



2000), aki 1935 és 1938, később 1945 és 1957 között a Szerves Kémiai Tanszékén oktatott és kutatott, majd 1964-től Kanadában és az Egyesült Államokban dolgozott (20. kép). Fodor egyik elismert tanítványa, a nemrég elhunyt Schneider Gyula (1931–2021) szteroidkémikus volt. A szerves vegyipari kutatások iskolateremtő alakja, Gerecs Árpád (1903–1982) 1950 és 1955 között az egyetem alkalmazott kémiai tanszékének volt a vezetője. Szomorú

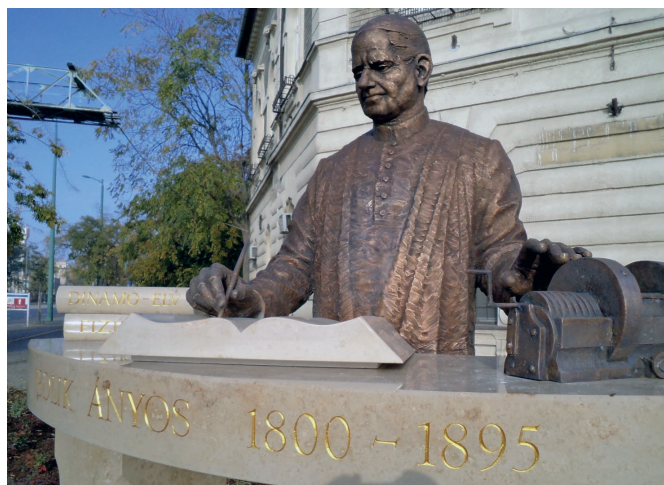
aktualitás, hogy a Szegedi Tudományegyetem Kémiai Intézete rövidlátó módon jelenleg ennek a szerves kémiai hagyománynak a háttérbe szorításán munkálkodik.

A városban található további tudományos emlékek közül meg kell említenem a polihisztor analitikai kémikus, Erdély László (1910–1970) szülőházát bemutató táblát (21. kép) és a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Szegedi Szervezetének kezdeményezésére Jedlik Ányos tiszteletére állított szobrot (22. kép).



21. kép. Erdély László szülőházának emléktáblája, Szeged, Szent Miklós u. 3. (A Somogyi Károly Könyvtár felvétele)

Erdély László (1910–1970) szülőházát bemutató táblát (21. kép) és a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Szegedi Szervezetének kezdeményezésére Jedlik Ányos tiszteletére állított szobrot (22. kép).



22. kép. Jedlik Ányos szobra Szegeden, Bánvölgyi László alkotása, a Damjanich utca és a Kossuth Lajos sugárút kereszteződésében (Kozma János felvétele)

A városban található további emléktáblákról az érdeklődők a Somogyi-könyvtár összeállításából tájékozódhatnak (<http://virtualis.sk-szeged.hu/emlektablak/index.html>).



Kutasi Csaba

A Nemzeti Atlétikai Stadion membránszerkezete és egyéb textilanyagok a budapesti atlétikai világbajnokságon

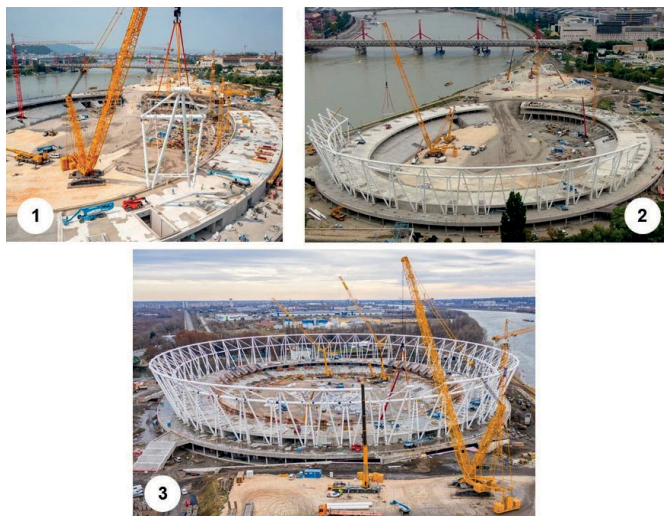


**WORLD ATHLETICS
CHAMPIONSHIPS
BUDAPEST 23**

zetéptési munkáihoz közel 100 000 köbméter földet termeltek ki.

