



A vitorlás hajóépítés fejlődésének rövid története

Felhasznált anyagok és építési technológiák a sport és kedvtelési célú hajóépítésnél



A hajózás kezdete

Senki sem tudja pontosan, mióta használ az ember vízi járművet.

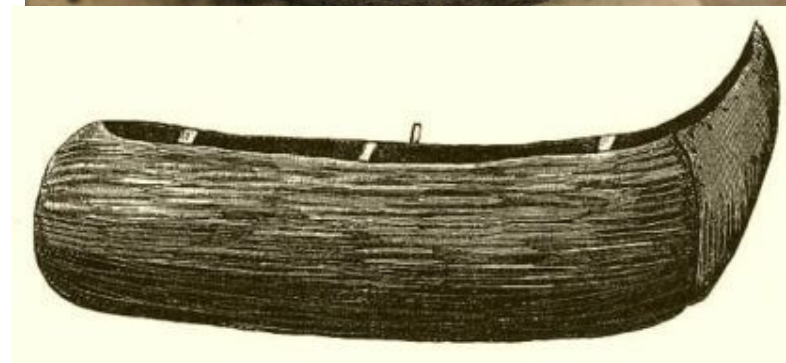
Ie. 3000 évvel vannak leletek

A hajókat kezdetben

- Halászatra,
- Szállításra
- Kereskedésre

Meghajtásuk

- Evezők segítségével
- Megjelentek az első vitorlák
- Evezős és vitorlás hajók egyben
- Kialakultak az irányítási módszerek

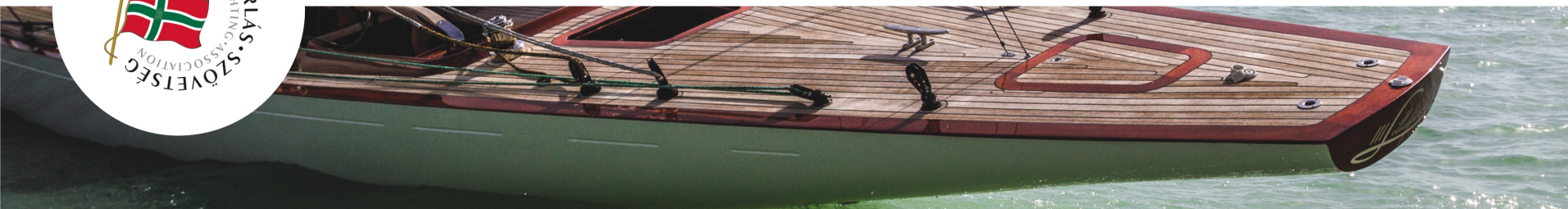




Az épített hajók anyaga a helyi erőforrásoktól függően

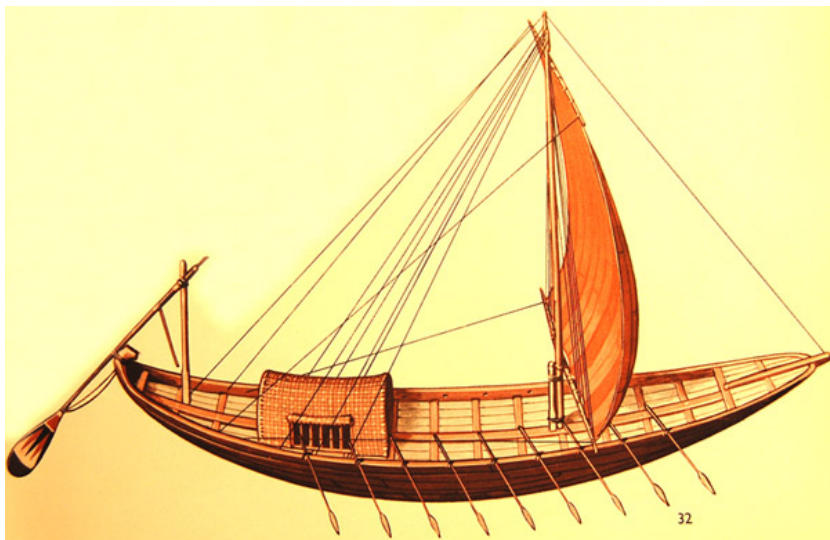
- fatörzsből kivájt bődönhajó
- állati bőrok és csont képezte a hajók alapanyagát
- vagy a tutaj többféle formája, nádtutaj
- nádcsónakok elterjedtek
- aszfalttal tömített nádcsónak
- favázás, bőrbevonatú guffa,
- kalakku, a felfújt állatbőr tömlőkre épített tutaj
- Később már a fa vette át a meghatározó szerepet





