

Öregítés hatása a tükörfestékrétegek tapadására

Nagy Ákos – Hegman Norbert

Miskolci Egyetem, Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszék

Bevezetés

Régen tükörnek csiszolt ezüstlemezeket alkalmaztak, majd ezt felváltották az egyik oldalukon fémmel bevont üvegtáblák [1]. Eleinte az üveg bevonására leginkább ónfoncsort használtak, ezt napjainkra felváltotta az ezüst és más vékony fémrétegek kombinációja.

Kutatási témánk a Hunguard Glass Termelő Kft. által úsztatott síküvegre felvitt tükörrétegek mechanikai tulajdonságaival, elsősorban a rétegek adhéziós képességével foglalkozik.

Eddigi munkánk során vizsgáltuk az egyes bevonatok tapadását karcvizsgáló berendezéssel. Az adhéziót ebben az esetben a bevonat leválasztásához szükséges erővel jellemeztük (F_k – kritikus erő). Szintén a tapadás meghatározására próbálkoztunk rétegleszakításos módszerrel is, melynek lényege, hogy a bevonattal ellátott darabokat bevonatos felülettel egymáshoz ragasztottuk, majd szakítógéppel elszakítottuk. A szakadáskor mért erő és a leválasztott bevonat felületének ismertében kvalitatív információt kaphatunk a tapadásról.

Vizsgáltuk, hogyan változik a bevonat leválasztásá-

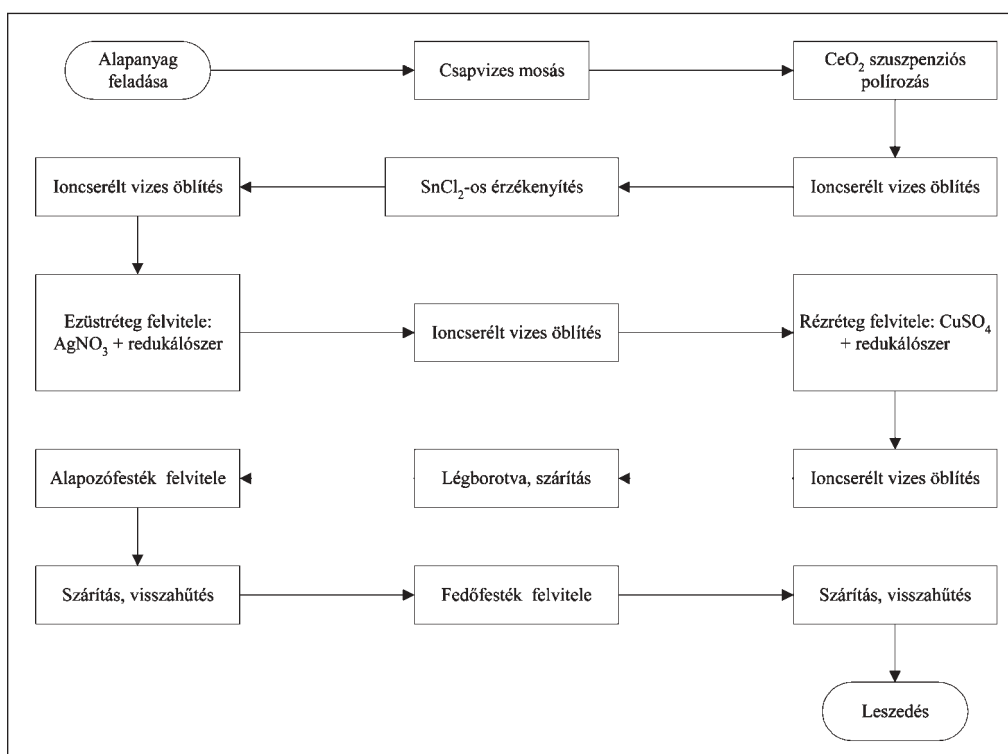
hoz szükséges erő (F_k) a festékrétegek számának növelésével. A vizsgált minták egy, kettő, három, illetve négy festékréteget tartalmaztak. A különböző számú rétegek leválasztásához szükséges kritikus erőértékek alkalmazásuk arra, hogy extrapolálással megbecsüljük a bevonat és a szubsztrát közt ébredő adhéziós erő nagyságát.