A Nemzetközi Atlétikai Szövetség által szervezett szabadtéri atlétikai világbajnokságra 2023. augusztus 19–27. között kerül sor Budapesten, a Csepel-sziget északi részén, a Ráckevei-Soroksári Dunaág és a Duna part mellett az újonnan épült Nemzeti Atlétikai Stadionban. A stadion szerkezetéptési munkáihoz közel 100 000 köbméter földet termeltek ki.

A cölöpök alapozáshoz 1200 tonna betonacélt, körülbelül 13 000 köbméter betont használtak fel. Az ún. felszerkezet (gerendarácsok és fejtömbök) 4300 tonna betonacélból és megközelítőleg 40 000 köbméter betontól készült. Az acél- és a kábeltető szerkezet megvalósítását a bim.GROUP vezette, a 27 ezer négyzetméteres membránszerkezetet a győri Graboplan-Industrie Kft. gyártotta és helyezte fel. Az atlétikai világbajnokságon használt egyes sporteszközök, valamint kiegészítők is kapcsolatosak a textilszakmával.



A stadionépítés fázisai

„Tetőfedés”

A tetőfedő membrán szerkezetet (kb. 27 000 m²) a győri *Graboplan-Industrie Kft.* készítette, a Napur Architect Kft. terve alapján.

Az egyes membránelemek szabása számítógép-vezérelt szabásgépen történik (ha több egyforma elem szükséges a konfekcionáláshoz). Az egyedi formák esetében (mint most is) a szabást továbbra is manuálisan, kézi vágógéppel hajtják végre. Az idomok egyesítését speciális gépeken és technológiával végzik, 22 db nagyfrekvenciás *hegesztőgép*, 12 db speciális nagy teljesítményű *vasalógép* áll rendelkezésre.

Az alapanyagok tesztelését a saját *anyagvizsgáló laboratórium* látja el. Ilyen például a beérkező méteráru-alapanyagok nyúlás-, szilárdsági (szakító- és tépőerő) vizsgálata. Külön kontrollálják a textilalapú anyagok és a hegesztési varratok különböző hőmérsékleten történő változásait, a rögzítések húzó- és szakítószilárdságát is. Ezenkívül átvilágítással ellenőrzik a beérkezett membránfelület hibamentességét.

A membrán összetevőinek jellemzői

Az üvegszálak tulajdonságainak részletezése előtt célszerű kitérni a különböző szálanyagok általános fizikai jellemzőit meghatározó belső szerkezeti eltérésekre. A szerves polimerekből húzott szálak *anizotróp* tulajdonságúak. Láncmolekuláik szálteneggellyel párhuzamos elhelyezkedése tökéletesen nem valósítható meg. Például az *aromás poliamidok* merev, pálcikaszerű polimerláncai nagy szilárdságot biztosítanak, amihez a kötéstengely körüli elfordulás korlátozása is nagyban hozzájárul. A rétegformás *szénszálakban* a kétdimenziós kovalens kötések és a parakristályosság (a rácukban rövid és közepes hatótávolságú sorrend jellemző) révén nagy húzó- és nyomószilárdság érhető el. A kovalens kötések ellenére az *izotróp* kerámiaszálakra – az orientáció hiányában – kisebb modulusz (anyagra jellemző állandó, a húzó- vagy nyomófeszültség és a fajlagos nyúlás arányos összefüggése) és szilárdság jellemző.

Az első üvegszálak a 19. század végén kuriózumként már megjelentek, azonban ipari méretű előállításuk 1930 körül kezdődött. Elterjedésüket többek között a *nagy szilárdság*, a jó vegyszerállóság, a kiváló hőállóság, az *éghetetlenség*, a kismértékű nedvességfelvétel és a *mikroorganizmusokkal* szembeni ellenállás fokozta. Az üvegszál a szerves mesterseges szálak csoportjába tartozik. Ameddig a természetes és döntően a mesterséges szá-



← az 1340 °C-on olvadt üvegből hűzünk szálakat



↑ a képződött szálakat vízspermettel hűtik

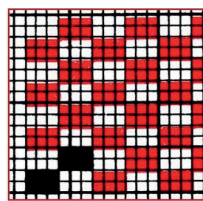
1. ábra. Az üvegszál előállítása

lak *láncmolekulákból* felépülő polimerek, addig az üvegszálakat a folytonos *térhálós szerkezet* jellemzi. Háromdimenziós, *izotróp* szerkezetűek, amorf építésűek. A stabil felépítésű üvegszálakat szilícium-dioxid-alapú szerves polimernek is nevezik (1. ábra).

