

Bazaltszál – az üvegszál vetélytársa

Deák Tamás PhD-hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Polimertechnika Tanszék

A kompozitokat és erősítőanyagokat gyártó cégek egyre nagyobb mértékben érdeklődnek a folytonos bazaltszálak iránt. A bazaltszál számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik az üvegszálhoz képest, így például nagyobb a szilárdsága, a vegyszerállósága és a hőállósága. Alapanyaga széleskörűen és olcsón elérhető. Az utóbbi években a gyártási kapacitások jelentős növekedésének és a részben ebből fakadó árcsökkenésnek köszönhetően egyre inkább elterjed az iparban. Az alábbiakban a bazaltszálak jellemzőiről és gyártástechnológiájáról olvashatnak rövid összefoglalót.

A bazalt

A bazalt igen gyakori, vulkanikus eredetű felszíni kőzet. Vegyi összetételét tekintve legfontosabb alkotóelemei a SiO_2 , az Al_2O_3 , a CaO , a MgO , a K_2O , a Na_2O , a TiO_2 , a Fe_2O_3 és a FeO . Kémiai összetétel szempontjából közeli rokonságban áll az üveggel. Az erősítőszálak gyártására használt E és S típusú üveggel való összehasonlítása az *1. táblázatban*, a bazaltban található kémiai elemek aránya pedig a *2. táblázatban* látható. A különböző oxidok lényegében egyetlen térhálós óriásmolekulává egyesülnek, elsődleges – kovalens és ionos – kötésekkel. Ezért a bazalt – az üveghez hasonlóan – egyfajta különleges polimernek tekinthető. A bazaltokat SiO_2 tartalmuk alapján három csoportra osztjuk: 42 %(m/m) SiO_2 alatt alkáli, 43–46 %(m/m) között közepesen savas, 46 %(m/m) fölött savas bazaltról beszélünk. A bazalt jobban ellenáll az erős lúgoknak, mint az üveg, de az erős savakkal szemben kevésbé ellenálló [1–4].

Színe a barnától a feketésszürkén át a sötétzöldig változhat összetételétől függően. Átlagos sűrűsége $2,7 \text{ g/cm}^3$. 1350 és 1700 °C közötti hőmérsékleten olvad meg és hirtelen lehűtve csaknem teljesen amorf, üveges formában szilárdul meg. Lassú lehűtése egy többé-kevésbé kristályos, összetett szerkezetű ásványt eredményez. Ezzel szemben az üveg – a hűtés sebességétől függetlenül – amorf állapotban szilárdul meg. Igen széles hőmérséklet-tartományban, –200-tól +600 °C-ig felhasználható a mechanikai tulajdonságok jelentős romlása nélkül. Folytonos bazaltszál gyártására elsősorban a 46 %(m/m) feletti SiO_2 tartalmú (azaz savas), alacsony CaO - és MgO -tartalmú, magas Al_2O_3 -tartalmú, magas ömledékviszkozitású bazalt alkalmas [6–8]. A bazaltszál legfontosabb előnyei közé tartozik, hogy kiváló villamos szigetelő, alacsony a nedvesség-

felvétele, természetes anyag, biológiailag semleges, környezetkímélő és nem irritatív. A bazaltszálak egészségügyi és környezetvédelmi szempontból gyakorlatilag veszélytelenek.

1. táblázat

A bazalt, az E és az S üveg vegyi összetétele, tömegszázalékban [5, 6]

| Vegyület | Összetétel, % m/m | | |
|--------------------------------|-------------------|--------|--------|
| | E-üveg | S-üveg | Bazalt |
| SiO ₂ | 52–56 | 62–65 | 40–60 |
| Al ₂ O ₃ | 12–16 | 20–25 | 11–22 |
| CaO | 16–25 | – | 5–15 |
| MgO | 0–5 | 10–15 | 1–11 |
| B ₂ O ₃ | 5–10 | 0–1,2 | – |
| Na ₂ O | 0,8 | 0–1,1 | 2–7 |
| K ₂ O | 0,2 | 0,3 | 0–5 |
| TiO ₂ | – | – | 1–6 |
| Fe ₂ O ₃ | – | – | 3–10 |
| FeO | – | – | 2–15 |

