

## 1.3 Ragasztórétegek, bevonatok új műszeres vizsgálati módszerei

*Tárgyszavak: anyagvizsgálat; ragasztóréteg; bevonat; rezgés; fárasztás; in situ; online; hiszterézis; infravörös érintésmentes vizsgálat.*

### Ragasztások vizsgálata vibrációs módszerrel

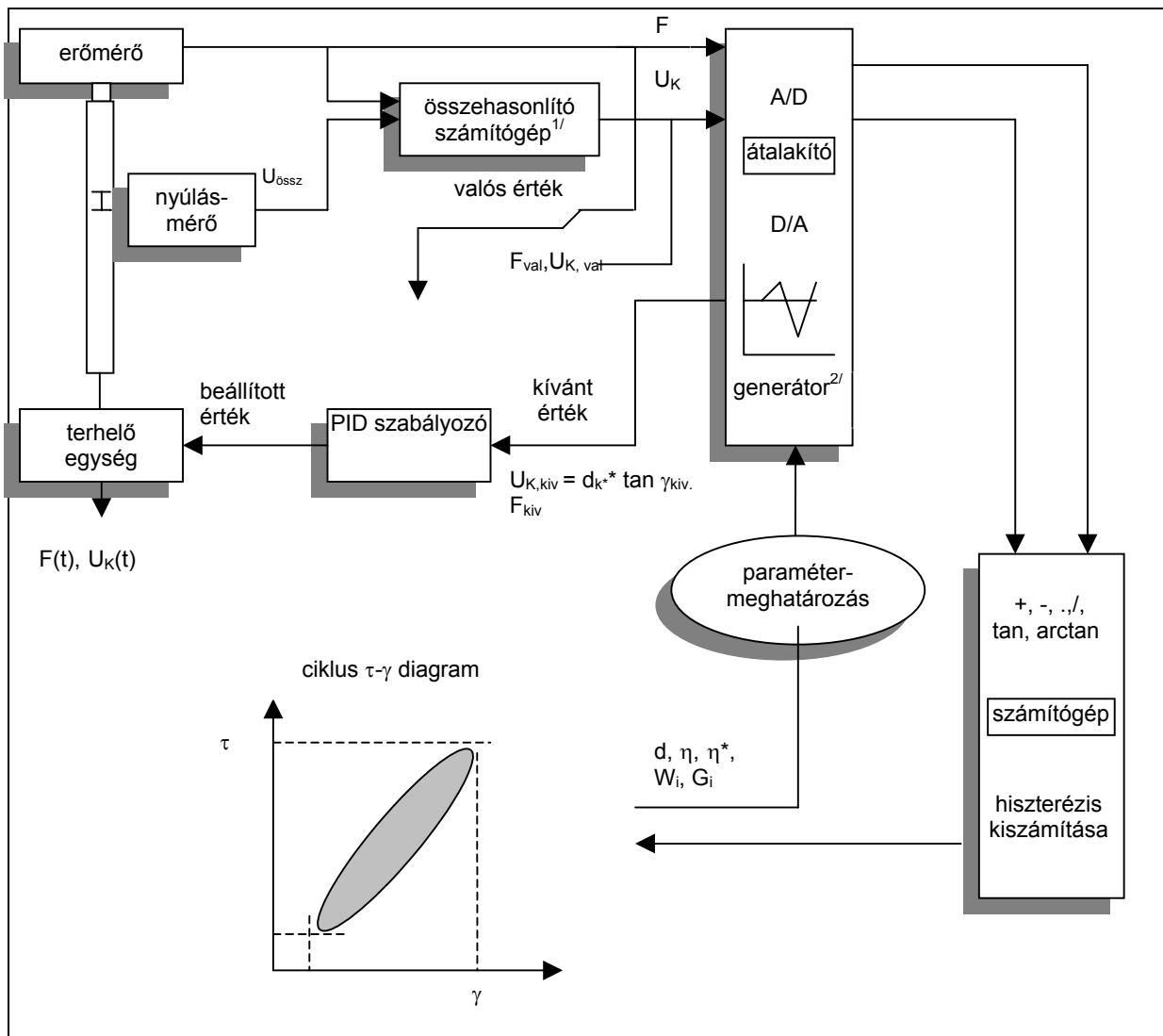
A ragasztást mint kötési módszert gyakran alkalmazzák az autóiparban és a vasúti járművek építésében, eddig mégis nagyrészt hiányoztak az olyan gyakorlati kísérleti módszerek, amelyek rezgési vagy az alkalmazási körülményekhez hasonló igénybevétel mellett határozták volna meg a ragasztott kötés szilárdságát. A rezgés mellett igénybe vett alkatrészek élettartamát gyakran törésmechanikai módszerekkel próbálják megbecsülni. Az ilyen módszerek végeelem-módszerrel (FEM) való számítása azonban jóval nehezebb, mint a kontinuummechanikai megközelítés.

