

# Textil erősítésű kompozitok

„A kompozit két vagy több különböző anyag egyesítésével előállított összetett anyag, amelynek tulajdonságai eltérnek az összetevő anyagok tulajdonságaitól” – írja a Magyar Nagylexikon.

## Mi a kompozit?

Szerkezetüket tekintve a kompozitok egy beágyazó anyagból, az ún. mátrixból, valamint egy erősítő anyagból („erősítő fázisból”) állnak. Ez a kombináció teszi lehetővé, hogy a terméknek, a kompozitnak olyan tulajdonságokat is biztosíthassanak, amivel az összetevőik külön-külön nem rendelkeznek, és ezzel a belőle készült végtermék számára a felhasználási cél szempontjából optimális tulajdonságokat hozzanak létre. A kompozitban a mátrix biztosítja a rugalmasságot, ütésállóságot, az időjárás-, tűz- és korrózióállóságot, az ibolyántúli sugárzással szembeni ellenállást, az erősítő anyag pedig a merevséget és szilárdságot.

„Kompozitnak” tekinthető voltaképpen a vályog is, amely összetételét tekintve szalmával erősített agyagos sár, a vasbeton, amelynek szilárdságát a betonba, mint mátrixba ágyazott acélrudakkal fokozzák, vagy a forgácslemez, amit kötőanyagba ágyazott faforgács, darabos vagy szálalás fűrészpor alkot.

A kompozitoknak ma már igen sokféle fajtája van, aszerint, hogy milyen mátrix anyagból és milyen erősítő anyagból állítják elő azokat. **A ma „kompozitok” néven emlegetett anyagokban a mátrix leggyakrabban valamilyen műanyag, az erősítő anyagot pedig rövidebb-hosszabb szálak, textilanyagok, vagy más részecskék alkotják.** Az erősítő anyagok alak, méret- és térbeli eloszlása szerint más-más tulajdonságok érhetőek el. A vékony üvegszál például viszonylag nagy húzószilárdsággal rendelkezik, de rideg és törékeny. A legtöbb polimer („műanyag”) ezzel szemben csekély szilárdságú, de kiváló rugalmasságú. E két anyag kombinációjával olyan új anyag hozható létre, amely az alkotó elemek jó tulajdonságait egyesíti, azaz megfelelő szilárdságú és egyben kellő rugalmasságú is.

## A kompozitok anyagai

**A textiliparszempontról azok a kompozitok fontosak, amelyek erősítő anyaga valamilyen szálalanyag, fonal vagy kelme.** Ezek nagy előnye, hogy az erősítő hatás, ha kell, a térben irányítható, vagy akár egyenletesen osztható el, így a kompozit a várható igénybevételnek megfelelően erősíthető meg. Ilyen kompozit szerkezetekkel számtalan helyen találkozhatunk, mert fontos szerkezeti anyagát képezik a járművek karosszéria-elemeinek és más alkatrészeinek, ilyen szerkezetű kompozit a bukósisak, a karbonszálalás sánc, az áramtermelő szélkerekek lapátja, a hajótestek stb. Nagy szerepet kapnak az űrhajózásban is.

A kompozitok erősítésére legrégebben alkalmazott textil jellegű anyag az **üvegszál.** Nagy ütőhajlító szilárdsága, kiváló elektromos szigetelő képessége, kémiai ellenálló képessége és viszonylagos olcsósága előnyös tulajdonság ebben az al-

kalmazásban, ugyanakkor erősen koptatja az őt körülvevő mátrixot. A kompozitokhoz leggyakrabban használt ún. E-üveg 50%-ban kvarchomokból, emellett alumínium-, bőr-, kalcium- vagy más keverékek oxidjaiból áll. Emellett használnak más, nagyobb szilárdságot adó üvegtípusokat is, amelyekben több a szilícium-, alumínium- vagy magnéziumoxid, viszont érzékenyebbek a magasabb hőmérsékletekre.