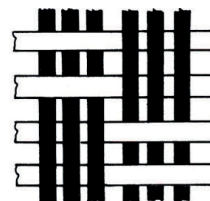
A szálgyártás során a húzott üvegszál sokszerűen hűl le, így belső feszültségek halmozódnak fel és hibahelymentes felület alakul ki. Ezzel magyarázható, hogy a tömbüveghez képest az üvegszálak rendkívül *nagy szilárdsággal* rendelkeznek (a nagy szakítóerővel rendelkező szerves polimerszálaknál kétszer erősebbek). A különböző tulajdonságú üvegszálak képzésénél a felhasználásra kerülő üveg összetételének minőségi és mennyiségi változtatásával érik el a rendeltetésnek megfelelő tulajdonságokat. A számos üvegszálváltozatot betűkkel jelölik (pl. A, AR, C, D, E, M, R, S, T).

A kompozitok vázszerkezetét főleg az *E üvegalapú* szálakat használják. Ezek tömegszázalékos összetétele: szilícium-dioxid: 50,33%, nátrium-oxid: 1–2%, kálium-oxid: 0,5%, bór-trioxid: 10–12%, alumínium-oxid: 13,15%, kalcium-oxid: 15%.

A panamakötésű (2. ábra) üvegszövet vázból álló és a kétoldali *politetrafluoretilén* bevonattal ellátott, nagy feszítávolságú membránanyag jellemzői: UV-sugárzás-állóság: 20–25 év, UV-sugárzás-áteresztés: nincs, fényáteresztés: 10–20%, öntisztuló képesség: „nagyon jó” fokozatú, tűzálló képesség: A2/B-s1, d0 (A2 – azaz nem éghető minősítésű anyag, de tartalmaz éghető anyagot; B-s1, d0 – azaz éghető anyagok, korlátozottan járulnak hozzá a tűzhoz).



kötésrajz



a fonalak kereszteződése a mintaelemen belül

2. ábra. Panamakötésű szövet

1938. április 6-án *Roy J. Plunkett* hűtőközegekként alkalmazható gázokkal kísérletezett. Ennek során egy fagyasztott, préselt *tetrafluoretilén* minta ellenőrzése után ő és társai váratlan anyagot tapasztaltak, a spontán polimerizációval fehér, viaszos jellegű szilárd anyag (politetrafluoretilén) keletkezett. 1945. évi bejegyzése óta a *Teflon*®, a DuPont, a fő gyártó cég által kizárólagosan birtokolt védjegy ismert márkanévvé vált a termék kiváló egyedi tulajdonságai miatt.



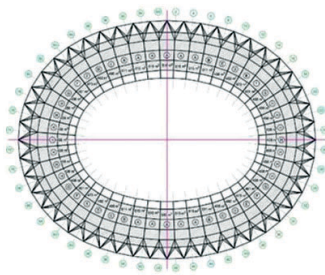
KITEKINTÉS

A tetrafluoretilén monomert gyökös láncreakcióval állítják elő, a nagy molekulatömegű politetrafluoretilént polimerizációval képezik. Szilárdsága nem nagy, ugyanakkor fajlagos sűrűsége $2,3 \text{ g/cm}^3$. Kémiaileg rendkívül ellenálló (vegyszerek, szerves oldószerek nem károsítják), víz- és olajtaszító képességű [a láncvégi hidrogénatomok kivételével csak szén- és fluoratomokból áll, így a hidrofílnak (vízkedvelő) és a hidrofób (víztaszító) folyadékok nem nedvesítik], továbbá fény-, időjárás- és hőálló.

A tetőfedő membránfelület készítése

A stadion fedését nagy feszítávságú membránnal (kétszer görbült felületekkel) végezték.