A ragasztott kötések fáradásos tönkremenetelének vizsgálatára a hiszterézismódszert alkalmazzák, ahol a nyíró igénybevétel és deformáció összefüggését vizsgálják úgy, hogy korrekcióba veszik az illesztett darabok alakját. A vizsgálatot több lépésben végzik, és a bekövetkező eseményektől teszik függővé (visszacsatolás). Az in situ ragasztójellemzők meghatározására lépcsős, úgynevezett „vastag” húzó-nyíró próbatesteket alakítanak ki acélból, amelyek geometriája függ attól is, hogy nagy szilárdságú vagy lágyabb ragasztóanyagról van szó. A rezgési próbát szervohidraulikus mérőberendezéssel végzik. A mért erőt és deformációértékeket külső erősítővel nagyítják fel. Az elmozdulást nem a dugattyún magán, hanem nyúlásmérővel a próbatesten mérik. A mérő-vezérlő-szabályzó rendszer felépítését az 1. ábra mutatja. A kiszámított hiszterézisadatok alapján a berendezés magának állítja be az optimális erőt és deformációt.

### *A vizsgálat módszertana*

A húzó üzemmódban kifejtett rezgési igénybevétel során mérhető szilárdság a legalkalmasabb az egyszerűen átlapolt ragasztott kötések tartósságának megállapítására. Annak érdekében, hogy elkerüljék a sebességfüggő hatásokat, minden műanyagnál azonos terhelési és tehermentesítési sebességet

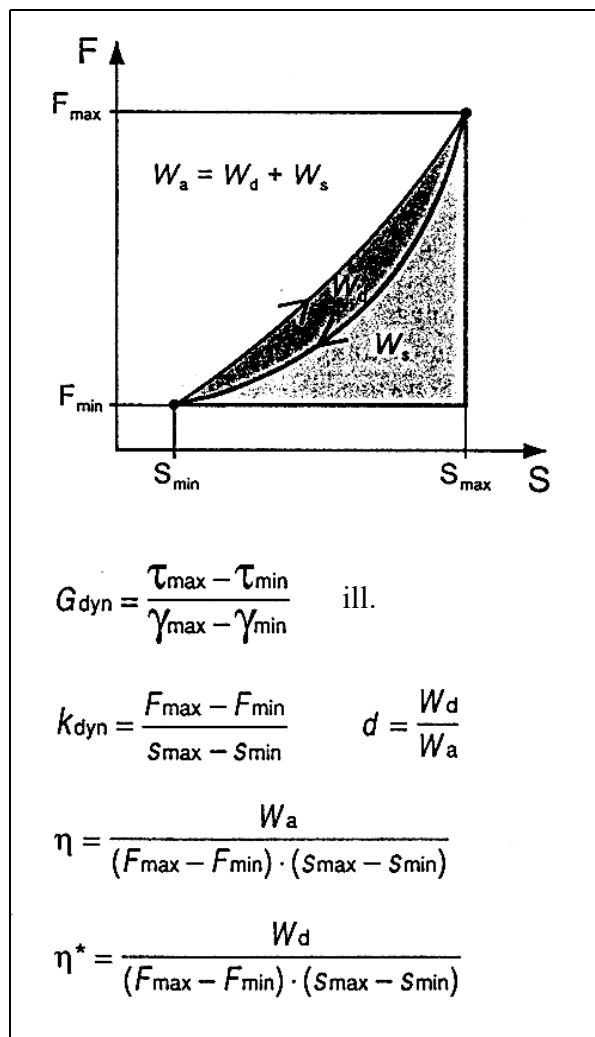
alkalmaznak. A terhelést és tehermentesítést háromszöghullám-szerű programmal végzik. Itt a szinuszhullámmal ellentétben ismerik a meredekségeket, ezért egy lépcsőzetes kísérletben egy cikluson belül is változtatni lehet a terhelési szintet. A szokásos kísérletekben szokásos merev változtatásokkal szemben itt lehetőség nyílik arra, hogy néhány hiszterézisciklust megvizsgálva szükség szerint változtassák a kísérlet paramétereit, vagy változatlan paraméterekkel folytassák azt. A változás mértékét az aktuális deformáció határozza meg. Ez a visszacsatolós mérési módszer az eddig szokásos fárasztási mérések továbbfejlesztése, ahol a kísérlet folyamán figyelembe lehet venni a szerkezeti anyag változásait.