Ugyancsak fontos szerepet játszanak e téren a szénszálak, ezeket főként poli(akril-nitril) precursorból állítják elő (mint pl. a Zoltek cégnél), de emellett készítenek viszkózszálból és kátrányból is. A **szénszálak** szilárdsági, rugalmassági és hőátviteli tulajdonságai a gyártási eljárástól függően széles határok között állíthatók be, ami alkalmazásuk szempontjából fontos szempont. A szénszál erősebb ugyan az üvegszálnál, de ütőszilárdsága kisebb amazénál.

Fontos kompozit-erősítő anyagok a **szerves polimerekből** készült szálak is, mint amilyen pl. a nagy modulusú polietilén vagy az aromás poliamid (aramid). Ez utóbbiak igen nagy húzó- és ütőszilárdsággal rendelkeznek és rendkívül hőállóak, ezért előszeretettel alkalmazzzák őket olyan helyeken, ahol a szerkezet erős hirtelen igénybevételnek vagy rezgésnek van kitéve (pl. golyóálló kompozitokban, helikopter-rotorlapátok gyártásában, nyomás alatti gáztartályok készítésében stb.).

A nagy modulusú polietilén rendkívül könnyű, ugyanakkor kiváló kémiai és nedvességgel szembeni ellenálló képességgel, nagy elektromos szigetelő képességgel és ütőszilárdsággal rendelkezik, de hátránya, hogy csak alacsonyabb hőmérséklettartományban használható. Sportszerek gyártásában és repülőgépek belső, golyóálló burkolatainak készítésére például kiválóan alkalmas.

A kvarcszálak legelőnyösebb tulajdonsága a tartósság, valamint az üvegszálnál képest nagyobb ütésállóság, szakadási nyúlás és kisebb sűrűség. Hő hatására gyakorlatilag

nem változtatják meg sem méreteiket, sem egyéb fizikai tulajdonságaikat.

A kerámiaszálak ellenállóak a magas hőmérsékletekkel szemben, de ütésállóságuk viszonylag kicsi és egyéb mechanikai tulajdonságaik is gyengébbek. Elsősorban ott alkalmazzák őket, ahol a nagy hőállóságot kell biztosítani, pl. repülőgépek belső tereiben.

Újabban került előtérbe a bazaltszál alkalmazása, amely kémiai összetétele folytán jobb vegyszer- és lúgállóságú, mint az üveg, ezért elsősorban betonszerkezetek erősítésére használják.

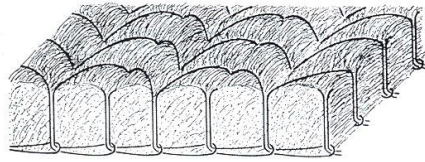
Használják **természetes szálalanyagokat** is kompozitok erősítésére, elsősorban az autópárhán, mert az Európai Unió előírásai szerint az autópárhánrészeket mind nagyobb mennyiségben kell olyan anyagokból gyártani, amelyek selejtezésük után újra hasznosíthatók. A len, kender, juta, szizál és a kókuszrost használata terjedt el e téren.

A kompozitok erősítőanyagainak kiválasztásánál rendkívül fontos szempont, hogy az erősítő anyag és a mátrix jól tapadjon egymáshoz és ne károsítsa egymást. Ezért egyes esetekben az erősítőanyagként használt szálakat bizonyos tapadást elősegítő vagy védőbevonatokkal kell ellátni.

Vannak olyan kompozitok, amelyekben egyidejűleg többféle erősítő anyagot is használnak, pl. szén- és aramidyszálakat, szén- és üvegszálakat stb. – aszerint, hogy a kompozitnak milyen követelményeknek kell megfelelnie. Az erősítő anyag természetesen a kompozit árát is erősen befolyásolja.

## Az erősítő anyagok formái megjelenése

Mindezeket a kompoziterősítő anyagokat többféle formában használják fel: szálak, kábelek (szálkötetek), fonalak, szövetek, kötött vagy fonatolt kelmék, szálbunda (a műanyagiparban gyakran „paplan” néven említett) alapú és különbözőképpen megerősített nemszött kelmék egyaránt alkalmasak lehet-



1. ábra

nek ilyen célra. Az 1. ábra például az ún. maliwatt kelmét mutatja, amelyben a szálbundát varrófonalakkal, egymásba kapcsolódó lánc-oltésú varratokkal erősítik meg.

