

Zoltek szálak a műszaki textíliák és kompozitok számára

Dr. Zsigmond Balázs, Szabó Rudolf
Zoltek Zrt. R&D

Az oxidált, a szén- és a grafit-szálak nagy hányadának (közel 95 %-ának) kiinduló alapanyaga a poliakrilitril (PAN) prekursor szál. A szénszálak kb. 5 %-át kátrányból, 1 %-át regenerált szálból, s újabban PBO-ból [poly-(p-phenylene-2,6-benzobisoxazole)] is állítanak elő szénestítéssel szén- ill. grafit-szálat.

Az **oxidált szál (PYRON)** (OPAN – Oxidized PolyAcryloNitril, OPF – Oxidized Polyacrylonitril Fibre) gyártása során a prekuzort első lépésben 200–250 °C-on oxidálják. Ez a magas LOI értékű, jó hőszigetelő szál műszaki textíliává az ismert textiltechnológiákkal feldolgozható, belőle pl. tűzálló védőruhák készíthetők. Az OPAN-ból készült textiltermékek jelentős részét karbonizálják, C&C kompozitból repülőgép féktárcsát és fékbetétet készítenek, míg az oxidált szálakból készített termékek más részét szénestítik, ez az üzemanyag cél-lak funkcionális eleme.

A **szénszál (PANEX)** gyártásakor az oxidációs kemencéből a szálat továbbvezetik, és nitrogén gázban 1000–1500 °C-on feszes állapotban a szénestítés során alakul ki a szénszál, amelynek tulajdonságai jelentősen eltérnek a kiinduló anyagétól és az oxidált szálétól: elsősorban a rugalmassági modulusa és a szilárdsága kimagasló.

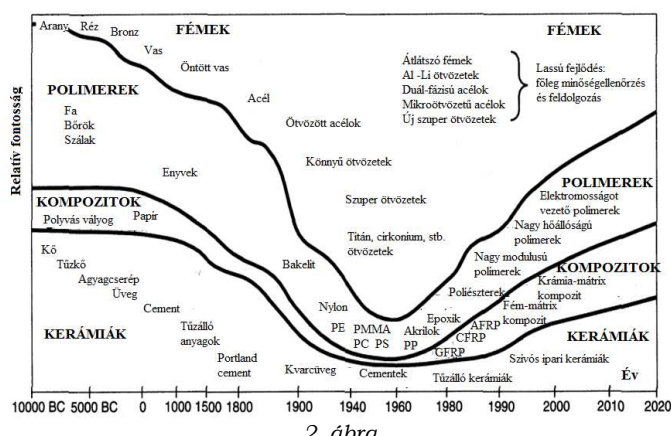
A hőmérséklet további növelésével (2000–3000 °C-on) **grafitszál** állítható elő, amelynek nagy a rugalmassági modulusa és magas hőmérsékleten kedvezőek a tulajdonságai. A szén- és grafit-szál merev és törekeny, vezeti az áramot, emiatt feldolgozását különös körültekintéssel kell végezni.

A szénszál – különösen nagy mechanikai követelmények esetén – nélkülözhetetlen kompozit-erősítő anyag.

A történelem során az ember által használt anyagok döntő hatással voltak a civilizációra, az életkörülményekre. A különböző korokban az ember más-más anyagokat használt (1. ábra), jelenleg a polimerek a fémek versenytársaként egyre nagyobb je-

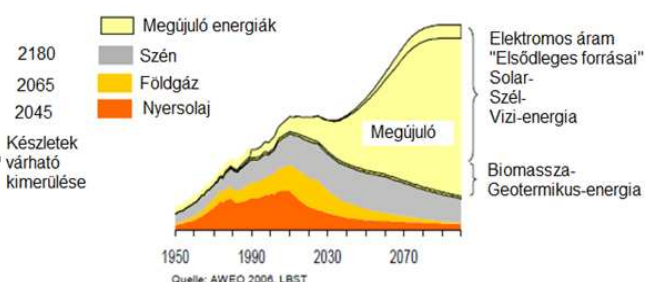


1. ábra



A jövő energiaellátás kilátásai

A jövő energiafelhasználásában a villamos energia fog dominálni



Fossil energia hordozók

Megújuló elektromos energiaforrások esetén a fosszilis energiaforrásokhoz képest két eltérő sajátosság:
- nem könnyű a tárolás,
- az előállítás és a fogyasztó közötti közvetlen összekapcsolás

3. ábra

lentségre tesznek szert, alkalmazásuk sokoldalú (2. ábra).