1. ábra A rezgés hatására létrejövő hiszterézist vizsgáló rendszer vázlata. (<sup>1/</sup>Összehasonlítás „vakpróba” alapján, <sup>2/</sup> a kívánt értéket előállító generátor.)

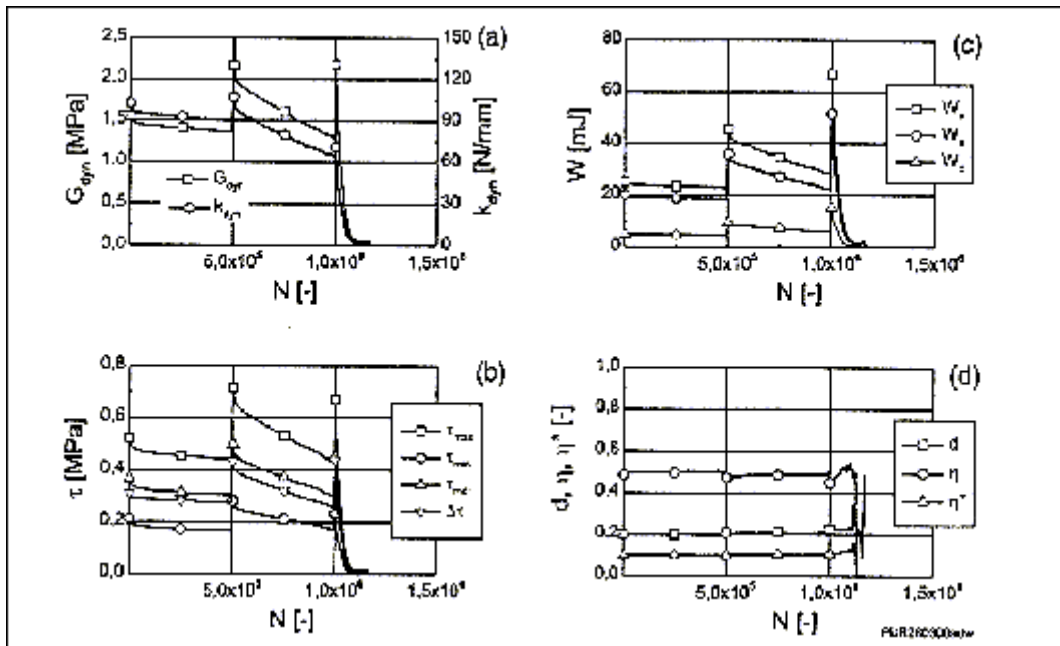
A fárasztási kísérlet során egyidejűleg mérik a deformációhoz szükséges erőt és a deformáció mértékét. Az anyag viszkoelasztikus/viszkoplasztikus tu