A rövid elemiszálak ill. a rendezetlen szálbunda alapú nemszött kelmék erősítőanyagként való alkalmazásának az az előnye, hogy a szálak eloszlása irányítottságuk szempontjából véletlenszerű, azaz a sík minden irányban egyformán fejti ki hatásukat. Ha fonalakat, kábeleket használnak, akkor ezek csak elhelyezkedésük irányában erősítik meg a szerkezetet, ezért esetleg több, különböző irányban fektetett réteget kell képezni belőlük, ha az a cél, hogy a kompozit több irányban is ellenálljon az igénybevételnek. Magától értetődik, hogy a szövetek, amelyek már eleve két irányú fonalrendszerből épülnek fel (2. ábra), hasonló hatást biztosítanak. Mivel azonban ezekben a fonalak hullámos alakot vesznek fel, ami húzás hatására ki akar egyenesedni, ez bizonyos feszültséget kelt a kompozit szerkezetben, ezért az egymást keresztelő, de külön-külön rétegekben egymásra helyeztet és a keresztelődéseknél összeragasztott, egyes fonalakkal alkotott fonalrendszerek (az ún. rétegezett fonalrendszerek, 3. ábra) ebből a szempontból jobbakk. A kötött kelmék szerkezetüktől függően egyik vagy mindkét fő irányban (hosszában ill. keresztben) kifejthetik erősítő hatásukat, de egyre jobban elterjednek a kompozitgyártásban az átlós fonalbefektetésekkel kiegészített (ún. multiaxiális) kötött kelmék (4. ábra), amelyek már minden irányban nagyjából egyformán erősítenek. A legújabb fejlesztések közé

tartoznak azok az üreges (szövött vagy kötött) kelmék, amelyek kompozitokban alkalmazva már nem csak síkban, hanem mindhárom dimenzióban erősítő hatásúak lehetnek. A cső alakú (körkötött, esetleg körszövött) kelmek szerkezetek célszerű felhasználása a tömlő alakú kompozitok erősítése. Az üreges kötött kelméket is készíthetik tömlő alakban (5. ábra), így ezek is alkalmasak lehetnek cső alakú kompozitok gyártására. Ugyancsak előnyös teherelosztást biztosítanak a fonatolt kelmék (6. ábra), amelyekben a fonalak átlós irányban húzódnak, és amelyeket hajlékony, cső alakú kompozitok (pl. hokiütők, lámpaoszlopok stb.) gyártására szintén előnyösen lehet felhasználni.

Az erősítő anyag egy új kialakítási formájára mutat példát a 7. ábra – ezt hímezőgépen állítják elő. Szén-szál-kötegeket fektetnek rá egy alkalmas kelmére és ezt rögzítik lényegében cikcakk-varratokkal, ezáltal gyakorlatilag összefüggő szén-szál-kelmét készítenek, amely már eleve olyan alakot vesz fel, ami a majdani kompozit formájának megfelel. A hímezőgép programozásával ez a forma teljesen tetszőlegesen alakítható ki.

Az erősítő anyag és a mátrix aránya nagyon széles határok között mozoghat. A nem szerkezeti anyagként szolgáló, olcsóbb kompozitokban az ez arány 20:80, a szerkezeti anyagoknál 60:40 vagy akár 70:30 is lehet, vagyis az erősítő anyag tömege jóval meg is haladhatja a mátrix tömegét.

### A kompozit kialakítása

A kompozit előállítására többféle módszerrel is használnak. Héjszerű

tárgyak készítésére legelterjedtebb az ún. kézi laminálás, amely ún. nyitott technológia. Ennél a valamilyen kelméből álló erősítő szerkezetet előzetesen hőre keményedő műgyanta (többnyire epoxi-, poliészter-, fenol- vagy poliuretán-gyanta) és térhálósító anyagból készült keverékkel telítik (impregnálják), ez az ún. „prepreg”. A prepregot kézi munkával a kívánt gyártmánynak megfelelő formába fektetik, esetleg több réteget is egymás fölé rakva. Ezt követi a nyomás alatt végzett hőkezelés, amelynek során a műanyag megkeményedik.

