

Új típusú siklószárnyas trimarán-hajó építése

Subert István okl. - közlekedésgazdasági mérnök, okl. építőmérnök,
ANDREAS Kft.

Juhász Péter - hajóépítő mérnök
J-Plast Kft.

Dr Keresztúri Ferenc – gépészmérnök, hajótervező

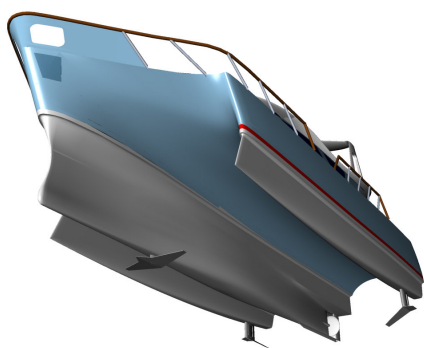
1.) BEVEZETŐ, ELŐZMÉNYEK

A Pénelopé-projekt egy különleges, úgynevezett Ultra-Thin-Hull (UTH) *karcús kialakítású testeket* alkalmazó motoros hajó prototípusának kialakítását tűzte ki célul. A „konkáv Y” testkialakítás igen kis menetellenállást biztosít. Az Andreas Kft projektvezetésével egy különleges kialakítású hajótest európai szabadalma nyomán a prototípus megépítésre egy projekt szerveződött. Az innováció elnyerte a Magyar Mérnök Akadémia Nemzetközi Rubik alapítványának támogatását és a GVOP 3.3. K+F pályázatán forrásokat kapott a kutatás megvalósításra. A Pénelopé-projekt kivitelezési munkájában számos szakember és tapasztalt hajós vesz részt.

2.) ÚJDONSÁGOK

Önbeálló stabilizáló és emelőszárnyak

A testeken szimmetrikusan alkalmazott emelő szárnyacsák torziós rugós rögzítésűek, a menetvíz nyomására felhajlanak, de ellenállásuk nő. A stabilizáló szárnyak a menetvíz nyomásának hatására menetben a testeket kissé emelik, a menetellenállás kisebb lesz. A szárnyszög, a szárnyfelület, a rugó-karakterisztika és a menetsebesség változásával egy egyensúlyi állapot hozható létre. A középső testen, elől elhelyezett szárny önbeálló, a szélső testeken hátul elhelyezett fix szárnyak csak a támasztást biztosítják.



A stabilizáló szárnyacsák másrészt a felszín alatti nyugodt vízrétegbe nyúlva rugalmas ágyazású megtámasztást biztosítanak. A szárnyak alakjának és hatásának vizsgálatát Rohács Professzor vezetésével a BME Repülőgépek és Hajók Tanszéke végezte. A hajókra hullámos vizeken jellemző bólintó mozgás

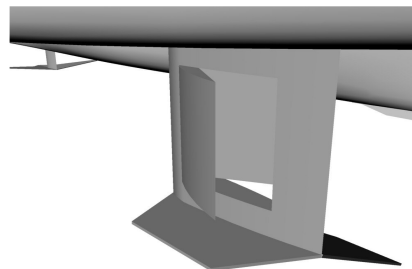
nagyban lecsökken, az *utazáskényelem javul*. Ezzel a módszerrel a személyközlekedés olyan tengerállapotban is biztosítható, amikor a hasonló méretű kishajók már alkalmatlanok a közlekedésre, személyszállításra. A három szárny kiváló megtámasztást és egyenletes sebességű menetet eredményez. A SWATH-típusú hajókkal szemben a felhajtóerőt nem a nagy vízkiszorítású víz alatti testek, hanem a szárnyakon keletkező dinamikus felhajtóerő helyettesíti. A várható energia megtakarítás 5-15%-os.

