

Epoxigyantával ragasztott alumíniumkötések

Tárgyszavak: járműgyártás; epoxiragasztó; alumínium; felület-előkészítés; morfológia; érdességi index; repedési ellenállás.

A ragasztással rögzített alumíniumkötések egyre népszerűbbek a járműgyártásban, mert tömeg/szilárdság hányadosuk és gyárthatóságuk kedvezőbb, mint a szegecselt vagy hegesztett szerkezeteké. A ragasztás előtt azonban az alumíniumfelületet különböző előkezeléseknek vetik alá, amelyek az optimális felületi morfológia kialakításához szükségesek. Mivel a fém/ragasztó/fém szendvicsszerkezetek tönkremenetelét rendszerint a fém/ragasztó határfelületen terjedő repedések okozzák, érthető, hogy a határfelület morfológiája döntő szerepet játszik a repedési ellenállásban. A ragasztási szilárdság meghatározásához rendszerint derékszögű pálcákat (kettős konzolos tartó, double cantilever beam = DCB) használnak. A korábbi vizsgálatok azt mutatták, hogy a rideg gyantaragasztók törési energiája jóval kevésbé függ a ragasztóréteg vastagságától, mint a hőre lágyuló ragasztóké. Az is ismert, hogy a felület érdessége általában összefügg a ragasztott kötés szilárdságával, vagy a lefejtési szilárdsággal. Az alábbiakban egy *szisztematikus vizsgálat* eredményeit mutatjuk be, amelyek célja a felületi morfológia és a törési energia közti összefüggés megállapítása. Az illinoisi egyetemen (Urbana) azért esett a kutatók választása erre a geometriára, mert itt viszonylag egyszerű kiszámolni a határfelületi repedési ellenállást, könnyen ki lehet alakítani a stabil repedésterjedést, optikailag követni lehet a repedési frontot, és könnyű kialakítani az iniciáló repedést egy ék segítségével.

A minták jellemzői

A kísérletekhez egy 6061-es típusú alumíniumötvözetet és egy 3M gyártmányú epoxigyanta-alapú ragasztót (DP270) használtak. Az epoxigyanta nyomási rugalmassági modulusa 1132 MPa, Poisson hányadosa 0,4 volt. A gyártó a ragasztót acél, alumínium, műanyag, gumi, üveg ragasztására ajánlja, és a különböző anyagféleségekhez különféle felület-előkészítést javasol. Alumínium ragasztása előtt a lúgos zsírtalanítást, savas maratást, öblítést, szárítást, esetenként alapozó (primer) használatát tartja célszerűnek.

A kutatók a vizsgálatokhoz 2 és 4 mm vastag Al-lemezt használtak. A lemezek egyik felületét 1 µm szemcseméretű gyémántpasztával polírozták. A

felületi érdesség amplitúdója 75 nm volt. A lemezeket 55x5 mm-s téglalap alakú darabokra vágták. A polírozott felületeket különböző érdességű SiC dörzspapírokkal (60-as, 180-as, 320-as és 600-as) újrapolírozták. A polírozás iránya merőleges volt a repedésterjedés irányára. Összehasonlításként az eredeti, gyémánttal polírozott mintákat is megvizsgálták. Egy másik mintasorozatban a polírozott felületeket egy koaxiálisan forgó, tengely mentén mozgó elektrokémiai reaktorban oxidálták. Az alkalmazott feszültség függvényében (2,8; 5,8 és 9,6 V) a felületen egyenletesen eloszló, kb. 15, 25 és 40 nm méretű pórusok alakultak ki. A két mintacsoportban a felületkezelés módja mellett az alkalmazott fém vastagsága is különböző volt. A második mintacsoportban egy egyik oldalán finoman polírozott zafírmintát is használtak a repedési ellenállás alapvonalának megállapításához. Az alumínium próbatetek jelölését és a felületi érdességi indexet az 1. táblázat mutatja. A felületi érdességi index,

$$R = \frac{\Delta A}{A_0}$$

(ahol A_0 a kivetített felület, $\Delta A = A - A_0$ felületnövekmény). Az alumíniumminták felületére 2 mm vastag epoxiragasztót vittek fel, majd a minták szélét polírozták, hogy jól lehessen követni a repedés terjedését. A minták felületét profilométerrel vizsgálták a repedésterjedés irányában, 1000 μm hosszúságban. Az R értéket a $\Delta l/l_0$ értékből becsülték, ahol a felületek helyett a hosszúsági értékek szerepelnek. Az oxidált felületű mintákon atomerő-mikroszkópot is alkalmaztak a felületi morfológia jellemzésére. A kezdeti repedést pengével alakították ki, majd a lefejtést egy szerszámacélból készült ékkel végezték. A repedés hosszúságát optikai mikroszkóp segítségével állapították meg.