Napjaink másik nagy kihívása a növekvő energiaigény biztosítása (3. ábra), miközben a környezetre káros széndioxid kibocsátás csökkentése elkerülhetetlen.

A szénszál kompozitok alkalmazása az űrkutatáson és a repülőiparon túlmenően az 1970-es években kezdődött, az elmúlt évtizedekben egyre szélesebb területen a gépgyártásban is megjelenik, ahol nagy sebességek és gyorsulások lépnek fel, s az igénybevételi ciklusszám is nagy, a szerkezet pontos működéséhez a merevség is elengedhetetlen követelmény. Textilipari példaként a merev karos és hajlékony szalagos vetülékvivő gépeken, a fogófej mozgatás területén a könnyű, de megbízható szénszál kompozitok előnyei már több évtizede minden kétséget kizáróan bebizonyosodtak. Napjainkban is a gépgyártásban, a kurrens gépelemeknél egyre több területen a szénszál csökkenő ára és a

kompozit-technológiák gyors fejlődése lehetővé teszi alkalmazását.

A szénszál az elmúlt években, s várhatóan a jövőben is a megújuló energiák előállításában – az egyre nagyobb méretű, a 40 métert is meghaladó hosszúságú – szellapátok merevítésében) döntő fontosságú, és nagy mennyiségben használt kompozit-erősítő (merevítő) anyag. Napjainkban a közlekedési eszközök terén a szálerősítésű kompozit-anyagok alkalmazása által elért tömegcsökkenés ugyancsak nagyban csökkenti a fajlagos energia-felhasználást, s jelentős volumenű felhasználása várható.

A szénestett oxidált szál az energia-átalakításban és -tárolásban kulcsfontosságú.

A biztonságos élet- és munkakörülmények betartására egyre szigorúbbak az előírások, az oxidált szálak az éghetőség, a magas hőállóság vonatkozásában az e területen használatos más műszaki szálak tulajdonságaihoz képest is kimagaslóak, és az árak is kedvező.

Az emberiség által használt javak mennyisége az elmúlt időszakban jelentősen növekedett. Ez a tendencia a nagy múltú textil szálanyag-felhasználásra is érvényes, a növekedés várhatóan a jövőben is folytatódik (4. ábra).

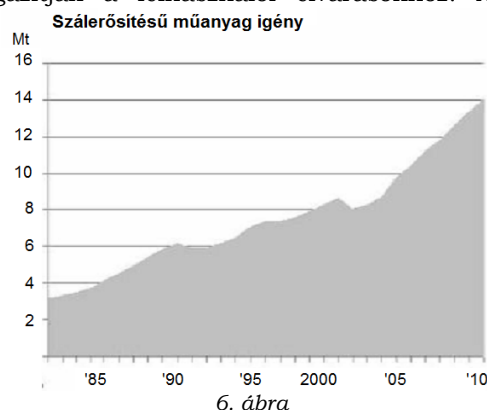
A műanyagok a múlt század közepén jelentek meg és sokrétű gazdaságos felhasználásuknak köszönhetően mára alkalmazásuk volumenben túlszárnyalja a felhasznált nyersacél térfogatát (5. ábra).

A kompozit technológia viszonylag új iparág, dinamikus növekedését az igényeknek megfelelő irányba elérhető kiváló mechanikai tulajdonságoknak és magas

szintű megbízhatóságnak köszönheti. A kompozit erősítő szálanyagok tömegre vonatkoztatott szilárdsága sok esetben nagyságrenddel nagyobb az acél szilárdságánál ill. modulusánál, s az erősítő szálakat, textil szerkezeteket mátrixba (műanyag, gumi, beton stb.) ágyazva olyan új szerkezeti anyagok állíthatók elő, amelyek használata ma már számos területen kulcsfontosságú.

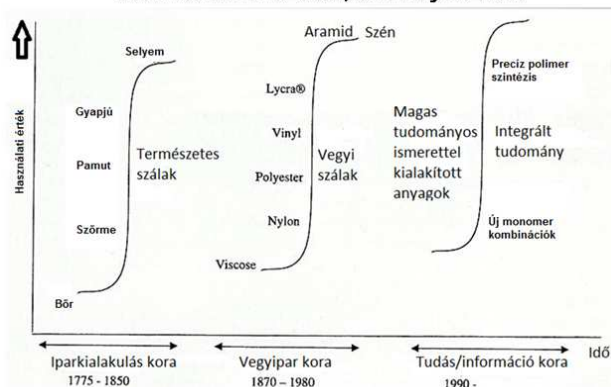
A szálerősítésű műanyagoknak a kompozitokon belül is egyre nagyobb a jelentősége, alkalmazásuk a repülőiparon és sporteszközökön túlmenően az iparban is egyre szélesebb körű, amit az alkalmazás mennyiségének dinamikus növekedése is mutat (6. ábra).