„Habvízképzők” alkalmazása

A szerkezet víz-levegő keverékét juttatja a héj felületére a középső testen. A habvíz ellentétben a vízzel összenyomható és csökkenti a súrlódást kisebb sűrűsége és kedvezőbb viszkozitása miatt. A gravitációs működéséhez szükséges 5-6 csomós sebesség felett a trimarán egy *virtuális katamaránba vált át (!!!)* és összellenállása lecsökken. Lassuláskor a folyamat fordított és az eredeti felhajtóerő újra megjelenik. A habvíz-képző előnyeit Dr. Vad János úr BME Áramlástan Tanszéki kísérletei igazolták. A várható energia megtakarítás 25%-os.

Fékszárnyak

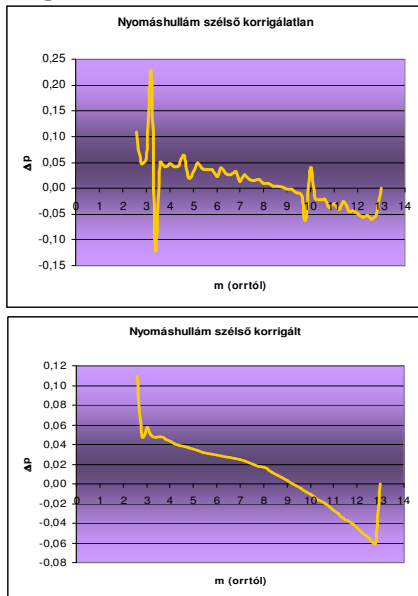
A nagy laterális felületek miatt a hajó manőverképességét javítani kell. A stabilizáló szárnyak laterális felületébe építve *segédkormányok* vannak elhelyezve, ezek segítik a fordulást a menetsíkból kifordulva, vagy például a fix hátsó szárnyaknál fékezi a hajót mindkét oldalra kinyúlva. Az első szárnytartó felületében a segédkormány ellenkormányzással segíti a manőverezhetőséget.



Fokozatos keresztmetszet növelés, a nyomáshullám ellenőrzése

A nyomáshullám a test elhaladásakor egy keresztmetszetben keltett, fajlagos víznyomás időbeni lefutása, melynek alakja befolyásolja a menetellenállást.

Ez a test felület/térfogat arányának módosításával korigálható, javítható. Az alábbi ábrán a javítás előtti és utáni állapot látható.



3.) A HAJÓ ADATAI

Maximális hossz:	14,6m
Maximális hossz, középső test:	13,9m
Szélső testek hossza:	11,8 m
Vízvonalhossz:	12,9 m
A hajótest szélessége:	6,6 m
Szélesség a vízvonalon:	6,0 m
Oldalmagasság:	2,8 m/2,05 m
Minimális szabadoldal:	1,5 m
Minimális szabadoldal cockpit padlónál:	1,1 m
Üres hajó vízkiszorítása:	10,5 t
Tervezési vízkiszorítás:	13,5 t
Tervezési merülés:	1,2/1,5 m
Siklószárny adatok:	
főszárny merülése:	1,5 m
főszárny felülete:	0,9 m ²
stabilizáló szárnyak merülése:	1,2 m
stabilizáló szárnyak felülete:	2x0,5 m ²
Beépített motorteljesítmény:	1x480 LE
Max. hatósugárhoz tartozó sebesség:	15 kn
Gazdaságos sebesség	18 kn
Utazósebesség	20 kn
Maximális sebesség (pesszimista):	25-35 kn)
Személyzet:	1 fő
Maximális utas befogadóképesség:	11 fő
Hatósugár	
max. hatósugárhoz tartozó:	2550 Nm
gazdaságos sebességnél:	1640 Nm
utazó sebességnél:	1040 Nm
maximális sebességnél:	900 Nm
Fajlagos fogyasztás (fordulatszámmal):	
max. hatósugár:	1,6 liter/Nm (1700/min)
gazdaságos sebességnél:	1,9 liter/Nm (2200/min)
utazósebességnél:	2,4 liter/Nm (2800 l/min)
maximális sebességnél:	3,6 liter/Nm (3250/min)

4.) AZ UTH 134TRI HAJÓ ÉPÍTÉSE

A hajó építését generál kivitelezésben a J-Plast Kft végezte, számos szak-alvállalkozó részvételével. A főbb rendszerek az építésen belül a következők voltak.