Jelenlegi munkánk során a festékrétegek öregítésének a tapadásra gyakorolt hatásait vizsgáltuk. A vizsgált minták elkészítését és öregítését az orosházi Hunguard Magyarország Kft. végezte el.

1. Kísérleti eljárás

1.1. Tükörgyártás, öregítés

A vizsgált tükörök alapanyagául szolgáló üveget „float glass” (úsztatott üveg) technológiával állítják elő. Az ilyen módon előállított üveg megfelel a tükörgyártás magasabb minőségi követelményeinek. A „float” eljárás legfontosabb előnyei: a magas automatizáltságú gyártási folyamat, az állandó termékminőség és a nagyfokú felületesség. A tükörgyártás lépései az 1. ábrán láthatók.



1. ábra. A tükörgyártás folyamatábrája

A mérésorozathoz tükörmintákat öregítettük kétféle öregítési módszerrel (SSP és CASS). A két módszer paramétereit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Az öregítő módszerek paramétereit

A teszt neve	Hőmérséklet	Atmoszféra	Idő ¹
SSP	35 °C	5%-os NaCl, telített páratartalom	480 óra
CASS	50 °C	5%-os NaCl, 0,1 g/l CuCl ₂ , pH = 3-3,5 (ecetsav), telített páratartalom	120 óra

¹Előírás szerint

1.2. Mérési módszerek

1.2.1. Karcvizsgálat

A bevonattal ellátott, összetett szerkezetek tönkremeneteli formáit vizsgálva nagyon gyakran találkozhatunk a réteg különböző mértékű berepedezésével, feltöredezésével, lepattogzásával, leválásával [2]. Mivel az alkalmazott bevonatok jelentősen növelhetik az egyes alkatrészek élettartamát, javíthatják felhasználási funkcióit, ezért a bevonat és a szubsztrát között kialakuló adhéziós kötés erőssége döntő fontosságú. Az adhéziós kötés erősségét a réteg leválását előidéző erővel jellemezzük.

A mérés elve a következő: növekvő vagy állandó erővel a vizsgálandó felületbe nyomunk egy szűrőszerszámot (általában egy *Rockwell C* keménységmérő gyémánt szűrőszerszámát, 200 µm lekerekítési sugarú hegygel), miközben a próbatest és a szűrőszerszám folyamatosan, lineárisan elmozdul egymáshoz képest.

A vizsgálat eredményeként az adhéziós kötés kvantitatív jellemzőjeként azt a kritikus erőt (F_k) határozhatjuk meg, amely valamilyen, jól definiálható károsodási mértéket – többnyire a bevonat leválását – idéz elő. A kritikus tönkremenetel valamilyen fizikai tulajdonságváltozással jár, pl. jól detektálható a súrlódási viszonyok változásának regisztrálásával, ezért a korszerűbb karcvizsgáló berendezéseket a súrlódási együttható mérésére alkalmas műszerekkel látják el. A növekvő terhelőerővel végzett mérések állandó terhelőerővel végzett mérésekkel ellenőrizhetők és pontosíthatók.

2. Mérési eredmények

2.1. A mintadarabok előállítása

Az SSP és CASS teszteket a tükörrétegek vegyi állékonyosságának ellenőrzésére használják. Az előírt ideig (1. táblázat) végzett mérések kb. 50 év használatnak felelnek meg. A minták elkészítésénél az öregítés időtartamát változtattuk, minden más paraméter azonos volt. A mintadarabok paramétereit a 2. táblázat tartalmazza.

A mintadarabok paramétereit

SSP teszt		CASS teszt	
A minta jele	Az öregítés időtartama, óra	A minta jele	Az öregítés időtartama, óra
MS1	48	MC1	12
MS2	96	MC2	24
MS3	144	MC3	36
MS4	192	MC4	48
MS5	240	MC5	60
MS6	288	MC6	72
MS7	336	MC7	84
MS8	384	MC8	96
MS9	432	MC9	108
MS10	480 (szabvány)	MC10	120 (szabvány)
MS11	528	MC11	132
MS12	576	MC12	144
MS13	624	MC13	156
MS14	672	MC14	168
MS15	720	MC15	180
MS16	768	MC16	192