Ha az erősítő anyag nem kelme vagy kábel, hanem rövid szálaból áll, akkor a szálszórás eljárást alkalmazhatják. A nyomás alatt bevezetett gyanta a szórópisztolyban keveredik a katalizátorral. A pisztoly egy másik nyílásán át lövellnek ki a szálak, így a mátrix és az erősítő anyag együtt kerül a forma falára, ahol szobahőmérsékleten megtörténik a térhálósodás.

Az ún. zárt technológiánál két vagy részből álló formában alakítják ki a kompozit alakjának megfelelő üreget. A szétnyitott formába először behelyezik az erősítő anyagot (többnyire valamilyen kelme formájában), majd a forma zárása után az üregbe bepréselik a mátrix anyagot, sokszor vákuummal is segítve annak egyenletes behatolását. Az így megtöltött formát hevítik fel a műanyag térhálósodásához szükséges hőmérsékletre.

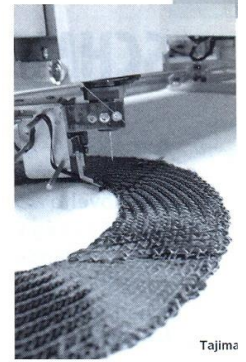
A pultrúzió folyamatos eljárás, amelynél a kábel gyantafürdőn át egy fűtött sajtoló szerkezeten át vezetnek, ahol kialakul a termék végső alakja; a technológiai sor végén megfelelő hosszúságúra vágják az így készült rudakat.

Cső alakú kompozitok, tartályok – általában kör vagy ovális keresztmetszetű, üreges tárgyak készítésénél a szalag alakú, vagy sűrűn egymás mellett vezetett kábelekből álló erősítő anyagot egy *magra tekerseklik* és ebben az állapotban végzik el a hőkezelést.

### A kompozitok felhasználása

A kompozitokat ma már az élet minden területén alkalmazzák. Fontos alkotórészei a sporteszközöknek, járműveknek, egyes épületelemeknek, készülnek belőlük gépalkatrészek, tartályok, csővezetékek, lámpaoszlopok és még számtalan egyéb tárgy. Kifejlesztésüket kezdetben elsősorban az úrkutatás ösztönözte, de ma már a hétköznapi életben is nélkülözhetetlenek. Éppen ezért a textilipar szempontjából is fontos területet jelentenek, mert a világon számos textilgyár él abból, hogy a műanyagipar számára gyárt üveg- vagy szén-szál-kábeleket, vagy olyan kelméket (szöveteket, kötött, fonatolt vagy nemszött kelméket), amelyek kompozitok erősítését szolgálják.

Lázár Károly



7. ábra

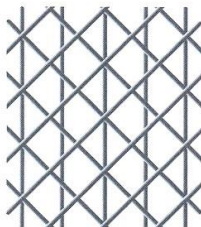
Tajima

### Felhasznált irodalom:

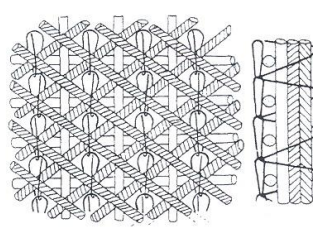
Cetex Silvertex prospektus  
Karl Mayer prospektusok  
Műanyag és Gumi, 2004/8  
Tajima TSC prospektus  
[www.jamesdewhurst.com/pdf/omnitria.pdf](http://www.jamesdewhurst.com/pdf/omnitria.pdf)  
[www.novia.hu](http://www.novia.hu)  
[www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iii/otm\\_iii\\_1.html](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_1.html)



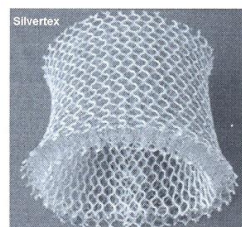
2. ábra



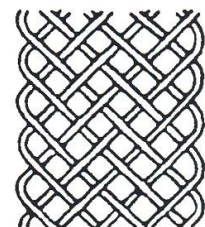
3. ábra



4. ábra



5. ábra



6. ábra