A fejlődést meghatározó népek

Mezopotámia, Egyiptom, Főniciaiak, Görögök, Rómaiak, Vikingek.



Egyiptomi hajó ie. 2000



Viking hajó



XIX század

- Klipper (több árbócos hajók)
- Gőzhajók lapátkerekekkel
- Gőzhajók hajócsavarral



XX. század

A dieselmotor 1904-től indult a mai napig tartó térhódító útjára.

Sportcélú hajót 16-17. századfordulótól kezdve építenek.

Relatív kisméretű, gyors, mozgékony hajókat dán, svéd, észak-német, holland nyelvterületen *yagd* vagy *yagt* kifejezéssel illették (innen származik a kishajókra később általánosan elterjedt angol **yacht** kifejezés).

Kishajós versenyzés kialakulása több mint 300 évvel ezelőtt kezdődött.



Sport- és kedvtelési célokat szolgáló hajókról általánosságban

Folyamatosan fejlődik, különösen az elmúlt évtizedekben

Okai:

- Megnőtt a kereslet a sporthajók iránt
- Megnőtt az alapanyagok választéka, elérhetősége
- Új technológiák segítették a fejlődést
- Szaktudás és gyakorlat fejlődése
- Számítógépes rendszerek alkalmazása
- Modern tervező szoftverek megjelenése
- Kutatási eredmények alkalmazása
- Nemzetközi versenyrendszer is katalizálta a folyamatot
- Nemzetközi szakmai kapcsolatok erősödtek





Kialakításukat meghatározza

- Felhasználás célja
 - Túrahajó
 - Versenyhajó
- Működés módja,
- Meghajtás jellege,
- Építési anyaga,
- Testek száma,
- Ballasztolás,
- Motor és kihajtás típusa,





Meghajtás módja

- evezős hajó,
- vitorlás hajó
- motoros hajó

Túra-verseny – cruiser-racer

- ellentmondásos
- kompromisszumok szükségesek



Működés szempontjából

- vízkiszorításos hajó,
- fél-sikló hajó
- sikló hajó
- foil hajó





Építési anyag szerint

- fa,
- fém (jellemzően acél és alumínium),
- szálerősített műanyag,
- speciális gumi.

A hajótestek száma

- egytestű
- katamarán
- trimarán

Ballasztolás a vitorlásoknál

- uszonyos
- tőkésúlyos





Motorosok motorja:

- belsőégésű, vagy elektromos,
- beépített, vagy külmotor

Motorok kihajtása

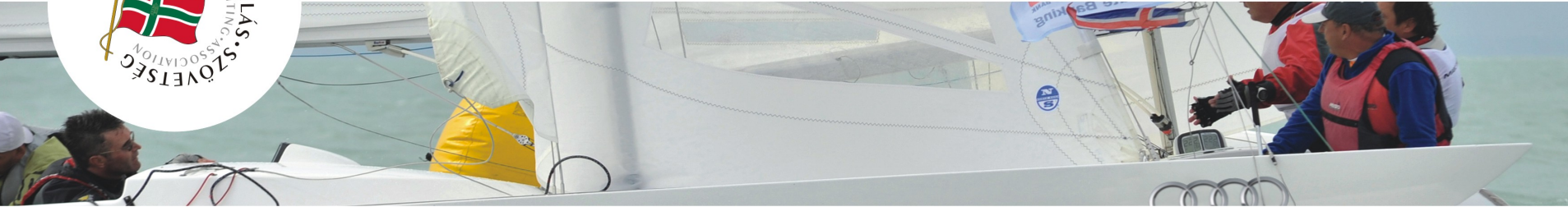
- klasszikus egyenes
- Z-, illetve a vitorláshajókra jellemző S-elrendezés