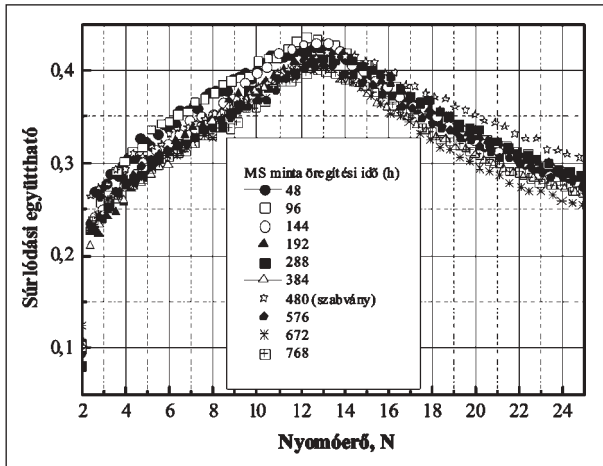
2.2. Karcvizsgálat

Az öregítés tapadásra gyakorolt hatásait karcvizsgálattal vizsgáltuk. A karcvizsgálatot a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén található SP-15 típusú karc- és koptatásvizsgáló berendezéssel, valamint a Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszéken található ST-200-as karcvizsgáló berendezéssel végeztük el. A vizsgálat során a berendezéshez kapcsolt adatgyűjtő PC segítségével detektáltuk a nyomóerőt, a karctű által megtett utat és a számolt súrlódási együtthatót.

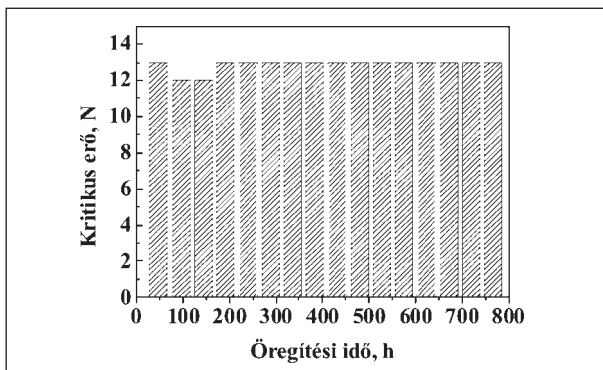
A bevonat tapadására jellemző kritikus erő meghatározásához minden egyes darabon 5-5 karcot készítettünk kis terhelőerő-tartományban, melyek alapján a festékrétegek leválását okozó kritikus erő értékét határoztuk meg.

Az elmentett adatsorokból táblázatkezelő program segítségével nyomóerő-súrlódási együttható diagramokat rajzoltunk. Az egy mintán, azonos terhelőerővel készített karcok adatsorait egyesítettük, így módon egyfajta átlagos súrlódási együttható-diagramot kaptunk. A diagramok kiértékelésének megkönnyítése érdekében a kapott görbéket simítottuk. A bevonat leválását minden darab esetén a súrlódási együttható görbe maximuma jelzi, melyet optikai megfigyelés alapján előzetesen ellenőriztünk.

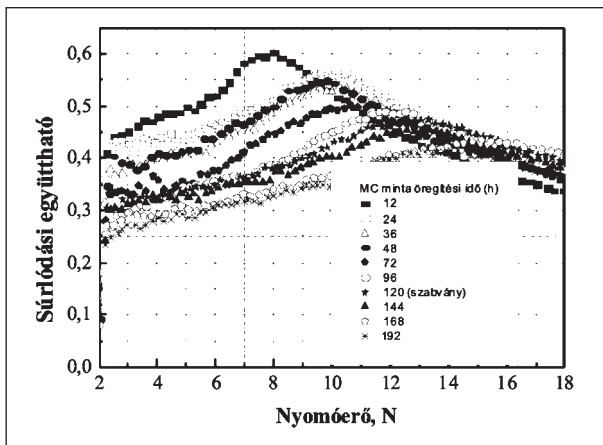
A minták kritikuserő-értékei alapján megállapítható, hogy míg az SSP teszttel öregített minták esetén a festékrétegek leválasztásához közel azonos erőre volt szükség az öregítési időtől függetlenül (2-3. ábra), addig a CASS teszttel öregített minták kritikuserő-értékei növekvő tendenciát mutatnak, míg a súrlódási együttható-értékek csökkentek (4-5. ábra). A 2. táblázatban szerepelnek az ábrákon szereplő mérésekhez tartozó öregítési időtartamok.