1. táblázat

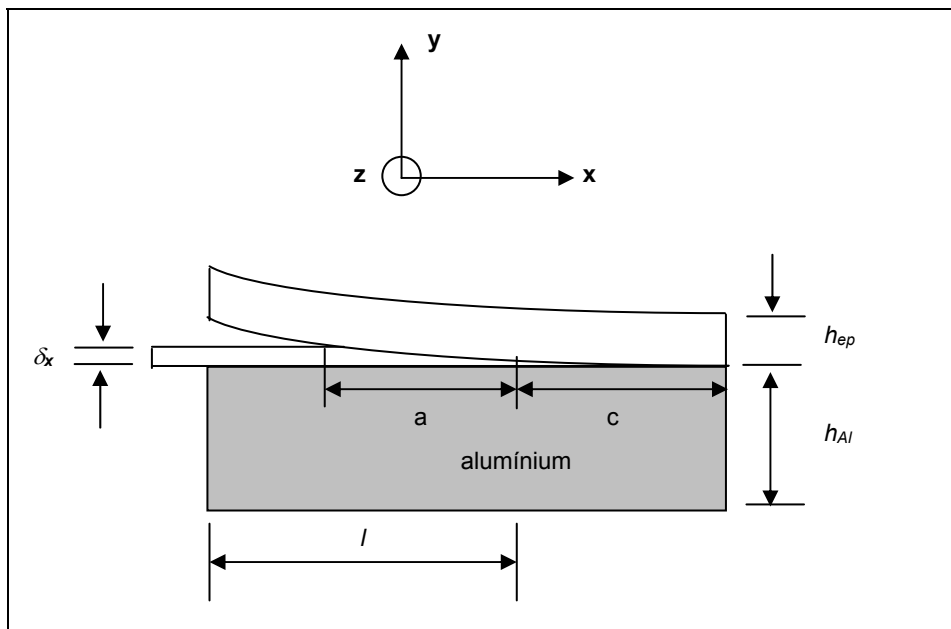
A repedésterjedési vizsgálatnál alkalmazott alumínium próbatetek felületi jellemzői (R definícióját lásd a szövegben).

Minta jelölése	Felületkezelés	Érdességi index (R)
SA-1	zafírfelület	$2,82 \times 10^{-7}$
O2-2	oxidált (2,8 V)	$4,69 \times 10^{-5}$
O5-3	oxidált (5,8)	$3,08 \times 10^{-5}$
O9-4	oxidált (9,6 V)	$6,11 \times 10^{-5}$
DP-5	1 μm polírozott	$3,89 \times 10^{-6}$
G600	600-as csiszolt	$4,79 \times 10^{-3}$
G320	320-as csiszolt	$2,90 \times 10^{-2}$
G180	180-as csiszolt	$2,87 \times 10^{-2}$
G60	60-as csiszolt	$5,84 \times 10^{-2}$

A határfelületi repedési ellenállást többféle elmélettel, különböző pontossággal lehet meghatározni. A legegyszerűbb konzolos modell szerint az energiafelszabadulási sebesség az alábbi képlet szerint számolható (E_{ep} a gyanta modulusa, a többi paraméter jelentése az 1. ábrán látható).

$$G = \frac{3}{8} E_{ep} \left(\frac{h_{ep}}{a} \right)^3 \frac{\delta_y^2}{a}$$

Az illesztendő paramétereket is tartalmazó, elasztikus alapot feltételező modell pontosabb közelítést ad, a legrészletesebb adatokat pedig véges-elemes számításokból lehet kapni. Az elasztikus alapmodell és a véges-elemes számítás gyakorlatilag megegyező eredményeket adott, és nagyobb repedés-hossznál az eredmények közelítettek az egyszerű modell által szolgáltatott eredményekhez. Számításokkal igazolták, hogy a súrlódási erő és az epoxigyanta zsugorodásából származó hibák elhanyagolhatók.