Easy-plank® rendszer és felépítése

A hagyományos fa palánkozáshoz nagyon hasonló PVC habmagos, poliészter gyantával, üvegszál erősítéssel ellátott palánklécet fejlesztettünk ki, mely előre gyártható. A lécek oldalillesztése ívelt, ezért a ragasztások egyenletes vastagságúak és üvegszövettel erősítettek. A felületre merőleges bordák szilárdsági szempontból is jelentősek.



Palánk előállítás, tépőszövet jelentősége

A Easy-plank® lécek felületén elhelyezett tépőtextília közvetlenül a palánkozás előtt kerül eltávolításra, ezért védi a lécek felületét a szennyeződések ellen, másrészt laminálásra közvetlenül alkalmas felületet biztosít, csiszolás nélkül.

Hajó bordák kialakítása, elhelyezés

Az építés kezdetekor először egy rácsszerkezetű vízszintes síkú építőágyat készítettünk. Erre rögzítettük a hajó AUTOCAD-es terveiből készített programmal a CNC marógéppel megmunkált, bútortalpból készült építő-bordákat, megfelelő merevítésekkel biztosítva.



A palánk építése, laminálása folyamatosan, az Easy-plank® lécekre történt, először külső, majd a belső laminálással. A palánkokat az építő bordákra sorban egymáshoz ragasztva felszögeltük, a hézagokat kipótoltuk, majd rétegesen lamináltunk. A laminálási terv alapján és megadott helyeken változó 9-21 réteg roving-szövet és üvegpaplan került felhelyezésre a Finn AME2000 típusú vinilészter gyanta alkalmazásával.

A rétegelés során tépőszövetes lezárásokat alkalmaztunk, biztosítandó a laminálás folytatása során a megfelelő tapadó felület kialakítását.



A hajlítószilárdság ellenőrzése az építés során folyamatos volt. Mintákat készítettünk, melyeket a BME Építőanyag Tanszékének laboratóriuma vizsgált, Dr Zsigovics István docens úr vezetésével.

Hajófordítás

A külsőleg kész alsó testet a további építéshez megfordítottuk, melynek során biztosítani kellett a test alaktartósságát, deformáció- és sérülésmentességét. Ezt merevítő csövek alkalmazásával értük el. A fordítást két autódaru végezte, a testek sérülésmentességét felfújható gumipárnákkal biztosítottuk.



Belső bordák építése, lézeres beállítás

Szintezés után a belső felület terv szerinti rétegelése, laminálása következett, majd a belső bordák és válaszfalak beépítése. A bordák és falak pontos beállítását lézeres technikával oldottuk meg.



Motor-alap kiépítése

A következő fázis a motortartó alapok beépítése volt, majd következett a speciális méretű és alakú üzemanyag tartályok elhelyezése.



Buborékképzők kialakítása

A középső testen három helyen kell vízhabot bejuttatni a vízvonaltól oly módon, hogy a habképződés automatikusan induljon el. A hajó elejénél a felső levegő-bevezető nyílás kialakításával torlónyomást érünk el, a víz alatti kiáramló résznél egy adapterrel a víz sebességét felgyorsítva szívóhatást hozunk létre. A hajócsavar kavitációját elkerülendő, buborékköpenyt alkalmazunk, melynek első rögzítő elemében helyeztük el a középső buborékkeltő egységet. Ennek megáplálása a motortérből történik. A hátsó buborékkeltő egység a fartükron került elhelyezésre. Mindhárom buborékképző működése automatikus, mozgó alkatrészt és külső energiaforrást nem igényel.