lajdonságai miatt a terhelés ill. tehermentesítés során hiszterézis lép fel (2. ábra). A hiszterézis valós idejű kiértékelése lehetővé teszi a tárolt és disszipált energia, továbbá a hiszterézisre jellemző paraméterek kiszámítását, valamint a merekség megváltozását, amely közvetlenül jellemzi a terhelés hatására bekövetkező károsodás mértékét. A terhelési görbe alatti terület az elnyelt energiát ( $W_a$ ), a tehermentesítési görbe alatti terület a tárolt energiát ( $W_s$ ), a hiszterézis-hurok területe pedig a disszipált energiát ( $W_d$ ) mutatja. A veszteségi tényező,  $d$  az anyag plasztikus vagy viszkoplasztikus viselkedésének mértékét írja le. A jósági tényező ( $\eta$ ) az energiaelnyelés mértékét és módját írja le, amennyiben egy ideális anyagnál nem lépne fel görbület, és nem lenne különbség a terhelési és a tehermentesítési görbék lefutása között. Ha az effektív jósági tényező ( $\eta^*$ ) 1 lenne, akkor a csillapodást csak a hiszterézis-veszteség okozná.



2. ábra A hiszterézisciklus kialakulásának vázlata.

( $G_{dyn}$  dinamikus nyírómodulus,  $\tau$  nyírófeszültség,  $\gamma$  deformáció,  $k_{dyn}$  dinamikus merevség,  $F$  erő,  $s$  elmozdulás,  $d$  veszteségi tényező,  $W_d$  disszipált energia,  $W_a$  elnyelt energia,  $W_s$  tárolt energia,  $\eta$  jósági tényező)

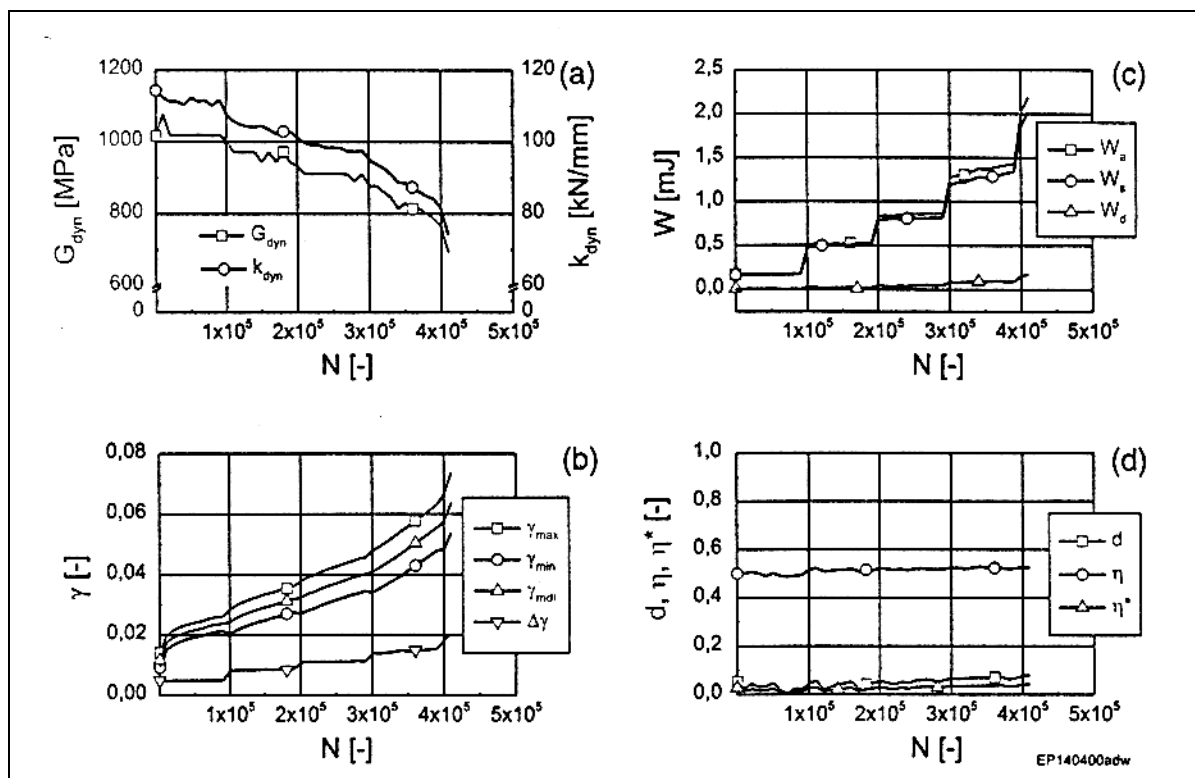


3. ábra Poliuretánelasztomer ragasztó szabályozott sebességű deformációval végzett fárasztási vizsgálatok során mért tulajdonságai

