

PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉP SZÁRNY-TÖRZS ÁTMENETÉNEK OPTIMALIZÁLÁSA VÉGESELEM MÓDSZERREL

UNMANNED AERIAL VEHICLE WING FUSELAGE JUNCTION OPTIMALISATION WITH FINITE ELEMENT METHOD

Kondor Máté,¹ Dezső Gergely²

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia
Tanszék, Nyíregyháza, Magyarország

¹ kmatehun55@gmail.com

² dezsogergely@nye.hu

Abstract

My task was to shape an airplane wing-fuselage junction, which will be classified as an ultralight (UL) and unmanned aerial vehicle (UAV). The most optimal wing-fuselage junction is made with Ansys simulating program including model calculations. Based on my calculations and results, I can recommend solutions. With the CAD geometry models, I prepare the airplane for the first stage of testing with 3D printed models.

Keywords: *wing-fuselage junction, finite element method, unmanned aerial vehicle.*

Összefoglalás

Egy fejlesztés alatt álló, ultrakönnyű (UL) pilóta nélküli repülőgép (UAV) legoptimálisabb szárny-törzs átmenetének kialakítására vonatkozó modellszámításokat végeztem el Ansys szimulációs program segítségével. Eredményeim alapján javaslatot tettem a repülőgép szárny-törzs átmenetének kialakítására. Az általam elkészített CAD alapú elektronikus geometriai modellek segítségével előkészítettem a tesztelés első fázisához szükséges modellek 3D nyomtatással való gyártását.

Kulcsszavak: *szárny-törzs átmenet, végelem módszer, pilóta nélküli repülőgép.*

1. Bevezetés

Napjainkra a személyzet által vezetett légitársaságok mellett már nagy számban megjelentek az olyan repülőeszközök is, amelyek az ember fedélzeti jelenléte nélkül, távirányítással vagy autonóm módon képesek repülni. Merev és forgószárnyas pilóta nélküli repülőgépeket évtizedek óta nagy számban, számos változatban fejlesztenek, alkalmaznak, néhány dkg-tól, tíz tonnát meghaladó felszálló tömegig.

Ma már létezik számos olyan pilóta nélküli légitársaság típus, amelyet emberi beavatkozás nélkül,

digitális technológiák segítségével vezérelnek, így az képes közlekedni a légi forgalomban. Érzékelni a környezetének részleteit, navigálja önmagát vagy távolról irányítja. [1]

A kutatás keretében egy fejlesztés alatt álló, ultrakönnyű (UL) pilóta nélküli repülőgép (UAV) legoptimálisabb szárny-törzs átmenetének kialakítására vonatkozó modellszámításokat végeztem el Ansys szimulációs program segítségével. A repülőgép egyik tulajdonsága az, hogy a törzs nem „hagyományos”, hanem keresztmetszete a

hossztengely mentén változó hatszög, amelyhez az íves szárnyprofil csatlakozik.

Tanulmányoztam a szakirodalom alapján a más géptörzseknel és szárnyelhelyezéseknél ismert és bevált szárny-törzs átmeneteket. Ez alapján építettem fel a fejlesztés alatt álló gép szárny-törzs átmenetének több változatát. Az így kialakított változatokra áramástani szimulációs modelleket építettem fel, majd futtattam és értékeltem azokat. Eredményeim alapján javaslatot tettem a repülőgép szárny-törzs átmenetének kialakítására.

Ahhoz, hogy minimális szinten tartsuk a repülőgépnél az aerodinamikai ellenállását, a megfelelő szárny-törzs átmenet elengedhetetlen, mivel ezek javítják a repülési tulajdonságokat és akár a repülőgép élettartamát is növelhetik. [2]

A jobb átmenet elérésének különböző módjai vannak, ezek:

- a szárny és a törzs egymáshoz viszonyított helyzete;
- lekerekítések és áramvonalazó burkolatok alkalmazása;
- aktív rendszerek használata [2].

1.1. Alapadatok

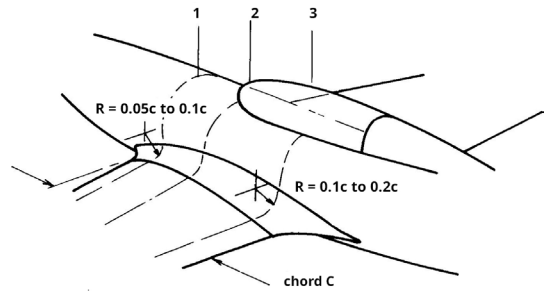
Tömeg:	~ 450 kg (becsült)
Fesztáv:	~10,6 méter (tervezett)
Törzs hossza:	7 méter
V állás:	3°
Utazósebesség:	40 m/s (144 km/h)
Törzs átmérő:	1,07 méter
Szárnytő méretének korlátozása a szárnybefogás kialakítása miatt:	1000-1600 mm
Lekerekítések:	50-280 mm (sugár), ami függ a szárny húr hosszától

2. A szárny-törzs átmenet vizsgálata végeelem módszerrel

A szárny törzs átmenetet több módszerrel is lehet vizsgálni. Manapság, amit a leggyakrabban alkalmaznak és a leghatékonyabb (nem csak idő, de gazdasági szempontból is) a modell végeelem szimuláció vizsgálata.