Hajtómű

- Z hajtómű,
- vízszugár
- légcsavar
- Arneson hajtómű





Vitorlások tervezése, építése

Hajótest

Formáját befolyásoló tényezők:

- szükséges stabilitás,
- tervezett sebesség (kis ellenállásra való törekvés),
- belső elrendezés ergonomiája,
- biztonság,
- komfortra vonatkozó igények,
- esztétika

Verseny vagy túrahajó?

- versenyhajónál minden más szempont a sebességnek van alárendelve,
- egy túrahajónál a komfort, a biztonság, a belső térkialakítás játszanak elsődleges szerepet.



Az uszonyos vitorlások esetében fontosabb szempontok

- a szükséges formastabilitás,
- a kis tömeg,
- a kis ellenállásra való törekvés.

Az uszonyos hajók többsége relatíve széles, lapos, kis merülésű, melynél a vízvonalhossz alig kisebb a legnagyobb testhossznál és a tükör általában függőleges.





A tőkesúlyos hajók estében:

Régebben jellemző volt

- a nagy tömeg
- nagy súlystabilitás
- tengerállóság
- hosszukhoz képest többnyire keskenyek voltak,
- alak és hullámellenállás szempontjából kedvezőek voltak

Manapság megfigyelhető

Tendencia, hogy a tőkesúlyos hajóknál is a hajó alakja és az ebből származó formastabilitás adja a stabilitás nagy részét, mert a tömeget a sebesség-növelés érdekében igyekeznek kivenni a hajóból.

A mai tőkesúlyos hajók – különösen a versenyhajók – sok tekintetben olyanok, mint egy nagy jolle.

A túrahajóknál is megjelenik ugyanez, de sokkal konzolidáltabban, a komfort rendszerint tömeget is jelent.

A régi, igen karcsú – ma már klasszikusnak nevezhető – vitorlások kora letűnt.



A versenyvitorlások formáját befolyásolják még a

- különböző felmérési szabályok
- Különböző előnyadási szabályok

Itt a tervezőknek a szabályok adta keretek között kell megtalálni a legjobb előnyszámot és közben legnagyobb sebességet adó főméret-variációkat.

Egyes rosszul megszerkesztett felmérési rendszereknél (ilyen volt pl. az IOR – International Offshore Rule) tengerállóságot, biztonságot nélkülöző hajók épültek.

Jól megtervezett „súlyban levő hajó”

Elengedhetetlen a hajótest, uszony, tőkesúly, árbóc, vitorlázat precíz tervezése, beállítása, valamint a legénység összhangja, a hajó maximális menetteljesítménye érdekében.



A tervező által elkészített tervdokumentáció alapján kezdődik a hajó megépítése

- A régi fahajók építésénél gerincre elhelyezett bordázatra palánkokat építettek, így építve a héjazatot.
- Később acél bordázattal is erősítették a fahajó szerkezetét,
- Acél és egyéb fém, alumínium hajókat is készítettek, ahogy a technológia ezt lehetővé tette,
- A hatvanas évektől a műanyag hajóépítés különböző technológiai, anyagai terjedtek el.