Fedélzet, cockpit és tető építése

A kabintető és járófelület elkészítéséhez ismételten Easy-plank® építőbordákat alkalmaztunk. A részekre tagolt

elemeket külön-külön rétegtük be kívülről, majd merevítéssel ellátva megfordítottuk, hogy a belső laminát is felülről munkába véve készülhessen. Ezzel a módszerrel elértük, hogy csak 15-30cm-es sávban kellett fej felett rétegelni.



Belső bútorzat, konyha, válaszfalak, ajtók

A hajó belső kialakítását terveknek megfelelően MAKORE furnézott rétrgrlt lemezből és mahagóniból építettük, bútoroztuk, a Főárbóc Kft kivitelezésében.



Daruzás, hevederes kítámasztás szerkezete

A hajó daruzásánál hevederes emelést alkalmazunk, melynek során a szélső testeket kítámasztó, megfelelően méretezett szerkezettel biztosítjuk.



Kiegészítők:

Fürdő-plató hidraulika rendszerét, a hátsó lejárát a HIPSZOL Bt és az Önműködő Kft készítette el.

Nagy gondossággal kellett eljárni a szárnytartók beépítésénél, kellő merevítésénél. Motortér szellőzés rendszere mind gravitációs úton, mind ventilátorokkal biztosított. A motor és orrsugar kormány beépítése a Mimoker feladata volt.



Szállítás tervezett módja és útvonala

Az elkészült hajó vízre szállítása szintén egyedi megoldást igényel. Két lehetőség merült fel:

- közúti szállítás, mely speciális nyerges trélerrel, melynek gerendázata mind magasságban, mind szélességben állítható, és a hátsó futóművek külön-külön kormányozhatók. Így elérhető, hogy a középső test a két tartógerenda közé essen, és egészen a talajszintig leereszthető legyen. Az 5,4 m magassággal elférünk a felüljárók és az elektromos vezetékek alatt, felemelve pedig szűkebb helyeken a szélső testek az utat szegélyező szalagkorlátok fölé kerül.
- Légi szállítás: A 20 tonna teherbírású MI-26 helikopterrel, hosszú emelőkötéllal történhet. Ebben az esetben biztosítani kell egy megfelelő szilárdságú és könnyű emelőkeretet. A végleges döntés a közeljövőben várható.

SZAKIRODALMI JEGYZÉK

- [1] Prof. Dr Rohács J.- Dr Hadházi D.-Hargiati L.Cs.- Simongáti Gy.: Megvalósíthatósági Tanulmány az UTH teszthajóról a Műszaki Specifikáció alapján Bp.2006.
- [2] Dr Rohács J.: UTH hajó szárnyak méretezése, elhelyezési és kialakítási javaslat Bp.2007
- [3] Dr Vad J.: UTH teszthajó specifikáció és a vonatkozó áramlástechnikai kutatás- fejlesztés előkészítése. Bp. 2006.
- [4] Dr Vad J.: Hajótest-modellre ható erők buborékvezetés általi módosulásának kísérleti vizsgálata Műszaki jelentés. Bp. 2007.
- [5] PANNON MŰHELY Kft.: UTH trimarán 134 teszthajó terve 3.1-3.2-3.3-3.4-3.5 rész. Bp. 2007. (Pompor Gy)
- [6] Nils Salvesen at.al.: Hydro-Numeric Design of SWATH Ships. SNAME Transactions, Vol.93, 1985. pp325-346.
- [7] Subert I.: EP 1.230.121. Ultra Thin Boat Body Supported by Hidrofoils
- [8] Subert I.: Nyomáshullám számítása UTH trimarán teszthajóra. 2007. Bp.
- [9] Subert I.: Szárnyas trimarán teszthajó prototípus fejlesztése ée építése. MM IFFK BMF Konferencia 2007. szeptember 4-6 Budapest
- [10] www.uth.andreas.hu