A szabászati terítékrajzok készítése speciális EASY 3D nemlineáris végelem-tervező programmal, az idomszabás számítógép-vezérelt automata jelölő- és vágógéppel történt. Az idomegyesítést-konfekcionálást speciális nagy teljesítményű vasalógéppel végezték (átlapolás 50–100 mm).



a tetőfedő membrán felülnézetben



egy acél és drótkötél elem membránnal fedve

3. ábra. A tetőfedés és egy eleme



4. ábra. A membránnal kialakított tetőfedés részlete két nézetből

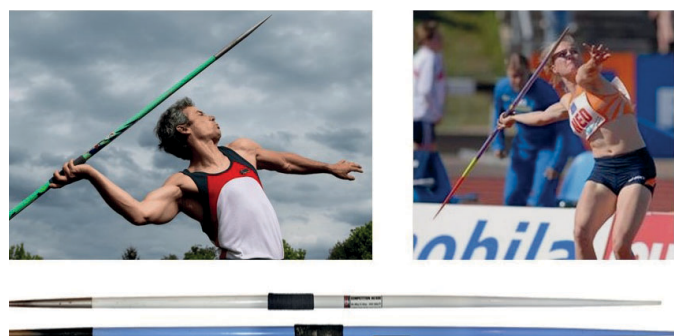


A $233,3 \times 293,7 \text{ m}$ méretű Atlétikai stadion lefedése 8-féle típusú, összesen 48 db membránegységgel valósult meg (3–4. ábra). A szomszédos membránmezők közötti rész, a membrán- és acélszerkezet-rögzítések lezárása membránlepellet történt, helyszíni hegesztéssel (30 m magasságban hordozható eszközzel). A tetőmembrán-elemek az acélkábel szerkezethez és az acélszerkezeten kialakított peremekhez speciális alumíniumprofillal és acélbilinecsekkel feszítettek.

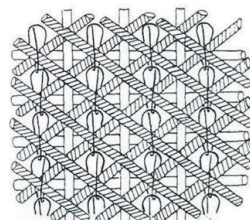
A tetőfedéshez használt építési paneleket minden egyes elem esetében más mérettel és más geometriával gyártották. A drótkötélszerkezetre felkerült elemeket rögzítés után egyenként kifeszítették. A tetőmembrán méretét megnövelő szétfeszítés után nyerte el teljes teherbírást. Nagyon fontos, hogy az acélszerkezet és a drótkötélszerkezet feszültségállapota és geometriája optimális legyen. A textilanyag nyúlása is lényeges befolyásoló tényező.

Egyéb textilvázú és -anyagú eszközök a világ bajnokságon

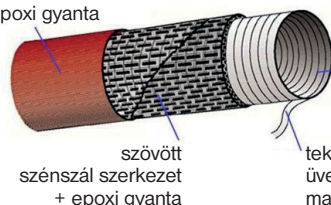
A gerely esetében fontos kialakítási szempont a kisebb amplitúdójú rezgés és a gyorsabb csillapodás elérése, amely csökkenti a gerely légellenállását, hozzásegít a nagyobb dobási teljesítmény eléréséhez. A kompozitanyagú gerely üreges vagy kis sűrűségű, általában kör keresztmetszetű; kis átmérőjű elülső és hátsó hegy jellemzi, nagyjából középen éri el a nagy átmérőt. Készülhet alumíniumból is. A kúpos átmérők és az általános csúcs, illetve a markolat jellemzőinek a Nemzetközi Olimpiai Bizottság követelményeit kell kielégíteni. A gerelytest egy vagy két daraból készülhet, és több aromás poliamid (pl. Kevlar®) vagy üveg-szálal előfeszített tekercsrétegből áll. Ezek egy alsó rétegből, és több, előfeszített előimpregnált textilrétegből épülnek fel. A két-részes konstrukcióban a súlyeloszlás és az összetett súlypont a testen belül állítható, így a gerely hozzáhangolható az egyéni sportoló dobási jellemzőihez (5. ábra).



5. ábra. A gerely



multiaxiális
szén-szál szerkezet
+ epoxi gyan



szövött
szén-szál szerkezet
+ epoxi gyan



üreg
tekercselt
üveg-szál sávokból
mag

6. ábra.
A rúdugrás
segédeszköze

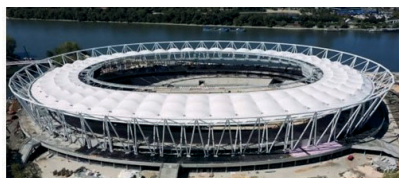


A rúdugráshoz használt „rudat” megfelelő üveg-, illet szén-szálból felépülő speciális textilfelületekből tekercselik, majd a mátrix anyagát képező műgyantával átítatják és végül hőkezelik (6. ábra).