Egyedi tervek alapján ma sokféle anyagból és módszerrel épül kishajó,

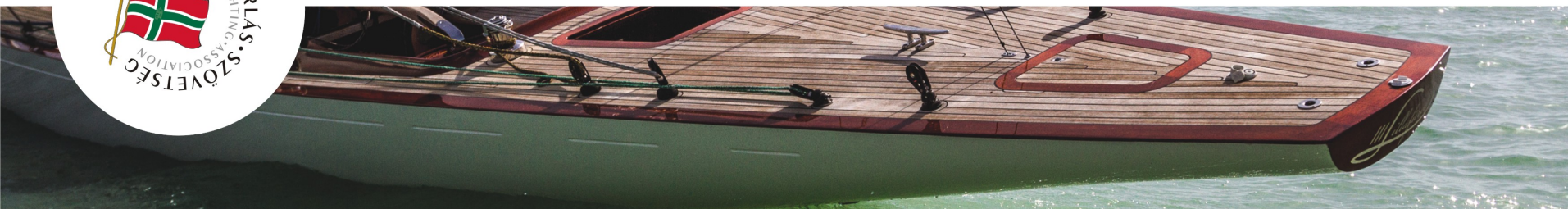
Sorozatban viszont jellemzően különböző kompozitból készülnek a hajók



Kishajók építési alapanyagai

Anyag kiválasztás szempontjai:

- Statikus és dinamikus szilárdsági tényezők
- Kellő merevség – hajlítás, kihajlás is
- Megmunkálhatóság
- Időtállóság
- Elérhető anyag ár
- Sérüléstűrő
- Javíthatóság



Műanyag kompozitok

Polimer kompozitok tulajdonságait meghatározza:

- szál tulajdonságai;
- gyanta tulajdonságai;
- szál, szálszerkezet és a gyanta aránya a kompozitban (szál-térfogatrész);
- szálak geometriája és orientációja a kompozitban.

Nyúlási tényezők meghatározóak

- poliésztergyanta 3%,
- vinilészter 4,5%,
- **epoxi gyanta 7%**
- Szénszál 1,2 %
- Aramid 2,7 %
- Üveg 5 %

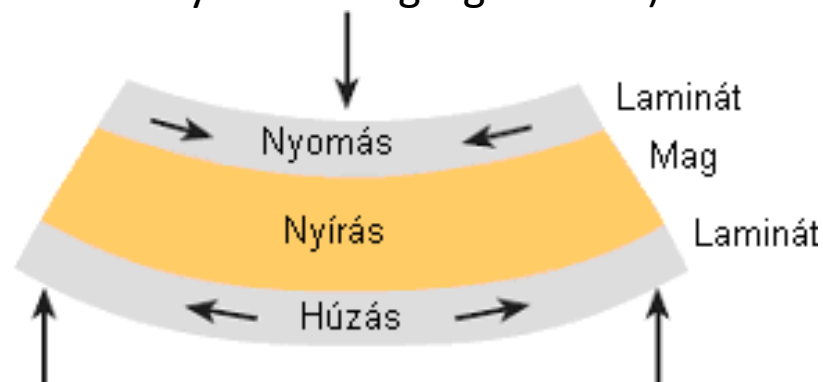


Az **epoxigyanta** gyakorlatilag minden, kishajóépítésben használt szálanyagnál jobb szakadási nyúlással bír, így az ilyen gyantával készített laminátok nagyobb szerkezeti nyúlásokat tudnak elérni mikró repedések nélkül

Általában a kompozitok a legtöbb fémmel összehasonlítva kiváló kifáradással szembeni ellenálló képességet mutatnak.

A kompozitok törésre megfelelőek lehetnek, de hajlítási merevségük többnyire nem, (bármely panel hajlítási merevsége egyenesen arányos a vastagság köbével) ezért:

1. vagy növelni kell a vastagságot
2. vagy szendvicsszerkezetet alkalmazni



Szendvicsszerkezet hajlító terhelés

Kép: Simongáti - Kishajók



Gyanták

Poliészter gyanta

- széles körben alkalmazott a hajóiparban
- telítetlen típusú gyanta
- hőre keményedő
- segédanyagok szükségesek, mint katalizátor, esetleg egyéb töltőanyagok,

Vinilészter gyanta

- a poliészter gyantáknál szívósabb és rugalmasabb
- emelt hőmérsékletű utókezelés szükséges

Epoxi gyanta

- sokféle típusú
- legjobb minőségű
- hajóépítésnél ideális
- kötés megindításához edző szükséges
- kötés közben kevés zsugorodás
- kevés a belső feszültség