2. táblázat

A bazaltközet átlagos elemi összetétele [5]

| Elem | Arány %(m/m) | Elem | Arány %(m/m) | Elem | Arány %(m/m) |
|------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|
| O | 46,59 | K | 2,60 | S | 0,052 |
| Si | 27,72 | Mg | 2,09 | Be | 0,05 |
| Al | 8,72 | Ti | 0,63 | Cl | 0,048 |
| Fe | 5,01 | P | 0,13 | Cr | 0,037 |
| Ca | 3,63 | H | 0,13 | C | 0,032 |
| Na | 2,85 | Mn | 0,10 | Egyéb | 0,111 |

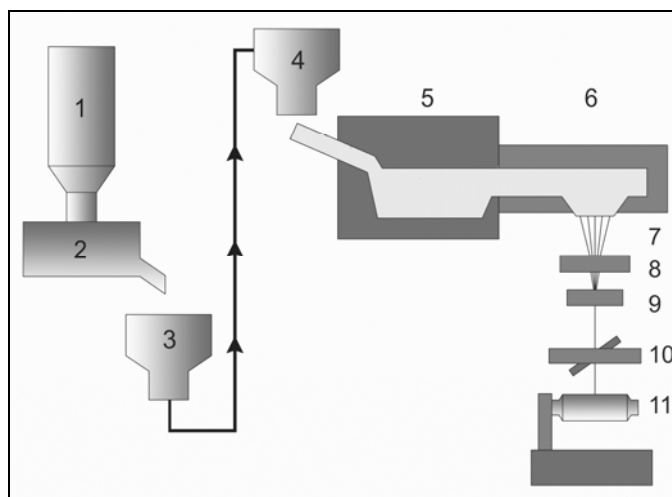
A bazaltszál előállítása és felhasználása

Az 1960-as években a Szovjetunióban és az Egyesült Államokban egyaránt intenzív kutatásokat folytattak a folytonos bazaltszálak gyártási technológiájának kidolgozására. Az USA-ban később ezzel felhagytak és helyette inkább új típusú üvegszálakat fejlesztettek ki, míg a Szovjetunióban a sikeres fejlesztést követően gyártani kezdték a folytonos bazaltszálakat. Ma is Oroszországban és Ukrajnában állítják elő a legnagyobb mennyiségben a kimondottan erősítőanyagként szánt bazaltszálakat. Eleinte Kijevben koncentrált és titkosnak számított a bazaltszálgyártás és az ezzel kapcsolatos kutatómunka, de 1991 után a civil szféra számára is elérhetővé vált a bazaltszál,

és Oroszországban is létrehoztak egy gyárat. Napjainkra számos kísérleti és kereskedelmi forgalomban kapható kompozitterméket készítenek folytonos bazaltszál vagy az abból készült szövet felhasználásával, mint például lokátorernyők méhsejtszerkezetű vázát, nyomástartó edényeket, vitorlás jachtokat, hódeszkákat, nyomtatott áramkört lapokat, szélturbinalapátokat, pultrudált lábakat fényképezőgép-állványokhoz és ugyancsak pultrudált betonerősítő rudakat [9, 10]. Napjainkban három gyártó uralja a bazaltszálpiacot, illetve folytat intenzív kutatásokat: a **Kamenny Vek** (Dubna, Oroszország), a **Technobasalt** (Kijev, Ukrajna) és az **OJSC Research Institute** (Bucha, Ukrajna). Nyugat-Európában és az USA-ban több cég állít elő folytonos bazaltszálak felhasználásával szőtt és nem szőtt erősítőstruktúrákat, így például a **Basaltex** (Wevelgem, Belgium) és a **Sudaglass** (Houston, Texas). Noha a világon számtalan bazaltlelőhely található, ezek közül viszonylag kevés felel meg a bazaltszálak gyártásához szükséges kritériumoknak. Ukrajnában több helyen is megfelelő bazaltot lehet bányászni, ennek köszönhetően a Kamenny Vek is Nyugat-Ukrajnából származó alapanyagból dolgozik.