2. ábra. Az MS jelű minták nyomóerő-súrlódási együttható diagramja



3. ábra. Az MS jelű minták kritikuserő-értékei az öregítési idő függvényében

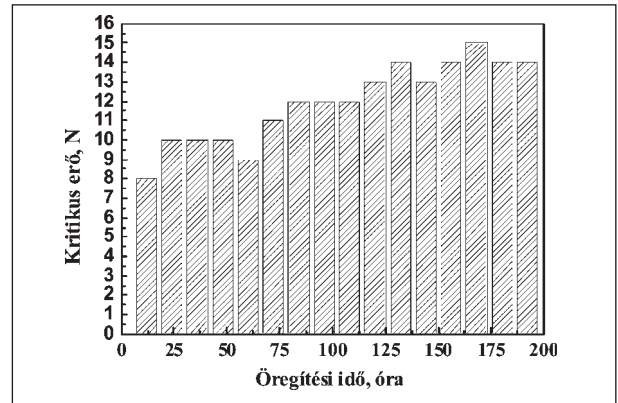


4. ábra. Az MC jelű minták nyomóerő-súrlódási együttható diagramja

A CASS teszttel öregített minták esetén kiszámítottuk a súrlódási erőt, melyet a karctű által megtett út szerint integrálva a bevonat leválásáig, megkaptuk a bevonat leválasztásához szükséges munkát.

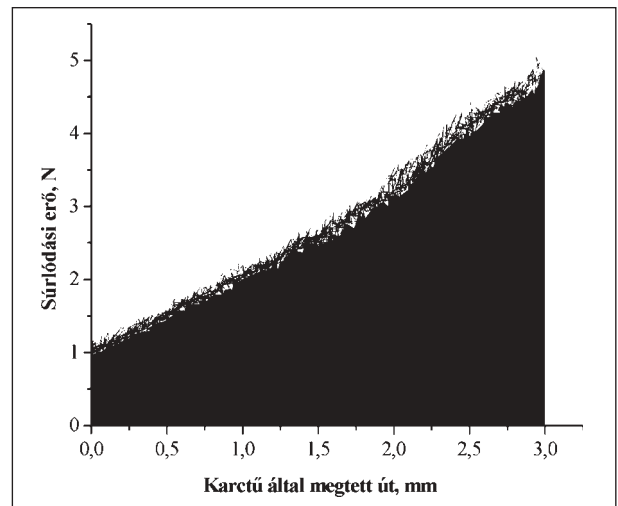
A súrlódási erőt a súrlódási együttható és a nyomóerő ismeretében a következő képlettel számoltuk ki:

$$F_s = \mu \cdot F_n, \quad (1)$$



5. ábra. Az MC jelű minták kritikuserő-értékei az öregítési idő függvényében

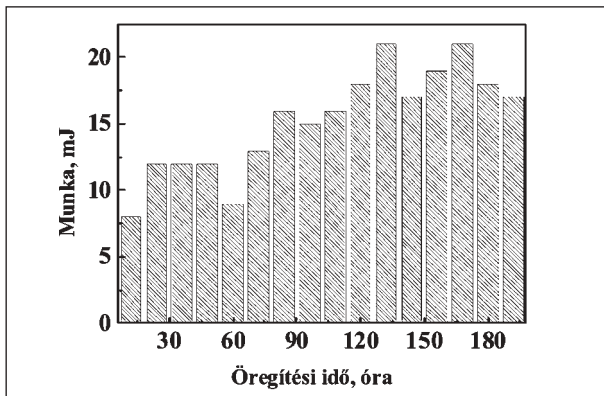
ahol F_s a súrlódási erő, μ a súrlódási együttható és F_n a nyomó- vagy normálerő. A fenti módon kiszámított súrlódási erőt ábrázoltuk a karctű által megtett út függvényében. Az így kapott diagramokra a 6. ábrán láthatunk egy példát.