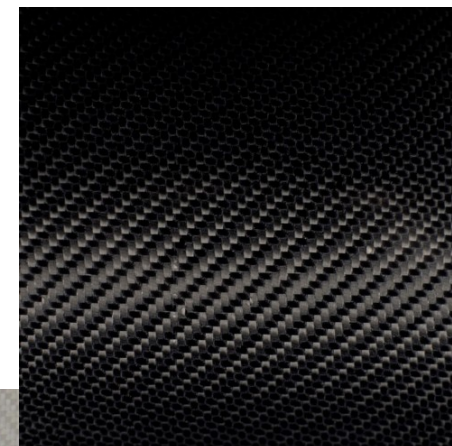
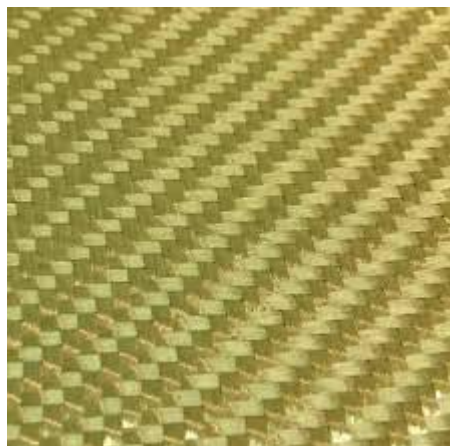


Üvegszál

- szövet
- paplan
- Fonal

Aramid

- mesterségesen előállított
- ütéssel szemben ellenálló
- magas szakítószilárdság
- kisebb rugalmasság



Karbon

- szálformában
- magas karbon tartalmú
- előállítástól függő tulajdonságok
- különböző rugalmasságú moduluszok
- nagyon magas nyomó és húzó szilárdság
- korrózióval, kifáradással szemben ellenálló
- alacsonyabb ütőszilárdság





Hab magok

leggyakrabban zártcellás PVC habokat használnak (Airex)

- vízfelvétele nem hajlamosak
- nagy hajlító szilárdságú
- különböző fajsúlyban és vastagságban
- használhatóak -240-tól + 80 fokban
- kiserelés tábla, vagy irdalt
- könnyű súly,
- csiszolható
- polisztirol habok is elterjedtek, de a sztirol oldja
- poliuretán habok gyengébb tulajdonságok, később delaminálódás lehetséges
- jó hő és hangszigetelők
- bordák építésére is alkalmasak



Használnak még:

- Méhsejtes anyagok
- Balza maganyag
- Coremat



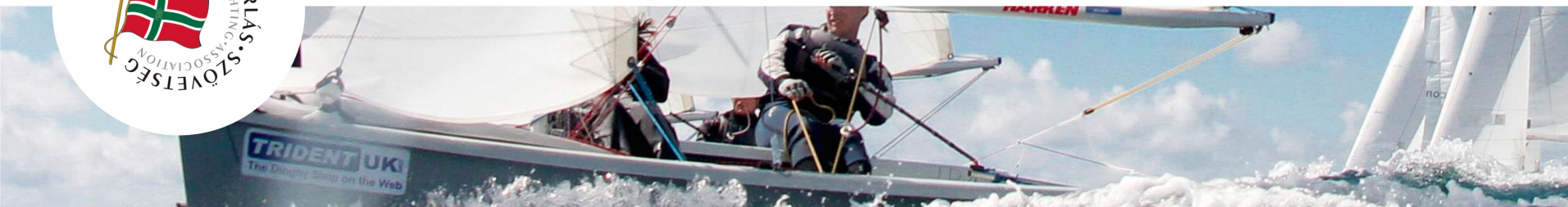
Hajóépítés sorozatban

Ősminta és sablon készítése

- Követelmény, hogy ne deformálódjon
- Megfelelő sima felületet biztosítson
- Készíthető egy másik termékről
- Készíthető egy egyedi ősmintáról
- Negatív felület, alámetszés nem lehetséges
- Speciális hab és felületkezelő anyagok szükségesek
- Készíthető hagyományosan kézzel
- Készíthető gépi marással computer vezérléssel



Fotó: BR2 Stúdió KFT



Hajótest építése sablonban

Minden fordítva történik!