#### Mérési eredmények és értékelésük

A szokásos Wöhler módszer mellett szabályozott sebességű deformációval több fokozatú fárasztási vizsgálatokat végeztek kis modulusú egykomponensű poliuretánragasztóval. Valamennyi terhelési szinten  $5 \times 10^5$  ciklust alkalmaztak. Az eredményeket a 3. ábra foglalja össze. Az erős fokozati különbségek ellenére a 3/d ábrán látható hiszterézisjellemzők meglehetősen állandók maradnak. Ez azt bizonyítja, hogy az elasztomerjellegű poliuretánragasztóknál a mérhető jellemzők viszonylag kevésbé függenek az igénybevétel mértékétől. A dinamikusan nyírómódulus ( $G_{dyn}$ ) és a dinamikusan merevség ( $k_{dyn}$ ) elég élesen változnak, különösen akkor, amikor új deformációs szintre térnek át a kísérletekben. Ez a kötés fokozatos felbomlásáról tanúskodik a repedésképződés és -növekedés miatt.

A 4. ábrán egy merev, epoxigyanta-típusú ragasztó szabályozott erővel végzett visszacsatolásos fárasztási vizsgálatának eredményei láthatók. Az átlagos dinamikusan merevséget  $10^5$  ciklusra számítják ki, mert ennek alapján térnek át (ha szükséges) az új terhelési szintre. Változtatásra akkor került volna sor, ha az érték legalább 20%-kal változott volna, de mint azt a 4/a ábra mutatja, ilyen mértékű csökkenést nem észleltek. Az anyag mechanikai tulajdonságainak romlása kisebb mértékű volt a vártnál. Ezért aztán minden  $10^5$  ciklus után automatikusan növelték a terhelés mértékét, aminek eredményeként ciklikus kúszás lépett fel (4/b ábra).



4. ábra Epoxiragasztó szabályozott erővel végzett fárasztási vizsgálataiban mért mechanikai hiszterézisjellemzők, energiaértékek, nyírófeszültségek

### A módszer lehetőségei

A hiszterézismódszer segítségével a ragasztott kötések ciklikus nyírómodulus-deformáció görbéit a felhasználó által kiválasztott körülmények között, kontrollált módon lehet vizsgálni. Ezzel a módszerrel olyan adatokat lehet nyerni a ragasztókról, amelyek tömbszerű műanyagokra vonatkozóan eddig is rutinszerűen mérhetők voltak. A visszacsatolós mérési módszer lehetővé teszi, hogy érzékenyebben igazítsák hozzá a terhelés változtatásának idejét és módját az adott anyagi rendszer viselkedéséhez. A dinamikus nyírómodulus és a merevség érzékenyebben reagál a ragasztás változására, mint maguk a hiszterézisjellemzők.

### Bevonatok érintésmentes vizsgálata a készítés során

Egy új online IR mérőrendszerrel (jele IG710; gyártja NDC Infrared Engineering cég) a korábbinál pontosabban végezhető el a bevonatok és fóliák vastagságának vagy a nedvességtartalomnak az érintésmentes vizsgálata. Ez jól hasznosítható pl. a papír vagy más csomagolóanyagok gyártásában.

Könnyen meghatározható általa pl. a záróréteg vastagsága koextrudált fóliákon vagy a bevonatok kémiai elváltozása a bevonat felhordása után. Az új érzékelőkkel a mérés 7,65 ms alatt végezhető el, ami kb. 10-szer gyorsabb, mint a hagyományos NIR (közeli infravörös) módszerek sebessége. Ez lehetővé teszi, hogy sokkal több adatot vegyenek fel, nagyobb felbontással, ami csökkenti az esetleges hamis értékek hatását, és lehetővé teszi a jobb folyamatellenőrzést. A papír minőségének, vastagságának, fajlagos tömegének ingadozásai gyakorlatilag nincsenek hatással az eredményre. A méréshez nem szükséges leállítani a gyártósort, és az eredményre nincs hatással a környezetből beszűrődő fény, a hőmérséklet vagy a légnedvesség ingadozása. A mérőeszköz könnyen kapcsolható adatgyűjtő és kiértékelő számítógépekhez vagy folyamatszabályozó berendezésekhez.