6. ábra. A festékréteg leválasztásához szükséges munka az MC1 jelű mintán

A karctű által megtett út ebben az esetben a bevonat leválásáig megtett utat jelenti. A görbe alatti terület megadja a bevonat leválasztásához szükséges munkát. A 7. ábrán az MC jelű minták közös diagramja látható, melyen a bevonatok leválasztásához szükséges munkát ábrázoltuk az öregítési idő függvényében. Látható, hogy a bevonat leválasztásához szükséges munka is növekvő tendenciát mutat, hasonlóan a kritikuserő-értékekhez (5. ábra).

A bevonat leválását okozó erőértékek növekedésének megértéséhez pontosítani kell a kritikus erő fogalmát. Korábbi munkáink során vizsgáltunk, hogyan változik a bevonat leválasztásához szükséges erő (F_k) a festékrétegek számának növelésével [3]. A vizsgált minták egy, kettő, három, illetve négy festékréteget tartalmaztak. A festékrétegek leválasztásához szükséges erőértékeket a 3. táblázat tartalmazza.



7. ábra. A festékrétegek leválasztásához szükséges munka az MC jelű mintákon

3. táblázat

A festékrétegek leválasztásához szükséges kritikus erő-értékek

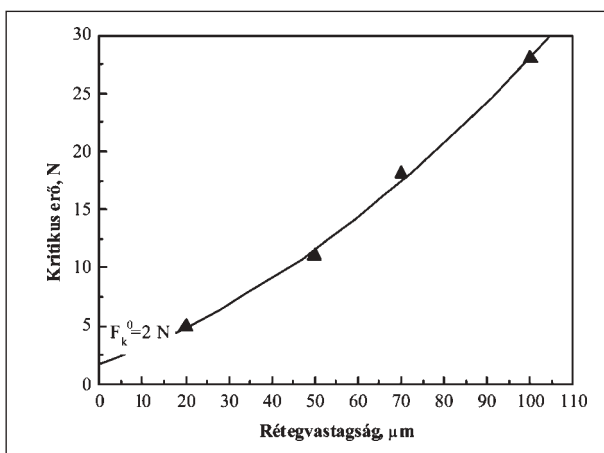
A minta jele	Bevonat ¹	Kritikus erő, N
A	alapozófesték	5
A-F	alapozófesték – fedőfesték	11
A-F-A	alapozófesték – fedőfesték – alapozófesték	18
A-F-A-F	alapozófesték – fedőfesték – alapozófesték – fedőfesték	28

¹A fémrétegeken kívül

A különböző számú rétegek leválasztásához szükséges kritikus erő-értékek alkalmasak arra, hogy extrapolálással megbecsüljük a festékréteg és a szubsztrát közt ébredő adhéziós erő nagyságát. Az extrapolációhoz a kapott kritikus erő-értékeket ábrázoltuk a rétegvastagság függvényében (8. ábra), felhasználva, hogy az alapozófesték vastagsága 20 µm, a fedőfestéké pedig 30 µm a gyári előírás szerint.

Az extrapoláció alapján a kritikus erőt két komponensre bontottuk fel:

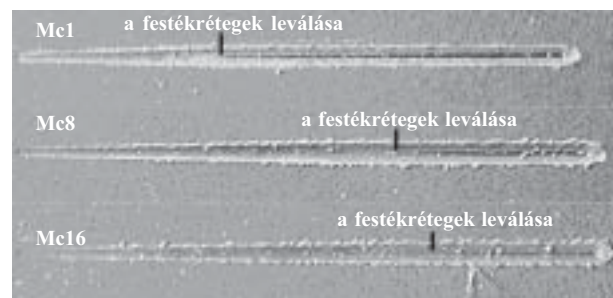
$$F_k = F_k^0 + F_f, \quad (2)$$



8. ábra. A festékrétegek kritikus erő-értékeinek rétegvastagság-függése

ahol F_k a mért kritikus erő, F_k^0 (értéke: kb. 2 N) a festékréteg és a szubsztrát közt ébredő adhéziós erő és F_f a festékréteg „átszakításához” szükséges erő.