7. ábra. A szénszál előállítás

A diszkosz korongoldalai műanyagból, fából, üvegszálból, szén-szálból (7. ábra) vagy fémből készülnek, fémperemmel és fém-maggal a szükséges súly eléréséhez. A férfiaknál 2 kg súlyú (22 cm átmérőjű), nőknél 1 kg (18 cm átmérőjű) diszkoszt használnak (8. ábra).



„az atlétikát megidéző diszkosz alakzatú stadion”

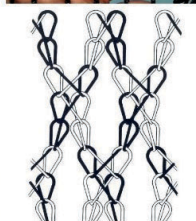
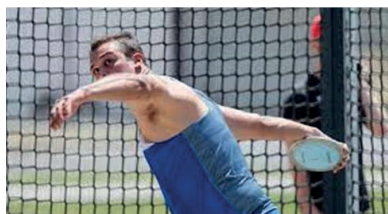


diszkosz metszete



kompozit oldallemezek
(szénszál és üvegszál alapú textilfelület,
poliészter epoxigyanta)

8. ábra. A diszkosz

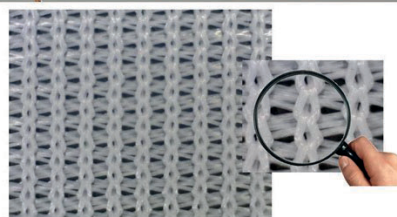


csomómentes, raschel-
gépi, láncrendszerű
kötött háló

9. ábra. Védőhálók

A különböző dobószámoknál alkalmazott védőhálók esetében a láncrendszerű kötőgépen készült védőhálók legnagyobb előnye a csomómentesség. Így nem akadnak össze (nem kuszálnak), kezelésük könnyebb (mozgatásuk, felszerelésük egyszerűbb). A kötött szerkezet kialakítása szilárd, a nagy nyílásméretű hálónál sem következik be deformáció, a nyílások mérete és alakja változatlan marad. A felhasznált fonalak általában poliészter, polietilén, polipropilén összetételűek (9. ábra).

Fentiekben felül természetesen textiltermékek a sportolók ruházatai, a rajtszámok és a bírói zászlók is stb. Továbbá számos kiegészítő eszköz is textil-vázszerkezetű kompozit.



poliészter láncrendszerű kötött kelme

10. ábra. Zászlók jellemző alapanyaga

A kültéri zászlók kelmealapanyagai főként láncrendszerű kötött (pl. zsinórfektetés és háromugrásos féltrikó-fektetésű kelmeszerkezet kombinációjával) előállított poliészter kelmékből készülnek. Az ilyen szerkezetű textilfelületek mindkét kelmeirányban minimális nyúlásúak, alacsony területi sűrűségűek (kb. 110 g/m²) és a csapadéktól átnedvesedett zászlók gyorsan száradnak. A különböző kémiai mintázások kétoldalas kivitelezésére is kedvezőbbek a kötéssel készült láncrendszerű zászlóalapanyagok. A nemzeti és egyéb zászlókat általában fehér és színes kelmék felhasználásával, illetve kémiai mintázóeljárással (pl. síkfilmnyomás, digitális nyomtatás) állítják elő. Egyre jobban terjednek a lyukacsos szerkezetű „lock-file” változatú zászlókelmek is. Főként a nagyobb méretű zászlók céljára a szövött poliészter alapanyagok kevésbé használatosak, mert zártabb szerkezettel és nagyobb fajlagos tömeggel rendelkeznek (10. ábra).

IRODALOM

<https://www.portfolio.hu/ingatlan/20230328/elkeszult-az-atletikai-stadion-605802>
<https://www.magyarrepito.hu/hu/referenciak/nemzeti-atletikai-koezpont>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845695583500120>
https://en.wikipedia.org/wiki/Discus_throw
https://en.wikipedia.org/wiki/Javelin_throw
<https://flags.co.uk/what-is-the-best-flag-material/>
 Fenyvesi Éva: Újszerű textilipari és műszaki szálanyagok, Magyar Textiltechnika 1994. évi különszáma

A Graboplan-Industrie Kft.-től származó műszaki leírások.