**(Bánhegyiné Dr. Tóth Ágnes)**

Münch, M., Schlimmer, M.: Klebungen schwingend prüfen. = Kunststoffe, 91. k. 7. sz. 2001. p. 74–76.

Berührungsloses IR-Messsystem für Beschichtungsprozesse. = Kunststoffe, 91. k. 7. sz. 2001. p. 79.

## HÍREK

### **A legnagyobb átmérőjű CPVC cső**

A Harvel Plastics cégnél (Easton, PA) extrudálják egy év óta a világon a legnagyobb átmérőjű CPVC csöveket. A csövek átmérője 357 és 406 mm, falvastagságuk 19, illetve 21 mm. Papírgyárakban és vegyi üzemekben forró, korrozív oldatok szállítására használják őket.

A csövek gyártásakor a kihívást nem az átmérő jelentette, hanem az anyag nagy tömege. A Harvel cég már 10 évvel ezelőtt is gyártott 610 mm átmérőjű CPVC csövet, de az csak 6,3 mm vastag volt. Azt kellett megoldani, hogy a szerszámon áthaladó nagy anyagmennyiség ne égjen be vagy ne bomoljék le. A megfelelő anyagot, a Goodrich Corzan nevű CPVC-t a BF Goodrich Performance Materials céggel (Celveland) közösen folytatott hatéves kutatás eredményeképpen dolgozták ki.

*(Plastics Technology, 47. k. 6. sz. 2001. p. 16.)*

### **Csőrendszer tisztított szennyvíz újrahasznosításához**

Dél-Anglia egyik településében a tisztított szennyvizet klórozás után esővízzel keverik, és egy környezetkímélő épületegyüttesben a WC-k öblítésére

használják. Az újrahasznosított víz továbbítására 400 m hosszú, 90 mm átmérőjű ProFuse csövet fektettek le.

Az elektrofúziós hegesztéssel összeépíthető ProFuse csövek (gyártja az Uponor cég) külső felülete kopásálló, ezért nem sérül a szállítás és kiépítés alatt, és alkalmas az árok nélküli fektetésre. Könnyen kialakítható rajta megcsapolási pont, amikor lefejtik a külső réteget, és ráhegesztik az elvezető csonkot. Néhány pillanat alatt biztonságos, szivárgásmentes elágazást nyernek.

*(European Plastics News, 28. k. 7. sz. 2001. p. 38.)*

## **Házépítés előre gyártott elemekből**

A PDG Domus cég előre gyártott elemekből álló új házprototípusának kidolgozásában az Ashland Speciality Chemical cég működött közre. A magas műszaki szinten kivitelezett külső műanyag elemeket Modar 814 jelű hőre keményedő, halogénmentes, módosított akrilgyantából készítik. Ezzel a technológiával az első házat 1999 szeptemberében állították fel. A kerámia töltőanyaggal erősített gyanta nagyon tetszetős, jó a szigetelőképesége, nem igényel karbantartást és lángálló. A kerámia töltőanyag a fához, téglához, kőhöz hasonló felület kialakítását teszi lehetővé, amely soha nem igényel festést. A ház szerkezeti szilárdságát – a felhőkarcolókhoz hasonlóan – hegesztett acélváz adja.

A variációs lehetőségekkel a megrendelő igényeihez alkalmazkodnak, nem csak a fal külső felületével, hanem a különböző lakásbeosztásokkal is. A falanyagként használt Modular 814 szilárdsága kiváló, az anyag tűz esetén alig képez füstöt, és megfelelően lángálló annak ellenére, hogy nem tartalmaz halogéneket. A falakat és az acélszerkezetet ragasztással erősítik össze. A külső és a belső fal között kétkomponensű, lángálló PUR hab szigetelés van, amely szigetelésen kívül a panelek összeépítését is szolgálja. A lakók a házat beköltözhető állapotban, klasszikus külső és a modern belső berendezéssel együtt kapják meg.

*(Macplast International, 2001. 2. sz. máj. p. 80–81.)*