Tulajdonságai alapján a bazaltszálakat az E és az S-2 típusú üvegszálak között lehet elhelyezni. A szénszállal szemben alternatívát jelenthet olyan felhasználási területeken, ahol a szénszál túlságosan drága vagy merev, rideg az adott alkalmazás által támasztott igényekhez képest.

A bazaltszál előállítás alapvetően egylépcsős technológiai folyamat, közvetlenül a zúzott bazaltkő felhasználásával történik [11, 12]. A technológia vázlata az *1. ábrán* látható. Az üvegszálgyártásban általában az ömledékfürdő fölé helyezett gázégőket használnak az alapanyag megömlesztésére. A bazaltolvadék sötétebb színe miatt – az üveggel ellentétben – már a felszínhez közeli rétegben elnyeli a beérkező infravörös sugárzást, ezért lényegesen nagyobb nehézséget jelent az olvadék egyenletes átmelegítése. Ezen problémára az ömledékfürdőbe lógó elektródák alkalmazása, vagy pedig az üvegszálgyártásban megszokotthoz képest hosszabb hevítési idő jelent megoldást. A bazaltkő megolvasztása két lépésben történik: az első kemencében olvadékalapotba kerül a kőzet, innen egy gáton átfolyva kerül a kisebb méretű és pontos hőmérséklet-szabályozással ellátott másodlagos kemencébe, majd onnan közvetlenül a szálhúzó fejhez. A szálhúzó fej anyaga platina-ródium ötvözet. Számos apró furattal van ellátva, az ezeken átfolyó ömledék fokozatos hűtés és nyújtás során nyeri el végleges átmérőjét. Még a feltekercselés előtt megtörténik a felületkezelő szer felvitele a szálak felületére. A szálhúzó fejek furatai erős koptató hatásnak vannak kitéve, ennek következtében átmérőjük megnő. Ezért 3–5 hónap folyamatos működés után a szálhúzó fejeket beolvasztják és anyagukból új szálhúzó fejet készítenek [13]. A bazaltszál alapanyagának ára az üvegszálénak mindössze 1%-a, a gyártási folyamat magas energiaigénye miatt azonban a bazaltszál ára mégsem marad el az üvegszálhoz képest [13, 14]. Ehhez hozzájárul, hogy míg jelenleg a világon évente körülbelül 3,5–4 millió tonna üvegszál állítanak elő, addig a bazaltszálgyártás mértéke nem haladja meg az évi 5000 tonnát [15]. A bazaltszál ára jelenleg az E üveg (270–450 Ft/kg) és az S üveg (1800–2500 Ft/kg) között helyezkedik el.