A növekvő mennyiségi igény kielégítésén túlmenően a szálak fejlesztésében minőségi változás is bekövetkezett: a mesterséges szálak tulajdonságait egyre jobban hozzáigazítják a felhasználói elvárásokhoz. A mind



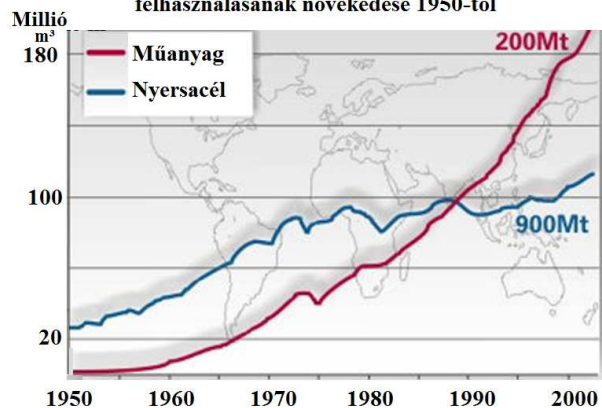
6. ábra

Az ipar kialakulás kezdetétől a különböző időszakban használt textilt szálak, azok fejlesztése



7. ábra

A műanyag és a nyersacél térfogatra vonatkoztatott felhasználásának növekedése 1950-től



5. ábra

Műszaki textíliákhoz használt jelentősebb szálak

- Para-aramidok (Kevlar, Technora, Twaron)
- PBO (PE, ZYLON) (p-phenylene-2,6-bisoxazole) (Toyobo, J)
- Dyneema (UHMW PE – Ultra Hight Modulus Weight PoliEtilen, Toyobo)
- Meta-aramidok (Nomex, Technorame, Teijinconex, NewStar)
- O-PAN (Pyron, Pyromex, Panox)
- Melamin szálak (Basofil)
- PSI
- P 84 (Kermel)
- Vectran (LCP - Liquid Crystal Polymers) (Kuraray)
- Fémszálak (fémezett szálak)
- Speciális (nagy szilárdságú) vegyi szálak (PA, PET, PP, viszkóz)
- Természetes szálak (kender, len, pamut, gyapjú, stb.)

8. ábra

szélesebb spektrumú felhasználási igényt kielégítő különleges tulajdonságú szálak fejlesztése töretlen, napjainkban is számos új szál születik. A textil-szálanyagokat és -szerkezeteket a korai időszakban a ruházati- és lakástextil területen alkalmazták, az utóbbi évtizedekben a textil szálak felhasználása kibővült a sokrétű alkalmazást felölölő műszaki textíliákkal (7., 8. ábra).

A szálak egy bizonyos csoportjának a legújabb, dinamikus növekvő területe a kompozit-erősítőként való alkalmazás. Míg az első három alkalmazási terület textil szálaknak ill. -szerkezeteknek az egyik legfontosabb mechanikai jellemzője a szilárdság, addig a kompozitok esetében a szilárdságon túlmenően a merevség is döntően meghatározó, amit az erősítő szálakkal ill. a követelményeknek legjobban megfelelő szerkezet-kialakítással érnek el.

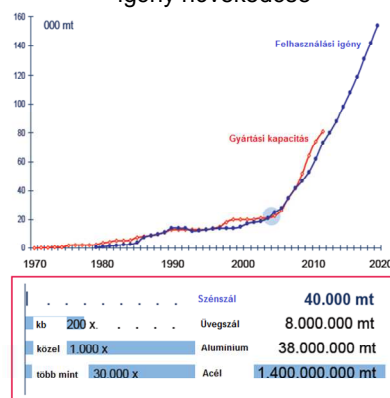
A kompozitokban használt erősítő szálak, textil-szerkezetek mechanikai tulajdonságait a nagy szilárdság, a kis nyúlás, a nagy rugalmassági modulus jellemzi. A legfontosabb kompozit-erősítő szálanyagok a következők:

- üvegszálak (E, R, S típus)
- szénszálak (Panex, Sigrafil C, Tenax, Torayca)
- para-aramid szálak (Kevlar, Technora, Twaron)
- PBO (p-fenilén-2,6-benzobizoxabol) szálak (Toyobo)
- UHMW PE (Ultra High Modulus Weight Polyethylene): Dyneema (Toyobo)
- LCP (Liquid Crystal Polymer): Vectran (Kuraray)
- M5
- Bazalt
- Kerámia (SiC)
- Fémszálak
- Poliamid szálak
- Rostszálak (len, kender)

A kompozit anyagok közül is kiemelkedik különleges tulajdonságával, kimagaslóan nagy rugalmassági modulusával a szénszál, a „fekete mágia”, amelynek alkalmazása egyre szélesebb körű (9. ábra), és hazai gyártása miatt számunkra is nagy lehetőségeket teremt.