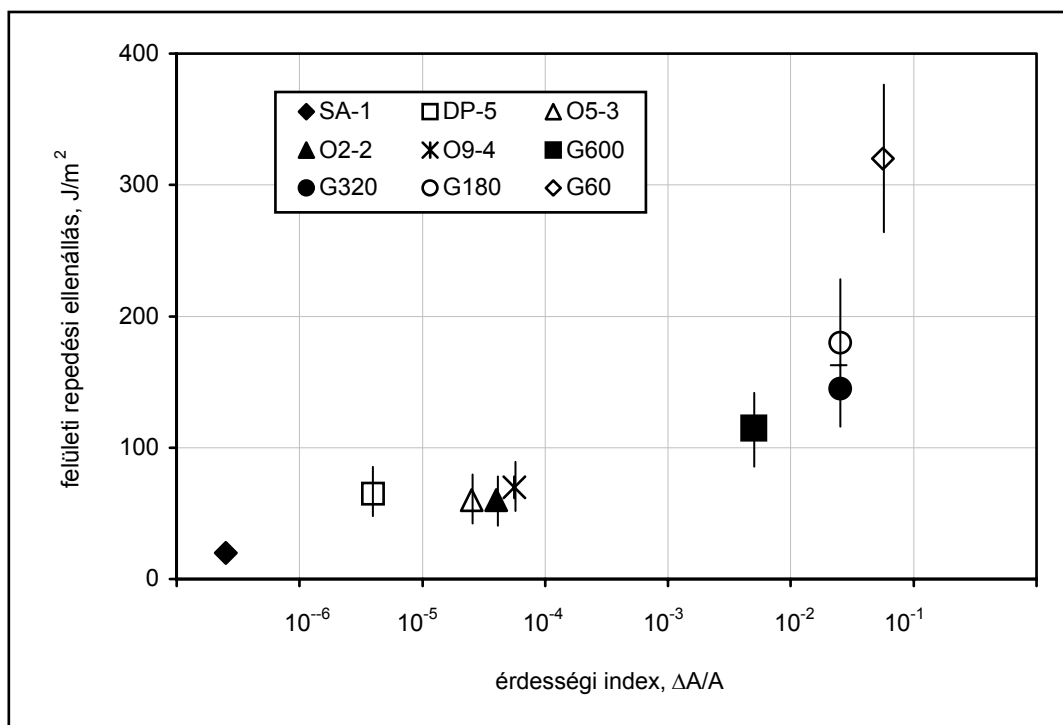


1. ábra A határfelületi repedési ellenállás mérésének vázlatja a kiértékeléshez használt paraméterek megjelölésével

A repedési ellenállás függése a felület morfológiájától

Az ék behatolásakor a leválás fokozatosan megy végbe. Először foltok válnak el, majd azok összeolvadnak a repedési fronttal, tehát a repedés mintegy „rángatódzva” terjed. Az „ugrások” nagysága függ a felület morfológiájától:

minél simább a felület, annál simábban terjed a repedés is. A sima alumínium-felületeken nem maradt epoxigyanta, a durvább felületeken azonban igen. Az energiafelszabadulási sebességek lényegében függetlenek voltak a repedés hosszától. A repedési ellenállásokat a (logaritmikusan ábrázolt) felületi érdességi index függvényében a 2. ábra mutatja. A legkisebb ellenállást a zafirmin-tán kialakított epoxigyanta-réteg tanúsította, ezt lehet mintegy az alumínium-mintákon végzett mérések referenciájának tekinteni. Ha a növekvő ellenállásért csak az alumínium/epoxigyanta határfelület nagysága lenne felelős, akkor az érdességi indexszel lineáris változás lenne várható, de nem csak erről van szó. A repedési zónák vizsgálata kimutatta, hogy még 250 μm -rel a repedési zóna mögött is vannak epoxiáthidalások, amelyek növelhetik az ellenállást. A durvább felület elősegíti azt, hogy a repedésterjedési módok keveredjenek, ami megint csak növeli az ellenállást.



2. ábra A határfelületi repedési ellenállás az érdességi index függvényében

A felületi érdességi adatokkal kapcsolatban azt is meg kell jegyezni, hogy a felület fraktálszerkezetű, tehát egy nagyobb felbontású módszerrel (pl. atomerő-mikroszkópia) nagyobb érdességi indexet lehetne mérni. A profilométeres vizsgálatok inkább a mikro- mint a nanoméretű érdességről adnak felvilágosítást. Erre utal az is, hogy a profilométeres vizsgálatok a háromféle oxidált felületre lényegében azonos érdességi indexet szolgáltatnak, holott az atomerő-mikroszkópos vizsgálatok szerint a nanométeres skálán határozottan különböző szerkezettel rendelkeznek. Ez azonban – nem meglepő módon

– nem jelentkezik a repedési ellenállás adataiban, amit ennél nagyobb érdeségi skála határoz meg.