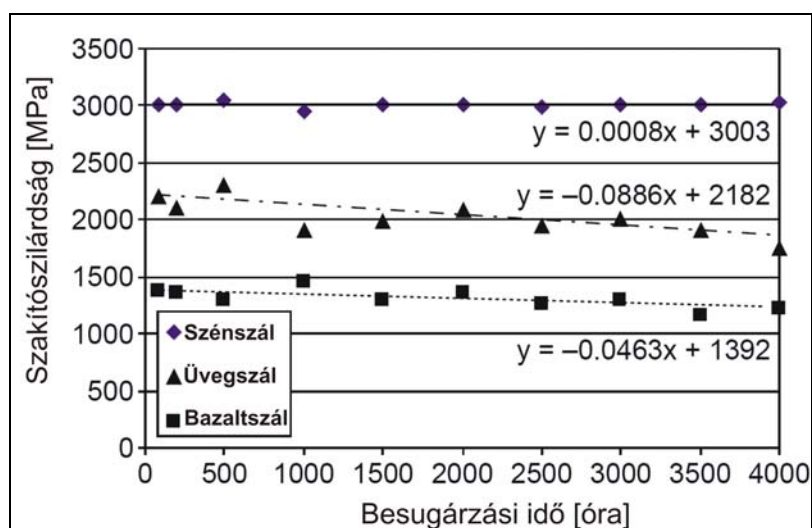


1. ábra Folytonos bazaltszál előállításának vázlatja

1. zútotkő-tároló 2. adagoló 3. továbbító 4. szakaszos adagoló 5. elsődleges olvasztókemence
6. másodlagos olvasztókemence pontos hőmérséklet-szabályozással 7. szálképző fejek
8. szálak nyújtása 9. szálkötegeképző 10. felületkezelő felhordás 11. automatikus csévlő

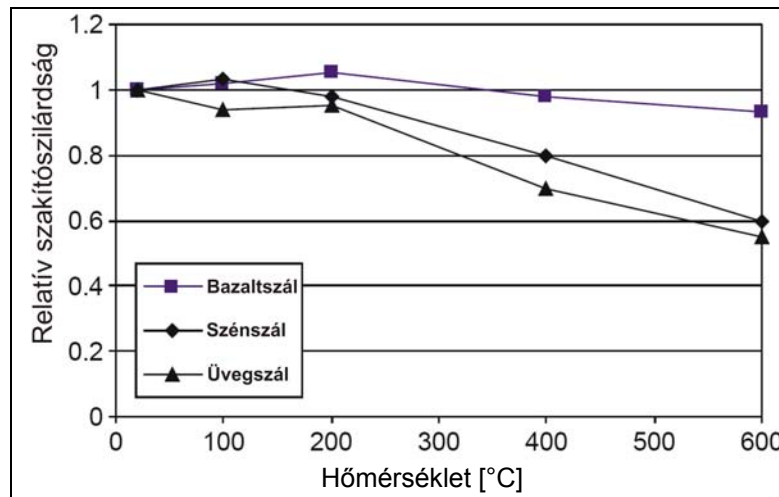
Az utóbbi években számos egyetemen, kutatóintézetben és az iparban végeztek kutatásokat a bazaltszálakkal kapcsolatban. Az alábbiakban néhány ilyen témájú cikk összefoglalása olvasható.

Sim és munkatársai [16] a magas hőmérsékletnek és az UV-sugárzásnak a bazalt-, S-üveg- és szénszálak mechanikai jellemzőire gyakorolt hatását vizsgálták. Az UV-sugárzás intenzitását úgy állították be, hogy a szálminták 200 óra alatt kapjanak 1 évi, természetes napsütésnek megfelelő dózist. Azt tapasztalták, hogy a szénszállal szemben a bazalt- és üvegszálak viszonylag jelentős mértékben veszítettek szilárdságukból az idő előrehaladtával (2. ábra).



2. ábra Bazalt-, S-üveg- és szénszálak szakítószilárdságának változása UV-sugárzás hatására [16]

A hőmérsékletnek körülbelül 200 °C-ig egyik száltípusra sem volt jelentős hatása. A hőigénybevétel időtartama minden esetben 2 óra volt. Magasabb hőmérsékleten a bazaltszál őrizte meg a legnagyobb mértékben tulajdonságait, 600 °C-on is csak 10%-ot veszítve el kezdeti szakítószilárdságából (3. ábra). A szilárdság romlását az üveg- és a bazaltszálak esetében egyaránt a szálakban végbemenő kristályosodási folyamatnak tulajdonítják, amely csökkenti a szakítószilárdságot és a szívósságot. Megállapításuk szerint a bazaltszál azért őrizi meg nagyobb mértékben a kezdeti jellemzőit, mert a benne lévő vas-oxidok göcképzőként viselkedve finom és viszonylag homogén kristályos szerkezet kialakulását segítik elő.