A végeelem szimuláció alapvető lépése az adott geometria véges kis elemekre való felosztása, amit hálózásnak nevezünk. A végeelem modell létrehozásához ki kell választani a megfelelő elemtípust és a hálózás sűrűségét, figyelembe véve a kívánt pontosságot és a szükséges futásidőt. A legtöbb végeelem program a hálózást automatikus elvégzi, de lehetőség van a kézi beállításra is. [3]

Több olyan program is létezik, amely már tartalmaz végeelem modult, ilyenek például: CATIA V5, SolidWorks, Autodesk Inventor, stb.



1. ábra. Szárny-törzs átmenet lekerekítés értékei és keresztmetszetei [5]

Ismertebb végeelem programok: Analysis3D, CalculiX, Nastran, illetve Ansys, amely segítségével készítettem el ezt a feladatot.

2.1. A szárny-törzs átmenetek főbb típusai

„Jirapat Supamusdisukul: Experimental Investigation of Wing-Fuselage Integration Geometries Including CFD Analyses” [4] és „Darrol Stinton: The Design of the Aeroplane” [5] könyv alapján fogom megkeresni a leginkább megfelelő szárny-törzs átmenet kialakítást.

2.1.1 Optimális szárny elhelyezés

A Jirapat Supamusdisukul 5 konfigurációt vizsgált meg 8 különböző bólintási szöggel, szimuláció segítségével, majd szélcsatornás méréseket is végzett, amiből levonta a következtetést: a különböző konfigurációk közül melyik a leghatékonyabb.

Jirapat Supamusdisukul a törzshöz viszonyított közepén elhelyezett szárnytól indul ki, de vizsgálja még a felsőszárnyas, valamint a „szárny a törzs felett” kialakítást is.

2.1.2. Optimális szárny-törzs átmenetek egyik típusa

„Darrol Stinton: The Design of the Aeroplane” könyve szerint a szárny-törzs átmenetnek a következőképpen kell kinéznie: a belépőél környékén a szárny-törzs átmenet sugár a szárny húr hosszára 0,05–0,1-szeresével egyezzen meg, a kilépőél környékén ez a szám 0,1–0,2-szerese a húr hosszának. Ezek adatok alapján választottam meg a lekerekítési sugarakat.

3. Szárny-törzs átmenet tervezése

3.1. Előkészítések és 3D modellek

Első feladatom a megfelelő szárnytő méret, illetve méretek kiválasztása volt. Mivel a megrendelő

a szakirodalmak mellett a fantáziámra is bízta ezeket az értékeket, így én Solidworks programban elkészítettem összesen 6 darab 3D modellt, 1000 mm-esből és 1400 mm-esből is 3-3 darabot.

A modelleket Solidworks-ben készítettem el, amit az Ansys-ba importáltam. Ebben a részben kell megadni az áramláshoz szükséges teret. Ahhoz, hogy ezt elérjük, ki kellett vonni az eredeti solid 3D modellt egy 1,5 méter (szélesség) x 7 méter (hosszúság) x 2 méter (magasság) nagyságú téglatestből. Ez lesz az a közeg, amellyel az áramlást tudjuk vizsgálni.

A téglatest mérete azért nem foglalja magában az egész repülőgépet, mert a szimmetriát kihasználva kevesebb idő alatt ugyanazt az eredményt is el lehet érni, valamint a szárny-véghez közeli áramlások a szárnytő átmenet vizsgálatát nem befolyásolja olyan nagy mértékben.

A **2. ábra** lekerekítési sugarai a szárny belépőjétől kezdve a kilépőéig:

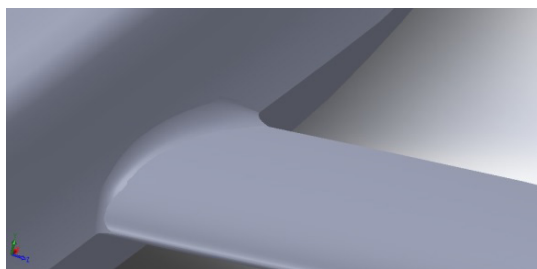
50 mm, 60 mm; 70 mm; 80 mm; 90 mm; 100 mm.