Ezek alapján belátható, hogy az F_k^0 a rétegvastagságtól függetlenül állandó, különbség csak a festékréteg átszakításához szükséges erőben van, tehát az F_f értéke változhat különböző mértékben a két teszt esetén az öregítési idő függvényében. Ez a változás az SSP teszt esetén nem mérhető – esetleg nincs is, míg a CASS tesztnél az öregítési idő növelésével az F_f értéke növekvő tendenciát mutatott. A 9. ábrán – növekvő öregítési idők szerint – az MC1, az MC8 és az MC16 minták egy-egy karcnyoma látható azonos méretarányban.



9. ábra. MC1, MC8 és MC16 jelű minták karcnyomai

Az ábrán jól látható a bevonat leválása az egyes darabokon. Megfigyelhető, hogy ez a karc kezdetétől egyre távolabb következett be az öregítési idő növekedésével. Ez megerősíti a mért kritikus erő-értékek helyességét.

Egy másik érdekes jelenség is megfigyelhető a karcnyomokon. A karcok minden darabon azonos beállításokkal készültek, a hosszuk mégsem egyforma. A berendezés a beállított maximális nyomóerőérték elérése után veszi le a terhelést a karctúról, tehát az öregítési idő növekedésével a karctú egyre hosszabb út alatt éri el a maximális nyomóerőértéket. Ennek az oka valószínűleg valamilyen, az öregítés hatására bekövetkező anyagszerkezeti változás a festékrétegben, amelynek hatására a réteg keményedik, és a karctú a beállított maximális erőértéket csak lassabban tudja elérni. Ez lehet az oka a kritikus erő-értékek növekedését okozó F_f értékek növekedésének is.

Összefoglalás

Jelenlegi vizsgálatainkkal a fémes tükörréteget védő polimer festékréteg öregítésének hatásait vizsgáltuk karcvizsgálattal. Két standard vegyi öregítési eljárást alkalmaztunk, ahol az öregítési időt mint paramétert változtattuk a standard idő alatt és felett széles időintervallumban, hogy megfigyelhessük az öregítési idő függvényében mutatkozó változási tendenciákat. Az öregedés hatását a bevonat leválást okozó kritikus erő-értékekkel jellemeztük. Optikai megfigyeléssel megerősítve azt tapasztaltuk, hogy a kritikus erő helye megegyezik a sűrűlási együttható maximumának helyével. A két öregítési el-

járás közül a drasztikusabb CASS teszt kimutatható kritikus-erő-növekedést és csökkenő sűrűlódásiegyüttható-értékeket mutatott az öregítési idő függvényében. Az SSP teszt karcvizsgálati eredményei csak minimális sűrűlódásiegyüttható-csökkenést mutattak ki. A CASS öregítés után valószínűleg valamilyen degradációs változás lép fel, ami nem mutat telítési jelenséget az általunk vizsgált időintervallumban.

A CASS teszt esetén kiszámoltuk a festékréteg leválásáig befektetett sűrűlódási munkát, melyek szintén növekvő tendenciát mutattak az öregítési idő függvényében. Az öregedés mechanikai tulajdonságokban megjelenő hatása valószínűsíthetően az, hogy a réteg keményedik, és a karcú a beállított maximális erőértéket csak lassabban tudja elérni. Az öregítés anyagszerkezetre gyakorolt hatását a festékrétegekből vett minták DSC mérésein keresztül tervezzük nyomon követni.

Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a Hunguard Glass Termelő Kft.-nek a mintadarabok biztosításáért, az MeAKKK anyagi- és az OTKA M36330 és M041536 műszeres támogatásáért, valamint a Mechanikai Technológiai Tanszéknek a karcvizsgálat elvégzésében nyújtott segítségért.

Irodalom

- [1] <http://www.mek.iif.hu/porta/szint/egyeb/lexikon/pallas/html/102/pc010295.html#6>
- [2] *Kocsisné dr. Baán Mária:* Bevonatok adhéziós kötés-erősségének vizsgálata, Oktatási segédlet, TEMPUS 8066/1998. (1-7 o.)
- [3] *Nagy Ákos – dr. Hegman Norbert:* MeAKKK szakmai (rész)jelentés, 2. év/1. félév, 2003. 12. old.