3. ábra Bazalt-, S-üveg- és szénszálak szakítószilárdságának változása magas hőmérséklet hatására [16]

Van de Velde és munkatársai [6] bazaltszálakat hasonlítottak össze E-üveggel. Kimutatták, hogy a bazaltszálak elektromos szigetelési tulajdonságai 10-szer jobbák, mint az E-üvegé, és a tömegveszteségük forrásban lévő vízben, savas, illetve lúgos közegben is kisebb.

Irodalomjegyzék

1. Militky J., Zeisbergerová J., Kovacic V.: Chemical degradation of basalt fibers, <http://centrum.vslib.cz>
2. Militky J., Kovacic V.: Ultimate mechanical properties of basalt filaments, *Textile Research Journal*, 66 (1996), 225-229.
3. Park J. M., Shin W. G., Yoon D. J.: A study of interfacial aspects of epoxy-based composites reinforced with dual basalt and SiC fibres by means of the fragmentation and acoustic emission techniques, *Composites Science and Technology*, 59 (1999), 355-370.
4. Czigány T.: Trends in fiber reinforcements – the future belongs to basalt fiber, *Express Polymer Letters*, 1 (2007), 59.

5. Czigány T., Marosi Gy., Macskási L.: Bazaltszál-erősítésű polimer kompozit szerkezeti anyag kifejlesztése, *Műanyag és Gumi*, 40 (2003), 139-144.
6. Van de Velde K., Kiekens P., Van Langenhove L.: Basalt fibres as reinforcement for composites, www.basaltex.com
7. Liu Q., Shaw M. T., Parnas R. S.: Investigation of basalt fiber composite mechanical properties for applications in transportation, *Polymer Composites*, 27 (2006), 41-48.
8. Morozov N. N., Bakunov V. S., Morozov E. N.: Materials based on basalt from the European north of Russia, *Glass and Ceramics*, 58 (2001), 100-104.
9. Goldsworthy W. B.: New basalt fiber increases composite potential, *Composites Technology*, 8/8 (2000), 15-16.
10. Pavlovski D., Mislavsky B., Antonov A.: CNG cylinder manufacturers test basalt fibre, *Reinforced Plastics*, 51/4 (2007), 36-39.
11. Czigány T.: Basalt fiber reinforced hybrid polymer composites, *Materials Science Forum*, 473-474 (2005), 59-66.
12. Szabó J. S., Czigány T.: Static fracture and failure behavior of aligned discontinuous mineral fiber reinforced polypropylene composites, *Polymer Testing*, 22 (2003), 711-719.
13. Ross A.: Basalt fibers: alternative to glass?, *Composites Technology*, 14/8 (2006), 44-48.
14. Fourné F.: *Synthetic fibers*, Carl Hanser Verlag, München, 1999.
15. Osnos S.: Past, present and future of continuous basalt fibre, *JEC Composites Magazine*, 44/35 (2007), 24-25.
16. Sim J., Park C., Moon D. Y.: Characteristics of basalt fiber as a strengthening material for concrete structures, *Composites Part B*, 36 (2005), 504-512.

Helyreigazítás

A Műanyagipari Szemle 2008. 2. számának 87. oldalán beszámoltunk a tiszaujvárosi **Inno-Comp Kft.** 6. helyéről az európai független kompaundáló cégek rangsorában. A következő mondat azonban sajnálatos módon nem volt egyértelmű, hogy tudniillik *2007-ben Európában gyártottak összesen 5,5 millió tonna kompaundot* és nem a nevezett Kft.-ben. A milliós nagyságrend persze álom lenne még a vezető kompaundgyártók számára is, de kötelességünknek érezzük a pontosítást, különösen, hogy az érintett cég erre felhívta a figyelmünket. Köszönjük, és elnézést kérünk Olvasóinktól.

O. S.