy a meghatározott hőmérsékletű és páratartalmú körülmények mellett,

ill. meghatározott nyomás- és hőmérsékleti igénybevétel mellett a mérettartás biztosított legyen. Hőmérsékletváltozás esetén visszafordítható hossz-, szélesség-, vastagságváltozások fordulnak elő. Ez nagyméretű szigetelőelemek esetén nyírófeszültség kialakulásához vezethet, amit a tervezésnél figyelembe kell venni.

1.8. Ellenálló képesség építőanyagokkal vagy szerkezetekkel szemben

A szigetelőanyagoknak a kivitelezési gyakorlatban előforduló igénybevételekkel és építőanyagokkal szemben ellenállóknak kell lenniük. Ezek rendszerint fizikai igénybevételeket jelentenek, pl. forró bitumennel történő leragasztás, forró közegek okozta hő behatások, vagy vegyi behatások alkalmával. Kémiai reakciók oldószertartalmú ragasztókkal, korrózióvédő festékekkel, vagy lágyítószert tartalmazó fóliákkal történő érintkezéskor fordulhatnak elő. A szigetelőanyag gyártójának a termékek fizikai és vegyi ellenálló képességére vonatkozó utasításait ezért be kell tartani. De fontos megvizsgálni a szigetelőanyagok által okozandó hatásokat is a szigetelési felületeken. (Pl. saválló acélvezeték szigetelése halogént tartalmazó műkaucsuk szigetelőanyagokkal: felületi korrózió lehetséges, amely akár a cső kilyukadásához is vezethet.)

Biatorbágy, 2009. szeptember 22.

Metz Rezső