A **3. ábra** lekerekítési sugarai a szárny belépőjétől kezdve a kilépőéig:

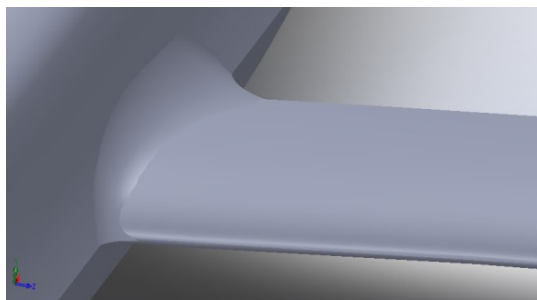
100 mm, 120 mm; 140 mm; 160 mm;
180 mm; 200 mm

4. Eredmények

Áramlási tulajdonságokkal kapcsolatos adatokat a **2. és 5. táblázat**ban foglaltam össze. Mesh és



2. ábra. Legkisebb mértékű lekerekítés az 1000 mm-es változatra



3. ábra. Legnagyobb mértékű lekerekítés az 1000 mm-es változatra

1. táblázat. A két változat ismertetése

1000 mm	1400 mm
0 mm	0 mm
50-100 mm	70-140 mm
100-200 mm	140-280 mm

2. táblázat. 1400 mm-es változat eredményei

Lekerekítés mértéke [mm]	Felhajtó-erő [N]	Káros ellenállás [N]
nincs lekerítés	240,577	16,4413
70	247,447	16,5220
140	231,084	25,0226

3. táblázat. 1400 mm-es változat szimulációval kapcsolatos adatok

Lekerekítés [mm]	Időtartam [másodperc]	Iteráció [db]
nincs	1765	38
70	2031	37
140	1568	35

4. táblázat. 1400 mm-es változat mesh adatai

Lekerekítés [mm]	Elemzám [db]	Csomópont [db]	Felület [db]
nincs	2174615	411018	189598
70	2249888	425435	202754
140	2252722	425721	195940

5. táblázat. 1000 mm-es változat eredményei

Lekerekítés mértéke [mm]	Felhajtó-erő [N]	Káros ellenállás [N]
nincs lekerítés	213,026	12,2747
50	214,627	12,2671
100	208,656	11,9574

6. táblázat. 1000 mm-es változat szimulációval kapcsolatos adatok

Lekerekítés [mm]	Időtartam [másodperc]	Iteráció [db]
nincs	1753	37
50	1918	38
100	1833	38

7. táblázat. 1000 mm-es változat mesh adatai

Lekerekítés [mm]	Elemzám [db]	Csomópont [db]	Felület [db]
nincs	2185674	412768	189068
50	2272646	428672	194336
100	2274477	428686	193308

szimuláció folyamatára vonatkozó adatok a 3–4., illetve 6–7. táblázatban szerepelnek.

A 2. táblázat alapján az 1400 mm-es szárny-tőnél legkedvezőbb átmenet a „70 mm”-es lekerekítés, ami azt jelenti, hogy a belépőél és környezetében 70 mm-es a lekerekítés, a kilépőél környékén 140 mm, kettő között pedig a belépőél felől a kilépőélig folyamatosan növekszik a lekerekítés mértéke.

Bár a „70 mm”-es átmenet káros ellenállása nem különbözik annyira az átmenet nélküli szárnytól, viszont a lekerekítésnél a nagyobb felhajtóerő (több, mint 1% a kerekítés nélkülihez viszonyítva) miatt érdemesebb lenne az előbbit alkalmazni, vagyis a „70 mm”-es átmenetet.

1000 mm-es szárnytőnél a lekerekítések mértéke is változik, viszont százalékos arányban nem, mivel a fentebb említett szakirodalom ajánlásait követtem ebben az esetben, vagyis belépőélnél a húr hossz 5%-a legyen a lekerekítési sugár mértéke, a kilépőélnél 10%, közötté lévő átmenet pedig a belépőéltől kezdve a kilépőélig folyamatosan növekszik. A 3 eset közül a legkedvezőbb az „50 mm”-es az eredmények alapján.

5. Összefoglalás

Attól függően, hogy végül a megrendelő melyik szárnytő hosszúságot választja, fogunk tudni neki ajánlani 1400 mm-es és 1000 mm-es szárnytő húr hosszúságnál is egy olyan átmenetet, ami szimuláció alapján a legkedvezőbb vagy az értékek alapján ő fogja megválasztani a neki megfelelőt, amit 3D nyomtatással fognak gyártani.

Szakirodalmi hivatkozások:

- [1] Drónpilóták Országos Egyesülete, *Mi az a Drón.* (2018. július 18.)
<https://doe.hu/mi-az-a-dron>
- [2] Sascha S.: *Comparison of design rules regarding the wing-body junction flow of a subsonic aircraft.* University of Technology Kosice, I/1. (2011).
- [3] Tamás P., Bojtos A., Décei-Paróczy A., Fekete R. T.: *Végeselem módszerek. Hálókészítés.* BME MOGI, 2014. (2.3. Hálókészítés)
http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/vegeselem_modszerek/book.html
- [4] Jirapat S.: *Experimental investigation of wing-fuselage integration geometries including CFD analyses.* Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulation Results and Discussion. University of Maryland, 2008. 68.
- [5] Darrol S.: *The Design of the Aeroplane. Arrangement of surfaces.* BSP Professional Books. Oxford, 1983. 171. (Fig. 4.24)