Következtetések

A fenti példák is azt mutatják, hogy a *határfelületi jelenségek (adhézió, lefejtési szilárdság, repedésterjedési sebesség) megjóslása még a tömbszerű anyagok tulajdonságainak becslésénél is jóval nehezebb feladat, mert a részvevő anyagok komplexitása mellett figyelembe kell venni az érintkező határfelületek minőségét, geometriáját, a felületi és a tömbanyag tulajdonságainak eltérését, a lehetséges szennyezőket és a kémiai felületkezelések hatását is.* Ma ezen a területen még csak a hipotézisek ellenőrzésénél, az egyszerűsített modellek felállításánál tartanak, amelyeket a folytonos kísérletezésnek kell megerősítenie és kiegészítenie.

Dr. Bánhegyi György

Zhang, S.; Panat R.; Hsia, K.J.: Influence of surface morphology on the adhesion strength of epoxy-aluminum interfaces. = Journal of Adhesion Sciences and Technology, 17. k. 12. sz. 2003. p. 1685–1711.

3M – Scotch-Weld. Epoxy potting compound/adhesive – DP270 Clear and Black. A 3M cég termékismertetője. = <http://multimedia.mmm.com>, 2004. máj. 22.

Röviden...

Lámpatest szökőkutak megvilágítására

Egy műszaki termékeket gyártó cég, a **Wesco Fountains, Inc.**, (Nokomis, Fla.) *kertek és szökőkutak megvilágításához készít lámpatesteket*, amelyek száraz és nedves körülmények között is megfelelnek az Underwriters Laboratories mechanikai, ütésállósági és korrózióvédelmi követelményeinek.

A *WBD-100 jelű lámpatesteket* és a foglalatokat *Ryton* poli(fenilén-szulfid)-ból (PPS) (**CPChem** – Chevron Phillips Chemical Company LP gyártmánya) készítik. A PPS mind a hideg víznek, mind a medencékhez használatos vegyszereknek ellenáll, és kielégíti a legmagasabb fokú, 5VA fokozat lángállósági követelményeit. A WBD-100 lámpatest falvastagsága csak 1,8 mm, de 50 W-os halogénlámpához kábelezték, hogy a bokrokat, fákat kellő fénnel világítsák meg. Alkalmasak szökőkutak és vízesések díszítéséhez is.

A 40% üvegszállal erősített *Ryton PPS (R-402XT)* szilárdsága még az összecsapási vonalakon is teljesen kielégíti lámpatestekre vonatkozó előírásokat. A részlegesen kristályos anyag ömledékfolyását a számítógéppel tervezett szerszám segíti elő. A vízszigetelést az üveglencsét magába foglaló szilikon O-gyűrűvel oldják meg. A forgalomban lévő hasonló lámpákkal ellentét-

ben a WCD-100-as típus vízmélységtől függetlenül használható.

A Rytón alapanyag 260 °C-ig hőálló, ezért nem szükséges a lámpát hőkapcsolóval ellátni. Évek során sem repedezik, olvad meg, vagy törik el a lámpatest. Mivel mind a sós tengervíznek, mind a fokozott napfény UV-sugárzásának is ellenáll, különösen alkalmas tengerparti dekorációk készítésére.

További felvilágosítás: www.cpchem.com

(Plastics Engineering, 59. k. 11. sz. 2003. p. 12.)

Folyadékszintjelző PPA-ból

Több teherautó hűtőfolyadékának szintjét poliftálamidházba (PPA, gyártja Solvay Advanced Polymers) épített jelzőberendezés mutatja. A rozsdamentes acélérzékelőt az *Amodel AS 1933 HS*-ből készült házba fröccsöntéskor betétként rögzítik. A szintjelző általában a radiátor vagy a dilatációs edény falába fűrt lyukon keresztül nyúlik a hűtőfolyadékba, de a műanyag jó hőállósága miatt közvetlenül a radiátorba is beépíthető.

(European Plastics News, 31. k. 1. sz. 2004. p. 34.)