- Először a hajó gél kerül felvitelre (opcionális)
- A hajótest rétegezése
- Szendvicsszerkezet kialakítása
- Bordázat és erősítések
- Elemek összeszerelése a sablonokban,
- Elemek laminálása a sablonban (héj, fedélzet, tartozékok)

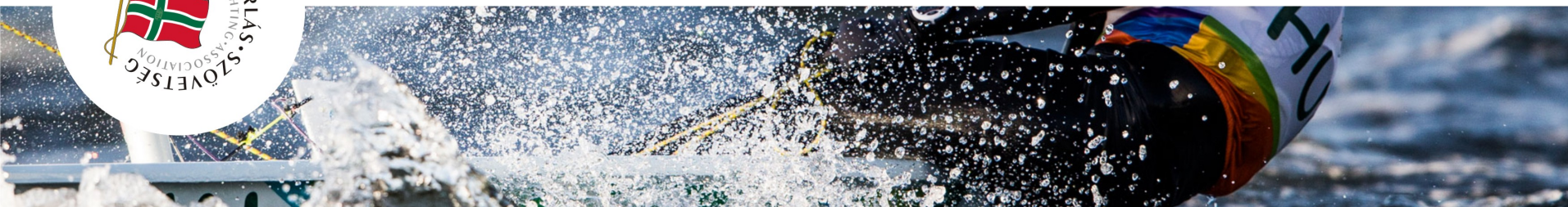


Poliészter hajó építése

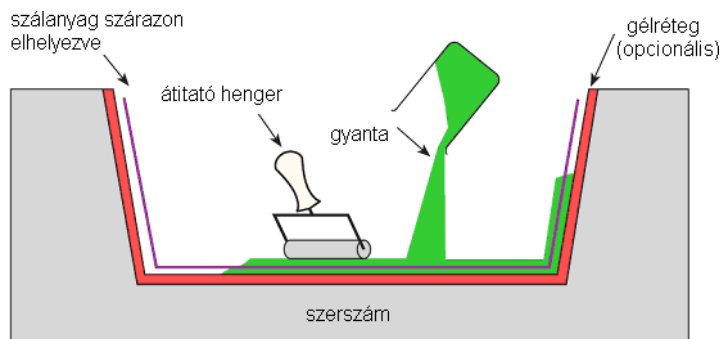


Karbon hajó építése

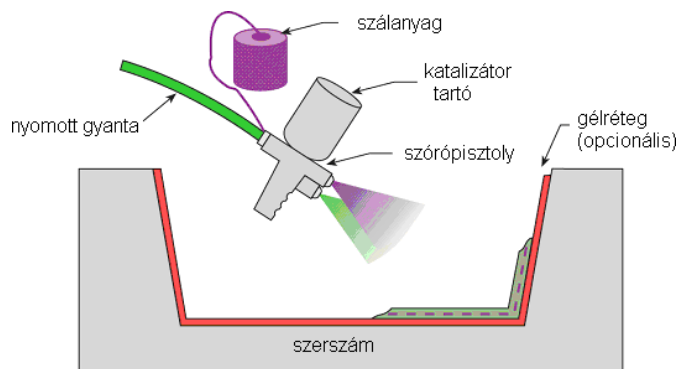
Fotó: Pauger Carbon Composites



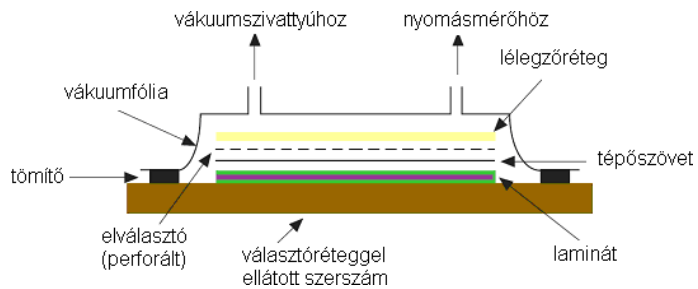
Anyagfelvitel



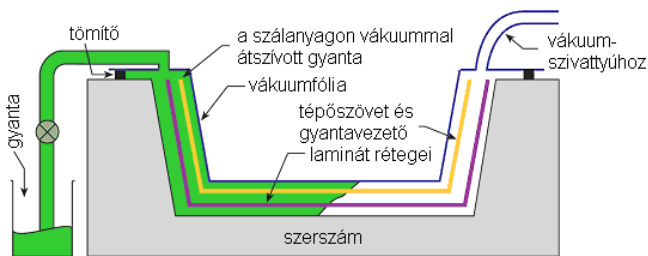
Kézzel



Szórással



Vákuum technológia



Infúziós technológia



További általános munkafázisok a hajóépítésben, típustól függően

- Hajótest berendezése, belső terek kialakítása, kárpitozás
- Veretek elkészítése, felszerelése
- Tőkesúly, uszony elkészítése, felszerelése
- Motor beszerelése
- Műszerezés
- Víz, gáz, elektromos szerelések
- Rudazat elkészítése, veretezése, beállítása
- Vitorlázat elkészítése, felszerelése
- Adminisztráció, üzemeltetési engedélyek



Az olimpiai hajóosztályok alakulása (32 osztályban rendeztek már versenyt az olimpián)

1900-ban

1. 6 méteres
2. 8 méteres
3. 10 méteres
4. 0,5 tonnás