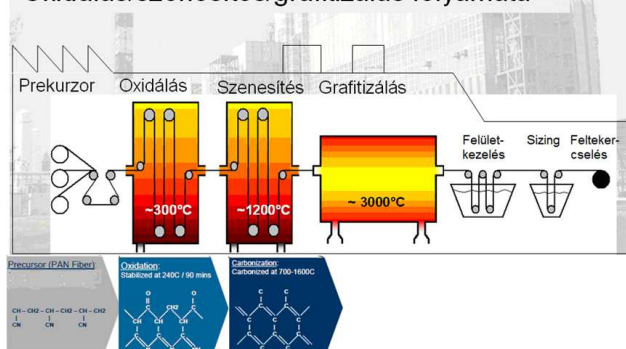
A Zoltek azonos alapanyagból (poliakrilonitril prekursor), a gyártás első szakaszában is megegyező (oxidáció) folyamatból kiindulva két különböző szálát állít elő (10. ábra): az oxidált szálát és a szénszálát, amelyek tulajdonságai (a fekete szín azonosságától eltekintve), feldolgozásuk és felhasználásuk is lényegesen különböző.

Szénszál gyártási kapacitása és felhasználási igény növekedése



9. ábra

Oxidálás/szenesítés/grafitizálás folyamata



10. ábra

A két termék, a PANEX és a PYRON jellemzőit és tulajdonságait az 1. és 2. táblázat tartalmazza.

A Zoltek az oxidált szál és a szénszál gyártása terén – a volumet tekintve – világviszonylatban is meghatározó, a sok új, dinamikus növekvő európai szénszálgyártó között a legnagyobb. A cég stratégiája, hogy viszonylag olcsó áron standard terméket állít elő, s a széles, nagybani felhasználási területeket (szélerőmű lapátok, autóipar stb.) célozza meg.

Mint ismeretes, a textiltermékek előállítását az ázsiai gyártók uralják. A Zoltek jó stratégiáját igazolja az a tény is, hogy jelentős mennyiségű szálát értékesít a textilipar „Mekkájának” számító ázsiai országokban, Japánban, Kínában, Taiwanon, Dél-Koreában is.

1. táblázat. A Panex szénszál és a Pyron oxidált szál jellemzői

	PANEX®	PYRON®
Jellemzők	Nagy teljesítményű szénszál	Oxidált poliakrilonitril szál (OPF) és nagy széntartalmú szál
Különleges tulajdonságok	Nagy szilárdság és modulus Könnyű Elektromosságot, hőt vezet	Nagy súrlódási ellenállás Láng- és hőálló Elektromos- és hőszigetelő
Fontosabb termékek, formák	Kábel Aprított/örölt Tépett szalag, fonál Kelme (láncrendszerű kötött, szőtt) Prepreg	Kábel Vágott szál Tépett szalag Fonál Kelme (szőtt, kötött, nemszőtt)
Ár és teljesítmény	Alacsonyabb ár a repülőgép igényhez képest, de összevethető teljesítmény	Alacsonyabb ár a Nomexhez és a Kevlarhoz viszonyítva, de összevethető teljesítmény

MŰSZAKI TEXTÍLIÁK

	PANEX®	PYRON®
Alkalmazási példák	Szélerőmű lapát merevítő Autószerkezeti részek, panelek Betonerősítő anyag Nagynyomású tartályok Tengeri olajfűró tartozékok Sporteszközök	Repülőgép féktárcsa Autó fékpofa Villamos energia tárolók, üzemanyag cellák Autó tűzgátló fal Védőruhák Hegesztő takarók

2. táblázat. A Panex és a Pyron jellemző tulajdonságainak összehasonlítása

Tulajdonságok	PANEX®	PYRON®
Szén tartalom, %	> 95	62
Szálátmérő, µm	7	13
Szálfinomság, dtex	0,7	1,7 2,5 5,0
Sűrűség, g/cm ³	1,8	1,35–1,41
Szakítóerő, MPa	4200	260
Rugalmassági modulus, GPa	242	8,5
Szakadási nyúlás, %	1,5	20–25
Hővezető képesség	hővezető	jó hőszigetelő
Elektromos tulajdonság	elektromosan vezető	elektromosan szigetelő