* * *

KÖNYVISMERTETÉS

P. NAGY JÓZSEF:

A HANGSZIGETELÉS ELMÉLETE ÉS GYAKORLATA
Akadémiai Kiadó, Budapest, 2004.

2004 nyarán egy régóta várt munka megjelenésével gazdagodott a hazai akusztikai szakirodalom. A 305 oldalas, A4 formátumú könyv szerzője az épületakusztika jól ismert, akadémiai szinten is elismert művelője. A szerző gyakorlati, tervezési tevékenysége kiemelkedő, de hosszú esztendőket töltött el a tématerület kutatása és oktatása terén is. Jelen mű jól tükrözi ezen háromirányú tevékenységnek: a kutatásnak, az oktatásnak és a gyakorlati tervezésnek az egységét. Ez a nagy volumenű, didaktikailag gondosan szerkesztett munka az épületakusztika alapvetően fontos kutatási eredményeire alapozva korszerű ismereteket nyújt a gyakorlati szakemberek számára.

A könyv egyes fejezeteinek ismertetése előtt a Bevezetés azért érdemel említést, mert abban rövid áttekintést kapunk az épületakusztika kialakulásáról és hazai helyzetéről, sikerekről és kudarcokról egyaránt. Ezt követő két fejezet azon fontos rezgéstani (2. fejezet) és akusztikai (3. fejezet) alapokkal foglalkozik, amelyek ismerete nélkülözhetetlen az építészeti hangszigetelés terén. Mindkét fejezet kitűnő arányérzékről tanúskodik, a szerző – szakmai igényességét nem feladva – csak annyit ad az elméletből, amennyi a továbbiakban feltétlenül szükséges a hangszigetelési kérdések megértéséhez, illetve tárgyalásához. Hasonlóan alapozó jellegűnek tekinthetjük a „Hangérezet, hangosság, zajosság” c. 3. fejezetet is. Említésre méltó, hogy már ezen alapozó fejezetekben is számos gyakorlati példát találunk, amelyeket a szerző az

elméleti fogalmak jobb megértése érdekében dolgozott ki. Az épületakusztika elméleti és gyakorlati kérdéseit az ezt követő hat, igen bő fejezet tárgyalja kb. 200 oldal terjedelemben. Az 5. és 6. fejezet a zárt terekben történő hangterjedéssel, illetve a hangelnyelő burkolatokkal foglalkozik. Mindkét fejezet a teremakusztikával és a zajcsökkentéssel foglalkozók számára is alapvetően fontos ismereteket tartalmaz. A 7. fejezet tárgya „Az épületen belüli hangszigetelés vizsgálata, értékelése és követelményei”, majd ezt követi logikus rendben a léghangszigetelés (8. fejezet) és a lépéshang-szigetelés (9. fejezet) tárgyalása. Az utolsó, 10. fejezet az épületszerkezetek, épületek és építési rendszerek tulajdonságaival ismerteti meg az olvasót. Az Irodalomjegyzék 201 hivatkozott szakirodalmi forrás adatait tartalmazza, a nagyszámú hivatkozás különösen hasznos lehet a témában elmélyülni kívánók számára. A munkát részletes Tárgymutató zárja. A könyv gazdagon illusztrált, az esztétikus és gondosan tervezett ábrák jól segítik a szöveg megértését.

P. Nagy József munkája fontos mérföldkő a hazai épületakusztika fejlődésében. A könyvet különös haszonnal forgathatják mindazok, akik az építészeti hangszigetelés gyakorlatával foglalkoznak, de fontos szakirodalmi forrásul szolgál a szakterület kutatóinak is. A gondos didaktikus felépítésnek köszönhetően a munka értékes lehet a szakirányú egyetemi oktatásban és továbbképzésben is. A könyv egyes részeit érdemes továbbá átolvasni mindazoknak, akik munkájuk során szembekerülhetnek hangszigetelési kérdésekkel (pl. tervezők, kivitelezők, anyaggyártók, ingatlanforgalmazók, hatóságok stb.). A könyvnek méltán van helye nemcsak a könyvtárak, de a tématerületen dolgozó valamennyi szakember könyvespolcán.

Pritz Tamás,
az MTA doktora