5. 0,5 – 1 tonnás
6. 3 – 10 tonnás
7. 20+ tonnás



6 méteres osztály

2024-ben

1. Férfi szörf: IQFOIL
2. Női szörf: IQFOIL
3. Férfi egyszemélyes dingi: ILCA7
4. Női egyszemélyes dingi: ILCA6
5. Férfi szkiff: 49er
6. Női szkiff: 49er FX
7. Férfi Formula Kite
8. Női Formula Kite
9. Vegyes kétszemélyes dingi: 470-es
10. vegyes kétszemélyes többtestű: Nacra 17



Formula Kite



iFoil



Az elmúlt években a hajóépítés robbanásszerűen fejlődött

A Moly hajóosztály világbajnokságán már 25-30 nemzet több száz indulója között, hemzsegtek az olimpiai bajnokok.





Amerika Kupa

A verseny innovációi kihatnak az egész sportágra





Az elmúlt évtizedben a hajóépítés robbanásszerűen fejlődött

A Royal Huisman holland hajógyár által épített, lenyűgöző és már ikonikus szuperjacht, a Sea Eagle II, a 81 méteres hajó a világ legnagyobb alumínium vitorlás hajója.

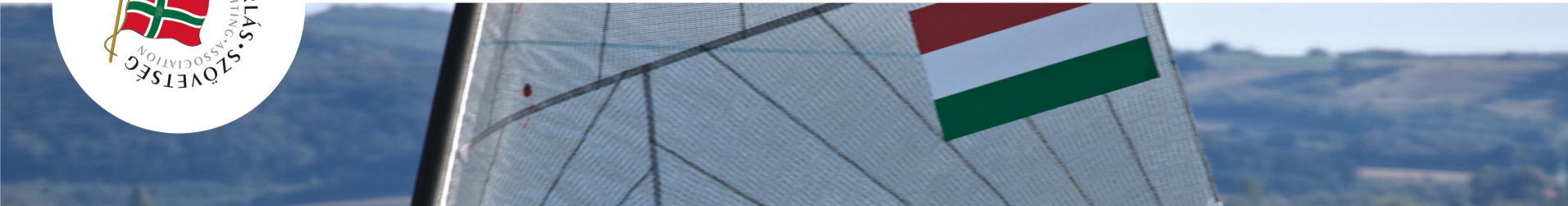




Pauger Carbon Composites

Hazai karbon technológia világszinten a Pauger műhelyben, Paulovits Dénesnél





Pauger Carbon Composites

Take a look into the everyday life of Pauger Composites!



Fotó: Pauger Carbon Composites





Köszönöm a figyelmet!
Brencsán Ábel